Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung

FE-PROJEKTNR.: 960974/2011

Endbericht

für das

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Essen, Berlin, München, 24. März 2015

Intraplan
Consult GmbH
Orleansplatz 5a
81667 München
Tel: + 49 (0) 89 45911-0
E-Mail: info@intraplan.de

Planco
Consulting GmbH
Am Waldthausenpark 11
45127 Essen
Tel: + 49 (0) 201 437710
E-Mail: planco@planco.de

TUBS GmbH
TU Berlin Science Marketing
Hardenbergstraße 19
10623 Berlin
Tel. +49 (0) 30 4472 3945
Email: tb@wip.tu-berlin.de

Der Bericht wurde erstellt von:

Planco Consulting GmbH
Am Waldthausenpark 11
45127 Essen

Bearbeiter:
Peter Rieken
Dr. Frank Trosky
Kathrin Goldmann

Intraplan Consult GmbH
Orleansplatz 5a
81667 München

Bearbeiter:
Hans-Ulrich Mann
Michael Pohl

TUBS GmbH
TU Berlin Science Marketing
Hardenbergstraße 19
10623 Berlin

Bearbeiter:
Prof. Dr. Kai Nagel
Prof. Dr. Thorsten Beckers
Prof. Dr. Gernot Liedtke
Dr. Martin Winter
Dr. Benjamin Kickhöfer

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 1

2 Grundsatzfragen 3

2.1 Genereller Untersuchungsansatz 3

2.2 Differenzierung des Bewertungsverfahrens nach Projektkategorien 5

2.2.1 Verkehrsträger Schiene 6

2.2.2 Verkehrsträger Straße 11

2.2.3 Verkehrsträger Binnenwasserstraße 13

2.3 Projektreihenfolgen, Projektbündelungen und Priorisierung von Maßnahmen 13

2.3.1 Verkehrsträger Straße und Binnenwasserstraße 15

2.3.2 Verkehrsträger Schiene 16

2.3.2.1 Vorgehensweise bei der Bedarfsplanüberprüfung 16

2.3.2.2 Generelles Untersuchungskonzept für den BVWP 2015 17

2.3.2.3 Entwicklung des Zielnetzes 19

2.3.2.4 Priorisierung von Maßnahmen 24

2.3.2.5 Aktualisierung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen vor Abschluss eines Finanzierungsvertrages 27

2.4 Verkehrsträgerübergreifende Interdependenzen 29

2.5 Relevante Nachfragewirkungen 32

2.6 Ist-Wertansätze oder dynamische Wertansätze 41

2.6.1 Faktorielle Repräsentierung technischer Veränderungen 42

2.6.2 Monetäre Bewertungssätze 44

2.7 Diskontierungssatz 48

2.8 Investitionskosten und Definition des Betrachtungszeitraumes 52

2.8.1 Relevante Investitionskosten sowie Konfiguration von Planfall und Bezugsfall 52

2.8.2 Plausibilisierung der Investitionskosten 55

2.8.3 Definition des Betrachtungszeitraumes, der Planungs- und Bauzeiten und der Nutzungsdauern der einzelnen Anlageteile 56

2.9 Sensitivitäts- und Risikoanalysen 66

2.9.1 Grundsätzliche Überlegungen 66

2.9.2 Sensitivitätsanalysen bezogen auf demografische Aspekte 68

2.10 Behandlung von Fixkosten innerhalb der Betriebskosten 71

2.11 Monetarisierung von umwelt- und naturschutzfachlichen Aspekten 73

2.12 Ergebnissynthese 74

3 Integrierter Ansatz für Nachfrageprognose und ökonomische Bewertung 76

3.1 Einführung 76

3.2 Bewertungsverfahren des BVWP 2003 und der Bedarfsplanüberprüfung und grundsätzliche Überlegungen zur Weiterentwicklung 79

3.3 Abschnittsweise vs. relationsbezogene Nutzenermittlung 81

3.4 Weiterentwickeltes Bewertungsverfahren für den Personenverkehr 83

3.4.1 Genereller Untersuchungsansatz 83

3.4.2 Reisezeitnutzen (NRZ) 88

3.4.2.1 Verbleibender Verkehr 88

3.4.2.2 Induzierter Verkehr (Fahrtenhäufigkeit) 89

3.4.2.3 Induzierter Verkehr (Zielwahl) 89

3.4.2.4 Verlagerter Verkehr 90

3.4.3 Implizite Nutzendifferenz (NI) 90

3.4.3.1 Induzierter Verkehr (Fahrtenhäufigkeit) 91

3.4.3.2 Induzierter Verkehr (Zielwahl) 92

3.4.3.3 Verlagerter Verkehr 93

3.4.3.4 Zusammenhang mit Bruttokonsumentenrente 93

3.4.3.5 Ermittlung der Nutzerkosten 94

3.4.4 Einbeziehung weiterer Einflussgrößen 98

3.4.5 Schnittstellen zwischen Bewertung und Wirkungsprognose 98

3.4.6 Besonderheiten bei der Ermittlung der Reisezeitnutzen und der impliziten Nutzendifferenzen beim Verkehrsträger Straße 99

3.5 Weiterentwickeltes Bewertungsverfahren für den Güterverkehr 105

3.5.1 Vorbemerkungen 105

3.5.2 GV Schiene 110

3.5.2.1 Bisheriges Verfahren GV Schiene 110

3.5.2.2 Kritik am bisherigen Verfahren GV Schiene 111

3.5.2.3 Quantifizierung der impliziten Nutzendifferenz beim GV Schiene 111

3.5.2.4 Empfehlungen für den GV Schiene 112

3.5.3 GV Straße 117

3.5.3.1 Bisheriges Verfahren GV Straße 117

3.5.3.2 Kritik am bisherigen Verfahren GV Straße 117

3.5.3.3 Empfehlungen für den GV Straße 117

3.5.4 GV Wasserstraße 119

3.5.4.1 Besonderheiten der Binnenwasserstraßen 119

3.5.4.2 Kritik am bisherigen Verfahren GV Wasserstraße 119

3.5.4.3 Empfehlungen für den GV Wasserstraße 120

3.5.5 Aggregierte Darstellung der Wohlfahrtsänderungen für die Anbieter und Nachfrager von Güterverkehrsdienstleistungen 123

3.5.6 Eventuelle Berücksichtigung weiterer Nutzenkomponenten aus dem Bereich der „Versender und Empfänger“ 124

3.6 Äquivalenz der Bewertungsansätze nach dem Konzept des Ressourcenverzehrs mit impliziter Nutzendifferenz und nach dem Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente 125

3.7 Analyse von Engpässen im Verkehrsträger Straße 128
3.7.1 Verfahren von IVV 130
3.7.2 Verfahren von SSP 130
3.7.3 Charakterisierung der makroskopischen Umlegung im Vergleich 132
3.7.4 Alternative Ansätze 133
3.7.5 Zusammenspiel mit Zuverlässigkeit 134
3.7.6 Fazit 134

4 Prüfung der Aufnahme neuer Nutzenkomponenten sowie Ausgestaltung der Bewertung 135

4.1 Lebenszyklusemissionen von Treibhausgasen beim Bau und Betrieb der Infrastruktur 135
4.2 Behandlung von Crowding-out-Effekten 137
4.3 Behandlung räumlicher und regionalwirtschaftlicher Effekte 139
4.3.1 NR 1 Beschäftigungseffekte aus dem Bau von Verkehrswegen 139
4.3.2 NR 2 Beschäftigungseffekte aus dem Betrieb von Verkehrswegen 141
4.3.3 NR 3 Beiträge zur Förderung internationaler Beziehungen 141
4.3.4 NH Beschäftigungseffekte aus der verbesserten Anbindung von See- und Flughäfen 142
4.3.5 Behandlung positiver Agglomerationseffekte 143
4.3.6 Behandlung negativer wirtschaftlicher Effekte 146
4.3.7 Monetarisierung von raumordnerischen Aspekten 147
4.3.8 Fazit 149
4.4 Negativer Nutzen in der Bauzeit 150
4.4.1 Verfügbarkeit der benötigten Ausgangsdaten 151
4.4.2 Verfügbarkeit geeigneter Quantifizierungselemente 152
4.4.3 Relevanz für das Bewertungsergebnis 152
4.4.4 Angemessenheit des Aufwandes 152
4.5 Zuverlässigkeit 153
4.5.1 Methoden zur Erstellung der Mengengerüste 156
4.5.1.1 Verkehrsträger Straße 156
4.5.1.2 Verkehrsträger Schiene 158
4.5.1.3 Verkehrsträger Binnenwasserstraße 161
4.5.2 Wertansätze bezogen auf die Zuverlässigkeitskennwerte 163
4.5.3 Integration der Forschungsergebnisse in das weiterentwickelte Bewertungsverfahren 164
4.6 Nutzenwirkungen beim Verkehrsträger Straße aus der Realisierung von Infrastrukturmaßnahmen bei konkurrierenden Verkehrsträgern 166
4.6.1 Nutzen aus Verlagerungen auf konkurrierende Verkehrsträger 167
4.6.2 Nutzen aus der Beseitigung von schienengleichen Bahnübergängen 170

5 Zeitwerte 175

5.1 Gewerblicher und nicht-gewerblicher Personenverkehr 175
5.2 Güterverkehr 179

6 Spezifische Energiekosten 181
6.1 Diesel- und Ottokraftstoff sowie Kerosin 181
6.2 Gas 184
6.3 Elektrischer Strom für den Betrieb von Pkw 185
6.4 Bahnstrom 186
7 Monetarisierung externer Effekte 192
7.1 Unfallkosten 192
7.1.1 Wertansätze für Personenschäden 192
7.1.2 Schiene 194
7.1.3 Straße 195
7.1.4 Luftverkehr 198
7.1.5 Wasserstraße 199
7.2 Umweltkosten 200
7.2.1 Lärm 200
7.2.1.1 Innerorts 202
7.2.1.2 Außerorts 210
7.2.2 Schadstoffemissionen 218
7.2.2.1 Schiene 218
7.2.2.2 Straße 225
7.2.2.3 Binnenschifffahrt 227
7.2.2.4 Seeschifffahrt 229
7.2.2.5 Monetäre Bewertung der Schadstoffemissionen 230
7.2.3 Verminderung innerörtlicher Trennwirkungen 233
8 Verkehrsträger spezifische Ergänzungen 234
8.1 Schiene 234
8.1.1 Einführung 234
8.1.2 Allgemeine Kosten- und Wertansätze 235
8.1.2.1 Kostensätze für das Fahrpersonal 235
8.1.2.2 Instandhaltungskosten für die Eisenbahninfrastruktur 239
8.1.2.3 Personalkosten bei der Betriebsführung der Eisenbahninfrastruktur 241
8.1.2.4 Erhöhung der Energieeffizienz von Schienenfahrzeugen bis 2030 241
8.1.2.5 Abgasemissionskosten 243
8.1.3 Kosten- und Wertansätze für den SPFV 245
8.1.3.1 Definition der maßgebenden Modellfahrzeugtypen 245
8.1.3.2 Vorhaltungskosten der Fahrzeuge 246
8.1.3.3 Energieverbrauch und Energiekosten 249
8.1.3.4 Fahrpersonalkosten 251
8.1.4 Kosten- und Wertansätze für den SPNV 252
8.1.4.1 Definition der Modellfahrzeugtypen 252
8.1.4.2 Vorhaltungskosten der Fahrzeuge 256
8.1.4.3 Energieverbrauch und Energiekosten 259
8.1.4.4 Fahrpersonalkosten 261

8.1.5 Kosten- und Wertansätze für den SGV 261
8.1.5.1 Definition der Modellgüterwagen 261
8.1.5.2 Vorhaltungskosten der Fahrzeuge 263
8.1.5.2.1 Lokomotiven 263
8.1.5.2.2 Güterwagen 265
8.1.5.3 Energieverbrauch 267
8.1.5.4 Kosten des Triebfahrzeugführers 268
8.1.5.5 Zugbildungs- und -bereitstellungskosten 268
8.1.5.6 Umschlagkosten 269
8.1.5.7 Kosten für Traktionswechsel 270
8.2 Straße 271
8.2.1 Grundlagen 271
8.2.2 Definition der maßgebenden Fahrzeugtypen 275
8.2.3 Vorgehensweise bei der Fahrzeuggruppe „Busse“ 276
8.2.4 Anpassung der mittleren Jahresfahrleistung deutscher Kraftfahrzeuge 278
8.2.5 Vorhaltungskosten und Betriebskostengrundwerte 281
8.2.5.1 Personenkraftwagen 281
8.2.5.2 Lastkraftwagen und Lastzüge 286
8.2.5.2.1 Lastkraftwagen 286
8.2.5.2.2 Lastzüge 292
8.2.6 Energieverbrauch 297
8.2.7 Instandhaltungs- und Betriebskosten der Infrastruktur 299
8.3 Binnenschifffahrt 304
8.3.1 Vorhaltungskosten 304
8.3.2 Personalkosten 308
8.3.3 Betriebsführungskosten 313
8.3.3.1 Einflussfaktoren auf den Treibstoffverbrauch in der Binnenschifffahrt 313
8.3.3.2 Leistungs-/Geschwindigkeitsprofile der Tragfähigkeitsklassen 319
8.3.3.3 Erhöhung der Energieeffizienz bis 2030 319
8.3.4 Erneuerungs- und Instandhaltungskosten 322
8.3.4.1 Erneuerungskosten 322
8.3.4.2 Instandhaltungskosten 322
8.4 Seeschifffahrt 322
8.4.1 Vorhaltungs- und Personalkosten nach Typen und Größenklassen 322
8.4.2 Treibstoffkosten 329
8.5 Durchschnittskostensätze für den abgebenden Verkehrsträger bei Verlagerungen 334
8.5.1 Motorisierter Individualverkehr 335
8.5.1.1 Spezifische Fahrzeugvorhaltung- und -betriebskosten 335
8.5.1.2 Spezifische Abgasemissionskosten 340
8.5.2 Schienenpersonenverkehr 344
8.5.2.1 Spezifischen Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten 344
8.5.2.2 Spezifische Abgasemissionskosten 345

8.5.3 Schienengüterverkehr 345
8.5.3.1 Spezifische Fahrzeugvorhaltung- und -betriebskosten 345
8.5.3.2 Spezifische Abgasemissionskosten 346
8.5.4 Luftverkehr 347
8.5.4.1 Auswahl des maßgebenden Referenzflugzeugtyps 348
8.5.4.2 Spezifische Flugzeugvorhaltungs- und -betriebskosten 349
8.5.4.3 Spezifische Abgasemissionskosten 352
8.5.5 Fernlinienbusse 354
8.5.4.1 Spezifische Fahrzeugvorhaltungs- und –betriebskosten 354
8.5.4.2 Spezifische Abgasemissionskosten 357
8.5.6 Straßengüterfernverkehr 357
8.5.6.1 Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten 357
8.5.6.2 Spezifische Abgasemissionskosten 363
8.5.7 Binnenschifffahrt 364
8.5.7.1 Vorhaltungs- und Betriebskosten 364
8.5.7.2 Abgasemissionskosten 365

Anhang A: Theoretische Überlegungen und Diskussionen zur rule-of-half 366

A-1 Allgemeines zum Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente 366
A-1.1 Einleitung 366
A-1.2 Herleitung des Konzeptes der Konsumentenrente 370
A-1.3 Der ‘durchschnittliche Wechsler’ 372
A-2 Anwendung des Konzeptes der Konsumenten-/Produzentenrente im Personenverkehr 372
A-2.1 Zusätzliche Fahrt, konzeptionell 372
A-2.1.1 Szenario 373
A-2.1.2 Implizite Nutzendifferenz beim Wechsels 373
A-2.2 Zusätzliche Fahrt, Rechnungen 377
A-2.2.1 Rechnung über Ressourcenverzehr 377
A-2.2.2 Rechnung über Konsumentenrente 378
A-2.3 Zusätzliche Fahrt, Produktionskosten abweichend von Nutzerkosten 378
A-2.3.1 Rechnung über Ressourcenverzehr 379
A-2.3.2 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente 379
A-2.4 Zusätzliche Fahrt Bahn, Fahrpreis auf Null als Approximation 380
A-2.4.1 Rechnung über Ressourcenverzehr 380
A-2.4.2 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente 381
A-2.5 Konsumentenrente und Produzentenrente 381
A-2.6 Zusätzliche Fahrt MIV 385
A-2.6.1 Rechnung über Ressourcenverzehr 385
A-2.6.2 Rechnung über Konsumentenrente 386

A-2.7 Verlagerung von MIV auf Bahn 386
A-2.7.1 Rechnung über Ressourcenverzehr 387
A-2.7.2 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente 388
A-2.8 Verlagerung von Bahn auf MIV 388
A-2.8.1 Rechnung über Ressourcenverzehr 389
A-2.8.2 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente 389
A-2.9 Zielwahl: Wechsel von einer Relation auf eine neue im MIV 390
A-2.9.1 Rechnung über Ressourcenverzehr 391
A-2.9.2 Rechnung über Konsumentenrente 392
A-2.10 Zielwahl: Wechsel von zwei Relationen auf eine neue im MIV 392
A-2.10.1 Rechnung über Ressourcenverzehr 393
A-2.10.2 Rechnung über Konsumentenrente 395
A-2.11 Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente vs. Ressourcenverzehr bei Verkehrsmittelwechsel 395
A-2.11.1 Vergleich von Optionen *a* und *b* 395
A-2.11.2 Verkehrsmittelwechsel von $\boldsymbol{a}$ nach $\boldsymbol{b}$ 396
A-2.11.3 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente 398
A-2.11.4 Rechnung über Ressourcenverzehr 399
A-2.11.5 Vergleich 400
A-2.11.6 Implizite Nutzendifferenz 401
A-2.11.7 Verhaltensinterpretation der blauen Fläche: Implizite Nutzendifferenz 403
A-2.11.8 Positiver implizite Nutzendifferenz des Wechsels 404
A-2.11.9 Addition der impliziten Nutzendifferenz zur Berechnung des Ressourcenverzehrs 405
A-2.11.10 Konsequenzen der Hinzufügung der impliziten Nutzendifferenz zum Ressourcenverzehr 407
A-2.11.11 Vor- und Nachteile 408
A-2.11.12 Teilweise Berücksichtigung des Konzepts der Konsumenten-/Produzentenrente — die “Standardisierte Bewertung” sowie die “Bedarfsplanüberprüfung Schiene 2010” 409
A-3 Güterverkehr 413
A-3.1 Derzeitiges Verfahren GV Schiene 413
A-3.2. Optionen für die Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens für den Schienengüterverkehr 418
A-3.3. Analyseschritte und Optionen zur Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens für den Schienengüterverkehr 421
A-3.4. Exkurs zum Thema „Knappheitspreis“ 426
A-3.5. Empfehlung für die Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens Schiene 429
A-3.6 Benötige Parameter 438
A-3.7 Rechenbeispiele 439
A-3.8 Anwendbarkeit und Einschränkungen 443
A-4 Ableitung der Impliziten Nutzendifferenz aus dem Partialökonomischen Modell 445

Anhang B Leistung/Geschwindigkeitsprofile Binnenschifffahrt 448

Anhang C Zuordnungsschlüssel BVWP-Streckentypen zu HBEFA-Straßentypen 486

Anhang D Treibstoffverbrauch Straßenverkehr 490

Anhang E Emissionsfaktoren Straßenverkehr 517

Abkürzungen 625

Literaturverzeichnis 629

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Diskutierte Nutzen- und Kostenkomponenten der Bewertungsmethodik 2

Tabelle 2-1: Bewertungsrelevanz der Verlagerungswirkungen im Bereich Personenverkehr 33

Tabelle 2-2: Bewertungsrelevanz der Verlagerungswirkungen im Bereich Güterverkehr 36

Tabelle 2-3: Bewertungsrelevanz der Nutzenkomponenten bei den abgebenden Verkehrsmitteln 39

Tabelle 2-4: Planungskostensätze für den Verkehrsträger Schiene nach Planungsstufen 54

Tabelle 2-5: Planungskostensätze für den Verkehrsträger Straße nach Planungsstufen 55

Tabelle 2-6: Durchschnittliche Planungszeiten von Straßenprojekten in Monaten 59

Tabelle 2-7: Durchschnittliche Planungszeiten von Schienenprojekten in Monaten 59

Tabelle 2-8: Durchschnittliche technische Bauzeiten von Straßenprojekten in Monaten 59

Tabelle 2-9: Durchschnittliche technische Bauzeiten von Schienenprojekten in Monaten 60

Tabelle 2-10: Nutzungsdauern und Annuitätenfaktoren beim Verkehrsträger Schiene 61

Tabelle 2-11: Nutzungsdauern und Annuitätenfaktoren beim Verkehrsträger Straße 61

Tabelle 2-12: Nutzungsdauern und Annuitätenfaktoren beim Verkehrsträger Wasserstraße 62

Tabelle 2-13: Nutzungsdauern, Investitionskosten, Investitionsanteile und Annuitätenfaktoren beim Verkehrsträger im Beispiel 63

Tabelle 2-14: Planungszeit, Bauzeit und Nutzungszeit im Beispiel 64

Tabelle 2-15: Zeitverlauf der Kosten im Beispiel (in 1.000 Euro) 65

Tabelle 3-1: Produktgruppenbezogene Aufschlagsfaktoren auf die spezifischen Grundpreise 95

Tabelle 3-2: Maßgebende Parameter für das SPV-Tarifmodell 96

Tabelle 4-1: spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei der Eisenbahninfrastruktur 135

Tabelle 4-2: spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei der Straßeninfrastruktur 136
Tabelle 4-3: spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei der Infrastruktur des Verkehrsträgers Wasserstraße 137
Tabelle 4-4: Informationsbedarf zu den bauzustandsbedingten Änderungen der Angebotsqualität gegenüber dem Regelzustand 151
Tabelle 4-5: Wertrelationen der Zuverlässigkeitskennwerte im Vergleich zur Reisezeit 163
Tabelle 5-1: Distanzabhängige Zeitwerte im nicht- gewerblichen Personenverkehr nach Entfernungsstufen 176
Tabelle 5-2: Parameter zur Bestimmung der Zeitwerte im Güterverkehr nach Transportsegmenten 180
Tabelle 6-1: Zusammensetzung der mittleren Tankstellenabgabepreise 2012 181
Tabelle 6-2: Zeitreihe der Größenordnung der sonstigen Kosten bei Otto- und Dieselkraftstoff 182
Tabelle 6-3: Gesamtwirtschaftliche spezifische Treibstoffkosten 2012 183
Tabelle 6-4: Gesamtwirtschaftliche spezifische Treibstoffkosten 2030 184
Tabelle 6-5: Ausgangsgrößen für die Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen spezifischen Energiekosten für Bahnstrom 187
Tabelle 6-6: Geschätzte Anteile des Hochtarifes am gesamten Stromverbrauch und Anteil der Fahrstromrückspeisung am bezogenen Strom gemäß Angaben der DB Energie GmbH 188
Tabelle 6-7: Herleitung der durchschnittlichen Energiekosten 2012 für den SPFV, den SPNV und den SGV 189
Tabelle 6-8: Anteile der Fahrstromrückspeisung 2030 im Vergleich zu 2012 190
Tabelle 6-9: Herleitung der durchschnittlichen Energiekosten 2030 für den SPFV und den SPNV 191
Tabelle 6-10: Herleitung der durchschnittlichen Energiekosten 2030 für den SGV 191
Tabelle 7-1: Personenschadenskosten je verunglückter Person (Vermiedene Personenschäden in € je Person) 193
Tabelle 7-2: Unfallkostenraten im Verkehrszweig Schiene 194
Tabelle 7-3: Herleitung des mittleren Unfallkostensatzes für den Verkehrsträger Straße als abgebenden Verkehrsträger 198
Tabelle 7-4: Externe Kosten der Lärmbewertung in Deutschland je exponierter Person in Euro pro Jahr in Preisen von 2012 206

Tabelle 7-5: Verkehrliche Parameter für die Schätzung der Grenzkosten des Lärms 208
Tabelle 7-6: Definition der betroffenen Siedlungsgebiete 208
Tabelle 7-7: Grenzkosten des Lärms in €-Cent/Fahrzeugkilometer (2012) 209
Tabelle 7-8: Kosten und Geräuschminderung durch Lärmschutzwände für den Verkehrsträger Straße (Preisstand 2012) 213
Tabelle 7-9: Relevante Zugarten für die Schienenlärmberechnungen außerorts 215
Tabelle 7-10: Kosten und Geräuschminderung durch Lärmschutzwände für den Verkehrsträger Schiene (Preisstand 2012) 218
Tabelle 7-11: Gegenüberstellung des Primärenergieträgermix im Prognosezustand 2030 mit dem Status Quo 2012 220
Tabelle 7-12: Herleitung des CO2-Emissionsfaktors ab Kraftwerk für die Stromerzeugung 221
Tabelle 7-13: Herleitung der Emissionsfaktoren für die sonstigen Schadstoffe bei der Erzeugung von elektrischem Strom 223
Tabelle 7-14: Emissionsfaktoren aus dem Verbrauch von Dieselkraftstoff für die sonstigen Schadstoffe 224
Tabelle 7-15: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) 226
Tabelle 7-16: Emissionsfaktoren der Binnenschifffahrt im Jahr 2030 (g/kWh) 229
Tabelle 7-17: Emissionsfaktoren der Seeschiffe in Abhängigkeit von Geschwindigkeitsbereich und Art des eingesetzten Treibstoffes (kg je Tonne Treibstoff) 230
Tabelle 7-18: Durchschnittliche Umweltkosten der Luftverschmutzung bei der Erzeugung von elektrischer Energie 232
Tabelle 7-19: Durchschnittliche Umweltkosten der Luftverschmutzung von Verbrennungsmotoren 232
Tabelle 8-1: Herleitung der Jahresgehälter des Fahrpersonals incl. AG-Anteil 236
Tabelle 8-2: Ableitung der spezifischen Personalkosten je Einsatzstunde 238
Tabelle 8-3: Instandhaltungskostensätze für die Eisenbahninfrastruktur nach Anlagenteilen 239
Tabelle 8-4: Herleitung des Emissionskostensatzes für elektrischen Strom beim Verkehrsträger Schiene 243
Tabelle 8-5: Herleitung des Emissionskostensatzes für Dieselkraftstoff bei Lokomotiven 244
Tabelle 8-6: Herleitung des Emissionskostensatzes für Dieselkraftstoff bei Triebwagen 244

Tabelle 8-7: Definition der Modellfahrzeugtypen des SPFV im Prognosezustand 2030 246
Tabelle 8-8: Grundannahmen für die Ermittlung des Kapitaldienstes für die SPFV-Züge 247
Tabelle 8-9: Einheitssätze für die Investitions- und Unterhaltungs-/Instandhaltungs-kosten der Modellfahrzeugtypen des SPFV 248
Tabelle 8-10: Spezifische Energieverbräuche im Prognosezustand 2030 für die Modellfahrzeugtypen des SPFV (Einstrom- und Dieselfahrzeuge) 250
Tabelle 8-11: Personaleinsatz im SPFV nach Modellfahrzeugtypen 251
Tabelle 8-12: Modellfahrzeugtypen von SPNV-Triebwagen im Prognosezustand 2030 254
Tabelle 8-13: Definition der Standardkompositionen von lokbespannten SPNV-Zügen 255
Tabelle 8-14: Einheitssätze für die Investitions- und Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten der Modellfahrzeugtypen des SPNV mit Elektrotraktion (Einstromfahrzeuge) 256
Tabelle 8-15: Einheitssätze für die Investitions- und Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten der Modellfahrzeugtypen des SPNV mit Dieseltraktion 257
Tabelle 8-16: Einheitssätze für die Investitions- und Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten für lokbespannte Züge 258
Tabelle 8-17: Energieverbrauchsraten im Prognosezustand 2030 für die Modellfahrzeugtypen des SPNV mit Elektrotraktion 259
Tabelle 8-18: Energieverbrauchsraten im Prognosezustand 2030 für die Modellfahrzeugtypen des SPNV mit Dieseltraktion 260
Tabelle 8-19: Personaleinsatz im SPNV nach Zuggattungen bzw. Zuglängen 261
Tabelle 8-20: Maßgebende Modellgüterwagen für die verschiedenen Gütergruppen 262
Tabelle 8-21: Eigenschaften der maßgebenden Modellgüterwagen 263
Tabelle 8-22: Herleitung des spezifischen Kapitaldienstes für die SGV-Lokomotiven 264
Tabelle 8-23: Einheitskostensätze für die Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten der SGV-Lokomotiven 265
Tabelle 8-24: Nutzungsdauer und Vorhaltungskosten für die verschiedenen Modellgüterwagen 266
Tabelle 8-25: Einheitskostensätze für den intermodalen Güterumschlag 270
Tabelle 8-26: Fahrzeuggruppen 274

Tabelle 8-27: Jahresfahrleistung und Bestand der PKW unterschieden nach Antriebsart, Hubraumklasse und Straßengruppen in 2012 279
Tabelle 8-28: Mittlere Jahresfahrleistung der ausgewählten Repräsentativfahrzeuge nach zulässigem Gesamtgewicht in Deutschland für die Jahre 2002 und 2012..... 280
Tabelle 8-29: Anzahl und Klassenaufteilung der Personenkraftwagen mit Ottomotor (PO) und Dieselmotor (PD) in Deutschland am 01. Januar 2012 281
Tabelle 8-30: Anteil der Personenkraftwagen nach Kraftstoffarten am 01. Januar 282
Tabelle 8-31: Bestand und Fahrleistung der in Deutschland zugelassenen Pkw 282
Tabelle 8-32: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Personenkraftwagen nach Antriebsart und Klasse zum Preisstand 2012 284
Tabelle 8-33: Fahrleistungsgewichtete Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten der Personenkraftwagen..... 285
Tabelle 8-34: Anzahl und Klassenaufteilung der leichten Nutzfahrzeuge (LN) und der Lastkraftwagen ohne Anhänger (LS) in Deutschland im Jahr 2012..... 286
Tabelle 8-35: Bestand und Fahrleistung der in Deutschland zugelassenen Lkw..... 287
Tabelle 8-36: Lastkraftwagen in Deutschland nach Nutzlast und Kraftstoff am 01. Januar 2012 288
Tabelle 8-37: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Lastkraftwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis 3,5t zum Preisstand 2012..... 289
Tabelle 8-38: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Lastkraftwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von über 3,5t zum Preisstand 2012 290
Tabelle 8-39: Struktur der Vorhaltungskosten für leichte Nutzfahrzeuge (LN) 291
Tabelle 8-40: Struktur der Vorhaltungskosten für LKW ohne Anhänger (LS)..... 291
Tabelle 8-41: Fahrleistungsgewichtete Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten der leichten Nutzfahrzeuge und Lastkraftwagen ohne Anhänger 292
Tabelle 8-42: Bestand und Fahrleistung der in Deutschland zugelassenen Sattelzugmaschinen 293
Tabelle 8-43: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Lastkraftwagen und Anhänger zum Preisstand 2012..... 294

Tabelle 8-44: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Sattelzüge und Auflieger zum Preisstand von 2012 295
Tabelle 8-45: Struktur der Vorhaltungskosten für LKW mit Anhänger 295
Tabelle 8-46: Struktur der Vorhaltungskosten für Sattelzugmaschinen und Auflieger 296
Tabelle 8-47: Fahrleistungsgewichtete Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten der Last- und Sattelzüge 296
Tabelle 8-48: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (in l/100 km) 298
Tabelle 8-49: Mittlere Instandhaltungskosten der Bundesfernstraßen 1995 bis 2008 300
Tabelle 8-50: Ausgaben für den Betrieb der Bundesfernstraßen (BMVI) 301
Tabelle 8-51: Ausgaben für den Betrieb der Bundesautobahnen in €/km (BMVI) 302
Tabelle 8-52: Differenzierung der Vorhaltungskosten der Binnenschifffahrt nach Schiffstypen und Größenklassen 304
Tabelle 8-53: Kostenanteile je Schiffstyp 305
Tabelle 8-54: Komponenten der Vorhaltungskosten als Anteile der Tagesneuwerte 306
Tabelle 8-55: Gesamtwirtschaftliche Vorhaltungskosten der Motorschiffe (Preisstand 2012, € pro Jahr) 307
Tabelle 8-56: Gesamtwirtschaftliche Vorhaltungskosten der Schubleichter und Schubboote (Preisstand 2012; € pro Jahr) 308
Tabelle 8-57: Besatzung von Binnenschiffen nach Schiffspersonalverordnung-Rhein 310
Tabelle 8-58: Längenverteilung der Schiffe in bestimmten Größenklassen 311
Tabelle 8-59: Personalkosten der deutschen Binnenschifffahrt nach Schiffsgrößenklassen und Betriebsformen (Preisstand 2012, € pro Jahr) 312
Tabelle 8-60: Tragfähigkeitsklassen mit berechneten Leistungsgeschwindigkeitsprofilen 317
Tabelle 8-61: Wasserstraßenabschnitte für die Leistungsgeschwindigkeitsprofile 318
Tabelle 8-62: Vorhaltungs- und Personalkosten der Bulkschiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag) 325
Tabelle 8-63: Vorhaltungs- und Personalkosten der Tankschiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag) 326
Tabelle 8-64: Vorhaltungs- und Personalkosten der Gastanker zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag 326

Tabelle 8-65: Vorhaltungs- und Personalkosten der Containerschiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag) 327
Tabelle 8-66: Vorhaltungs- und Personalkosten der Stückgut- und sonstigen Schiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag) 328
Tabelle 8-67: Vorhaltungs- und Personalkosten der RoRo- und Fahrzeugschiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag 328
Tabelle 8-68: Treibstoffverbrauch eines Schiffes Fm (in g/kWh) bei Dienstgeschwindigkeit: 330
Tabelle 8-69: Durchschnittliche Pkw-Besetzungsgrade in Anzahl Personen/Pkw gemäß VP 2030 335
Tabelle 8-70: Zusammensetzung der Fahrleistungen von Pkw nach Antriebsarten im Prognosejahr 2030 337
Tabelle 8-71: Herleitung der spezifischen Energiekosten von Pkw nach Antriebsarten 338
Tabelle 8-72: Herleitung der durchschnittlichen spezifischen Betriebs- und Energiekosten von Pkw 339
Tabelle 8-73: Herleitung der durchschnittlichen spezifischen Vorhaltungskosten von Pkw 340
Tabelle 8-74: Emissionskostensätze für die Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren im motorisierten Individualverkehr 341
Tabelle 8-75: Emissionskostensätze für elektrischen Strom 342
Tabelle 8-76: Spezifische Abgasemissionen differenziert nach Antriebsarten 343
Tabelle 8-77: Durchschnittliche spezifische Abgasemissionskosten des MIV 344
Tabelle 8-78: Durchschnittliche spezifische Abgasemissionskosten des Schienengüterverkehrs mit Dieseltraktion 346
Tabelle 8-79: Spezifische leistungsabhängige Ersparnisse von Flugzeugvorhaltungs- und -betriebskosten 351
Tabelle 8-80: Aufkommensabhängige spezifische Betriebskostenersparnisse bei Verlagerungen vom Luftverkehr auf den SPV 352
Tabelle 8-81: Emissionsfaktoren für den Kerosinverbrauch 353
Tabelle 8-82: Herleitung der spezifischen Abgasemissionskosten für den Treibstoffverbrauch im Luftverkehr 353
Tabelle 8-83: Spezifische Ersparnisse von Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten bei Verlagerungen von Fernlinienbussen auf den SPV 356

Tabelle 8-84: Durchschnittliche spezifische Abgasemissionskosten 357
Tabelle 8-85: Durchschnittliche Beladung in t/Lkw im Güterfernverkehr 358
Tabelle 8-86: Kostenstrukturen ausgewählter Sattelzüge im Fernverkehr zum Preisstand 2012 361
Tabelle 8-87: Kostensätze für verlagerte Lkw-Betriebsleistungen 362
Tabelle 8-88: Durchschnittliche spezifische Abgasemissionskosten 364

Tabelle A 1: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (1) 377
Tabelle A 2: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (2) 379
Tabelle A 3: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (3) 380
Tabelle A 4: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (4) 386
Tabelle A 5: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (5) 387
Tabelle A 6: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (6) 389
Tabelle A 7: Beispielrechnung „Zielwahl“ (1) 392
Tabelle A 8: Beispielrechnung „Zielwahl“ (2) 393
Tabelle A 9: Bilanzierung des Ressourcenverzehrs inklusive impliziter Nutzendifferenz 406
Tabelle A 10: Benötigte Parameter für die Bewertung Straße 438
Tabelle A 11: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_1 (Kehlheim Straubing) zu Tal (8 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 448
Tabelle A 12: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_1 (Kehlheim Straubing) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 449
Tabelle A 13: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_2(Straubing Vilshofen) zu Tal (8 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 450
Tabelle A 14: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_2 (Straubing Vilshofen) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 451
Tabelle A 15: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_3 (Vilshofen Österreich) zu Tal (8 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 452
Tabelle A 16: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_3 (Vilshofen Österreich) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 453

Tabelle A 17: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_1 (Tschechien Saalemündung) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 454
Tabelle A 18: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_1 (Tschechien Saalemündung) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 455
Tabelle A 19: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_2 (Saalemündung Rothensee) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 456
Tabelle A 20: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_2 (Saalemündung Rothensee) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 457
Tabelle A 21: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_3 (Rothensee Lauenburg) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 458
Tabelle A 22: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_3 (Rothensee Lauenburg) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 459
Tabelle A 23: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_4 (Lauenburg – Cuxhaven) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 460
Tabelle A 24: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_4 (Lauenburg – Cuxhaven) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 461
Tabelle A 25: Leistungsbedarf auf der Ems zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 462
Tabelle A 26: Leistungsbedarf auf der Ems zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 462
Tabelle A 27: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,0 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 463
Tabelle A 28: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,2 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 463
Tabelle A 29: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,5 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 464
Tabelle A 30: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,6 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 464
Tabelle A 31: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,7 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 465
Tabelle A 32: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,8 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 465

Tabelle A 33: Leistungsbedarf auf dem Main zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 466
Tabelle A 34: Leistungsbedarf auf dem Main zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 466
Tabelle A 35: Leistungsbedarf auf der Mosel zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 467
Tabelle A 36: Leistungsbedarf auf der Mosel zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 467
Tabelle A 37: Leistungsbedarf auf dem Neckar zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 468
Tabelle A 38: Leistungsbedarf auf dem Neckar zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 468
Tabelle A 39: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Oder_1 (Wroclaw – HOW) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 469
Tabelle A 40: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Oder_1 (Wroclaw – HOW) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 469
Tabelle A 41: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Oder_2 (HOW – Szczecin) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 470
Tabelle A 42: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Oder_2 (HOW – Szczecin) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 470
Tabelle A 43: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_1 (Basel – Karlsruhe) zu Tal (6 km/h gegenüber 471
Tabelle A 44: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_1 (Basel – Karlsruhe) zu Berg (12 km/h gegenüber 472
Tabelle A 45: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_2 (Karlsruhe – Mainmündung) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 473
Tabelle A 46: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_2 (Karlsruhe – Mainmündung) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 474
Tabelle A 47: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_3 (Mainmündung Bendorf) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 475
Tabelle A 48: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_3 (Mainmündung Bendorf) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 476

Tabelle A 49: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_4 (Bendorf Duisburg) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 477
Tabelle A 50: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_4 (Bendorf Duisburg) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 478
Tabelle A 51: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_5 (Duisburg Niederlande) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 479
Tabelle A 52: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_5 (Duisburg Niederlande) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 480
Tabelle A 53: Leistungsbedarf auf der Saale zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 481
Tabelle A 54: Leistungsbedarf auf der Saale zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 481
Tabelle A 55: Leistungsbedarf auf der Saar zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 482
Tabelle A 56: Leistungsbedarf auf der Saar zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 482
Tabelle A 57: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_1 (Oberweser) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 483
Tabelle A 58: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_1 (Oberweser) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 483
Tabelle A 59: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_2 (Mittelweser) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 484
Tabelle A 60: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_2 (Mittelweser) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 484
Tabelle A 61: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_3 (Unter/Außenweser) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 485
Tabelle A 62: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_3 (Unter/Außenweser) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt 485
Tabelle A 63: Zuordnungsschlüssel BVWP-Strecken HBEFA-Straßentypen Teil 1 486
Tabelle A 64: Zuordnungsschlüssel BVWP-Strecken HBEFA-Straßentypen Teil 2 487
Tabelle A 65: Zuordnungsschlüssel BVWP-Strecken HBEFA-Straßentypen Teil 3 488

Tabelle A 66: Zuordnungsschlüssel BVWP-Strecken HBEFA-Straßentypen Teil 4 489
Tabelle A 67: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp A1 490
Tabelle A 68: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp F1 490
Tabelle A 69: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp H1 490
Tabelle A 70: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp H3 491
Tabelle A 71: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp S2 491
Tabelle A 72: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp A2 491
Tabelle A 73: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp F2 491
Tabelle A 74: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp SM 492
Tabelle A 75: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp H2 492
Tabelle A 76: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp S1 492
Tabelle A 77: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp E 492
Tabelle A 78: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp A1 493
Tabelle A 79: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp F1 493
Tabelle A 80: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp H1 493
Tabelle A 81: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp H3 494
Tabelle A 82: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp S2 494
Tabelle A 83: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp A2 494
Tabelle A 84: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp F2 494
Tabelle A 85: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp SM 495

Tabelle A 86: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp H2 495
Tabelle A 87: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp S1 495
Tabelle A 88: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp E 495
Tabelle A 89: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp A1 496
Tabelle A 90: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp F1 496
Tabelle A 91: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp H1 496
Tabelle A 92: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp H3 497
Tabelle A 93: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp S2 497
Tabelle A 94: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp A2 497
Tabelle A 95: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp F2 497
Tabelle A 96: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp SM 498
Tabelle A 97: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp H2 498
Tabelle A 98: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp S1 498
Tabelle A 99: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp E 498
Tabelle A 100: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp A1 499
Tabelle A 101: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp F1 499
Tabelle A 102: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp H1 499
Tabelle A 103: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp H3 500
Tabelle A 104: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp S2 500
Tabelle A 105: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp A2 500

Tabelle A 106: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp F2 500
Tabelle A 107: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp SM 501
Tabelle A 108: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp H2 501
Tabelle A 109: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp S1 501
Tabelle A 110: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp E 501
Tabelle A 111: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp A1 502
Tabelle A 112: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp F1 502
Tabelle A 113: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp H1 502
Tabelle A 114: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp H3 503
Tabelle A 115: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp S2 503
Tabelle A 116: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp A2 503
Tabelle A 117: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp F2 503
Tabelle A 118: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp SM 504
Tabelle A 119: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp H2 504
Tabelle A 120: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp S1 504
Tabelle A 121: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km) Straßentyp E 504
Tabelle A 122: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp A1 505
Tabelle A 123: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp F1 505
Tabelle A 124: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp H1 505
Tabelle A 125: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp H3 506
Tabelle A 126: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp S2 506
Tabelle A 127: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp A2 506
Tabelle A 128: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp F2 506

Tabelle A 129: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp SM 507
Tabelle A 130: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp H2 507
Tabelle A 131: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp S1 507
Tabelle A 132: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp E 507
Tabelle A 133: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp A1 508
Tabelle A 134: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp F1 508
Tabelle A 135: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp H1 508
Tabelle A 136: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp H3 509
Tabelle A 137: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp S2 509
Tabelle A 138: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp A2 509
Tabelle A 139: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp F2 509
Tabelle A 140: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp SM 510
Tabelle A 141: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp H2 510
Tabelle A 142: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp S1 510
Tabelle A 143: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp E 510
Tabelle A 144: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp A1 511
Tabelle A 145: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp F1 511
Tabelle A 146: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp H1 511
Tabelle A 147: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp H3 512
Tabelle A 148: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp S2 512
Tabelle A 149: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp A2 512
Tabelle A 150: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp F2 512
Tabelle A 151: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp SM 513
Tabelle A 152: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp H2 513
Tabelle A 153: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp S1 513
Tabelle A 154: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp E 513
Tabelle A 155: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp A1 514
Tabelle A 156: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp F1 514
Tabelle A 157: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp H1 514
Tabelle A 158: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp H3 514
Tabelle A 159: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp S2 515
Tabelle A 160: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp A2 515
Tabelle A 161: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp F2 515
Tabelle A 162: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp SM 515

Tabelle A 163: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp H2 516
Tabelle A 164: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp S1 516
Tabelle A 165: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp E 516
Tabelle A 166: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A1 517
Tabelle A 167: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/100km) Straßentyp F1 517
Tabelle A 168: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H1 517
Tabelle A 169: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H3 518
Tabelle A 170: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S2 518
Tabelle A 171: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A2 518
Tabelle A 172: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F2 518
Tabelle A 173: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp SM 519
Tabelle A 174: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H2 519
Tabelle A 175: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S1 519
Tabelle A 176: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp E 519
Tabelle A 177: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A1 520
Tabelle A 178: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F1 520
Tabelle A 179: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H1 520
Tabelle A 180: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H3 521
Tabelle A 181: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S2 521
Tabelle A 182: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A2 521
Tabelle A 183: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F2 521

Tabelle A 184: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp SM 522
Tabelle A 185: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H2 522
Tabelle A 186: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S1 522
Tabelle A 187: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp E 522
Tabelle A 188: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A1 523
Tabelle A 189: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F1 523
Tabelle A 190: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H1 523
Tabelle A 191: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H3 524
Tabelle A 192: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S2 524
Tabelle A 193: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A2 524
Tabelle A 194: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F2 524
Tabelle A 195: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp SM 525
Tabelle A 196: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H2 525
Tabelle A 197: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S1 525
Tabelle A 198: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp E 525
Tabelle A 199: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A1 526
Tabelle A 200: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F1 526
Tabelle A 201: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H1 526
Tabelle A 202: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H3 527
Tabelle A 203: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S2 527

Tabelle A 204: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A2 527
Tabelle A 205: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F2 527
Tabelle A 206: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp SM 528
Tabelle A 207: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H2 528
Tabelle A 208: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S1 528
Tabelle A 209: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp E 528
Tabelle A 210: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp A1 529
Tabelle A 211: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp F1 529
Tabelle A 212: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H1 529
Tabelle A 213: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H3 530
Tabelle A 214: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp S2 530
Tabelle A 215: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp A2 530
Tabelle A 216: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp F2 530
Tabelle A 217: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp SM 531
Tabelle A 218: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H2 531
Tabelle A 219: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp S1 531
Tabelle A 220: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp E 531
Tabelle A 221: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A1 532
Tabelle A 222: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F1 532
Tabelle A 223: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H1 532
Tabelle A 224: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H3 532
Tabelle A 225: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S2 533

Tabelle A 226: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A2 533
Tabelle A 227: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F2 533
Tabelle A 228: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp SM 533
Tabelle A 229: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H2 534
Tabelle A 230: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S1 534
Tabelle A 231: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp E 534
Tabelle A 232: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A1 534
Tabelle A 233: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F1 535
Tabelle A 234: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H1 535
Tabelle A 235: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H3 535
Tabelle A 236: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S2 535
Tabelle A 237: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A2 536
Tabelle A 238: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F2 536
Tabelle A 239: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp SM 536
Tabelle A 240: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H2 536
Tabelle A 241: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S1 536
Tabelle A 242: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp E 537
Tabelle A 243: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A1 537
Tabelle A 244: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F1 537
Tabelle A 245: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H1 537
Tabelle A 246: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H3 538
Tabelle A 247: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S2 538
Tabelle A 248: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A2 538
Tabelle A 249: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F2 538
Tabelle A 250: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp SM 539
Tabelle A 251: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H2 539
Tabelle A 252: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S1 539
Tabelle A 253: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp E 539
Tabelle A 254: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A1 540
Tabelle A 255: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F1 540
Tabelle A 256: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H1 540
Tabelle A 257: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H3 540
Tabelle A 258: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S2 541
Tabelle A 259: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A2 541

Tabelle A 260: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F2 541
Tabelle A 261: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp SM 541
Tabelle A 262: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H2 542
Tabelle A 263: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S1 542
Tabelle A 264: CO-Emissionen Pkw-Gas (in g/km) Straßentyp E 542
Tabelle A 265: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A1 543
Tabelle A 266: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F1 543
Tabelle A 267: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H1 543
Tabelle A 268: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H3 544
Tabelle A 269: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S2 544
Tabelle A 270: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A2 544
Tabelle A 271: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F2 544
Tabelle A 272: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp SM 545
Tabelle A 273: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H2 545
Tabelle A 274: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S1 545
Tabelle A 275: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp E 545
Tabelle A 276: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A1 546
Tabelle A 277: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F1 546
Tabelle A 278: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H1 546
Tabelle A 279: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H3 547
Tabelle A 280: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S2 547
Tabelle A 281: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A2 547

Tabelle A 282: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F2 547
Tabelle A 283: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp SM 548
Tabelle A 284: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H2 548
Tabelle A 285: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S1 548
Tabelle A 286: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp E 548
Tabelle A 287: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A1 549
Tabelle A 288: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F1 549
Tabelle A 289: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H1 549
Tabelle A 290: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H3 550
Tabelle A 291: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S2 550
Tabelle A 292: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A2 550
Tabelle A 293: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F2 550
Tabelle A 294: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp SM 551
Tabelle A 295: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H2 551
Tabelle A 296: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S1 551
Tabelle A 297: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp E 551
Tabelle A 298: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A1 552
Tabelle A 299: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F1 552
Tabelle A 300: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H1 552
Tabelle A 301: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H3 553

Tabelle A 302: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S2 553
Tabelle A 303: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A2 553
Tabelle A 304: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F2 553
Tabelle A 305: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp SM 554
Tabelle A 306: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H2 554
Tabelle A 307: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S1 554
Tabelle A 308: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp E 554
Tabelle A 309: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp A1 555
Tabelle A 310: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp F1 555
Tabelle A 311: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H1 555
Tabelle A 312: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H3 556
Tabelle A 313: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp S2 556
Tabelle A 314: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp A2 556
Tabelle A 315: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp F2 556
Tabelle A 316: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp SM 557
Tabelle A 317: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H2 557
Tabelle A 318: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp S1 557
Tabelle A 319: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp E 557
Tabelle A 320: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A1 558
Tabelle A 321: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F1 558
Tabelle A 322: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H1 558

Tabelle A 323: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H3 558
Tabelle A 324: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S2 559
Tabelle A 325: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A2 559
Tabelle A 326: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F2 559
Tabelle A 327: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp SM 559
Tabelle A 328: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H2 560
Tabelle A 329: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S1 560
Tabelle A 330: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp E 560
Tabelle A 331: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A1 560
Tabelle A 332: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F1 561
Tabelle A 333: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H1 561
Tabelle A 334: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H3 561
Tabelle A 335: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S2 561
Tabelle A 336: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A2 562
Tabelle A 337: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F2 562
Tabelle A 338: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp SM 562
Tabelle A 339: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H2 562
Tabelle A 340: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S1 562
Tabelle A 341: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp E 563
Tabelle A 342: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A1 563
Tabelle A 343: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F1 563
Tabelle A 344: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H1 563
Tabelle A 345: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H3 564
Tabelle A 346: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S2 564
Tabelle A 347: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A2 564
Tabelle A 348: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F2 564
Tabelle A 349: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp SM 565
Tabelle A 350: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H2 565
Tabelle A 351: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S1 565
Tabelle A 352: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp E 565
Tabelle A 353: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A1 566
Tabelle A 354: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F1 566
Tabelle A 355: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H1 566
Tabelle A 356: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H3 566

Tabelle A 357: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S2 567
Tabelle A 358: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A2 567
Tabelle A 359: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F2 567
Tabelle A 360: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp SM 567
Tabelle A 361: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H2 568
Tabelle A 362: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S1 568
Tabelle A 363: HC-Emissionen Pkw-Gas (in g/km) Straßentyp E 568
Tabelle A 364: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A1 569
Tabelle A 365: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F1 569
Tabelle A 366: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H1 569
Tabelle A 367: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H3 570
Tabelle A 368: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S2 570
Tabelle A 369: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A2 570
Tabelle A 370: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F2 570
Tabelle A 371: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp SM 571
Tabelle A 372: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H2 571
Tabelle A 373: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S1 571
Tabelle A 374: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp E 571
Tabelle A 375: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A1 572
Tabelle A 376: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F1 572
Tabelle A 377: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H1 572
Tabelle A 378: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H3 573
Tabelle A 379: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S2 573

Tabelle A 380: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A2 573
Tabelle A 381: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F2 573
Tabelle A 382: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp SM 574
Tabelle A 383: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H2 574
Tabelle A 384: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S1 574
Tabelle A 385: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp E 574
Tabelle A 386: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A1 575
Tabelle A 387: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F1 575
Tabelle A 388: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H1 575
Tabelle A 389: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H3 576
Tabelle A 390: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S2 576
Tabelle A 391: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A2 576
Tabelle A 392: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F2 576
Tabelle A 393: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp SM 577
Tabelle A 394: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H2 577
Tabelle A 395: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S1 577
Tabelle A 396: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp E 577
Tabelle A 397: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A1 578
Tabelle A 398: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F1 578
Tabelle A 399: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H1 578

Tabelle A 400: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H3 579
Tabelle A 401: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S2 579
Tabelle A 402: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A2 579
Tabelle A 403: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F2 579
Tabelle A 404: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp SM 580
Tabelle A 405: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H2 580
Tabelle A 406: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S1 580
Tabelle A 407: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp E 580
Tabelle A 408: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp A1 581
Tabelle A 409: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp F1 581
Tabelle A 410: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H1 581
Tabelle A 411: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H3 582
Tabelle A 412: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp S2 582
Tabelle A 413: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp A2 582
Tabelle A 414: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp F2 582
Tabelle A 415: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp SM 583
Tabelle A 416: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H2 583
Tabelle A 417: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp S1 583
Tabelle A 418: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp E 583
Tabelle A 419: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A1 584

Tabelle A 420: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F1 584
Tabelle A 421: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H1 584
Tabelle A 422: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H3 584
Tabelle A 423: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S2 585
Tabelle A 424: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A2 585
Tabelle A 425: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F2 585
Tabelle A 426: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp SM 585
Tabelle A 427: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H2 586
Tabelle A 428: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S1 586
Tabelle A 429: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp E 586
Tabelle A 430: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A1 586
Tabelle A 431: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F1 587
Tabelle A 432: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H1 587
Tabelle A 433: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H3 587
Tabelle A 434: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S2 587
Tabelle A 435: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A2 588
Tabelle A 436: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F2 588
Tabelle A 437: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp SM 588
Tabelle A 438: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H2 588
Tabelle A 439: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S1 588
Tabelle A 440: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp E 589
Tabelle A 441: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A1 589
Tabelle A 442: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F1 589
Tabelle A 443: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H1 589
Tabelle A 444: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H3 590
Tabelle A 445: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S2 590
Tabelle A 446: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A2 590
Tabelle A 447: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F2 590
Tabelle A 448: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp SM 591
Tabelle A 449: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H2 591
Tabelle A 450: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S1 591
Tabelle A 451: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp E 591
Tabelle A 452: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A1 592
Tabelle A 453: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F1 592

Tabelle A 454: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H1 592
Tabelle A 455: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H3 592
Tabelle A 456: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S2 593
Tabelle A 457: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A2 593
Tabelle A 458: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F2 593
Tabelle A 459: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp SM 593
Tabelle A 460: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H2 594
Tabelle A 461: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S1 594
Tabelle A 462: NOx-Emissionen Pkw-Gas (in g/km) Straßentyp E 594
Tabelle A 463: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A1 595
Tabelle A 464: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F1 595
Tabelle A 465: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H1 595
Tabelle A 466: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H3 596
Tabelle A 467: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S2 596
Tabelle A 468: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A2 596
Tabelle A 469: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F2 596
Tabelle A 470: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp SM 597
Tabelle A 471: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H2 597
Tabelle A 472: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S1 597
Tabelle A 473: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp E 597
Tabelle A 474: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A1 598
Tabelle A 475: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F1 598
Tabelle A 476: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H1 598

Tabelle A 477: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H3 599
Tabelle A 478: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S2 599
Tabelle A 479: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A2 599
Tabelle A 480: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F2 599
Tabelle A 481: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp SM 600
Tabelle A 482: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H2 600
Tabelle A 483: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S1 600
Tabelle A 484: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp E 600
Tabelle A 485: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A1 601
Tabelle A 486: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F1 601
Tabelle A 487: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H1 601
Tabelle A 488: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H3 602
Tabelle A 489: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S2 602
Tabelle A 490: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A2 602
Tabelle A 491: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F2 602
Tabelle A 492: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp SM 603
Tabelle A 493: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H2 603
Tabelle A 494: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S1 603
Tabelle A 495: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp E 603
Tabelle A 496: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A1 604

Tabelle A 497: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F1 604
Tabelle A 498: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H1 604
Tabelle A 499: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H3 605
Tabelle A 500: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S2 605
Tabelle A 501: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A2 605
Tabelle A 502: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F2 605
Tabelle A 503: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp SM 606
Tabelle A 504: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H2 606
Tabelle A 505: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S1 606
Tabelle A 506: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp E 606
Tabelle A 507: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp A1 607
Tabelle A 508: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp F1 607
Tabelle A 509: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H1 607
Tabelle A 510: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H3 608
Tabelle A 511: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp S2 608
Tabelle A 512: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp A2 608
Tabelle A 513: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp F2 608
Tabelle A 514: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp SM 609
Tabelle A 515: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp H2 609
Tabelle A 516: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp S1 609

Tabelle A 517: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km) Straßentyp E 609
Tabelle A 518: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A1 610
Tabelle A 519: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F1 610
Tabelle A 520: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H1 610
Tabelle A 521: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H3 611
Tabelle A 522: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S2 611
Tabelle A 523: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A2 611
Tabelle A 524: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F2 611
Tabelle A 525: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp SM 612
Tabelle A 526: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H2 612
Tabelle A 527: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S1 612
Tabelle A 528: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp E 612
Tabelle A 529: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A1 613
Tabelle A 530: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F1 613
Tabelle A 531: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H1 613
Tabelle A 532: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H3 614
Tabelle A 533: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S2 614
Tabelle A 534: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A2 614
Tabelle A 535: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F2 614
Tabelle A 536: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp SM 615
Tabelle A 537: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H2 615
Tabelle A 538: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S1 615
Tabelle A 539: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp E 615
Tabelle A 540: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A1 616
Tabelle A 541: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F1 616
Tabelle A 542: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H1 616
Tabelle A 543: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H3 617
Tabelle A 544: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S2 617
Tabelle A 545: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A2 617
Tabelle A 546: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F2 617
Tabelle A 547: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp SM 618
Tabelle A 548: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H2 618
Tabelle A 549: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S1 618

Tabelle A 550: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp E 618
Tabelle A 551: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A1 619
Tabelle A 552: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F1..... 619
Tabelle A 553: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H1 619
Tabelle A 554: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H3 620
Tabelle A 555: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S2 620
Tabelle A 556: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A2 620
Tabelle A 557: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F2..... 620
Tabelle A 558: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp SM 621
Tabelle A 559: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H2 621
Tabelle A 560: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S1 621
Tabelle A 561: Partikel-Emissionen Pkw-Gas (in g/km) Straßentyp E 621
Tabelle A 562: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A1 622
Tabelle A 563: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F1 622
Tabelle A 564: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H1..... 622
Tabelle A 565: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H3..... 622
Tabelle A 566: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S2..... 623
Tabelle A 567: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A2..... 623
Tabelle A 568: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F2 623
Tabelle A 569: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp SM..... 623
Tabelle A 570: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H2..... 624
Tabelle A 571: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S1 624
Tabelle A 572: CO2-Emissionen Pkw-Gas (in g/km) Straßentyp E..... 624

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Strukturierung des Variantenspektrums 19

Abbildung 2-2: Hautachsen im deutschen Schienennetz 21

Abbildung 2-3: Vorschlag für den Arbeitsablauf bei der Bewertung von Maßnahmenbündeln 22

Abbildung 2-4: Vorgehensweise zur Priorisierung der im Zielnetz enthaltenen Einzelmaßnahmen bzw. Maßnahmenbündel..... 26

Abbildung 2-5: Einordnung der Beurteilung intramodaler Interdependenzen in den BVWP-Prozess..... 30

Abbildung 2-6: Reallohn- und Bruttoinlandsproduktentwicklung 2002 bis 2012 47

Abbildung 3-1: Vorgehensweise bei der Ermittlung der Reisezeitnutzen und der implizite Nutzendifferenzen beim Verkehrsträger Straße 101

Abbildung 3-2: Wirkungsbewertung einer Nachfrageverlagerung vom SPV zum MIV: Schematische Darstellung der aus Konsumenten- und Produzentensicht relevanten Nutzenkomponenten und verschiedene Formen der Ergebnissynthese. Es wird nur der verlagerte Verkehr betrachtet. 126

Abbildung 4-1: Mögliche Wirkungsketten einer Verbesserung der regionalen Verkehrsinfrastruktur (in Anlehnung an Lakshmanan (2007)) 144

Abbildung 4-2: Untersuchungsansatz zur Quantifizierung verlagerungs-bedingter Reisezeitersparnisse im Straßennetz 169

Abbildung 5-1: Distanzabhängige Zeitwerte für den nicht-gewerblichen Personenverkehr 176

Abbildung 5-2: Zeitwertfunktionen für den Fahrtzweck Dienstlich/Geschäft 178

Abbildung 7-1: Unfallkostenraten unter Berücksichtigung des Risk Values in €/10³ Kfz-km 196

Abbildung 7-2: Unfallkostenraten unter Berücksichtigung des Risk Values differenziert nach der 4.Kennziffer (Qualität) in €/10³ Kfz-km 197

Abbildung 7-3: Prinzipieller Ablauf bei der Ermittlung der Schadstoffemissionen des Verkehrsträgers Schiene 219

Abbildung 8-1: Instandhaltungskosten der Wege zum Preisstand des Jahres 2012 (T€/km*a) nach Streckentyp 303

Abbildung 8-2: Fahrwiderstand als Funktion der Geschwindigkeit 314

Abbildung 8-3: Eingesetzte Leistung in Abhängigkeit der Wassertiefe für verschiedene Geschwindigkeiten (GMS mit 2,5 m Tiefgang) 315

Abbildung 8-4: Ermittlung der mittleren Flugzeuggröße in dem mit dem SPFV konkurrierenden Entfernungsbereich 348

Abbildung 8-5: Leerfahrtenanteil in Abhängigkeit von der Transportweite 359

Abbildung Anhang 1: Nachfragekurve $a_0 \rightarrow a_1$ 370
Abbildung Anhang 2: Konsumentenrente über rule-of-half 371
Abbildung Anhang 3: Illustratives Beispiel: Zusätzliche Fahrten. Die Mengengerüste ergeben sich aus der Addition von Hin- und Rückfahrt 373
Abbildung Anhang 4: Typische Konstellation der Nutzenberechnung beim induzierten Neuverkehr 374
Abbildung Anhang 5: *Gesamtwirtschaftliche Nutzenaufteilung über monetären Preis p* 382
Abbildung Anhang 6: *Gesamtwirtschaftliche Nutzenaufteilung und –änderung über den Aufwand* $a = nk + zw \times t$ 383
Abbildung Anhang 7: Aufwandsattribute der Optionen $\boldsymbol{a}$ und $\boldsymbol{b}$ 396
Abbildung Anhang 8: Verbesserung (Reduzierung der Reisezeit) von Option 397
Abbildung Anhang 9: Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente 398
Abbildung Anhang 10: Rechnung über Ressourcenverzehr 399
Abbildung Anhang 11: Vergleich 400
Abbildung Anhang 12: Implizite Nutzendifferenz 402
Abbildung Anhang 13: „Standardisierte Bewertung“ und Bedarfsplanüberprüfung Schiene 2010 409
Abbildung Anhang 14: „Standardisierte Bewertung“ im Gesamtvergleich 411
Abbildung Anhang 15: Kosten einer Eisenbahnstrecke bei unterschiedlicher Kapazität 413
Abbildung Anhang 16: Individuelle Grenzkosten auf zwei Strecken und Umlegungsregeln 417
Abbildung Anhang 17: Schritte und Optionen der Weiterentwicklung des Bewertungsschemas für den Schienengüterverkehr 421
Abbildung Anhang 18: Veränderungen von Ressourcenverbrauchskosten 422
Abbildung Anhang 19: Ressourceneinsparungen bei erweiterten Kostenattributen und Ergebnis bei einer Produzenten-Konsumentenrente 425
Abbildung Anhang 20: Konsumentenrentengewinne und Variation der Ressourcenkosten 430
Abbildung Anhang 21: Wohlfahrtsveränderungen abgebender Verkehrsträger 433

1 Einführung

Seit Anfang der 1970er-Jahre stützen sich die Entscheidungen über Investitionsmaßnahmen in die verkehrliche Infrastruktur auf einen verkehrsträgerübergreifenden Bundesverkehrswegeplan (BVWP).[1] Zurzeit steht das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) vor der Aufgabe, einen neuen BVWP aufzustellen, und strebt an, diesen bis zum Jahr 2015 fertigzustellen. Für die gesamtwirtschaftliche Bewertung der potentiellen Projekte dieses neuen BVWP soll wiederum auf Nutzen-Kosten-Analysen zurückgegriffen werden. Hierfür galt es, das dem BVWP 2003 zugrunde liegende Bewertungsverfahren zu überprüfen, zu aktualisieren und weiterzuentwickeln. Das dem BVWP 2003 zugrunde liegende Verfahren kann als ausgefeilte Methodik eingestuft werden, welche eine umfangreiche Monetarisierung von Projektwirkungen ermöglicht.[2]

Im Hinblick auf die Analyse potentieller Defizite wurden die Kritikpunkte relevanter Experten aus Wissenschaft und Praxis explizit berücksichtigt, und es wurde ein Vergleich zur Bewertungsmethodik in anderen Ländern gezogen. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung der Ausgestaltung und Transparenz von Planungs- und Bewertungsverfahren für die gesellschaftliche Akzeptanz von (Verkehrs- und sonstigen) Infrastrukturvorhaben wurden im Rahmen eines Workshops grundlegende Projektergebnisse mit Experten aus Wissenschaft und Praxis diskutiert.

Im Ergebnis wurden sowohl bisher berücksichtigte Nutzenkomponenten aus der Bewertungsmethodik entfernt als auch neue hinzugefügt. Die nachfolgende Tabelle bietet eine Übersicht über die Nutzen- und Kostenkomponenten und gibt an, in welchem Abschnitt sie diskutiert werden.

---

[1] S. BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2005, S: 21.

[2] Vgl. hierzu z.B. BICKEL ET AL. (2005).

Tabelle 1-1: Diskutierte Nutzen- und Kostenkomponenten der Bewertungsmethodik

Nutzenkomponente	Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Relevante Abschnitte
Aktualisierte, neue und entfallene Komponenten			
Verbilligung von Beförderungsvorgängen	NB	Änderungen der Beförderungs- bzw. Transportkosten	Beförderungskosten PV in 3.4 Transportkosten GV in 3.5 Fixkostenbehandlung in 2.10 Transportkostensätze in 8
Erhaltung der Verkehrswege	NW	Erneuerungskosten- und Instandhaltungskostenersparnisse	Schiene 8.1.2.2 Straße 8.2.7 Wasserstraße 8.3.4 [3]
Erhöhung der Verkehrssicherheit	NS	Unfallkosten (Personen- und Sachschäden)	Personenschäden 7.1.1 Unfallkosten Schiene 7.1.2 Unfallkosten Straße 7.1.3 Unfallkosten Wasserstraße 7.1.5
Reisezeitnutzen (Früher: Verbesserung der Erreichbarkeit von Fahrtzielen (NE alt))	NRZ (neu)	Reisezeitnutzen im Personenverkehr und Zeitwerte	Personenverkehr 3.4.2 Zeitwerte PV 5.1
Transportzeitersparnisse im Güterverkehr	NTZ (neu)	Transportzeitersparnisse im Güterverkehr und Zeitwerte (Kapitalbindung u. Logistikkosten)	5.2
Implizite Nutzendifferenz	NI (neu)	Über den Ressourcenverzehr hinausgehende Individualnutzen	Implizite Nutzendifferenz PV 3.4.3 Implizite Nutzendifferenz GV 3.5 (s. auch Anhang A)
Räumliche Vorteile	NR (alt)	Beschäftigungseffekte u. Verbesserung der regionalen Anbindung (entfällt – bereits in anderen Komponenten erfasst)	Monetarisierung raumordnerischer Aspekte 4.3.7 Beschäftigungseffekte 4.3 wirtschaftliche Effekte 4.3.6 Förderung internationaler Beziehungen 4.3.3
Entlastung der Umwelt	NL (neu)	Lebenszyklusemissionen	4.1
Entlastung der Umwelt	NG	Verminderung der Geräuschbelastung	7.2.1
Entlastung der Umwelt	NA	Verminderung der Abgasbelastung	7.2.2
Entlastung der Umwelt	NT	Innerörtliche Trennwirkung	7.2.3
Verbesserte Anbindung von See- und Flughäfen	NH	(entfällt – bereits in anderen Komponenten erfasst)	4.3.4
Verbesserung der Zuverlässigkeit	NZ	Projektinduzierte Zuverlässigkeitsverbesserungen	4.5
Nutzen bei konkurrierenden Verkehrsträgern	NK	Nutzen z.B. aus Zeitersparnissen im Straßenverkehr bei der Beseitigung von schienengleichen Bahnübergängen	4.6
Investitionskosten	K	Behandlung aller projektspezifischen Kosten	Investitionskosten und Betrachtungszeitraum 2.8
Geprüfte Komponenten, die nicht in das Bewertungsverfahren aufgenommen wurden			
Negativer Nutzen während der Bauzeit	-	(nicht in das Bewertungsverfahren aufgenommen)	4.4
Entlastung der Umwelt	-	Berücksichtigung weiterer Umweltkosten (nicht in das Bewertungsverfahren aufgenommen)	2.11

[3] Erneuerungs- und Instandhaltungskosten werden bei der Wasserstraße nicht mit Hilfe von Durchschnittskosten erfasst, sondern projektspezifisch zur Verfügung gestellt.

2 Grundsatzfragen

2.1 Genereller Untersuchungsansatz

Das übergeordnete Ziel des BVWP 2003 war es, die Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur des Bundes so zu steuern, dass ein möglichst großer Beitrag zur Wohlfahrt der Bevölkerung erzielt wird.[4] Dies sollte auch weiterhin Bestand haben. Das übliche Maß zur Bestimmung der Wohlfahrtssteigerung ist die Steigerung des nationalen Volkseinkommens. Hieraus ergibt sich, dass die relevanten Bewertungsgrößen als Faktorkosten zu ermitteln sind.[5] So wird auch im internationalen Vergleich das Nettosozialprodukt zu Faktorkosten, als der grundsätzliche Bewertungsmaßstab angesehen.[6] Um die Faktorkosten zu ermitteln, gilt es, Marktpreise zu bestimmen und diese um indirekte Steuern und Subventionen zu bereinigen.[7][8] Hieraus resultiert die Notwendigkeit bei der Bestimmung der Preise bzw. Kosten zwischen indirekten Steuern und direkten Steuern sowie Sozialabgaben zu unterscheiden. Folgt man den Rechenkonventionen der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung, so sind die direkten Steuern und die Sozialabgaben Bestandteil der Faktorkosten, aber die indirekten Steuern nicht. Dies rechtfertigt u.a. die unterschiedliche Behandlung der Mehrwertsteuer einerseits und der Lohn- und Einkommenssteuer andererseits.

Für einige Nutzenkomponenten fehlen Marktpreise. Für diese müssen abgeleitete monetäre Größen die Marktpreise ersetzen. Hierzu wird i.d.R. der Opportunitätskostenansatz (Alternativkosten zur Erreichung oder Vermeidung eines bestimmten

---

4 S. BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2005, S: 21f.

5 Volkseinkommen und Nettosozialprodukt zu Faktorkosten sind Synonyme. Das Nettosozialprodukt zu Faktorkosten spiegelt in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung in Form der Entstehungsrechnung den Ressourcenverzehr wieder. Vgl. Hübel, L., Wirtschaftskreislauf und gesamtwirtschaftliches Rechnungswesen, in: Bender, D.; et al, Vahlens Kompendium der Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik – Band 1, 6. A., München 1995, S. 70ff.

6 Vgl. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, HEATCO – Developing Hamonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment - Final Technical Report, Stuttgart (2006), S. 15.

7 Das Nettosozialprodukt zu Marktpreisen entspricht dem Nettosozialprodukt zu Faktorkosten plus indirekter Steuern minus der Subventionen (S. Stobbe, A., Volkswirtschaftliches Rechnungswesen, 7. A., Berlin; u.a. 1989, S.114ff.)

8 Zu der Verwendung von Marktpreisen im Rahmen von Bewertungen von Infrastrukturmaßnahmen siehe auch Bundesministerium für Verkehr; Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen (Bewertungsverfahren im Rahmen der Aufstellung des Bundesverkehrswegeplanes ‘80), Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr Heft 59, Bonn 1980, S. 6ff.

Effektes) herangezogen. Darüber hinaus dienten durch Stated Preference Befragungen ermittelte Zahlungsbereitschaften als Ersatz für Marktpreise.

Neben der Wohlfahrtsmessung mit Hilfe der der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) bzw. der daraus abgeleiteten Größen gilt es, für einige Nutzenkomponenten auch die Summe der über den Ressourcenverzehr hinausgehenden Nutzen aus dem Bereich Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen. Die Nutzenkomponente, bei der dies am offensichtlichsten ist, ist die implizite Nutzendifferenz (vgl. Kapitel 3.4 bezüglich des Personenverkehrs und Kapitel 3.5 bezüglich des Güterverkehrs), aber auch die Lärmbewertung oder die Bewertung der Zeitgewinne im Freizeitverkehr gehen über die Bewertung mit Hilfe des Ressourcenverzehrs hinaus.

Generell wird bei der Weiterentwicklung des BVWP-Bewertungsverfahrens zwischen den innerhalb des BVWP 2015 umsetzbaren methodischen Verbesserungen und den darüber hinaus perspektivisch wünschbaren Verbesserungen unterschieden. Die Bewertungen erfolgen im europäischen Kontext. Kernstück des Bewertungsverfahrens ist weiterhin die Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) nach der Barwertmethode.

In der NKA werden Nutzenkomponenten berücksichtigt, deren monetäre Quantifizierung wissenschaftlich begründbar und bei denen ein signifikanter Beitrag zum Gesamtnutzen zu erwarten ist. Bei Bewertungskomponenten, bei denen eine große Bandbreite der Bewertungsansätze nicht vermeidbar ist, und die aufgrund ihrer Bedeutung in die NKA eingehen sollten, sind beispielhaft Sensitivitätsanalysen durchzuführen.

Grundsätzlich sind bei der Bewertung das gleiche Genauigkeitsniveau und der gleiche Differenzierungsgrad in den einzelnen Elementen anzustreben wie in der Nachfrageprognose. Dies bedeutet, dass bei einzelnen Elementen kein weit überdurchschnittliches Genauigkeitsniveau angestrebt werden soll, wenn dies durch entsprechend größere Bandbreiten in anderen Elementen überlagert wird. In solchen Fällen würde der zusätzliche Bewertungsaufwand keinen weiteren Genauigkeitsgewinn bezogen auf das Gesamtergebnis bewirken und somit unökonomisch sein.

2.2 Differenzierung des Bewertungsverfahrens nach Projektkategorien

Die Kategorisierung der zu bewertenden Infrastrukturmaßnahmen dient zur

(1) Festlegung der jeweils relevanten Nutzenkomponenten und der jeweiligen maßnahmenadäquaten Bearbeitungstiefe sowie zur,

(2) Feststellung der Notwendigkeit zur Berücksichtigung von verkehrsträgerinternen (intramodalen) Interdependenzen.

Die Kategorisierung nach Ziffer (1) dient dazu, den Bewertungsaufwand auf das für die jeweilige Maßnahme erforderliche Maß zu beschränken und ist im Einzelnen in Kapitel 2.2.1 für den Verkehrsträger Schiene, im Kapitel 2.2.2 für den Verkehrsträger Straße und im Kapitel 2.2.3 für den Verkehrsträger Binnenwasserstraße erläutert.

Die Kategorisierung nach Stufe (2) dient zur Strukturisierung der Untersuchungsprozesse hinsichtlich der Definition von aus Maßnahmebündeln oder Einzelmaßnahmen bestehenden Planfallvarianten und der Zuordnung zu einem für die jeweilige Planfallvariante maßgebenden Bezugsfall. Hierauf wird im Einzelfall bei der Beschreibung der Untersuchungsprozesse in Kapitel 2.3.1 für den Verkehrsträger Schiene und Kapitel 2.3.2. für den Verkehrsträger Binnenwasserstraße eingegangen.

Theoretisch wäre noch eine Kategorisierung nach der Notwendigkeit zur Berücksichtigung von verkehrsträgerübergreifenden (intermodalen) Interdependenzen denkbar. Wie die im BVWP 2003 durchgeführten intermodalen Interdependenzuntersuchungen gezeigt haben, erreichen die intermodalen Verlagerungswirkungen bei Realisierung von Infrastrukturmaßnahmen konkurrierender Verkehrsträger in der Regel keine bewertungsrelevante Größenordnung. Es wird daher empfohlen, die Bewertung der Infrastrukturmaßnahmen für die einzelnen Verkehrsträger zunächst ohne die Betrachtung intermodaler Interdependenzen durchzuführen.

Nichtsdestoweniger ist diese Arbeitshypothese nach der verkehrsträgerinternen Entwicklung der Zielnetze zu überprüfen (vgl. Kapitel 2.4). Bei entsprechend hohen Nachfrageminderungen im Maßnahmenbereich des aufnehmenden Verkehrsträgers durch parallele Maßnahmen bei konkurrierenden Verkehrsträgern ist anhand von Sensitivitätsanalysen zu prüfen, wie sich das Bewertungsergebnis des aufnehmen-

den Verkehrsträgers unter der Annahme der Realisierung von Maßnahmen bei konkurrierenden Verkehrsträgern darstellen würde.

2.2.1 Verkehrsträger Schiene

Innerhalb des FE-Projektes Nr. 97.0327/2013 „Prüfung und Plausibilisierung von Schienenwegeaus- und -neubauprojektideen für die Bundesverkehrswegeplanung“[9] werden mit Hilfe von Grobbewertungen und gutachterlichen Stellungnahmen die Projekte ausgewählt, bei denen die Chance auf ein gesamtwirtschaftlich positives Bewertungsergebnis besteht.

Nutzen-Kostenanalysen nach dem in diesem FE-Projekt weiterentwickelten Bewertungsverfahren sollen nur für die ausgewählten Projekte durchgeführt werden. Auf die Kategorie der in der Voruntersuchung ausgeschiedenen Projekte braucht daher an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Am Beginn der Überlegungen zur Kategorisierung der verbleibenden Projekte beim Verkehrsträger Schiene war zu klären, ob für **kleine Einzelmaßnahmen** wie z.B. Überholgleise, Blockverdichtungen oder Tunnelaufweitungen eine eigene Projektkategorie zu bilden ist. Diese Frage stellte sich insbesondere vor dem Hintergrund, dass es einer der Kritikpunkte am BVWP 2003 war, dass beim Verkehrsträger Schiene zu sehr „in Großprojekten gedacht“ wurde und kleinteilige netzergänzende Maßnahmen[10] nur unzureichend in die Betrachtungen einbezogen wurden.

Die methodischen Weiterentwicklungen bei der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 zur Verfeinerung der Datenbasis und der Methoden für die Wirkungsprognose haben dazu geführt, dass die Auswirkungen von kleinteiligen netzergänzenden Maßnahmen besser abgebildet werden können.

---

[9] BVU Beratergruppe-Verkehr+Umwelt GmbH, Prüfung und Plausibilisierung von Schienenwegeaus- und -neubauprojektideen für die Bundesverkehrswegeplanung, des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, zur Zeit in Arbeit

[10] Vgl. BVMBS, Grundkonzeption für den Bundesverkehrswegeplan 2015, Seite 44

Im Einzelnen ist auf die folgenden Verbesserungen gegenüber dem BVWP 2003 hinzuweisen:

- Die Schienennetzmodelle, bei denen sich die Zahl der Netzkanten mehr als verdoppelt hat (mit zunehmender Zahl der Netzkanten erhöht sich die Abbildegenauigkeit kleinerer Maßnahmen)
- Die zusätzliche Einführung von Knotenmodellen, mit deren Hilfe die Zugläufe in hochbelasteten Knoten im Detail abgebildet werden können
- Die Verfeinerung der räumlichen Gliederung der Angebots- und Nachfragedaten des Schienenpersonenverkehrs (ca. 1.500 Raumeinheiten in Deutschland anstelle von 400 Raumeinheiten in BVWP 2003); hierdurch können Nachfragewirkungen von Infrastrukturmaßnahmen bis auf die Ebene des Regionalverkehrs erfasst werden
- Die Berücksichtigung von Tunnelprofilen bei der Umlegung des Schienengüterverkehrs; hierdurch wird die Ermittlung der Auswirkungen von Tunnelausweitungen ermöglicht.

Weisen die in der VP 2030 erstellten Ausgangsdaten im Einzelfall nicht die erforderliche Bearbeitungstiefe auf, sind diese projektbezogen sowohl im Planfall als auch im Bezugsfall entsprechend zu ergänzen (vgl. die im folgenden dargestellten Projektkategorien 5 und 6).

Im Übrigen ist die Frage der Berücksichtigung kleinteiliger netzergänzender Maßnahmen weniger ein Problem des Bewertungsverfahrens, sondern vielmehr ein Problem des in den Untersuchungsprozess eingebrachten Spektrums von Infrastrukturmaßnahmen.

Grundsätzlich können alle Projekte standardmäßig mit den gleichen Methoden und nach den gleichen Kriterien bewertet werden. Eine Projektkategorisierung ist daher nur noch nach

(1) der SPV- und/oder der SGV-Relevanz erforderlich. Darüber hinaus sind Projektkategorien bezüglich der Notwendigkeit zur Berücksichtigung der folgenden ergänzenden Aspekte zu bilden:
(2) fahrplanfeine Modellierung des Verkehrsangebotes und der Verkehrsnachfrage,
(3) Berücksichtigung von Fernlinienbussen,

(4) Hinzuziehung lokaler Angebots- und Nachfragedaten,

(5) Verdichtung der im Basisnetz 2030 enthaltenen Infrastrukturdaten,

(6) Aufbau ergänzender Knotenmodelle

(7) Verteilung der mit Fähren abgewickelten Güterverkehrsnachfrage auf die Quell- und Zielorte im Ausland und

(8) Auswirkungen auf die Zugbildungskonzeption bzw. Sinnhaftigkeit der Einführung ergänzender Angebote im KV-Bereich.

zu Ziffer (1): SPV- und/oder SGV-Relevanz

Je Maßnahme ist festzulegen, ob die Bewertung nur aus der Sicht des SPV, des SGV oder aus der Sicht von SGV und SPV erfolgen soll. Eine SPV-Relevanz ist immer dann gegeben, wenn die betreffende Infrastrukturmaßnahme eine oder mehrere der unten aufgeführten möglichen Änderungen in den Betriebsparametern des SPV zu Folge hat:

- Linienverlauf
- Bedienungshäufigkeit
- Fahrzeit und
- Traktionsart.

Eine SGV-Relevanz ist immer dann gegeben, wenn durch die betreffende Infrastrukturmaßnahme zusätzliche Trassenkapazitäten für den SGV geschaffen werden und/oder ein Wechsel von Diesel- auf Elektrotraktion ermöglicht wird.

Bei gegebener SPV- und/oder SGV-Relevanz sind für alle Projekte gleichermaßen die für die jeweilige Verkehrsart maßgebenden Standardnutzenkomponenten zu ermitteln.

zu Ziffer (2): Fahrplanfeine Modellierung des Verkehrsangebotes und der Verkehrsnachfrage

Die Nachfrageprognosen und Bewertungen erfolgen in der Bundesverkehrswegeplanung in der Regel auf Grundlage eines Liniennetzmodelles beim SPV und von „synthetischen“ Streckenleistungsfähigkeiten beim SGV. Im SPV-Liniennetzmodell sind die Abfolgen der Verkehrshalte mit Bedienungshäufigkeiten je Betriebszeitraum

sowie entsprechende Fahr- und Haltezeiten, jedoch keine konkreten Fahrpläne erfasst.

Dies ist dadurch begründet, dass zurzeit noch keine deutschlandweit koordinierten integralen Taktfahrpläne für den Schienenpersonenfern- und -nahverkehr vorliegen. Diese sollen zwar im Rahmen der in Arbeit befindlichen „Machbarkeitsstudie zur Prüfung eines Deutschlandtaktes[11] im Schienenverkehr“ entwickelt werden, dürften aber in der für den BVWP-Prozess benötigten Form nicht rechtzeitig zur Verfügung stehen.

Die für die Umlegung des SGV maßgebenden Trassenkapazitäten werden im Regelverfahren modellmäßig aufgrund einer mittleren zeitlichen Verteilung der unterschiedlichen Zuggattungen je Streckenabschnitt ermittelt. Bei fahrplanfeiner Betrachtungsweise können sich durchaus andere Trassenkapazitäten für den SGV beispielsweise durch Bündelung von Zuggattungen mit vergleichbarem Geschwindigkeitsniveau oder durch Harmonisierung der Geschwindigkeiten unterschiedlicher Zuggattungen ergeben.

Insbesondere in engpassbehafteten komplexen Teilnetzen kann daher eine Maßnahmenbewertung mit fahrplanfeiner Betrachtungsweise sinnvoll sein. Eine entsprechende Vorgehensweise wird zurzeit im FE-Vorhaben „Entwicklung einer verkehrlichen Konzeption für den Eisenbahnkorridor Mittelrheinachse – Rhein/Main – Rhein/Neckar – Karlsruhe“[12] erprobt.

zu Ziffer (3): Berücksichtigung von Fernlinienbussen

In den im Rahmen der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 (VP 2030) erstellten Datengrundlagen für den BVWP 2015 sind keine gesonderten Angebots- und Nachfragedaten zu Fernlinienbussen enthalten. Nach Beseitigung der bis Ende 2012 bestehenden rechtlichen Marktzugangsbeschränkungen kann nicht mehr in jedem Fall davon ausgegangen werden, dass keine bewertungsrelevanten Verlagerungen von Fernlinienbussen auf den Schienenpersonenverkehr entstehen.

---

[11] IGES Institut GmbH, Machbarkeitsstudie zur Prüfung eines „Deutschland-Takts“ im Schienenverkehr, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, zurzeit in Arbeit.

[12] BVU Beratergruppe-Verkehr+Umwelt, Intraplan Consult GmbH, SMA und Partner AG, Entwicklung einer verkehrlichen Konzeption für den Eisenbahnkorridor Mittelrheinachse – Rhein/Main – Rhein/Neckar – Karlsruhe, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, zur Zeit in Arbeit.

Daher ist bei den zu bewertenden Infrastrukturmaßnahmen zu prüfen, ob sich im Maßnahmenbereich bis zum Zeitpunkt der Bewertung ein wettbewerbsfähiges Bedienungsangebot von Fernlinienbussen entwickelt hat oder künftig mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist. Sollte dies der Fall sein, sind Verlagerungswirkungen von Fernlinienbussen auf den Schienenpersonenverkehr in die Bewertung einzubeziehen.

Als Grundlage für die Prognose der Verlagerungswirkungen und der hieraus resultierenden gesamtwirtschaftlichen Nutzen sind die Ausgangsdaten des jeweiligen Bezugsfalles um die erforderlichen Angebots- und Nachfragedaten von Fernlinienbussen zu ergänzen.

zu Ziffer (4): Hinzuziehung lokaler Angebots- und Nachfragedaten

In der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 wurde die räumliche Gliederung gegenüber dem BVWP 2003 als technische Arbeitsgrundlage deutlich verfeinert (Mikroebene 2 mit etwa 1.400 Verkehrszellen in Deutschland). Damit lassen sich beim SPV verkehrliche Nutzen bis in den Bereich der SPNV-Expresslinien (bei DB Regio: RegionalExpress) abbilden. Sollte die Quantifizierung der verkehrlichen Nutzen im Einzelfall eine noch feinere räumliche Gliederung erfordern, sind zusätzlich Angebots- und Nachfragedaten der betreffenden lokalen Planungsträger hinzuzuziehen. Dies könnte beispielsweise dann erforderlich werden, wenn bewertungsrelevante Nutzen aus Nachfragesegmenten zu erwarten sind, die auf S-Bahnen oder Nahverkehrslinien (bei DB Regio: RegionalBahn) entfallen.

zu Ziffer (5): Verdichtung der im Basisnetz 2030 enthaltenen Infrastrukturdaten

Insbesondere für die Bewertung kleiner Einzelmaßnahmen reicht die Bearbeitungstiefe der im Rahmen der VP 2030 erstellten Ausgangsdaten bezüglich der Eisenbahninfrastruktur nicht immer aus, um die betreffenden Maßnahmewirkungen erfassen zu können. Hierbei handelt es sich zum Beispiel um Einführung neuer oder die Verlängerung vorhandener Überholgleise, Blockverdichtungen oder den Bau von neuen Weichenverbindungen. In diesen Fällen ist die Beschreibung der Infrastruktur sowohl im Planfall als auch im Bezugsfall entsprechend zu verdichten.

zu Ziffer (6): Aufbau ergänzender Knotenmodelle

Im Rahmen der VP 2030 wurden für ausgewählte Knoten als Grundlage für die Abbildung der Auswirkungen von Maßnahmen zur Auflösung von Fahrstraßenkonflikten entsprechende Knotenmodelle aufgebaut. Sollten im BVWP 2015 Knotenmaßnahmen zu bewerten sein, für die noch kein Knotenmodell vorliegt, ist dieses sowohl für den Planfall als auch für den Bezugsfall nachzupflegen.

zu Ziffer (7): Verteilung der mit Fähren abgewickelten Güterverkehrsnachfrage auf die Quell- und Zielorte im Ausland

Aus der VP 2030 liegen relationsbezogene Aussagen über die Verteilung der über Fähren abgewickelten Güterverkehrsnachfrage nur bezogen auf die Ankunft bzw. Abfahrt in den für Transporte in Deutschland relevanten Seehäfen vor. Informationen über Quellen bzw. Ziele im Ausland fehlen. In den Fällen, in denen im Planfall zu bewertende neue systemreine Schienenverbindungen in Konkurrenz zu bestehenden Fährverbindungen treten, ist als Grundlage für die Ermittlung der Auswirkungen auf die Routenwahl und den Modal-Split die Nachmodellierung der Quellen und Ziele der betreffenden Nachfrageströme im Ausland erforderlich.

zu Ziffer (8): Auswirkungen auf die Zugbildungskonzeption bzw. Sinnhaftigkeit der Einführung ergänzender Angebote im KV-Bereich

Die Schaffung zusätzlicher Kapazitäten entlang großräumiger Schienenverkehrskorridore kann Auswirkungen auf die Zugbildungskonzeption haben. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob im Zusammenhang mit den betreffenden Maßnahmen die Einführung neuer KV-Terminals sinnvoll ist. Erforderlichenfalls sind im Planfall neue KV-Terminals bei der Bildung von intermodalen Wegeketten zu berücksichtigen sowie die Zugbildungskonzeption an die zusätzlich nutzbaren großräumigen Routen anzupassen.

2.2.2 Verkehrsträger Straße

Für den Verkehrsträger Straße wurden zwei Projektkategorien definiert, die sich hinsichtlich der erforderlichen Bearbeitungstiefe deutlich unterscheiden. Dies ist dadurch begründet, dass für den in Kapitel 3 beschriebenen integrierten Ansatz zur Nachfrageprognose und zur ökonomischen Bewertung eine Umstellung von der

bisher bei diesem Verkehrsträger üblichen abschnittsweisen Nutzenermittlung auf eine relationsbezogene Betrachtungsweise erforderlich ist (vgl. Kapitel 3.3 „Abschnittsweise vs. relationsbezogene Nutzenermittlung“).

Der hiermit verbundene Mehraufwand erscheint nur für Vorhaben mit überwiegender Fernverkehrsbedeutung angemessen (Projektkategorie 1). Hierbei handelt es sich um Maßnahmen, welche die Verbindungsfunktionsstufen 0 und 1 der Richtlinie für die integrierte Netzgestaltung (RIN) betreffen. Die Verbindungsfunktionsstufe 0 repräsentiert die Verbindungen zwischen zwei Metropolregionen. Stufe 1 repräsentiert die Verbindungen von Oberzentren zu Metropolregionen und zwischen Oberzentren.[13]

Alle anderen Maßnahmen werden der Projektkategorie 2 zugeordnet, bei der die Nutzenermittlung nach einem weiterentwickelten teilstreckenbezogenen Verfahren erfolgt.

Durch die beiden oben beschriebenen Kategorien und die hierauf bezogenen Bewertungsmethoden ist das Spektrum der im BVWP zu bewertenden Projekte weitestgehend abgedeckt. Probleme könnten sich allenfalls dann ergeben, wenn im Einzelfall Ballungsraumprojekte zu bewerten sind, bei denen den Verlagerungswirkungen vom ÖPNV auf den MIV eine entscheidende Bedeutung für das Bewertungsergebnis zukommt.

Diese Probleme bestehen darin, dass die für die Prognose der betreffenden Verlagerungswirkungen erforderlichen Nachfragematrizen und Netzmodelle des ÖPNV in den Ausgangsdaten aus der VP 2030 nicht enthalten sind (vgl. Kapitel 2.5).

In diesen Fällen wäre die Erstellung von Sondergutachten unter Hinzuziehung geeigneter Nachfragematrizen und Netzmodelle des ÖPNV erforderlich. Standardmäßig ist dies im BVWP-Prozess allerdings nicht vorgesehen.

[13] S. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Richtlinie für die integrierte Netzgestaltung, Bonn 2008, S 12f,

2.2.3 Verkehrsträger Binnenwasserstraße

Projektkategorien im Sinne der Kategorien bei der Straße und der Schiene sind beim Verkehrsträger Binnenwasserstraße nicht sinnvoll. Die Binnenwasserstraße findet im Rahmen der volkswirtschaftlichen Bewertung von Infrastrukturmaßnahmen sinnvollerweise lediglich im Segment des Güterverkehrs Berücksichtigung. Eine Kategorisierung ist dementsprechend allenfalls gemäß den unterschiedlichen baulichen Maßnahmen möglich. Dabei bietet es sich an, auf die Kategorisierungen des Kompendiums – Nutzen-Kosten-Analysen für Investitionen an Binnenschifffahrtsstraßen zurückzugreifen.[14] Das Kompendium behandelt alle maßgeblichen Projektvarianten im Bereich der Binnenwasserstraßen. Es zeigt dabei auf, welche Nutzenkategorien von Bedeutung sind und wie sie zu quantifizieren sind. Da das Kompendium erst 2011 aktualisiert wurde, sind die dort beschriebenen Verfahren auf dem neusten Erkenntnisstand.[15]

2.3 Projektreihenfolgen, Projektbündelungen und Priorisierung von Maßnahmen

Projektreihenfolgen und Projektbündelungen sind innerhalb des Bewertungsverfahrens immer dann von Bedeutung, wenn Interdependenzen zwischen den zu bewertenden Projekten bestehen. Hierbei ist zunächst nach verkehrsträgerinternen (intramodalen) und verkehrsträgerübergreifenden (intermodalen) Interdependenzen zu unterscheiden.

Auf die verkehrsträgerübergreifenden Interdependenzen wird im Einzelnen in Kapitel 2.4 eingegangen. Die folgenden Kapitel beziehen sich auf die verkehrsträgerinternen

---

[14] S. BMVBS –Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Kompendium Nutzen-Kosten-Analysen (NKA) für Investitionen an Binnenschifffahrtsstraßen, Bonn 2011.

[15] Eine gesonderte Projektkategorie bei der Wasserstraße und unter Umständen auch bei der Schiene können Schwerguttransporte bzw. der Transport von Projektladungen sein. Das Problem bei diesen Transporten ist, dass die Bewertung auf Basis von Tonnenkilometern zu verzerrten Ergebnissen führen muss. Bei Projekten, die diese Problematik aufweisen müssen die Transportkosten für die genannten Güter gesondert ermittelt werden. Insbesondere, wenn es sich um mögliche Verkehrsverlagerungen handelt, kann nicht mit Durchschnittskosten je Fahrzeug- oder Tonnenkilometer gerechnet werden. In diesen Fällen müssen die spezifischen Kosten des Transports der Projektladungen gesondert ermittelt werden. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass die Kosten für Projektladungen in besonderem Maße von den spezifischen Relationen abhängen. Ein besonderer Fall der Projektgut-Problematik ist der, welcher den Standort generell in Frage stellt. Dann lässt sich das Problem nicht mehr nur auf die relevanten Transportkostensätze reduzieren (s. Abschnitt 4.3.6).

Interdependenzen bei den Verkehrsträgern Straße und Binnenwasserstraße (Kapitel 2.3.1) sowie Schiene (Kapitel 2.3.2)

Bei den verkehrsträgerinternen Interdependenzen ist hinsichtlich der Ermittlung der Projektwirkungen zwischen komplementären und substitutiven Maßnahmen zu unterscheiden. Komplementäre Interdependenzen bestehen immer dann, wenn zwischen einzelnen Maßnahmen innerhalb eines Verkehrskorridors Synergieeffekte zu erwarten sind, die bei getrennter Betrachtung von Einzelmaßnahmen nicht ermittelt werden können. Hierzu ist eine Zusammenfassung der betreffenden Einzelmaßnahmen zu Maßnahmenbündeln erforderlich.

Substitutive Interdependenzen sind dadurch gekennzeichnet, dass die betreffenden Maßnahmen zueinander in Konkurrenz stehen. Diese Maßnahmen sind jeweils alternativ im Vergleich zu einem einheitlichen Bezugsfall zu bewerten.

Die Konstruktion von Projektreihenfolgen und Projektbündelungen steht in engem Zusammenhang mit der im BVWP 2015 vorgesehenen Priorisierung von Maßnahmen nach den Dringlichkeitskategorien [16]

- Vordringlicher Bedarf plus (VB+)
- Vordringlicher Bedarf (VB) und
- Weiterer Bedarf (WB).

Da die Zuordnung zu diesem Dringlichkeitskategorien unter anderem von dem für die jeweilige Planfallvariante ermittelten Nutzen-Kosten-Verhältnis abhängt, muss der für den jeweiligen Verkehrsträger konzipierte Untersuchungsprozeß so konzipiert werden, dass die Nutzen-Kosten-Verhältnisse der für die Kategorien VB+ und VB infragekommenden Maßnahmen nicht von den Projektreihenfolgen und Bündelungen abhängt, die unter den Gesichtspunkten einer problemadäquarten Berücksichtigung der komplementären und substitutiven Interdependenzen zwischen den betreffenden Maßnahmen konstruiert wurden.

[16] Vgl. BMVBS, Entwurf der Grundkonzeption für den Bundesverkehrswegeplan 2015, Berlin 2013, Kapitel 6.2.3.1

2.3.1 Verkehrsträger Straße und Binnenwasserstraße

Verkehrsträgerinterne Interdependenzen liegen dann vor, wenn sich die Wirkungen von zwei oder mehreren Projekten eines Verkehrsträgers überschneiden. Ist dies der Fall, so bestehen zwei Möglichkeiten. Die erste Möglichkeit ist die, dass sich die Projekte ergänzen, d.h. komplementäre Wirkungen haben. Die zweite Möglichkeit ist die, dass einzelne Projekte oder Projektbündel als Alternative Lösungen betrachtet werden können, d.h. ihre Wirkungen sind substitutiv. In der Bewertungsmethodik des Bundesverkehrswegeplans 2003 wird das Vorliegen einer substitutiven Interdependenz dadurch beschrieben, dass die Bewertung des gesamten Maßnahmenbündels zu einer geringeren Nutzensumme führt als die Addition der jeweiligen Einzelnutzen.[17] Das an dieser Stelle angeführte Beispiel ist die verkehrliche Parallellage eines gleichzeitig erwogenen Ausbaus einer Bundesstraße und des Neubaus einer Ortsumgehung.

Bei substitutiven Projekten hat sich die Methode der Differenz-Nutzen-Kosten-Verhältnisse bewährt. Ausgehend von dem Einzelprojekt mit dem höchsten Nutzen-Kosten-Verhältnis wird geprüft, welchen zusätzlichen Nutzen die Aufnahme eines weiteren (konkurrierenden) Projektes in das Maßnahmenbündel erbringt, und welche zusätzlichen Kosten entstehen. Der Quotient aus Zusatznutzen und Zusatzkosten ergibt das entscheidungsrelevante Differenz-Nutzen-Kosten-Verhältnis.

Komplementäre Wirkungen zeichnen sich dadurch aus, dass die Nutzensumme eines Projektbündels die Summe der jeweiligen Einzelnutzen der Projekte übersteigt.[18] Die beschriebene Problematik liegt insbesondere bei einer Kette von Ortsumgehungen vor. Aus der Beschreibung der komplementären Projekte lässt sich unmittelbar ableiten, wie ein Maßnahmenbündel mit vermuteten komplementären Wirkungen bewertet werden sollte. Zusätzlich zu der Bewertung der Einzelprojekte sollte eine Bewertung des gesamten Maßnahmenbündels durchgeführt werden. Nur dadurch können die Effekte, welche erst aus der Zusammenwirkung mehrerer Maßnahmen entstehen, quantifiziert werden.

---

[17] BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2005): Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, S. 29.

[18] Vgl. BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2005): Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, S. 30.

2.3.2 Verkehrsträger Schiene

Interdependenzen zwischen verschiedenen zu bewertenden Maßnahmen beim Verkehrsträger Schiene können aus

- Überschneidungen zwischen den von den betreffenden Maßnahmen begünstigten Nachfragesegmenten und bei
- Einschränkungen der Nutzbarkeit der im Maßnahmenbereich zusätzlich geschaffenen Trassenkapazitäten durch Engpässe in benachbarten Teilnetzen

resultieren.

Unter „begünstigten Nachfragesegmenten“ werden die Elemente der Nachfragematrix verstanden, für die eine Route gewählt werden kann, die über die zu bewertende Neu- bzw. Ausbaustrecke verläuft.

2.3.2.1 Vorgehensweise bei der Bedarfsplanüberprüfung

Bei der Bedarfsplanüberprüfung wurden die zu bewertenden Infrastrukturmaßnahmen zunächst nach solitären Einzelmaßnahmen und Korridormaßnahmen kategorisiert. Unter „solitären Einzelmaßnahmen“ werden Maßnahmen verstanden, die ihre Verkehrswirksamkeit weitgehend unabhängig von anderen Maßnahmen erreichen. Bei solchen Maßnahmen hat die Projektreihenfolge einen allenfalls geringfügigen Einfluss auf das Bewertungsergebnis. Darüber hinaus besteht bei diesen keine Notwendigkeit zu Projektbündelungen.

„Korridormaßnahmen“ erreichen ihre volle Verkehrswirksamkeit nur im Zusammenhang mit Komplementärmaßnahmen in den benachbarten Teilnetzen. Um engpassbedingten Einflüssen auf die Bewertungsergebnisse entgegenzuwirken, wurden die Korridormaßnahmen zu Maßnahmenbündeln zusammengefasst.

Zielsetzung der Bedarfsplanüberprüfung war unter anderem die Bewertung aller Maßnahmen unter vergleichbaren Rahmenbedingungen. Um die Beeinflussung der Bewertungsergebnisse durch Projektreihenfolgen zu vermeiden, wurden alle gesamtwirtschaftlich vorteilhaften Maßnahmen zu einem Zielnetz zusammengefasst und gesamthaft im Vergleich zu einem Bezugsfall bewertet.

Aufgrund von Anforderungen des Bundesrechnungshofes (BRH) bzw. des Rechnungsprüfungsausschusses (RPA) des Deutschen Bundestages war die

Ermittlung von gesonderten Nutzen-Kosten-Verhältnissen (NKV) für alle zu untersuchenden Einzelmaßnahmen erforderlich. Die Bewertungsergebnisse für das Zielnetz mussten daher auf die im Zielnetz enthaltenen Einzelmaßnahmen heruntergebrochen werden.

Auch wenn durch diese Vorgehensweise die Zielsetzung einer Chancengleichheit für alle Maßnahmen erreicht wurde, gab es Anlass zu den folgenden Kritikpunkten am „Herunterbrechen“ von Bewertungsergebnissen auf Einzelmaßnahmen:

- die Bewertungsergebnisse gelten nur vor dem Hintergrund einer Realisierung aller im Zielnetz enthaltenen Maßnahmen; mit den derzeit hierfür verfügbaren Haushaltsmitteln ist dies bis zum Prognosezeitpunkt nicht annähernd darstellbar
- in dem auf Einzelmaßnahmen heruntergebrochenen Bewertungsergebnissen sind zwar die im Zusammenhang mit den anderen Einzelmaßnahmen zu erzielenden Synergien berücksichtigt, Aussagen darüber, wie das Bewertungsergebnis ohne diese Maßnahmen aussähe, sind hierbei allerdings nicht möglich
- die Algorithmen zum „Herunterbrechen“ der Bewertungsergebnisse weisen zum Teil Ermessensspielräume auf, die je nach Auslegung im Einzelfall auch entscheidend für eine positive oder negative Beurteilung der betreffenden Einzelmaßnahmen sein können

Für das weiterentwickelte Bewertungsverfahren wurden daher andere Lösungsmöglichkeiten zur Ermittlung von Nutzen-Kosten-Verhältnissen für Einzelmaßnahmen konzipiert, die im Gesamtzusammenhang von Maßnahmenbündeln untersucht wurden.

Die in der Bedarfsplanüberprüfung vorgenommene Unterscheidung nach solitären Einzelmaßnahmen und Korridormaßnahmen sowie die Bewertung von Projektbündeln haben sich bewährt und werden daher in das weiterentwickelte Bewertungsverfahren übernommen.

2.3.2.2 Generelles Untersuchungskonzept für den BVWP 2015

Für die Behandlung des Verkehrsträgers Schiene im BVWP 2015 wird eine dreistufige Vorgehensweise vorgeschlagen. Die **erste Stufe** umfasst die Entwicklung eines konsistenten Zielnetzes, in dem alle Maßnahmen enthalten sind, deren

gesamtwirtschaftliche und möglichst auch betriebswirtschaftliche Vorteilhaftigkeit für den Infrastrukturbetreiber (DB Netz AG)nachgewiesen werden konnte (vgl. Kapitel 2.3.2.3). „Konsistent“ bedeutet in diesem Zusammenhang, dass bei konkurrierenden Maßnahmen nur die jeweils vorteilhaftere Maßnahme im Zielnetz berücksichtigt werden darf.

Das Zielnetz stellt einen Rahmenplan dar, innerhalb dessen die hierin enthaltenen Maßnahmen sukzessive umzusetzen sind. Geht man von einem Maßnahmenumfang analog zur Bedarfsplanüberprüfung aus, dürfte sich der Realisierungszeitraum für alle Maßnahmen unter Berücksichtigung der für Erweiterungsinvestitionen verfügbaren Budgets bis weit nach dem Prognosejahr 2030 erstrecken.

Als **Stufe 2** des Untersuchungskonzeptes sind daher die im Zielnetz enthaltenen Maßnahmen hinsichtlich der Dringlichkeitskategorien

- vordringlicher Bedarf plus (VB+)
- vordringlicher Bedarf (VB) und
- weiterer Bedarf (WB)

zu priorisieren (vgl. Kapitel 2.3.2.4).

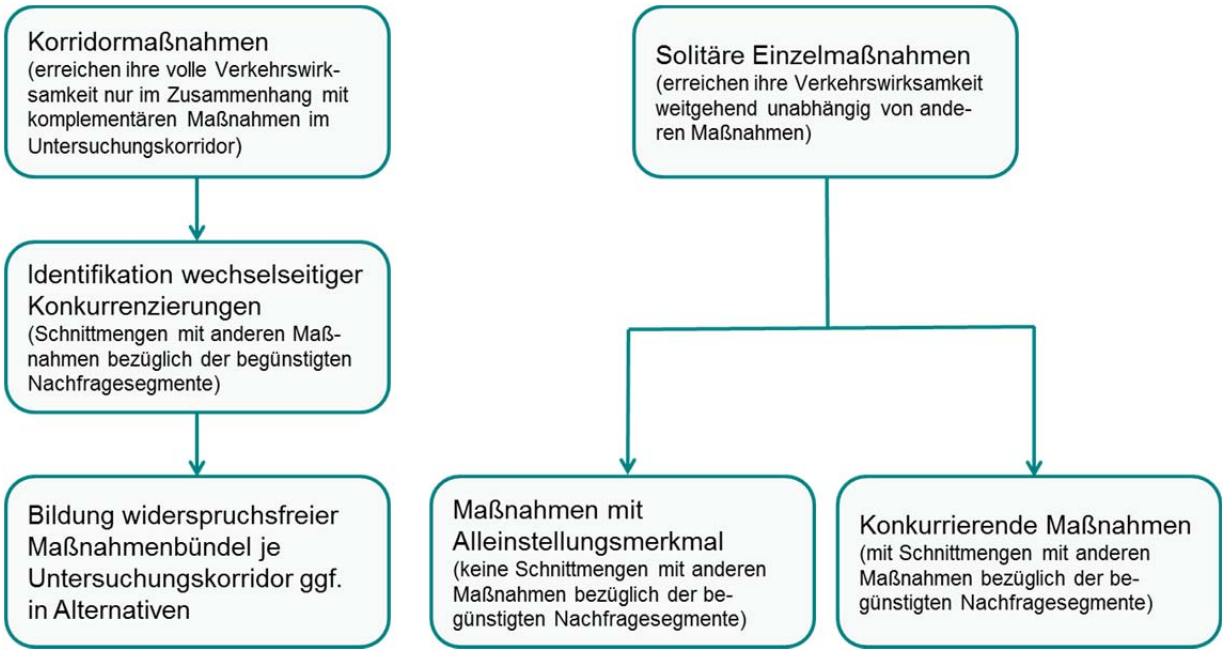
Stufe 3 des Untersuchungskonzeptes umfasst die vom BRH und vom RPA des Deutschen Bundestages vor Abschluss eines Finanzierungsvertrages für BVWP-Maßnahmen geforderte Erstellung von Nutzen-Kosten-Analysen auf dem dann vorliegenden aktuellen Erkenntnisstand.

Da zwischen dem Abschluss des BVWP und der Vorbereitung eines Finanzierungsvertrages erfahrungsgemäß ein erheblicher zeitlicher Abstand besteht, handelt es sich hierbei um einen nachgelagerten Prozess zum BVWP. Dennoch wird in Kapitel 2.3.2.5 hierauf eingegangen, da das dort beschriebene Untersuchungskonzept das bei der Bedarfsplanüberprüfung vorgenommene „Herunterbrechen“ von für Maßnahmenbündel insgesamt ermittelten Bewertungsergebnissen auf die in diesen Bündeln enthaltenen Einzelmaßnahmen ersetzen soll.

2.3.2.3 Entwicklung des Zielnetzes

Wesentliche Entscheidungsgrundlagen bei der Entwicklung des Zielnetzes sind die Ergebnisse von Nutzen-Kosten-Analysen. Da sich je nach Konstruktion von Projektreihenfolgen und -bündeln völlig unterschiedliche Bewertungsergebnisse ergeben können, sind vor Beginn des Bewertungsprozesses alle zu bewertenden Maßnahmen in ein schlüssiges Gesamtkonzept mit einer Strukturierung nach solitären Einzelmaßnahmen und Korridormaßnahmen sowie nach Maßnahmenbündeln und Projektreihenfolgen einzuordnen (vgl. Strukturierung des Variantenspektrums in Abbildung 2-1).

Abbildung 2-1: Strukturierung des Variantenspektrums



Als erster Schritt ist das zu bewertende Variantenspektrum nach solitären Einzelmaßnahmen und Korridormaßnahmen zu sortieren. Eine Infrastrukturmaßnahme ist dann als solitäre Einzelmaßnahme einzustufen, wenn diese keine „bottle-necks“ im Vor- bzw. Nachlauf zu der zu bewertenden Neu- bzw. Ausbaustrecke bestehen, die die Nachfragewirksamkeit der betreffenden Maßnahme beinträchtigen könnten.

Korridormaßnahmen sind dadurch gekennzeichnet, dass diese ihre volle Verkehrswirksamkeit nur im Kontext eines durchgehenden Untersuchungskorridors mit angemessenen für den SGV verfügbaren Trassenkapazitäten erreichen können. Für

die verschiedenen Untersuchungskorridore mit Kapazitätsengpässen sind entsprechende, in sich widerspruchsfreie Maßnahmenbündel zu definieren. Hierdurch wird verhindert, dass die Bewertungsergebnisse durch „bottle-necks“ im Vor- bzw. Nachlauf zu den betreffenden Einzelmaßnahmen verzerrt werden.

Als zweiter Schritt sind sowohl die solitären Einzelmaßnahmen als auch die Korridormaßnahmen auf wechselseitige Konkurrenzierungen zu überprüfen. Bei vorliegenden Konkurrenzsituationen sind die betreffenden Maßnahmen im weiteren Untersuchungsprozess alternativ jeweils im Vergleich zu einem Bezugsfall (für alle Maßnahmen identisch) zu bewerten.

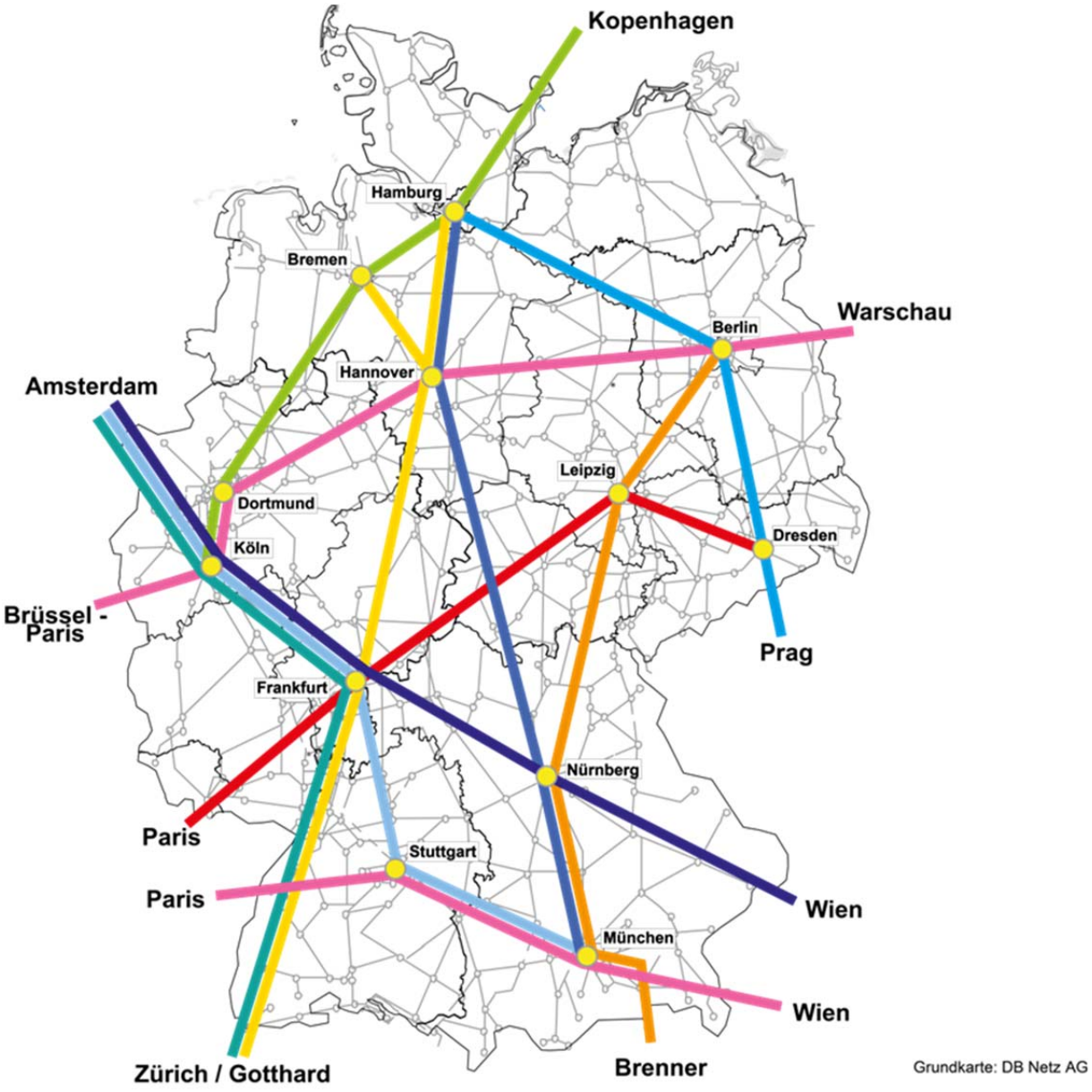
Bei solitären Einzelmaßnahmen stellt sich definitionsgemäß weder die Frage nach Projektreihenfolgen noch nach Projektbündelungen. Diese Maßnahmen können daher im BVWP-Prozess unabhängig voneinander abgearbeitet werden.

Im Falle von wechselseitigen Konkurrenzierungen ist in einem ersten Iterationsschritt festzustellen, welche dieser Maßnahmen das bessere Nutzen-Kostenverhältnis (NKV) aufweist. Diese Maßnahme ist dann für den weiteren Bewertungsprozess als prioritär einzustufen (ein NKV > 1,0 vorausgesetzt).

Im nächsten Iterationsschritt wird die als prioritär eingestufte Maßnahme in den Bezugsfall für die erneute Bewertung der anderen konkurrierenden Maßnahme(n) einbezogen. Hierdurch lässt sich feststellen, ob der gegenüber der prioritären Maßnahme erreichbare zusätzliche Nutzen die für die weitere(n) Maßnahme(n) zusätzlich erforderlichen Investitionskosten rechtfertigen kann.

Wesentlich komplexer stellt sich die Situation bei Korridormaßnahmen dar. Diese sind zunächst den jeweils maßgebenden Untersuchungskorridoren entlang der Hauptachsen im deutschen Schienennetz (vgl. Abbildung 2-2) zuzuordnen.

Abbildung 2-2: Hautachsen im deutschen Schienennetz



Die in Abbildung 2-2 dargestellten Hauptachsen stellen einen ersten Entwurf dar, der sich eher an den Verkehrsströmen des Personenverkehrs orientiert. Nach Vorliegen der Güterverkehrsprognose und der hierauf aufbauenden Engpassanalysen ist dieses Achsenkonzept weiterzuentwickeln und zu konkretisieren.

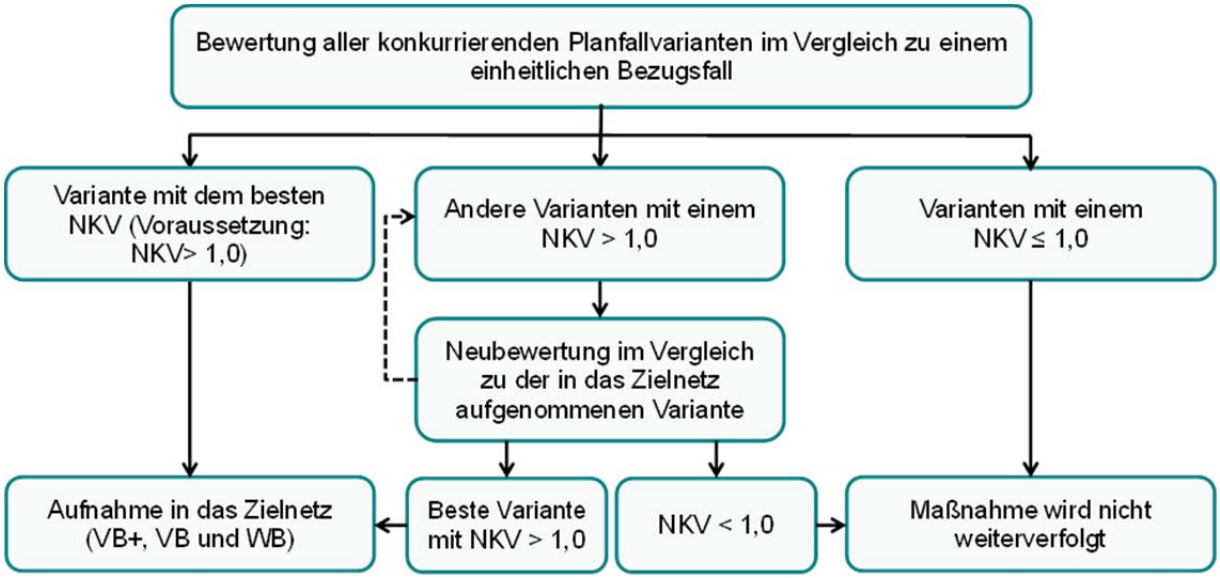
Als Grundlage für die Konstruktion der Maßnahmenbündel sind die folgenden Ausgangsinformationen bezogen auf die Hauptverkehrsachsen bzw. Teilabschnitte hiervon zusammenzustellen:

- Verkehrliche Zielsetzungen (z.B. Soll-Reisezeiten zwischen den Verkehrsaufkommensschwerpunkten im SPFV-Netz, benötigte Trassenkapazitäten für den SPFV, den SPNV und den SGV)
- Engpassanalysen für den Bezugsfall 2030
- Qualitative Defizite im Bezugsfall gegenüber den verkehrlichen Zielsetzungen

Bei der Konstruktion von Maßnahmenbündeln zur Bewertung interdependenter Maßnahmen ist darauf zu achten, dass die hierin berücksichtigten Einzelmaßnahmen nicht miteinander in Konkurrenz stehen. Weisen Einzelmaßnahmen innerhalb eines Maßnahmenbündels untereinander Konkurrenzierungen auf, sind entsprechend alternative Maßnahmenbündel zu definieren und im Vergleich zu einem jeweils identischen Bezugsfall zu bewerten.

Der in Abbildung 2-3 dargestellte Bewertungsprozess beginnt mit dem Maßnahmenbündel, das die größten Abweichungen von den verkehrlichen Zielsetzungen und die bedeutendsten Engpässe aufweist.

Abbildung 2-3: Vorschlag für den Arbeitsablauf bei der Bewertung von Maßnahmenbündeln



Der hier dargestellte Verfahrensablauf geht von der Situation aus, dass innerhalb eines Korridors mehrere alternative Planfallvarianten zu bewerten sind. Dies erfolgt jeweils im Vergleich zu einem identischen Bezugsfall. Die Variante mit dem besten Nutzen- Kostenverhältnis (NKV) wird in das für den BVWP 2015 zu entwickelnde Zielnetz aufgenommen. Voraussetzung hierfür ist ein NKV> 1,0.

Varianten mit einem NKV ≤ 1,0 werden nicht weiterverfolgt. Bei Varianten mit einem NKV > 1,0, die noch nicht ins Zielnetz aufgenommen wurden, werden dahingehend überprüft, ob der von diesen zusätzlich zu der ins Zielnetz aufgenommenen Variante erzielbare Nutzen ausreicht, um ein NKV > 1,0 zu erzielen. Dies geschieht dadurch, dass die betreffende Variante erneut im Vergleich zu einem erweiterten Bezugsfall bewertet wird, in dem zusätzlich die im Zielnetz berücksichtigte Variante enthalten ist.

Sollte sich hierbei für eine oder mehrere Varianten ein NKV > 1,0 ergeben, wird die jeweils beste ebenfalls in das Zielnetz aufgenommen. Je nach Anzahl der zu bewertenden Varianten ist dieser Iterationsprozess so lange durchzuführen, bis für alle Varianten entweder ein eindeutig positives (NKV > 1,0) oder ein negatives (NKV ≤ 1,0) erzielt wurde.

Die Untersuchungskorridore entlang der verschiedenen Hauptverkehrsachsen werden sukzessive im Hinblick auf die definierten verkehrlichen Zielsetzungen optimiert. Die Festlegung der Reihenfolge der abzuarbeitenden Untersuchungskorridore erfolgt nach den gleichen Gesichtspunkten wie bei der Auswahl der Maßnahmen, mit der der Untersuchungsprozess begonnen wird.

Ist entlang einer Hauptverkehrsachse ein (vorläufiger) Zielzustand erreicht, stellt die dort entwickelte Planfallvariante den Bezugsfall für die Optimierung des nächstfolgenden Untersuchungskorridors dar. Sind von einzelnen Hauptverkehrsachsen in vorangegangenen Untersuchungsschritten bereits Teilbereiche optimiert, brauchen diese bei Betrachtung des nächstfolgenden Korridors nicht erneut untersucht werden.

Die unter untersuchungstechnischen Gesichtspunkten festgelegte Reihenfolge bei der Optimierung der einzelnen Hauptverkehrsachsen ist kein Präjudiz für eine mögliche Priorisierung innerhalb des BVWP 2015. Die Priorisierung der im Zielnetz des BVWP 2015 enthaltenen Maßnahmen erfolgt in der zweiten Untersuchungsstufe

anhand von Nutzen-Kosten-Untersuchungen und Engpassanalysen im Vergleich zu einem identischen Bezugsfall. Hierdurch wird die „Chancengleichheit“ aller betrachteten Maßnahmen sichergestellt.

Nach Abschluss des Untersuchungsprozesses zur Entwicklung des Zielnetzes liegen Bewertungsergebnisse (NKV) für

- alle im Zielnetz berücksichtigten solitären Einzelmaßnahmen,
- alle nicht im Zielnetz berücksichtigten solitären Einzelmaßnahmen,
- alle Einzelmaßnahmen, für die im Optimierungsprozess von Maßnahmenbündeln vorteilhaftere Maßnahmen identifiziert wurden und
- für die im Zielnetz berücksichtigten optimierten Maßnahmenbündel

vor.

Das „Herunterbrechen“ auf Einzelmaßnahmen bringt darüber hinaus keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn und ist daher aus fachlicher Sicht entbehrlich. Die vom BRH bzw. RPA vor Abschluss eines Finanzierungsvertrages geforderte Nutzen-Kosten-Analyse für Einzelmaßnahmen auf aktuellen Erkenntnisstand findet als nachgelagerter Prozess statt und ist in Kapitel 2.3.2.5 im Einzelnen erläutert-

2.3.2.4 Priorisierung von Maßnahmen

Für die Zuordnung in die Dringlichkeitskategorie VB+ sind beim Verkehrsträger Schiene die folgenden Kriterien maßgebend:

- „Auflösung/ starke Minderung von Engpässen“ (auf den am stärksten überlasteten Streckenabschnitten in 2010 bzw. 2030)
- „keine hohe Umweltbetroffenheit“ und
- „hohes NKV“ (mit positiver Sensivitätsbetrachtung)

Für die Zuordnung in die Dringlichkeitskategorie VB gelten die Kriterien

- „hohes NKV“ (mit positiver Sensivitätsbetrachtung) oder
- hohe raumordnerische Bedeutung (aber kein hohes NKV)

In die Dringlichkeitskategorie WB sind alle anderen Maßnahmen mit einem NKV > 1 einzuordnen.

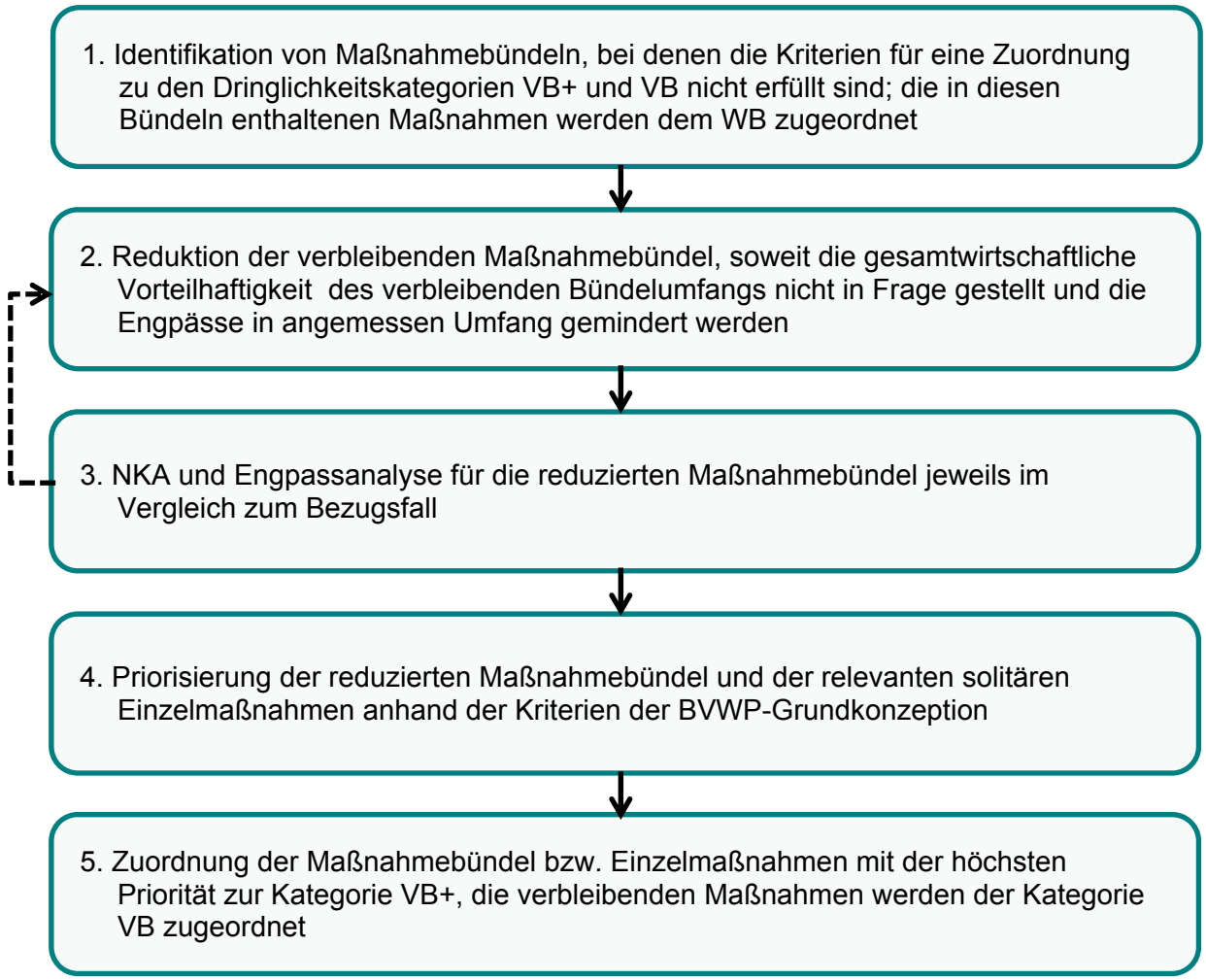
Die in Kapitel 2.3.2.3 beschriebene Entwicklung des Zielnetzes erfolgt sukzessive bezogen auf Untersuchungskorridore, innerhalb derer die Schieneninfrastruktur optimiert wird. Die sukzessive Abarbeitung von Untersuchungskorridoren beinhaltet, dass die für einen Untersuchungskorridor optimierte Schieneninfrastruktur in den Bezugsfall für die Optimierung des nächsten Untersuchungskorridors einbezogen wird.

Hierbei ist es nicht vermeidbar, dass die Bewertungsergebnisse durch die Reihenfolge der zu untersuchenden Untersuchungskorridore beeinflusst werden. Die für die Zuordnung zu den Dringlichkeitskategorien VB+, VB und WB erforderliche Chancengleichheit aller Maßnahmen ist daher bei den in Untersuchungsstufe 1 ermittelten NKV nicht gegeben.

Als zweite Untersuchungsstufe erfolgt daher eine Bewertung der für die Einordnung in die Kategorie VB+ in Frage kommenden Maßnahmen im Vergleich zu einem einheitlichen Bezugsfall. Das hierfür vorgeschlagene Untersuchungskonzept ist in Abbildung 2-4 dargestellt.

.

Abbildung 2-4: Vorgehensweise zur Priorisierung der im Zielnetz



Als erster Schritt der Priorisierung sind anhand der oben dargestellten Kriterien aus der Grundkonzeption für den BVWP 2015 und der bei der Entwicklung des Zielnetzes durchgeführten Engpassanalysen und gesamtwirtschaftlichen Bewertungen die Maßnahmenbündel und Einzelmaßnahmen zu identifizieren, die der Kategorie WB zuzuordnen sind.

Der weitere Untersuchungsprozess bezieht sich nur auf die Maßnahmen, die entweder der Dringlichkeitskategorie VB+ oder VB zugeordnet werden können. Die für die Zuordnung zu den Dringlichkeitskategorien VB + und VB in Frage kommenden Maßnahmenbündel sind im weiteren Untersuchungsprozess daraufhin zu überprüfen, ob

- bei diesen die Kriterien für die Aufnahme in die Dringlichkeitskategorie VB+ überhaupt erfüllt sind (wenn nicht: Einordnung in die Kategorie VB)

- bei Erfüllung der für den VB+ maßgebenden Kriterien alle hierin enthaltenen Einzelmaßnahmen so dringlich sind, dass diese komplett der Dringlichkeitsstufe VB+ zugeordnet werden können oder
- ob der verkehrlichen Zielsetzung in dem betreffenden Untersuchungskorridor in einer ersten Ausbaustufe auch mit einem reduzierten Ausbauumfang nahe gekommen werden kann.

Hierzu werden die einzelnen Maßnahmenbündel um die Einzelprojekte reduziert, bei denen in Hinblick auf die bestehende Kapazitätsauslastung im Untersuchungskorridor vermutet werden kann, dass deren Realisierung in der Dringlichkeitsstufe VB+ nicht unbedingt erforderlich ist.

In der Grundkonzeption für den BVWP 2015 erfolgt die Unterscheidung zwischen den Dringlichkeitskategorien VB+ und VB insbesondere aufgrund des Beitrages einer Maßnahme zur Engpassbeseitigung. Die Messung des Beitrags einer einzelnen Maßnahme zur Engpassbeseitigung ist methodisch komplex und kann auf unterschiedlichen Wegen erfolgen.

Der in Abbildung 2-4 dargestellte iterative Prozess ist eine denkbare Möglichkeit zur Unterscheidung von Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenbündeln zwischen den Dringlichkeitsstufen VB+ und VB. Der konkrete Untersuchungsablauf hängt auch von der Frage der Anzahl der zu bewertenden Planfallvarianten sowie der Festlegung der Korridore ab. Die Konkretisierung der methodischen Vorgehensweise erfolgt deshalb im Rahmen des BVWP-Bewertungsprozesses in Zusammenarbeit mit dem Gutachter.

2.3.2.5 Aktualisierung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen vor Abschluss eines Finanzierungsvertrages

Voraussetzung für den Abschluss eines Finanzierungsvertrages zur Realisierung von im Zielnetz enthaltenen Infrastrukturmaßnahmen ist die Vorlage einer NKA unter Berücksichtigung des jeweils aktuellen Erkenntnisstandes.

Bei solitären Einzelmaßnahmen stellt sich die für die aktualisierte Bewertung erforderliche Konfiguration des maßgebenden Planfalles und des Bezugsfalles als vergleichsweise einfach dar. Die betreffenden Maßnahmen sind im Vergleich zu einem Bezugsfall zu bewerten, in dem neben dem Bezugsfall aus dem BVWP 2015

ggf. weitere Maßnahmen enthalten sind, die inzwischen begonnen wurden oder für die ein verbindlicher Finanzierungsvertrag abgeschossen wurde.

Etwas komplexer ist die Situation bei Maßnahmen, die bei der Entwicklung des Zielnetzes im Gesamtzusammenhang von Maßnahmenbündeln bewertet wurden. Zu der hierfür zu definierenden Konfigurationen von Planfall (E(steht für „Einzelmaßnahme“))und Bezugsfall (E) bestehen die folgenden Möglichkeiten:

Alternative 1: vorwärtsgerichtete Betrachtungsweise

- Bezugsfall (E) = Bezugsfall BVWP 2015 + bis dahin gesicherte Einzelmaßnahmen (vorliegender Finanzierungsvertrag oder aktualisierte NKA mit einem NKV > 1,0)
- Planfall (E) = Bezugsfall (E) + zu bewertende Einzelmaßnahme

Diese Alternative hätte den Vorteil, dass das Bewertungsergebnis nicht durch Einzelmaßnahmen beeinflusst wird, deren Realisierungszeitpunkt noch offen ist. Dem steht als Nachteil gegenüber, dass möglicherweise zu erwartende Nutzen aus Synergien mit anderen im betreffenden Untersuchungskorridor geplanten Einzelmaßnahmen nicht erfasst werden können.

Alternative 2: rückwärtsgerichtete Betrachtungsweise

- Planfall (E) = Bezugsfall BVWP 2015 + optimiertes Maßnahmenbündel für die betreffende Hauptverkehrsachse + weitere bis dahin gesicherte Einzelmaßnahmen
- Bezugsfall (E) = Planfall (E) ohne die zu bewertende Einzelmaßnahme

Diese Alternative hätte den Vorteil, dass das Bewertungsergebnis nicht durch Kapazitätsengpässe in benachbarten Teilnetzen beeinflusst wird.

Während Alternative 1 zu einer tendenziellen Unterschätzung des Bewertungsergebnisses führt, führt Alternative 2 eher zu einer Überschätzung. Zur Aktualisierung der Nutzen-Kosten-Analysen von Maßnahmen, die bei der Entwicklung des Zielnetzes nur im Zusammenhang von Maßnahmenbündeln bewertet wurden, wird vorgeschlagen, zunächst eine Bewertung nach Alternative 1 durchzuführen. Ergibt sich hierbei

ein NKV > 1,0, gilt der erforderliche Nachweis der gesamtwirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit als erbracht. Da mit einer Bewertung nach Alternative 1 das Ergebnis eher unterschätzt wird, liegt dieses auf der sicheren Seite.

Falls sich hieraus ein NKV ≤ 1,0 ergibt, wird eine zusätzliche Bewertung nach Alternative 2 erforderlich. Die Differenz der Nutzen zwischen den Alternativen 1 und 2 lässt sich als synergiebedingter Nutzen innerhalb des betreffenden Maßnahmenbündels interpretieren.

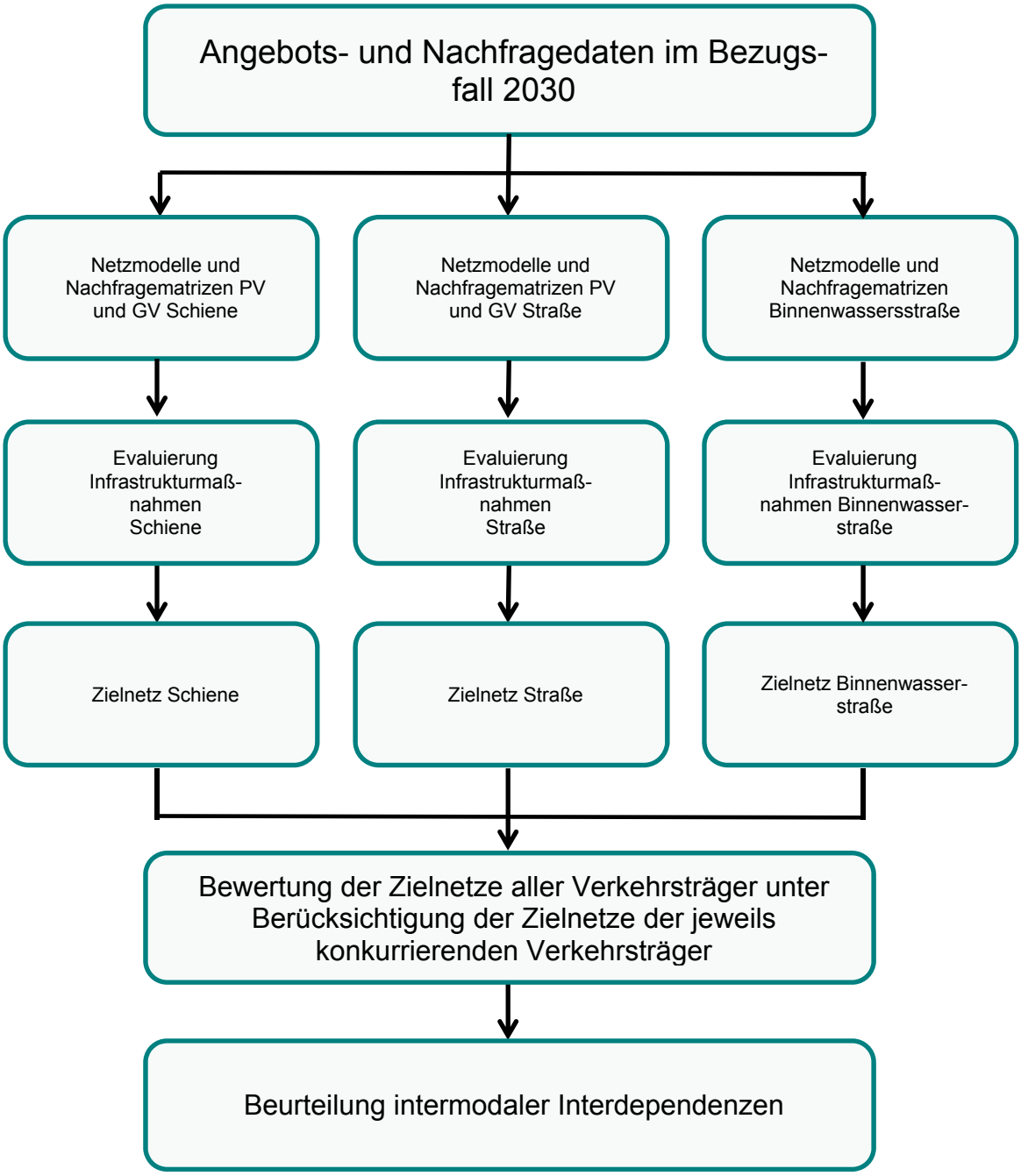
Innerhalb des Betrachtungszeitraumes der Bewertung ist ein Zeitpunkt abzuschätzen, ab dem davon ausgegangen werden kann, dass das betreffende Maßnahmenbündel komplett realisiert ist. Ab diesem Zeitpunkt werden dann die synergiebedingten Nutzen zusätzlich in die Bewertung eingestellt.

2.4 Verkehrsträgerübergreifende Interdependenzen

Verkehrsträgerübergreifende Interdependenzen mit Wechselwirkungen zwischen erwogenen Projekten konkurrierender Verkehrsträger können immer dann auftreten, wenn konkurrierende Projekte in jeweils nennenswerten Umfang die selben Ausgangs- und Zielpunkte (OD-Relationen) betreffen (funktionale Parallellage).

Erfahrungsgemäß haben solche verkehrsträgerübergreifenden Interdependenzen in der Regel keinen entscheidenden Einfluss auf die unter Ansatz eines einheitlichen Bezugsfalles bei den abgebenden Verkehrsträgern ermittelten Bewertungsergebnisse des aufnehmenden Verkehrsträgers. Um den BVWP-Prozess praktikabel zu halten, wird empfohlen, die Beurteilung intermodaler Interdependenzen erst nach Abschluss der verkehrsträgerinternen Evaluierungsprozesse vorzunehmen. Hierzu wird die in Abbildung 2-5 dargestellte Vorgehensweise vorgeschlagen.

Abbildung 2-5: Einordnung der Beurteilung intramodaler Interdependenzen in den BVWP-Prozess



Ausgangsbasis sind die Verkehrsangebots- und -nachfragedaten (Netzmodelle und Nachfragematrizen) der konkurrierenden Verkehrsträger Schiene, Straße und Binnenwasserstraße des Bezugsfalles 2030. Beim Personenverkehr sind zusätzlich noch die Netzmodelle und Nachfragematrizen des Luftverkehrs und ggf. des

Fernlinienbusverkehrs zu berücksichtigen. Da innerhalb des BVWP-Prozesses bei den letzten beiden Verkehrsträgern keine Maßnahmen zu untersuchen sind, wurden diese in Abbildung 2-5 vereinfachend vernachlässigt.

Aufbauend auf dem verkehrsträgerübergreifend erstellten Bezugsfall 2030 erfolgen verkehrsträgerinterne Evaluierungsprozesse (Prognose der Nachfragewirkungen und gesamtwirtschaftliche Bewertungen von Planfallvarianten). Hierbei bleiben die Verkehrsangebotsdaten bei den abgebenden Verkehrsträgern (Netzmodelle des Bezugsfalles 2030) jeweils unverändert. Bei den aufnehmenden Verkehrsträgern kann jeweils mit wechselnden Bezugsfällen gearbeitet werden.

Ergebnisse dieser Evaluierungsprozesse sind die Zielnetze für die Verkehrsträger Schiene, Straße und Binnenwasserstraße. Die Klammer zwischen den verkehrsträgerintern entwickelten Zielnetzen ist deren verkehrsträgerübergreifende Bewertung im Vergleich zum Bezugsfall 2030. Diese dient unter anderem der Erfolgskontrolle, inwieweit die Zielsetzung der BVWP im Zusammenwirken aller Verkehrsträger erreicht werden konnten.

Als Zwischenergebnisse für die verkehrsträgerübergreifenden Bewertungen werden Netzumlegungen bei den einzelnen Verkehrsträgern benötigt. Der Vergleich der hieraus resultierenden Querschnittsbelastungen zwischen der verkehrsträgerübergreifenden und der verkehrsträgerinternen Prognose für das Zielnetz erlaubt eine Einschätzung der Bewertungsrelevanz möglicher intermodaler Interdependenzen.

Bei entsprechend großen Abweichungen zwischen den Umlegungsergebnissen gemäß verkehrsträgerinterner und verkehrsträgerübergreifender Betrachtungsweise sind Sensitivitätsanalysen der betreffenden Maßnahmen mit einem bei den konkurrierenden Verkehrsträgern angepassten Bezugsfall durchzuführen.

„Angepasster Bezugsfall“ bedeutet, dass der ursprünglich der Maßnahmenevaluierung zugrundeliegende Bezugsfall 2030 um die Maßnahmen zu ergänzen ist, die im Auswirkungsbereich des betreffenden Investitionsvorhabens in den Zielnetzen der konkurrierenden Verkehrsträger enthalten sind. Ergebnisse dieser Sensitivitätsanalysen sind Aussagen darüber, inwieweit die bei verkehrsmittelinterner Betrachtungsweise erzielten Nutzen-Kosten-Verhältnisse auch bei Berücksichtigung von

konkurrierenden Infrastrukturmaßnahmen bei den anderen Verkehrsträgern stabil sind.

2.5 Relevante Nachfragewirkungen

Von den in der Bundesverkehrswegeplanung zu bewertenden Infrastrukturmaßnahmen können die folgenden Nachfragewirkungen ausgehen:

- Induzierter Verkehr (Erhöhung der Fahrtenhäufigkeit und/oder geänderte Zielwahl) sowie
- Verlagerungen zwischen den konkurrierenden Verkehrsträgern und
- geänderte Routenwahl.

Eine Prognose der geänderten Routenwahl ist bei allen Verkehrsträgern standardmäßig erforderlich. Bezüglich der Bewertungsrelevanz des induzierten und des verlagerten Verkehrs bestehen aber Unterschiede bei den einzelnen Verkehrsträgern, die im Folgenden erläutert werden.

Beim induzierten Verkehr ist zwischen primär und sekundär induziertem Verkehr zu unterscheiden. Hiervon wird bei den Nachfrageprognosen und bei den hieran anschließenden Bewertungen nur der primär induzierte Verkehr berücksichtigt. „Primär induzierter Verkehr“ bedeutet, dass durch die Verbesserungen im Verkehrssystem im Planfall bei ansonsten unveränderten mobilitätsbestimmenden Einflussgrößen eine zusätzliche Nachfrage ausgelöst wird, die im Bezugsfall nicht entstanden wäre.

„Sekundär induzierter Verkehr“ entsteht dann, wenn die Verbesserungen der Verkehrsinfrastruktur zu einer zusätzlichen Ansiedlung von Einwohnern und/oder Beschäftigten im Einzugsbereich der betreffenden Maßnahmen und einem hieraus resultierenden zusätzlichen Verkehrsaufkommen führen.

Das Entstehen von sekundär induziertem Verkehr ist allerdings nur als längerfristige Entwicklung zu verstehen, für deren valide Quantifizierung die erforderlichen Instrumente zurzeit (noch) nicht zur Verfügung stehen. Im BVWP wird daher davon ausgegangen, dass die nachfragebestimmenden sozioökonomischen und soziodemografischen Strukturdaten zwischen Planfall und Bezugsfall unverändert sind.

(Primär) Induzierter Verkehr und Änderungen der Zielwahl werden ausschließlich im Personenverkehr berücksichtigt. Beim Güterverkehr bleibt die je Relation abzuwickelnde Transportmenge in der Summe über alle Verkehrsträger zwischen Planfall und Bezugsfall unverändert.

In Tabelle 2-1 ist die Relevanz der Verlagerungswirkungen beim Personenverkehr für die im Rahmen des BVWP durchzuführenden Maßnahmenbewertungen dargestellt.

Tabelle 2-1: Bewertungsrelevanz der Verlagerungswirkungen im Bereich Personenverkehr

Aufnehmendes Verkehrsmittel	Abgebendes Verkehrsmittel	Bewertungsrelevanz
MIV	ÖPNV	Nur in regionalen/lokalen Relationen
	SPV	Nur in überregionalen Relationen
	ÖSPV in überregionalen Relationen	Nein
	Luftverkehr	Nein
SPV	ÖSPV in regionalen/lokalen Relationen	Nein
	ÖSPV in überregionalen Relationen	Bei relevantem Angebot von Fernlinienbussen
	MIV	Ja
	Luftverkehr	ja

Die in Tabelle 2-1 enthaltenen Abkürzungen für die verschiedenen Verkehrsmittel sind wie folgt definiert:

- MIV: motorisierter Individualverkehr
- ÖSPV: öffentlicher Straßenpersonenverkehr, weiter unterteilt nach Bussen und schienengebundenem ÖSPV (U-Bahnen sowie Stadt- und Straßenbahnen, d.h. alle Verkehrsmittel die nach BOStrab betrieben werden)
- SPV: Schienenpersonenverkehr, weiter unterteilt nach SPNV und SPFV
- SPNV: Schienenpersonennahverkehr (Nahverkehrszüge in der Aufgabenträgerschaft der Länder, deren Betrieb in der Regel gemeinwirtschaftlich finanziert wird)

- SPFV: Schienenpersonenfernverkehr (Fernverkehrszüge, deren Betrieb in der Regel eigenwirtschaftlich finanziert wird)
- ÖPNV: öffentlicher Personennahverkehr, Oberbegriff für ein integriertes Verkehrssystem aus ÖSPV und SPNV

Im seitherigen Verfahren wurden beim MIV als aufnehmendem Verkehrsmittel die Nutzen aus Nachfrageverlagerungen von konkurrierenden Verkehrsmitteln nur in einem nachgelagerten Prozess bestimmt. Im weiterentwickelten Bewertungsverfahren werden diese Verlagerungswirkungen explizit ausgewiesen.

Die Ermittlung von Nachfrageverlagerungen vom ÖPNV auf den MIV ist aus dem Grund problematisch, dass in der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 als Grundlage für den BVWP 2015 keine Nachfrage- und Widerstandsmatrix des ÖPNV, sondern nur separate Nachfrage- und Widerstandsmatrizen des SPV und des ÖSPV enthalten sind.

In den regionalen/lokalen Relationen (definiert als Binnenverkehr von Raumordnungsregionen) sind ÖSPV und SPV komplementäre und in den überregionalen Relationen konkurrierende Verkehrsmittel. Aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit der für eine multimodale Berechnung erforderlichen Nachfrage- und Widerstandsmatrizen des ÖPNV kann in den regionalen/lokalen Relationen nur eine vereinfachte Ermittlung der Nachfrageverlagerungen auf Grundlage von differenziert nach Raumstrukturtypen geschätzten ÖPNV-Anteilen und ÖPNV-Widerständen analog zum seitherigen Bewertungsverfahren erfolgen.

In den überregionalen Relationen ist die Ermittlung der Nachfrageverlagerungen vom SPV auf den MIV mit Hilfe eines multimodalen Verkehrsmodells möglich. Dies erfolgt nur bei den Maßnahmen, bei denen die überregionalen Verkehrsleistungen einen bewertungsrelevanten Anteil an den gesamten Verkehrsleistungen im Maßnahmenbereich haben.

Nachfrageverlagerungen vom ÖSPV auf den MIV werden nicht als bewertungsrelevant betrachtet, da Aus- und Neubaumaßnahmen im Straßennetz sowohl dem MIV als auch dem ÖSPV zugutekommen. Verlagerungen vom Luftverkehr auf den MIV werden sowohl im seitherigen als auch im weiterentwickelten Verfahren aufgrund der unterschiedlichen Reiseweitenstrukturen als nicht bewertungsrelevant betrachtet.

In den regionalen/lokalen Relationen sind Verlagerungen vom ÖSPV auf den SPV nicht auf Modal-Split-Änderungen, sondern auf Routensplit-Änderungen innerhalb von ÖPNV-Netzen (in denen SPV und ÖSPV als integrierte Verkehrsmittel abgebildet sind) zurückzuführen. Da in den Datengrundlagen der VP 2030 kein solches ÖPNV-Netz vorliegt, können ÖPNV-interne Routenverlagerungen auch nicht abgebildet werden. Diese sind allerdings für die Bewertung der im BVWP zu untersuchenden eher SPFV- und SGV-orientierten Maßnahmen in der Regel ohne Bedeutung.

Im Gegensatz zum seitherigen Verfahren wird im Planfall der induzierte und der von den konkurrierenden Verkehrsmitteln auf den MIV verlagerte Verkehr in die Umlegung der MIV-Nachfrage auf das Straßennetz einbezogen.

In den für den BVWP relevanten überregionalen Relationen wurden Verlagerungswirkungen vom ÖSPV auf den SPV im seitherigen Bewertungsverfahren als nicht relevant erachtet, da es sich hierbei seinerzeit im wesentlichem um nicht öffentlichen Gelegenheitsverkehr handelte, der aufgrund der dispersen Nachfragestruktur und der vergleichsweise niedrigen Nutzerkosten in keiner nennenswerten Konkurrenz mit dem SPV steht.

Inzwischen sind die bis Ende 2012 noch bestehenden rechtlichen Marktzugangshemmnisse für Fernlinienbusse entfallen. In welchem Umfang sich die Bedienungsangebote von Fernlinienbussen konkret entwickeln werden, ist heute noch nicht absehbar. Nichtsdestoweniger ist davon auszugehen, dass die Verlagerungen vom ÖSPV auf den SPV im weiterentwickelten Bewertungsverfahren nicht mehr vernachlässigt werden können.

Bei der Bewertung von Schieneninfrastrukturmaßnahmen ist künftig im Einzelfall zu prüfen, ob sich im Maßnahmenbereich inzwischen ein bewertungsrelevantes Bedienungsangebot an Fernlinienbussen herausgebildet hat. Unter der Hypothese, dass sich das zur Zeit im Aufbau befindliche Angebot von Fernlinienbussen bis zum Zeitpunkt der Maßnahmenbewertung stabilisiert haben wird, sind die Verkehrsangebots- und -nachfragedaten des überregionalen ÖSPV im Maßnahmenbereich bei entsprechender Bewertungsrelevanz so zu aktualisieren, dass eine Prognose von Nachfrageverlagerungen auf den SPV möglich ist.

In Tabelle 2-2 ist die Relevanz der Verlagerungswirkungen beim Güterverkehr für die im Rahmen des BVWP durchzuführenden Maßnahmenbewertungen dargestellt.

Tabelle 2-2: Bewertungsrelevanz der Verlagerungswirkungen im Bereich Güterverkehr

Aufnehmendes Verkehrsmittel	Abgebendes Verkehrsmittel	Bewertungsrelevanz
Straßengüterverkehr	Schienengüterverkehr	Nein
	Binnenschiff	Nein
	Luftfracht	Nein
Schienengüterverkehr	Straßengüterverkehr	Ja
	Binnenschiff	Ja
	Luftfracht	Nein
Binnenschiff	Straßengüterverkehr	Ja
	Schienengüterverkehr	Ja
	Luftfracht	nein

Wie schon im seitherigen Verfahren werden auch im weiterentwickelten Verfahren theoretisch denkbare Verlagerungen von konkurrierenden Verkehrsmitteln auf den Straßengüterverkehr als nicht bewertungsrelevant betrachtet. Dies ist bezogen auf die verschiedenen abgebenden Verkehrsmittel wie folgt begründet:

Schienengüterverkehr

Im Wertebereich des BVWP treten in der Regel keine Transportzeitänderungen zwischen Planfall und Bezugsfall in einer Größenordnung ein, die Verlagerungen vom Schienen- auf den Straßengüterverkehr erwarten lassen. Dies zeigt auch eine Testrechnung die im Rahmen des FE-Vorhabens Nr.96.1002/2012 „Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr …“ für das Referenzprojekt „6-streifiger Ausbau der A7 zwischen Seesen und Nörten-Hardenberg“ durchgeführt wurden.

Dieser Streckenabschnitt hat eine Länge von 35 km. Der 6-streifige Ausbau führte gemäß BVWP 2003 beim Straßengüterverkehr nach Aussagen des Fachgutachters Straße im Jahresmittel zu einer relativen Zeitersparnis gegenüber dem Bezugsfall in Höhe von knapp 3%. Geht man im Planfall von einer durchschnittlichen Lkw-Geschwindigkeit von 80 km/h aus, beträgt die Fahrtzeit etwa 26 Minuten. Die

jahresdurchschnittliche Fahrtzeitersparnis liegt dann bei weniger als 1 Minute. In Starklastzeiten sind die Zeitersparnisse zwar deutlich höher, dafür tendieren sie in anderen Zeitscheiben gegen 0.

Bei testweiser Anwendung des für den BVWP 2015 weiterentwickelten Modal-Split-Modells für den Güterverkehr ergab sich für dieses Referenzprojekt eine Verlagerungsmenge vom Schienen- auf den Straßengüterverkehr in Höhe von etwa 8.600 t/Jahr. Bei einer durchschnittlichen Beladung von 14,5 t/Lkw entspricht dies etwa 590 Lkw-Fahrten/Jahr bzw. etwa 2 Lkw-Fahrten/Tag.

Insgesamt ist von der betreffenden Infrastrukturmaßnahme ein Transportvolumen im Straßengüterverkehr von etwa 15 Mio. t (entsprechen etwa 1 Mio. Lkw-Fahrten) betroffen. Die Verlagerungsmenge beträgt also 0,06% der gesamten betroffenen Transportmengen.

Auch im BVWP 2003 wurden die Interdependenzen zwischen Investitionsvorhaben unterschiedlicher Verkehrsträger nach Abschluss der verkehrsträgerinternen Netzentwicklung durchgeführt

Auch im BVWP 2003 wurde, bereits belegt, dass die maximal möglichen Verlagerungswirkungen vom Schienengüterverkehr auf den Straßenverkehr vernachlässigbar sind.[19] Hierbei wurde geprüft, wie sich ein maximaler Ausbauzustand des Straßennetzes (Sammelplanfall mit allen 1.700 Maßnahmen, die im BVWP 2003 untersucht wurden) auf die Nachfrage im Schienengüterverkehr auswirkt. Die Verlagerungen vom Schienen- auf den Straßengüterverkehr lagen bei 0,4% der gesamten Transportleistungen.

In der Regel dürften die durch Straßeninfrastrukturmaßnahmen erzielbaren Verbesserungen der Wettbewerbsfähigkeit des Straßengüterverkehrs nicht ausreichen, um bewertungsrelevante Verlagerungen vom Schienen- auf den Straßengüterverkehr auszulösen. Besteht bei einer sehr umfangreichen Straßeninfrastrukturmaßnahme dennoch die Vermutung, dass in diesem besonderen Fall Verlagerungen in relevanter Größenordnung zu erwarten sind, bleibt immer noch die

[19] vgl. BVU, ITP: Erarbeitung der Projektbewertungen für die Bundesschienenwege im Rahmen der Erarbeitung des Bundesverkehrswegeplans 2003, Kapitel 6

Möglichkeit diese mit Hilfe des weiterentwickelten Modal-Split-Modells für den Güterverkehr zu ermitteln.

Binnenschifffahrt

Der Wettbewerbsvorteil des Straßengüterverkehrs gegenüber der Binnenschifffahrt ist bei den maßgebenden Einflussgrößen Geschwindigkeit und Flexibilität bereits im Bezugsfall so groß, dass weitere Verbesserungen beim Verkehrsträger Straße zu keinen relevanten Verlagerungswirkungen mehr führen.

Luftfracht

Im Vergleich zum Straßengüterverkehr äußerst geringe Transportmengen, die in den für den BVWP relevanten Relationen teilweise mit Flugzeugen und teilweise mit Lkw („Trucking“) abgewickelt werden. Auch in Anbetracht der ohnehin bestehenden Grauzone zwischen Luftfracht per Flugzeug und Trucking macht es wenig Sinn, theoretisch denkbare Verlagerungen auf den Straßengüterverkehr in die Bewertung einzubeziehen

Beim Schienengüterverkehr wurden im seitherigen Verfahren nur Verlagerungen vom Verkehrsträger Straße berücksichtigt. Im weiterentwickelten Bewertungsverfahren werden in Relationen mit parallelen Binnenwasserstraßenverbindungen Verlagerungen von diesem Verkehrsträger auf die Schiene neu in die Bewertung einbezogen, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass die betreffenden Transportmengen einem bestimmten Verkehrsträger eindeutig zugeordnet werden können.

Wie schon im seitherigen werden auch im weiterentwickelten Bewertungsverfahren keine Verlagerungswirkungen zwischen der Luftfracht und dem Schienengüterverkehr berücksichtigt, da aufgrund der in der Regel gegebenen Eilbedürftigkeit und der vergleichsweise geringen Transportmengen der Luftfracht keine nennenswerte Konkurrenzsituation zum Schienengüterverkehr besteht.

Bei der Binnenwasserstraße als aufnehmendem Verkehrsträger werden sowohl im seitherigen als auch im weiterentwickelten Bewertungsverfahren Verlagerungswirkungen von den abgebenden Verkehrsträgern Schiene und Straße berücksichtigt.

Bei den abgebenden Verkehrsträgern können die Nachfrageverlagerungen Auswirkungen auf die folgenden Nutzenkomponenten haben:

- Betriebsleistungsabhängige Komponenten,
    - o NB: Kosten der Fahrzeugvorhaltung und des Fahrzeugbetriebes
    - o NA : Verminderung von Abgasbelastungen
    - o NS: Erhöhung der Verkehrssicherheit
- NRZ: Reisezeitänderungen im Personenverkehr
- NTZ: Transportzeitänderungen im Güterverkehr

Anhand von Tabelle 2-3 wird die Bewertungsrelevanz dieser Nutzenkomponenten für die verschiedenen abgebenden Verkehrsmittel diskutiert.

Tabelle 2-3: Bewertungsrelevanz der Nutzenkomponenten bei den abgebenden Verkehrsmitteln

Abgebendes Verkehrsmittel	Betriebsleistungsabhängige Komponenten	Reise- bzw. Transport-zeiten
Straßengüterverkehr	Ja	nur bei relevanten Verlagerungen auf die Schiene
MIV	Ja	
Schienengüterverkehr	Ja	nur bei relevanten Verlagerungen auf das Binnenschiff
SPFV	Ja	Nein
SPNV	Nein	Nein
ÖPNV in regionalen/lokalen Relationen	Nein	Nein
Fernlinienbus	Ja	Nein
Binnenschifffahrt	Ja	Nein
Luftverkehr	Ja	Nein

Die Bewertungsrelevanz der aus ggf. verminderten Betriebsleistungen (Fahrzeug- bzw. Flugzeugkilometer) abgeleiteten Nutzenkomponenten hängt davon ab, ob die bei den abgebenden Verkehrsträgern entfallenden Verkehrs- bzw. Transportleistungen (Personen- bzw. Tonnenkilometer) in entsprechend verminderte Betriebsleistungen umgesetzt werden können.

Zur Klärung dieser Frage ist zunächst zwischen fahrplanunabhängigen (Straßen- und Schienengüterverkehr, MIV und Binnenschifffahrt) und fahrplanbasierten (SPFV, SPNV, ÖPNV, Fernlinienbusse und Luftverkehr) Verkehrsmitteln zu unterscheiden.

Bei den fahrplanunabhängigen Verkehrsmitteln ist davon auszugehen, dass sich verlagerte Verkehrs- bzw. Transportleistungen unmittelbar in Form einer entsprechenden Verminderung der Betriebsleistungen auswirken. Damit ist bezogen auf diese Verkehrsmittel die Bewertungsrelevanz gegeben.

Bei den fahrplanbasierten Verkehrsmitteln wird weiter unterschieden nach gemeinwirtschaftlich (SPNV und ÖPNV) und eigenwirtschaftlich (SPFV, Luftverkehr und Fernlinienbusse) betriebenen Verkehrsmitteln.

Im gemeinwirtschaftlichen Bereich wird unterstellt, dass im Wertebereich der aus Verlagerungen zum MIV resultierenden Nachfrageänderungen keine Anpassung der betreffenden Fahrpläne wahrscheinlich ist. Die Betriebsleistungen des SPNV und des ÖPNV sind damit im Planfall gegenüber dem Bezugsfall unverändert (keine Bewertungsrelevanz bzgl. der betriebsleistungsabhängigen Nutzenkomponenten).

Im eigenwirtschaftlichen Bereich wird davon ausgegangen, dass eine marktorientierte Anpassung der betreffenden Fahr- bzw. Flugpläne erfolgt. Hier gilt die Arbeitshypothese, dass die durchschnittliche Kapazitätsauslastung der Verkehrsmittel zwischen Planfall und Bezugsfall unverändert ist. Damit ist bei diesen Verkehrsmitteln die Bewertungsrelevanz bezüglich der betriebsleistungsabhängigen Nutzenkomponenten gegeben.

Bei den fahrplanbasierten Verkehrsmitteln haben Verlagerungen auf den MIV keine Änderungen der Reisezeit zur Folge (keine Bewertungsrelevanz). Bei den fahrplanunabhängigen Verkehrsmitteln MIV sowie Straßen- und Schienengüterverkehr können bei Verlagerungen auf konkurrierende Verkehrsmittel theoretisch Fahrzeit-

verkürzungen aufgrund der verringerten Auslastung der Verkehrsinfrastruktur und der damit verbundenen Verkürzung der Reise- bzw. Transportzeiten entstehen.

Wie die im Rahmen des BVWP 2003 durchgeführten Interdependenzuntersuchungen gezeigt haben, bewegen sich die erzielbaren Entlastungen durch Verlagerungen vom Verkehrsträger Straße auf die Schiene in einer im Vergleich zur vorhanden Grundlast begrenzten Größenordnung. Inwieweit die beim abgebenden Verkehrsträger Straße zu erzielenden Fahr- bzw. Transportzeitersparnisse eine bewertungsrelevante Größenordnung erreichen können, ist anhand von Testrechnungen für ausgewählte Referenzprojekte mit überdurchschnittlich hohen Verlagerungswirkungen von der Straße auf die Schiene zu klären.

Hieraus sollten Schwellenwerte abgeleitet werden, ab denen eine neue Bewertungskomponente „Nutzen aus Entlastungen des Straßennetzes durch Verlagerungen auf konkurrierende Verkehrsträger“ in die Bewertung einbezogen werden soll. Zur Quantifizierungsmethodik dieser neuen Nutzenkomponente wird auf Kapitel 4.5 verwiesen.

Die oben dargelegten Ausführungen zu den Nutzen aus Verlagerungen von der Straße auf die Schiene gelten prinzipiell auch für Verlagerungen vom Schienengüterverkehr auf die Binnenschifffahrt. Die hieraus resultierende Entlastung der Schieneninfrastruktur kann auch zu einer Verbesserung der Betriebsqualität und damit einer Beschleunigung der verbleibenden Züge insbesondere des Schienengüterverkehrs führen. Inwieweit solche Effekte zu bewertungsrelevanten Nutzenbeiträgen führen, sollte ebenfalls anhand von Testrechnungen geklärt werden.

2.6 Ist-Wertansätze oder dynamische Wertansätze

Auf die Dynamisierung der Mengengerüste wird in der Bewertungsmethodik des Bundesverkehrswegeplans 2003 verzichtet (jährlich wiederkehrende Nutzen und Kosten innerhalb des Betrachtungszeitraumes werden als konstant unterstellt).

Theoretisch können Zeitreihen von Nachfragematrizen unter Zugrundelegung von Langfristprognosen gebildet werden. Die Einführung dynamisierter Nachfragewerte führt aber zu keinem Genauigkeitsgewinn, da zum Zeitpunkt der Projektbewertung

Realisierungszeiträume und Inbetriebnahmezeitpunkte der betreffenden Projekte unbekannt sind. Die Auswirkungen von Nachfrageschwankungen innerhalb des Betrachtungszeitraumes der Bewertung können in Form von Risikoanalysen abgebildet werden. Aus diesen Gründen sollte das derzeitige Verfahren beibehalten werden. Den Kosten- und Wertansätze müssen hingegen differenzierter betrachtet werden. Hierbei ist zwischen Wertansätzen technischer Art (Faktorielle Repräsentierung technischer Veränderungen) und monetären Bewertungssätzen (Kostensätzen) zu unterscheiden.

2.6.1 Faktorielle Repräsentierung technischer Veränderungen

Im BVWP 2003 wurde technischer Fortschritt, der sich u.a. in einer höheren Energieeffizienz und damit einhergehenden geringeren Schadstoffemissionen im Prognosejahr widerspiegelt, berücksichtigt. Soweit verfügbar wurde dieses Verfahren für alle technischen Komponenten des Mengengerüstes der Bewertung angewendet. So wurden beispielsweise die Schadstoffemissionen und die Energieverbräuche der Bahn für das damalige Prognosejahr 2025 ermittelt, die Verbrauchsfunktion für den Straßenverkehr hingegen nicht.

Für den BVWP 2015 wird empfohlen, die grundsätzliche Vorgehensweise der Prognose der technischen Parameter beizubehalten, z.B. Energieverbräuche und Effizienzsteigerungen gemäß der Verkehrsprognose 2030 in die Bewertungsparameter zu integrieren. So wurden für den BVWP 2015 nicht nur die im Handbuch Emissionsfaktoren Straßenverkehr (HBEFA)[20] für 2030 prognostizierten Emissionsfaktoren für die Straße aufbereitet, sondern auch die entsprechenden prognostizierten Verbräuche (s. Abschnitt 8.2.6).

Die Prognose der technischen Parameter ist allerdings nicht in jedem Fall problemfrei möglich. Sie sollte immer nur auf Basis relativ sicherer Rahmenbedingungen erfolgen. Als Beispiel sie die Prognose der Emissionsfaktoren der Binnenschifffahrt angeführt. Im Rahmen der Fortschreibung der Bewertungsansätze des BVWP 2003 wurden die prognostizierten Werte der Binnenschiffsemissionsfaktoren für das Jahr

[20] Umweltbundesamt et al., Handbuch Emissionsfaktoren Straßenverkehr, Version 3.1, Dessau-Roßlau (2010) und Version 3.2 (2014). Grundsätzlich basiert die Auswertung auf Version 3.1, die in Version 3.2. eliminierten Widersprüchlichkeiten wurden allerdings eingepflegt.

2025 angegeben. Dabei wird hervorgehoben, dass zwei Einflussfaktoren die Prognose dominieren, zum einen die Bestandsentwicklung der Binnenschifffahrt und zum anderen die Prognose der Motorenentwicklung. Dabei ist die Bestandsprognose der unkritische Teil.[21] Die Prognose der Motorenentwicklung hingegen ist mit größeren Unsicherheiten behaftet, da sie in besonderem Maße von politischen Entscheidungen abhängig ist. So wurde die Prognose der Emissionsfaktoren auf Basis der damals als sehr wahrscheinlich anzusehenden rechtlichen Entwicklung erstellt.[22] Diese sehr wahrscheinliche Entwicklung der Motorenrichtlinien hat so aber nicht stattgefunden. Die aktuell wahrscheinlichste Entwicklung der rechtlichen Rahmenbedingungen steht aber glücklicherweise im Einklang mit der seinerzeit erstellten Prognose, so dass diese „lediglich“ auf das Jahr 2030 fortgeschrieben werden musste (s. Abschnitt 7.2.2.3).[23]

Neben den unproblematischen Prognosen der technischen Veränderungen gibt es auch solche, welche nicht mit hinreichender Genauigkeit bzw. vertretbaren Aufwand prognostiziert werden können. Ein Beispiel für Letzteres im BVWP 2015 sind die Unfallraten der Verkehrsträger. Eine Prognose der Unfallraten hängt von den technischen Entwicklungen in der Sicherheitstechnik ebenso ab wie von der durchschnittlichen Entwicklung der Verkehrssituation auf den Strecken und der Verkehrsgesetzgebung. Folglich ist für diesen Parameter die beste Prognose die Beschreibung der aktuellen Situation (s. Abschnitt 7.1).

[21] S. BVU; ITP Planco Consulting GmbH, Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg; München; Essen (2010), S. 119f.

[22] Vgl. Planco Consulting GmbH; Bundesanstalt für Gewässerkunde, Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Schiff, Straße und Schiene, Essen (2007), S. 164ff.

[23] Vgl. Panteia; Planco Consulting GmbH; viadonau; SPB; Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, Contribution to Impact Assessment (of measures for reducing emissions of inland navigation), Zoetermeer 2013; S. 14 bzw. 16.

2.6.2 Monetäre Bewertungssätze

Im Rahmen des BVWP 2003 wurde in konstanten Preisen des Jahres 1998[24] bzw. nach Aktualisierung der Wertansätze in Preisen des Jahres 2008 gerechnet. Einzige Ausnahme im BVWP 2003 waren die Energiepreise.[25]

Im Rahmen der Überarbeitung der Bewertungsmethodik galt es zu prüfen, ob dieser Ansatz Bestand haben soll. Zu festen Preisen zu rechnen birgt das Risiko von verzerrten Rangfolgen bei Projekten mit unterschiedlichen Nutzenstrukturen. Hierzu müssten sich die relativen Preise der Ressourcen während der Projektlaufzeit signifikant ändern. Steigen beispielsweise die Personalkosten im Zeitverlauf schneller als die übrigen Inputgrößen, so sind die Zeit- und Betriebskostenersparnisse in späteren Perioden größer als in früheren. In diesem Fall würden derartige Projekte bei einer Bewertung mit konstanten Preisen systematisch benachteiligt.[26]

Das Argument für eine Dynamisierung der Kostensätze ist, wie eben beschrieben, das Verzerrungsrisiko. Eine „perfekte“ Prognose der Kostensätze für das Jahr 2030 wäre demnach die Lösung des Verzerrungsproblems.[27] Welche Probleme bei einer Prognose der Kostensätze entstehen würden, wurde in der bereits zitierten Studie zur Modernisierung des Bewertungsverfahrens beschrieben. Basis des Bewertungsverfahrens ist die Bewertung der relativen Nutzen und Kosten einer Maßnahme mit den entsprechenden Preisen. Hierin wird die Stärke des Verfahrens deutlich. Die Bewertung mit am Markt beobachtbaren Preisen spiegelt die Präferenzen der Bevölkerung wider. Jeder Eingriff in dieses objektive Wägungsgerüst sollte dem entsprechend nur dann vorgenommen werden, wenn es hierfür gewichtige Gründe gibt. Insbesondere bei dem Versuch, die für die Zukunft erwarteten Veränderungen der realen Preisstruktur zu prognostizieren, besteht die Gefahr, dass die durch

---

[24] S. BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen,: Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Bonn 2005, S. 34f.

[25] S. BVU; ITP Planco Consulting GmbH, Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg; München; Essen (2010), S. 4ff.

[26] S. Planco Consulting GmbH, Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP), Essen 1999, S. 237f.

[27] Unter Dynamisierung wird an dieser Stelle die Prognose der Kostensätze für das Prognose Jahr 2030 verstanden. Eine echte Dynamisierung mit jährlich aktualisierten Kostensätzen über den gesamten Projektzeitraum würde die an dieser Stelle geschildert Probleme lediglich noch verschärfen und bedarf somit keiner weiteren Betrachtung.

Prognose der Preisstruktur entstehenden Verzerrungen größer sind als die durch die Rechnung mit konstanten Preisen. Dieses Risiko ist umso größer, je kleiner die erwarteten Preisänderungen ausfallen. Deshalb wurde beim BVWP 2003 empfohlen, nur bei großen zu erwartenden Preisänderungen bzw. bei großen Schwankungen[28] eines realen Preises eine Prognose des entsprechenden Kostensatzes vorzunehmen.[29]

Somit ist als die restriktivste Variante der Ermittlung der Bewertungskostensätze die, bei der konsequent in Preisen eines Basisjahres gerechnet wird. Das andere Ende des Spektrums bei den Kostensätzen wäre die konsequente Prognose aller Bewertungssätze für das Prognosejahr. Im final technical report der HEATCO-Untersuchungen wird empfohlen, alle monetären Bewertungssätze für ein Basisjahr zu verwenden und Kostensätze nur in Sensitivitätsbetrachtungen zu prognostizieren.[30]

Zwischen den beiden geschilderten Extremen sind mehrere Abstufungen denkbar. Die erste Abstufung würde darin bestehen, nur diejenigen Wertansätze zu prognostizieren, bei denen deutliche Preisänderungen erwartet werden. Diese Vorgehensweise entspricht weitestgehend dem Verfahren des BVWP 2003. Für den BVWP 2015 sollte jedoch neben den Energiepreisen zusätzlich auch der prognostiziert Wertansatz für CO_2-Emissionen für das Jahr 2030 verwendet werden, da in diesem Bereich von einer deutlichen Steigerungen des Wertansatzes bis zum Jahr 2030 ausgegangen wird (siehe Kap. 7.2.2.5)[31].

Die nächste Variante würde darin bestehen, nicht nur Energiepreise und den CO_2-Kostensatz, sondern auch die Zeitwerte im Personenverkehr zu prognostizieren.

---

[28] Das Argument der Schwankungen ist jedoch insoweit einzuschränken, als dass diesen nicht nur durch die Verwendung eines Prognosewertes Rechnung getragen werden kann, sondern beispielsweise auch durch Bildung eines Durchschnittsansatzes aus (schwankenden) Vergangenheitswerten.

[29] Vgl. Planco Consulting GmbH, Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP), Essen 1999, S. 243.

[30] S. Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, HEATCO – Developing Hamonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment - Final Technical Report, Stuttgart (2006), S. 15f.

[31] An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass es sich beim CO_2-Kostensatz für 2030 genau gesagt um den Wertansatz für 2030 in Preisen von 2012 handelt. Es werden die in 2030 gegenüber 2012 veränderten Umweltbedingungen berücksichtigt, d.h. die CO2-Emissionen in 2030 sind schädlicher als die in 2012, die Schäden werden aber auf der Preisbasis 2012 bewertet.

Dafür spricht, dass die Verkehrsträgerwahl im Personenverkehr von den Zeitwerten (relativen Preisen der Verkehrsträger gemessen in Zahlungsbereitschaften) im Jahr 2030 determiniert sein wird. Wenn man jedoch die Zeitwerte für Geschäftsreisende prognostiziert (und diese Zeitwerte zumindest teilweise durch ihre Gehälter determiniert sind), dann müsste dies konsequenterweise auch für die Löhne von Lkw-Fahrern, Binnenschiffsbesatzungen und Zugführern erfolgen. Diese Argumentationskette lässt sich weiter fortsetzen und führt im Extremfall letztlich dazu, dass doch alle Kostensätze für das Prognosejahr ermittelt werden müssten. Dies gilt in letzter Konsequenz auch für die in den Investitionskosten enthaltenen Lohnsteigerungen, um sich nicht dem Vorwurf der Überbewertung der Projektnutzen auszusetzen. Aufgrund der geschilderten Problematik der Prognose der Kostensätze sollte somit die Prognose von Wertansätzen auf wenige relevante Fälle beschränkt bleiben (Energiepreise und der CO_2-Kostenansatz).

Dass ansonsten relativ kleine Änderungen in den realen Preisen zu erwarten sind, macht das Beispiel der Reallohnentwicklung in den letzten 10 Jahren deutlich. Weiter macht diese Entwicklung deutlich, dass die Reallohnentwicklung keinen signifikanten Zusammenhang mit der Entwicklung des preisbereinigten Bruttoinlandsproduktes (BIP) hat (s. Abbildung 2-6). Somit wäre es problematisch, beispielsweise wegen einer prognostizierten Steigerung des BIP im Rahmen der Verkehrsprognose 2030 auch die Reallöhne zu prognostizieren.

Abbildung 2-6: Reallohn- und Bruttoinlandsproduktentwicklung 2002 bis 2012

Als weiteres Argument gegen eine Dynamisierung der Kostensätze ist das Ergebnis einer (groben) Testrechnung anzusehen. Würde man von einem (wie soeben gezeigt nicht vorhandenen) Zusammenhang zwischen der BIP-Steigerung und der Reallohnentwicklung ausgehen, so könnten die Zeitwerte für die Bewertung der Zeitersparnis aus Infrastrukturmaßnahmen gemäß der für die Verkehrsprognose 2030 prognostizierten BIP-Steigerungen bis 2030 steigen. Würde man die Zeitwerte entsprechend anpassen, so würde sich auf das gesamte Zielnetz der Bedarfsplan-überprüfung Schiene bezogen eine Änderung des NKVs in der zweiten Nachkommastelle ergeben. Selbst bei einer analogen Testrechnung für die Bewertung der ABS/NBS Stuttgart – Ulm – Augsburg, würde sich das NKV nur von 1,21 auf 1,35 erhöhen. Das letztgenannte Beispiel wurde ausgewählt, weil es den höchsten Anteil „Reisezeitnutzen“ am Gesamtnutzen der Maßnahme vorweist. Dabei handelt es sich allerdings ausschließlich um eine Prognose der Zeitwerte und nicht um eine umfassende Prognose aller Preise, also auch nicht der Investitionskosten. Somit

würde die umfassende Anpassung aller Kostensätze, wahrscheinlich den Unterschied zwischen den Ergebnissen noch verkleinern. Hieraus lässt sich ableiten, dass die durch eine Dynamisierung der Kostensätze geringen Veränderungen des Nutzens bei einer Bewertung durch das große Risiko der zusätzlichen Verzerrung erkauft würden.

Als Fazit bleibt aus Gutachtersicht festzuhalten, dass eine Prognose der Preise für 2030 ausschließlich für den Energiebereich und den Wertansatz für CO_2-Emissionen durchgeführt werden sollte. Für alle weiteren Wertansätze wird empfohlen, in den Preisen des Jahres 2012 zu rechnen.

2.7 Diskontierungssatz

Die Diskontierung stellt eine zeitliche Homogenisierung monetärer Größen (Nutzen, Kosten, Zahlungsströme) dar. Mit Hilfe eines Diskontierungssatzes und der Zinseszinsrechnung werden zeitlich unterschiedlich anfallende Nutzen und Kosten auf einen gemeinsamen Bezugszeitpunkt abgezinst. Zur Ermittlung eines geeigneten Diskontierungssatzes stehen zwei theoretisch fundierte Ansätze zur Verfügung: Der Opportunitätskostenansatz und die soziale Zeitpräferenzrate. [32]

Öffentliche Investitionen verdrängen bei konstantem öffentlichen Konsum den privaten Konsum und / oder private Investitionen. Aus den Opportunitätskosten öffentlicher Investitionen lassen sich zwei Referenzdiskontierungssätze herleiten. Der erste Diskontierungssatzes beruht auf der Annahme verdrängten Sparens und gleicht dem nachsteuerlichen Zins risikoloser Wertpapiere, z. B. inflationsindexierter Bundesanleihen. Der zweite Diskontierungssatz bildet die sozialen Kosten verdrängter Privatinvestitionen ab und ist identisch mit der Summe der Rendite inflationsindexierter Bundesanleihen als risikolose Wertpapiere und des durch die Unternehmensbesteuerung bedingten Steuerkeils. Es bietet sich an, von einer gemischten Verdrängung auszugehen und deshalb eine gewichtete Summe der beiden

[32] Die folgenden Überlegungen basieren auf Beckers, T. / Corneo, G. / Klatt, J. P. / Mühlenkamp, H. (2009): Zeitliche Homogenisierung und Berücksichtigung von Risiko im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Studie im Auftrag des Bundesrechnungshofs, Online-Veröffentlichung. Dabei sind die Untersuchungen zur Diskontierung in NKA federführend von Prof. Dr. G. Corneo (FU Berlin) durchgeführt worden.

Referenzdiskontierungssätze zu verwenden. Berechnungen von Beckers/Corneo/Klatt/Mühlenkamp (2009) auf der Basis einer Rendite von 1,5 % für inflationsindexierte Bundesanleihen ergaben einen gewogenen Diskontierungssatz nach dem Opportunitätskostenansatz von ca. 2 %. Geht man von einer niedrigeren Rendite für die inflationsindexierte Bundesanleihen aus, sinkt auch der Diskontierungssatz. Beispielsweise folgte aus einem Renditeniveau von 0,75 % ein Diskontierungssatz von 0,9 %. Im Jahre 2013 kam es aufgrund der Wirtschaftskrise zeitweise zu negativen Renditen für inflationsindexierte Bundesanleihen. Diese Verhältnisse auf den Anleihemärkten stellen eine Ausnahmesituation dar, die nicht dauerhaft bestehen wird. Mittelfristig spricht vieles für niedrige positive Renditen deutscher Bundesanleihen mit Inflationsschutz. Dennoch wird deutlich, dass der Opportunitätskostenansatz nur bei Betrachtung größerer Zeiträume zu sinnvollen Ergebnissen führt. Auch Einflüsse politischer Institutionen wie der Zentralbanken auf das aktuelle Renditeniveau schränken die Robustheit des Ansatzes ein.

Bei der Diskontierung nach dem Ansatz der soziale Zeitpräferenzrate wird der Nettonutzen von öffentlichen Projekten als eine reale Konsumgröße interpretiert, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten den Privathaushalten zur Verfügung steht und welche die Gesellschaft entsprechend ihrer Grenzrate der Substitution zwischen heutigem und künftigem Konsum zu bewerten hat. Die soziale Zeitpräferenzrate lässt sich näherungsweise mit der sogenannten Ramsey-Formel beschreiben:

$$d \approx \rho + g \cdot \eta .$$

Der Parameter ρ bezeichnet die reine Zeitpräferenz. Sie drückt die gesellschaftliche Vorliebe für den gegenwärtigen Nutzen relativ zum zukünftigen Nutzen aus. Mit steigendem ρ verlieren künftige Generationen an Bedeutung für die Gesellschaft. Daher steigt der Diskontierungssatz mit diesem Parameter. Der Term $g\eta$ misst, um wie viel der Nutzen aus dem Konsum eines zusätzlichen Euros mit steigendem Einkommen fällt. Je höher die Wachstumsrate des Konsums *g* und je höher in absolutem Betrag die Elastizität des Grenznutzens des Konsums η, desto weniger Wohlfahrt erzeugt eine bestimmte Konsumerhöhung in der Zukunft. Die Elastizität des Grenznutzens des Konsums ist als prozentuale Abnahme des Grenznutzens definiert, wenn der Konsum um ein Prozent zunimmt. Je höher dieser Wert, umso

weniger sind die Haushalte bereit, für die Zukunft zu sparen. Hinter diesem Konzept steht das Prinzip des abnehmenden Grenznutzens, d.h., der zusätzliche Nutzen von zusätzlichen Konsumeinheiten nimmt in abnehmender Rate zu. Daher steigt der Diskontierungssatz mit den beiden Parametern *g* und η .

Nach Beckers/Corneo/Klatt/Mühlenkamp (2009) können für die reine Zeitpräferenz ρ = 0,1 und für die Elastizität des Grenznutzens η = 1,25 als empirisch fundierte Werte gelten. Wie dort dargestellt, ist der mögliche Wertebereich für beide Größen relativ eng gefasst. Die Elastizität des Grenznutzens des Konsums in Deutschland schätzen Layard/Mayraz/Nickell (2008) auf zwischen 1,15 und 1,26, mit einer empfohlenen Korrektur nach unten um 0,09. Für die Schweiz ermittelt Abay (2005) nach zwei verschiedenen Schätzmethoden ein η von 1,48 bzw. 1,5. Eine Bandbreite von η = 1,0-1,5 wird deshalb als wahrscheinlich für angesehen, und der Mittelwert von 1,25 für die Berechnungen verwendet.

Der einzige allgemein akzeptierte Grund für eine geringere Gewichtung des Nutzens zukünftiger Generationen und damit einen positiven Wert der additiv in die Ramsey-Gleichung eingehenden reine Zeitpräferenz ρ ist die Unsicherheit bezüglich ihrer Existenz (Untergangsrisiko). Stern (2006) geht im Rahmen seines klimapolitischen Berichts („Stern-Report“) von einer jährlichen reinen Zeitpräferenz ρ = 0,1 % aus. Dieser Wert impliziert, dass die Wahrscheinlichkeit des Endes der Menschheit innerhalb der nächsten 100 Jahre bei fast 10 % liegt.

Wichtigste Einflussgröße auf die soziale Zeitpräferenzrate ist das prognostizierte Konsumwachstum pro Kopf *g*. Nimmt man an, dass der Anteil des privaten Konsums am Bruttoinlandsprodukt auch in Zukunft stabil sein wird, kann man aus Prognosedaten für das Wirtschaftswachstum direkt die jährliche Wachstumsrate des privaten Konsums ableiten; sie sind dann identisch. Der Verkehrsprognose 2030 liegen u.a. Rahmendaten für BIP-Wachstum und den Bevölkerungsrückgang in Deutschland zugrunde. Aus diesen Schätzungen lassen sich die pro-Kopf-Wachstumsraten des privaten Konsums für das Kernszenario (1,27% p.a.) sowie das obere (0,96%) und untere Szenario (1,54 %) der Verkehrsprognose 2030 ermitteln. Mit den Werten des Kernszenarios ergibt sich nach dem Ansatz der sozialen Zeitpräferenzrate ein

Diskontierungsfaktor von 1,7%, bei den niedrigeren Wachstumserwartungen des unteren Szenarios sind es 1,3%, bei den höheren des oberen Szenarios 2,0%.

Trotz aller methodischen Unterschiede liegen bei realitätsnahen Annahmen für die Ausgangsdaten die Ergebnisse beider Ansätze zur Ermittlung des Diskontierungssatz nahe beieinander. Auf Basis der vorstehend aufgezeigten Kalkulationen erscheint es plausibel, einen Diskontierungssatz zur zeitlichen Homogenisierung in der NKA innerhalb der Bandbreite von 1,0 % bis 2,0 % anzusetzen. Die Berechnungen nach dem Konzept der sozialen Zeitpräferenzrate weisen gegenüber denen nach dem Opportunitätskostenprinzip langfristig eine höhere Stabilität auf, da sie nicht von marktlichen und politischen Einflüssen abhängen, welche in einem bestimmten institutionellen Kontext stattfinden. Vor diesem Hintergrund und im Kontext der Diskontierung über die (langen) Bewertungshorizonte bei den langfristig wirkenden BVWP-Maßnahmen wird folgend dem Konzept der sozialen Zeitpräferenzrate eine hervorgehobene Bedeutung bei der Festsetzung einer konkreten Diskontrate eingeräumt. Insofern erscheint insbesondere die Verwendung eines Diskontierungssatzes d von 1,7 % plausibel begründbar. Damit wird ein Wert ins Auge gefasst, der oberhalb des mittleren Wertes der Bandbreite von 1,0 % bis 2,0 % liegt, was dazu führt, dass hinsichtlich der Abschätzung der Vorteilhaftigkeit von Projekten eher zur sicheren Seite hin abgeschätzt wird.

Die vorgestellten Ergebnisse der Kalkulationen bezüglich des Diskontierungssatzes zur zeitlichen Homogenisierung in NKA sind auf Basis realer Werte erfolgt. Nutzen und externe Kosten werden im Rahmen einer NKA regelmäßig als reale Werte angegeben. Insofern bietet es sich in einer NKA an, interne Kosten ebenfalls auf einer realen Basis in die Berechnungen einzubeziehen. Sollte dennoch auf Basis nominaler Werte zu rechnen sein, dann ist aus einer realen Diskontrate d unter Rückgriff auf die Inflationserwartung, die entsprechend auch in die Kalkulationen der Nutzen und Kosten einzufließen hat, ein nominaler Diskontierungssatz zu ermitteln. Bei der NKA ist es grundsätzlich ausreichend, einen einheitlichen Diskontierungssatz für die Projektlaufzeit anzusetzen. Des Weiteren sollte die zeitliche Homogenisierung durch Diskontierung nicht mit der Risikobewertung für Projekte vermischt werden, wie Beckers/Corneo/Klatt/Mühlekamp (2009, S. 90) analytisch und an Rechenbei-

spielen demonstrieren. Demnach sind Risikozuschläge auf den Diskontierungssatz abzulehnen.

2.8 Investitionskosten und Definition des Betrachtungszeitraumes

2.8.1 Relevante Investitionskosten sowie Konfiguration von Planfall und Bezugsfall

Im BVWP-Prozess werden bei den Verkehrsträgern Schiene und Straße nur Erweiterungsinvestitionen bewertet, auch wenn mit dem betreffenden Vorhaben Ersatzinvestitionen verbunden sein können. In diesen Fällen sind die auf Ersatzinvestitionen bezogenen Kosten von den Gesamtinvestitionen abzuziehen. Hierbei ist der Ersatzinvestitionsanteil gesondert auszuweisen.

Beim Verkehrsträger Binnenschifffahrt erfolgt aufgrund der vergleichsweise langen Nutzungsdauer einzelner Anlagenteile eine getrennte Betrachtung von Neuinvestitionen und Reinvestitionen. Die bei Realisierung des Planfalles vermiedenen Reinvestitionen sind auf den Bezugszeitpunkt der Bewertung zu diskontieren und im Zähler des NKV wie im BVWP 2003 als Bestandteil der Nutzenkomponente NW zu berücksichtigen.

Beim Verkehrsträger Schiene ist der Bezugsfall (wie auch der Planfall) als potentieller Endzustand zu betrachten. Dies bedeutet, dass bei der Eisenbahninfrastruktur im Maßnahmenbereich auch im Bezugsfall davon auszugehen ist, dass sich diese auf dem aktuellen technischen Stand befindet. Die hierfür ggf. erforderlichen Investitionen sind dem Bezugsfall zuzuordnen und damit für die Bewertung des Planfalles als neutral zu betrachten.

In die Bewertung sind alle mit dem jeweiligen Vorhaben verbundenen Erweiterungsinvestitionen einschließlich der Planungskosten einzubeziehen. Befinden sich für das Investitionsvorhaben benötigte zusätzliche Flächen bereits im Besitz des Infrastrukturbetreibers, sind die betreffenden Grundstückswerte bei den Investitionskosten zu berücksichtigen.

Bei den Verkehrsträgern Schiene und Straße ist generell von Planungskosten in Höhe von 18 % der Baukosten auszugehen. Planungskosten, die bis zum Zeitpunkt der Bewertung schon angefallen sind, werden aus der Bewertung ausgeklammert.

Dies bedeutet, dass vor Bewertungsbeginn zunächst die inzwischen erreichte Planungsstufe des betreffenden Projektes festgestellt werden muss. Die Aufteilung der Planungskosten auf die einzelnen Planungsstufen erfolgt anhand der im Rahmen des FE-Vorhabens 24.0014/2011 zur Entwicklung eines Verfahrens zur Plausibilisierung von Investitionskosten33 ermittelten Aufteilungsverhältnisse, die in für den Verkehrsträger Schiene Tabelle 2-4 und in

[33] Aviso GmbH/Bung Ingenieure AG: Entwicklung eines Verfahrens zur Plausibilisierung von Investitionskosten von angemeldeten Verkehrsinfrastrukturvorhaben im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung (Los 1), 2014.

Tabelle 2-5 für den Verkehrsträger Straße dargestellt sind.

Tabelle 2-4: Planungskostensätze für den Verkehrsträger Schiene nach Planungsstufen

Planungsstufe*	Durchschnittlicher Planungskostensatz	
	Neubaustrecke	Ausbaustrecke
Vor Planfeststellung	8,7 %	8,0 %
Nach Planfeststellung	9,3 %	10 %
Summe Planungskosten	**18,0 %**	**18,0 %**

* Aufteilung geschätzt

Tabelle 2-5: Planungskostensätze für den Verkehrsträger Straße nach Planungsstufen

Planungsstufe*	Durchschnittlicher Planungskostensatz
Vor dem Gesehen-Vermerk auf dem RE-Entwurf	7,2 %
Bis zum Ende der Planfeststellung	1,5 %
Bis zum Projektende	9,3 %
Summe Planungskosten	**18,0 %**

* **Aufteilung geschätzt**

Die Summe der Planungskosten entspricht den zwischen dem BMVI und der DB AG bestehenden Vereinbarungen. Hierin sind die anfallenden amtlichen Gebühren (z.B. für das Eisenbahnbundesamt (EBA) oder Gerichtsgebühren) enthalten.

Für die Binnenwasserstraße sollte ein Planungskostensatz von 15 % berücksichtigt werden.

2.8.2 Plausibilisierung der Investitionskosten

Der Höhe der Investitionskosten für die Verkehrsinfrastruktur kommt eine entscheidende Bedeutung für das Bewertungsergebnis zu. Wie die Erfahrungen mit dem BVWP 2003 gezeigt haben, ist vor Übernahme der als externe Vorgabe zur Verfügung gestellten Kostenangaben eine Plausibilisierung und ggf. Validierung erforderlich.

Als Grundlage hierfür soll auf die Ergebnisse des oben genannten FE-Vorhabens zur Entwicklung eines Verfahrens zur Plausibilisierung von Investitionskosten zurückgegriffen werden.

2.8.3 Definition des Betrachtungszeitraumes, der Planungs- und Bauzeiten und der Nutzungsdauern der einzelnen Anlageteile

Methodik des BVWP 2003

Bei allen Verkehrsträgern setzt sich der Betrachtungszeitraum aus der Planungs- und Bauzeit sowie der Betriebsphase ab Inbetriebnahme der betreffenden Infrastrukturmaßnahme zusammen. Die Annahmen zu den Zeitdauern der einzelnen Abschnitte des Betrachtungszeitraumes sind zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern allerdings unterschiedlich. Die bei den einzelnen Verkehrsträgern getroffen Annahmen werden im folgendem dargestellt:

Verkehrsträger Straße

- Planungs- und Bauzeit:
  Für größere Projekte: in der Regel fallspezifische Vorgaben
  Für Kleinprojekte bzw. Projekte ohne fallspezifische Vorgaben: Aufteilung nach mittleren Erfahrungswerten
- Betriebsphase:
  Mittlere Nutzungsdauer der Anlagenteile des betreffenden Projektes
- Nutzungsdauer:
  Technisch mögliche Nutzungsdauern differenziert nach Anlagenteilen; liegt die Aufteilung der Investitionskosten nach Anlagenteilen nicht projektspezifisch vor, werden mittlere Aufteilungsverhältnisse von Straßenprojekten zugrunde gelegt
- Reinvestitionen und Restwerte:
  Da der Betrachtungszeitraum der mittleren Nutzungsdauer der jeweiligen Anlagenteile entspricht, sind weder Reinvestitionen noch Restwerte zu berücksichtigen

Verkehrsträger Schiene

- Planungs- und Bauzeit:

  Die Planungs- und Bauzeiten wurden als Funktion des Investitionsvolumens betrachtet.

- Betriebsphase:

  Generell 30 Jahre

- Nutzungsdauer:
  Technisch mögliche Nutzungsdauern differenziert nach Anlagenteilen

- Reinvestitionen und Restwerte:
  Bei Anlagenteilen mit einer Nutzungsdauer von weniger als 30 Jahren (angenommene Dauer der Betriebsphase) wurden am Ende der Nutzungsdauer entsprechende Reinvestitionen in die Bewertung eingestellt. Am Ende des Betrachtungszeitraumes werden Restwerte berücksichtigt, die durch lineare Abschreibung im Verlauf der Nutzungsdauer der betreffenden Anlagenteile ermittelt werden.

Verkehrsträger Binnenwasserstraße

- Planungs- und Bauzeit:
  Projektspezifisch nach Ermittlungen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung
- Betriebsphase:
  Mittlere Nutzungsdauer der Anlagenteile des betreffenden Projekts
- Nutzungsdauer:
  Technisch mögliche Nutzungsdauern differenziert nach Anlagenteilen
- Reinvestitionen und Restwerte:
  Da der Betrachtungszeitraum der mittleren Nutzungsdauer der jeweiligen Anlagenteile entspricht, sind weder Reinvestitionen noch Restwerte zu berücksichtigen

Die unterschiedlichen Vorgehensweisen bei den verschiedenen Verkehrsträgern sollen wie folgt harmonisiert werden:

Künftige Verfahrensweise

- Der Betrachtungszeitraum beginnt im Jahr 2015 und setzt sich aus der Planungszeit, der Bauzeit und der Betriebsphase zusammen. Alle innerhalb des Betrachtungszeitraums anfallenden Nutzen und Kosten sind auf das Jahr 2015 abzuzinsen.
- Planungszeit:

  Bei größeren Straßenprojekten liegen in der Regel fallspezifische Vorgaben vor. Ist dies nicht der Fall, ist auf die Ergebnisse des FE-Projekt zur Entwicklung eines Verfahrens zur Plausibilisierung von Investitionskosten zurückzugreifen. Hier werden für den Verkehrsträger Straße Planungszeiten zwischen 84 und 96 Monaten angegeben (s. Tabelle 2-6).

  Bezogen auf den für den BVWP maßgebenden Genauigkeitsgrad entspricht dies einer mittleren Planungszeit von (aufgerundet) 7 Jahren. Dies entspricht auch der für den Verkehrsträger Schiene angegebenen mittleren Planungszeit in Höhe von 84 Monaten (s. Tabelle 2-7).

  Bei der Binnenwasserstraße werden die Planungszeiten seitens der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung projektspezifisch vorgegeben.
- Bauzeit:

  Bezüglich der Bauzeiten soll auf die in Tabelle 2-8 für den Verkehrsträger Straße und Tabelle 2-9 für den Verkehrsträger Schiene angegebenen mittleren Bauzeiten aus dem oben genannten FE-Projekt zurückgegriffen werden.

Sofern keine konkreten Mittelabflusspläne vorliegen, ist von einem gleichmäßigen Mittelabfluss während der Planungs- und der Bauzeit auszugehen.

Tabelle 2-6: Durchschnittliche Planungszeiten von Straßenprojekten in Monaten

Planungsphase	Mindestdauer	Höchstdauer	Durchschnittsdauer
Linienbestimmung	18	18	18
Gesehen-Vermerk	18	18	18
Planfeststellung	24	36	30
RAB-Ingenieur Entwürfe	12	12	12
Vergabe mit Genehmigung	12	12	12
Gesamtdauer	**84**	**96**	**90**

Tabelle 2-7: Durchschnittliche Planungszeiten von Schienenprojekten in Monaten

Planungsphase	Durchschnittsdauer
Vorentwurf Strecke	24
TEH Strecke + TEIV Unterlagen sowie Kostenanschläge	18
Planfeststellung	18
Bauwerksentwurf	15
Vergabe mit Genehmigung	9
Gesamtdauer	**84**

Tabelle 2-8: Durchschnittliche technische Bauzeiten von Straßenprojekten in Monaten

Straßentyp	Maßnahme	Mindest-dauer	Höchst-dauer	Durchschnitts-dauer
Bundesstraße	ohne Großbrücken und Tunnel	24	24	24
Bundesstraße	mit Großbrücken und/oder Tunnel	48	48	48
Bundesstraße	unter Verkehr ohne Großbrücken und Tunnel	24	36	30
Bundesstraße	unter Verkehr mit Großbrücken und/oder Tunnel	48	60	54
Autobahn	ohne Großbrücken und Tunnel	24	24	24
Autobahn	mit Großbrücken und/oder Tunnel	48	48	48
Autobahn	unter Verkehr ohne Großbrücken und Tunnel	52	60	56
Autobahn	unter Verkehr mit Großbrücken und/oder Tunnel	52	70	61

Tabelle 2-9: Durchschnittliche technische Bauzeiten von Schienenprojekten in Monaten

Maßnahme-typ	Maßnahme	Mindest-dest-dauer	Höchst-dauer	Durchschnitts-dauer
Neubau	ohne Großbrücken und Tunnel	24	48	36
Neubau	mit Großbrücken und/oder Tunnel	60	72	66
Ausbau	unter Verkehr ohne Großbrücken und Tunnel	36	60	48
Ausbau	unter Verkehr mit Großbrücken und/oder Tunnel	60	72	66

Bei der Binnenwasserstraße werden die Bauzeiten seitens der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung projektspezifisch vorgegeben.

- Betriebsphase:

  Mittlere mit den jeweiligen Investitionskosten und Annuitätenfaktoren gewichtete Nutzungsdauer der betreffenden Anlagenteile gemäß Tabelle 2-10 für den Verkehrsträger Schiene, Tabelle 2-11 für den Verkehrsträger Straße und Tabelle 2-12 für den Verkehrsträger Wasserstraße.

- Nutzungsdauer:
  Technische mögliche Nutzungsdauern differenziert nach Anlagenteilen

Generell gilt, dass die Investitionskosten für Grunderwerb, Grundstückswerte, Anlagen Dritter sowie Planungskosten nicht in die Ermittlung der mittleren Nutzungsdauer einbezogen werden.

Für den Grunderwerb bzw. die Werte der bereits im Besitz des Infrastrukturbetreibers befindlichen Grundstücke sind am Ende des Betrachtungszeitraumes Restwerte in gleicher Größenordnung wie bei den Erstinvestitionen zu berücksichtigen.

Tabelle 2-10: Nutzungsdauern und Annuitätenfaktoren beim Verkehrsträger Schiene

Anlageteile	Nutzungsdauer (Jahre)	Annuitätenfaktor (Diskontierungssatz 1,7%)
Bahnkörper	75	0,02369
Stützmauern	75	0,02369
Tunnel	75	0,02369
Kreuzungsbauwerke/Brücken	75	0,02369
Schallschutz	25	0,04943
Oberbau/Gleise/Weichen	25	0,04943
Bauliche Anlagen	50	0,02985
Signalanlagen	20	0,05940
Kommunikation	12	0,09283
Bahnstromversorgung/Unterwerke	20	0,05940
Fahrleitungen	20	0,05940

Tabelle 2-11: Nutzungsdauern und Annuitätenfaktoren beim Verkehrsträger Straße

Anlageteile	Nutzungsdauer (Jahre)	Annuitätenfaktor (Diskontierungssatz 1,7%)
Untergrund, Unterbau, Entwässerung	90	0,02178
Oberbau	25	0,04943
Brücken	50	0,02985
Stützwände	50	0,02985
Tunnel	50	0,02985
Schallschutz	50	0,02985
Sonstige Bauwerke	50	0,02985
Ausstattung	10	0,10959
Sonstige besondere Anlagen und Kosten sind nach Erfahrung anzusetzen; im Mittel ca. 20 Jahre **	**20	0,05940

Die unterschiedlichen Nutzungsdauern beim Schallschutz für den Verkehrsträger Straße und den Verkehrsträger Schiene resultiert aus unterschiedlichen Bauarten. Hierfür sind insbesondere rechtliche Regelungen beim Verkehrsträger Schiene als Grund anzusehen.

Tabelle 2-12: Nutzungsdauern und Annuitätenfaktoren beim Verkehrsträger Wasserstraße

Anlageteile	Nutzungsdauer (Jahre)	Annuitätenfaktor (Diskontierungssatz 1,7%)
Fluss- und Kanalbett	100	0,02087
Uferdeckwerk in geregelten/staugeregelten Flüssen	40	0,03466
Uferdeckwerk in Kanälen	40	0,03466
Ufereinfassungen aus Beton/Stahl	90	0,02178
Brücken	80	0,02296
Düker/Durchlässe	80	0,02296
Schleusen und Hebewerke, Wehranlagen • Tiefbau (Beton, Stahl) • Stahlwasserbau • Maschinen, Anlagen, Ausrüstung • E-Technik/Nachrichtentechnik	 80 40 30 10	 0,02296 0,03466 0,04283 0,10959
Hochbauten	50	0,02985
Schifffahrtszeichen (soweit keine Einzelfallbetrachtung)	10	0,10959
Dämme	80	0,02296
Sonstige Anlagen (Dalben etc.)	50	0,02985

Reinvestitionen und Restwerte:

Da der Betrachtungszeitraum der mittleren Nutzungsdauer der jeweiligen Anlagenteile entspricht, sind weder Reinvestitionen noch (mit Ausnahme der Grunderwerbskosten bzw. Grundstückswerte) Restwerte zu berücksichtigen.

Die nachfolgende Beispielrechnung verdeutlicht, wie die Planungs-, Bau- und Betriebszeiten ermittelt werden. Als Beispiel dient der Neubau einer Bundesstraße ohne Großbrücken und Tunnel. Es wird von Baukosten in Höhe von 40 Mio. Euro ausgegangen. Die Planungskosten betragen dabei 18%, d.h. 7,2 Mio. Euro. Die nachfolgende Tabelle gibt die fiktive Aufteilung auf einzelne Anlagenteile mit der jeweiligen durchschnittlichen Nutzungsdauer und die Berechnungsergebnisse für die durchschnittliche Nutzungszeit an.

Tabelle 2-13: Nutzungsdauern, Investitionskosten, Investitionsanteile und Annuitätenfaktoren beim Verkehrsträger im Beispiel

Anlageteile	Nutzungsdauer (Jahren)	Investitionskosten (1.000 Euro)	Investitionsanteile	Annuitätenfaktor a_n
Untergrund, Unterbau, Entwässerung	90	27.000	0,6750	0,02178
Oberbau	25	8.000	0,2000	0,04943
Ausstattung	10	5.000	0,1250	0,10959
Investitionssumme ohne Planungskosten		40.000	1	
Globaler Annuitätenfaktor (a)				**0,03829**
Nutzungszeit in Jahren (n)				**35**

Der globale Annuitätenfaktor ist das mit den Investitionsanteilen gewichtete arithmetische Mittel der einzelnen Annuitätenfaktoren. Bei einem Diskontierungssatz von 1,7% resultiert daraus eine Nutzungszeit von 35 Jahren. Bei der Berechnung der mittleren Nutzungsdauer wird bereits die Lebenszeit der einzelnen Komponenten berücksichtigt. Aus diesem Grund sind Ersatzinvestitionen nicht mehr zu berücksichtigen.

Die Nutzungszeit in Jahren wird dabei gemäß folgender Formel berechnet:

$$n = \frac{\ln \frac{a}{a-i}}{\ln(1+i)}$$ [34]

mit:

n Nutzungszeit in Jahren

a globaler Annuitätenfaktor

i Diskontierungssatz

Die so ermittelte Nutzugsdauer beginnt natürlich erst nach Fertigstellung des Infrastrukturprojektes. Der Gesamtbetrachtungszeitraum ergibt sich aus der Summe aus Planungszeit, Bauzeit und Nutzungszeit. Die nachfolgende Tabelle gibt dies für das Beispiel an. Die Realisierung des Projektes inklusive Planungszeit beträgt dabei 114 Monate, d.h. 9,5 Jahre.

Tabelle 2-14: Planungszeit, Bauzeit und Nutzungszeit im Beispiel

Projektphase	Zeitspanne in Monaten	Zeitspanne in Jahren
Planungsphase	90	7,5
Bauzeit	24	2,0
Nutzungszeit	420	35,0
Betrachtungszeitraum	**534**	**44,5**

Vereinfachend wird davon ausgegangen, dass sowohl die Planungskosten über die Planungszeit als auch die Baukosten über die Bauzeit gleichverteilt anfallen. Daraus resultieren folgende jährliche Kosten, wenn man unterstellt, dass der Planungsbeginn im Januar 2015 liegt.

[34] Vgl. Bundesminister für Verkehr, Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen, Heft 72, Bonn 1993, S.10ff.

Tabelle 2-15: Zeitverlauf der Kosten im Beispiel (in 1.000 Euro)

Jahr	Planungskosten	Baukosten	Investitionskosten	Barwerte Kosten
2015	960	0	960	960,00
2016	960	0	960	943,95
2017	960	0	960	928,17
2018	960	0	960	912,66
2019	960	0	960	897,40
2020	960	0	960	882,40
2021	960	0	960	867,65
2022	480	10.000	10.480	9.313,54
2023	0	20.000	20.000	17.476,82
2024	0	10.000	10.000	8.592,34
Gesamtkosten	**7.200**	**40.000**	**47.200**	**41.774,94**

Nach 7,5 Jahren ist die Planungsphase abgeschlossen und die Bauphase beginnt. Somit fallen im achten Jahr nur jeweils die Hälfte der sonst üblichen jährlichen Kosten für Planung bzw. Bau an.

2.9 Sensitivitäts- und Risikoanalysen

2.9.1 Grundsätzliche Überlegungen

Ergebnisse von Nutzen-Kosten-Analysen in Form von Nutzen-Kosten-Verhältnissen oder Nettobarwerten sind nicht exakt. Sie beruhen vielmehr auf langfristigen Prognosen von Mengen- und Wertgerüsten sowie Schätzungen für Bau- und Betriebskosten, die zwangsläufig mit Unsicherheiten über künftige Entwicklungen verbunden sind. Transparente Risiko- und Sensitivitätsanalysen sind deshalb als Entscheidungshilfe für verkehrspolitische Verantwortungsträger unerlässlich; sie stellen die Robustheit der Ergebnisse sicher.

Besonderes Augenmerk verdienen in diesem Zusammenhang unsichere Parameter mit großem quantitativen Einfluss auf die Ergebnisse.[35] Als Einflussvariablen mit den größten Unsicherheiten und hohem Einfluss auf die Bewertungsergebnisse sieht die Grundkonzeption für den BVWP 2015 das den Verkehrsprognosen zugrunde liegenden Wirtschaftswachstum sowie die demographische Entwicklung an. Für Projekte, die nur knapp ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 1 erreichen, sollen deshalb Sensitivitätsbetrachtungen mit den Werten des unteren Szenarios der Verkehrsprognose 2030 durchgeführt werden.[36] Die Berechnung dreier Szenarien mit unterschiedlicher wirtschaftlicher Entwicklung in der Verkehrsprognose 2030 macht darüber hinaus exemplarische Vergleiche aus diesen Szenarien resultierender Bewertungsergebnisse mit vereinfachten Variationen kritischer Parameter (z.B. einer pauschalen, prozentualen Absenkung der Verkehrsmengen) möglich. Sie können Hinweise darauf liefern, wie hoch solche vereinfachten Abschläge für Sensitivitätsbetrachtungen sein sollten. Bei EFRE-geförderten Großprojekten ist hierfür eine um verringerte 10% Verkehrsmenge vorgesehen; diese Größenordnung kann als erster Anhaltspunkt dienen.

Darüber hinaus regt die Grundkonzeption für den BVWP 2015 an, für kleine Zeitgewinne Risikobetrachtungen an, da die Wertschätzung der Verkehrsteilnehmer für diese in der internationalen Literatur kontrovers diskutiert wird.[37] Nach Auswer-

[35] Vgl. ECOPLAN / METRON (2005, S. 143).
[36] Vgl. BMVBS (2013, S. 58).
[37] Vgl. BMVBS (2013, S. 58).

tung der Ergebnisse des Forschungsvorhabens des BMVI zum Thema Zeitkosten wurde entschieden, den Einfluss kleiner Zeitgewinne auf das Bewertungsergebnis in Sensitivitätsanalysen untersuchen zu lassen.

Weitere wichtige, von den vorgelagerten Prognosemengen aus den Verkehrsmodellen unabhängige Größen sind der verwendete Diskontierungssatz und die Ansätze für Baukosten.[38] Diese Größen lassen sich methodisch relativ einfach - ohne Neuberechnungen des Verkehrsmodells – für Sensitivitätsbetrachtungen variieren. In der internationalen Bewertungspraxis (z.B. der Niederlande oder der Schweiz) sind alternative Rechnungen mit einem um einen Prozentpunkt höheren Diskontierungssatz üblich. Aufgrund der Bandbreiten bei der Prognose der sozialen Zeitpräferenzraten wird vorgeschlagen, ebenfalls Sensitivitätsrechnungen mit einem höheren Diskontierungssatz durchzuführen. Dabei kann sich auf Projekte beschränkt werden, die vor Ermittlung der Sensitivität nur knapp ein Nutzen-Kosten-Verhältnis über 1 erreichten. Die Sensitivitätsbetrachtungen sollten sich nur auf die Ermittlung der Barwerte für die Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur beziehen. Die vom Diskontierungssatz ebenfalls abhängigen Vorhaltungskosten für die Fahrzeuge können in den Sensitivitätsrechnungen vereinfachend stabil gehalten werden.

Laut internationaler Forschungsliteratur (z.B. MOTT MCDONALD (2002) und FLYVBJERG ET AL. (2004)) werden Baukosten bei Verkehrsinfrastrukturprojekten häufig und systematisch unterschätzt. [39] In der Schweiz und in England existieren deshalb recht detaillierte Handlungsempfehlungen für die Risikoanalyse zu Investitionskosten, die jeweils mit nach verkehrsträgerspezifischen und baulichen Projektkategorien sowie Planungsständen differenzierten Zuschlägen operieren. Im Rahmen der Vorarbeiten zum aktuellen BVWP wurde ein Projekt zu ex-Post-Analysen von Kostensteigerungen und Risikofaktoren durchgeführt, in dem ein Verfahren zur Plausibilisierung der angemeldeten Kosten entwickelt wurde. Damit sollte die Unterschiedlichkeit von Projekten bei der Kostenschätzung schon

[38] Vgl. VSS-Norm SN 641 820.

[39] Vgl. FLYVBJERG (2004) und MOTT MCDONALD (2002), nach DfT (2011).

berücksichtigt sein. Eine erneute Risikoanalyse für den BVWP 2015 erscheint deshalb als nicht notwendig.

2.9.2 Sensitivitätsanalysen bezogen auf demografische Aspekte

Weiteren Bedarf nach Sensitivitätsbetrachtungen sieht die Grundkonzeption für den BVWP 2015 aufgrund unterschiedlicher demographischer Entwicklungen in einigen Regionen, die insbesondere nach 2030 Auswirkungen auf den Bedarf für Infrastruktur haben können.[40] Der demographische Wandel führt wegen verschiedenartiger Ausgangspositionen der Regionen hinsichtlich Bevölkerung, Arbeitsplatzangebot und Wirtschaftsleistung sowie zu erwartenden Wanderungsbewegungen zu regional stark unterschiedlichen Auswirkungen. Insbesondere mögliche Wanderungsbewegungen erschweren langfristige, räumlich differenzierte Bevölkerungsprognosen. Grundsätzlich sind folgende demographische Einflüsse zu erwarten, welche das Verkehrsaufkommen reduzieren:

- ein Rückgang der Gesamtbevölkerung
- ein höherer Anteil älterer Menschen, die weniger mobil sind
- ein geringerer Anteil sehr junger Menschen (z.B. Auswirkungen auf Schülerverkehre)
- eine regional geringere Zahl an Arbeitsplätzen (Auswirkungen auf Pendlerströme und den Güterverkehr)

Es sind aber auch gegenläufige Effekte prognostizierbar, die ceteris paribus zu mehr Fahrten führen: So dürfte der Trend zu geringeren Haushaltsgrößen auch in ländlichen Gebieten anhalten, wodurch die Haushaltsanzahl steigt. Darüber hinaus existieren sogenannte Kohorteneffekte, die mit einem veränderten Mobilitätsverhalten älterer Menschen einhergehen. Diese haben im Vergleich zu vorherigen Generationen künftig eine höhere Quote an Führerscheinbesitz und Pkw-Verfügbarkeit, eine längere Lebensdauer und damit auch eine längere „Mobilitätsphase“. Bei einer wachsenden Wirtschaft steht künftig ein höheres Einkommen zur Verfügung, das auch zur Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen eingesetzt wird, z.B. in Form von Freizeitverkehren. Allerdings treffen ältere Prognosen von DIW

[40] Vgl. BMVBS (2013, S. 58).

(2007) = 1,5% p.a. und TRAMP ET AL. (2006) = 1,4% p.a. bis 2050 noch wesentlich höheren Annahmen zum künftigem Wirtschaftswachstum als das bei den Verkehrsprognosen 2030 als Grundlage des BVWP mit 1,14% p.a. im mittleren Szenario der Fall ist. Zu beachten gilt auch, dass für strukturschwache Gebiete langfristig deutlich niedrigere Wachstumsraten prognostiziert werden als für stabile und prosperierende Regionen. So sagt TRAMP et al. (2006, S. 101) für schrumpfende Regionen im Zeitraum 2030-2050 nur ein Wirtschaftswachstum von 0,55% p.a. voraus, während mittlere Regionen bei 1,32% und wachsende Regionen bei durchschnittlich 1,49% liegen.[41] Am stärksten von Bevölkerungsrückgang und Überalterung betroffen werden dünn besiedelte, oft periphere Gebiete sein, die aber schon aktuell vergleichsweise geringes Quell- oder Zielverkehrsaufkommen aufweisen. In der kleinräumigen Bevölkerungsverteilung 2002 nach TRAMP et al. (2006, S. 55) lebten 11,4 Mio. Menschen in schrumpfenden, 37,5 Mio. in mittleren und 33,7 Mio. Personen in wachsenden Regionen.

Als Zwischenfazit kann dennoch festgehalten werden, dass In Regionen, die stärker von demographischen Wandel (inkl. Wanderungsbewegungen) betroffen sind, eine größere Spanne möglichen Verkehrsaufkommens ab 2030, dem Prognosehorizont der letzten regionalisierten Bevölkerungsprognose des BBSR, als in anderen Regionen plausibel erscheint. Somit sind zusätzliche Sensitivitätsbetrachtungen aufgrund besonderer demographischer Unsicherheit für bestimmte Projekte angebracht. Das betrifft vorwiegend Projekte des Verkehrsträgers Straße, wobei weniger der Standort eines Bauvorhabens (z.B. in einem strukturschwachen Gebiet) entscheidend ist als der Anteil der prognostizierten Nachfrage, deren Herkunft und/oder Ziel schrumpfenden Regionen zuzuordnen ist. Auch in strukturschwachen Regionen kann es Investitionsprojekte geben, die aus volkswirtschaftlicher Sicht lohnend sind, weil sie vorrangig dem Transitverkehr dienen.

Im Folgenden sollen Ansatzpunkte für Sensitivitätsbetrachtungen aufgrund langfristiger demographischer Risiken skizziert werden. Dabei soll zunächst auf die Identifikation von Projekten bzw. Maßnahmen des BVWP, die besonders vom

[41] Vgl. TRAMP et al. (2006, S. 101).

demographischen Wandel betroffen sein könnten, eingegangen werden. Anschließend werden Möglichkeiten zum Umgang mit diesen Projekten im Rahmen von Sensitivitätsbetrachtungen aufgezeigt werden.

In einem ersten Schritt muss der Anteil der Fahrtennachfrage ermittelt werden, deren Quelle und/oder Ziel in einer schrumpfenden Region liegt. Hierfür bieten sich verschiedene räumliche Klassifizierungen auf Kreisebene an. Die BBSR-Raumtypen 2010 mit den Lagetypen „sehr zentral“-„zentral“-„peripher“-„sehr peripher“ scheinen nicht geeignet, da sie eine nur mittelstarke Korrelation r=0,45 mit den bis 2030 prognostizierten Verlusten an Bevölkerung und Arbeitsplätzen aufweisen. Besser scheint eine Skala für besonders stark vom demographischen Wandel betroffene Kreise geeignet, die auf den bisher prognostizierten Verlusten der Bevölkerung bis 2030 basierte und als implizite Fortschreibung für z.B. 2050 fungierte. Sie könnte sich an den in TRAMP et al. (2006) beschriebenen drei Regionalklassen „wachsend“, „mittel“ und „schrumpfend“ orientieren. Zusätzlich könnten Kreise identifiziert werden, die in den vergangenen regionalisierten Bevölkerungsprognosen des BBSR sehr voneinander abweichende Bevölkerungszahlen aufwiesen, um Unsicherheiten über ihre Entwicklung abzubilden. Aus Vereinfachungsgründen könnte es zweckmäßig sein, nur Quellverkehre zu betrachten, andernfalls wäre eine Auswahl aus einer z.B. 3x3-Matrix von Regionalklassen erforderlich. Mittels in Zusammenarbeit mit dem BBSR durchzuführenden projektbezogenen Testrechnungen wäre ein geeigneter Schwellenwert zu definieren, ab welchem Anteil Verkehrs aus schrumpfenden Regionen zusätzliche Sensitivitätsbetrachtungen erforderlich sind.

Wenn besondere demographische Risiken für ein Projekt identifiziert wurden, bestehen mehrere Möglichkeiten zum Umgang mit diesen. Für Großprojekte käme eine Neuberechnung des Verkehrsmodells mit verminderter Nachfrage in Frage, analog zum Vorgehen in der Schweiz. Allerdings dürfte dies für die Mehrzahl der Projekte zu aufwendig sein. Alternativ böte sich an, die geringeren Verkehrsmengen des unteren Szenarios der Verkehrsprognose 2030 für Sensitivitätsanalysen in der Bewertung zu verwenden. Hier wäre in Zusammenarbeit mit dem BBSR ein exemplarischer Abgleich zweckmäßig, in wieweit die aus einer geringeren Wirtschaftsleistung resultierenden niedrigeren Verkehrsmengen des unteren Szenarios mit dem prognostizierten regionalen Rückgang von Bevölkerung und Arbeitsplätzen

korrespondieren. Als dritte Möglichkeit böten sich pauschale, prozentuale Abschläge auf die ermittelten Nutzen an, proportional zur Höhe der ermittelten Nachfrage aus schrumpfenden Regionen. Dies wäre zu rechtfertigen, da für einen Großteil der Nutzenkomponenten ein enger Zusammenhang zur Fahrtenanzahl besteht, die direkt von demographischen Risiken betroffen ist. Als weniger geeignet erscheint es dagegen, demographische Risiken nur auszuweisen, aber nicht den Versuch einer Quantifizierung zu unternehmen. Es bestünde zwar eine größere Transparenz, allerdings wäre keine Aussage über eine möglicherweise erhebliche Größenordnung dieser Effekte möglich.

2.10 Behandlung von Fixkosten innerhalb der Betriebskosten

Für den Verkehrsträger Schiene ist eine Überarbeitung der Behandlung von Fixkosten nicht erforderlich, da der Bedarf an Schienenfahrzeugen aus der Dimensionierung der benötigten Platz- bzw. Transportkapazitäten aufgrund der im Planfall und im Bezugsfall prognostizierten Nachfragemengen abgeleitet wird. Die Methodik der Kostenermittlung für den SPV bleibt gegenüber der Bedarfsplanüberprüfung unverändert (vgl. Abschlussbericht Kapitel 3.2.3 und 3.2.4, Seite 3-33 ff).

Zu aktualisieren sind:

- Definition der Modellfahrzeugtypen
- Kosten- und Wertansätze

Die Methodik der Kostenermittlung für den SGV wird an die des SPV angepasst. Hierzu sind insbesondere Referenzwagentypen für Einzelwagenzüge, Ganzzüge und kombinierten Verkehr in Abhängigkeit von den transportierten Gütergruppen zu definieren. Für diese Referenzwagentypen sind entsprechende Kostensätze zu entwickeln. Bei den Kostensätzen für Lokomotiven wird analog um SPV vorgegangen.

Beim Verkehrsträger Straße war zu überprüfen, in welchem Umfang die Veränderungen von Fixkosten bei den Pkw zu berücksichtigen sind. Es geht um die Frage, ob und wie Änderungen der Betriebsleistungen der Fahrzeuge auf die Anzahl der vorgehaltenen Pkw und auf die Zeitpunkte von Pkw-Neukäufen wirken. Darauf

aufbauend können dann Kostensätze für die bei einer Projektbewertung zu berücksichtigenden variabilisierten Fixkosten der Pkw bestimmt werden.

In der Bewertungsmethodik des Bundesverkehrswegeplanes 2003 wurden die Fixkosten bei den gewerblich genutzten Pkw in die Betrachtung einbezogen und bei den privat genutzten nicht. So werden bei den gewerblich genutzten Pkw die Abschreibungen auf die Nettolistenpreise zu 50% den zeitabhängigen Vorhaltungskosten und zu 50% den fahrleistungsabhängigen Betriebskosten zugerechnet. Mit diesem Verfahren werden die Fixkosten anteilig in die Betriebskosten einbezogen.[42] Bei den privat genutzten Pkw wird davon ausgegangen, dass deren Bestand nicht fahrleistungsabhängig ist. Da dieses Verfahren inzwischen auch in die Richtlinie für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (RWS) übernommen werden soll, würde auch die angestrebte Vereinheitlichung zwischen diesen beiden Bewertungsmethodiken erreicht.[43]

Für den Verkehrsträger Wasserstraße gilt das gleiche wie für den gewerblichen Straßenverkehr. Auch für diesen Verkehrsträger sollte das Verfahren der Bewertungsmethodik des Bundesverkehrswegeplans 2003 beibehalten werden.[44]

---

[42] Vgl. BVU; Intraplan; Planco, Aktualisierung von Bewertungssätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, Essen; Freiburg; München 2010, S. 15.

[43] Vgl. VWI Verkehrswirtschaftliches Institut Stuttgart GmbH, Entwurf des Schlussberichtes – Arbeitspaket 3 Überprüfung und Fortschreibung der Betriebs- und Zeitkostensätze für Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, Stuttgart 2012, S.21.

[44] S. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2003, S.235 f. Als Besonderheit bei der Wasserstraße gilt es zu berücksichtigen, dass Versicherungskosten explizit bei den Fahrzeugvorhaltekosten berücksichtigt werden. Dies geschieht, weil im Gegensatz zu den anderen Verkehrsträgern bei der Wasserstraße aufgrund der geringen Unfallzahlen und –kosten keine gesonderte Unfallkostenrechnung durchgeführt wird (s. ebenda S 71).

2.11 Monetarisierung von umwelt- und naturschutzfachlichen Aspekten

Im Rahmen des BVWP 2003 wurden umwelt- und naturschutzfachliche Aspekte mittels projektbezogener Umweltrisikoeinschätzungen (URE) und Flora-Fauna-Habitat-Verträglichkeitseinschätzungen (FFH-VE) bewertet. Beide Verfahren basierten auf qualitativen / argumentativen Einschätzungen nach einem formalisierten Vorgehen.

In der neueren Literatur finden sich Ansätze, den Verlust, die Minderung der Qualität oder Trennwirkungen bei/von Habitaten über Reparaturkosten- oder Kompensationsansätze zu monetarisieren (vgl. CE Delft et al. (2008)). Die Überprüfung, ob und ggf. wie die bisher exklusiv durch diese Einschätzungen abgedeckten Aspekte in die Nutzen-Kosten-Analyse einfließen könnten, deutet jedoch auf eine sehr geringe Höhe methodisch sicher zu monetarisierender Effekte hin. Nach Schätzung von CE Delft et al. (2011) sind 1,0% aller externen Kosten des Verkehrs in Europa der Kategorie Natur und Landschaft, 0,5% Verlusten an Biodiversität und 0,9% der Boden- und Wasserverschmutzung zuzuordnen. Die tatsächlichen Kosten sind noch einmal um ca. 1/3 niedriger, da Staueffekte in der Studie zwar errechnet, nicht jedoch zur Summe der externen Kosten gezählt werden.

In der internationalen Bewertungspraxis werden diese Wirkungen bisher nur sehr selten als Bestandteil in Nutzen-Kosten-Analysen aufgenommen (Ausnahme: Schweiz). Sofern das geltende Umwelt- und Naturschutzrecht bestimmte Ausgleichsmaßnahmen vorschreibt, schlagen sich die Kosten dieser Maßnahmen ohnehin direkt auf der Kostenseite der Nutzen-Kosten-Analyse nieder. Es wird vorgeschlagen, diese (methodisch unsauber) auch weiterhin als Teil der Investitionskosten im Nenner des NKV anzusetzen. Eine separate Berücksichtigung auf der Nutzenseite im Rahmen der NKA birgt die Gefahr von Doppelzählungen und sollte deshalb auch weiterhin unterbleiben.

2.12 Ergebnissynthese

Kernelement der Bewertungssystematiken von Verkehrsinfrastrukturprojekten weltweit ist die Nutzen-Kosten-Analyse, die ein breites Spektrum an Wirkungen abdeckt und die relevanten Informationen in komprimierter Form - dem NKV - liefert. Wie aus Vergleichen der internationalen Bewertungspraxis hervorgeht, wird die NKA stets um nicht-monetären Bewertungsergebnissen ergänzt, die entweder quantifiziert oder qualitativ-verbal dargestellt werden.[45] Dabei wird – bis auf Ausnahmefälle [46] - auf eine explizite Verknüpfung dieser Bewertungsbausteine, z.B. über Punktsysteme, verzichtet. Gegen eine solche Verknüpfung sprechen bedeutende Schwächen, die denen von Nutzwertanalysen entsprechen: Die Gewichtung der Einzelelemente und die Art der Verknüpfung (linear, nicht-linear) ist weitgehend willkürlich; sie lässt sich nicht aus den zugrundeliegenden, z.T. divergierenden Zielen der Indikatoren herleiten. So kann fälschlicherweise der Eindruck entstehen, dass eine Trennung zwischen der Bewertung durch den Experten und der Gewichtung durch die Politik machbar ist und damit einen Objektivitätsgewinn erreicht wird.[47] Es wird deshalb empfohlen, auf eine explizite Aggregation und Gewichtung von Bewertungsbausteinen für den BVWP zu verzichten.

Wie in den vorangegangenen beiden Kapiteln dargestellt, kann auch eine (weitere) Integration von raumordnerischen bzw. umwelt- und naturschutzrechtlichen Aspekten in die NKA nicht empfohlen werden. Für andere Sub-Ziele des BVWP, wie verteilungspolitische oder umweltpolitische Ziele, sind solche Analysen dennoch von großem Wert. In der BVWP-Bewertungsmethodik 2003 waren entsprechende Bewertungsbausteine Raumwirksamkeitsanalysen, sowie städtebauliche und umwelt- und naturschutzfachlichen Beurteilungen. Auch für die Projekt- und Gesamtplanbewertung im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans 2015 werden solche Analysen – nach einer überarbeiteten Methodik - erstellt.[48] Diese detaillierten Beurteilungen sollen verstärkt Eingang in die Projektpriorisierung finden, die sich in der Zuordnung zu den Projektkategorien des Bundesverkehrswegeplans („vordringli-

[45] Vgl. z.B. die Übersichten in HEATCO (2005) und MACKIE/WORSLEY (2013).
[46] Vgl. NRA (2011).
[47] Vgl. ECOPLAN / METRON (2005, S. 16f.).
[48] Vgl. BMVBS (2013, S. 53f.).

cher Bedarf Plus“, „vordringlicher Bedarf“, „weiterer Bedarf“) widerspiegelt.[49] In die Kategorie „vordringlicher Bedarf Plus“ sollen nur Projekte aufgenommen werden, die (neben einem hohen NKV und einer großen Engpasswirksamkeit) keine sehr hohe Umweltbetroffenheit aufweisen. Besonders positive raumordnerische Effekte sollen hingegen beim Verkehrsträger Straße durch eine Höherstufung von Projekten der Kategorie „Weiterer Bedarf“ in die Kategorie „Vordringlicher Bedarf“ honoriert werden. Der gezielte Einsatz der ergänzenden raumwirtschaftlichen und naturschutzrechtlichen Analysen zur Projektpriorisierung wird vom Gutachterkreis als sinnvoll angesehen.

Für die konkrete Darstellung der Ergebnisse von NKA und zusätzlichen Analysen wird es wie bereits beim BVWP 2003 ein öffentlich zugängliches, elektronisches Projektinformationssystem (PRINS) geben, dass alle relevanten Informationen in Projektdossiers zusammenfasst. Durch eine weitere Aggregation geht Detailinformation und damit Transparenz verloren, dafür wird das System übersichtlicher und besser handhabbar.[50] Wegen der großen Anzahl an Projekten im Bundesverkehrswegeplan, vor allem im Vergleich zu kleineren Ländern wie z.B. der Schweiz oder den Niederlanden, ist eine transparente, komprimierte Zusammenfassung der Ergebnisse der Projektbewertungen in Listenform dennoch erforderlich. Diese sollte neben dem NKV auch die Ergebnisse der Raumwirksamkeitsanalyse und – falls vorhanden – der Untersuchungen zur Umweltbetroffenheit enthalten. Darüber hinaus sollten zentrale Ergebnisse der Risiko- und Sensitivitätsanalysen Bestandteil dieser Zusammenfassung sein, um eine optimale Entscheidungsgrundlage und eine hohe Transparenz zu gewährleisten.

[49] Vgl. BMVBS (2013, S. 68 f.)
[50] Vgl. ECOPLAN / METRON (2005, S. 14).

3 Integrierter Ansatz für Nachfrageprognose und ökonomische Bewertung

3.1 Einführung

Das BVWP-Verfahren erstellt zunächst einen Bezugsfall, manchmal auch „Bezugsfallprognose“ genannt. In diesen Bezugsfall werden Infrastrukturmaßnahmen „eingebaut“ und untersucht. Eine jede dieser Untersuchungen besteht aus zwei Schritten:

- der Prognose der Maßnahmenwirkungen („**Wirkungsprognose**“), sowie
- der Bewertung der Maßnahmenwirkungen („**Wirkungsbewertung**“).

Beides zusammen wird im BVWP-Kontext auch „Bewertung“ genannt, weshalb die Abgrenzung des zweiten Schritts durch den Begriff „Wirkungsbewertung“ nötig erscheint.

Dabei drückt die Wirkungsprognose Präferenzen der Verkehrsteilnehmer aus, welche zur Modellierung von Verhaltensreaktionen verwendet werden. Bei Infrastrukturausbau ist grundsätzlich nach den folgenden Nutzerreaktionen auf die Änderungen der Eigenschaften des aufnehmenden Verkehrsträgers im Planfall gegenüber dem Bezugsfall zu unterscheiden:

- verbleibender Verkehr (unveränderter Verkehr zwischen Planfall und Bezugsfall),
- verlagerter Verkehr (im Planfall gegenüber dem Bezugsfall zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern verlagerte Verkehrsnachfrage).
- veränderte Zielwahl und
- induzierter Verkehr (zusätzliches Verkehrsaufkommen, das durch die zu bewertende Infrastrukturmaßnahme hervorgerufen wird und im Bezugsfall weder bei dem aufnehmenden noch bei dem abgebenden Verkehrsträger stattfindet)

Die Wirkungsbewertung konzentrierte sich im BVWP-Kontext historisch auf Änderungen im “Ressourcenverzehr”, die durch eine Maßnahme hervorgerufen werden, und nicht auf die Präferenzen der Verkehrsteilnehmer. Zu gesellschaftlichen Ressourcen zählen bspw. Kapitalkosten, Zeitverbrauch, Umweltbeeinträchtigungen, oder Gesundheit.

Leider führte der Ansatz in seiner praktischen Anwendung zu Inkonsistenzen, die sowohl mit zunehmender Modernisierung und Verfeinerung des Verfahrens als auch mit der Verbesserung der deskriptiven Verkehrsmodellierung zunehmen. Um eine der möglichen dadurch entstehenden Inkonsistenzen anschaulich darzustellen, nehmen wir an, eine Zugstrecke wird beschleunigt.[51] Nehmen wir weiterhin an, dass Zeit die einzig zu bewertende Ressource sei. Wenn dann in der Wirkungsprognose Personen von der Straße auf die Zugstrecke wechseln, so kann das aus ökonomischer Sicht nur so interpretiert werden, dass diese Personen ihren Nutzen durch den Wechsel erhöhen. Wenn diese Zugstrecke aber selbst nach der Beschleunigung mehr Zeit verbraucht als die vorher gewählte Alternative, dann führt eine Bewertung rein nach Ressourcenverzehr dazu, dass diese Wechsel *negativ* bewertet werden, obwohl sich die Wechsler freiwillig dazu entschieden haben und die vorherige Alternative auch noch weiterhin zur Verfügung steht. Das wäre also inkonsistent.

Um diese *erste* Inkonsistenz zu vermeiden, wird international (z.B. Button[52] oder Powell[53]) und seit der Bedarfsplanüberprüfung für die Schiene auch im BVWP teilweise das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente[54] angewendet (vgl. hierzu Kapitel 3.2). Mit dem vorliegenden Verfahren wird diese Inkonsistenz nun vollständig aufgelöst. Dafür wird der bisherige Ansatz des BVWP (Kapitel 3.2) um das Konzept der impliziten Nutzendifferenz erweitert (Kapitel 3.4). Das vorliegende Verfahren führt zu identischen Ergebnissen wie das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente[55], lässt sich aber reibungsloser in die bisherige Berechnungslogik integrieren. Es wird empfohlen, wenigstens einige Beispielprojekte auch nach der Methode der Konsumenten-/Produzentenrente zu bewerten, um die Äquivalenz am praktischen Beispiel nachzuweisen, Erfahrung mit diesem anderen Rechenweg zu erlangen und internationale Vergleichbarkeit herzustellen. Gerade im Güterverkehr erlaubt die vorgeschlagene Methodik allerdings gewisse Vereinfachungen, deren

---

51 Für eine ausführliche Darstellung dieses archetypischen Beispiels, siehe Anhang A-1.1 Einleitung.

52 Button, K.: Transport economics, Edward Elgar Publishing Limited, 2nd edition, 1993.

53 Powell, T.J.: The principles of transport economics, PTRC, 2001.

54 Für eine Herleitung dieses Konzepts, siehe Anhang A-1.2 Herleitung des Konzeptes der Konsumentenrente.

55 Für einen Nachweis, dass die vorliegende Berechnungslogik zu identischen Resultaten führt wie das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente, siehe Kapitel 3.6, sowie die Anhänge A-2 Anwendung des Konzeptes der Konsumenten-/Produzentenrente im Personenverkehr und A-4 Ableitung der impliziten Nutzendifferenz aus dem Partialökonomischen Modell.

Herleitung aus einem System der Konsumenten-/Produzentenrente unübersichtlicher wäre als der jetzt gewählte Weg (Kapitel 3.5.2 bis 3.5.4).

Weitere, schwächere Inkonsistenzen können nun noch auftreten, wenn zwischen Wirkungsprognose und Wirkungsbewertung Unterschiede in den unterstellten Nutzerpräferenzen bestehen, z.B. in den Zeitwerten. Nehmen wir an, eine Zugstrecke wird beschleunigt *und gleichzeitig verteuert* (z.B. durch Umstellung von IC auf ICE). Nehmen wir an, Personen wechseln in der Wirkungsprognose freiwillig auf diese Option. Wenn jetzt an dieser Stelle die Wirkungsbewertung einen niedrigeren Zeitwert verwenden würde, den Wechslern also die Zeitersparnis *weniger* wert wäre als die damit verbundene Erhöhung der Nutzerkosten, dann käme die Wirkungsbewertung zu dem Schluss, dass den Nutzern ein Nutzen*verlust* widerfahren ist, obwohl sie doch laut Wirkungsprognose den Wechsel freiwillig vollzogen haben (und die vorherige Alternative ja auch noch weiterhin zur Verfügung steht). Dies wäre also inkonsistent.

Diese *zweite*, schwächere Inkonsistenz kann nur dann vollständig vermieden werden, wenn die Zeitwerte in der Wirkungsprognose mit denen in der Wirkungsbewertung übereinstimmen. Dies gilt analog für alle Faktoren, mit denen Nutzer-Attribute monetarisiert werden, z.B. auch für die Bewertung der Zuverlässigkeit. Dieses Problem ist inzwischen auch international erkannt worden (siehe z.B. Mackie und Worlsley[56], S.12), aber die meisten internationalen Bewertungsverfahren beinhalten diese zweite Inkonsistenz ebenfalls, welche aus distributiven Gründen teilweise auch erwünscht ist (siehe z.B. Fowkes[57]).[58] Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass die Zeitwerte für die Wirkungsbewertung üblicherweise auf „stated preference“ Untersuchungen beruhen, während die (oft implizit) in den Modellen der Wirkungsprognose enthaltenen Zeitwerte auf der Kalibrierung der Wirkungsmodelle

[56] Mackie, P. and Worlsley, T.: International Comparisons of Transport Appraisal Practice. Technical report, ITS Leeds, 2013.

[57] Fowkes, A.: The value of travel time savings. In: Applied Transport Economics: A Management and Policy Perspective, S. 547–569, 2010.

[58] Differenzierte Zeitwerte in der Wirkungsbewertung führen zu einer Bevorzugung von Projekten, die Personen (und Gütern) mit hohen Zeitwerten zugutekommen, z.B. Personen mit hohen Einkommen oder in Regionen mit hohen Zeitwerten. Eine regionale Differenzierung der Zeitwerte wurde im BVWP bisher abgelehnt; eine einkommensabhängige Differenzierung scheidet damit auch aus, da diese implizit eine regionale Differenzierung einführen würde. Wie erwähnt, wird auch in anderen Ländern diese Differenzierung abgelehnt.

beruhen. Im vorliegenden BVWP-Verfahren sollen die in den Zeitkostenstudien (FE-Projekte 96.996/2011 und 96.1002/2012) ermittelten Zeitwerte nun soweit wie möglich sowohl in die Wirkungsprognose als auch in die ökonomische Bewertung übernommen werden. So wird eine Vereinheitlichung der Zeitwerte erreicht.

Damit ist das BVWP-Verfahren auf der Höhe der Zeit. Allerdings ist auch hier schon abzusehen, dass sich für die Zukunft weiterer Forschungsbedarf ergeben wird. So ergeben Modellschätzungen hochdifferenzierte Zeitwerte, die z.B. vom Einkommen, Reisezweck und Reiseweite abhängen. Damit hätte sozusagen jede modellierte Reisende einen anderen Zeitwert. Die derzeitigen Prognosemodelle auf den derzeitigen Computern können damit (noch) nicht umgehen. Es muss allerdings auch geklärt werden, ob dies wirklich zu höherer Genauigkeit, Plausibilität und Interpretierbarkeit der Resultate führen würde. Hier besteht, im Hinblick auf zukünftige BVWP-Verfahren, weiterhin Forschungsbedarf. Und schlussendlich stellt sich die Frage, ob eine Stunde Zeitgewinn z.B. je nach Einkommen der reisenden Person wirklich unterschiedlich bewertet werden soll, und falls nicht, wie damit umgegangen soll.

3.2 Bewertungsverfahren des BVWP 2003 und der Bedarfsplanüberprüfung und grundsätzliche Überlegungen zur Weiterentwicklung

Im Bewertungsverfahren des BVWP 2003[59] wurden im Bereich Ressourcenverzehr die folgenden Nutzenkomponenten betrachtet:

- NB1: Kosten der Fahrzeugvorhaltung,
- NB2: Kosten des Fahrzeugbetriebes
- NB3: Transportkostenänderungen durch Aufkommensverlagerungen
- NE: Verbesserung der Erreichbarkeit von Fahrtzielen.

Die Nutzenkomponente NE war als Verzehr der Ressource „Reisezeit“ definiert. Bei dem im BVWP 2003 gewählten methodischen Ansatz wurde davon ausgegangen, dass die Nutzen aus den Bereichen „Verkehrsteilnehmer“ sowie „Vorhaltung und Betrieb von Verkehrsmitteln“ in den vier oben genannten Nutzerkomponenten

[59] BMVBW: Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik, Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin, 2005

entweder direkt oder indirekt enthalten sind. Die auf dem methodischen Ansatz des Ressourcenverzehrs beruhende Bewertung des Nutzens aus Aufkommensverlagerungen und Reisezeitersparnissen wurde für den Verkehrsträger Schiene im Rahmen der Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschienenwege[60] weiterentwickelt.

Während im Bewertungsverfahren des BVWP 2003 die Komponenten NB1 (Kosten der Fahrzeugvorhaltung) und NB2 (Kosten des Fahrzeugbetriebes) nur für die Schiene als aufnehmenden Verkehrsträger berechnet wurden, wurden diese Nutzenkomponenten im Bewertungsverfahren der Bedarfsplanüberprüfung auch (soweit relevant) für die abgebenden Verkehrsträger ermittelt. Die Nutzenkomponente NB3 (Transportkostenänderungen durch Aufkommensverlagerungen) ist hierbei entfallen, da die betreffenden Nutzen im Bewertungsverfahren der Bedarfsplanüberprüfung in den Komponenten NB1 und NB2 durch die Erweiterung auf die abgebenden Verkehrsträger bereits berücksichtigt sind. Die Ermittlung der Nutzenkomponente NE wurde für den Verkehrsträger Schiene bei der Bedarfsplanüberprüfung ebenfalls weiterentwickelt.

Beim Personenverkehr blieb in der Bedarfsplanüberprüfung bezüglich des verbleibenden Verkehrs die Verfahrensweise zur Ermittlung des Reisezeitnutzens gegenüber dem BVWP 2003 unverändert. Für den verlagerten und induzierten Personenverkehr wurde die Methodik auf das Konzept der Rule-of-half umgestellt, allerdings nur für die Ermittlung des Reisezeitnutzens und nicht für alle Nutzenkomponenten[61]. Veränderungen in der Zielwahl wurden bei den im Rahmen der Bedarfsplanüberprüfung durchgeführten Nachfrageprognosen nicht berücksichtigt.

Im Güterverkehr gibt es analoge Nutzenkomponenten wie im Personenverkehr. Allerdings wurde die Variation der Reisezeit der beförderten Objekte – also der Güter im Gegensatz zu Personen – nicht als nutzenwirksam erachtet. Bei den Verhaltensreaktionen wurde die veränderte Zielwahl nicht berücksichtigt. Die Zielwahl bedeutet in diesem Kontext die Verteilung von Gütern zwischen Produzenten und Konsumen-

---

60 BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Intraplan Consult GmbH, Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschienenwege, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg/München, 2010

61 Für eine rechnerische Gegenüberstellung des Verfahrens der Bedarfsplanüberprüfung und des vorliegenden Verfahrens, siehe Anhang A-2.11.12 Teilweise Berücksichtigung des Konzeptes der Konsumenten-/Produzentenrente – die „Standardisierte Bewertung“ sowie die „Bedarfsplanüberprüfung Schiene 2010“.

ten. Dahinter steht der Gedanke, dass Güterverkehre viel stärker von den Orten der Erzeugung und des Konsums sowie Differenzen der Erzeugungskosten beeinflusst werden als von den Transportkosten. Auch wurde traditionell im Güterverkehr – wie im Personenverkehr auch – von einer Betrachtung des sekundär induzierten Verkehrs abgesehen, da sich dieser nicht quantifizieren lässt. Insofern wurden nur der verbleibende und verlagerte Verkehr berücksichtigt. Da es im Güterverkehr keine Bewertung der Transportzeit gab, erfolgte hier auch keine Umstellung auf die Rule-of-half.

Wie die einführenden Überlegungen aus Kapitel 3.1 sowie die Darstellungen in Anhang A-1 Allgemeines zum Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente zeigen, sind die Bewertungsverfahren des BVWP 2003 und auch der Bedarfsplanüberprüfung nicht frei von Inkonsistenzen, insbesondere wurden dort verschiedene Projektnutzen (überwiegend im Bereich der Verkehrsteilnehmer) nicht erfasst. Aus diesem Grunde werden die Ansätze des BVWP 2003 und der Bedarfsplanüberprüfung zunächst für den Bereich des Personenverkehrs weiterentwickelt (Kapitel 3.4). Eine notwendige Voraussetzung zur Anwendung des weiterentwickelten Bewertungsansatzes wird nun im folgenden Kapitel 3.3 diskutiert.

Die Methodik zur Quantifizierung der Nutzen, die aus der Vermeidung externer Kosten entstehen (z.B. ehemals NU1 jetzt NG: Verminderung von Geräuschbelastungen, ehemals NU2 jetzt NA: Verminderung von Abgasbelastungen und NS: Erhöhung der Verkehrssicherheit) bleibt hiervon unberührt. Diesbezügliche methodische Weiterentwicklungen und Aktualisierungen der Kosten- und Wertansätze werden an anderer Stelle erläutert.

3.3 Abschnittsweise vs. relationsbezogene Nutzenermittlung

Im BVWP 2003 erfolgt die Wirkungsprognose und die Ermittlung der hieraus abgeleiteten verkehrlichen Nutzen (z.B. Zeit- und Betriebskostenersparnisse) beim Verkehrsträger Straße teilstreckenbezogen und bei den Verkehrsträgern Schiene und Wasserstraße relationsbezogen. Es wird empfohlen, die Methodik beim Verkehrsträger Straße im weiterentwickelten Bewertungsverfahren soweit als möglich auf eine relationsbezogene Betrachtungsweise umzustellen. Die relationsbe-

zogene Vorgehensweise bietet über den formalen Aspekt einer Harmonisierung zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern hinaus die folgenden Vorteile:

- Eine relationsbezogene Vorgehensweise ist mittlerweile international üblich
- Berücksichtigung der Verlagerungswirkungen und Reisezeitdifferenzen für die gesamten Quelle-Ziel-Beziehungen einschließlich von Streckenanteilen im Ausland
- Explizite Abbildung des induzierten Verkehrs und der Verlagerungswirkungen zwischen den konkurrierenden Verkehrsträgern sowie der hieraus resultierenden Reisezeitnutzen und impliziten Nutzendifferenzen
- Einbeziehung des induzierten und des verlagerten Verkehrs in die Netzumlegung Straße im Planfall

Die beim Verkehrsträger Straße vorgesehene Umstellung der Bewertung auf eine relationsbezogen Betrachtungsweise ist aus Aufwandsgründen nur für Maßnahmen mit überwiegender Fernverkehrsbedeutung (vgl. Projektkategorisierung für den Verkehrsträger Straße in Kapitel 2.2.2) möglich. Für die anderen Maßnahmen erfolgt deshalb im BVWP 2015 eine teilstreckenbezogene und nach Distanzklassen differenzierte Nutzenermittlung.

3.4 Weiterentwickeltes Bewertungsverfahren für den Personenverkehr

3.4.1 Genereller Untersuchungsansatz

Die Konzeption der weiterentwickelten Bewertungsmethodik erfolgte unter der Zielsetzung

- einer Vermeidung von Doppelerfassungen bei der Bewertung des Ressourcenverzehrs und der Nutzen der Verkehrsteilnehmer,
- einer Vermeidung von Inkonsistenzen zwischen den Methoden zur Ermittlung der Nutzen der Verkehrsteilnehmer und der Nachfrageprognose sowie
- einer möglichst vollständigen Erfassung aller relevanten Nutzenkomponenten.

Im weiterentwickelten Bewertungsverfahren wird der methodische Ansatz des Ressourcenverzehrs bei den folgenden Nutzenkomponenten mit aktualisierten Kosten- und Wertansätzen im Prinzip beibehalten:

- NB_{auf} Änderung der Kosten der Fahrzeugvorhaltung und des Fahrzeugbetriebes beim aufnehmenden Verkehrsträger
- NB_{ab} Änderung der Kosten der Fahrzeugvorhaltung und des Fahrzeugbetriebes beim abgebenden Verkehrsträger

In der Nutzenkomponente NB sind die Nutzenkomponenten NB1 (Änderung der Kosten der Fahrzeugvorhaltung) und NB2 (Änderung der Kosten des Fahrzeugbetriebes) des seitherigen Bewertungsverfahrens zusammengefasst.

Bei der Bewertung des Ressourcenverzehrs für Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten werden die betreffenden Nutzenbeiträge aus verlagertem Verkehr sowohl für den aufnehmenden als auch für den abgebenden Verkehrsträger gesondert ausgewiesen. Damit entfällt die beim Verkehrsträger Straße im BVWP 2003 berücksichtigte Nutzenkomponente NB3 (Transportkostenänderungen durch Aufkommensverlagerungen), da diese bereits in der Nutzenkomponente NB beim aufnehmenden und beim abgebenden Verkehrsträger erfasst ist.

Die Quantifizierung der Nutzenkomponente NB3 erfolgte im BVWP 2003 auf Basis von undifferenzierten spezifischen Transportkostensätzen bezogen auf den Personenkilometer (Pkm) beim SPV bzw. ÖPNV und beim MIV. Undifferenzierte Pkm-spezifische Kostensätze sind insbesondere beim SPV problematisch, da diese je nach genutzter Zuggattung höchst unterschiedlich sind. Darüber hinaus sind die

Verkehrsleistungen in Pkm nicht die kausale Einflussgröße für die Ermittlung der Transportkosten (im Folgenden entsprechend der Nomenklatur des weiterentwickelten Bewertungsverfahrens Fahrzeugvorhaltung- und -betriebskosten genannt), sondern die Betriebsleistungen in Fahrzeug- bzw. Zug-km und die Fahrzeug- bzw. Zug-Einsatzzeiten.

Bei der Überprüfung des Bedarfsplans der Bundesschienenwege wurden daher die Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten beim Schienenpersonenverkehr als Funktion der oben genannten Betriebsdaten betrachtet. Diese wurden im Planfall und im Bezugsfall aus den für diese Planfallvarianten erstellten Netzmodellen abgeleitet.

Die für den Planfall gegenüber dem Bezugsfall prognostizierten Nachfragemehrungen in Form von verlagertem und induziertem Verkehr gehen mittelbar in die Betriebsdaten durch die Dimensionierung der vorzuhaltenden Platzkapazitäten ein. Diese Dimensionierung erfolgt linienbezogen aufgrund der durch Netzumlegungen prognostizierten Nachfragemengen (im Planfall unter Berücksichtigung der gesamten Nachfrage aus verbleibendem, verlagertem und induziertem Verkehr). Dieser Ansatz wurde für den Verkehrsträger Schiene in das weiterentwickelte Bewertungsverfahren für den BVWP 2015 übernommen.

Beim Verkehrsträger Straße wird die Abbildung des negativen Nutzens aus induziertem Verkehr vollständig in das weiterentwickelte Bewertungsverfahren integriert, so dass die im BVWP 2003 ausgewiesene pauschale eigenständige Komponente entfällt. Der bisher pauschal abgegoltene negative Nutzen aus induziertem Verkehr umfasste z.B.:

- zusätzlichen Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten des Pkw- und Lkw-Verkehrs
- verminderten Reisezeitnutzen des MIV aufgrund der mit dem induzierten Verkehr verbundenen höheren Auslastung des Straßennetzes
- zusätzlichen Emissionskosten des Pkw- und Lkw-Verkehrs sowie
- zusätzlichen Unfallkosten des Pkw- und Lkw-Verkehrs.

Diese pauschalen Abgeltungen wurden im BVWP 2003 mit Hilfe von, nach

- den Fahrzeugarten Pkw und Lkw,
- den Raumstrukturtypen hochverdichtet und verdichtet/ländlich sowie
- den Maßnahmentypen Neu- und Ausbau

differenzierten Kostensätzen bezogen auf die Reisezeitdifferenz zwischen Planfall und Bezugsfall bestimmt.

Die Reisezeitdifferenzen wurden im BVWP 2003 auf Basis von Netzumlegungen ermittelt, bei denen die Nachfragemengen im Planfall gegenüber dem Bezugsfall unverändert waren (d.h. keine Berücksichtigung des verlagerten und des induzierten Verkehrs bei der Netzumlegung des Planfalles).

Diese Methode wurde dahingehend kritisiert, dass

- die Auslastung des Straßennetzes durch Vernachlässigung des verlagerten und des induzierten Verkehrs unterschätzt und damit die erzielbaren Geschwindigkeiten überschätzt werden und
- die Zusammenhänge zwischen Nachfragewirkungen und gesamtwirtschaftlichen Nutzen nicht transparent nachvollziehbar sind.

Im weiterentwickelten Bewertungsverfahren werden daher der induzierte und der verlagerte Verkehr in allen Projektkategorien (vgl. Kapitel 2.2.2) die für die Netzumlegung im Planfall maßgebenden Nachfragematrizen einbezogen.

Neben den Komponenten des Ressourcenverzehrs für die Vorhaltung und den Betrieb von Fahrzeugen (NB) sowie für Reisezeiten (NRZ) werden im weiterentwickelten Bewertungsverfahren aus dem Bereich „Verkehrsteilnehmer“ zusätzlich die impliziten Nutzendifferenzen (NI) berücksichtigt.

Unter impliziten Nutzendifferenzen werden alle Einflussgrößen auf die Nachfrageprognose verstanden, welche bei der Ermittlung der Nutzen im Bereich der Verkehrsteilnehmer bisher nicht quantitativ erfasst wurden (siehe Kapitel 3.4.3).

Im weiterentwickelten Bewertungsverfahren für den BVWP 2015 wird die Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs als neue Komponente berücksichtigt. Zur Ermittlung der für die Bewertung benötigten Zuverlässigkeitskennwerte (Standardabweichung von der erwarteten Fahrzeit beim MIV und mittlere Fahrplanabweichung beim SPV) liegen entsprechende Ergebnisse von im Auftrag des BMVI durchgeführten FE-Projekten[62] vor.

Aufgabenstellung der betreffenden FE-Vorhaben war es, Modellbausteine zur Abbildung des Einflusses der Verkehrsinfrastruktur auf die Zuverlässigkeit zu entwickeln. Externe Einflüsse wie z.B. Unfälle, Witterung, Baustellen, Betriebsstörungen etc. sollten hierbei unberücksichtigt bleiben, da diese durch die im BVWP zu bewertenden Infrastrukturmaßnahmen nicht zu beeinflussen sind. Bei der Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Untersuchungsmethodik für den BVWP 2015 ist jedoch zu beachten, dass sich die externen Einflüsse um ein vielfaches höher auf die Zuverlässigkeit auswirken als die der Infrastruktur.

Grundsätzlich hat die neue Komponente Zuverlässigkeit Auswirkungen sowohl auf der Ebene der Wirkungsprognose (Modal-Split, induzierter Verkehr in Form von Zielwahländerungen und/oder Erhöhungen der Fahrtenhäufigkeit sowie Routenwahl) als auch auf der Ebene der ökonomischen Bewertung. Als Ergebnis einer Machbarkeitsstudie haben Significance et al.[63] empfohlen, die Einbeziehung der Zuverlässigkeit in die Wirkungsprognose zunächst zurückzustellen und die betreffenden Nutzen nur in einem nachgelagerten Prozess bei der ökonomischen Bewertung zu erfassen. Um die Zuverlässigkeit bereits in der Wirkungsprognose berücksichtigen zu können, bestünde ein weiterer Forschungsbedarf.

---

[62] Geistefeldt/Hohmann/Wu, Ermittlung des Zusammenhangs von Infrastruktur und Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Straße, im Auftrag des BMVI, 2014;
IGES Institut GmbH, Rail Management Consultants GmbH (RMCon), Ermittlung des Einflusses der Infrastruktur auf die Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Schiene, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2014.

[63] Significance et al., Erfassung des Indikators Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs im Bewertungsverfahren des Bundesverkehrswegeplans, im Auftrag des BMVI, 2012

Dieser Empfehlung wurde bei der Konzeption des Bewertungsverfahrens für den BVWP 2015 Rechnung getragen. Für die einzelnen Nachfragesegmente hat dies die folgenden Konsequenzen:

- Verbleibender Verkehr:

In diesem Nachfragesegment beschränkt sich die Wirkungsprognose auf die Routenwahl und die Umlegung. Das Kriterium „Zuverlässigkeit“ wird hierbei entsprechend der Empfehlung der Machbarkeitsstudie nicht berücksichtigt. Bei der ökonomischen Bewertung sind Salden der Zuverlässigkeitskennwerte zwischen Planfall und Bezugsfall zu bilden. Geht man davon aus, dass die externen Einflüsse auf die Zuverlässigkeit im Planfall und im Bezugsfall gleich sind, kürzt sich diese unbekannte Größe heraus. Die Ermittlung der Nutzen aus einer infrastrukturbedingten Verbesserung der Zuverlässigkeit ist also in diesem Nachfragesegment uneingeschränkt möglich. Nähere Ausführungen zu der hierzu anzuwendenden Methodik finden sich in Kapitel 4.5

- Induzierter und verlagerter Verkehr:

Im induzierten und verlagerten Verkehr soll die Zuverlässigkeit nicht berücksichtigt werden; siehe Abschnitt 4.5 („Zuverlässigkeit“).

Festzuhalten bleibt, dass die Ermittlung von infrastrukturbedingten Verbesserungen der Zuverlässigkeit als eigenständige Nutzenkomponente nur bezogen auf den verbleibenden Verkehr als bei weitem umfangreichsten Nachfragesegment erfolgt.

Im Vergleich zum seitherigen Verfahren ergeben sich damit Veränderungen im Bereich der

- Reisezeitnutzen (vgl. Kapitel 3.4.2) und der
- Impliziten Nutzendifferenzen (vgl. 3.4.3).

In diesen Kapiteln wird die Quantifizierung der Nutzenkomponenten bezogen auf eine Quelle-Ziel-Relation von i nach j beschrieben. Der gesamte Reisezeitnutzen bzw. die gesamte implizite Nutzendifferenz eines Investitionsvorhabens ergibt sich dann als Summierung der Einzelnutzen in allen betroffenen Quelle-Ziel-Relationen.

Hierbei wird zusätzlich noch nach den folgenden Fahrtzwecken bzw. Fahrtzweckgruppen unterschieden:

- Dienstlich/Geschäft
- Aggregat aus Ausbildung, Einkauf, Beruf und Privat (incl. Urlaub)

Die Definition der maßgebenden Fahrtzwecke bzw. Fahrtzweckgruppen gilt gleichermaßen für alle Verkehrsträger. Bei den im Folgenden dargestellten mathematischen Zusammenhängen für die Ermittlung des Reisezeitnutzens (NRZ) und der impliziten Nutzendifferenz (NI) gilt die Randbedingung, dass positive Nutzenbeiträge für das Bewertungsergebnis ein positives Vorzeichen und negative Nutzenbeiträge ein negatives Vorzeichen haben.

3.4.2 Reisezeitnutzen (NRZ)

Die für die Ermittlung der Reisezeitnutzen benötigten Zeitwerte sind in Kapitel 5.1 dargestellt. Hierbei handelt es sich um nach Fahrtzwecken bzw. Fahrtzweckgruppen differenzierte Funktionen, in denen die Größe der Zeitwerte in Abhängigkeit von der Reiseweite abgebildet ist. Unter „Reiseweite“ wird die Reiseweite auf dem zeitkürzesten Weg im Straßennetz des Bezugsfalles verstanden. Die Zeitwertfunktionen gelten gleichermaßen für alle Verkehrsmittel und sind aus Konsistenzgründen auch der Wirkungsprognose (Prognose der maßnahmenbezogenen Nachfragewirkungen) zugrunde zu legen.

3.4.2.1 Verbleibender Verkehr

Die Ermittlung des Reisezeitnutzens im verbleibenden Verkehr erfolgt relationsweise analog zur Vorgehensweise beim Verkehrsträger Eisenbahn im seitherigen Bewertungsverfahren gemäß Formel (1)

(1) $NRZ_{i,j,verbl} = M_{i,j,verbl} * zw_{i,j} * (t_{i,j,auf,0} - t_{i,j,auf,1})$

Hierin sind:

$NRZ_{i,j,verbl}$ Reisezeitnutzen in der Relation von i nach j im verbleibenden Verkehr in €/Jahr

Mi,j,verbl Verkehrsmenge in der Relation von i nach j im verbleibenden Verkehr in Personenfahrten/Jahr

$zw_{i,j}$ Zeitwert in €/Stunde in der Relation von i nach j

ti,j,auf,0 Reisezeit in der Relation von i nach j beim aufnehmenden Verkehrsträger im Bezugsfall in Stunden

ti,j,auf,1 Reisezeit in der Relation von i nach j beim aufnehmenden Verkehrsträger im Planfall in Stunden

3.4.2.2 Induzierter Verkehr (Fahrtenhäufigkeit)

Beim induzierten Verkehr findet ein zusätzlicher Verzehr der Ressource „Reisezeit“ statt. Der hieraus resultierende (negative) Nutzen wird nach Formel (2) bestimmt:

(2) $NRZ_{i,j,ind} = M_{i,j,ind} * zw_{i,j} * (-t_{i,j,auf,1})$

Hierin sind:

$NRZ_{i,j,ind}$ negativer Reisezeitnutzen in der Relation von i nach j im induzierten Verkehr in €/Jahr

$M_{i,j,ind}$ (zusätzliche) Verkehrsmenge in der Relation von i nach j im induzierten Verkehr (Fahrtenhäufigkeit) in Personenfahrten/Jahr

3.4.2.3 Induzierter Verkehr (Zielwahl)

Bei veränderter Zielwahl ist der Verzehr der Ressource Reisezeit im Planfall mit dem entsprechenden Verzehr im Bezugsfall gemäß Formel (3) zu saldieren. Gemäß Formel (3) ist es nicht erforderlich zu wissen, von welchen Relationen Verkehrsverlagerungen stattfinden. Es wird ausschließlich die gesamte Matrix des induzierten Verkehrs (Zielwahl) benötigt, also je Relation die Summe des induzierten Verkehrs. Eine alternative Rechnung mit Berücksichtigung der abgebenden Relationen findet sich in Anhang A-2 Anwendung des Konzeptes der Konsumenten-/Produzentenrente im Personenverkehr.

(3) $NRZ_{i,j,ziel} = zw_{i,j} * (-M_{i,j,ziel} * t_{i,j,auf,1})$

Hierin sind:

$NRZ_{i,j,ziel}$ Reisezeitnutzen in der Relation von i nach j bei Änderungen des Ziels in €/Jahr

$M_{i,j,ziel}$ (Änderung der) Verkehrsmenge in der Relation von i nach j im induzierten Verkehr (Zielwahl) in Personenfahrten/Jahr

$t_{i,j,auf,1}$ Reisezeit in der Relation von i nach j beim aufnehmenden Verkehrsträger im Planfall in Stunden

3.4.2.4 Verlagerter Verkehr

Beim verlagerten Verkehr erfolgte die Ermittlung des Reisezeitnutzens in der Methodik der Bedarfsplanüberprüfung verkehrsträgerintern nach dem Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente. Im weiterentwickelten Verfahren werden die im Planfall erforderlichen Reisezeiten beim aufnehmenden Verkehrsträger mit den im Bezugsfall entfallenden Reisezeiten beim abgebenden Verkehrsträger gemäß Formel (4) saldiert.

(4) $NRZ_{i,j,verl} = M_{i,j,verl} * zw_{i,j} * (t_{i,j,ab} - t_{i,j,auf,1})$

Hierin sind:

$NRZ_{i,j,verl}$ Reisezeitnutzen in der Relation von i nach j bei Verlagerungen vom abgebenden auf den aufnehmenden Verkehrsträger in €/Jahr

$M_{i,j,verl}$ (zusätzliche) Verkehrsmenge in der Relation von i nach j im verlagerten Verkehr in Personenfahrten/Jahr

$t_{i,j,ab}$ Reisezeit in der Relation von i nach j beim abgebenden Verkehrsträger in Stunden (im Planfall gegenüber dem Bezugsfall unverändert)

3.4.3 Implizite Nutzendifferenz (NI)

Bei der Ermittlung der impliziten Nutzendifferenz wird mit Ausnahme des verbleibenden Verkehrs (hier existieren keine impliziten Nutzendifferenzen) nach den gleichen Nutzerreaktionen unterschieden wie bei der Ermittlung des Reisezeitnutzens:

1. induzierter Verkehr durch häufigere Fahrten
2. induzierter Verkehr durch veränderte Zielwahl
3. von konkurrierenden Verkehrsträgern verlagerter Verkehr.

Die Vorgehensweise zur Quantifizierung der impliziten Nutzendifferenzen hängt davon ab, welche Einflussgrößen in konsistenter Form gleichermaßen bei der Quantifizierung der oben aufgeführten Nutzerreaktionen und der ökonomischen Bewertung berücksichtigt werden sollen. Im BVWP 2015 wird standardmäßig davon ausgegangen, dass dies die Größen „Tür-zu-Tür-Reisezeiten“ und „Nutzerkosten“ sind.

Für die Prognose der Nutzerreaktionen unter den Punkten 1 und 2 liegt keine belastbare Empirik vor. Daher wird von den folgenden Arbeitshypothesen ausgegangen:

- induzierter Verkehr durch häufigere Fahrten: stabiles Budget an generalisierten Kosten, dies bedeutet, intramodale Umsetzung der zwischen Planfall und Bezugsfall verringerten generalisierten Kosten in zusätzliche Fahrten (Vorzugsvariante bei der Schiene als aufnehmenden Verkehrsträger)
- induzierter Verkehr durch veränderte Zielwahl: erneute Anwendung des Modellbausteins Zielwahl (Gravitationsmodell) unter Ansatz der Widerstände des für den Planfall maßgebenden Straßennetzmodells (Vorzugsvariante bei der Straße als aufnehmenden Verkehrsträger)

3.4.3.1 Induzierter Verkehr (Fahrtenhäufigkeit)

Die implizite Nutzendifferenz aus induziertem Verkehr beträgt:

$$(5) \quad NI_{i,j,ind} = M_{i,j,ind} * \left(zw_{i,j} * \frac{t_{i,j,auf,0}+t_{i,j,auf,1}}{2} + \frac{nk_{i,j,auf,0}+nk_{i,j,auf,1}}{2}\right)$$

Hierin sind:

$NI_{i,j,ind}$ Implizite Nutzendifferenz im Planfall aus induziertem Verkehr in der Relation von i nach j in €/Jahr

$M_{i,j,ind}$ Verkehrsmenge des induzierten Verkehrs in der Relation von i nach j in Personenfahrten/Jahr

$nk_{i,j,auf}$ spezifische Nutzerkosten des aufnehmenden Verkehrsträgers in der Relation von i nach j in €/Personenfahrt

$nk_{i,j,auf,0}$ spezifische Nutzerkosten des aufnehmenden Verkehrsträgers in der Relation von i nach j im Bezugsfall in €/Personenfahrt

$nk_{i,j,auf,1}$ spezifische Nutzerkosten des aufnehmenden Verkehrsträgers in der Relation von i nach j im Planfall in €/Personenfahrt

Für die Ermittlung der Nutzerkosten siehe Abschnitt 3.4.3.5.

3.4.3.2 Induzierter Verkehr (Zielwahl)

Bei veränderter Zielwahl wird die implizite Nutzendifferenz gemäß Formel (6) bestimmt.

(6) $$NI_{i,j,Ziel} = M_{i,j,Ziel} * \left(zw_{i,j} * \frac{t_{i,j,auf,0}+t_{i,j,auf,1}}{2} + \frac{nk_{i,j,auf,0}+nk_{i,j,auf,1}}{2}\right)$$

Hierin sind:

$NI_{i,j,Ziel}$ Implizite Nutzendifferenz in der Relation von i nach j bei Änderungen des Ziels in €/Jahr

$M_{i,j,Ziel}$ Verkehrsmenge in der Relation von i nach j bei Änderungen des Ziels in Personenfahrten/Jahr

$t_{i,j,auf,0}$ Reisezeit in der Relation von i nach j des aufnehmenden Verkehrsträgers im Bezugsfall in Stunden

$nk_{i,j,auf,0}$ spezifische Nutzerkosten in der Relation von i nach j des aufnehmenden Verkehrsträgers im Bezugsfall in €/Personenfahrt

Für die Ermittlung der Nutzerkosten siehe Abschnitt 3.4.3.5.

3.4.3.3 Verlagerter Verkehr

Die Ermittlung der impliziten Nutzendifferenz aus verlagertem Verkehr erfolgt gemäß Formel (7).

(7) $$NI_{i,j,verl} = M_{i,j,verl} * (zw_{i,j} * (\frac{t_{i,j,auf,0}+t_{i,j,auf,1}}{2} - t_{i,j,ab}) + (\frac{nk_{i,j,auf,0}+nk_{i,j,auf,1}}{2} - nk_{i,j,ab}))$$

Hierin sind:

$NI_{i,j,verl}$ Implizite Nutzendifferenz im Planfall aus verlagertem Verkehr vom abgebenden auf den aufnehmenden Verkehrsträger in der Relation von i nach j in €/Jahr

$M_{i,j,verl}$ Verkehrsmenge in der Relation von i nach j aus verlagertem Verkehr in Personenfahrten/Jahr

$t_{i,j,auf,0}$ Reisezeit in der Relation von i nach j des aufnehmenden Verkehrsträgers im Bezugsfall in Stunden

$nk_{i,j,ab}$ spezifische Nutzerkosten des abgebenden Verkehrsträgers in der Relation von i nach j in €/Personenfahrt (im Planfall gegenüber dem Bezugsfall unverändert)

Für die Ermittlung der Nutzerkosten siehe Abschnitt 3.4.3.5.

3.4.3.4 Zusammenhang mit Bruttokonsumentenrente

Die implizite Nutzendifferenz entspricht der Differenz der Bruttokonsumentenrenten beim abgebenden und aufnehmenden Verkehrsträger:

- Die Nutzenveränderung aufgrund der wegfallenden Bruttokonsumentenrente beim abgebenden Verkehrsträger beträgt gerade

  (8) $-M_{i,j,verl} * (zw_{i,j} * t_{i,j,ab} + nk_{i,j,ab})$.

- Die Nutzenveränderung aufgrund der hinzukommenden Bruttokonsumentenrente beim aufnehmenden Verkehrsträger beträgt gerade

  (9) $$M_{i,j,verl} * \left(zw_{i,j} * \frac{t_{i,j,auf,0}+t_{i,j,auf,1}}{2} + \frac{nk_{i,j,auf,0}+nk_{i,j,auf,1}}{2}\right).$$

Die Addition dieser beiden Ausdrücke ergibt die implizite Nutzendifferenz beim verlagerten Verkehr (Gl. (7)).

Die Rechnung für den induzierten Verkehr ist analog; naturgemäß entfällt die wegfallende Bruttokonsumentenrente auf der abgebenden Seite.

3.4.3.5 Ermittlung der Nutzerkosten

Die Nutzerkosten für die konkurrierenden Verkehrsmittel sind nach den in der VP 2030 entwickelten funktionalen Zusammenhängen zu bestimmen. Bei den unten dargestellten Parametern zur Ermittlung der Nutzerkosten sind die gemäß Szenarienendefinition für die Verkehrsverflechtungsprognose 2030 definierten Steigerungen gegenüber dem Analysezustand 2010 berücksichtigt. Die Bestimmung der für den SPV maßgebenden Nutzerkosten $nk_{ij,SPV}$ erfolgt gemäß Formel (10):

(10) $$nk_{ij,SPV} = (d_{Teilweg1} \bullet s_{f,p1} + d_{Teilweg2} \bullet s_{f,p2.....} + d_{Teilweg\ n} \bullet s_{f,pn}) \bullet d_{ij}^{dg} / d_{ij} + Z + d_{an} \bullet s_{an/ab} + d_{ab} \bullet s_{an/ab}$$

mit

$d_{i,j}$ Distanz zwischen dem Ausgangsbahnhof i und dem Zielbahnhof j (Hauptlauf) in km, bei Umsteigeverbindungen gilt:

$d_{i,j}$ = dTeilweg1 + dTeilweg2…… + dTeilweg n

dg Degressionsexponent (fahrtzweckspezifisch)

sf,p spezifische Nutzerkosten im Hauptlauf auf dem Teilweg n in € je km in Abhängigkeit von der genutzten Produktgruppe (fahrtzweckspezifisch)

Z Zuschlag bei der Nutzung von Produkten des SPFV in € je Personenfahrt (fahrtzweckspezifisch)

d_{an} Distanz von dem betreffenden Zielbahnhof bis zum endgültigen Zielort in km

s_{an} spezifische Nutzerkosten im Vor- bzw. Nachlauf zu den betreffenden SPV-Bahnhöfen (fahrtzweckspezifisch)

Die spezifischen Nutzerkosten sf,p setzen sich gemäß Formel (11) aus einem fahrtzweckspezifischen Grundpreis sf und den in Tabelle 3-1 dargestellten produktgruppenbezogenen Aufschlagsfaktoren fp zusammen:

(11) $s_{f,p} = s_f \bullet f_p$

Tabelle 3-1: Produktgruppenbezogene Aufschlagsfaktoren auf die spezifischen Grundpreise

Produktgruppe	Aufschlagsfaktor f_p auf den Grundpreis
A: Premiumprodukte des SPFV (z.B. ICE, TGV,Thalys)	1,23
B: Standardprodukte des SPFV (z.B. IC, EC)	1,10
C: SPNV-Regionalverkehr (z.B. RegionalExpress, RegionalBahn)	1,00
D: S-Bahn und Zweisystem	1,00
E: ÖSPV (U-Bahnen, Stadtbahnen und Busse)	1,00

Für die je Route ermittelten Nutzerkosten bestehen in Anlehnung an das derzeitige Preissystem der DB AG Preisobergrenzen. Für die Größen Degressionsexponent (dg), SPFV-Zuschlag (Z), spezifische Nutzerkosten im Hauptlauf (sf), spezifische Nutzerkosten im Vor- bzw. Nachlauf (san) und Preisobergrenze (Nkmax) wurden die in Tabelle 3-2 zusammengestellten Annahmen getroffen.

Tabelle 3-2: Maßgebende Parameter für das SPV-Tarifmodell

Fahrtzweck	d_g	Z (€) A-Produkte	Z (€) B-Produkte	s_f (€/km)	s_{an} (€/km)	Nk_{max}(€)
Ausbildung	0,93	1,60	0,80	0,10	0,05	80
Geschäft	0,94	5,00	4,00	0,21	0,52	130
Sonstige Fahrtzwecke	0,90	3,00	2,00	0,12	0,12	80

Die Nutzerkosten des MIV $nk_{i,j,MIV}$ werden nach Formel (12) ermittelt:

(12) $nk_{ij,MIV} = (d_{ij} \cdot k_f + p) / b$

mit

dij Distanz zwischen Ausgangs- und Zielort der jeweiligen Fahrt in km

kf spezifischer Kraftstoffpreis (0,13 €/Pkw-km beim Fahrtzweck Geschäft und 0,11 € bei den restlichen Fahrtzwecken)

p je nach Raumstrukturtyp und Fahrtzweck differenzierte Parkkosten am Ziel einer Fahrt in Höhe von 0 bis 9 €/Pkw-Fahrt

b nach Entfernungsstufen und Fahrtzwecken differenzierter Pkw-Besetzungsgrad gemäß Tabelle 8-69 in Kapitel 8.5.1.1

Die Bestimmung der Nutzerkosten im Luftverkehr $nk_{ij,Luft}$ erfolgt gemäß Formel (13):

(13) $nk_{ij,Luft} = d_{ij}^{dg} \bullet s_f + Ak$

mit

dij	Distanz zwischen Start- und Zielflughafen in km
dg	Degressionsexponent in Höhe von 0,75
sf	spezifische Nutzerkosten in Höhe von 1,10 €/km im Fahrtzweck Geschäft und 0,5 €/km im Fahrtzweck Rest
Ak	Nutzerkosten im landseitigen Zubringerverkehr zum bzw. vom Start- und Zielflughafen

Die Nutzerkosten von Fernlinienbussen $nk_{ij,FLB}$ werden gemäß Formel (14) bestimmt:

(14) $nk_{ij,FLB} = d_{ij}^{dg} \bullet s_f + Ak$

mit

dij	Distanz zwischen Ausgangs- und Zielhaltestelle in km
dg	Degressionsexponent in Höhe von 0,85
sf	spezifische Nutzerkosten in Höhe von 0,18 €/km im Fahrtzweck Geschäft und 0,14 €/km im Fahrtzweck Rest
Ak	Nutzerkosten im Zubringerverkehr zur bzw. von der Ausgangs- bzw. Zielhaltestelle

3.4.4 Einbeziehung weiterer Einflussgrößen

Im weiterentwickelten Bewertungsverfahren besteht theoretisch die Möglichkeit, weitere quantitativ erfassbare Komponenten – wie beispielsweise die Umsteigehäufigkeiten – zu berücksichtigen.

Hierbei könnten unter Verwendung der Wertansätze des Verkehrsmodells der Saldo der betreffenden generalisierten Kosten als gesonderte Nutzenkomponente im Ressourcenverzehr ausgewiesen werden. Der Umfang der impliziten Nutzendifferenzen würde dann entsprechend verändert.

Da die Umsteigehäufigkeiten in der Regel nur vergleichsweise geringen Änderungen zwischen Planfall und Bezugsfall unterliegen, werden die betreffenden Nutzen aus pragmatischen Gründen nicht gesondert ausgewiesen. Demzufolge gehen geänderte Umsteigehäufigkeiten auch nicht explizit in die Berechnung der impliziten Nutzendifferenzen ein.

Wichtig ist auf jeden Fall: Sobald eine solche weitere durch die Verkehrsteilnehmer zu tragende Belastung im Ressourcenverzehr des induzierten oder verlagerten Verkehrs berücksichtigt wird, muss diese auch bei der Berechnung der impliziten Nutzendifferenz (NI) berücksichtigt werden.

Dies macht es umgekehrt möglich, eine Nutzenkomponente nur für den verbleibenden Verkehr zu berücksichtigen. Wenn sie weder im verlagerten noch im induzierten Verkehr berücksichtigt wird, dann darf sie auch in der impliziten Nutzendifferenz (NI) nicht enthalten sein.

3.4.5 Schnittstellen zwischen Bewertung und Wirkungsprognose

Die Ermittlung der Mengengerüste für die Bewertung der Nutzenkomponenten Reisezeit (NRZ), implizite Nutzendifferenzen (NI) erfolgt für den aufnehmenden Verkehrsträger Schiene und den aufnehmenden Verkehrsträger Straße in den überregionalen Relationen mit Hilfe eines multimodalen Verkehrsmodells, dass bei der Ermittlung der als Einflussgröße für die Bausteine Routenwahl, Routensplit und Modal-Split benötigten generalisierten Kosten auf die Wertansätze der ökonomischen Bewertung zurückgreift.

Dies betrifft die in Kapitel 5.1 dargestellten Zeitwertfunktionen für den gewerblichen und nicht-gewerblichen Personenverkehr und die Funktionen zur Ermittlung der Nutzerkosten aus der VP 2030. Die Validität des Modells zur Wirkungsprognose ist dadurch nachzuweisen, dass

- der Modal-Split differenziert nach Fahrtzwecken zumindest in Grobrelationen und
- die Querschnittsbelastungen im Schienennetz (Kantenbelastungen in Personenfahrten/Jahr differenziert nach SPFV und SPNV)

gemäß Nachfrageprognose für den Bezugsfall 2030 reproduziert werden können.

Für den in den Kapiteln 3.4.5 und 3.4.6 beschriebenen Bewertungsansatz werden aus dem Modell zur Wirkungsprognose die folgenden Ausgangsgrößen jeweils differenziert nach Fahrtzwecken bzw. Fahrtzweckgruppen benötigt:

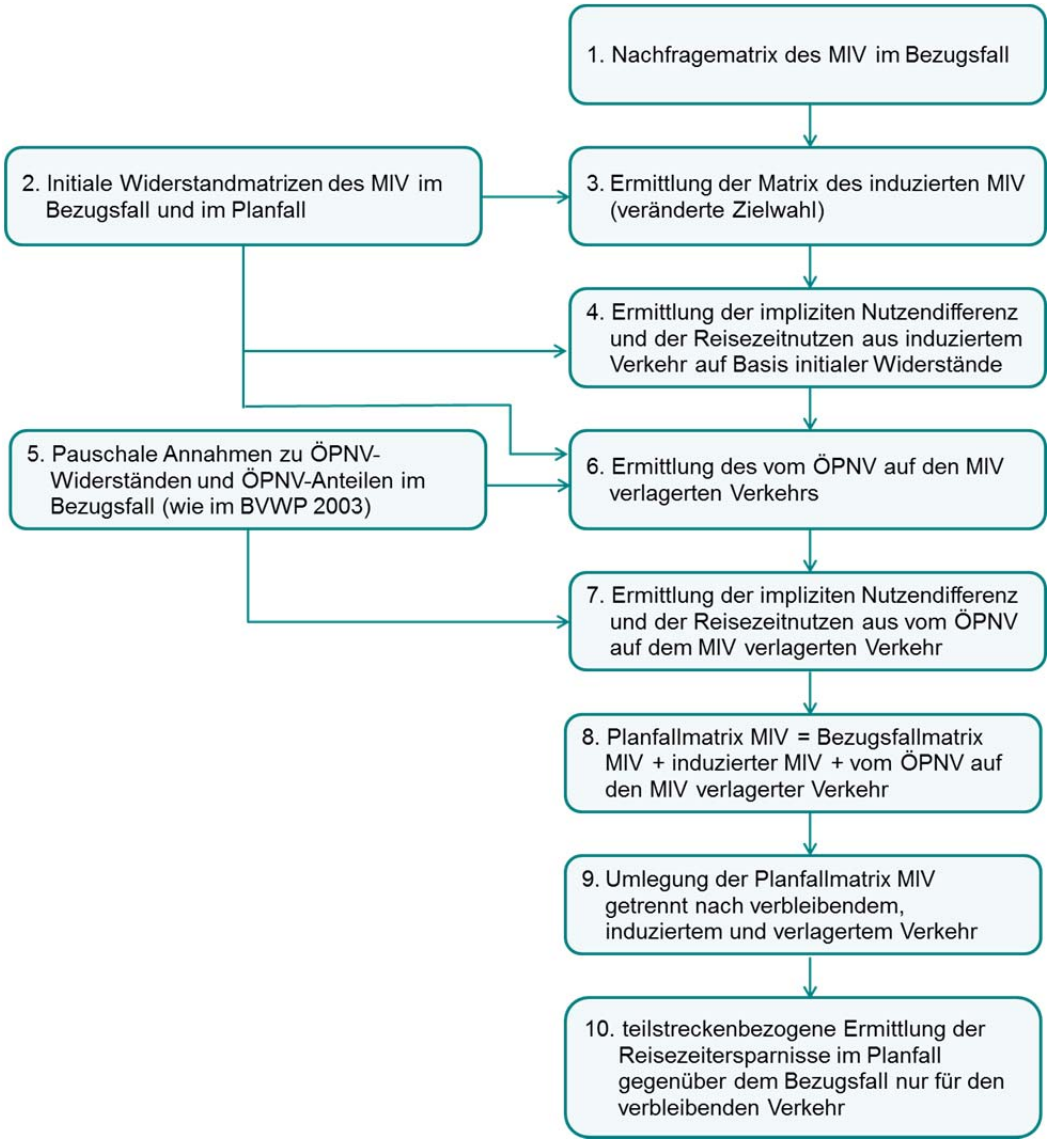
- Matrix der Verkehrsbeziehungen (Personenfahrten/Jahr) im verbleibenden Verkehr,
- Matrix des induzierten Verkehrs (Personenfahrten/Jahr) im Planfall,
- Matrizen der verlagerten Verkehrsnachfrage für den aufnehmenden und die abgebenden Verkehrsträger,
- Matrizen der Tür-zu-Tür-Reisezeiten für den aufnehmenden Verkehrsträger im Bezugsfall und im Planfall sowie die abgebenden Verkehrsträger im Bezugsfall,
- Matrizen der Nutzerkosten für den aufnehmenden Verkehrsträger im Bezugsfall und im Planfall sowie für die abgebenden Verkehrsträger im Bezugsfall

3.4.6 Besonderheiten bei der Ermittlung der Reisezeitnutzen und der impliziten Nutzendifferenzen beim Verkehrsträger Straße

Anders als bei den fahrplanbasierten Verkehrsmitteln hängen die Fahrzeiten des MIV von der Auslastung des Straßennetzes im Bezugsfall und im Planfall ab. Im Planfall ist die Auslastung des Straßennetzes allerdings erst nach Umlegung der betreffenden Nachfragematrizen unter Berücksichtigung des induzierten und des verlagerten Verkehrs bekannt. Zur Lösung dieses Problems soll bei der Ermittlung der Reisezeitnutzen und der impliziten Nutzendifferenzen beim Verkehrsträger Straße gemäß Abbildung 3-1 vorgegangen werden.

Dieser Lösungsweg gilt zunächst für die Relationen, für die keine vollständig relationsbezogene Nutzenermittlung vorgesehen ist (Relationen die nicht die Verbindungsstufen 0 und 1 der RIN betreffen, wo als aufgrund der geringeren räumlichen Auflösung das multimodales Personenfernverkehrsmodell gar keine Verlagerungswirkungen ausweisen kann). Wie in Kapitel 3.3 ausgeführt, sollte perspektivisch die Umstellung des gesamten Verfahrens auf eine relationsbezogene Betrachtung angestrebt werden.

Abbildung 3-1: Vorgehensweise bei der Ermittlung der Reisezeitnutzen und der implizite Nutzendifferenzen beim Verkehrsträger Straße



Dieses Ablaufdiagram beschränkt sich auf die Vorgehensweise beim MIV. In die für den Bezugsfall und den Planfall durchzuführenden Umlegungen sind natürlich auch der Straßengüter- und der Wirtschaftsverkehr einzubeziehen. Da bei den letzteren beiden Nachfragesegmenten weder ein induzierter noch ein verlagerter Verkehr zu berücksichtigen ist, wurden diese zur Verbesserung der Übersichtlichkeit aus der betreffenden Darstellung ausgeklammert.

Ausgegangen wird von der Nachfragematrix des MIV im Bezugsfall (Ziffer 1). Die Ermittlung der Matrix des induzierten MIV erfolgt auf Basis initialer Widerstandsmatrizen für den Verkehrsträger Straße im Planfall und im Bezugsfall in Form einer geänderten Zielwahl. Diese initialen Widerstandsmatrizen sind unter der Annahme durchschnittlicher Belastungszustände des Straßennetzes bezogen auf den DTVW (Arbeitsschritt 2) zu ermitteln (Arbeitsschritt 3). Die Matrix des induzierten MIV besteht aus Elementen mit positivem Vorzeichen (Relationen mit einem Nachfragezuwachs aufgrund der geänderten Zielwahl) und mit negativem Vorzeichen (Relationen, von denen die Nachfragemengen auf die Relationen mit positivem Vorzeichen verlagert werden).

Die Ermittlung der impliziten Nutzendifferenzen und der Reisezeitnutzen aus induziertem Verkehr (Arbeitsschritt 4) erfolgt auf Basis der initialen Widerstände, die schon der Ermittlung des induzierten MIV zugrunde lagen. Durch diese Vorgehensweise ist die Konsistenz zwischen Wirkungsprognose und ökonomischer Bewertung sichergestellt. Hierbei ist es vernachlässigbar, dass die finalen Widerstände nach Umlegung von den ursprünglich angenommenen initialen Widerständen abweichen.

Da die für die Ermittlung des vom ÖPNV auf den MIV verlagerten Verkehrs benötigten Nachfrage- und Widerstandsmatrizen des ÖPNV in einer nationalen Verkehrsprognose nicht mit vertretbaren Aufwand erstellt werden können, liegen diese in der für den BVWP 2015 maßgebenden VP 2030 nicht vor. Für die Berechnung der Verlagerungsmengen wird daher analog zum BVWP 2003 von nach Raumtypen differenzierten Annahmen zu mittleren ÖPNV-Widerständen und ÖPNV - Anteilen im Bezugsfall ausgegangen (Arbeitsschritt 5). In die Ermittlung des vom ÖPNV auf den MIV verlagerten Verkehrs gehen weiterhin die initialen Widerstände des MIV im Bezugsfall und im Planfall ein (Arbeitsschritt 6).

Damit liegen alle erforderlichen Einflussgrößen für die Bestimmung der impliziten Nutzendifferenz und der Reisezeitnutzen aus dem vom ÖPNV auf den MIV verlagerten Verkehr vor (Arbeitsschritt 7). Im Rahmen der bei einer solchen überschlägigen Wirkungsprognose erzielbaren Genauigkeit kann vereinfachend davon ausgegangen werden, dass sich aus den Verlagerungen vom ÖPNV auf den MIV für die Verkehrsteilnehmer keine Änderungen bei den Nutzerkosten ergeben.

Damit entfällt der Term $\left(\frac{nk_{i,j,auf,0}+nk_{i,j,auf,1}}{2} - nk_{i,j,ab}\right)$ aus Formel (7) zur Bestimmung der impliziten Nutzendifferenz aus verlagertem Verkehr.

Die im Arbeitsschritt 9 durchzuführende Umlegung der Planfallmatrix des MIV setzt sich aus der entsprechenden Matrix für den Bezugsfall, der Matrix des induziertem MIV und der Matrix des vom ÖPNV auf dem MIV verlagerten Verkehrs zusammen (Arbeitsschritt 8). Bei den Umlegungsergebnissen ist nach verbleibendem, induziertem und verlagertem Verkehr zu unterscheiden.

Die Ermittlung der Reisezeitersparnisse erfolgt analog zur prinzipiellen Vorgehensweise beim BVWP 2003 teilstreckenbezogen und differenziert nach Zeitscheiben (Arbeitsschritt 10) nur für den verbleibenden Verkehr, da die Nutzenkomponente Reisezeit beim induzierten und verlagerten Verkehr schon relationsbezogen auf Basis der initialen Widerstände im Gesamtzusammenhang mit der Wirkungsprognose quantifiziert wird.

Beim verbleibenden Verkehr ist es unerheblich, ob die Reisezeitersparnisse teilstreckenbezogen oder relationsbezogen ermittelt werden, da beide Vorgehensweisen mathematisch zu den gleichen Ergebnissen führen müssen. Zur Abbildung der je nach Reiseweite unterschiedlichen Zeitwerte sind die nach gewerblichem und nicht-gewerblichem Verkehr differenzierten Reisezeitersparnisse weiter nach Reiseweitenklassen zu untergliedern.

Die Bestimmung der Nutzenkomponenten NB (Saldo der Fahrzeugvorhaltungs- und Betriebskosten), NS (Erhöhung der Verkehrssicherheit), NG (Verminderung der Geräuschbelastung), NA (Verminderung der Abgasbelastung)und NT (innerörtliche Trennwirkungen) erfolgt ebenfalls teilstreckenbezogen differenziert nach Zeitscheiben für die gesamten Teilstreckenbelastungen unter Einbeziehung des verlagerten und des induzierten Verkehrs.

Während beim vom ÖPNV auf den MIV verlagerten Verkehr der beim MIV als aufnehmendem Verkehrsträger zusätzlich anfallende Ressourcenverzehr in Form von Fahrzeugvorhaltungs- und –betriebskosten zu berücksichtigen ist, ist beim ÖPNV als gemeinwirtschaftlich betriebenem Verkehrsmittel davon auszugehen, dass die hier zu erwartenden allenfalls geringen Nachfrageverlagerungen zu keinen

Fahrplananpassungen führen. Damit ist der fahrzeugseitige Ressourcenverzehr beim ÖPNV im Planfall gegenüber dem Bezugsfall unverändert (vgl. Kapitel 2.5:“Relevante Nachfragewirkungen“).

Die oben beschriebene Vorgehensweise zur Ermittlung der Reisezeitnutzen und der impliziten Nutzendifferenz beim induzierten und beim verlagerten Verkehr ist prinzipiell auch auf die Vorhaben mit überwiegender Fernverkehrsbedeutung (Verbindungsstufen 0 und 1 gemäß RIN) übertragbar. Hier kann die überschlägige Methode zur Ermittlung des vom ÖPNV (bzw. bei den hier maßgebenden Fernverkehrsrelationen vom SPV) auf den MIV (Arbeitsschritt 6) verlagerten Verkehrs durch eine differenzierte Wirkungsprognose unter Berücksichtigung der im Bezugsfall vorliegenden Nachfrage- und Widerstandsmatrizen des SPV ersetzt werden. Dies würde auch eine Einbeziehung der zwischen SPV und MIV unterschiedlichen Nutzerkosten in die Ermittlung der impliziten Nutzendifferenz ermöglichen.

Ist mit einem entsprechend differenzierten Modell für die Wirkungsprognose des vom SPV auf den MIV verlagerten Verkehrs eine Differenzierung nach SPFV und SPNV möglich, können bezogen auf die vom eigenwirtschaftlich betriebenen SPFV verlagerten Verkehrsleistungen Einsparungen bei den betreffenden Fahrzeugvorhaltungs- und –betriebskosten berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 8.5.2 „Schienenpersonenverkehr“).

3.5 Weiterentwickeltes Bewertungsverfahren für den Güterverkehr

3.5.1 Vorbemerkungen

Im Unterschied zum Personenverkehr wird im Güterverkehr (GV) bei den projektinduzierten Wirkungen nur verlagerter Verkehr betrachtet; Änderungen von Fahrtzielen und Transportmengen werden nicht betrachtet. Dies liegt daran, dass der Güterverkehr traditionell als eine von wirtschaftlicher Aktivität abgeleitete Nachfrage angesehen worden ist, die stark von den Standorten der Industrie bestimmt wird, während letztere durch die Verfügbarkeit von Bodenschätzen, Kapital und Arbeitskräften bestimmt sind.

Allerdings sind in Zeiten räumlich immer flexiblerer Arbeitskräfte, eines Übergangs zu immer hochwertigeren und heterogenen Produkten sowie immer anspruchsvollerer Logistik diese ursprünglichen Prämissen nicht mehr haltbar. Stattdessen ist zu erwarten, dass eine verbesserte logistische Erreichbarkeit zu einer Ansiedlung von Logistikgewerbe führen dürfte und dass eine Reduktion von Transportkosten zu Änderungen im Bestellverhalten und im Zuschnitt von Distributionsgebieten führen sollte.

Langfristig sollten die Güterverkehrsmodellierung und die anschließende Bewertung auch also auch mit den Phänomenen der veränderten Zielwahl sowie mit der veränderten Nutzung von Logistikketten umgehen können. Allerdings ist zum derzeitigen Wissensstand nicht absehbar, ob sich auch der sekundär induzierte Güterverkehr (im Sinne von Verlagerung von Produktion und Konsumstandorten) robust und quantitativ modellieren lässt. Infolgedessen sollte dieser bis auf weiteres – wie auch bisher – nicht in der Bewertung behandelt werden.

Für die Bundesverkehrswegeplanung 2015 sollte zunächst die Bewertung bezüglich des Verkehrsmittelwechsels verbessert werden und die Annahme getroffen werden, dass die Zielwahl durch Maßnahmen unverändert bleibt. „Zielwahl“ bezieht sich dabei auf die Produzenten und Konsumenten von Gütern.

Unter dieser Annahme kann der Nutzen (bzw. Wohlfahrt *W*) einer infrastrukturellen Maßnahme für die Versender, Transportunternehmen und den Staat über alle Verkehrsmodi und Verkehrsrelationen mittels des folgenden generischen Ausdrucks bestimmt werden:

$$\Delta W = \sum_m \sum_r \left(M_{mr0} \cdot \overrightarrow{e_{mr0}^{av}} - M_{mr1} \cdot \overrightarrow{e_{mr1}^{av}} \right) \overrightarrow{rk_m} + \sum_m \sum_r (M_{mr1} - M_{mr0}) \left(\frac{a_{mr1} + a_{mr0}}{2} \right)$$

Mit:

M_{mr0}: Transportvolumen (gemessen in Tonnen) auf Verkehrsmodus m und Transportrelation $r = i,j$ vor Implementierung einer Maßnahme. Ein Verkehrsmodus kann aus Fahrten eines oder mehrerer Verkehrsträger zusammengesetzt sein. Letzteres sind intermodale Transporte.

M_{mr1}: Transportvolumen auf Verkehrsmodus m und Transportrelation r nach Implementierung einer Maßnahme.

$\overrightarrow{e_{mr}^{av}}$: Vektor der Attribute der Verkehrsmittel mit Bewertungsrelevanz (insbesondere: Transportzeit, Transportweg, Unzuverlässigkeit). Die einzelnen Variablen beziehen sich auf die Mittelwerte über alle Nutzer hinweg.

$\overrightarrow{rk_m}$: Vektor der spezifischen Ressourcenverbrauchskostensätze, die jeweils auf die Attribute im Vektor $\overrightarrow{e_{mr}^{av}}$ angewendet werden.

a_{mr0}: Zahlungsbereitschaft der Kunden für eine zusätzliche Fahrt (gemessen in generalisierten Kosten) mit dem Verkehrsmittel m auf der Relation r vor der Implementierung einer Maßnahme.

a_{mr1}: Zahlungsbereitschaft der Kunden für eine zusätzliche Fahrt (gemessen in generalisierten Kosten) mit dem Verkehrsmittel m auf der Relation r nach der Implementierung einer Maßnahme.

Der Ausdruck ist äquivalent zum Verfahren im Personenverkehr (PV); auch jenes könnte man mit einer ähnlichen Gleichung notieren. Der rechte Summenterm bezieht sich auf die impliziten Nutzendifferenzen. So z.B. ist die implizite Nutzendifferenz auf Relation $r = i,j$ für Wechsler von Verkehrsmittel ab auf Verkehrsmittel auf durch folgenden Ausdruck gegeben:

$$\left(M_{i,j,ab,1} - M_{i,j,ab,0}\right) \left(\frac{a_{i,j,ab,1} + a_{i,j,ab,0}}{2} \right) + \left(M_{i,j,ab,0} - M_{i,j,ab,1}\right) \left(\frac{a_{i,j,auf,1} + a_{i,j,auf,0}}{2} \right)$$
$$\equiv M_{i,j,verl} \cdot \left(- \frac{a_{i,j,ab,1} + a_{i,j,ab,0}}{2} + \frac{a_{i,j,auf,1} + a_{i,j,auf,0}}{2} \right).$$

Die aufnehmende Seite enthält in diesem Ausdruck nur die von ab weg wechselnde Menge. Wenn man weiterhin davon ausgeht, dass man wie im PV die Entlastungswirkungen auf der abgebenden Seite vernachlässigt, dann ergibt sich

$$\approx M_{i,j,verl} \cdot \left(\frac{a_{i,j,auf,1} + a_{i,j,auf,0}}{2} - a_{i,j,ab} \right).$$

Die implizite Nutzendifferenz ist also gerade die Menge der Wechsler multipliziert mit (dem beobachteten Anteil) der Differenz der Zahlungsbereitschaften, ausgedrückt in generalisierten Kosten. Die Äquivalenz zum PV, siehe Gleichung (7) in Kapitel 3.4.3.3, sollte nun deutlich geworden sein. Das Konzept ist (natürlich) identisch zum PV: Die Differenz der beobachteten Zahlungsbereitschaften muss gerade derjenigen Nutzendifferenz entsprechen, die notwendig ist, um beide Optionen ins Gleichgewicht zu bringen. Anstelle der Zahlungsbereitschaften können alternativ auch die Grenzkosten eines zusätzlichen Transports eingesetzt werden. Da im kommerziell ausgerichteten GV davon ausgegangen werden kann, dass die kommerziellen Entscheider die Anteile der Transportkosten aus eigener Initiative monetarisieren, folgt die Erhebung quantitativer Werte für $\overrightarrow{rk_m}$ bzw. a_{mr} nicht notwendigerweise den gleichen Prinzipien wie im PV. Auf eine vollständig identische Notation wird daher verzichtet.

Ein wesentlicher Vorteil dieses Ansatzes ist, dass er keine Annahmen und Angaben darüber benötigt, bei wem Nutzengewinne anfallen: Versender, Empfänger, Transportunternehmen, Staathaushalt etc. Ressourcenverbräuche reflektieren sämtliche Aktivitäten, die für die Durchführung von Transporten von Rampe zu Rampe anfallen, also Anfahrtskosten, Wartekosten, Transportdurchführungskosten sowie Umschlagskosten. In diesen Kosten sind sowohl variable Kostenbestandteile der Fahrzeuge und Umschlagsanlagen (wie Energieverbräuche und Löhne) als auch variabilisierte Kapitalkosten (Kosten der Vorhaltung von Fahrzeugen und Umschlagseinrichtungen) enthalten.

Die für die jeweiligen Verkehrsträger zu berücksichtigenden Attribute sind entsprechend der vorhergehenden Ausführungen und unter Voraussetzung „plausibler“ Wert- und Kostenansätze festzulegen (vgl. FE-Projekt Nr. 96.1002/2012 „Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die

Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung“). Dabei sollen zwei Nutzenattribute im Vergleich zum bisherigen Verfahren eingeführt werden:

Zum einen sollen die Transportzeitkosten der transportierten Ware einbezogen werden. Diese Kosten repräsentieren einerseits die Kapitalbindung der transportierten Ware. Andererseits berücksichtigen sie, dass Transportzeiteinsparungen zu Verringerungen von Nachbestellzeiten und dadurch zu einer Steigerung der logistischen Reaktionsschnelligkeit führen, was wiederum eine Verringerung von Sicherheitsbeständen oder eine Erhöhung des Servicegrades nach sich zieht (vgl. FE-Projekt Nr. 96.1002/2012). Aus dem Verkehrsmittelwahlmodell geht sowohl der Nachweis einer entsprechenden Zahlungsbereitschaft als auch deren Höhe hervor. Diese Werte bilden die Basis zur Bewertung der Transportzeitkosten der Ware.

Zum anderen sollen sogenannte Unzuverlässigkeitskosten berücksichtigt werden. Diese beschreiben sowohl auftretende Schäden bei Verspätungen als auch Vorsorgekosten zur Verhinderung solcher Schäden aufgrund stochastischer Transport- und Ankunftszeiten. Vorsorgekosten fallen sowohl bei den Empfängern und Versendern als auch bei den Transport- und Logistikunternehmen an. Schwankende Transportzeiten führen in der Regel dazu, dass Waren früher bestellt und Sicherheitsbestände erhöht werden. Weiterhin werden bei der Transportplanung Zeitreserven eingeplant und Transportkapazitäten nicht optimal genutzt. Bezüglich der quantitativen Berücksichtigung der Zuverlässigkeit, siehe Kapitel 4.5.

Bei der Umsetzung des weiterentwickelten Konzeptes zur Bewertung des Güterverkehrs sind einige Besonderheiten speziell des Güterverkehrs zu beachten:

- Es gibt in der Regel mehrere Entscheider im Güterverkehr. Diese führen dezentral eigene Entscheidungen über die Logistikplanung durch und koordinieren sich auf den Transportmärkten. Wertschätzungen für Transportverbesserungen werden auf der Ebene der Versender und Empfänger gemessen. Es müssen folglich Annahmen über die Auswirkungen von Verkehrsverbesserungen auf unterschiedliche Akteure getroffen werden.

- Die Wasserstraßen haben einen großen Anteil an der Verkehrsleistung, und sie haben einige besondere Charakteristiken bezüglich ihrer Zuverlässigkeit, die hier insbesondere auf die monetären Transportkosten wirken.
- Die Verkehrsträger haben unterschiedliche Kosten- und Marktstrukturen, was sich in unterschiedlichen Vereinfachungen der impliziten Nutzendifferenz niederschlägt.
- Nicht immer stellt sich im Güterverkehr eine Marktsituation im Gleichgewicht dar, bei der die betriebswirtschaftlichen Durchschnittskosten von Transporten identisch sind (Etablierung eines Nutzergleichgewichts) und zudem gleich der Zahlungsbereitschaft des marginalen Nutzers sind (Annahme einer Preisbildung wie im vollständigen Wettbewerb). Auch hiermit muss ein praktisches Bewertungsverfahren umgehen können, indem z.B. zusätzliche Annahmen über das Verhalten von Nutzern und Anbietern von Transportdienstleistungen postuliert werden.

Aus diesen Gründen wird die Umsetzung des neuen Bewertungskonzeptes für die einzelnen Verkehrsträger separat aufgezeigt. Es zeigt sich dabei, dass sich die mathematischen Ausdrücke dabei zum Teil erheblich vereinfachen lassen. Unbenommen dieser Vereinfachungen ist vor der Implementierung des Konzepts der impliziten Nutzendifferenzen ein Nachweis zu erbringen, dass die Zahlungsbereitschaftsfunktionen in den Verkehrsmittelwahlmodellen sinnvolle und belastbare Funktionswerte anzeigen. Hierzu sind vor der Durchführung der Projektbewertungen geeignete Testrechnungen notwendig.

Die Berücksichtigung der Zuverlässigkeit wird in Kapitel 4.5 zusammenhängend behandelt. Die folgenden Kapitel 3.5.2 bis 3.5.4 beschreiben daher das revidierte Verfahren ohne Berücksichtigung der Zuverlässigkeit. Kapitel 3.5.6 enthält Hinweise zur eventuellen Berücksichtigung weiterer Nutzenkomponenten, welche die Versender und Empfänger betreffen (z.B. die Zuverlässigkeit).

3.5.2 GV Schiene

3.5.2.1 Bisheriges Verfahren GV Schiene

Nachdem die Nachfrage GV Schiene für den Bezugsfall erzeugt wurde, wird diese auf das Bezugsfallnetz umgelegt. Dabei stehen dem GV Schiene die Kapazitäten zur Verfügung, die der fahrplangebundene PV Bahn nicht in Anspruch nimmt; auf diesen verbleibenden Kapazitäten wird also die Umlegung durchgeführt.

Dabei wird berücksichtigt, dass überlastete Abschnitte Verzögerungen verursachen, welche diese Abschnitte unattraktiv machen, wodurch andere, längere, Routen hinzugenommen werden. Zusätzlich wird die Elastizität der Nachfrage berücksichtigt, d.h. hohe Fahrzeiten auf Relationen reduzieren auch die Nachfrage auf diesen Relationen. Bzgl. der Bewertung wird angenommen, dass dieser „abgelehnte“ Verkehr stattdessen auf der Straße fährt; allerdings wird für diese Berechnung nicht nochmals das Verkehrsmittelwahlmodell eingesetzt, sondern ein vereinfachter Elastizitätsansatz.

Verbesserungen der Infrastruktur führen im GV Schiene führen aufgrund der Erhöhung der Kapazität vor allem zu einem Abbau von Verzögerungen im Betriebsablauf und zu einer Erhöhung der Zuverlässigkeit. Da auf diese Weise die Bahn im GV attraktiver wird, hat dies Verlagerungswirkungen von der Straße auf die Bahn zur Folge. Dafür wird wiederum ein Elastizitätsansatz verwendet, da dieser nun, bei reduzierten Verzögerungen auf bestimmten Relationen, für diese Relationen wieder eine erhöhte Nachfrage vorhersagt. Dies ist als Verfahren insgesamt ausreichend, da im GV Schiene *nur* die Erweiterung von vorher knappen Kapazitäten Verlagerungen bewirkt.

Die Veränderungen im Ressourcenverzehr ergeben sich wieder durch die entsprechenden Rechnungen aus den Betriebsmodellen: die Betriebskosten Straßen sinken wg. der reduzierten Nachfrage; die Betriebskosten Bahn steigen wg. der erhöhten Nachfrage, sinken aber evtl. pro tkm wegen der höheren Geschwindigkeiten. Gesamtwirtschaftliche Gewinne ergeben sich typischerweise, weil der Ressourcenverzehr pro tkm auf der Schiene deutlich niedriger ist als auf der Straße.

3.5.2.2 Kritik am bisherigen Verfahren GV Schiene

In der Vergangenheit trug der Güterverkehr in einem erheblichen Maße zu den Nutzengewinnen von Schienen-Infrastrukturmaßnahmen bei. Die Ressourcenverbräuche für einen transportierten Tonnenkilometer auf der Straße lagen in einigen Segmenten sehr hoch. In der Folge zeigte der verwendete Ressourcenverbrauchsansatz bei einer Verlagerung des Güterverkehrs weg von der Straße und hin zu anderen Verkehrsmodi sehr hohe volkswirtschaftliche Gewinne an, die in der Nutzenkomponente NB3 reflektiert waren. Zeitverluste der Ladung selbst während der Transportdurchführung bzw. die mit der Wartezeit für Empfänger einhergehenden Logistikkosten wurden nicht als Ressourcenverzehr betrachtet (siehe Anhang A-3 Güterverkehr). Dies steht aber im Widerspruch zu aktuelleren Analysen zu Transportzeiteinsparungen im Güterverkehr (FE 96.1002/2012) denen zufolge eine höhere Transportgeschwindigkeit eine Erhöhung der Qualität von Logistiksystemen, die Ausnutzung von Zentralitätsvorteilen und eine Reduktion von Beständen zur Folge hat.

Im o.g. FE-Projekt 96.1002/2012 wurde auf Basis einer detaillierten Auswertung von Auslastungsgraden und Leerfahrtenanteilen auch die Berechnung der Kosten- und Wertansätze die Ressourcenverbrauchssätze in Bezug auf die Durchführung von Transporten aktualisiert. Infolgedessen ist anzunehmen, dass eine vermutete Überbewertung der Verlagerungswirkungen in der ehemaligen Nutzenkomponente NB3 (jetzt im generischen Verfahren enthalten) deutlich reduziert werden kann.

3.5.2.3 Quantifizierung der impliziten Nutzendifferenz beim GV Schiene

Da die Güterverkehrsnachfrage mit Hilfe eines Logit-Modells oder mit einem ihm angenäherten Elastizitätenmodell bestimmt wird, bietet sich die Möglichkeit, die implizite Nutzendifferenz der auf die Schiene wechselnden Verkehre zu quantifizieren. Implizite Nutzendifferenzen bzw. Kostendifferenzen begründen sich in nicht beobachteten oder beobachtbaren Interaktionen des die Transporte auslösenden Logistikprozesses.

Jedoch ergeben sich beim GV auf der Schiene gewisse Probleme, die durch die Eigenschaft des Bahnsystems bedingt sind:

- Es gibt auf der Bahn das Phänomen starrer Kapazitätsrestriktionen.
- Im realen Eisenbahnbetrieb, aber auch in einer Umlegung finden sich Elemente einer Optimierung wieder. Es gilt nicht unbedingt das Prinzip des Nutzergleichgewichtes.
- Züge auf der gleichen Relation können daher zur gleichen Zeit unterschiedlich lange Fahrzeiten und Distanzen benötigen.
- Gewinnorientierte Infrastrukturunternehmen könnten dazu neigen, Zahlungsbereitschaften auszunutzen; wohlfahrtsorientierte Betreiber würden dagegen Knappheitspreise verlangen.
- In der Realität gilt momentan ein reguliertes Trassenpreissystem. In Knappheitssituationen wäre zwar eine Auktion denkbar, aber praktisch wird ein Konflikt immer „irgendwie“ gelöst. Letzteres reflektiert sich auch in modernen Bahnumlegungsmodellen.

Als Folge dieser Eigenheiten müssen gewisse Vorkehrungen und Annahmen getroffen werden, die dafür sorgen, dass aus Nachfragefunktionen sinnvoll Zahlungsbereitschaften für Verkehrsmittelwechsler ermittelt werden können.

3.5.2.4 Empfehlungen für den GV Schiene

Um die Betrachtung realitätsnäher zu gestalten, wird für die Bewertung des Güterverkehrs zunächst eine **Modifikation der Ressourcenbilanzierung** durch das **Konzept der impliziten Nutzendifferenz** erweitert. Hierbei wird die Differenz der Ressourcenverbräuche vor und nach einer Maßnahme um einen Term korrigiert, der aus den Zahlungsbereitschaften der Nutzer – Versender und Empfänger – ermittelt wird. Hierfür sind folgende Vorarbeiten und Annahmen notwendig (vgl. Anhang A-3 Güterverkehr):

- In der Eisenbahnumlegung soll die Annahme postuliert werden, dass auf jeder Quelle-Ziel Relation kein Nachfrager befriedigt wird, dessen Zahlungsbereitschaft niedriger ist als die individuellen betriebswirtschaftlichen Grenzkosten

für eine Zugfahrt. Daraus ergibt sich automatisch, dass jeder Nachfrager, der befriedigt wird, eine Zahlungsbereitschaft höher als die individuellen betriebswirtschaftlichen Grenzkosten für eine Zugfahrt besitzt. Als individuelle betriebswirtschaftliche Grenzkosten einer Zugfahrt werden diejenigen (generalisierten) Aufwendungen verstanden, die für den Nutzer und die Infrastruktur anfallen würden, wenn ein zusätzlicher Zug eine Strecke von einer Quelle zu einer Senke fahren würde. Hierfür entstünden ggf. höhere generalisierte Kosten als für alle Züge im Schnitt, denn mit steigender Nachfrage müssen Züge zunehmend Umwege in Kauf nehmen.

- Die Eisenbahnumlegung muss so modifiziert werden, dass auf jeder Quell-Ziel Relation die Zahlungsbereitschaft des marginalen Zuges den individuellen Grenzkosten des teuersten gerade noch fahrenden Zuges entspricht. Dies gilt insbesondere im Falle von kapazitätsbedingt nicht mehr abfahrbarer Nachfrage. Hierzu ist das Verkehrsmittelwahlmodell direkt an das Bahnumlegungsmodell zu koppeln, und die entsprechenden Werte für die Grenzkosten bzw. Zahlungsbereitschaften vor und nach einer Maßnahme sind relationsweise auszugeben.
- Es ist sicherzustellen, dass aus dem Verkehrsmittelwahlmodell Zahlungsbereitschaften ermittelt werden können, deren Höhe und Änderung den in der Realität beobachtbaren Werten entspricht. Hierfür ist für ausgewählte Testrelationen exemplarisch das Verhalten des Nachfragemodells zu untersuchen.

Es wird davon abgeraten, in der Eisenbahnumlegung eine die Gesamtwohlfahrt optimierende Strategie zu implementieren, bei dem das Infrastrukturunternehmen in Knappheitssituationen gezielt nur denjenigen Zügen mit den höchsten Zahlungsbereitschaften über alle Quell-Ziel-Beziehungen Kapazität zuteilt. Eine Implementierung einer solchen Wohlfahrtsmaximierung würde eine nicht problemangemessene Komplexität in die Bahnumlegung bringen, da in der Nachfrageberechnung und Umlegung eine zusätzliche Anzahl an Iterations- bzw. Optimierungsschritten implementiert werden müsste, was die Rechenzeit überproportional ansteigen ließe. Außerdem entspräche sie nicht dem beobachteten Marktverhalten. Die Unterstellung von Wohlfahrtsmaximierung auf jeder einzelnen Quell-Ziel Relation bei gleichzeitiger

Nichtberücksichtigung der Wohlfahrtsmaximierung zwischen unterschiedlichen Quell-Ziel Relationen stellt zwar eine logische Inkonsistenz dar, die jedoch vernachlässigbar erscheint.

Zusammenfassend werden Nutzenänderungen für den Güterverkehr aufgrund von Eisenbahnprojekten wie folgt bewertet:

$$\begin{aligned}\Delta \boldsymbol{W} = \quad & \left(\boldsymbol{RK_{GVBahn,0}} - \boldsymbol{RK_{GVBahn,1}}\right) + \boldsymbol{NI_{GVBahn}} \\ & + \left(\boldsymbol{RK_{Strasse,0}} - \boldsymbol{RK_{Strasse,1}}\right) + \boldsymbol{NI_{GVStrasse}} \\ & + \boldsymbol{0}\end{aligned}$$

Mit RK: Volkswirtschaftliche Ressourcenkosten

NI: Anteil des impliziten Nutzens beim abgeben bzw. aufnehmenden Verkehrsträger

Die implizite Nutzenkomponente des Binnenschiffs (letzte Zeile) hebt sich gegen die Variation der dortigen Ressourcenverbräuche auf, da vollständiger Wettbewerb herrscht und Staueffekte vernachlässigbar klein sind: dies geschieht auf der abgebenden Seite generisch, wenn die Nutzerkosten den Ressourcenkosten genau entsprechen. Eine Verlagerungswirkung vom Binnenschiff zu Schiene spiegelt sich nur noch in einer Veränderung der impliziten Nutzenkomponente und der Ressourcenverbräuche der Schiene wieder.

Bei geringen Verlagerungseffekten von der Straße zur Schiene kommt es zu vergleichsweise geringen Entlastungen auf der Straße. Für die verbleibenden Nutzer der Straße ergibt sich in diesem Fall keine Variation ihrer spezifischen Ressourcenverbräuche. In diesem Fall gilt $\boldsymbol{RK_{Strasse,i}} = M_{Strasse,i} \cdot rk_{Strasse}$ (mit $i = 0{,}1$) und somit

$$\boldsymbol{RK_{Strasse,0}} - \boldsymbol{RK_{Strasse,1}} = \left(M_{Strasse,0} - M_{Strasse,1}\right) \cdot rk_{Strasse}\,,$$

wobei rk die spezifischen Ressourcenkosten pro transportierter Einheit sind. Die Differenz der Ressourcenverbräuche beim abgebenden Verkehrsträger Straße lässt sich also wie im bisherigen Verfahren als Produkt der wegfallenden Menge und der spezifischen Ressourcenkosten berechnen; hinzu kommt neu NI. Für den Personenverkehr (Kap. 3.4) ist dies bereits immer so angenommen.

Die Ressourcenkosten bestehen aus folgenden Komponenten:

$$\boldsymbol{RK = RWZ + RFB1 + RFB2 + RUML}$$

Mit:

RWZ: Zeitkosten der Ware

RFB1: Zeitabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

RFB2: Wegabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

RUML: Umladekosten (für den Betreiber der Transportkette bzw. des Verkehrsmittels).

Die einzelnen Komponenten der Ressourcenkosten berechnen sich wie folgt:

$$\boldsymbol{RWZ = M \cdot zw \cdot t}$$

$$\boldsymbol{RFB1 = M \cdot zf \cdot t_{prod}}$$

$$\boldsymbol{RFB2 = M \cdot wf \cdot d}$$

$$\boldsymbol{RUML = M \cdot uml}$$

Mit:

M: Transportmenge [Tonnen]

t: mittlere Rampe-zu-Rampe Transportzeit (Bruttotransportzeit)

zw: spezifische Zeitkosten der Ware

zf: spezifische Zeitkosten der Fahrzeugvorhaltung

t_{prod} produktive Transportzeit (Nettofahrzeit)

wf: spezifische wegabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

d: Transportdistanz

uml: Spezifische Umladekosten

Die impliziten Nutzenkomponenten berechnen sich wie folgt:

$$NI_{GVBahn} = \left(M_{GVBahn,1} - M_{GVBahn,0}\right) \cdot \left(\boldsymbol{zw} \cdot \frac{t_{GVBahn,1} + t_{GVBahn,0}}{\mathbf{2}} + \frac{p_{GVBahn,1} + p_{GVBahn,0}}{\mathbf{2}} \right)$$

$$NI_{GVStrasse} = \left(M_{GVStrasse,1} - M_{GVStrasse,0}\right) \cdot \left(\boldsymbol{zw} \cdot \frac{t_{GVStrasse,1} + t_{GVStrasse,0}}{\mathbf{2}} + \frac{p_{GVStrasse,1} + p_{GVStrasse,0}}{\mathbf{2}} \right)$$

Mit:

t: Rampe-zu-Rampe Transportzeit des marginalen Zuges bzw. des Lkw (Brutto-Transportzeit)

zw: spezifische Zeitkosten der Ware

p: Preis für die Transportlogistikdienstleistung inklusive ergänzender Umladevorgänge des marginales Zuges bzw. des Lkw aus Kundensicht (Netto-Marktpreise)

Die implizite Nutzendifferenz ergibt sich aus der Summe der beiden Ausdrücke. Der notwendige Vorzeichenwechsel entsteht dadurch, dass $(M_{GVBahn,1} - M_{GVBahn,0})$ positiv ist, $(M_{GVStrasse,1} - M_{GVStrasse,0})$ aber negativ. Für intermodale Ketten sind die Ausdrücke entsprechend zu erweitern. Anstelle der Grenzkosten können bei den Ausdrücken der impliziten Nutzendifferenzen auch die Zahlungsbereitschaften eingesetzt werden. Bei geringen Entlastungswirkungen auf der Straße vereinfacht sich $NI_{GVStrasse}$ zu

$$NI_{GVStrasse} = \left(M_{GVStrasse,1} - M_{GVStrasse,0}\right) \cdot \left(\boldsymbol{zw} \cdot t_{GVStrasse,0} + p_{GVStrasse,0} \right).$$

Auch hier ist also eine erneute Umlegung Straße nach der Verlagerung dann nicht mehr notwendig. Im Personenverkehr (Kap. 3.4) ist dies immer bereits so angenommen.

3.5.3 GV Straße

3.5.3.1 Bisheriges Verfahren GV Straße

Auch beim GV Straße ist der Ausgangspunkt eine Nachfragematrix für den Bezugsfall. Anders als bei der Bahn, bei der sich der Güterverkehr noch die vom Personenverkehr übrig gelassenen Trassen sucht, wird bei der Straße der GV gemeinsam mit dem PV auf das Netz umgelegt. Neubau, Beschleunigungen und Engpassausbau führen zu niedrigeren Fahrzeiten zwischen den Relationen. Aufgrund von Netzinterdependenzen führen geänderte Lkw-Routen zu positiven als auch negativen Wirkungen für den Personenverkehr. In der Summe ergeben sich sowohl im PV als auch im GV niedrigere Ressourcenverzehre. Im bisherigen Verfahren sind dies beim GV vor allem geänderte Kosten der Fahrzeugvorhaltung (NB1) sowie sinkende Lohnkosten (NB2a). Wie beim PV Straße werden im bisherigen Verfahren auch beim GV Straße die Verlagerungswirkungen erst *nach* der Netzumlegung berechnet.

3.5.3.2 Kritik am bisherigen Verfahren GV Straße

Wie im PV Straße werden die zusätzlichen Stauwirkungen, welche durch den zusätzlich hinzukommenden verlagerten Verkehr entstehen, im bisherigen Verfahren *nicht* berücksichtigt. Dies führt im bisherigen Verfahren zu einer Überschätzung des Nutzens der Maßnahme. Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass dieser Effekt im GV vergleichsweise gering ist (siehe im folgenden Abschnitt). Bisher werden weder Verkehrsmittelwahländerungen noch geänderte Zielwahl (induzierter Verkehr) berücksichtigt.

3.5.3.3 Empfehlungen für den GV Straße

Es ist davon auszugehen, dass Maßnahmen auf der Straße zu keiner spürbaren Verkehrsverlagerung im GV von der Schiene und den Wasserstraßen führen; diese möglichen Verlagerungen des GV werden folglich vernachlässigt. Aufgrund der fehlenden Verlagerungswirkung wird der Ausdruck für den impliziten Nutzen der Straße zu Null. Folglich sind Nutzenänderungen für den Güterverkehr aufgrund von Straßenprojekten wie folgt zu bewerten:

$$\Delta W = \left(RK_{Strasse,0} - RK_{Strasse,1}\right) + 0 + 0 + 0$$

Die Ressourcenkosten bestehen aus folgenden Komponenten:

$$RK = RWZ + RFB1 + RFB2 + RUML$$

Mit:

RWZ: Zeitkosten der Ware

RFB1: Zeitabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

RFB2: Wegabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

RUML: Umladekosten (für den Betreiber der Transportkette bzw. des Verkehrsmittels).

Die einzelnen Komponenten der Ressourcenkosten berechnen sich wie folgt:

$$RWZ = M \cdot zw \cdot t$$

$$RFB1 = M \cdot zf \cdot t_{prod}$$

$$RFB2 = M \cdot wf \cdot d$$

$$RUML = M \cdot uml$$

Mit:

M: Transportmenge [Tonnen]

t: Rampe-zu-Rampe Transportzeit (Bruttotransportzeit)

zw: spezifische Zeitkosten der Ware

zf: spezifische Zeitkosten der Fahrzeugvorhaltung

t_{prod} produktive Transportzeit (Nettofahrzeit)

wf: spezifische wegabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

d: Transportdistanz

uml: Spezifische Umladekosten

Die impliziten Nutzenkomponenten der Straße werden aufgrund der gemachten Annahmen hier nicht benötigt.

3.5.4 GV Wasserstraße

3.5.4.1 Besonderheiten der Binnenwasserstraßen

Die Binnenschifffahrtswege und die auf ihnen abgewickelten Transporte stellen einen gewissen Sonderfall dar: Die einzelnen Binnenwasserstraßen haben unterschiedliche Charakteristiken bezüglich Tiefgang, Vereisungsgefahr, Niedrig- und Hochwasserführung, Existenz von Schleusen und deren Kapazität sowie Kapazitätsengpässe an Engstellen. Einige Binnenwasserstraßen sind über das gesamte Jahr hinweg hochzuverlässig; andere sind manchmal wochenlang nicht befahrbar, und an anderen kommt es zu zeitweisen Stauphänomenen an Schleusen. Auch infolge dessen existieren verschiedene Arten von Maßnahmen mit Relevanz für eine Bundesverkehrswegeplanung. Daneben hinaus sind auch die Arten der transportierten Güter sehr unterschiedlich; heutzutage sind es sowohl Massengüter als auch intermodale Transporte mit Seecontainern. Aus dem die Schifffahrt nutzenden Versenderkreis wird berichtet, dass oft eine parallele Transportinfrastruktur zur Verfügung steht: In Fällen von Lastspitzen, Transportdringlichkeiten und/oder Schifffahrtsengpässen wird fallweise gerne auf die Bahn ausgewichen. Hierfür müssen unter Umständen auch redundante Transportkapazitätsreserven für beide Transportmodi vorgehalten werden, deren Nutzen und somit Kosten nicht eindeutig auf Zuverlässigkeitsprobleme der Binnenschifffahrt einerseits und Unzuverlässigkeiten der Logistiksysteme der Nutzer andererseits aufgeteilt werden können.

3.5.4.2 Kritik am bisherigen Verfahren GV Wasserstraße

In der Vergangenheit wurden in der BVWP für die Binnenschifffahrt eigenständige Modalüberlegungen angestellt, die sich an die Veränderung der Marktsituation von relevanten Verladern orientieren. Neben der semi-quantitativen bzw. qualitativen Betrachtung großer Verlader wurde auf ein eigens konzipiertes Modal-Split- Modell zurückgegriffen. Neben den maßnahmeninduzierten Transportkostensenkungen der Binnenschifffahrt berücksichtigt dieses Modell gütergruppenspezifische Verlagerungswahrscheinlichkeiten sowie die Verkehrsträgeranteile in der Ausgangssituation. Der Aspekt der Zuverlässigkeit wird in der Binnenschifffahrt über die Anzahl der

Tage, in denen die Wasserstraße eine entsprechende Abladetiefe garantiert, berücksichtigt. Engpässe treten auf der Wasserstraße eher selten auf. Treten sie auf, so wird die Kapazität der Wasserstraßen in der Regel durch die Schleusen begrenzt. Die Wartezeitunterschiede an den Schleusen zwischen Plan- und Vergleichsfall finden bei der Transportkostenberechnung Berücksichtigung. Somit reagieren die Transportkosten unmittelbar auf diese.

Zwar kommt das bisherige an Sonderfällen orientierte Verfahren den Besonderheiten der Binnenschifffahrtswege entgegen, aber es ist zu kritisieren, dass nicht mit einem einheitlichen und verkehrsträgerübergreifenden Modell operiert worden ist. Ein weiterer Kritikpunkt sind sehr geringe Nutzengewinne für die Verlagerung sperriger Transportgüter auf das Binnenschiff. Dies lag vermutlich daran, dass die Ressourceneinsparungen wegfallender Lkw- bzw. Schienentransporte aufgrund der Annahme unrealistisch hoher Gewichtsauslastungsgrade unterschätzt worden sind. Dies ist gleichbedeutend mit einer Unterschätzung der Zahlungsbereitschaft für verlagerte Verkehre.

3.5.4.3 Empfehlungen für den GV Wasserstraße

Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Binnenwasserstraßen in Bezug auf ihre Unzuverlässigkeit wird davon abgeraten, Unzuverlässigkeit ähnlich wie bei der Straße und Schiene in der Bewertung zu berücksichtigen. Auch existiert momentan kein geeignetes Wirkmodell, das einen Zusammenhang zwischen Kapazität, Belastung und Infrastrukturbestand einerseits und Unzuverlässigkeit bzw. Transportzeitschwankungen andererseits etabliert. Es wird deswegen vorgeschlagen, sämtliche Aspekte der Unzuverlässigkeit (Abladetiefen, Schleusenwartezeiten etc.) wie in den vergangenen Verfahren in Form von erhöhten Ressourcenbedarfen für die Transportdurchführung abzubilden. Diese spiegeln sich – unter der Annahme eines perfekten Marktes – auch in geänderten Frachttarifen wieder. Infolge dessen reagiert auch das Nachfragemodell auf diese geänderten Attribute.

Zusätzlich ändern sich durch bestimmte Kapazitätsmaßnahmen auch die mittleren Transportdauern, da beispielsweise sowohl die systematischen als auch stochastischen Wartezeiten an den Schleusen entfallen. Das Verkehrsmittelwahlmodell reagiert auch auf diese geänderten Transportdauern. Es wird folglich vorgeschlagen,

die mittleren Transportdauern des Gutes mit in die Ressourcenkosten aufzunehmen. Der Bewertungskostensatz ist aus dem Verkehrsmittelwahlmodell zu bestimmen.

Es wird zudem vorgeschlagen, den bisherigen und um die Transportdauer des Gutes erweiterten Ressourcenverbrauchsansatz um die impliziten Nutzendifferenzen zu erweitern. Hierdurch ergibt sich eine Symmetrie und Gleichbehandlung aller Verkehrsträger. Infolge dessen bezieht sich die implizite Nutzendifferenz für die Binnenwasserstraßen ausschließlich auf die Zahlungsbereitschaften bzw. Grenzkosten für generalisierte Kosten aus den beiden genannten Komponenten – Fahrzeitkosten und Transportdurchführungskosten.

Schließlich wird vorgeschlagen, bei sperrigen Gütern die Umrechnung von transportierten Tonnen in Fahrzeugeinheiten zu modifizieren. Bei diesen Gütern gibt es aufgrund ihres hohen Volumens eine sehr hohe Zahlungsbereitschaft für die Nutzung des Binnenschiffs und auch entsprechend große Einsparungen hinsichtlich des Ressourcenverzehrs. Um diesen Besonderheiten gerecht zu werden, sind die Auslastungsgrade entsprechend dem Volumengewicht zu reduzieren.[64]

Zusammenfassend werden Nutzenänderungen für den Güterverkehr aufgrund von Wasserstraßenprojekten wie folgt bewertet:

$$\begin{aligned}\Delta \boldsymbol{W} = \quad & \left(\boldsymbol{RK_{GVSchiff,0}} - \boldsymbol{RK_{GVSchiff,1}}\right) + \boldsymbol{NI_{GVSchiff}} \\ & + \left(\boldsymbol{RK_{Strasse,0}} - \boldsymbol{RK_{Strasse,1}}\right) + \boldsymbol{NI_{GVStrasse}} \\ & + \left(\boldsymbol{RK_{GVSchiene,0}} - \boldsymbol{RK_{GVSchiene,1}}\right) + \boldsymbol{NI_{GVSchiene}}\end{aligned}$$

Auch hier ist bei schwachen Entlastungswirkungen auf der Straße die Vereinfachung

$$\boldsymbol{RK_{Strasse,0}} - \boldsymbol{RK_{Strasse,1}} = \left(M_{Strasse,0} - M_{Strasse,1}\right) \cdot rk_{Strasse}\,,$$

möglich, siehe Abschnitt 3.5.2.4. Damit ist eine erneute Umlegung Straße unter Berücksichtigung der Verlagerungen dann nicht mehr nötig.

[64] Genau genommen betrifft dies alle Verkehrsträger; die Einschränkung dürfte aber bei Landverkehrsmitteln (Straße, Bahn) deutlich früher einsetzen als bei Wasserfahrzeugen.

Die Ressourcenkosten der Straße und der Schiene sind in den entsprechenden Abschnitten bereits definiert. Die Ressourcenkosten der Wasserstraßen bestehen aus folgenden Komponenten:

$$\boldsymbol{RK = RWZ + RFB1 + RFB2 + RUML}$$

Mit:

RWZ: Zeitkosten der Ware

RFB1: Zeitabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

RFB2: Wegabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

RUML: Umladekosten (für den Betreiber der Transportkette bzw. des Verkehrsmittels).

Die einzelnen Komponenten der Ressourcenkosten berechnen sich wie folgt:

$$\boldsymbol{RWZ = M \cdot zw \cdot t}$$

$$\boldsymbol{RFB1 = M \cdot zf \cdot t_{prod}}$$

$$\boldsymbol{RFB2 = M \cdot wf \cdot d}$$

$$\boldsymbol{RUML = M \cdot uml}$$

Mit:

M: Transportmenge [Tonnen]

t: mittlere Rampe-zu-Rampe Transportzeit (Bruttotransportzeit)

zw: spezifische Zeitkosten der Ware

zf: spezifische Zeitkosten der Fahrzeugvorhaltung

t_{prod} produktive Transportzeit (Nettofahrzeit)

wf: spezifische wegabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

d: Transportdistanz

uml: spezifische Umladekosten

Die impliziten Nutzenkomponenten der Wasserstraßen berechnen sich wie folgt:

$$NI_{GVWasser} = \left(M_{GVWasser,1} - M_{GVWasser,0}\right) \cdot \left(\boldsymbol{zw} \cdot \frac{t_{GVWasser,1} + t_{GVWasser,0}}{\mathbf{2}} + \frac{p_{GVWasser,1} + p_{GVWasser,0}}{\mathbf{2}}\right)$$

Mit:

t: Rampe-zu-Rampe Transportzeit des Schiffes (Brutto-Transportzeit)

zw: spezifische Zeitkosten der Ware

p: Preis für die Transportlogistikdienstleistung incl. Umladevorgängen des Schiffes aus Sicht der Kunden (Netto-Marktpreise)

Die impliziten Nutzenkomponenten der Straße und der Eisenbahnen sind bereits in den anderen Abschnitten definiert.

3.5.5 Aggregierte Darstellung der Wohlfahrtsänderungen für die Anbieter und Nachfrager von Güterverkehrsdienstleistungen

Aufgrund der Besonderheiten des Güterverkehrs hat es sich als sinnvoll herausgestellt, zusätzliche Variablenbezeichnungen einzuführen und eine Systembilanzierung vorzunehmen. Zur Sicherung der Darstellungskonsistenz im Vergleich zum Personenverkehr und zu vergangenen Untersuchungen wird vorgeschlagen, die Ergebnisse bezüglich der Wohlfahrtsveränderungen geeignet zu aggregieren.

Im allgemeinen Fall ergibt sich die Wohlfahrtsveränderung bei einem abgebenden und einem aufnehmenden Verkehrsmittel wie folgt:

$$\begin{aligned}\Delta \boldsymbol{W} = \quad & \left(\boldsymbol{RK_{auf,0}} - \boldsymbol{RK_{auf,1}}\right) + \boldsymbol{NI_{auf}} \\ & + \left(\boldsymbol{RK_{ab,0}} - \boldsymbol{RK_{ab,1}}\right) + \boldsymbol{NI_{GVab}}\end{aligned}$$

Mit den detaillierten Kostenkomponenten lässt sich dies wie folgt darstellen:

$$\begin{aligned}\Delta \boldsymbol{W} = \quad & \left(\boldsymbol{\Delta RWZ_{auf}} + \boldsymbol{\Delta RFB1_{auf}} + \boldsymbol{\Delta RFB2_{auf}} + \boldsymbol{\Delta RUML_{auf}}\right) + \boldsymbol{NI_{auf}} \\ & + \left(\boldsymbol{\Delta RWZ_{ab}} + \boldsymbol{\Delta RFB1_{ab}} + \boldsymbol{\Delta RFB2_{ab}} + \boldsymbol{\Delta RUML_{ab}}\right) + \boldsymbol{NI_{ab}}\end{aligned}$$

Mit:

RWZ: Zeitkosten der Ware

RFB1: Zeitabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

RFB2: Wegabhängige Betriebskosten des Fahrzeugs

RUML: Umladekosten (für den Betreiber der Transportkette bzw. des Verkehrsmittels).

Die Änderungen verschiedener Ressourcenkostenarten beim abgebenden und beim aufnehmenden Verkehrsmittel können wie folgt zusammengefasst werden:

$$\begin{aligned} NTZ_{auf} &= -\boldsymbol{\Delta RWZ_{auf}} \\ NB_{auf} &= -\boldsymbol{\Delta RFB1_{auf}} - \boldsymbol{\Delta RFB2_{auf}} - \boldsymbol{\Delta RUML_{auf}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NTZ_{ab} &= -\boldsymbol{\Delta RWZ_{ab}} \\ NB_{ab} &= -\boldsymbol{\Delta RFB1_{ab}} - \boldsymbol{\Delta RFB2_{ab}} - \boldsymbol{\Delta RUML_{ab}} \end{aligned}$$

Schließlich werden daraus die aggregierten Nutzenkomponenten gebildet:

$$\begin{aligned} NTZ &= NRZ_{auf} + NRZ_{ab} \\ NB &= NB_{auf} + NB_{ab} \\ NI &= NI_{auf} + NI_{ab} \end{aligned}$$

3.5.6 Eventuelle Berücksichtigung weiterer Nutzenkomponenten aus dem Bereich der „Versender und Empfänger“

In den vorangehenden Abschnitten wird davon ausgegangen, dass die berücksichtigten Belastungen der Versender und Empfänger aus den Zeitkosten der Ware und dem Preis der Transportlogistikleistung bestehen. Sollten weitere Nutzenkomponenten aus dem Bereich der „Versender und Empfänger“ berücksichtigt werden, so muss dies, wie bereits in Kapitel 3.4.4 für den Personenverkehr dargestellt, konsistent geschehen.

3.6 Äquivalenz der Bewertungsansätze nach dem Konzept des Ressourcenverzehrs mit impliziter Nutzendifferenz und nach dem Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente

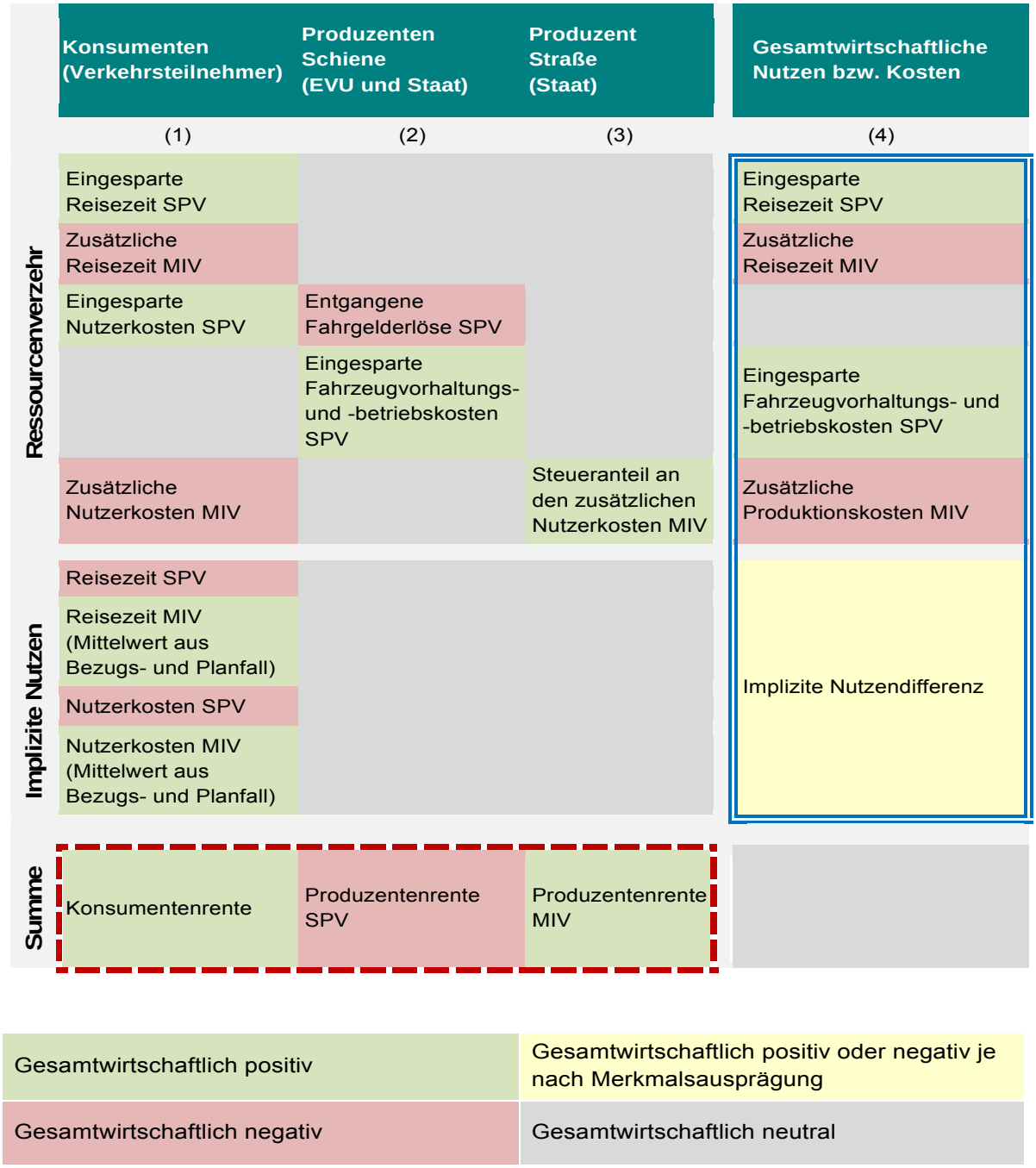
Wie im einführenden Kapitel 3.1 erwähnt, wird international in der Wirkungsbewertung üblicherweise das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente angewandt. Das in Kapitel 3.2 beschriebene Verfahren des BVWP 2003 wendet hingegen das Konzept des Ressourcenverzehrs an. Es wurde in Kapitel 3.1 auch gezeigt, dass letzteres Verfahren zu Inkonsistenzen zwischen Wirkungsprognose und Wirkungsbewertung führt. Aus diesem Grunde wurde in den Kapiteln 3.4 und 3.5 ein Verfahren entwickelt, welches diese Inkonsistenzen auflöst. Dabei wurde die Bilanzierung nach dem Konzept des Ressourcenverzehrs um den Term der impliziten Nutzendifferenzen erweitert. In Anhang A-2 Anwendung des Konzeptes der Konsumenten-/Produzentenrente im Personenverkehr und Anhang A-3 Güterverkehr konnte anhand theoretischer Überlegungen und zahlreicher Beispiele gezeigt werden, dass Wirkungsbewertungen

- nach Ressourcenverzehr und impliziter Nutzendifferenz und
- nach Konsumenten-/Produzentenrente

zu identischen Resultaten führen. Anhang A-4 Ableitung der impliziten Nutzendifferenz aus dem Partialökonomischen Modell verankert diese Überlegungen und Rechnungen in der ökonomischen Theorie, da gezeigt werden kann, dass die Herleitung der impliziten Nutzendifferenz auf den gleichen Grundzügen beruht, wie sie in mikroökonomischen Lehrbüchern zu finden ist.

In diesem Kapitel sollen die Zusammenhänge zwischen den maßgebenden Nutzenkomponenten und die unterschiedlichen Formen der Ergebnissynthese nach den beiden o.g. Methoden anhand einer Illustration nochmals verdeutlicht werden, Dazu wird der Fall einer Nachfrageverlagerung im Personenverkehr vom SPV zum MIV betrachtet. Dafür sind die aus Konsumenten- und Produzentensicht relevanten Nutzenkomponenten sind in Abbildung 3-2dargestellt. Dabei sei darauf hingewiesen, dass aus illustrativen Gründen lediglich die Fahrzeit und die Nutzerkosten als Attribute der Alternativen betrachtet werden. Analog müsste bspw. das Attribut Zuverlässigkeit dargestellt werden.

Abbildung 3-2: Wirkungsbewertung einer Nachfrageverlagerung vom SPV zum MIV: Schematische Darstellung der aus Konsumenten- und Produzentensicht relevanten Nutzenkomponenten und verschiedene Formen der Ergebnissynthese. Es wird nur der verlagerte Verkehr betrachtet.



In Abbildung 3-2, enthält Spalte (1) die relevanten Nutzenkomponenten aus der Sicht der Konsumenten (Verkehrsteilnehmer) und die Spalten (2) und (3) diejenigen aus

der Sicht der Produzenten Schiene und Straße. Unter „Produzenten Schiene“ werden die Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und der Staat und unter Produzent Straße der Staat verstanden. In Spalte (4) sind die gesamtwirtschaftlichen Nutzen bzw. Kosten dargestellt, wie sie als Ergebnissynthese im weiterentwickelten Bewertungsverfahren für die Bundesverkehrswegeplanung ausgewiesen werden sollen. Hier handelt es sich um eine zeilenweise Saldierung der Nutzen aus Konsumenten- und Produzentensicht.

Im Ressourcenverzehr stehen beim Wechsel vom SPV auf den MIV den eingesparten Reisezeiten im SPV die zusätzlich im MIV anfallenden Reisezeiten gegenüber. Da im Bereich Reisezeit keine Produzentennutzen zu berücksichtigen sind, entspricht die Reisezeitdifferenz MIV/SPV gleichzeitig dem gesamtwirtschaftlichen Nutzen. Neben den zusätzlichen Reisezeiten fallen beim Wechsel auf den MIV zusätzliche Nutzerkosten an. Diese verstehen sich einschließlich Steuern. Demgegenüber stehen zusätzliche Steuereinnahmen auf Produzentenseite (= Staat). Die Differenz aus zusätzlichen Nutzerkosten MIV und zusätzlichen Steuereinnahmen auf Produzentenseite entspricht den zusätzlichen Produktionskosten im MIV. Im SPV werden Nutzerkosten eingespart, woraus aber auch ein Rückgang der Fahrgelderlöse entsteht. Diese beiden Komponenten sind aus gesamtwirtschaftlicher Sicht neutral. Die durch den Nachfragerückgang beim SPV eingesparten Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten werden zusätzlich berücksichtigt.

Zur Berechnung der impliziten Nutzendifferenz sind weggefallenen Reisezeiten im SPV, der Mittelwert der Reisezeiten zwischen Bezugs- und Planfall, und analog die Nutzerkosten zu berücksichtigen.

Die Summe von Spalte (1) entspricht der Änderung der Konsumentenrente, die Summe von Spalte (2) der Änderung der Produzentenrente Schiene und die Summe von Spalte (3) der Änderung der Produzentenrente Straße. Der Unterschied zwischen dem Konzept des Ressourcenverzehrs in Kombination mit der impliziten Nutzendifferenz und dem Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente besteht als lediglich darin, ob die Ergebnissynthese als Zeilen- oder Spaltensumme erfolgt. Der Konsumenten-/Produzentenrentenansatz summiert über die rot/gestrichelt umrande-

ten Felder, während das weiterentwickelte Verfahren über Spalte (4) summiert (blau/doppelt umrandet).

3.7 Analyse von Engpässen im Verkehrsträger Straße

Das traditionelle Werkzeug zur Umlegung der Verkehrsnachfrage auf das Straßennetz ist die statische Umlegung.[65] Unterschiedliche Verkehrszustände zu unterschiedlichen Tageszeiten wurden durch separate statische Umlegungen modelliert.[66] Bei der statischen Umlegung muss allerdings stets angenommen werden, dass alle Fahrten innerhalb der statischen Periode abgewickelt werden können. Insbesondere im Fernverkehr ist diese Annahme kaum zu halten, weshalb auch das BVWP-Verfahren ein dynamisches Modell verwendet, welches u.a. auf Arbeiten von Serwill[67] beruht. Bei Serwill sind die Kantenbelastungen und somit auch die Kantenfahrzeiten abhängig von der Tageszeit. Eine Fahrt, die an einem Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt beginnt, „sieht“ also die aufeinanderfolgenden Kanten ihrer Route zu unterschiedlichen Zeitpunkten, und sucht nach der Route, die bezogen auf den Abfahrtszeitpunkt und die dynamischen Kantenfahrzeiten optimal ist.

Kantenbelastungen ergeben sich bei Serwill daraus, dass alle Routen, einschließlich der Information, wann sie auf einer Kante sind, „aufeinander“ gelegt werden. Daraus ergibt sich für jede Kante eine zeitabhängige Belastung und damit eine zeitabhänge Fahrzeit. Das resultierende Konsistenzproblem – die Fahrzeiten werden benötigt, um die optimalen Routen zu finden, aber die Fahrzeiten sind erst dann bekannt, wenn die Routen bekannt sind – wird durch Iterationen gelöst.

In der Arbeit von Serwill entstehen die Kantenfahrzeiten aus den Belastungen durch V-C-Funktionen. Das Verfahren kennt damit keinen Warteschlangenauf- und abbau. In der Dokumentation für die BVWP-Straßenumlegung findet sich kein Hinweis darauf, dass dies im dort verwendeten Verfahren anders gelöst ist. Die Fahrzeit durch ein Segment hängt somit zwar neben der Verkehrsmenge von vielen weiteren

---

65 Siehe z.B. Sheffi, Y., Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods, *Prentice-Hall,* Englewood Cliffs, NJ, USA 1985.

66 Sheffi 1985, a.a.O., S. 20.

67 Serwill, D., DRUM: Modellkonzept zur dynamischen Routensuche und Umlegung, Dissertationsschrift *RWTH Aachen,* 1994.

Parametern wie Straßentyp oder Steigung ab; sie ist aber nicht davon abhängig, ob die vorherige Zeitscheibe möglicherweise eine Warteschlange hinterlassen hat, die zunächst abgebaut werden müsste.[68]

Nehmen wir zur Illustration des Problems einen Engpass, welcher eine Kapazität von 2000 FZ/h (Fahrzeuge pro Stunde) habe, während stromaufwärts und stromabwärts überall 4000 FZ/h möglich seien. Nehmen wir nun an, dass während der ersten betrachteten Stunde 2500 FZe auf den Engpass zufahren, gefolgt von 2000 FZ/h in allen folgenden Stunden. Als Resultat gäbe es in allen auf die erste Stunde folgenden Stunden ein Rückstau mit 500FZen, und ein vor dem Engpass ankommendes FZ müsste zunächst 15 min warten, bevor es in den Engpass einfahren könnte.

- Ein Modell mit Warteschlangenauf- und -abbau würde dies genau so simulieren.
- Ein Modell, welches Fahrzeiten nur aufgrund der Belastungen berechnet – ohne Berücksichtigung der Vorgeschichte[69] – würde bei späteren Zeitscheiben sehen, dass 2000FZe/h auf den Engpass zufahren, aber auch 2000FZe/h abfließen, und somit keinen Überlastungszustand anzeigen.

Somit unterschätzt ein Modell ohne Warteschlangenauf- und -abbau also möglicherweise Stauwirkungen, falls sich der Stau über mehrere Stunden erstreckt. Daraus könnte sich im BVWP-Verfahren eine Unterschätzung des volkswirtschaftlichen Nutzens der Beseitigung des Engpasses ergeben. Andererseits gibt es im Umfeld des BVWP-Verfahrens Anstrengungen, die Modellierung und Analyse von Engpässen zu verbessern. Diese Verfahren soll im Folgenden vorgestellt werden.

---

[68] Die internationale Literatur verwendet die Begriffe “queue” und “spill-back”, wobei mit letzterem insbesondere gemeint ist, dass eine Warteschlange sich in die Richtung stromaufwärts vom Engpass ausdehnt (siehe z.B. Daganzo, C., Queue spillovers in transportation networks with a route choice, *Transportation Science,* 1998, 32(1), 3-11). Wir hätten spill-back mit Rückstau übersetzt. Allerdings schreibt Serwill, dass sein Verfahren Rückstau modellieren würde. Es handelt sich aber dezidiert nicht um spill-back. Daher wird in diesem Text die Bezeichnung „Warteschlange“ zur Übersetzung von spill-back verwendet. Es sei darauf hingewiesen, dass die Texte von SSP den Begriff „Rückstau“ im Sinne von „spill-back“ verwenden.

[69] Dies ist das entscheidende Kriterium. Eine Kantenimpedanzfunktion, die keine mathematische Abhängigkeit von ihrer Vergangenheit hat, *kann* keine dynamischen Warteschlangen simulieren, da sie keine Möglichkeit hat, eine Warteschlange aus einer vorherigen Zeitscheibe zu übernehmen.

3.7.1 Verfahren von IVV

Die Ingenieurgesellschaft IVV hat in Zusammenarbeit mit Prof. Brilon ein Verfahren entwickelt, welches u.a. die „Jahresstaustunden pro Segment“ ausweist.[70] Dafür werden zunächst durch ein Ganglinien-orientiertes Verfahren, mit unterschiedlichen Ganglinien für unterschiedliche Tagestypen, für jedes Segment die stündlichen Belastungen berechnet. Sodann werden für jedes Segment die Stunden, bei denen die Belastung zu „niedrigen Geschwindigkeiten“ führt (z.B. niedriger als 75km/h), über das Jahr aufsummiert. Somit kann man für jedes Segment die Anzahl der Jahresstunden angeben, während derer niedrige Geschwindigkeiten herrschen.

Das Verfahren dient dazu, problematische Segmente im Netz zu erkennen. Aufgrund dieser Analyse können dann Maßnahmen für den BVWP vorgeschlagen und im Rahmen der BVWP-Nutzen-Kosten-Analyse bewertet werden. Das Verfahren selber ist nicht zur Verwendung im Rahmen einer volkswirtschaftlichen Analyse vorgesehen. Es wird daher hier nicht weiter betrachtet.

3.7.2 Verfahren von SSP

Zur Verbesserung der Bewertung von Knotenpunkten wird von der Firma SSP Consult seit 2009 ein Forschungsprojekt bearbeitet. Ein Abschlussbericht liegt noch nicht vor, so dass sich die folgende Analyse auf einen Zwischenbericht, Präsentationsmaterial sowie auf eine „Kurzdarstellung des Verfahrensablaufes“ stützt.[71] Außerdem liegt Kapitel 9 („Rückstaumodell“[72]) des Schlussberichts im Entwurf vor.

Zunächst fällt auf, dass der Zwischenbericht das Verfahren von IVV nicht referenziert. Auch wenn es sich um unterschiedliche Aufgabenstellungen handelt, wäre eine kurze Abgrenzung für den Leser hilfreich gewesen.

---

[70] IVV & Verkehrswesen Bochum. Engpassuntersuchung für das BAB-Netz / Stufe I. Schlussbericht für Forschungsprojekt VE-Nr. 26129/1996, Ingenieurgruppe IVV Aachen, Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum, 1998. Im Auftrag des BMV.

IVV & BBW. Engpassuntersuchung für das BAB-Netz / Stufe II. Schlussbericht für Forschungsprojekt FE-Projekt Nr. 26.139/1999, Ingenieurgesellschaft IVV Aachen, Brilon Bondzio Weiser Ingenieurgesellschaft für Verkehrswesen mbH Bochum, 2004. Im Auftrag des BMVBS.

IVV. Engpassanalyse für die Bundesfernstraßen / Netzfälle 2010, 2010+ und VB/WB*. Kurzbericht, Ingenieurgruppe IVV Aachen, 2012. Im Auftrag des BMVBS.

[71] SSP. Untersuchung des Verkehrsablaufs an Autobahnkreuzen und -dreiecken in NRW. Projekt-Nr. NW.00.44/2008, SSP Consult Beratende Ingenieure GmbH, seit 2009. Im Auftrag von Straßen.NRW.

[72] Hier wird “Rückstau” offenbar im Sinne von “spill-back” verwendet.

Aus den Präsentationsfolien sowie der „Kurzdarstellung“ geht hervor, dass es sich um ein echtes Rückstaumodell handelt, bei dem der Überschuss der Nachfrage über die Kapazität des Engpasses am Ende der Stunde aufgestaut sein wird. Kapitel 9 des Schlussberichtes nennt den Begriff „pseudo-dynamische Umlegung (pseudo-dynamic assignment)“ und erklärt das Verfahren dann genau. Wesentliche Aspekte sind:

- Jede Kante besitzt eine (harte) maximale Flusskapazität, sowie eine (harte) maximale Standkapazität.
- Das Verfahren bezieht sich auf eine vorher festgelegte Zeitscheibe, z.B. eine Stunde.
- Verkehrsflüsse folgen den Routen aus einer vorherigen makroskopischen Umlegung, die sich auf diese Zeitscheibe bezieht.
- Verkehrsflüsse, die die Kapazitäten überschreiten, werden aufgestaut. Wenn z.B. eine Kante eine Flusskapazität von 1000 FZe/h hat, die makroskopische Umlegung aber auf 1200 FZe/h kommt, so sind am Ende der Stunde 200 FZe auf der Kante aufgestaut.
- Diese 200 FZe werden strom*ab*wärts nicht mehr berücksichtigt, womit dort andere Engpässe möglicherweise deaktiviert werden. Das Verfahren arbeitet iterativ, um diese Abhängigkeiten aufzulösen.
- Stattdessen werden die 200FZe strom*auf*wärts gestaut. Falls die Standkapazität der Kante selbst erschöpft ist, werden überschüssige Fahrzeuge weiter stromaufwärts gestaut. Falls eine dieser stromaufwärtigen Kanten Verkehrsfluss in andere Richtungen abgibt, so werden auch diese Verkehrsflüsse durch den Stau behindert. Auch dies wird innerhalb der Iterationen konsistent gemacht.

Die Wartezeiten ergeben sich aus der Stauwirkung. Diese besteht aus zwei Teilen:

- (1) Akkumulierte Wartezeiten bis zum Ende der Zeitscheibe. Z.B. ergibt sich in obigem Fall gerade $200\ FZe \cdot 1\ h\ /\ 2 = 100\ h$.

- (2) Wartezeiten nach dem Ende der Zeitscheibe. Z.B. benötigen die aufgestauten 200 FZe bei einer Kapazität von 1200 FZe/h weitere 10 min, bis das letzte FZ den Engpass passiert hat, also $5\frac{min}{FZ} \cdot 200\ FZe = 16.66\ h.$

In der nächsten Zeitscheibe würde dann wieder mit einem ungestauten System gestartet werden. Im realen System würde der Stau auf die nächste Zeitscheibe übertragen werden und zunächst immer weiter anwachsen. Da dies zu *höheren* Wartezeiten führen würde, dürfte das vorgeschlagene Verfahren die Stauwirkungen zunächst unterschätzen. Andererseits würde solch ein immer weiter wachsender Stau in der Realität wohl zu Umfahrungs-Reaktionen seitens der Verkehrsteilnehmer führen, was am betrachteten Engpass zu *niedrigeren* Wartezeiten führen würde. Von der Tendenz her kompensieren sich also der Neustart am Ende einer jeden Zeitscheibe und die fehlende Umfahrungs-Reaktion.

Ein wesentlicher Teil des Zwischenberichtes beschäftigt sich mit der Datenerhebung und Typisierung von Knotenpunkten. Für eine bessere Analyse von Engpässen in Knotenpunkten muss zunächst die Datenbasis vorliegen. Erfreulicherweise lässt sich aus dem vorliegenden Zwischenbericht ableiten, dass diese Daten zumindest im Raum Nordrhein-Westfalen (NRW) inzwischen zur Verfügung stehen.

Das Verfahren wurde im Raum NRW für die Nutzen-Kosten-Analyse eingesetzt. Damit wäre es im Prinzip auch im BVWP-Verfahren einsetzbar; fehlende Daten außerhalb von NRW müssten notfalls erarbeitet werden. Da sich das Verfahren auf Knotenpunkte bezieht, könnte es ggf. eingesetzt werden, um Maßnahmen an Knotenpunkten, die im BVWP-Standardverfahren nicht detailliert genug bewertet werden können, entsprechend nachzubewerten. Eine weitergehende Empfehlung kann an dieser Stelle nicht ausgesprochen werden, da der vollständige Abschlussbericht nicht vorliegt.

3.7.3 Charakterisierung der makroskopischen Umlegung im Vergleich

Es lohnt sich an dieser Stelle ein Blick auf die Annahmen, welche die bisher verwendete makroskopische Umlegung durch die Verwendung von Capacity Restraint (CR) Funktionen macht. Wenn man hier davon ausgeht, dass das Modell so kalibriert ist, dass die tatsächlichen Mengen (FZe/h) realitätsnah sind, dann

bedeutet dies, dass die jeweilige CR-Funktion so gewählt ist, dass bereits bei einer geringfügigen Überschreitung der verkehrstechnischen Kapazität die Geschwindigkeiten sehr niedrig sind. Denn nur so ist zu erreichen, dass der überschüssige Verkehr in der Simulation auf andere Routen ausweicht.

Stärkere Abweichungen zwischen Modell und Realität wären dann theoretisch noch möglich, wenn das gesamte Straßenverkehrssystem immer weiter „volllaufen“ würde; ein Modell ohne Warteschlangen würde dann dennoch immer die gleichen Reisezeiten vorhersagen, während ein Modell mit Warteschlangen wachsende Warteschlangen vorhersagen würde. Dabei ist zu beachten, dass das BVWP-Verfahren normalen Verkehr simuliert; besondere Ereignisse wie Unfälle oder Baustellen sind außerhalb des Verfahrens und diese Situation tritt dadurch erfahrungsgemäß selten ein.

3.7.4 Alternative Ansätze

International viel diskutiert wird die sogenannte „dynamische Umlegung mit physikalischem Rückstau“.[73] Darunter wird verstanden, dass die gesamte Nachfrage zeitabhängig ins Simulationssystem eingespeist wird (dies geschieht auch schon im bisherigen BVWP-Verfahren), und dass sich an Engpässen explizit Warteschlangen bilden. Das Adjektiv „physikalisch“ bezieht sich darauf, dass sich der Rückstau tatsächlich auch physikalisch ausdehnt, im Unterschied zu Modellen, wo sich zwar Fahrzeuge vor dem Engpass stauen, diese aber (im Computermodell) keinen Platz verbrauchen. Der „physikalische“ Rückstau ist vor allem nötig, um Wirkungen ausgedehnter Staus an Engpässen auf Verkehrsströme zu erfassen, welche gar nicht durch den Engpass hindurch wollen.

Für ein bundesweites Verfahren ist die dynamische Umlegung mit physikalischem Rückstau derzeit noch zu langsam; große Modelle erfassen derzeit Regionen mit mehreren Millionen Personen (Balmer et al., 2009). Die Entwicklung dieser Modelle

[73] Siehe z.B. Chiu, Y.-C.; Bottom, J.; Mahut, M.; Paz, A.; Balakrishna, R.; Waller, T. & Hicks, J., A Primer for Dynamic Traffic Assignment,*Transportation Research Circular E-C153, Transportation Research Board,* 2011; Carey, M. & Watling, D., Introduction to a special issue ``Dynamic Traffic Assignment II",*Networks and Spatial Economics, Springer Netherlands,* 2003, 3, 403-406, sowie darin referenzierte Arbeiten.

sollte weiterhin beobachtet werden; für Ballungsraumprojekte sind sie jetzt schon potentiell geeignet.

3.7.5 Zusammenspiel mit Zuverlässigkeit

Es ist zu erwarten, dass die neue Komponente der Zuverlässigkeit im BVWP-Verfahren zu einem höheren volkswirtschaftlichen Nutzen von Engpassbeseitigungen führt. Die Unzuverlässigkeit auf einer Relation steigt nämlich mit dem Überschuss der tatsächlichen über die freie Reisezeit an. Damit dürften Vorhaben, die belastungsbedingte Langsamfahrstellen auflösen, gegenüber reinen Beschleunigungsmaßnahmen in Bezug auf die volkswirtschaftlichen Nutzen eine Aufwertung erfahren. Die Stärke dieses Effektes kann aufgrund fehlender Daten derzeit (noch) nicht abgeschätzt werden.

3.7.6 Fazit

Das IVV-Modell der Engpass-Analyse (nicht zu verwechseln mit dem Modell der Straßenumlegung) ist nicht für die Nutzen-Kosten-Analyse vorgesehen. Das SSP-Modell erscheint prinzipiell geeignet; für eine endgültige Beurteilung fehlen allerdings ein vollständiger Endbericht und Testrechnungen (letztere möglicherweise im Endbericht enthalten). *Insgesamt* wird daher empfohlen:

- zunächst die Effekte der Einbeziehung der Zuverlässigkeit zu analysieren, bevor weitere Schritte unternommen werden, sowie
- beim innerhalb des vorliegenden FE-Projekts geschilderten Forschungsbedarf über Ballungsraumprojekte auch Modelle, die ganze Tagesabläufe mit explizitem Rückstau simulieren, explizit zu berücksichtigen.

4 Prüfung der Aufnahme neuer Nutzenkomponenten sowie Ausgestaltung der Bewertung

4.1 Lebenszyklusemissionen von Treibhausgasen beim Bau und Betrieb der Infrastruktur

Im Bewertungsverfahren des BVWP 2003 wurden Abgasemissionen nur aus dem Betrieb von Fahr- bzw. Flugzeugen und Binnenschiffen betrachtet. In das weiterentwickelte Bewertungsverfahren werden zusätzlich die Treibhausgasemissionen (THG-Emissionen) während des Lebenszyklus der Verkehrsinfrastruktur einbezogen. Die Abgasemissionen aus dem Betrieb von Fahr- bzw. Flugzeugen und Binnenschiffen werden weiterhin analog zum BVWP 2003 als gesonderte Nutzenkomponente betrachtet.

Unter „Lebenszyklusemissionen“ werden alle THG-Emissionen verstanden, die mit den Erstinvestitionen, Reinvestitionen der Streckenunterhaltung und dem Betrieb der zu bewertenden Infrastrukturmaßnahme verbunden sind.

Die hierfür erforderlichen Wertansätze wurden aus einer entsprechenden Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes[74] abgeleitet. In Tabelle 4-1 sind die spezifischen Treibhausgasemissionen für die Eisenbahninfrastruktur differenziert nach Streckenkategorien bzw. Maßnahmentypen zusammengestellt.

Tabelle 4-1: spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei der Eisenbahninfrastruktur

Streckenkategorie bzw. Maßnahmentyp	Spezifische THG-Emissionen in t CO_2-e/km Einzelgleis und Jahr
Neubaustrecke im Flachland	33
Neubaustrecke im Mittelgebirge	68
Ausbaustrecke (zusätzliches Gleis)	23
Elektrifizierung vorhandener Gleise	2
Geschwindigkeitserhöhung bei vorhandenen Gleisen	4

[74] Öko-Institut e.V., Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, im Auftrag des Umweltbundesamtes, 2014

In der UBA-Studie finden sich darüber hinaus noch entsprechende Angaben zu „konventionellen Strecken“. Da sich diese im wesentlichem auf Reinvestitionen beziehen, sind diese für den BVWP nicht relevant.

Unter CO_2-e werden CO_2-Äquivalente verstanden, in denen sämtliche Arten von Treibhausgasen zusammengefasst sind. Tabelle 4-2 zeigt die entsprechenden Wertansätze für die Straßeninfrastruktur.

Tabelle 4-2: spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei der Straßeninfrastruktur

Streckenkategorie	Spezifische THG-Emissionen in kg CO_2-e/m^2 Straßenoberfläche und Jahr
Straße ohne Kunstbauwerke	
▪ Bundesautobahnen	6,2
▪ Bundesstraßen	4,6
Aufschlag im Bereich von Brücken	12,6
Aufschlag in Tunnelbereichen	27,1

Die Wertansätze für Bundesautobahnen und Bundesstraßen ohne Kunstbauwerke verstehen sich als Grundwerte. Für Brücken- und Tunnelabschnitte sind die betreffenden Wertansätze zu den Grundwerten zu addieren.

Die für die Ermittlung der THG-Emissionen der Infrastruktur des Verkehrsträgers Wasserstraße benötigten Wertansätze sind in Tabelle 4-3 dargestellt.

Tabelle 4-3: spezifische THG-Lebenszyklusemissionen bei der Infrastruktur des Verkehrsträgers Wasserstraße

Anlagenteil	Spezifische THG-Emissionen
Uferbefestigung (beide Ufer)	15,8 kg CO_2-e/m und Jahr
Kanäle	32,3 kg CO_2-e/m und Jahr
Schleusen	874 kg CO_2-e/Schleuse und Jahr
Kanalbrücken	491 kg CO_2-e/Brücke und Jahr

4.2 Behandlung von Crowding-out-Effekten

Unter Crowding-Out-Effekten werden im Allgemeinen Verdrängungswirkungen verstanden, die durch staatliche Aktivitäten entstehen. Hier geht es um die negativen Auswirkungen, die die Abdeckung des staatlichen Finanzierungsbedarfes von Infrastrukturprojekten mit sich bringen kann. [75]

In der internationalen Literatur werden die Schattenkosten der Besteuerung auch als (Marginal) Costs of Public Funds (MCPF) bezeichnet. Sie sind Ausdruck der Tatsache, dass staatliche Finanzmittel nicht kostenlos zur Verfügung stehen. Nach der Einführung bzw. Erhöhung einer Abgabe/Steuer zur Finanzierung staatlicher Aktivitäten wählen Wirtschaftssubjekte andere Güterbündel als vorher von ihnen bevorzugt. Diese Ausweichreaktionen führen zu einem quantifizierbaren Wohlfahrtsverlust. Die Höhe dieser volkswirtschaftlichen Kosten differiert wegen unterschiedlicher Mobilität und Substituierbarkeit der besteuerten Faktoren für verschiedene Steuerarten und -höhen. Bei steigendem Steuersatz geht man von einer überproportionalen Zunahme der Wohlfahrtsverluste aus.

Seit den 1970er Jahren existieren empirische Schätzungen über die Höhe der Schattenkosten der Besteuerung (z.B. Browning (1976) für Lohnsteuern in den USA). Die Ergebnisse dieser Schätzungen unterscheiden sich stark, was auf Unterschiede

[75] Klatt (2010, S. 273, ff.) weist darauf hin, das neben den (nicht-verkehrlichen) Schattenkosten der Besteuerung auch eine direkt mit Verkehrsprojekten verbundene ineffiziente Verkehrsverdrängung stattfinden kann. Zudem existieren direkte Erhebungs- und Vollzugskosten für Steuern, die z.B. bei der Einführung von Mautsystemen eine kritische Rolle spielen können.

in den methodischen Ansätzen sowie Charakteristika des betrachteten Landes und der analysierten Steuerart zurückzuführen ist. Eine aktuelle EU-Studie (Barrios/Pycroft/Saveyn (2013)) vergleicht mit Hilfe eines berechenbaren Gleichgewichtsmodells die MCPF von Lohn- und Energiesteuern für 24 EU-Länder. Für Deutschland werden Werte von 2,04 (Lohnsteuern) bzw. 1,24 (Energiesteuern) ermittelt, der EU-Durchschnitt liegt bei 1,97 bzw. 1,17. Das bedeutet, dass bei einer marginalen Erhöhung der Lohnsteuer in Deutschland für jeden erhobenen Euro ein Wohlfahrtsverlust von 2,04 EUR entstünde. Auch die in der Studie durchgeführten Sensitivitätsrechnungen z.B. bezüglich der Elastizität des Arbeitsangebotes und einer alternativen Rückverteilung von Energiesteuern ergeben stets Werte > 1 für die MCPF. Diese Ergebnisse liegen im Rahmen anderer vergleichbarer Untersuchungen. So ermittelt Birch Sörensen (2010) für eine proportionale Anhebung der schwedischen Lohnsteuern MCPF von 1,32.

In der internationalen Bewertungspraxis werden die Schattenkosten der Besteuerung unterschiedlich berücksichtigt. Im weiten Teilen der Welt, wie dem angelsächsischen Raum, in der Schweiz und in den Niederlanden werden die MCPF auf 1 gesetzt. Dagegen werden in Finnland, Norwegen, Schweden und Frankreich die Investitionskosten für Infrastrukturprojekte mit dem Faktor 1,2 bzw. 1,3 multipliziert, um den Wohlfahrtsverlusten aufgrund von Steuererhebung Rechnung zu tragen. Als Argument für eine Nichtberücksichtigung der MCPF im Rahmen der Bewertung von Infrastrukturprojekten wird oft die große Unsicherheit über Richtung und Ausmaß der Wohlfahrtseffekte angebracht (vgl. ECOPLAN/METRON (2005, S. 140)). Ebenso spielt der Einschluss von Crowding-Out-Effekten in die NKA dann keine Rolle, wenn der Anspruch auf Ermittlung relativer Vorteilhaftigkeit von Infrastrukturprojekten (Reihung aufgrund von NKVs) besteht, da sich durch Zuschlagsfaktoren nichts an der vorherigen Reihung der Projekte ändert. Diese relative Reihung von Projekten (unter der Nebenbedingung NKV > 1) ist ein Hauptziel der Bundesverkehrswegeplanung.

Aufgrund der Unsicherheiten über die tatsächliche Höhe der MCPF und in Anlehnung an die angelsächsische Praxis wird empfohlen, keine Zuschlagsfaktoren für die

Schattenkosten der Besteuerung in der BVWP-Bewertungsmethodik zu verwenden. Das deckt sich auch mit den diesbezüglichen Empfehlungen aus HEATCO (2005).[76]

4.3 Behandlung räumlicher und regionalwirtschaftlicher Effekte

Im Bewertungsverfahren des BVWP 2003 wurden wirtschaftliche Effekte (über Transportkostensenkungen hinaus) in Form räumlicher Vorteile bzw. regionalwirtschaftlicher Effekte betrachtet. Dabei wurden Beschäftigungswirkungen in den Nutzenkomponenten NR 1 (Beschäftigungseffekte aus dem Bau von Verkehrswegen), NR 2 (Beschäftigungseffekte aus dem Betrieb von Verkehrswegen) und NH (Beschäftigungseffekte aus der verbesserten Anbindung von Seehäfen) ermittelt. Zudem gab es im Verfahren des BVWP 2003 die Nutzenkomponente NR 3, in der Beiträge zur Förderung internationaler Beziehungen bewertet wurden. Diese Nutzenkomponenten werden im Folgenden überprüft.

Zudem wird analysiert, ob positive Agglomerationseffekte und Effekte aufgrund unzureichender Infrastrukturkapazitäten in das Verfahren aufgenommen werden sollten. Behandelt wird auch die Frage, inwieweit raumordnerische Effekte in das Bewertungsverfahren integriert werde sollten. Im Bewertungsverfahren des BVWP 1992 waren diese Teil der Nutzen-Kosten-Analyse, im BVWP 2003 gab es hingegen mit der Raumwirksamkeitsanalyse ein separates Bewertungsmodul.

4.3.1 NR 1 Beschäftigungseffekte aus dem Bau von Verkehrswegen

Grundsätzlich basieren die Bewertungen im Rahmen des BVWP auf der Vollbeschäftigungsannahme. Konjunkturelle Effekte wurden nicht berücksichtigt, da dies nicht im Einklang mit der Vollbeschäftigungsannahme gewesen wäre. Lediglich strukturelle Erwerbslosigkeit wurde in regionaler Differenzierung nach Raumordnungsregionen berücksichtigt. Hierzu wurden regionale Differenzierungsfaktoren ermittelt, welche auf Basis der Langzeitarbeitslosen in den Regionen berechnet wurden.[77] Die ausschließliche Berücksichtigung der Langzeitarbeitslosigkeit zeigt, dass die

[76] Vgl. Bickel et al. (2005, S. 48).

[77] S. BVU; Intraplan; Planco, Aktualisierung von Bewertungssätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, Essen; Freiburg; München 2010, S. 103 ff.

konjunkturelle Sicht nicht berücksichtigt wurde. In diesem Sinne wird Vollbeschäftigung als das Fehlen von konjunktureller Arbeitslosigkeit interpretiert.

Notwendiges Kriterium für die Existenz positiver Beschäftigungseffekte aus dem Bau von Verkehrswegen bleibt aber das generelle Vorliegen von Arbeitslosigkeit. Wie das Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) aber bereits feststellte, wird es praktische keine Region in Deutschland mit einer nennenswerten Zunahme der erwerbsfähigen Bevölkerung (Personen im Alter zwischen 20 und 65 Jahren) rechnen können. In einigen Regionen bleibt die Zahl immerhin stabil. Letztlich wird von einem sinkenden Erwerbspersonenpotenzial ausgegangen.[78] Bei einer gleichzeitigen wachstumsbedingten Zunahme der Arbeitsnachfrage wird im Ergebnis die Erwerbstätigenquote steigen, d.h. die Erwerbslosenquote sinken. Die Strukturdatenprognose kommt zu dem Schluss, dass die Bundesrepublik Deutschland in 2030 eine vollbeschäftigte Volkswirtschaft sein wird. Laut Prognose wird 2030 in allen Kreisen die Erwerbslosigkeit auf die Untergrenze von 2% sinken.[79] Diese Untergrenze ist mit der natürlichen (unvermeidlichen) Arbeitslosigkeit gleichzusetzen. Somit gibt es in 2030 keine strukturelle Arbeitslosigkeit mehr, die durch den Bau von Infrastruktur beseitigt werden kann. In 2030 wird Arbeitskräftemangel herrschen und Arbeit somit der limitierende Faktor für das Wachstum in den Regionen sein.

Hieraus folgt, dass „positive“ Beschäftigungseffekte aufgrund einer Infrastrukturinvestition mit einem „Arbeitskräftemangel“ an anderer Stelle einhergehen. Somit wäre den Beschäftigungseffekten aus Investitionen der öffentlichen Hand in die Verkehrsinfrastruktur Beschäftigungseffekte gegenzurechnen, die bei Investitionen in gleicher Höhe auch in anderen Bereichen zu erzielen wären. Letztlich kommt es durch die Infrastrukturmaßnahmen lediglich zu einer Verschiebung der Beschäftigung. Somit sollte die Nutzenkomponente NR 1 Beschäftigung aus dem Bau von Verkehrswegen zukünftig entfallen.

---

[78] S. ifo Institut, Abschlussbericht – Verflechtungsprognose 2030 sowie Netzumlegung auf die Verkehrsträger – Los 1: Erstellung einer regionalisierten Strukturdatenprognose, Hamburg, Dresden 2012, S. 5.

[79] S. ifo Institut, Abschlussbericht – Verflechtungsprognose 2030 sowie Netzumlegung auf die Verkehrsträger – Los 1: Erstellung einer regionalisierten Strukturdatenprognose, Hamburg, Dresden 2012, S. 38.

4.3.2 NR 2 Beschäftigungseffekte aus dem Betrieb von Verkehrswegen

Gleiches wie für die Nutzenkomponente NR 1 gilt für die Nutzenkomponente NR 2. Auch sie sollte zukünftig entfallen. Auch für den Nutzen aus Beschäftigungseffekten aus dem Betrieb der Verkehrswege ist im Rahmen der Bewertungsmethodik des Bundesverkehrswegeplans 2003 die strukturelle Arbeitslosigkeit die Basis für Bestimmung des Nutzen. Somit liegt auch für diese Nutzenkomponente dieselbe Argumentationskette für ihre Abschaffung vor.

Ergänzend zu dieser Argumentation gilt es zu berücksichtigen, dass wenn der Faktor Arbeit der limitierende Faktor für das regionale Wachstum ist, er auch für die Standortwahl von Unternehmen von größerer Bedeutung als die Infrastrukturanbindung eines Standortes ist. Bei der in Deutschland mittlerweile erreichten Qualität der Infrastruktur[80] ist die Verfügbarkeit von entsprechenden Arbeitskräften eher Standortbestimmend als die Infrastrukturanbindung. Somit werden Infrastrukturinvestitionen auch keinen dauernden bewertungsrelevanten Beschäftigungseffekt bewirken.

4.3.3 NR 3 Beiträge zur Förderung internationaler Beziehungen

Wie auch die übrigen Komponenten der räumlichen Vorteile sollte auch der Beitrag zur Förderung internationaler Beziehungen zukünftig nicht mehr berücksichtigt werden. Wie in den Grundsätzen der Bewertungsmethodik formuliert, sollen alle Nutzenkomponenten eine wissenschaftliche Begründung für ihre monetäre Quantifizierung haben und nach Möglichkeit nicht auf Setzungen beruhen.

Eine wissenschaftliche Begründung für die monetäre Quantifizierung der Förderung internationaler Beziehungen wie sie in der Bewertungsmethodik des Bundesverkehrswegeplans 2003 zu Anwendung kam ist nicht gegeben. Weiter basiert das Verfahren auf Setzungen, was ebenfalls den genannten Grundsätzen widerspricht. Auch birgt das Verfahren die Förderung internationaler Beziehungen als Aufschlag auf die Nutzenkomponenten der Verbilligung von Beförderungsvorgängen (NB) zu berücksichtigen das Risiko der Doppelzählung von Effekten. Aus den genannten

[80] Hierbei wird unterstellt, dass die Qualität des bestehenden Verkehrsnetzes durch entsprechende Ersatz- und Erhaltungsinvestitionen auch zukünftig hoch sein wird.

Gründen wird empfohlen, diese Nutzenkomponente nicht weiter im Rahmen der Nutzen-Kosten-Analyse zu berücksichtigen.

Der Verzicht auf die Berücksichtigung der Komponente NR 3 wird bei den Verkehrsträgern Schiene und Straße durch die zusätzliche Berücksichtigung der Nutzen aus modalen Verlagerungen auf Streckenanteilen im Ausland kompensiert (beim Verkehrsträger Schiene schon bei der Bedarfsplanüberprüfung realisiert und beim Verkehrsträger Straße im weiterentwickelten Bewertungsverfahren neu vorgesehen).[81]

4.3.4 NH Beschäftigungseffekte aus der verbesserten Anbindung von See- und Flughäfen

Grundsätzlich ist NH (Beschäftigungseffekte aus der verbesserten Anbindung von See- und Flughäfen) mit derselben Begründung genauso zu behandeln wie NR 1 und NR 2. Eine verbesserte Anbindung beispielsweise eines Seehafens nur dann für die Seehafenwahl relevant, wenn ein Bottleneck in der Hinterlandanbindung beseitigt wird. Wird aber ein Bottleneck beseitigt, so kann dies zu einer neuen Seehafenwahl führen. Dies gilt es im Rahmen der Bewertung zu berücksichtigen. In erster Linie führt die veränderte Seehafenwahl zu Änderungen bei den Transportkosten und –zeiten.

Wird ein Bottleneck beseitigt, so führt dies i.d.R. zu einer Verlagerung zu deutschen See- oder Flughäfen. Bei Arbeitskräftemangel, sind hierdurch keine positiven Beschäftigungseffekte zu erzielen. Führt die Beseitigung des Bottlenecks zu einer besseren Anbindung anderer See- oder Flughäfen, so würden allenfalls Arbeitskräfte in Deutschland freigesetzt, die aufgrund des Arbeitskräftemangels eine neue Anstellung finden sollten. Geht man noch einen Schritt weiter gemäß den Grundsätzen von einem europäischen Ansatz aus, so kommt es allenfalls zu einer dann bewertungsirrelevanten innereuropäischen Beschäftigungsverlagerung.

Im BVWP 2003 wurden nur die Beschäftigungseffekte aus der verbesserten Anbindung von Seehäfen in die Bewertung einbezogen. Bei verbesserten Anbindun-

[81] Bei der Binnenschifffahrt wurden bereits bei den vorangegangenen Bundesverkehrswegeplänen die Auslandsstrecken berücksichtigt.

gen von Verkehrsflughäfen wurden solche Effekte nicht berücksichtigt. In der Studie zum verkehrlichen und volkswirtschaftlichen Nutzen der Intermodalität[82] wird eine Gleichbehandlung der Verkehrsflughäfen mit den Seehäfen angeregt.

Diese Anregung ist im weiterentwickelten Bewertungsverfahren dahingehend erfüllt, dass auf die Berücksichtigung von Beschäftigungseffekten im BVWP 2015 gänzlich verzichtet wird. Die weiteren in dieser Studie dargelegten Anregungen beziehen sich nicht auf das Bewertungsverfahren, sondern auf die Prognose der Nachfragewirkungen, die als Ausgangsgröße für die Bewertung herangezogen werden sollen.

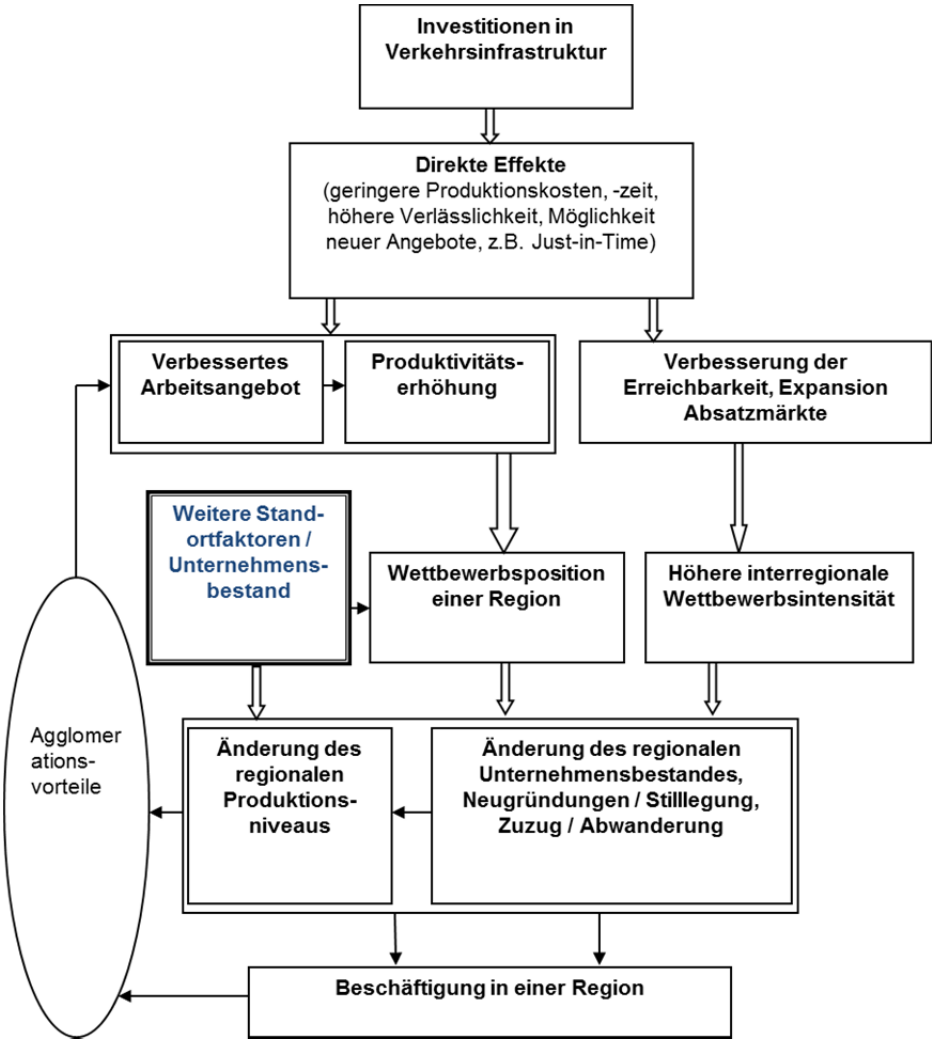
Diese Anregungen wurden im Prognosemodell der VP 2030 bei der Modellierung der intermodalen Wegeketten berücksichtigt, die sich aus Teilwegen des SPV, des MIV und des Luftverkehrs zusammensetzen.

4.3.5 Behandlung positiver Agglomerationseffekte

Ein Zusammenhang zwischen dem Ausstattungsniveau an Verkehrsinfrastruktur und regionalen Zielgrößen, wie Beschäftigung und Produktivität, ist theoretisch gut belegt. So könnten die räumliche Ausweitung von Arbeits- und Gütermärkten und die verstärkende Wirkung von Agglomerationseffekten positive Effekte auf die regionale Entwicklung ausüben. Abbildung 4-1 gibt einen Überblick über die dabei potentiell auftretenden Wirkungsketten.

[82] Intraplan Consult GmbH, Verkehrlicher und volkswirtschaftlicher Nutzen der Intermodalität, Erarbeitung und Umsetzung zusätzlicher Kriterien zur Bewertung von Maßnahmen im Bereich Verknüpfung von Bahn- und Luftverkehr, München 2012.

Abbildung 4-1: Mögliche Wirkungsketten einer Verbesserung der regionalen Verkehrsinfrastruktur (in Anlehnung an Lakshmanan (2007))



Neben den in den Abschnitten 4.3.1 bis 4.3.4 diskutierten Beschäftigungseffekten spielten in der theoretischen Diskussion der letzten Jahre Agglomerationseffekte eine Rolle. Das sind Vorteile, die auf Produktivitätssteigerungen von Unternehmen und Arbeitnehmern durch größere räumliche Nähe beruhen. In DfT (2012) werden folgende Ursprünge für Agglomerationseffekte aufgeführt:

- eine effizientere Interaktion von Angebot und Nachfrage auf dem Arbeitsmarkt
- eine effizientere Interaktion zwischen Unternehmen
- eine bessere Verknüpfung von Input- und Outputmärkten durch reduzierte Transportkosten

Darüber hinaus sind branchenspezifische und -übergreifende Innovations- und Diffusionsprozesse durch räumliche Nähe von Unternehmen Auslöser positiver Agglomerationsvorteile (vgl. GRAHAM (2005)). Infrastrukturinvestitionen im Rahmen der BVWP, welche die Transportkosten für Ballungsräume senken, können diese Agglomerationsvorteile verstärken.

In England wurde, aufbauend auf empirische Schätzungen von GRAHAM (2006), ein standardisierter Analyserahmen zur Schätzung positiver Agglomerationseffekte aufgrund des Baus von Verkehrsinfrastrukturprojekten entwickelt (vgl. DfT (2012). Hierfür liegen räumlich hoch disaggregierte Daten zur sektoralen Zusammensetzung der Wirtschaft sowie empirisch ermittelte Elastizitäten der sektoralen Produktivität mit Bezug zur Veränderung des Ballungsgrades vor. Diese Elastizitäten liegen zwischen 0,07 (Bauwirtschaft) und 0,24 (Finanzsektor). Werden bestehende konventionelle Kosten-Nutzen-Analysen englischer Straßenbauinvestitionen in Ballungsräumen um die Verstärkung von Agglomerationseffekten erweitert, ergeben sich bei Verwendung der berechneten Elastizitäten 9% bis 21% höhere Nutzenwerte. Diese Effekte können also eine relevante Größenordnung erreichen.

Die britische Bewertungsmethodik weist die Agglomerationsvorteile zwar unter „Wider Benefits“ aus. Die Effekte dieser Kategorie fließen allerdings nicht in die Berechnung des Nutzen-Kosten-Verhältnisses ein, da die Schätzungen als weniger sicher und robust als die anderer Nutzenarten gelten (vgl. DfT (2012). Auch die Expertengruppe des Round Tables von OECD/ITF weist in ihrer Einschätzung darauf hin, dass die Ergebnisse einschlägiger Studien zu erweiterten Wirkungen von Infrastrukturinvestitionen (Berücksichtigung von Agglomerationsvorteilen, Wettbewerbswirkungen, räumlichen Spill-Over-Effekten etc.) in Größe und Richtung der Effekte stark variieren. Sie sind stets kontextabhängig und damit nur schwer zu verallgemeinern (vgl. OECD/ITF (2007). Die Entwicklung eines einheitlichen, methodisch konsistenten Rahmens für die Berücksichtigung dieser Effekte bei der Bewertung von Infrastrukturinvestitionen sollte nach Ansicht der OECD/ITF-Expertengruppe Vorrang vor der Suche nach übertragbaren Resultaten und „Daumenregeln“ gegeben werden.

Ohne solche Verallgemeinerungen und Vereinfachungen scheint eine standardisierte Ermittlung von Agglomerationsvorteilen im Rahmen der BVWP aktuell nicht möglich. Betrachtet man zudem den großen Aufwand an regional und sektoral differenziert zu schätzenden bzw. zu ermittelnden Daten sowie das Fehlen spezifischer Modelle, die der erheblichen Komplexität der Zusammenhänge Rechnung tragen könnten, spricht zum gegenwärtigen Zeitpunkt vieles gegen eine Monetarisierung von Agglomerationseffekten im Rahmen der BVWP-Bewertung.

4.3.6 Behandlung negativer wirtschaftlicher Effekte

Die Bewertung von Verkehrsinfrastrukturvorhaben in der Bundesverkehrswegeplanung erfolgt auf Grundlage einer standardisierten Methodik. Dadurch ist es möglich, auch eine Vielzahl von Vorhaben mit vertretbarem zeitlichem und finanziellem Aufwand zu bewerten, und die Projektbewertungsergebnisse miteinander zu vergleichen. Möglichen Besonderheiten einzelner Projekte kann mit dem Standardverfahren nicht immer Rechnung getragen werden. Da die Bewertung in der Bundesverkehrswegeplanung jedoch auf einer strategischen Ebene stattfindet, sollte nur in Ausnahmefällen ein Abweichen vom Standardverfahren erfolgen. Dies ist dann gerechtfertigt, wenn erkennbar ist, dass Effekte mit einer hohen Bewertungsrelevanz für einzelne Maßnahmen im Standardverfahren nicht berücksichtigt werden können.

Ein möglicher Ausnahme- bzw. Spezialfall wäre beispielsweise gegeben, wenn unzureichende Kapazitäten der Verkehrsinfrastruktur zu massiven Produktionshindernissen bis hin zur Verlagerungsnotwendigkeit für den bestehenden Standort eines Unternehmens führen. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die Verlagerung von Produktionen aus volkswirtschaftlicher Sicht Teil der Marktprozesse und somit nicht automatisch nachteilig ist. Bewertungsrelevant wären deshalb nur Situationen, in denen beispielsweise eine Produktionseinschränkung an einem Standort zu Produktionsverlagerungen führt, die mit sehr hohen gesamtwirtschaftlichen Kosten in Form von Transaktions- bzw. Verlagerungskosten verbunden wären. Voraussetzung für die Betrachtung solcher Effekte in der BVWP-Bewertung ist, dass die Produktionseinschränkungen tatsächlich nur auf die unzureichende Kapazität der Infrastruktur zurückzuführen sind.

Die Betrachtung beschränkt sich im Wesentlichen auf Unternehmen des Anlagenbaus, die auf eine geeignete Infrastruktur für Schwerlast- und Volumentransporte angewiesen sind. So kann es sein, dass ein Unternehmen zu einem Zeitpunkt einen Standort gewählt hat, als die Infrastruktur für die Unternehmensbedürfnisse noch ausreichend war und dies vielleicht sogar unter Berücksichtigung, dass die Infrastrukturansprüche steigen werden. Der Markt, auf dem das besagte Unternehmen agiert, kann sich aber in der Realität so entwickelt haben, dass die Infrastruktur inzwischen nicht mehr ausreichend ist bzw. im Zeithorizont der BVWP-Prognose nicht mehr ausreichend sein wird.

Die Problematik wird dann verschärft, wenn die für das Unternehmen relevante Infrastruktur ihre technisch-wirtschaftliche Nutzungsdauer erreicht oder gar überschritten hat, so dass in naher Zukunft mit Verkehrsbeschränkungen zu rechnen ist, die für den Normalverkehr noch keine so gravierenden Einschränkungen bedeuten, dass keine kurzfristige Beseitigung des Engpasses erfolgen würde. Es stellt sich die Frage, wie die für Schwerlast- und Volumentransporte notwendigen Ausbaumaßnahmen (erster Fall) oder die über die notwendigen Ersatzinvestitionen hinausgehenden Investitionen (im zweiten Fall) zu bewerten sind. Dabei ist davon auszugehen, dass sich die gesamtwirtschaftlichen Effekte, die in diesen Fällen aus der unzureichenden Kapazität der Verkehrsinfrastruktur resultieren relativ schwer quantifizieren lassen. Vor diesem Hintergrund wird empfohlen, bei der Bewertung von Infrastrukturprojekten, die vollständig oder überwiegend durch den Bedarf an Schwerlast- und Volumentransporten ausgelöst sind und bei deren Nichtrealisierung gleichzeitig die Gefahr massiver Produktionsverlagerungen bzw. einer Standortschließung besteht, von der Standardbewertung gemäß der BVWP-Methodik abzuweichen. Den entsprechenden Gutachtern wird dann in Einzelfallbetrachtungen die Möglichkeit eingeräumt, diese Effekte gesondert zu ermitteln und zu bewerten.

4.3.7 Monetarisierung von raumordnerischen Aspekten

Zurzeit wird beim Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung das Thema Raumwirksamkeitsanalyse bearbeitet. Gegenstand der Untersuchung ist in erster Linie die Behandlung von Erreichbarkeitsmängeln. Gemäß der Methodik des BVWP 2003 wurde eine gesonderte Raumwirksamkeitsanalyse durchgeführt, welche nicht in

die eigentliche Nutzen-Kosten-Analyse eingeflossen ist. Letztmalig wurden raumordnerische Vorteile im Bewertungsverfahren des BVWP 1992 in der Nutzen-Kosten-Analyse berücksichtigt. Dort wurde eine Methodik angewendet, die auf den regionalen Wohlstandsniveaus basierte. Diese Methodik wurde eingeführt, weil die Datenbasis für die neuen Bundesländer nicht ausreichend war, um das Verfahren des BVWP 1985 fortzuführen. Im BVWP 1985 war die Basis der Bewertung der raumodnerischen Vorteile die Verbindungsqualität, die Lagegunst und der wirtschaftliche Rückstand.

Betrachtet man die vom wissenschaftlichen Beirat für den Verkehr genannten raumordnerischen Ziele „Anbindung“, „Erschließung“, „Verbindung“ und „Entlastung“, so dienen diese als Unterziele alle in erster Linie dem Oberziel „Sicherung des polyzentrischen Siedlungssystems der Bundesrepublik Deutschland“. Alle vier Unterziele werden bereits bei der NKA in Form von Reisezeiten und Verkehrsmengen berücksichtigt. Am Beispiel des Konzeptes der „zentralen Orte“ kann dies verdeutlicht werden. Zentrale Orte generieren Verkehr. Bei zentralen Orten ist die Verkehrsmenge entsprechend höher als bei anderen Orten. Somit werden die genannten Unterziele über die Verkehrsmenge und die Reiszeiten in der NKA abgebildet.

Drei Verkehrsarten sind bei der Bewertung einer Infrastrukturmaßnahme dabei zu unterscheiden. Es ist von der plausiblen Annahme relationsunabhängiger Zeitwertansätze auszugehen. Dann ist letztlich die Verkehrsmenge, deren Reisezeit bewertet wird, die Größe, welche die Nutzenhöhe bestimmt. Die erste Verkehrsart, die es zu berücksichtigen gilt, ist der bereits existierende Verkehr. Bei zentralen Orten ist die Verkehrsmenge entsprechend höher als bei anderen Orten. Somit ist auch der Nutzen einer Reiszeitverkürzung höher als bei anderen Orten. Die zweite bewertungsrelevante Verkehrsart ist der verlagerte Verkehr. Da mit der Bedeutung der Orte die Verkehrsmenge zunimmt, fällt die durch eine Infrastrukturmaßnahme verlagerte Verkehrsmenge ebenfalls höher aus als auf Relationen mit Orten von geringerer Bedeutung. Folglich gilt auch bei dieser Verkehrsart, dass der Verlagerungsnutzen im Vergleich zu Maßnahmen auf Relationen mit weniger bedeutenden Orten höher ausfällt. Die dritte Verkehrsart ist der induzierte Verkehr. Es ist plausibel, dass auf

Relationen mit zentralen Orten das Volumen des induzierten Verkehrs größer ist als bei anderen Orten.

Letztlich gilt dann unter der plausiblen Annahme der relationsunabhängigen Zeitwertsätze, dass der Nutzen einer Infrastrukturmaßnahme auf Relationen mit zentralen Orten ceteris paribus höher ausfällt als auf anderen Relationen. Somit werden die genannten raumordnerischen Aspekte bereits im Rahmen der NKA berücksichtigt. Eine weitere Berücksichtigung raumordnerischer Effekte, beispielsweise durch Aufschlagfaktoren (S. BVWP 92), würde zu einer Doppelzählung der Effekte führen.

Nicht berücksichtigte raumordnerische Aspekte, wie die Anbindung strukturschwacher Regionen, sind nicht wohlfahrtstheoretischer sondern eher verteilungstheoretischer Natur. So ist in einem solchen Zusammenhang die Verkehrsmenge als Indikator für die raumordnerische Vorteilhaftigkeit einer Maßnahme ungeeignet. Eine Berücksichtigung im Rahmen der NKA ist somit nicht zielführend. Das BBSR erarbeitet zurzeit ein Verfahren, um die Erreichbarkeitsdefizite zu bestimmen. Es bietet sich an, dieses Verfahren zu benutzen, um entsprechende Projekte zu bewerten. Als Bewertungsmethodik bietet sich eine Wirksamkeitsanalyse (Zielerreichungsgrad) an.

Wegen der unterschiedlichen Zielsetzung (eher wohlfahrtstheoretisch versus eher verteilungstheoretisch) sollten Infrastrukturmaßnahmen in wohlfahrtsorientierte Maßnahme und Raumordnungsprojekte unterschieden werden. Die wohlfahrtsorientierten Projekte sind dann dem „normalen“ Bewertungsverfahren der BVWP zu unterziehen. Raumordnungsprojekte sollten hingegen gesondert betrachtet werden. Eine Vermischung der Zielsetzung wäre unzweckmäßig.

4.3.8 Fazit

Aus der Überprüfung der im bisherigen Verfahren enthaltenen Beschäftigungseffekte ergibt sich die Empfehlung, die Nutzenkomponenten NR1 und NR 2 nicht mehr zu berücksichtigen. Positiven wirtschaftlichen Effekten aus einer verbesserten Anbindung von See- und Flughäfen wird zukünftig über eine genauere Abbildung der hier relevanten Verkehrsmengen bzw. Verkehrsströme Rechnung getragen. Die bisher in der Komponente NR 4 betrachteten Beschäftigungswirkungen entfallen

jedoch mit der gleichen Begründung wie bei den Komponenten NR 1 und NR 2. Eine deutliche methodische Verbesserung ergibt sich hinsichtlich der Bewertung grenzüberschreitender Effekte, indem nun die positiven Wirkungen durch projektinduzierte Verkehrsverlagerungen auch auf den ausländischen Streckenanteilen einbezogen werden. Von einer Ermittlung positiver Agglomerationseffekte wird aus den genannten methodischen Gründen abgeraten. Insgesamt wird wirtschaftlichen Effekten auch zukünftig bei der Bewertung von Aus- und Neubauvorhaben insbesondere in Form von Transportkostensenkungen (siehe Nutzenkomponente NB und NTZ) eine hohe Bedeutung (und Ergebnisrelevanz) in der Nutzen-Kosten-Analyse zukommen.

4.4 Negativer Nutzen in der Bauzeit

Während der Bauzeit von Ausbaustrecken treten Beeinträchtigungen des laufenden Fahrzeugbetriebes ein, die zu entsprechenden negativen Nutzen für die Verkehrsteilnehmer führen. Bei Neubaustrecken kann davon ausgegangen werden, dass keine bewertungsrelevanten Beeinträchtigungen während des laufenden Fahrzeugbetriebes entstehen.

Für das weiterentwickelte Bewertungsverfahren wurde geprüft, ob die negativen Nutzen während der Bauzeit von Ausbaustrecken neu in die Bewertung einbezogen werden sollen. Hierbei wurde von den folgenden Beurteilungskriterien ausgegangen:

- Verfügbarkeit der benötigten Ausgangsdaten und geeigneter Quantifizierungsinstrumente,
- Relevanz für das Bewertungsergebnis und
- Angemessenheit des Aufwandes im Vergleich zu den zu erwartenden Nutzenbeiträgen.

4.4.1 Verfügbarkeit der benötigten Ausgangsdaten

Zur Quantifizierung der betreffenden negativen Nutzenbeiträge wären bei Ausbaustrecken die in Tabelle 4-4 für die Verkehrsträger Schiene und Straße benötigten Ausgangsdaten bezüglich der bauzustandsbedingten Änderungen der Angebotsqualität gegenüber dem Regelzustand erforderlich.

Tabelle 4-4: Informationsbedarf zu den bauzustandsbedingten Änderungen der Angebotsqualität gegenüber dem Regelzustand

Schiene	Straße
Fahrzeitverlängerungen	Geschwindigkeitsbeschränkungen
Verringerung der Anzahl der nutzbaren Gleise	Verringerung der Spurbreite
Temporäre Streckensperrungen	
Umleitung des SPV auf Alternativrouten	

Darüber hinaus wären Angaben zum Zeitpunkt und zur Zeitdauer der Änderungen gegenüber dem Regelzustand erforderlich.

Die im BVWP vorliegende Planungstiefe reicht beim Verkehrsträger Schiene in der Regel für eine konkrete Definition von Art und Dauer der Bau- und Betriebszustände nicht aus. Beim Verkehrsträger Straße ist in der Regel davon auszugehen, dass die Anzahl der verfügbaren Fahrspuren während der Bauzustände gegenüber dem Regelzustand unverändert sind. Angaben zu Art (Reduzierung der Spurbreite und Geschwindigkeitsbeschränkungen) und Umfang (betroffene Streckenlänge) der Änderungen gegenüber dem Regelzustand dürften damit verfügbar sein. Fraglich ist, ob zum Zeitpunkt der Bewertung schon die Zeitdauer der Bauzustände angegeben werden kann.

4.4.2 Verfügbarkeit geeigneter Quantifizierungselemente

Beim Verkehrsträger Schiene können die Auswirkungen der bauzustandsbedingten Änderungen im Betriebsablauf gegenüber dem Regelzustand im Prinzip mit den vorhandenen Modellbausteinen (Routenwahl, Modal-Split und Zuverlässigkeit) zum größten Teil abgebildet werden. Kaum abbildbar sind die Auswirkungen von Betriebseinschränkungen, die nur in Schwachlastzeiten vorgesehen sind. Dies ist dadurch begründet, dass die Nachfragemodellierung beim Schienenpersonenverkehr in der Dimension Personenfahrten je Jahr erfolgt und die Ausgangsdaten nicht nach Zeitscheiben differenziert sind.

Die Abbildung der Nutzerreaktionen auf Bauzustände im Straßennetz ist mit den vorhandenen Instrumenten eher problematisch, da insbesondere bezüglich der Reaktionen auf Verringerungen der Spurbreite (z.B. staubedingtes Ausweichen in das nachrangige Netz, großräumige Umfahrung von Baustellenbereichen) noch Forschungsbedarf besteht.

4.4.3 Relevanz für das Bewertungsergebnis

Im Bewertungsverfahren des BVWP werden die Projektnutzen immer in Form von Salden der Zustände zwischen einem Planfall und einem Bezugsfall bestimmt. Dies bedeutet, dass die negativen Nutzen während der Bauzeit konsequenterweise auch für die im Bezugsfall erforderlichen Reinvestitionen ermittelt werden müssten. Hier stellt sich die Frage, ob bei Saldierung der negativen Nutzen während der Bauzeit überhaupt signifikante Unterschiede zwischen den Reinvestitionen im Bezugsfall und den Neuinvestitionen im Planfall bestehen.

Theoretisch ist es sogar denkbar, dass der negative Nutzen während der Bauzeit bei Erweiterungsmaßnahmen (zusätzliche Gleise im Schienennetz bzw. Fahrspuren im Straßennetz) aufgrund der größeren betrieblichen Flexibilität im Planfall betragsmäßig geringer ist als bei den Reinvestitionen im Bezugsfall.

4.4.4 Angemessenheit des Aufwandes

Aufgrund des Komplexibilitätsgrades der benötigten Ausgangsdaten und der hieraus abzuleitenden Projektwirkungen ist die Entwicklung eines vereinfachenden Schätzverfahrens zur Ermittlung der negativen Nutzen während der Bauzeit nicht möglich. Die Quantifizierung der betreffenden Nutzenkomponenten müsste daher in

der gleichen Bearbeitungstiefe erfolgen wie für den gesamten Betrachtungszeitraum nach Inbetriebnahme der betreffenden Infrastrukturmaßnahmen.

Die negativen Nutzen während der Bauzeit beziehen sich aber nur auf sehr begrenzte Teilzeiträume, die nur einen Bruchteil des gesamten Betrachtungszeitraumes (25 - 30 Jahre) ausmachen.

Da der Aufwand für die erforderlichen Modellrechnungen in keinem angemessenen Verhältnis zu den zu erwartenden vergleichsweise geringen Nutzenbeiträgen steht, wird empfohlen, die negative Nutzen während der Bauzeit auch im weiterentwickelten Bewertungsverfahren zu vernachlässigen.

4.5 Zuverlässigkeit

Infolge der tendenziell steigenden Auslastung der Verkehrsinfrastruktur bekommt das Thema „Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs“ eine immer größere Bedeutung. Daher sollen die Nutzen aus einer verbesserten Zuverlässigkeit als zusätzliche Komponente im weiterentwickelten Bewertungsverfahren berücksichtigt werden.

Die Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs hängt von endogenen und exogenen Einflussgrößen ab. „Endogene“ Einflussgröße ist die Kapazitätsauslastung der Verkehrsinfrastruktur, die sich bei Realisierung der im Planfall zu bewertenden Maßnahmen ändert. Unter „exogenen“ Einflussgrößen werden Unfälle, Baustellen, extreme Witterungsverhältnisse, liegengebliebene Fahrzeuge oder Störungen des Betriebsleitsystems beim Verkehrsträger Schiene verstanden. Diese Größen lassen sich durch die im BVWP zu bewertenden Infrastrukturmaßnahmen nicht beeinflussen.

Der im Folgenden dargestellte Untersuchungsansatz hat seinen Schwerpunkt daher bei der Bewertung der Auswirkungen geänderter endogener Einflussgrößen. Idealerweise würde dies in den folgenden Untersuchungsstufen erfolgen:

(1) Erstellung der Mengengerüste, d.h. auf die Entwicklung von Methoden zur Ermittlung der infrastrukturbedingten Änderungen von Zuverlässigkeitskennwerten zwischen Planfall und Bezugsfall

(2) Wirkungsprognose, d.h. Ermittlung der Auswirkungen der geänderten Zuverlässigkeitskennwerte auf die Verkehrsnachfrage (Modal-Split und induzierter Verkehr)

(3) Wirkungsbewertung (Monetarisierung der Zuverlässigkeitskennwerte)

Die Ergebnisse von Untersuchungsstufe (1) sind in Kapitel 4.5.1.1 für den Verkehrsträger Straße und in Kapitel 4.5.1.2 für den Verkehrsträger Schiene zusammengefasst.

Der derzeitige Erkenntnisstand reicht nicht aus, den Untersuchungsschritt (2) standardmäßig im BVWP 2015 umzusetzen. Die Ermittlung der Nutzen aus einer verbesserten Zuverlässigkeit kann daher im BVWP 2015 in der Regel nur für den verbleibenden Verkehr erfolgen. Da der Umfang dieses Nachfragesegmentes um ein vielfaches größer ist als der des verlagerten und des induzierten Verkehrs, sind die aus der Vernachlässigung der Zuverlässigkeitsnutzen bei den beiden letzteren Nachfragesegmenten resultierenden Ungenauigkeiten als eher gering einzuschätzen.

Die Berücksichtigung der Zuverlässigkeit erfordert auch beim verbleibendem Verkehr eine relationsbezogene Betrachtungsweise in allen drei Untersuchungsstufen. Beim Verkehrsträger Schiene ist dies unproblematisch, da hier schon im BVWP 2003 relationsbezogen vorgegangen wurde.

Beim Verkehrsträger Straße ist bei Vorhaben mit überwiegender Fernverkehrsbedeutung (Maßnahmen, die die Verbindungsfunktionsstufen 0 und 1 der RIN betreffen) eine Umstellung der bisher teilstreckenbezogenen Betrachtungsweise auf eine relationsbezogene Betrachtungsweise vorgesehen (vgl. hierzu die Kapitel 2.2.2, Kapitel 3.3 und Kapitel 3.4.6).

Bei Straßenmaßnahmen, die nicht den Verbindungsfunktionsstufen 0 und 1 dienen, werden aus Zuverlässigkeitsverbesserungen keine Nutzenbeiträge in einer Größenordnung erwartet, die den mit der Umstellung auf eine relationsbezogene Betrachtungsweise verbundenen Aufwand rechtfertigen könnte. Die Berücksichtigung der neuen Komponente Zuverlässigkeit ist daher bei dieser Projektkategorie nicht möglich.

Zur Entwicklung der methodischen Grundlagen wurden im Auftrag des BMVI entsprechende Forschungsarbeiten durchgeführt. Diese beziehen sich zunächst auf die Erstellung der Mengengerüste. Zur Definition der für die Verkehrsträger Straße und Schiene maßgebenden Zuverlässigkeitskennwerte wird auf die Kapitel 4.5.1.1 und 4.5.1.2 verwiesen.

Die Methodik zur Ermittlung der Zuverlässigkeitskennwerte wurde in den folgenden FE-Vorhaben entwickelt:

- Verkehrsträger Straße (Projekt-Nr. 24.0019/2012):
  Geistefeldt/Hohmann/Wu, Ermittlung des Zusammenhangs von Infrastruktur und Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Straße[83]
- Verkehrsträger Schiene (Projekt-Nr. 97.0311/2012):
  iGES/rmcon, Ermittlung des Einflusses der Infrastruktur auf die Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs[84]

Zur Ermittlung von Wertansätzen für die Berücksichtigung geänderter Zuverlässigkeitskennwerte in der Wirkungsprognose und der Wirkungsbewertung wurden folgende FE-Vorhaben durchgeführt:

- Güterverkehr (Projekt-Nr. 96.1002/2012):
  BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH/TNS Infratest (2014), Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung.[85]
- Personenverkehr (Projekt-Nr. 96.996/2011):
  TNS Infrastest GmbH/IVT (ETH Zürich), Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale

[83] Geistefeldt/Hohmann/Wu, Ermittlung des Zusammenhangs von Infrastruktur und Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Straße, unveröffentlichte Studie im Auftrag des BMVI

[84] IGES Institut GmbH, Rail Management Consultants GmbH (RMCon), Ermittlung des Einflusses der Infrastruktur auf die Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Schiene, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2015

[85] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH und TNS Infratest (2014), Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, FE-Vorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung[86]

Aufgabenstellung der oben genannten FE-Vorhaben war die Konzeption von Methoden- und Wertansätzen für die neue Nutzenkomponente „Zuverlässigkeit“. Die Operationalisierung der für die Bewertung der Zuverlässigkeit benötigten Modellbausteine und Integration in die im BVWP 2015 anzuwendenden Prognose- und Bewertungsmodelle erfolgt durch die Fachgutachter Straße und Schiene.

Hierzu soll im Vorfeld der BVWP-Bewertungen ein Prototyp entwickelt werden, mit dessen Hilfe die neuen Modellbausteine hinsichtlich

- Praktikabilität in der Anwendung und
- Plausibilität der Untersuchungsergebnisse

zu testen sind. Solche Testrechnungen sind unerlässlich, da es sich hierbei um vollständige Neuentwicklungen handelt. Je nach Ergebnis dieser Testrechnungen sind geeignete Anpassungen der für die Bewertung der Zuverlässigkeit anzuwendenden Algorithmen vorzunehmen. Die endgültige Ausformulierung der Methoden zur Bewertung der Zuverlässigkeit ist erst nach Vorliegen dieser Testrechnungen möglich.

4.5.1 Methoden zur Erstellung der Mengengerüste

4.5.1.1 Verkehrsträger Straße

Als Messgröße für die Erfassung des Indikators Zuverlässigkeit wurde in der im Auftrag des BMVI zu diesem Thema erstellten Machbarkeitsstudie[87] die Standardabweichung von der je Relation erwarteten mittleren Reisezeit empfohlen.

In dem hierauf aufbauenden FE-Projekt-Nr. 24.019/2012 wurde als Näherungslösung für die Ermittlung der Standardabweichung der erwarteten Reisezeit eine Modellfunktion zur Ermittlung der Standardabweichung der überlastungsbedingten Reisezeitverluste entwickelt.

---

[86] TNS Infrastest GmbH/IVT (ETH Zürich), Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung, Entwurf des Schlussberichts, Zürich März 2014.

[87] Significance, Goudappel Coffeng und Nea, Erfassung des Indikators Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung, 2012

Hierbei wurde von dem folgenden Untersuchungsdesign ausgegangen:

- Berücksichtigung ausschließlich der überlastungsbedingten Variabilität der Reisezeit; dies entspricht der Logik, dass im Rahmen des BVWP nur infrastrukturelle Veränderungen der Zuverlässigkeit bewertet werden sollen
- Die Standardabweichungen werden nur für Streckenabschnitte mit einem Auslastungsgrad > 75 % ermittelt und gelten sowohl für Pkw als auch für Lkw
- Der funktionale Zusammenhang zwischen Auslastungsgrad und Standardabweichung wurde bezogen auf einzelne Streckenabschnitte auf Basis von Simulationen geschätzt und mit empirischen Daten abgeglichen

Auf Basis der Simulationen für reale Engpassbereiche auf Bundesautobahnen wurde der untenstehende Modellzusammenhang ermittelt. Das Modell ist für jede einzelne Strecke in Abhängigkeit vom (maximalen) Auslastungsgrad der Strecke (ggf. unter Zusammenfassung aufeinander folgender Teilstrecken desselben Engpasses) anzuwenden:

$$s_R(x) = \begin{cases} 0{,}2 \cdot (x - 0{,}75)^{1{,}7} & \text{für } x \geq 0{,}75 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

mit s_R = Streckenbezogene Standardabweichung der Reisezeit [h]

x = Auslastungsgrad der Strecke

Sofern eine Zusammenfassung aufeinander folgender Teilstrecken desselben Engpasses bei der Modellanwendung nicht möglich sein sollte, wurde als Alternative ein längengewichteter Ansatz entwickelt:

$$s_R(x) = \begin{cases} 0{,}2 \cdot (x - 0{,}75)^{1{,}7} \cdot \sqrt{\dfrac{L}{L_{Bezug}}} & \text{für } x \geq 0{,}75 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

mit s_R = Streckenbezogene Standardabweichung der Reisezeit [h]

x = Auslastungsgrad der (Teil-) Strecke

L = (Teil-) Streckenlänge [km]

L_{Bezug} = Bezugslänge [km]

Aus den Standardabweichungen der n einzelnen Strecken innerhalb einer Route ist anschließend die Standardabweichung der Reisezeit für die Gesamtroute nach folgender Gleichung zu ermitteln:

$$s_{R,ges} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} s_{R,i}^{2}}$$

mit $s_{R,ges}$ = Standardabweichung der Reisezeit auf der Gesamtroute [h]

$s_{R,i}$ = Standardabweichung der Reisezeit auf der Strecke i [h]

n = Anzahl der Strecken innerhalb der Route.

4.5.1.2 Verkehrsträger Schiene

Die beim Verkehrsträger Straße verwendete Messgröße für die Zuverlässigkeit (Standardabweichung von der mittleren erwarteten Reisezeit) ist auf den Verkehrsträger Schiene nicht übertragbar. In den für den Schienenpersonenverkehr erstellten Netzmodellen wird die Tür-zu-Tür-Reisezeit unter Verwendung von Fahrplanzeiten ermittelt. Da ein Zug nicht vor Plan abfahren kann, ist das Auftreten von Verfrühungen weitestgehend ausgeschlossen.

Beim Schienengüterverkehr sind Verfrühungen zwar möglich, deren Anteil gegenüber verspäteten Zügen ist aber vergleichsweise gering. Als Messgröße für den Schienenverkehr wurde daher die Häufigkeitsverteilung der Abweichungen von den planmäßigen Fahrzeiten gewählt.

Im FE-Projekt 97.0311/2012 konnten aus den empirischen Pünktlichkeitsdaten des Leit- und Dispositionssystems (LeiDis) der Deutschen Bahn AG keine Zusammenhänge zwischen dem Ausbauzustand der Infrastruktur und der Zuverlässigkeit nachgewiesen werden. Daher wurde der Versuch unternommen, diese Zusammenhänge aus Betriebssimulationen für ausgewählte Referenzstrecken abzuleiten, die mit dem Programsystem RailSys durchgeführt wurden.

Auch hierdurch war es nicht möglich, unmittelbare funktionale Zusammenhänge zwischen infrastrukturbeschreibenden Einflussgrößen und der Zuverlässigkeit abzubilden. Als erstes Ergebnis dieses FE-Vorhabens ist also festzuhalten, dass die Zusammenhänge zwischen dem Ausbauzustand der Verkehrsinfrastruktur und der

Zuverlässigkeit so gering sind, dass sie mit analytischen Verfahren nicht nachgewiesen werden konnten.

Als Lösungsmöglichkeit wurde die algorithmische Modellierungsmethode „Classification and Regression Trees“ (CART) vorgeschlagen. Hierbei werden anhand der verschiedenen Einflussgrößen Cluster gebildet, für die als Parameter für die Verteilung der Fahrplanabweichungen

- Mittelwerte und
- Standardabweichungen

bestimmt wurden.

Einflussgrößen hierbei sind unter anderem:

- Anteil SPFV
- Anteil SGV
- Anteil schneller SPNV
- Anteil langsamer SPNV
- Auslastungsgrad (Züge/Referenzleistungsfähigkeit)
- Höchstgeschwindigkeit
- Anzahl Blöcke je km
- Anzahl haltender SPV-Züge pro Stunde

Maßnahmewirkungen im Planfall gegenüber dem Bezugsfall hinsichtlich der Zuverlässigkeit können immer dann abgebildet werden, wenn Änderungen bei den oben beschriebenen Einflussgrößen zu einem Wechsel der Cluster führen. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass ohne Wechsel eines Clusters zwischen Planfall und Bezugsfall keine Maßnahmesensitivität besteht.

Auf der anderen Seite treten Überschätzungen der Nutzen bei einem Wechsel der Cluster immer dann ein, wenn die für den Planfall und den Bezugsfall gemessenen Einflussgrößen im Grenzbereich der für die Definition der Cluster maßgebenden Schwellenwerte liegen. Inwieweit die definierten Cluster für eine Anwendung im

Wertebereich des BVWP 2015 geeignet sind, kann nur anhand von Testrechnungen geklärt werden.

Für den Bereich Personenverkehr sind aus den oben beschriebenen Erkenntnissen die folgenden Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Das Ergebnis, dass keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Ausbauzustand der Eisenbahninfrastruktur und der Zuverlässigkeit bestehen, ist für den (fahrplanbasierten) Schienenpersonenverkehr durchaus plausibel.
- Die Fahrpläne werden immer unter Berücksichtigung der verfügbaren Trassenkapazitäten konzipiert, wenn hierbei kein Fehler gemacht wurde, dürften auch keine infrastrukturbedingten Fahrplanabweichungen entstehen.
- Die im Schienenpersonenverkehr zu beobachtenden Unzuverlässigkeiten sind also weitestgehend auf exogene Einflüsse zurückzuführen, die sich einer Bewertung innerhalb des BVWP entziehen.
- Es wird daher empfohlen, beim Personenverkehr auf eine standardmäßige Berücksichtigung der Komponente „Zuverlässigkeit“ zu verzichten und entsprechende vertiefende Untersuchungen nur in Sonderfällen durchzuführen, in denen im Status Quo weit überdurchschnittliche Fahrplanabweichungen zu beobachten sind.

Hieraus leitet sich der folgende Vorschlag für die Vorgehensweise beim Personenverkehr im BVWP 2015 ab:

Arbeitsschritt (1):

Identifikation von Maßnahmen mit einem bewertungsrelevanten Verspätungsaufbau in ihrem Auswirkungsbereich aufgrund der LeiDis-Daten der DB AG.

Arbeitsschritt (2):

Überprüfung, ob die in FE7 vorgesehene Abgrenzung der Cluster der Zuverlässigkeitsfunktionen in Verbindung mit der Konfiguration der Einflussgrößen im jeweiligen Maßnahmenbereich zu sinnvollen Ergebnissen führen kann.

Arbeitsschritt (3):

Implementierung der Zuverlässigkeitsfunktionen im Maßnahmenbereich und Ermittlung von Zuverlässigkeitsverteilungen für die von der Maßnahme betroffenen Relationen im Bezugsfall und im Planfall.

Arbeitsschritt (4):

Integration der Zuverlässigkeitswerte in das Modell der Wirkungsprognose und in die ökonomische Bewertung als eigenständige Nutzenkomponente.

Die Arbeitsschritte (3) und (4) sollten nur dann in Angriff genommen werden, wenn Arbeitsschritt (2) zu einem positiven Ergebnis führt.

Beim Güterverkehr hat die Komponente „Zuverlässigkeit“ insbesondere beim Modal-Split eine weitaus höhere Bedeutung als beim Personenverkehr. Hierzu werden flächendeckende relationsbezogene Informationen zu den Zuverlässigkeitskennwerten benötigt. Inwieweit die Ergebnisse von FE7 in die Ermittlung dieser Zuverlässigkeitskennwerte einbezogen werden können, wird zur Zeit anhand von Testrechnungen am Beispiel der Ableitung der Nachfragewirkungen des Bezugsfalles im Vergleich zum Arbeitsszenario der VP 2030 unter Anwendung des weiterentwickelten Prognoseverfahrens für den Güterverkehr[88] geprüft.

4.5.1.3 Verkehrsträger Binnenwasserstraße

Grundsätzlich ist die Erfassung des Aspekts „Zuverlässigkeit“ eines Verkehrsträgers anhand der Reisezeitvariabilität sinnvoll. Ebenso sinnvoll ist es aber auch die Besonderheiten der Verkehrsträger bzw. deren spezifischer Infrastruktur Rechnung zu tragen. Die Unzuverlässigkeit bezogen auf die Reisezeit ist bei der Binnenschifffahrt aufgrund von u.a. großen Lieferzeitfenstern kaum von Bedeutung. Insbesondere haben Infrastrukturmaßnahmen hierauf allenfalls vernachlässigbare Wirkungen. [89]

Für den Verkehrsträger Binnenwasserstraße ist die Zuverlässigkeit ausschließlich über die Wasserstandschwankungen und die damit variierenden Abladetiefen

[88] Vgl. BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, 2014

[89] Vgl. Significance; Gouldappel Coffeng; Nea, Erfassung der Zuverlässigkeit im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung, 2012, S. 30ff.

definiert. Dabei gilt es allerdings zu berücksichtigen, dass durch die im Rahmen der bisherigen Bewertungen bei Infrastrukturmaßnahmen an Wasserstraßen verwendeten wasserstandsbedingten Auslastungsgrade bereits Transportkostenvorteile durch bessere Auslastung der Schiffe ermittelt werden. Folglich gilt es Doppelzählungen zu vermeiden. Durch eine Verbesserung der Ablademöglichkeiten werden in erster Linie eben nicht die Variabilität und damit die Zuverlässigkeit beeinflusst. Somit sind Abladeverbesserungen auch nicht mit Zuverlässigkeitsverbesserungen gleichzusetzen, sondern stehen mit diesen lediglich in Zusammenhang.

Durch Maßnahmen an der Wasserstraße seien es Staustufen oder strombauliche Maßnahmen, wird neben Wassertiefe auch die Variabilität (Häufigkeit der Wasserstandsschwankungen) beeinflusst. Während durch die größere Wassertiefe tiefer ab geladen werden kann, kann durch die geringere Variabilität der Wasserstände das Risiko während einer Schiffsreise in ein Niedrigwasserproblem zu laufen verringert werden. Dies erhöht die Zuverlässigkeit der Schiffstransporte (Vermeidung von Leichterungen usw.). Während die tiefere Abladung durch eine Verbesserung der wasserstandsbedingten Auslastungsgrade der Schiffe abgebildet wird, muss für die höhere Zuverlässigkeit ein anderes Verfahren genutzt werden.

Die Auswertung von Schleusen- und Streckendaten der Wasserstraßen bietet die Möglichkeit, die potenziellen Abladetiefen auf Basis der Wasserstandsdaten zu ermitteln. Dem können die realisierten Abladetiefen gegenüber gestellt werden. Der Ausnutzungsgrad der potenziellen Abladetiefen ist dann analog zum wasserstandsbedingten Auslastungsgrad als „zuverlässigkeitsbedingter“ Auslastungsgrad verwendbar. Der Unterschied zwischen potenziell möglicher Abladetiefe und realisierter Abladetiefe basiert letztlich auf den Komponenten „reedereibedingte“ Auslastung und „zuverlässigkeitsbedingte“ Auslastung. Die reedereibedingte Auslastung wird durch Ausbaumaßnahmen nicht beeinflusst. Die zuverlässigkeitsbedingte Auslastung hingegen ändert sich durch Ausbaumaßnahmen. Dadurch, dass das Risiko sinkt während einer Schiffsreise in ein Niedrigwasserproblem zu laufen, weil die Variabilität der Wasserstände sinkt, wird die potenzielle Abladetiefe durch die Reedereien besser ausgenutzt. Die Risikokomponente bei der Wahl der Abladetiefe

sinkt, d.h. die zuverlässigkeitsbedingte Auslastung steigt. Diese Verfahren bildet die Reaktion auf eine verbesserte Zuverlässigkeit sehr gut ab.[90]

Somit wird durch dieses Verfahren, die Zuverlässigkeit bei der Ermittlung der Transportkosten direkt berücksichtigt. Die explizite Ausweisung einer Nutzenkomponente „Zuverlässigkeit" ist deshalb beim Verkehrsträger Binnenwasserstraße nicht vorgesehen.

4.5.2 Wertansätze bezogen auf die Zuverlässigkeitskennwerte

Für die Bestimmung der entsprechenden gesamtwirtschaftlichen Nutzen sind die in Kapitel 4.5.1 beschriebenen Mengengerüste von Zuverlässigkeitskennwerten für die Verkehrsträger Straße und Schiene in eine einheitliche Dimension mit den in Kapitel 5 beschriebenen Zeitwerten zu überführen.

Beim Personenverkehr soll hierzu auf die im FE-Projekt 96.996/2011 aufgrund von SP-Befragungen ermittelten Wertrelationen im Vergleich zur fahrplanmäßigen Reisezeit zurückgegriffen werden (vgl. Tabelle 4-5).

Tabelle 4-5: Wertrelationen der Zuverlässigkeitskennwerte im Vergleich zur Reisezeit

Wertrelation zur Reisezeit (min/min)	**nicht-gewerblicher Verkehr**	**gewerblicher Verkehr**
SPV: ungeplante Verspätung	1,0	1,7
MIV: Standardabweichung von der erwarteten Reisezeit	0,7	0,7

[90] Diese Vorgehensweise hat sich bereits bei der Bewertung des Donauausbaus bewährt (s. Planco Consulting GmbH, Donauausbau Straubing – Vilshofen (Verkehrsprognose und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung), Essen 2012, S. 33ff).

Die Zuverlässigkeitswerte beim MIV beziehen sich dabei auf Reduktionen der Standardabweichung; z.B. wird eine Reduktion der Standardabweichung auf einer Relation um 5 min wie 0,7 x 5 min = 3,5 min Fahrzeitgewinn bewertet.

Die Zuverlässigkeitswerte beim SPV beziehen sich auf Reduktionen der mittleren Verspätung; z.B. wird eine Reduktion der mittleren Verspätung auf einer Relation um 5 min im gewerblichen Verkehr wie 1,7 x 5 min = 8,5 min Fahrzeitgewinn bewertet.

Im Güterverkehr werden die Wertrelationen zwischen Transportzeiten und Planabweichungen analog zu den Zeitwerten der Ladung relationsspezifisch differenziert nach Gütergruppen ermittelt.

4.5.3 Integration der Forschungsergebnisse in das weiterentwickelte Bewertungsverfahren

Die Komponente „Zuverlässigkeit“ ist für die folgenden Elemente des BVWP-Prozesses von Bedeutung:

- Prognose der Nachfragewirkungen (Modal-Split)
- Ökonomische Bewertung der Änderung der Zuverlässigkeit im Planfall gegenüber dem Bezugsfall als eigenständige Nutzenkomponente

Die Berücksichtigung der Zuverlässigkeit bei der Routenwahl ist zunächst nicht vorgesehen, da die hieraus zu erwartenden Nutzen im Vergleich zu den Nutzen aus zuverlässigkeitsbedingten Modal-Split-Änderungen als vergleichsweise gering eingeschätzt werden.

Beim Verkehrsträger Straße käme erschwerend hinzu, dass die Berücksichtigung der Zuverlässigkeit bei der Routenwahl einen iterativen Prozess erfordern würde. Diese Notwendigkeit rührt daher, dass die Zuverlässigkeit eine Funktion der Auslastung der Streckenabschnitte entlang der genutzten Route ist. Diese Auslastung hängt wiederum von den Ergebnissen der Routenwahl und Umlegung der für den Verkehrsträger Straße maßgebende Nachfragematrizen ab.

Das Untersuchungsdesign zur Ermittlung der Zuverlässigkeitskennwerte ist sowohl beim Verkehrsträger Straße als auch beim Verkehrsträger Schiene so ausgelegt, dass **infrastrukturbedingte** Änderungen zwischen Planfall und Bezugsfall

verkehrsträgerintern ermittelt werden können. Hierbei ist es unerheblich, dass die exogenen Einflussgrößen beim Verkehrsträger Straße überhaupt nicht und beim Verkehrsträger Schiene nur in Form von Primärverspätungen am Beginn eines Zuglaufes berücksichtigt werden.

Bei einem intramodalen Vergleich der Zuverlässigkeitswerte zwischen Planfall und Bezugsfall kürzen sich die exogenen Einflussgrößen heraus, da davon ausgegangen werden kann, dass diesbezüglich keine Unterschiede zwischen Planfall und Bezugsfall bestehen. Damit ist die Validität der Untersuchungsergebnisse bezogen auf den **verbleibenden Verkehr** gesichert. Unter „verbleibendem Verkehr“ werden die Nachfragesegmente verstanden, die bei dem betreffenden Verkehrsträger im Planfall gegenüber dem Bezugsfall unverändert sind.

Anders stellt sich die Situation bei Nachfrageverlagerungen zwischen den konkurrierenden Verkehrsträgern dar. Der hierzu erforderliche **intermodale** Vergleich von Zuverlässigkeitskennwerten ist aus den folgenden Gründen problematisch:

- Unterschiedliche Messgrößen für die Zuverlässigkeit bei den Verkehrsträgern Straße und Schiene
- Ungleich höhere Auswirkungen der nicht quantitativ erfassbaren exogenen Einflussgrößen auf die Zuverlässigkeit beim Verkehrsträger Schiene im Vergleich zum Verkehrsträger Straße
- Keine explizite Ermittlung von Zuverlässigkeitskennwerten beim Verkehrsträger Binnenwasserstraße

Nichtsdestoweniger sollten Unterschiede hinsichtlich der Zuverlässigkeitskennwerte zwischen Planfall und Bezugsfall bei den aufnehmenden Verkehrsträgern bei der Prognose des verlagerten Verkehrs berücksichtigt werden.

Die mangelnde intermodale Vergleichbarkeit der Zuverlässigkeitskennwerte fällt hier nicht ins Gewicht, da diese beim abgebenden Verkehrsträger zwischen Planfall und Bezugsfall unverändert sind und es daher unwahrscheinlich ist, dass die hieraus resultierenden Unschärfen die Wirkungsprognose strukturell beeinflussen. Für die Modal-Split-Rechnungen reicht der **intramodale** Vergleich der Zuverlässigkeitskennwerte zwischen Planfall und Bezugsfall beim aufnehmenden Verkehrsträger also aus.

Will man beim Verkehrsmittelwechsel die Änderung der Zuverlässigkeit zwischen dem aufnehmendem und dem abgebenden Verkehrsträger darstellen, ist ein **intermodaler** Vergleich erforderlich. Dieser ist aber allenfalls anhand der infrastrukturbedingten Einflüsse auf die Zuverlässigkeit möglich.

Für den Verkehrsmittelnutzer ist es weder durchschaubar noch erheblich, welche Ursachen Beeinträchtigungen der Zuverlässigkeit haben. Da die infrastrukturbedingten Einflüsse nur einen Bruchteil der exogenen Einflüsse auf die Zuverlässigkeit ausmachen, bestünde bei der expliziten Ausweisung infrastrukturbedingter Zuverlässigkeitsunterschiede die Gefahr von Fehlinterpretationen.

Um solche Fehlinterpretationen zu vermeiden, wird empfohlen, beim verlagerten Verkehr die **Zuverlässigkeitsänderungen** zwischen aufnehmendem und abgebenden Verkehrsträger nicht explizit auszuweisen und als Bestandteil der impliziten Nutzendifferenz zu betrachten.

Da über die Zusammenhänge zwischen Zuverlässigkeit und induziertem Verkehr keine geeignete Empirik vorliegt, wird empfohlen, die maßnahmebedingten Zuverlässigkeitsänderungen bei der Prognose des induzierten Verkehrs nicht zu berücksichtigen.

4.6 Nutzenwirkungen beim Verkehrsträger Straße aus der Realisierung von Infrastrukturmaßnahmen bei konkurrierenden Verkehrsträgern

Nutzenwirkungen beim Verkehrsträger Straße aus der Realisierung von Infrastrukturmaßnahmen bei konkurrierenden Verkehrsträgern können dadurch entstehen, dass

- sich im Auswirkungsbereich der Infrastrukturmaßnahme des konkurrierenden Verkehrsträgers die Auslastung des Straßennetzes verringert und sich die Geschwindigkeiten entsprechend erhöhen (vgl. Kap. 4.6.1) oder
- Wartezeiten für den MIV und den Straßengüterverkehr bei Beseitigung von schienengleichen Bahnübergängen entfallen (vgl. Kap. 4.6.2).

Die hieraus entstehenden Nutzen wurden im BVWP 2003 nicht berücksichtigt.

4.6.1 Nutzen aus Verlagerungen auf konkurrierende Verkehrsträger

Bei den Nutzen aus Verlagerungen auf konkurrierende Verkehrsträger wurde deren Nichtberücksichtigung dadurch begründet, dass bei den dort untersuchten Infrastrukturmaßnahmen in der Regel keine Entlastungswirkungen des Straßennetzes in einer bewertungsrelevante Größenordnung zu erwarten sind.

Zur Überprüfung dieser Arbeitshypothese wurde in der hier vorgelegten Studie der Nutzen aus Verlagerungen vom MIV auf den SPV am Beispiel der Einführung des Rhein-Ruhr-Express (Dortmund – Düsseldorf – Köln) grob abgeschätzt. Hierzu wurde die Nachfragematrix des verlagerten Verkehrs (Differenzmatrix des MIV zwischen Planfall und Bezugsfall) aus der RRX-Studie[91] des BMVI auf das Straßennetzmodell umgelegt. Die hieraus resultierenden Querschnittsbelastungen des verlagerten Verkehrs wurden von den bestehenden Nachfragemengen abgezogen.

Die maximale Entlastung eines Streckenabschnittes im Straßennetz durch Verlagerungen auf den RRX lag bei 3 % bezogen auf die Gesamtbelastung (DTVW). Geht man von einem mittleren Belastungszustand in Höhe von DTVW/14 aus, ergibt sich aus der Entlastung des Straßennetzes im Auswirkungsbereich des RRX insgesamt eine Einsparung von etwa 700 Tsd. Std./Jahr. Bei einem angenommenen Zeitwert von durchschnittlich 10 €/Std. entspricht die Reisezeitersparnis infolge von Verlagerungen vom MIV zum SPV einem theoretischen Nutzen von etwa 7 Mio. €/Jahr. Dies entspricht etwa 5 % der für das RRX-Projekt insgesamt ermittelten gesamtwirtschaftlichen Nutzen.

Bei der oben aufgrund eines durchschnittlichen Belastungszustandes des Straßennetzes vorgenommenen Abschätzung dürften die erzielbaren Reisezeitersparnisse eher unterschätzt sein. Innerhalb von Belastungsspitzen können auch kleine Entlastungen zu vergleichsweise hohen Beschleunigungswirkungen führen. Als Fazit bleibt festzuhalten, dass die Entlastungswirkungen beim Verkehrsträger Straße aufgrund von Verlagerungen auf konkurrierende Verkehrsträger im weiterentwickelten Bewertungsverfahren nicht mehr grundsätzlich vernachlässigt werden können.

---

[91] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Intraplan Consult GmbH, SMA und Partner AG, Entwicklung und Bewertung eines Konzeptes für den Rhein-Ruhr-Express in Nordrhein-Westfalen, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg/München/Zürich, 2006

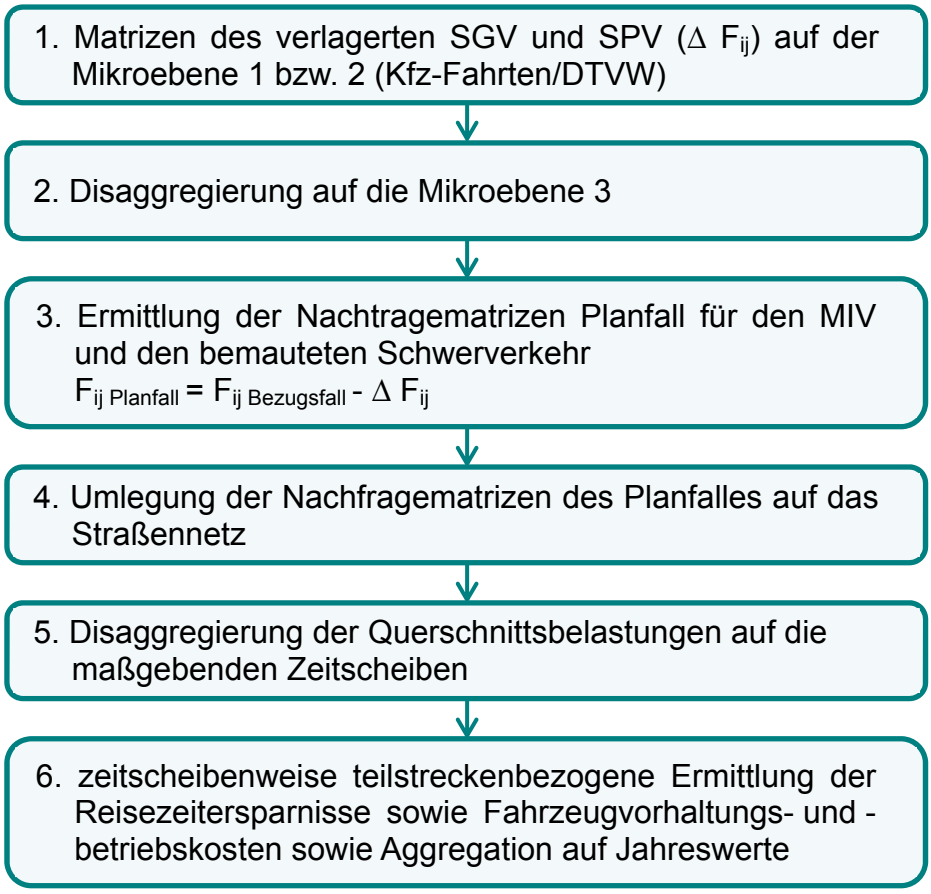
Dies betrifft allerdings nicht das gesamte für den Verkehrsträger Schiene zu bewertende Variantenspektrum, sondern nur die Maßnahmen mit bewertungsrelevanten Verlagerungswirkungen. Was „bewertungsrelevant“ ist, ist anhand von Testrechnungen zu klären. Hierbei sollte vom „Großen“ ins „Kleine“ vorgegangen werden.

Dies bedeutet, dass nach Vorliegen einer Anzahl von Referenzprojekten die Entlastungswirkungen beim Verkehrsträger Straße der Größe nach sortiert werden und die hieraus resultierenden Entlastungswirkungen in dieser Reihenfolge ermittelt werden. Hieraus sollte ein geeigneter Schwellenwert abgeleitet werden, ab dem solche Verlagerungswirkungen als Bewertungsrelevant zu betrachten sind.

In den Fällen, in denen verlagerungsbedingte Reisezeitersparnisse in die Bewertung einzubeziehen sind, bietet es sich an, innerhalb des entsprechenden Untersuchungsprozesses auch die Ersparnisse an Fahrzeugvorhaltungs- und –betriebskosten zu ermitteln.

Zur Quantifizierung der verlagerungsbedingten Nutzenkomponenten wird die in Abbildung 4-2 dargestellte Vorgehensweise vorgeschlagen.

Abbildung 4-2: Untersuchungsansatz zur Quantifizierung verlagerungsbedingter Reisezeitersparnisse im Straßennetz



Ausgegangen wird von den Nachfragematrizen des vom SPV und SGV auf den Verkehrsträger Straße verlagerten Verkehrs (Arbeitsschritt 1). Da die Ergebnisse der Modellrechnungen zur Bestimmung des verlagerten Verkehrs beim Verkehrsträger Schiene auf Jahreswerte bezogen sind, werden diese mit einem Divisor von 334 beim Pkw-Verkehr und 302 beim Lkw-Verkehr[92] auf den durchschnittlichen täglichen Verkehr werktags (DTVW) umgerechnet.

Die Modellierung der Nachfragewirkungen für Bewertungen beim Verkehrsträger Schiene soll analog zur VP 2030 beim Güterverkehr in der Mikroebene 1 und beim Personenverkehr in der Mikroebene 2 erfolgen. Unter „Mikroebene 1“ wird innerhalb

[92] Angaben des Fachgutachters Straße

Deutschlands die räumliche Gliederung nach NUTS 3 (Kreise und kreisfreie Städte) verstanden.

Da der Feinheitsgrad der räumlichen Gliederung nach NUTS 3 für eine trennscharfe Umlegung des Schienenpersonenverkehrs nicht ausreicht, wurden die Raumeinheiten der Mikroebene 1 weiter unterteilt (in Deutschland etwa 1.500 Raumeinheiten der Mikroebene 2 gegenüber 400 Raumeinheiten der Mikroebene 1).

Für Netzumlegungen beim Verkehrsträger Straße wurde eine weitere Verfeinerung der räumlichen Gliederung definiert (Mikroebene 3 mit etwa 44.000 Siedlungsbereichen in Deutschland). Die auf höherem Aggregationsniveau ermittelten Matrizen des verlagerten SGV und SPV müssen daher auf die Mikroebene 3 disaggregiert werden (Arbeitsschritt 2).

Die für die Umlegung auf das Straßennetz im Planfall (Arbeitsschritt 4) maßgebenden Nachfragematrizen werden aus den im Bezugsfall beim Verkehrsträger Straße vorliegenden Nachfragematrizen abgeleitet, indem die Teilmatrizen des verlagerten Verkehrs von den entsprechenden Matrixelementen des Bezugsfalles abgezogen werden (Arbeitsschritt 3). Die Teilmatrizen des Personenwirtschaftsverkehrs und des nichtbemauteten Schwerverkehrs sind im Planfall gegenüber dem Bezugsfall unverändert.

Die Netzumlegung für den Planfall erfolgt auf Basis der Nachfragemengen gemäß DTVW. Als Grundlage für die zeitscheibenweise Nutzenermittlung in Arbeitsschritt 6 sind die aus der Umlegung folgenden Querschnittsbelastungen in Arbeitsschritt 5 auf die maßgebenden Zeitscheiben zu disaggregieren.

Die zeitscheibenweise Nutzenermittlung in Arbeitsschritt 6 erfolgt nach den gleichen Methoden- und Wertansätzen wie bei den Bewertungen von Infrastrukturmaßnahmen für den Verkehrsträger Straße (vgl. Kapitel 3 und Kapitel 8.2).

4.6.2 Nutzen aus der Beseitigung von schienengleichen Bahnübergängen

Die unten beschriebenen Methoden- und Wertansätze gelten nur für die Bewertung von Infrastrukturmaßnahmen beim Verkehrsträger Schiene. Beim Verkehrsträger Straße werden die Zeitverluste an schienengleichen Bahnübergängen bereits in

Form von pauschalen Zusatzwiderständen bei der Ermittlung der Widerstandsmatrizen berücksichtigt.

Die bei der Beseitigung von schienengleichen Bahnübergängen entfallenden Schrankenschließzeiten haben Auswirkungen auf

- die Reisezeitnutzen im MIV und Lohnkosten im Straßengüterverkehr sowie
- die Vorhaltungskosten von Pkw und Lkw.

Die Zeitkosten der auf den Lkw transportierten Waren werden vereinfachend vernachlässigt, da die für die Bestimmung der Zeitwerte erforderlichen Informationen über die Relationsstruktur, die Gütergruppenstruktur und die Struktur der für die Bewertung maßgebenden Modellfahrzeugtypen für die Streckenabschnitte des Straßennetzes mit Bahnübergängen nicht verfügbar sind und aus den Zeitkosten der Waren nur ein vergleichsweise geringer Nutzenbeitrag zu erwarten ist.

Als Grundlagen für die Ermittlung der oben beschriebenen Projektnutzen sind zunächst

- die durchschnittlichen täglichen Schrankenschließzeiten und
- der DTVW differenziert nach Pkw- und Schwerverkehr im Bezugsfall

festzustellen. Die Schrankenschließzeiten sind nur für den Zeitraum von 5.00 bis 24 Uhr zu ermitteln, da sowohl die Verkehrsnachfrage als auch die Schrankenschließzeiten in der Zeitscheibe von 0.00 bis 5.00 Uhr nur eine vergleichsweise geringe Größenordnung aufweisen. Der DTVW an dem betreffenden Bahnübergang ist entweder aus den Umlegungsergebnissen des Fachgutachters Straße für den Bezugsfall 2030 oder (sofern keine Umlegungsergebnisse für die betreffende Teilstrecke vorliegen) aus aktuellen Verkehrszählungen zu übernehmen.

Die Ermittlung der Einsparungen von Zeit-, Lohn- und Fahrzeugvorhaltungskosten aus entfallenden Schrankenschließzeiten erfolgt nach dem folgenden mathematischen Ansatz:

$$NZS = t_{schließ} / 19 \bullet (DTVW_{Pkw} \bullet (zw_{Pkw} + vk_{Pkw}) \bullet f_{Pkw} + DTVW_{Lkw} \bullet (zw_{Lkw} + vk_{Lkw}) \bullet f_{Lkw}) \bullet 0{,}96$$

Hierin sind:

NZS	Nutzen aus dem Entfall von Schrankenschließzeiten in €/Jahr
$t_{schließ}$	Summe der durchschnittlichen werktäglichen Schrankenschließzeiten im Zeitraum von 5.00 bis 24.00 Uhr
$DTVW_{Pkw}$	Durchschnittlicher täglicher Verkehr von Pkw werktags
$DTVW_{Lkw}$	Durchschnittlicher täglicher Verkehr von Lkw werktags
f_{Pkw}	Hochrechnungsfaktor vom DTVW auf Jahreswerte im Pkw-Verkehr in Höhe von 334
f_{Lkw}	Hochrechnungsfaktor vom DTVW auf Jahreswerte im Lkw-Verkehr in Höhe von 302
zw_{Pkw}	Zeitwert für den Pkw-Verkehr (Mittelwert aus dem Zeitwert für den gewerblichen Personenverkehr in Höhe von 24,21 €/Std. und den fahrtzweckspezifischen Zeitwerten für den nicht-gewerblichen Personenverkehr im Entfernungsbereich bis 10 km; die Zeitwerte im nicht-gewerblichen Personenverkehr sind noch mit den in Tabelle 8-69 für Fahrtweiten < 50 km aufgeführten fahrtzweckspezifischen Pkw-Besetzungsgraden zu beaufschlagen; liegen für den betreffenden Streckenabschnitt keine Informationen über die Fahrtzweckstruktur vor, ist von einem mittleren Pkw-Besetzungsgrad in Höhe von 1,2 Personen/Pkw und einem durchschnittlichen Zeitwert von 9,00 €/Std. auszugehen

zw_{Lkw} Lohnkostensatz für den Lkw-Verkehr in Höhe von 17,64 €/Std.

vk_{Pkw} Spezifische Vorhaltungskosten von Pkw in Höhe von 0,83 €/Pkw-Std. gemäß Tabelle 8-33

vk_{Lkw} Spezifische Vorhaltungskosten von Lkw in Höhe von 3,65 €/Lkw-Std. (gewichtetes Mittel aus Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von >12 Tonnen und > 3,5 Tonnen ≤12 Tonnen; vgl. Tabelle 8-41 und Tabelle 8-47)

Durch den Faktor 0,96 wird abgebildet, dass der Nutzen aus entfallenden Schrankenschließzeiten nur für die Zeitscheibe von 5.00 bis 24.00 Uhr ermittelt wird (Nachfrageanteil der Zeitscheibe 0.00 bis 5.00 Uhr am gesamten DTVW: 4 %).

Die Gewichtung der Vorhaltungskosten von Lkw erfolgte entsprechend der in Kapitel 8.2.5 aufgeführten Jahresfahrleistungen 2012 im Verhältnis von 41 % für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht > 12 Tonnen und 59% für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht > 3,5 Tonnen ≤ 12 Tonnen. Der mittlere Zeitwert für den Personenverkehr wurde unter Annahme eines Anteils des gewerblichen Personenverkehrs in Höhe von 25 % und des nicht-gewerblichen Personenverkehrs in Höhe von 75 % ermittelt.

Theoretisch wäre es möglich, beim Straßengüterverkehr zusätzlich noch die eingesparten Zeitkosten der Ladung in die Bewertung einzubeziehen. Dies ist jedoch aus den folgenden Gründen problematisch:

- Die Streckenabschnitte des Straßennetzes mit Bahnübergängen werden weniger vom Straßengüterfernverkehr (für diesen liegen aus dem FE-Projekt 96.1002/2012 zur Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr Zeitwerte für die Ladung vor) genutzt, sondern vielmehr vom kleinräumigen Güterwirtschaftsverkehr
- Für den kleinräumigen Wirtschaftsverkehr liegen keine Erkenntnisse über die Zeitwerte für die Ladung vor.
- Die Standardmethodik zur Bewertung der Nutzen aus der Beseitigung von schienengleichen Bahnübergängen muss sich an dem niedrigsten Level (bei vielen Zählungen Unterscheidung lediglich nach Leicht- und Schwerverkehr)

der verfügbaren Informationen bezüglich der Zusammensetzung der Fahrzeugstruktur an den betreffenden Bahnübergängen orientieren.

Aus den oben genannten Gründen ist in dem oben beschriebenen standardmäßigen Untersuchungsansatz die Berücksichtigung der Zeitkosten der Ladung nicht vorgesehen. Nichtsdestoweniger sollte dies für den Fall offengehalten werden, dass die entsprechenden Ausgangsinformationen vorliegen. Dies gilt auch für den Fall, das die Zahl der Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht größer 12 Tonnen an dem betreffenden Bahnübergang bekannt ist. Hier ist ein mittlerer Wertansatz für die Zeitkosten des Straßengüterverkehrs gemäß Kapitel 5.2 anzusetzen.

5 Zeitwerte

5.1 Gewerblicher und nicht-gewerblicher Personenverkehr

Zur Bestimmung der für die Wirkungsprognose und die ökonomische Bewertung maßgebenden Zeitwerte wurde vom BMVI eine gesonderte Studie in Auftrag gegeben. In diesem Forschungsvorhaben wurden nach Reiseweiten und Fahrtzwecken differenzierte Zeitwerte ermittelt. Dieses Forschungsvorhaben leitet Zahlungsbereitschaften für Reisezeiteinsparungen aus einer Erhebung ab, bei der die Probanden sowohl zu tatsächlich durchgeführtem Verkehrsverhalten (Revealed Preferences) als auch zu hypothetischen Entscheidungssituationen (Stated Preferences) befragt wurden. Im Fokus der Untersuchung stand der nicht-gewerbliche Personenverkehr. Erstmals wurde in Deutschland versuchsweise auch der gewerbliche Personenverkehr in eine Zahlungsbereitschaftsanalyse einbezogen.

Die in der Studie ermittelten Zeitwerte werden für die nicht-gewerblichen Fahrtzwecke Ausbildung, Arbeit, Einkauf und Freizeit in das weiterentwickelte Bewertungsverfahren sowie in die Prognose der maßnahmebedingten Nachfrageverlagerungen übernommen. Aufgrund der ähnlichen Höhe wurden die Zeitwerte für die Fahrtzwecke Ausbildung, Arbeit, Einkauf und Freizeit zu einem gewichteten Zeitwert zusammengefasst.

Für die nicht-gewerblichen Zeitwerte wird davon ausgegangen, dass diese für alle betrachteten Verkehrsmittel identisch sind. Es werden daher die über alle Verkehrsmittel gewichteten mittleren Zeitwerte der Studie verwendet. Die Funktion dieser Zeitwerte ist in Abbildung 5-1 grafisch und in Tabelle 5-1 zahlenmäßig dargestellt.

Abbildung 5-1: Distanzabhängige Zeitwerte für den nicht-gewerblichen Personenverkehr

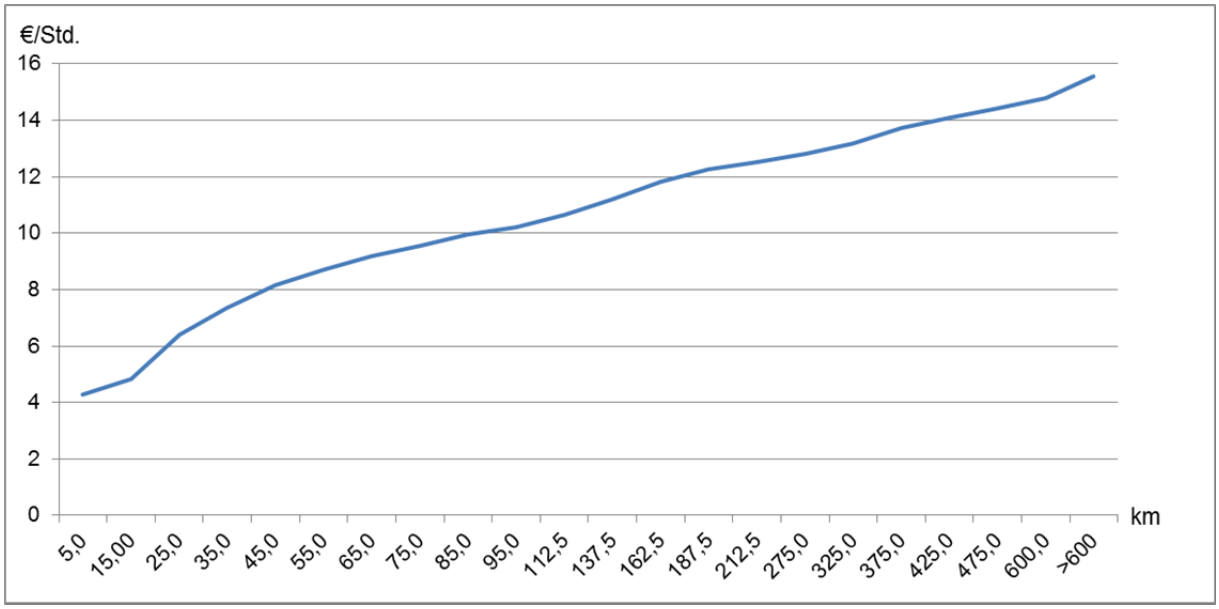


Tabelle 5-1: Distanzabhängige Zeitwerte im nicht- gewerblichen Personenverkehr nach Entfernungsstufen

Entfernung in km	Zeitwert in €/Std.	Entfernung in km	Zeitwert in €/Std.	Entfernung in km	Zeitwert in €/Std.	Entfernung in km	Zeitwert in €/Std.
5	4,27	15	4,81	25	6,41	35	7,35
45	8,17	55	8,70	65	9,18	75	9,56
85	9,94	95	10,20	112,5	10,66	137,5	11,18
162,5	11,82	187,5	12,24	212,5	12,53	275	12,79
325	13,17	375	13,71	425	14,07	475	14,42
600	14,77	> 600	15,54				

Um möglichen Verzerrungen des Bewertungsergebnisses durch routenwahlbedingte Änderungen der relationsbezogenen Distanzen zwischen Planfall und Bezugsfall vorzubeugen, ist der für den Bezugsfall ermittelte Zeitwert unverändert in die Berechnungen für den Planfall zu übernehmen.

Gegenstand des oben genannten Forschungsprojektes war auch die kritische Analyse der Bewertung von kleinen Reisezeitgewinnen. Nach einer Literaturrecherche sowie einer Auseinandersetzung mit den theoretischen Grundlagen der Zeitbewertung kommen die Gutachter zu der Erkenntnis, dass eine Abminderung der Zeitwerte nicht angemessen ist. Dementsprechend werden die Zeitwerte wie oben dargestellt ungemindert in die weiterentwickelte Bewertungsmethodik übernommen. Für die ausführliche Herleitung wird auf den Schlussbericht des oben genannten Forschungsvorhabens verwiesen.

Die Bewertung von Reisezeitgewinnen im gewerblichen Personenverkehr erfolgte analog zur Vorgehensweise beim Güterverkehr aufgrund von Lohnkosteneinsparungen. Die für den gewerblichen Personenverkehr im oben genannten Forschungsvorhaben ermittelten Zeitwerte erscheinen unplausibel, da diese unter dem mittleren Lohnkostensatz liegen.

Die Ursachen hierfür dürften in der Methodik zu suchen sein. In den Zahlungsbereitschaftsanalysen werden die Reisenden befragt. Qualitative Interviews mit Experten haben bestätigt, dass in einigen Unternehmen der Reisende nicht selbst über die Art und Durchführung von Dienstreisen entscheidet, sondern an Vorgaben der Unternehmensleitung gebunden ist. Aufgrund dieser Unsicherheiten scheinen weitere Forschungen zu Zahlungsbereitschaftsanalysen im gewerblichen Personenverkehr notwendig, so dass die im oben genannten Forschungsvorhaben ermittelten Zeitwerte nicht im Bewertungsverfahren für den BVWP 2015 verwendet werden können.

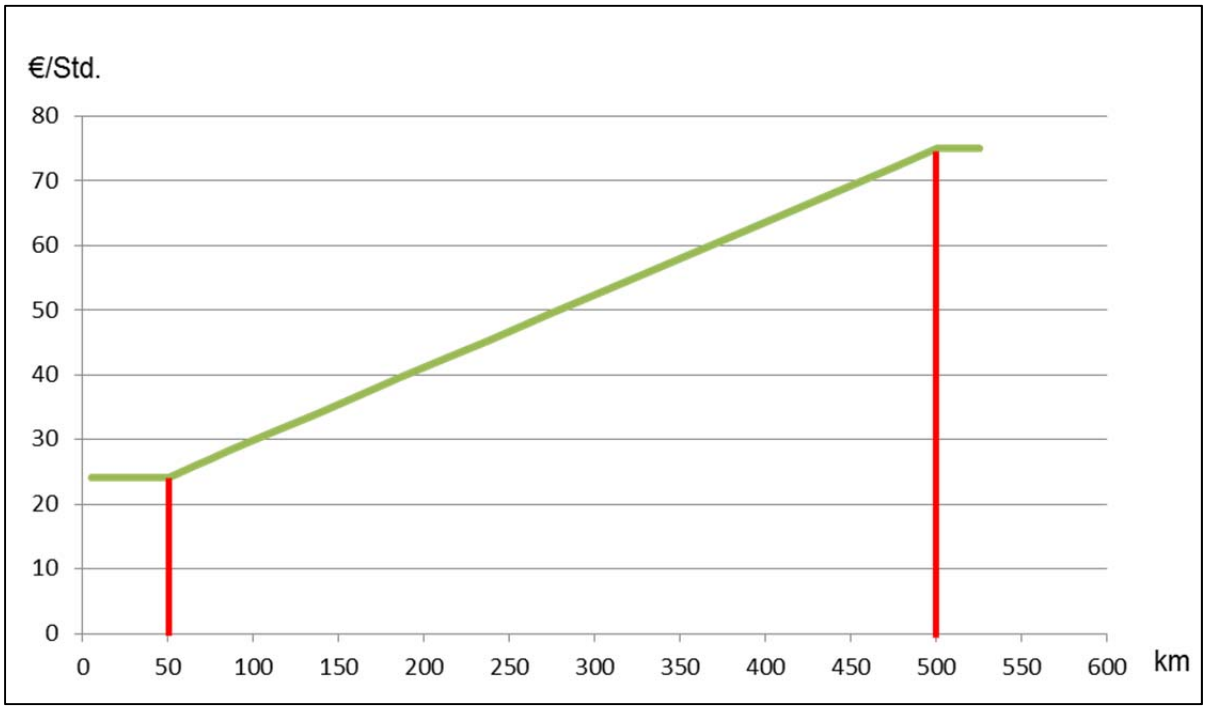
Die Bewertungsmethodik orientiert sich deswegen wie schon im BVWP 2003 an einem Lohnkostenansatz. Die weiterentwickelte Methodik berücksichtigt jedoch die unterschiedlichen Arten von gewerblichen Fahrten: Während im Nahbereich der gewerbliche Personenverkehr von Lieferfahrten, Handwerkern etc. bestimmt wird, steigt mit der Reiseweite der Anteil von höherwertigen Geschäftsreisen. In internatio-

nalen Studien wurde festgestellt, dass Reisende mit höherem Einkommen in der Regel zu höheren Reiseweiten tendieren[93]. Bei einem Lohnkostenansatz kann also von mit steigender Reiseweite steigenden Zeitwerten ausgegangen werden.

Dieser Zusammenhang ist für Deutschland noch nicht untersucht worden. Mangels detaillierter Erkenntnisse wird in der Bewertungsmethodik für die oberen Distanzklassen auf den Zeitwert der Verkehrsprognose 2030 im Fahrtzweck Dienstlich/Geschäft in Höhe von 75 €/Std. zurückgegriffen. Im Reiseweitenbereich bis 50 km wird von dem für den Personenwirtschaftsverkehr maßgebenden Zeitwert in Höhe von 24,21 €/Std. ausgegangen.

Im weiteren Verlauf der Zeitwertfunktion bis zu einer Reiseweite von 500 km wird eine lineare Steigerung bis zu einem Maximalwert von 75 €/Std. angenommen. Die unter den oben erläuterten Annahmen empfohlene Zeitwertfunktion für den Fahrtzweck Dienstlich/Geschäft ist in Abbildung 5-2dargestellt.

Abbildung 5-2 Zeitwertfunktionen für den Fahrtzweck Dienstlich/Geschäft



[93] Vgl. hierzu z.B. BICKEL ET AL. (2005), HEATCO Deliverable 5 und GÜHNEMANN ET AL. (2013)

Auch hier gilt die Randbedingung, dass die Zeitwerte je Relation zwischen Planfall und Bezugsfall unverändert sind. Maßgebend sind die für den Bezugsfall ermittelten Zeitwerte.

Die Nutzung dieser Zeitwertfunktion bedeutet eine höchstmögliche Konsistenz mit der Verkehrsverflechtungsprognose 2030. Der maximale Zeitwert für den Distanzbereich ab 500 km in Höhe von 75 €/Std. ist das Ergebnis einer am Ist-Zustand kalibrierten Nachfragemodellierung.

5.2 Güterverkehr

Bei der Nutzenermittlung im Bereich Güterverkehr werden als neue Komponente die „Transportzeitersparnisse der Ladung“ (NTZ) berücksichtigt. Für die Bewertungen von Infrastrukturmaßnahmen der Verkehrsträger Schiene und Binnenschifffahrt sowie für die Wirkungsprognose und Bewertung von Verlagerungen zwischen dem Straßengüterverkehr und den beiden vorgenannten Verkehrsträgern gilt die unten dargestellte funktionale Beziehung[94].

$$NTZ = TZ * (t_{VG} - t_{PF})$$

mit:

t_{VG}: Transportzeit im Vergleichsfall

t_{PF}: Transportzeit im Planfall

$$TZ = \left| \frac{\beta_T * T^{\lambda_T - 1}}{\beta_C * C^{\lambda_C - 1}} \right|$$

TZ entspricht den Zeit- und Logistikkosten der Ladung je Tonnenkilometer. Dabei ist *T* die Transportzeit und *C* sind die betriebswirtschaftlichen (für die Verkehrsträger-

[94] BVU; TNS Infratest, Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, FE-Vorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 4. Zwischenbericht, 20. Januar 2014, S. 114 ff.

wahl entscheidenden) Transportkosten.[95] Die Parameter β und λ sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 5-2: Parameter zur Bestimmung der Zeitwerte im Güterverkehr nach Transportsegmenten

Parameter	Einheit	Segment 1 Maritimer KV	Segment 2 kontinentaler KV	Segment 3 100t und mehr	Segment 4 Nahrung	Segment 5 Steine und Erden
λ_C		0,1	0,2	0,1	0,4	0,8
λ_T		0,0	0,0	1,0	0,0	0,0
β_C	€	-2,524000	-1,542000	-2,425000	-0,408500	-0,052170
β_T	Minuten	-0,710900	-1,697000	-0,000139	-1,312000	-0,689600
Parameter	Einheit	Segment 6 Mineralöler-zeugnisse	Segment 7 Chemie und Düngemittel	Segment 8 Metalle	Segment 9 Fahrzeuge, Maschinen	Segment 10 Sonstige
λ_C		1,0	0,5	0,0	0,4	0,7
λ_T		0,0	0,1	0,0	0,3	1,0
β_C	€	-0,006239	-0,222200	-5,887000	-0,280300	-0,051390
β_T	Minuten	-0,931000	-0,506800	-1,242000	-0,173400	-0,000254

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an BVU; TNS Infratest, Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, FE-Vorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 4. Zwischenbericht, 20. Januar 2014, S. 106.

Da bei Umlegungen beim Verkehrsträger Straße die Gütergruppen nicht mitgeführt werden, ist die Ermittlung von relationsbezogenen und nach Gütergruppen differenzierten Transportzeiten nicht möglich. Ersatzweise ist bei Bewertungen von Infrastrukturmaßnahmen des Verkehrsträgers Straße von einem mittleren Zeitwert für die Ladung in Höhe von 6,88 € / Lkw-Std auszugehen.

Da beim aufnehmenden Verkehrsträger Straße im Wertebereich des BVWP keine Verlagerungen vom Schienengüterverkehr und der Binnenschifffahrt zu berücksichtigen sind, bestehen keine intermodalen Konsistenzprobleme

[95] TZ wird für den Vergleichsfall ermittelt. Der so ermittelte Zeitwert wird auch auf den Planfall angewendet. Dies erfolgt unter der realitätsnahen Annahme, dass der Zeitwert durch eine Transportzeitänderung allenfalls im vernachlässigbaren Umfang beeinflusst wird. Da in dem durch TZ definierten Zeitwert die logistischen Kosten ein großes Gewicht haben, ist diese Annahme realitätsnah. Ausnahme von dieser Vorgehensweise ist der Fall des Verkehrsträgerwechsels im Planfall.

Die in Tabelle 5-2 aufgeführten Zeitwerte gelten nur für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von ≥ 12 Tonnen. Für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht < 12 Tonnen können aus der im Rahmen des FE-Vorhabens zur Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr durchgeführten SP-Befragung keine Zeitwerte der Ladung abgeleitet werden. Transportzeitersparnisse der Ladung können daher für dieses Nachfragesegment nicht ermittelt werden.

6 Spezifische Energiekosten

6.1 Diesel- und Ottokraftstoff sowie Kerosin

Die Zusammensetzung der mittleren Tankstellenabgabepreise für Otto- und Dieselkraftstoff bezogen auf den für den BVWP 2015 maßgebenden Preisstand 2012 ist in Tabelle 6-1 dargestellt.

Tabelle 6-1: Zusammensetzung der mittleren Tankstellenabgabepreise 2012

Preiskomponente	**Preisanteil in €/l** [1)]	
	Ottokraftstoff	**Diesel**
Rohöleinstandspreis	0,550	0,550
Sonstige Kosten	0,172	0,237
Mineralölsteuer	0,655	0,470
Summe (netto)	**1,377**	**1,257**

[1)] Quelle: Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle

Unter “sonstige Kosten“ werden die Kosten für Verarbeitung, Vertrieb, Transport, Marge, etc. verstanden.

Beim Luftverkehr lagen die Treibstoffpreise im Jahr 2012 bei durchschnittlich 0,68 €/l. Hiervon entfallen 0,55 €/l auf den Rohöleinstandspreis und 0,13 €/l auf die sonstigen Kosten. Auffällig ist der große Unterschied bei den sonstigen Kosten zwischen

Kerosin einerseits und Ottokraftstoff bzw. Diesel andererseits. Dies legt die Vermutung nahe, dass die sonstigen Preiskomponenten sehr stark durch die Marge geprägt sind. Diese Vermutung wird durch die Betrachtung der Zeitreihe der betreffenden Preiskomponente für Otto- und Dieselkraftstoff bestätigt (vgl. Tabelle 6-2).

Tabelle 6-2: Zeitreihe der Größenordnung der sonstigen Kosten bei Otto- und Dieselkraftstoff

Jahr	Sonstige Kosten		Relation Diesel/Ottokraftstoff
	Ottokraftstoff	Diesel	
1990	0,164	0,107	0,65
1991	0,172	0,115	0,67
1992	0,155	0,095	0,62
1993	0,169	0,110	0,65
1994	0,168	0,107	0,64
1995	0,171	0,104	0,61
1996	0,178	0,124	0,69
1997	0,130	0,128	0,98
1998	0,127	0,116	0,92
1999	0,118	0,105	0,89
2000	0,121	0,121	1,00
2001	0,117	0,127	1,08
2002	0,116	0,119	1,03
2003	0,127	0,133	1,04
2004	0,139	0,152	1,09
2005	0,130	0,180	1,38
2006	0,132	0,169	1,28
2007	0,141	0,180	1,27
2008	0,106	0,238	2,24
2009	0,142	0,164	1,15
2010	0,154	0,177	1,15
2011	0,145	0,215	1,48
2012	0,172	0,237	1,38
2013	0,161	0,207	1,29

Während die sonstigen Kosten für Dieselkraftstoff bis zum Jahr 2000 kleiner oder gleich dem entsprechenden Vergleichswert für Ottokraftstoff waren, liegen diese ab 2000 mit unterschiedlichen Wertrelationen oberhalb dieses Vergleichswertes.

Die starken Schwankungen bei der Größenordnung der sonstigen Kosten lassen sich nur durch unterschiedliche Margen erklären, die sich aus der jeweiligen Marktsituation bei den betreffenden Treibstoffarten ergeben (z.B. Knappheit bei Dieselkraftstoff in Folge des steigenden Anteils der Fahrzeuge mit Dieselantrieb).

Da die Marge nicht dem für die gesamtwirtschaftliche Bewertung maßgebenden Ressourcenverzehr zuzuordnen ist, sind die Treibstoffpreise überschlägig zu bereinigen. Dies erfolgte unter den folgenden Arbeitshypothesen:

- Die Größenordnung der Komponente „Sonstige Kosten“ ist bei Diesel- und Ottokraftstoff gleich (es ist kein technischer Grund für entsprechende Unterschiede erkennbar)
- Untere Grenze für diese Preiskomponente ist der betreffende Wert beim Kerosin (0,13 €/l)
- Beim Diesel- und Ottokraftstoff richtet sich die Größenordnung der sonstigen Kosten nach der Losgröße beim Treibstoffabsatz als maßgebende Einflussgröße für die Distributionskosten (geringster Wert bei Großunternehmen wie z.B. Luftverkehrsgesellschaften, kleinster Wert bei Einzelverbrauchern)
- Im Einzelnen wird von den folgenden Ansätzen ausgegangen:
  - Luftverkehr (Kerosin): 0,13 €/l
  - Schienenverkehr (Diesel): 0,14 €/l
  - Straßengüterverkehr/Binnenschifffahrt/ Fernlinienbusse (Diesel): 0,15 €/l
  - MIV (Diesel- und Ottokraftstoff): 0,16 €/l

Für den Stand 2012 ergeben sich damit die in Tabelle 6-3 dargestellten spezifischen gesamtwirtschaftlichen Treibstoffkosten (definitionsgemäß ohne Mineralölsteuer).

Tabelle 6-3: Gesamtwirtschaftliche spezifische Treibstoffkosten 2012

Preiskomponente	**Preisanteil in €/l** [1)]				
	Ottokraft-stoff	**Diesel**			**Kerosin**
		MIV	Straßengüterverkehr/ Binnenschifffahrt/ Fernlinienbusse	Schienenverkehr	
Rohöleinstandspreis	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
Sonstige Kosten	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
Summe (netto)	**0,71**	**0,71**	**0,70**	**0,69**	**0,68**

Für den Prognosezustand 2030 wird davon ausgegangen, dass die sonstigen Kosten gegenüber dem Stand 2012 real unverändert sind. Der Rohöleinstandspreis wird unter Ansatz der Annahmen aus der VP 2030 zum Prognoseszenario wie folgt fortgeschrieben:

- Rohöleinstandspreis 2010: 0,381 €/l
- Weltrohölpreis 2010: 79 $/barrel

- Weltrohölpreis 2030: 120 $/barrel
- Rohöleinstandspreis 2030: 0,381 x 120 : 79 =
  (Preisstand 2010) 0,579 €/l
- Rohöleinstandspreis 2030:
  (Preisstand 2012, angenommene Inflationsrate
  2% p.a.) 0,602 €/l

Damit ergeben sich für den Prognosezustand 2030 die in Tabelle 6-4 dargestellten gesamtwirtschaftlichen Treibstoffkosten.

Tabelle 6-4: Gesamtwirtschaftliche spezifische Treibstoffkosten 2030

Preiskomponente	**Preisanteil in €/l**				
	Ottokraft-stoff	**Diesel**			**Kerosin**
		MIV	Straßengüterverkehr/ Binnenschifffahrt/ Fernlinienbusse	Schienenverkehr	
Rohöleinstandspreis	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
Sonstige Kosten	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
Summe (netto)	**0,76**	**0,76**	**0,75**	**0,74**	**0,73**

6.2 Gas

Gemäß VP 2030 ist im Prognosezustand 2030 von einem steigenden Anteil von Pkw mit Gasantrieb (vgl. Kapitel 8.5.1) auszugehen. Daher werden spezifische Energiekosten auch für solche Pkw benötigt. Von den heute in Betrieb befindlichen Pkw mit Gasantrieb entfallen mehr als 85% auf Fahrzeuge mit Flüssiggasantrieb. Bei der Ermittlung der Treibstoffkosten wurden daher die Kosten für Flüssiggas als Leitgröße herangezogen und mögliche Kostenunterschiede bei der Verwendung von Erdgas vereinfachend vernachlässigt.

Der durchschnittliche Tankstellenabgabepreis für Flüssiggas (Autogas) lag im Jahr 2012 bei 0,80 €/l [96] brutto bzw. 0,67 €/l netto. Zieht man hiervon die Mineralölsteuer in Höhe von 0,09 €/l ab, ergeben sich gesamtwirtschaftliche spezifische Energiekosten für Autogas zum Preisstand 2012 in Höhe von 0,58 €/l.

[96] Quelle: www.autogasvergleich.de, Zugriff 07.05.2014

Die Hochrechnung auf den Prognosezustand 2030 erfolgte unter den folgenden Annahmen:

- Sonstige Kosten: 0,20 €/l (höherer Wertansatz als bei Diesel- und Ottokraftstoff in Höhe von 0,16 €/l infolge des höheren Distributionsaufwandes)
- Rohstoffkosten: 0,38 €/l (Preisstand 2012)
- Hochrechnung der Rohstoffkosten vom Preisstand 2012 auf den Prognosezustand 2030 im Verhältnis der Rohöleinstandspreise 2030 zu 2012

Hieraus ergeben sich Rohstoffkosten in Höhe von 0,41 €/l. Zusammen mit den sonstigen Kosten in Höhe von 0,20 €/l ergeben sich für den Prognosezustand 2030 gesamtwirtschaftliche spezifische Treibstoffkosten für Pkw mit Gasantrieb in Höhe von 0,61 €/l.

6.3 Elektrischer Strom für den Betrieb von Pkw

Die Kostensätze für elektrischen Strom für den Betrieb von Pkw wurden aus den durchschnittlichen Strompreisen für private Haushalte bei einem Jahresverbrauch von 2.500 kWh bis unter 5.000 kWh im Jahr 2012 gemäß statistischen Bundesamt[97] in Höhe von brutto 26,36 Cent/kWh bzw. netto 22,15 Cent/kWh abgeleitet. Hiervon sind noch die folgenden bei gesamtwirtschaftlichen Bewertungen nicht relevanten Steuern und Abgaben abzuziehen:

- 1,79 Cent/kWh Konzessionsabgabe
- 2,05 Cent/kWh Stromsteuer
- 0,15 Cent/kWh § 19 Umlage (Mehrkosten für Netzentgeltbefreiungen)

Bereinigt um diese Steuern und Abgaben verbleiben 18,16 Cent/kWh. Hierin sind 3,59 Cent/kWh für die Umlage nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG-Umlage) enthalten.

Die EEG-Umlage wird dem Ressourcenverzehr zugeordnet und darf damit bei der Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen Kostensätze nicht ausgeklammert werden. Da die EEG-Umlage infolge der Entlastung energieintensiver Betriebe nicht alle Stromverbraucher in gleicher Größenordnung trifft, ist noch eine entsprechende Bereinigung erforderlich.

[97] Statistisches Bundesamt, Daten zur Energiepreisentwicklung, Lange Reihen von Januar 2000 bis März 2014, Wiesbaden 2014

Für die Ermittlung gesamtwirtschaftlicher Kostensätze wird davon ausgegangen, dass die EEG-Umlage in Höhe von 18,04 Mrd. € im Jahr 2012[98] auf den relevanten Stromverbrauch umgelegt wird. Unter „relevanten Stromverbrauch“ wird der gesamte Stromverbrauch in Deutschland in Höhe von 606,7 Mrd. kWh[99] abzüglich der Eigenstromerzeugung in Höhe von 54,4 Mrd. kWh[100] im Jahr 2012 verstanden. Hieraus ergibt sich eine durchschnittliche EEG-Umlage in Höhe von 3,27 Cent/kWh.

Bereinigt man das oben hergeleitete Zwischenergebnis für die gesamtwirtschaftlichen Energiekosten in Höhe von 18,16 Cent/kWh um die Differenz zwischen der für private Haushalte maßgebenden und der durchschnittlichen EEG-Umlage in Höhe von 0,32 Cent/kWh, ergeben sich gesamtwirtschaftliche Energiekosten für private Haushalte im Jahr 2012 in Höhe von 17,84 Cent/kWh.

Im Ausstiegsszenario der im Auftrag des BMWi erstellten Energieszenarien wird ein realer Anstieg der Energiekosten (ohne Steuern und Abgaben) bis zum Prognosejahr 2030 in Höhe von 1 Cent/kWh prognostiziert. Die gesamtwirtschaftlichen spezifischen Energiekosten für den Betrieb von Pkw mit elektrischem Strom erhöhen sich damit im Prognosezustand 2030 auf 0,19 €/kWh.

6.4 Bahnstrom

Die spezifischen gesamtwirtschaftlichen Energiekosten für Bahnstrom wurden aus den ab 01.01.2012 geltenden Grundpreisen und Erstattungen für Fahrstromrückspeisung der DB Energie GmbH abgeleitet (vgl. Tabelle 6-5). Diese sind differenziert nach Hochtarif und Niedrigtarif. Der Hochtarif gilt für den Zeitraum von 5.30 Uhr bis 22.00 Uhr.

Die für die gesamtwirtschaftliche Bewertung maßgebenden Preise setzten sich aus den Grundpreisen (ohne Steuern und EEG Umlage) und der durchschnittlichen EEG-Umlage zusammen. Analog zur Vorgehensweise bei der Ermittlung der spezifischen

[98] BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V., Erneuerbare Energien und das EEG: Zahlen, Fakten, Grafiken 2013, Berlin 2013

[99] AG Energiebilanzen, Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2013

[100] Prognos AG (Jens Hobohm), Impulsvortrag Eigenverbrauch, Berlin 18.09.2013

Energiekosten für Pkw mit Elektroantrieb wird die EEG-Umlage als Ressourcenverzehr betrachtet und ist damit bei den gesamtwirtschaftlichen Energiepreisen zu berücksichtigen. Hierfür ist nicht der reduzierten Satz für Bahnstrom in Höhe von 1,6 Cent/kWh maßgebend, sondern der in Kapitel 6.3 hergeleitete Durchschnittssatz bezogen auf alle Stromverbraucher in Höhe von 3,27 Cent/kWh.

Tabelle 6-5: Ausgangsgrößen für die Ermittlung der gesamtwirtschaftlichen spezifischen Energiekosten für Bahnstrom

	Hochtarif (Cent/kWh)	**Niedrigtarif (Cent/kWh)**
Grundpreis für elektrischen Strom (ohne Steuern und EEG-Umlage)	12,50	10,60
Durchschnittliche EEG-Umlage	3,27	3,27
Gesamtwirtschaftlicher Preis	15,77	13,87
Erstattung für Fahrstromrückspeisung	8,50	7,45

Zur Ermittlung der Durchschnittspreise für die Verkehrsarten SPFV, SPNV und SGV wurden vom Gutachter die in Tabelle 6-6 aufgeführten Anteile der Betriebsleistungen während des Hochtarifs abgeschätzt. Die Anteile der Fahrstromrückspeisung am bezogenen Strom wurden von der DB Energie GmbH zur Verfügung gestellt.

Tabelle 6-6: Geschätzte Anteile des Hochtarifes am gesamten Stromverbrauch und Anteil der Fahrstromrückspeisung am bezogenen Strom gemäß Angaben der DB Energie GmbH

	Verkehrsart		
	SPFV	**SPNV**	**SGV**
Anteil Hochtarif am gesamten Stromverbrauch in %	90	90	60
Anteil Fahrstromrückspeisung in % am bezogenen Strom	10	10	5

Aus den in der Tabelle 6-5 und der Tabelle 6-6 zusammengestellten Ausgangsannahmen wurden in Tabelle 6-7 die für den SPFV, den SPNV und den SGV maßgebenden durchschnittlichen Energiekosten 2012 abgeleitet.

Tabelle 6-7: Herleitung der durchschnittlichen Energiekosten 2012 für den SPFV, den SPNV und den SGV

Tarif	Energiekosten (Cent/kWh)	SPFV / SPNV		SGV	
		Anteil in %	gewichtete Energiekosten (Cent/kWh)	Anteil in %	gewichtete Energiekosten (Cent/kWh)
Hochtarif ohne Rückspeisung	15,77	81	12,77	57	8,99
Hochtarif mit Rückspeisung	7,27	9	0,65	3	0,22
Niedrigtarif ohne Rückspeisung	13,87	9	1,25	38	5,27
Niedrigtarif mit Rückspeisung	6,42	1	0,06	2	0,13
Summe		**100**	**14,74**	**100**	**14,61**

Bis zum Prognosejahr 2030 erhöhen sich die Energiekosten (ohne Verbrauchssteuern und Abgaben) laut Ausstiegsszenario der im Auftrag des BMWi Energieszenarien um 1 Cent je kWh[101]. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass bis zum Prognosejahr 2030 alle Schienenfahrzeuge über die Möglichkeit zur Fahrstromrückspeisung verfügen.

Die Änderungen der Anteile der Fahrstromrückspeisung am insgesamt bezogenen Strom im Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 2012 wurden gemäß Tabelle 6-8 abgeschätzt.

[101] Quelle: ewi gws, prognos: Ausstiegsszenario in Energieszenarien 2011, im Auftrag des BMWi

Tabelle 6-8: Anteile der Fahrstromrückspeisung 2030 im Vergleich zu 2012

	Verkehrsart		
	SPFV	**SPNV**	**SGV**
Anteil Fahrstromrückspeisung in % am bezogenen Strom 2012	10	10	5
Anteil Fahrstromrückspeisung in % am bezogenen Strom 2030	12	16	8

Bezüglich der relativen Verteilung der Betriebsleistungen auf die Zeiträume des Hoch- und des Niedrigtarifs wird angenommen, dass diese im Prognosezustand 2030 gegenüber dem Status Quo 2012 unverändert sind. Die für das Jahr 2030 maßgebenden Energiekosten für den SPFV und den SPNV wurden in Tabelle 6-9 unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Prognoseannahmen ermittelt.

Tabelle 6-9: Herleitung der durchschnittlichen Energiekosten 2030 für den SPFV und den SPNV

Tarif	Energiekosten (Cent/kWh)	SPFV		SPNV	
		Anteil in %	gewichtete Energiekosten (Cent/kWh)	Anteil in %	gewichtete Energiekosten (Cent/kWh)
Hochtarif ohne Rückspeisung	16,77	79	13,25	76	12,75
Hochtarif mit Rückspeisung	8,27	11	0,91	14	1,16
Niedrigtarif ohne Rückspeisung	14,87	9	1,34	8	1,19
Niedrigtarif mit Rückspeisung	7,42	1	0,07	2	0,15
Summe		**100**	**15,57**	**100**	**15,24**

Tabelle 6-10 enthält die entsprechende Berechnung für den SGV.

Tabelle 6-10: Herleitung der durchschnittlichen Energiekosten 2030 für den SGV

Tarif	Energiekosten (Cent/kWh)	Anteil in %	gewichtete Energiekosten (Cent/kWh)
Hochtarif ohne Rückspeisung	16,77	55	9,22
Hochtarif mit Rückspeisung	8,27	5	0,41
Niedrigtarif ohne Rückspeisung	14,87	37	5,50
Niedrigtarif mit Rückspeisung	7,42	3	0,22
Summe		**100**	**15,36**

7 Monetarisierung externer Effekte

7.1 Unfallkosten

7.1.1 Wertansätze für Personenschäden

Der monetäre Bewertungsansatz für die Nutzenkomponente im Bereich der Verkehrssicherheit des BVWP 2003 umfasst ausschließlich Kosten als bewerteten Ressourcenverbrauch oder potenziellen Produktionsausfall (Schadenskosten). Eine subjektive Bewertung einer Risikoveränderung im Bereich der Verkehrssicherheit - im Sinne einer Zahlungsbereitschaft – wurde nicht berücksichtigt. Eine solche Bewertung liegt dem so genannten Risk-Value zu Grunde.[102] Der Risk-Value repräsentiert die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für die Senkung des Risikos selbst bei einem Unfall zu sterben oder verletzt zu werden oder dass dies Freunden und Verwandten geschieht.[103]

Es wird aus methodischen Gründen empfohlen, beide Kostenarten zu berücksichtigen. Da u.a. beim verlagerten und induzierten Verkehr der implizite Nutzen berücksichtigt wird, ist mit Blick auf ein konsistentes Gesamtbewertungsverfahren naheliegend, die subjektive Wertschätzung der Bevölkerung für Risikoänderungen auch bei den Unfallkosten einzubeziehen, da ein unterschiedlicher Bewertungsmaßstab zu einem methodisch bedingten Ungleichgewicht in der Nutzenbewertung führen würde.

Unter dieser Maßgabe bestehen die im Bereich der BVWP bewertungsrelevanten Kosten aus den Kosten, welche durch den Ressourcenausfall entstehen, ergänzt um die vom Risk-Value repräsentierte Risikokomponente, die nicht im Ressourcenausfall inbegriffen ist.

---

[102] Institut für Verkehrswirtschaft an der Universität Köln, Volkswirtschaftliche Kosten der Personenschäden im Straßenverkehr, Köln 1999. Zur Erläuterung der einzelnen Kostenbestandteile s. BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Intraplan Consult GmbH, Planco Consulting GmbH, Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg/München/Essen 2010, S. 86f.

[103] Zu der Problematik möglicher Doppelerfassung s. Bundesanstalt für Straßenwesen, Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland (Heft M 208), Bergisch Gladbach 2010, S.12 und 73.

Die volkswirtschaftlichen Kosten nach dem Ressourcenansatz für Personenschäden im Straßenverkehr[104] wurden von der Bundesanstalt für Straßenwesen für das Jahr 2012 ermittelt.[105]

Da für Deutschland keine Zahlungsbereitschaftsanalysen für Verkehrssicherheit vorliegen, kann ein entsprechender Näherungswert nach einer vom HEATCO-Projekt vorgeschlagenen Methode ermittelt werden. Hierbei wird eine durchschnittliche europäische Zahlungsbereitschaft durch Inflationierung und Anpassung an die nationale Kaufkraft für deutsche Bewertungsverfahren angepasst.[106]

Für den Risk Value sind nur auf Basis der HEATCO-Studie geschätzte Werte für das Jahr 2008 veröffentlicht worden.[107] Diese Werte wurden mit Hilfe der Entwicklung der Pro-Kopf-BIPs sowie des Pro-Kopf-Konsums fortgeschrieben. Die volkswirtschaftlichen Kosten für Personenschäden nach dem Ressourcenansatz[108] und der Risk Value sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tabelle 7-1: Personenschadenskosten je verunglückter Person (Vermiedene Personenschäden in € je Person)

Kostensätze	Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte
Ressourcenansatz	1.161.892	116.151	4.829
Risk Value - Komponente	1.319.104	171.484	13.191
Gesamtkosten	**2.480.996**	**287.635**	**18.020**

[104] S: CE Delft; et al., Handbook on the estimation of external costs in the transport sector, Delft 2008, S. 164.

[105] Wie beim Verfahren des BVWP 2003 werden die Kosten für Personenschäden im Straßenverkehr auch für die übrigen Verkehrsträger übernommen. Grund hierfür fehlende entsprechende Informationen für die übrigen Verkehrsträger. Dies impliziert, dass im Durchschnitt die Kosten eines Toten in der Binnenschifffahrt und bei der Bahn dem Durchschnitt im Straßenverkehr entsprechen. Diese implizite Annahme hat allenfalls geringe verzerrende Wirkungen, welche vernachlässigt werden können.

[106] Bickel et al. Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Deliverable 5, Proposal for Harmonised Guidelines, Revision 2, 2005. S.88.

[107] S. Bundesanstalt für Straßenwesen, Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland (Heft M 208), Bergisch Gladbach 2010, S. 76.

[108] Die Personenschadenskosten auf Basis des Ressourcenansatzes wurden von der Bundesanstalt für Straßenwesen für das Jahr 2012 zur Verfügung gestellt. Die Methode der Ermittlung des Risk Values entspricht der vom BAST angewendeten Methodik (s. Bundesanstalt für Straßenwesen, Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland (Heft M 208), Bergisch Gladbach 2010, S. 76).

7.1.2 Schiene

Die Unfallraten für den Verkehrsträger Schiene konnten auf Basis des Sicherheitsberichtes des Eisenbahn-Bundesamtes für das Jahr 2012 ermittelt werden. Gleiches gilt für die Unfallkosten der Sachschäden. Im Gegensatz zum BVWP 2003 mussten bzw. konnten die einzelnen Komponenten der Unfallraten bzw. z.T. auch der Schadenskostenraten nicht gesondert ausgewiesen werden, weil sie direkt in der benötigten Form vorlagen.[109]

Tabelle 7-2: Unfallkostenraten im Verkehrszweig Schiene

Schadensart	Unfallrate (Anzahl/Mio. Zug-km)	Durchschnittliche Schadenshöhe pro Person (Mio. €)	Schadenskostenrate (€/Zug-km)
Getötete	0,111	2,481	0,28
Schwerverletzte	0,133	0,288	0,04
Leichtverletzte[110]	0,455	0,018	0,01
Sachschäden	n.a.	n.a.	0,03
Summe	n.a.	n.a.	0,34

[109] Eisenbahn-Bundesamt, Bericht des Eisenbahnbundesamts (gemäß Artikel 18 der Richtlinie über Eisenbahnsicherheit in der Gemeinschaft – Richtlinie 2004/49/EG, Sicherheitsrichtlinie – über die Tätigkeiten als Sicherheitsbehörde) Berichtsjahr 2012, Bonn 2013, S. 41ff.

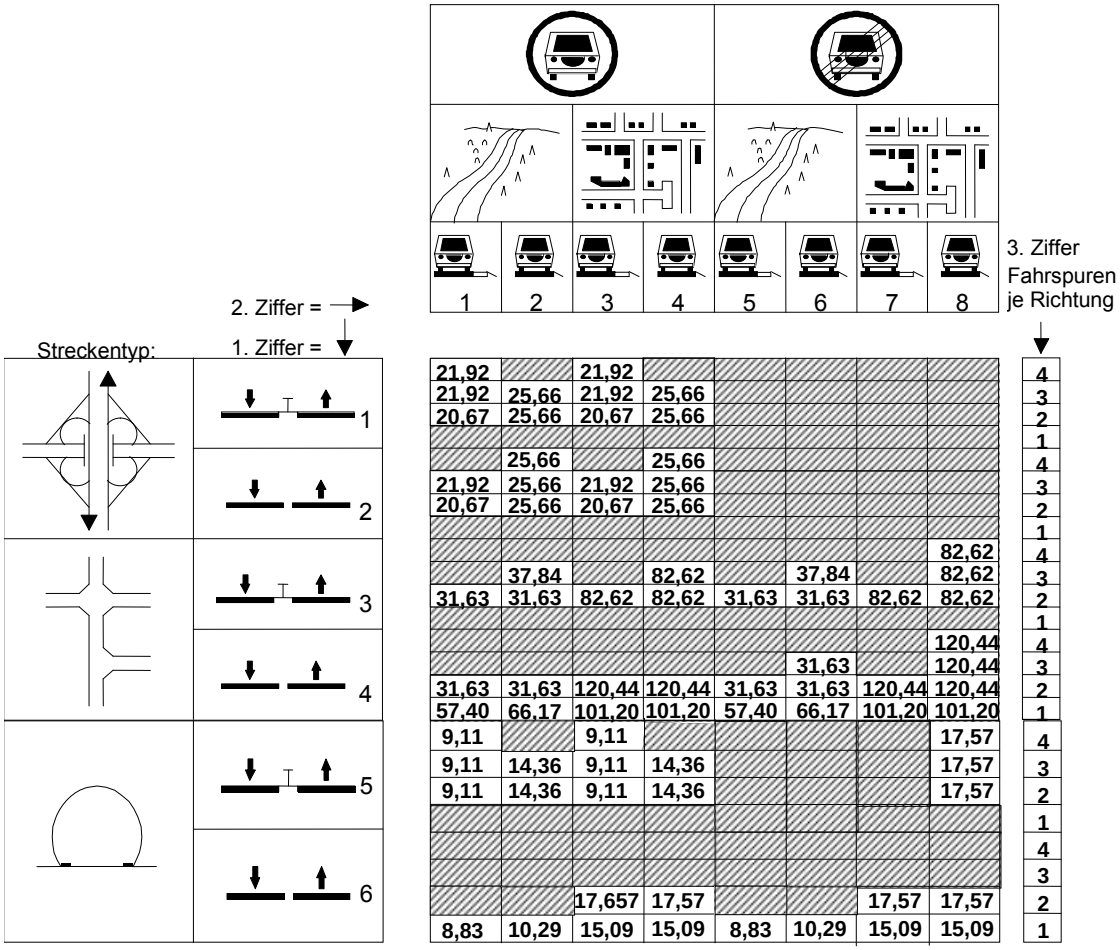
[110] Die Anzahl und damit auch die Unfallrate der Leichtverletzten wird beim EBA nicht mit ausgewiesen. Die fehlenden Daten wurden mit Auskünften seitens des Statistischen Bundesamtes ergänzt.

7.1.3 Straße

Die Datenlage bei den Unfallkosten für die Straße hat sich gegenüber dem BVWP 2003 verändert. Eine Unterscheidung nach Sach- und Personenschäden ist nicht mehr möglich Die Streckentypisierung hingegen entspricht weiter der des BVWP 2003. Eine Bewertung des Nutzens aus der Erhöhung der Verkehrssicherheit ist somit unverändert möglich. Lediglich eine Aufteilung in Unfallraten und durchschnittliche Unfallkostensätze ist nicht mehr möglich. Anstelle der bisher üblichen Unfallraten werden nun direkt Unfallkostenraten je Kilometer (genauer €/10³ Kfz-km) angegeben. Während für die Bewertung im Rahmen des BVWP 2003 die Unfallraten nach Personen- und Sachschäden unterschieden für die verschiedenen Streckentypen angegeben wurden, werden nun die durchschnittlichen Unfallkosten für die Unfälle mit Personenschäden und die Unfälle mit Sachschäden gewichtet mit ihren jeweiligen Häufigkeiten (Eintrittswahrscheinlichkeiten) zusammengefasst den Streckentypen zugeordnet (s. Abbildung 7-1 und Abbildung 7-2).

Abbildung 7-1: Unfallkostenraten unter Berücksichtigung des Risk

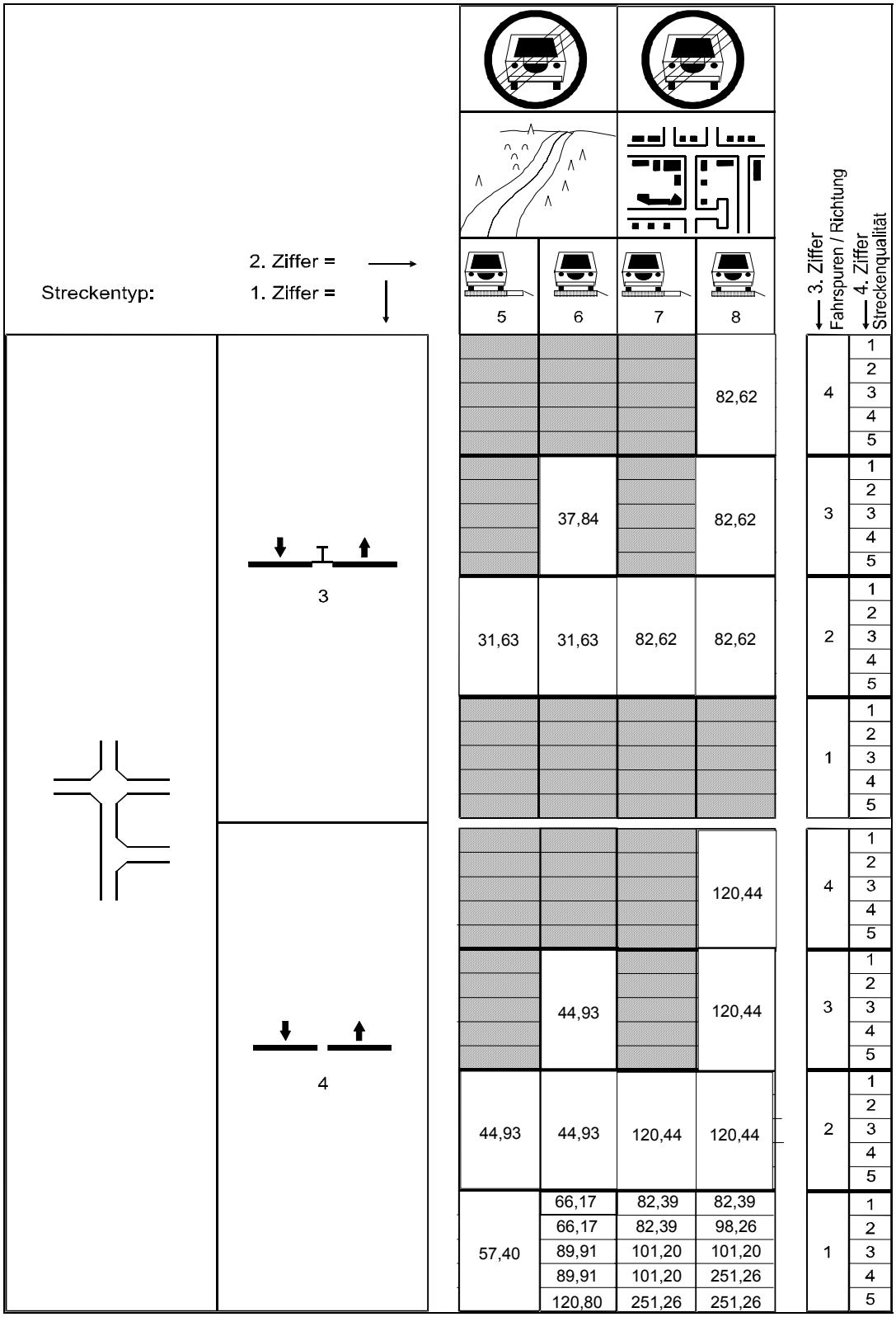
Values in €/10³ Kfz-km



21,92		21,92						4
21,92	25,66	21,92	25,66					3
20,67	25,66	20,67	25,66					2
								1
	25,66		25,66					4
21,92	25,66	21,92	25,66					3
20,67	25,66	20,67	25,66					2
								1
							82,62	4
	37,84		82,62		37,84		82,62	3
31,63	31,63	82,62	82,62	31,63	31,63	82,62	82,62	2
								1
							120,44	4
					31,63		120,44	3
31,63	31,63	120,44	120,44	31,63	31,63	120,44	120,44	2
57,40	66,17	101,20	101,20	57,40	66,17	101,20	101,20	1
9,11		9,11					17,57	4
9,11	14,36	9,11	14,36				17,57	3
9,11	14,36	9,11	14,36				17,57	2
								1
								4
								3
		17,657	17,57			17,57	17,57	2
8,83	10,29	15,09	15,09	8,83	10,29	15,09	15,09	1

Für die Streckentypen mit 2 Fahrstreifen je Richtung ohne Fahrtrichtungstrennung außerorts liegen keine empirischen Werte zum Unfallgeschehen vor. Aus diesem Grund wurden für diesen sehr seltenen Streckentypen die Unfallkostenraten mit Fahrtrichtungstrennung übernommen. Neue Straßen dieses Typs werden immer mit Fahrtrichtungstrennung gebaut. Es wird davon ausgegangen, dass bei den wenigen Streckentypen dieser Art in den letzten Jahren verkehrsregelnde Maßnahmen u.a. im Sinne von Geschwindigkeitsbeschränkungen eingeführt wurden, so dass sich die Unfallkostenraten immer mehr denen der Streckentypen mit Fahrtrichtungstrennung angeglichen haben.

Abbildung 7-2: Unfallkostenraten unter Berücksichtigung des Risk Values differenziert nach der 4.Kennziffer (Qualität) in €/10³ Kfz-km



Die in Abbildung 7-1 und Abbildung 7-2 dargestellte, nach Streckentypen differenzierte Betrachtungsweise zur Ermittlung der Unfallfolgekosten ist beim vom MIV auf den SPV und vom Straßen- auf den Schienengüterverkehr verlagerten Kfz-Betriebsleistungen nicht mit vertretbarem Aufwand umsetzbar. Daher wurde für diese Nachfragesegmente ein durchschnittlicher Unfallkostensatz wie folgt ermittelt:

Die oben beschriebenen hochdifferenzierten Unfallkostenraten für den Verkehrsträger Straße als aufnehmenden Verkehrsträger wurden zunächst auf die Streckentypen

- Bundesautobahn (BAB),
- Außerorts ohne BAB und
- Innerorts ohne BAB

aggregiert. Hieraus wurden in Tabelle 7-3 gewichtete Mittelwerte unter Berücksichtigung geschätzter Fahrleistungsanteile auf den oben genannten Streckentypen gebildet.

Tabelle 7-3: Herleitung des mittleren Unfallkostensatzes für den Verkehrsträger Straße als abgebenden Verkehrsträger

	Anteil in %	**€/10^3 Kfz-km**	
		ungewichtet	gewichtet
Bundesautobahn	80	23,17	18,54
Außerorts ohne BAB	10	58,52	5,85
Innerorts ohne BAB	10	92,37	9,24
Gewichtetes Mittel	**100**		**33,63**

7.1.4 Luftverkehr

Bei Luftverkehr sind die Schadensraten so gering, dass die Nutzenkomponente NS vereinfachend vernachlässigt werden kann.

7.1.5 Wasserstraße

Der Einfluss von Infrastrukturinvestitionen auf die Verkehrssicherheit der Binnenschifffahrt ist in aller Regel vernachlässigbar gering. Vermiedene Sachschäden fließen über die Versicherungskosten pauschal in die Vorhaltekosten der Schiffe ein. Bei Bewertungen von Infrastrukturinvestitionen an Binnenwasserstraßen ohne Verlagerungswirkungen sollte auf weitergehende Unfallkostenkalkulationen verzichtet werden. Bei Maßnahmen, die direkt auf die Erhöhung der Verkehrssicherheit auf den Wasserstraßen abzielen, sollte eine gesonderte Unfallkostenrechnung durchgeführt werden. Hierzu bedarf es expliziter Schätzungen über die Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahme. Die Maßnahmenwirksamkeit kann nicht pauschal vorgegeben werden.

Bei Verkehrsverlagerungen hingegen sollten die verkehrsträgerspezifischen Unfallkosten hingegen explizit berücksichtigt werden. Ausgehend vom Durchschnitt des Zeitraums 2000 bis 2005 ergibt sich eine durchschnittliche Unfallrate der Binnenschifffahrt von 10,13 Unfällen je Mrd. Tonnenkilometer. Die durchschnittliche Verunglücktenstruktur liegt bei 0,04 Getöteten, 0,13 Schwerverletzen sowie 0,38 Leichtverletzen je Binnenschiffsunfall.[111] Die monetären Wertansätze für Personenschäden sind Abschnitt 7.1.1 zu entnehmen. Die durchschnittlichen Sachschäden liegen zum Preisstand des Jahres 2012 bei rund 29.300 Euro. Hieraus ergeben sich durchschnittliche Unfallkosten je Tonnenkilometer von 0,0173 Cent.

[111] Die durchschnittliche Unfallrate der Binnenschifffahrt sowie die Verunglücktenstruktur entstammen einer Sonderauswertung im Rahmen der Studie „PLANCO Consulting GmbH in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße, im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, Essen 2007“. Fortlaufende diesbezüglich auswertbare Statistiken seitens des Statistischen Bundesamtes stehen nicht zur Verfügung. Die durch die fehlende Aktualität entstehende Unsicherheit der Ergebnisse ist aufgrund der insgesamt recht niedrigen Werte als gering anzusehen. Dies gilt insbesondere vor dem Hintergrund, dass sich die Unfallzahlen insgesamt als relativ konstant erweisen.

7.2 Umweltkosten

Die Nutzenkomponenten mit Umweltbezug im BVWP 2003 waren die Lärmbelastung (alte Bezeichnung NU1, jetzt NG), die Abgasbelastung (alte Bezeichnung NU2, jetzt NA) und die innerörtlichen Trennwirkungen (alte Bezeichnung NU3, jetzt NT). Alle drei Komponenten sollten auch im BVWP 2015 berücksichtigt werden.[112]

7.2.1 Lärm

Bei der Bewertung der Lärmemissionen wird empfohlen, wie im BVWP 2003 weiterhin eine Unterscheidung zwischen den Lärmemissionen innerorts und außerorts beizubehalten. Grundsätzlich sollte die Bewertung der Lärmemissionen verkehrsträgerunabhängig erfolgen.[113] Als Ausnahme hiervon sollte die Schifffahrt angesehen werden. Wie im Handbook on estimation of external costs in the transport sector angeführt, sind die Lärmemissionen der Schifffahrt vergleichsweise gering.[114] Allerdings gilt es bei der Lärmbewertung zu berücksichtigen, dass das Empfinden von Lärm (Lautheit) von der Frequenz der Geräusche abhängig ist und somit ein einheitlicher Bewertungssatz für alle Verkehrsträger bereits aus diesem Grund nicht zielführend ist.[115] Auch wenn die Bewertungssätze für die Verkehrsträger unterschiedlich sind, sollte die grundsätzliche Bewertungsmethodik gleich sein.[116] In der Bewertungsmethodik des BVWP 2003 waren die Verfahren für die Lärmbewertung der Verkehrsträger Schiene und Straße sowohl innerorts als auch außerorts grundsätzlich verschieden.[117] Eine Vereinheitlichung der Methodik für beide Bereiche wird angestrebt.

---

[112] Zur Prüfung der Aufnahme weiterer Nutzenkomponenten aus dem Bereich Umwelt s. auch Abschnitt 2.11.

[113] Die grundsätzliche Gleichbehandlung der Verkehrsträger bedeutet, dass letztlich ein Bahnbonus, wie es ihn für die Lärmemissionen der Bahn gab, nicht mehr zur Anwendung kommen sollte.

[114] S. CE Delft; et al., Handbook on the estimation of external costs in the transport sector, Delft, S. 62. Hinzu kommt noch ein weiteres Argument für die Vernachlässigbarkeit: In der Regel ist der Abstand von den Wasserstraßen zu den betroffenen Gebieten zumindest im Vergleich zu den übrigen Verkehrsträgern relativ groß, was insbesondere für die Lärmemissionen innerorts gilt.

[115] Diese Argumentation soll nicht zur Wiedereinführung des Bahnbonus führen, sondern deutlich machen, dass das Lärmempfinden von der Art des Geräusches und somit auch vom Verkehrsträger abhängig ist und verkehrsträgerspezifische Wertansätze gefunden werden sollten.

[116] Identisch können die Verfahren nicht sein, da die Art, wie der Lärm entsteht, also die Lärmemission, von den jeweiligen Verkehrsträgern abhängt.

[117] S. BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2005, S.134ff. und S. 187ff.

Generell kann bei der Bewertung von Umweltbelastungen und somit auch von Lärmemissionen zwischen den Top-down- und den Bottom-up-Ansätzen unterschieden werden.

Bei den Top-down-Ansätzen stehen am Anfang der Betrachtung immer Makrogrößen. So werden beispielsweise die Kosten des Lärms auf Landesebene ermittelt. Dazu wird die Zahl der Betroffenen geschätzt und mit ihrer durchschnittlichen Zahlungsbereitschaft für die Lärmvermeidung und den durchschnittlichen lärmverursachten Gesundheitskosten multipliziert. Dies wird für verschiedene Lärmniveaus durchgeführt. Im nächsten Schritt werden die Anteile der Verkehrsträger an den gesamten Lärmemissionen ermittelt und so durchschnittliche Lärmemissionen je Verkehrsträger bestimmt. Eine solche Vorgehensweise resultiert letztlich in durchschnittlichen Lärmkosten je Verkehrsträger und Fahrzeugkilometer. Dabei bleiben lokale Unterschiede, wie sie im Rahmen einer Bewertung von Infrastrukturmaßnahmen essentiell sind, unberücksichtigt.

Bei den Bottom-up-Ansätzen hingegen werden die lokalen Gegebenheiten und die „individuelle“ Lärmemission berücksichtigt. Der Anfangspunkt der Betrachtung bei einem Bottom-up-Ansatz ist die Mikroebene, d.h. der tatsächliche Verkehrsfluss auf einer bestimmten Strecke. Die Lärmemissionen werden bei diesem Ansatz mit Hilfe eines Referenzszenarios ermittelt, bei dem eine bestimmte Zahl von Fahrzeugen, die gefahrene Geschwindigkeit usw. unterstellt werden. Diese Situation wird dann mit dem Zustand mit einem zusätzlichen Fahrzeug auf dem Streckenabschnitt verglichen. Der Unterschied zwischen diesen beiden Szenarios ergibt die marginalen Kosten des einzelnen Fahrzeugs.[118]

Ein Top-down-Ansatz ist für die Bewertung von Verkehrslärm zu grob. Ein Bottom-up-Ansatz, welcher alle Einflussfaktoren auf die Lärmimmissionen im Detail berücksichtigt, ist nicht umsetzbar.[119] In abgeschwächter Form, d.h. mit Hilfe von Durchschnittsgrößen und Verallgemeinerungen, ist ein Bottom-up-Ansatz allerdings durchführbar. So wird auch in neueren Studien generell eine solche Form eines

[118] Vgl. CE Delft; et al., Handbook on the estimation of external costs in the transport sector, Delft, S. 222.
[119] Vgl. CE Delft; et al., Handbook on the estimation of external costs in the transport sector, Delft, S. 223.

Bottom-up-Ansatzes herangezogen.[120] Auch die Verfahrensweise in der Bewertungsmethodik des BVWP 2003 entspricht diesem Ansatz. Aus den genannten Gründen ist ein Wechsel vom Verfahren des BVWP 2003 hin zu einem echten Top-down-Ansatz nicht zu empfehlen.

7.2.1.1 Innerorts

Die Lärmbewertung innerorts des BVWP 2003 ist den oben erwähnten Bottom-up-Ansätzen zuzuordnen. Diesem Grundsatz wird sowohl die Straßen- als auch die Schienenlärmbewertung gerecht. Allerdings unterscheiden sich beide Ansätze doch so stark, dass sie dem oben erwähnten Kriterium der „methodischen Gleichbehandlung“ nicht gerecht werden. Es bedarf einer weitergehenden Vereinheitlichung. Grundsätzlich sollte bei dieser Vereinheitlichung auf den Wirkungspfad-Ansatz zurückgegriffen werden.

Dieser Ansatz wurde im Rahmen des EU-Forschungsprogramms ExternE entwickelt. Laut Umweltbundesamt (UBA) besteht auf wissenschaftlicher Ebene Konsens darüber, dass dieser Ansatz angewendet werden sollte. Er beruht auf folgenden Prinzipien:

- Die Bewertung erfolgt auf Grundlage eines Bottom-up-Modells;
- Bewertungsmaßstab sind die individuellen Präferenzen der betroffenen Individuen, die durch Rückschlüsse oder durch Befragung erfasst werden;
- Man bewertet Schäden (z.B. Atemwegserkrankungen) und Risiken (z.B. Erhöhung des Unfallrisikos), nicht Umwelteinwirkungen (z.B. Treibhausgasemissionen).[121]

Im Rahmen des Wirkungspfad-Ansatzes werden u.a. die Besonderheiten der Dezibel-Skala berücksichtigt (logarithmischer Zusammenhang zwischen Geräuschemission und Schallpegel, gemessen in dB(A)). Erste Stufe der Berechnungen ist die Quantifizierung der Lärmexposition in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen

[120] S. Ohlau, K.; Preiss, P.; Friedrich, R., Lärm, Sachstandspapier im Rahmen des Vorhabens „Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern“, Umweltbundesamt, Forschungsprojekte FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (2012), S. 4.

[121] S. Umwelt Bundesamt, Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau 2012, S. 46.

wie z.B. der Verkehrsstärke. Dabei sind die verschiedenen Lärmquellen zu unterscheiden. Während im Straßenverkehr der Lärm in erster Linie durch die Motoren und das Abrollgeräusch der Reifen erzeugt wird, dominiert das Rollgeräusch der Schienenfahrzeuge die Lärmemissionen der Züge. Bereits an dieser Stelle wird deutlich, dass für Züge und Kraftfahrzeuge unterschiedliche Bewertungssätze notwendig sind. In einem zweiten Schritt werden aus diesen verkehrsabhängigen Lärmemissionen Mittelungspegel abgeleitet. Anschließend werden die vom Mittelungspegel betroffenen, d.h. exponierten Personen ermittelt und die Lärmwirkung auf diese wird bewertet. Diese Berechnungen werden für zwei Szenarien durchgeführt. Einmal für das Szenario ohne Infrastrukturmaßnahme (Vergleichsfall) und einmal für das Szenario mit Infrastrukturmaßnahme (Planfall). Die Differenz entspricht der Maßnahmenwirkung.

Um die Gleichbehandlung der Verkehrsträger zu gewährleisten, gibt es zwei Optionen. Die erste Option ist die Angleichung der beiden Verfahren aneinander, die zweite ist eine vereinfachte Lärmbewertung, welche ebenfalls für Schiene und Straße auf einem einheitlichen Ansatz beruht. Option 2 sollte nur dann zur Anwendung kommen, falls die Entwicklung eines entsprechenden Verfahrens gemäß Option 1 nicht gelingt bzw. die Anwendung im Rahmen der Bewertung in Bezug auf die Ermittlung der relevanten Daten zu aufwendig ist.

Option 1

Die Grundlage der ersten Option ist das bisherige Verfahren der Lärmbewertung innerorts für den Verkehrsträger Straße.[122] Dabei werden für die zwei Verkehrsszenarien Plan- und Bezugsfall die Lärmemissionen berechnet. Diesen Verkehrsszenarios werden mit Hilfe der Stadtmodellbausteine Betroffenenzahlen und Lärmwirkungen zugeordnet, welche abschließend bewertet werden. Insofern entspricht dieses Verfahren grundsätzlich dem vom UBA empfohlenen Wirkungspfad-Ansatz.

Auch unter der Maßgabe, dass neue Stadtmodellbausteine in Anlehnung an die der RWS in das digitale Straßennetz des BVWP (NemoBFstr) integriert werden, besteht

[122] S. BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2005, S.187ff.

weiterhin die Möglichkeit, das Verfahren des BVWP 2003 anzuwenden. Allerdings wird derzeit im Rahmen der Erarbeitung der RWS ein neues Verfahren zur Bewertung von Lärmemissionen des Straßenverkehrs entwickelt. Hierbei wird explizit auch auf die BVWP-Methodik (2003)[123] Bezug genommen und dieses Verfahren weiter verfeinert. Der Ansatz steht ebenfalls im Einklang mit der Richtlinie für den Lärmschutz an Straßen (RLS-90)[124] und enthält auch Elemente der VBUS 2006[125] sowie, wie bereits erwähnt, der Bewertungsmethodik des BVWP 2003.

Nach Abschluss der Arbeiten an der RWS-Methodik sollte geprüft werden, ob diese mit den angepassten Stadtmodellbausteinen am NemoBFstr für die Bewertungen im Rahmen des BVWP angewendet werden kann. Sind die dort erarbeiteten Verfeinerungen nicht übertragbar, so sollte das Verfahren des BVWP 2003 beibehalten werden. Dies bedeutet, dass für die Bewertung des Straßenlärms innerorts grundsätzlich Option 1 zu bevorzugen ist und empfohlen wird.

Für die Bewertung des Schienenlärms stehen mit der VBUSch 2006[126] und der Richtlinie zur Berechnung der Schallemissionen von Schienenwegen (Schall03)[127] grundsätzlich ähnliche Berechnungsmethoden/Vorschriften wie für die Straße zur Verfügung. Eine Operationalisierung dieses Verfahrens für die volkswirtschaftliche Bewertung von Infrastrukturprojekten liegt derzeit nicht vor. Ein solches Verfahren wird aber, wie bereits erwähnt, angestrebt. Lässt sich ein solches Verfahren mit vertretbarem Aufwand operationalisieren, so sollte die erste Option für die Lärmbewertung gewählt werden.

Bei der Erstellung eines solchen Verfahrens für den Schienenlärm besteht allerdings ein grundsätzliches Problem. Das für die Straße entwickelte Verfahren ist sehr aufwendig und detailliert. Eine Übertragung der grundsätzlichen Vorgehensweise auf

---

[123] Auch die Bewertungsmethodik des BVWP 2003 basiert grundlegend auf der RLS 90. S. Heusch Boesefeld, Ergänzungen und Aktualisierung der Verfahren zur Bewertung von Fernstraßenprojekten für die Bundesverkehrswegeplanung, Aachen; u.a., 1997, S. 6-1ff.

[124] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV), RLS-90, Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen. Ausgabe 1990. In der berichtigten Fassung von 1992, FGSV-Nr. 334.

[125] VBUS (2006): Vorläufige Berechnungsmethode für Umgebungslärm an Straßen. Bundesanzeiger Nr. 154a.

[126] VBUSch (2006): Vorläufige Berechnungsmethode für Umgebungslärm an Schienenwegen. Bundesanzeiger Nr. 154a.

[127] Deutsche Bundestag Drucksache 18/1280, Anlage 2: Berechnung des Beurteilungspegels für Schienenwege (Schall 03).

die Schiene wäre sehr aufwendig. Außerdem ist die Planungstiefe bei Schienenprojekten in der Regel nicht so hoch wie bei den Straßenprojekten, so dass an dieser Stelle die Nutzung von Stadtmodellbausteinen grundsätzlich problematisch ist.[128]

Somit stellt sich die Frage, ob ein solch aufwendiges Verfahren bei jeder Schienenbewertung angewendet werden sollte. Hierbei muss eine Einschränkung berücksichtigt werden, die auch für die Straßenbewertung gilt und bereits in der Methodik des BVWP 2003 Anwendung fand. Die Differenz der Mittelungspegel zwischen Plan- und Vergleichsfall muss größer als 2 dB(A) sein. Dies entspricht der Signifikanzschwelle.[129] Hieraus resultiert für die Schienenbewertungen, dass die Streckenbelastung im Planfall um mindestens 60% größer oder 40% kleiner sein muss als im Vergleichsfall.[130] Folglich wird ein verfeinertes Verfahren, wie es bei der Straße angewendet wird, nur bei einer relativ geringen Zahl von Schienenprojekten notwendig sein. Die Häufigkeit der Anwendung bei Straßenprojekten ist trotz der Signifikanzschwelle hingegen deutlich höher. Insbesondere bei der Bewertung von Ortsumgehungen kommt der Lärmbewertung eine nicht zu vernachlässigende Bedeutung zu. Außerdem ist, wie bereits erwähnt, die Planungstiefe bei Straßenprojekten deutlich höher als bei Schienenprojekten, so dass die Anwendung des Verfahrens häufiger relevant ist und auch auf einer verlässlicheren Basis stattfindet.

Da die Anzahl der relevanten Schienenprojekte begrenzt ist, sollte davon abgesehen werden, grundsätzlich dem gesamten digitalen Schienennetz Stadtmodellbausteine zuzuordnen. Eine Zuordnung der Umgebungscharakteristik im Sinne von Stadtmodellbausteinen oder Ähnlichem sollte nur bei den relevanten Fällen stattfinden. Für diese Fälle gilt es, ein Verfahren zur vereinfachten Berechnung des Mittelungspegels zu entwickeln, welches die Umgebungscharakteristik (z.B. Abminderungsfunktionen in Abhängigkeit der Baustruktur vor Ort) hinreichend gut berücksichtigt. Außerdem

---

[128] Neben diesen Argumenten gegen eine detaillierte Lärmberechnung spricht ebenso die feine Unterscheidung nach Frequenzbereichen bei der aktuellen Fassung der Schall 03 dagegen (s. Beiblatt 1 zur Bundestagsdrucksache 18/1280).

[129] S. BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2005, S. 85.

[130] S. BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2005, S. 134. Dieser Unterschied in der Streckenbelastung wurde im Rahmen der Überprüfung der Bewertungsmethodik an Hand von Beispielrechnungen auf Basis der VBUSch überprüft.

sind Betroffenenzahlen zu schätzen. Es ist zu prüfen, ob ein entsprechend vereinfachter, anwendbarer Ansatz für die Bewertung des Schienenlärms entwickelt werden kann. Dabei gilt es in erster Linie, die Probleme „Umgebungscharakteristik (Mittelungspegel)“ und „exponierte Personen (Betroffenenzahlen)“ zu lösen.

Als Bewertungssätze für die Lärmwirkungen werden vom UBA[131] die in Tabelle 7-4 angegebenen Werte, welche eine Kombination aus Schadenskosten und Belästigungsbewertung darstellen, empfohlen.

Tabelle 7-4: Externe Kosten der Lärmbewertung in Deutschland je exponierter Person in Euro pro Jahr in Preisen von 2012

Lärmexposition in dB(A)	Straßenverkehr	Schienenverkehr
45	0	0
50	10	0
55	53	10
60	106	53
65	159	106
70	213	159
75	353	299
80	442	390

Quelle: Ohlau, K.; Preiss, P.; Friedrich, R., Lärm, Sachstandspapier im Rahmen des Vorhabens „Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern“, Umweltbundesamt, Forschungsprojekte FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (2012), S. 20. Eigene Hochrechnung der Werte auf den Preisstand 2012.

[131] Letztlich basieren die Werte der Tabelle auf dem Handbook on the estimation of external costs in the transport sector (HEATCO) und wurden durch das UBA in Kosten für Deutschland für das Jahr 2010 überführt.

Option 2

Für den Fall, dass die Entwicklung eines entsprechenden Verfahrens scheitert oder die Anwendung im Rahmen der Bewertung in Bezug auf die Ermittlung der relevanten Daten zu aufwendig ist, gilt es, eine Alternativlösung bereitzustellen. Diese Alternativlösung entspricht der bereits erwähnten zweiten Option. Ein solches vereinfachtes Verfahren wird durch die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes auf Basis der HEATCO-Analysen vorgestellt.[132]

In den Fällen, bei denen eine Berechnung auf Basis eines Wirkungspfad-Ansatzes nicht möglich ist, empfiehlt das UBA, den Grenzkostenansatz bei der Bewertung von Infrastrukturmaßnahmen anzuwenden. Um ihn anzuwenden, müssen ebenso wie beim Wirkungspfad-Ansatz zwei Szenarien gebildet werden. Ein Szenario ohne die Infrastrukturmaßnahme und eines mit. Die Differenz der Wirkungen aus den unterschiedlichen Lärmexpositionen in den Szenarien wird dann der Maßnahme zugeordnet.[133]

Auch der Grenzkostenansatz basiert letztlich auf dem Wirkungspfad-Ansatz. Es wird nur nicht für jede Maßnahme der Wirkungspfad-Ansatz im Einzelnen durchgerechnet. Es wird auf Grenzkosten zurückgegriffen, welche im Rahmen von Szenarien-Rechnungen mit Hilfe des Wirkungspfad-Ansatzes berechnet wurden. Ergebnis dieser Szenarien-Rechnungen sind die marginalen Kosten des Lärms in Form von Euro-Cent/Fahrzeugkilometer.

---

[132] S. Ohlau, K.; Preiss, P.; Friedrich, R., Lärm, Sachstandspapier im Rahmen des Vorhabens „Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern“, Umweltbundesamt, Forschungsprojekte FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (2012), sowie Umweltbundesamt, Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmerzeugung – Anhang b der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau 2012. Die Berechnungen bauen auf einer Studie von INFRAS und IWW auf. S. INFRAS; IWW, External Costs of Transport – Update Study, Zürich; Karlsruhe 2004, S. 34ff.

[133] S. Ohlau, K.; Preiss, P.; Friedrich, R., Lärm, Sachstandspapier im Rahmen des Vorhabens „Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern“, Umweltbundesamt, Forschungsprojekte FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (2012), S. 7.

Basis für die Szenarien-Berechnungen waren die in Tabelle 7-5 dargestellten Annahmen bezüglich der verkehrlichen Parameter.

Tabelle 7-5: Verkehrliche Parameter für die Schätzung der Grenzkosten des Lärms

	Straße	Straße	Schiene	Schiene
Gebiete	niedrige Siedlungsdichte	städtisch	niedrige Siedlungsdichte	städtisch
Verkehrsdichte niedrig (Fahrzeuge/h)	1.200	800	30	5
Verkehrsdichte hoch (Fahrzeuge/h)	4.800	2.650	60	20

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an: Ohlau, K.; Preiss, P.; Friedrich, R., Lärm, Sachstandspapier im Rahmen des Vorhabens „Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern“, Umweltbundesamt, Forschungsprojekte FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (2012), S. 17.

Die Erläuterungen, was im Rahmen der Ermittlung der Grenzwerte unter hoher und was unter niedriger Verkehrsdichte zu verstehen ist, bietet Tabelle 7-6.

Tabelle 7-6: Definition der betroffenen Siedlungsgebiete

Gebiet	Niedrige Siedlungsdichte	Innerstädtisch
Distanz zur Straße / zum Gleis	20 m	10 m
Einwohner pro Kilometer in bebauten Gebieten	500	2.000
Betroffene Einwohner pro Kilometer Straße / Gleisstück	250	3.000

Quelle: Ohlau, K.; Preiss, P.; Friedrich, R., Lärm, Sachstandspapier im Rahmen des Vorhabens „Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern“, Umweltbundesamt, Forschungsprojekte FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (2012), S. 17.

Auf Basis dieser Annahmen wurden mit Hilfe des Wirkungspfad-Ansatzes die in Tabelle 7-7 dargestellten Grenzkosten des Lärms je Fahrzeugkilometer ermittelt.

Tabelle 7-7: Grenzkosten des Lärms in €-Cent/Fahrzeugkilometer (2012)

		städtisch	städtisch	niedrige Siedlungsdichte	niedrige Siedlungsdichte
Verkehrsträger	Tageszeit	Hohe Verkehrsdichte	Niedrige Verkehrsdichte	Hohe Verkehrsdichte	Niedrige Verkehrsdichte
PKW	Tag	0,83	2,03	0,04	0,14
	Nacht	1,52	3,70	0,08	0,24
Leichte LKW	Tag	4,18	10,14	0,23	0,65
	Nacht	7,61	18,44	0,43	1,20
Schwere LKW	Tag	7,67	18,62	0,43	1,20
	Nacht	14,00	33,93	0,79	2,19
Personenzug	Tag	25,90	51,18	11,42	22,57
	Nacht	85,42	168,77	37,68	74,46
Güterzug	Tag	45,92	110,80	22,55	43,69
	Nacht	187,35	452,04	74,15	178,92

Quelle: Ohlau, K.; Preiss, P.; Friedrich, R., Lärm, Sachstandspapier im Rahmen des Vorhabens „Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern“, Umweltbundesamt, Forschungsprojekte FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart (2012), S. 18 und eigene Berechnungen.

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei der Anwendung dieses Grenzkostenansatzes um einen vereinfachten Ansatz der Lärmbewertung. Dadurch, dass eine hohe und eine niedrige Siedlungsdichte unterschieden werden, ist beispielweise die Bewertung einer Ortsumgehung auch auf Basis des Grenzkostenansatzes möglich. Es ist lediglich davon auszugehen, dass die Ortsumgehung durch eine niedrige Siedlungsdichte führt und die entlasteten innerorts Straßen durch eine hohe Siedlungsdichte führen. Dabei kommt dann zum Tragen, dass bei den Parametern zur Berechnung der Grenzkosten teilweise extreme Werte unterstellt wurden. Die Lärmwirkungen würden also auch bei Option 2 in keinem Fall unterschätzt.

7.2.1.2 Außerorts

Auch bei der Lärmbewertung außerorts wird die Gleichbehandlung der Verkehrsträger angestrebt. Das Bewertungsverfahren sollte methodisch für die Verkehrsträger Schiene und Straße einheitlich sein. Weiter wird empfohlen, grundsätzlich den Vermeidungskostenansatz, welcher in der Bewertungsmethodik des BVWP 2003 zur Anwendung kam, beizubehalten. Dies steht auch im Einklang mit der Untersuchung zum Thema „außerörtliche Geräuschbelastung“.[134] Somit wird zwar der grundsätzliche Ansatz nicht in Frage gestellt, aber die im Ansatz verwendeten Zielpegel bedurften einer Aktualisierung. Außerdem musste die Frage beantwortet werden, auf welche Gebiete das Verfahren angewendet werden soll. Im Vordergrund der Betrachtung stehen dabei die Aspekte der landschaftsgebundenen Erholungsnutzung und der Schutz der Biodiversität.

Die gerade erwähnte Studie zum Thema macht diesbezüglich Vorschläge.

Für den Schutz des Freiraums für die landschaftsgebundene Erholung werden die folgenden Gebiete vorgeschlagen:

- Natura 2000-Gebietsnetz
- Naturschutzgebiete
- Nationalparke
- Biosphärenreservate komplett
- UNESCO-Weltnaturerbestätten
- unzerschnittene verkehrsarme Räume
- Naturparke
- Landschaftsschutzgebiete
- UNESCO-Weltkulturerbe.

[134] Bosch und Partner, Aktualisierung der Nutzen-Kosten-Analyse für den BVWP 2015 – Vorschläge zur Weiterentwicklung des Kriteriums „außerörtliche Geräuschbelastung“, Herne; München; Hannover; Berlin 2013, S. 4. Hierbei gilt weiterhin, dass der Zielpegel in 100 Metern Abstand vom Trassenrand definiert ist. Insbesondere bei der Freizeit-/Erholungsnutzung ist davon auszugehen, dass dieser Mindestabstand gewährleistet ist.

Für den Schutz der Biodiversität werden die folgenden Gebiete vorgeschlagen:

- Natura 2000-Gebietsnetz
- Naturschutzgebiete
- Nationalparke
- Landschaftsschutzgebiete
- Kern- und Pflegezonen der Biosphärenreservate
- Naturschutzgroßprojekte des Bundes
- UNESCO-Weltnaturerbestätten
- Unzerschnittene Kernräume (UFR 250) des BfN-Lebensraumnetzwerkes
- Unzerschnittene Großräume (UFR 1.000/1.500) des BfN-Lebensraum-netzwerkes.

Da beide Gebietskulissen in weiten Teilen identisch sind oder sich überschneiden, ist es aus bewertungsökonomischer Sicht sinnvoll, die beiden Gebietskulissen zu einer Kulisse zusammenzufassen.

Auch bezüglich der Zielpegel macht die bereits erwähnte Studie Vorschläge. Auf Basis der Umgebungslärmrichtlinie[135] lassen sich Lärmschwellenwerte zum Schutz von Freiraum für die landschaftsgebundene Erholung ableiten. Diese liegen tagsüber zwischen 45 dB(A) und 55 dB(A). Für einen absoluten Schutz der Biodiversität wäre ein Schwellenwert von 47 dB(A) nachts und von 52 dB(A) tags einzuhalten. Ein relativ strenger, aber für die meisten Tierarten ausreichender Schwellenwert liegt bei 55 dB(A).

Folgt man den Gedanken der gemeinsamen Gebietskulisse, so gilt es, einen einheitlichen Schwellenwert festzulegen. Für diese Vorgehensweise wird ein Wert zwischen 50 dB(A) und 55 dB(A) vorgeschlagen. Dabei wird 50 dB(A) als hohes Schutzniveau und 55 dB(A) als vertretbares Schutzniveau bezeichnet. Bei den gegebenen Unsicherheiten im Verfahren der Lärmbewertung schlagen wir ein nicht zu restriktives Vorgehen vor und empfehlen, den Wert von 55 dB(A) zu verwenden.

[135] Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (Umgebungslärmrichtlinie).

Die Berechnungstechnik zur Berechnung des Nutzens der Lärmminderung außerorts für den Verkehrsträger Straße sollte nicht verändert werden. Der im BVWP 2003 gewählte Vermeidungskostenansatz sollte beibehalten.[136] Er wurde hierfür aktualisiert. Es gilt, den empfohlen Zielpegel von 55 dB(A) einzupflegen und - sofern möglich - nur auf die oben beschriebenen Gebietskulissen anzuwenden. Weiter sollte beibehalten werden, dass nur dann ein Nutzen berechnet wird, wenn der Zielpegel überschritten ist und die Differenz zwischen Plan- und Vergleichsfall 2 dB(A) beträgt. Der Nutzen lässt sich dann wie folgt ermitteln:

$$NG = \sum_{s} (W_L * a_n * l_s)$$

mit:

W_L	Kosten für Lärmschutz, in Abhängigkeit der Lärmdifferenz $L_{eq,s}$ - L_Z (€/km) (S. Tabelle 7-8)

W_L = f($L_{eq(s)} - L_Z$)

$$L_{eq(s)} = 37{,}3 + 10 * \lg\big(Q * (1 + 0{,}082 * p)\big) - 9{,}61$$ [137]

$L_{eq(s)}$	Äquivalenter Dauerschallpegel[138]
L_Z	Zielpegel = 55 dB(A)
a_n	Annuitätenfaktor für Lärmschutzwände (= 0,0298) [139]
$l_{(s)}$	Länge des Straßenabschnittes
Q	stündliche Verkehrsmenge im Tagesverkehr
p	Lkw-Anteil in %, d.h. GV/DTV * 100 (Güterverkehrsanteil am Gesamttagesverkehr in Prozent)

[136] BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2005, S. 191ff. Es wurde lediglich die Formel korrigiert.

[137] Die Berechnung des äquivalenten Dauerschallpegels basiert auf der RLS 90. Der „Korrekturterm“ „-9,61“repräsentiert gemäß RLS 90 die Lärmminderung durch einen Abstand von 100 Metern von der Emissionsquelle unter Berücksichtigung der Luft- und Bodenabsorption.

[138] Wie bereits erwähnt, ist davon auszugehen, dass der Zielpegel für einen 100 Meter Abstand relevant ist. Erst dann ist auch von einer Freizeitnutzung des Geländes auszugehen. Eine rechtliche Norm, für welchen Abstand der Zielpegel außerorts ermittelt wird, gibt es nicht. Die 100 Meter sind eine Rechenkonvention.

[139] Der Annuitätenfaktor für Lärmschutzwände ist aufgrund des neuen Diskontierungssatzes gegenüber dem BVWP 2003 gesunken.

Die nachfolgende Tabelle 7-8 gibt die Kosten für Lärmschutzwände an.

Tabelle 7-8: Kosten und Geräuschminderung durch Lärmschutzwände für den Verkehrsträger Straße (Preisstand 2012)

Höhe der Lärmschutzwände (m)	Pegeldifferenz [dB(A)]	Kosten je lfd. Meter (€)
1,5	2,0	595
2,0	2,7	790
3,0	6,9	1.190
4,0	8,8	1.590
5,0	10,7	1.980
6,0	12,2	2.370
7,0	13,3	2.780
8,0	14,1	3.160
9,0	14,7	3.570
10,0	15,2	3.970
11,0	15,6	4.350
12,0	15,9	4.760

Die in Tabelle 7-8 angegebenen Kosten beziehen sich auf Lärmschutzwände auf beiden Trassenseiten.[140]

Für die Bewertung des Schienenlärms außerorts wird ein neues Verfahren empfohlen. Es handelt sich vom Grundsatz her um das gleiche Verfahren wie das für den Straßenlärm außerorts. Es wird die Zielpegelüberschreitung mit Hilfe von Vermeidungskosten bewertet. Zur Bestimmung des Mittelungspegels wird auf die VBUSch 2006 zurückgegriffen.[141] Gemäß der VBUSch sind zwei Emissionspegel zu

[140] Zu den unterschiedlichen Kosten des Lärmschutzes beim Verkehrsträger Straße und beim Verkehrsträger Schiene s. 2.8.3.

[141] Die Schall 03 ist in aktueller Fassung nicht in ein allgemeines, vereinfachtes Verfahren überführbar. Die in der Schall 03 zu berücksichtigenden Frequenzspektren sind bei dem üblichen Planungsstand von Schienenprojekten nicht ermittelbar (S. Fußnote 126). Insbesondere die Bestimmung des Mittelungspegels auf Basis des Emissionspegels ist lediglich mit vereinfachten Annahmen aus der VBUSch ableitbar. Ähnlich wie bei der Bewertung des Straßenlärms außerorts wurde ein durchschnittlicher „Abschlag“ auf den Emissionspegel ermittelt. Dieser Abschlag wurde für eine Entfernung von 100 Metern zur Lärmquelle und ohne weitere Verminderungseinflüsse durch Gehölz oder ähnlichem ermittelt. Er hat somit die Tendenz zur Überschätzung der Lärmbelastung.

ermitteln. Dies sind der Emissionspegel aufgrund des Rad-Schiene-Geräusches und der Emissionspegel aufgrund des aerodynamischen Geräusches. Letzterer ist nur bei Geschwindigkeiten von über 200 Stundenkilometern zu berechnen. Aus den jeweils resultierenden Mittelungspegeln wird dann durch energetisches Addition der Gesamtmittelungspegel errechnet.[142]

Für die Lärmemissionen durch das Rad-Schiene-Geräusch gilt:

$$L_{m,E,RS} = 10\ lg\left[\sum_i ZZ_i\right] + D_{Fb} + D_{Br} + D_{B\ddot{u}} + D_{Ra}$$

mit:

$ZZ_i = 10^{0,1 * (51 + D_{Fz} + D_D + D_l + D_v)}$

D_{Fz}	Einfluss der Fahrzeugart
D_D	Einfluss der Bremsbauart
D_l	Einfluss der Zuglängen
D_v	Einfluss der Geschwindigkeit
D_{Fb}	Einfluss der Fahrbahnarten
D_{Br}	Einfluss der Brücken
$D_{B\ddot{u}}$	Einfluss der Bahnübergänge
D_{Ra}	Einfluss der Kurven

Da in der Regel kein Kurvenradius von unter 500 Metern mehr gebaut wird, entfällt der Einfluss von Kurven. Der Einfluss von Bahnübergängen ist wegen der geringen relevanten Streckenlänge vernachlässigbar. Der Einfluss von Brücken sollte im Rahmen einer strategischen Bewertung mit Unkenntnis über den exakten Trassenverlauf ebenfalls vernachlässigt werden, insbesondere vor dem Hintergrund, dass bei Brücken über andere Verkehrsträger, bereits von Lärmemissionen auszugehen ist,

[142] Analog zur Berechnung der Straßenlärmemissionen außerorts werden auch die Schienenlärmemissionen außerorts für den Tag ermittelt, dies bedeutet gemäß VBUSch es wird der durchschnittliche Schienenlärm für die Zeit zwischen 6 und 22 Uhr geschätzt.

bzw. bei Brücken über Tälern der Abstand der Lärmquelle zum Emissionsort leicht über 100 Meter betragen kann.

Bei den Bremsarten wird davon ausgegangen, dass die Verbundstoffbremsen, welche bis 2030 bei den Güterzügen zum Einsatz kommen werden, unter Lärmgesichtspunkten der Wirkung von Scheibenbremsen gleichzusetzen ist. Somit wird von einem 100%igem Scheibenbremsenanteil bei allen Zugarten ausgegangen.

Die Angaben zu der Fahrzeugart, den Zuglängen, den Geschwindigkeiten und den Fahrbahnarten sind dem digitalisierten Schienennetz streckenspezifisch zu entnehmen. Die übrigen Einflussfaktoren sind gemäß der VBUSch 2006 anzuwenden.

Für die Lärmemissionen durch die aerodynamischen Geräusche gilt:

$$L_{m,E,Ae} = 10\ lg\left[\sum_i 10^{0,1*(28+\ D_{Ae}+\ D_l)}\right]$$

mit:

D_{Ae} Einfluss der Aerodynamik

Folgende Zugarten (Fahrzeugarten) sind im Rahmen der Bewertung zu unterscheiden:

Tabelle 7-9: Relevante Zugarten für die Schienenlärmberechnungen außerorts

Zugart (i)	D_{Fz}	ZZ_i
Triebzüge im Schienenpersonenfernverkehr (SPFV)	-3	$10^{0,1\ *\ (54,95+\ D_l+\ D_v)}$
LOK-bespannte Personenzüge (LOK)	-2	$10^{0,1\ *\ (55,95+\ D_l+\ D_v)}$
Nahverkehrstriebwagen (NVT)	-2	$10^{0,1\ *\ (55,95+\ D_l+\ D_v)}$
Güterzüge (GZ)	-1	$10^{0,1\ *\ (56,95+\ D_l+\ D_v)}$

Unter den getroffenen Annahmen und der Berücksichtigung der ZZ_i kann die Gleichung für die Lärmemissionen durch die Rad-Schien-Geräusche wie folgt formuliert werden:

$$L_{m,E,RS} = 10\ lg[n_{SPFV} * ZZ_{SPFV} + n_{LOK} * ZZ_{LOK} + n_{NVT} * ZZ_{NVT} + n_{GZ} * ZZ_{GZ}] + D_{Fb} + D_{Br} + D_{Bü} + D_{Ra}$$

mit:

n_i Anzahl der Züge der Zugart i pro Stunde.

Geht man weiter davon aus, dass von den weiteren Einflussfaktoren lediglich die Fahrbahnart zu unterscheiden und bei der Berechnung des Mittelungspegels von einer freien Schallausbreitung auszugehen ist, so ergibt sich für den Mittelungspegel der Rad-Schiene-Geräusche folgende Gleichung:

$$L_{eq,RS} = 10\ lg[n_{SPFV} * ZZ_{SPFV} + n_{LOK} * ZZ_{LOK} + n_{NVT} * ZZ_{NVT} + n_{GZ} * ZZ_{GZ}] + D_{Fb} - 9{,}78$$

Die Lärmemissionen aufgrund der aerodynamischen Geräusche lassen sich nicht wie die Emissionen aufgrund der Rad-Schiene-Geräusche weiter vereinfachen, sind aber nur für Züge mit einer Geschwindigkeit von über 200 Stundenkilometer zu ermitteln. Der Mittelungspegel dieser Lärmemissionen hat folgende Form:

$$L_{eq,Ae} = 10\ lg\left[\sum_i 10^{0{,}1*(28+ D_{Ae}+ D_l)}\right] - 9{,}78$$

Der Mittelungspegel der gesamten Lärmemissionen ist, wie bereits erwähnt, durch die energetische Addition der beiden Einzel-Mittelungspegel zu berechnen. Es gilt:

$$L_{eq,gesamt} = 10\ lg[10^{0,1*L_{eq,RS}} + 10^{0,1*L_{eq,Ae}}]$$

Analog zur Straße lässt sich der Nutzen dann wie folgt ermitteln:

$$NG = \sum_{s}(W_L * a_n * l_s)$$

mit:

W_L	Kosten für Lärmschutz, in Abhängigkeit der Lärmdifferenz $L_{eq,\,gesamt}$ - L_Z (€/km) (S. Tabelle 7-10)
W_L = f($L_{eq,gesamt} - L_Z$)	
L_Z	Zielpegel = 55 dB(A)
a_n	Annuitätenfaktor für Lärmschutzwände (= 0,04943)
$l_{(s)}$	Länge des Streckenabschnittes

Auch besteht das Problem, dass bei geplanten Schienentrassen neben Autobahnen und Hauptverkehrsstraßen der Straßenlärm bei der Ermittlung des bewertungsrelevanten Schienenverkehrs zu berücksichtigen ist. Ein Verfahren hierfür liegt allerdings nicht vor. Aus diesem Grund wird empfohlen, dass bei geplanten Schienentrassen, die entlang solcher Straßen verlaufen auf eine Bewertung des Schienenlärms verzichtet wird. Es ist davon auszugehen, dass in einem solchen Umfeld die Lärmemissionen der Straße bereits einen solchen Einfluss auf das angrenzende Gebiet haben, dass der zusätzliche Schienenlärm vernachlässigbar ist.[143]

[143] Die Störung der Natur bzw. der Freizeitnutzung ist durch die Straße so stark, dass der zusätzliche Schienenlärm irrelevant ist bzw. die Signifikanzschwelle von 2 dB(A) nicht überschreitet.

Tabelle 7-10: Kosten und Geräuschminderung durch Lärmschutzwände für den Verkehrsträger Schiene (Preisstand 2012)

Höhe der Lärmschutzwände (m)	Pegeldifferenz [dB(A)]	Kosten je lfd. Meter (€)
1,5	2,0	1.259
2,0	2,7	1.350
3,0	6,9	1.650
4,0	8,8	1.975
5,0	10,7	2.600
6,0	12,2	2.900
7,0	13,3	3.447
8,0	14,1	4.140
9,0	14,7	4.972
10,0	15,2	5.971
11,0	15,6	7.171
12,0	15,9	8.612

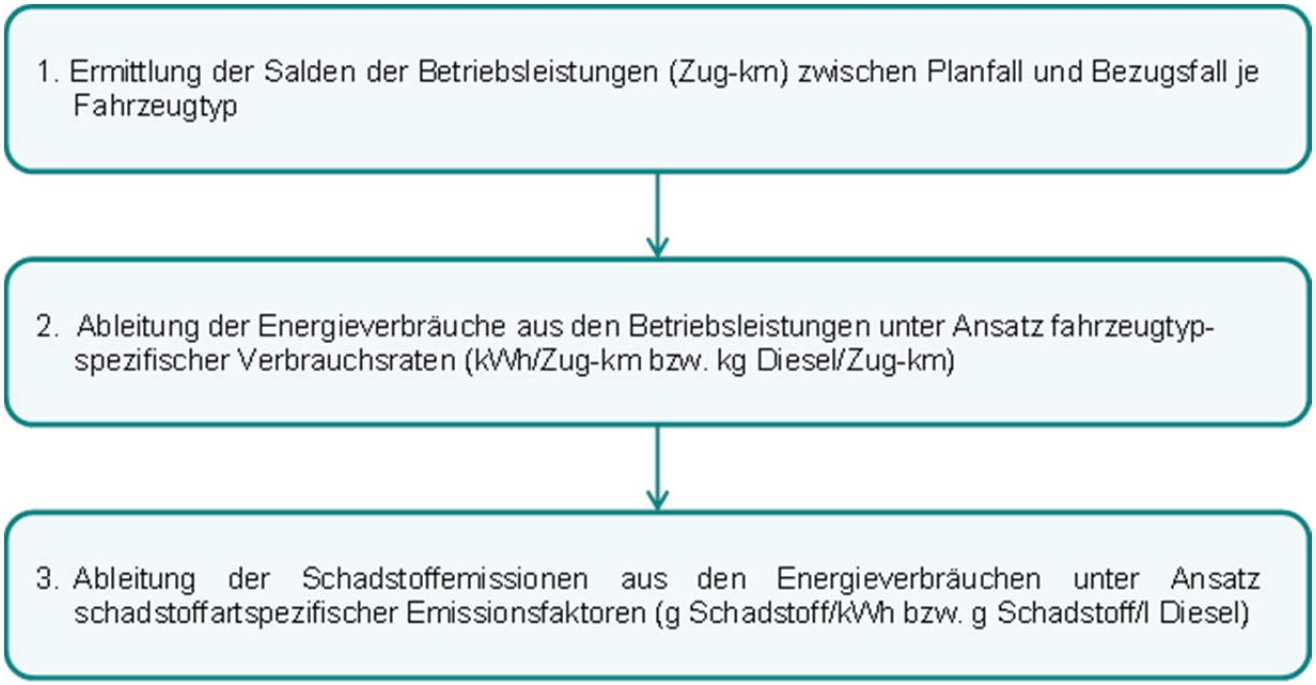
7.2.2 Schadstoffemissionen

Die in diesem Kapitel beschriebenen differenzierten Methoden- und Wertansätze gelten für den jeweiligen Verkehrsträger, für den die Infrastrukturmaßnahmen zu bewerten sind. Für die vereinfachte Ermittlung der Nutzen aus verminderten Schadstoffemissionen bei den abgebenden Verkehrsträgern sind in Kapitel 8.5 entsprechende Durchschnittskostensätze angegeben.

7.2.2.1 Schiene

Die Schadstoffemissionen beim Verkehrsträger Schiene werden nach der in Abbildung 7-3 dargestellten prinzipiellen Vorgehensweise bestimmt.

Abbildung 7-3: Prinzipieller Ablauf bei der Ermittlung der Schadstoffemissionen des Verkehrsträgers Schiene



Die Salden der fahrzeugtypspezifischen Betriebsleistungen werden aus den Netzmodellen des SPFV und des SPNV und den Umlegungen der SGV Züge für den Planfall und den Bezugsfall abgeleitet (Arbeitsschritt 1).

Die für die Ableitung der Endenergieverbräuche benötigten Verbrauchsraten (Arbeitsschritt 2) sind für die Modellfahrzeugtypen des SPFV in Kapitel 8.1.3.3 und für die Modellfahrzeugtypen des SPNV in Kapitel 8.1.4.3 zusammengestellt. Die Ermittlung der Energieverbrauchsraten für den SGV erfolgt anhand von Formel (2) in Kapitel 8.1.5.3.

Die Ableitung der Schadstoffemissionen aus den Energieverbräuchen erfolgt in Arbeitsschritt 3 unter Ansatz von Emissionsfaktoren für elektrischen Strom und Dieselkraftstoff.

Die für die Stromerzeugung maßgebenden Emissionsfaktoren hängen von dem zugrunde zu legenden Primärenergieträgermix ab. Für die gesamtwirtschaftlichen Bewertungen innerhalb BVWP 2015 ist von dem deutschen Primärenergiemix 2030 gemäß Tabelle 7-11 auszugehen.

Tabelle 7-11: Gegenüberstellung des Primärenergieträgermix im Prognosezustand 2030 mit dem Status Quo 2012

Primärenergieträger	Anteil an der Bruttostromerzeugung in Deutschland in %	
	2012[144]	2030[145]
Braunkohle, konventionell	25,7	11,3
Braunkohle, CCS[146]	0,0	2,0
Steinkohle, konventionell	18,5	12,9
Steinkohle, CCS[3]	0,0	2,0
Erdgas	12,0	19,6
Mineralölprodukte	1,3	0,0
Kernenergie	15,8	0,0
Erneuerbare Energien	22,6	47,1
Übrige Energieträger	4,1	5,1
Summe	**100,0**	**100,0**

Aus dem in Tabelle 7-11 dargestellten maßgebenden Primärenergiemix für das Prognosejahr 2030 wurde in Tabelle 7-12 der CO_2-Emissionsfaktor ab Kraftwerk für die Stromerzeugung abgeleitet.

[144] Quelle: AG Energiebilanzen

[145] Quelle: BVU, ifo Institut, Gemeinsame Stellungnahme zu den Annahmen des BMWi-Berichtes „Energieszenarien 2011“ Projekt-Nr. 12/10

[146] CCS: Carbon Capture and Storage, Abscheidung und (unterirdische) Einlagerung von Kohlendioxid

Tabelle 7-12: Herleitung des CO2-Emissionsfaktors ab Kraftwerk für die Stromerzeugung

Primärenergieträger	Emissionsfaktor bei vollständiger Umwandlung des Energiegehaltes in elektrischen Strom (g CO_2 je kWh)			Kraft-werks-wirkungs-grad in %	Anteil an der deutschen Stromer-zeugung 2030 in %	Gewichte-ter Emissions-faktor (g CO_2 je kWh)
	Direkt	Indirekt	Summe			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Braunkohle, konventionell	404[147]	19	423	35	11,3	137
Braunkohle, CCS[148]	0	19	19	35	2,0	1
Steinkohle, konventionell	339[3]	17	356	38	12,9	121
Steinkohle, CCS[5]	0	17	17	38	2,0	1
Erdgas	202[3]	21	223	49	19,6	89
Erneuerbare Energien	0	0	0	k.A.	47,1	0
Übrige Energieträger	295[149]	19[5]	314	42	5,1	38
Summe					**100,0**	**387**

Unter direkten Emissionen (vgl. Spalte (1)) werden die Emissionen verstanden, die auf den Endenergieverbrauch ab Stromabnehmer (beim Verkehrsträger Schiene) bzw. ab Ladestation (bei Pkw mit Elektrotraktion) zurückzuführen sind. Die indirekten Emissionen (vgl. Spalte (2)) beziehen sich auf den Energieverbrauch der „Vorkette“ von der Primärenergiequelle bis zum Stromabnehmer. Unter „übrige Energieträger“ werden Kombikraftwerke, Mischfeuerungsanlagen und Heizkraftwerke verstanden.

[147] Quelle: Umweltbundesamt, Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 bis 2012

[148] CCS: Carbon Capture and Storage, Abscheidung und (unterirdische) Einlagerung von Kohlendioxid

[149] Gewichtetes Mittel aus den Emissionsfaktoren der fossilen Energieträger

Die in den Spalten (1) bis (3) von Tabelle 7-12 aufgeführten Emissionsfaktoren gehen von einer vollständigen Umwandlung des Energiegehaltes der Primärenergieträger in elektrischen Strom aus. Zur Ermittlung der tatsächlichen CO_2-Emissionen waren zusätzlich noch die in Spalte (4) aufgeführten Kraftwerkswirkungsgrade zu berücksichtigen.

Bei den Primärenergieträgern Braunkohle (CCS) und Steinkohle (CCS) wurden die indirekten Emissionsfaktoren und die Kraftwerkswirkungsgrade von den jeweiligen konventionellen Energieträgern übernommen. Bei den erneuerbare Energien wurden auch die indirekten Emissionen zu 0 gesetzt. Damit erübrigt sich bei diesem Energieträger eine Annahme zum Kraftwerkswirkungsgrad.

Der in Tabelle 7-12 hergeleitete Emissionsfaktor für die Stromerzeugung im Prognosejahr 2030 in Höhe von 387g CO_2 je kWh versteht sich ab Kraftwerk. Da die Energieverbräuche der Schienenverkehrsmittel ab Stromabnehmer gemessen werden, sind zusätzlich noch Leitungsverluste zwischen Kraftwerk und Stromabnehmer sowie Wirkungsgradverluste im Unterwerk bei der Umformung der Stromspannung in den Speiseleitungen in die in den Fahrdrähten erforderliche Spannung in Höhe von 7 % des Endenergieverbrauchs[150] zu berücksichtigen. Hieraus resultiert der für die Bewertung maßgebende Emissionsfaktor von 414g CO_2 je kWh bezogen auf den Endenergieverbrauch ab Stromabnehmer.

Die Emissionsfaktoren je Primärenergieträger für die sonstigen Schadstoffe wurden aus einer Publikation des Umweltbundesamtes zur Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger[151] übernommen. Hieraus wurden in Tabelle 7-13 die Emissionsfaktoren für die betreffenden Schadstoffe bei der Erzeugung von elektrischem Strom unter Berücksichtigung der für den Prognosezustand 2030 angenommenen Anteile der fossilen Primärenergieträger am deutschen Primärenergieträgermix (vgl. Tabelle 7-11) hergeleitet.

[150] Quelle: IFEU Heidelberg, Wissenschaftlicher Grundlagenbericht zum Umwelt/MobilCheck, 31. Mai 2008.

[151] Umweltbundesamt, Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung „Climate change 12/2009“, Stand Dezember 2012.

Tabelle 7-13: Herleitung der Emissionsfaktoren für die sonstigen Schadstoffe bei der Erzeugung von elektrischem Strom

	Braunkohle	Steinkohle	Erdgas	**Summe**
	Emissionsfaktoren in Gramm je kWh incl. Vorketten			
SO_2	0,67	0,47	0,01	
NO_x	0,70	0,55	0,55	
Partikel	0,03	0,03	0,07	
CO	0,56	0,11	0,38	
HC	0,03	3,11	1,23	
	Anteile an der deutschen Stromerzeugung 2030 in %			
	13,3	14,9	19,6	47,8
	gewichtete Emissionsfaktoren in Gramm je kWh incl. Vorketten			
SO_2	0,09	0,07	0,00	**0,16**
NO_x	0,09	0,08	0,11	**0,28**
Partikel	0,00	0,00	0,01	**0,02**
CO	0,07	0,02	0,07	**0,17**
HC	0,00	0,46	0,24	**0,71**

Die in Tabelle 7-13 hergeleiteten Emissionsfaktoren verstehen sich ab Kraftwerk. Analog zur Vorgehensweise bei der Herleitung des CO_2-Emissionsfaktors sind diese noch mit einem 7 %igen Aufschlag zur Berücksichtigung der Leitungsverluste und der Wirkungsgradverluste bei der Umformung vom elektrischen Strom zu versehen.

In TREMOD, Version 5.3[152] ist für Dieselkraftstoff ein Emissionsfaktor von 3.606 g CO_2/kg Diesel angegeben. Dieser setzt sich aus 3.179 g CO_2/kg Diesel aus direkten Emissionen und 427 g CO_2 kg Diesel aus indirekten Emissionen zusammen. Unter Ansatz eines spezifischen Gewichtes von Dieselkraftstoff in Höhe von 0,832 kg/l ergibt sich ein Emissionsfaktor in Höhe von 3.000 g CO_2/l Diesel.

[152] Quelle: ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ TREMOD Version 5.3, im Auftrag des Umweltbundesamtes, 30.09.2012

Die in Tabelle 7-14 dargestellten Emissionsfaktoren für die sonstigen Schadstoffe entsprechen den Grenzwerten gemäß Vorschlag des Rates der EU für die Stufe III B.[153]

Tabelle 7-14: Emissionsfaktoren aus dem Verbrauch von Dieselkraftstoff für die sonstigen Schadstoffe

	Emissionsfaktoren in g/kg Dieselkraftstoff			
Fahrzeugkategorie	**CO**	**HC**	**NO_x**	**Partikel**
Triebwagen	41,76	2,27	23,86	0,30
Lokomotiven	41,76	2,62	45,10	0,30
	Emissionsfaktoren in g/l Dieselkraftstoff			
Triebwagen	34,74	1,89	19,85	0,25
Lokomotiven	34,74	2,18	37,52	0,25

Die in der Quelle für Tabelle 7-14 enthaltenen Emissionsfaktoren sind in der Dimension g/kWh Energiegehalt angegeben, diese wurden zunächst mit einem Faktor von 11,93 in die Dimension g/kg Dieselkraftstoff umgerechnet. Dieser Faktor entspricht dem Verhältnis der Energiegehalte von 42.960 kJ/kg Dieselkraftstoff zu 3.600 kJ/kWh. Da die Kraftstoffverbräuche beim BVWP in der Dimension Liter gemessen werden, erfolgte noch eine Umrechnung in die g/l Dieselkraftstoff unter Ansatz des spezifischen Gewichtes 0,832 kg/l.

Der in der betreffenden Quelle für Lokomotiven angegebene gemeinsame Emissionsfaktor für die Schadstoffarten HC und NO_x in Höhe von 4,0 g/kWh wurde im Verhältnis der für Stufe III A angegebenen differenzierten Emissionsfaktoren auf die beiden Schadstoffarten aufgeteilt.

[153] Quelle: ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, Erarbeitung von Basisemissionsdaten des dieselbetriebenen Schienenverkehrs unter Einbeziehung möglicher Schadstoffminderungstechnologen, im Auftrag der Deutschen Bahn AG, Tabelle 30, Dezember 2003

7.2.2.2 Straße

Die Abgasemissionen des Straßenverkehrs sind abhängig vom Treibstoffverbrauch der Fahrzeuge. Je nach Verkehrslage und Straßentyp sind unterschiedliche Verbrauchsmengen und damit einhergehend Emissionsmengen je Fahrzeugkilometer zu verzeichnen. Somit sind für die Bewertung von Infrastrukturvorhaben an Straßen unter Konsistenzgesichtspunkten optimaler Weise die Emissionen direkt mit den Verbräuchen zu verknüpfen. Wie in Kapitel 8.2.6 erwähnt, bietet das HBEFA Version 3.1 und Version 3.2 die Möglichkeit, für das Prognosejahr 2030 nicht nur die Verbräuche sondern auch die dazugehörigen Schadstoffemissionen entsprechend den Fahrzeugklassen, Streckentypen und Verkehrssituationen zusammenzustellen.

Da jeweils ein Straßentyp des HBEFA mehreren Streckentypen des BVWP-Netzes zugeordnet werden kann, wurde wie bereits erwähnt ein Zuordnungsschlüssel erstellt (s. Anhang C). Die Anzahl der entsprechenden Tabellen mit den Emissionswerten je Fahrzeugkilometer ist allerdings deutlich höher als bei den Verbrauchsangaben, da jede Tabelle nun für jeden Schadstoff (CO, HC, NO_x, Partikel[154]) erstellt werden muss. Ausnahme hiervon sind die CO_2-Emissionen und die SO_2-Emissionen. Beide können direkt aus den Verbräuchen abgeleitet werden, da sie motorenunabhängig nur vom verwendeten Treibstoff und Verbrauch abhängig sind.

Unter der Berücksichtigung der Annahme, dass 2030 der Diesel zu 13 Gewichts-% aus Biodiesel bestehen wird, liegt der Emissionsfaktor für Diesel bei 2.775 g je verbrauchtem Liter Diesel. Analog liegt unter der Berücksichtigung, dass 2030 das Otto-Kraftstoff zu 10 Gewichts-% aus Ethanol bestehen wird,[155] der Emissionsfaktor für Otto-Kraftstoff bei 2.625 g je verbrauchtem Liter Otto-Kraftstoff.[156] Analog lassen

---

[154] Bei den Abgasen handelt es sich immer um Partikel, die kleiner als 2,5µm sind und somit direkt als PM 2,5 bei der Bewertung verwendet werden können. S. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Modellierung verkehrsbedingter Immissionen - Anforderungen an die Eingangsdaten - Grundlage HBEFA 3.1, Karlsruhe 2010, S. 18.

[155] Die unterstellten beigemischten Mengen Ethanol bzw. Biodiesel stammen aus den Annahmen der Verkehrsprognose 2030 und wurden aus Konsistenzgründen übernommen.

[156] Diese Emissionsfaktoren umfassen sowohl die direkten Emissionen aus dem Fahrzeug betrieb als auch die indirekten im Rahmen der Treibstoffherstellung. Vgl. Abschnitt 7.2.2.1 bzw. Quelle: ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ TREMOD Version 5,3, im Auftrag des Umweltbundesamtes, 30.09.2012, S. 12ff.

sich auch die SO_2 Emissionen mit 0,012 g je Liter Otto-Kraftstoff bzw. 0,013 g je Liter Diesel direkt aus dem Verbrauch herleiten.

Beispielhaft zeigt die nachfolgende Tabelle, wie die Emissionen je Fahrzeugkategorie, Schadstoff und HBEFA-Straßentyp zusammengestellt wurden.

Tabelle 7-15: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	Flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,007	0,007	0,008	0,016
100	0,007	0,007	0,008	0,016
120	0,008	0,007	0,008	0,016
130	0,008	0,008	0,008	0,016
>130	0,008	0,008	0,008	0,016

Die Gesamtheit der Tabellen befindet sich Anhang E.

Für Pkw mit Elektroantrieb können keine nach Straßentypen und Verkehrszuständen differenzierten Verbrauchsraten und Emissionsfaktoren angegeben werden. Daher kann nur von einem durchschnittlichen Energieverbrauch von Elektro- bzw. Plug-in-Pkw von 21 kWh/100 Pkw-km ausgegangen werden. Hieraus resultiert unter Ansatz der spezifischen Emissionskosten in Höhe von 6,93 Cent/kWh ein Emissionskostensatz von 1,46 Cent/Pkw-km.

Neben den globalen Wirkungen der Schadstoffemissionen sind auch die Veränderungen der Immissionen innerorts zu bewerten. Ähnlich wie bei der Bewertung des Lärm innerorts sollte auch die Bewertung der Schadstoffimmissionen, sofern die Übertragung der Stadtmodellbausteine dies ermöglicht, gemäß der RWS erfolgen. In Anlehnung an das Bewertungsverfahren des BVWP 2003 werden auch bei der RWS unter Berücksichtigung der Stadtmodellbausteine die Wirkungen der Schadstoffimmissionen auf die Gesundheit der Einwohner und ihre Schädigungen an Gebäuden geschätzt und bewertet. Diese Vorgehensweise ist ausschließlich auf den

Straßenverkehr zu beschränken, da sowohl für die Binnenschifffahrt als auch für den Schienenverkehr nicht von entsprechenden Emissionen innerorts auszugehen ist.[157]

Die Feinstaubbelastung innerorts ist immer wieder Gegenstand von Diskussionen. Neben den Staubemissionen durch den Verbrennungsmotor rücken die nicht-motorbedingten Emissionen insbesondere durch den Reifenabrieb immer stärker in den Vordergrund. Im Rahmen der Erstellung der RWS wurde ein Verfahren zur Ermittlung der entsprechenden Emissionen entwickelt. Es wurden Emissionsfaktoren für Partikel (PM 2,5) unterschieden nach Leicht- und Schwerverkehr für verschiedene Streckentypen und Verkehrszustände ermittelt. Auf eine Bestimmung der PM 10-Emissionen wurde verzichtet. Die Bewertung der so abgegrenzten nicht-motorbedingten Emissionen sollte als Bestandteil der Bewertung von Schadstoffemissionen für den Verkehrsträger Straße berücksichtigt werden.[158] Da es sich ausschließlich um PM-2,5 handelt ist die Bewertung dieser Emissionen bzw. der daraus resultierenden Immissionen mit dem selben Wertansatz möglich wie bei den motorbedingten Emissionen, da es sich bei letzteren ja ebenfalls ausschließlich um PM-2,5 Partikel handelt.

7.2.2.3 Binnenschifffahrt

Die Abgasemissionen von Binnenschiffsmotoren werden durch rechtliche Regelungen begrenzt. Seit Januar 2003 unterliegen neue Motoren den Anforderungen der ZKRStufe I, d.h. ihre Emissionswerte müssen die dort festgelegten Grenzwerte einhalten. Mit den im Juli 2007 in Kraft getretenen Regelungen der ZKRStufe II werden die Grenzwerte der Stufe I verschärft und zudem der Gültigkeitsbereich der Verordnung ausgeweitet. Weitere Verschärfungen der Abgasgrenzwerte von Binnenschiffsmotoren werden derzeit diskutiert.

---

[157] Die Emissionen durch Diesellokomotiven werden hierbei vernachlässigt.

[158] Für den Verkehrsträger Schiene liegen keine entsprechenden Erkenntnisse vor. Selbst für den Verkehrsträger Straße ist die Datenlage für nicht-motorbedingte PM-2,5-Emissionen sehr dünn und zeichnet sich durch hohe Streuungen bei den Angaben aus. Hier wird laut dem entsprechendem Arbeitspaket zur Erstellung der RWS noch weitere Forschungsbedarf gesehen. Zur Problematik der Bestimmung von Partikelbelastungen s. BAST, Reifenabrieb unter Laborbedingungen, Bergisch Gladbach 2008, sowie BAST, Beitrag von Abrieben an der Partikelbelastung an Bundesautobahnen, Bergisch Gladbach 2008.

Zwar trat die ursprüngliche ZKRStufe III nicht wie beabsichtigt in 2012 in Kraft. Es ist aber davon auszugehen, dass weitere Verschärfungen der Grenzwerte erfolgen werden. So werden derzeit speziell die Grenzwerte für die Emissionen von Stickoxiden und Partikeln diskutiert. Die derzeit diskutierten Verfahren zur Verringerung der Schadstoffemissionen entsprechen immer noch denen, welche bereits im Gutachten über den Verkehrsträgervergleich aus dem Jahr 2007 beschrieben wurden.[159]

Aus genannten Gründen sollten die Annahmen aus der Prognose der Schadstoffemissionen der Binnenschifffahrt, wie sie für die Aktualisierung der Bewertungssätze des BVWP für das Jahr 2008 unterstellt wurden, beibehalten werden.[160] Dies gilt insbesondere, da die derzeit diskutierten Varianten möglicher Richtlinien den seinerzeit berücksichtigten Vorschlägen in den relevanten Größen entsprechen.[161]

Maßgeblich für die Prognose der Emissionsfaktoren ist neben einer Bestandsprognose der Binnenschiffsflotte letztendlich eine Vorausschätzung, welche Motoren in 2030 zum Einsatz kommen werden. Für die Aktualisierung der Bewertungssätze des BVWP wurde diese Frage für das Jahr 2025 bereits beantwortet. Generell gilt um die Frage beantworten zu können, dass eine Annahme über die Lebensdauer der Motoren getroffen werden muss. Älteren Motoren wird eine durchschnittliche Lebensdauer von knapp 30 Jahren zugesagt. Bereits 2025 werden diese älteren Motoren allerdings nicht mehr in Betrieb sein. Die Lebenserwartung neuerer Motoren liegt laut Auskunft aus der Branche zwischen 15 und 18 Jahren. Im Folgenden wird

[159] Vgl. Planco Consulting GmbH; Bundesanstalt für Gewässerkunde, Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Schiff, Straße und Schiene, Essen 2007, S: 164 ff und Panteia; Planco Consulting GmbH; viadonau; SPB; Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, Contribution to Impact Assessment (of measures for reducing emissions of inland navigation), Zoetermeer 2013; S. 15 ff.

[160] Vgl. BVU; ITP Planco Consulting GmbH, Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg; München; Essen 2010, S. 118 ff.

[161] Die derzeit als Stage V (letzte Stufe) diskutierte Variante entspricht in den relevanten Grenzwerten dem ZKR-Vorschlag, welcher in der bereits zitierten Studie über den Verkehrsträgervergleich als letzte zu berücksichtigende Richtlinie bis 2025 eingearbeitet wurde. Die Zeitplanung der derzeit diskutierten Richtlinien-Stufen steht in Einklang mit dem unterstellten Inkrafttreten der entsprechenden Richtlinien aus dem Verkehrsträgervergleich. Zum Vergleich der Richtlinienvorschläge s. Panteia; Planco Consulting GmbH; viadonau; SPB; Zentralkommission für die Rheinschifffahrt, Contribution to Impact Assessment (of measures for reducing emissions of inland navigation), Zoetermeer 2013; S. 14 bzw. 16.

eine Lebenserwartung von 18 Jahren für die Motoren unterstellt.[162] Mit Hilfe dieser Information und den jährlichen Veränderungsraten der Flotte, die sich aus der Flottenprognose ableiten lassen, wurden durchschnittliche Emissionsfaktoren je Schiffstyp für das Jahr 2030 prognostiziert.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen für das Jahr 2025 sind die Unterschiede zwischen den Schiffstypen (Gütermotorschiffe, Motortankschiffe und Schubboote) vernachlässigbar. Somit werden nur generelle Emissionsfaktoren für die Binnenschifffahrt für das Jahr 2030 angegeben.[163][164]

Tabelle 7-16: Emissionsfaktoren der Binnenschifffahrt im Jahr 2030 (g/kWh)

Schadstoff	CO	HC	NO_X	Partikel	CO_2	SO_2
Emissionsfaktor	0,50	0,19	0,40	0,03	635,00	0,34

7.2.2.4 Seeschifffahrt

Die Abgasemissionen von Seeschiffen je Einheit verbrauchten Treibstoffes bestimmen sich in erster Linie durch die Art der verwendeten Treibstoffe sowie den Geschwindigkeitsbereich, in dem die Motoren betrieben werden. Mit den beschlossenen Regelungen der MARPOL-Konvention werden insbesondere beim Schiffsbetrieb in der Nord- und Ostsee durch den erforderlichen Übergang von Schwerölen zu Destillaten deutliche Änderungen eintreten (vgl. hierzu Kapitel 8.4.2 Treibstoffkosten

[162] Die Annahme der durchschnittlich18-jährigen Lebensdauer von Binnenschiffsmotoren wurde bei dem Workshop „Energieverbrauch und Emissionen der Binnenschifffahrt“ von den Teilnehmern bestätigt. S. IFEU; INFRAS, Zusammenfassung des Workshops „Energieverbrauch und Emissionen der Binnenschifffahrt“ am 15.11.2012, Heidelberg; Bern 2013, S. 3.

[163] Bereits in BMVBS –Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Kompendium Nutzen-Kosten-Analysen (NKA) für Investitionen an Binnenschifffahrtsstraßen, Bonn, S. 205f, wurde auf eine Unterteilung nach Tragfähigkeitsklassen für das Jahr 2025 verzichtet.

[164] Die Emissionsfaktoren für Kohlendioxid (CO_2) und Schwefeldioxid (SO_2) sind identisch mit denen für die Dieselfahrzeuge des Straßenverkehrs.

der Seeschifffahrt). Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die relevanten Emissionsfaktoren.

Tabelle 7-17: Emissionsfaktoren der Seeschiffe in Abhängigkeit von Geschwindigkeitsbereich und Art des eingesetzten Treibstoffes (kg je Tonne Treibstoff)

Treibstoff	Geschwin-digkeit	NOx	SO2	HC	CO2
Marine Gas Oil	Niedrig	91,9	4,9	3,2	3.206
	Mittel	65,0	4,9	2,5	3.206
	Hoch	59,1	4,9	1,0	3.206
Marine Diesel Oil	Niedrig	91,9	20,0	3,2	3.206
	Mittel	65,0	20,2	2,5	3.206
	Hoch	59,1	20,2	1,0	3.206
Residual Oil	Niedrig	92,8	53,8	3,1	3.114
	Mittel	65,7	54,0	2,3	3.114
	Hoch	59,6	54,0	0,9	3.114
Quelle: Resolution MEPC.212(63) zur MARPOL-Konvention, beschlossen am 2. März 2012 (CO2) sowie eigene Berechnungen auf Basis von: European Commission, Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, Final Report issued by Entec UK Limited, July 2002					

7.2.2.5 Monetäre Bewertung der Schadstoffemissionen

2007 hat das Umweltbundesamt erstmals eine Methodenkonvention zur Schätzung externer Umweltkosten erarbeitet. Die Konvention enthält neben Verfahrensvorschlägen auch Bewertungssätze für Umwelteinflüsse. Inzwischen liegt die Methodenkonvention 2.0.zur Schätzung von Umweltkosten vor. In ihr wurden insbesondere für einige Kostenkategorien (z.B. Luftverschmutzung und Klimafolgeschäden) Best-Practice-Kostensätze berechnet.[165]

[165] S. Umweltbundesamt, Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung – Anhang B der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau (2012), S. 4.

Die Best-Practice-Ansätze der Methodenkonvention 2.0 basieren auf Schätzungen von Schadens- und Vermeidungskosten. Als eher vorsichtige Schätzung für die Umweltkosten je emittierter Tonne CO_2 bezeichnet das UBA 80 € für 2010. Für die Jahre 2010, 2030 und 2050 werden Bandbreiten angegeben.[166] Da jedoch bei zukünftig zu erwartenden größeren Änderungen der Preise bzw. Bewertungsansätze empfohlen wird, diese für die Bewertung im BVWP 2015 zu prognostizieren (siehe Kapitel 2.6), wird die Anwendung des mittleren CO_2-Kostensatzes für das Jahr 2030 in Höhe von 145€ pro Tonne empfohlen.[167] Als weitere Schadstoffarten, welche im Rahmen der BVWP-Bewertung berücksichtigt werden, gilt es noch SO2, CO, NOx, HC und Partikel (PM) zu berücksichtigen und zu bewerten.[168] Die nachfolgende Tabelle gibt die entsprechenden Kostensätze je emittierte Tonne Schadstoff bei der Energieerzeugung an (s. Kapitel 7.2.2.1). Diese Kostensätze sind relevant, wenn die Schadstoffemissionen des Schienenverkehrs bei Elektrotraktion bewertet werden sollen.

[166] S: Umweltbundesamt, Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung – Anhang B der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau (2012) S. 6.

[167] Bei dem CO_2-Kostensatz handelt es sich um einen Kostensatz auf Preisbasis für das Jahr 2010 bzw. 2012. Es wird nur die höhere Schädlichkeit der CO_2-Emissionen im Jahr 2030 berücksichtigt. 2030 wird die Kohlendioxidmenge in der Atmosphäre deutlich höher als 2012 und somit werden weitere Kohlendioxidemissionen 2030 schädlich als in 2012 sein.

[168] Die Methodenkonvention des Umweltbundesamtes bietet noch Kostensätze für die Bewertung von Emissionen weiterer Schadstoffe (u.a. NH_3) an. Die Emissionen dieser Schadstoffe können aber nicht für alle Verkehrsträger ermittelt werden. So ist es beispielsweise möglich, NH_3-Emissionen des Straßenverkehrs zu prognostizieren, aber nicht des Binnenschiffs- oder Schienenverkehrs. Eine isolierte Berücksichtigung solcher Emissionen bei nur einem Verkehrsträger würde aber, sofern sie bewertungsrelevant sind, die Ergebnisse im Verkehrsträgervergleich verzerren. Sind sie aber nicht bewertungsrelevant, so ist ihre Vernachlässigung auch unproblematisch. Bezüglich dieser Emissionen sollte bei einem zukünftigen Bundesverkehrswegeplan untersucht werden, ob auch für die übrigen Verkehrsträger entsprechende Emissionsfaktoren vorliegen oder ermittelbar sind bzw. geprüft werden, ob diese Emissionen bewertungsrelevante Auswirkungen haben

Tabelle 7-18: Durchschnittliche Umweltkosten der Luftverschmutzung bei der Erzeugung von elektrischer Energie

Schadstoff	Schadenskosten in €/t
NO_X	15.400
SO_2	13.200
HC	1.600
PM	55.400
CO	46

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Umweltbundesamt, Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung – Anhang B der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau (2012) S. 9. CO-Kosten als NO_X-Äquivalente berechnet.

Für den Straßenverkehr sind aufgrund der bodennahen Emissionen andere Schadenskosten anzusetzen, weil die Schadstoffe durch niedrige Freisetzungshöhe von den Rezeptoren stärker aufgenommen werden.[169]

Tabelle 7-19: Durchschnittliche Umweltkosten der Luftverschmutzung von Verbrennungsmotoren

Schadstoff	Schadenskosten in €/t (Innerorts)	Schadenskosten in €/t (Außerorts)
NO_X	15.400	15.400
SO_2	13.200	13.200
HC	1.700	1.700
PM	364.100	122.800
CO	62	62

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Umweltbundesamt, Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung – Anhang B der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau (2012) S. 12. CO-Kosten als NO_X-Äquivalente berechnet.[170]

[169] Dies gilt insbesondere für Feinstaubpartikel. Die besondere Behandlung der Feinstaubpartikel basiert auf der ExternE-Projektreihe (s. European Commission (2005), ExternE Externalities of Energie Methodology 2005 Update). Vgl. Umweltbundesamt, Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung – Anhang B der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau (2012) S. 12ff. Die Unterscheidung in innerorts und außerorts basiert ebenfalls auf die Nähe zum Emittenten. Da in den Kostensätzen sowohl Gesundheitsschäden, Verluste der Biodiversität, als auch Ernteverluste und Materialschäden eingeflossen sind und eine Unterscheidung bei der Ermittlung der Durchschnittskosten nach innerorts und außerorts gegeben ist (s. ebenda, S: 9ff.), erübrigt sich das aufwendige Verfahren der Schadenskalkulation aus Bewertungsmethodik des BVWP 2003 (S. BMVBW, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Berlin 2005, S. 201ff.)

7.2.3 Verminderung innerörtlicher Trennwirkungen

Die Verminderung innerörtlicher Trennwirkungen wird ausschließlich beim Verkehrsträger Straße berücksichtigt. Für das aktuelle Verfahren wird kein Änderungsbedarf gesehen. Die innerörtliche Trennwirkung ist insbesondere bei Ortsumgehungen und den damit einhergehenden Entlastungen von Ortsdurchfahrten von Bedeutung. Da in die Bewertung gemäß Methodik BVWP 2003 die Straßentypen und die stündliche Verkehrsstärke einbezogen werden, werden die maßgeblichen Einflussgrößen auf die Trennwirkung berücksichtigt. Dass die Zeitverluste durch Wartezeiten und Umwegzeiten für das Überqueren der Farbahnen der Fußgänger mit den Zeitwerten, welche auch bei der Nutzenkomponente NRZ angewendet werden, genutzt werden, ist aus Konsistenzgründen zu befürworten.

[170] In der Methodik des BVWP 2003 wurden die CO-Emissionen in NO_X-Äquivalente umgerechnet. Basis dieser Umrechnung waren sogenannte Toxizitätsfaktoren, welche auf Grundlage von Grenzwerten gemäß der Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (BImschV) ermittelt wurden. Die Umweltkosten für die CO-Emissionen wurden methodisch genauso auf Basis der aktuellen BImschV berechnet.

8 Verkehrsträger spezifische Ergänzungen

8.1 Schiene

8.1.1 Einführung

Innerhalb des Forschungs- und Entwicklungsvorhabens „Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung“ im Auftrag des BMVI sind für den Verkehrsträger Schiene Kosten- und Wertansätze für die Komponenten

- Vorhaltungskosten der Eisenbahninfrastruktur,
- Fahrpersonalkosten,
- Vorhaltungskosten der Schienenfahrzeuge,
- Energieverbrauch und -kosten der Schienenfahrzeuge

für den Sachstand 2030 und den Preisstand 2012 betreiber- und herstellerneutral zu bestimmen.

Unter Sachstand 2030 wird zunächst die technische Weiterentwicklung im Schienenfahrzeugsektor verstanden, die sich in der Definition der für den Prognosezustand 2030 maßgebenden Modellfahrzeugtypen niederschlägt. Darüber hinaus wurden bei der Bestimmung der Energieverbrauchsraten für die Modellfahrzeugtypen die bis 2030 zu erwartenden Effizienzsteigerungen berücksichtigt.

Die für die gesamtwirtschaftliche Bewertung benötigten Kosten- und Wertansätze wurden aus öffentlich zugänglichen Quellen und/oder Erfahrungswerten der Gutachter abgeleitet. Hierbei handelt es sich nicht um eine reine Fortschreibung der Kosten- und Wertansätze aus der Aktualisierung von „Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung“[171]. Vielmehr wurden die Kostenstrukturen zwischen SGV und SPV harmonisiert und teilweise gegenüber dem Stand der Bedarfsplanüberprüfung weiter differenziert.

[171] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Intraplan Consult GmbH, Planco Consulting GmbH, Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg/München/Essen 2010

8.1.2 Allgemeine Kosten- und Wertansätze

Unter „allgemeinen Kosten- und Wertansätzen“ werden die Ansätze verstanden,

- die gleichermaßen für alle Zuggattungen gelten und
- die sich auf die Vorhaltung der Eisenbahninfrastruktur

beziehen. Die speziell für den

- Schienenpersonenfernverkehr (SPFV, vgl. Kapitel 8.1.3),
- Schienenpersonennahverkehr (SPNV, vgl. Kapitel 8.1.4) und
- Schienengüterverkehr (SGV, vgl. Kapitel 8.1.5)

maßgebenden Kosten- und Wertansätze werden gesondert abgehandelt.

8.1.2.1 Kostensätze für das Fahrpersonal

Bei den Einheitskostensätzen für das Fahrpersonal wird zunächst nach den folgenden Kategorien unterschieden:

- Triebfahrzeugführer
- Zugchef und
- Zugbetreuer

Die aus den für das Jahr 2012 maßgebenden Branchentarifverträgen abgeleiteten Bruttomonatsgehälter je Personalkategorie gelten in gleicher Höhe für den SPFV, den SPNV und den SGV.

Bei der Hochrechnung der Bruttomonatsgehälter[172] auf Bruttojahresgehälter ergeben sich jedoch die folgenden Unterschiede:

- beim SPFV und SGV wird in allen Personalkategorien von 13 Monatsgehältern und einem Lohnzuschlag für Nacht- sowie Sonn- und Feiertagsarbeiten in Höhe von 15% ausgegangen
- beim SPNV wird in allen Personalkategorien von 13 Monatsgehältern ohne weitere Zuschläge ausgegangen

[172] An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Lohn- und Einkommenssteuer als direkte Steuern im Gegensatz zu den indirekten Steuern berücksichtigt werden müssen (s. Abschnitt 2.1).

Letztere Annahme ist dadurch begründet, dass im SPNV-Markt ein wesentlich stärkerer Wettbewerb stattfindet als im SPFV- und im SGV-Markt. Nicht in allen Tarifverträgen zwischen Gewerkschaften und Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) im Bereich SPNV ist ein volles 13. Monatsgehalt vorgesehen. Die Zuschläge für Sonn- und Feiertags- sowie Nachtarbeit werden für den Bereich SPNV als deutlich geringer einschätzt als für die Bereiche SPFV und SGV. Daher wurde im Mittel über alle EVU vereinfachend von einer vollen Einrechnung des 13. Monatsgehaltes ausgegangen. Hierdurch dürften auch die mittleren Lohnzuschläge abgedeckt sein.

Die durchschnittlichen Jahresgehälter für das Jahr 2012 der einzelnen Personalkategorien und Einsatzfelder wurden in Tabelle 8-1 unter den oben erläuterten Randbedingungen ermittelt.

Tabelle 8-1: Herleitung der Jahresgehälter des Fahrpersonals incl. AG-Anteil

Personalkategorie	Ø Bruttomonatsgehalt in €	Zuschläge in %	Ø Bruttojahresgehalt in €	Arbeitgeberanteil an der Sozialversicherung in €	Jahresgehalt incl. AG-Anteil in €
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x13x (1+(3)/100)	(5)=(4)x0,196	(6)=(4)+(5)
Triebfahrzeugführer SPFV/SGV	2.709	15	40.500	7.938	48.437
Triebfahrzeugführer SPNV	2.709	0	35.217	6.903	42.120
Zugchef	2.476	15	37.016	7.255	44.271
Zugbetreuer SPFV	1.991	15	29.765	5.834	35.599
Zugbetreuer SPNV	1.991	0	25.883	5.073	30.956

Das Bruttomonatsgehalt für die Kategorie Triebfahrzeugführer entspricht der Entgeltgruppe LF5 mit einer mittleren Berufserfahrung von 10 bis 15 Jahren aus dem Tarifvertrag für Lokomotivführer von Schienenverkehrsunternehmen[173]. Der Bruttomonatsgehalt für die Kategorie Zugchef und die Zugbetreuer entspricht den

[173] Tarifvertrag für Lokomotivführer von Schienenverkehrsunternehmen des Agv MoVe (LfTV), 15. April 2011

Entgeltgruppen 506 und 509 mit einer mittleren Berufserfahrung von 10 bis 15 Jahren aus dem Tarifvertrag für Arbeitnehmer und Nachwuchskräfte verschiedener Unternehmen des DB Konzerns.[174]

Der Arbeitgeberanteil an der gesetzlichen Sozialversicherung im Jahr 2012 setzt sich aus

- 7,3 % für die Krankenversicherung,
- 0,975 % für die Pflegeversicherung,
- 9,8% für die Rentenversicherung und
- 1,5% für die Arbeitslosenversicherung

zusammen. Insgesamt lag der Arbeitgeberanteil an der gesetzlichen Sozialversicherung im Jahr 2012 bei (gerundet) 19,6% bezogen auf das Bruttojahresgehalt.

Die Ableitung der Stundensätze je Personalkategorie aus den in Tabelle 2.1 ermittelten Jahresgehältern incl. Arbeitgeberanteil an der Sozialversicherung erfolgte unter den folgenden Annahmen:

- 251 Werktage (Mo bis Fr, ohne bezahlte Feiertage) je Jahr
- 30 Urlaubstage je Jahr
- 15 Krankheitstage je Jahr
- 8 Arbeitsstunden je Tag
- Aufschlag für Verwaltungsgemeinkosten: 15% bezogen auf das Jahresgehalt incl. AG-Anteil an den Sozialversicherungsbeiträgen
- Betriebliche Altersvorsorge: 2% bezogen auf das Jahresgehalt incl. AG-Anteil an den Sozialversicherungsbeiträgen

Hieraus ergeben sich 251 – 30 – 15 = 206 Arbeitstage je Jahr bzw. 1.648 Arbeitsstunden je Jahr.

[174] Tarifvertrag 2/2013 zur Änderung von Tarifverträgen für Arbeitnehmer und Nachwuchskräfte verschiedener Unternehmen des DB Konzerns,(ÄTV 2/2013 FGr)

Unter den oben beschriebenen Annahmen wurden in Tabelle 8-2 die Personalkosten je Einsatzstunde ermittelt.

Tabelle 8-2: Ableitung der spezifischen Personalkosten je Einsatzstunde

Personal-kategorie	Jahresgehalt incl. AG-Anteil in €	Zuschlag Ausstattung in %	Ø Stundensatz in €/Std.	Dienstplan-wirkungsgrad in %	Einheitssatz je Personalein-satzstunde in €/Std.
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x1,17x (1+(3)/100)/ 1.648	(5)	(6)=(4)/(5)x 100
Triebfahrzeug-führer SPFV/SGV	48.438		34,39	60	57
Triebfahrzeug-führer SPNV	42.120		29,90	60	50
Zugchef SPFV	48.121	10	34,12	70	49
Zugbetreuer SPFV	38.695	10	27,43	70	39
Zugbetreuer SPNV	30.956		21,98	70	31

Beim Zugchef und bei den Zugbetreuern des SPFV wird ein Aufschlag von 10% für deren technische Ausstattung und Dienstkleidung berücksichtigt. Die Zeiten für Bereitschaften, Auf- und Abrüsten der Fahrzeuge, Schulungen, fahrplanbedingte Standzeiten vor Beginn des Zuglaufes sowie bezahlte Wege werden durch den in Spalte (5) aufgeführten Dienstplanwirkungsgrad berücksichtigt. Für den Prognosezustand 2030 wird davon ausgegangen, dass die spezifischen Personalkosten gegenüber dem Status Quo 2012 real unverändert sind.

8.1.2.2 Instandhaltungskosten für die Eisenbahninfrastruktur

Die Ermittlung der Instandhaltungskosten für die Eisenbahninfrastruktur erfolgt anhand der in Tabelle 8-3 dargestellten anlagenteilspezifischen Instandhaltungskostensätzen. In den Instandhaltungskosten sind nicht die Ersatzinvestitionen der neuen Infrastruktur enthalten. Diese werden über die mittlere gewichtete Lebensdauer berücksichtigt (s. Abschnitt 2.8).

Tabelle 8-3: Instandhaltungskostensätze für die Eisenbahninfrastruktur nach Anlagenteilen

Anlageteile	Instandhaltungskostensatz (‰)
Bahnkörper	0,5
Stützmauern	0,5
Tunnel	0,5
Kreuzungsbauwerke/Brücken	2,0
Schallschutz	0,5
Oberbau/Gleise/Weichen	15,0
Bauliche Anlagen	0,5
Signalanlagen	15,0
Kommunikation	30,0
Bahnstromversorgung/Unterwerke	5,0
Fahrleitungen	5,0

Die letzte Überprüfung dieser Ansätze fand im Rahmen der Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung statt[175]. Darüber hinaus wurde diese noch den entsprechenden Auswertungen aus dem im Auftrag des BMVBS erstellten Vergleich von Nutzen-Kosten-Analysen (NKA) und Wirtschaftlichkeitsrechnungen (WR) der Deutschen

[175] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Intraplan Consult GmbH, Planco Consulting GmbH, Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg/München/Essen 2010

Bahn AG für verschiedene Referenzprojekte[176] gegenübergestellt. Hieraus ergab sich kein grundsätzlicher Änderungsbedarf.

Bei der im BVWP üblichen Differenzierung der Investitionskosten sind über Tabelle 8-3 hinaus noch die folgenden Anlageteile enthalten:

- Grunderwerb
- Anlagen Dritter sowie
- Planungskosten und Gebühren

Bei diesen Anlagenteilen fallen keine Instandhaltungskosten an. Bei den Anlagen Dritter ist dies dadurch begründet, dass diese nach Realisierung der durch die Eisenbahninfrastrukturprojekte hervorgerufenen Anpassungsmaßnahmen in die Baulast der betreffenden Dritten übergehen.

Der Instandhaltungskostensatz für die baulichen Anlagen bezieht sich auf die Maßnahmenkategorien, die in der Bundesverkehrswegeplanung in der Regel zu untersuchen sind. Für Maßnahmen mit einem hohen Anteil von Bahnhofsanlagen ist dieser Wertansatz nicht geeignet, da die betreffenden Instandhaltungskosten deutlich höher sind. Für solche Anlagenteile (z.B. Bahnsteige, Rolltreppen, Aufzüge etc.) wird auf die Verfahrensanleitung zur Standardisierten Bewertung[177] verwiesen.

In den in Tabelle 8-3 aufgeführten Instandhaltungskostensätzen sind die Personalkosten für die Betriebsführung der Eisenbahninfrastruktur noch nicht berücksichtigt. Hierzu wird auf Kapitel 8.1.2.3 verwiesen.

[176] RBS roever broenner susat, Intraplan Consult GmbH, Untersuchung der betriebswirtschaftlichen Beurteilung von Bedarfsplanmaßnahmen der Bundesschienenwege, Hamburg, München 2013

[177] Intraplan Consult GmbH, Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart, Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs und Folgekostenrechnung, Version 2006, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, München/Stuttgart 2006

8.1.2.3 Personalkosten bei der Betriebsführung der Eisenbahninfrastruktur

Sollten sich bei einzelnen zu bewertenden Neu- oder Ausbaumaßnahmen Unterschiede bei dem Personalbedarf für die Betriebsführung der Eisenbahninfrastruktur zwischen Planfall und Bezugsfall ergeben, werden innerhalb des BVWP-Prozesses von der DB Netz AG Angaben über den Saldo der erforderlichen Dienstposten zwischen Planfall und Bezugsfall benötigt.

Der Einheitskostensatz für die Personalkosten bei der Betriebsführung der Eisenbahninfrastruktur wurde unter den folgenden Annahmen ermittelt:

- Monatsgehalt in der Entgeltgruppe 306 (Fahrdienstleiter 3) im Jahr 2013: 2.502 €[178]
- Anzahl Monatsgehälter je Jahr: 13

  Lohnzuschläge für Nacht- sowie Sonn- und Feiertagsarbeit 15%
- Arbeitgeberanteil an der gesetzlichen Sozialversicherung: 19,6%
- Aufschlag für Verwaltungsgemeinkosten: 15%
- Deflation für die Umrechnung vom Preisstand 2013 auf den Preisstand 2012: 3%[6]

Hieraus resultiert ein Personalkostensatz für die Betriebsführung der Eisenbahninfrastruktur in Höhe von 50.000 € je Dienstposten und Jahr.

8.1.2.4 Erhöhung der Energieeffizienz von Schienenfahrzeugen bis 2030

In den in Kapitel 8.1.3.3 für den SPFV, 8.1.4.3 für den SPNV und 8.1.5.3 für den SGV angegebenen Energieverbrauchsraten ist die zu erwartende Erhöhung der Energieeffizienz im Prognosejahr 2030 gegenüber dem Analysejahr 2010 von Schienenfahrzeugen berücksichtigt. Diese ergibt sich zunächst daraus, dass sich im Jahr 2010 noch eingesetzte Altfahrzeuge mit einer niedrigeren Energieeffizienz im Prognosejahr 2030 nicht mehr in Betrieb befinden. Im Bereich der Triebwagen kann dies in den Modellrechnungen dadurch abgebildet werden, dass der Fahrzeugeinsatz je Linie fahrzeugtypspezifisch erfasst wurde.

[178] Tarifvertrag 2/2013 zur Änderung von Tarifverträgen für Arbeitnehmer und Nachwuchskräfte verschiedener Unternehmen des DB Konzerns (ÄTV 2/2013 FGr)

Bei lokbespannten Zügen ist dies nicht möglich, da aus den in der VP 2030 erstellten Netzmodellen nur Informationen differenziert nach den Traktionsarten Elektro oder Diesel vorliegen. Erhöhungen der Energieeffizienz sind im Zuge des Generationswechsels bei den Diesel- und Elektrolokomotiven insbesondere aufgrund der folgenden Entwicklungen zu erwarten:

- Ausmusterung der Elektrolokomotiven ohne Möglichkeit zur Fahrstromrückspeisung
- Hybridisierung der Antriebstechnik bei Diesellokomotiven und Einführung von Rekuperationsbremsen

Die bis 2030 möglichen Energieeinsparungen aus den oben genannten Entwicklungen wurden wie folgt eingeschätzt:

- Lokbespannte Züge mit Dieseltraktion (SPNV und SGV gleich): 10%
- Lokbespannte Züge mit Elektrotraktion im SPNV: 7%
- Lokbespannte Züge mit Elektrotraktion im SGV: 5%

Bei diesen Schätzungen wurde berücksichtigt, dass der Anteil der rückspeisefähigen Fahrzeuge in der E-Lokflotte beim SGV weitaus höher ist als der betreffende Anteil beim SPNV. Für den SPFV sind keine Angaben zur Erhöhung der Energieeffizienz erforderlich, da im Prognosezustand 2030 davon ausgegangen wird, dass sich die heutigen lokbespannten EC/IC-Züge nicht mehr im Einsatz befinden. Für die als Ersatz einzusetzenden DoSto IC wurden gesonderte Verbrauchsraten unter der Annahme berechnet, dass alle betroffenen Lokomotiven rückspeisungsfähig sind.

Darüber hinaus sind Reduktionen des spezifischen Energieverbrauchs durch die folgenden Einflussfaktoren zu erwarten:

- Erhöhung des Wirkungsgrades der Antriebstechnik und Verminderung der Laufwiderstände mit einem Einsparpotential von bis zu 5%
- Optimierung der Zuglaufsteuerung durch Realisierung des Projektes FreeFloat durch DB-Netz auf stark befahrenen Strecken und Knoten (Steuerung und Koordinierung der Zugfahrten mit Fahrempfehlungen an den Triebfahrzeugführer) mit einem Einsparpotential von bis zu 5%

In Überlagerung aller oben genannten Einflussfaktoren wird im Prognosezustand 2030 von den folgenden Reduktionen der spezifischen Energieverbräuche gegenüber dem Analysezustand 2010 ausgegangen:

- Lokbespannte Züge mit Dieseltraktion (SPNV und SGV gleich): 15%
- Lokbespannte Züge mit Elektrotraktion im SPNV: 12%
- Lokbespannte Züge mit Elektrotraktion im SGV: 10%
- Triebwagenzüge mit Dieseltraktion (SPFV und SPNV gleich): 10%
- Triebwagenzüge mit Elektrotraktion (SPFV und SPNV gleich): 5%

8.1.2.5 Abgasemissionskosten

Beim Verkehrsträger Schiene werden die Abgasemissionen aus dem Energieverbrauch mit Hilfe der in Tabelle 7-14 dargestellten Emissionsfaktoren und der spezifischen Schadenskosten gemäß Tabelle 7-19 abgeleitet. Der Emissionskostensatz (Cent/kWh) für elektrischen Strom ist in Tabelle 8-4 hergeleitet.

Tabelle 8-4: Herleitung des Emissionskostensatzes für elektrischen Strom beim Verkehrsträger Schiene

Schadstoffart	Emissionsfaktor (g/kWh)	Wertansatz (€/t Schadstoff)	Emissionskostensatz (Cent/kWh)	Anteil in %
BVWP 2015				
CO_2	414	145	6,00	86,6
NO_x	0,30	15.400	0,46	6,7
SO_2	0,17	13.200	0,23	3,3
HC	0,76	1.600	0,12	1,7
Partikel	0,02	55.400	0,12	1,7
Summe			**6,93**	**100,0**

Für Dieselkraftstoff liegen für Lokomotiven und Triebwagen unterschiedliche Emissionsfaktoren für die Schadstoffart NO_x vor. In Tabelle 8-5 ist der Emissionskostensatz für Lokomotiven und in Tabelle 8-6 für Triebwagen hergeleitet.

Tabelle 8-5: Herleitung des Emissionskostensatzes für Dieselkraftstoff bei Lokomotiven

Schadstoffart	Emissionsfaktor (g/l Diesel)	Wertansatz (€/t Schadstoff)	Emissionskostensatz (€/l Diesel)	Anteil in %
BVWP 2015				
CO_2	3.000	145	0,44	41,5
NO_x	37,52	15.400	0,58	54,7
Partikel	0,25	146.900	0,04	3,8
Summe			**1,06**	**100,0**

Tabelle 8-6: Herleitung des Emissionskostensatzes für Dieselkraftstoff bei Triebwagen

Schadstoffart	Emissionsfaktor (g/l Diesel)	Wertansatz (€/t Schadstoff)	Emissionskostensatz (€/l Diesel)	Anteil in %
BVWP 2015				
CO_2	3.000	145	0,44	55,7
NO_x	19,85	15.400	0,31	39,2
Partikel	0,25	146.900	0,04	5,1
Summe			**0,79**	**100,0**

Bei den Kostensätzen für Partikel wird nach Sätzen innerorts (364.100 €/t) und außerorts (122.800 €/t) unterschieden. Der Innerortsanteil der Betriebsleistungen im SGV und SPV wurde mit 10% abgeschätzt. Hieraus resultiert ein durchschnittlicher Kostensatz von 146.900 €/t. Die anderen Schadstoffarten (SO_2, HC, CO) sind hier

nicht aufgeführt, da sich für diese Kostensätze von weniger als 0,005 Cent/l Diesel ergaben.[179] Der Emissionsfaktor für Dieselkraftstoff beim Verkehrsträger Schiene ist höher als beim Verkehrsträger Straße, da hier von keiner Beimischung von Bio-Diesel ausgegangen wurde.

8.1.3 Kosten- und Wertansätze für den SPFV

8.1.3.1 Definition der maßgebenden Modellfahrzeugtypen

Im BVWP 2015 werden die Fahrzeugvorhaltungs- und Betriebsführungskosten sowie der Endenergieverbrauch bezogen auf herstellerneutrale SPFV-Modellfahrzeugtypen berechnet. Nichtsdestoweniger orientiert sich die in Tabelle 8-7 aufgeführte Definition der Modellfahrzeugtypen an der künftigen Fahrzeugflotte der DB Fernverkehr AG, die um Leichttriebwagen (FV light E und D) für die Bedienung von Nebenfernverkehrs-strecken ergänzt wurden.

[179] Tabelle 8-78 in Abschnitt 8.5.3.2 zeigt, dass die Emissionen der nicht aufgelisteten Schadstoffarten geringfügig sind.

Tabelle 8-7: Definition der Modellfahrzeugtypen des SPFV im Prognosezustand 2030

Modellfahrzeugtyp	Traktion	Anzahl Sitzplätze	Dienstmasse (t)	Traktionsleistung (kW)	V_{msx} (km/h)	Neigetechnik	Kuppelbar	Fahrzeuglänge (m)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
HGV A	Elektro	450	420	8.000	300	nein	ja	200
HGV B-10	Elektro	720	600	8.250	249	nein	nein	290
HGV B-12	Elektro	900	710	8.250	249	nein	nein	345
HGV B-14	Elektro	1.080	820	9.900	249	nein	nein	400
HGV C	Elektro	390	400	4.000	230	ja	ja	190
HGV D-5	Elektro	370	290	3.300	230	nein	ja	145
HGV D-7	Elektro	500	400	4.950	230	nein	ja	200
FV DoSto E	Elektro	470	380	5.600	160	nein	ja	150
FV DoSto D	Diesel	470	380	2.250	160	nein	ja	150
FV light E	Elektro	180	120	2.600	160	nein	ja	90
FV light D	Diesel	140	116	1.120	160	ja	ja	52

Für Nacht- und Autoreisezüge wurden keine Modellfahrzeugtypen definiert, da im BVWP 2015 davon ausgegangen wird, dass wie schon im BVWP 2003 und bei der Bedarfsplanüberprüfung zwischen Planfall und Bezugsfall keine bewertungsrelevanten Unterschiede in diesem Angebotssegment zu erwarten sind.

8.1.3.2 Vorhaltungskosten der Fahrzeuge

Die Fahrzeugvorhaltungskosten setzen sich aus dem Kapitaldienst (Abschreibung und Verzinsung) und den Unterhaltungs- und Instandhaltungskosten für die Fahrzeuge zusammen. Die für Ermittlung des Kapitaldienstes für die SPFV-Züge maßgebenden Grundannahmen sind in Tabelle 8-8 zusammengestellt.

Tabelle 8-8: Grundannahmen für die Ermittlung des Kapitaldienstes für die SPFV-Züge

Kennwert	Dimension	Wertansatz
Nutzungsdauer der SPFV-Züge	Jahre	30
Durchschnittliche jährliche Brutto-Einsatzzeit eines SPFV-Zuges	Std./Jahr	4.380
Betriebs- und Werkstattreserve	%	10
Durchschnittliche jährliche Netto-Einsatzzeit eines SPFV-Zuges	Std./Jahr	3.980
Zeitpunkt des Redesigns von SPFV-Zügen	Jahre nach Inbetriebnahme	15
Anteil der Redesignkosten an den Kosten für die Erstinvestition	%	15
maßgebender Realzinssatz im BVWP 2015	% p.a.	1,7

Die in Tabelle 8-8 aufgeführten jährlichen Brutto-Einsatzzeiten der SPFV-Züge wurden unter den folgenden Annahmen ermittelt:

- 365 Einsatztage je Jahr
- 12 Einsatzstunden je Tag

Zur Bestimmung des Kapitaldienstes wird zunächst der Saldo aus den im Planfall und im Bezugsfall erforderlichen Zugeinsatzzeiten aus den für die Bewertung zu erstellenden Netzmodellen ermittelt. Hieraus wird der Saldo des Fahrzeugbedarfes unter Ansatz der in Tabelle 8-8 aufgeführten durchschnittlichen jährlichen Einsatzzeit eines SPFV-Züge abgeleitet.

Ausgehend von der Anzahl der vorzuhaltenden Züge wird der Kapitaldienst differenziert nach Modellfahrzeugtypen unter Berücksichtigung der Fahrzeugpreise aus Tabelle 8-9 und den sonstigen in Tabelle 8-8 aufgeführten Annahmen nach der Annuitätenmethode ermittelt.

Die Unterhaltungs- und Instandhaltungskosten der Züge sind eine Funktion der nach Modellfahrzeugtypen differenzierten Betriebsleistungen in Zug-km/Jahr. Die Betriebsleistungen verstehen sich als reine Nutzzug-km, die aus den Netzmodellen

für den Planfall und den Bezugsfall abzuleiten sind. Die hierfür benötigten Einheitskostensätze sind in Tabelle 8-9 zusammengestellt und enthalten anteilige Kosten für Rangierfahrten und Fahrten in Abstellanlagen.

Tabelle 8-9: Einheitssätze für die Investitions- und Unterhaltungs-/Instandhaltungs-kosten der Modellfahrzeugtypen des SPFV

Modellfahrzeugtyp	Investitionskosten (Mio. €/Fahrzeug)		Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten (€/Fahrzeug-km)	
	Einstrom- bzw. Dieselfahrzeuge	Mehrstromfahrzeuge	Einstrom- bzw. Dieselfahrzeuge	Mehrstromfahrzeuge
HGV A	28,9	31,8	3,90	4,30
HGV B-10	23,1	25,4	4,90	5,40
HGV B-12	27,3	30,0	5,70	6,30
HGV B-14	31,5	34,7	6,50	7,20
HGV C	21,0	23,1	5,00	5,50
HGV D-5	11,6	12,8	2,60	2,90
HGV D-7	15,3	16,8	3,40	3,70
FV DoSto E	13,4	14,7	3,40	3,70
FV DoSto D	13,4		3,60	
FV light E	5,8	6,4	1,30	1,40
FV light D	3,7		1,20	

Die Investitionskosten und die Unterhaltungs- bzw. Instandhaltungskosten für Mehrstromfahrzeuge wurden aus denen für Einstromfahrzeuge mit einem Aufschlag von 10% abgeleitet.

Bei der Berechnung der Investitionskosten für die Modellfahrzeugtypen FV DoSto E und FV DoSto D wurden die folgenden Einzelpreise angenommen:

- Lokomotive (Diesel- und Elektro gleich): 3,2 Mio. €
- DoSto-Steuerwagen: 2,6 Mio. €
- DoSto-Mittelwagen: 1,9 Mio. €

Die bei SPFV-Fahrzeugen 15 Jahre nach Inbetriebnahme anfallenden Redesignkosten in Höhe von 15% der Investitionskosten werden bei den Modellzugtypen FV DoSto E und FV DoSto D nur für die Reisezugwagen berücksichtigt.

8.1.3.3 Energieverbrauch und Energiekosten

Für die in Kapitel 3.1 definierten Modellfahrzeugtypen sind die Energieverbrauchsraten 2030 differenziert nach den Streckenkategorien

- konventionelle Strecke (KS, Vmax < 160 km/h),
- Ausbaustrecke (ABS, Vmax = 161-230 km/h),
- Neubaustrecke (NBS, Vmax > 230 km/h)

in Tabelle 8-10 zusammengestellt.

Tabelle 8-10: Spezifische Energieverbräuche im Prognosezustand 2030 für die Modellfahrzeugtypen des SPFV (Einstrom- und Dieselfahrzeuge)

Modellfahrzeugtyp	Spezifischer Traktionsenergieverbrauch (kWh bzw. l Diesel/Fahrzeug-km)			Sonstiger spezifischer Energieverbrauch kWh bzw. l Diesel/ Fahrzeug-h)
	KS (V_{max}≤ 160 km/h)	ABS (V_{max} = 161 – 230 km/h)	NBS (V_{max} > 230 km/h)	
HGV A	9,6	12,3	15,4	220
HGV B-10	12,1	15,4	19,4	290
HGV B-12	13,9	17,8	22,3	330
HGV B-14	15,7	20,2	25,2	370
HGV C	8,9	11,4		180
HGV D-5	7,6	9,4		190
HGV D-7	9,4	11,8		230
FV DoSto E	11,8			155
FV DoSto D	2,64			30
FV light E	3,0			55
FV light D	0,80			5

In den in Tabelle 8-10 aufgeführten Verbrauchsraten sind die in Kapitel 8.1.2.4 erläuterten Annahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz bis zum Prognosejahr 2030 berücksichtigt.

Der spezifische Traktionsenergieverbrauch von Mehrsystemfahrzeugen wird mit 2% oberhalb des Vergleichswertes für entsprechende Einsystemfahrzeuge angenommen. Verkehren Züge in Mehrfachtraktion, wird der Energieverbrauch im Verhältnis der Fahrzeugeinheiten je Zug vervielfacht.

Die Energiekosten werden aus den Energieverbräuchen unter Ansatz der in Kapitel 6.1 und 6.4 hergeleiteten Kostensätze abgeleitet.

8.1.3.4 Fahrpersonalkosten

Die Fahrpersonalkosten sind eine Funktion der

- Zugeinsatzzeiten,
- der Personalstärke je Zug aus Tabelle 8-11 und
- der Kostensätze je Personalkategorie aus Tabelle 8-1.

Die Zugeinsatzzeiten sind als fahrplanmäßige Nettozeiten vom Abgangsort bis zum Zielort des betreffenden Zuglaufes gemäß SPFV-Netzmodell ohne Wende-, Auf- und Abrüstzeiten sowie ohne Fahrzeiten in Abstellanlagen definiert.

Die für die verschiedenen Modellfahrzeugtypen anzunehmenden Personalstärken je Zug sind in Tabelle 8-11 dargestellt.

Tabelle 8-11: Personaleinsatz im SPFV nach Modellfahrzeugtypen

Modellfahrzeugtyp	Personalstärke je Zug (Triebfahrzeugführer + Zugchef + Zugbetreuer)
HGV A	1+1+1
HGV B-10	1+1+2
HGV B-12	1+1+2
HGV B-14	1+1+3
HGV C	1+1+1
HGV D-5	1+1+1
HGV D-7	1+1+1
FV DoSto E und D	1+1+1
FV light E	1+0+1
FV light D	1+0+1

Bei Mehrfachtraktion vervielfacht sich der Personalbedarf (mit Ausnahme des Triebfahrzeugführers) entsprechend.

8.1.4 Kosten- und Wertansätze für den SPNV

8.1.4.1 Definition der Modellfahrzeugtypen

Im BVWP 2015 werden die Bedienungsangebote des SPNV betreiberneutral und die eingesetzten Fahrzeugtypen herstellerneutral betrachtet. Die Klassifizierung der Modellfahrzeugtypen von SPNV-Triebwagen erfolgte anhand der Anzahl der Einzelwagen je Triebwagen und der Sitzplatzkapazitäten in den folgenden Abstufungen:

- Bei einstöckigen Triebwagen mit Elektrotraktion ausgehend von einem zweiteiligen Fahrzeug mit 120 Sitzplätzen in einer Stufung von 60 Sitzplätzen für jeden zusätzlichen Einzelwagen
- Bei Doppelstocktriebwagen mit Elektrotraktion ausgehend von einem dreiteiligen Fahrzeug mit 310 Sitzplätzen in einer Stufung von 120 Sitzplätzen für jeden zusätzlichen Einzelwagen
- Bei einstöckigen Triebwagen mit Dieseltraktion ausgehend von einem einteiligen Fahrzeug mit 80 Sitzplätzen in einer Stufung von 50 Sitzplätzen für jeden zusätzlichen Einzelwagen

Die für die gesamtwirtschaftliche Bewertung im BVWP 2015 maßgebenden Modellfahrzeugtypen für SPNV-Triebwagen im Prognosezustand 2030 wurden gemäß Tabelle 8-12 definiert.

Durch diese Modellfahrzeugtypen ist der für den Wertebereich des BVWP maßgebende Fahrzeugeinsatz weitestgehend abgedeckt. Lediglich die Zweisystem- bzw. Zweistromfahrzeuge beispielsweise für die S-Bahn Karlsruhe oder die Regiotram Kassel sowie die speziellen Fahrzeugtypen für die S-Bahnen Berlin, Hamburg, Hannover, Köln, München, Rhein/Main, Rhein/Ruhr und Stuttgart passen nicht in das in Tabelle 8-12 dargestellte Raster. Zu den Kostensätzen für diese Spezialfahrzeuge

wird auf die Verfahrensanleitung zur Standardisierten Bewertung verwiesen, deren Aktualisierung sich zurzeit in Arbeit[180] befindet.

[180] Intraplan Consult GmbH, Weiterentwicklung und Fortschreibung der Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen im schienengebundenen öffentlichen Personennahverkehr, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, zurzeit in Arbeit

Tabelle 8-12: Modellfahrzeugtypen von SPNV-Triebwagen im Prognosezustand 2030

Modellfahrzeug-typ	Einzelwagen je Triebwagen	Sitzplätze (inkl. Klapp-sitze)	Dienstmasse (t)	Fahrzeuglänge (m)
1. Einstöckige Nahverkehrstriebwagen mit Elektrotraktion				
NV 120E SD	2	120	75	42
NV 180E SD	3	180	105	58
NV 240E SD	4	240	135	74
NV 300E SD	5	300	165	90
NV 360E SD	6	360	195	106
2. Nahverkehrsdoppelstocktriebwagen mit Elektrotraktion				
NV 310E DoSto	3	310	200	80
NV 430E DoSto	4	430	250	106
NV 550E DoSto	5	550	300	132
NV 670E DoSto	6	670	350	158
3. Einstöckige Nahverkehrstriebwagen mit Dieseltraktion				
NV 80D	1	80	45	28
NV 130D	2	130	70	41
NV 180D	3	180	95	54
NV 230D	4	230	120	67
NV 280D	5	280	145	90
4. Einstöckige Nahverkehrstriebwagen mit Dieseltraktion und Neigetechnik				
NV 150 D Nei	2	150	120	52

Bei der Definition der Modellreisezugwagen für lokbespannte SPNV-Züge wurde zunächst von Standardkompositionen (Single-Deck oder Doppelstock) von Vierwagenzügen mit Lok + Steuerwagen 2. Klasse + Mittelwagen 1./2. Klasse + zwei Mittelwagen 2. Klasse ausgegangen. Die Kenndaten der einzelnen Bestandteile dieser Standardkompositionen sind in Tabelle 8-13 zusammengestellt.

Tabelle 8-13: Definition der Standardkompositionen von lokbespannten SPNV-Zügen

	Anzahl Sitzplätze	Dienstmasse (t)	Fahrzeuglänge (m)
1. Single-Deck-Züge			
Lok		85	18,9
Steuerwagen 2.Klasse	65	36	26,4
Mittelwagen 1./2. Klasse	75	35	26,4
Mittelwagen 2. Klasse	85	35	26,4
2. Doppelstock-Züge			
Lok		85	18,9
Steuerwagen 2. Klasse	90	52	27,3
Mittelwagen 1./2. Klasse	110	50	26,8
Mittelwagen 2. Klasse	130	50	26,8

Werden kapazitätsbemessungsbedingt andere Zuglängen als die oben definierte Standardkomposition benötigt, ist die Anzahl der Reisezugwagen je Zug mit Mittelwagen der 2. Klasse entsprechend anzupassen.

8.1.4.2 Vorhaltungskosten der Fahrzeuge

Bei der Ermittlung der Vorhaltungskosten für die SPNV-Fahrzeuge wird analog zu den SPFV-Fahrzeugen vorgegangen. Die in Tabelle 8-8 dargestellten Grundannahmen für die Ermittlung des Kapitaldienstes für die SPFV-Fahrzeuge werden für die SPNV-Fahrzeuge unverändert übernommen.

In Tabelle 8-14 sind die Schätzwerte des Gutachters für die spezifischen Investitionskosten und die spezifischen Unterhaltungs- bzw. Instandhaltungskosten für die für Modellfahrzeuge mit Elektrotraktion zusammengestellt.

Tabelle 8-14: Einheitssätze für die Investitions- und Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten der Modellfahrzeugtypen des SPNV mit Elektrotraktion (Einstromfahrzeuge)

Modellfahrzeugtyp	Investitionskosten (Mio. €/Fahrzeug)	Unterhaltungs-/ Instandhaltungskosten (€/Fahrzeug-km)
NV 120 E SD	3,6	0,40
NV 180 E SD	4,4	0,60
NV 240 E SD	5,2	0,80
NV 300 E SD	6,0	1,00
NV 360 E SD	6,8	1,20
NV 310 E DoSto	6,0	1,00
NV 430 E DoSto	7,6	1,40
NV 550 E DoSto	9,2	1,80
NV 670 E DoSto	10,8	2,20

Bei den spezifischen Investitions- sowie Unterhaltung-/Instandhaltungskosten von Mehrstromfahrzeugen wird davon ausgegangen, dass diese 10% oberhalb der betreffenden Vergleichswerte für Einstromfahrzeuge liegen.

Tabelle 8-15 enthält eine entsprechende Zusammenstellung für die Modellfahrzeuge mit Dieseltraktion.

Tabelle 8-15: Einheitssätze für die Investitions- und Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten der Modellfahrzeugtypen des SPNV mit Dieseltraktion

Modellfahrzeugtyp	Investitionskosten (Mio. €/Fahrzeug)	Unterhaltungs-/ Instandhaltungskosten (€/Fahrzeug-km)
NV 80 D	2,3	0,65
NV 130 D	3,0	0,85
NV 180 D	3,7	1,05
NV 230 D	4,4	1,25
NV 280 D	5,1	1,45
NV 150 D Nei	3,6	1,70

In Tabelle 8-16 sind die Einheitskostensätze für die Modellreisezugwagen und Lokomotiven zusammengestellt.

Tabelle 8-16: Einheitssätze für die Investitions- und Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten für lokbespannte Züge

Modellreisezugwagen	Investitionskosten (Mio. €/Fahrzeug)	Unterhaltungs-/ Instandhaltungskosten (€/Fahrzeug-km)
Steuerwagen SD 2.Klasse	1,7	0,30
Mittelwagen SD 2.Klasse	1,1	0,25
Mittelwagen SD 1./2.Klasse	1,2	0,25
Steuerwagen DoSto 2.Klasse	2,3	0,40
Mittelwagen DoSto 2.Klasse	1,6	0,35
Mittelwagen DoSto 1./2.Klasse	1,7	0,35
Elektrolok Einstrom	3,2	0,60
Elektrolok Zweistrom	3,5	0,70
Diesellok	3,2	1,2

8.1.4.3 Energieverbrauch und Energiekosten

Die für die Bewertung benötigten Energieverbrauchsraten ab Stromabnehmer für die Modellfahrzeugtypen mit Elektrotraktion im Prognosezustand 2030 sind in Tabelle 8-17 dargestellt.

Tabelle 8-17: Energieverbrauchsraten im Prognosezustand 2030 für die Modellfahrzeugtypen des SPNV mit Elektrotraktion

Modellfahrzeugtyp	Spezifischer Traktions-energieverbrauch (kWh/Fahrzeug-km)	Sonstiger Energieverbrauch (kWh/Fahrzeug-Std.)
NV 120 E SD	2,3	40
NV 180 E SD	3,0	55
NV 240 E SD	3,7	70
NV 300 E SD	4,4	85
NV 360 E SD	5,1	100
NV 310 E DoSto	6,1	90
NV 430 E DoSto	7,2	110
NV 550 E DoSto	8,3	130
NV 670 E DoSto	9,4	150
Lok E+4 Single-Deck-Wagen	7,7	90
1 SD-Wagen mehr oder weniger	0,8	16
Lok E+4 DoSto-Wagen	9,8	115
1 DoSto-Wagen mehr oder weniger	1,0	20

Tabelle 8-18 enthält die entsprechenden Verbrauchsraten für die Modellfahrzeugtypen des SPNV mit Dieseltraktion.

Tabelle 8-18: Energieverbrauchsraten im Prognosezustand 2030 für die Modellfahrzeugtypen des SPNV mit Dieseltraktion

Modellfahrzeugtyp	Spezifischer Traktions-energieverbrauch (l Diesel/Fahrzeug-km)	Sonstiger Energieverbrauch (l Diesel/Fahrzeug-Std.)
NV 80 D	0,50	9
NV 130 D	0,65	12
NV 180 D	0,80	15
NV 230 D	0,95	18
NV 280 D	1,10	21
NV 150 D Nei	1,00	16
Lok D+4 Single-Deck-Wagen	1,70	16
1 SD-Wagen mehr oder weniger	0,17	4
Lok D+4 DoSto-Wagen	2,20	20
1 DoSto-Wagen mehr oder weniger	0,22	5

In den in Tabelle 8-18 aufgeführten Verbrauchsraten sind die in Kapitel 8.1.2.4 erläuterten Annahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz bis zum Prognosejahr 2030 berücksichtigt.

Die Energiekosten werden aus den Energieverbräuchen unter Ansatz der in Kapitel 6.1 und 6.4 hergeleiteten Kostensätze abgeleitet.

8.1.4.4 Fahrpersonalkosten

Als Grundlage für die Ermittlung der Kosten des Fahrpersonals sind die in Tabelle 8-19 dargestellten Vorschläge des Gutachters über die Personalstärke für die einzelnen Zuggattungen bzw. Zuglängen angegeben

Tabelle 8-19: Personaleinsatz im SPNV nach Zuggattungen bzw. Zuglängen

Zuggattungen bzw. Zuglängen	Personalstärke (Triebfahrzeugführer + Zugbetreuer)
S-Bahn	1+0,2
Triebwagenzüge	1+1
lokbespannte Züge mit bis zu 5 Wagen (Single-Deck)	1+1
lokbespannte Züge mit mehr als 5 Wagen (Single-Deck)	1+2
lokbespannte Züge mit bis zu 4 Wagen (DoSto)	1+1
lokbespannte Züge mit mehr als 4 Wagen (DoSto)	1+2

Bei Mehrfachtraktion vervielfacht sich der Personalbedarf (mit Ausnahme des Triebfahrzeugführers) entsprechend. Die Annahme von 0,2 Zugbetreuern je S-Bahn-Zug bedeutet, dass 10% der Züge von jeweils 2 Personen Sicherheits- und Kontrollpersonal begleitet werden.

8.1.5 Kosten- und Wertansätze für den SGV

8.1.5.1 Definition der Modellgüterwagen

Für jede der in der VP 2030 definierten Gütergruppen wurde auf Basis der für den SGV jeweils relevantesten Güter[181] ein für die Bewertung maßgebender Modellgüterwagen festgelegt. Die relevantesten Güter und die zugehörigen Wagengattungen sind in Tabelle 8-20 dargestellt.

[181] Statistisches Bundesamt, Fachserie 8, Reihe 2, Eisenbahnverkehr, 2011

Tabelle 8-20: Maßgebende Modellgüterwagen für die verschiedenen Gütergruppen

Güter-gruppe	im SGV beförderte Güter 2011 (Mio. t)	relevanteste im SGV transportierte Güter	Anteil der relevan-testen Güter (%)	Wagen-gattung
10	5,52	Forstwirtschaftliche Erzeugnisse	51	Rs
21/22	34,22	Kohle	100	Falns
23	0,50	Erdöl	52	Zas
31	22,99	Eisenerze	100	Faals
32	3,84	Düngemittel	57	Zas
33	30,95	Steine und Erde, Bergbauerzeug-nisse	100	Falns
40	2,19	Nahrungs- und Genussmittel	48	Habbi
50	0,02	Textilien	50	Habbi
60	10,05	Holz, Papier und Pappe	80	Habbi
71	12,26	Koks	100	Falns
72	37,70	Flüssige Mineralölerzeugnisse	93	Zas
80	30,60	chemische Grundstoffe	35	Zas
90	11,37	Sonstige Mineralerzeugnisse (Zement, Kalk, Gips)	81	Falns
100	67,69	Roheisen und Stahl	90	Shimm
110	0,87	Maschinen und Ausrüstungen	45	Habbi
120	10,10	Fahrzeuge	92	Laaek
130	0,04	Möbel	75	Habbi
140	16,20	Abfälle und Sekundärrohstoffe	90	Eaos
150	0,00	Post, Pakete	100	Habbi
160	3,33	Container und Wechselbehälter, leer	100	Sgns
170	0,03	nicht marktbestimmte Güter	100	Sgns
180	2,91	Sammelgut	100	Habbi
190	69,87	Gutart unbekannt	87	Sgns
200	1,46	sonstige Güter	100	Habbi

Die wesentlichen technischen Parameter der Modellgüterwagen sind in Tabelle 8-21 zusammengefasst.

Tabelle 8-21: Eigenschaften der maßgebenden Modellgüterwagen

Wagengattung	Modellgüterwagen	Länge (m)	Eigengewicht (t)	Max. Zuladung (t)
Rs	Flachwagen, Runge	20,0	24,0	56,0
Falns	Schüttgutwagen	12,5	25,0	65,0
Zas	Kesselwagen	14,3	20,0	60,0
Faals	Schüttgutwagen, schwer	15,0	33,0	85,0
Habbi	Schiebewandwagen	23,9	27,0	63,0
Shimm	Haubenwagen	12,2	24,0	66,0
Laaek	Flachwagen	27,0	27,0	19,0
Eaos	offener Güterwagen	14,0	22,0	60,0
Sgns	Containertragwagen	19,7	20,0	70,0

8.1.5.2 Vorhaltungskosten der Fahrzeuge

Die Vorhaltungskosten für die SGV-Fahrzeuge setzen sich aus dem Kapitaldienst und den Unterhaltungskosten zusammen. Hierbei wird methodisch zwischen den Vorhaltungskosten für Lokomotiven und für Güterwagen unterschieden. In den Unterhaltungskosten sind die Kosten für die Instandhaltung sowie anteilig für die Fahrzeuguntersuchungen (Revisionen) enthalten.

8.1.5.2.1 Lokomotiven

Ausgangsgröße für die Ermittlung des Kapitaldienstes für die Lokomotiven ist der aus dem SGV-Umlegungsmodell resultierende Saldo der Lokeinsatzzeiten zwischen Planfall und Bezugsfall. Unter Lok-Einsatzzeiten werden die Fahrzeiten zwischen der Abfahrt am Ausgangsbahnhof und der Ankunft am Zielbahnhof einschließlich planmäßiger und außerplanmäßiger Wartezeiten verstanden.

Der für die Bewertung benötigte spezifische Kapitaldienst je Lok-Einsatzstunde wurde in Tabelle 8-22 für die verschiedenen Arten von SGV-Loks hergeleitet.

Tabelle 8-22: Herleitung des spezifischen Kapitaldienstes für die SGV-Lokomotiven

	E-Lok			Diesel-Lok
	Einstrom	Zweistrom	Dreistrom	
Investitionskosten (Mio. €/Fahrzeug)	3,2	3,5	3,8	3,2
Nutzungsdauer (Jahre)	30	30	30	30
Diskontrate BVWP 2015 (% p.a.)	1,7	1,7	1,7	1,7
Annuitätsfaktor	0,043	0,043	0,043	0,043
Kapitaldienst (T€/Jahr)	138	151	163	138
Brutto-Einsatzzeiten/Jahr (Std./Jahr)	3.360	3.360	3.360	2.800
Betriebs- und Werkstattreserve (%)	10	10	10	10
Netto-Einsatzzeiten/Jahr (Std./Jahr)	3.055	3.055	3.055	2.545
Kapitaldienst/Netto-Lok-Einsatzstunde (€/Std.)	**45,17**	**49,43**	**53,36**	**54,22**

Die in Tabelle 8-22 aufgeführten jährlichen Brutto-Einsatzzeiten der SGV-Lokomotiven wurden unter den folgenden Annahmen ermittelt:

- 280 Einsatztage je Jahr
- 12 Einsatzstunden je Tag bei Elektrolokomotiven und
- 10 Einsatzstunden je Tag bei Diesellokomotiven

Ausgangsgröße für die Ermittlung der Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten für die Lokomotiven ist der aus dem SGV-Umlegungsmodell resultierende Saldo der Fahrzeug-km zwischen Planfall und Bezugsfall. Dieser Saldo wird mit den Einheitskostensätzen je Fahrzeug-km gemäß Tabelle 8-23 bewertet.

Tabelle 8-23: Einheitskostensätze für die Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten der SGV-Lokomotiven

Modellfahrzeugtyp	Unterhaltungs-/Instandhaltungskosten (€/Fahrzeug-km)
Diesellok	1,20
Elektrolok Einstrom	0,60
Elektrolok Zweistrom	0,70
Elektrolok Dreistrom	0,80

8.1.5.2.2 Güterwagen

Die Güterwagen befinden sich zu einem erheblichen Anteil nicht im Besitz der EVU, sondern werden von diesen angemietet. Daher werden die Vorhaltungskosten der Güterwagen vollständig als Funktion des Saldos der Wageneinsatzzeiten gemäß SGV-Netzmodell betrachtet. Die hierzu benötigten Einheitskostensätze sind in Tabelle 8-24 zusammengestellt. Diese berücksichtigen die dort aufgeführten wagentypspezifischen Nutzungsdauern sowie die für den BVWP 2015 maßgebende Diskontrate von 1,7%.

Die geringere Nutzungsdauer der Schüttgutwagen sowie der offenen Güterwagen beruht auf deren höherer Beanspruchung durch die Belade- und Entladevorgänge.

Tabelle 8-24: Nutzungsdauer und Vorhaltungskosten für die verschiedenen Modellgüterwagen

Wagengattung	Modellgüterwagen	Nutzungsdauer (Jahre)	Vorhaltungskosten (€/Wagen-Std.)
Rs	Flachwagen, Runge	30	0,94
Falns	Schüttgutwagen	24	1,34
Zas	Kesselwagen	30	1,31
Faals	Schüttgutwagen, schwer	24	1,68
Habbi	Schiebewandwagen	30	1,11
Shimm	Haubenwagen	30	1,18
Laaek	Flachwagen	30	1,31
Eaos	offener Güterwagen	24	0,71
Sgns	Containertragwagen	30	1,06

Ausgangsgröße für die Ermittlung der Vorhaltungskoten der Güterwagen ist der aus dem SGV-Umlegungsmodell resultierende Saldo der Wagenstunden zwischen Planfall und Bezugsfall.

Für die Ermittlung der Wagenstunden ist deren Umlaufzeit zu berücksichtigen. Diese setzt sich aus den eigentlichen Zugfahrzeiten und den Nebenzeiten zusammen. Die Nebenzeiten sind abhängig vom Produktionssystem und umfassen Zeiten für

- Beladung
- Abholung (z.B. Überführung zum Zugbildungsbahnhof)
- Zugvorbereitung
- Umstellung (z.B. in Rangierbahnhöfen)
- Zustellung (z.B. Überführung vom Zugbildungsbahnhof)
- Entladung

Bei der Ermittlung der Umlaufzeiten der Güterwagen wird davon ausgegangen, dass hierin der ggf. erforderliche Rücktransport von Leerwagen berücksichtigt ist. Im Kombinierten Verkehr und im Ganzzugverkehr, bei denen direkte Züge zwischen den Umschlagterminals bzw. den Lade-und Entladestellen verkehren, entfallen die Zeiten für Abholung, Um- und Zustellung der Wagen.

8.1.5.3 Energieverbrauch

Der Energieverbrauch des SGV wird als Funktion der geleisteten Bruttotonnen-km im Planfall und im Bezugsfall betrachtet. Unter Bruttotonnen werden das Eigengewicht der Wagen und das Gewicht der Zuladung verstanden. Das Eigengewicht der Lokomotiven wird bei der Ermittlung des Bruttozuggewichtes nicht berücksichtigt.

Zur Ermittlung des spezifischen Energieverbrauchs je Bruttotonnen-km wird von IFEU, Öko-Institut, IVE und RMCON[182] für SGV-Züge mit Elektrotraktion im Status Quo der mathematische Zusammenhang gemäß Formel (1) angegeben:

(1) $e_E = 1{,}2 * BZG^{-0{,}62}$

Gemäß Ausführungen in Kapitel 8.1.2.4 wird im Prognosejahr 2030 im SGV mit Elektrotraktion bedingt durch Energieeffizienzsteigerungen von 10 % niedrigeren Verbrauchsraten ausgegangen. Der spezifische Energieverbrauch ist im Prognose-zustand 2030 daher gemäß Formel 2 zu ermitteln.

(2) $e_E = 0{,}9 * 1{,}2 * BZG^{-0{,}62}$

Hierin ist:

e_E: spezifischer Energieverbrauch des SGV mit Elektrotraktion in kWh je Bruttoton-nen-km

BZG: Bruttozuggewicht in Tonnen ohne Eigengewicht der Lokomotive

In der oben genannten Quelle findet sich keine analoge Funktion für den Kraftstoff-verbrauch des SGV mit Dieseltraktion, da die statistische Sicherheit bei den für diese Studie verfügbaren Grundlagendaten zur Ableitung einer solchen Funktion nicht ausreichend war. Es findet sich lediglich der Hinweis, dass der Funktionsverlauf analog zu dem für Züge mit Elektrotraktion sein dürfte.

[182] IFEU Heidelberg, Öko-Institut, IVE, RMCON, Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports, Commissioned by DB Schenker Germany, UIC (International Union of Rallways), Berlin-Hannover-Heidelberg, 2011

Die Funktion für den Kraftstoffverbrauch von SGV-Zügen mit Dieseltraktion gemäß Formel (2) wurde daher aus der entsprechenden Funktion für SGV-Züge mit Elektrotraktion unter Ansatz eines Umrechnungsfaktors von spezifischen Stromverbrauchswerten in spezifische Verbrauchswerte von Dieselkraftstoff aus einer Studie des Öko-Instituts zur CO_2 Berechnung in der Logistik[183] abgeleitet.

(3) $e_D = 0{,}85 * 0{,}326 * BZG^{-0{,}62}$

Hierin ist:

$e_{D:}$ spezifischer Energieverbrauch des SGV mit Dieseltraktion in l Diesel je Bruttotonnen-km

Durch den Koeffizienten 0,85 in Formel (3) wird die in Kapitel 8.1.2.4 begründete Erhöhung der Energieeffizienz im Prognosejahr 2030 gegenüber dem Analysejahr 2010 abgebildet.

Die spezifischen Energiekosten ergeben sich durch die Bewertung der gemäß Formeln (2) und (3) bestimmten spezifischen Energieverbräuche mit den in Kapitel 6.1 bzw. Kapitel 6.4 hergeleiteten spezifischen Energiekosten in Höhe von 0,69 €/l Diesel bzw. 15,4 Cent/kWh.

8.1.5.4 Kosten des Triebfahrzeugführers

Die Kosten des Triebfahrzeugführers sind eine Funktion des Saldos der Lokeinsatzzeiten und des Einheitskostensatzes für Triebfahrzeugführer gemäß Tabelle 8-2.

8.1.5.5 Zugbildungs- und -bereitstellungskosten

Während im BVWP 2003 die Zugbildungs- und -bereitstellungskosten noch in einer einzigen Komponente zusammengefasst waren, erfolgt im weiterentwickelten Bewertungsverfahren eine Unterscheidung zwischen diesen beiden Komponenten. Dies ist dadurch begründet, dass Zugbildungskosten in bewertungsrelevantem Umfang nur beim Einzelwagenverkehr auftreten. Zugbereitstellungskosten fallen bei allen Arten des SGV an.

[183] Kranke, Schmied, Schön, CO_2-Berechnung in der Logistik, Öko-Institut, München 2011

Unter Zugbildung wird die Umstellung von Güterwagen in Zugbildungsanlagen verstanden. Im Gegensatz dazu beinhaltet die Zugbereitstellung den Aufwand für die Zuführung der Güterwagen von der Ladestelle bis zum Bedienungspunkt am Beginn der Zugfahrt und vom Bedienungspunkt am Ende der Zugfahrt bis zur Entladestelle.

Die Zugbildungskosten umfassen die folgenden Kostenkomponenten:

- Rangierpersonal
- Energieverbrauch beim Rangieren
- Vorhaltungskosten der Rangierloks

Diese werden als Funktion der Anzahl der einzustellenden Wagen und der Anzahl der Umstellungen je Wagen unter Berücksichtigung eines Kostensatzes von 18,40 € je Wagen und Umstellvorgang ermittelt. Dieser Kostensatz wurde aus der Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchung in der Bundesverkehrswegeplanung[184] (17 €/Wagen zum Preisstand 2010) übernommen und auf den Preisstand 2012 fortgeschrieben.

Im Einzelwagenverkehr wurde davon ausgegangen, dass jeder Wagen durchschnittlich 2,5-mal innerhalb eines Zuglaufes behandelt werden muss. Die Zugbildungskosten im Einzelwagenverkehr liegen damit zum Preisstand 2012 bei 46 € je Wagen.

Zugbereitstellungskosten fallen beim Ganzzugverkehr und beim kombinierten Verkehr in gleicher Höhe wie beim Einzelwagenverkehr an. Diese wurden mit 50 % der Zugbildungskosten beim Einzelwagenverkehr abgeschätzt. Hieraus resultiert ein Kostensatz von 23 € je bereitgestellten Wagen.

8.1.5.6 Umschlagkosten

Umschlagskosten werden nur bei intermodalen Umladungen zwischen den Verkehrsträgern Schiene, Straße und Binnenschiff berücksichtigt. Bei den Ladevorgängen am originären Versandpunkt bzw. am endgültigen Empfangspunkt der Güter wird davon ausgegangen, dass hier keine Unterschiede bei den spezifischen Be- bzw. Entladekosten zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern bestehen.

[184] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Intraplan Consult GmbH, Planco Consulting GmbH, Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchung in der Bundesverkehrswegeplanung, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg/München/Essen 2010

Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist es, dass ggf. bestehende intermodale Transportketten (auch Vor- und/oder Nachlauf mit Lkw zum Schienengüterverkehr oder zum Binnenschiffsverkehr) in den betreffenden Umlegungsmodellen abgebildet werden.

Für den intermodalen Güterumschlag wurden die in Tabelle 8-25 dargestellten Kostensätze aus dem von der Arbeitsgemeinschaft BVU/TNS Infratest entwickelten Transportkostenmodell[185] übernommen und von dem dort maßgebenden Preisstand 2010 auf den für das Bewertungsverfahren maßgebenden Preisstand 2012 hochgerechnet.

Tabelle 8-25: Einheitskostensätze für den intermodalen Güterumschlag

Ladungskategorie	Gütergruppen aus der VP 2030	Umschlagskosten
Trockenes Massengut	21, 22, 31, 32, 33, 71, 80, 90,140	2,60 €/t
Sauggut	10, 40	2,30 €/t
Flüssiges Massengut	23, 72	2,90 €/t
Palettenladung	50, 60, 130, 150-190	7,80 €/t
Stückgut	100, 110, 120	14,60 €/t
Container bzw. Wechselbehälter	In allen Gütergruppe möglich	20,80 €/Ladeeinheit

8.1.5.7 Kosten für Traktionswechsel

Sollte beim Übergang zwischen elektrifizierten und nicht elektrifizierten Strecken ein Wechsel zwischen Lokomotiven mit Elektro- und Dieseltraktion erforderlich werden, wurden die hierbei anfallenden spezifischen Kosten unter den folgenden Annahmen ermittelt:

- Kapitaldienst: 0,5 Std. Diesellok x 52,35 €/Lok-Std. = 26,18 €
  0,5 Std. Elektrolok (Einstrom) x 43,62 €/Lok-Std. = 21,81 € oder

[185] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, TNS Infratest, Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung, 3. Zwischenbericht, 2013

	0,5 Std. Elektrolok (Zweistrom)	x 47,71 €/Lok-Std.	=	23,86 € oder
	0,5 Std. Elektrolok (Dreistrom)	x 51,80 €/Lok-Std.	=	25,90 €
Personalkosten:	1,0 Std. Triebfahrzeugführer	x 57,00 €/Std.	=	57,00 €

Hieraus resultieren die folgenden spezifischen Kostensätze für Traktionswechsel:

- zwischen Dieselloks und Elektroloks (Einstrom): 105 €/Traktionswechsel
- zwischen Dieselloks und Elektroloks (Zweistrom): 107 €/Traktionswechsel
- zwischen Dieselloks und Elektroloks (Dreistrom): 109 €/Traktionswechsel

Bezüglich der beim Traktionswechsel anfallenden Standzeiten der Güterwagen wird davon ausgegangen, dass diese innerhalb des SGV-Umlegungsmodells bei der Ermittlung der Wageneinsatzzeiten berücksichtigt werden.

8.2 Straße

8.2.1 Grundlagen

Als Basis jeglicher Straßenbewertung dienen die Kanten (Strecken) und Knoten des digitalen Straßennetzes. Dieses Netz bestimmt mit seinen Parametern u.a. die Geschwindigkeiten, die auf einzelnen Strecken erzielt werden und somit auch Reisezeiten. Durch die Arbeiten an der Richtlinie für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (RWS) gibt es neuere Entwicklungen, welche die Strecken und Knoten in einem Bewertungsnetz gestaltet werden sollten. Im Schwerpunkt geht es dabei um die Punkte „Geschwindigkeitsfunktionen“ und „Stadtmodellbausteine“. Die Anwendungsfälle der RWS und der Methodik der Bewertung von Straßenmaßnahmen im Rahmen des BVWP unterscheiden sich allerdings deutlich. Aus diesem Grund unterscheidet sich der Detaillierungsgrad beide Methodiken erheblich.

Die im Rahmen der Erarbeitung der RWS vorgeschlagene Methodik bzgl. der Geschwindigkeitsfunktionen (q-v-Beziehungen) ist grundsätzlich neu. Es wird vorgeschlagen, die q-v-Beziehungen nicht wie bisher nur für die Strecken zu ermitteln, sondern auch analog für die Knoten. Diese Vorgehensweise ist empfehlenswert und sollte nach Möglichkeit auch auf das digitale Straßennetz des BVWP

(NemoBFstr) übertragen werden. Ob diese Möglichkeit aufgrund der völlig anderen, weniger detaillierten, Netzstruktur gegeben ist, sollte vom Fachgutachter Straße geprüft werden.

Neben der Neuerung bei den Geschwindigkeitsfunktionen wurden im Rahmen der RWS-Erarbeitung auch die Stadtmodellbausteine überarbeitet. Auch diese Überarbeitungsergebnisse sind positiv zu bewerten und sollten so weit möglich ebenfalls für die Straßenbewertungen im BVWP genutzt werden. Wie bereits erwähnt ist der Detaillierungsgrad des NemoBFstr deutlich niedriger als bei der RWS vorgesehen. Aus diesem Grund wird zwar empfohlen die Stadtmodellbausteine zu übertragen, aber darauf verwiesen, dass dies vom Fachgutachter Straße geprüft werden muss.

Als Ausgangspunkt für die Ermittlung der Transportkosten im Verkehrszweig Straße dienen die im Jahr 1998 und 2000 entwickelten verkehrszweigübergreifenden Verfahrensansätze[186].

Grundlage hierbei ist eine detaillierte Analyse der jeweiligen einzelwirtschaftlichen Kostenstrukturen. Da diese verkehrszweigspezifisch unterschiedlich gegliedert sind bzw. vergleichbare Kostenelemente verschiedenen Positionen zugeordnet werden, bedarf es einer vereinheitlichenden Aufbereitung.

Bei der Ableitung gesamtwirtschaftlicher Kostensätze aus den einzelwirtschaftlichen Kostenkomponenten gilt:

- Kosten sind nur in der Höhe zu berücksichtigen, wie ihnen ein Ressourcenverzehr gegenübersteht; einzelwirtschaftliche Kosten sind daher um die in ihnen enthaltenen indirekten Steuern und Subventionen zu bereinigen (S. Abschnitt 1);
- Zinskosten, soweit sie in die Rechnungen eingehen (z.B. für die Vorhaltung von Fahrzeugen), werden nicht mit Marktzinsen, sondern mit dem für die gesamtwirtschaftlichen Bewertungen mit konstanten Preisen maßgeblichen Zinssatz berücksichtigt (vgl. hierzu Kapitel 2.7).
- Abschreibungen werden nicht zum Wiederbeschaffungswert, sondern zum Tages(-neu)wert (Preisstand 2012) berechnet;

[186] PLANCO Consulting GmbH (1998): Numerische Aktualisierung interner und externer Beförderungskosten für die Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) sowie PLANCO Consulting GmbH (2000): Numerische Aktualisierung interner und externer Beförderungskosten für die Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) auf den Preisstand des Jahres 1998.

- Bestandteile betriebswirtschaftlicher Kostenrechnungen, für die bereits anderweitig bewertete Ansätze erfolgen, werden zur Vermeidung von Doppelzählungen unberücksichtigt gelassen (z.B. Versicherungskosten, soweit gesonderte Unfallkosten berechnet werden).

Die gesamtwirtschaftlichen Transportkostensätze im Verkehrszweig Straße werden differenziert nach Fahrzeuggruppen (vgl. Tabelle 8-26) ermittelt. Durch den technischen Fortschritt sowie Präferenzänderungen der Nutzer mussten Aktualisierungen hinsichtlich der Fahrzeugstrukturdaten vorgenommen werden. Unter Bezugnahme auf aktuelle Daten des Kraftfahrtbundesamt wurden hierbei je Gruppe mindestens zwei Repräsentativfahrzeuge ausgewählt. Um eine bessere Vergleichbarkeit mit bisherigen Berechnungen zu gewährleisten, wurde hierbei nach Möglichkeit auf die Nachfolgermodelle der bisher benutzten Fahrzeugmuster zurückgegriffen. In der Fahrzeuggruppe P wurden zusätzlich die Antriebsarten Erdgas und Elektro berücksichtigt.[187]

Für die festgelegten Fahrzeuge werden zeitabhängige Vorhaltungskosten (€ je Std.) und fahrleistungsabhängige Betriebskostengrundwerte (€ je 100 km) ermittelt, die als Wertansätze zur Monetarisierung der fahrleistungs- und zeitabhängigen Nutzenkomponenten bei der gesamtwirtschaftlichen Bewertung angewendet werden können.

Die für die ausgewählten Repräsentativfahrzeuge verwendeten technischen Fahrzeugdaten stammen primär aus dem Auto-Katalog 2012 sowie dem Lastauto-Omnibus-Katalog 2012. In den Katalogen fehlende Angaben wurden durch Informationen der Hersteller ergänzt.

Analog zur bisherigen Vorgehensweise in der Bundesverkehrswegeplanung werden die Listenpreise abzüglich Mehrwertsteuer als Berechnungsgrundlage genutzt und die Abschreibungen zu jeweils 50% den zeitabhängigen Vorhaltungskosten und den fahrleistungsabhängigen Betriebskosten zugeordnet.[188] Zur Berechnung der Verzinsung des eingesetzten Kapitals wird der verkehrsübergreifend einheitliche Diskontierungssatz von 1,7% verwendet (s. Abschnitt 2.7). Um den Durchschnitt der Zinskosten über die gesamte Lebensdauer abzubilden, wurde hierbei der halbe Kaufpreis als Berechnungsgrundlage verwendet.

---

[187] Welche Anteile die unterschiedlichen Antriebsarten 2030 haben werden wird von der Verkehrsprognose 2030 vorgegeben.

[188] Vgl. Planco Consulting GmbH, Aktualisierung interner und externer Beförderungskosten; Essen 1998, S. 4-32 f.

Tabelle 8-26: Fahrzeuggruppen

Fahrzeuggruppe P	**Personenkraftwagen und vergleichbare Fahrzeuge**
PO	Pkw mit Ottomotor inkl. motorisierte Zweiräder
PD	Pkw mit Dieselmotor
PG	Pkw mit Erdgasantrieb
PE	Pkw mit Elektroantrieb
Fahrzeuggruppe B	**Kraftomnibusse**
BR	Reisebusse (Fernlinienbusse)
Fahrzeuggruppe L	**Lastkraftwagen**
LN	Lkw bis 3,5t zul. Gesamtgewicht, auch mit Anhänger
LS	Lkw mit mehr als 3,5t zul. Gesamtgewicht, ohne Anhänger einschließlich Zugmaschinen ohne Anhänger
Fahrzeuggruppe Z	**Lastzüge**
ZL	Lkw mit mehr als 3,5t zul. Gesamtgewicht mit Anhänger
ZS	Sattelkraftfahrzeuge und Zugmaschinen mit Anhänger

Die einzelwirtschaftlichen Vorhaltungskosten enthalten die folgenden Positionen:

- Kapitalverzinsung;
- Zeitabhängige Abschreibung;
- Unterstellung/Garage;
- Allgemeine Kosten.

Die Kostenposition Kfz-Steuer bleibt bei der Ableitung gesamtwirtschaftlicher Kostensätze unberücksichtigt, da es sich hierbei um eine Transferzahlung handelt. Ebenfalls außer Ansatz bleiben die Haftpflicht- und Kaskoversicherungen sowie die Maut, da die Bewertung eine gesonderte Unfallkostenberechnung enthält.

Die fahrleistungsabhängigen Betriebskostengrundwerte umfassen die Kostenpositionen:

- Fahrleistungsabhängige Abschreibung;
- Reifenverschleiß;
- Reparaturen, Wartung und Schmierstoffe.

8.2.2 Definition der maßgebenden Fahrzeugtypen

Die Definition der für die Ableitung der gesamtwirtschaftlichen Kostensätze maßgebenden Fahrzeugtypen erfolgt bezogen auf die beim Fachgutachter Straße verfügbaren Nachfragematrizen. Dies sind im Einzelnen:

(1) Bemauteter Schwerverkehr (Lkw > 12 t zulässiges Gesamtgewicht)
(2) Nicht bemauteter Schwerverkehr (Lkw ≤ 12 t zulässiges Gesamtgewicht und Busse)
(3) Kleinräumiger Güterwirtschaftsverkehr (Verteilverkehr mit Lkw ≤ 50 km Transportweite)
(4) Kleinräumiger Personenwirtschaftsverkehr (Geschäftsverkehr mit Pkw ≤ 50 km Fahrtweite)
(5) Motorisierter Individualverkehr (differenziert nach Fahrtzwecken)

Die vom Fachgutachter Straße durchzuführenden Umlegungen sind getrennt nach den oben aufgeführten 5 Teilmatrizen vorzunehmen. Für die verschiedenen Teilmatrizen sind die folgenden Fahrzeugtypen maßgebend:

- Matrix (1): gewichtetes Mittel aus den Fahrzeugtypen ZL (Lkw mit Anhänger) und ZS (Sattelschlepper) gemäß BVWP 2003
- Matrix (2): Fahrzeugtyp LS (Lkw ohne Anhänger) gemäß BVWP 2003, ggf. anzupassen an die Definition der betreffenden Teilmatrix
- Matrix (3): Fahrzeugtyp LN (leichter Lkw ≤ 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht) gemäß BVWP 2003; ggf. anzupassen an die Definition der betreffenden Teilmatrix
- Matrix (4): Fahrzeuggruppe Pkw
- Matrix (5): Fahrzeuggruppe Pkw

In Matrix (2) ist implizit die Fahrzeuggruppe „Busse“ enthalten. Beim BVWP 2003 wurde in diesem Bereich nach Linien- und Reisebussen unterschieden. Für das weiterentwickelte Bewertungsverfahren wird die in Kapitel 8.2.3 beschriebene Vorgehensweise empfohlen.

8.2.3 Vorgehensweise bei der Fahrzeuggruppe „Busse“

Als Grundlage für die weiteren Überlegungen wurde im Folgenden der Anteil der Fahrleistungen von Reisebussen an den gesamten Fahrleistungen beim nicht bemauteten Schwerverkehr (Matrix (2)) abgeschätzt.

- Fahrleistungen 2012 von Bussen insgesamt: 3,3 Mrd. Kfz-km[189]
  - davon im Linienverkehr: 2,5 Mrd. Kfz-km[190]
  - davon im Gelegenheitsverkehr (Reisebusse):
    3,3 Mrd. Kfz-km – 2,5 = Mrd. Kfz-km 0,8 Mrd. Kfz-km
- Fahrleistungen 2012 von Lkw insgesamt: 80,0 Mrd. Kfz-km[4]
  - davon Lkw > 12 t zulässiges Gesamtgewicht: 33,0 Mrd. Kfz-km
  - davon Lkw zulässiges Gesamtgewicht > 3,5 t ≤ 12 t: 47,0 Mrd. Kfz-km
- Anteil der Fahrleistungen von Linienbussen an den Fahrleistungen des Schwerverkehrs mit einem zulässigem Gesamtgewicht > 3,5 t ≤ 12 t: 5,3 %
- Anteil der Fahrleistungen von Reisebussen an den Fahrleistungen des Schwerverkehrs mit einem zulässigem Gesamtgewicht > 3,5 t ≤ 12 t: 1,7 %

Die Fahrleistungen von Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht > 12 t wurden wie folgt abgeschätzt:

- Fahrleistungen 2012 auf mautpflichtigen Straßen: 25,8 Mrd. Kfz-km[191]
- Aufschlag für Fahrleistungen auf nicht mautpflichtigen Straßen: 25 % (geschätzt)
- Fahrleistungen 2012 von Lkw > 12 t: 33,0 Mrd. Kfz-km

Der Anteil der Fahrleistungen von Linien- und Reisebussen an den gesamten Fahrleistungen des nicht bemauteten Schwerverkehrs ist also vergleichsweise gering.

---

[189] Quelle: Verkehr in Zahlen.
[190] Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 8 Reihe 3.1 Personenverkehr mit Bussen und Bahnen.
[191] Quelle: Bundesamt für Güterverkehr, Mautstatistik, Jahrestabellen 2012.

Bei Linienbussen ist zumindest bei kommunalen und regionalen Buslinien von keiner Bewertungsrelevanz auszugehen, da bei diesen keine maßnahmebedingten Routenverlagerungen zu erwarten sind. Die Routen von kommunalen/regionalen Linienbussen sind durch die definierten Verkehrshalte bestimmt und nicht durch die für die Umlegung des Lkw-Verkehrs maßgebenden Kriterien.

Bezogen auf die gesamten Fahrleistungen aus Matrix (2) beträgt der Anteil der Linienbusse zwar nur 5,7 %. Geht man aber davon aus, dass die Fahrleistungen von Linienbussen zum bei weitem überwiegenden Teil auf Innerortsstraßen bzw. in Relationen mit einer Reiseweite < 50 km erbracht werden, ist bezogen auf diese Segmente von einem entsprechend höheren Anteil der Fahrleistungen von Linienbussen auszugehen.

Die aus Matrix (2) auf Innerortsstraßen bzw. in Relationen mit einer Reiseweite ≥ 50 km abgeleiteten gesamtwirtschaftlichen Nutzen sind daher um den hierin implizit enthaltenen Nutzen von kommunalen/regionalen Linienbussen zu bereinigen. Dieser Anteil ergibt sich wie folgt:

- Fahrleistungen von Linienbussen (2,5 Mrd. Kfz-km/Jahr) / Summe der Fahrleistungen auf Innerortsstrecken aus der Umlegung von Matrix (2) (werden vom Fachgutachter Straße noch ermittelt)

Die vergleichsweise geringen Fahrleistungen von Linienbussen auf Außerortsstrecken werden für die weiteren Betrachtungen den Reisebussen zugeschlagen. Auf Außerortsstraßen bzw. bei Relationen mit einer Reiseweite von ≥ 50 km wird davon ausgegangen, dass für (Fern-) Linienbusse aufgrund der gegenüber kommunalen/regionalen Linienbussen weitaus größeren Haltestellenabstände und für Reisebusse die gleichen Routenwahlmöglichkeiten bestehen wie im sonstigen Schwerverkehr.

Aufgrund des geringen Anteils (im Status Quo 2012 etwa 2%) der Fahrleistungen von Reisebussen und Fernlinienbussen an den gesamten Fahrleistungen von Matrix (2) auf Außerortsstraßen wird vorgeschlagen, diese Fahrzeuggruppe bei der Nutzenermittlung für den Verkehrsträger Straße nicht gesondert zu betrachten.

Dies würde bedeuten, dass bei Bussen von den gleichen Kosten- und Wertansätzen ausgegangen wird wie bei den Lkw in Matrix (2). Die hiermit verbundenen Unschärfen werden aufgrund des geringen Fahrleistungsanteils der Fahrzeuggruppe Bus als vernachlässigbar eingeschätzt.

8.2.4 Anpassung der mittleren Jahresfahrleistung deutscher Kraftfahrzeuge

Die von einem Repräsentativfahrzeug in einem Jahr gefahrenen Kilometer haben einen maßgeblichen Einfluss auf die fahrleistungsabhängigen Betriebskostengrundwerte (€ je 100 km). Um Aussagen über die durchschnittlichen Fahrleistungen der einzelnen Hubraumklassen innerhalb einer Fahrzeugklasse für das Jahr 2012 treffen zu können, wurden mit Hilfe der vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung veröffentlichen Fahrleistungen nach Kraftfahrzeugarten[192] die jeweiligen Daten aus der Fahrleistungserhebung 2002 hochgerechnet.[193] Die Fahrleistung je Fahrzeugtyp wird demnach mit aktuellen Zahlen aus 2011 approximiert[194] während die Aufteilung auf die Hubraumklassen mit den Daten aus 2002 angenähert wurde.

Im Vergleich der Fahrleistung von PKWs mit Otto-Kraftstoff und Diesel Antrieb wird deutlich, dass sich die Fahrleistung gegenüber 2002 deutlich zu Gunsten des Dieselantriebs verschoben hat. Die folgende Tabelle weist die Fahrleistung nach den Straßenkategorien Bundesautobahn (BAB), außerhalb geschlossener Ortschaften (AGO) und innerhalb geschlossener Ortschaften (IGO) aus. Die Aufteilung der Fahrleistung auf die jeweilige Straßengruppe wurde auf Grund von mangelnder Datenverfügbarkeit durch Anpassungen der Aufteilung von 2008 ermittelt.

---

[192] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.) (2012): Verkehr in Zahlen; DIW Wochenbericht Nr. 47.2012: Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter; aus den Daten ergeben sich für den Zeitraum 2002 bis 2012 die folgenden Änderungsfaktoren (jeweils 2012 bezogen auf 2002) der durchschnittlichen Jahresfahrleistung der Kraftfahrzeugarten: Pkw-Otto = 0,99; Pkw-Diesel = 1,00; Lkw (Diesel) = 1,08; Sattelzüge (Diesel) = 1,24; Mit diesen Veränderungsfaktoren wurden die durchschnittlichen Jahresfahrleistungen 2002 der zur jeweiligen Fahrzeugart gehörenden Untergruppen auf das Jahr 2012 hochgerechnet. Die Aufteilung der Fahrleistung innerhalb einer Fahrzeugart wurde unverändert aus 2002 übernommen, da aktuellere Daten in dieser Gliederungstiefe nicht verfügbar sind. Bei den Omnibussen wurde die mittlere Jahresfahrleistung aus Bestands- und Fahrleistungsdaten des DIW berechnet, da hier schon große Diskrepanzen zwischen den Werten der Fahrleistungserhebung 2002 der BAST und des DIW für das Jahr 2002 bestehen.

[193] Vgl. Bundesanstalt für Straßenwesen (2005): Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung.

[194] Die aktuellsten verfügbaren Fahrleistungszahlen gibt es für das Jahr 2011. Da diese im Vergleich zu den Vorjahren nur geringfügige Änderungen ausweisen, wird davon ausgegangen, dass diese auch eine gute Annäherung an die Werte aus 2012 darstellen.

Tabelle 8-27: Jahresfahrleistung und Bestand der PKW unterschieden nach Antriebsart, Hubraumklasse und Straßengruppen in 2012

Antriebsart und Hubraumklasse [cm³]	Bestand		Jahresfahrleistung nach Straßengruppen [Mio.-km]				
	Anzahl [PKW]	Anteil [%]	BAB	AGO	IGO	Alle	Anteil
mit Ottoantrieb (PO)							
bis 1.399	9.823.254	22,9%	26.059	45.012	38.351	109.421	18,0%
1.400-1.999	15.955.161	37,2%	66.248	69.759	56.862	192.869	31,7%
2.000 und mehr	4.728.585	11,0%	24.700	11.382	10.876	46.958	7,7%
alle	30.507.000	71,1%	117.007	126.152	106.089	349.248	57,4%
mit Dieselantrieb (PD)							
bis 1.999	10.047.895	23,4%	56.636	59.313	50.093	166.041	27,3%
2.000 und mehr	1.843.105	4,3%	33.193	25.517	21.791	80.501	13,2%
alle	11.891.000	27,7%	89.829	84.830	71.884	246.543	40,5%
mit Gas oder Elektorantrieb							
alle	530.000	1,2%	4.332	4.332	4.332	12.997	2,1%
alle PKW	42.928.000	100,0%	211.169	215.315	182.305	608.788	100%

Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung, Heft V 120; DIW Wochenbericht Nr. 47.2012: Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter; Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2010, Heft V 223.

Die Fahrleistungsanteile einzelner Fahrzeuggruppen weichen zum Teil erheblich von ihren Anteilen am registrierten Fahrzeugbestand ab. So steigt bei den Personenkraftwagen in der Regel die Fahrleistung mit der Fahrzeuggröße (Hubraum), sinkt jedoch mit dem Fahrzeugalter. Ferner werden Dieselfahrzeuge intensiver genutzt als Fahrzeuge mit Otto-Kraftstoffantrieb. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Jahresfahrleistung nach Möglichkeit für jeden Fahrzeugtyp differenziert zu bestimmen. Als Basis für entsprechende Berechnungen wird wiederum die Fahrleistungserhebung 2002 der Bundesanstalt für Straßenwesen benutzt.

Tabelle 8-28: Mittlere Jahresfahrleistung der ausgewählten Repräsentativfahrzeuge nach zulässigem Gesamtgewicht in Deutschland für die Jahre 2002 und 2012

Fahrzeuggruppen nach zulässigem Gesamtgewicht [kg]	mittlere Jahresfahrleistung [km]	
	2002	2012
Pkw mit Ottoantrieb (PO)		
bis 1.399	10.945	10.069
1.400 bis 1.999	11.996	11.896
2.000 und mehr	14.732	13.604
Pkw mit Dieselantrieb (PD)		
bis 1.999	13.450	19.714
2.000 und mehr	21.599	19.885
Leichte Nutzfahrzeuge (LN)		
bis 2.800	18.122	18.398
2.801 bis 3.500	23.152	25.139
Lastkraftwagen ohne Anhänger (LS)		
3.501 bis 7.500	23.956	22.064
7.501 bis 15.000	37.485	34.853
15.001 bis 22.000	41.582	45.151
22.001 und mehr	58.514	63.537
Lastkraftwagen mit Anhänger (ZL)		
bis 28.000	73.698 (Anhänger 23.207)	80.024 (Anhänger 25.099*)
28.001 und mehr	73.698 (Anhänger 41.773)	80.024 (Anhänger 45.179*)
Sattelzug (ZS)		
bis 33.000	90.871 (Anhänger 41.681)	94.800** (Anhänger 49.261)
33.001 und mehr	90.871 (Anhänger 74.099)	94.800** (Anhänger 87.575)

Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung, Heft V 120; DIW Wochenbericht Nr. 47.2012: Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter. Wenn nicht abweichend angegeben wurde die Fahrleistung mit den in Fußnote 192 angegebenen Wachstumsraten berechnet. *Die Fahrleistungen der Anhänger wurden mit den Wachstumsraten von 1998-2012 für die LKW (1,004) und für die Sattelzugmaschinen (1,095) hochgerechnet, da keine aktuellen Daten vorhanden waren. **Die Fahrleistungen wurden direkt aus der angegebenen Quelle vom DIW übernommen.

8.2.5 Vorhaltungskosten und Betriebskostengrundwerte

8.2.5.1 Personenkraftwagen

Die Aktualisierung der Vorhaltungskosten und Betriebskostengrundwerte für Personenkraftwagen erfolgt getrennt nach Antriebsart (Ottoantrieb bzw. Dieselantrieb) sowie nach Hubraumklassen. Die Personenkraftwagen werden im Gegensatz zu früheren Untersuchungen in 7 Fahrzeugklassen eingeteilt. Zu den 3 Pkw verschiedener Größen mit Ottomotor und den 2 Pkw verschiedener Größen mit Dieselantrieb kamen jeweils ein Fahrzeug mit Elektro- und Gasantrieb hinzu.

Tabelle 8-29: Anzahl und Klassenaufteilung der Personenkraftwagen mit Ottomotor (PO) und Dieselmotor (PD) in Deutschland am 01. Januar 2012

Antriebsart und Hubraumklasse [cm³]	Bestand		Mittlerer Hubraum [cm³]	Mittlere Leistung [kW]
	Anzahl [PKW]	Anteil [%]		
mit Ottoantrieb (PO)				
bis 1.399	9.823.254	32,2%	1.133	55
1.400-1.999	15.955.161	52,3%	1.648	86
2.000 und mehr	4.728.585	15,5%	2.823	135
alle	30.507.000	100,0%	1.664	83
mit Dieselantrieb (PD)				
bis 1.999	10.047.895	84,5%	1.791	88
2.000 und mehr	1.843.105	15,5%	2.483	120
alle	11.891.000	100,0%	1.898	93
mit Gas oder Elektroantrieb				
alle	530.000	100,0%		
alle PKW	42.928.000	100,0%	1.730	86

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt (2012): Fahrzeugzulassungen (FZ 21).

Die Autos mit Ottomotor verlieren weiterhin Anteile gegenüber denen mit Dieselantrieb. Aufgrund der hohen Treibstoffpreise gibt es auch deutliche Zuwächse bei den Autos mit Gasantrieb.

Tabelle 8-30: Anteil der Personenkraftwagen nach Kraftstoffarten am 01. Januar

Personenkraftwagen mit:	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ottomotor Benzin	79,99%	77,93%	76,43%	75,04%	74,15%	72,96%	72,10%	70,94%
Diesel	20,01%	21,90%	23,23%	24,39%	24,90%	25,92%	26,65%	27,70%
Sonstige (vor allem Gas)	0,10%	0,17%	0,33%	0,56%	0,95%	1,12%	1,25%	1,36%

Quelle: Bestand an Personenkraftwagen 2005 bis 2012 nach Kraftstoffarten – Download von der Homepage des Kraftfahrt-Bundesamtes (http://www.kba.de/cln_031/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/b__umwelt__z__teil__2.html) [Zugriff: 16.12.2013].

Unter Berücksichtigung der Daten des Kraftfahrtbundesamtes und den in der Vergangenheit im Rahmen der BVWP zur Kostenermittlung benutzten Fahrzeugtypen wurden Repräsentativfahrzeuge ausgewählt. Die für die Kostenermittlung benötigten Daten wurden aus dem Autokatalog Modelljahr 2012 entnommen und durch Informationen der jeweiligen Hersteller ergänzt.

Für die Ermittlung der Fahrzeugkosten wurde die mittlere Nutzungsdauer von 12 Jahren aus der RWS übernommen[195], da das Alter bei Außerbetriebsetzung als Zeitreihe in „Verkehr in Zahlen“[196] nicht weitergeführt wird.

Tabelle 8-31: Bestand und Fahrleistung der in Deutschland zugelassenen Pkw

Personenkraftwagen	Einheit	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Bestand am 1.1.	1.000	44.996	45.328	46.089	46.568	41.183	41.320	41.736	42.284	42.927
Durchschnittliche Fahrleistung gesamt	1.000 km	13	12,7	12,6	14,3	14,1	14,3	14,2	14,2	14,2*
Durchschnittliche Fahrleistung Diesel	1.000 km	20,2	19,5	19,6	21,6	21,1	20,9	21,1	20,7	20,7*
Durchschnittliche Fahrleistung Benzin	1.000 km	11,3	10,9	10,5	11,9	11,9	11,7	11,4	11,5	11,5*
Gesamtfahrleistung	Mrd. km	590,4	578,2	583,9	587,5	584,6	595	599	608,8	608,8*

* Schätzwerte.

Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Verkehr in Zahlen 2012/2013; DIW Wochenbericht Nr. 47.2012: Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter.

[195] Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Überprüfung und Fortschreibung der Betriebs- und Zeitkostensätze für Wirtschaftlichkeitsberechnungen, AP 3 „Betriebskosten/Fahrtzeiten“ zum Projekt Nr. 23.0009/2006, S. 20.

[196] Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Verkehr in Zahlen 2012/2013.

Wie bereits in Kapitel 8.2.1 erläutert werden die Listenpreise abzüglich Mehrwertsteuer als Berechnungsgrundlage genutzt und die Abschreibungen werden zu jeweils 50% den zeitabhängigen Vorhaltungskosten und den fahrleistungsabhängigen Betriebskosten zugeordnet. Die Berechnungen werden in Tabelle 8-32 erläutert.

Die jährliche Einsatzzeit der Fahrzeuge wird in Anlehnung an eine durchschnittliche Jahresarbeitszeit von 250 Arbeitstagen je 8 Stunden unter Berücksichtigung von 28,5 Urlaubs- und 15 Krankheitstagen mit 1.652 Stunden angesetzt.[197] Die durchschnittlichen Kosten für die Bereifung wurden anders als in vorhergehenden Aktualisierungen durch durchschnittliche aktuelle Marktpreise ermittelt.[198]

Die Aktualisierung der Kosten für die Unterstellung der Fahrzeuge erfolgt durch Anwendung der Verbraucherpreisindex Garagenmiete.[199] Die allgemeinen Kosten umfassen bei den Personenkraftwagen die Gebühren für die gesetzlich vorgeschriebenen Haupt- und Abgasuntersuchungen. Im Durchschnitt wurde bei der Aktualisierung im Jahr 2008 ein durchschnittlicher Preis von 80 Euro je Untersuchung angenommen. Um diesen auf 2012 fortzuschreiben, wurde der Index „Andere Dienstleistungen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Privatfahrzeugen“ vom Statistischen Bundesamt verwendet.[200] Bei einem Untersuchungsintervall von zwei Jahren entspricht dies Jahreskosten in Höhe von 49 Euro.

Die Zeitkosten der Fahrer und Beifahrer gewerblich genutzter PKW werden mit dem Index der Bruttowertschöpfung je Erwerbstätigem auf 24,21 € je Stunde zum Preisstand 2012 hochgerechnet. Bei einem mittleren Besetzungsgrad von rund 1,1 Personen je Fahrzeug ergeben sich hieraus Zeitkosten von 26,63 € pro Stunde und Fahrzeug. Zur Aktualisierung der Kostenpositionen Wartung, Reparatur und Schmierstoffe wird auf den Preisindex „Wartung und Reparatur von Fahrzeugen“ zurückgegriffen.[201] Die folgende Tabelle fasst Eingangsdaten und Berechnungsergebnisse für die Personenkraftwagen zusammen.

[197] Die Differenz aus Fahrereinsatzzeit und Fahrzeugeinsatzzeit ergibt sich durch Mehrpersonennutzung.

[198] Preisrecherche bei verschiedenen Reifenhändlern.

[199] Vgl. Statistisches Bundesamt Wiesbaden, Fachserie 17, Reihe 7 – Mai 2013, Index: Miete für Garage und Stellplatz, Jahresdurchschnitt 2012.

[200] Vgl. Statistisches Bundesamt Wiesbaden, Fachserie 17, Reihe 7 – Mai 2013, Index: Andere Dienstleistungen im Zusammenhang mit dem Betrieb von Privatfahrzeugen, Jahresdurchschnitt 2012.

[201] Vgl. Statistisches Bundesamt, Fachserie 17, Reihe 7, 05/2013, Jahresdurchschnitt 2012.

Tabelle 8-32: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Personenkraftwagen nach Antriebsart und Klasse zum Preisstand 2012

Fahrzeugklasse		Ottomotor [cm+D54]			Dieselmotor [cm³]		Erdgas	Elektro
		<= 1.399	1.400-1.999	>= 2.000	<= 1.999	>= 2.000		
Fahrzeugtyp		Opel Corsa	VW Golf	Merc. Benz	Ford Focus	BMW	Ford Focus	Citroen
		1,2 Selection	1,4 Trendline	350 Eleganc	1,6 l TDCI	525 d	2,0 CNG	C-Zero
Basisdaten								
Zul. Gesamtgewicht	kg	1,555	1,750	2,125	1,900	2,255	2,050	-
Sitzplätze	-	5	5	5	5	5	5	4
Motorleistung	kW	51	59	225	85	160	103	47
Hubraum	ccm	1,229	1,390	3,498	1,560	1,995	1,997	1
Listenpreis	Euro	11,890	16,975	46,529	23,400	45,400	27,375	29,400
Preis der Bereifung	Euro	333	431	725	402	632	402	318
Nutzungsdauer	a	12	12	12	12	12	12	12
Mittlere Fahrleistung	km/a	10,069	11,896	13,604	19,714	19,885	19,714	10,069
Reifenlaufleistung	km	45,000	50,000	55,000	50,000	50,000	50,000	45,000
Einsatzzeit	h/a	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Halber Kaufpreis mit Bereifung	Euro	6,111	8,703	23,627	11,901	23,016	13,889	14,859
Halber Kaufpreis ohne Bereifung	Euro	5,945	8,488	23,265	11,700	22,700	13,688	14,700
Vorhaltungskosten								
Verzinsung (1,7%) [a)]	Euro/a	104	148	402	202	391	236	253
Zeitabhängige Abschreibung [b)]	Euro/a	495	707	1,939	975	1,892	1,141	1,225
Unterstellung	Euro/a	403	403	403	403	403	403	403
Allgemeine Kosten	Euro/a	49	49	49	49	49	49	49
Feste Kosten (ohne Lohn)	Euro/a	1,051	1,307	2,793	1,630	2,736	1,829	1,930
Fahrpersonalkosten	Euro/a	68,272	68,272	68,272	68,272	68,272	68,272	68,272
Summe Vorhaltungskosten	Euro/a	69,323	69,580	71,065	69,902	71,008	70,102	70,202
Betriebskostengrundwert								
Fahrleistungsabhängige Abschreibung [c)]	Euro/100km	4.92	5.95	14.25	4.95	9.51	4.95	12.17
Reifenverschleiß [d)]	Euro/100km	0.74	0.86	1.32	0.80	1.26	0.80	0.71
Reparatur, Wartung u. Schmierstoffe	Euro/100km	5.23	7.48	9.34	6.36	8.97	6.36	5.23
Summe Betriebskostengrundwert	Euro/100km	10.89	14.29	24.91	12.11	19.74	12.11	18.11
Zeitkosten								
Vorhaltungskosten	Euro/Fz-h	0.53	0.65	1.40	0.81	1.37	0.81	0.96
Lohnkosten	Euro/Fz-h	34.14	34.14	34.14	34.14	34.14	34.14	34.14
Summe der Zeitkosten	Euro/Fz-h	34.67	34.79	35.54	34.95	35.51	34.95	35.10

Berechnungshinweise:
a) Verzinsung = Halber Kaufpreis mit Bereifung * Zinssatz
b) Zeitabhängige Abschreibung = Halber Kaufpreis ohne Bereifung / Nutzungsdauer
c) Fahrl. Abschr. = Halber Kaufpreis ohne Bereifung / Mittlere Fahrleistung * Nutzungsdauer * 100
d) Reifenverschleiß = Preis der Bereifung / Reifenlaufleistung * 100

Die Vorhaltungskosten und Betriebskostengrundwerte für die Pkw-Gruppen mit Otto- und Dieselmotor sowie für sonstige Pkw werden auf Basis der für das Jahr 2012 errechneten Jahresfahrleistungen als gewichtete Mittelwerte berechnet. Tabelle 8-33 zeigt die Ergebnisse der Berechnungen.

Tabelle 8-33: Fahrleistungsgewichtete Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten der Personenkraftwagen

Repräsentativfahrzeug	Jahresfahr-leistung Mio. Fz-km	Betriebskosten-grundwert € / 100 km	Vorhaltungs-kosten € / Fz-h
Ottomotor			
≤ 1.399 cm³	109,438	10.89	0.53
1.400 - 1.999 cm³	192,898	14.29	0.65
≤ 2.000	46,965	24.91	1.40
Summe/gewichtetes Mittel (Ottomotor)*	349,301	14.65	0.71
Dieselmotor			
≤ 1.999 cm³	166,066	12.11	0.81
≥ 2.00 cm³	80,514	19.74	1.37
Summe/gewichtetes Mittel (Dieselmotor)	246,580	14.60	0.99
Sonstige Motoren			
alle	12,888	15.11	0.89
Summe/ gewichtetes Mittel (sonst. Motoren)	12,888	15.11	0.89
Summe/gewichtetes Mittel (Gesamtbe-stand Analyse 2010)	608,769	14.64	0.83

Quelle: Jahresfahrleistung aus DIW Wochenbericht Nr. 47.2012: Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter.

Bei den im Rahmen des BVWP 2015 durchzuführenden Bewertungen ist von dem Mix der Antriebsarten gemäß Tabelle 8-70 auszugehen. Bei der Antriebsart „Hybrid“ wurde angenommen, dass diese der Antriebsart „Otto“ zuzuordnen ist. Fahrleistungen von Fahrzeugen mit Plug-in-Hybrid-Antrieb werden der Antriebsart „Elektro (Batterie)“ zugeordnet.

8.2.5.2 Lastkraftwagen und Lastzüge

8.2.5.2.1 Lastkraftwagen

Bei den Lastkraftwagen werden analog zur Aktualisierung in 2008 die folgenden Fahrzeuggruppen unterschieden. Neben dem Bestand und den daraus resultierenden Anteilen sind jeder Fahrzeuggruppe die Jahresfahrleistungen zugeordnet. Dabei wurden die Fahrleistungen der Fahrleistungserhebung aus dem Jahr 2002 mit der Wachstumsrate der gesamten Fahrleistung der Lastkraftwagen bis 2012 hochgerechnet.

Tabelle 8-34: Anzahl und Klassenaufteilung der leichten Nutzfahrzeuge (LN) und der Lastkraftwagen ohne Anhänger (LS) in Deutschland im Jahr 2012

zulässiges Gesamtgewicht [kg]	Bestand [LKW in Tsd.]	Bestand Anteil [%]	Jahresfahrleistung [Mio. km]	km pro Kfz u. Jahr [km/Jahr]
leichte Nutzfahrzeuge (LN)				
bis 2.800	1011,4	57%	26.536	18.863
2.801 bis 3.500	768,3	43%	9.338	25.041
alle	1779,6	100,0%	35.873	20.157
Lastkraftwagen ohne Anhänger (LS)				
3.501 bis 12.000	495,9	66,2%	13.093	26.403
12.001 bis 22.000	133,6	17,8%	6.008	44.983
22.001 und mehr	119,5	16,0%	7.563	63.277
alle	749,0	100,0%	26.664	35.601
alle	2528,6	100,0%	62.537	24.732

Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrleistungserhebung 2002 – Inländerfahrleistung, Heft V 120; DIW Wochenbericht Nr. 47.2012: Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter; Kraftfahrt-Bundesamt (2012a): Fahrzeugzulassungen (FZ 25).[202]

Die Basisdaten der Repräsentativfahrzeuge wie Gesamtgewicht, Nutzlast, Motorleistung, Hubraum, Marktpreis sowie der Preis der Bereifung sind dem Lastauto-Omnibus-Katalog 2012 entnommen.[203] Ferner wurde dieser als Quelle für die Kosten

[202] Zentrale Größe für die weiteren Kostenkalkulationen sind die Fahrleistungen. Diese werden nur vom DIW veröffentlicht. Basis für die weiteren Berechnungen sind folglich die DIW-Angaben. Dadurch sind natürlich Abweichungen bei den Bestandszahlen zu denen des Kraftfahrtbundesamtes möglich.

[203] Vgl. ETM EuroTransportMedia Verlags- und Veranstaltungs- GmbH (2012): Lastauto Omnibus Katalog 2012.

der Unterstellung sowie für die Kostenpositionen Reparatur, Wartung und Schmierstoffe benutzt.

Die Nutzungsdauer der leichten Nutzfahrzeuge bei Außerbetriebsetzung wurde auf 12 Jahre und bei schweren Nutzfahrzeugen auf 11 Jahre in Übereinstimmung mit der RWS festgelegt. Diese Angaben stimmen weitgehend mit dem Alter bei Außerbetriebsetzung des Kraftfahrt-Bundesamtes überein.[204] Die aktuellsten verfügbaren Daten für die Fahrleistung sind aus dem Jahr 2011, daher wurde dieser Wert auch für das Jahr 2012 angenommen.

Tabelle 8-35: Bestand und Fahrleistung der in Deutschland zugelassenen Lkw

Lastkraftwagen	Einheit	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Bestand am 01.01.	1.000	2.586	2.572	2.573	2.604	2.323	2.347	2.385	2.441	2.529
Durchschnittliche Fahrleistung gesamt	1.000 km	22,4	22,1	22,3	25,8	25,7	25	24,9	24,7	24,7*
Durchschnittliche Fahrleistung Diesel	1.000 km	23,4	23	23,2	26,5	26,4	25,6	25,5	25,3	25,3*
Durchschnittliche Fahrleistung Benzin	1.000 km	11,9	11,9	11,9	15	14	14	14	14	14*
Gesamtfahrleistung	Mrd. km	57,7	57	57,6	59,8	60,3	59,5	60,7	62,5	62,5*

* Schätzwerte.

Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012): Verkehr in Zahlen 20012/2013; DIW Wochenbericht Nr. 47.2012: Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter;

Anders als bei Pkw ist eine Aufteilung nach Kraftstoffart nicht sinnvoll. Etwa 94% aller LKW werden mit Dieselkraftstoff betankt. Ottomotoren finden vornehmlich in kleinen Transportern Verwendung. Auch die sonstigen Kraftstoffarten fallen mit einem Anteil von 0,7% kaum ins Gewicht (Vgl. Tabelle 8-36).

[204] Vgl. Kraftfahrt-Bundesamt (2011), FZ 7.

Tabelle 8-36: Lastkraftwagen in Deutschland nach Nutzlast und Kraftstoff am 01. Januar 2012

Nutzlast	Bestand [LKW]	LKW Bestand [%]	Otto-Kraftstoff [%]	Diesel [%]	sonst. Kraft-stoffarten [%]
bis 999 kg	1.120.551	44,3%	9,9%	88,0%	2,1%
1.000 bis 1.999 kg	915.107	36,2%	1,3%	98,2%	0,6%
2.000 - 5.999 kg	294.138	11,6%	0,3%	99,4%	0,4%
6.000 bis 11.999 kg	94.493	3,7%	0,1%	99,8%	0,1%
12.000 und mehr kg	103.234	4,1%	0,1%	99,8%	0,2%
Gesamt	2.527.523	100,0%	4,9%	94,0%	1,2%

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt (2012), Fahrzeugzulassungen (FZ 25), Bestand an Nutzfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach technischen Daten, S.18, S.20; Kraftfahrt-Bundesamt (2013), Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umweltmerkmalen, FZ 13, S. 30.

Die Fahrereinsatzzeit von rund 1952 Stunden (gerundet 2000) pro Jahr ergibt sich durch 250 Arbeitstage abzüglich 28,5 Urlaubstagen und 18,2 Krankheitstagen[205] und einer täglichen Arbeitszeit von 9,6 Stunden.[206]

Die allgemeinen Kosten (Fuhrparkverwaltungskosten) wurden dem Katalog lastauto omnibus entnommen.[207]

Bei den Fahrpersonalkosten wurde auf Durchschnittswerte aus dem Tarifregister NRW und ein Internetportal zurückgegriffen.[208] Unter Berücksichtigung von oben genannten Urlaubs- und, Krankheitstagen sowie Weihnachtsgeld (ca. 800 €) und Sozialleistungen (Vermögenswirksame Leistungen: 26 €/Monat und Urlaubsgeld 14 €/Tag) ergibt sich ein monatliches Grundgehalt von rund 2.300 Euro. Bei genannten Urlaubs- und Krankheitstagen ergibt sich ein Bruttostundenlohn von 17,64 Euro.

Tabelle 8-37 und Tabelle 8-38 zeigen die Ausgangsdaten und Ergebnisse der Berechnung für leichte Nutzfahrzeuge (LN) und Lastkraftwagen ohne Anhänger (LS) unterteilt nach zulässigem Gesamtgewicht.

[205] Vgl. Techniker Krankenkasse (2012): Veröffentlichungen zum Betrieblichen Gesundheitsmanagement der TK, Band 27 – Gesundheitsreport 2012, Teil 1: Arbeitsunfähigkeiten, S. 44.

[206] Durch Mehrpersonennutzung ergibt sich die Differenz aus Fahrereinsatzzeit und Fahrzeugeinsatzzeit.

[207] Lastauto omnibus Katalog 2012, Nr. 41, S. 282f.

[208] Abrufbar unter: http://www.tarifregister.nrw.de/material/spedition.pdf. [Zugriff: 17.12.2013]; http://www.gehalt-tipps.de/Gehaltsvergleich/Gehalt/Kraftfahrer/7716.html [Zugriff: 17.12.2013]

Tabelle 8-37: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Lastkraftwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht bis 3,5t zum Preisstand 2012

Fahrzeuggruppe		<= 2.800 kg		2.801 - 3.500 kg	
Fahrzeugtyp		VW	Fiat	Ford	Mercedes
		Caddy 2.0 Maxi TDI	Scudo 10 2.0 Multijet	FT 350 M	313 CDI
		Kasten	Kasten	Kasten	Kasten
Basisdaten					
zul. Gesamtgewicht	kg	2.280	2.700	3.500	3.500
Nutzlast	kg	680	960	1.640	1.270
Motorleistung	kW	103	94	92	95
Hubraum	ccm	1.968	1.997	2.198	2.143
Marktpreis (netto)	Euro	20.200	21.250	29.250	37.190
Preis der Bereifung	Euro	389	453	724	845
Nutzungsdauer	a	12	12	12	12
Mittlere Fahrleistung	km/a	18.398	18.398	25.139	25.139
Reifenlaufleistung	km	52.000	69.000	58.000	64.000
Einsatzzeit	h/a	2.000	2.000	2.000	2.000
Halber Kaufpreis mit Bereifung	Euro	10.100	10.625	14.625	18.595
Halber Kaufpreis ohne Bereifung	Euro	9.906	10.399	14.263	18.172
Vorhaltungskosten					
Verzinsung (1.7%) a)	Euro/a	172	181	249	316
Zeitabhängige Abschreibung b)	Euro/a	826	867	1.189	1.514
Unterstellung	Euro/a	530	530	530	530
Allgemeine Kosten	Euro/a	5.291	5.291	5.291	5.291
Summe Vorhaltungskosten	Euro/a	6.819	6.869	7.259	7.651
Betriebskostengrundwert					
Fahrleistungsabh. Abschreibung c)	Euro/100km	4,49	4,71	4,73	6,02
Reifenverschleiß d)	Euro/100km	0,75	0,66	1,25	1,32
Reparatur, Wartung u. Schmierstoffe	Euro/100km	6,45	6,45	6,86	6,86
Summe Betriebskostengrundwert	Euro/100km	11,69	11,82	12,84	14,20
Zeitkosten					
Vorhaltungskosten	Euro/Fz-h	3,41	3,43	3,63	3,83
Lohnkosten	Euro/Fz-h	17,64	17,64	17,64	17,64
Summe der Zeitkosten	Euro/Fz-h	21,05	21,07	21,27	21,47

Berechnungshinweise:
a) Verzinsung = Halber Kaufpreis mit Bereifung * Zinssatz
b) Zeitabhängige Abschreibung = Halber Kaufpreis ohne Bereifung / Nutzungsdauer
c) Fahrl. Abschr. = Halber Kaufpreis o. B. / Mittlere Fahrl. * Nutzungsdauer * 100
d) Reifenverschleiß = Preis der Bereifung / Reifenlaufleistung * 100

Tabelle 8-38: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Lastkraftwagen mit einem zulässigen Gesamtgewicht von über 3,5t zum Preisstand 2012

Fahrzeuggruppe		3500-12000	12001-22000	>22001
Fahrzeugtyp		Mercedes / MAN	MAN	Mercedes
		Atego 818L / TGL 12.220 BL	TGX 18.440 XLX	Actros 2544 LL
		Pritsche	Pritsche	Pritsche
Basisdaten				
Gesamtgewicht	kg	8.837	18.000	25.000
Nutzlast	kg	4.283	27.000	26.800
Motorleistung	kW	140	324	320
Hubraum	ccm	4.418	10.518	11.946
Listenpreis	Euro	48.475	86.200	96.900
Preis der Bereifung	Euro	1.512	2.892	3.856
Nutzungsdauer	a	11	11	11
Mittlere Fahrleistung	km/a	25.893	45.151	63.537
Reifenlaufleistung	km	61.994	135.000	98.000
Einsatzzeit	h/a	2.039	2.282	2.282
Halber Kaufpreis mit Bereifung	Euro	24.237	43.100	48.450
Halber Kaufpreis ohne Bereifung	Euro	23.481	41.654	46.522
Vorhaltungskosten				
Verzinsung (1.7%) a)	Euro/a	412	733	824
Zeitabhängige Abschreibung b)	Euro/a	2.135	3.787	4.229
Unterstellung	Euro/a	928	1.096	1.096
Allgemeine Kosten	Euro/a	7.107	7.107	7.107
Summe Vorhaltungskosten	Euro/a	10.581	47.158	47.691
Betriebskostengrundwert				
Fahrleistungsabh. Abschreibung c)	Euro/100km	8,49	8,39	6,66
Reifenverschleiß d)	Euro/100km	2,42	2,14	3,93
Reparatur, Wartung u. Schmierstoffe	Euro/100km	12,37	14,02	15,53
Summe Betriebskostengrundwert	Euro/100km	23,27	24,55	26,12
Zeitkosten				
Vorhaltungskosten	Euro/Fz-h	5,20	5,58	5,81
Lohnkosten	Euro/Fz-h	17,64	17,64	17,64
Summe der Zeitkosten	Euro/Fz-h	22,85	23,22	23,45
Berechnungshinweise:	a) Verzinsung = Halber Kaufpreis mit Bereifung * Zinssatz b) Zeitabhängige Abschreibung = Halber Kaufpreis ohne Bereifung / Nutzungsdauer c) Fahrl. Abschr. = Halber Kaufpreis o. B. / Mittlere Fahrl. * Nutzungsdauer * 100 d) Reifenverschleiß = Preis der Bereifung / Reifenlaufleistung * 100			

Im Vergleich zur letzten Aktualisierung wurden soweit vorhanden die Nachfolgemodelle der Fahrzeuge aus dem Jahr 2008 verwendet. Bei den Lastkraftwagen wurde das Repräsentativfahrzeug der Gewichtsklasse 15t -22t von Scania gegen ein Modell von MAN getauscht.

Im Vergleich zur letzten Aktualisierung sind die zeitabhängigen Abschreibungen aufgrund höherer Listenpreise tendenziell gestiegen während insbesondere Zinskosten aufgrund des gesunkenen Zinsniveaus gesunken sind. Die Kosten für die Unterstellung ist im Vergleich zur letzten Aktualisierung weitgehend unverändert (vgl.

Tabelle 8-39 und Tabelle 8-40). Die allgemeinen Kosten sind jedoch deutlich gestiegen.

Tabelle 8-39: Struktur der Vorhaltungskosten für leichte Nutzfahrzeuge (LN)

Vorhaltungskosten	Leichte Nutzfahrzeuge mit zul. Gesamtgewicht			
	≤ 2.800 kg		2.801 - 3.500 kg	
	VW Caddy	Fiat Scudo	Ford FT	Mercedes 313
1. Verzinsung	2,5%	2,6%	3,4%	4,1%
2. Zeitabhängige Abschreibung	12,1%	12,6%	16,4%	19,8%
3. Unterstellung	7,8%	7,7%	7,3%	6,9%
4. Allgemeine Kosten	77,6%	77,0%	72,9%	69,2%

Tabelle 8-40: Struktur der Vorhaltungskosten für LKW ohne Anhänger (LS)

Vorhaltungskosten	Schwere Nutzfahrzeuge mit zul. Gesamtgewicht		
	3.501- 12.000	12.001-22.000	>22.001
	Mercedes Atego / MAN TGL	MAN TGX	Mercedes Actros
1. Verzinsung	4,0%	5,8%	6,2%
2. Zeitabhängige Abschreibung	20,6%	29,8%	31,9%
3. Unterstellung	9,1%	8,6%	8,3%
4. Allgemeine Kosten	66,4%	55,9%	53,6%

Tabelle 8-41 zeigt die gesamte Jahresfahrleistung je Fahrzeuggruppe, die Fahrleistungsgewichteten Betriebskostengrundwerte und die Vorhaltungskosten. Aufgrund von mangelnder Datenverfügbarkeit und der nach Berechnung mit Änderungsraten erhaltenen minimalen Kostenunterschiede je Straßenkategorie wird im Gegensatz zu den Personenkraftwagen auf eine gesonderte Darstellung der Betriebskostengrundwerte und der Vorhaltungskosten nach Straßenkategorie verzichtet. Die Betriebskostengrundwerte und die Vorhaltungskosten in Tabelle 8-41 beziehen sich bei den leichten Nutzfahrzeugen jeweils auf den Durchschnitt beider Repräsentativfahrzeuge.

Tabelle 8-41: Fahrleistungsgewichtete Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten der leichten Nutzfahrzeuge und Lastkraftwagen ohne Anhänger

Repräsentativfahrzeug	Jahresfahrleistung	Betriebskostengrundwert	Vorhaltungskosten
	Mio. Fz-km	€ / 100 km	€ / Fz-h
Leichte Nutzfahrzeuge			
≤ 2.800 kg	26.536	11,76	3,42
2.801 - 3.500 kg	9.338	13,52	3,73
Summe/gewichtetes Mittel	35.873	12,21	3,50
Lastkraftwagen			
3.501 - 12000 kg	13.093	23,27	5,20
12.001 - 22.000 kg	6.008	24,55	5,58
≥ 22.001 kg	7.563	26,12	5,81
Summe/gewichtetes Mittel	26.664	24,37	5,46
Summe/gewichtetes Mittel (Gesamtbestand)	62.537	17,40	4,34

8.2.5.2.2 Lastzüge

Zu der Fahrzeuggruppe der Lastzüge zählen sowohl Lastwagen > 3,5t zulässigem Gesamtgewicht mit Anhänger als auch Sattelzugkombinationen. Entsprechend der unterschiedlichen Lebensdauer und Laufleistung werden die Kostendaten, analog zum bisherigen Vorgehen, für zwei Fahrzeuggruppen ermittelt.

Lastwagen mit Anhängern werden in Gespanne mit einem zulässigen Gesamtgewicht von bis zu 28t und größer 28t unterschieden. Sattelzugkombinationen werden unterteilt in Züge bis zu 33t und Züge von mehr als 33t zulässigem Gesamtgewicht.

Die durchschnittliche Jahresfahrleistung der in Deutschland zugelassenen Sattelzugmaschinen sowie deren Bestand blieben in den letzten Jahren weitgehend unverändert.

Tabelle 8-42: Bestand und Fahrleistung der in Deutschland zugelassenen Sattelzugmaschinen

Sattelzüge	Einheit	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Bestand am 01.01.	1.000	182	188	201	180	177	171	178	184	184
Durchschnittliche Fahrleistung	1.000 km	83	82,5	82,6	98,9	102	96,9	94,9	94,8	94,8*
Gesamtfahrleistung	Mrd. km	15,1	15,5	16,6	17,8	18	16,6	16,9	17,5	17,5*

* Schätzwerte.

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt, FZ 25, S. 29; DIW Wochenbericht Nr. 47.2012: Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter.

Als Repräsentativfahrzeuge der Fahrzeuggruppe „Lastwagen mit Anhänger“ wurden Nachfolgemodelle der Modelle aus 2008 der Firmen IVECO und MAN ausgewählt. Die Kosten des Fahrzeugs, der Bereifung, die Reifenlaufleistung und die Kosten für Unterstellung und Reparaturen wurden aus dem Lastauto-Omnibus-Katalog 2012 übernommen.

Bei den Sattelzügen hingegen wurde die Zugmaschine durch aktuellere Modelle von Mercedes und Scania ersetzt.

Für beide Fahrzeuggruppen wird ein Basiskostensatz von 14,75 € je Fahrerstunde unterstellt.[209] Abweichend zu den Fahrerkosten je Stunde aus Kapitel 8.2.5.2.1, werden bei den Last- und Sattelzügen Spesen in Höhe von 2,50 €/Std. berücksichtigt. Zuzüglich des Arbeitsgeberanteils auf den Basiskostensatz ergibt sich ein Lohnkostensatz je Stunde von 20,14 €.

[209] Die monatliche Grundvergütung wurde auf Basis der Angaben in folgenden Quellen ermittelt: Abrufbar unter: http://www.tarifregister.nrw.de/material/spedition.pdf. [Zugriff: 17.12.2013]; http://www.gehalt-tipps.de/Gehaltsvergleich/Gehalt/Kraftfahrer/7716.html [Zugriff: 17.12.2013]

Tabelle 8-43: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Lastkraftwagen und Anhänger zum Preisstand 2012

Fahrzeuggruppe		< 28.000 kg		> 28.000 kg	
Fahrzeugtyp		IVECO Eurocargo 120 E 25 /P	Anhänger Brücken- Länge: 5,2m	MAN TGM 18.340 BL	Anhänger Zweiachs Länge: 7,75 m
Basisdaten					
Gesamtgewicht	kg	12.000	10.500	18.000	18.000
Nutzlast	kg	14.000	8.000	29.150	13.900
Motorleistung	kW	185	0	250	0
Hubraum	ccm	5.880	0	6.871	0
Listenpreis	Euro	51.725	11.911	68.500	24.500
Preis der Bereifung	Euro	1.742	1.828	2.892	1.828
Nutzungsdauer	a	11	14	11	11
Mittlere Fahrleistung	km/a	80.024	25.099	80.024	45.179
Reifenlaufleistung	km	69.000	140.000	133.000	190.000
Einsatzzeit	h/a	3.000	2.620	3.000	2.620
Halber Kaufpreis mit Bereifung	Euro	25.863	5.955	34.250	12.250
Halber Kaufpreis ohne Bereifung	Euro	24.992	5.041	32.804	11.336
Vorhaltungskosten					
Verzinsung (1.7%) a)	Euro/a	440	101	582	208
Zeitabhängige Abschreibung b)	Euro/a	2.272	360	2.982	1.031
Unterstellung	Euro/a	1.096	1.096	1.096	1.096
Allgemeine Kosten	Euro/a	8.069	7.950	8.069	7.950
Summe Vorhaltungskosten	Euro/a	11.877	9.507	12.729	10.285
Betriebskostengrundwert					
Fahrleistungsabh. Abschreibung c)	Euro/100km	2,84	1,43	3,73	2,28
Reifenverschleiß d)	Euro/100km	2,52	1,31	2,17	0,96
Reparatur, Wartung u. Schmierstoffe	Euro/100km	13,64	1,52	12,44	1,34
Summe Betriebskostengrundwert	Euro/100km	19,00	4,26	18,34	4,58
Zeitkosten					
Vorhaltungskosten	Euro/Fz-h	3,96	3,63	4,24	3,93
Lohnkosten	Euro/Fz-h	20,14	0,00	20,14	0,00
Summe der Zeitkosten	Euro/Fz-h	24,10	3,63	24,38	3,93

Berechnungshinweise:
a) Verzinsung = Halber Kaufpreis mit Bereifung * Zinssatz
b) Zeitabh. Abschreibung = Halber Kaufpreis ohne Bereifung / Nutzungsdauer
c) Fahrl. Abschr. = Halber Kaufpreis o.B./ Mittlere Fahrl. * Nutzungsdauer * 100
d) Reifenverschleiß = Preis der Bereifung / Reifenlaufleistung * 100

Tabelle 8-44: Kostenstrukturen ausgewählter repräsentativer Sattelzüge und Auflieger zum Preisstand von 2012

Fahrzeuggruppe		< 33.000 kg		> 33.000 kg	
Fahrzeugtyp		Mercedes Axor 1843 LS	Sattelanhänger L: 8,9	Scania R 480 LA Highline	Sattelauflieger L: 13,675
Basisdaten					
Gesamtgewicht	kg	18.000	24.000	18.000	35.000
Nutzlast	kg	26.900	18.000	26.900	29.000
Motorleistung	kW	315	0	353	0
Hubraum	ccm	11.967	0	12.700	0
Listenpreis	Euro	81.500	23.078	93.800	26.374
Preis der Bereifung	Euro	2.892	2.508	2.892	2.508
Nutzungsdauer	a	12	15	12	9
Mittlere Fahrleistung	km/a	94.800	49.261	94.800	87.575
Reifenlaufleistung	km	103.000	173.000	147.000	173.000
Einsatzzeit	h/a	3.000	2.000	3.000	2.000
Halber Kaufpreis mit Bereifung	Euro	40.750	11.539	46.900	13.187
Halber Kaufpreis ohne Bereifung	Euro	39.304	10.285	45.454	11.933
Vorhaltungskosten					
Verzinsung (1.7%) a)	Euro/a	693	196	797	224
Zeitabhängige Abschreibung b)	Euro/a	3.275	686	3.788	1.326
Unterstellung	Euro/a	1.096	1.096	1.096	1.096
Allgemeine Kosten	Euro/a	8.069	7.950	8.069	7.950
Summe Vorhaltungskosten	Euro/a	13.133	9.928	13.750	10.596
Betriebskostengrundwert					
Fahrleistungsabh. Abschreibung c)	Euro/100km	3,45	1,39	4,00	1,51
Reifenverschleiß d)	Euro/100km	2,81	1,45	1,97	1,45
Reparatur, Wartung u. Schmierstoffe	Euro/100km	13,64	1,52	14,11	2,68
Summe Betriebskostengrundwert	Euro/100km	19,90	4,36	20,08	5,64
Zeitkosten					
Vorhaltungskosten	Euro/Fz-h	4,38	4,96	4,58	5,30
Lohnkosten	Euro/Fz-h	20,14	0,00	20,14	0,00
Summe der Zeitkosten	Euro/Fz-h	24,52	4,96	24,72	5,30
Berechnungshinweise:	a) Verzinsung = Halber Kaufpreis mit Bereifung * Zinssatz b) Zeitabh. Abschreibung = Halber Kaufpreis ohne Bereifung / Nutzungsdauer c) Fahrl. Abschr. = Halber Kaufpreis o.B./ Mittlere Fahrl. * Nutzungsdauer * 100 d) Reifenverschleiß = Preis der Bereifung / Reifenlaufleistung * 100				

Tabelle 8-45: Struktur der Vorhaltungskosten für LKW mit Anhänger

Vorhaltungskosten	Zulässiges Gesamtgewicht			
	< 28.000 kg		> 28.000 kg	
	IVECO	Anhänger 5,2m	MAN TGM	Anhänger 7,75m
1. Verzinsung	3,7%	1,1%	4,6%	2,0%
2. Zeitabhängige Abschreibung	19,1%	3,8%	23,4%	10,0%
3. Unterstellung	9,2%	11,5%	8,6%	10,7%
4. Allgemeine Kosten	67,9%	83,6%	63,4%	77,3%

Tabelle 8-46: Struktur der Vorhaltungskosten für Sattelzugmaschinen und Auflieger

Vorhaltungskosten	Zulässiges Gesamtgewicht			
	< 33.000 kg		> 33.000 kg	
	Mercedes Axor	Anhänger 8,9m	Scania R 480	Auflieger 13,7m
1. Verzinsung	5,3%	2,0%	5,8%	2,1%
2. Zeitabhängige Abschreibung	24,9%	6,9%	27,5%	12,5%
3. Unterstellung	8,3%	11,0%	8,0%	10,3%
4. Allgemeine Kosten	61,4%	80,1%	58,7%	75,0%

Durch das von 3,0% auf 1,7% gesunkene Zinsniveau ist der Anteil der Kapitalverzinsung an den Vorhaltungskosten im Vergleich zur Aktualisierung aus 2008 deutlich gesunken während der Anteil der allgemeinen Kosten deutlich gestiegen ist.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die fahrleistungsgewichteten Mittelwerte für die Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten für Last- und Sattelzüge.

Tabelle 8-47: Fahrleistungsgewichtete Betriebskostengrundwerte und Vorhaltungskosten der Last- und Sattelzüge

Repräsentativfahrzeug	Jahresfahrleistung	Betriebskostengrundwert	Vorhaltungskosten
	Mio. Fz-km	€ / 100 km	€ / Fz-h
Lastkraftwagen mit Anhänger			
< 28.000 kg	2.061	23,26	7,59
≥ 28.000 kg	3.064	22,92	8,17
Summe/gewichtetes Mittel	5.125	23,06	7,94
Sattelzug mit Auflieger			
< 33.000 kg	1.371	24,26	9,88
≥ 33.000 kg	16.101	25,72	9,34
Summe/gewichtetes Mittel	17.472	25,61	9,38
Summe/gewichtetes Mittel	22.597	25,03	9,05

Quelle: Fahrleistung aus DIW Wochenbericht Nr. 47.2012: Auto-Mobilität: Fahrleistungen steigen 2011 weiter.

8.2.6 Energieverbrauch

Der Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge wurde für Projektbewertungen im Verkehrszweig Straße auf der Basis geschwindigkeitsabhängiger Verbrauchsfunktionen differenziert nach Fahrzeuggruppen, Straßenkategorien und Verkehrsablaufzuständen berechnet.[210] Die Kraftstoffkosten ergaben sich in einem zweiten Schritt durch Multiplikation der Verbräuche mit den für das Jahr 2030 prognostizierten Kraftstoffpreisen.

Die generelle Vorgehensweise die prognostizierten Verbräuche mit den prognostizierten Kraftstoffpreisen[211] zu multiplizieren bedarf keiner Diskussion. Die im BVWP 2003 verwendete Verbrauchsfunktion hingegen ist nicht mehr aktuell. Sie spiegelt nicht mehr die aktuellen Verbräuche wieder. Insofern ist sie auch als Basis für die prognostizierten Verbräuche des Jahres 2030 ungeeignet.

Das „Handbuch Emissionsfaktoren Straßenverkehr“ (HBEFA) umfasst nicht nur die Schadstoffemissionen für verschiedene Straßentypen, Verkehrszustände und Fahrzeugklassen zusammen sondern auch die entsprechenden Verbräuche.[212][213] In der aktuellen Version des Handbuchs sind explizit Prognosewerte für das Jahr 2030 sowohl von den Verbräuchen als auch bezüglich der Emissionen je Schadstoffart angegeben. Die dort angegebenen Verbräuche sind die Basis für die Berechnung der Emissionsfaktoren (je Straßentypen, Verkehrszustände und Fahrzeugklassen). Aus Konsistenzgründen empfiehlt es sich somit, beide Angaben derselben Quelle zu verwenden.

Im Gegensatz zum BVWP 2003 wird somit nicht mehr eine Verbrauchsfunktion unterstellt, sondern direkt die Verbräuche mit den entsprechenden Emissionen nach den Streckentypen, Fahrzeugklassen und Verkehrszuständen angegeben. Weiter wird in Abstimmung mit dem Fachgutachter Straße dabei die Angabe der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei den jeweiligen Straßentypen unterschieden.

---

[210] Zu den Kraftstoffverbrauchsfunktionen vgl. PLANCO, Aktualisierung interner und externer Beförderungskosten…, Essen 1998., S. 4-48 ff. sowie BMVBW (Hrsg.), Bundesverkehrswegeplan 2003, Die gesamtwirtschaftliche…, a.a.O., S. 167 ff.

[211] Zu den Kraftstoffpreisen s. Kapitel 6.1.

[212] Umweltbundesamt; et al., Handbuch Emissionsfaktoren Straßenverkehr, Version 3.1, Dessau-Roßlau 2010. (Leider gibt es zu diesem Programm bzw. dieser Datenbank noch kein zitierfähiges Nutzerhandbuch, wie es bei den vorherigen Versionen der Fall war).

[213] Die Vorgängerversion des Handbuchs fand bei der bereits mehrfach zitierten Aktualisierung der Wertansätze Anwendung. Sie wurde genutzt, um die Emissionsfaktoren für die Straße im Prognosejahr 2025 zusammenzustellen.

Da jeweils ein Straßentyp des HBEFA mehreren Streckentypen des BVWP-Netzes zugeordnet werden kann, wurde ein Zuordnungsschlüssel erstellt (s. Anhang C). Dieser unterscheidet die Streckentypen gemäß der ersten vier Ziffern und gibt dafür die jeweils relevante Straßentyp-Kennung an. Beispielhaft zeigt die nachfolgende Tabelle, wie die Verbräuche je Fahrzeugkategorie und HBEFA-Straßentyp zusammengestellt wurden.

Tabelle 8-48: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (in l/100 km)

Straßentyp A1	Verkehrszustand[214]			
zul. H.-Geschw.	Flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	18,582	17,922	19,000	34,238
100	19,780	18,823	18,024	34,238
120	19,780	18,823	18,024	34,238
130	19,780	18,823	18,024	34,238
>130	19,773	19,375	18,024	34,238

Die Gesamtheit der Tabellen befindet sich Anhang D.

Für Pkw mit Elektroantrieb können keine nach Straßentypen und Verkehrszuständen differenzierten Verbrauchsraten angegeben werden. Daher ist von einem durchschnittlichen Energieverbrauch von Elektro- bzw. Plug-in-Pkw von 21 kWh/100 Pkw-km auszugehen. Dieser Durchschnittsverbrauch entspricht dem anhand der prognostizierten Fahrleistungen gewichteten Mittel von Plug-in-Pkw und Pkw mit reinem Elektroantrieb (vgl. Tabelle 8-71 und Tabelle 8-72).

[214] Die Verkehrszustände „flüssig“, „dicht“, „gesättigt“ und „stop and go“ entspricht den Verkehrszuständen wie sie bereits im BVWP 2003 bzgl. der Emissionsfaktoren benutzt wurden (s. BVU; ITP Planco Consulting GmbH, Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg; München; Essen(2010), S. 111ff.). Die Zusammenstellung der Verbräuche geschah in Abstimmung mit dem Fachgutachter Straße.

8.2.7 Instandhaltungs- und Betriebskosten der Infrastruktur

Die Instandhaltungskosten umfassen die kleineren jährlichen Ausgaben für Betrieb und Instandhaltung und werden im Verfahren der BVWP in Abhängigkeit vom Straßentyp ausgewiesen. In den Instandhaltungskosten sind nicht die Ersatzinvestitionen der neuen Infrastruktur enthalten. Diese werden über die mittlere gewichtete Lebensdauer berücksichtigt (s. Abschnitt 2.8).

Für die Summe aller Instandhaltungskomponenten sind im Handbuch für Straßenwesen (Der Elsner)[215] für Autobahnen sowie für Bundesstraßen die sogenannten UI-Sätze angegeben. Diese Durchschnittswerte sind in der folgenden Tabelle 8-49 als Zeitreihe zusammengestellt.

[215] Knoll (1995-2013): Der Elsner – Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen, Planung, Bau, Erhaltung, Verkehr, Betrieb, 50.-63. Jahrgang, Berlin.

Tabelle 8-49: Mittlere Instandhaltungskosten der Bundesfernstraßen 1995 bis 2008

	Bundesautobahn	Bundesstraße
1995	**28.223 €/km*a**	**10.839 €/km*a**
1996	29.757 €/km*a	10.072 €/km*a
1997	30.831 €/km*a	10.839 €/km*a
1998	25.411 €/km*a	10.839 €/km*a
1999	28.811 €/km*a	9.649 €/km*a
2000	28.505 €/km*a	8.827 €/km*a
2001	28.837 €/km*a	9.189 €/km*a
2002	30.410 €/km*a	10.093 €/km*a
2003	28.590 €/km*a	9.320 €/km*a
2004	29.740 €/km*a	9.550 €/km*a
2005	30.140 €/km*a	9.860 €/km*a
2006	30.310 €/km*a	10.280 €/km*a
2007	30.740 €/km*a	10.430 €/km*a
2008	30.740 €/km*a	10.430 €/km*a
2009	33.330 €/km*a	10.980 €/km*a
2010	33.740 €/km*a	11.180 €/km*a
2011	34.580 €/km*a	10.900 €/km*a
2012	**34.680 €/km*a**	**11.130 €/km*a**
Veränderung 1998/2012	36,48%	2,68%

Gegenüber den mittleren Instandhaltungskosten zum Preisstand 1998 ist bei den Autobahnen eine Erhöhung von durchschnittlich 36,48% zu verzeichnen. Die Kosten für die Instandhaltung für Bundesstraßen stiegen hingegen lediglich um 2,68%.

Eine ähnliche Entwicklungstendenz zeichnet sich bei den Gesamtausgaben für den Betrieb der Bundesfernstraßen ab, die jährlich im Rahmen der Straßenbauberichte bzw. den Verkehrsinvestitionsberichten des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) veröffentlicht werden. Während sich die Ausgaben für den Betrieb der Autobahnen um rund 65% zwischen 1998 und 2011 erhöht haben, kam es im Bereich der Bundesstraßen lediglich zu einer Steigerung um rund 15,6% (vgl. Tabelle 8-50).

Tabelle 8-50: Ausgaben für den Betrieb der Bundesfernstraßen (BMVI)

	Bundesautobahn	Bundesstraße
1995	**351.564.298 €**	**441.040.377 €**
1996	339.395.551 €	404.738.653 €
1997	359.387.063 €	402.488.969 €
1998	336.174.412 €	382.395.198 €
1999	322.267.273 €	351.206.393 €
2000	347.218.317 €	377.077.762 €
2001	358.211.092 €	390.831.514 €
2002	373.800.000 €	381.300.000 €
2003	379.800.000 €	380.700.000 €
2004	386.400.000 €	384.800.000 €
2005	423.900.000 €	423.900.000 €
2006	460.400.000 €	444.000.000 €
2007	432.000.000 €	416.000.000 €
2008	416.700.000 €	368.100.000 €
2009	430.100.000 €	388.800.000 €
2010	533.100.000 €	447.000.000 €
2011	**555.500.000 €**	**441.900.000 €**
Veränderung 1998/2011	65,24%	15,56%

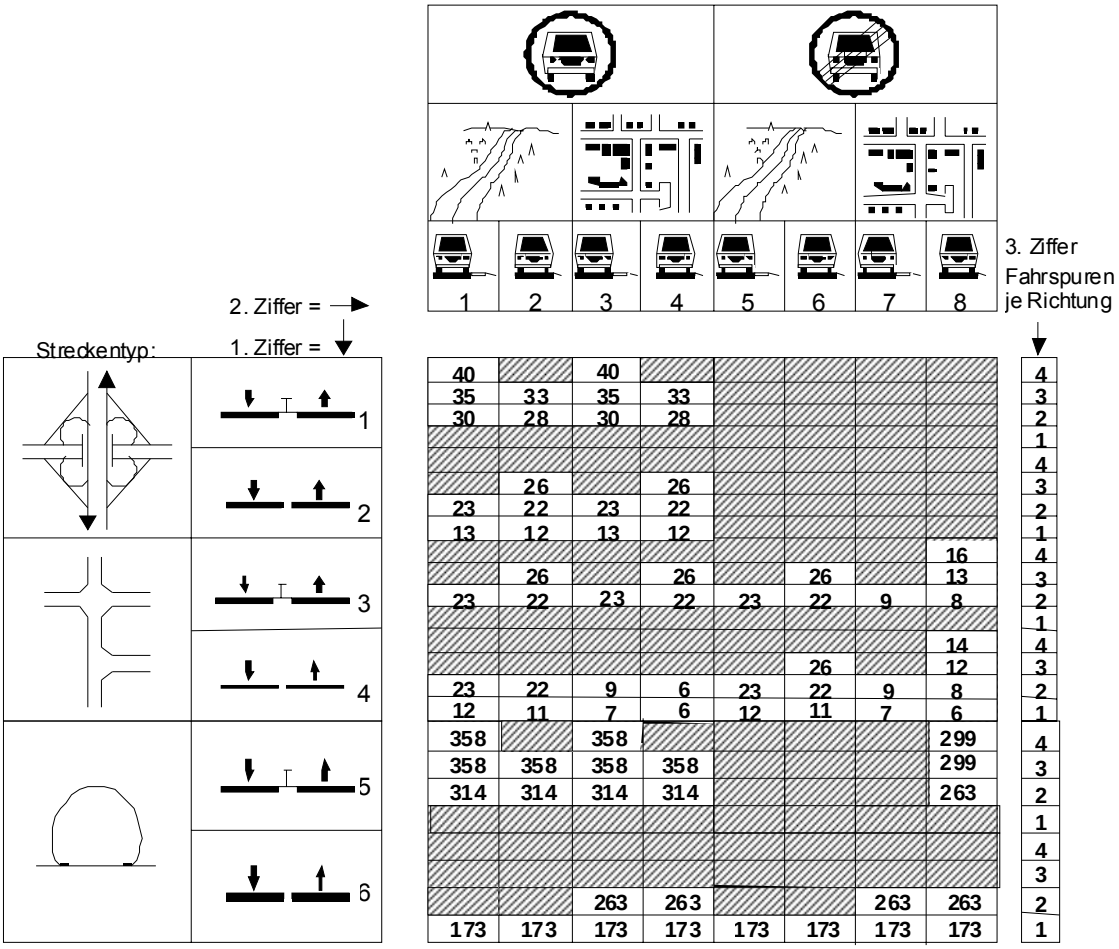
Als zusätzliche Information veröffentlicht das BMVI im Straßenbaubericht bzw. im Verkehrsinvestitionsbericht Kilometerpauschalen für die laufenden Betriebskosten bei den Bundesautobahnen (vgl. Tabelle 8-51). Die Summen dieser Ausgaben sind von 1995 bis 2011 um 27,14% gestiegen.

Tabelle 8-51: Ausgaben für den Betrieb der Bundesautobahnen in €/km (BMVI)

	Winter-dienst	Grün-pflege	Reinigung	Strecken-wartung	Verkehrs-technik	Gesamt
1995	4.355	5.358	5.713	9.393	4.672	29.491
1996	3.532	5.195	5.928	9.268	5.443	29.366
1997	5.203	5.193	5.396	7.679	4.905	28.376
1998	6.140	5.391	5.858	6.891	4.901	29.180
1999	6.140	5.391	5.858	6.891	4.901	29.180
2000	4.818	5.875	5.870	7.802	4.602	28.967
2001	3.924	6.547	6.347	7.457	4.639	28.914
2002	5.011	6.136	5.880	7.516	4.602	29.145
2003	5.000	6.500	6.500	9.000	4.500	31.500
2004	5.000	6.500	6.500	9.000	4.500	31.500
2005	5.000	6.500	6.500	9.000	4.500	31.500
2006	5.500	6.500	6.000	11.000	4.500	33.500
2007	4.900	7.900	7.000	10.300	4.500	34.600
2008	4.900	7.900	7.000	10.300	4.500	34.600
2009	4.900	7.900	7.000	10.300	4.500	34.600
2010	7.400	7.900	7.000	10.300	4.500	37.100
2011	7.400	7.900	7.000	10.300	4.500	37.100
Veränderung 1998 - 2011	20,52%	46,54%	19,49%	49,47%	-8,18%	**27,14%**

Die Durchschnittskosten zum Preisstand 2012 mit der in Tabelle 8-49 dargestellten Entwicklung der UI-Sätze, ergeben die für die unterschiedlichen Streckentypen in Abbildung 8-1 dargestellten Werte.

Abbildung 8-1: Instandhaltungskosten der Wege zum Preisstand des Jahres 2012 (T€/km*a) nach Streckentyp[216]



[216] Die Legende der Abbildung (Spalten- und Zeilenüberschriften bzw. -graphiken) fasst die komplexe Typologie zur Charakterisierung der Streckencharakteristika des Bundesfernstraßennetzmodells hinsichtlich der baulichen und betrieblichen Merkmale zusammen; eine Erläuterung findet sich in : BMVBS (Hrsg.), Bundesverkehrswegeplan 2003, Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik, Berlin, Januar 2005, Seite 145

8.3 Binnenschifffahrt

8.3.1 Vorhaltungskosten

Die Vorhaltungskosten der Binnenschifffahrt sind auf den Preisstand 2012 aktualisiert und umfassen folgende Schiffstypen und Größenklassen:

Tabelle 8-52: Differenzierung der Vorhaltungskosten der Binnenschifffahrt nach Schiffstypen und Größenklassen

Motorgüterschiffe	Motortankschiffe	Schubleichter	Schubboote
bis 400 TT	bis 400 TT	bis 650 TT	KSB 300 PS
401 - 650 TT	401 - 650 TT	651 - 1.000 TT	SSB 600 PS
651 - 900 TT	651 – 900 TT	1.001 - 1.500 TT	SB I: 1.500 - 2.000 PS
901 - 1.000 TT	901 – 1.000 TT	1.501 - 2.000 TT	SB II: 2.000 - 3.500 PS
1.001 - 1.500 TT	1.001 - 1.500 TT	2.001 - 2.500 TT	SB III: > 3.500 PS
1.501 - 2.000 TT	1.501 - 2.000 TT	größer 2.500 TT	
2.001 - 2.500 TT	2.001 - 2.500 TT		
2.501 - 3.000 TT	2.501 - 3.000 TT		
größer 3.000 TT	Größer 3.000 TT		

Basis für die Berechnung der Vorhaltungskosten der Binnenschifffahrt bilden die auf das Jahr 2012 aktualisierten Tagesneuwerte. Die historischen Tagesneuwerte aus dem Jahr 1995 wurden anhand von spezifischen Indexzahlen fortgeschrieben. Aufgrund des Alters der Werte wurden aktuelle Preisinformationen von Schiffswerften eingeholt. Die fortgeschriebenen Werte stimmen weitgehend mit aktuellen Preisen überein, sodass eine erneute Fortschreibung gerechtfertigt werden kann.

Die nachfolgende Tabelle zeigt welcher Anteil der Tagesneuwerte auf das Kasko eines Schiffstyps und welcher Anteil auf die übrigen Schiffskomponenten entfällt. Die Übrigen Schiffskomponenten umfassen neben dem Hauptantrieb die nautische Ausrüstung, E-Anlagen, Pumpen, etc.

Tabelle 8-53: Kostenanteile je Schiffstyp

Schiffstyp	Schiffskasko	Übrige Schiffskomponenten
Motorgüterschiffe	70%	30%
Motortankschiffe	65%	35%
Schubleichter	100%	0%
Schubboote	70%	30%

Die zur Fortschreibung verwendeten Indizes mussten, bezogen auf ältere Aktualisierungen der BVWP-Methodik, getauscht werden, da das statistische Bundesamt die verwendeten Produzentenpreisindizes seit 2009 nicht mehr weiterführt. Zur Fortschreibung der Preisentwicklung des Schiffskaskos wurde der Index „sonstige Fahrzeuge“ und zur Fortschreibung der Preisentwicklung der übrigen Schiffskomponenten wurde der Index „Motoren für Wasserfahrzeuge, Schienenfahrzeuge, industrielle und andere Zwecke“ des Statistischen Bundesamtes verwendet.[217]

Auf Basis dieser aktualisierten Tagesneuwerte werden die gesamtwirtschaftlichen Vorhaltungskosten berechnet. Die Komponenten der Vorhaltungskosten umfassen die Abschreibungen, dass in den Fahrzeugen gebundene Kapital, sowie Reparatur-, Material-, Versicherungs-, Betriebsgemein- und Verwaltungskosten.

Die für die Berechnung der Abschreibungen relevante Nutzungsdauer der Gütermotorschiffe lässt sich durch den Vergleich zweier Schiffsdatenbanken zu verschiedenen Zeitpunkten berechnen. Der Vergleich der IVR-Datenbank aus 2006 mit der aktuellen Datenbank erlaubt Rückschlüsse über das Alter der abgegangenen Schiffe. Für das Kasko der Gütermotorschiffe ergibt sich somit eine Nutzungsdauer von 63 Jahren und für Motortankschiffe eine Nutzungsdauer von 50 Jahren. Für das Kasko der Schubboote wurde eine durchschnittliche Nutzungsdauer von 47 und für Schubleichter eine Nutzungsdauer von 38 Jahren ermittelt. Neben dem langlebigen

[217] Bei der Aktualisierung aus dem Jahr 2008 wurde für die Fortschreibung der Preisentwicklung des Kaskos der Index „Schiffe, Boote, Jachten“ und für die Fortschreibung der Motorenpreise der Index „Dieselmotoren für Wasserfahrzeuge“ verwendet. Die neuen Indices erscheinen nicht mehr so treffend, aber weisen eine ähnliche Entwicklung auf.

Kasko besitzen die Schiffe eine Vielzahl weiterer Komponenten die eine kürzere Lebensdauer aufweisen. Analog zum Verkehrsträgervergleich wird hier eine Abschreibungsdauer von 18 Jahren gewählt.

Die Verzinsung des in die Fahrzeuge gebundenen Kapitals (durchschnittlich 50% der Tagesneuwerte) erfolgt mit der verkehrszweigübergreifend einheitlichen Aktualisierungsrate in Höhe von 1,7%. Das nur aus einzelwirtschaftlicher Sicht relevante Umlaufkapital bleibt hierbei unberücksichtigt.

Die weiteren Komponenten der Vorhaltungskosten können als Anteile der Tagesneuwerte berechnet werden. Im Vergleich zu der Aktualisierung aus dem Jahr 2008 wurden keine systematischen Kostenanstiege einzelner Komponenten festgestellt, was daran liegt, dass kostentreibende Faktoren wie Stahlpreise und Auslastung der Werften, Löhne- und Gehälter der Werften, weitgehend unverändert blieben. Die Unsicherheit und der Einbruch der Nachfrage und der Rohstoffpreise bedingt durch die Wirtschaftskrise haben sicherlich zu der horizontalen Kostenentwicklung beigetragen.

Tabelle 8-54: Komponenten der Vorhaltungskosten als Anteile der Tagesneuwerte

	Motorschiffe	Schubboote	Schubleichter
Reparatur	2,80 %	5,60 %	2,35 %
Material	0,45 %	0,78 %	0,45 %
Versicherung	1,27 %	1,27 %	1,27 %
Betriebsgemeinkosten	0,25 %	0,60 %	0,50 %
Verwaltungskosten (variabler Anteil)	0,40 %	0,50 %	0,45 %

Die nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren berechneten Vorhaltungskosten der Motorgüter- und Motortankschiffe sowie der Schubboote und Schubleichter zum Preisstand des Jahres 2012 werden getrennt nach Betriebsform in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 8-55: Gesamtwirtschaftliche Vorhaltungskosten der Motorschiffe (Preisstand 2012, € pro Jahr)

Schiffstyp	Tagesfahrt	Halbständige Fahrt	Ständige Fahrt
Motorgüterschiffe (TT)			
<400 TT	59.138	62.258	71.620
401 - 650 TT	108.896	114.642	131.881
651 - 900 TT	152.934	161.004	185.215
901 - 1.000 TT	186.106	195.927	225.389
1.001 - 1.500 TT	231.060	243.253	279.831
1.501 - 2.000 TT	271.781	286.123	329.148
2.001 - 2.500 TT	313.303	329.836	379.435
2.501 - 3.000 TT	352.195	370.780	426.535
> 3.000 TT	381.020	401.126	461.445
Motortankschiffe (TT)			
<400 TT	66.011	69.319	79.242
401 - 650 TT	135.528	142.320	162.694
651 - 900 TT	190.175	199.705	228.293
901 - 1.000 TT	229.225	240.712	275.171
1.001 - 1.500 TT	291.005	305.587	349.334
1.501 - 2.000 TT	334.166	350.911	401.146
2.001 - 2.500 TT	377.811	396.743	453.539
2.501 - 3.000 TT	423.753	444.987	508.689
> 3.000 TT	456.275	479.138	547.730

Tabelle 8-56: Gesamtwirtschaftliche Vorhaltungskosten der Schubleichter und Schubboote (Preisstand 2012; € pro Jahr)

Schiffstyp	Tagesfahrt	Halbständige Fahrt	Ständige Fahrt
Schubleichter (TT)			
< 650 TT	19.354		
650 - 1.000 TT	27.679		
1.000 - 1.500 TT	38.707		
1.500 - 2.000 TT	52.547		
2.000 - 2.500 TT	71.901		
> 2.500 TT	88.443		
Schubboote*			
KSB 300		138.442	170.204
SSB 600		207.595	255.223
SB I		262.945	323.271
SB II			399.805
SB III			761.343

* Typ/PS-Zahl:
KSB 300: Kanalschubboot mit 300 PS
SSB 600: Stromschubboot mit 600 PS
SB I: Schubboot mit 1.500 - 2.000 PS
SB II: Schubboot mit 2.000 - 3.500 PS
SB III: Schubboot > 3.500 PS

8.3.2 Personalkosten

Ausgangspunkt der Berechnung der Personalkosten bildet die Schiffspersonalverordnung-Rhein (RheinSchPersV) in der je nach Betriebsform (Tagesfahrt 14 Std., Halbständige Fahrt 16 Std. und Ständige Fahrt 22 Std.) und Schiffsgröße (bis 70 m, zwischen 70 und 86 m sowie über 86 m), die Anzahl und die Qualifikation der Besatzungsmitglieder festgelegt ist. Mit Flottenbestandsdaten lässt sich die Verteilung der Schiffslängen auf die jeweiligen Schiffsgrößenklassen ermitteln. Somit kann die Differenzierung der Personalkosten von Motorgüter- und Motortankschiffen analog zu den Vorhaltungskosten erfolgen.

Im Gegensatz zu den Motorgüter- und Motortankschiffen wird bei Schub- und Koppelverbänden nach der Anzahl der mitgeführten Leichter unterschieden, sodass eine Ermittlung der zugehörigen Antriebs- bzw. Tragfähigkeitsklasse nicht möglich ist.

Entsprechend ist hier eine von den Vorhaltungskosten abweichende Differenzierung der Personalkosten vorzunehmen:

- Schubverbände mit einem Leichter sowie generell alle Schub- und Koppelverbände bis zu 116,5 m Länge und 15,0 m Breite
- Schubverbände mit 2 Leichtern bzw. Koppelverbände mit einem Leichter
- Schubverbände mit 3 bis 4 Leichtern bzw. Koppelverbände mit 2 bis 3 Leichtern
- Schubverbände mit mehr als 4 Leichtern

Tabelle 8-57: Besatzung von Binnenschiffen nach Schiffspersonalverordnung-Rhein

Betriebsform/ Qualifikation		Mindestbesatzung gemäß RheinSchPersV - Stand 10.01.2012					
	Einzelfahrer			Schubverbände *			
	<= 70 m	<= 86 m	> 86 m	1 SL	2 SL	3-4 SL	> 4 SL
14 Stunden							
Schiffsführer	1	1	1	1	1	1	1
Steuermann			1	1	1	1	1
Bootsmann		1					
Matrose	1		1	1	1	2	3
Leichtmatrose					1		
Maschinist						1	1
Insgesamt	2	2	3	3	4	5	6
16 Stunden							
Schiffsführer	2	2	2	2	2	2	2
Steuermann							
Bootsmann							
Matrose			1	1	2	2	3
Leichtmatrose		1	1	1	1	1	1
Maschinist						1	1
Insgesamt	2	3	4	4	5	6	7
Continue							
Schiffsführer	2	2	2	2	2	2	2
Steuermann			1	1	1	1	1
Bootsmann							
Matrose	1	2	2	2	2	2	3
Leichtmatrose	1					1	1
Maschinist					1	1	1
Insgesamt	4	4	5	5	6	7	8

* SB (Schubboot) mit 1 SL (Schubleichter) oder Gesamtlänge des Verbandes <= 116,5 m und Breite <= 15 m; SB mit 2 SL entspricht SMGS (Schubmotorgüterschiff) + 1 SL; SB mit 3-4 SL entspricht SMGS mit 2-3 SL.

Ausgehend von den Schiffsbesatzungen erfolgt die Berechnung der Personalkosten für den Preisstand 2012. Dabei werden die Bestimmungen des Rahmentarifvertrags für die deutsche Binnenschifffahrt[218], gültig ab 1999 sowie die für das Jahr 2012 gültigen „Lohn- und Gehaltstabellen für die deutsche Binnenschifffahrt“ verwendet.[219] Neben dem Anstieg der Löhne- und Gehälter wurden auch Veränderungen der Sozialabgaben berücksichtigt.

Aufgrund der durch die RheinSchPersV bestimmten Anzahl und Qualifikation der Besatzungsmitglieder ergeben sich bei Einzelfahrern bis zur Größenklasse 1.000-1.500 TT nur marginale Unterschiede in den Personalkosten. Die Motorschiffe ab einer Größe von 1.500 TT sind in der Regel auch länger als 86 m, sodass dann durch ein zusätzliches Besatzungsmitglied die Kosten sprunghaft ansteigen. Für die Klassen ab 2.000 TT (Schiffe ab dieser Tragfähigkeit sind zu 98% länger als 86 m) sind aufgrund gleicher Besatzungszusammensetzungen die Personalkosten identisch. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in Tabelle 8-59 dargestellt.

Tabelle 8-58: Längenverteilung der Schiffe in bestimmten Größenklassen

Länge	bis 400	401 - 650	651 - 900	901 - 1000	1001-1500	1501 - 2000	größer 2000
<=70 m	100%	98%	91%	54%	2%	0%	0%
<=86 m	0%	0%	9%	45%	94%	52%	2%
>86 m	0%	2%	1%	1%	4%	48%	98%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

[218] Vgl. Binnenschiffahrts-Verlag GmbH (1999): Tarifverträge für die deutsche Binnenschifffahrt inklusive sämtlicher Ergänzungs- und Änderungstarifverträge bis zum Jahr 2012.

[219] Vgl. Binnenschiffahrts-Verlag GmbH (2012): Lohn- und Gehaltstabellen für die deutsche Binnenschifffahrt.

Tabelle 8-59: Personalkosten der deutschen Binnenschifffahrt nach Schiffsgrößenklassen und Betriebsformen (Preisstand 2012, € pro Jahr)

Größenklasse TT	Tagesfahrt	Halbständige Fahrt	Continuefahrt
EF < 400	180.286	225.378	413.524
EF 401 - 650	182.192	228.296	416.798
EF 651 - 900	181.015	230.116	417.653
EF 901 - 1.000	182.348	247.416	432.059
EF 1.001 - 1.500	186.043	273.674	454.765
EF 1.501 - 2.000	219.841	307.654	498.717
EF > 2.000	258.700	346.312	548.927
SB mit 1 SL	271.669	362.335	570.413
SB mit 2 SL	320.440	439.274	704.429
SB mit 3-4 SL	451.955	551.962	765.285
SB mit > 4 SL	525.108	628.901	856.719

EF: Einzelfahrende Motorgüter- oder Motortankschiffe
SB: Schubboote; SL: Schubleichter
* umfasst alle Verbände mit Abmessungen bis zu 116,5 m Länge und 15,0 m Breite
** entspricht Koppelverbänden mit 1 Leichter
*** entspricht Koppelverbänden mit 2 bis 3 Leichtern
Berechnungsbeispiel EF ≤ 400 TT in der Tagesfahrt:
Schiffe dieser Größenklasse sind zu 100% kürzer als 70 m; die Besatzung besteht entsprechend in der Tagesfahrt nach RheinSchPersV aus 1 Schiffsführer und 1 Matrosen. Einschließlich tariflich festgelegter Zulagen und Sonderzahlungen beträgt das Jahresgehalt des Schiffsführers 53.971 € und dasjenige des Matrosen 36.853°€ (beides im Jahr 2012 gemäß Lohn- und Gehaltstabelle). Bezogen auf die effektiven jährlichen Arbeitstage (204,8) entspricht dies einem Tagessatz in Höhe von 263 € (Schiffsführer) bzw. 180 € (Matrose). In der Tagesfahrt (14 Std.) resultieren hieraus Gehälter in Höhe von (263+180)/14 = 32 € je Schiffseinsatzstunde; unter Berücksichtigung der vom Arbeitgeber zusätzlich zu tragenden Sozialabgaben (in 2012 durchschnittlich mit dem Faktor 1,1958 auf die Gehälter zu ermitteln) ergeben sich hieraus Personalkosten in Höhe von 38 € je Schiffseinsatzstunde; Multipliziert mit 14 Std. pro Tag sowie 340 Einsatztagen pro Jahr resultieren hieraus die in der Tabelle aufgeführten Jahrespersonalkosten in Höhe von 180.286 € (geringfügige Abweichungen durch Rundungen).

8.3.3 Betriebsführungskosten

Die leistungsabhängigen Betriebsführungskosten bestehen hauptsächlich aus den Energiekosten, d.h. den Treib- und Schmierstoffkosten je Größenklasse. Diese Fortbewegungskosten wurden im BVWP 2003 getrennt für die Wasserstraßenarten „Geregelter Fluss“, „Staugeregelter Fluss“ und „Kanal“ in Abhängigkeit von der durchschnittlich installierten Motorleistung (KW) und dem Nutzungsgrad der Antriebskraft bestimmt.

Mit diesem vereinfachten Verfahren zur Berechnung des Treibstoffverbrauchs der Binnenschiffe wird der komplexe Zusammenhang zwischen Antriebsleistung, Fahrgeschwindigkeit und Abladetiefe der Schiffe sowie der Wassertiefe der befahrenen Streckenabschnitte nur überschlägig und unvollständig abgebildet. Im Rahmen der Studie „Verkehrsträgervergleich“[220] wurden hier erhebliche methodische Verbesserungen erzielt und beispielhaft für eine Auswahl von Schiffstypen und Wasserstraßenquerschnitten umgesetzt. Um eine Anwendung dieses verfeinerten Verfahrens für die BVWP zu ermöglichen, wurden die bereits vorliegenden Ergebnisse ergänzt und die Datenbasis erweitert, um die gesamte Bandbreite der für Projektbewertungen relevanten Kombinationen abdecken zu können.[221]

8.3.3.1 Einflussfaktoren auf den Treibstoffverbrauch in der Binnenschifffahrt

Neben der Geschwindigkeit des Schiffs haben die Wasserstraßen maßgeblichen Einfluss auf den Treibstoffbedarf. Insbesondere in der Binnenschifffahrt spielt die Wasserstraße eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Im beschränkten Fahrwasser ist der Fahrwiderstand eines Schiffs stärker als in unbegrenztem Wasser von der Schiffsgeschwindigkeit abhängig. Dabei werden zwei Formen der Beschränkung unterschieden:

1. Das Wasser ist nach unten begrenzt (Flachwasser).
2. Das Wasser ist zusätzlich seitlich begrenzt (Kanal).

---

[220] PLANCO Consulting GmbH in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße, im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, Essen 2007

[221] S. BVU; Intraplan; Planco, Aktualisierung von Bewertungssätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, Essen; Freiburg; München 2010, S. 56 ff.

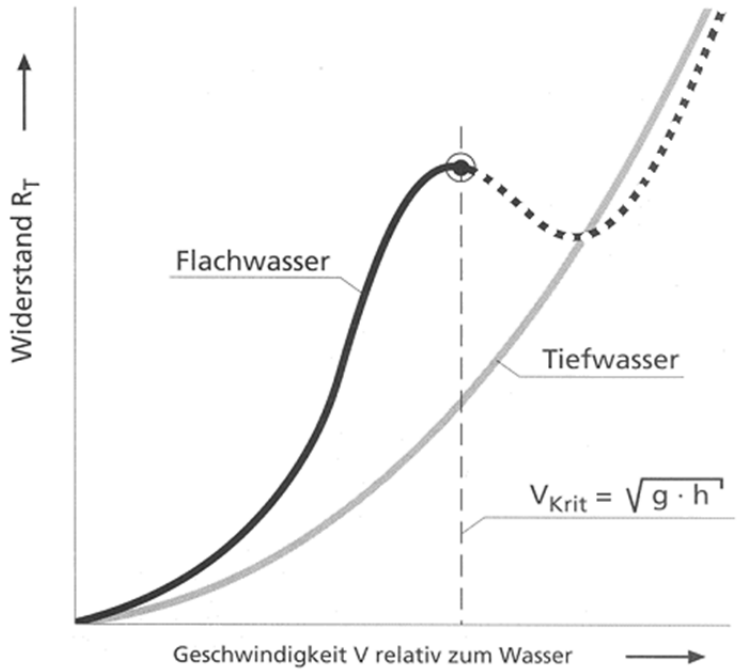
Beide Beschränkungen bewirken in der Regel eine beträchtliche Widerstandserhöhung.

Dabei stehen zwei Effekte im Vordergrund:

1. Insbesondere im Kanal entsteht ein Rückstrom. Somit muss das Schiff eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit überwinden.
2. Es entsteht eine stärkere Wellenbildung. Das Schiff schiebt einen Wellenberg vor sich her. So gesehen fährt das Schiff kontinuierlich zu Berg.[222]

Es wird deutlich, dass neben der Schiffsform, dabei besonders das Verhältnis von Länge zu Breite, und der Ausgestaltung der Antriebs- und Ruderanlage insbesondere der Wasserstraßenquerschnitt in Relation zum eingetauchten Schiffskörper von ausschlaggebender Bedeutung für den Fahrwiderstand ist.

Abbildung 8-2: Fahrwiderstand als Funktion der Geschwindigkeit

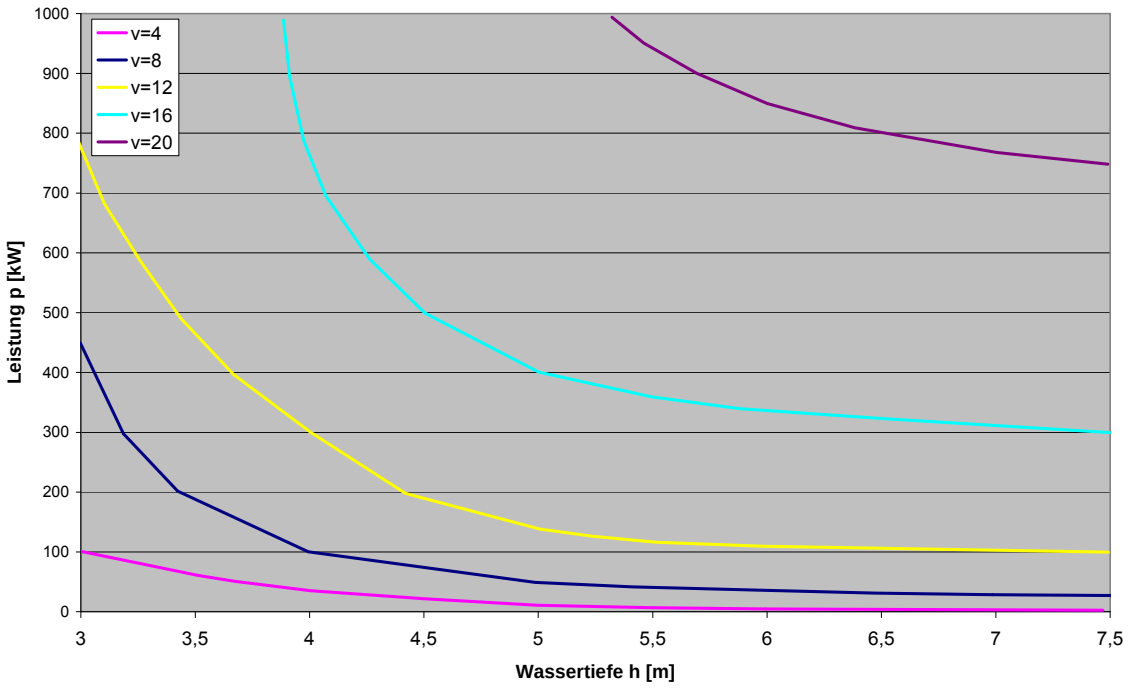


Quelle: In Anlehnung an Ilgmann, Gottfried, Gewinner und Verlierer einer CO_2-Steuer im Güter- und Personenverkehr, Ottobrunn 1998, S. 122.

[222] Vgl. Schneekluth, Herbert, Hydromechanik zum Schiffsentwurf, 3. A., Herford 1988, S. 541ff.

Abbildung 8-2 zeigt die Widerstandskurve eines Schiffs im flachen Wasser im Vergleich zu einem Schiff im tiefen Wasser. Es ist deutlich zu erkennen, wie die oben beschriebenen Effekte den Leistungsbedarf im flachen Wasser aufgrund des höheren Widerstands beeinflussen. Bis zur so genannten kritischen Geschwindigkeit (VKrit) ist bei ansonsten gleichen Rahmenbedingungen der Fahrwiderstand im flachen Wasser immer höher als im tiefen. Die kritische Geschwindigkeit kann von einem Verdrängerschiff nicht überschritten werden. Traditionelle Motorgüterschiffe sind Verdrängerschiffe. Da es sich bei Binnenwasserstraßen um flaches Wasser mit zum Teil zusätzlicher seitlicher Begrenzung des Fahrwassers handelt, sind die oben beschriebenen und in der Grafik verdeutlichten Effekte nicht vernachlässigbar. Welche Bedeutung die Wassertiefe für den Leistungsbedarf hat, macht die nachfolgende Grafik deutlich:

Abbildung 8-3: Eingesetzte Leistung in Abhängigkeit der Wassertiefe für verschiedene Geschwindigkeiten (GMS mit 2,5 m Tiefgang)



Es ist zu erkennen, welchen entscheidenden Einfluss die Wassertiefe auf den Leistungsbedarf hat. Schaut man sich das Beispiel der Iso-Geschwindigkeitskurve für v = 16 km/h an, so fällt auf, dass bei einer Erhöhung der Wassertiefe von 4 Metern

auf 4,5 Metern der Leistungsbedarf von rund 785 Kilowatt auf rund 500 Kilowatt sinkt. Dies entspricht einem Rückgang um 37 %. Eine weitere Vertiefung der Wasserstraße um einen halben Meter auf 5 Meter bewirkt einen weiteren Rückgang des Leistungsbedarfs um 20 % auf rund 400 Kilowatt.[223]

Neben den geschilderten Zusammenhängen ist natürlich auch der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Fahrwiderstand offensichtlich und damit auch der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Leistungsbedarf. Aus dem Leistungsbedarf wiederum lässt sich unmittelbar der Treibstoffbedarf ableiten. Bei den üblichen Antriebsanlagen der Binnenschiffe kann im Schnitt von einem Treibstoffbedarf in Höhe von 200 g/kWh ausgegangen werden.[224]

Auf der geschilderten Grundlage wurden Leistungsgeschwindigkeitsprofile für verschiedene Schiffstypen auf den relevanten Wasserstraßen ermittelt. Diese Schiffstypenbezogenen Leistungsgeschwindigkeitsprofile wurden auf die Tragfähigkeitsklassen, welche im Rahmen der Bewertung berücksichtigt werden, übertragen (s. Tabelle 8-60).

[223] Es wurden verschiedene Studien bezüglich des Leistungsbedarfs unterschiedlicher Schiffstypen nach Geschwindigkeit, Tiefgang und Wasserständen der Wasserstraßen ausgewertet. S.: z.B. VBD, Emissionen luftverunreinigender Stoffe durch den Schiffsverkehr in Nordrhein-Westfalen, Essen 2001; VBD, Weiterentwicklung des landesweiten Emissionskatasters für den Schiffsverkehr in NRW und Aktualisierung auf das Jahr 2000, Duisburg 2001; VBD, Technische und wirtschaftliche Konzepte für fluss-angepasste Binnenschiffe, Duisburg 2004; VBD, Zukunftsorientierte Technologien zur Modernisierung der Binnenschiffsflotte – Chancen und Möglichkeiten einer beschleunigten Implementierung technischer Neuerungen in bestehende Binnenschiffe, Duisburg 2005.

[224] S. PLANCO Consulting GmbH in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße, im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, Essen 2007, S. 121.

Tabelle 8-60: Tragfähigkeitsklassen mit berechneten Leistungsgeschwindigkeitsprofilen

Einzelfahrer [maximale Ladung in t]	Verbände
< 400	2er Schubverband
401 - 650	4er Schubverband
651 - 900	6er Schubverband
901 - 1.000	kanalgängiger Koppelverband
1.001 - 1.500	großer Koppelverband
1.501 - 2.000	Elbe Schubv. Tandem
2.001 - 2.500	Elbe Schubv. Doppeltandem
2.501 - 3.000	Elbe Schubv. Zwilling
> 3.000	

Für die in Tabelle 8-61 angegebenen Wasserstraßenabschnitte wurden für alle relevanten Schiffs- und Verbandstypen Leistungsgeschwindigkeitsprofile ermittelt.

Tabelle 8-61: Wasserstraßenabschnitte für die Leistungsgeschwindigkeitsprofile

Abschnitt	Wasserstraße	von	bis
Flüsse			
Donau_1	Donau	Kelheim	Straubing
Donau_2	Donau	Straubing	Vilshofen
Donau_3	Donau	Vilshofen	Österreich
Elbe_1	Elbe	Tschechien	Saalemündung
Elbe_2	Elbe	Saalemündung	Rothensee
Elbe_3	Elbe	Rothensee	Lauenburg
Elbe_4	Elbe	Lauenburg	Cuxhaven
Ems	Ems	gesamte Wasserstraße	
Main	Main	gesamte Wasserstraße	
Mosel	Mosel	gesamte Wasserstraße	
Neckar	Neckar	gesamte Wasserstraße	
Oder_1	Oder	Wroclaw	HOW
Oder_2	Oder	HOW	Szczecin
Rhein_1	Rhein	Basel	Karlsruhe
Rhein_2	Rhein	Karlsruhe	Mainmündung
Rhein_3	Rhein	Mainmündung	Bendorf
Rhein_4	Rhein	Bendorf	Duisburg
Rhein_5	Rhein	Duisburg	Niederlande
Saale	Saale	gesamte Wasserstraße	
Saar	Saar	gesamte Wasserstraße	
Weser_1	Weser	Oberweser	
Weser_2	Weser	Mittelweser	
Weser_3	Weser	Unter-/Außenweser	
Kanäle			
Kanaele_1	Kanäle mit einer garantierten Abladetiefe von 2,0 Metern		
Kanaele_2	Kanäle mit einer garantierten Abladetiefe von 2,2 Metern		
Kanaele_3	Kanäle mit einer garantierten Abladetiefe von 2,5 Metern		
Kanaele_4	Kanäle mit einer garantierten Abladetiefe von 2,6 Metern		
Kanaele_5	Kanäle mit einer garantierten Abladetiefe von 2,7 Metern		
Kanaele_6	Kanäle mit einer garantierten Abladetiefe von 2,8 Metern		

8.3.3.2 Leistungs-/Geschwindigkeitsprofile der Tragfähigkeitsklassen

Für die in Tabelle 8-61 aufgeführten Wasserstraßenabschnitte wurde Leistungsgeschwindigkeitsprofile für die jeweils relevanten Schiffs- und Verbandstypen erstellt. Dabei wurden die Profile für die Flüsse für zwei Geschwindigkeiten dargestellt. Da es sich jeweils um die Geschwindigkeiten gegenüber Wasser handelt, ist bei Berechnungen auf Basis dieser Profile die höhere Geschwindigkeit für die Bergfahrt und die niedrigere Geschwindigkeit für die Fahrt zu Tal heranzuziehen. Bei den Kanälen wurde von einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 10 km/h ausgegangen. Bei den Flüssen wurden die Geschwindigkeiten unter Berücksichtigung der jeweiligen Fließgeschwindigkeit und des ökonomisch optimalen Leistungseinsatzes ermittelt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind im gesonderten Anhang „Leistungs-/Geschwindigkeitsprofile Binnenschiffe“ zu diesem Bericht dargestellt.[225]

Zur Berechnung der Treibstoffkosten der Binnenschifffahrt ist der aus dem jeweiligen Leistungsbedarf in Kilowatt direkt ableitbare Kraftstoffverbrauch mit dem Nettopreis je Liter Diesel zu multiplizieren.

8.3.3.3 Erhöhung der Energieeffizienz bis 2030

Die in Abschnitt 8.3.3.1 geschilderten Zusammenhänge machen deutlich, welche Einflussfaktoren die Entwicklung der Energieeffizienz der Binnenschifffahrt bis 2030 bestimmen. Es handelt sich im Wesentlichen um drei Kategorien:

- Infrastrukturinduzierte Verbesserungen,
- Verhaltensänderungen,
- Schiffseitige Entwicklungen.

Die **infrastrukturinduzierten Effizienzsteigerungen** resultieren aus dem Wasserstraßenausbau und sind somit Bestandteil der Nutzenermittlung einer Maßnahme. Hierbei kommen natürlich verschiedene gegenläufig wirksame Effekte zum Tragen. Erstens sinkt bei einer Vergrößerung des Wasserstraßenquerschnitts bei ansonsten gleichen Abladebedingungen der Energiebedarf. Zweitens wird eine höhere Abladung bei den eingesetzten Schiffen möglich. Die höhere Abladung erhöht zwar

[225] Bei genaueren Informationen zum Leistungsbedarf auf bestimmten Relationen, sollten die im Anhang dargestellten Profile entsprechend ergänzt werden.

den Energiebedarf des Schiffes, aber dieser Effekt wird i.d.R. durch die Mehrladung überkompensiert. So dass der Gesamteffekt einen gesunkenen Energiebedarf je Tonnenkilometer bewirkt. Der letzte Effekt resultiert daraus, dass größere Schiffe eingesetzt werden können. Die zwar normalerweise einen höheren Energiebedarf habe als kleinere Schiffe, aber deutlich mehr Ladung transportieren können und somit auch die Zahl der notwendigen Reisen für die Jahrestonnage i.d.R. zurückgeht.

Im Resultat bleibt festzuhalten, dass die Infrastrukturverbesserungen einen maßgeblichen Einfluss auf den Energiebedarf der Binnenschiffe haben und diesen senken, Dies Effizienzsteigerung werden aber in Form von Transportkostensenkungen bewertet und sind nicht als Effizienzsteigerung im Sinne der Wertansätze und technischen Entwicklungen anzusehen. Sie bestimmen vielmehr, welche Leistungsgeschwindigkeitsprofile für die Kalkulation des Energieverbrauchs genutzt werden müssen, verändern aber nicht die Leistungsgeschwindigkeitsprofile selbst.

Durch **Verhaltensänderungen** sind in der Realität sehr wahrscheinlich noch große Energieeinsparpotenziale gegeben. Eine ökonomisch optimierte Fahrweise hat einen energiesparenden Charakter. Ob diese ökonomische Verhaltensweise durch langsamere Fahrt oder durch effizientere Steuerung zustande kommt ist für den Effekt erst einmal unerheblich. An dieser Stelle ist jedoch die Unterscheidung zwischen realem Verhalten und unterstelltem Verhalten in der Modellwelt bedeutsam. Beim realen Verhalten gibt es die skizzierten verhaltensbedingten Einsparpotenziale, in der für die Bewertung genutzten Modellwelt nicht. Wie in Abschnitt 8.3.3.2 erwähnt, wurde bei der Erstellung der Leistungsgeschwindigkeitsprofile eine ökonomisch rationale Verhaltensweise unterstellt. Somit besteht in der Bewertungs-Modellwelt kein verhaltensbedingtes Einsparpotenzial. In der Realität werden speziell bei Containertransporten Liniendienste eingerichtet. Diese Liniendienste fahren aber aus „ökonomisch rationaler Sicht“ (gemessen als Vollkostenrechnung) nicht effizient, sondern zu schnell. Somit gibt es dort noch das Einsparungspotenzial, welches aber im Wettbewerb mit den anderen Verkehrsträgern auch nicht in jedem Fall realisiert werden kann. Durch die Annahme der ökonomischen Fahrweise bei der Erstellung der Leistungsgeschwindigkeitsprofile ist keine verhaltensbedingte Effizienzsteigerung beim Energieverbrauch mehr möglich. Die entsprechenden aktuell diskutierten Maßnahmen hierzu werden lediglich die Realität näher an die Modellwelt rücken.

Somit bleiben die **schiffsseitigen Entwicklungen** die einzige Möglichkeit, wie es zu Steigerungen der Energieeffizienz kommen kann. Maßgeblich für die Bestimmung der Leistungsgeschwindigkeitsprofile war die Schiffsform. Letztlich handelt es sich bei den Leistungsgeschwindigkeitsprofilen um Durchschnittsbetrachtungen je Schiffstyp. Verbesserungen bei der Schiffsform z.B. am Heck verbessern natürlich auch die Energieeffizienz des Schiffes. Es stellt sich dabei natürlich die Frage um wie viel im Vergleich zum Durchschnitt die Verbesserung ausmacht und wie groß der Anteil der verbesserten Schiffe an der Flotte dieses Typs 2030 sein wird. Geht man von der durchschnittlichen Lebensdauer der Kaskos aus (63 Jahre Gütermotorschiffe; 50 Jahre Motortankschiffe und 47 Jahre Schubboote), so ist davon auszugehen, dass die möglichen Effizienzsteigerungen sich extrem langsam in der Flotte durchsetzen werden (s. Abschnitt 8.3.1). Daraus ist abzuleiten, dass die Durchschnittsbetrachtung, die hinter den Leistungsgeschwindigkeitsprofilen steckt, bis 2030 nur marginal, d.h. nicht im bewertungsrelevanten Umfang, verändert wird. Die Fortschreibung des Status Quo ist an dieser Stelle die beste Prognose. Alle Abweichungen hiervon wären Annahmen basiert und hätten allenfalls vernachlässigbaren Einfluss auf die Nutzenkomponenten „Transportkostenersparnis“ und „Verminderung der Umweltbelastung“. Gleiches gilt auch für die Verbesserungen bei der Propelleranlage.

Neben Verbesserungen an der Schiffsform und dem Propeller sind natürlich Verbesserungen bei der Effizienz der Motoren bis 2030 zu erwarten. Auch wenn die Motorenlebensdauern niedriger sind als die der Kaskos, so sind sie doch mit durchschnittlich 18 Jahren so hoch, dass Motorenverbesserungen bis 2030 ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf den durchschnittlichen Energieverbrauch der Flotte haben werden. Außerdem ist eine Prognose der Effizienzsteigerung bei den Motoren mit größeren Risiken behaftet. Die Vergangenheit zeigt, dass häufig eine Verringerung der Schadstoffemissionen der Motoren durch einen leicht höheren Treibstoffverbrauch erkauft wurde.[226] Insgesamt ist zwar bis 2030 realistischer Weise von

[226] S. PLANCO Consulting GmbH in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße, im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes vertreten durch die Wasser- und Schifffahrtsdirektion Ost, Essen 2007, S. 121 und S. 180 ff.

geringeren Verbräuchen bei den Binnenschiffsmotoren auszugehen. In welchem Umfang ist aber eher unsicher. Vor dem Hintergrund des Arguments der langen Motorenlebensdauer und des Flottendurchschnitts, sollte auch der „Motorenverbesserungseffekt“ nicht zu Veränderungen des Energieverbrauchs im Flottendurchschnitt führen.

Der einzige Effekt, der einen signifikanten und quantifizierbaren Einfluss auf die Energieeffizienz der Binnenschifffahrt hat ist der Flottenstruktureffekt. Durch die Tendenz zu größeren Schiffseinheiten sinkt der Energieverbrauch je Tonnenkilometer bei ansonsten unveränderten Energieverbräuchen je Tragfähigkeitsklasse bzw. Schiffstyp.[227]

8.3.4 Erneuerungs- und Instandhaltungskosten

8.3.4.1 Erneuerungskosten

Vermiedene Erneuerungskosten an den Wegen der Binnenschifffahrt werden, soweit im Einzelfall relevant, projektspezifisch ermittelt.

8.3.4.2 Instandhaltungskosten

Für den Verkehrsträger Wasserstraße werden die Instandhaltungskosten der Wege sowohl für den Plan- als auch für den Vergleichsfall projektspezifisch ermittelt und die Differenz in die Bewertung einbezogen. In den Instandhaltungskosten sind nicht die Ersatzinvestitionen der neuen Infrastruktur enthalten. Diese werden über die mittlere gewichtete Lebensdauer berücksichtigt (s. Abschnitt 2.8).

8.4 Seeschifffahrt

8.4.1 Vorhaltungs- und Personalkosten nach Typen und Größenklassen

Im Rahmen einer aktuellen Studie zur Ermittlung der optimalen Höhe der Befahrungsabgaben auf dem Nord-Ostsee-Kanal [PLANCO 2013][228] wurden die in

[227] Zu den treibstoffkosten s. Kapitel 6.1.

[228] PLANCO Consulting GmbH (2013), Ermittlung der optimalen Höhe der Befahrungsabgaben am NOK unter Berücksichtigung fiskalischer und gesamtwirtschaftlicher Auswirkungen, Studie im Auftrag der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Außenstelle Nord, Entwurf des Schlussberichtes, Essen, März 2013.

[PLANCO 2011][229] nach Schiffstypen und Größenklassen für den Preisstand des Jahres 2008 ermittelten einzel- und gesamtwirtschaftlichen Bereithaltungskosten der Seeschiffe auf den Preisstand des Jahres 2010 aktualisiert. Die Bereithaltungskosten sind differenziert in Abschreibungen auf Anlagekapital (AFA), Verzinsung des eingesetzten Kapitals, Personalkosten und sonstige Kosten. Die sonstigen Kosten beinhalten Versicherungskosten, Verwaltungskosten, Kosten für Reparatur und Wartung sowie für Schiffsvorräte und Schmierstoffe.

Zur Aktualisierung der Personalkosten und der Sonstigen Kosten auf den Stand des Jahres 2012 kann auf die aktuelle Fachpublikation „Ship Operating Costs Annual Review and Forecast – Annual Report 2011/2012“ von Drewry Maritime Research zurückgegriffen werden.[230] Auf Basis der dort für die einzelnen Kostenbestandteile differenziert nach Schiffstypen publizierten Jahresreihen wurden entsprechende Aktualisierungsfaktoren 2012/2010 hergeleitet und auf die aus [PLANCO 2013] zum Preisstand des Jahres 2010 vorliegenden Kostensätze angewendet. Je nach Schiffstyp und Größenklassen ergeben sich hieraus im Zeitraum 2010 bis 2012 Erhöhungen der Personalkosten in einer Bandbreite zwischen insgesamt 3,0% und 5,7%, bzw. zwischen 1,5% und 2,8% pro Jahr. Bei den sonstigen Kosten liegt der Anstieg in einer Bandbreite zwischen insgesamt 7,5% und 8,4% bzw. zwischen 3,7% und 4,1% pro Jahr.

Zur Berechnung der Abschreibungen ist im Rahmen gesamtwirtschaftlicher Betrachtungen auf Wiederbeschaffungspreise Bezug zu nehmen. Ausgehend von aus [PLANCO 2011] differenziert nach Schiffstypen und Größenklassen vorliegenden Neubaupreisen des Jahre 2008 können diese für den Preisstand des Jahres 2012 anhand der Entwicklung des 'Clarkson Newbuilding Price Index'[231] für den Zeitraum 2008 bis 2012 berechnet werden.

---

[229] Vgl. PLANCO Consulting GmbH (2011), Nutzen-Kosten-Untersuchung für Vertiefungs- und Ausbaumaßnahmen am Nord-Ostsee-Kanal, Studie im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Kiel-Holtenau, Schlussbericht, Essen, April 2011.

[230] Vgl. Drewry Maritime Research, Ship Operating Costs Annual Review and Forecast, Annual Report 2011/2012.

[231] Zur Erhebung und Berechnung vgl.: Clarkson Research Services Limited, Sources & Methods for the Shipping Intelligence Weekly, April 2013.

Die Höhe der jährlichen Abschreibungen ergibt sich durch Division der Wiederbeschaffungspreise durch die technische Lebensdauer der Schiffe (von der Fertigstellung bis zur Abwrackung). Ausgehend von in [ISL 2012][232] veröffentlichten Daten zum Durchschnittsalter abgewrackter Seeschiffe lässt sich diese für die hier betrachteten Schiffstypen in einer Bandbreite zwischen rd. 29 Jahren (Containerschiffe) und 34 Jahren (Stückgutschiffe) ermitteln.

Die Verzinsung des eingesetzten Kapitals spiegelt im Rahmen gesamtwirtschaftlicher Analysen die zeitliche Ressourcenbindung. Sie wird analog zu den Abschreibungen auf Basis der Neubaupreise 2012 sowie der technischen Lebensdauer der Seeschiffe berechnet. Im Durchschnitt der Lebensdauer ist hierbei die Hälfte des eingesetzten Kapitals gebunden. Als Zinssatz kommt der für die aktuelle Bundesverkehrswegeplanung ermittelte reale Diskontsatz in Höhe von 1,7% zur Anwendung.

In den folgenden sechs Tabellen sind die Ergebnisse der Berechnungen für den Preisstand des Jahres 2012 differenziert nach Schiffstypen und tdw-Klassen dargestellt.

[232] Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL), Shipping Statistics Yearbook 2012, Tabelle 1.2.5: broken-up tonnage by year of build and ship type.

Tabelle 8-62: Vorhaltungs- und Personalkosten der Bulkschiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag)

tdw-Klasse	Afa	Zinsen	Sonstiges	Summe Vorhaltung	Personal
bis 9.999	583	152	1.853	2.588	1.652
10.000 – 19.999	889	231	2.115	3.235	1.886
20.000 – 29.999	1.184	308	2.191	3.683	1.953
30.000 – 39.999	1.546	402	2.373	4.321	1.953
40.000 – 49.999	1.723	448	2.557	4.728	1.953
50.000 – 59.999	2.147	558	3.076	5.781	2.234
60.000 – 79.999	2.147	558	3.278	5.983	2.272
80.000 – 99.999	2.466	641	3.523	6.630	2.241
100.000 – 120.000	2.913	758	3.811	7.482	2.241
über 120.000	3.361	874	4.099	8.334	2.241

Tabelle 8-63: Vorhaltungs- und Personalkosten der Tankschiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag)

tdw-Klasse	Afa	Zinsen	Sonstiges	Summe Vorhaltung	Personal
bis 9.999	865	222	3.075	4.162	2.132
10.000 – 19.999	997	256	3.526	4.779	2.446
20.000 – 29.999	1.122	288	3.646	5.056	2.529
30.000 – 39.999	1.254	322	3.767	5.343	2.613
40.000 – 49.999	1.811	465	3.955	6.231	2.619
50.000 – 59.999	2.006	515	4.144	6.665	2.624
60.000 – 79.999	2.194	563	4.332	7.089	2.631
80.000 – 99.999	2.376	610	4.521	7.507	2.636
100.000 – 120.000	2.689	690	4.786	8.165	2.636
über 120.000	2.996	769	5.049	8.814	2.636

Tabelle 8-64: Vorhaltungs- und Personalkosten der Gastanker zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag

tdw-Klasse	Afa	Zinsen	Sonstiges	Summe Vorhaltung	Personal
bis 9.999	814	209	3.503	4.526	2.423
10.000 – 19.999	938	241	4.017	5.196	2.778
20.000 – 29.999	1.056	271	4.154	5.481	2.872
30.000 – 39.999	1.180	303	4.293	5.776	2.969
40.000 – 49.999	1.705	438	4.506	6.649	2.975
50.000 – 60.000	1.888	485	4.721	7.094	2.982
über 60.000	2.066	530	4.935	7.531	2.988

Tabelle 8-65: Vorhaltungs- und Personalkosten der Containerschiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag)

tdw-Klasse	Afa	Zinsen	Sonstiges	Summe Vorhaltung	Personal
bis 9.999	978	244	1.283	2.505	1.912
10.000 – 19.999	1.408	351	1.849	3.608	2.066
20.000 – 29.999	1.995	497	2.619	5.111	2.448
30.000 – 39.999	2.677	667	3.515	6.859	2.754
40.000 – 49.999	3.195	796	4.192	8.183	2.754
50.000 – 59.999	3.605	898	4.734	9.237	2.754
60.000 – 79.999	3.813	950	5.000	9.763	2.754
80.000 – 99.999	4.508	1.123	5.918	11.549	2.754
100.000 – 120.000	5.259	1.310	6.903	13.472	2.754
über 120.000	6.761	1.684	8.876	17.321	2.754

Tabelle 8-66: Vorhaltungs- und Personalkosten der Stückgut- und sonstigen Schiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag)

tdw-Klasse	Afa	Zinsen	Sonstiges	Summe Vorhaltung	Personal
bis 9.999	462	134	1.045	1.641	1.130
10.000 – 19.999	583	169	1.736	2.488	1.580
20.000 – 29.999	749	217	2.420	3.386	1.812
30.000 – 39.999	886	257	2.892	4.035	1.969
40.000 – 49.999	1.024	297	3.316	4.637	2.095
50.000 – 59.999	1.228	356	3.623	5.207	2.230
60.000 – 79.999	1.431	415	3.931	5.777	2.366
80.000 – 99.999	1.778	515	4.954	7.247	2.530
100.000 – 120.000	2.119	614	5.978	8.711	2.694
über 120.000	2.466	715	6.674	9.855	2.817

Tabelle 8-67: Vorhaltungs- und Personalkosten der RoRo- und Fahrzeugschiffe zum Preisstand des Jahres 2012 (in Euro je Betriebstag

tdw-Klasse	Afa	Zinsen	Sonstiges	Summe Vorhaltung	Personal
bis 9.999	2.356	649	2.144	5.149	1.609
10.000 – 19.999	4.113	1.133	2.382	7.628	1.754
20.000 – 29.999	6.085	1.676	2.805	10.566	1.948
30.000 – 40.000	7.424	2.045	3.165	12.634	1.971
über 40.000	8.504	2.342	3.583	14.429	1.992

8.4.2 Treibstoffkosten

Die Treibstoffkosten eines Schiffes ergeben sich aus dem jeweiligen Treibstoffverbrauch bewertet mit den Treibstoffpreisen.

Der Treibstoffverbrauch (F_a) ist hierbei von folgenden Determinanten abhängig:

- Alter des Motors (a),
- Maschinenleistung (in $kW_{nominell}$) bei voller Auslastung (MCR),
- effektive Geschwindigkeit des Schiffs (V_a).

Fa lässt sich also funktional darstellen als

(1) F_a (g/kWh) = f (a, MCR (kW), V_a).

- Das Alter der Schiffsmotoren (a) liegt nicht vor, sondern lediglich das Baujahr der Schiffe. Es ist eine Annahme zu treffen über den Zusammenhang Schiffsalter/Alter der Motoren.
- MCR (in kW) ist das maximum continuos rating, d.h. die Maschinenleistung in kW bei voller Auslastung. In diesem Fall entspricht die effektive Geschwindigkeit der technisch maximalen Geschwindigkeit.
- V_a entspricht der effektiv gefahrenen Geschwindigkeit des betrachteten Schiffs.

Zur Dokumentation der grundsätzlichen Abhängigkeit des Treibstoffverbrauchs vom Alter des Schiffsmotors und von der Maschinenleistung (in kW) wurde auf die IMO-Studie 2009 zurückgegriffen.[233] Folgende Tabelle 8-68 dokumentiert diese Abhängigkeit bei Dienstgeschwindigkeit der Schiffe. Diese ist bei einem Ladungsfaktor von 75% erreicht. F_m entspricht hier dem Verbrauch bei Dienstgeschwindigkeit.

[233] Vgl. IMO (2009), Second IMO GHG Study 2009, S. 139.

Tabelle 8-68: Treibstoffverbrauch eines Schiffes Fm (in g/kWh) bei Dienstgeschwindigkeit:

Alter des Motors	MCR (kW) > 15.000 kW	MCR (kW) zwischen 5.000 und 15.000 kW	MCR (kW) < 5.000 kW
älter als 1984	205	215	225
zwischen 1984 und 2000	185	195	205
jünger als 2000	175	185	195

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an IMO (2009), S. 139.

Neben dem Motorenalter und der Maschinenleistung ist der Transportverbrauch von der Geschwindigkeit der Schiffe abhängig. Angesichts der tendenziell steigenden Treibstoffkosten besteht für die Transportunternehmen der Anreiz zur Ausnutzung von Kosteneinsparungspotenzialen. Eine geeignete Maßnahme ist das so genannte „slow steaming“, also die Verringerung der Fahrtgeschwindigkeit der Schiffe. Diese hat zwei Folgen: Einerseits können Treibstoffverbrauch und somit auch die Treibstoffkosten gesenkt werden. Andererseits erhöht „slow steaming“ die Transportzeit. Da die Transportunternehmen an einer Maximierung ihres Nutzens interessiert sind, ergibt sich für sie durch die beiden gegenläufigen Effekte die Notwendigkeit der Ermittlung einer „optimalen Transportgeschwindigkeit“. Diese liegt tendenziell deutlich unterhalb der maximal möglichen Geschwindigkeit der Schiffe.[234]

[234] Vgl. etwa Seas at Risk (2010), Going Slow to Reduce Emissions, IMO (2009), Second IMO GHG Study 2009, CE Delft et al. (2006), Greenhouse Gas Emissions for Shipping and Implementation Guidance for the Marine Fuel Sulphur Directive (2006), Dezember 2006, Notteboom, T.E., Vernimmen, B. (2009), The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping, in: Journal of Transport Geography, 17, 5, S. 325-337, Corbett, J.J. et al. (2009), Impacts of speed reductions on vessel-based emissions for international shipping, Paper presented at 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Shoreham, Washington D.C., 12. Januar 2009.

Grundsätzlich hat eine Verringerung der Schiffsgeschwindigkeit einen kubischen Einfluss auf die Maschinenleistung, es gilt somit:

$$(2)\ \frac{kW_a}{kW_m} = \left(\frac{V_a}{V_m}\right)^3$$

mit kW_a = effektive Maschinenleistung in kW, kW_m = maximale Maschinenleistung, V_a = effektive Geschwindigkeit und V_m = maximale Geschwindigkeit.[235]

Gemäß obiger kubischer Funktion lässt sich ermitteln, welche Maschinenleistung bei beliebigen Minderungen der Geschwindigkeiten einzusparen ist. Diese Einsparung an Maschinenleistung korreliert perfekt mit der Einsparung an Treibstoff. Eine Fahrgeschwindigkeit von 91% wäre mit einer effektiven Maschinenleistung von ca. 75% der maximalen Maschinenleistung zu erreichen (Dienstgeschwindigkeit), eine Geschwindigkeit von beispielsweise 50% der maximal erreichbaren Geschwindigkeit wäre mit einer eingesetzten Maschinenleistung von ca. 12,5% der Maximalleistung erreichbar. Es wird allerdings unterstellt, dass ein Mindestanteil der Maschinenleistung von 11% immer notwendig sein wird und dass die eingesetzte Maschinenleistung maximal 90% der Maximalleistung beträgt. Letzteres liegt darin begründet, dass Risikomargen berücksichtigt werden, die benötigt werden, um mögliche Überlastungen der Schiffsmotoren bei verunreinigten Tanks oder extremem Wetter zu verhindern.

[235] Vgl. Seas at Risk (2010), a.a.O., S. 8.

Eine Differenzierung nach Schiffstypen und tdw-Klassen erfolgt über die maximale Maschinenleistung (in kW). Für die einzelnen Klassen ergeben sich die folgenden funktionalen Zusammenhänge:

(1) für Schiffe mit MCR > 15.000 kW:

$$F_{a1}\,(g/kWh) = \begin{cases} 205 * (\frac{V_a}{V_m})^3 & \text{für Schiffsmotoren älter als } 1984 \\ 185 * (\frac{V_a}{V_m})^3 & \text{für Schiffsmotoren zwischen } 1984 \text{ und } 2000 \\ 175 * (\frac{V_a}{V_m})^3 & \text{für Schiffsmotoren jünger als } 2000 \end{cases}$$

Für eine Geschwindigkeit von beispielsweise 80% der Maximalgeschwindigkeit sind effektiv 51,2% der Maschinenleistung notwendig. Der Verbrauch beträgt dann beispielsweise für Schiffe mit mehr als 15.000 kW und Schiffsmotoren jünger als 2000 F_{a1} (g/kWh) = 175*(0,80)^3 kWh, also 89,6 g/kWh.

(2) für Schiffe mit MCR zwischen 5.000 und 15.000 kW:

$$F_{a2}\,(g/kWh) = \begin{cases} 215 * (\frac{V_a}{V_m})^3 & \text{für Schiffsmotoren älter als } 1984 \\ 195 * (\frac{V_a}{V_m})^3 & \text{für Schiffsmotoren zwischen } 1984 \text{ und } 2000 \\ 185 * (\frac{V_a}{V_m})^3 & \text{für Schiffsmotoren jünger als } 2000 \end{cases}$$

(3) für Schiffe mit MCR < 5.000 kW:

$$F_{a3}\,(g/kWh) = \begin{cases} 225 * (\frac{V_a}{V_m})^3 & \text{für Schiffsmotoren älter als } 1984 \\ 205 * (\frac{V_a}{V_m})^3 & \text{für Schiffsmotoren zwischen } 1984 \text{ und } 2000 \\ 195 * (\frac{V_a}{V_m})^3 & \text{für Schiffsmotoren jünger als } 2000 \end{cases}$$

Bei der Berechnung der Treibstoffpreise sind bis zum Jahr 2030 eintretende gravierende Veränderungen der gesetzlichen Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

Mit der zum 1. Juli 2010 endgültig in Kraft getretenen Revision des Anhangs 6 der MARPOL Konvention wird die weitere Reduktion des Schwefelgehaltes im Treibstoff der Seeschiffe verbindlich. Ab Januar 2015 ist in „Sulphur Emission Control Areas (SECA's)", hierzu gehören Nord- und Ostsee, ein maximaler Schwefelanteil von nurmehr 0,1% (aktuell seit 1. Juli 2010 maximal 1,0%) zulässig. Diese Verschärfung der Richtlinien erfordert einen Übergang von den derzeit genutzten Schwerölen zu deutlich teureren Destillaten. Bei der Ermittlung der Treibstoffkosten für die Schiffsreisen sind je nach durchfahrener Region entsprechend zwei alternative Treibstoffqualitäten zu berücksichtigen: Fuel Oil 180 CST in Non-SECA's und Marine Diesel Oil in SECA's.

Nach Angaben in [ISL 2012] belaufen sich die Preise für diese Qualitäten in der Hamburg - Le Havre Range im Jahresdurchschnitt 2012 auf 549 EURO je Tonne (180CST) bzw. 768 EURO je Tonne (MDO).

Wird der in den Szenario-Vorgaben der Verkehrsprognose 2030 für den Prognosezeitraum veranschlagte Anstieg des realen Rohölpreises von 79 US-Dollar je barrel in 2010 auf 120 US-Dollar je barrel in 2030 auf die Preise der genannten Seeschiffstreibstoffe angewendet, so ergeben sich diese zum Preisstand des Jahres 2030 mit real 606 EURO (180 CST) bzw. 848 EURO (MDO) je Tonne. Gegenüber dem Stand des Jahres 2012 entspricht dies einem Anstieg um insgesamt gut 10% bzw. knapp 0,6% pro Jahr.

8.5 Durchschnittskostensätze für den abgebenden Verkehrsträger bei Verlagerungen

Bei Verlagerungen zwischen konkurrierenden Verkehrsträgern sind die Nutzen aus den eingesparten

- Kosten der Fahrzeugvorhaltung und des Fahrzeugbetriebs (NB),
- Abgasemissionskosten (NA) und
- Unfallfolgekosten (NS)

zu erfassen.

Die hochdifferenzierte Verfahrensweise für die Ermittlung der oben genannten Nutzenkomponenten bei den aufnehmenden Verkehrsträgern ist für die Betrachtung der abgebenden Verkehrsträger bei weitem zu aufwendig.

Hierzu wäre beispielsweise die Durchführung von Netzumlegungen bei den abgebenden Verkehrsträgern Schiene, Straße und Binnenwasserstraße erforderlich. Beim Verkehrsträger Schiene müssten hierauf aufbauend im SPFV unter anderem Dimensionierungen der vorzuhaltenden Fahrzeugkapazitäten erfolgen und beim SGV eine Zug- und Wagenbildung.

Beim Verkehrsträger Straße müssten die Umlegungsergebnisse auf Zeitscheiben umgerechnet und hieraus die Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten sowie Schadstoffemissionskosten differenziert nach den je Zeitscheibe unterschiedlichen Belastungszuständen abgeleitet werden.

Um den oben skizierten Aufwand zu vermeiden, wird bei der Nutzenermittlung bezogen auf die abgebenden Verkehrsträger von den in den Kapiteln 8.5.1 bis 8.5.7 hergeleiteten durchschnittlichen Kosten- und Wertansätzen ausgegangen.

Da die Unfallfolgekosten beim abgebenden in der Regel im gleichen Differenzierungsgrad ermittelt werden wie beim aufnehmenden Verkehrsträger, ist an dieser Stelle keine Berechnung mittlerer Kosten- und Wertansätze erforderlich. Zur Ermittlung der Unfallfolgekosten kann daher auch beim abgebenden Verkehrsträger auf die Ansätze gemäß Kapitel 7.1 zurückgegriffen werden.

8.5.1 Motorisierter Individualverkehr

8.5.1.1 Spezifische Fahrzeugvorhaltung- und -betriebskosten

Als Grundlage für die Ermittlung der Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten sind die aus der Nachfrageprognose für den Planfall resultierenden verlagerten Verkehrsleistungen (Personen-km/Jahr) in verlagerte Betriebsleistungen (Pkw-km/Jahr) anhand der in Tabelle 8-69 zusammengestellten Pkw-Besetzungsgrade umzurechnen.

Tabelle 8-69: Durchschnittliche Pkw-Besetzungsgrade in Anzahl Personen/Pkw gemäß VP 2030

Fahrtzweck	Pkw-Besetzungsgrad in Anzahl Personen/Pkw	
	Fahrtweite < 50 km	Fahrtweite ≥ 50 km
Arbeit	1,1	1,1
Ausbildung	1,7	1,3
Dienstlich/Geschäft	1,0	1,1
Einkauf	1,3	1,8
Freizeit/Privat	1,6	2,0
Urlaub	---	2,3

Im Prinzip steigen die Pkw-Besetzungsgrade mit der Fahrtweite. Dies kommt auch in den Angaben gemäß Tabelle 8-69 mit Ausnahme des Fahrtzweckes Ausbildung zum Ausdruck. Hier ist der Besetzungsgrad bei einer Fahrtweite < 50 km größer als bei einer Fahrtweite ≥ 50 km. Dies ist dadurch begründet, dass bei kürzeren Fahrten der Anteil von Bringern/Abholern tendenziell größer ist als bei längeren Fahrten.

Die Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten setzen sich aus den folgenden Teilkomponenten zusammen:

- Energiekosten
- Betriebskostengrundwerte (fahrleistungsabhängige Abschreibung, Reifenverschleiß sowie Reparatur, Wartung und Schmierstoffe)
- Vorhaltungskosten (Verzinsung, zeitabhängige Abschreibung, Unterstellung der Fahrzeuge und allgemeine Kosten)

Die Abschreibung der Fahrzeuge erfolgt jeweils zur Hälfte fahrleistungs- und zeitabhängig. Kosten der Fahrzeugvorhaltung fallen nur im Fahrtzweck „Dienstlich/Geschäft“ an, da hier davon ausgegangen wird, dass sich der Umfang der vorgehaltenen Fahrzeugflotte proportional zu den zu erbringenden Betriebsleistungen verhält.

Bei den anderen Fahrtzwecken wird davon ausgegangen, dass sich aus Verkehrsverlagerungen vom MIV zum SPV im Wertebereich des BVWP keine Auswirkungen auf den Umfang des privaten Pkw-Bestandes ergeben. Hier sind also nur die Energiekosten und die Betriebskostengrundwerte zu berücksichtigen.

Bei der Bestimmung der spezifischen Kostensätze und Energieverbrauchsraten wurde von der in Tabelle 8-70 dargestellten Zusammensetzung der Pkw-Betriebsleistungen nach Antriebsarten im Prognosejahr 2030 gemäß Verkehrsverflechtungsprognose 2030 ausgegangen.

Tabelle 8-70: Zusammensetzung der Fahrleistungen von Pkw nach Antriebsarten im Prognosejahr 2030

Antriebsart	Betriebsleistung 2030 in Mrd. Fahrzeug-km/Jahr	Anteil in %
Otto	171,2	25,7
Diesel	255,3	38,3
Flüssiggas, Erdgas	79,7	11,9
Hybrid	94,6	14,2
Plug-in-Hybrid	57,7	8,6
Elektro (Batterie)	8,9	1,3
Summe	**667,4**	**100,0**

Der Ermittlung der spezifischen Energiekosten für die einzelnen Antriebsarten liegen die folgenden gesamtwirtschaftlichen Kraftstoff- bzw. Strompreisen zugrunde (zur Herleitung vgl. Kapitel 6.1 bis 6.3):

- Ottokraftstoff: 0,76 €/l
- Dieselkraftstoff: 0,76 €/l
- Gas: 0,61 €/l
- Elektrischer Strom: 0,19 €/kWh

Unter Ansatz der in der VP 2030 angenommenen Verbrauchsraten wurden in Tabelle 8-71 die durchschnittlichen spezifischen Energiekosten von Pkw bezogen auf die verschiedenen Antriebsarten hergeleitet.

Tabelle 8-71: Herleitung der spezifischen Energiekosten von Pkw nach Antriebsarten

Antriebsart	Durchschnittlicher Verbrauch		Spezifische Energiekosten in €/100 Fz-km
	l/100 Fz-km	kWh/100 Fz-km	
Otto	5,9		4,48
Diesel	5,0		3,80
Flüssiggas, Erdgas	5,9		3,60
Hybrid	4,0		3,04
Plug-in-Hybrid		21,5	4,09
Elektro (Batterie)		17,3	3,29

Die Verbrauchsraten für die Antriebsarten Hybrid, Plug-in-Hybrid und Elektro wurden durch Interpolation zwischen den Angaben für die Bezugsjahre 2020 und 2030 aus der Studie „Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung“[236] abgeleitet.

Die in der angegebenen Quelle aufgeführte Verbrauchsrate für Plug-in-Hybrid-Fahrzeuge wurde dahingehend interpretiert, dass sich diese auf einen vollständigen Betrieb mit Elektrotraktion bezieht. Angaben über den Anteil der Betriebsleistungen mit Diesel- bzw. Ottoantrieb und die hierauf bezogenen Verbrauchsraten liegen nicht vor. In Anbetracht des vergleichsweise geringen Anteils der Fahrleistungen von Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen an den Gesamtfahrleistungen von Pkw im Jahr 2030 wird bei diesen Fahrzeugen vereinfachend von einem vollständigen Betrieb mit Elektroantrieb ausgegangen. Im Rahmen des im BVWP möglichen Genauigkeitsgrades wird es für vertretbar gehalten, die Auswirkungen des Betriebsleistungsanteils von Plug-in-Hybrid-Pkw mit Diesel- bzw. Ottoantrieb zu vernachlässigen.

[236] ewi/gws/prognos, Energieszenarien für ein Energiekonzept der Bundesregierung, Projekt Nr. 12/10, Basel/Köln/Osnabrück 2010

In Tabelle 8-72 wurden zunächst die für die verschiedenen Antriebsarten maßgebenden spezifischen Energiekosten mit den Betriebskostengrundwerten gemäß Tabelle 8-33 in Kapitel 8.5.1 zusammengefasst. Aus diesen je Antriebsart zusammengefassten Kostensätzen wurde das für die Bewertung maßgebende anhand des betreffenden Betriebsleistungsanteils gewichtete Mittel gebildet.

Tabelle 8-72: Herleitung der durchschnittlichen spezifischen Betriebs- und Energiekosten von Pkw

Antriebsart	Anteil an den Betriebsleistungen 2030 in %	€ / 100 Fz-km			
		Betriebskosten-grundwerte	Spezifische Energiekosten	Summe	Summe gewichtet
Otto	25,7	14,65	4,48	19,13	**4,92**
Diesel	38,3	14,60	3,80	18,40	**7,05**
Flüssiggas, Erdgas	11,9	15,11	3,60	18,71	**2,23**
Hybrid	14,2	15,11	3,04	18,15	**2,58**
Plug-in-Hybrid	8,6	15,11	4,09	19,20	**1,65**
Elektro (Batterie)	1,3	15,11	3,29	18,40	**0,24**
Summe	**100,0**				**18,66**

Die oben hergeleiteten durchschnittlichen Pkw-Betriebs- und -Energiekosten in Höhe von 0,19 €/Pkw-km gelten für alle vom MIV auf den SPV verlagerten Pkw-Betriebsleistungen mit Ausnahme des Fahrtzweckes Dienstlich/Geschäft. Bei diesem Fahrzweck sind zusätzlich noch die auf die durchschnittlichen Fahrleistungen umgelegten originär zeitabhängigen Fahrzeugvorhaltungskosten zu berücksichtigen.

Tabelle 8-73: Herleitung der durchschnittlichen spezifischen Vorhaltungskosten von Pkw

Antriebsart	Anteil an den Betriebsleistungen 2030 in %	Vorhaltungskosten je Fahrzeug in € / Jahr	Mittlere Jahresfahrleistung in km / Jahr	€ / 100 Fz-km	
				Spezifische Vorhaltungskosten	Spezifische Vorhaltungskosten gewichtet
	(1)	(2)	(3)	(4)= (2)/(3)x100	(5)= (1)x(4)/100
Otto	25,7	1.420	10.990	12,92	3,32
Diesel	38,3	1.980	21.370	9,27	3,55
Flüssiggas, Erdgas	11,9	1.829	21.370	8,56	1,02
Hybrid	14,2	1.930	11.000	17,55	2,49
Plug-in-Hybrid	8,6	1.930	11.000	17,55	1,51
Elektro (Batterie)	1,3	1.930	11.000	17,55	0,23
Summe	**100**				**12,12**

Für den Fahrtzweck Dienstlich/Geschäft ergeben sich für die durchschnittlichen Fahrzeugvorhaltungs-, Betriebs- und Energiekosten im vom MIV auf den SPV verlagerten Verkehr damit insgesamt 0,19 + 0,12 = 0,31 € / Fz-km.

8.5.1.2 Spezifische Abgasemissionskosten

Als Grundlage für die Ermittlung der spezifischen Abgasemissionskosten von Pkw wurden in Tabelle 8-74 die Emissionskostensätze für die Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren ermittelt.

Tabelle 8-74: Emissionskostensätze für die Kraftstoffe für Verbrennungsmotoren im motorisierten Individualverkehr

Schadstoffart	Wertansatz (€/t Schadstoff)	Emissionsfaktor (g Schadstoff/l Kraftstoff)			Emissionskostensatz (Cent/l Kraftstoff)		
		Otto	Diesel	Gas	Otto	Diesel	Gas
CO_2	145	2.625	2.774	1.614	38,06	40,22	23,40
NO_x	15.400	0,971	4,613	1,139	1,50	7,10	1,75
SO_2	13.200	0,012	0,013	0	0,02	0,02	0,00
HC	1.700	0,094	0,182	0,133	0,02	0,03	0,02
PM	146.900	0,031	0,035	0,011	0,46	0,51	0,16
CO	46	5,120	0,688	3,862	0,02	0,00	0,02
Summe					**40,07**	**47,89**	**25,36**

Bei den Emissionsfaktoren für Otto- und Dieselkraftstoff ist die Beimischung von 10 Gewichts-% Ethanol bzw. 13 Gewichts-% Biodiesel berücksichtigt.

Die Wertansätze für die verschiedenen Schadstoffarten wurden aus Tabelle 7-19 in Kapitel 7.2.2.5 übernommen. Während bei allen anderen Schadstoffarten gleiche Wertansätze bezüglich der Schadstoffemissionen innerorts und außerorts gelten, bestehen bei den Partikelemissionen erhebliche Unterschiede zwischen Emissionen innerorts (364.100 €/t) und außerorts (122.800 €/t).

Bezogen auf den Wertebereich des BVWP wurde der Innerortsanteil für den vom MIV auf den SPV verlagerten Verkehr mit 10% abgeschätzt. Der für die Bestimmung des Emissionskostensatzes gewichtete mittlere Wertansatz liegt damit bei 146.900 €/t.

Der Emissionskostensatz für elektrischen Strom wurde in Tabelle 8-75 auf Grundlage der Wertansätze von Tabelle 7-18 in Kapitel 7.2.2.5 ermittelt.

Tabelle 8-75: Emissionskostensätze für elektrischen Strom

Schadstoffart	Wertansatz (€/t Schadstoff)	Emissionsfaktor (g/kWh)	Emissionskostensatz (Cent/kWh)
CO_2	145	387,00	5,61
NO_x	15.400	0,28	0,43
SO_2	13.200	0,16	0,21
HC	1.600	0,71	0,11
PM	55.400	0,02	0,11
Summe			**6,48**

Der oben ermittelte Emissionskostensatz in Höhe von 6,48 Cent/kWh versteht sich ab Kraftwerk. Da die Energieverbrauchsraten für Elektro-Pkw ab Ladestation definiert sind, wurden diese zur Berücksichtigung der Leitungs- und Wirkungsgradverluste zwischen Kraftwerk und Ladestation mit einem Aufschlag von 7% versehen. Hieraus resultiert ein maßgebender Emissionskostensatz in Höhe von 6,93 Cent/kWh.

Überlagert man die durchschnittlichen Verbrauchsarten mit den oben ermittelten Emissionskostensätzen, ergeben sich die in Tabelle 8-76 dargestellten spezifischen nach Antriebsarten differenzierten Abgasemissionskosten.

Tabelle 8-76: Spezifische Abgasemissionen differenziert nach Antriebsarten

Antriebsart	Durchschnittlicher Verbrauch l/100 Fz-km bzw. kWh/100 Fz-km	Emissionskostensatz in Cent je l bzw. kWh	Spezifische Abgasemissionskosten in €/100 Fz-km
Otto	5,9	40,07	2,36
Diesel	5,0	47,89	2,39
Flüssiggas, Erdgas	5,9	25,36	1,50
Hybrid	4,0	40,07	1,60
Plug-in-Hybrid	21,5	6,93	1,49
Elektro (Batterie)	17,3	6,93	1,20

Die Mittelung der spezifischen Abgasemissionskosten entsprechend der Anteile der betreffenden Antriebsarten an den gesamten Fahrleistungen erfolgte in Tabelle 8-77.

Tabelle 8-77: Durchschnittliche spezifische Abgasemissionskosten des MIV

Antriebsart	Anteil an den Betriebsleistungen 2030 in %	Spezifische Abgasemissionskosten in €/100 Fz-km	
		ungewichtet	gewichtet
Otto	25,7	2,36	0,61
Diesel	38,3	2,39	0,92
Flüssiggas, Erdgas	11,9	1,50	0,18
Hybrid	14,2	1,60	0,23
Plug-in-Hybrid	8,6	1,49	0,13
Elektro (Batterie)	1,3	1,20	0,02
Summe			**2,07**

8.5.2 Schienenpersonenverkehr

8.5.2.1 Spezifischen Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten

Bei Verlagerungen vom Schienenpersonenverkehr auf den MIV ist zwischen Verlagerungen vom eigenwirtschaftlichen SPFV und solchen vom gemeinwirtschaftlichen SPNV zu unterscheiden. Beim gemeinwirtschaftlichen SPNV wird davon ausgegangen, dass die im Wertebereich des BVWP zu erwartenden Verlagerungsmengen keine Größenordnung erreichen, die zu einer Anpassung der Bedienungsangebote führen. Nachfrageverlagerungen beim SPNV als abgebendem Verkehrsträger sind daher nicht bewertungsrelevant.

Beim SPFV als eigenwirtschaftlich betriebenem Verkehrsmittel wird davon ausgegangen, dass sich im Verkehrsmarkt ein Gleichgewicht zwischen Bedienungsangebot und Verkehrsnachfrage unter der Arbeitshypothese einer im Planfall gegenüber dem Bezugsfall unveränderten Kapazitätsauslastung einstellt.

Einflussgröße für die Ermittlung der Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten beim SPFV ist die auf den MIV verlagerte Verkehrsleistung (Pkm). Die hierfür maßgeben-

den spezifischen Kostensätze sind aus den für den Bezugsfall 2030 für den SPFV prognostizierten Verkehrsleistungen abzuleiten. Diese sind ins Verhältnis zu den gesamtwirtschaftlichen Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten sowie den Energiekosten für die für den Bezugsfall 2030 definierten Bedienungsangebote des SPFV zu setzen.

8.5.2.2 Spezifische Abgasemissionskosten

Im Prognosezustand 2030 werden mehr als 97% der Betriebsleistungen des SPFV von Zügen mit Elektrotraktion erbracht. Für die Zwecke der Abschätzung durchschnittlicher spezifischer Abgasemissionskosten bei Verlagerungen vom SPFV auf den MIV wird daher vereinfachend davon ausgegangen, dass diese ausschließlich aus den Energieverbrauchsraten bezogen auf die Züge mit Elektrotraktion abgeleitet werden.

Die durchschnittliche Energieverbrauchsrate in kWh/Pkm wird aus den für den Bezugsfall 2030 prognostizierten Verkehrsleistungen (Pkm) für SPFV-Züge mit Elektrotraktion abgeleitet, die in das Verhältnis zu dem Stromverbrauch dieser Züge gesetzt werden. Die spezifischen Abgasemissionskosten (Cent/Pkm) ergeben sich durch Multiplikation der durchschnittlichen Energieverbrauchsrate (kWh/Personen-km) mit den spezifischen Abgasemissionskosten bezogen auf elektrischen Strom in Höhe von 6,93 Cent/kWh.

8.5.3 Schienengüterverkehr

8.5.3.1 Spezifische Fahrzeugvorhaltung- und -betriebskosten

Beim Schienengüterverkehr als abgebendem Verkehrsträger wird analog zum SPFV vorgegangen. Bezugsgröße sind hier die vom Schienengüterverkehr auf die Binnenschifffahrt verlagerten Transportleistungen (tkm). Die hierfür benötigten Kostensätze sind aus den für den SGV im Bezugsfall 2030 differenziert nach Gütergruppen prognostizierten Transportleistungen abzuleiten, die in das Verhältnis zu den entsprechenden gesamtwirtschaftlichen Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten gesetzt werden.

8.5.3.2 Spezifische Abgasemissionskosten

Zur Ermittlung der durchschnittlichen spezifischen Abgasemissionskostensätze sind zunächst die Energieverbräuche des SGV im Bezugsfall 2030 differenziert nach Diesel- und Elektrotraktion sowie nach Gütergruppen zu ermitteln. Unter Ansatz der Emissionskostensätze von 1,02 €/l Diesel (vgl. Tabelle 8-78) bzw. gerundet 0,07 €/kWh (vgl. Tabelle 8-75 in Kapitel 8.5.1.2) sind dann die gesamten Emissionskosten je Gütergruppe (€/Jahr) im Bezugsfall 2030 zu bestimmen. Die spezifischen Abgasemissionskosten (€/tkm) ergeben sich dadurch, dass die gesamten Emissionskosten (€/Jahr) in das Verhältnis zu den für den Bezugsfall 2030 prognostizierten Transportleistungen (tkm/Jahr) gesetzt werden.

Tabelle 8-78: Durchschnittliche spezifische Abgasemissionskosten des Schienengüterverkehrs mit Dieseltraktion

Schadstoffart	Emissionsfaktor (g/l Diesel)	Wertansatz (€/t Schadstoff)	Emissionskostensatz (€/l Diesel)
CO_2	3.000	145	0,44
CO	34,74	46	<0,005
NO_x	37,52	15.400	0,58
SO_2	0,013	13.200	<0,005
HC	2,18	1.700	<0,005
PM	0,25	146.900	0,04
Summe			**1,06**

Die Wertansätze je t Schadstoff wurden aus Tabelle 7-19 in Kapitel 7.2.2.5 übernommen. Bei den Kostensätzen für Partikel wird hier nach Sätzen innerorts (364.100 €/t) und außerorts (122.800 €/t) unterschieden. Der Innerortsanteil der Betriebsleistungen im Straßengüterfernverkehr wurde mit 10% abgeschätzt. Hieraus resultiert ein durchschnittlicher Kostensatz von 146.900 €/t.

8.5.4 Luftverkehr

Da beim Luftverkehr von einem eigenwirtschaftlichen Betrieb ausgegangen wird, ist dieser analog zum SPFV zu behandeln. Aufgrund der spezifischen Kostenstruktur können die Flugzeugvorhaltungs- und -betriebskosten aber nicht wie beim SPFV rein leistungsabhängig betrachtet werden. Aufgrund des beim Start- und Landevorgang gegenüber dem Reiseflug höheren bzw. geringeren (beim Landen) Treibstoffverbrauchs und des flughafenbezogenen Kostenanteils ist zusätzlich die Berücksichtigung einer aufkommensabhängigen Kostenkomponente erforderlich.

Einflussgrößen für die Quantifizierung der Vorhaltungs- und –betriebskosten der Fluggeräte sind also sowohl die vom Luftverkehr auf den SPV verlagerten Passagiere/Jahr als auch die verlagerten Passagier-km/Jahr. Die verlagerten Passagier-km werden aus den verlagerten Passagieren unter Ansatz der Luftlinienentfernungen zwischen Start- und Zielflughafen abgeleitet.

Neben den Nutzen aus den luftseitigen Nachfrageverlagerungen sind auch die hiermit verbundenen Nutzen aus dem landseitigen Zu- bzw. Abbringerverkehr zu erfassen. Bei der Prognose der Nachfrageänderungen im Planfall gegenüber dem Bezugsfall sind daher die betreffenden verlagerten Verkehrsleistungen (Pkm/Jahr) auszuweisen, soweit diese mit dem MIV oder dem SPFV abgewickelt werden.

Beim landseitigen Zu- bzw. Abbringerverkehr mit dem SPFV werden die Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten analog zur Vorgehensweise beim systemreinen SPFV (vgl. Kapitel 8.5.2) ermittelt. Beim landseitigen Zu- bzw. Abbringerverkehr mit dem MIV ist von einem durchschnittlichen Pkw-Besetzungsgrad von 1,0 auszugehen. Hierin ist berücksichtigt, dass der landseitige Zu- bzw. Abbringerverkehr teilweise auch in Form von Bringen bzw. Abholen durch Dritte erfolgt.

Durch den hiermit verbundenen Effekt der zusätzlichen Hin- und Rückfahrten von Bringern bzw. Abholern wird der Effekt der Pkw-Besetzung von Fluggästen mit mehr als einer Person je Pkw erfahrungsgemäß kompensiert[237]. Ansonsten wird bei der

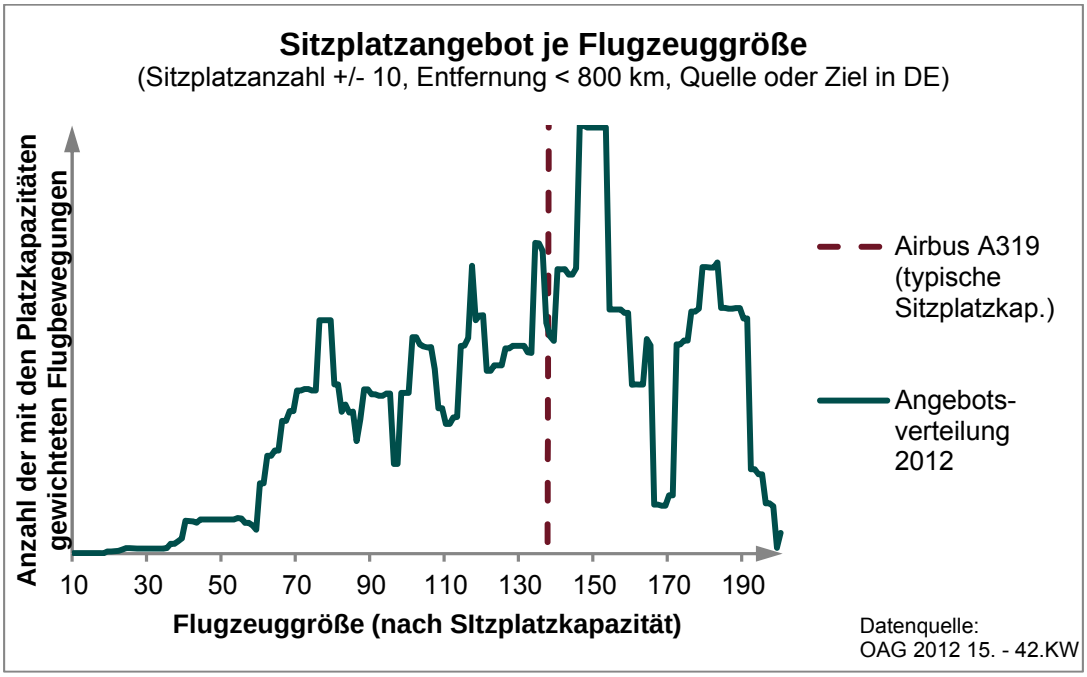
[237] Vgl. z.B. die Fluggastbefragungen 2008 bis 2011 bei den Flughäfen Berlin-Tegel und Berlin-Schönefeld

Quantifizierung der Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten analog zum systemreinen MIV (vgl. Kapitel 8.5.1) vorgegangen.

8.5.4.1 Auswahl des maßgebenden Referenzflugzeugtyps

Zur Bestimmung der erforderlichen Kosten- und Wertansätze beim Luftverkehr als abgebenden Verkehrsträger wurde zunächst ein maßgebender Referenzflugzeugtyp ausgewählt. Hierzu wurde das durchschnittliche Sitzplatzangebot für die von Deutschland ausgehenden Linienflüge in dem mit dem SPFV konkurrierenden Entfernungsbereich bis 800 km Luftlinie im Jahr 2012 ausgewertet (vgl. Abbildung 8-4).[238]

Abbildung 8-4: Ermittlung der mittleren Flugzeuggröße in dem mit dem SPFV konkurrierenden Entfernungsbereich



[238] Vgl. OAG (Official Airline Guide, 2012), Auszug sämtlicher Flugbewegungsdaten KW 15 – KW 42, eigene Auswertung

Ergebnis ist ein durchschnittliches Angebot von 133 Sitzplätzen je Flugzeug in diesem Marktsegment. Dies entspricht in etwa der Kapazität eines Airbus A319-100 mit 137 Sitzplätzen[239].

8.5.4.2 Spezifische Flugzeugvorhaltungs- und -betriebskosten

Als leistungsabhängig werden die Komponenten

- Kapitaldienst Fluggerät,
- Unterhaltungskosten Fluggerät,
- Personalkosten Cockpit und Kabine sowie
- streckenbezogener Treibstoffverbrauch

betrachtet.

Der jährliche Kapitaldienst für das Fluggerät wurde für den ausgewählten Referenzflugzeugtyp unter den folgenden Annahmen ermittelt:

- Investitionskosten: 63 Mio. €/Flugzeug[240]
- Nutzungsdauer: 12Jahre[241]
- Restwert bezogen auf die Investitionskosten: 15 %[75]
- Diskontierungssatz: 1,7 % p.a.

[239] typische Sitzplatzkapazität des Flugzeugmusters, so wie es auf den ausgewerteten relevanten Strecken eingesetzt wird.

[240] Vgl. Airbus (2012), New Airbus aircraft list prices for 2012, Airbus Press release, 18. Januar 2012

[241] Vgl. Lufthansa(2013), Jahresabschluss der Deutschen Lufthansa AG 2012, S. 5

Hieraus resultiert ein Kapitaldienst in Höhe von 5.9 Mio. €/Jahr. Dieser Kapitaldienst wurde auf die durchschnittlich mit dem Referenzflugzeugtyp erbrachten Verkehrsleistungen umgelegt. Diese wurden unter den folgenden Annahmen abgeschätzt:

- durchschnittliche Einsatzzeit je Jahr: 8 Std./Tag[242] x 365 Tage/Jahr = 2.920 Einsatzstunden/Jahr
- Blockgeschwindigkeit: 450 km/h[243]
- Sitzladefaktor: 71 %[244]

Die Blockgeschwindigkeit ergibt sich dadurch, dass die Luftlinienentfernung zwischen Start- und Zielflughafen in das Verhältnis zur Blockzeit (planmäßige Flugzeit incl. Rollzeiten am Boden) gesetzt wird. Unter diesen Annahmen werden von dem ausgewählten Referenzflugzeugtyp durchschnittlich 129 Mio. Pkm je Flugzeug und Jahr erbracht. Hieraus resultiert ein spezifischer Kapitaldienst in Höhe von 4,6 Cent/Pkm.

Der leistungsabhängige Treibstoffverbrauch des Referenzflugzeugtyps lag im Jahr 2012 bei 4,75 l/Flugzeug-km[245] im Reiseflug. Aufgrund der Annahmen aus dem der VP 2030 zugrundeliegenden Szenarienkatalog ist von einer Steigerung der Energieeffizienz im Luftverkehr in Höhe von 1,5 % p.a. auszugehen. Dies bedeutet, dass der leistungsabhängige Treibstoffverbrauch des Referenzflugzeugtyps im Jahr 2030 auf 3,63 l/Flugzeug-km sinkt.

Der oben beschriebenen Reduktion des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs steht eine Erhöhung der Treibstoffpreise gegenüber. Im Jahr 2012 lagen die Treibstoffpreise bei 0,68 €/l. Gemäß Herleitung in Kapitel 6.1 steigen diese bis zum Prognosejahr 2030 auf real 0,73 €/l. Bei einem streckenabhängigen Treibstoffverbrauch von 3,63 l/Flugzeug-km und einer durchschnittlichen Besetzung von 98 Passagieren/Flugzeug liegen die spezifischen Treibstoffkosten bei 2,7 Cent/Pkm.

---

[242] Vgl. Williams (2008), Benchmarking of Key Airline Indicators, Cranfield University, 16. Oktober 2008, S. 35

[243] auf Basis der Relation München-Hamburg: typische geplante Blockzeit (2012) 80 Minuten, Luftlinienentfernung 600 km

[244] Vgl. Association of European Airlines (2012), Summary of Traffic and Airline Results, July 2012, S. 15

[245] Vgl. Eurocontrol Base of Aircraft Data (BADA) Version 3.9

Die Personalkosten je Besatzungsmitglied der Cockpit-Crew liegen im durchschnitt- bei 264,50 €/Std. Für den Personaleinsatz in der Kabine wurde von 3 Flugbegleitern ausgegangen. Der durchschnittliche Kostensatz eines Flugbegleiters liegt bei etwa 30% des entsprechenden Durchschnittsatzes für einen Piloten der die Cockpit-Crew. Aus diesen Annahmen resultieren Kosten für das Kabinenpersonal in Höhe von 238,05 €/Std.[246] [247] Die Kosten des Flugpersonals liegen damit insgesamt bei 767,05 €/Flugzeugstunde. Bei einer Blockgeschwindigkeit von 450 km/h und einer durchschnittlichen Besetzung von 98 Passagieren je Flugzeug entspricht dies 1,7 Cent/Pkm.

Die gesamten leistungsabhängigen Kosten sind in Tabelle 8-79 zusammengestellt.

Tabelle 8-79: Spezifische leistungsabhängige Ersparnisse von Flugzeugvorhaltungs- und -betriebskosten

Kostenkomponente	Spezifische Kosten in Cent/Passagier-km
Kapitaldienst Fluggerät	4,6
Unterhaltung Fluggerät	0,5[248]
Streckenabhängiger Treibstoffverbrauch	2,7
Personalkosten Cockpit und Kabine	1,7
Summe	**9,5**[16]

Als aufkommensabhängig werden die Komponenten

- Treibstoffmehrverbrauch für Start/Steigflug und Anflug/Landung
- Sicherheitskontrollen
- Start- und Landeentgelte

[246] Vgl. Lufthansa(2013), Jahresabschluss der Deutschen Lufthansa AG 2012, S. 64

[247] Vgl. Lufthansa(2013), Balance (Nachhaltigkeitsbericht), S. 56

[248] Durchschnittliche Unterhaltungskosten resultierend aus der Umlegung von Aufwendungen für Technikleistungen und zur Instandhaltung verschiedener repräsentativer Luftverkehrsgesellschaften auf deren erbrachte Verkehrsleistung, vgl. Lufthansa(2013), Jahresabschluss der Deutschen Lufthansa AG 2012, airberlin (2013), Geschäftsbericht, 15. März 2013, Air France-KLM (2013), Registration Document 2012 – including the annual financial report, 9. April 2013, easyjet (2013), Annual report and accounts 2012

Der resultierende Treibstoffmehrverbrauch bei Start/Landung bzw. den Steigflug bzw. Landeanflug lag im Jahr 2012 für den ausgewählten Referenzflugzeugtyp bei 730 l/Flug für Start und Landung (LTO-Zyklus)[249] sowie 336 l/Flug für Steigflug und Landeanflug[250]. Die Summe beider Verbrauchskomponenten liegt damit bei 1066 l/Flug. Unter Berücksichtigung der Erhöhung der Energieeffizienz von 1,5 % p.a. entspricht dies 812 l/Flug im Prognosezustand 2030.

Bei einem Treibstoffpreis von 0,73 €/l und einer durchschnittlichen Besetzung des Referenzflugzeugtyps von 98 Passagieren/Flugzeug liegen die spezifischen Treibstoffmehrkosten bei Start/Landung bei 6,05 €/Passagier. Die aufkommensabhängigen Bestandteile der spezifischen Betriebskosten sind in Tabelle 8-80 zusammengestellt.

Tabelle 8-80: Aufkommensabhängige spezifische Betriebskostenersparnisse bei Verlagerungen vom Luftverkehr auf den SPV

Kostenkomponente	Spezifische Kosten in €/Passagier
Treibstoffmehrverbrauch bei Start/Landung	6,05
Sicherheitskontrollen	1,00
Start- und Landeentgelte	6,72
Summe	**13,77**

8.5.4.3 Spezifische Abgasemissionskosten

Die spezifischen Abgasemissionskosten des Luftverkehrs ergeben sich aus den für die verschiedenen Schadstoffarten maßgebenden Emissionsfaktoren und den Kerosinverbrauchsraten je Passagier bzw. Passagier-km.

[249] Vgl. IATA (2012), Airport air quality manual, Doc 9889, Corrigendum No. 1, 16. Januar 2012, S. 3-A1-30

[250] auf Basis einer mittleren Start-/Steigflugzeit von 25 min und einer mittleren Zeitdauer für Sinkflug und Landung von 20 min; Verbrauchswerte vgl. Eurocontrol Base of Aircraft Data (BADA) Version 3.9

Quellen für die in Tabelle 8-81 zusammengestellten Emissionsfaktoren für CO2 sind TREMOD[251] und für die sonstigen Schadstoffe der wissenschaftlichem Grundlagenbericht zum UmweltMobil-Check[252].

Tabelle 8-81: Emissionsfaktoren für den Kerosinverbrauch

	CO_2	NO_x	SO_2	HC	Partikel
Emissionsfaktoren in g/kg Kerosin					
Direkte Emissionen	3.150	11,20	0,06	0,21	0,04
Indirekte Emissionen	427	1,80	4,30	1,50	0,23
Summe	**3.577**	**13,00**	**4,36**	**1,71**	**0,27**
Emissionsfaktoren in g/l Kerosin					
Direkte Emissionen	2.551	9,07	0,05	0,17	0,03
Indirekte Emissionen	346	1,46	3,48	1,22	0,19
Summe	**2.897**	**10,53**	**3,53**	**1,39**	**0,22**

Die in Tabelle 8-81 verwendeten Emissionsfaktoren beziehen sich auf die Entfernungsstufe 750 km. Aus den oben in der Dimension g/l Kerosin zusammengestellten Emissionsfaktoren wurde in Tabelle 8-82 der Emissionskostensatz in Höhe von 0,66 €/l Kerosin abgeleitet.

Tabelle 8-82: Herleitung der spezifischen Abgasemissionskosten für den Treibstoffverbrauch im Luftverkehr

Schadstoffart	Emissionsfaktor (g/l Kerosin)	Wertansatz (€/t Schadstoff)	Emissionskostensatz (€/l Kerosin)
CO_2	2.897	145	0,42
NO_x	10,53	15.400	0,16
SO_2	3,53	13.200	0,05
HC	1,39	1.700	<0,005
Partikel	0,22	122.800	0,03
Summe			**0,66**

[251] ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung, Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ TREMOD Version 5.3, im Auftrag des Umweltbundesamtes, 30.09.2012

[252] UmweltMobilCheck, Wissenschaftlicher Grundlagenbericht, im Auftrag der Deutschen Bahn AG, Stand: 31.03.2011

Bei der Ermittlung der spezifischen Schadstoffemissionskosten wurde analog zur Vorgehensweise bei den Flugzeugvorhaltungs- und -betriebskosten nach einer leistungsabhängigen Komponente und einer aufkommensabhängigen Komponente unterschieden. Wie in Kapitel 8.5.4.2 hergeleitet, liegt der spezifische Treibstoffverbrauch im Prognosezustand 2030 bei 3,63 l/Flugzeug-km bzw. bei einer durchschnittlichen Besetzung von 98 Passagieren/Flugzeug bei 0,037 l/Passagier-km.

Unter Berücksichtigung der in Tabelle 8-81 hergeleiteten spezifischen Emissionskosten von 0,66 €/l Kerosin entspricht dies einem spezifischen Emissionskostensatz von 2,4 Cent/Passagier-km.

Zu den leistungsabhängigen Emissionskosten kommen noch die aufkommensabhängigen Emissionskosten für den zusätzlichen Treibstoffverbrauch für den LTO-Zyklus in Höhe von 812 l/Flugbewegung bzw. 8,3 l/Passagier. Unter Ansatz des oben hergeleiteten Emissionskostensatzes ergibt sich eine aufkommensabhängige Emissionskostenrate von 5,48 €/Passagier.

8.5.5 Fernlinienbusse

8.5.4.1 Spezifische Fahrzeugvorhaltungs- und –betriebskosten

Als Referenzbustyp wurde ein Hochdecker (z.B. Mercedes Tourismo) mit einer Kapazität von etwa 50 Sitzplätzen ausgewählt.

Der jährliche Kapitaldienst wurde für den ausgewählten Referenzfahrzeugtyp unter den folgenden Annahmen ermittelt:

- Investitionskosten: 275 T€/Bus[253]
- Nutzungsdauer: 12 Jahre
- Diskontierung: 1,7 % p.a.

Hieraus resultiert ein Kapitaldienst in Höhe von 25,3 T€/Jahr. Dieser Kapitaldienst wurde auf die durchschnittlich mit dem Referenzfahrzeugtyp erbrachten Verkehrsleistungen umgelegt. Diese wurden unter den folgenden Annahmen abgeschätzt:

[253] Quelle: Lastauto-Omnibuskatalog

- durchschnittliche Einsatzzeit je Jahr: 8 Std./Tag x 365 Tage/Jahr = 2.920 Einsatzstunden/Jahr
- durchschnittliche Reisegeschwindigkeit incl. Haltezeiten: 65 km/h
- durchschnittlicher Platzauslastungsgrad: 60 %
- durchschnittliche Besetzung: 30 Fahrgäste/Bus

Unter diesen Annahmen werden von dem ausgewählten Referenzfahrzeugtyp durchschnittlich 5,7 Mio. Pkm je Bus und Jahr erbracht. Hieraus resultiert ein spezifischer Kapitaldienst in Höhe von 0,4 Cent/Pkm. Die Kosten für Reifenverschleiß, Reparatur, Wartung und Schmierstoffe liegen bei 22,3 Cent/Bus-km[254] bzw. 0,7 Cent/Pkm.

Der Kraftstoffverbrauch des Referenzfahrzeugtyps im Prognosezustand 2030 wurde im Mittel über alle Streckentypen und Auslastungszustände des Straßennetzes mit 30 l Diesel/100 Bus-km abgeschätzt. Bei einem gesamtwirtschaftlichen Kraftstoffpreis von 0,75 €/l Diesel für Fernlinienbusse (zur Herleitung vgl. Kapitel 6.1) im Jahr 2030 liegen die spezifischen Energiekosten des ausgewählten Referenzfahrzeugtyps bei 22,5 Cent/Bus-km bzw. 0,8 Cent/Pkm.

Die Ermittlung des mittleren Bruttojahresgehaltes inkl. Arbeitgeberanteil an der Sozialversicherung zum Preisstand 2012 von Busfahrern erfolgte unter den folgenden Annahmen[255]:

- Bruttomonatsgehalt: 2.100 €
- Anzahl Monatsgehälter je Jahr: 12,5
- Arbeitgeberanteil an der Sozialversicherung: 19,6 %

Hieraus resultiert ein Bruttojahresgehalt inkl. Arbeitgeberanteil in Höhe von 31.395 €. Zur Ableitung des Stundensatzes wurden die folgenden Annahmen getroffen:

- 251 Werktage (Mo bis Fr, ohne bezahlte Feiertage) je Jahr

[254] Quelle: Lastauto-Omnibuskatalog

[255] Vgl. http://www.gehalt-tipps.de/Gehaltsvergleich/Gehalt/Busfahrer/6973.html (Zugriff 15.03.2014) und www.tarifregister.nrw.de

- 28 Urlaubstage je Jahr
- 15 Krankheitstage je Jahr
- 8 Arbeitsstunden je Tag

Hieraus ergeben sich 251-28-15= 208 Arbeitstage je Jahr bzw. 1.664 Arbeitsstunden je Jahr. Der Stundensatz inkl. Arbeitgeberanteil an der Sozialversicherung beträgt damit 18,87 €. Zusätzlich sind noch die folgenden Aufschläge zu berücksichtigen:

- Dienstplanwirkungsgrad: 75 %
- Gemeinkostenzuschlag: 15 %
- Spesen: 2,50 €/Std.

Hieraus resultiert ein Kostensatz für den Busfahrer in Höhe von 31,50 €/Std. Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 65 km/h und einer durchschnittlichen Besetzung von 30 Fahrgästen/Bus ergibt sich hieraus ein spezifischer Kostensatz von 1,6 Cent/Pkm.

Die für Verlagerungswirkungen von Fernlinienbussen maßgebenden Kostensätze sind in Tabelle 8-83 zusammengefasst.

Tabelle 8-83: Spezifische Ersparnisse von Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten bei Verlagerungen von Fernlinienbussen auf den SPV

Kostenkomponente	Spezifische Kosten in Cent/Pkm
Kapitaldienst Busse	0,4
Unterhaltungskosten Busse	0,7
Kraftstoffkosten	0,8
Personalkosten Busfahrer	1,6
Gesamtsumme	**3,5**

8.5.4.2 Spezifische Abgasemissionskosten

Die spezifischen Abgasemissionskosten für den Kraftstoffverbrauch von Fernlinienbusse wurden in Tabelle 8-84 hergeleitet.

Tabelle 8-84: Durchschnittliche spezifische Abgasemissionskosten

Schadstoffart	Emissionsfaktor (g/l Diesel)	Wertansatz (€/t Schadstoff)	Emissionskostensatz (€/l Diesel)
CO_2	2.774	145	0,40
NO_x	3,745	15.400	0,06
SO_2	0,013	13.200	<0,01
HC	0,139	1.700	<0,01
Partikel	0,041	171.100	<0,01
Summe			**0,46**

Unter Ansatz eines Durchschnittsverbrauchs von 30 l Diesel/100 Bus-km und einer Besetzung von durchschnittlich 30 Fahrgästen je Bus ergeben sich hieraus spezifische Abgasemissionskosten in Höhe von (gerundet) 0,5 Cent/Pkm. Die Wertansätze je t Schadstoff wurden aus Tabelle 7-19 in Kapitel Monetäre Bewertung der Schadstoffemissionen übernommen. Bei den Kostensätzen für Partikel wird hier nach Sätzen innerorts (364.100 €/t) und außerorts (122.800 €/t) unterschieden. Der Innerortsanteil der Betriebsleistungen von Fernlinienbussen wurde mit 20% abgeschätzt. Hieraus resultiert ein durchschnittlicher Kostensatz von 171.100 €/t.

8.5.6 Straßengüterfernverkehr

8.5.6.1 Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten

Als Grundlage für die Ermittlung der eingesparten Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten bei Verlagerungen vom Straßen- auf den Schienengüterverkehr sind die verlagerten Transportmengen anhand der durchschnittlichen Beladungen je Lkw gemäß Tabelle 8-85 in verlagerte Lkw-Fahrten umzurechnen.

Die in Tabelle 8-85 aufgeführten Gütergruppennummern entsprechen denen aus Los 3 der VP 2030.

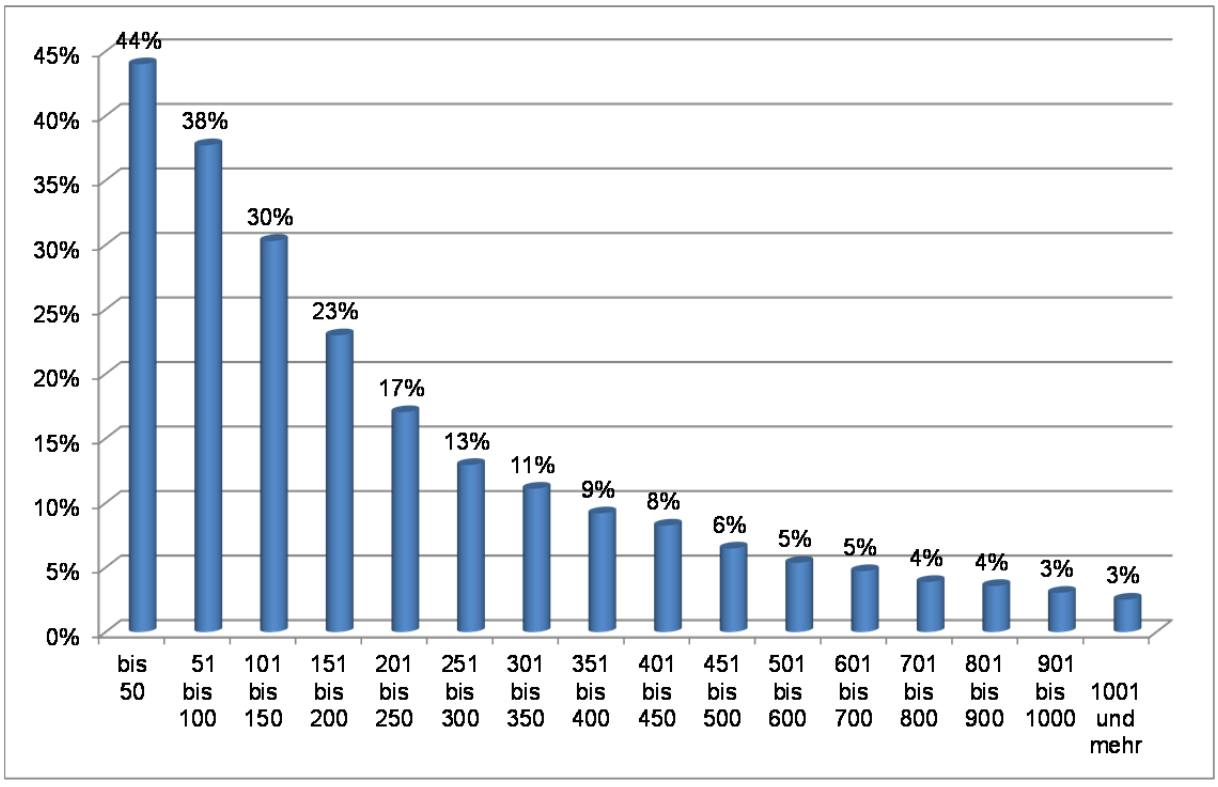
Tabelle 8-85: Durchschnittliche Beladung in t/Lkw im Güterfernverkehr

Gütergruppe		Durchschnittliche Beladung in t/Lkw	
Nr.	Bezeichnung	Binnenverkehr Deutschlands	Grenzüberschreitender Verkehr
10	Erzeugnisse der Land- und Forstwirtschaft sowie der Fischerei	16,2	18,7
21/23/23	Kohle, Erdöl und Erdgas	19,8	19,8
31/32/33	Erze, Düngemittel Steine und Erden, sonstige Bergbauerzeugnisse	24,0	24,6
40	Nahrungs- und Genussmittel	13,7	18,7
50	Textilien, Bekleidung, Leder und Lederwaren	7,5	9,0
60	Holzwaren, Papier, Pappe und Druckerzeugnisse	14,3	16,7
71/72	Koks und Mineralölerzeugnisse	19,0	20,4
80	chemische Erzeugnisse etc.	14,5	17,7
90	sonstige Mineralerzeugnisse (Glas, Zement, Gips etc.)	17,2	19,2
100	Metalle und Metallerzeugnisse	14,8	17,4
110	Maschinen, Ausrüstungen, Haushaltsgeräte etc.	11,0	11,7
120	Fahrzeuge	11,5	11,0
130	Möbel, Schmuck, Musikinstrumente, Sportgeräte, Spielwaren etc.	8,5	9,7
140	Sekundärrohstoffe, Abfälle	16,6	21,7
150	Post, Pakete	11,0	11,2
160	Geräte und Material für die Güterbeförderung	5,4	4,6
170	Umzugsgut und sonstige nichtmarktbestimmte Güter	10,0	9,4
180	Sammelgut	11,7	13,0
190/200	Sonstige Güter / Gutarten unbekannt	11,7	12,0

Beim Kombinierten Verkehr sind die verlagerten Transportmengen zunächst in 20-Fuß- bzw. 40-Fuß-Container umzurechnen. Die Anzahl der Lkw-Fahrten ergibt sich aus dem Ansatz von zwei 20-Fuß-Containern oder einem 40-Fuß-Container je Lastzug.

Die unter den oben beschriebenen Annahmen ermittelten Fahrtenzahlen von beladenen Lkw bzw. Lastzügen ist anschließend um den distanzabhängigen Leerfahrtenanteil gemäß Abbildung 8-5 zu erhöhen.

Abbildung 8-5: Leerfahrtenanteil in Abhängigkeit von der Transportweite



Die im Kapitel 8.2.5.2 dargestellten gesamtwirtschaftlichen Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten der Last- und Sattelzüge beziehen sich auf die „durchschnittlichen“ Einsatzbedingungen dieser Fahrzeuggruppe. Aufgrund des hohen Anteils von Regional- und Verteilverkehren weichen diese von dem für Aufkommensverlagerungen von der Straße auf die Schiene bzw. die Binnenschifffahrt relevanten Fernverkehr deutlich ab.

So werden rd. 78% des gesamten Transportaufkommens deutscher Lastkraftwagen ab 3,5 t Nutzlast auf Relationen mit Entfernungen von bis zu 150 km abgewickelt[256]. Die durchschnittliche Transportentfernung deutscher Last- und Sattelzüge lag im Juni 2013 bei 132 km[257].

Im Fernverkehr ergeben sich aufgrund der längeren Distanzen deutlich geringere Anteile der Standzeiten und damit gegenüber dem Gesamtdurchschnitt höhere Jahresfahrleistungen je Fahrzeug. Anders als im Regional- und Verteilverkehr, der auch im Mehrschicht-Betrieb durchgeführt werden kann, besteht im Fernverkehr darüber hinaus eine weitgehende Fahrer-Fahrzeug-Bindung. Der hieraus resultierende Einschicht-Betrieb führt entsprechend zu geringeren Fahrzeugeinsatzzeiten. Beide Aspekte werden in der Studie zum Verlagerungsmodell Güterverkehr (Projekt-Nr. 96.1002/2012) bei der dort angestellten Kalkulation der Nutzerkosten für Sattelzüge berücksichtigt[258].

Die dort für Sattelzüge unterstellte Jahresfahrleistung von 135.000 km bei einer Einsatzzeit von 2.612 Stunden pro Jahr wird entsprechend auch hier für die Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Durchschnittskosten zugrunde gelegt. Um eine möglichst gute Übereinstimmung der Berechnungsgrundlagen zu erzielen, werden darüber hinaus auch die technischen Basisdaten für die relevante Zugmaschine bzw. die Auflieger sowie die Annahmen zu deren Nutzungsdauern und Restwerten aus dem Verlagerungsmodell Güterverkehr übernommen. Die Ergebnisse der Berechnungen für den Preisstand des Jahres 2012 zeigt die folgende Tabelle 8-86.

---

[256] Vgl.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), Verkehr in Zahlen 2012/2013, Seite 622, Tabelle: Güterverkehr- Straßengüterverkehr dt. Lastkraftfahrzeuge – Verkehrsaufkommen nach Entfernungsstufen in Mio. t

[257] Vgl.: Kraftfahrt-Bundesamt, Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge (VD), Gesamtverkehr Juni 2013, VD5, Übersicht 2, Verkehr deutscher Lastkraftfahrzeuge - Gesamtverkehr im Juni 2013 nach Achsen und Fahrzeugart, Motorleistung und Fahrzeugart

[258] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH und TNS Infratest, Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, FE-Vorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 4. Zwischenbericht, 20. Januar 2014, S. 125 ff.

Tabelle 8-86: Kostenstrukturen ausgewählter Sattelzüge im Fernverkehr zum Preisstand 2012

Fahrzeuggruppe		Zugmaschine	Auflieger		
Fahrzeugtyp		Mercedes Actros 1855 LS Megaspace	Dreiachs Tanksattel	Dreiachs Container	Dreiachs Stückgut
Basisdaten					
Gesamtgewicht	kg	18.000	40.000	39.000	37.000
Nutzlast	kg	26.400	27.500	29.000	25.000
Motorleistung	kW	405	0	0	0
Listenpreis	Euro	99.360	146.970	21.735	38.295
Preis der Bereifung	Euro	2.892	2.742	2.742	2.742
Nutzungsdauer	a	6	6	6	6
Mittlere Fahrleistung	km/a	135.000	135.000	135.000	135.000
Reifenlaufleistung	km	170.000	250.000	250.000	250.000
Einsatzzeit	h/a	2.612	2.612	2.612	2.612
Vorhaltungskosten					
Verzinsung (1,7%)	Euro/a	574	858	97	212
Zeitabhängige Abschreibung	Euro/a	5.627	8.413	950	2.074
Unterstellung	Euro/a	1.096	1.096	1.096	1.096
Allgemeine Kosten	Euro/a	8.069	7.950	7.950	7.950
Summe Vorhaltungskosten	Euro/a	15.366	18.317	10.093	11.331
Betriebskostengrundwert					
Fahrleistungsabh. Abschreibung	Euro/100km	4,17	6,23	0,70	1,54
Reifenverschleiß	Euro/100km	1,70	1,10	1,10	1,10
Reparatur, Wartung u. Schmierstoffe	Euro/100km	10,61	2,57	1,36	1,83
Summe Betriebskostengrundwert	Euro/100km	16,48	9,90	3,16	4,47
Zeitkosten					
Vorhaltungskosten	Euro/Fz-h	5,88	7,01	3,86	4,34
Lohnkosten	Euro/Fz-h	20,14	0,00	0,00	0,00
Summe der Zeitkosten	Euro/Fz-h	26,02	7,01	3,86	4,34

Aus den in Tabelle 8-86 dargestellten Kostenstrukturen wurden in Tabelle 8-87 die Kostensätze für verlagerte Lkw-Betriebsleistungen abgeleitet.

Tabelle 8-87: Kostensätze für verlagerte Lkw-Betriebsleistungen

Kostenkomponente	Kostensatz in €/Lastzug-km		
	Dreiachs Tanksattel	Dreiachs Container	Dreiachs Stückgut
Betriebskostengrundwert	0,26	0,20	0,21
Fahrzeugvorhaltungskosten	0,25	0,19	0,20
Kraftstoffkosten	0,20	0,20	0,20
Zwischensumme Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten	**0,71**	**0,59**	**0,61**
Lohnkosten	0,40	0,40	0,40
Gesamtkosten	**1,11**	**0,99**	**1,01**

Für die Betriebskostengrundwerte wurden die Kostensätze für die Zugmaschine mit denen für die betreffenden Auflieger zusammengefasst. Analog wurde bei der Ermittlung der Fahrzeugvorhaltungskosten vorgegangen. Die zusammengefassten Kosten für Zugmaschine und Auflieger wurden auf die mittlere jährliche Fahrleistung in Höhe von 135.000 km umgelegt.

Geht man für die Ermittlung der Kraftstoffkosten von dem im Verlagerungsmodell unterstellten durchschnittlichen Verbrauch von 33 l Diesel/100 Lkw-km und einer Steigerung der Energieeffizienz von 1% p.a. aus, so ergibt sich ein Verbrauch von 27 l Diesel/100 Lkw-km im Prognosejahr 2030. Bei einer Anwendung des für das Jahr 2030 prognostizierten realen gesamtwirtschaftlichen Dieselpreises in Höhe von 0,75 €/l resultieren hieraus Kraftstoffkosten von 0,20 €/Lkw-km.

Zu den in Tabelle 8-87 hergeleiteten Kostensätzen für die Fahrzeugvorhaltungs- und -betriebskosten kommen noch die Lohnkosten für die Lkw-Fahrer in Höhe von 20,14 €/Einsatzstunde. Unter Einsatzzeiten werden die Lkw-Fahrzeiten gemäß Widerstandsmatrix für den Straßengüterverkehr im Bezugsfall 2030 zuzüglich der (bezahlten) Zeiten beim Be- und Entladen verstanden.

Für den Fall, dass für die Ermittlung der Einsatzzeiten der Lkw-Fahrer die benötigte Widerstandsmatrix nicht vorliegt, sind in Tabelle 8-87 noch die spezifischen

Lohnkosten je Lastzug-km angegeben, die sich aus einer durchschnittlichen Transportgeschwindigkeit in Höhe von 50 km/h unter Berücksichtigung der anteiligen Zeiten für Be- und Entladung ergeben würden.

Berechnet man die gesamtwirtschaftlichen Transportkosten auf Basis der vorstehenden Wertansätze für eine hypothetische Relation mit 500 km Transportentfernung anhand der im Verlagerungsmodell vorgestellten Berechnungsformel[259] sowie den oben genannten Verbrauch von 27 Liter Diesel je 100 km im Prognosejahr bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 65 km/h, so ergeben sich (ohne Leerfahrtanteil, Maut, sonstige Infrastrukturkosten und Wechselbehälterkosten) zum Preisstand des Jahres 2012 Gesamtkosten in Höhe von rd. 89% der aus dem Verlagerungsmodell resultierenden Nutzerkosten (Preisstand 2010). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Preise für Dieselkraftstoff im Zeitraum 2010 bis 2012 erheblich gestiegen sind[260]. Werden die gesamtwirtschaftlichen Kosten unter Anwendung des Dieselpreises zum Preisstand des Jahres 2010 berechnet, so liegen sie in der Summe um knapp 17% unter den Nutzerkosten.

8.5.6.2 Spezifische Abgasemissionskosten

Die spezifischen Abgasemissionskosten für den Kraftstoffverbrauch des verlagerten Straßengüterfernverkehrs wurden in Tabelle 8-88 hergeleitet.

[259] BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH und TNS Infratest, Entwicklung ... a.a.O., S. 147

[260] Anstieg des Erzeugerpreises für Dieselkraftstoff bei Abgabe an Großverbraucher frei Verbrauchsstelle von 97,17 Cent je Liter im Jahr 2010 auf 118,13 Cent je Liter in 2012, d. h. um 21,6%; Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 17: Preise, Erzeugerpreise gewerblicher Produkte (Inlandsabsatz), Preise für leichtes Heizöl, schweres Heizöl, Motorenbenzin und Dieselkraftstoff, Lange Reihen ab 1976 bis November 2013, Wiesbaden 2013

Tabelle 8-88: Durchschnittliche spezifische Abgasemissionskosten

Schadstoffart	Emissionsfaktor (g/l Diesel)	Wertansatz (€/t Schadstoff)	Emissionskostensatz (€/l Diesel)
CO_2	2.774	145	0,40
NO_x	1,136	15.400	0,02
SO_2	0,013	13.200	<0,01
HC	0,083	1.700	<0,01
Partikel	0,014	146.900	<0,01
Summe			**0,42**

Unter Ansatz eines Durchschnittsverbrauchs von 27 l Diesel/100 Fz-km ergeben sich spezifische Abgasemissionskosten in Höhe von (gerundet) 11,3 Cent/Fz-km. Die Wertansätze je t Schadstoff wurden aus Tabelle 7-19 in Kapitel 7.2.2.5 übernommen. Bei den Kostensätzen für Partikel wird hier nach Sätzen innerorts (364.100 €/t) und außerorts (122.800 €/t) unterschieden. Der Innerortsanteil der Betriebsleistungen im Straßengüterfernverkehr wurde mit 10% abgeschätzt. Hieraus resultiert ein durchschnittlicher Kostensatz von 146.900 €/t.

8.5.7 Binnenschifffahrt

8.5.7.1 Vorhaltungs- und Betriebskosten

Im Rahmen von Los 6 der Verkehrsverflechtungsprognose 2030 wurden auch die relationsspezifischen Nutzerkosten der Binnenschifffahrt berechnet[261]. Für die Analysematrix 2010 sowie den Ausbauzustand des Wasserstraßennetzes 2010 ergeben sich diese mit durchschnittlich 2,5 Cent je tkm. Abgeleitet aus dem Niveauunterschied zwischen einzel- und gesamtwirtschaftlichen Vorhaltungs-, Personal- und Betriebsführungskosten der Binnenschiffe lässt sich hieraus überschlägig ein gesamtwirtschaftlicher Durchschnittskostensatz in Höhe von 2,1 Cent je tkm ermitteln.

[261] Vgl.: PLANCO Consulting GmbH, Verkehrsverflechtungsprognose 2030 sowie Netzumlegungen auf die Verkehrsträger, Los 6: Netzumlegung Wasserstraße, 2. Zwischenbericht, Essen, November 2012

Abhängig vom Ausbauzustand der jeweils zu befahrenden Wasserstraßenabschnitte variieren die Transportkostensätze der Binnenschifffahrt indes erheblich. So liegen im Ergebnis der für rd. 13.000 Relationen durchgeführten Berechnungen für das Analysejahr 2010 die Nutzerkosten je tkm in 12% der Fälle unter 2 Cent, in 41% zwischen 2 und 3 Cent, in 32% zwischen 3 und 4 Cent und in 15% bei über 4 Cent.

Zur Berechnung der gesamtwirtschaftlichen Kosten von der Binnenschifffahrt auf konkurrierende Verkehrsträger verlagerter Aufkommen sollte soweit möglich daher nicht auf den genannten Durchschnittswert, sondern auf relationsspezifische nach Gütergruppen differenzierte Werte zurückgegriffen werden. Die hierzu benötigte Transportkostenmatrix ist aus den Transportmengen und den gesamtwirtschaftlichen Transportkosten gemäß Bezugsfall 2030 abzuleiten.

8.5.7.2 Abgasemissionskosten

Analog zur Vorgehensweise bei den Vorhaltungs- und Betriebskosten ist für die Bewertung von verlagerten Transportleistungen auf Grundlage des Datenkranzes für den Bezugsfall 2030 eine Matrix der spezifischen Abgasemissionskosten (€/t) als Grundlage für die Quantifizierung der Nutzenkomponente NA bei den von der Binnenschifffahrt auf konkurrierende Verkehrsträger verlagerten Transportleistungen differenziert nach Gütergruppen zu ermitteln.

Anhang A: Theoretische Überlegungen und Diskussionen zur rule-of-half

Dieser Anhang enthält grundsätzliche Überlegungen und dazugehörige illustrativen Beispiele, welche zur im Bericht dargelegten Überarbeitung des Bewertungsverfahrens in der Bundesverkehrswegeplanung führten.

Dieser Anhang enthält folgende Abschnitte:

- Allgemeines zum Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente – kurze theoretische Einführung
- Anwendung des Konzepts der Konsumenten-/Produzentenrente im Personenverkehr
- Anwendung des Konzepts der Konsumenten-/Produzentenrente im Güterverkehr

A-1 Allgemeines zum Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente

A-1.1 Einleitung

Die Maßnahmenbewertung besteht im BVWP traditionell aus zwei Teilen:

1. Prognose der Maßnahmenwirkungen (**Wirkungsprognose**)
2. Monetarisierte Bewertung der Wirkung und Gegenüberstellung mit den Investitionskosten (**Wirkungsbewertung**)

Dabei kann man grob davon ausgehen, dass die **Wirkungsprognose** deskriptiv angelegt ist — sie versucht vorherzusagen, wie sich die Verkehrsströme als Reaktion auf Maßnahmen verändern. Beispielsweise kann die Beschleunigung einer Bahnstrecke seitens der Nutzer zu folgenden Reaktionen führen:

1. Veränderung der Routenwahl im Bahnverkehr zugunsten der beschleunigten Strecke
2. Veränderung der Verkehrsmittelwahl zugunsten der Bahn sowohl auf der direkt betroffenen Strecke, als auch auf durch Netzwerkeffekte indirekt betroffenen Relationen
3. Veränderung der Zielwahl zugunsten von Zielen, welche durch die beschleunigte Strecke nun schneller als vorher erreicht werden

Dabei wird Reaktion 1 in der (verkehrsträger-spezifischen) Umlegung behandelt.[262] Reaktion 2 wird im Modell der Verlagerungswirkungen sowie Reaktionen 3 und 4 im Modell des induzierten Verkehrs betrachtet.[263] Tendenziell ist die Wirkungsprognose ein deskriptiver Ansatz; ihre Aufgabe ist es, ausgehend vom empirisch beobachteten Verhalten der Verkehrsteilnehmer im Ist-Zustand dessen Veränderungen aufgrund geänderter Rahmenbedingungen abzuschätzen.

In der bisherigen BVWP konzentriert sich die **Wirkungsbewertung** auf die Änderung des "Ressourcenverzehrs" durch eine Maßnahme. Als gesellschaftliche Ressourcen zählen z.B.:

- Kapitalkosten: variabilisierte Abschreibungen auf Anschaffungen und Reparaturkosten von Fahrzeugen ("Fahrzeugvorhaltekosten"), sowie laufende Kosten des Fahrzeugbetriebs
- Zeitverbrauch: monetär bewertete Opportunitätskosten der Zeit
- Umweltbeeinträchtigungen: monetär bewertete negative Wirkungen auf die Umwelt (externe Kosten)
- Gesundheit: monetär bewertete negative Wirkungen auf die Gesundheit (externe Kosten)

Tendenziell ist die Bewertung ein normativer Ansatz aus Sicht der gesamten Gesellschaft: Im Rahmen des gesellschaftspolitischen Prozesses wird festgelegt, wie die verschiedenen Ressourcen gegeneinander zu gewichten sind. Zur empirischen Herleitung dieser Gewichte sowie der Einheitsnutzensätze pro verbrauchter Einheit einer Ressource können verschiedene Methoden angewandt werden, z.B. Zahlungsbereitschaften, Hedonische Preisbildung oder Vermeidungskosten. Durch diese Herangehensweise können Politiker und Entscheidungsträger bei Entschei-

[262] Im Unterschied zum Individualverkehr treten bei Massenverkehrsmitteln zwei Arten von Routenwahlen auf: erstens, die Linienfestlegung der Bahnunternehmen; zweitens, die Wahl einer Folge von Zügen durch die Bahnreisenden. Speziell im Bahnverkehr wird die kürzeste-Wege Suche von Zügen durch eine in der Regel heuristische Fahrplanoptimierung oder Fahrplan-Szenarien Festlegung ersetzt.

[263] Eine veränderte Zielwahl wurde bei der Prognose der Maßnahmenwirkungen in der Bedarfsplanüberprüfung 2010 (BVU und ITP, 2010) nicht berücksichtigt.

dungsfindungen — z.B. der Auswahl zwischen möglichen Maßnahmen — unterstützt werden.

Dieser Ansatz trennt somit strikt zwischen der Modellierung des Verhaltens und der Bewertung, was zunächst einige Vorteile mit sich bringt:

- strukturelle Klarheit
- Methodenvielfalt zur Ermittlung der Bewertungseinheitskostensätze
- Robustheit der dabei ermittelten Werte
- Implizite Berücksichtigung distributiver Ziele (“Eine Stunde jedes Bürgers soll aus gesellschaftlicher Sicht den gleichen Wert haben”).

Leider führte der Ansatz in seiner praktischen Anwendung zu Inkonsistenzen, die sowohl mit zunehmender “Modernisierung” und Verfeinerung des Verfahrens als auch mit der Verbesserung der deskriptiven Verkehrsmodellierung zunehmen.

Ein archetypisches **Beispiel ist die Beschleunigung einer Bahnstrecke**. Dort stellt man empirisch fest, dass nach der Beschleunigung Reisende von der Straße auf die Bahn wechseln, obwohl die Bahnverbindung immer noch langsamer ist als die Straßenverbindung. Die Ressource “Zeit” wird durch diese Wechsler also nach der Maßnahme in höherem Maße verbraucht als vorher, und dies kann (muss aber nicht) in der Bewertung dazu führen, dass nach der Maßnahme insgesamt mehr Ressourcen verzehrt werden als vor der Maßnahme.

Um diese Inkonsistenz zu vermeiden, wird international (z.B. Button, 1993; Powell, 2001) und auch im BVWP seit der Bedarfsplanüberprüfung für die Schiene 2010 (BVU und ITP, 2010) das Konzept der Konsumentenrente verwendet. Diese geht davon aus, dass obige Wechsler einen Nutzen*gewinn* erfahren müssen, da sie sonst nicht wechseln würden; denn die alte Option steht weiterhin zur Verfügung. Dabei kann man sich vorstellen, dass die Fahrzeit auf der betrachteten Bahnstrecke in sehr kleinen Schritten verkürzt wird. Der erste Wechsler (der vor der Beschleunigung beiden Varianten indifferent gegenüberstand) erfährt nach dem Wechsel eine Ersparnis in Höhe der vollen Reisezeitreduktion. Für den letzten Wechsler hingegen wiegen die Belastungen des neuen Verkehrsmittels (nach der Beschleunigung) gerade die Ersparnisse beim verlassenen Verkehrsmittel auf — er erfährt also keinen

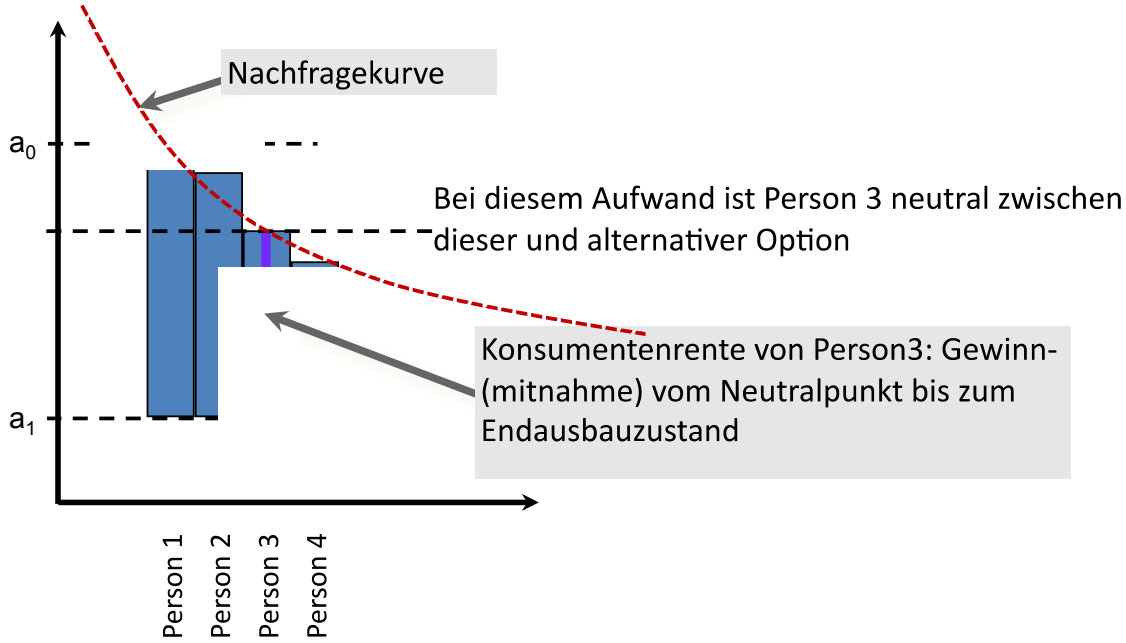
individuellen Nutzenzuwachs aufgrund der Beschleunigung. Im Mittel erfahren die Wechsler den halben Nutzen der Beschleunigung.

Durch die methodische Weiterentwicklung im Rahmen der Bedarfsplanüberprüfung Schiene 2010 wurde *diese* Inkonsistenz beseitigt. Leider führte dies zu einem Verfahren, welches im internationalen Vergleich unüblich ist. Nehmen wir — illustrativ — an, dass die (marginalen) Kosten der Autobenutzung 0.5 , und die der Bahnbenutzung 0.1 $\frac{EUR}{km}$ sind.[264]

- Das BVWP-Verfahren (Stand Bedarfsplanüberprüfung 2010) würde bei allen wechselnden Nutzern, also auch beim "letzten wechselnden Nutzer", die volle Kostendifferenz als Nutzen des Wechsels veranschlagen. In diesem Falle also 0.4 $\frac{EUR}{km}$. Dies geschieht durch Multiplikation des Ressourcenverzehrs auf beiden Verkehrsträgern mit der Nutzerzahl (NB3).
- Das Konzept der Konsumentenrente würde diesem letzten marginalen Wechsler aber gar keinen Nutzengewinn zuschreiben, da er gerade indifferent zwischen beiden Optionen ist, und auch keinen weiteren Nutzen aus einer weiteren Verbesserung des Zielverkehrsmittels zieht.

[264] Mit letzterem sei der zusätzliche Aufwand gemeint, den die Bahn infolge höheren Passagieraufkommens leisten muss; diese Kosten werden direkt an die Nutzer als Fahrpreis weitergegeben (Preis gleich Grenzkosten). Sowohl in der Realität als auch im realen Verfahren ist dies nicht zwangsläufig der Fall und deshalb komplizierter (siehe NB1 und NB2).

Abbildung Anhang 1: Nachfragekurve $a_0 \rightarrow a_1$

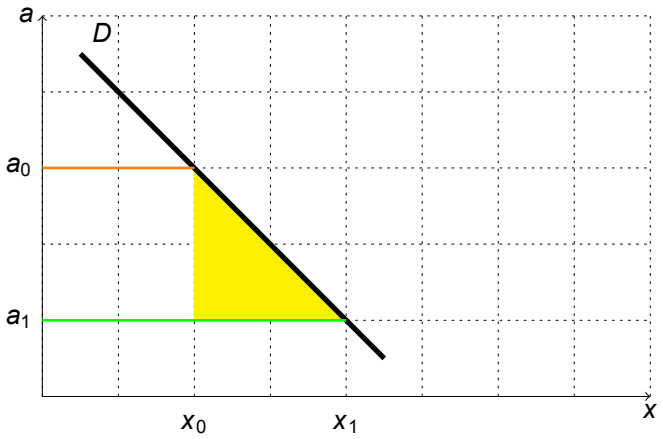


A-1.2 Herleitung des Konzeptes der Konsumentenrente

Die Herleitung des Konzeptes der Konsumentenrente baut üblicherweise auf einem Diagramm wie Abbildung Anhang 1 auf. Man betrachtet eine einzelne Option (engl. “facility”) des Verkehrssystems, z.B. eine Start-Ziel-Relation. Auf der y-Achse sind die generalisierten Kosten dieser Relation *aus Nutzersicht* aufgetragen. Von den generalisierten Kosten ausgehend findet man über die Nachfragekurve dann auf der x-Achse die dazu gehörigen Mengen. Eine Senkung der generalisierten Kosten führt plausiblerweise zu einer größeren Anzahl von Nutzern.

Abbildung Anhang 1 gibt dafür auch eine Interpretation aus Sicht der Individuen: Person 3 ist bei einem bestimmten Wert der generalisierten Kosten für diese Option gerade unentschieden zwischen dieser und der nächstbesten Alternative. Bei jeder weiteren Senkung der generalisierten Kosten dieser Option gewinnt Person 3 also gegenüber der nächstbesten Alternative.

Abbildung Anhang 2: Konsumentenrente über rule-of-half



Die Konsumentenrente kann durch die sogenannte „rule-of-half“ approximiert werden. Dabei wird die Nachfragekurve durch eine Gerade angenähert (siehe Abbildung Anhang 2). Gehen wir davon aus, dass die generalisierten Kosten der Option durch die Maßnahme kontinuierlich verringert werden:[265]

$$a_0 \rightarrow a_1 .$$

Für jeden Wechsler ergibt sich der Nutzengewinn also aus dem Abstand der Nachfragekurve an seiner jeweiligen Position (= individueller Indifferenzpunkt) zu den generalisierten Kosten nach der Maßnahme. Der Gesamtgewinn der Wechsler kann somit durch das gelbe Dreieck in Abbildung 2 approximiert werden:

$$KR_{Wechsler} \approx \frac{1}{2}(a_0 - a_1)(x_1 - x_0). \qquad (1.1)$$

Weiterhin ergeben sich Nutzengewinne für die Altnutzer. Da diese bereits bei Beginn der Verbesserung die Option benutzt haben, erhält jeder von ihnen den ganzen Nutzengewinn. Insgesamt entspricht das

$$KR_{Altnutzer} = (a_0 - a_1)\, x_0 . \qquad (1.2)$$

[265] Z.B. über $\alpha \cdot a_0 + (1-\alpha) \cdot a_1$, $\alpha = 0..1$.

Beide Gleichungen werden oft zusammengefasst.[266] Für das BVWP-Verfahren wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit die Entscheidung getroffen, Nutzenveränderungen für Wechsler und Altnutzer separat auszuweisen.

A-1.3 Der 'durchschnittliche Wechsler'

Gl. (1.1) entspricht dem Nutzengewinn des **'durchschnittlichen Wechslers'**, $\frac{1}{2}(a_0 - a_1)$, multipliziert mit der Anzahl der Wechsler, $x_1 - x_0$. Daher wird im Folgenden oft dieser 'durchschnittliche Wechsler' betrachtet. Dies erlaubt es, sich bei der ökonomischen Betrachtung auf eine Person zu konzentrieren.

→ Der 'durchschnittliche Wechsler' steht repräsentativ für alle Wechsler. Sein Nutzengewinn, multipliziert mit der Anzahl der Wechsler, ergibt den Nutzengewinn durch den Wechsel.

Ein Wechsel kann von "keine Fahrt" nach "eine Fahrt" stattfinden, aber auch von einem Ziel zu einem anderen, oder von einem Verkehrsmittel zu einem anderen. Da sich die Betrachtung immer zunächst auf eine OD-Relation bezieht, kann man in Bezug auf diese Relation auch von "Neunutzern" sprechen; dies entspricht eher der international üblichen Terminologie. Die Begriffe "Wechsler" und "Neunutzer" werden daher bis auf weiteres synonym verwendet.

A-2 Anwendung des Konzeptes der Konsumenten-/Produzentenrente im Personenverkehr

A-2.1 Zusätzliche Fahrt, konzeptionell

Betrachten wir zunächst den Fall einer neu hinzukommenden Fahrt. Dieser Fall ist überschaubarer als ein Verkehrsmittelwechsel, und muss (für den induzierten Verkehr) ohnehin verstanden werden.

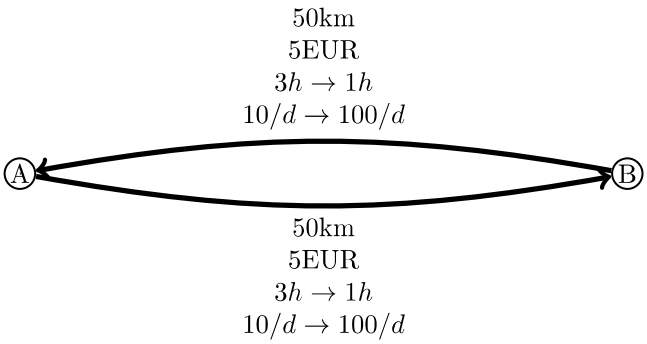
---

[266] Dies ergibt

$$KR = KR_{Wechsler} + KR_{Altnutzer} = \frac{1}{2}(a_0 - a_1)(x_0 + x_1) \qquad (1.3)$$

Sowohl Gl. (1.1) als auch Gl. (1.3) werden als rule-of-half bezeichnet.

Abbildung Anhang 3: Illustratives Beispiel: Zusätzliche Fahrten. Die Mengengerüste ergeben sich aus der Addition von Hin- und Rückfahrt



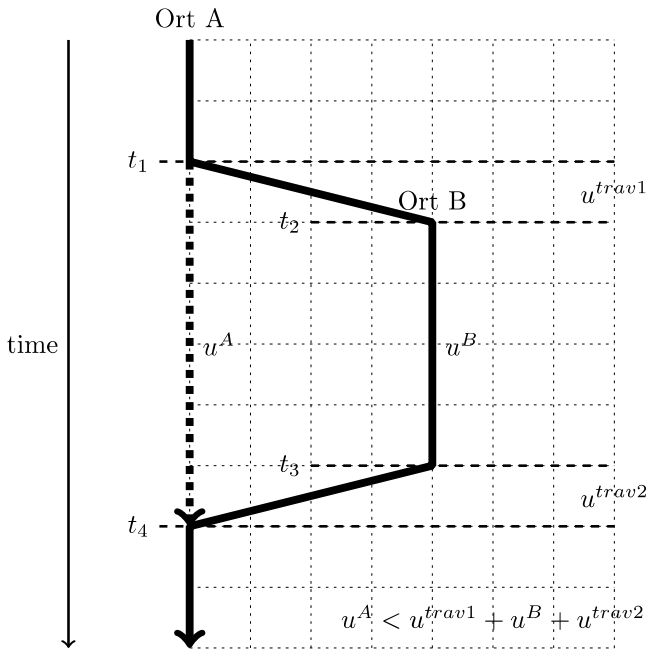
A-2.1.1 Szenario

Beispiel wie in Abbildung Anhang 3 Städte A und B, Entfernung 100*km* (hin und zurück), Fahrzeit Bezugsfall = 6*h* (hin und zurück), Fahrzeit Planfall = 2*h*, Zeitwert *zw* = $6\frac{EUR}{h}$. Der monetäre Preis einer Tour (hin und zurück) sei *nk* = 10*EUR*. Die Anzahl der Fahrten sei im Bezugsfall = 10 pro Tag, im Planfall = 100 pro Tag Das Beispiel ist absichtlich so konstruiert, dass die Wirkungen des Neuverkehrs diejenigen des verbleibenden Verkehrs überwiegen; das ist in der Realität in Ländern mit bereits bestehender guter Infrastruktur nicht so. Es handele sich um ein “illustratives” System, d.h. die Personen bleiben entweder den ganzen Tag an ihrem Ort, oder sie fahren zum anderen Ort.

A-2.1.2 Implizite Nutzendifferenz beim Wechsels

Das typische Bild für diese Situation entspricht dem in Abbildung Anhang 4. Die Reise wird unternommen, wenn der Nutzen am Zielort abzüglich des Aufwands der Hin- und Rückfahrt größer ist als der Nutzen am Startort.

Abbildung Anhang 4: Typische Konstellation der Nutzenberechnung beim induzierten Neuverkehr



- u^A ist der Nutzen, welcher entsteht, wenn die Person von Zeit t_1 bis Zeit t_4 zu Hause bleibt.
- $u^{trav1} + u^B + u^{trav2}$ ist der Nutzen, welcher entsteht, wenn die Person zwischen Zeit t_1 und t_4 zum Ort *B* fährt (Nutzen des Weges u^{trav1}, typischerweise negativ), dort eine Aktivität unternimmt (Nutzen u^B, meistens positiv), und dann wieder zurück fährt (Nutzen des Weges u^{trav2}, wiederum typischerweise negativ).
- Nicht jede induzierte Reise induziert Hin- und Rückfahrten gleicher Länge. Der (negative) Nutzen der Wege wird daher im Folgenden zusammengefasst: $u^{trav} := u^{trav1} + u^{trav2}$.
- Die Reise wird durchgeführt, wenn ihr Gesamtnutzen größer ist als u_A, also wenn $u^A < u^B + u^{trav}$.

Am Indifferenzpunkt sind Reisende unentschieden zwischen beiden Optionen. Daher gilt dort:

$$u^A = u^B + u^{trav} \text{ oder } (u^B - u^A) = -u^{trav}.$$

Da u^{trav} typischerweise negativ ist, ist dies ein positiver Wert – der zusätzliche Nutzen der Aktivität bei *B* gegenüber dem Nutzen der (längeren) Aktivität bei *A*.

Für einen zwischen Reise und Nicht-Reise gerade indifferenten Nutzer gilt

$$u^A = u^B + u^{trav},$$

wobei in u^{trav} der gesamte Reiseaufwand zur Durchführung der Aktivität zusammengefasst ist. Da wir auch u^{trav} nicht exakt messen können, ist es sinnvoller, dies wie folgt zu schreiben

$$u^A_{impl} = u^B_{impl} + u^B_{obs},$$

wobei sich u^X_{obs} auf den (durch das BVWP-Verfahren) beobachteten Teil des Nutzens einer Reise bezieht, und u^X_{impl} auf den nicht beobachteten, "impliziten", Teil des Nutzens. Der beobachtete Teil des Nutzens ist i.d.R. negativ (Aufwand der Reise).[267]

Der 'durchschnittliche Wechsler' wechselt, wenn die Hälfte der Gesamtverbesserung von 6*h* auf 2*h* erreicht ist, also bei 4*h*.[268] An diesem Punkt ist er indifferent, und sein Nutzen aus dem Bezugsfall ist entsprechend obigem Argument exakt gleich seinem Nutzen bei "4h":

$$u^{Bezugsfall} = u^{4h}$$

oder:[269]

$$u^{Bezugsfall}_{impl} = u^{4h}_{impl} + u^{4h}_{obs}. \qquad (2.1)$$

---

[267] Dies bedeutet auch, dass der Einbezug neuer Attribute in u_{obs}, z.B. durch explizite Berücksichtigung der Zuverlässigkeit, die verbleibende "implizite" Nutzendifferenz verändert.

[268] Dies nimmt an, dass die generalisierten Kosten linear in den Attributen sind.

[269] Da bei dem hier vorliegenden Beispiel im Bezugsfall keine Fahrt des 'durchschnittlichen Wechslers' stattfindet, haben wir keine beobachteten Attribute, und daher ist $u^{Bezugsfall}_{obs}$ in obiger Formel nicht erwähnt.

Der beobachtete Nutzenanteil u_{obs}^{4h} entspricht dem im BVWP-Verfahren berechneten negativen Nutzen des Reiseaufwandes, und somit

$$u_{impl}^{Bezugsfall} = u_{impl}^{Planfall,4h} - 6\frac{EUR}{h} \cdot 4h - 10EUR\,, \qquad (2.2)$$

was umgeformt folgendes ergibt:

$$u_{impl}^{4h} - u_{impl}^{Bezugsfall} = +34EUR\,. \qquad (2.3)$$

In Worten: Der implizite Nutzenzuwachs durch den Ortswechsel für den ‘durchschnittlichen Wechsler’ entspricht 34*EUR*. Vom Gesamtnutzen dieses Nutzers wird der Aufwand für die Reise *abgezogen* (welcher am Indifferenzpunkt gerade 34*EUR* entspricht, sich dann aber durch die weitere Verbesserung von 4*h* auf 2*h* noch verringert).

Wenn man nun davon ausgeht, dass der implizite Nutzen nach dem Wechsel nicht von der Reisedauer abhängt, dann ist

$$u_{impl}^{1/2} - u_{impl}^{Bezugsfall}$$

eine Methode zur Abschätzung der impliziten Nutzendifferenz, wobei $u^{1/2}$ sich darauf bezieht, dass diese Abschätzung bei der “halben” Verbesserung durchgeführt wird. Dies wird oft als “**Nutzen der zusätzlichen Mobilität**” bezeichnet.

Dies ist, wie erwähnt, der implizite Nutzengewinn beim ‘durchschnittlichen Wechsler’. Andere Wechsler haben andere implizite Nutzengewinne. Der *Durchschnitt* dieser impliziten Nutzengewinne ist aber gerade gleich dem Nutzengewinn des ‘durchschnittlichen Wechslers’. Daher kann man in der Bilanz den Nutzen des ‘durchschnittlichen Wechslers’, multipliziert mit der Anzahl der Wechsler, als (implizit berechneten) Nutzen der zusätzlichen Mobilität einsetzen.

A-2.2 Zusätzliche Fahrt, Rechnungen

A-2.2.1 Rechnung über Ressourcenverzehr

Wenn die implizite Nutzendifferenz bei der Berechnung des Ressourcenverbrauches mitberücksichtigt würde, könnte man die Logik der Konsumenten-/Produzentenrente in das bisherige Verfahren integrieren, wie folgende Tabelle zeigt:[270]

Tabelle A 1: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (1)

	Bezugsfall	Planfall	Differenz	Nutzen
Kosten NB	10*10*EUR*=100*EUR*	100*10*EUR*=1.000*EUR*	+900*EUR*	−900*EUR*
Fahrzeit NRZ	10*6*h*=60*h*	100*2*h*=200*h*	+140*h*	−840*EUR*
impl. Nutzen NI				90*34*EUR*=3.060*EUR*
Summe				+1.320EUR

Trotz des höheren Ressourcenverbrauches entsteht ein Nettonutzengewinn, weil das neue Ziel attraktiver ist als das Verbleiben am Startort.

[270] Vorzeichen-Konvention für diese und alle folgenden diesbezüglichen Tabellen:

- Verbrauchte Ressourcen, z.B. Zeit oder Geld, werden mit positivem Vorzeichen angegeben.
- Die Differenz bezieht sich auf die verbrauchten Ressourcen; eine positive Differenz erhöht also den entsprechenden Ressourcenverbrauch.
- Die monetarisierten Werte beziehen sich auf die Bewertung. Mehr Ressourcenverbrauch bedeutet negative Bewertung.

Insbesondere ergeben aus diesem Grunde höhere Nutzerpreise zunächst positive Differenzen, schlagen dann aber monetarisiert negativ zu Buche.

Bemerkungen:

- Man beachte, dass zur Berechnung der impliziten Nutzendifferenz der Nutzerpreis $nk_{i,j}$ (10EUR) benötigt wurde (Gln. (2.2) und (2.3)).

  Bei der Betrachtung des Ressourcenverzehrs selber (obige Tabelle) taucht er hingegen nicht auf, hier sind die reinen Produktionskosten ausreichend. In diesem Rechenbeispiel wird davon ausgegangen, dass die Nutzerkosten exakt den Produktionskosten entsprechen.

- Ohne die implizite Nutzendifferenz der Neunutzer führt das Verfahren des Ressourcenverzehrs hier zu einem negativen Nutzen der Baumaßnahme (nämlich $-900EUR - 840EUR = -1740EUR$).

A-2.2.2 Rechnung über Konsumentenrente

Die alternative Rechnung über die Konsumentenrente geht wie folgt:

Konsumentenseite:

- Konsumentenrente für Altnutzer:

$$\Delta KR_{alt} = x_0 \cdot t(t_0 - t_1) \cdot zw = 10 \cdot (6h - 2h) \cdot 6\frac{EUR}{h} = 240EUR.$$

- Konsumentenrente für Neunutzer:

$$\Delta KR_{neu} = (x_1 - x_0) \cdot (t_0 - t_1) / 2 \cdot zw = 90 \cdot (6h - 2h) / 2 \cdot 6\frac{EUR}{h} = 1080EUR.$$

Die Summe daraus: $240 + 1080 = 1320EUR$.

→ Rechnung über erweiterten Ressourcenverzehr und Rechnung über das Konzept der Konsumentenrente führen zum gleichen Resultat.

A-2.3 Zusätzliche Fahrt, Produktionskosten abweichend von Nutzerkosten

Die vorangehenden Beispiele gehen (implizit) davon aus, dass Nutzerpreise und Produktionskosten identisch sind. Gehen wir nun neu davon aus, dass die Nutzerkosten (= Fahrpreis) zwar weiterhin 10*EUR* betragen, die Produktionskosten aber 0*EUR* (in der Annahme, dass eine Bahngesellschaft die zusätzlichen Fahrgäste ohne

zusätzliche Kosten transportieren kann). Ansonsten ist das folgende Beispiel identisch mit dem einer “zusätzlichen Fahrt” in Abschnitt A-2.2.

A-2.3.1 Rechnung über Ressourcenverzehr

Der implizite Nutzengewinn des ‘durchschnittlichen Wechsler’ ist nach wie vor +34*EUR* (berechnet anhand der Fahrzeit von 4*h*, bei welcher er bzgl. der Alternativen indifferent ist):

$$u_{impl}^{Bezugsfall} = u_{impl}^{1/2} - 6\frac{EUR}{h}\cdot 4h - 10EUR\,, \qquad (2.4)$$

und damit

$$u_{impl}^{Planfall} - u_{impl}^{1/2} = +34EUR\,.$$

Die Tabelle sieht nun aus wie folgt:

Tabelle A 2: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (2)

	Bezugsfall	Planfall	Differenz	Nutzen
Kosten NB	10*0*EUR*=0*EUR*	100*0*EUR*=0*EUR*	0*EUR*	0*EUR*
Fahrzeit NRZ	10*6*h*=60*h*	100*2*h*=200*h*	+140*h*	−840*EUR*
impl. Nutzen NI			90*34*EUR*	3.060*EUR*
Summe				+2.220EUR

A-2.3.2 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente

- Konsumentenseite:
  Das Konzept der Konsumentenrente würde weiterhin eine Veränderung der Konsumentenrente von $+1320EUR$ ergeben (s.o.).
- Produzentenseite:
  Neu hinzu käme nun eine Veränderung der Produzentenrente (Einnahme Bahn) von $90\times(10EUR-0EUR)=900EUR$.

Der gesamtwirtschaftliche Gewinn ergäbe sich als Summe der Veränderungen von Konsumentenrente und Produzentenrente zu $1320EUR+900EUR=2220EUR$. Dies ist das gleiche Resultat wie bei der Rechnung über den Ressourcenverzehr (einschl. impliziter Nutzendifferenz).

→ Nur wenn man die erhöhten Einnahmen beim Produzenten explizit einbezieht, führt die Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente auf das gleiche Resultat wie die Rechnung über Ressourcenverzehr.

A-2.4 Zusätzliche Fahrt Bahn, Fahrpreis auf Null als Approximation

Da die tatsächlich gezahlten Fahrpreise stark schwanken, könnte man als Approximation den Fahrpreis auf null setzen. Dann erhält man:

A-2.4.1 Rechnung über Ressourcenverzehr

Der implizite Nutzengewinn des 'durchschnittlichen Wechslers' (berechnet anhand der Fahrzeit von 4*h*, bei welcher er bzgl. der Alternativen indifferent ist) ergibt sich zu:

$$u_{impl}^{Bezugsfall} = u_{impl}^{1/2} - 6\frac{EUR}{h}\cdot 4h\,, \qquad (2.5)$$

und damit

$$u_{impl}^{Planfall} - u_{impl}^{1/2} = +24EUR\,.$$

Die Tabelle sieht nun aus wie folgt:

Tabelle A 3: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt" (3)

	Bezugsfall	Planfall	Differenz	Nutzen
Kosten NB	10*0*EUR*=0*EUR*	100*0*EUR*=0*EUR*	0*EUR*	0*EUR*
Fahrzeit NRZ	10*6*h*=60*h*	100*2*h*=200*h*	+140*h*	−840*EUR*
impl. Nutzen NI			90*24*EUR*	2.160*EUR*
Summe				+1.320EUR

A-2.4.2 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente

Konsumentenseite:

- Das Konzept der Konsumentenrente würde weiterhin eine Veränderung der Konsumentenrente von $+1320 EUR$ ergeben.

Produzentenseite:

- Zusätzliche Einnahmen für die Bahn ergeben sich nicht in dieser Rechnung.

Der gesamtwirtschaftliche Gewinn ergäbe sich als Summe der Veränderungen von KR und PR zu $1320 EUR$. Dies ist das gleiche Resultat wie bei der Rechnung über den Ressourcenverzehr.

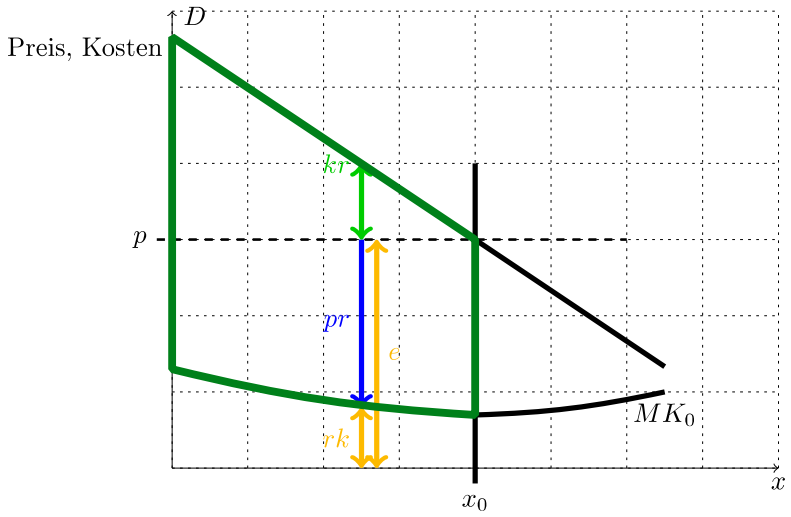
→ Wenn man die Fahrpreise nicht einbezieht (egal in welchem der beiden Rechenwege), dann reduziert sich der rechnerische Nutzen der Bahninvestition.

A-2.5 Konsumentenrente und Produzentenrente

An dieser Stelle lohnt sich ein Versuch, die Einsichten aus den Beispielen in einen Zusammenhang zu bringen. In Ökonomielehrbüchern (Powell, 2001; Fritsch et al., 2001) findet man typischerweise Zeichnungen wie Abbildung Anhang 5.[271]

[271] Abnehmende oder nahezu waagerechte *MK*-Kurven findet man insbesondere im Bereich der Infrastruktur, im Verkehr z.B. bei der Bahn.

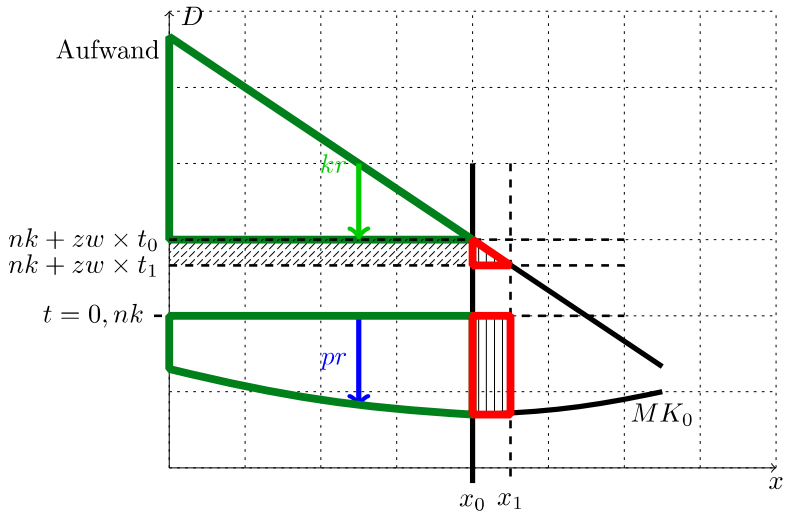
Abbildung Anhang 5: ***Gesamtwirtschaftliche Nutzenaufteilung über monetären Preis p***



In diesem Fall handelt es sich bei dem grün umrandeten Bereich (Fläche zwischen *MK*-Kurve und Nachfragekurve, bis zur tatsächlichen Menge) um den gesamtwirtschaftlichen Nutzen (der Situation). Der Preis bestimmt dabei über die *Aufteilung* des gesamtwirtschaftlichen Nutzens. Die Konsumentenrente *KR* ist die Fläche oberhalb von *p*; die Produzentenrente *PR* ergibt sich als Differenz zwischen Erlösen *E* (Fläche unterhalb von *p*) und Produktionskosten bzw. monetären Ressourcenkosten *RK* (Fläche unter *MK*).

Abbildung Anhang 6 enthält das entsprechende Diagramm für die Situation, wenn die spezifischen monetären Nutzerkosten (*p*=*nk*) fest sind, aber eine Fahrzeit *t* dazu kommt. Diese wird oberhalb von *nk* eingetragen, beginnend mit *t*=*0*. Die Nachfrage ergibt sich als Reaktion auf die Kombination von $\mathrm{nk} + \mathrm{zw} \cdot \mathrm{t}_0$, wobei *zw* die Monetarisierung der Fahrzeit darstellt.

Abbildung Anhang 6: ***Gesamtwirtschaftliche Nutzenaufteilung und –änderung über den Aufwand*** a = nk + zw × t



Der gesamtwirtschaftliche Nutzen besteht jetzt aus den beiden grün eingerahmten Flächen; er wird gegenüber Abbildung Anhang 5 um den Fahrzeitaufwand reduziert.

Eine Maßnahme senke nun den zeitlichen Aufwand von t_0 nach t_1.

- Im **alten Verfahren** verändert sich *x* nicht. Der Nutzengewinn entspricht der schräg schraffierten Fläche. Dies entspricht dem reduzierten Ressourcenverzehr.
- Im **neuen Verfahren** verändert sich sowohl *MK* als auch *x*. *Man benötigt also zusätzlich die beiden rot eingerahmten Flächen.*

Die rule-of-half ergibt aber nur das obere vertikal schraffierte Dreieck. Die untere vertikal schraffierte Fläche ergibt sich aus

- den Erlöse des Produzenten pro Person (=*nk*)
- abzüglich der Produktionskosten pro Person (=*rk*),

multipliziert mit $(x_1 - x_0)$.

Insgesamt entspricht dies obigem Verfahren:

Konsumentenrente:

- Gewinn der Altnutzer: $(t_0 - t_1)x_0$
- Gewinn der Neunutzer: $\frac{1}{2}(t_0 - t_1)(x_1 - x_0)$

Produzentenrente:

- Zusätzliche Einnahmen: $nk \cdot (x_1 - x_0)$
- Zusätzliche Produktionskosten: Fläche zwischen Null und der *MK*-Kurve, von x_0 bis x_1. Diese zusätzlichen Produktionskosten sind evtl. sehr niedrig (z.B. bei der Bahn)

Das "Problem" mit der Produzentenrente entsteht also überhaupt erst dadurch, dass sich die beförderte Menge von x_0 auf x_1 verschiebt. Dadurch entsteht als zusätzlicher gesamtwirtschaftlicher Nutzen nicht nur das "Dreieck" der zusätzlichen Konsumentenrente. Sondern (in Situationen, wo eine Anbieter Preise verlangt, die höher sind als die Grenzkosten) auch eine zusätzliche Produzentenrente.

→ Wenn die Maßnahme die Mengen (auf mindestens einer Relation) verändert, dann benötigt man zur korrekten Berechnung der Veränderung des gesamtwirtschaftlichen Nutzens neben Veränderung der Konsumentenrente auch die Veränderung der Produzentenrente.

Die Konsumentenrente ist somit *keine* geeignete Größe des Ressourcenverzehrs, weil sie (u.a.) impliziten Mobilitätsnutzen, zeitlichen Aufwand, und monetären Aufwand zusammenrechnet. Im Sinne des Ressourcenverzehrs müsste man diese drei Größen separat betrachten. Dann käme man zu der Einsicht, dass es sich bei dem monetärem Aufwand um einen internen Transfer handelt, und ihn nicht berücksichtigen. Somit gibt es also zwei Möglichkeiten:

- Die Konsumentenrente wird um interne Transfers, insbesondere monetäre Transfers, bereinigt.
- Alternativ wird der Transfer dort, wo er ankommt, zusätzlich berücksichtigt.

International ist der zweite Weg üblich. Im Folgenden sollen einige weitere Beispiele betrachtet werden.

A-2.6 Zusätzliche Fahrt MIV

Das Beispiel entspricht grundsätzlich dem einer “zusätzlichen Fahrt” in Abschnitt A-2.4,[272] jedoch wird die zusätzliche Fahrt nun mit dem MIV und nicht mit der Bahn zurückgelegt. Weiterhin koste die Fahrt mit dem MIV für den Nutzer 14*EUR*.

A-2.6.1 Rechnung über Ressourcenverzehr

Der implizite Nutzengewinn des ‘durchschnittlichen Wechslers’ (berechnet anhand der Fahrzeit von 4h, bei welcher er bzgl. der Alternativen indifferent ist) ergibt sich zu

$$u_{impl}^{Bezugsfall} = u_{impl}^{Planfall} - 6\frac{EUR}{h}\cdot 4h - 14EUR \qquad (2.6)$$

und damit zu

$$u_{impl}^{Planfall} - u_{impl}^{Bezugsfall} = 38EUR\,.$$

[272] Beispiel wie in Abbildung Anhang 3: 2 Städte, Entfernung 100*km* (hin und zurück), Fahrzeit Bezugsfall = 6*h* (hin und zurück), Fahrzeit Planfall = 2*h*, *zw* = 6*EUR*/*h*.

Der monetäre Preis einer Tour (hin und zurück) sei *p*=10*EUR*.

Die Anzahl der Fahrten sei im Bezugsfall =10/*d*, im Planfall =100/*d*. Das Beispiel ist absichtlich so konstruiert, dass die Wirkungen des Neuverkehrs diejenigen des verbleibenden Verkehrs überwiegen; das ist in der Realität in Ländern mit bereits bestehender guter Infrastruktur nicht so.

Es handele sich um ein “illustratives” System, d.h. die Personen bleiben entweder den ganzen Tag an ihrem Ort, oder sie fahren zum anderen Ort.

Die Tabelle sieht nun aus wie folgt:

Tabelle A 4: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (4)

	Bezugsfall	Planfall	Differenz	Nutzen
Kosten NB	10*14*EUR*	100*14*EUR*	+1.260*EUR*	−1.260*EUR*
Zeit NRZ	10*6*h*	100*2*h*	+140*h*	−840*EUR*
impl. Nutzen NI			90*38*EUR*	+3.420*EUR*
Summe				+1.320*EUR*

A-2.6.2 Rechnung über Konsumentenrente

Konsumentenseite:

- Altnutzer $10 \cdot (6h - 2h) \cdot 6\frac{EUR}{h} = +240EUR$
- Neunutzer $(100 - 10) \cdot (6h - 2h) \cdot 6\frac{EUR}{h} / 2 = +1080EUR$

Summe: **+1320*EUR***

→ Die Rechnung für eine Verbesserung im MIV geht analog zur Rechnung einer Verbesserung im ÖV. Die höheren Nutzerkosten beim MIV gegenüber dem ÖV haben keinen Einfluss auf das Resultat (im Konzept der Konsumentenrente sieht man, dass sich nur Attribute auswirken, die sich durch die Maßnahme verändern).

A-2.7 Verlagerung von MIV auf Bahn

Wenn man das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente konsequent in das bisherige Verfahren des Ressourcenverzehrs integrieren will, ist ein ähnliches Vorgehen für die Verlagerungswirkungen nötig.

Nehmen wir also obiges Beispiel, aber gehen wir davon aus, dass die beschleunigte Option die Bahn ist, und eine Straße vorher schon mit 4*h* existierte. Gehen wir

weiterhin davon aus, dass durch den Ausbau die 90 Wechsler nicht von den “Nichtfahrern” kommen, sondern vom Auto auf die Bahn wechseln.

A-2.7.1 Rechnung über Ressourcenverzehr

Der ‘durchschnittliche Wechsler’ wechselt wieder bei 4*h* (wo er bzgl. der Alternativen indifferent ist), diesmal aber von der Straße auf die Bahn (somit Verlagerungswirkung statt induzierter Verkehr). An diesem Punkt also

$$u_{Auto}^{Bezugsfall} = u_{Bahn}^{1/2}$$

bzw.

$$u_{Auto,impl}^{Bezugsfall} + u_{Auto,obs}^{Bezugsfall} = u_{Bahn,impl}^{1/2} + u_{Bahn,obs}^{1/2} .$$

Einsetzen der konkreten Werte ergibt

$$u_{Auto,impl}^{Bezugsfall} - 6\frac{EUR}{h}\cdot 4h - 14EUR = u_{Bahn,impl}^{1/2} - 6\frac{EUR}{h}\cdot 4h - 10EUR$$

oder

$$u_{Bahn,impl}^{1/2} - u_{Auto,impl}^{Bezugsfall} = -4EUR.$$

Die Tabelle lautet wie folgt

Tabelle A 5: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (5)

	Bezugsfall	Planfall	Differenz	Nutzen
Kosten NB	90*14*EUR*	0	−1.260*EUR*	+1.260*EUR*
Fahrzeit NRZ	90*4*h*+10*6*h*	100*2*h*	−220*h*	+1.320*EUR*
impl. Nutzen NI			90*(−4*EUR*)	−360*EUR*
Summe				+2.220*EUR*

A-2.7.2 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente

Konsumentenseite:

- Altnutzer:

$$\Delta KR_{Alt} = 10 \times (6h - 2h) \cdot 6\frac{EUR}{h} = 240 EUR\,.$$

- Neunutzer:

$$\Delta KR_{Neu} = (100 - 10) \times (6h - 2h) \cdot 6\frac{EUR}{h} / 2 = 1080 EUR\,.$$

Produzentenseite:

- $\Delta PR = 90 \cdot 10 EUR = +900 EUR.$

Summe: +**2220*EUR***.

Dabei wurde wieder davon ausgegangen, dass bei der Bahn weder die zusätzlichen Passagiere noch die unterschiedlichen Fahrzeiten zu anderen Kosten führen; dies müsste ansonsten bei *beiden* Rechenwegen zusätzlich aufgeführt werden.

→ Das Konzept des Ressourcenverbrauchs und das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente ergeben identische Resultate, wenn (i) die implizite Nutzendifferenz eines Verkehrsmittelwechsels berücksichtigt wird, und (ii) die Produzentenrente berücksichtigt wird. Würde man eine dieser beiden Komponenten nicht berücksichtigen, wären die Resultate unterschiedlich. Es bleibt dabei: Das Konzept der Konsumentenrente ist ein Kunstgriff, um implizite Nutzenanteile mit zu berücksichtigen.

A-2.8 Verlagerung von Bahn auf MIV

Bahn brauche vorher und hinterher 2*h*. MIV werde von 6*h* auf 2*h* beschleunigt. 10 Personen benutzen von Anfang an den MIV; 90 weitere wechseln auf den MIV durch die Beschleunigung. Bahn- und Autokosten seien weiterhin 10*EUR* und 14*EUR*.

A-2.8.1 Rechnung über Ressourcenverzehr

Der ‘durchschnittliche Wechsler’ wechselt wieder bei 4*h*. An diesem Punkt also

$$u_{Bahn,impl}^{Bezugsfall} - 2h \cdot 6\frac{EUR}{h} - 10EUR = u_{MIV,impl}^{1/2} - 4h \cdot 6\frac{EUR}{h} - 14EUR$$

bzw.

$$u_{MIV,impl}^{1/2} - u_{Bahn,impl}^{Bezugsfall} = +16EUR\,.$$

Die Tabelle lautet wie folgt:

Tabelle A 6: Beispielrechnung „zusätzliche Fahrt“ (6)

	Bezugsfall	Planfall	Differenz	Nutzen
Kosten NB	10*14*EUR*	100*14*EUR*	+1.260*EUR*	−1.260*EUR*
Fahrzeit NRZ	90*2*h*+10*6*h*	100*2*h*	−40*h*	+240*EUR*
impl. Nutzen NI			90*(+16*EUR*)	+1.440*EUR*
Summe				+420*EUR*

A-2.8.2 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente

Konsumentenseite:

- Altnutzer:

  $$\Delta KR_{Alt} = 10 \cdot (6h - 2h) \cdot 6\frac{EUR}{h} = +240EUR\,.$$

- Neunutzer:

  $$\Delta KR_{Neu} = \frac{1}{2}(100 - 10) \cdot (6h - 2h) \cdot 6\frac{EUR}{h} = 1080EUR.$$

Produzentenseite:

- $\Delta PR = -90 \cdot 10EUR = -900EUR.$

Summe: **+420*EUR***

Dies nimmt wiederum an, dass der Abgang der Passagiere bei der Bahn keine Veränderung der Kosten bewirkt; diese müssten ansonsten in beiden Rechenwegen berücksichtigt werden.

→ Falls Personen auf ein Verkehrsmittel wechseln, welches teurer aber dennoch nicht schneller ist (in diesem Beispiel: Auto), dann ist das nur dann plausibel, wenn diese Personen durch dieses Verkehrsmittel einen zusätzlichen, impliziten Nutzen haben. Das Konzept der Konsumentenrente quantifiziert diese implizite Nutzendifferenz.

Genauer: Es ist letztendlich die Nachfragekurve, die diese implizite Nutzendifferenz quantifiziert. Und die Nachfragekurve beruht ja letztendlich auf der Auswertung empirischer Daten.

A-2.9 Zielwahl: Wechsel von einer Relation auf eine neue im MIV

Ressourcenverzehr / Reisezeitnutzen

Alternativ zu Formel (3) in Kapitel 3 ließe sich der Reisezeitnutzen durch veränderte Zielwahl wie folgt berechnen. Für das nun folgende Verfahren müssten allerdings die genauen Bewegungen zwischen den Relationen bekannt sein. Während nach Formel (3) in Kapitel 3 der Nutzen aller Relationen aufzusummieren ist, muss nach folgender Formel die Aufsummierung der Nutzen sämtlicher Verlagerungspaare erfolgen.

$$NRZ_{i,k\rightarrow i,j,ziel} = x_{i,k\rightarrow i,j,ziel} * zw * (t_{i,j,1} - t_{i,k,0})$$

Hierin sind:

$NRZ_{i,k\rightarrow i,j,ziel}$ Reisezeitnutzen in der Relation von i nach j bei Änderungen des Ziels von k im Bezugsfall nach j im Planfall in €/Jahr

$x_{i,k\rightarrow i,j,ziel}$ Verkehrsmenge in der Relation von i nach k bei Änderungen des Ziels von j im Bezugsfall nach k im Planfall in Personenfahrten/Jahr

$t_{i,k,0}$ Reisezeit in der Relation von i nach k im Bezugsfall in Stunden

$t_{i,j,1}$ Reisezeit in der Relation von i nach j im Planfall in Stunden

Implizite Nutzendifferenz

Alternativ zu Formel (6) in Kapitel 3 ließe sich die implizite Nutzendifferenz durch veränderte Zielwahl wie folgt berechnen. Allerdings müssen auch hier die verlagerten Verkehrsmengen aller abgebenden Relationen bekannt sein.

$$NI_{i,k\to i,j} = x_{i,k\to i,j} * (\mathrm{zw} * (\frac{\mathrm{t_{i,j,0}} + \mathrm{t_{i,j,1}}}{2} - \mathrm{t_{i,k,0}}) + (\frac{nk_{i,j,0} + nk_{i,j,1}}{2} - nk_{\mathrm{i,k,0}}))$$

Hierin sind:

$\mathrm{NI_{i,k\to i,j}}$	Implizite Nutzendifferenz in der Relation von i nach j bei Änderungen des Ziels von k im Bezugsfall nach j im Planfall in €/Jahr
x	Verkehrsmenge des verlagerten Verkehrs von Relation i-k nach Relation i-j
$\mathrm{t_{i,j,auf,0}}$	Reisezeit in der Relation von i nach j im Bezugsfall in Stunden
$\mathrm{nk_{i,j,auf,0}}$	spezifische Nutzerkosten in der Relation von i nach j im Bezugsfall in €/Personenfahrt

Beispielrechnung

Auf Relation *i-k* betrage die Fahrzeit 4*h*, die Nutzerkosten (= Produktionskosten) betragen 14*EUR*. Auf der aufnehmenden Relation *i-j* verringere sich die Fahrzeit von 5*h* auf 4*h* bei gleichbleibenden Nutzerkosten (= Produktionskosten) i.H.v. 14*EUR*. Im Bezugsfall nutzen 100 Personen die Relation *i-k* und 0 Nutzer die Relation *i-j*. Im Planfall wird eine Verlagerung von 90 Nutzern von Relation *i-k* auf Relation *i-j* angenommen.

A-2.9.1 Rechnung über Ressourcenverzehr

Der „durchschnittliche Wechsler“ wechselt bei 4,5*h*. Die implizite Nutzendifferenz errechnet sich nach Formel (6) in Kapitel 3.

Tabelle A 7: Beispielrechnung „Zielwahl“ (1)

	Bezugsfall	Planfall	Differenz	Nutzen
Kosten NB	100*14*EUR* +0*14*EUR* *=1400*	10*14*EUR* +100*14*EUR* *=1400*	0*EUR*	0*EUR*
Fahrzeit NRZ	100*4*h* +0*5*h*	10*4*h* +90*4*h*	0*h*	0*EUR*
impl. Nutzen NI			90*(+3*EUR*)	+270*EUR*
Summe				+270*EUR*

A-2.9.2 Rechnung über Konsumentenrente

- Altnutzer: Die Altnutzer erfahren keine Verbesserung, da auf der verbesserten Relation *i-k* im Bezugsfall keine Reisenden unterwegs sind.
- Neunutzer:

$$\Delta KR_{Neunutzer} = \frac{1}{2}(100-10)\cdot(5h-4h)\cdot 6\frac{EUR}{h} = +270EUR.$$

Summe: **+270*EUR***

A-2.10 Zielwahl: Wechsel von zwei Relationen auf eine neue im MIV

Relation *i-k* bleibt unverändert, die Fahrzeit betrage 4*h*, die Nutzerkosten 14*EUR*. Auf Relation i-j betragen die Nutzerkosten ebenfalls 14*EUR*, die Fahrzeit wird von 5*h* auf 4*h* reduziert. Eine weitere abgebende Relation *i-h* hat Nutzerkosten i.H.v. 14*EUR*, die Fahrzeit betrage 3*h*. Im Bezugsfall nutzen jeweils 55 Personen die abgebenden Relationen *i-k* und *i-h*. 0 Nutzer befinden sich im Bezugsfall auf Relation *i-j*. Im Planfall findet diesmal eine Verlagerung von jeweils 45 Nutzern von den Relationen *i-k* und *i-h* nach Relation *i-j* statt.

A-2.10.1 Rechnung über Ressourcenverzehr

Der „durchschnittliche Wechsler“ von Relation *i-k* nach *i-j* bzw. *i-h* nach *i-j* wechselt bei 4,5*h*. Die Berechnung der impliziten Nutzendifferenz erfolgt nach Formel (6) in Kapitel 3. Die gesamte implizite Nutzendifferenz ergibt sich dabei aus der Summe der impliziten Nutzendifferenz je abgebender Relation.

Tabelle A 8: Beispielrechnung „Zielwahl“ (2)

	Bezugsfall	Planfall	Differenz	Nutzen
Kosten NB	55*14*EUR* +55*14*EUR* +0*14*EUR* =*XEUR*	10*14*EUR* +10*14*EUR* +90*14*EUR* =*XEUR*	0*EUR*	0*EUR*
Fahrzeit NRZ	55*4*h* +55*3*h* + *0**5h =385h	10*4*h* +10*3*h* +*90**4h =430h	+45*h*	-270*EUR*
impl. Nutzen NI			45*(+3*EUR*) +45*(+9EUR)	+540*EUR*
Summe				+270*EUR*

Zielwahl <u>ohne</u> Betrachtung Verkehrsmengen der abgebenden Relationen
Neben der Matrix der Reisezeiten für Bezugs- und Planfall wird hier lediglich die

Matrix des induzierten Verkehrs (Zielwahl) im Planfall benötigt:

von / nach	h	j	K
i	-45	+90	-45

Ressourcenverzehr

NRZi,j,Ziel	= –6EUR/h * (+90 * 4h)
NRZi,h,Ziel	= –6EUR/h * (–45 * 3h)
NRZi,kZiel	= –6EUR/h * (–45 * 4h)
Summe	= –270EUR

Implizite Nutzendifferenz

NRZi,j,Ziel	= + 90 * 6EUR/h * (5h + 4h)/2
NRZi,h,Ziel	= – 45 * 6EUR/h * (3h + 3h)/2
NRZi,kZiel	= – 45 * 6EUR/h * (4h + 4h)/2
Summe	= 540EUR

Insgesamt $-270\ EUR + 540\ EUR = +270\ EUR$, identisch mit dem Resultat im letzten Abschnitt.

Zielwahl <u>mit</u> Betrachtung Verkehrsmengen der abgebenden Relationen
Neben der Matrix der Reisezeiten für Bezugs- und Planfall werden hier für jede

Relation mit induziertem Verkehr (Zielwahl) die Verkehrsmengen der abgebenden

Relationen benötigt:

Relation	Verlagerung woher	Verkehrsmenge
i→j	i→k	45
	i→h	45

Ressourcenverzehr

NRZi,k→i,j	= 45 * (–6EUR/h) * (4h – 4h)
NRZi,h→i,j	= 45 * (–6EUR/h) * (4h – 3h)
Summe	= – 270EUR

Implizite Nutzendifferenz

NRZi,k→i,j	= 45 * 6EUR/h * ((5h+4h)/2 – 4h)
NRZi,h→i,j	= 45 * 6EUR/h * ((5h+4h)/2 – 3h)
Summe	= 540EUR

Insgesamt $-270\ EUR + 540\ EUR = +270\ EUR$, identisch mit den bisherigen Resultaten.

A-2.10.2 Rechnung über Konsumentenrente

An der Rechnung über die Konsumentenrente ändert sich gegenüber der vorherigen Berechnung nichts, da hier auf Konsumentenseite lediglich die aufnehmende Relation betrachtet wird.

- Altnutzer: Die Altnutzer erfahren keine Verbesserung, da auf der verbesserten Relation *i-k* im Bezugsfall keine Reisenden unterwegs sind.
- Neunutzer:

$$\Delta KR_{Neunutzer} = \frac{1}{2}(100-10)\cdot(5h-4h)\cdot 6\frac{EUR}{h} = +270EUR.$$

Summe: **+270*EUR*,** identisch mit den bisherigen Resultaten.

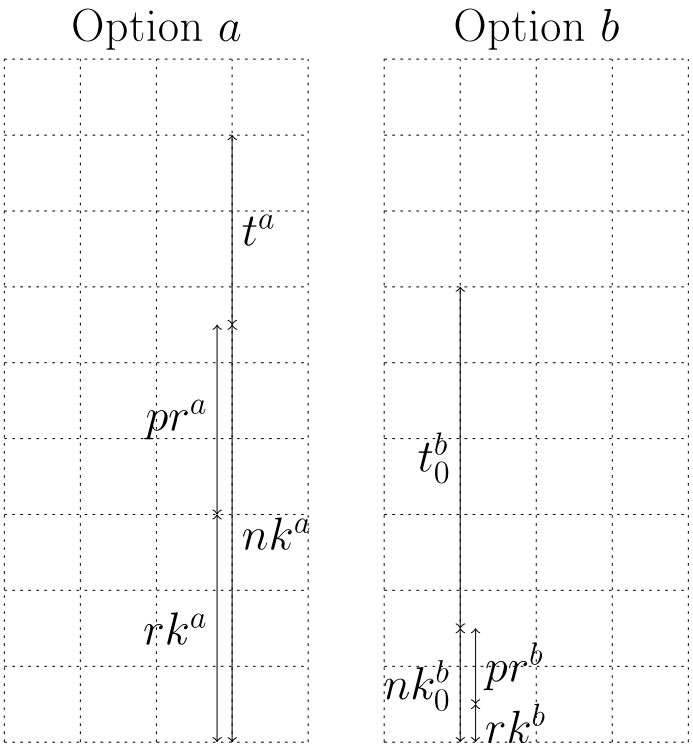
A-2.11 Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente vs. Ressourcenverzehr bei Verkehrsmittelwechsel

Bei den hier folgenden Überlegungen handelt es sich um eine ins deutsche übertragene Wiedergabe von Nagel et al. (2012). Nachdem Abschnitt A-2.5 motiviert hat, dass in der wohlfahrtsökonomischen Betrachtung neben der Konsumentenrente auch die Produzentenrente relevant ist, geht es hier nun darum, alle Größen auch bei einem Verkehrsmittelwechsel zu betrachten.

A-2.11.1 Vergleich von Optionen *a* und *b*

Es sollen zwei Optionen, a und b, verglichen werden. Man kann sich darunter a wie “Auto” und b wie “Bahn” vorstellen, es gilt aber allgemein. Wenn man die Aufwandsattribute senkrecht aufträgt, erhält man ein Diagramm wie in Abbildung Anhang 7.

Abbildung Anhang 7: Aufwandsattribute der Optionen a und b

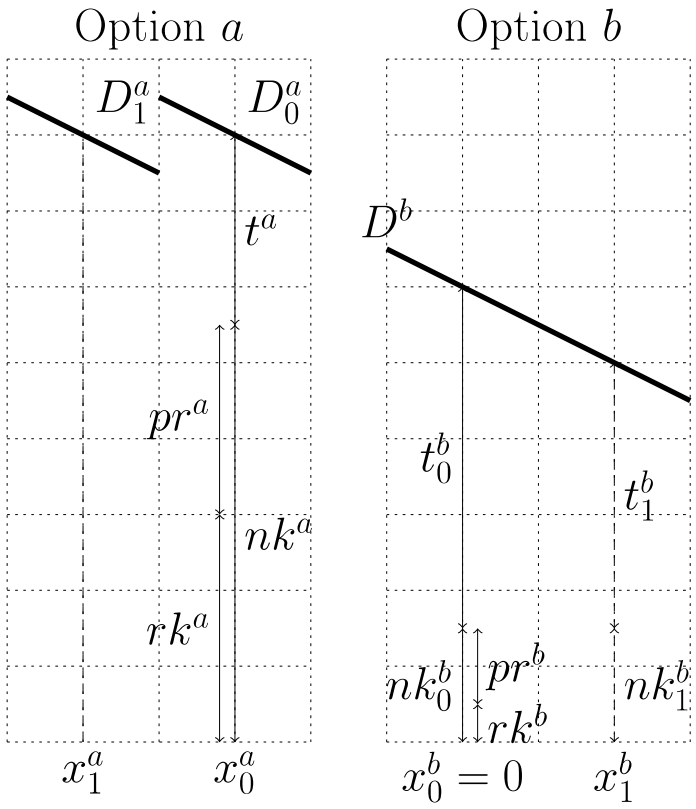


Dabei sind t^a und t^b die Reisezeiten und nk^a, nk^b die Nutzerpreise der Optionen a und b. Die Nutzerkosten nk können aufgespalten werden in die spezifischen Produktionskosten rk und die spezifische Produzentenrente pr. Zur didaktischen Vereinfachung wird angenommen, dass die Reisezeiten bereits in Geldeinheiten umgerechnet sind.

A-2.11.2 Verkehrsmittelwechsel von a nach b

Nun soll angenommen werden, dass es eine Verbesserung der Reisezeit t^b gibt, von t_0^b auf t_1^b, und dass als Konsequenz einige Nachfrage von Option a zu Option b wechselt. Das Diagramm würde nun aussehen wie Abbildung Anhang 8.

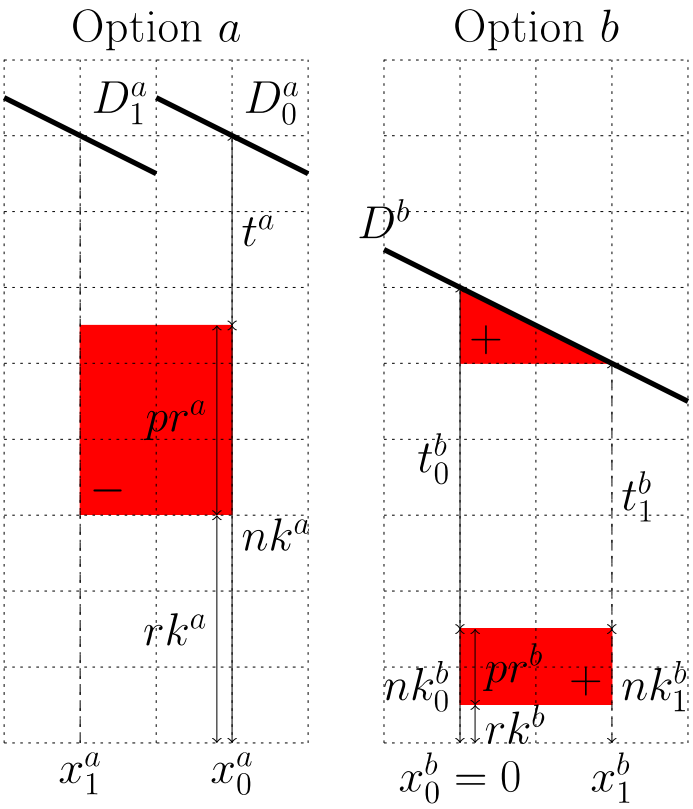
Abbildung Anhang 8: Verbesserung (Reduzierung der Reisezeit) von Option



Dabei sind nun auch die Nachfrage-Kurven eingezeichnet. Bei der abgebenden Option a wird (zwecks didaktischer Vereinfachung) die Annahme gemacht, dass sich durch den abgebenden Verkehr die generalisierten Kosten dort nicht ändern. Da sich die Menge verändert, muss dies bedeuten, dass sich die Nachfrage-Kurve horizontal zu niedrigeren Mengen (= nach links) verschiebt.

Weiterhin betrachten wir nur die Wechsler; es wird also angenommen, dass vorher niemand auf der Option b war. Dies dient nur der Illustration; die Bewertung des "Altverkehrs" verändert sich nicht gegenüber früheren Ansätzen.

Abbildung Anhang 9: Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente[273]



A-2.11.3 Rechnung über das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente

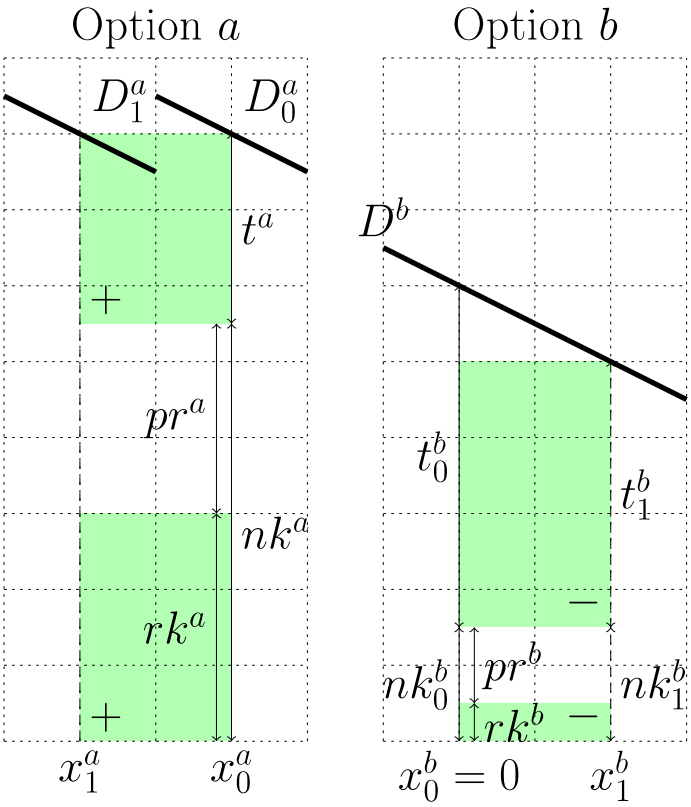
Der Gesamtnutzen dieser Infrastruktur-Veränderung entsprechend des Konzepts der Konsumenten-/Produzentenrente werden durch die drei roten Flächen in Abbildung Anhang 9 illustriert:

- Konsumentenrente: $KR^b = \frac{1}{2} \cdot (t_0^b - t_1^b) \cdot \Delta x$ — die übliche rule-of-half
- Produzentenrente auf Option *b*: $PR^b = pr^b \cdot \Delta x$
- Verlust von Produzentenrente auf Option *a*: $-PR^a = pr^a \cdot \Delta x$

[273] Die roten Flächen ergeben die Beiträge zur Berechnung nach dem Ansatz der Konsumenten-/Produzentenrente. Ein "+" in der farbigen Fläche bedeutet, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen erhöht; ein "–" in der farbigen Fläche bedeutet, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen verringert.

Hierbei wird (wie im gesamten Bericht) angenommen, dass die rule-of-half eine gültige Approximation der Nachfragekurve im relevanten Bereich ist, und dass es keine Komplikationen gibt wie Einkommenseffekte oder einkommensabhängige Zeitwerte.

Abbildung Anhang 10: Rechnung über Ressourcenverzehr[274]



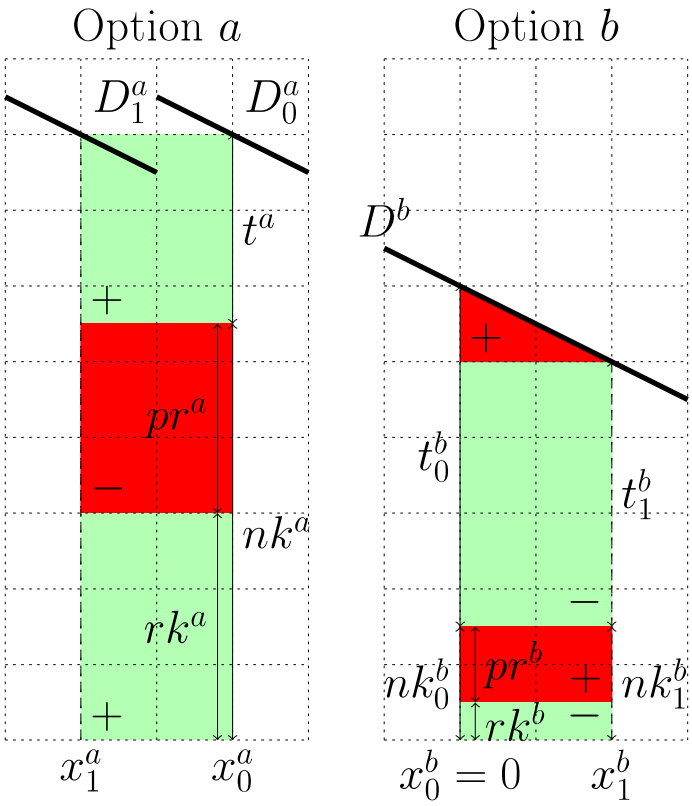
A-2.11.4 Rechnung über Ressourcenverzehr

Das deutsche BVWP-Verfahren berechnet (Veränderungen im) "Ressourcenverzehr" statt (Veränderungen der) Konsumenten- und Produzentenrente. Die Veränderung des Ressourcenverzehrs dieser Infrastruktur-Maßnahme sind die vier grünen Flächen in Abbildung Anhang 10:

[274] Die grünen Flächen ergeben die Beiträge zur Berechnung entsprechend Ressourcenverzehr. Auch hier: ein "+" in der farbigen Fläche bedeutet, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen erhöht; ein "−" in der farbigen Fläche bedeutet, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen verringert.

- Reduktion des Zeitverbrauches auf Option *a*: $-T^a = t^a \cdot \Delta x$
- Reduktion der Produktionskosten auf Option *a*: $-RK^a = rk^a \cdot \Delta x$
- Zusätzlicher Zeitverbrauch auf Option *b*: $T_1^b = t_1^b \cdot \Delta x$
- Zusätzliche Produktionskosten auf Option *b*: $RK^b = rk^b \cdot \Delta x$

Abbildung Anhang 11: Vergleich[275]



A-2.11.5 Vergleich

Abbildung Anhang 11 zeigt die verschiedenen Flächen in der gleichen Abbildung. Wegen der unterschiedlichen Vorzeichen ist es ist schwierig, daraus unmittelbare Schlussfolgerungen zu ziehen:

[275] Visueller Vergleich der Rechenwege entsprechend Konsumenten- und Produzentenrente (rot) sowie entsprechend Ressourcenverzehr (grün). Auch hier: ein "+" in der farbigen Fläche bedeutet, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen erhöht; ein "−" in der farbigen Fläche bedeutet, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen verringert.

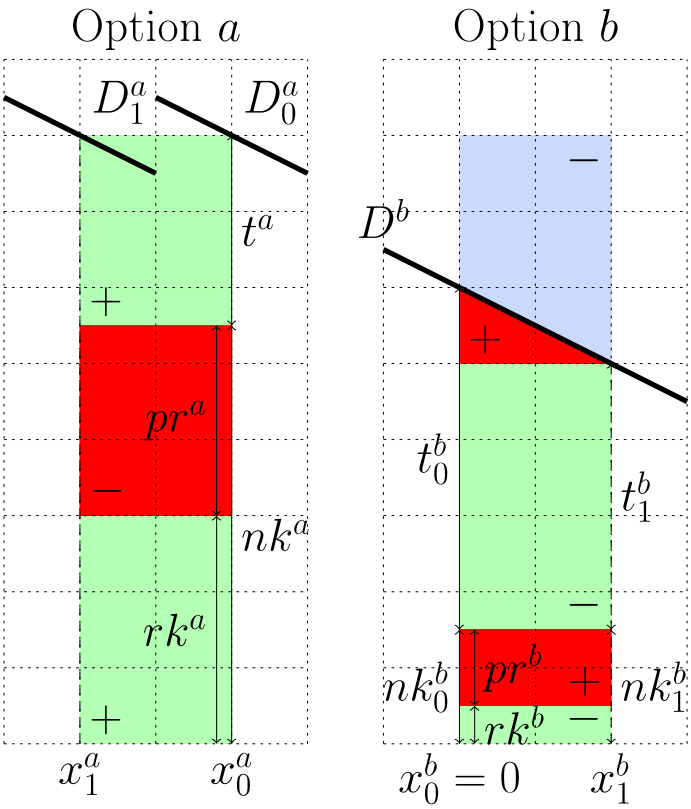
- Entsprechend dem Verfahren der Konsumenten-/Produzentenrente ergibt sich der Projektnutzen aus den roten Flächen rechts *minus* den roten Flächen links.
- Entsprechend dem Verfahren des Ressourcenverzehrs ergibt sich der Projektnutzen aus den grünen Flächen links *minus* den grünen Flächen rechts.

Es ist jedoch unmittelbar einsichtig, dass die beiden Rechenmethoden im Normalfall zu unterschiedlichen Resultaten führen werden: Man könnte, zum Beispiel, annehmen, dass man eine Situation mit anderem t^a hat, in der ansonsten alles gleich ist. Als Konsequenz würde sich die entsprechende grüne Fläche ändern, während alle roten Flächen unverändert blieben. Somit würde sich das Resultat der Rechnung entsprechend Ressourcenverzehr ändern, während das Resultat entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente unverändert bleiben würde. Somit können die beiden Methoden im Normalfall nicht zum gleichen Resultat gelangen.

A-2.11.6 Implizite Nutzendifferenz

Wenn man Abbildung Anhang 11 betrachtet, dann drängt sich der Eindruck auf, dass sich die roten und grünen Flächen ergänzen. Es fehlt allerdings die Fläche oberhalb der Nachfragekurve D^b von Option b. Dies kann beseitigt werden, indem diese Fläche hinzugenommen wird, siehe Abbildung Anhang 12

Abbildung Anhang 12: Implizite Nutzendifferenz[276]



Damit kann man die linke und die rechte Gesamtfläche gleichsetzen:

$$RK^a + PR^a + T^a = RK^b + PR^b + T_1^b + KR + blau\,.$$

Durch Umformen erhält man

$$KR + PR^b - PR^a = (RK^a - RK^b) + (T^a - T_1^b) - blau$$

oder

$$\Delta Wohlfahrt = RCC - blau, \quad (2.7)$$

wobei sich $\Delta Wohlfahrt$ auf die Berechnung entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente bezieht, und RCC auf die Berechnung entsprechend Ressourcenverzehr ("resource consumption calculation"). In Worten: *Wenn man die blaue*

[276] Hinzufügen des impliziten Nutzens (in blau). Auch hier: ein "+" in der farbigen Fläche bedeutet, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen erhöht; ein "−" in der farbigen Fläche bedeutet, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen verringert.

Fläche vom Resultat der Berechnung entsprechend Ressourcenverzehr abzieht, dann sind beide Rechenwege äquivalent.

Die mittlere Höhe und somit die Fläche des blauen Gebietes kann daraus quantitativ ermittelt werden. Da das Resultat in Abschnitt A-2.11.7 identisch sein wird, wird das hier ausgelassen.

A-2.11.7 Verhaltensinterpretation der blauen Fläche: Implizite Nutzendifferenz

Die Verhaltensinterpretation der blauen Fläche kommt daher, dass es einen Grund dafür geben muss, warum die Nutzer nicht bereits vor der Maßnahme von *a* nach *b* gewechselt sind, obwohl $t^b + nk^b$ viel niedriger als $t^a + nk^a$ ist. Es ist plausibel, hier anzunehmen, dass dies durch einen Unterschied in den Aufwänden verursacht wird, welcher nicht berücksichtigt wird, wenn nur Reisezeit und Reisepreis betrachtet werden. Dies ist die blaue Fläche.

Dies kann auch berechnet werden. Der Nutzer bei x_0 ist genau unentschieden zwischen beiden Optionen, wenn

$$nk^a + t^a + a^a_{impl} = nk^b + t^b_0 + a^b_{impl,0} \quad ,$$

wobei a^a_{impl} und $a^b_{impl,0}$ zu den Optionen a und b gehörende implizite, unbeobachtete Aufwände sind. Umformen ergibt

$$a^b_{impl,0} - a^a_{impl} = (nk^a + t^a) - (nk^b + t^b_0) \ .$$

Dies ist genau die “fehlende” Differenz: Die Länge der linken Seite der blauen Fläche.

Analog ist die Nutzerin bei x_1 genau dann unentschieden zwischen beiden Optionen, wenn

$$nk^a + t^a + a^a_{impl} = nk^b + t^b_1 + a^b_{impl,1}$$

und somit

$$a^b_{impl,1} - a^a_{impl} = (\mathrm{nk}^a + t^a) - (\mathrm{nk}^b + t^b_1) \ .$$

Für diese Nutzerin muss die implizite Aufwandsdifferenz noch größer sein, weil sie nicht wechselt, bis die Reisezeit bis auf t^b_1 verbessert wurde.

Der Mittelwert zwischen diesen beiden Werten ist

$$\overline{a^b_{impl}} - a^a_{impl} = (\mathrm{nk}^a + t^a) - (\mathrm{nk}^b + \overline{t^b}) \ .$$

Wir finden es einfacher, statt von impliziten Aufwänden von implizitem Nutzen zu sprechen. Wegen des Vorzeichenwechsels wird die Gleichung dann zu

$$\overline{u^b_{impl}} - u^a_{impl} = (\mathrm{nk}^b + \overline{t^b}) - (\mathrm{nk}^a + t^a) \ .$$

Dabei ist Nutzen als Größe in monetären Einheiten gemeint. Bekanntlich kann die Konvertierung von Reisezeit in monetäre Einheiten nicht-linear sein, z.B. einkommensabhängig (vgl. Jara-Díaz and Videla, 1989). Dies wird hier nicht betrachtet.

A-2.11.8 Positiver implizite Nutzendifferenz des Wechsels

Im obigen Beispiel war die implizite Nutzendifferenz des Wechsels negativ und somit die implizite generalisierte Kostendifferenz des Wechsels positiv. Dies wurde so gewählt, damit die Komplementarität der Flächen in Abbildung Anhang 12 sichtbar wurde, was nur möglich ist, wenn alle Flächen positive Werte repräsentieren. Der Term selber kann jedoch auch das entgegengesetzte Vorzeichen erhalten. Im obigen Beispiel wäre dies der Fall, wenn $nk^b + t^b > nk^a + t^a$, also wenn Personen b benutzen oder zu b wechseln, obwohl der (durch nk und t) *beobachtete* Nutzen geringer ist als bei a.

In dieser Situation würde der rechte Teil der Abbildung, welcher zu Option b gehört, vertikal über den linken Teil der Abbildung hinausreichen. Die blaue Fläche würde dann davon *abgezogen* werden müssen, um das Niveau auf dasjenige von Option *a*

zurückzuziehen. Konsistent mit obigen Überlegungen müsste eine solche Fläche dann als positiver Beitrag zum Gesamtnutzen gerechnet werden.

A-2.11.9 Addition der impliziten Nutzendifferenz zur Berechnung des Ressourcenverzehrs

Obige Einsichten können angewandt werden, um einen Term zu der etablierten Berechnung des Ressourcenverzehrs hinzuzufügen, womit das Resultat dann identisch wäre mit dem Resultat der Berechnung entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente. Der Term ergibt sich daraus, dass die blaue Fläche aus den Werten des "mittleren" Wechslers berechnet werden kann. Der mittlere Wechsler wechselt, wenn die Infrastruktur-Verbesserung auf halbem Weg der Verbesserung ist. Für diesen Benutzer gilt

$$-nk^a - zw \cdot t^a + u^a_{impl} = -\overline{nk^b} - zw \cdot \overline{t^b} + \overline{u^b_{impl}},$$

wobei $\overline{t^b}$ wieder das Mittel der Reisezeit vor und nach der Maßnahme bezeichnet, und $\overline{u^b_{impl}}$ bezeichnet den impliziten Nutzen von Option *b* für den mittleren Wechsler an diesem Punkt der "halben" Verbesserung. Der Vollständigkeit halber wurden gegenüber früheren Rechnungen folgende weitere Elemente berücksichtigt:

- Zeitwert *zw*, welcher Einheiten der Zeit in Einheiten des Geldes konvertiert.
- $\overline{nk^b}$ als das Mittel des Nutzerpreises vor und nach der Maßnahme. Bisher wurde angenommen, dass die Nutzerpreise jeweils vor und nach der Maßnahme identisch sind; generell müssen *alle* Nutzerattribute, die sich durch die Maßnahme verändern, in dieser Weise gemittelt werden.

Zur Abgrenzung der bereits monetarisierten Zeit *t* in den Abschnitten A-2.11.1 bis A-2.11.8 wird ab diesem Abschnitt *t* für die Reisezeit in Zeiteinheiten verwendet.

Hieraus ergibt sich

$$\Delta u_{impl} = \overline{u^b_{impl}} - u^a_{impl} = (\overline{nk^b} + zw \cdot \overline{t_b}) - (nk^a + zw \cdot t^a) \qquad (2.8)$$

oder

$$\Delta u_{impl} = (\overline{nk^b} - nk^a) + zw \cdot (\overline{t^b} - t^a). \qquad (2.9)$$

Gleichung (2.9) entspricht der impliziten Nutzendifferenz des „durchschnittlichen Wechslers“. Wird Δu_{impl} mit der Anzahl der Wechsler multipliziert, so erhält man die gesamte Differenz des impliziten Nutzens NI. $\Delta u_{impl} \cdot |\Delta x|$ entspricht damit exakt Gleichung (7), in Kapitel 3, wobei sich die Indizes a und b entsprechend des jeweiligen Verlagerungseffekts (inter-, intramodaler Wechsel) ändern.

Eine (didaktische) Tabelle zur Bilanzierung des Ressourcenverzehrs inkl. impliziter Nutzendifferenz würde nun wie folgt aussehen:

Tabelle A 9: Bilanzierung des Ressourcenverzehrs inklusive impliziter Nutzendifferenz

	Bezugsfall	Planfall	Differenz des Ressourcenverzehrs	Nutzen in monetären Einheiten
Produzentenkosten (NB) *a*	$rk^a \cdot x_0^a$	$rk^a \cdot x_1^a$	$-rk^a \cdot \|\Delta x\|$	$+rk^a \cdot \|\Delta x\|$
Reisezeiten (NRZ) *a*	$t^a \cdot x_0^a$	$t^a \cdot x_1^a$	$-t^a \cdot \|\Delta x\|$	$+zw \cdot t^a \cdot \|\Delta x\|$
Produzentenkosten (NB) *b*	0	$rk^b \cdot x_1^b$	$+rk^b \cdot \|\Delta x\|$	$-rk^b \cdot \|\Delta x\|$
Reisezeiten (NRZ) *b*	0	$t_1^b \cdot x_1^b$	$+t_1^b \cdot \|\Delta x\|$	$-zw \cdot t_1^b \cdot \|\Delta x\|$
Differenz d. impl. Nutzens (NI)				$[(\overline{nk^b} - nk^a) + zw \cdot (\overline{t^b} - t^a)] \cdot \|\Delta x\|$

Hier wurde nun auch die Anzahl der Wechsler, $|\Delta x|$, berücksichtigt.

Wenn man diese Terme addiert und rearrangiert, dann erhält man

$$\left[zw \cdot \left(\overline{t^b} - t_1^b\right) + \left(\overline{nk^b} - rk^b\right) - \left(nk^a - rk^a\right)\right] \cdot |\Delta x| .$$

Dies ist genau die Berechnung entsprechend des Konzepts der Konsumentenrente:

- $zw \cdot (\overline{t^b} - t_1^b) = zw \cdot (t_0^b - t_1^b)/2$ ist die mittlere Konsumentenrente pro Wechsler,
- $\overline{nk^b} - rk^b$ ist die zusätzliche Produzentenrente bei Option b pro Wechsler, und
- $-(nk^a - rk^a)$ ist der Verlust an Produzentenrente bei Option a pro Wechsler.

Das Hinzufügen der impliziten Nutzendifferenz nach Gleichung (2.9) zum Ressourcenverzehr führt also zum gleichen Resultat wie die Rechnung entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente. Oder, in anderen Worten: Die Einsichten, die man durch das Konzept der Konsumenten-/Produzentenrente gewinnt, wurden verwendet, um die Berechnung entsprechend Ressourcenverzehr zu retrofitten.

A-2.11.10 Konsequenzen der Hinzufügung der impliziten Nutzendifferenz zum Ressourcenverzehr

Die implizite Nutzendifferenz des Wechselns, und daher sein Beitrag zum ökonomischen Nutzen, ist

- positiv wenn $nk^b + zw \cdot t^b > nk^a + zw \cdot t^a$,
- negativ wenn $nk^b + zw \cdot t^b < nk^a + zw \cdot t^a$.

Als Tendenz:

- Eine weitere Beschleunigung einer bereits schnellen Verbindung (Schiene oder Straße) würde gegenüber dem bisherigen Verfahren Nutzen verlieren. Andererseits:
- Eine Beschleunigung einer eher langsamen Verbindung würde gegenüber dem bisherigen Verfahren Nutzen gewinnen.

Somit würde das Hinzufügen der impliziten Nutzendifferenz in das deutsche Verfahren als Tendenz *das NKV erhöhen bei Maßnahmen, welche unterdurchschnittliche Elemente der Infrastruktur auf den Durchschnitt anheben.* Hingegen würde es *das NKV reduzieren bei Maßnahmen, welche bereits über dem Durchschnitt liegende Elemente der Infrastruktur weiter verbessern sollen.*

A-2.11.11 Vor- und Nachteile

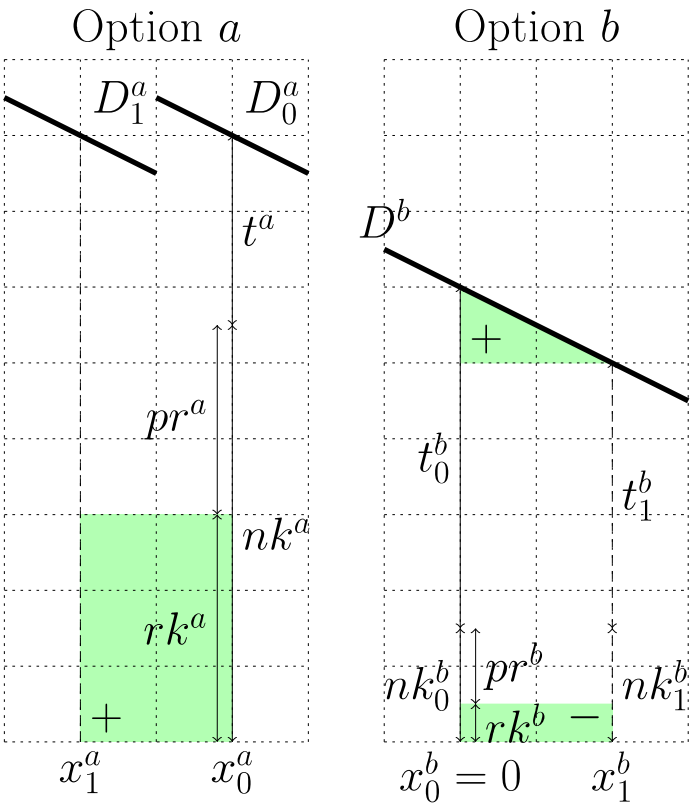
Die Berechnung entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente kann sehr stark vereinfacht werden, wenn man annimmt, dass *a* und *b* wettbewerbliche Märkte sind. Unter dieser Voraussetzung können $nk^a - rk^a$ sowie $nk^b - rk^b$ zu Null gesetzt werden. Dies vereinfacht die Rechnung erheblich.

Wenn jedoch die Annahme des wettbewerblichen Marktes nicht gilt (und dies ist bei Verkehrssystemen häufig der Fall), dann beruht die Berechnung der Produzentenrente auf der Differenz zweier recht großer Zahlen. Im deutschen Verfahren werden diese durch vollständig unterschiedliche Verfahren ermittelt: Die Produzentenkosten *RK* werden durch recht komplexe Modelle von Eisenbahn- oder Luftverkehrsunternehmen berechnet. Die Nutzerkosten *NK* hingegen beruhen auf einfachen Mittelwertannahmen, und sind oft (nur) durch die Verkehrsmittelwahl-Modelle kalibriert.

Andererseits hat die Berechnung des Nutzens über den Ressourcenverzehr Vorteile insbesondere dort, wo es eine Tradition gibt, das Verfahren in dieser Weise durchzuführen. Der vorhandene Ansatz, inklusive Intuition für die meisten seiner quantitativen Zwischenergebnisse, kann bewahrt werden, und es wird nur ein Term hinzugefügt. Weiterhin hat dieser Term eine plausible Interpretation: Es ist derjenige Teil der Nutzendifferenz, die beim Wechsel zur verbesserten Infrastruktur anfällt, die nicht durch Preis und Fahrzeit beschrieben wird.

Es ist wichtig, zu erkennen, dass sich der Wert der mittleren impliziten Nutzendifferenz mit dem Niveau der Verbesserung ändert. Dies liegt daran, dass andere Nutzergruppen in die Mittelung eingehen, bei einer stärkeren Verbesserung z.B. auch Nutzer, die bei einer leichteren Verbesserung nicht wechseln würden.

Abbildung Anhang 13: „Standardisierte Bewertung“ und Bedarfsplanüberprüfung Schiene 2010[277]



A-2.11.12 Teilweise Berücksichtigung des Konzepts der Konsumenten-/Produzentenrente — die “Standardisierte Bewertung” sowie die “Bedarfsplanüberprüfung Schiene 2010”

Praktikern war das Problem schon lange bekannt. Insbesondere war es unplausibel, dass Personen, die auf eine durch eine Maßnahme verbesserte Zugverbindung wechseln würden, einen negativen Nutzenbeitrag für die Maßnahme bedeuten würden, weil die Zugreise ja trotz der Verbesserung immer noch länger dauern konnte als die entsprechende Autoreise. Um die Situation zu verbessern, wurde eine Variante der Berechnung nach Konsumenten-/Produzentenrente in das Verfahren eingeführt (ITP and VWI, 2006; BVU and ITP, 2010). Diese Variante entspricht der Anwendung der rule-of-half für die Reisezeiten, während das Verfahren weiterhin

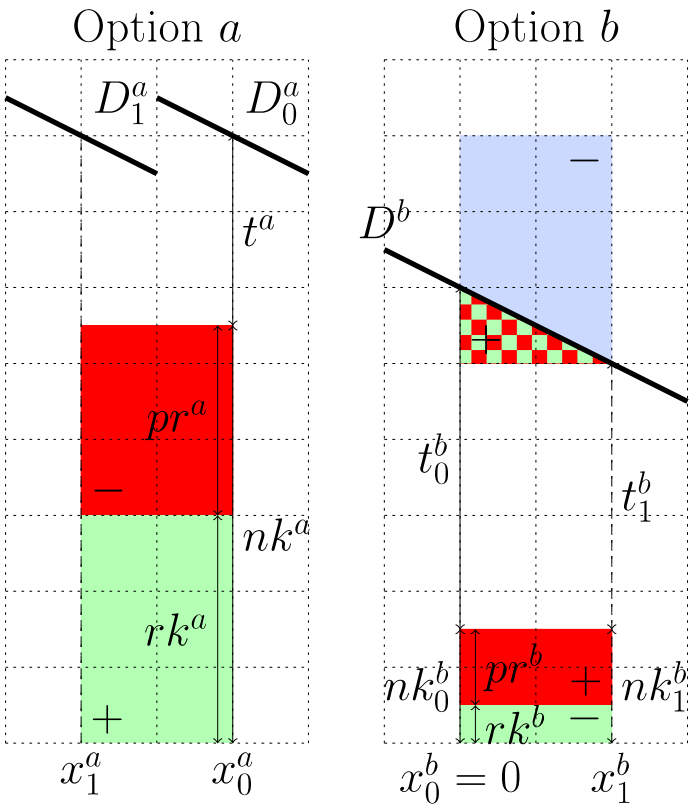
[277] Flächen, die bei der “Standardisierten Bewertung” (ITP and VWI, 2006) sowie bei der “Bedarfsplanüberprüfung Schiene 2010” (BVU and ITP, 2010) berücksichtigt werden. Wieder bedeutet ein “+” in der farbigen Fläche, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen erhöht; ein “−” in der farbigen Fläche bedeutet, dass eine Vergrößerung der Fläche den Gesamtnutzen verringert.

den Ressourcenverzehr bei den Produktionskosten verwendet. Das Resultat ist in Abbildung Anhang 13 zu sehen. t_a wird gar nicht mehr berücksichtigt.

Die Begründung hierfür ist recht plausibel: Auf der einen Seite sind die Konsumenten, und diese bekommen die Konsumentenrente. Auf der anderen Seite ist die "produzierende Volkswirtschaft" und diese muss die Ressourcen aufbringen, um die Dienstleistung zu erbringen. Das Resultat ist jedoch (immer noch) nicht identisch mit der Berechnung entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente. Hier ist ein Beispiel:

- Nehmen wir an, dass $PR^a = PR^b = 0$, d.h. Preise sind kompetitiv, und daher entsteht keine Produzentenrente.
- Die Berechnung entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente würde also *nur* die Konsumentenrente enthalten.
- Andererseits könnte es eine Differenz im Ressourcenverzehr geben, welches zu einem (positiven oder negativen) weiteren Beitrag durch den Ressourcenverzehr führen würde.

Abbildung Anhang 14: „Standardisierte Bewertung“ im Gesamtvergleich



Was ist die Erklärung für diese Differenz? Dies ist vielleicht am einfachsten zu verstehen durch einen Vergleich zwischen “Standardisierter Bewertung” und dem normalen Verfahren entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente, analog Abschnitt A-2.9.6. Die übliche Addition der Flächen in Abbildung Anhang 14 führt zu

$$RK^a + PR^a + T^a = RK^b + PR^b + T_1^b + KR + blau$$

oder

$$KR + PR^b - PR^a = [RK^a - RK^b + KR] - KR + (T^a - T_1^b) - [(NK^a + T^a) - (NK^b + \overline{T^b})]$$

oder

$$Wohlfahrt = Standi + (NK^b - NK^a)\ , \qquad (2.10)$$

wo $KR = \Delta x \cdot (t_0^b - t_1^b)/2$ und $\overline{T^b} = \Delta x \cdot (t_0^b + t_1^b)/2$ benutzt wurden, und *Standi* bezieht sich auf das Resultat entsprechend der Standardisierten Bewertung/Bedarfsplanüberprüfung Schiene 2010.

Aus Gleichung (2.10) ergibt sich, dass die Standardisierte Bewertung (nur) um ($NK^b - NK^a$) korrigiert werden muss, um zum gleichen Resultat wie die Rechnung entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente zu führen. Die Konsequenzen einer Hinzunahme dieses Terms wären:

- Projekte mit $NK^b > NK^a$ würden ihr NKV verbessern.
- Projekte mit $NK^b < NK^a$ würden ihr NKV verschlechtern.

Hinzufügen dieses Terms würde, als Tendenz, *das NKV verbessern für Verbesserungen von Infrastruktur-Elementen, für welches überdurchschnittliche Preise verlangt werden (können).* Und entsprechend würde, als Tendenz, *das NKV reduziert für Verbesserungen von Infrastruktur-Elementen, für die (nur) unterdurchschnittliche Preise verlangt werden (können).*

Ein deutlich größeres Problem ist u.E., dass das Verfahren ohne diesen zusätzlichen Termin weiterhin unplausible Resultate für induzierten Verkehr produziert. Die Konsumentenrente wird korrekt berechnet. Aber auf der Produktionsseite werden die zusätzlichen Ressourcenkosten vom Nutzen *abgezogen*, wo die Berechnung entsprechend Konsumenten-/Produzentenrente die (mögliche) Differenz zwischen zusätzlichen Ressourcenkosten und (höherem) Preis als *positiven* Beitrag werten würde.

Im deutschen Verfahren mag der erste Punkt nicht stark ins Gewicht fallen, da es eine Tendenz gibt, ÖV-Fahrpläne als fest anzusehen, d.h. dass zusätzliche Reisende ohne zusätzliche Ressourcenkosten bedient werden können. Dies macht jedoch den zweiten Punkt, den Unterschied zwischen Ressourcenkosten und bezahltem Preis, umso wichtiger, insbesondere für die Schiene: Wenn zusätzliche Fahrgäste ohne weitere Ressourcenkosten bedient werden können, dann bedeutet die Berücksichtigung der Differenz zu den gezahlten Preisen nicht nur betriebswirtschaftliche Gewinne für die Anbieter, sondern auch gesamtwirtschaftliche Gewinne, welche berücksichtigt werden sollten.[278]

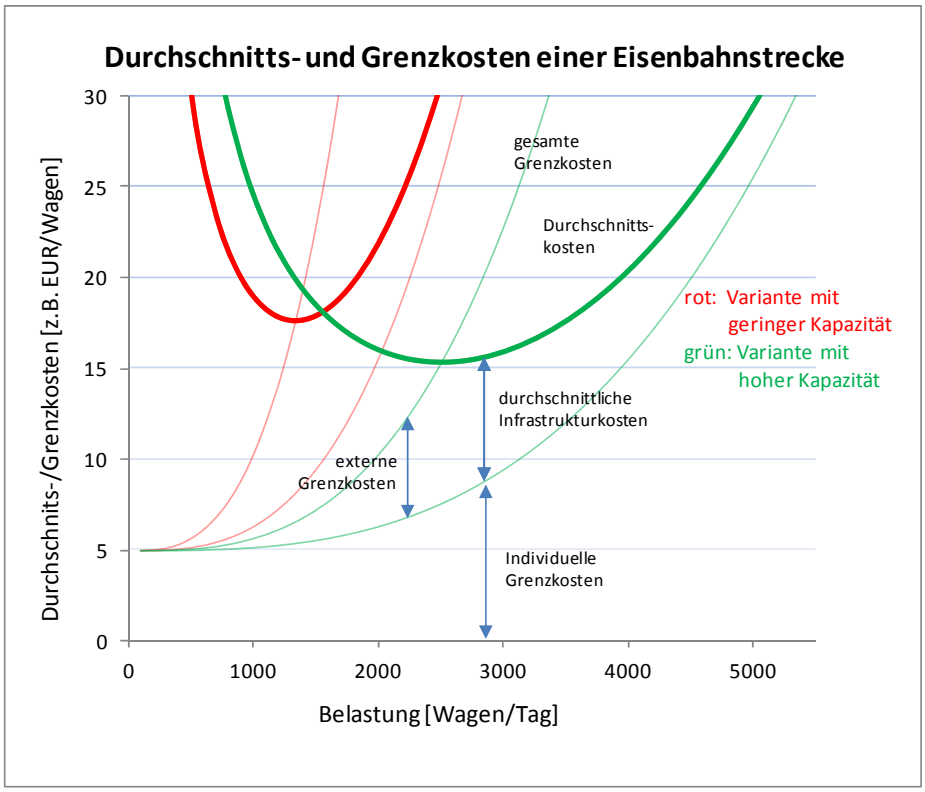
[278] An dieser Stelle kommt oft der Einwand, dass gezahlte Preise nicht berücksichtigt werden sollten, da sie ja Transfers darstellen. Das Problem entsteht dadurch, dass die Berechnung der Konsumentenrente nach der rule-of-half unter der Voraussetzung erfolgt, dass diese Konsumentenrente *trotz des Schmerzes der Bezahlung des Nutzerpreises* erfolgt. Wenn der Nutzerpreis dann gar nicht eingesetzt werden muss, um die Dienstleistung zu erbringen, dann entsteht daraus in der Tat ein gesamtwirtschaftlicher Gewinn.

A-3 Güterverkehr

A-3.1 Derzeitiges Verfahren GV Schiene

Nachdem die Nachfrage GV Schiene für den Bezugsfall erzeugt wurde, wird diese auf das Bezugsfallnetz umgelegt. Dabei stehen dem GV Schiene die Kapazitäten zur Verfügung, die der fahrplangebundene PV Bahn nicht in Anspruch nimmt. In diese freien Kapazitäten wird der Güterverkehr in der Umlegung hineingelegt. Zunächst wird dabei der Güterverkehr über die schnellsten geeigneten Routen geleitet, sofern der Personenverkehr dort noch freie Kapazitäten übrig gelassen hat. Dies geschieht so lange, bis die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Strecke erschöpft ist. Die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit ist als diejenige Kapazität zu verstehen, bei der eine gewisse Nachfrage zu den geringsten volkwirtschaftlichen Gesamt- bzw. Durchschnittskosten abgefahren werden kann. Folgende Abbildung Anhang 15 verdeutlicht dieses Konzept.

Abbildung Anhang 15: Kosten einer Eisenbahnstrecke bei unterschiedlicher Kapazität



Auf der exemplarischen und nicht empirisch abgedeckten Abbildung sind die durchschnittlichen Kosten sowie die Grenzkosten einer Strecke für zwei unterschiedliche Kapazitäten (rot und grün) dargestellt.

Die gesamten Durchschnittskosten errechnen sich als die Summe der durchschnittlichen Infrastrukturkosten und der individuellen Grenzkosten. Die individuellen Grenzkosten bezeichnen die Kosten für die Produktion einer zusätzlichen Verkehrseinheit beim Transportunternehmen. Mit zunehmender Belastung nehmen die durchschnittlichen Infrastrukturkosten ab – die fixen Kapitalkosten werden schließlich über immer mehr Züge verteilt. Andererseits nehmen die individuellen Grenzkosten immer mehr zu: Es kommt beispielsweise zu immer mehr Wartezeiten im Güterverkehr, um andere Verkehre überholen zu lassen oder auch zu Abweichungen vom Wunschabfahrtszeitpunkt. Jede zusätzliche Fahrt führt also nicht nur zu zusätzlichen Kosten für diese Fahrt selbst, sondern auch zu Mehrbelastungen für alle anderen zeitgleichen Züge auf dieser Strecke. Letzteres sind die externen Grenzkosten. Die individuellen und die externen Grenzkosten ergeben zusammen die gesamten Grenzkosten. Die individuellen Durchschnittskosten und die durchschnittlichen Infrastrukturkosten ergeben zusammen die gesamten Durchschnittskosten. Es kann leicht gezeigt werden, dass die kurzfristigen Grenzkosten die gesamten durchschnittlichen Kosten in deren Minimum schneiden.

Das wirtschaftliche Streckendesign ist als die untere Einhüllenden aller denkbaren Durchschnittskostenfunktionen beschrieben. Steigt eine Belastung einer Strecke deutlich über den Punkt des Minimums der Durchschnittskosten hinaus, so kann man sie als überlastet oder „verstaut“ betrachten. Dies bedeutet in Realität, dass z.B. Güterzüge warten müssen, bis sie eine freie Trasse zwischen den fahrplangebundenen Personenzügen zugeteilt bekommen. Auch ein verspäteter Personenverkehrszug wird vielleicht Probleme bekommen, mit seiner „ursprünglichen Plangeschwindigkeit eine Strecke zu befahren, da er in Konflikt mit langsamen Personenzügen und Güterzügen steht. Verspätungen können sich also evtl. aufschaukeln und ggf. auch auf andere Züge überspringen.

Langfristig ist es optimal, eine Strecke schon vor dem Erreichen des Minimums der gesamten Durchschnittskosten auszubauen – dann, wenn die untere Einhüllende

aller Durchschnittskurven diejenige der aktuell betrachteten Strecke berührt. Allerdings lohnt sich ein Kapazitätsausbau nicht immer, wenn diese 100% Wirtschaftlichkeit überschritten ist. Das rührt daher, dass Kapazität nur ganzzahlig Zur Verfügung gestellt werden kann. Es ist deshalb oftmals sinnvoll, die Leistungsfähigkeit einer Strecke auch höher auszuschöpfen. Wie man in der Abbildung Anhang 15 am typischen Verlauf der Kostenfunktionen sehen kann, wachsen die externen Grenzkosten und dann auch die individuellen Grenzkosten bald nach Überschreitung des Durchschnittskostenminimums über alle Schranken. In der betrieblichen Realität bedeutet dies, dass jeder zusätzliche Zug eine nicht mehr zu rechtfertigende Verzögerung aller anderer bereits fahrender Züge zur Folge hat.

Im Umlegungsmodell – wie auch in Realität – wird versucht, Güterzüge bei zunehmender Annäherung an die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Strecke umzuleiten; bei 120% dieser Leistungsfähigkeit ist schließlich auch eine fixe Kapazitätsgrenze gegeben. Die Fahrzeiten und -kosten dieser umgeleiteten Züge sind höher als diejenige auf der direkten Strecke. Dies führt in der unmittelbar vorgelagerten Modellierungsstufe der Verkehrsmittelwahl zu einem Rückgang der Nachfrage nach Gütertransport auf der Schiene, die auf Zeiten und Kosten sensibel reagiert. Nach einigen Iterationen (in den Iterationen steigen die individuellen Grenzkosten und die Nachfrage passt sich an) ist ein Nachfrage-Angebot-Gleichgewicht erreicht. Ob die Einstellung eines Gleichgewichts zwischen Angebot und Nachfrage mittels eines Verkehrsmittelwahlmodells oder durch ein Elastizitätenmodell vorgenommen wird, macht keinen Unterschied, sofern das Elastizitätenmodell ausreichend das Verkehrsmittelwahlmodell approximiert.

Die marginalen Züge – also die Züge, die gerade noch über Umleitungsstrecken über das Netz fahren – haben als Ergebnis dieser Prozedur möglicherweise eine andere (höhere) Fahrzeit als diejenigen, die auf kürzestem Weg und unter Ausnutzung der Streckenkapazität bis zu 120% deren Leistungsfähigkeit verkehren können. Dies ist ein Unterschied zum Straßenverkehr, wo sich ein sog. Nutzergleichgewicht einstellt und wo alle Fahrzeuge auf einer Relation die gleichen Fahrzeiten haben.

Die Abstimmung zwischen Grenzkosten und Nachfrage wird relationsweise vorgenommen. Es wird folglich versucht, auf den einzelnen Relationen die Nachfrage

abzuwehren, die geringere Zahlungsbereitschaft hat als die Produktion der marginalen Züge verursachen würde. Es wird keine konsequente Optimierung der Ausschöpfung der gesamten Zahlungsbereitschaft über alle Transportrelationen hinweg vorgenommen.

Im ökonomischen Verständnis hätten wir es dann bei dem Eisenbahnverkehrsunternehmen mit einem Modell eines perfekt preisdiskriminierenden Unternehmen zu tun, der so lange Nachfrage bedient, bis die Grenzkosten die inverse Nachfragefunktionen der verschiedenen Nachfragesegmente schneiden. Inwieweit dieses Unternehmen die Zahlungsbereitschaften auch vollständig abschöpft oder eine gewisse Konsumentenrente übrig gelassen wird, spielt bei Wohlfahrtsbetrachtungen keine Rolle spielen. Auf diese Weise entsteht übrigens auch kein monopolistischer Wohlfahrtsverlust (sog. Harberger Dreieck), Die Situation ist zudem nicht unähnlich mit derjenigen im perfekten Wettbewerb, wo auch solange Nachfrage bedient wird, bis der Preis gleich den Grenzkosten ist.

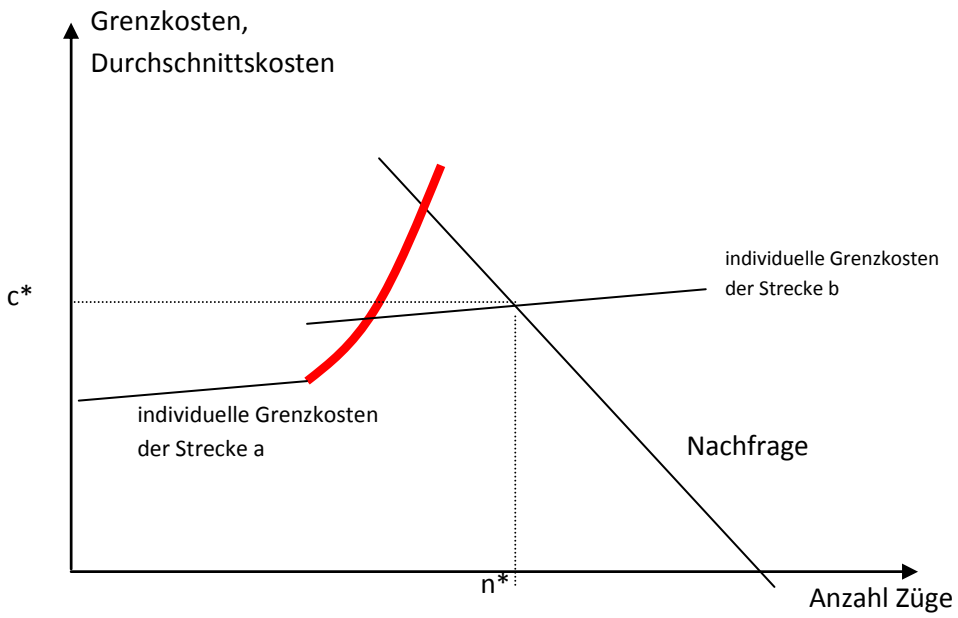
Folgende Abbildung zeigt dieses Vorgehen. Die individuellen Grenzkosten auf der kürzesten Strecke a steigen mit zunehmender Streckenbelastung leicht an. Ab einer bestimmten Belastungsgrenze wird kein zusätzlicher Zug mehr auf dieser Strecke *a* erlaubt – die Grenzkostenfunktion geht in einen gesperrten (roten) Bereich über. Ab diesem Punkt werden Züge über die Strecke *b* umgeleitet. Dabei kann (wie im Bild) ein Sprung bei den individuellen Grenzkosten auftreten. Nachfrage wird solange bedient, bis die Zahlungsbereitschaft des marginalen Zuges den betriebswirtschaftlichen Grenzkosten des teuersten Zuges entspricht. Mit diesem marginalen Zug erwirtschaftet das Eisenbahnverkehrsunternehmen einen Überschuss von Null.

Dadurch, dass das Nachfragemodell nicht nur auf die Kosten der Fahrtdurchführung, sondern auch auf andere Attribute wie die Fahrzeit reagiert, ist klar, dass diese Kostenkomponenten auch in der Funktion individuellen Grenzkosten zu beinhalten sind.

Solange mit steigender Zuganzahl auf einer Transportrelation immer noch eine Ausweichstrecke angeboten wird, und solange dabei die Sprünge der individuellen Grenzkosten verhältnismäßig klein sind, ist es nicht notwendig, einen sogenannten Knappheitspreis zu verrechnen, der die Nachfrage mit einer begrenzten Kapazität in

Einklang bringt. Die Überschüsse, welche die einzelnen Züge erwirtschafteten, sind nicht klar. Diese Information wird allerdings nicht in der Bewertung benötigt, denn diese interessiert sich nur für die Summe an Produzenten- und Konsumentenrenten bzw. deren Variation.

Abbildung Anhang 16: Individuelle Grenzkosten auf zwei Strecken und Umlegungsregeln



Die Grenzkosten auf den verschiedenen Strecken in der Abbildung stellen die individuellen Grenzkosten der einzelnen Züge dar. Externe Effekte – also die Verringerung der Reisezeit oder der Zuverlässigkeit –, die auf andere Züge ausgeübt werden, werden nicht betrachtet (es wird also ein Nutzergleichgewicht in der Umlegung angestrebt). In diesem Punkt ähnelt das Verhalten des Infrastrukturunternehmens eher dem Verhalten von allen Verkehrsteilnehmern auf der Straße, auf der sich aus dezentral getroffenen Entscheidungen ein Nutzergleichgewicht einstellt. Die Bahnoptimierung ist gewissermaßen unvollständig, da sie die Auswirkungen zusätzlicher Züge auf andere Züge nicht vollständig in der Wegewahl berücksichtigt werden. Ein wohlfahrtsmaximierender Infrastrukturbetreiber würde – wenn er dürfte – möglicherweise bei den Trassengebühren Rabatte für die Nutzung nicht verstauter Umwegstrecken gewähren und Zuschläge für kürzere und hoch belastete Strecken verlangen.

Angesichts der Verhaltensweisen auf den Märkten und einer zunehmenden Zahl von Wettbewerbern auf der Schiene mag diese Prozedur der Nutzergleichgewichtsumlegung als angemessen erscheinen.

A-3.2. Optionen für die Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens für den Schienengüterverkehr

Das bisherige Bewertungsverfahren führte zu unplausibel wirkenden Wohlfahrtsverbesserungen bei Engpassauflösungen. Detailliert betrachtet liegt eine gewisse Anzahl von Gründen vor:

- *Unterschiedliche Kostenstrukturen*: Die Kosten einer Lkw-Fahrt lassen sich leicht als variable Kosten zuzüglich variabilisierbarer Fixkosten verstehen (Fahrerkosten, kilometrische und zeitabhängige Kosten des Lkw-Betriebs und dessen Vorhaltung). Auf der Straße sind die Infrastrukturkosten vergleichsweise gering im Vergleich zu den variablen Kosten des Transportunternehmens für eine Fahrtdurchführung. Die Kosten des Systems Schiene sind im Vergleich viel stärker von Vorhaltekosten der Infrastruktur und der Transportkapazitäten (wie Rangierbahnhöfe und Terminals) geprägt. Aufgrund der positiven Differenz der Grenzkosten von Straße und Schiene führt jeder verlagerte Lkw zu einer verhältnismäßig großen volkswirtschaftlichen Ressourceneinsparung.
- *Unvollständige Kostenabbildung*: Die Kosten einer Lkw-Fahrt oder einer Bahnfahrt sind nicht nur die Kosten der Fahrt, sondern auch Dispositionskosten, Risikokosten, Wartekosten, etc. Gerade die Zeitkosten (Wertverzehr des Gutes im Transport aber vor allem auch Wertschätzung für schnelleres Ankommen) und die Kosten, die mit Unzuverlässigkeit einhergehen (Risikokosten, Pufferzeitkosten), sind bisher nicht betrachtet worden. Da der Bahntransport in der Regel mit größerer Unzuverlässigkeit verbunden ist, wird der volkswirtschaftliche Nutzen aus einer Verlagerung von der Straße zur Schiene bei einem Weglassen der zusätzlichen Kosten überschätzt.
- *Unbeobachtete Attribute:* Selbst wenn die Ressourcenkosten auf beiden Verkehrsmitteln um weitere Komponenten erweitert werden (Unzuverlässigkeitskosten, Zeitkosten des Gutes, Transferkosten etc.), so könnte es immer noch sein, dass nicht alle Kosten korrekt bilanziert werden. Dahinter stehen jedoch durchaus Gründe, die für oder gegen das eine oder andere Verkehrs-

mittel sprechen. Solche Kosten sind beispielsweise nicht abgebildete Tarifkomponenten (z.B. Unterhaltung eines Gleisanschlusses, Kontrakt-Anbahnungskosten, Inflexibilität, etc.). Wie diese Kosten die Gesamtheit aller Versender treffen, ist nicht bekannt, und sie dürften zwischen den Individuen stark schwanken. Im Übrigen werden auch die unstrittigen Zeitkosten von Individuen unterschiedlich wahrgenommen und bewertet. Diese Schwankungen durch unbeobachtete Attribute sowie der bisher unbeobachteten Kostenpositionen werden in einem ökonometrischen Verkehrsmittelwahlmodell in einem Störterm abgebildet, der in eine systematische sowie eine unsystematische um Null herum schwankende Komponente zerteilt werden kann.

- Annahmen über Auslastungsgrade: Wenn die Auslastungsgrade beim Lkw unterschätzt werden, so führt jede verlagerte Tonne rechnerisch zu einer vergleichsweise hohen Ressourceneinsparung im Straßenverkehr.

Die unterschiedlichen Kostenstrukturen (also das Verhältnis von Fixkosten zu Grenzkosten) sind in der Bewertung traditionell ein wesentlicher Vorteil für die Eisenbahn und führen in jedem Falle zu einem signifikanten volkswirtschaftlichen Gewinn unabhängig davon, welches Bewertungsverfahren zum Einsatz kommt. Zu überprüfen ist allerdings, welche Kostenpositionen bei den Infrastrukturkosten der Bahn als durch Zugfahren beeinflussbar und welche eher als fix angesehen werden sollten (Frage der Lastabhängigkeit der Abschreibungen und der variablen Unterhaltskosten).

Bei der unvollständigen Kostenabbildung ist zwischen zwei Aspekten zu unterscheiden: Das bisherige Modell reagierte zwar auf erhöhte Fahrzeiten, wenn Züge umgeleitet worden sind, indem die Nachfrage sinkt. Die verlängerte Fahrzeit und ihr Effekt auf die Güter und die Logistik jedoch wurden nicht als volkswirtschaftliche Kosten angesehen. Anders verhält es sich mit den anderen Attributen, die bisher nicht im Umlegungs- und Bewertungsmodell weiterverwendet werden, bzw. die sich auch nicht durch Maßnahmen ändern. Diese könnten entweder zusätzlich im Verkehrsmittelwahlmodell und Umlegungsmodell explizit gemacht werden oder weiterhin in der sogenannten Konstante berücksichtigt bleiben. Wenn sich diese Attribute nicht mit Maßnahmen ändern, so stellt diese Auftrennung von Kostenattributen in einem Wahlmodell nichts weiter als eine Addition bzw. Subtraktion von

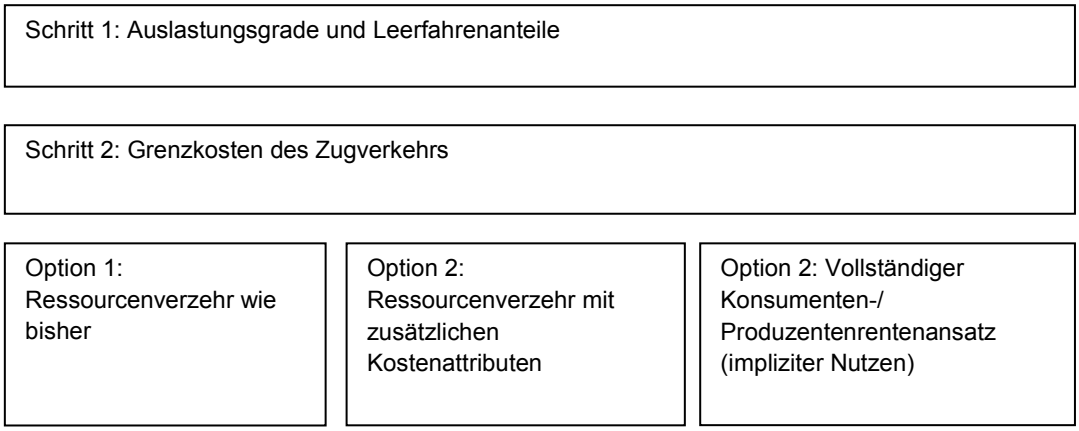
Konstanten dar. Bei einer Bewertung mittels des Konsumenten-Produzentenrentenansatzes führt eine erweiterte Kostenabbildung dieser sich nicht ändernden Attribute zu keinen Auswirkungen auf die Bewertungsergebnisse, da nur Differenzen eine Rolle spielen. Sofern man jedoch mit einem Ressourcenverbrauchsansatz operiert, so könnte man durch die Einbeziehung von Unpünktlichkeitskosten in der Bewertung den Unterschied zwischen den Ressourcenverbräuchen auf der Bahn und auf dem Lkw des wechselnden Verkehrs verringern. Zu beachten ist: Je vollständiger die Kostenabbildung und je feiner segmentierter das Nachfragemodell, umso geringer ist der Unterschied zwischen einem Ressourcenverzehransatz und einem Produzenten-Konsumentenrentenansatz, da immer mehr implizite Kosten explizit gemacht werden würden. Dies erfordert aber die Konstruktion eines fein segmentierten Nachfragemodells (oder eines Modells mit vielen Individualvariablen), welches jedoch aufgrund der Datensituation nicht mehr aggregationsfähig ist.

Die volkswirtschaftliche Bewertung erfolgte in der Vergangenheit mit Hilfe des Ressourcenverzehrkonzeptes. Im Falle einer Engpassauflösung sinken die Betriebskosten der Straße wegen der dort reduzierten Nachfrage; die Ressourcenverbräuche der Bahn steigen wegen der erhöhten Nachfrage. Aufgrund von Skalen- und Dichteeffekten auf der Schiene konnten zudem zusätzliche auf der Bahn transportierte Mengen eine positive Auswirkung auf die Durchschnittskosten der bisher dort transportierten Mengen haben. In der Vergangenheit ergaben sich bei Kapazitätsausbauten sehr hohe gesamtwirtschaftliche Gewinne. Dies lag auch daran, dass im bisherigen Bewertungsverfahren der Ressourcenverzehr einer Fahrt mit dem Lkw deutlich größer war als bei einer Fahrt mit der Bahn.

A-3.3. Analyseschritte und Optionen zur Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens für den Schienengüterverkehr

Aufgrund der Analysen in den vorangegangenen zwei Abschnitten ergeben sich folgende Schritte und Optionen auf dem Weg einer Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens für den Güterverkehr auf der Schiene (Abbildung Anhang 17):

Abbildung Anhang 17: Schritte und Optionen der Weiterentwicklung des Bewertungsschemas für den Schienengüterverkehr

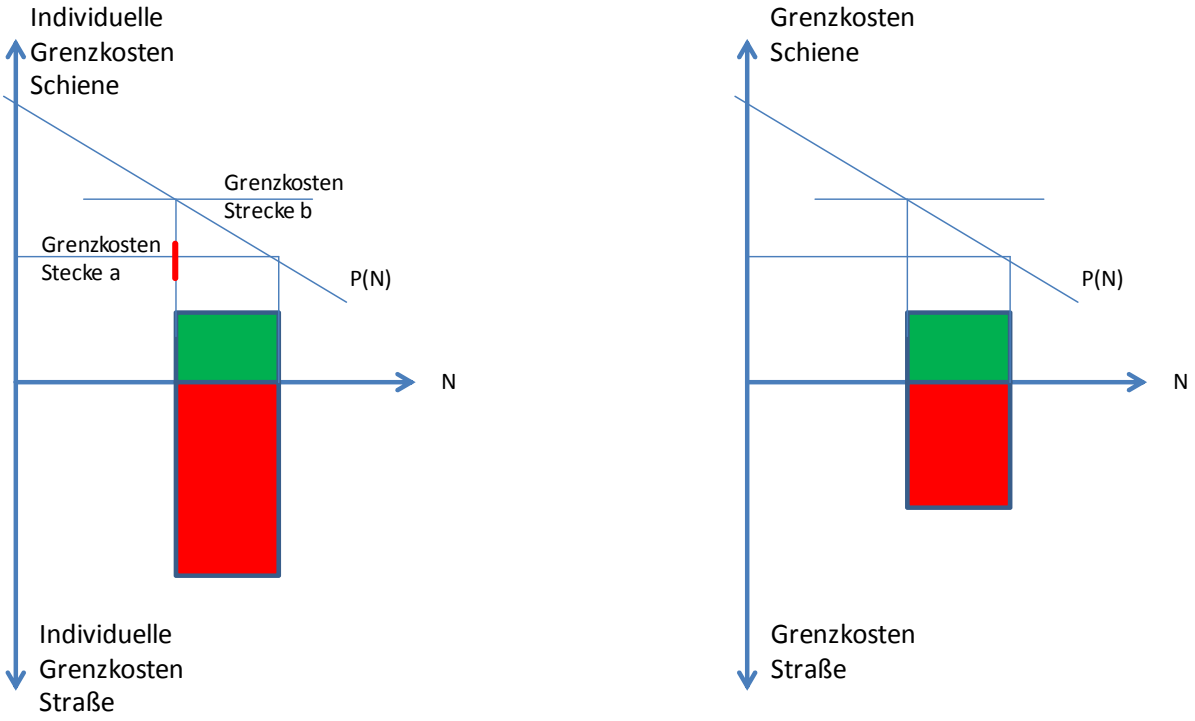


Die Revision der Beladungsgrade (auch der Auslastungsgrade und Leerfahrtenanteile) ist vor allem eine handwerkliche Aufgabe. Schritt 2 – die Festlegung der Infrastruktur-Grenzkosten – ist jedoch vor allem eine Frage der Bewertungsmethodik bzw. sie hängt auch von der Festlegung ab, ab welchem Zeithorizont bestimmte fixe Kosten als variabel anzusehen sind. Daraus ergeben sich dann verschiedene Optionen, die im Folgenden diskutiert werden.

Schritt 1: Beladungsgrade

Abbildung Anhang 18 zeigt den volkswirtschaftlichen Gewinn bei einer Kapazitätsauflösung unter Annahme des Ressourcenverbrauchsansatzes. Dieser Fall wird speziell diskutiert, da er im bisherigen Bewertungsverfahren die höchsten Nutzengewinne für die Bahn generiert hat. Im linken Beispiel der Abbildung ist eine Strecke a einer bestimmten Kapazität nicht mehr weiter nutzbar (hier markiert durch einen roten Strich), weshalb weitere Nachfrage auf die Strecke b ausweichen würde, was sie jedoch im konstruierten Fall gerade nicht macht. Sofern der Kapazitätsengpass aufgelöst ist, „rutscht“ solange Nachfrage nach bis die Nachfragefunktion die individuelle Grenzkostenfunktion schneidet.

Abbildung Anhang 18: Veränderungen von Ressourcenverbrauchskosten



Zunächst schauen wir uns an, wie diese Situation für bisher bewertet worden ist: Die zusätzlichen Kosten des Systems Bahn werden durch die grüne Fläche, die eingesparten Kosten für den Lkw durch die rote Fläche visualisiert. Die Kosten pro Transport fall sind bei der Bahn vor der Auflösung des Kapazitätsengpasses geringer als die Grenzkosten der Strecke. Dies liegt zum einen daran, dass die Ressourcenverbrauchskosten unvollständig sind (es fehlen z.B. die Unzuverlässigkeitskosten). Der Schnittpunkt mit der Nachfragefunktion wird jedoch durch die Regel „Nachfragefunktion schneidet Grenzkosten“ bestimmt.

Wenn der Lkw eine schlechte Auslastung aufweist, so sind seine Ressourcenkosten sehr hoch, wie es im linken Teil der Abbildung zu erkennen ist. Dann ist auch die Differenz zwischen den Ressourceneinsätzen (d.h. die rote Fläche abzüglich der gründen Fläche) sehr hoch (linke Abbildung). Dies ist durchaus in Einklang mit der Beobachtung, dass der letzte abgelehnte Nachfrager eine deutlich höhere Zahlungsbereitschaft existiert haben musste als er schließlich für die Bahn hätte zahlen

müssen, wenn er nicht abgelehnt worden wäre. Wenn allerdings der erste abgelehnte Nutzer einen individuellen Gewinn durch die Kapazitätsauflösung erfahren hätte, der höher ist als das aktuelle (betriebswirtschaftliche) Preisniveau auf den Straßentransportmärkten, so wirkt das unplausibel und kann auf die unterstellten schlechten Auslastungsgrade im Straßengüterverkehr zurück geführt werden. Wenn die Lkw mit höheren Auslastungsgraden unterwegs wären, so zeigt ein Ressourceneinsparungsansatz deutlich geringere volkswirtschaftliche Gewinne als Differenz der roten und grünen Flächen an (rechte Abbildung).

Neben den Auslastungsgraden spielt auch noch der Leerfahrtenanteil einen entscheidenden Einfluss auf die Ressourcenkosten des Lkw. Auch hier sind die wesentlichen Anpassungen vorgenommen worden.

Nach dem derzeitigen Stand haben die Fachgutachter die wesentlichen Anpassungen zu einer realitätsnahen Anpassung der Ressourcenkosten geleistet: Die Auslastungsgrade beladener Fahrzeuge wurden nach Gütergruppen fein bestimmt. Es wurden allerdings keine Unterscheidungen nach Entfernungsband vorgenommen. Es handelt sich um ein sehr differenziertes Bild, das in Übereinstimmung mit bekannten Kennwerten aus den Veröffentlichungen des KBA ist.

Schritt 2: Infrastruktur-Grenzkosten

Im zweiten Schritt geht es darum zu ermitteln, was eine zusätzliche Fahrt an zusätzlichen Kosten bzw. Einsparungen an der Infrastruktur verursacht. Dies sind die Grenzkosten der Infrastruktur.

Nimmt man bei der Bahn nur die reinen Kurzfristgrenzkosten der Infrastrukturabnutzung an, so sind diese bei einer ausreichend dimensionierten Infrastruktur vergleichsweise gering. Betrachtet man weitere Kosten als variabel (Instandhaltung, zusätzliche Ausweichgleise, Dimensionierung Oberbau bei Ersatzinvestitionen) so könnten diese Infrastrukturgrenzkosten höher als bisher ausfallen. Bei schlecht dimensionierter Infrastruktur können auch die Abnutzungskosten sehr hoch werden. Wenn man Infrastrukturgrenzkosten in der Bewertung berücksichtigen würde, so würde dies die Ressourcenverbräuche beim Lkw und bei der Bahn erhöhen. Die Infrastrukturgrenzkosten bei der Straße und der Schiene sind jedoch traditionell in

der BVWP mit Null veranschlagt. Es wäre jedoch sinnvoll, langfristig auch die Grenzkosten der Infrastrukturabnutzung in die Bewertung aufzunehmen.

Nach Anpassung der Auslastungsgrade und mit Beibehaltung der bisherigen Annahmen zu den Infrastrukturgrenzkosten können die drei Optionen für eine Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens im Schienengüterverkehr analysiert werden. *Option 1: Bisheriger Ressourcenverbrauchsansatz*

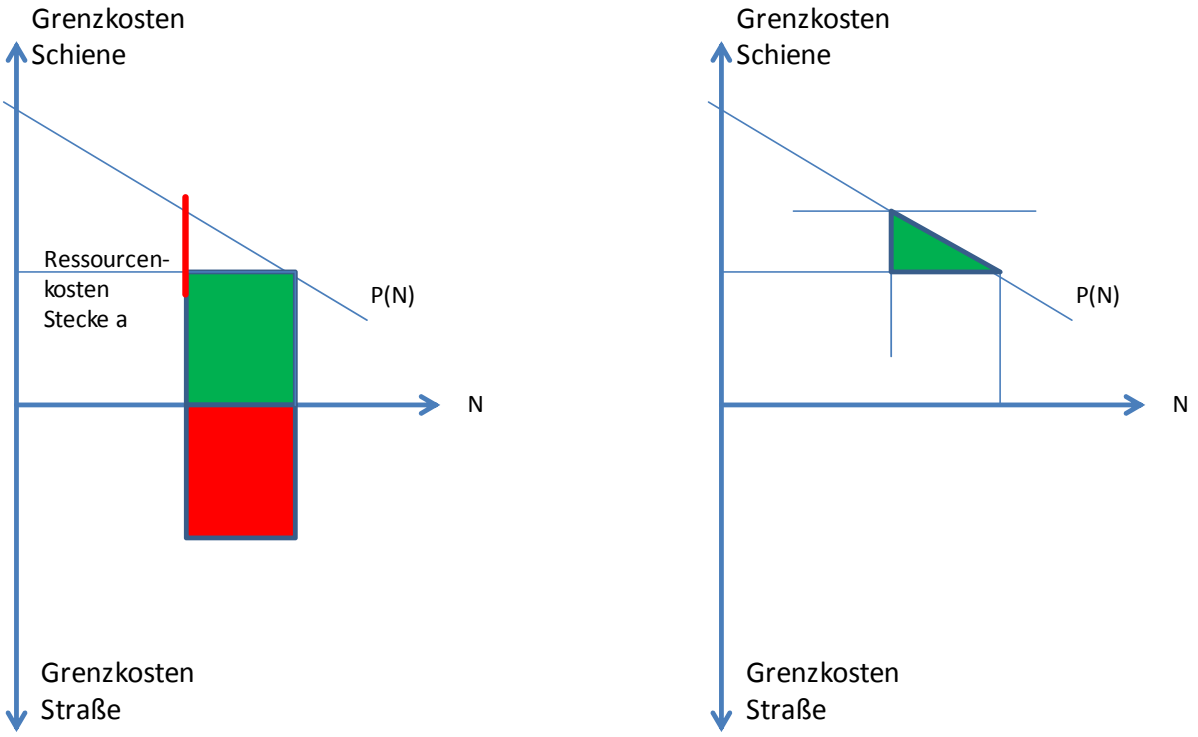
Nach den geleisteten Anpassungsarbeiten zu Beladungsgraden, Auslastungsgraden und Leerfahrtenanteilen ist davon auszugehen, dass die Überschätzung des Nutzens bei der Bahn durch Abbau von Kapazitätsrestriktionen nun deutlich abgeschwächt sein würde, wenn man das bisherige Verfahren beibehielte.

Option 2: Ressourcenverbrauchsansatz mit weiteren Attributen

Weiterhin könnte man weitere Kostenpositionen – wie Unzuverlässigkeitskosten und Fahrzeitkosten – bei den Ressourcenverbräuchen mit berücksichtigen.

Angenommen, es wäre möglich, durch die Hinzunahme weiterer Attribute eine Situation zu konstruieren, dass *nach* einer Maßnahme die Grenzkosten des marginalen Nutzers für Bahn und Lkw identisch wären, so ergäbe sich eine Ressourceneinsparung von Null (vgl. Abbildung Anhang 19, linkes Bild).

Abbildung Anhang 19: Ressourceneinsparungen bei erweiterten Kostenattributen und Ergebnis bei einer Produzenten-Konsumentenrente



Dieser Effekt ist schon im Personenverkehr bekannt, wo der Ressourcenansatz bei bestimmten Ressourcenkostensätzen sogar dazu führen kann, dass verlagerter Verkehr einen volkswirtschaftlichen Schaden generiert.

Der korrekte volkswirtschaftliche Gewinn ist in Abbildung Anhang 19, linkes Bild, dargestellt. Aus einem Vergleich des linken und rechten Abbildung folgt, dass eine Korrektur der Bewertungskostensätze, die dazu führen würde, dass der marginale Nutzer vor oder auch nach einer Maßnahme auch wirklich indifferent ist, zu Fehleinschätzungen des individuellen Nutzens durch den verlagerten Verkehr führen könnte: Der wahre Nutzengewinn entspricht der grünen Fläche auf dem rechten Teil der Abbildung, während der Ressourcenverbrauchsansatz die Differenz der grünen und roten Fläche zugrunde legen würde (die hier jedoch dann Null wäre).

In Situationen mit wenig induziertem Verkehr, d.h. sofern durch eine Maßnahme die bisherigen Nutzer die mit Abstand größten Einsparungen erzielen, ist dieser bzw. Spielraum für Beliebigkeiten vernachlässigbar klein. Wenn jedoch eine Eisenbahninf-

rastrukturmaßnahme ihren Nutzen vor allem daher gewinnt, dass sie neue Nutzer für die Bahn anzieht, so wäre ein solches modifiziertes Ressourcenverbrauchsansatz-Verfahren mit zusätzlichen Unzuverlässigkeitskosten keine solide Grundlage für eine stabile Bewertung.

Wenn Bahnprojekte ihren Nutzen vornehmlich daher generieren, dass sich Fahrtdistanzen/Fahrtzeiten verkürzen, so ist der Fehler, den man durch das Weglassen der impliziten Nutzendifferenz (bzw. durch die Nicht-Implementierung des Konsumenten-Produzentenrentenansatzes) machen würde, verhältnismäßig gering, sofern man weitere Kosten (wie Unzuverlässigkeitskosten, Zeitkosten der Güter) explizit macht und im Ressourcenverzehr mit bilanziert.

Wenn dagegen Bahnprojekte massiv neue Nachfrage auf OD-Relationen durch den Abbau von Restriktion aktivieren würde, so hätte man auch bei einer sehr durchdachten Wahl der Parameter die Gefahr einer beliebigen Fehleinschätzung der Nutzengewinne.

A-3.4. Exkurs zum Thema „Knappheitspreis“

Bisher ist davon ausgegangen worden, dass durch die individuellen Grenzkosten durch die mit zunehmender Nachfrage steigenden Umwegfahrten bestimmt werden. Es ist jedoch denkbar, dass solche Umwegfahrten nicht möglich sind, weil beispielsweise ein Knoten nicht umgangen werden kann, da er bereits seine Maximalkapazität erreicht hat. Wenn der Verkehr auch nicht mehr in die Nacht ausweichen kann, so entsteht ein absoluter Engpass. Die Zahlungsbereitschaft des marginalen Nutzers ist durch die höchste Zahlungsbereitschaft unter allen abgelehnten Verkehren beschrieben. Um diesen Nutzer herauszufinden, müsste man einen Knappheitspreis p bestimmen, der über den individuellen Grenzkosten des Zugbetriebs liegt, und der zu einer Gleichheit zwischen Nachfrage und Kapazität führt (man müsste diese Gebühr eigentlich auch erheben, damit kein Trittbrettfahrer seine Bedarfe anmeldet; ein Wohlfahrtsverlust wäre dann die Folge). Diese Knappheitspreise kann man aus der Nachfragefunktion für Transportdienstleistungen auf der Bahn gewinnen. Hierzu muss man die Nachfragefunktionen bzw. die lokalen Elastizitäten kennen. Übrigens lässt sich auch eine maximale Zahlungsbereitschaft abschätzen: Die Eisenbahn

würde höchstwahrscheinlich sämtliche Nachfrage verlieren, wenn die kilometrischen Kosten einer transportierten Tonne für sehr hohe Transportlosgrößen über denen des Lkw Verkehrs lägen.

Nach §9(5,6) EIBV können in Konfliktfällen tatsächlich Trassen an den Höchstbietenden versteigert werden. Dies könnte im Umlegungsmodell so modelliert werden, dass bei überlasteten Strecken der Preis solange erhöht wird bis die Nachfrage gleich dem Angebot ist und dass bei schwach ausgelasteten Strecken der Preis erniedrigt wird. Dies ginge so lange bis ein Gleichgewicht eingestellt ist. Dies ist ähnlich zur sog. Pigou-Bepreisung, nur dass im Bahnverkehr der Kapazitätsengpass schlagartig erreicht ist. Ein Prozess, bei dem die Trassengebühr auf jeder einzelner Strecke beim Erreichen der Kapazitätsgrenze angehoben wird und der dazu führt, dass er auf leeren Strecken gleich Null ist, unterstützt eine solche Preisbildung in der Theorie eine kurzfristig effiziente Netznutzung. Es gibt aber gewisse Nachteile eines Knappheitspreissystems:

- Die optimale Steuerungswirkung von Engpasspreisen tritt nur dann ein, wenn nicht zusätzlich zur optimalen Engpassgebühr zusätzliche Nutzergebühren auf Vollkostenbasis (also: normale Trassenpreise) erhoben werden.
- Die Engpässe sind vermutlich singuläre Knoten, während der große Rest des Netzes zu Grenzkosten des Infrastrukturverschleißes bepreist werden würde.
- Knappheitspreise führen zu zusätzlichen Einnahmen des Infrastrukturbetreibers und wären mit den Einnahmen aus den regulären Trassengebühren zu verrechnen. Dies führt jedoch im Allgemeinen zu einem Second-Best Bepreisungsschema, bei dem Infrastrukturkosten nach gewissen Gesichtspunkten variiert werden würden und nicht zu einem Schema, bei dem sich der Infrastrukturbetreiber ausschließlich und genau aus einer Knappheitsgebühr refinanziert.
- Eine Wohlfahrts-optimal ausgelegte Infrastruktur kann nicht auf Basis von Engpassgebühren refinanziert werden.
- Bisher sind in der Praxis noch keine Fälle aufgetreten, bei denen Trassen versteigert worden sind.

- Aufgrund der kombinatorischen Natur des Eisenbahnbetriebs-Optimierungsproblems ist es unwahrscheinlich, dass durch ein räumlich und zeitlich hoch differenziertes Knappheitspreissystem (eventuell in Kombination mit Auktionen) je ein Optimum erreicht werden kann: Die Transaktionskosten würden explodieren und es käme zu Ketteneffekten und unzuverlässigen Planungsgrundlagen.

Da nicht damit zu rechnen ist, dass in Deutschland vollkommen auf eine Grenzkostenbepreisung auf Basis von Kurzfrist-Grenzkosten des Infrastrukturverschleißes zuzüglich von Engpassgebühren umgestiegen wird, muss davon abgeraten werden, im Umlegungsmodell die Züge näherungsweise systemoptimal, d.h. mittels Knappheitspreissignalen umzulegen.

Auch wenn die Etablierung eines konsequenten Knappheitspreissystems in der Realität in der Zukunft unrealistisch ist, so benötigt man dieses Konzept dennoch im Zusammenhang mit der zur Abschätzung von Zahlungsbreitschaften, falls absolut oder zumindest intervallweise keine Umwegstrecken werden können.

In der Bewertung muss man davon ausgehen, dass in der Realität Mechanismen existieren, die dafür sorgen, dass Kunden mit höherer Zahlungsbereitschaft vor Kunden mit niedriger Zahlungsbereitschaft von den Eisenbahnverkehrsunternehmen vorgezogen werden.

Zudem muss in einer Bewertung eine Annahme über die Gestaltung der Trassenpreise getroffen werden. Im einfachsten Fall ist es eine konstante Gebührt pro gefahrenen Kilometer. In Zukunft wäre es auch denkbar, dass es relationsbezogene Preise gibt, wobei Kunden, die einen Umweg oder Unzuverlässigkeiten akzeptierten, Rabatte bekämen.

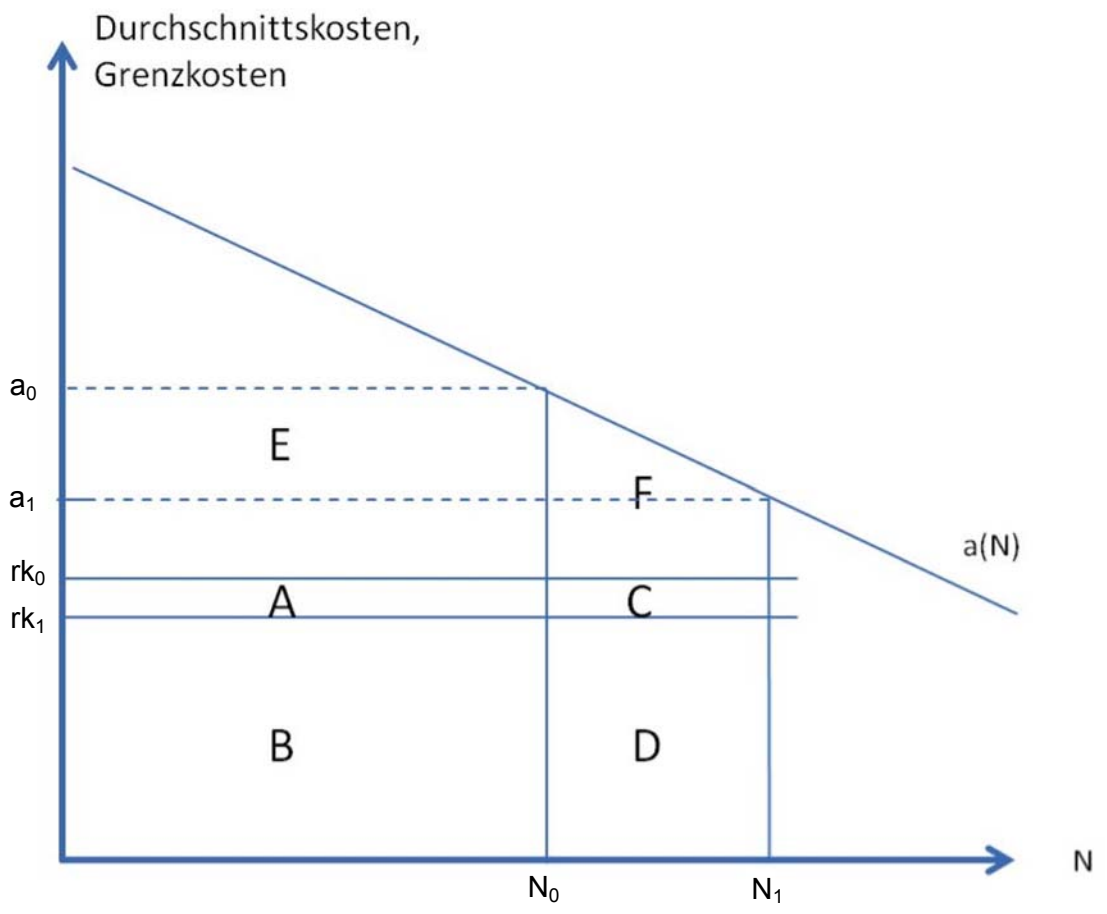
A-3.5. Empfehlung für die Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens Schiene

Eine Erweiterung des Ressourcenansatzes in Richtung eines Konsumenten-Produzentrenrentenansatzes ist möglich, da das bisherige Umlegungsmodell mit einem nachvollziehbaren Algorithmus zum Routen der Güterzüge und zum Abregeln der Nachfrage operiert. Der Gleichgewichtsansatz trägt Züge des Nutzergleichgewichtes in der Straßenumlegung unter der Maßgabe einer Maximalkapazität auf Strecken, die das EIU den Nutzern vorgibt. Bei der Festlegung der Züge, die umgeleitet werden, geht der Betreiber – im Modell wie auch in der Realität – regelbasiert vor. Der Algorithmus ist so konstruiert, dass zuerst die Güterzüge von Umwegfahrten getroffen werden. Es muss eine durchaus vertretbare Annahme getroffen werden, dass Marktkräfte dafür sorgen, dass die Eisenbahnverkehrsunternehmen erstens die Nachfrager mit der höheren vor denjenigen mit der niedrigeren Zahlungsbereitschaft vorziehen und dass zweitens kein Kunde bedient wird, dessen Zahlungsbereitschaft unter den Grenzkosten (Kosten für die weiteste Umwegstrecke) liegen. Der Umlegungsalgorithmus kann wie folgt beschreiben werden: Zunächst werden bei Engpasssituationen die Züge umgeleitet, wodurch die individuellen Grenzkosten steigen. Da das Verkehrsmodell in Form des vereinfachten Elastizitätenmodells sensibel auf die individuellen Grenzkosten der Zugfahrt reagiert, und da diese individuellen Grenzkosten aus den Ressourcenkosten der Zugfahrt aus Sicht des Eisenbahnverkehrsunternehmens bestehen, wird der Gleichgewichtspunkt als der Schnittpunkt zwischen Nachfragefunktion und den individuellen Grenzkosten des marginalen Nutzers beschrieben. Dies ist praktisch identisch zum Nutzergleichgewicht im Personenverkehr. Im Falle des beschriebenen Verhaltens des Eisenbahnverkehrsunternehmens (das alternativ als ein perfekt diskriminierender Monopolist oder als das Nutzergleichgewicht mit Kapazitätsbeschränkung und Ungleichbehandlung einzelner Züge gesehen werden kann), kann der Wohlfahrtsgewinn ähnlich wie im Personenverkehr bei einer Netzumlegung mittels des Nutzergleichgewichtkonzepts beschrieben werden. Allerdings ist zu beachten, dass jeder einzelne Zug auf einer Verkehrsrelation unterschiedliche Wege mit unterschiedlichen Kosten nehmen kann, und deshalb eine Unterscheidung zwischen durchschnittlichen Fahrtattributen und den Fahrtattributen der marginalen (d.h. letzten Fahrt) notwendig ist. Es sind Fälle konstruierbar, bei denen ab einem bestimmten Verkehrsvolumen ultimativ keine

weiteren Züge ins Netz gespeist werden können. An diesem Punkt würde die Nachfrage abgeregelt werden: Hierzu müsste ein Preissignal gegeben werden, dass die individuellen Grenzkosten der letzten noch möglichen Fahrt übersteigt – ein Knappheitspreissignal. Dieser Preis ist schließlich so hoch dass er genau der Zahlungsbereitschaft des marginalen Nutzers entspricht. Ob es dann auch wirklich zu einer Zahlung an den Netzbetreiber kommt, ist aus Wohlfahrtssicht irrelevant, allerdings muss eben eine Annahme getroffen werden, dass Mechanismen existieren, die dafür sorgen, dass Nachfrage mit höherer Zahlungsbereitschaft vorrangig bedient wird.

Ein Bewertungsverfahren, das auch robust mit diesem Phänomen umgehen kann, soll zunächst an einer exemplarischen Verkehrsrelation untersucht werden (siehe folgende Abbildung Anhang 20).

Abbildung Anhang 20: Konsumentenrentengewinne und Variation der Ressourcenkosten



Dabei muss die Nachfragekurve nicht bis zur y-Achse durchgezogen werden, weil sich die entsprechenden Terme nachher ohnehin aufheben.

Gemäß der Angelsächsischen Literatur postulieren wir, dass die Summe der Konsumenten- und Produzentenrente die Differenz der Fläche unter der Nachfragefunktion (Bruttokonsumentenrente) und der gesamten Ressourcenkosten ist. Hierbei muss man sich nicht Gedanken über die Aufteilung der Ressourcenkosten und Gewinne zwischen Staat, Produzenten und Konsumenten den Kopf machen. Wir haben also für den gewerblichen Nutzengewinn.

$$\Delta Wohlfahrt = (E + A + F + C) - E = A + C + F\,.$$

Einfügen einer „nahrhaften Null“ führt zu

$$\Delta Wohlfahrt = (A + B) - (B + D) + (D + C + F)$$

Dabei sind

- $(A + B)$ Ressourcenkosten Bezugsfall aufn. Verkehrsträger; Wegfall der Ressourcenkosten gibt gewerblichen Gewinn.
- $(B + D)$ Ressourcenkosten Planfall aufn. Verkehrsträger; Hinzukommen der Ressourcenkosten gibt gewerblichen Verlust.
- $(D + C + F)$ Fläche zwischen Null-Linie und Nachfragekurve. Bekommt man mathematisch aus $\frac{a0+a1}{2} * (N_1 - N_0)$, wobei a die jeweiligen Zahlungsbereitschaft (in generalisierten Kosten gemessen) darstellt.[279] Diese generalisierten Kosten umfassen alle Kostenpositionen, die für die die Nachfragefunktion definiert sind. Diese Fläche kann auch als eine Variation der Bruttokonsumentenrente interpretiert werden.

[279] Im Anhang A-3 wird von der Notation in Kapitel 3.5 abgewichen; die Nachfrage ist mit *N* statt *M* notiert.

Durch den „Trick“ des Einfügens der namhaften Null und der Neuanordnung der Terme haben wir Als Nebenergebnis Identität von folgenden beiden Ausdrücken der Wohlfahrtsdifferenz auf dem abgebenden Markt dargestellt:

$$\Delta Wohlfahrt = \Delta KR + \Delta PR$$

Aber auch:

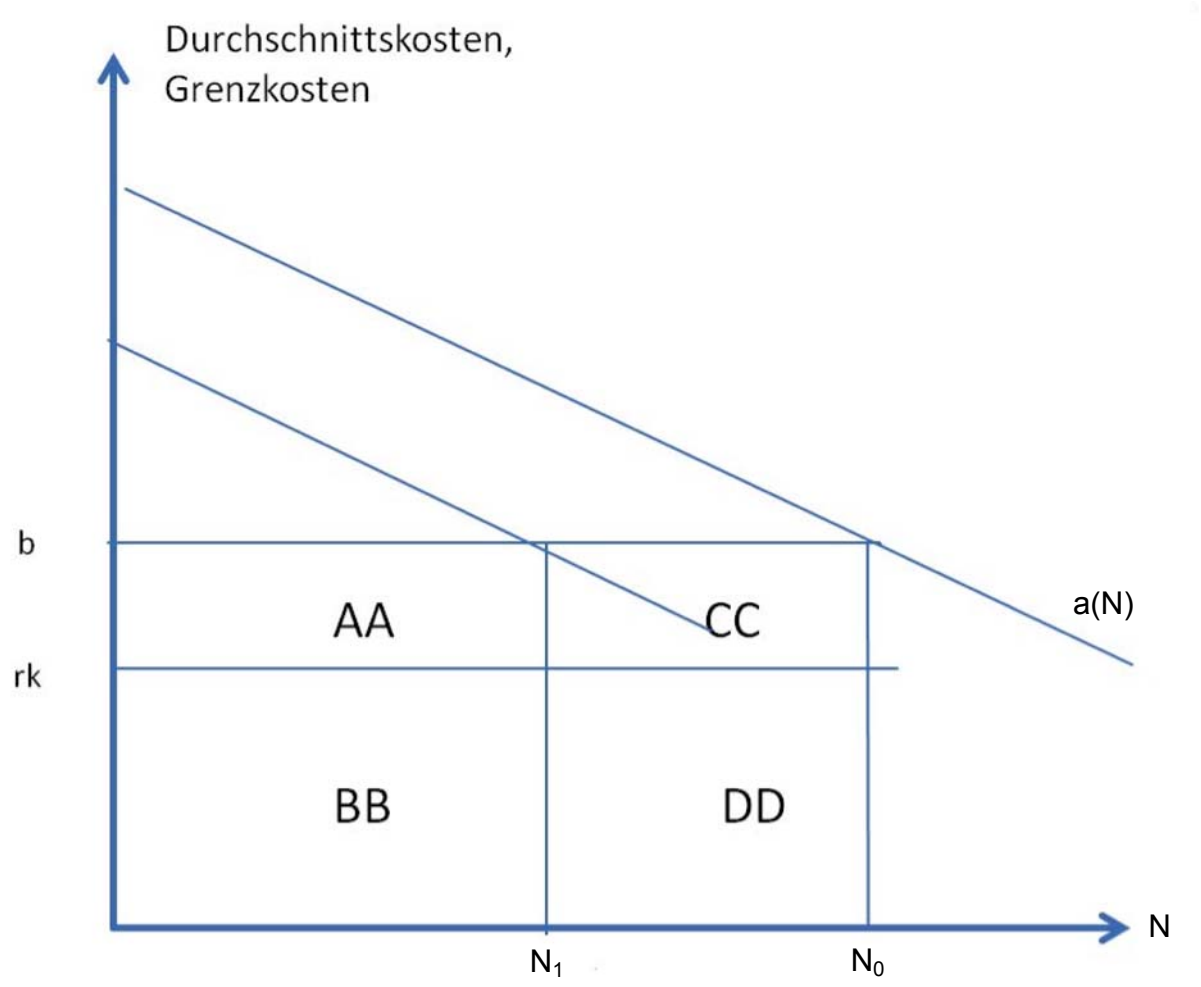
$$\Delta Wohlfahrt = \Delta KR_{brutto} - \Delta RK$$

Also:

$$\Delta KR \quad + \Delta E = \Delta KR_{brutto}$$

Für den abgebenden Verkehrsträger machen wir die vereinfachende Annahme, dass beim abgebenden Verkehrsträger sowohl die Preise als auch die individuellen Ressourcenkosten konstant bleiben. Dann ergibt sich dort folgendes Bild (Abbildung Anhang 21):

Abbildung Anhang 21: Wohlfahrtsveränderungen abgebender Verkehrsträger



Gemäß der „Angelsächsischen“ Literatur ist in diesem Fall die Wohlfahrtsvariation beim abgebenden Markt wie folgt:

$$\Delta Wohlfahrt = -CC$$

Einfügen einiger „nahrhaften Nullen“ führt zu

$$\Delta Wohlfahrt = -(DD + CC) + (DD + BB) - BB$$

Der erste Teil entspricht dem Wegbrechen der Erlöse und der zweite Teil die Eingesparten Ressourcenkosten. Gesamt ergibt sich folgender Wohlfahrtseffekt:

$$\Delta Wohlfahrt = (A + B) - (B + D) + (D + C + F) - (DD + CC) + (DD + BB) - BB$$

$$\Delta Wohlfahrt = RK_{auf,0} - RK_{auf,1} + (D + C + F) - (DD + CC) + RK_{ab,0} - RK_{ab,1}$$

Die implizite Nutzendifferenz ergibt sich jetzt als Summe der beiden Flächen zwischen Null-Linie und Nachfragekurve, wobei der zweite Term negativ ist:

$$\Delta U_{implizit} = (D + C + F) - (DD + CC)$$
$$= \frac{a0 + a1}{2} * \left(N_{1,auf} - N_{0,auf}\right) + \frac{b0 + b1}{2} * \left(N_{1,ab} - N_{0,ab}\right).$$

Der implizite Nutzen ist hier definitorisch eingeführt worden. Bei einer expliziten Betrachtung des Wechselprozesses führt er dazu, dass der erste Wechsler vor der Maßnahme indifferent war und der letzte Wechsler nach der Maßnahme auch ebenso indifferent ist. Es gilt also:

$$\Delta Wohlfahrt = RK_{auf,0} + RK_{ab,0} - \left(RK_{ab,1} + RK_{auf,1}\right) + \Delta U_{implizit}$$

Der Vorteil ist, dass die Rechnung bis auf den letzten Ausdruck die alten Terme des Ressourcenverzehrs beibehält. Zusätzlich wird keine Angabe bzw. Annahme über die Aufteilung der Wohlfahrtsänderungen auf verschiedene Beteiligte benötigt.

Man könnte den Ausdruck für die Wohlfahrtsänderung bei einem multimodalen Netzmodell auf verschiedene Arten operationalisieren. Eine Möglichkeit bestünde darin, die Wohlfahrtsveränderungen auf Ebene der Relationen über die einzelnen Nutzungseinheiten aufzusummieren. Da bei der Bahn verschiedene Zugfahrten verschiedene Strecken nehmen können, die mit unterschiedlichen Ressourcenverzehren verbunden sind, müssten die Attribute (also: Fahrzeit, monetäre Fahrtressourcenkosten, Unzuverlässigkeit) relationsweise über alle Züge bzw. Nutzer gemittelt werden.

$$\Delta \boldsymbol{Wohlfahrt}$$

$$= \sum_{\boldsymbol{m}} \sum_{\boldsymbol{r}} \left(\boldsymbol{N_{mr0}} \cdot \overrightarrow{\boldsymbol{e^{av}_{mr0}}} - \boldsymbol{N_{mr1}} \cdot \overrightarrow{\boldsymbol{e^{av}_{mr1}}} \right) \overrightarrow{\boldsymbol{rk_m}}$$

$$+ \sum_{\boldsymbol{m}} \sum_{\boldsymbol{r}} (\boldsymbol{N_{mr1}} - \boldsymbol{N_{mr0}}) \left(\frac{\boldsymbol{a_{mr1}} + \boldsymbol{a_{mr0}}}{\boldsymbol{2}} \right)$$

Mit:

N_{mr0}: Transportvolumen (gemessen in Tonnen, Fahrten oder Anzahl Standardbehälter) auf Verkehrsmodus *m* und Transportrelation *r* vor Implementierung einer Maßnahme.

N_{mr1}: Transportvolumen (gemessen in Fahrten, Tonnen oder Anzahl Standardbehältern) auf Verkehrsmodus *m* und Transportrelation *r* nach Implementierung einer Maßnahme.

e^{av}: Vektor der gemittelten Attribute des Ressourcenverzehrs (insbesondere: Zeit, monetäre Ressourcenkosten, Unzuverlässigkeit).

rk: Vektor der spezifischen Ressourcenverbrauchskostensätze (insbesondere: Wert pro Tonne und Zeit, Ressourcenkosten pro transportierter Tonne, Unzuverlässigkeitskosten pro Tonne und Unzuverlässigkeitseinheit).

a_{mr0}: Zahlungsbereitschaft der Kunden für eine zusätzliche Fahrt (gemessen in generalisierten Kosten) mit dem Verkehrsmittel *m* auf der Relation *r* bei einer Gesamtnachfrage vor der Implementierung einer Maßnahme.

a_{mr1}: Zahlungsbereitschaft der Kunden für eine zusätzliche Fahrt (gemessen in generalisierten Kosten) mit dem Verkehrsmittel *m* auf der Relation *r* bei einer Gesamtnachfrage nach der Implementierung einer Maßnahme.

Sofern die Bewertungskostensätze konstant sind und sofern relationsbezogenen Attribute eine einfach Summe der Attribute entlang der Strecken darstellen, so kann der Wohlfahrtsgewinn auch wie folgt ermittelt werden:

$$\Delta \boldsymbol{Wohlfahrt} = \boldsymbol{RK_0 - RK_1} + \sum_{\boldsymbol{m}} \sum_{\boldsymbol{r}} (\boldsymbol{N_{mr1} - N_{mr0}}) \left(\frac{\boldsymbol{a_{mr1} + a_{mr0}}}{\boldsymbol{2}} \right)$$

Mit:

RK_0: Gesamte Ressourcenkosten vor der Implementierung einer Maßnahme (als die Summe über alle Strecken oder Relationen oder Teilsysteme).

RK_1: Gesamte Ressourcenkosten nach der Implementierung einer Maßnahme (als die Summe über alle Strecken oder Relationen oder Teilsysteme).

Es ist zu beachten, dass die Ressourcenkosten im Güterverkehr die monetären Ressourcenkosten (auch als Produktionskosten bezeichnet) als auch Zeitkosten der Ware und Kosten des Logistiksystems durch Unzuverlässigkeit enthalten.

Die Zahlungsbereitschaften (oder individuellen Aufwände) *a* können alternativ sowohl als die Grenzkosten der letzten Zugfahrt (bzw. Lkw-Fahrt) im Gleichgewicht bestimmt werden als auch direkt durch die inverse Nachfragefunktion ermittelt, die sich ja auch als Zahlungsbereitschaftsfunktion interpretieren lässt. Angenommen, es gäbe folgendes Nachfragemodel für die Bahnnachfrage auf einer Relation *r* in Abhängigkeit der generalisierten betriebswirtschaftlichen Aufwände der Nutzer:

$$N_{Bahn,r} = N_{r,ges} \cdot f(a_{Lkw,r}, a_{Bahn,r})$$

Dann lässt sich durch Auflösen nach a_{Bahn} die Zahlungsbereitschaftsfunktion bestimmen:

$$\boldsymbol{ZB_{Bahn,r} = a_{Bahn,r} = g(K_{Bahn,r}, N_{r,ges})}$$

Hierzu kommt folgender Ansatz zum Einsatz:

$$N_1 = N_0 \bullet \left(\frac{a_1}{a_0 (1+\beta)} \right)^{\epsilon}$$

Mit:

N_0 = Nachfrage bei Aufwänden a_1
N_1 = Nachfrage bei Aufwänden a_2
ε = lokale Nachfrageelastizität dN/da*(a/N)

Sofern das Modell an einem Ausgangspunkt ohne Kapazitätsrestriktion angepasst ist (d.h., dass dort die Elastizitäten bestimmt worden sind) und dort die Ausgangsnachfrage N_0 gemessen worden ist und sofern die Grenzkosten sämtliche Kostenelemente beinhalten, so ist der Parameter β gleich Null zu wählen. Falls diese Bedingungen nicht erfüllt sind, so dient er zur Einstellung eines Ausgangszustands. Letzteres ist z.B. der Fall, wenn die Ausgangsnachfrage nicht eine abfahrbare Nachfrage, sondern diejenige aus einer Ausgangsmatrix wäre.

Der Vorteil des Elastizitätenansatzes ist es, von einem beliebigen Ausgangszustand aus die Nachfrage und die Grenzkosten in ein Gleichgewicht zu bringen; in jeder Iteration gehen dabei nur die Verhältnisse zwischen verfügbarer Kapazität und aktueller Nachfrage sowie zwischen möglichen Grenzkosten (betriebswirtschaftliche Aufwände) in die Angleichung der Nachfrage ein.

Angenommen, man kennt die zum Schluss bediente Nachfrage sowie die Ausgangsnachfrage bei unverstautem Netz, so kann man die Zahlungsbereitschaften durch Auflösen nach den Aufwänden wie folgt bestimmen:

$$ZB_1 = ZB_0 \bullet \left(\frac{N_1}{N_0} \right)^{1/\epsilon}$$

Die Zahlungsbereitschaften für die Eisenbahn wären unplausibel hoch, sofern dort der Tonnenkilometer für einen Versender teurer wäre als mit dem Lkw bei gleichzeitiger Dominanz des Lkw in seinen weiteren Attributen gegenüber der Bahn, also z.B.:

$$ZB_1 = \min \left\{ ZB_0 \bullet \left(\frac{N_1}{N_0} \right)^{1/\epsilon}, ZB_{\max} \right\}$$

A-3.6 Benötige Parameter

Um die Auswirkungen verschiedener Bewertungsansätze vergleichen zu können, würden folgende Parameter benötigt; diese sind hier nur skizzenhaft angegeben.

Für das Verkehrsmittel Straße sind folgende Parameter notwendig:

Tabelle A 10: Benötigte Parameter für die Bewertung Straße

Bezeichnung	Beschreibung	Dimension	Dominierende Kostenkomponenten
$rk_{Weg,Strasse,}$	kilometrische spezifische monetäre Ressourcenkosten der Lkw Transport-durchführung	[EUR/tkm]	Wegabhängige Abschreibung des Fahrzeugs, Kraftstoffkosten (ohne Mineralölsteuer), Wartungskosten der Lkw, Schmierstoffe, Reifenkosten u.a.
$rk_{Zeit,Strasse,}$	zeitabhängige spezifische Ressourcenkosten	[EUR/(t*h)]	Fahrerlöhne, zeitabhängige Abschreibung des Fahrzeugs, zeitabhängige Versicherungsgebühren
$rk_{Unzuv,Strasse,}$	unzuverlässigkeitsbedingte spezifische Ressourcenkosten	[EUR/(t*h)]	Mit der Unzuverlässigkeit positiv korrelierender Aufschlag auf die Zeitkosten der Transportdurchführung
+ Weitere zeit-, weg-, und unzuverlässigkeitsabhängige Ressourcenkosten der Transportdurchführung bei Binnenschiff und Bahn. Im intermodalen Verkehr zusätzliche Berücksichtigung von Umschlägen ([EUR/t]) und Vor- und Nachläufen (bei pauschaler Vorlauflänge: [EUR/t]).			
$rk_{Infra,Strasse,}$	spezifische Wegeressourcenkosten	[EUR/tkm]	Marginale Abnutzungskosten der Straßeninfrastruktur
+ Weitere infrastrukturbedingte spezifische Ressourcenkosten von Bahn und Binnenschiff			
$rk_{Zeit,\ Ware}$	spezifischer Zeitwert der Versender	[EUR/(t*h)]	Wertschätzung der Transportbeschleunigung, (u.a. durch Reduzierung der Kapitalbindung der Ware und durch Verringerung der Lead-Time und damit von Sicherheitsbeständen)
$rk_{Unzuv.,\ Ware}$	spezifischer Wert der Unzuverlässigkeit der Versender	[EUR/(t*h)]	Wertschätzung der Verringerung der Unpünktlichkeit

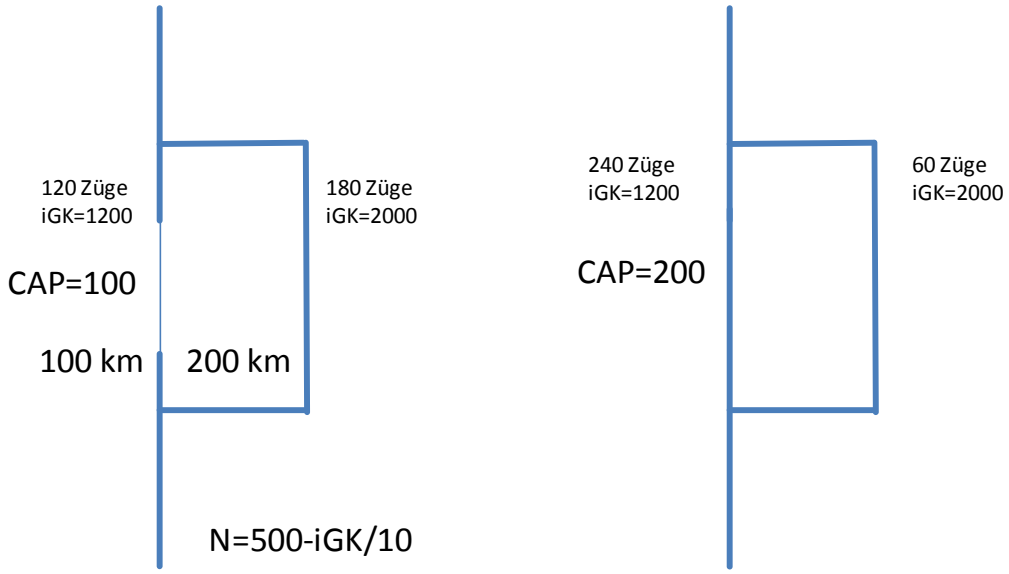
A-3.7 Rechenbeispiele

Im Folgenden werden Beispiele gegeben, wie die Bewertung von Infrastrukturprojekten mit dem im letzten Abschnitt vorgestellten Ansatz vorgenommen werden würde. Die Nachfragfunktion sei gegeben und abhängig von generalisierten Kosten, die sich hier nur auf Zeiten und den Transporttarif beziehen. Es wird davon ausgegangen, dass auf einer Strecke von 100km Länge ein Kapazitätsengpass abgebaut wird und dass den Zügen alternativ eine Umleitungsstrecke von 200km zur Verfügung steht.

Es wird davon ausgegangen, dass sich beim abgebenden Verkehrsträger – der Straße – die Aufwände a für die Versender nicht ändern. Weiterhin wird davon ausgegangen, dass auf der Straße die betriebswirtschaftlichen Aufwände (für die Versender) gleich den Ressourcenkosten (für die Spediteure) sind. Daher annulliert sich die Variation der Ressourcenkosten auf der Straße mit der Variation des Impliziten Nutzens bzw. der wegfallenden Zahlungsbereitschaft der Wechsler.

a) Teilweise Auflösung eines Engpasses

Im folgenden Beispiel wird ein Streckenengpass abgebaut und mehr Züge können von der Umgehungsstrecke über die kürzere Strecke umgeleitet werden.



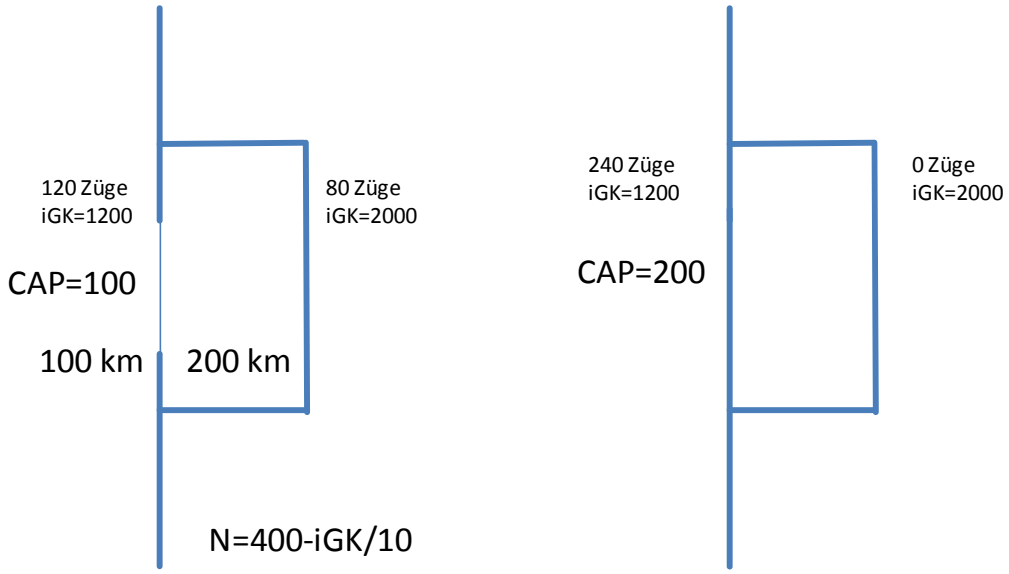
Trassenpreis: 5 EUR/km
Waggons+Energie: 5 EUR/km
Zeitkosten bei Stau: 2 EUR/km
(ab 100% Kapazitätsauslastung)

Individuelle Grenzkosten für Zugfahrt:
iGK=10 EUR/km wenn $N<C_{max}$
iGK=12 EUR/km wenn $C_{max}<N<1{,}2C_{max}$

Ressourcenkosten vorher	120*1200 + 180*2000	504 tsd.
Ressourcenkosten nachher	240*1200 + 60*2000	408 tsd.
Nutzen Neuverkehr	0,5*0*(2000+2000)	0
Wohlfahrtsänderung		96 tsd.

b) Auflösung des Engpasses mit verbleibender Engpasswirkung

Im folgenden Beispiel wird ebenfalls der Streckenengpass abgebaut. Aufgrund der niedrigeren Gesamtnachfrage gibt es keine Züge auf der Umgehungsstrecke mehr. Allerdings ist die direkte Strecke trotzdem an ihr Kapazitätslimit angelangt. Ein Nachfrage-Angebot-Gleichgewicht stellt sich hier nur ein, wenn ein Knappheitspreis von 400 verlangt werden würde. Zusammen mit individuellen betriebswirtschaftlichen Kostenattributen der marginalen Zugfahrt ist dies auch die Zahlungsbereitschaft für die marginale Zugfahrt. Diese müsste anstelle der individuellen betriebswirtschaftlichen Kosten der marginalen Zugfahrt eingesetzt werden.



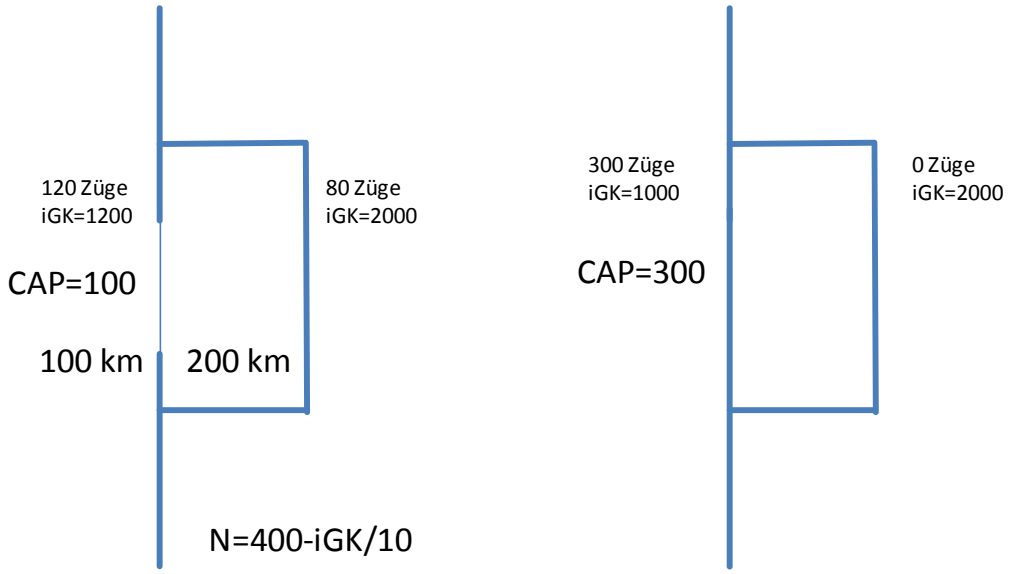
Trassenpreis: 5 EUR/km
Waggons+Energie: 5 EUR/km
Zeitkosten bei Stau: 2 EUR/km
(ab 100% Kapazitätsauslastung)

Individuelle Grenzkosten für Zugfahrt:
iGK=10 EUR/km wenn $N<C_{max}$
iGK=12 EUR/km wenn $C_{max}<N<1{,}2C_{max}$

Ressourcenkosten vorher	120*1200 + 80*2000	304 tsd.
Ressourcenkosten nachher	240*1200 + 0*2000	288 tsd.
Nutzen Neuverkehr	0,5*40 (2000+1600)	72 tsd.
Wohlfahrtsänderung		88 tsd.

c) Vollständige Auflösung des Engpasses

Im folgenden letzten Beispiel wird ebenfalls der Streckenengpass abgebaut. Aufgrund der niedrigeren Gesamtnachfrage gibt es keine Züge auf der Umgehungsstrecke mehr. Die direkte Strecke hat bei einer Bepreisung mittels der individuellen betriebswirtschaftlicher Grenzkosten nicht ihr Kapazitätslimit erreicht.



Trassenpreis: 5 EUR/km
Waggons+Energie: 5 EUR/km
Zeitkosten bei Stau: 2 EUR/km
(ab 100% Kapazitätsauslastung)

Individuelle Grenzkosten für Zugfahrt:
iGK=10 EUR/km wenn $N<C_{max}$
iGK=12 EUR/km wenn $C_{max}<N<1{,}2C_{max}$

Ressourcenkosten vorher	120*1200 + 80*2000	304 tsd.
Ressourcenkosten nachher	300*1000 + 0*2000	300 tsd.
Nutzen Neuverkehr	0,5*100 * (2000+1000)	150 tsd.
Wohlfahrtsänderung		154 tsd.

A-3.8 Anwendbarkeit und Einschränkungen

Im gesamten Rechenschema wird davon ausgegangen, dass im Gleichgewicht in jedem Marktsegment (beschrieben durch die Quell-Ziel Relation und evtl. die Gutart) die Zahlungsbereitschaft des marginalen Nutzers gleich den betriebswirtschaftlichen Grenzkosten ist und dass kein Nachfrager bedient wird, dessen Zahlungsbereitschaft darunter liegt. Im Konfliktfall wird zudem davon ausgegangen, dass nur die Züge mit der höchsten Zahlungsbereitschaft zum Zuge kommen. Das Schema beruht folglich auf der Annahme, dass in der Praxis Mechanismen existieren, die dafür sorgen, dass tatsächlich nur die Züge mit der höheren Zahlungsbereitschaft fahren dürfen. Bei einem perfekt diskriminierenden Unternehmen ist das sicher der Fall. Bei einem Wettbewerb einzelner Eisenbahnverkehrsunternehmen und ohne Kapazitätsengpass sollte es sich so ergeben, dass nur die zahlungsbereiteren Züge angenommen werden und dass sich die Marktpreise für die Versender den Grenzkosten der marginalen Zugfahrt annähern. Bei einem Kapazitätsengpass würden Unternehmen des gleichen Nachfragesegmentes mit einer höheren Zahlungsbereitschaft mehr Anstrengungen unternehmen, eine Trasse zu bekommen als diejenigen mit der geringeren Zahlungsbereitschaft.

Im Engpassfall treten in einem Netz die Konflikte jedoch auch zwischen Zügen auf verschiedenen Quell-Ziel Relationen auf. Ein Umlegungsalgorithmus, der versucht, nur die Züge mit der höchsten Zahlungsbereitschaft abfahren zu lassen (wohlfahrts-optimierenden Algorithmus), müsste die Nachfrage über alle Relationen hinweg nach deren Zahlungsbereitschaft sortieren und im Notfall diejenigen Züge mit der geringeren Zahlungsbereitschaft gezielt aussortieren. Dies ist im Algorithmus durch die Erhebung von Knappheitsgebühren ebenso möglich wie durch die Implementierung geeigneter Heuristiken zur fallweisen Konfliktlösung, die jeweils die Züge mit höherer Zahlungsbereitschaft bevorzugen (man müsste diese jedoch dann entsprechend kennen und den Zügen zuspielen). Im Gegensatz zur Konfliktlösung auf einzelnen Relationen (mittels der Annahme, dass die Nachfrage sortiert werden kann) erfordern diese Vorgehensweisen zusätzliche Umlegungsiterationen, welche die Rechenzeit so deutlich erhöhen würden, dass dieses keine realistische Option darstellt. Auch scheint die Implementierung von Knappheitspreisen in der Realität momentan noch wenig realistisch zu sein.

Stattdessen könnte eine Lösung implementiert werden, bei denen die Umlegung und die Bewertung nur locker miteinander gekoppelt sind und wobei gewisse Inkonsistenzen akzeptiert werden. Hierbei interagieren drei Module:

- Das Umlegungsmodell legt regebasiert Züge übers Netz. „Regelbasiert“ bezieht sich die gewählten Wege, Abfahrtszeitpunkte und Konfliktlösungen (ggf. Eleminieren von Zügen). Bei der Formulierung dieser Regeln wird versucht, das Verhalten aus der Praxis realitätsnah zu imitieren.
- Das Umlegungsmodell sendet die Kosten und Zeiten des „teuersten“ gerade noch umgelegten Zuges jeder Quell-Ziel Relation an die Nachfragemodelle.
- Die Nachfragemodelle passen die nachgefragten Mengen entsprechend dieser Kosten an. Bei einer fixen Kapazitätsschranke der Infrastruktur wird die Nachfrage iterativ so lange reduziert, bis in einer zukünftigen Iteration ein noch möglicher Weg für die letzte Nachfrageeinheit (Zug) gefunden wird. Vereinfachung: *Es findet eine Koordination dieses Anpassungsprozesses zwischen Quell-Ziel Relationen statt*. Es werden also nicht gezielt Züge unterschiedlicher Quell-Ziel Relationen nach deren Zahlungsbereitschaft behandelt
- In einem eingeschwungenen Zustand werden die Differenzen der Bruttozahlungsbereitschaften ermittelt. Dies kann allein durch das Ablesen der Werte an der inversen Nachfragefunktion geschehen.

Während die ersten drei Schritte bereits erfolgreich implementiert worden sind, erfordert der letzte Schritt zum einen die Implementierung eines entsprechenden Moduls und zum anderen die vorherige Durchführung von Testrechnungen zum Nachweis, dass die Zahlungsbereitschaftsfunktionen sinnvolle und belastbare Funktionswerte anzeigen.

A-4 Ableitung der Impliziten Nutzendifferenz aus dem Partialökonomischen Modell

In diesem Anhang wird demonstriert, wie sich das Konzept der impliziten Nutzendifferenz aus dem Partialökonomischen Modell ableiten lässt. Beim Partialökonomischen Modell handelt es sich um eine vereinfachte Abbildung einer Volkwirtschaft mit dem Ziel, explizit auf einen Sektor zu fixieren. Es wird auch eingesetzt, um das Konzept der Konsumenten- und Produzentenrente abzuleiten.

Konsumentenseite:

Sei es folgende quasilineare Nutzenfunktion gegeben

$$U = M + f(\vec{x})$$

Mit:

M: Numérairgut

f: Nutzen durch Mobilität (konvexe Funktion, beinhaltet Nutzen am Zielort und im Verkehrsmittel abzüglich Unangenehmlichkeiten während der Transportdurchführung).

x_i: Nachfrage für Verkehrsalternative/Verkehrsträger *i*.

Staat:

Von der gesamten Gütergrundausstattung M_0 werden den Haushalten Ressourcen in Höhe von C abgezogen, die der Staat zur Herstellung der Transportdienstleistungen verwendet werden. Es gilt also:

$$M = M_0 - C$$

Haushalte

Die Haushalte werden durch einen repräsentativen Haushalt repräsentiert. Von dem ihm noch netto zustehenden Gütern wendet er einen Teil für Mobilität auf.

Einschränkungen des Modells:

Nutzen der Mobilität wird in Einheiten des Numérairgutes gemessen. Dies hat den Vorteil, die folgenden Ableitungen durchzuführen. Insbesondere ist die Konsumentenrente ein wohldefiniertes Wohlfahrtsmaß, das Nutzendifferenzen durch eine

äquivalente Einkommenserhöhung beziffert. Allerdings sind Einkommenseffekte ausgeschlossen. Das bedeutet: (1) Modell nur gültig, wenn sich durch Einkommen die Mobilitätsnachfrage nicht ändert oder (2) wenn nur kleine Preisvariationen betrachtet werden.

Variationsmaß:

Wir machen die Annahme, die Gütergrundausstattung ändere sich nicht oder nur marginal durch ein Projekt. (Diese Annahme kann man bezweifeln: verbesserter Transport fördert die Spezialisierung/Arbeitsteilung in der Industrie und daher könnten die jährlich verfügbaren Güter (also: das Numeraireguт) mehr werden; man könnte das Modell und das Variationsmaß später erweitern indem man den Produktionssektor genauer abbildet.).

Die Infrastruktur und die Transportaktivitäten verursachen Gesamtkosten in Höhe von *C*. Diese werden zum einen durch den Staat gedeckt, der z.B. dafür Steuern erhebt. Zum anderen werden sie durch direkte Zahlungen und Ressourcenverbräuche der Konsumenten gedeckt.

$$C = S + \vec{p}\vec{x}$$

Bei konstanter Grundausstattung ist das verfügbare Numeraireguт des repräsentativen Konsumenten die Anfangsausstattung minus den Transportressourcenkosten für den Staat *S* (die dieser in Form von Steuern direkt vom Konsumenten abzieht) und minus den Ausgaben des Konsumenten für die verschiedenen Verkehrsalternativen (Skalarprodukt des Preisvektors und dem Nachfragevektor. Es gilt also für das Nutzenniveau des Konsumenten:

$$U = (M_0 - S) - \vec{p}\vec{x} + f(\vec{x})$$

Durch ein Projekt variiert dieser Ausdruck, und zwar:

$$\Delta U = \Delta S - \Delta(\vec{p}\overrightarrow{x}) + \Delta f(\vec{x})$$

Die Variation der privaten Kosten $\Delta(\vec{p}\vec{x})$ besteht aus einer Variation der objektiv messbaren Fahrzeitkosten und einer Variation der Zahlungen der Konsumenten an die Erbringer der Transportdienstleistungen. Bei den Transportdienstleistern jedoch wirkt sich eine Variation der Erlössituation auf die Höhe der Staatszuschüsse aus,

und in der Folge neutralisieren sich die Erlösvariationen der Verkehrsträger. In der Folge kann nun folgender Ausdruck formuliert werden:

$$\Delta U = \Delta C + \Delta f(\vec{x})$$

Wobei ΔC die Variation der gesamten objektiv gemessenen und bilanzierten Ressourcenkosten darstellt. Da sich C aus Numeraireguт und Zeit gemessen in Einheiten des Numeraireguтes zusammensetzt, wird eine gewisse Schwäche des Ansatzes erkennbar: Sofern man es mit unterschiedlichen Konsumenten mit einer unterschiedlichen Zahlungsbereitschaft für Zeit zu tun hat, wird es in der Aggregation problematisch, Numéraireguт konstanten Einheiten der Zeit gleichzusetzen.

Wie ist der zweite Ausdruck, die Nutzenvariation durch das Mobilitätsgut, zu interpretieren? Zunächst gilt bei kleinen Verschiebungen des Konsums:

$$\Delta f(\vec{x}) = \sum_i \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i$$

Im optimalen Konsumpunkt gilt jedoch:

$$\frac{\partial f}{\partial x_i} = p_i$$

wobei p_i die gleichen Ressourcenkomponenten enthält, wie sie bereits in den Gesamtsystemkosten C berücksichtigt sind (allerdings nur in derjenigen Höhe, wie sie der Konsument auch zahlt). Die Frage ist nun nur noch, an welcher Stelle man den Gradienten in der linearen Approximation berechnet. Nimmt man den Mittelwert, so hat man:

$$\Delta f(\vec{x}) = \sum_i \frac{p_{i0} + p_{i1}}{2} \Delta x_i$$

Die implizite Nutzendifferenz kann somit erweitert werden und stellt sich als eine Differenz der Zahlungsbereitschaft für bzw. des Nutzens durch das Mobilitätsgute dar. Die lineare Approximation entspricht jedoch i.A. nicht exakt dieser Differenz; dann müsste man explizit die Integration dieses Linienintegrals durchführen.

Anhang B Leistung/Geschwindigkeitsprofile Binnenschiff-fahrt

Tabelle A 11: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_1 (Kehlheim Straubing) zu Tal (8 km/h gegen-über Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	33	37	42	48	62	
401 – 650	44	45	45	48	61	84
651 – 900	89	96	104	114	126	142
901 – 1.000	90	96	104	114	127	143
1.001 . 1.500	98	104	112	119	132	163
1.501 – 2.000		118	126	135	149	174
2.001 – 2.500		133	144	157	172	197
2.501 – 3.000		147	161	177	194	217
> 3.000		156	169	187	213	248
2er Schubverband	188	192	208	224	240	252
4er Schubverband	268	276	310	380	467	552
Koppelverband Kanal	173	185	203	225	249	279

Tabelle A 12: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_1 (Kehlheim Straubing) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	154	202	276	401		
401 – 650	166	194	205	262	425	
651 – 900	147	159	174	195	234	346
901 – 1.000	148	160	175	196	238	359
1.001 . 1.500	164	181	221	269	367	
1.501 – 2.000		230	265	301	357	
2.001 – 2.500		289	342	404	483	
2.501 – 3.000		346	408	490	588	
> 3.000		391	428	477		
2er Schubverband	648	689	764	839	932	1.033
4er Schubverband	1.378	1.490	1.915	2.410		
Koppelverband Kanal	420	518	601	748	898	

Tabelle A 13: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_2(Straubing Vilshofen) zu Tal (8 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern						
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
< 400	33	37	42	48	62		
401 – 650	45	45	46	48	62	84	
651 – 900	90	97	106	116	129	144	
901 – 1.000	91	98	106	117	130	145	
1.001 . 1.500	100	107	115	123	136	162	
1.501 – 2.000		123	135	144	156	182	
2.001 – 2.500		142	158	171	186	210	
2.501 – 3.000		159	179	197	213	236	263
> 3.000		169	188	207	231	266	306
2er Schubverband	200	205	220	237	252	264	284
4er Schubverband	279	288	326	395	482	569	659
Koppelverband Kanal	183	200	228	252	275	305	342

Tabelle A 14: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_2 (Straubing Vilshofen) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern						
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
< 400	161	214	298	422	574		
401 – 650	184	236	245	307	427	563	
651 – 900	151	164	180	202	239	326	
901 – 1.000	152	165	182	203	244	337	
1.001 . 1.500	171	194	266	317	389	530	
1.501 – 2.000		300	334	366	419	544	
2.001 – 2.500		342	393	445	522	654	
2.501 – 3.000		418	479	545	638	766	
> 3.000		357	386	433	506		
2er Schubverband	689	740	820	895	985	1.085	1.199
4er Schubverband	1.439	1.548	1.909	2.378	2.838		
Koppelverband Kanal	499	600	678	774	904	1.049	

Tabelle A 15: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_3 (Vilshofen Österreich) zu Tal (8 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern						
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
< 400	32	36	41	47	61		
401 – 650	44	44	45	47	61	83	
651 – 900	88	94	101	111	124	139	
901 – 1.000	89	94	101	111	124	140	
1.001 . 1.500	95	101	107	114	126	153	
1.501 – 2.000		111	118	125	137	163	
2.001 – 2.500		124	130	140	154	178	
2.501 – 3.000		135	142	153	169	192	221
> 3.000		143	150	163	186	222	265
2er Schubverband	174	178	192	208	223	235	258
4er Schubverband	255	262	292	359	445	530	621
Koppelverband Kanal	161	169	178	192	214	244	284

Tabelle A 16: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Donau_3 (Vilshofen Österreich) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern						
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
< 400	147	189	252	374	525		
401 – 650	148	162	175	211	332	501	
651 – 900	143	154	167	186	224	311	
901 – 1.000	144	155	168	188	227	321	
1.001 . 1.500	158	170	185	210	276	417	
1.501 – 2.000		200	221	253	311	448	
2.001 – 2.500		236	267	320	402	550	
2.501 – 3.000		270	309	380	481	637	
> 3.000		366	395	444	520		
2er Schubverband	578	594	646	713	802	902	1.015
4er Schubverband	1.128	1.226	1.578	2.079	2.742		
Koppelverband Kanal	344	390	465	565	702	927	

Tabelle A 17: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_1 (Tschechien Saalemündung) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	22	22	24	25	30
401 – 650	34	35	35	37	41
651 – 900	69	75	81	87	95
901 – 1.000	69	75	81	88	96
1.001 . 1.500	79	84	90	95	102
1.501 – 2.000		94	99	104	111
2.001 – 2.500		107	114	120	127
2.501 – 3.000		119	127	135	142
> 3.000		121	128	137	147
Schubv. Tandem	53	57	63	71	83
Schubv. Zwilling	85	89	96	110	136
Schubv. Doppeltandem	70	74	81	91	102

Tabelle A 18: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_1 (Tschechien Saalemündung) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	46	51	63	83	107
401 – 650	55	62	62	74	94
651 – 900	109	119	128	139	154
901 – 1.000	109	119	129	140	154
1.001 . 1.500	125	136	146	155	168
1.501 – 2.000		156	169	181	195
2.001 – 2.500		185	204	222	240
2.501 – 3.000		213	239	262	284
> 3.000		215	238	263	294
Schubv. Tandem	88	95	103	121	150
Schubv. Zwilling	157	178	214	301	
Schubv. Doppeltandem	118	127	143	166	203

Tabelle A 19: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_2 (Saalemündung Rothensee) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	22	22	23	25	30	
401 – 650	34	35	35	37	42	49
651 – 900	69	75	81	88	96	106
901 – 1.000	69	75	82	88	96	106
1.001 . 1.500	79	85	91	96	104	121
1.501 – 2.000		97	103	109	117	
2.001 – 2.500		111	120	128	137	
2.501 – 3.000		125	136	146	156	
> 3.000		127	137	149	162	
Schubv. Tandem	54	58	63	72	85	
Schubv. Zwilling	86	90	96	110	139	
Schubv. Doppeltandem	71	74	80	90	104	

Tabelle A 20: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_2 (Saalemündung Rothensee) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	46	51	64	86	112	
401 – 650	55	63	64	76	96	124
651 – 900	109	119	129	140	155	174
901 – 1.000	109	120	130	141	156	175
1.001 . 1.500	125	137	148	158	175	215
1.501 – 2.000		163	182	198	220	
2.001 – 2.500		196	225	254	284	
2.501 – 3.000		229	268	308	346	
> 3.000		232	267	308	360	
Schubv. Tandem	89	95	105	124	155	
Schubv. Zwilling	160	182	231	358		
Schubv. Doppeltandem	120	129	144	169	209	

Tabelle A 21: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_3 (Rothensee Lauenburg) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern						
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
< 400	21	22	23	25	29		
401 – 650	34	35	35	37	41	48	
651 – 900	68	73	79	86	94	104	
901 – 1.000	68	74	80	86	94	104	
1.001 . 1.500	76	82	87	92	100	114	
1.501 – 2.000		92	98	103	110	123	
2.001 – 2.500		103	110	117	125	136	
2.501 – 3.000		115	123	132	140	150	161
> 3.000		117	125	135	145	159	173
Schubv. Tandem	52	56	62	70	82	97	
Schubv. Zwilling	81	86	93	107	133	179	
Schubv. Doppeltandem	67	71	78	88	100	117	

Tabelle A 22: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_3 (Rothensee Lauenburg) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern						
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1
< 400	45	50	62	82	107		
401 – 650	54	59	60	72	91	116	
651 – 900	106	116	125	136	151	169	
901 – 1.000	107	116	126	137	151	170	
1.001 . 1.500	121	131	141	150	165	196	
1.501 – 2.000		156	170	183	199	227	
2.001 – 2.500		178	199	219	240	268	
2.501 – 3.000		204	232	259	283	311	343
> 3.000		216	241	270	305	343	381
Schubv. Tandem	86	93	102	119	149	191	
Schubv. Zwilling	157	179	217	314	578		
Schubv. Doppeltandem	112	122	138	161	199	264	

Tabelle A 23: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_4 (Lauenburg – Cuxhaven) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern								
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7
< 400	19	20	22	23	24				
401 – 650	31	31	32	33	36	40			
651 – 900	62	65	68	74	81	90			
901 – 1.000	62	65	69	74	81	90			
1.001 . 1.500	66	68	71	75	80	88			
1.501 – 2.000		70	72	75	79	86			
2.001 – 2.500		70	72	75	79	85			
2.501 – 3.000		70	72	76	80	83	87	90	93
> 3.000		73	76	80	84	88	91	94	97
Schubv. Tandem	43	47	53	58	63	68			
Schubv. Zwilling	51	63	77	88	96	112			
Schubv. Doppeltandem	44	53	65	73	77	81			

Tabelle A 24: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Elbe_4 (Lauenburg – Cuxhaven) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern								
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7
< 400	36	42	48	57	67				
401 – 650	46	47	47	50	63	78			
651 – 900	95	99	105	114	127	142			
901 – 1.000	95	100	106	115	128	143			
1.001 . 1.500	101	106	111	116	125	139			
1.501 – 2.000		107	112	117	124	136			
2.001 – 2.500		108	112	117	124	133			
2.501 – 3.000		108	112	118	124	131	136	142	147
> 3.000		114	118	125	133	140	145	151	157
Schubv. Tandem	68	77	86	95	104	126			
Schubv. Zwilling	87	108	139	176	288	658			
Schubv. Doppeltandem	73	88	107	125	137	157			

Tabelle A 25: Leistungsbedarf auf der Ems zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	24	25	27	29	37
401 – 650	38	39	39	42	48
651 – 900	77	84	93	101	111
901 – 1.000	78	85	93	102	112
1.001 . 1.500	87	93	101	108	128
1.501 – 2.000		109	119	130	159
2.001 – 2.500		128	140	159	196
2.501 – 3.000		144	160	186	229
> 3.000		152	166	193	254
Koppelverband Kanal	166	180	199	233	290

Tabelle A 26: Leistungsbedarf auf der Ems zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	50	55	73	106	149
401 – 650	61	66	67	84	115
651 – 900	121	133	146	161	180
901 – 1.000	122	134	147	162	181
1.001 . 1.500	137	149	163	178	226
1.501 – 2.000		179	200	241	377
2.001 – 2.500		214	246	325	573
2.501 – 3.000		247	289	403	755
> 3.000		268	305	418	
Koppelverband Kanal	277	315	379	559	1.098

Tabelle A 27: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,0 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern		
	1,3	1,6	1,9
< 400	72	93	139
401 – 650	91	98	103
651 – 900	145	158	173
901 – 1.000	146	159	174
1.001 . 1.500	163	178	199
1.501 – 2.000		220	261
2.001 – 2.500		271	339
2.501 – 3.000		319	411
> 3.000		351	432
2er Schubverband	463	481	547
Koppelverband Kanal	353	424	585

Tabelle A 28: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,2 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern			
	1,3	1,6	1,9	2,2
< 400	67	86	126	178
401 – 650	87	91	97	116
651 – 900	139	150	164	182
901 – 1.000	139	151	165	183
1.001 . 1.500	154	165	181	198
1.501 – 2.000		197	220	262
2.001 – 2.500		236	270	347
2.501 – 3.000		272	315	427
> 3.000		299	340	446
2er Schubverband	434	448	503	559
Koppelverband Kanal	317	353	421	618

Tabelle A 29: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,5 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	67	86	119	166	232
401 – 650	86	89	95	113	171
651 – 900	138	149	161	178	206
901 – 1.000	139	149	162	179	207
1.001 . 1.500	151	160	171	184	217
1.501 – 2.000		183	197	215	259
2.001 – 2.500		212	230	256	316
2.501 – 3.000		238	260	294	370
> 3.000		259	282	321	429
2er Schubverband	416	430	474	523	566
Koppelverband Kanal	286	309	337	391	540

Tabelle A 30: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,6 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	63	81	111	153	214
401 – 650	81	84	89	105	154
651 – 900	130	140	152	167	193
901 – 1.000	131	141	152	168	194
1.001 . 1.500	142	151	160	171	199
1.501 – 2.000		171	181	195	229
2.001 – 2.500		196	209	228	270
2.501 – 3.000		218	234	259	308
> 3.000		237	253	284	356
2er Schubverband	387	400	440	482	520
Koppelverband Kanal	264	280	303	335	414

Tabelle A 31: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,7 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8*
< 400	64	82	111	152	213	
401 – 650	82	84	90	106	150	239
651 – 900	132	142	154	170	196	230
901 – 1.000	133	143	154	170	197	231
1.001 . 1.500	144	152	162	172	198	268
1.501 – 2.000		171	181	192	221	
2.001 – 2.500		194	205	221	254	
2.501 – 3.000		216	228	248	285	
> 3.000		233	246	273	326	
2er Schubverband	386	399	439	479	516	
Koppelverband Kanal	262	274	293	321	377	

* Die Abladetiefe 2,8 Meter dient ausschließlich als Interpolierhilfe für 2,7 Meter.

Tabelle A 32: Leistungsbedarf auf Kanälen mit garantierter Abladetiefe von 2,8 Metern (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	62	80	107	143	202	
401 – 650	79	82	87	102	140	215
651 – 900	128	137	149	164	189	222
901 – 1.000	129	138	149	165	190	223
1.001 . 1.500	139	147	156	166	188	243
1.501 – 2.000		164	173	182	206	272
2.001 – 2.500		185	194	206	234	305
2.501 – 3.000		204	214	228	259	335
> 3.000		219	231	251	297	423
2er Schubverband	367	380	418	454	488	525
Koppelverband Kanal	248	259	271	295	335	474

Tabelle A 33: Leistungsbedarf auf dem Main zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	47	53	69	97	136	
401 – 650	58	60	62	78	106	201
651 – 900	114	125	137	151	168	196
901 – 1.000	115	126	138	152	169	197
1.001 . 1.500	128	138	149	160	194	791
1.501 – 2.000		161	177	198	269	940
2.001 – 2.500		189	211	248	366	861
2.501 – 3.000		215	243	294	457	798
> 3.000		232	258	311	514	
2er Schubverband	318	326	360	400	436	476
Koppelverband Kanal	250	274	311	386	646	

Tabelle A 34: Leistungsbedarf auf dem Main zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	64	82	120	169	234	
401 – 650	82	86	92	110	187	408
651 – 900	131	142	155	172	197	231
901 – 1.000	132	143	156	173	198	234
1.001 . 1.500	145	156	172	188	240	
1.501 – 2.000		187	210	253	382	
2.001 – 2.500		225	259	339	566	
2.501 – 3.000		259	303	420	739	
> 3.000		286	326	437		
2er Schubverband	411	425	478	529	586	654
Koppelverband Kanal	302	339	409	604	1.190	

Tabelle A 35: Leistungsbedarf auf der Mosel zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	48	53	67	90	124	
401 – 650	56	56	59	75	100	144
651 – 900	114	122	133	147	166	194
901 – 1.000	114	123	134	148	167	195
1.001 . 1.500	124	132	140	150	167	220
1.501 – 2.000		148	157	166	186	248
2.001 – 2.500		168	178	190	213	277
2.501 – 3.000		186	197	212	237	304
> 3.000		198	210	229	268	373
2er Schubverband	285	294	324	345	372	407
Koppelverband Kanal	223	234	248	266	304	403

Tabelle A 36: Leistungsbedarf auf der Mosel zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	63	81	110	150	211	
401 – 650	81	83	89	105	150	246
651 – 900	130	139	151	166	192	225
901 – 1.000	131	140	152	167	193	226
1.001 . 1.500	141	150	159	169	196	273
1.501 – 2.000		169	179	191	221	335
2.001 – 2.500		193	204	222	256	403
2.501 – 3.000		215	227	250	289	468
> 3.000		232	246	275	334	662
2er Schubverband	382	395	434	475	511	552
Koppelverband Kanal	260	273	295	324	391	697

Tabelle A 37: Leistungsbedarf auf dem Neckar zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	50	56	73	104	146	
401 – 650	61	64	66	84	113	226
651 – 900	121	133	145	160	179	208
901 – 1.000	122	133	146	161	180	210
1.001 . 1.500	136	147	159	171	210	
1.501 – 2.000		173	191	216	308	
2.001 – 2.500		204	230	276	436	
2.501 – 3.000		232	266	331	553	
> 3.000		251	282	349	624	
2er Schubverband	339	349	386	428	467	
Koppelverband Kanal	268	297	339	440	769	

Tabelle A 38: Leistungsbedarf auf dem Neckar zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	68	87	129	182	251	
401 – 650	87	92	98	117	203	
651 – 900	139	151	165	183	210	247
901 – 1.000	140	152	166	184	211	250
1.001 . 1.500	154	167	184	202	266	
1.501 – 2.000		200	229	283	453	
2.001 – 2.500		242	285	391	697	
2.501 – 3.000		281	336	491	926	
> 3.000		310	360	506		
2er Schubverband	438	453	511	566	627	
Koppelverband Kanal	324	372	463	693		

Tabelle A 39: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Oder_1 (Wroclaw – HOW) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern		
	1,3	1,6	1,9
< 400	23	24	25
401 – 650	37	38	39
651 – 900	75	83	91
901 – 1.000	75	83	91
1.001 . 1.500	87	95	103
1.501 – 2.000		111	121
2.001 – 2.500		131	145
2.501 – 3.000		150	168
> 3.000		153	170
Koppelverband Kanal	175	196	219

Tabelle A 40: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Oder_1 (Wroclaw – HOW) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern		
	1,3	1,6	1,9
< 400	50	55	73
401 – 650	61	71	73
651 – 900	119	132	145
901 – 1.000	120	133	146
1.001 . 1.500	139	153	169
1.501 – 2.000		189	218
2.001 – 2.500		235	284
2.501 – 3.000		280	346
> 3.000		288	346
Koppelverband Kanal	317	391	486

Tabelle A 41: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Oder_2 (HOW – Szczecin) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	23	24	25	27	35
401 – 650	36	38	38	40	46
651 – 900	74	81	89	97	107
901 – 1.000	74	81	89	98	107
1.001 . 1.500	85	92	99	106	121
1.501 – 2.000		107	117	126	145
2.001 – 2.500		127	140	155	177
2.501 – 3.000		145	162	181	206
> 3.000		150	165	185	221
Koppelverband Kanal	167	186	208	232	265

Tabelle A 42: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Oder_2 (HOW – Szczecin) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	49	54	71	100	138
401 – 650	59	68	69	85	112
651 – 900	117	129	142	155	172
901 – 1.000	118	130	142	156	173
1.001 . 1.500	135	148	163	176	208
1.501 – 2.000		181	209	236	300
2.001 – 2.500		224	271	320	424
2.501 – 3.000		264	328	399	540
> 3.000		277	333	404	583
Koppelverband Kanal	297	359	448	552	783

Tabelle A 43: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_1 (Basel – Karlsruhe) zu Tal (6 km/h gegenüber

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	21	22	23	25	30	
401 – 650	33	33	34	36	40	48
651 – 900	66	70	75	82	91	102
901 – 1.000	66	71	76	82	91	103
1.001 . 1.500	71	75	79	83	91	114
1.501 – 2.000		83	87	91	100	
2.001 – 2.500		94	98	103	113	
2.501 – 3.000		103	108	115	125	
> 3.000		109	114	121	135	
2er Schubverband	99	100	110	120	131	
4er Schubverband	166	168	174	184	196	
6er Schubverband	188	191	206	232	259	
Koppelverband Kanal	124	129	135	143	156	
Koppelverband groß		131	137	145	159	

Tabelle A 44: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_1 (Basel – Karlsruhe) zu Berg (12 km/h gegenüber

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	147	198	270	404		
401 – 650	156	171	185	224	383	
651 – 900	145	156	170	190	228	324
901 – 1.000	146	157	172	191	230	335
1.001 . 1.500	161	173	185	200	265	1.010
1.501 – 2.000		205	223	257	370	
2.001 – 2.500		244	271	336	505	
2.501 – 3.000		281	316	411	632	
> 3.000		319	354	456		
2er Schubverband	615	632	687	761	861	
4er Schubverband	1.181	1.274	1.743	2.891		
6er Schubverband	1.833	2.001	2.792			
Koppelverband Kanal	358	414	500	646	1.169	
Koppelverband groß		480	565	724		

Tabelle A 45: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_2 (Karlsruhe – Mainmündung) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern							
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
< 400	21	22	23	24	29			
401 – 650	33	34	34	36	40	47		
651 – 900	66	71	76	83	91	101		
901 – 1.000	66	71	77	83	91	101		
1.001 . 1.500	72	77	82	87	95	110		
1.501 – 2.000		87	92	97	105	119		
2.001 – 2.500		96	102	109	117	130		
2.501 – 3.000		105	112	120	129	140	153	164
> 3.000		110	116	125	137	152	169	180
2er Schubverband	106	108	114	121	128	135	140	144
4er Schubverband	164	166	173	183	195	216	244	273
6er Schubverband	186	190	205	226	251	276	305	348
Koppelverband Kanal	124	132	141	151	162	176	193	206
Koppelverband groß		133	143	153	164	179	195	209

Tabelle A 46: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_2 (Karlsruhe – Mainmündung) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern							
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
< 400	159	205	279	399	537			
401 – 650	180	221	232	281	392	539		
651 – 900	151	168	192	213	254	339		
901 – 1.000	153	172	197	217	263	353		
1.001 . 1.500	203	228	271	310	380	576		
1.501 – 2.000		345	379	410	449	553		
2.001 – 2.500		285	335	386	440	548		
2.501 – 3.000		328	378	450	518	632	720	
> 3.000		262	291	328	386	434	544	
2er Schubverband	611	633	695	764	849	943	1.048	1.150
4er Schubverband	1.361	1.477	1.814	2.266	2.688	3.170		
6er Schubverband	1.834	1.957	2.342	2.908	3.362			
Koppelverband Kanal	421	497	599	706	855	983	1.141	
Koppelverband groß		474	548	647	741	898	1.093	

Tabelle A 47: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_3 (Mainmündung Bendorf) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern							
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
< 400	21	22	23	24	29			
401 – 650	33	34	34	36	40	47		
651 – 900	66	71	76	83	91	101		
901 – 1.000	66	71	77	83	91	102		
1.001 . 1.500	72	77	82	86	94	111		
1.501 – 2.000		86	91	96	104	119		
2.001 – 2.500		96	102	109	117	131		
2.501 – 3.000		105	113	121	130	142	157	172
> 3.000		110	117	126	139	155	176	191
2er Schubverband	105	107	114	121	129	136	142	147
4er Schubverband	165	167	173	183	195	218	248	279
6er Schubverband	187	190	206	228	253	279	310	360
Koppelverband Kanal	124	131	141	151	162	178	197	216
Koppelverband groß		134	143	153	165	181	201	220

Tabelle A 48: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_3 (Mainmündung Bendorf) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern							
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4
< 400	156	203	278	403	551			
401 – 650	171	207	218	270	399	511		
651 – 900	148	162	179	199	242	339		
901 – 1.000	149	163	182	203	249	351		
1.001 . 1.500	166	187	227	266	343	457		
1.501 – 2.000		228	262	295	341	480		
2.001 – 2.500		286	336	392	456	604		
2.501 – 3.000		421	490	567	650	748	813	
> 3.000		339	372	415	495	578		
2er Schubverband	654	675	737	809	899	999	1.114	1.254
4er Schubverband	1.381	1.500	1.873	2.397	2.963			
6er Schubverband	2.003	2.137	2.566	3.064	3.662			
Koppelverband Kanal	425	502	573	702	802	990		
Koppelverband groß		613	689	790	919	1.060		

Tabelle A 49: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_4 (Bendorf Duisburg) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern									
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0
< 400	20	21	22	24	27					
401 – 650	32	33	33	35	39	45				
651 – 900	64	68	72	79	86	95				
901 – 1.000	64	68	73	79	86	96				
1.001 . 1.500	69	73	77	81	87	99				
1.501 – 2.000		77	81	85	91	101				
2.001 – 2.500		81	85	90	95	104				
2.501 – 3.000		85	89	94	100	107	115	124	131	
> 3.000		90	94	99	107	116	127	135	142	
2er Schubverband	89	90	95	100	104	108	112	115	122	126
4er Schubverband	151	154	163	173	184	200	222	248	277	307
6er Schubverband	180	183	195	211	232	255	281	317	374	451
Koppelverband Kanal	102	106	111	117	124	133	144	154	164	
Koppelverband groß		108	113	119	126	135	146	157	167	

Tabelle A 50: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_4 (Bendorf Duisburg) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern									
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0
< 400	142	171	214	297	407					
401 – 650	129	143	156	186	254	329				
651 – 900	138	148	161	179	207	266				
901 – 1.000	139	149	162	180	210	273				
1.001 . 1.500	152	164	181	204	237	319				
1.501 – 2.000		183	199	217	244	313				
2.001 – 2.500		203	223	247	282	350				
2.501 – 3.000		222	245	276	318	371	453	544	609	
> 3.000		220	236	263	305	344	395	460	525	
2er Schubverband	505	525	570	618	675	739	819	911	988	1.064
4er Schubverband	982	1.041	1.243	1.508	1.822	2.166	2.470	2.785	3.135	3.534
6er Schubverband	1.376	1.465	1.759	2.114	2.502	2.846	3.163	3.448	3.725	4.053
Koppelverband Kanal	278	306	342	383	444	524	619	755	802	
Koppelverband groß		320	353	414	473	578	707	790	858	

Tabelle A 51: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_5 (Duisburg Niederlande) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern									
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0
< 400	20	21	22	24	27					
401 – 650	32	32	33	35	38	44				
651 – 900	63	67	72	78	86	95				
901 – 1.000	64	68	73	79	86	95				
1.001 . 1.500	68	72	77	81	87	98				
1.501 – 2.000		77	80	84	90	100				
2.001 – 2.500		80	84	89	94	103				
2.501 – 3.000		84	88	93	98	105	113	121	128	
> 3.000		89	92	98	105	114	124	132	139	
2er Schubverband	88	89	94	98	103	107	110	113	119	125
4er Schubverband	150	152	161	171	182	198	219	244	272	306
6er Schubverband	179	182	194	209	230	253	278	313	366	442
Koppelverband Kanal	101	105	109	115	122	131	141	151	160	
Koppelverband groß		106	111	117	124	133	143	154	163	

Tabelle A 52: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Rhein_5 (Duisburg Niederlande) zu Berg (12 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern									
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0
< 400	141	168	210	290	397					
401 – 650	127	141	154	182	244	325				
651 – 900	138	148	160	178	205	260				
901 – 1.000	139	148	161	179	207	265				
1.001 . 1.500	151	163	179	200	238	306				
1.501 – 2.000		180	197	218	242	300				
2.001 – 2.500		199	219	250	280	336				
2.501 – 3.000		216	238	266	301	356	415	498	538	
> 3.000		214	229	254	289	328	375	436	478	
2er Schubverband	493	508	558	606	661	725	798	885	973	1.063
4er Schubverband	1.011	1.068	1.270	1.556	1.870	2.194	2.520	2.778	3.042	3.316
6er Schubverband	1.361	1.444	1.713	2.078	2.455	2.786	3.064	3.318	3.661	4.023
Koppelverband Kanal	271	298	330	380	432	511	599	676	759	
Koppelverband groß		312	341	388	452	530	644	746	885	

Tabelle A 53: Leistungsbedarf auf der Saale zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	55	60	81	121	170
401 – 650	68	76	78	95	140
651 – 900	133	147	163	179	200
901 – 1.000	134	148	164	180	202
1.001 . 1.500	152	168	188	209	362
1.501 – 2.000		207	248	327	
2.001 – 2.500		255	323	483	
2.501 – 3.000		299	392	627	
> 3.000		325	407	638	
Koppelverband Kanal	325	388	529	840	

Tabelle A 54: Leistungsbedarf auf der Saale zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	77	101	154	217	302
401 – 650	96	107	110	150	266
651 – 900	153	168	184	208	235
901 – 1.000	154	168	186	209	237
1.001 . 1.500	173	195	220	254	
1.501 – 2.000		253	320	462	
2.001 – 2.500		326	447	741	
2.501 – 3.000		393	564	1.001	
> 3.000		426	575		
Koppelverband Kanal	409	549	768		

Tabelle A 55: Leistungsbedarf auf der Saar zu Tal (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	52	57	77	114	160	
401 – 650	64	72	73	89	131	
651 – 900	125	139	154	169	189	216
901 – 1.000	126	140	154	170	190	217
1.001 . 1.500	143	158	177	197	340	
1.501 – 2.000		195	234	308		
2.001 – 2.500		240	304	455		
2.501 – 3.000		282	370	591		
> 3.000		306	383	601		
2er Schubverband	371	383	424	472	523	
Koppelverband Kanal	307	366	499	791		

Tabelle A 56: Leistungsbedarf auf der Saar zu Berg (10 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern					
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8
< 400	73	96	145	204	285	
401 – 650	90	101	104	141	250	
651 – 900	144	158	174	196	221	268
901 – 1.000	145	159	175	197	223	271
1.001 . 1.500	163	184	208	240		
1.501 – 2.000		239	302	435		
2.001 – 2.500		307	422	698		
2.501 – 3.000		371	532	943		
> 3.000		402	542			
2er Schubverband	470	494	559	632	699	
Koppelverband Kanal	386	518	724			

Tabelle A 57: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_1 (Oberweser) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern	
	1,3	1,6
< 400	27	28
401 – 650	42	48
651 – 900	88	99
901 – 1.000	88	100
1.001 . 1.500	107	122
1.501 – 2.000		162
2.001 – 2.500		210
2.501 – 3.000		254
Koppelverband Kanal	244	322

Tabelle A 58: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_1 (Oberweser) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern	
	1,3	1,6
< 400	60	72
401 – 650	73	112
651 – 900	142	162
901 – 1.000	143	163
1.001 . 1.500	176	206
1.501 – 2.000		323
2.001 – 2.500		472
2.501 – 3.000		608
Koppelverband Kanal	503	809

Tabelle A 59: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_2 (Mittelweser) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	26	27	28	30	40
401 – 650	40	42	42	45	51
651 – 900	82	90	100	109	119
901 – 1.000	83	91	100	110	119
1.001 . 1.500	93	102	112	121	148
1.501 – 2.000		121	134	152	201
2.001 – 2.500		143	162	192	264
2.501 – 3.000		163	187	229	322
> 3.000		172	193	238	359
Koppelverband Kanal	183	203	235	287	417

Tabelle A 60: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_2 (Mittelweser) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern				
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
< 400	54	59	79	117	165
401 – 650	66	74	75	92	136
651 – 900	129	143	158	174	195
901 – 1.000	130	144	159	175	196
1.001 . 1.500	148	163	183	203	351
1.501 – 2.000		202	241	318	
2.001 – 2.500		248	314	470	
2.501 – 3.000		291	381	610	
> 3.000		316	395	621	
Koppelverband Kanal	316	378	515	817	

Tabelle A 61: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_3 (Unter/Außenweser) zu Tal (6 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern								
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7
< 400	19	20	22	23	24				
401 – 650	31	31	32	33	36	40			
651 – 900	62	65	68	74	81	90			
901 – 1.000	62	65	69	74	81	90			
1.001 . 1.500	66	68	71	75	80	88			
1.501 – 2.000		70	72	75	79	86			
2.001 – 2.500		70	72	75	79	85			
2.501 – 3.000		70	72	76	80	83	87	90	93
> 3.000		73	76	80	84	88	91	94	97
Koppelverband Kanal	84	87	90	94	99	104	108	111	115

Tabelle A 62: Leistungsbedarf auf dem Wasserstraßenabschnitt Weser_3 (Unter/Außenweser) zu Berg (9 km/h gegenüber Wasser) in Kilowatt

TT-Klasse	Abladetiefe in Metern								
	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7
< 400	36	42	48	57	67				
401 – 650	46	47	47	50	63	78			
651 – 900	95	99	105	114	127	142			
901 – 1.000	95	100	106	115	128	143			
1.001 . 1.500	101	106	111	116	125	139			
1.501 – 2.000		107	112	117	124	136			
2.001 – 2.500		108	112	117	124	133			
2.501 – 3.000		108	112	118	124	131	136	142	147
> 3.000		114	118	125	133	140	145	151	157
Koppelverband Kanal	131	135	140	147	155	163	170	177	184

Anhang C Zuordnungsschlüssel BVWP-Streckentypen zu HBEFA-Straßentypen

Tabelle A 63: Zuordnungsschlüssel BVWP-Strecken HBEFA-Straßentypen Teil 1

Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code
1.1.1.1	A1	1.2.3.3	A1	1.4.1.5	A2	1.5.4.2	F1	1.7.2.4	SM
1.1.1.2	A1	1.2.3.4	A1	1.4.2.1	A2	1.5.4.3	F1	1.7.2.5	SM
1.1.1.3	A1	1.2.3.5	A1	1.4.2.2	A2	1.5.4.4	F1	1.7.3.1	SM
1.1.1.4	A1	1.2.4.1	A1	1.4.2.3	A2	1.5.4.5	F1	1.7.3.2	SM
1.1.1.5	A1	1.2.4.2	A1	1.4.2.4	A2	1.6.1.1	F1	1.7.3.3	SM
1.1.2.1	A1	1.2.4.3	A1	1.4.2.5	A2	1.6.1.2	F1	1.7.3.4	SM
1.1.2.2	A1	1.2.4.4	A1	1.4.3.1	A2	1.6.1.3	F1	1.7.3.5	SM
1.1.2.3	A1	1.2.4.5	A1	1.4.3.2	A2	1.6.1.4	F1	1.7.4.1	SM
1.1.2.4	A1	1.3.1.1	A2	1.4.3.3	A2	1.6.1.5	F1	1.7.4.2	SM
1.1.2.5	A1	1.3.1.2	A2	1.4.3.4	A2	1.6.2.1	F1	1.7.4.3	SM
1.1.3.1	A1	1.3.1.3	A2	1.4.3.5	A2	1.6.2.2	F1	1.7.4.4	SM
1.1.3.2	A1	1.3.1.4	A2	1.4.4.1	A2	1.6.2.3	F1	1.7.4.5	SM
1.1.3.3	A1	1.3.1.5	A2	1.4.4.2	A2	1.6.2.4	F1	1.8.1.1	SM
1.1.3.4	A1	1.3.2.1	A2	1.4.4.3	A2	1.6.2.5	F1	1.8.1.2	SM
1.1.3.5	A1	1.3.2.2	A2	1.4.4.4	A2	1.6.3.1	F1	1.8.1.3	SM
1.1.4.1	A1	1.3.2.3	A2	1.4.4.5	A2	1.6.3.2	F1	1.8.1.4	SM
1.1.4.2	A1	1.3.2.4	A2	1.5.1.1	F1	1.6.3.3	F1	1.8.1.5	SM
1.1.4.3	A1	1.3.2.5	A2	1.5.1.2	F1	1.6.3.4	F1	1.8.2.1	SM
1.1.4.4	A1	1.3.3.1	A2	1.5.1.3	F1	1.6.3.5	F1	1.8.2.2	SM
1.1.4.5	A1	1.3.3.2	A2	1.5.1.4	F1	1.6.4.1	F1	1.8.2.3	SM
1.2.1.1	A1	1.3.3.3	A2	1.5.1.5	F1	1.6.4.2	F1	1.8.2.4	SM
1.2.1.2	A1	1.3.3.4	A2	1.5.2.1	F1	1.6.4.3	F1	1.8.2.5	SM
1.2.1.3	A1	1.3.3.5	A2	1.5.2.2	F1	1.6.4.4	F1	1.8.3.1	SM
1.2.1.4	A1	1.3.4.1	A2	1.5.2.3	F1	1.6.4.5	F1	1.8.3.2	SM
1.2.1.5	A1	1.3.4.2	A2	1.5.2.4	F1	1.7.1.1	SM	1.8.3.3	SM
1.2.2.1	A1	1.3.4.3	A2	1.5.2.5	F1	1.7.1.2	SM	1.8.3.4	SM
1.2.2.2	A1	1.3.4.4	A2	1.5.3.1	F1	1.7.1.3	SM	1.8.3.5	SM
1.2.2.3	A1	1.3.4.5	A2	1.5.3.2	F1	1.7.1.4	SM	1.8.4.1	SM
1.2.2.4	A1	1.4.1.1	A2	1.5.3.3	F1	1.7.1.5	SM	1.8.4.2	SM
1.2.2.5	A1	1.4.1.2	A2	1.5.3.4	F1	1.7.2.1	SM	1.8.4.3	SM
1.2.3.1	A1	1.4.1.3	A2	1.5.3.5	F1	1.7.2.2	SM	1.8.4.4	SM
1.2.3.2	A1	1.4.1.4	A2	1.5.4.1	F1	1.7.2.3	SM	1.8.4.5	SM

Tabelle A 64: Zuordnungsschlüssel BVWP-Strecken HBEFA-Straßentypen Teil 2

Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code
2.1.1.1	F1	2.2.3.3	A1	2.4.1.5	F2	2.5.4.2	F1	2.7.2.4	SM
2.1.1.2	F1	2.2.3.4	A1	2.4.2.1	F2	2.5.4.3	F1	2.7.2.5	SM
2.1.1.3	F1	2.2.3.5	A1	2.4.2.2	F2	2.5.4.4	F1	2.7.3.1	SM
2.1.1.4	F1	2.2.4.1	A1	2.4.2.3	F2	2.5.4.5	F1	2.7.3.2	SM
2.1.1.5	F1	2.2.4.2	A1	2.4.2.4	F2	2.6.1.1	F1	2.7.3.3	SM
2.1.2.1	F1	2.2.4.3	A1	2.4.2.5	F2	2.6.1.2	F1	2.7.3.4	SM
2.1.2.2	F1	2.2.4.4	A1	2.4.3.1	A2	2.6.1.3	F1	2.7.3.5	SM
2.1.2.3	F1	2.2.4.5	A1	2.4.3.2	A2	2.6.1.4	F1	2.7.4.1	SM
2.1.2.4	F1	2.3.1.1	F2	2.4.3.3	A2	2.6.1.5	F1	2.7.4.2	SM
2.1.2.5	F1	2.3.1.2	F2	2.4.3.4	A2	2.6.2.1	F1	2.7.4.3	SM
2.1.3.1	A1	2.3.1.3	F2	2.4.3.5	A2	2.6.2.2	F1	2.7.4.4	SM
2.1.3.2	A1	2.3.1.4	F2	2.4.4.1	A2	2.6.2.3	F1	2.7.4.5	SM
2.1.3.3	A1	2.3.1.5	F2	2.4.4.2	A2	2.6.2.4	F1	2.8.1.1	SM
2.1.3.4	A1	2.3.2.1	F2	2.4.4.3	A2	2.6.2.5	F1	2.8.1.2	SM
2.1.3.5	A1	2.3.2.2	F2	2.4.4.4	A2	2.6.3.1	F1	2.8.1.3	SM
2.1.4.1	A1	2.3.2.3	F2	2.4.4.5	A2	2.6.3.2	F1	2.8.1.4	SM
2.1.4.2	A1	2.3.2.4	F2	2.5.1.1	F1	2.6.3.3	F1	2.8.1.5	SM
2.1.4.3	A1	2.3.2.5	F2	2.5.1.2	F1	2.6.3.4	F1	2.8.2.1	SM
2.1.4.4	A1	2.3.3.1	A2	2.5.1.3	F1	2.6.3.5	F1	2.8.2.2	SM
2.1.4.5	A1	2.3.3.2	A2	2.5.1.4	F1	2.6.4.1	F1	2.8.2.3	SM
2.2.1.1	F1	2.3.3.3	A2	2.5.1.5	F1	2.6.4.2	F1	2.8.2.4	SM
2.2.1.2	F1	2.3.3.4	A2	2.5.2.1	F1	2.6.4.3	F1	2.8.2.5	SM
2.2.1.3	F1	2.3.3.5	A2	2.5.2.2	F1	2.6.4.4	F1	2.8.3.1	SM
2.2.1.4	F1	2.3.4.1	A2	2.5.2.3	F1	2.6.4.5	F1	2.8.3.2	SM
2.2.1.5	F1	2.3.4.2	A2	2.5.2.4	F1	2.7.1.1	SM	2.8.3.3	SM
2.2.2.1	F1	2.3.4.3	A2	2.5.2.5	F1	2.7.1.2	SM	2.8.3.4	SM
2.2.2.2	F1	2.3.4.4	A2	2.5.3.1	F1	2.7.1.3	SM	2.8.3.5	SM
2.2.2.3	F1	2.3.4.5	A2	2.5.3.2	F1	2.7.1.4	SM	2.8.4.1	SM
2.2.2.4	F1	2.4.1.1	F2	2.5.3.3	F1	2.7.1.5	SM	2.8.4.2	SM
2.2.2.5	F1	2.4.1.2	F2	2.5.3.4	F1	2.7.2.1	SM	2.8.4.3	SM
2.2.3.1	A1	2.4.1.3	F2	2.5.3.5	F1	2.7.2.2	SM	2.8.4.4	SM
2.2.3.2	A1	2.4.1.4	F2	2.5.4.1	F1	2.7.2.3	SM	2.8.4.5	SM

Tabelle A 65: Zuordnungsschlüssel BVWP-Strecken HBEFA-Straßentypen Teil 3

Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code
3.1.1.1	H1	3.2.3.3	H1	3.4.1.5	SM	3.5.4.2	H3	3.7.2.4	H2
3.1.1.2	H1	3.2.3.4	H1	3.4.2.1	SM	3.5.4.3	H3	3.7.2.5	H2
3.1.1.3	H1	3.2.3.5	H1	3.4.2.2	SM	3.5.4.4	H3	3.7.3.1	H2
3.1.1.4	H1	3.2.4.1	H1	3.4.2.3	SM	3.5.4.5	H3	3.7.3.2	H2
3.1.1.5	H1	3.2.4.2	H1	3.4.2.4	SM	3.6.1.1	H3	3.7.3.3	H2
3.1.2.1	H1	3.2.4.3	H1	3.4.2.5	SM	3.6.1.2	H3	3.7.3.4	H2
3.1.2.2	H1	3.2.4.4	H1	3.4.3.1	SM	3.6.1.3	H3	3.7.3.5	H2
3.1.2.3	H1	3.2.4.5	H1	3.4.3.2	SM	3.6.1.4	H3	3.7.4.1	H2
3.1.2.4	H1	3.3.1.1	SM	3.4.3.3	SM	3.6.1.5	H3	3.7.4.2	H2
3.1.2.5	H1	3.3.1.2	SM	3.4.3.4	SM	3.6.2.1	H3	3.7.4.3	H2
3.1.3.1	H1	3.3.1.3	SM	3.4.3.5	SM	3.6.2.2	H3	3.7.4.4	H2
3.1.3.2	H1	3.3.1.4	SM	3.4.4.1	SM	3.6.2.3	H3	3.7.4.5	H2
3.1.3.3	H1	3.3.1.5	SM	3.4.4.2	SM	3.6.2.4	H3	3.8.1.1	H2
3.1.3.4	H1	3.3.2.1	SM	3.4.4.3	SM	3.6.2.5	H3	3.8.1.2	H2
3.1.3.5	H1	3.3.2.2	SM	3.4.4.4	SM	3.6.3.1	H3	3.8.1.3	H2
3.1.4.1	H1	3.3.2.3	SM	3.4.4.5	SM	3.6.3.2	H3	3.8.1.4	H2
3.1.4.2	H1	3.3.2.4	SM	3.5.1.1	H3	3.6.3.3	H3	3.8.1.5	H2
3.1.4.3	H1	3.3.2.5	SM	3.5.1.2	H3	3.6.3.4	H3	3.8.2.1	H2
3.1.4.4	H1	3.3.3.1	SM	3.5.1.3	H3	3.6.3.5	H3	3.8.2.2	H2
3.1.4.5	H1	3.3.3.2	SM	3.5.1.4	H3	3.6.4.1	H3	3.8.2.3	H2
3.2.1.1	H1	3.3.3.3	SM	3.5.1.5	H3	3.6.4.2	H3	3.8.2.4	H2
3.2.1.2	H1	3.3.3.4	SM	3.5.2.1	H3	3.6.4.3	H3	3.8.2.5	H2
3.2.1.3	H1	3.3.3.5	SM	3.5.2.2	H3	3.6.4.4	H3	3.8.3.1	H2
3.2.1.4	H1	3.3.4.1	SM	3.5.2.3	H3	3.6.4.5	H3	3.8.3.2	H2
3.2.1.5	H1	3.3.4.2	SM	3.5.2.4	H3	3.7.1.1	H2	3.8.3.3	H2
3.2.2.1	H1	3.3.4.3	SM	3.5.2.5	H3	3.7.1.2	H2	3.8.3.4	H2
3.2.2.2	H1	3.3.4.4	SM	3.5.3.1	H3	3.7.1.3	H2	3.8.3.5	H2
3.2.2.3	H1	3.3.4.5	SM	3.5.3.2	H3	3.7.1.4	H2	3.8.4.1	H2
3.2.2.4	H1	3.4.1.1	SM	3.5.3.3	H3	3.7.1.5	H2	3.8.4.2	H2
3.2.2.5	H1	3.4.1.2	SM	3.5.3.4	H3	3.7.2.1	H2	3.8.4.3	H2
3.2.3.1	H1	3.4.1.3	SM	3.5.3.5	H3	3.7.2.2	H2	3.8.4.4	H2
3.2.3.2	H1	3.4.1.4	SM	3.5.4.1	H3	3.7.2.3	H2	3.8.4.5	H2

Tabelle A 66: Zuordnungsschlüssel BVWP-Strecken HBEFA-Straßentypen Teil 4

Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code	Streckentypen	Code
4.1.1.1	H3	4.2.3.3	H3	4.4.1.5	SM	4.5.4.2	H3	4.7.2.4	H2
4.1.1.2	H3	4.2.3.4	H3	4.4.2.1	SM	4.5.4.3	H3	4.7.2.5	H2
4.1.1.3	H3	4.2.3.5	H3	4.4.2.2	SM	4.5.4.4	H3	4.7.3.1	H2
4.1.1.4	H3	4.2.4.1	H3	4.4.2.3	SM	4.5.4.5	H3	4.7.3.2	H2
4.1.1.5	H3	4.2.4.2	H3	4.4.2.4	SM	4.6.1.1	S2	4.7.3.3	H2
4.1.2.1	H3	4.2.4.3	H3	4.4.2.5	SM	4.6.1.2	S2	4.7.3.4	H2
4.1.2.2	H3	4.2.4.4	H3	4.4.3.1	SM	4.6.1.3	S2	4.7.3.5	H2
4.1.2.3	H3	4.2.4.5	H3	4.4.3.2	SM	4.6.1.4	S2	4.7.4.1	H2
4.1.2.4	H3	4.3.1.1	SM	4.4.3.3	SM	4.6.1.5	S2	4.7.4.2	H2
4.1.2.5	H3	4.3.1.2	SM	4.4.3.4	SM	4.6.2.1	H3	4.7.4.3	H2
4.1.3.1	H3	4.3.1.3	SM	4.4.3.5	SM	4.6.2.2	H3	4.7.4.4	H2
4.1.3.2	H3	4.3.1.4	SM	4.4.4.1	SM	4.6.2.3	H3	4.7.4.5	H2
4.1.3.3	H3	4.3.1.5	SM	4.4.4.2	SM	4.6.2.4	H3	4.8.1.1	E
4.1.3.4	H3	4.3.2.1	SM	4.4.4.3	SM	4.6.2.5	H3	4.8.1.2	E
4.1.3.5	H3	4.3.2.2	SM	4.4.4.4	SM	4.6.3.1	H3	4.8.1.3	E
4.1.4.1	H3	4.3.2.3	SM	4.4.4.5	SM	4.6.3.2	H3	4.8.1.4	E
4.1.4.2	H3	4.3.2.4	SM	4.5.1.1	H3	4.6.3.3	H3	4.8.1.5	E
4.1.4.3	H3	4.3.2.5	SM	4.5.1.2	H3	4.6.3.4	H3	4.8.2.1	H2
4.1.4.4	H3	4.3.3.1	SM	4.5.1.3	H3	4.6.3.5	H3	4.8.2.2	H2
4.1.4.5	H3	4.3.3.2	SM	4.5.1.4	H3	4.6.4.1	H3	4.8.2.3	H2
4.2.1.1	H3	4.3.3.3	SM	4.5.1.5	H3	4.6.4.2	H3	4.8.2.4	H2
4.2.1.2	H3	4.3.3.4	SM	4.5.2.1	H3	4.6.4.3	H3	4.8.2.5	H2
4.2.1.3	H3	4.3.3.5	SM	4.5.2.2	H3	4.6.4.4	H3	4.8.3.1	H2
4.2.1.4	H3	4.3.4.1	SM	4.5.2.3	H3	4.6.4.5	H3	4.8.3.2	H2
4.2.1.5	H3	4.3.4.2	SM	4.5.2.4	H3	4.7.1.1	S1	4.8.3.3	H2
4.2.2.1	H3	4.3.4.3	SM	4.5.2.5	H3	4.7.1.2	S1	4.8.3.4	H2
4.2.2.2	H3	4.3.4.4	SM	4.5.3.1	H3	4.7.1.3	S1	4.8.3.5	H2
4.2.2.3	H3	4.3.4.5	SM	4.5.3.2	H3	4.7.1.4	S1	4.8.4.1	H2
4.2.2.4	H3	4.4.1.1	SM	4.5.3.3	H3	4.7.1.5	S1	4.8.4.2	H2
4.2.2.5	H3	4.4.1.2	SM	4.5.3.4	H3	4.7.2.1	H2	4.8.4.3	H2
4.2.3.1	H3	4.4.1.3	SM	4.5.3.5	H3	4.7.2.2	H2	4.8.4.4	H2
4.2.3.2	H3	4.4.1.4	SM	4.5.4.1	H3	4.7.2.3	H2	4.8.4.5	H2

Anhang D Treibstoffverbrauch Straßenverkehr

Tabelle A 67: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	18,582	17,922	19,000	34,238
100	19,780	18,823	18,024	34,238
120	19,780	18,823	18,024	34,238
130	19,780	18,823	18,024	34,238
>130	19,773	19,375	18,024	34,238

Tabelle A 68: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	17,628	19,650	20,506	35,981
80	17,912	17,658	20,894	35,981
100	18,758	18,077	21,000	35,981

Tabelle A 69: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	18,469	20,353	24,606	35,947
70	18,546	20,042	21,294	35,981
80	18,578	18,277	21,878	35,981
100	19,941	18,914	22,237	35,981

Tabelle A 70: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	25,094	24,466	29,214	35,947
70	20,244	21,094	23,642	35,981
80	18,260	21,436	21,092	35,981
100	19,194	20,871	21,468	35,981

Tabelle A 71: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	26,341	26,819	28,607	38,533
70	19,827	21,102	24,793	38,568
80	21,614	21,279	24,843	38,568

Tabelle A 72: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	17,410	17,105	18,002	38,533
80	18,534	17,710	18,452	33,620
100	19,777	18,314	18,740	33,620

Tabelle A 73: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	20,617	19,043	22,140	35,947
80	17,108	17,222	22,064	35,981
100	18,758	17,789	21,129	35,981

Tabelle A 74: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	20,410	24,043	23,698	38,533
70	20,617	19,043	22,140	35,947
80	17,108	17,222	22,064	35,981

Tabelle A 75: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	20,196	22,699	23,820	39,357
70	21,204	20,810	23,181	36,691
80	17,574	21,079	21,696	36,726

Tabelle A 76: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	20,025	22,689	24,081	38,533

Tabelle A 77: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in l/100 km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	22,442	25,747	26,894	38,533

Tabelle A 78: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	13,689	12,451	12,416	19,084
100	14,919	13,427	11,979	19,084
120	14,919	13,427	11,979	19,084
130	14,919	13,427	11,979	19,084
>130	14,919	13,427	11,979	19,084

Tabelle A 79: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	12,104	12,588	12,913	19,895
80	13,008	12,194	13,220	19,895
100	13,832	12,639	13,454	19,895

Tabelle A 80: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	11,715	12,926	14,723	19,905
70	12,181	12,772	13,444	19,895
80	12,747	12,104	13,503	19,895
100	14,187	12,786	13,757	19,895

Tabelle A 81: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	14,823	14,741	17,184	19,905
70	12,870	13,024	14,016	19,895
80	12,068	13,436	12,916	19,895
100	13,049	13,119	13,220	19,895

Tabelle A 82: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	15,239	16,224	16,403	21,514
70	12,629	13,195	14,690	21,503
80	13,626	13,343	14,728	21,503

Tabelle A 83: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	11,778	11,419	11,587	21,514
80	13,113	12,070	12,255	19,264
100	14,362	12,819	12,520	19,264

Tabelle A 84: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	13,422	12,425	13,757	19,905
80	12,102	11,605	13,571	19,895
100	13,832	12,201	13,501	19,895

Tabelle A 85: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	12,880	14,266	14,047	21,514
70	13,422	12,425	13,757	19,905
80	12,102	11,605	13,571	19,895

Tabelle A 86: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	12,612	13,573	14,353	21,198
70	13,540	13,062	13,792	19,888
80	11,930	13,548	13,432	19,878

Tabelle A 87: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	12,528	13,647	14,605	21,514

Tabelle A 88: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in l/100 km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	13,508	15,323	15,821	21,514

Tabelle A 89: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	23,814	23,773	26,040	50,442
100	24,979	24,592	24,488	50,442
120	24,979	24,592	24,488	50,442
130	24,979	24,592	24,488	50,442
>130	24,967	25,148	24,488	50,442

Tabelle A 90: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	23,913	27,687	29,146	54,286
80	23,493	23,875	29,627	54,286
100	24,363	24,265	29,586	54,286

Tabelle A 91: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	26,180	28,834	35,889	54,263
70	25,788	28,316	30,227	54,286
80	25,214	25,301	31,409	54,286
100	26,489	25,888	31,888	54,286

Tabelle A 92: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	36,821	35,569	42,949	54,263
70	28,636	30,276	34,596	54,286
80	25,306	30,540	30,395	54,286
100	26,186	29,693	30,853	54,286

Tabelle A 93: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	39,017	38,916	42,541	57,964
70	28,017	30,099	36,290	57,988
80	30,703	30,311	36,352	57,988

Tabelle A 94: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	23,840	23,596	25,327	57,964
80	24,723	24,149	25,528	50,012
100	25,959	24,590	25,841	50,012

Tabelle A 95: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	28,831	26,599	31,711	54,263
80	22,804	23,615	31,730	54,286
100	24,363	24,148	29,809	54,286

Tabelle A 96: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	29,007	35,207	34,717	57,964
70	28,831	26,599	31,711	54,263
80	22,804	23,615	31,730	54,286

Tabelle A 97: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	Dicht	gesättigt	stop and go
50	28,856	33,119	34,629	60,089
70	29,953	29,657	33,900	55,875
80	23,997	29,649	31,100	55,898

Tabelle A 98: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	28,585	33,013	34,900	57,964

Tabelle A 99: Kraftstoffverbrauch Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in l/100 km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	32,644	37,648	39,536	57,964

Tabelle A 100: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	25,057	25,814	29,531	59,783
100	25,688	26,511	27,477	59,783
120	25,688	26,511	27,477	59,783
130	25,688	26,511	27,477	59,783
>130	25,673	27,005	27,477	59,783

Tabelle A 101: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	26,615	31,901	33,271	63,556
80	25,216	26,323	34,190	63,556
100	26,006	26,521	34,242	63,556

Tabelle A 102: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	28,170	31,628	40,480	61,147
70	29,282	32,555	35,014	63,556
80	27,829	28,458	36,459	63,556
100	29,041	28,912	37,303	63,556

Tabelle A 103: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	41,769	39,738	47,188	61,147
70	32,742	34,967	40,442	63,556
80	28,504	35,556	35,126	63,556
100	29,269	33,919	35,916	63,556

Tabelle A 104: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	45,260	44,186	47,646	64,691
70	32,077	34,822	42,668	67,127
80	35,875	35,034	43,073	67,127

Tabelle A 105: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	25,672	25,625	27,883	64,691
80	26,448	26,123	28,108	56,953
100	27,505	26,416	28,386	56,953

Tabelle A 106: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	32,004	28,872	35,708	61,147
80	24,721	26,300	36,838	63,556
100	26,006	26,859	34,298	63,556

Tabelle A 107: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	32,079	40,305	39,076	64,691
70	32,004	28,872	35,708	61,147
80	24,721	26,300	36,838	63,556

Tabelle A 108: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	32,258	37,451	38,660	67,310
70	33,441	32,966	38,801	63,532
80	26,924	33,989	36,281	66,282

Tabelle A 109: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	31,946	37,191	38,701	64,691

Tabelle A 110: Kraftstoffverbrauch Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in l/100 km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	36,794	42,498	44,631	64,691

Tabelle A 111: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	4,230	3,978	4,482	6,362
100	4,714	4,565	4,349	6,362
120	5,642	5,272	4,349	6,362
130	6,121	5,661	4,349	6,362
>130	6,611	6,167	4,351	6,362

Tabelle A 112: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	3,942	4,514	4,607	6,943
80	4,147	4,172	3,954	6,943
100	4,651	4,656	4,292	6,943

Tabelle A 113: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	3,799	4,785	5,710	6,941
70	3,814	4,650	4,904	6,943
80	4,257	3,977	4,431	6,943
100	4,817	4,580	4,437	6,943

Tabelle A 114: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	5,167	4,864	6,168	6,941
70	4,656	4,412	4,761	6,943
80	3,961	4,365	4,365	6,943
100	4,665	4,140	4,361	6,943

Tabelle A 115: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,651	4,439	5,735	7,638
70	4,855	4,551	4,460	7,641
80	4,068	4,289	4,571	7,641

Tabelle A 116: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	3,654	4,343	4,143	7,638
80	4,078	3,808	4,245	6,366
100	4,585	4,422	4,392	6,366

Tabelle A 117: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	4,215	4,298	4,429	6,941
80	4,174	4,857	4,898	6,943
100	4,570	4,604	4,104	6,943

Tabelle A 118: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,015	4,283	4,808	7,638
70	4,215	4,298	4,429	6,941
80	4,174	4,857	4,898	6,943

Tabelle A 119: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	5,657	5,834	6,366	9,428
70	5,337	5,567	5,416	9,096
80	5,050	5,604	5,446	9,100

Tabelle A 120: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,369	5,009	5,033	7,638

Tabelle A 121: Kraftstoffverbrauch Leichte Nutzfahrzeuge (in l/100 km)

Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,369	5,009	5,033	7,638

Tabelle A 122: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	23,588	24,807	26,846	64,095
100	25,465	25,010	25,345	64,095
120	27,466	24,967	25,345	64,095
130	27,466	24,967	25,345	64,095
>130	27,466	26,010	25,345	64,095

Tabelle A 123: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	25,150	28,963	32,098	71,504
80	24,767	25,419	31,593	71,504
100	24,967	25,594	31,068	71,504

Tabelle A 124: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	30,021	35,283	42,528	71,504
70	26,870	31,431	34,086	71,504
80	26,285	27,489	33,438	71,504
100	26,228	27,214	33,147	71,504

Tabelle A 125: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	42,866	44,953	57,322	71,504
70	31,757	35,412	41,598	71,504
80	27,550	33,534	35,737	71,504
100	27,352	31,230	34,738	71,504

Tabelle A 126: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	43,443	47,076	54,857	77,672
70	31,366	34,981	42,078	77,672
80	32,199	33,015	40,614	77,672

Tabelle A 127: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	24,754	25,683	27,498	77,672
80	25,688	25,232	27,146	64,095
100	24,967	25,010	27,014	64,095

Tabelle A 128: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	30,237	29,386	35,851	71,504
80	24,014	25,348	32,948	71,504
100	23,644	25,507	31,220	71,504

Tabelle A 129: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	31,614	38,866	41,081	77,672
70	30,237	29,386	35,851	71,504
80	24,014	25,348	32,948	71,504

Tabelle A 130: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	35,269	41,019	42,439	74,716
70	31,586	34,012	39,641	68,159
80	26,755	32,750	35,350	68,159

Tabelle A 131: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	33,167	40,523	43,384	77,672

Tabelle A 132: Kraftstoffverbrauch Reisebusse (in l/100 km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	39,615	44,281	48,447	77,672

Tabelle A 133: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	3,997	3,837	4,468	7,472
100	4,046	4,025	4,180	7,472
120	4,742	4,508	4,180	7,472
130	5,066	4,801	4,180	7,472
>130	5,650	5,151	4,180	7,472

Tabelle A 134: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	3,800	4,502	4,811	8,886
80	3,906	4,063	4,067	8,886
100	3,974	4,263	4,097	8,886

Tabelle A 135: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	3,899	4,878	5,742	8,307
70	3,766	4,705	5,202	8,886
80	4,043	4,000	4,607	8,886
100	4,194	4,312	4,429	8,886

Tabelle A 136: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	5,364	5,048	6,647	8,307
70	4,730	4,807	5,505	8,886
80	3,983	4,531	4,878	8,886
100	4,235	4,024	4,538	8,886

Tabelle A 137: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,827	4,866	6,879	8,744
70	4,936	4,716	5,376	9,354
80	3,984	4,534	5,183	9,354

Tabelle A 138: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	3,363	4,059	4,132	8,744
80	3,519	3,445	4,009	6,926
100	3,659	3,601	4,025	6,926

Tabelle A 139: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	3,853	3,936	4,379	8,307
80	3,991	4,702	4,963	8,886
100	3,930	4,250	4,041	8,886

Tabelle A 140: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,176	4,473	5,117	8,744
70	3,853	3,936	4,379	8,307
80	3,991	4,702	4,963	8,886

Tabelle A 141: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,549	4,718	5,404	8,642
70	3,803	4,192	4,471	8,209
80	3,537	4,077	4,299	8,208

Tabelle A 142: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,430	5,529	5,507	8,744

Tabelle A 143: Kraftstoffverbrauch Pkw-Diesel (in l/100 km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,436	5,320	6,245	8,744

Tabelle A 144: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	4,512	4,393	4,946	9,208
100	4,692	4,661	4,688	9,208
120	6,091	5,506	4,688	9,208
130	6,713	6,150	4,688	9,208
>130	7,269	6,764	4,688	9,208

Tabelle A 145: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	4,258	4,859	5,340	9,391
80	4,286	4,424	4,488	9,391
100	4,564	4,645	4,541	9,391

Tabelle A 146: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,098	4,932	6,193	8,535
70	4,153	5,039	5,773	9,391
80	4,381	4,377	5,040	9,391
100	4,857	4,582	4,880	9,391

Tabelle A 147: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	5,676	5,643	7,446	8,535
70	5,063	5,242	5,955	9,391
80	4,348	4,962	5,389	9,391
100	4,616	4,470	4,956	9,391

Tabelle A 148: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	5,040	5,314	7,003	10,241
70	5,297	5,408	5,621	11,268
80	4,447	5,185	5,638	11,268

Tabelle A 149: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	3,511	4,264	4,281	10,241
80	3,811	3,718	4,220	8,050
100	4,146	3,938	4,261	8,050

Tabelle A 150: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	4,114	4,372	4,662	8,535
80	4,319	5,134	5,325	9,391
100	4,439	4,627	4,455	9,391

Tabelle A 151: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,329	4,660	5,372	10,241
70	4,114	4,372	4,662	8,535
80	4,319	5,134	5,325	9,391

Tabelle A 152: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	5,531	5,731	6,517	11,553
70	4,704	5,274	5,500	9,628
80	4,421	5,072	5,280	9,626

Tabelle A 153: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,535	5,656	6,071	10,241

Tabelle A 154: Kraftstoffverbrauch Pkw-Benzin (in l/100 km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	4,649	5,725	6,280	10,241

Tabelle A 155: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	6,362	6,176	6,928	12,032
100	6,653	6,599	6,588	12,032
120	8,637	7,807	6,588	12,032
130	9,519	8,721	6,588	12,032
>130	10,308	9,592	6,588	12,032

Tabelle A 156: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	6,213	7,061	7,632	12,732
80	6,276	6,448	6,496	12,732
100	6,730	6,812	6,620	12,732

Tabelle A 157: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	6,445	7,633	9,494	12,732
70	6,050	7,267	8,181	12,732
80	6,406	6,365	7,211	12,732
100	7,153	6,702	7,096	12,732

Tabelle A 158: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	8,715	8,598	11,187	12,732
70	7,285	7,410	8,302	12,732
80	6,322	7,101	7,575	12,732
100	6,760	6,512	7,101	12,732

Tabelle A 159: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	7,783	8,101	10,542	15,277
70	7,612	7,640	7,829	15,277
80	6,461	7,396	7,906	15,277

Tabelle A 160: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	5,633	6,823	6,793	15,277
80	6,139	5,970	6,750	12,032
100	6,727	6,364	6,837	12,032

Tabelle A 161: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	6,592	6,946	7,284	12,732
80	6,311	7,470	7,655	12,732
100	6,540	6,778	6,489	12,732

Tabelle A 162: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	6,807	7,235	8,258	15,277
70	6,592	6,946	7,284	12,732
80	6,311	7,470	7,655	12,732

Tabelle A 163: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	7,777	7,972	8,991	15,668
70	6,745	7,467	7,687	13,058
80	6,349	7,243	7,441	13,058

Tabelle A 164: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	7,103	8,698	9,236	15,277

Tabelle A 165: Kraftstoffverbrauch Pkw-Gas (in l/100 km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	7,272	8,784	9,514	15,277

Anhang E Emissionsfaktoren Straßenverkehr

CO-Emissionen

Tabelle A 166: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,480	0,503	0,510	1,288
100	0,463	0,491	0,510	1,288
120	0,463	0,491	0,510	1,288
130	0,463	0,491	0,510	1,288
>130	0,463	0,488	0,510	1,288

Tabelle A 167: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/100km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,507	0,550	0,631	1,522
80	0,487	0,529	0,587	1,522
100	0,483	0,512	0,570	1,522

Tabelle A 168: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,640	0,735	0,849	1,521
70	0,528	0,597	0,661	1,522
80	0,508	0,548	0,625	1,522
100	0,495	0,522	0,593	1,522

Tabelle A 169: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,839	0,941	1,349	1,521
70	0,622	0,699	0,843	1,522
80	0,550	0,635	0,720	1,522
100	0,518	0,572	0,664	1,522

Tabelle A 170: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,760	0,951	1,161	1,740
70	0,615	0,678	0,826	1,741
80	0,575	0,637	0,752	1,741

Tabelle A 171: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,509	0,527	0,552	1,740
80	0,487	0,505	0,523	1,274
100	0,484	0,492	0,512	1,274

Tabelle A 172: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,549	0,603	0,686	1,521
80	0,505	0,528	0,604	1,522
100	0,483	0,507	0,545	1,522

Tabelle A 173: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,619	0,703	0,815	1,740
70	0,549	0,603	0,686	1,521
80	0,505	0,528	0,604	1,522

Tabelle A 174: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,674	0,783	0,864	1,777
70	0,547	0,631	0,727	1,552
80	0,511	0,596	0,660	1,554

Tabelle A 175: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,654	0,791	0,908	1,740

Tabelle A 176: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,766	0,862	0,987	1,740

Tabelle A 177: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,309	0,303	0,311	0,730
100	0,285	0,309	0,314	0,730
120	0,285	0,309	0,314	0,730
130	0,285	0,309	0,314	0,730
>130	0,285	0,309	0,314	0,730

Tabelle A 178: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,312	0,334	0,378	0,864
80	0,305	0,322	0,354	0,864
100	0,312	0,313	0,342	0,864

Tabelle A 179: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,374	0,436	0,490	0,864
70	0,314	0,352	0,388	0,864
80	0,307	0,327	0,366	0,864
100	0,313	0,320	0,350	0,864

Tabelle A 180: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,480	0,539	0,764	0,864
70	0,368	0,410	0,484	0,864
80	0,328	0,375	0,420	0,864
100	0,319	0,330	0,387	0,864

Tabelle A 181: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,431	0,559	0,666	0,990
70	0,363	0,398	0,474	0,990
80	0,341	0,376	0,429	0,990

Tabelle A 182: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,313	0,326	0,339	0,990
80	0,311	0,319	0,318	0,736
100	0,313	0,310	0,315	0,736

Tabelle A 183: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,332	0,359	0,404	0,864
80	0,307	0,328	0,356	0,864
100	0,312	0,313	0,319	0,864

Tabelle A 184: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,371	0,407	0,468	0,990
70	0,332	0,359	0,404	0,864
80	0,307	0,328	0,356	0,864

Tabelle A 185: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,398	0,457	0,504	0,976
70	0,320	0,373	0,418	0,864
80	0,317	0,345	0,386	0,863

Tabelle A 186: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,388	0,465	0,532	0,990

Tabelle A 187: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,451	0,501	0,565	0,990

Tabelle A 188: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,663	0,717	0,723	1,884
100	0,653	0,685	0,719	1,884
120	0,653	0,685	0,719	1,884
130	0,653	0,685	0,719	1,884
>130	0,653	0,679	0,719	1,884

Tabelle A 189: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,729	0,796	0,919	2,271
80	0,694	0,764	0,851	2,271
100	0,678	0,737	0,830	2,271

Tabelle A 190: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,943	1,076	1,258	2,270
70	0,773	0,876	0,973	2,271
80	0,736	0,800	0,920	2,271
100	0,701	0,752	0,869	2,271

Tabelle A 191: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,249	1,400	2,016	2,270
70	0,910	1,029	1,253	2,271
80	0,803	0,931	1,062	2,271
100	0,744	0,846	0,979	2,271

Tabelle A 192: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,135	1,399	1,727	2,596
70	0,902	0,996	1,228	2,596
80	0,841	0,933	1,119	2,596

Tabelle A 193: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,733	0,757	0,795	2,596
80	0,689	0,718	0,757	1,888
100	0,679	0,701	0,737	1,888

Tabelle A 194: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,797	0,881	1,007	2,270
80	0,730	0,755	0,887	2,271
100	0,678	0,728	0,802	2,271

Tabelle A 195: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,901	1,041	1,211	2,596
70	0,797	0,881	1,007	2,270
80	0,730	0,755	0,887	2,271

Tabelle A 196: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	Dicht	gesättigt	stop and go
50	0,989	1,154	1,275	2,691
70	0,807	0,926	1,080	2,338
80	0,731	0,882	0,972	2,338

Tabelle A 197: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,959	1,164	1,338	2,596

Tabelle A 198: CO-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,126	1,276	1,469	2,596

Tabelle A 199: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,715	0,775	0,791	2,053
100	0,701	0,736	0,786	2,053
120	0,701	0,736	0,786	2,053
130	0,701	0,736	0,786	2,053
>130	0,701	0,729	0,786	2,053

Tabelle A 200: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,783	0,859	0,991	2,455
80	0,743	0,817	0,917	2,455
100	0,722	0,800	0,900	2,455

Tabelle A 201: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,978	1,126	1,346	2,388
70	0,843	0,959	1,068	2,455
80	0,795	0,866	1,014	2,455
100	0,762	0,810	0,964	2,455

Tabelle A 202: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,335	1,488	2,122	2,388
70	0,983	1,121	1,385	2,455
80	0,872	1,020	1,156	2,455
100	0,801	0,919	1,079	2,455

Tabelle A 203: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,238	1,479	1,851	2,733
70	0,980	1,092	1,350	2,802
80	0,926	1,024	1,240	2,802

Tabelle A 204: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,765	0,794	0,837	2,733
80	0,723	0,752	0,790	2,002
100	0,705	0,734	0,776	2,002

Tabelle A 205: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,844	0,926	1,076	2,388
80	0,797	0,808	0,971	2,455
100	0,722	0,788	0,860	2,455

Tabelle A 206: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,948	1,116	1,299	2,733
70	0,844	0,926	1,076	2,388
80	0,797	0,808	0,971	2,455

Tabelle A 207: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,047	1,223	1,342	2,844
70	0,850	0,983	1,168	2,481
80	0,787	0,972	1,082	2,560

Tabelle A 208: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,016	1,229	1,397	2,733

Tabelle A 209: CO-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,188	1,339	1,558	2,733

Tabelle A 210: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,008	0,012	0,019	0,062
100	0,010	0,009	0,014	0,062
120	0,009	0,008	0,014	0,062
130	0,010	0,009	0,014	0,062
>130	0,010	0,010	0,014	0,062

Tabelle A 211: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,012	0,021	0,024	0,050
80	0,009	0,016	0,023	0,050
100	0,009	0,011	0,015	0,050

Tabelle A 212: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,018	0,026	0,037	0,050
70	0,016	0,024	0,034	0,050
80	0,012	0,018	0,024	0,050
100	0,012	0,013	0,019	0,050

Tabelle A 213: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,038	0,033	0,053	0,050
70	0,024	0,023	0,035	0,050
80	0,018	0,022	0,027	0,050
100	0,014	0,016	0,023	0,050

Tabelle A 214: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,034	0,035	0,042	0,053
70	0,028	0,031	0,045	0,053
80	0,019	0,029	0,028	0,053

Tabelle A 215: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,015	0,022	0,024	0,053
80	0,010	0,013	0,019	0,062
100	0,014	0,009	0,017	0,062

Tabelle A 216: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,018	0,020	0,024	0,050
80	0,011	0,024	0,029	0,050
100	0,009	0,012	0,017	0,050

Tabelle A 217: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,029	0,027	0,031	0,053
70	0,018	0,020	0,024	0,050
80	0,011	0,024	0,029	0,050

Tabelle A 218: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,032	0,042	0,054	0,066
70	0,023	0,027	0,031	0,066
80	0,020	0,028	0,029	0,066

Tabelle A 219: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,026	0,036	0,045	0,053

Tabelle A 220: CO-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,024	0,041	0,040	0,053

Tabelle A 221: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,851	0,883	0,893	3,015
100	0,762	0,862	0,906	3,015
120	0,720	0,772	0,906	3,015
130	0,720	0,772	0,906	3,015
>130	0,720	0,764	0,906	3,015

Tabelle A 222: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,919	0,975	1,207	3,647
80	0,875	0,923	1,091	3,647
100	0,772	0,893	1,043	3,647

Tabelle A 223: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,190	1,486	1,791	3,647
70	0,930	1,138	1,290	3,647
80	0,901	0,998	1,171	3,647
100	0,821	0,926	1,082	3,647

Tabelle A 224: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,750	2,127	3,031	3,647
70	1,193	1,394	1,847	3,647
80	1,002	1,221	1,452	3,647
100	0,915	1,042	1,299	3,647

Tabelle A 225: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,514	2,004	2,628	4,160
70	1,162	1,358	1,713	4,160
80	1,050	1,202	1,511	4,160

Tabelle A 226: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,907	0,972	1,018	4,160
80	0,862	0,896	0,938	3,015
100	0,772	0,862	0,904	3,015

Tabelle A 227: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,988	1,130	1,382	3,647
80	0,890	0,960	1,092	3,647
100	0,813	0,877	0,989	3,647

Tabelle A 228: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,168	1,379	1,752	4,160
70	0,988	1,130	1,382	3,647
80	0,890	0,960	1,092	3,647

Tabelle A 229: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,367	1,751	1,831	4,002
70	1,001	1,261	1,531	3,476
80	0,976	1,127	1,316	3,476

Tabelle A 230: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,265	1,757	1,938	4,160

Tabelle A 231: CO-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,667	1,784	2,133	4,160

Tabelle A 232: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,015	0,016	0,031	0,099
100	0,011	0,012	0,020	0,099
120	0,009	0,011	0,020	0,099
130	0,009	0,010	0,020	0,099
>130	0,009	0,009	0,020	0,099

Tabelle A 233: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,019	0,032	0,036	0,093
80	0,013	0,020	0,029	0,093
100	0,012	0,019	0,023	0,093

Tabelle A 234: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,024	0,047	0,073	0,093
70	0,021	0,032	0,058	0,093
80	0,017	0,023	0,036	0,093
100	0,014	0,021	0,027	0,093

Tabelle A 235: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,060	0,054	0,088	0,093
70	0,032	0,037	0,049	0,093
80	0,023	0,035	0,037	0,093
100	0,019	0,020	0,034	0,093

Tabelle A 236: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,057	0,052	0,083	0,101
70	0,045	0,045	0,048	0,101
80	0,027	0,041	0,043	0,101

Tabelle A 237: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,014	0,031	0,028	0,101
80	0,013	0,018	0,027	0,100
100	0,012	0,013	0,024	0,100

Tabelle A 238: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,024	0,030	0,037	0,093
80	0,016	0,040	0,045	0,093
100	0,012	0,020	0,021	0,093

Tabelle A 239: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,035	0,037	0,045	0,101
70	0,024	0,030	0,037	0,093
80	0,016	0,040	0,045	0,093

Tabelle A 240: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,045	0,051	0,070	0,100
70	0,023	0,036	0,043	0,092
80	0,018	0,029	0,033	0,086

Tabelle A 241: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,038	0,060	0,074	0,101

Tabelle A 242: CO-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,036	0,069	0,061	0,101

Tabelle A 243: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,194	0,156	0,211	0,396
100	0,192	0,185	0,203	0,396
120	0,460	0,323	0,203	0,396
130	0,956	0,477	0,203	0,396
>130	1,924	1,039	0,203	0,396

Tabelle A 244: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,219	0,322	0,247	0,413
80	0,224	0,174	0,179	0,413
100	0,315	0,259	0,185	0,413

Tabelle A 245: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,186	0,220	0,349	0,413
70	0,166	0,190	0,240	0,413
80	0,205	0,150	0,215	0,413
100	0,450	0,199	0,223	0,413

Tabelle A 246: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,246	0,218	0,300	0,413
70	0,195	0,191	0,206	0,413
80	0,147	0,184	0,222	0,413
100	0,212	0,174	0,184	0,413

Tabelle A 247: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,213	0,200	0,273	0,457
70	0,206	0,219	0,202	0,457
80	0,188	0,221	0,288	0,457

Tabelle A 248: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,141	0,203	0,180	0,457
80	0,157	0,149	0,188	0,397
100	0,311	0,206	0,234	0,397

Tabelle A 249: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,182	0,156	0,192	0,413
80	0,162	0,223	0,209	0,413
100	0,293	0,238	0,174	0,413

Tabelle A 250: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,176	0,238	0,205	0,457
70	0,182	0,156	0,192	0,413
80	0,162	0,223	0,209	0,413

Tabelle A 251: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,242	0,258	0,263	0,516
70	0,208	0,272	0,217	0,466
80	0,158	0,220	0,205	0,424

Tabelle A 252: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,214	0,254	0,275	0,457

Tabelle A 253: CO-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,181	0,255	0,266	0,457

Tabelle A 254: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,313	0,261	0,421	0,527
100	0,386	0,366	0,407	0,527
120	0,961	0,643	0,407	0,527
130	1,928	1,066	0,407	0,527
>130	4,205	2,310	0,407	0,527

Tabelle A 255: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,467	0,436	0,544	0,487
80	0,375	0,321	0,290	0,487
100	0,581	0,534	0,393	0,487

Tabelle A 256: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,247	0,285	0,765	0,487
70	0,267	0,352	0,511	0,487
80	0,409	0,232	0,383	0,487
100	0,792	0,343	0,474	0,487

Tabelle A 257: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,438	0,279	0,530	0,487
70	0,346	0,267	0,303	0,487
80	0,227	0,280	0,258	0,487
100	0,364	0,337	0,287	0,487

Tabelle A 258: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,327	0,252	0,426	0,521
70	0,421	0,370	0,273	0,521
80	0,335	0,434	0,375	0,521

Tabelle A 259: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,192	0,431	0,299	0,521
80	0,263	0,223	0,356	0,527
100	0,464	0,334	0,473	0,527

Tabelle A 260: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,394	0,246	0,342	0,487
80	0,272	0,448	0,430	0,487
100	0,533	0,482	0,331	0,487

Tabelle A 261: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,276	0,375	0,317	0,521
70	0,394	0,246	0,342	0,487
80	0,272	0,448	0,430	0,487

Tabelle A 262: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,380	0,375	0,475	0,532
70	0,613	0,674	0,353	0,553
80	0,368	0,596	0,465	0,553

Tabelle A 263: CO-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,361	0,429	0,406	0,521

Tabelle A 264: CO-Emissionen Pkw-Gas (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,317	0,416	0,319	0,521

HC-Emissionen

Tabelle A 265: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,013	0,014	0,015	0,038
100	0,014	0,014	0,014	0,038
120	0,014	0,014	0,014	0,038
130	0,014	0,014	0,014	0,038
>130	0,014	0,014	0,014	0,038

Tabelle A 266: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,014	0,016	0,019	0,044
80	0,013	0,014	0,017	0,044
100	0,013	0,014	0,017	0,044

Tabelle A 267: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,019	0,022	0,025	0,044
70	0,015	0,018	0,020	0,044
80	0,014	0,016	0,019	0,044
100	0,014	0,015	0,018	0,044

Tabelle A 268: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,025	0,027	0,038	0,044
70	0,019	0,021	0,024	0,044
80	0,016	0,019	0,021	0,044
100	0,015	0,017	0,020	0,044

Tabelle A 269: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,024	0,030	0,034	0,050
70	0,018	0,020	0,025	0,050
80	0,017	0,019	0,023	0,050

Tabelle A 270: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,014	0,015	0,016	0,050
80	0,014	0,014	0,015	0,038
100	0,014	0,014	0,015	0,038

Tabelle A 271: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,016	0,018	0,020	0,044
80	0,014	0,015	0,018	0,044
100	0,013	0,014	0,016	0,044

Tabelle A 272: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,019	0,022	0,024	0,050
70	0,016	0,018	0,020	0,044
80	0,014	0,015	0,018	0,044

Tabelle A 273: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,021	0,024	0,026	0,051
70	0,017	0,019	0,022	0,045
80	0,014	0,017	0,020	0,045

Tabelle A 274: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,020	0,024	0,027	0,050

Tabelle A 275: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,023	0,027	0,030	0,050

Tabelle A 276: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,009	0,009	0,009	0,024
100	0,010	0,009	0,009	0,024
120	0,010	0,009	0,009	0,024
130	0,010	0,009	0,009	0,024
>130	0,010	0,009	0,009	0,024

Tabelle A 277: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,009	0,010	0,012	0,025
80	0,009	0,009	0,011	0,025
100	0,009	0,009	0,011	0,025

Tabelle A 278: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,013	0,015	0,016	0,025
70	0,010	0,011	0,013	0,025
80	0,009	0,010	0,012	0,025
100	0,009	0,010	0,011	0,025

Tabelle A 279: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,015	0,018	0,024	0,025
70	0,012	0,013	0,015	0,025
80	0,010	0,012	0,014	0,025
100	0,009	0,010	0,012	0,025

Tabelle A 280: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,015	0,021	0,021	0,029
70	0,012	0,013	0,015	0,029
80	0,011	0,012	0,015	0,029

Tabelle A 281: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,009	0,010	0,010	0,029
80	0,009	0,009	0,010	0,024
100	0,009	0,009	0,010	0,024

Tabelle A 282: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,010	0,011	0,013	0,025
80	0,009	0,010	0,011	0,025
100	0,009	0,009	0,010	0,025

Tabelle A 283: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,012	0,014	0,015	0,029
70	0,010	0,011	0,013	0,025
80	0,009	0,010	0,011	0,025

Tabelle A 284: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,014	0,016	0,017	0,029
70	0,010	0,012	0,015	0,025
80	0,010	0,011	0,013	0,025

Tabelle A 285: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,014	0,016	0,018	0,029

Tabelle A 286: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,016	0,018	0,019	0,029

Tabelle A 287: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,018	0,019	0,020	0,054
100	0,018	0,019	0,020	0,054
120	0,018	0,019	0,020	0,054
130	0,018	0,019	0,020	0,054
>130	0,018	0,019	0,020	0,054

Tabelle A 288: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,020	0,022	0,027	0,065
80	0,019	0,020	0,025	0,065
100	0,019	0,020	0,024	0,065

Tabelle A 289: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,026	0,030	0,036	0,065
70	0,021	0,025	0,028	0,065
80	0,020	0,022	0,027	0,065
100	0,020	0,021	0,026	0,065

Tabelle A 290: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,036	0,038	0,054	0,065
70	0,026	0,029	0,035	0,065
80	0,022	0,027	0,030	0,065
100	0,021	0,025	0,028	0,065

Tabelle A 291: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,034	0,040	0,049	0,074
70	0,025	0,028	0,035	0,074
80	0,024	0,027	0,033	0,074

Tabelle A 292: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,020	0,021	0,023	0,074
80	0,019	0,020	0,021	0,055
100	0,019	0,019	0,021	0,055

Tabelle A 293: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,023	0,025	0,028	0,065
80	0,019	0,021	0,027	0,065
100	0,019	0,019	0,024	0,065

Tabelle A 294: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,026	0,031	0,035	0,074
70	0,023	0,025	0,028	0,065
80	0,019	0,021	0,027	0,065

Tabelle A 295: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	Dicht	gesättigt	stop and go
50	0,028	0,033	0,037	0,076
70	0,024	0,026	0,031	0,067
80	0,020	0,025	0,028	0,067

Tabelle A 296: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,027	0,033	0,038	0,074

Tabelle A 297: HC-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,032	0,037	0,042	0,074

Tabelle A 298: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,020	0,021	0,023	0,063
100	0,019	0,021	0,022	0,063
120	0,019	0,021	0,022	0,063
130	0,019	0,021	0,022	0,063
>130	0,019	0,021	0,022	0,063

Tabelle A 299: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,022	0,026	0,030	0,077
80	0,021	0,023	0,028	0,077
100	0,021	0,022	0,028	0,077

Tabelle A 300: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,029	0,034	0,041	0,076
70	0,025	0,029	0,032	0,077
80	0,023	0,025	0,032	0,077
100	0,023	0,024	0,031	0,077

Tabelle A 301: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,042	0,043	0,062	0,076
70	0,030	0,034	0,041	0,077
80	0,026	0,031	0,035	0,077
100	0,024	0,029	0,033	0,077

Tabelle A 302: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,040	0,047	0,056	0,085
70	0,029	0,033	0,042	0,087
80	0,029	0,031	0,039	0,087

Tabelle A 303: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,022	0,023	0,026	0,085
80	0,021	0,022	0,024	0,065
100	0,022	0,021	0,024	0,065

Tabelle A 304: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,026	0,028	0,033	0,076
80	0,021	0,023	0,031	0,077
100	0,021	0,022	0,029	0,077

Tabelle A 305: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,030	0,036	0,040	0,085
70	0,026	0,028	0,033	0,076
80	0,021	0,023	0,031	0,077

Tabelle A 306: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,032	0,037	0,042	0,089
70	0,028	0,030	0,036	0,079
80	0,023	0,029	0,032	0,081

Tabelle A 307: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,031	0,037	0,043	0,085

Tabelle A 308: HC-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,037	0,043	0,048	0,085

Tabelle A 309: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,007	0,007	0,008	0,016
100	0,007	0,007	0,008	0,016
120	0,008	0,007	0,008	0,016
130	0,008	0,008	0,008	0,016
>130	0,008	0,008	0,008	0,016

Tabelle A 310: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,008	0,008	0,009	0,018
80	0,007	0,008	0,008	0,018
100	0,007	0,007	0,008	0,018

Tabelle A 311: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,009	0,010	0,012	0,018
70	0,008	0,009	0,010	0,018
80	0,007	0,008	0,009	0,018
100	0,007	0,007	0,008	0,018

Tabelle A 312: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,011	0,012	0,013	0,018
70	0,009	0,010	0,010	0,018
80	0,008	0,009	0,010	0,018
100	0,008	0,008	0,009	0,018

Tabelle A 313: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,010	0,011	0,014	0,021
70	0,009	0,010	0,010	0,021
80	0,008	0,009	0,010	0,021

Tabelle A 314: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,007	0,008	0,008	0,021
80	0,007	0,008	0,008	0,016
100	0,007	0,007	0,008	0,016

Tabelle A 315: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,008	0,008	0,009	0,018
80	0,007	0,008	0,009	0,018
100	0,007	0,008	0,008	0,018

Tabelle A 316: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,008	0,010	0,010	0,021
70	0,008	0,008	0,009	0,018
80	0,007	0,008	0,009	0,018

Tabelle A 317: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,013	0,012	0,014	0,026
70	0,010	0,011	0,012	0,023
80	0,009	0,011	0,011	0,023

Tabelle A 318: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,009	0,011	0,011	0,021

Tabelle A 319: HC-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,010	0,011	0,013	0,021

Tabelle A 320: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,032	0,035	0,037	0,120
100	0,029	0,034	0,035	0,120
120	0,032	0,030	0,035	0,120
130	0,032	0,030	0,035	0,120
>130	0,032	0,029	0,035	0,120

Tabelle A 321: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,035	0,040	0,050	0,142
80	0,035	0,038	0,045	0,142
100	0,030	0,037	0,042	0,142

Tabelle A 322: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,051	0,065	0,073	0,142
70	0,038	0,048	0,054	0,142
80	0,037	0,042	0,048	0,142
100	0,032	0,039	0,045	0,142

Tabelle A 323: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,072	0,084	0,118	0,142
70	0,050	0,059	0,073	0,142
80	0,042	0,050	0,061	0,142
100	0,038	0,045	0,054	0,142

Tabelle A 324: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,065	0,084	0,106	0,162
70	0,049	0,058	0,070	0,162
80	0,043	0,050	0,062	0,162

Tabelle A 325: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,035	0,039	0,042	0,162
80	0,035	0,035	0,039	0,120
100	0,030	0,034	0,038	0,120

Tabelle A 326: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,041	0,047	0,056	0,142
80	0,035	0,038	0,045	0,142
100	0,029	0,034	0,042	0,142

Tabelle A 327: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,048	0,058	0,070	0,162
70	0,041	0,047	0,056	0,142
80	0,035	0,038	0,045	0,142

Tabelle A 328: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,059	0,073	0,076	0,156
70	0,043	0,051	0,063	0,136
80	0,038	0,046	0,055	0,136

Tabelle A 329: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,055	0,072	0,080	0,162

Tabelle A 330: HC-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,070	0,075	0,087	0,162

Tabelle A 331: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,008	0,008	0,008	0,017
100	0,007	0,007	0,008	0,017
120	0,006	0,007	0,008	0,017
130	0,006	0,006	0,008	0,017
>130	0,007	0,007	0,008	0,017

Tabelle A 332: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,008	0,009	0,010	0,022
80	0,008	0,008	0,009	0,022
100	0,007	0,007	0,008	0,022

Tabelle A 333: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,010	0,011	0,013	0,022
70	0,009	0,010	0,011	0,022
80	0,008	0,009	0,010	0,022
100	0,007	0,008	0,009	0,022

Tabelle A 334: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,012	0,013	0,015	0,022
70	0,010	0,011	0,012	0,022
80	0,009	0,010	0,011	0,022
100	0,008	0,008	0,010	0,022

Tabelle A 335: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,012	0,012	0,016	0,024
70	0,010	0,011	0,013	0,024
80	0,009	0,010	0,012	0,024

Tabelle A 336: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,008	0,009	0,009	0,024
80	0,008	0,008	0,009	0,017
100	0,007	0,007	0,008	0,017

Tabelle A 337: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,008	0,009	0,010	0,022
80	0,008	0,008	0,010	0,022
100	0,008	0,008	0,008	0,022

Tabelle A 338: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,010	0,011	0,012	0,024
70	0,008	0,009	0,010	0,022
80	0,008	0,008	0,010	0,022

Tabelle A 339: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,011	0,010	0,013	0,024
70	0,008	0,010	0,011	0,021
80	0,008	0,008	0,009	0,020

Tabelle A 340: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,011	0,012	0,013	0,024

Tabelle A 341: HC-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,012	0,013	0,015	0,024

Tabelle A 342: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,004	0,003	0,004	0,008
100	0,004	0,004	0,004	0,008
120	0,007	0,005	0,004	0,008
130	0,012	0,007	0,004	0,008
>130	0,020	0,013	0,004	0,008

Tabelle A 343: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,005	0,005	0,009
80	0,004	0,004	0,004	0,009
100	0,005	0,005	0,004	0,009

Tabelle A 344: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,005	0,006	0,009
70	0,003	0,004	0,005	0,009
80	0,004	0,004	0,004	0,009
100	0,006	0,004	0,004	0,009

Tabelle A 345: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,005	0,007	0,009
70	0,004	0,004	0,005	0,009
80	0,003	0,004	0,004	0,009
100	0,004	0,004	0,004	0,009

Tabelle A 346: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,004	0,007	0,009
70	0,005	0,005	0,004	0,009
80	0,004	0,005	0,005	0,009

Tabelle A 347: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,003	0,004	0,004	0,009
80	0,004	0,003	0,004	0,008
100	0,005	0,004	0,004	0,008

Tabelle A 348: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,004	0,004	0,009
80	0,003	0,005	0,005	0,009
100	0,004	0,004	0,004	0,009

Tabelle A 349: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,004	0,005	0,009
70	0,004	0,004	0,004	0,009
80	0,003	0,005	0,005	0,009

Tabelle A 350: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,006	0,006	0,010
70	0,004	0,005	0,005	0,010
80	0,004	0,004	0,004	0,009

Tabelle A 351: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,006	0,006	0,009

Tabelle A 352: HC-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,005	0,005	0,009

Tabelle A 353: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,009	0,008	0,014	0,024
100	0,012	0,011	0,013	0,024
120	0,018	0,015	0,013	0,024
130	0,024	0,019	0,013	0,024
>130	0,039	0,027	0,013	0,024

Tabelle A 354: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,010	0,014	0,018	0,024
80	0,009	0,011	0,011	0,024
100	0,013	0,015	0,013	0,024

Tabelle A 355: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,008	0,011	0,024	0,024
70	0,009	0,013	0,018	0,024
80	0,011	0,009	0,013	0,024
100	0,015	0,012	0,015	0,024

Tabelle A 356: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,017	0,013	0,024	0,024
70	0,013	0,010	0,013	0,024
80	0,009	0,011	0,010	0,024
100	0,012	0,012	0,011	0,024

Tabelle A 357: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,013	0,011	0,019	0,024
70	0,016	0,014	0,012	0,024
80	0,012	0,015	0,012	0,024

Tabelle A 358: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,007	0,014	0,011	0,024
80	0,009	0,008	0,012	0,024
100	0,012	0,010	0,013	0,024

Tabelle A 359: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,013	0,010	0,013	0,024
80	0,009	0,016	0,017	0,024
100	0,012	0,014	0,012	0,024

Tabelle A 360: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,010	0,013	0,013	0,024
70	0,013	0,010	0,013	0,024
80	0,009	0,016	0,017	0,024

Tabelle A 361: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,013	0,015	0,017	0,025
70	0,014	0,015	0,012	0,025
80	0,010	0,014	0,013	0,025

Tabelle A 362: HC-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,013	0,016	0,017	0,024

Tabelle A 363: HC-Emissionen Pkw-Gas (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,012	0,016	0,014	0,024

NOx-Emissionen

Tabelle A 364: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,175	0,179	0,204	1,382
100	0,178	0,177	0,198	1,382
120	0,178	0,177	0,198	1,382
130	0,178	0,177	0,198	1,382
>130	0,178	0,178	0,198	1,382

Tabelle A 365: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,205	0,253	0,389	1,892
80	0,186	0,214	0,281	1,892
100	0,188	0,203	0,257	1,892

Tabelle A 366: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,499	0,667	0,736	1,891
70	0,235	0,340	0,473	1,892
80	0,201	0,263	0,333	1,892
100	0,196	0,220	0,273	1,892

Tabelle A 367: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,694	1,049	1,626	1,891
70	0,389	0,534	0,800	1,892
80	0,269	0,359	0,582	1,892
100	0,214	0,271	0,423	1,892

Tabelle A 368: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,511	0,854	1,382	2,276
70	0,358	0,526	0,671	2,278
80	0,260	0,402	0,522	2,278

Tabelle A 369: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,219	0,270	0,329	2,276
80	0,189	0,207	0,240	1,429
100	0,192	0,193	0,224	1,429

Tabelle A 370: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,234	0,354	0,433	1,891
80	0,194	0,257	0,291	1,892
100	0,188	0,202	0,243	1,892

Tabelle A 371: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,367	0,460	0,725	2,276
70	0,234	0,354	0,433	1,891
80	0,194	0,257	0,291	1,892

Tabelle A 372: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,556	0,810	0,811	2,325
70	0,244	0,359	0,561	1,930
80	0,221	0,267	0,404	1,931

Tabelle A 373: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,513	0,828	0,903	2,276

Tabelle A 374: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,784	0,702	0,924	2,276

Tabelle A 375: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,146	0,139	0,142	0,893
100	0,154	0,145	0,137	0,893
120	0,154	0,145	0,137	0,893
130	0,154	0,145	0,137	0,893
>130	0,154	0,148	0,137	0,893

Tabelle A 376: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,137	0,151	0,230	1,140
80	0,142	0,140	0,170	1,140
100	0,147	0,141	0,163	1,140

Tabelle A 377: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,306	0,408	0,461	1,140
70	0,143	0,205	0,303	1,140
80	0,142	0,156	0,205	1,140
100	0,151	0,145	0,167	1,140

Tabelle A 378: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,435	0,644	0,958	1,140
70	0,232	0,332	0,491	1,140
80	0,158	0,221	0,361	1,140
100	0,146	0,163	0,260	1,140

Tabelle A 379: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,350	0,560	0,865	1,381
70	0,220	0,338	0,416	1,381
80	0,164	0,241	0,341	1,381

Tabelle A 380: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,136	0,152	0,189	1,381
80	0,142	0,137	0,150	0,900
100	0,150	0,141	0,145	0,900

Tabelle A 381: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,154	0,196	0,273	1,140
80	0,136	0,149	0,173	1,140
100	0,147	0,138	0,158	1,140

Tabelle A 382: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,218	0,301	0,452	1,381
70	0,154	0,196	0,273	1,140
80	0,136	0,149	0,173	1,140

Tabelle A 383: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,358	0,504	0,503	1,361
70	0,158	0,213	0,373	1,139
80	0,138	0,167	0,251	1,139

Tabelle A 384: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,330	0,517	0,561	1,381

Tabelle A 385: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,491	0,466	0,598	1,381

Tabelle A 386: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,206	0,221	0,270	1,905
100	0,203	0,211	0,264	1,905
120	0,203	0,211	0,264	1,905
130	0,203	0,211	0,264	1,905
>130	0,203	0,210	0,264	1,905

Tabelle A 387: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,282	0,368	0,569	2,748
80	0,236	0,297	0,406	2,748
100	0,234	0,273	0,362	2,748

Tabelle A 388: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,719	0,963	1,050	2,747
70	0,338	0,493	0,666	2,748
80	0,268	0,384	0,477	2,748
100	0,248	0,304	0,393	2,748

Tabelle A 389: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,989	1,511	2,388	2,747
70	0,568	0,763	1,151	2,748
80	0,395	0,516	0,834	2,748
100	0,291	0,394	0,607	2,748

Tabelle A 390: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,694	1,189	1,970	3,297
70	0,515	0,740	0,961	3,297
80	0,369	0,583	0,727	3,297

Tabelle A 391: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,314	0,405	0,488	3,297
80	0,242	0,287	0,341	2,032
100	0,238	0,251	0,314	2,032

Tabelle A 392: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,325	0,533	0,615	2,747
80	0,260	0,379	0,426	2,748
100	0,234	0,274	0,339	2,748

Tabelle A 393: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,536	0,642	1,036	3,297
70	0,325	0,533	0,615	2,747
80	0,260	0,379	0,426	2,748

Tabelle A 394: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	Dicht	gesättigt	stop and go
50	0,782	1,159	1,163	3,418
70	0,341	0,526	0,775	2,829
80	0,315	0,381	0,578	2,829

Tabelle A 395: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,722	1,183	1,292	3,297

Tabelle A 396: NOx-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,118	0,971	1,296	3,297

Tabelle A 397: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,232	0,248	0,297	1,780
100	0,226	0,236	0,294	1,780
120	0,226	0,236	0,294	1,780
130	0,226	0,236	0,294	1,780
>130	0,226	0,236	0,294	1,780

Tabelle A 398: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,310	0,393	0,548	2,683
80	0,263	0,333	0,432	2,683
100	0,262	0,298	0,401	2,683

Tabelle A 399: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,674	0,925	0,988	2,682
70	0,367	0,496	0,628	2,683
80	0,303	0,406	0,482	2,683
100	0,283	0,331	0,429	2,683

Tabelle A 400: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,946	1,398	2,352	2,682
70	0,551	0,725	1,091	2,683
80	0,415	0,518	0,793	2,683
100	0,324	0,410	0,601	2,683

Tabelle A 401: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,687	1,115	1,856	3,260
70	0,509	0,702	0,913	3,264
80	0,405	0,552	0,692	3,264

Tabelle A 402: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,344	0,415	0,484	3,260
80	0,277	0,319	0,373	1,905
100	0,274	0,287	0,346	1,905

Tabelle A 403: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,372	0,538	0,601	2,682
80	0,288	0,379	0,443	2,683
100	0,262	0,303	0,374	2,683

Tabelle A 404: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,532	0,631	0,987	3,260
70	0,372	0,538	0,601	2,682
80	0,288	0,379	0,443	2,683

Tabelle A 405: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,741	1,062	1,123	3,392
70	0,384	0,530	0,739	2,786
80	0,341	0,413	0,562	2,798

Tabelle A 406: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,685	1,084	1,247	3,260

Tabelle A 407: NOx-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,019	0,887	1,208	3,260

Tabelle A 408: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,268	0,233	0,304	0,341
100	0,371	0,367	0,298	0,341
120	0,577	0,479	0,298	0,341
130	0,685	0,576	0,298	0,341
>130	0,755	0,684	0,299	0,341

Tabelle A 409: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,238	0,309	0,299	0,353
80	0,258	0,257	0,229	0,353
100	0,370	0,356	0,296	0,353

Tabelle A 410: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,174	0,264	0,373	0,353
70	0,210	0,298	0,323	0,353
80	0,271	0,217	0,266	0,353
100	0,404	0,332	0,298	0,353

Tabelle A 411: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,299	0,235	0,370	0,353
70	0,298	0,231	0,253	0,353
80	0,215	0,251	0,218	0,353
100	0,359	0,263	0,255	0,353

Tabelle A 412: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,251	0,201	0,291	0,376
70	0,329	0,256	0,233	0,377
80	0,249	0,263	0,238	0,377

Tabelle A 413: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,195	0,289	0,248	0,376
80	0,255	0,207	0,263	0,342
100	0,364	0,322	0,299	0,342

Tabelle A 414: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,273	0,233	0,265	0,353
80	0,255	0,353	0,337	0,353
100	0,354	0,344	0,257	0,353

Tabelle A 415: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,222	0,228	0,263	0,376
70	0,273	0,233	0,265	0,353
80	0,255	0,353	0,337	0,353

Tabelle A 416: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,313	0,339	0,358	0,465
70	0,345	0,340	0,276	0,462
80	0,297	0,347	0,310	0,462

Tabelle A 417: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,247	0,291	0,279	0,376

Tabelle A 418: NOx-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,229	0,290	0,253	0,376

Tabelle A 419: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,737	0,881	0,960	4,580
100	0,643	0,771	0,936	4,580
120	0,647	0,668	0,936	4,580
130	0,647	0,668	0,936	4,580
>130	0,647	0,668	0,936	4,580

Tabelle A 420: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,912	1,068	1,494	5,751
80	0,836	0,995	1,195	5,751
100	0,668	0,938	1,105	5,751

Tabelle A 421: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,619	2,107	2,475	5,751
70	0,993	1,418	1,738	5,751
80	0,884	1,147	1,327	5,751
100	0,710	0,977	1,141	5,751

Tabelle A 422: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	2,383	3,304	4,737	5,751
70	1,513	1,890	2,697	5,751
80	1,162	1,462	2,012	5,751
100	0,930	1,183	1,655	5,751

Tabelle A 423: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,865	2,739	4,091	6,614
70	1,414	1,858	2,322	6,614
80	1,097	1,532	1,932	6,614

Tabelle A 424: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,921	1,109	1,253	6,614
80	0,816	0,926	1,067	4,580
100	0,668	0,771	0,996	4,580

Tabelle A 425: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	1,026	1,400	1,781	5,751
80	0,905	1,054	1,181	5,751
100	0,688	0,846	1,067	5,751

Tabelle A 426: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,413	1,755	2,495	6,614
70	1,026	1,400	1,781	5,751
80	0,905	1,054	1,181	5,751

Tabelle A 427: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,891	2,445	2,608	6,362
70	1,076	1,520	2,075	5,482
80	1,024	1,200	1,673	5,482

Tabelle A 428: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	1,727	2,480	2,810	6,614

Tabelle A 429: NOx-Emissionen Reisebusse (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	2,305	2,362	2,999	6,614

Tabelle A 430: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,124	0,124	0,163	0,294
100	0,163	0,153	0,152	0,294
120	0,202	0,188	0,152	0,294
130	0,262	0,216	0,152	0,294
>130	0,331	0,280	0,153	0,294

Tabelle A 431: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,152	0,186	0,209	0,383
80	0,118	0,152	0,155	0,383
100	0,167	0,168	0,166	0,383

Tabelle A 432: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,148	0,195	0,265	0,383
70	0,141	0,189	0,222	0,383
80	0,147	0,152	0,177	0,383
100	0,175	0,149	0,178	0,383

Tabelle A 433: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,237	0,202	0,301	0,383
70	0,186	0,171	0,203	0,383
80	0,149	0,177	0,180	0,383
100	0,158	0,157	0,179	0,383

Tabelle A 434: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,198	0,182	0,287	0,412
70	0,222	0,187	0,217	0,412
80	0,157	0,179	0,183	0,412

Tabelle A 435: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,125	0,177	0,162	0,412
80	0,150	0,132	0,172	0,302
100	0,157	0,145	0,157	0,302

Tabelle A 436: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,163	0,152	0,176	0,383
80	0,138	0,191	0,221	0,383
100	0,158	0,165	0,157	0,383

Tabelle A 437: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,161	0,185	0,202	0,412
70	0,163	0,152	0,176	0,383
80	0,138	0,191	0,221	0,383

Tabelle A 438: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,185	0,206	0,217	0,407
70	0,164	0,182	0,178	0,379
80	0,136	0,158	0,161	0,354

Tabelle A 439: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,183	0,241	0,221	0,412

Tabelle A 440: NOx-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,203	0,229	0,235	0,412

Tabelle A 441: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,030	0,031	0,048	0,081
100	0,036	0,036	0,042	0,081
120	0,054	0,047	0,042	0,081
130	0,058	0,055	0,042	0,081
>130	0,081	0,065	0,042	0,081

Tabelle A 442: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,037	0,050	0,061	0,078
80	0,030	0,040	0,042	0,078
100	0,036	0,044	0,047	0,078

Tabelle A 443: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,037	0,047	0,077	0,078
70	0,035	0,049	0,064	0,078
80	0,036	0,035	0,049	0,078
100	0,044	0,039	0,047	0,078

Tabelle A 444: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,064	0,053	0,085	0,078
70	0,050	0,044	0,053	0,078
80	0,036	0,044	0,046	0,078
100	0,040	0,043	0,044	0,078

Tabelle A 445: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,054	0,050	0,072	0,086
70	0,059	0,054	0,054	0,086
80	0,046	0,052	0,050	0,086

Tabelle A 446: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,032	0,052	0,045	0,086
80	0,032	0,031	0,044	0,081
100	0,039	0,035	0,042	0,081

Tabelle A 447: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,045	0,041	0,050	0,078
80	0,032	0,053	0,060	0,078
100	0,035	0,043	0,042	0,078

Tabelle A 448: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,047	0,054	0,054	0,086
70	0,045	0,041	0,050	0,078
80	0,032	0,053	0,060	0,078

Tabelle A 449: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,058	0,065	0,073	0,097
70	0,052	0,058	0,054	0,088
80	0,038	0,048	0,050	0,080

Tabelle A 450: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,050	0,063	0,065	0,086

Tabelle A 451: NOx-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,049	0,063	0,059	0,086

Tabelle A 452: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,051	0,053	0,075	0,143
100	0,057	0,058	0,066	0,143
120	0,090	0,075	0,066	0,143
130	0,130	0,095	0,066	0,143
>130	0,165	0,134	0,066	0,143

Tabelle A 453: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,059	0,078	0,093	0,144
80	0,054	0,064	0,070	0,144
100	0,058	0,068	0,070	0,144

Tabelle A 454: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,068	0,085	0,124	0,144
70	0,060	0,078	0,099	0,144
80	0,059	0,060	0,079	0,144
100	0,071	0,064	0,074	0,144

Tabelle A 455: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,105	0,096	0,137	0,144
70	0,080	0,078	0,092	0,144
80	0,060	0,074	0,081	0,144
100	0,065	0,066	0,074	0,144

Tabelle A 456: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,094	0,096	0,124	0,166
70	0,088	0,088	0,097	0,166
80	0,073	0,085	0,089	0,166

Tabelle A 457: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,058	0,078	0,075	0,166
80	0,052	0,053	0,069	0,143
100	0,067	0,056	0,069	0,143

Tabelle A 458: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,068	0,069	0,079	0,144
80	0,054	0,084	0,090	0,144
100	0,056	0,067	0,066	0,144

Tabelle A 459: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,079	0,091	0,091	0,166
70	0,068	0,069	0,079	0,144
80	0,054	0,084	0,090	0,144

Tabelle A 460: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,086	0,095	0,111	0,170
70	0,070	0,082	0,083	0,148
80	0,060	0,077	0,081	0,148

Tabelle A 461: NOx-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,084	0,103	0,113	0,166

Tabelle A 462: NOx-Emissionen Pkw-Gas (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,078	0,108	0,109	0,166

Partikel-Emissionen

Tabelle A 463: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,003	0,003	0,003	0,006
100	0,003	0,003	0,003	0,006
120	0,003	0,003	0,003	0,006
130	0,003	0,003	0,003	0,006
>130	0,003	0,003	0,003	0,006

Tabelle A 464: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,003	0,003	0,003	0,007
80	0,003	0,003	0,003	0,007
100	0,003	0,003	0,003	0,007

Tabelle A 465: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,003	0,003	0,004	0,007
70	0,003	0,003	0,004	0,007
80	0,003	0,003	0,004	0,007
100	0,003	0,003	0,004	0,007

Tabelle A 466: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,005	0,005	0,007
70	0,003	0,003	0,004	0,007
80	0,003	0,003	0,004	0,007
100	0,003	0,003	0,004	0,007

Tabelle A 467: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,005	0,005	0,008
70	0,003	0,004	0,004	0,008
80	0,003	0,004	0,004	0,008

Tabelle A 468: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,003	0,003	0,003	0,008
80	0,003	0,003	0,003	0,006
100	0,003	0,003	0,003	0,006

Tabelle A 469: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,003	0,003	0,004	0,007
80	0,003	0,003	0,004	0,007
100	0,003	0,003	0,003	0,007

Tabelle A 470: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,003	0,004	0,004	0,008
70	0,003	0,003	0,004	0,007
80	0,003	0,003	0,004	0,007

Tabelle A 471: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,003	0,004	0,004	0,008
70	0,003	0,003	0,004	0,007
80	0,003	0,003	0,004	0,007

Tabelle A 472: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,003	0,004	0,004	0,008

Tabelle A 473: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 7,5t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,004	0,005	0,008

Tabelle A 474: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,002	0,002	0,002	0,004
100	0,002	0,002	0,002	0,004
120	0,002	0,002	0,002	0,004
130	0,002	0,002	0,002	0,004
>130	0,002	0,002	0,002	0,004

Tabelle A 475: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,002	0,002	0,002	0,005
80	0,002	0,002	0,002	0,005
100	0,002	0,002	0,002	0,005

Tabelle A 476: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,003	0,003	0,005
70	0,002	0,002	0,003	0,005
80	0,002	0,002	0,003	0,005
100	0,002	0,002	0,003	0,005

Tabelle A 477: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,003	0,003	0,004	0,005
70	0,002	0,003	0,003	0,005
80	0,002	0,003	0,003	0,005
100	0,002	0,002	0,003	0,005

Tabelle A 478: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,003	0,004	0,004	0,005
70	0,002	0,003	0,003	0,005
80	0,002	0,003	0,003	0,005

Tabelle A 479: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,002	0,002	0,002	0,005
80	0,002	0,002	0,002	0,004
100	0,002	0,002	0,002	0,004

Tabelle A 480: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,002	0,002	0,003	0,005
80	0,002	0,002	0,003	0,005
100	0,002	0,002	0,002	0,005

Tabelle A 481: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,003	0,003	0,005
70	0,002	0,002	0,003	0,005
80	0,002	0,002	0,003	0,005

Tabelle A 482: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,003	0,003	0,003	0,005
70	0,002	0,002	0,003	0,005
80	0,002	0,002	0,003	0,005

Tabelle A 483: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,003	0,003	0,005

Tabelle A 484: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (3,5 – 12t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,003	0,003	0,003	0,005

Tabelle A 485: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,003	0,003	0,003	0,007
100	0,003	0,003	0,003	0,007
120	0,003	0,003	0,003	0,007
130	0,003	0,003	0,003	0,007
>130	0,003	0,003	0,003	0,007

Tabelle A 486: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,004	0,004	0,010
80	0,004	0,003	0,004	0,010
100	0,004	0,003	0,004	0,010

Tabelle A 487: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,004	0,006	0,010
70	0,004	0,004	0,005	0,010
80	0,004	0,004	0,005	0,010
100	0,004	0,004	0,005	0,010

Tabelle A 488: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,006	0,006	0,007	0,010
70	0,004	0,005	0,006	0,010
80	0,004	0,005	0,005	0,010
100	0,004	0,004	0,005	0,010

Tabelle A 489: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,006	0,006	0,007	0,010
70	0,004	0,005	0,006	0,010
80	0,004	0,005	0,006	0,010

Tabelle A 490: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,004	0,004	0,010
80	0,004	0,004	0,004	0,009
100	0,004	0,004	0,004	0,009

Tabelle A 491: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,004	0,005	0,010
80	0,003	0,004	0,005	0,010
100	0,004	0,004	0,004	0,010

Tabelle A 492: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,005	0,006	0,010
70	0,004	0,004	0,005	0,010
80	0,003	0,004	0,005	0,010

Tabelle A 493: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	Dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,006	0,005	0,011
70	0,004	0,004	0,005	0,010
80	0,004	0,004	0,005	0,010

Tabelle A 494: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,006	0,005	0,010

Tabelle A 495: Partikel-Emissionen Lkw ohne Anhänger (ab 12t) (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,006	0,006	0,006	0,010

Tabelle A 496: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,003	0,003	0,004	0,008
100	0,003	0,003	0,003	0,008
120	0,003	0,003	0,003	0,008
130	0,003	0,003	0,003	0,008
>130	0,003	0,003	0,003	0,008

Tabelle A 497: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,005	0,005	0,011
80	0,004	0,004	0,005	0,011
100	0,004	0,004	0,005	0,011

Tabelle A 498: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,005	0,007	0,012
70	0,004	0,005	0,006	0,011
80	0,004	0,004	0,005	0,011
100	0,004	0,004	0,005	0,011

Tabelle A 499: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,007	0,007	0,009	0,012
70	0,005	0,005	0,007	0,011
80	0,004	0,005	0,005	0,011
100	0,004	0,005	0,005	0,011

Tabelle A 500: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,007	0,008	0,009	0,013
70	0,005	0,006	0,007	0,012
80	0,005	0,006	0,006	0,012

Tabelle A 501: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,004	0,004	0,013
80	0,004	0,004	0,004	0,010
100	0,004	0,004	0,004	0,010

Tabelle A 502: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,005	0,005	0,006	0,012
80	0,004	0,004	0,005	0,011
100	0,004	0,004	0,004	0,011

Tabelle A 503: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,006	0,007	0,013
70	0,005	0,005	0,006	0,012
80	0,004	0,004	0,005	0,011

Tabelle A 504: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,007	0,007	0,013
70	0,005	0,005	0,006	0,012
80	0,004	0,005	0,005	0,012

Tabelle A 505: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,007	0,007	0,013

Tabelle A 506: Partikel-Emissionen Sattelzüge und Lkw mit Anhänger (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,007	0,007	0,008	0,013

Tabelle A 507: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,004	0,004	0,004	0,007
100	0,005	0,005	0,004	0,007
120	0,006	0,005	0,004	0,007
130	0,007	0,006	0,004	0,007
>130	0,007	0,007	0,004	0,007

Tabelle A 508: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,004	0,004	0,008
80	0,004	0,004	0,004	0,008
100	0,005	0,004	0,004	0,008

Tabelle A 509: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,005	0,006	0,008
70	0,004	0,004	0,005	0,008
80	0,004	0,004	0,004	0,008
100	0,005	0,004	0,004	0,008

Tabelle A 510: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,005	0,006	0,008
70	0,004	0,004	0,005	0,008
80	0,004	0,004	0,004	0,008
100	0,005	0,004	0,004	0,008

Tabelle A 511: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,005	0,005	0,006	0,009
70	0,005	0,004	0,004	0,009
80	0,004	0,004	0,005	0,009

Tabelle A 512: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,004	0,004	0,009
80	0,004	0,004	0,004	0,007
100	0,004	0,004	0,004	0,007

Tabelle A 513: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,004	0,004	0,004	0,008
80	0,004	0,004	0,004	0,008
100	0,004	0,004	0,004	0,008

Tabelle A 514: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,004	0,005	0,009
70	0,004	0,004	0,004	0,008
80	0,004	0,004	0,004	0,008

Tabelle A 515: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,006	0,006	0,006	0,012
70	0,005	0,006	0,005	0,010
80	0,005	0,006	0,005	0,010

Tabelle A 516: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,005	0,005	0,009

Tabelle A 517: Partikel-Emissionen Leichte Nutzfahrzeuge (in g/km)

Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,004	0,005	0,006	0,009

Tabelle A 518: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,010	0,011	0,011	0,036
100	0,010	0,011	0,012	0,036
120	0,010	0,009	0,012	0,036
130	0,010	0,009	0,012	0,036
>130	0,010	0,010	0,012	0,036

Tabelle A 519: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,013	0,012	0,014	0,042
80	0,012	0,010	0,014	0,042
100	0,009	0,010	0,013	0,042

Tabelle A 520: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,013	0,017	0,023	0,042
70	0,011	0,014	0,016	0,042
80	0,011	0,012	0,015	0,042
100	0,010	0,011	0,015	0,042

Tabelle A 521: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,024	0,026	0,031	0,042
70	0,014	0,017	0,024	0,042
80	0,012	0,015	0,017	0,042
100	0,011	0,013	0,016	0,042

Tabelle A 522: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,021	0,026	0,030	0,047
70	0,014	0,017	0,023	0,047
80	0,014	0,016	0,020	0,047

Tabelle A 523: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,012	0,012	0,012	0,047
80	0,012	0,012	0,011	0,036
100	0,009	0,011	0,011	0,036

Tabelle A 524: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,013	0,013	0,017	0,042
80	0,012	0,012	0,015	0,042
100	0,010	0,012	0,013	0,042

Tabelle A 525: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,014	0,019	0,023	0,047
70	0,013	0,013	0,017	0,042
80	0,012	0,012	0,015	0,042

Tabelle A 526: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,016	0,023	0,021	0,046
70	0,013	0,015	0,019	0,040
80	0,013	0,014	0,016	0,040

Tabelle A 527: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,015	0,023	0,022	0,047

Tabelle A 528: Partikel-Emissionen Reisebusse (in g/km)

Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,022	0,022	0,026	0,047

Tabelle A 529: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,001	0,001	0,001	0,003
100	0,001	0,001	0,001	0,003
120	0,001	0,001	0,001	0,003
130	0,001	0,001	0,001	0,003
>130	0,002	0,002	0,001	0,003

Tabelle A 530: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,002	0,002	0,002	0,004
80	0,002	0,002	0,002	0,004
100	0,002	0,001	0,001	0,004

Tabelle A 531: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,002	0,002	0,004
70	0,002	0,002	0,002	0,004
80	0,001	0,002	0,002	0,004
100	0,002	0,001	0,002	0,004

Tabelle A 532: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,002	0,003	0,004
70	0,002	0,002	0,002	0,004
80	0,002	0,002	0,002	0,004
100	0,001	0,002	0,002	0,004

Tabelle A 533: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,002	0,003	0,005
70	0,002	0,002	0,002	0,005
80	0,002	0,002	0,002	0,005

Tabelle A 534: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,001	0,002	0,002	0,005
80	0,002	0,002	0,002	0,003
100	0,001	0,001	0,001	0,003

Tabelle A 535: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,002	0,002	0,002	0,004
80	0,002	0,002	0,002	0,004
100	0,002	0,001	0,002	0,004

Tabelle A 536: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,002	0,002	0,005
70	0,002	0,002	0,002	0,004
80	0,002	0,002	0,002	0,004

Tabelle A 537: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,002	0,002	0,005
70	0,002	0,002	0,002	0,004
80	0,001	0,002	0,002	0,004

Tabelle A 538: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,003	0,002	0,005

Tabelle A 539: Partikel-Emissionen Pkw-Diesel (in g/km)

Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,002	0,002	0,003	0,005

Tabelle A 540: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,001	0,000	0,001	0,001
100	0,001	0,001	0,001	0,001
120	0,002	0,002	0,001	0,001
130	0,004	0,003	0,001	0,001
>130	0,005	0,004	0,001	0,001

Tabelle A 541: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,001	0,001	0,001	0,001
80	0,001	0,001	0,000	0,001
100	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabelle A 542: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,000	0,001	0,001	0,001
70	0,000	0,001	0,001	0,001
80	0,001	0,000	0,001	0,001
100	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabelle A 543: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,000	0,001	0,001
70	0,001	0,000	0,000	0,001
80	0,000	0,000	0,000	0,001
100	0,001	0,001	0,000	0,001

Tabelle A 544: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,000	0,000	0,000	0,001
70	0,001	0,001	0,000	0,001
80	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabelle A 545: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,000	0,001	0,001	0,001
80	0,000	0,000	0,001	0,001
100	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabelle A 546: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,001	0,000	0,000	0,001
80	0,000	0,001	0,001	0,001
100	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabelle A 547: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,000	0,001	0,000	0,001
70	0,001	0,000	0,000	0,001
80	0,000	0,001	0,001	0,001

Tabelle A 548: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,001	0,001	0,001
70	0,001	0,001	0,000	0,001
80	0,000	0,001	0,001	0,001

Tabelle A 549: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,001	0,001	0,001

Tabelle A 550: Partikel-Emissionen Pkw-Benzin (in g/km)

Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,000	0,001	0,000	0,001

Tabelle A 551: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	0,001	0,001	0,002	0,002
100	0,002	0,002	0,002	0,002
120	0,006	0,003	0,002	0,002
130	0,008	0,006	0,002	0,002
>130	0,009	0,009	0,002	0,002

Tabelle A 552: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,002	0,002	0,003	0,001
80	0,001	0,001	0,001	0,001
100	0,002	0,002	0,002	0,001

Tabelle A 553: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,001	0,003	0,001
70	0,001	0,001	0,002	0,001
80	0,001	0,001	0,001	0,001
100	0,003	0,002	0,002	0,001

Tabelle A 554: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,001	0,002	0,001
70	0,001	0,001	0,001	0,001
80	0,001	0,001	0,001	0,001
100	0,002	0,001	0,001	0,001

Tabelle A 555: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,001	0,001	0,002
70	0,002	0,001	0,001	0,002
80	0,001	0,002	0,001	0,002

Tabelle A 556: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,000	0,002	0,001	0,002
80	0,001	0,001	0,001	0,002
100	0,002	0,001	0,002	0,002

Tabelle A 557: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	0,002	0,001	0,001	0,001
80	0,001	0,002	0,002	0,001
100	0,002	0,002	0,001	0,001

Tabelle A 558: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,001	0,001	0,002
70	0,002	0,001	0,001	0,001
80	0,001	0,002	0,002	0,001

Tabelle A 559: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,001	0,001	0,002
70	0,001	0,002	0,001	0,002
80	0,001	0,002	0,001	0,002

Tabelle A 560: Partikel-Emissionen Pkw- Gas (in g/km)

Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,002	0,001	0,002

Tabelle A 561: Partikel-Emissionen Pkw-Gas (in g/km)

Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	0,001	0,001	0,001	0,002

CO2-Emissionen Pkw-Gas

Tabelle A 562: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A1

Straßentyp A1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
80	102,649	99,647	111,783	194,134
100	107,350	106,470	106,302	194,134
120	139,356	125,975	106,302	194,134
130	153,596	140,710	106,302	194,134
>130	166,320	154,767	106,302	194,134

Tabelle A 563: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F1

Straßentyp F1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	100,251	113,935	123,138	205,427
80	101,267	104,038	104,811	205,427
100	108,587	109,912	106,807	205,427

Tabelle A 564: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H1

Straßentyp H1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	103,995	123,167	153,183	205,427
70	97,621	117,250	132,003	205,427
80	103,357	102,693	116,355	205,427
100	115,408	108,143	114,488	205,427

Tabelle A 565: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H3

Straßentyp H3	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	140,613	138,728	180,510	205,427
70	117,537	119,557	133,954	205,427
80	102,007	114,579	122,218	205,427
100	109,073	105,073	114,570	205,427

Tabelle A 566: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S2

Straßentyp S2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	125,577	130,713	170,096	246,491
70	122,826	123,266	126,319	246,491
80	104,251	119,337	127,572	246,491

Tabelle A 567: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp A2

Straßentyp A2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	90,894	110,088	109,608	246,491
80	99,050	96,326	108,905	194,134
100	108,534	102,677	110,324	194,134

Tabelle A 568: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp F2

Straßentyp F2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
70	106,360	112,080	117,531	205,427
80	101,826	120,528	123,514	205,427
100	105,520	109,369	104,708	205,427

Tabelle A 569: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp SM

Straßentyp SM	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	109,835	116,739	133,244	246,491
70	106,360	112,080	117,531	205,427
80	101,826	120,528	123,514	205,427

Tabelle A 570: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp H2

Straßentyp H2	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	125,482	128,636	145,073	252,805
70	108,828	120,489	124,035	210,690
80	102,438	116,868	120,055	210,690

Tabelle A 571: CO2-Emissionen Pkw- Gas (in g/km) Straßentyp S1

Straßentyp S1	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	114,615	140,343	149,033	246,491

Tabelle A 572: CO2-Emissionen Pkw-Gas (in g/km) Straßentyp E

Straßentyp E	Verkehrszustand			
zul. H.-Geschw.	flüssig	dicht	gesättigt	stop and go
50	117,332	141,730	153,518	246,491

Abkürzungen

ABS	Ausbaustrecke
BAST	Bundesanstalt für Straßenwesen
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BMVBW	Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BOStrab	Straßenbahn-Bau- und Betriebsordnung
BRH	Bundesrechnungshof
BSchWAG	Bundesschienenwegeausbaugesetz
BVWP	Bundesverkehrswegeplan(ung)
CCS	Carbon Capture and Storage
CO	Kohlenmonoxid
CO_2	Kohlendioxid
dB(A)	Dezibel (mit Filter „A“)
Destatis	Statistisches Bundesamt
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DoSto-Züge	Doppelstockzüge
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
DTVW	Durchschnittlicher täglicher Verkehr Werktags
EBO	Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFRE	Europäischer Fonds für regionale Entwicklung

EIU	Eisenbahninfrastrukturunternehmen
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
EW	Produktionssystem Einzelwagenverkehr
FE-Vorhaben	Forschungs- und Entwicklungsvorhaben
FFH-VE	Flora-Fauna-Habitat-Verträglichkeitseinschätzung
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
FZ(e)	Fahrzeuge(e)
GV	Güterverkehr
GVFG	Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz
GZ	Produktionssystem Ganzzugverkehr
HEFA	Handbuch Emissionsfaktoren
HC	Kohlenwasserstoffe
HEATCO	Handbook on the estimation of external costs in the transport sector
HGV	Hochgeschwindigkeitsverkehr
HVZ	Hauptverkehrszeit
IATA	International Air Transport Association
IC	Intercity
ICE	Intercity-Express
ITF	International Transport Forum
ITF	Integraler Taktfahrplan
IVR-Datenbank	Internationale Vereinigung des Rheinschiffsregisters (Binnenschiffsdatenbank)
KV	Kombinierter Verkehr
LTO-Zyklus	Landing and Take-Off-Zyklus
MCPF	Marginal Costs of Public Funds

MIV	Motorisierter Individualverkehr
n.a.	not available
NEMOBFStr	Netzmodell für die Bundesfernstraßenplanung
NKA	Nutzen-Kosten-Analyse
NKV	Nutzen-Kosten-Verhältnis
NO_X	Stickoxide
NRW	Nordrhein-Westfalen
NUTS	Nomenclature des Unités territoriales statistiques
NVZ	Nebenverkehrszeit
OAG	Official Airline Guide
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖSPV	Öffentlicher Straßenpersonenverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pkm	Personenkilometer
PM	Partikel
PRINS	Projektinformationssystem
RIN	Richtlinie für die integrierte Netzgestaltung
RLS	Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen. Ausgabe 1990
RPA	Rechnungsprüfungsausschuss des Deutschen Bundestages
RWS	Richtlinie für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen
SGV	Schienengüterverkehr
SD-Züge	Single-Deck-Züge
SPFV	Schienenpersonenfernverkehr
SPNV	Schienenpersonennahverkehr

SPV	Schienenpersonenverkehr
SO_2	Schwefeldioxid
SVZ	Schienenpersonenverkehr (Oberbegriff für SPFV und SPNV)
THG	Treibhausgase
tkm	Tonnen-km
TREMOD	Transport Emission Model
TT	Tragfähigkeitstonnen
UBA	Umweltbundesamt
UI-Sätze	Unterhaltungs- und Instandhaltungssätze
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
URE	Umweltrisikoeinschätzung
VB	Vordringlicher Bedarf
VB+	Vordringlicher Bedarf plus
WB	weiterer Bedarf
VBUS	Vorläufige Berechnungsmethode für Umgebungslärm an Straßen
VBUSch	Vorläufige Berechnungsmethode für Umgebungslärm an Schienenwegen
VP 2030	Verkehrsverflechtungsprognose 2030

Literaturverzeichnis

Abay, G. (2005): Diskontsatz in Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr, Forschungsauftrag VSS 2003/201 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS).

Aberle, G. (2003): Transportwirtschaft – Einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen; 4. Auflage, München und Wien: Vahlen.

Aviso GmbH/Bung Ingenieure AG (2014): Entwicklung eines Verfahrens zur Plausibilisierung von Investitionskosten von angemeldeten Verkehrsinfrastrukturvorhaben im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung (Los 1).

Balmer, M.; Rieser, M.; Meister, K; Charypar, D.; Lefebvre, N.; Nagel, K.; Axhausen, K. (2009), MATSim-T: Architecture and Simulation Times. In: Multi-Agent Systems for Traffic and Transportation. A. Bazzan and F. Klügl (Editors). IGI Global, pp. 57–78.

Barrios, S., Pycroft, J., Saveyn, B. (2013): The marginal cost of public funds in the EU: the case of labour versus green taxes. Taxation Papers, Working Paper Nr.35 – 2013, Abgerufen im Internet am 10.10.2013 unter http://ec.europa.eu/taxation_customs/resources/documents/taxation/gen_info/economic_analysis/tax_papers/taxation_paper_35_de.pdf

Beckers, T., Corneo, G., Klatt, J. P., Mühlenkamp, H. (2009): Zeitliche Homogenisierung und Berücksichtigung von Risiko im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Studie im Auftrag des Bundesrechnungshofs, Online-Veröffentlichung.

Bender, D.; et al (1995), Vahlens Kompendium der Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik – Band 1, 6. A., München.

Bickel, P.; Burgess, A.; Hunt, A.; Laird, J.; Lieb, Ch.; Lindberg, G.; Odgaard, T. (2005): State-of-the-art in Project Assessment, HEATCO Deliverable 2, abgerufen im Internet am 04.05.2011 unter http://heatco.ier.uni-stuttgart.de/hd2final.pdf.

Bickel, P.; Burgess, A.; Hunt, A.; Laird, J.; Lieb, Ch.; Lindberg, G.; Odgaard, T. (2005): Developing Harmonised European Approaches for Transport Co-

sting and Projekt Assessment, Deliverable 5, Proposal for Harmonised Guidelines, Revision 2.

Birch Sörensen P., (2010): Swedish Tax Policy: Recent Trends and Future Challenges. Report to the Expert Group on Public Economics, ESO, Ministry of Finance, 2010:4.

BMVBS –Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2013): Grundkonzeption für den Bundesverkehrswegeplan 2015 – Entwurf.

BMVBS Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2012), Verkehr in Zahlen.

BMVBS –Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011), Kompendium Nutzen-Kosten-Analysen (NKA) für Investitionen an Binnenschifffahrtsstraßen, Bonn.

BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2005): Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, abgerufen im Internet am 30.09.2010 von der Homepage http://www.bmvbs.de/.

BMVBW – Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2003): Grundlagen für die Zukunft der Mobilität in Deutschland – Bundesverkehrswegeplan 2003; Bonn.

BMVBW - Bundesverkehrswegeplan (2003): Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik. Technical report, BMVBW, 2003. URL http://www.bmvbs.de/-,370.8266/Bundesverkehrswegeplan-2003-Di.htm.

Bosch & Partner (2013), Aktualisierung der Nutzen-Kosten-Analyse für den BVWP 2015 – Vorschläge zur Weiterentwicklung des Kriteriums „außerörtliche Geräuschbelastung“, Herne; München; Hannover; Berlin.

Browning, E. K. (1976): The Marginal Cost of Public Funds. In: Journal of Political Economy Nr. 84, S. 283-298.

Bundesamt für Güterverkehr, Mautstatistik, Jahrestabellen 2012

Bundesanstalt für Straßenwesen (2011), Forschung kompakt (volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle 2009), 4/11.

Bundesanstalt für Straßenwesen (2010), Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen M 208, Bergisch Gladbach.

Bundesanstalt für das Straßenwesen (2008), Reifenabrieb unter Laborbedingungen, Bergisch Gladbach.

Bundesanstalt für das Straßenwesen (2008), Beitrag von Abrieben an der Partikelbelastung an Bundesautobahnen, Bergisch Gladbach.

Bundesministerium für Verkehr (1993); Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen (Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992), Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr Heft 72, Bonn.

Bundesministerium für Verkehr (1980); Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen (Bewertungsverfahren im Rahmen der Aufstellung des Bundesverkehrswegeplanes ‘80), Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr Heft 59, Bonn.

Buslei, H. / Schulz, E. / Steiner, V. (2007): Auswirkungen des demographischen Wandels auf die private Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen in Deutschland bis 2050. DIW Berlin: Politikberatung kompakt 26.

Button, K. (1993): Transport economics, Edward Elgar Publishing Limited, 2nd edition.

BVU; ifo Institut (2012), Gemeinsame Stellungnahme zu den Annahmen des BMWi-Berichtes „Energieszenarien 2011“ Projekt-Nr. 12/10.

BVU; ITP (2010): Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschienenwege. Technical report, BVU and ITP, Freiburg und München.

BVU; ITP Planco Consulting GmbH (2010): Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegepla-

nung, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Freiburg; München; Essen.

BVU; IVV; Planco Consulting GmbH (2005): Bundesverkehrswegeplan 2003. Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik. BMVBS, Freiburg; München; Essen.

BVU, TNS Infratest (2014), Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung, FE-Vorhaben im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 4. Zwischenbericht, 20. Januar 2014.

Carey, M.; Watling, D. (2003): Introduction to a special issue ``Dynamic Traffic Assignment II''. Networks and Spatial Economics, Springer Netherlands, S. 403–406.

CE Delft; et al. (2008), Handbook on the estimation of external costs in the transport sector (HEATCO), Delft.

CE Delft; et al. (2006), Greenhouse Gas Emissions for Shipping and Implementation Guidance for the Marine Fuel Sulphur Directive (2006), Delft.

Chiu, Y.-C.; Bottom, J.; Mahut, M.; Paz, A.; Balakrishna, R.; Waller, T.; Hicks, J. (2011): A Primer for Dynamic Traffic Assignment. Transportation Research Circular E-C153, Transportation Research Board.

Corbett, J.J.; et al. (2009), Impacts of speed reductions on vessel-based emissions for international shipping, Paper presented at 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Shoreham, Washington D.C., 12. Januar 2009.

Daganzo, C. (1998): Queue spillovers in transportation networks with a route choice, Transportation Science, *32*(1), S. 3–11.

Department for Transport (2012): Transport Analysis Guidance (TAG). The Wider Impacts Sub-Objective, TAG Unit 3.5.14. Abgerufen im Internet am 05.01.2013 unter http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/expert/pdf/U3_5_14-wider-impacts120723.pdf

Deutsche Bundesbahn (1990), (Information Akustik 03) Richtlinie zur Berechnung der Schallemissionen von Schienenwegen (Schall03), Frankfurt am Main 1990.

Deutscher Bundestag Drucksache 18/1280.

Ecoplan / Metron (2005): Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Kommentar zur VSS Grundnorm, Bern.

Eisenbahn-Bundesamt (2013), Bericht des Eisenbahnbundesamts (gemäß Artikel 18 der Richtlinie über Eisenbahnsicherheit in der Gemeinschaft – Richtlinie 2004/49/EG, Sicherheitsrichtlinie – über die Tätigkeiten als Sicherheitsbehörde) Berichtsjahr 2012, Bonn.

EU (2002), Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft Nr. L 189 2002.

European Commission (2005), ExternE Externalities of Energie Methodology 2005 Update.

European Commission (2002), Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community, Final Report issued by Entec UK Limited, July 2002

Flyvbjerg, B. (2004): Procedures for Dealing with Optimism Bias in Transport Planning. Report for the UK Department for Transport.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (2008), Richtlinie für die integrierte Netzgestaltung, Bonn.

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) (1992), RLS-90, Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen. Ausgabe 1990. In der berichtigten Fassung von 1992, FGSV-Nr. 334.

Fowkes, A. (2010): The value of travel time savings. In: Applied Transport Economics: A Management and Policy Perspective, S. 547–569.

Fritsch, M.; Wein, T.; Ewers, H.-J. (2001): Marktversagen und Wirtschaftspolitik, München und Wien, Vahlen.

Graham, D.J. (2005): Wider Economic Benefits of Transport Improvements: Link between Agglomeration and Productivity. Stage 1 Report, im Auftrag des Department for Transport (DfT), London, http://www.dft.gov.uk/pgr/economics/rdg/webia/webtheory/widereconomicbenefitsoftrans3138.

Graham, D.J. (2006): Wider Economic Benefits of Transport Improvements: Link between Agglomeration and Productivity. Stage 2 Report, im Auftrag des Department for Transport (DfT), London.

Hausberger, S., N_2O aus mobilen Quellen, ACCC-Workshop „N_2O und das Kyoto-Ziel“.

Heusch Boesefeld (1997), Ergänzung und Aktualisierung der Verfahren zur Bewertung von Fernstraßenprojekten für die Bundesverkehrswegeplanung, Aachen; u.a..

Hicks, J.R. (1939): The foundations of welfare economics. In: The Economic Journal, 49 (196), S. 696-712, URL http://www.jstor.org/stable/2225023.

Hübel, L. (1995), Wirtschaftskreislauf und gesamtwirtschaftliches Rechnungswesen, in: Bender, D.; et al (1995), Vahlens Kompendium der Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik – Band 1, 6. A., München, S. 49-85.

IFEU (2012), Aktualisierung „Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030“ TREMOD Version 5,3, im Auftrag des Umweltbundesamtes, 30.09.2012

IFEU (2008), Wissenschaftlicher Grundlagenbericht zum Umwelt/MobilCheck, 31. Mai 2008.

IFEU; IVE; RMCON (2011), Ecological Transport Information Tool for Worldwide Transports, Commissioned by DB Schenker Germany, UIC (International Union of Rallways), Berlin; Hannover; Heidelberg.

IFEU; INFRAS (2013), Zusammenfassung des Workshops „Energieverbrauch und Emissionen der Binnenschifffahrt“ am 15.11.2012, Heidelberg; Bern.

ifo Institut (2012), Abschlussbericht – Verflechtungsprognose 2030 sowie Netzumlegung auf die Verkehrsträger – Los 1: Erstellung einer regionalisierten Strukturdatenprognose, Hamburg, Dresden.

IGES Institut GmbH (zurzeit in Arbeit), Machbarkeitsstudie zur Prüfung eines „Deutschland-Takts“ im Schienenverkehr, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

IMO (2009), Second IMO GHG Study.

INFRAS; IWW (2004), External Costs of Transport – Update Study, Zürich; Karlsruhe.

Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (2006), HEATCO – Developing Hamonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment - Final Technical Report, Stuttgart.

Institut für Verkehrswirtschaft an der Universität Köln (1999), Volkswirtschaftliche Kosten der Personenschäden im Straßenverkehr, Köln.

Intraplan Consult GmbH (2012), Verkehrlicher und volkswirtschaftlicher Nutzen der Intermodalität, Erarbeitung und Umsetzung zusätzlicher Kriterien zur Bewertung von Maßnahmen im Bereich Verknüpfung von Bahn- und Luftverkehr, München.

IVV (2012): Engpassanalyse für die Bundesfernstraßen / Netzfälle 2010, 2010+ und VB/WB*. Kurzbericht, Ingenieurgruppe IVV Aachen, im Auftrag des BMVBS.

IVV; BBW (2004): Engpassuntersuchung für das BAB-Netz / Stufe II. Schlussbericht für Forschungsprojekt FE-Projekt Nr. 26.139/1999, Ingenieurgesellschaft IVV

Aachen, Brilon Bondzio Weiser Ingenieurgesellschaft für Verkehrswesen mbH Bochum, im Auftrag des BMVBS.

IVV; Verkehrswesen Bochum (1998): Engpassuntersuchung für das BAB-Netz / Stufe I. Schlussbericht für Forschungsprojekt VE-Nr. 26129/1996, Ingenieurgruppe IVV Aachen, Lehrstuhl für Verkehrswesen der Ruhr-Universität Bochum, im Auftrag des BMV.

Kaldor, N. (1939): Welfare propositions of economics and interpersonal comparisons of utility, in: The Economic Journal, 49(145), S: 549–552, URL http://www.jstor.org/stable/2224835.

Kickhöfer, B. (2009): Die Methodik der ökonomischen Bewertung von Verkehrsmaßnahmen in Multiagentensimulationen. Diplomarbeit (Diploma Thesis), TU Berlin, Institut für Land und Seeverkehr, Juni 2009. Auch VSP WP 09-10, siehe www.vsp.tu-berlin.de/publications.

Klatt, J.P. (2010): Eine institutionenökonomische Analyse von Finanzierungslösungen für die Bundesfernstraßen. Nomos, Baden-Baden. Zugl.: Dissertation, TU Berlin.

Kraftfahrt-Bundesamt (2011): Fahrzeugzulassungen (FZ 7): Neuzulassungen, Besitzumschreibungen, Außerbetriebsetzungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern, Stand 1. Januar 2011.

Kraftfahrt-Bundesamt (2012): Fahrzeugzulassungen (FZ 21): Bestand an Personenkraftwagen und Krafträdern nach Motorisierung, Stand 1. Januar 2012.

Kraftfahrt-Bundesamt (2012a): Fahrzeugzulassungen (FZ 25): Bestand an Nutzfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach technischen Daten, Stand: 1. Januar 2012.

Kraftfahrt-Bundesamt (2013): Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umweltmerkmalen, FZ 13, 1. Januar 2013.

Kraftfahrt-Bundesamt (2013a): Bestand an Personenkraftwagen 2005 bis 2012 nach Kraftstoffarten; Download von der Homepage des Kraftfahrt-Bundesamtes unter folgender URL:

http://www.kba.de/cln_031/nn_269000/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/Umwelt/b__umwelt__z__teil__2.html [Zugriff: 16.12.2013].

Kranke, Schmied, Schön (2011), CO_2-Berechnung in der Logistik, Öko-Institut, München.

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2010), Modellierung verkehrsbedingter Immissionen - Anforderungen an die Eingangsdaten - Grundlage HBEFA 3.1, Karlsruhe.

Layard, R. / Mayraz, G. / Nickell, S. (2008): The Marginal Utility of Income; in: Journal of Public Economics, Vol. 92, No. 8-9, S. 1846-1857.

Lakshmanan, T. R. (2007): The Wider Economic Benefits of Transportation. An Overview; Discussion Paper Nr. 2007-8 des OECD/ITF Joint Transport Research Centres, http://internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DiscussionPaper8.pdf.

Mackie, P.; Worlsley, T. (2013): International Comparisons of Transport Appraisal Practice. Technical report, ITS Leeds.

Mott MacDonald (2002): Review of Large Public Procurement in the UK. Report for the UK Department for Transport.

Nagel, K.; Kickhöfer, B.; Winter, M. (2012): Reverse-engineering of the rule-of-half in order to retrofit an assessment procedure based on resource consumption. *Proceedings of the Kuhmo Nectar Conference on Transportation Economics.*

National Roads Authority (2011): National Secondary Roads Needs Study, Network Options Report West Region, abgerufen im Internet am 10.01.2014 unter http://transis.ie/RepositoryforPublicationsInfo/file,17885,en.pdf

Notteboom, T.E.; Vernimmen, B. (2009), The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping, in: Journal of Transport Geography, 17, 5, S. 325-337.

OECD/ITF (2007): The Wider Benefits of Transport: Macro-, Meso and Micro Transport Planning and Investment Tools; Summary and Conclusions des

Round Tables des OECD/ITF Joint Transport Research Centres, 25.-26.10.2007, Boston, http://internationaltransportforum.org/jtrc/DiscussionPapers/DP200806.pdf.

Öko-Institut e.V. (2014), Treibhausgasemissionen durch Infrastruktur und Fahrzeuge des Straßen-, Schienen- und Luftverkehrs sowie der Binnenschifffahrt in Deutschland, im Auftrag des Umweltbundesamtes.

Ohlau, K.; Preiss, P.; Friedrich, R. (2012), Lärm, Sachstandspapier im Rahmen des Vor-habens „Schätzung Externer Umweltkosten und Vorschläge zur Kosteninternalisierung in ausgewählten Politikfeldern“, Umweltbundesamt, Forschungsprojekte FKZ 3708 14 101, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart.

Panteia; Planco; viadonau, SPB; Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (2013), Contribution to Impact Assessment (of measures for reducing emissions on inland navigation), Zoetermeer.

Planco Consulting GmbH (2013), Ermittlung der optimalen Höhe der Befahrungsabgaben am NOK unter Berücksichtigung fiskalischer und gesamtwirtschaftlicher Auswirkungen, Studie im Auftrag der Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt, Außenstelle Nord, Entwurf des Schlussberichtes, Essen.

Planco Consulting GmbH (2012), Donauausbau Straubing – Vilshofen (Verkehrsprognose und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung), Essen.

Planco Consulting GmbH (2011), Nutzen-Kosten-Untersuchung für Vertiefungs- und Ausbaumaßnahmen am Nord-Ostsee-Kanal, Studie im Auftrag des Wasser- und Schifffahrtsamtes Kiel-Holtenau, Schlussbericht, Essen.

Planco Consulting GmbH (1999): Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung. Technical report, Essen.

Planco Consulting GmbH (1998), Aktualisierung interner und externer Beförderungskosten; Essen.

Planco Consulting GmbH; Bundesanstalt für Gewässerkunde (2007): Verkehrswirtschaftlicher und ökologischer Vergleich der Verkehrsträger Schiff, Straße und Schiene, Essen.

Powell, T.J. (2001): The principles of transport economics, PTRC.

Proost, S.; Van der Loo, S.; de Palma, A.; Lindsey, R. (2005): A cost-benefit analysis of tunnel investment and tolling alternatives in Antwerp, in: European Transport No. 31, S. 83-100.

Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm (Umgebungslärmrichtlinie).

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS) (2006): Schweizer Norm SN 641 820 - Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr - Grundnorm, Zürich.

Seas at Risk (2010), Going Slow to Reduce Emissions.

Serwill, D. (1994): DRUM: Modellkonzept zur dynamischen Routensuche und Umlegung, Dissertationsschrift RWTH Aachen

Sheffi, Y. (1985): Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.

Significance; Goudappel Coffeng; NEA (2012): Erfassung des Indikators Zuverlässigkeit im Bewertungsverfahren des Bundesverkehrswegeplanung.

SSP (erscheinend): Untersuchung des Verkehrsablaufs an Autobahnkreuzen und -dreiecken in NRW. Projekt-Nr. NW.00.44/2008, SSP Consult Beratende Ingenieure GmbH, seit 2009, im Auftrag von Straßen.NRW.

Statistisches Bundesamt (2013), Fachserie 8 Reihe 3.1 Personenverkehr mit Bussen und Bahnen, Wiesbaden.

Statistisches Bundesamt (2013): Fachserie 17, Reihe 7 – Mai 2013, Wiesbaden.

Stern, N. (2006): Stern Review: The Economics of Climate Change; abgerufen im Internet am 10.02.2013 von der Homepage http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm.

Stobbe, A. (1989), Volkswirtschaftliches Rechnungswesen, 7.A., Berlin; u.a.

Techniker Krankenkasse (2012): Veröffentlichungen zum Betrieblichen Gesundheitsmanagement der TK, Band 27 – Gesundheitsreport 2012, Teil 1: Arbeitsunfähigkeiten.

TNS Infratest GmbH/IVT (ETH Zürich) (2014), Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung, Entwurf des Schlussberichts, Zürich März 2014.

TRAMP – Traffic and Mobility Planning GmbH / Deutsches Institut für Urbanistik / Institut für Wirtschaftsforschung Halle (2006): Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. Abschlussbericht des Forschungsvorhabens des BMVBS FE-Nr. 070-757/2004 (FOPS).

Umweltbundesamt (2012), Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger, Aktualisierte Anhänge 2 und 4 der Veröffentlichung „Climate change 12/2009“, Stand Dezember 2012.

Umweltbundesamt (2012), Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt (2012), Best-Practice-Kostensätze für Luftschadstoffe, Verkehr, Strom- und Wärmeerzeugung – Anhang B der Methodenkonvention 2.0 zur Schätzung von Umweltkosten, Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt; et al. (2010), Handbuch Emissionsfaktoren Straßenverkehr, Version 3.1, Dessau-Roßlau.

UmweltMobilCheck (2011), Wissenschaftlicher Grundlagenbericht, im Auftrag der Deutschen Bahn AG, Stand: 31.03.2011

VBUS (2006), Vorläufige Berechnungsmethode für Umgebungslärm an Straßen. Bundesanzeiger Nr. 154a.

VBUSch (2006), Vorläufige Berechnungsmethode für Umgebungslärm an Schienenwegen. Bundesanzeiger Nr. 154a.

Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (2012), Herbstsitzung 2012 – Angenommene Beschlüsse Anhang zu Protokoll 4, Straßburg.