

# DAK-Demonstrator-Pilotprojekt zur Demonstration, Erprobung und Zulassung der Digitalen Automatischen Kupplung (DAK) für den Schienengüterverkehr

Aktenzeichen: E12 5185.4/9

## Zwischenbericht Abschluss Phasen III & IV

### Anhang 7: DB Systemtechnik: Prüfbericht Prüfstandversuche Strömungseigenschaften

Finanziert durch das Bundesministerium für Verkehr (BMV)



Bundesministerium  
für Verkehr

Frankfurt, den 25.09.2025

Rev. 1.0





**Systemtechnik**

**Bericht**

# Erprobung: Digitale Automatische Kupplung Phase III+IV

## **Prüfstandsversuche Strömungseigenschaften**

**DAK-Dokument:** 70992-08-DAK-Phase III+IV  
**Bericht:** 70992-TT.TVP21-PR03-192843-V1.0

**Datum:** 02.09.2025  
**Seiten:** 25  
**Auftragnehmer:** DB Systemtechnik GmbH  
Projektmanagement Prüfungen/TVP11  
Pionierstraße 10  
32423 Minden

**Ansprechpartner:** [REDACTED]



Die Inhalte beziehen sich ausschließlich auf die in diesem Dokument beschriebenen Sachverhalte. Das Recht zur (auszugsweisen) Weitergabe sowie Vervielfältigung dieses Dokuments, Verwertung und Mitteilung seines Inhalts kann, durch den diesem Dokument zugrundeliegenden Vertrag, eingeschränkt sein. Alle Rechte für den Fall der Patent-, Gebrauchsmuster- oder Designeintragung vorbehalten.

**Änderungsindex**

<b>Version</b>	<b>Datum</b>	<b>Änderungsinhalte</b>
0.1	17.06.2024	Erstellung des Dokuments
1.0	02.09.2025	Freigabe als Version 1.0 des Dokuments

# Inhaltsverzeichnis

<b>Verzeichnis der Abkürzungen .....</b>	<b>4</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>5</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>6</b>
<b>Dokumentenübersicht.....</b>	<b>7</b>
<b>Quellenverzeichnis/Literaturverzeichnis .....</b>	<b>8</b>
<b>1 Angaben zum Auftrag.....</b>	<b>9</b>
<b>2 Einleitung .....</b>	<b>10</b>
2.1 Hintergrund.....	10
2.2 Aufgabenstellung.....	11
2.3 Perspektive.....	11
<b>3 Versuchsbeschreibung .....</b>	<b>12</b>
3.1 Grundsätzlicher Aufbau des Prüfstands.....	12
3.2 Anordnung der Prüflinge .....	12
3.3 Versuchsdurchführung.....	14
3.4 Versuchsauswertung .....	14
3.5 Terminplan und Prüflinge.....	16
<b>4 Ergebnisse .....</b>	<b>18</b>
4.1 Erläuterung der Darstellung .....	18
4.2 Einzelkomponenten .....	18
4.3 Halbe Kuppelstellen.....	20
4.4 Ganze Kuppelstellen.....	22
4.5 Zusammenfassung .....	24
<b>5 Unterschriften .....</b>	<b>25</b>

## Verzeichnis der Abkürzungen

Allgemeine Abkürzungen	
DAK (DAC)	Digitale Automatische Kupplung für den Güterverkehr (Digital automatic coupler for freight wagons)
DB	Deutsche Bahn AG
DB ST	DB Systemtechnik GmbH
HLL	Hauptluftleitung

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Druckabfallzeit in der HLL eines Zuges .....	10
Abbildung 2: Aufbau des Prüfstands.....	12
Abbildung 3: Veranschaulichung der Auswertung am Beispiel „B mit Standardschlauch“ mit den Einzelmessungen 043 bis 047.....	15
Abbildung 4: Entlüftungszeit der Einzelkomponenten von 9 bar auf 1 bar.....	19
Abbildung 5: Entlüftungszeit der halben Kuppelstellen von 9 bar auf 1 bar .....	21
Abbildung 6: Entlüftungszeit der ganzen Kuppelstellen von 9 bar auf 1 bar .....	23

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Klassen der Versuchskonfigurationen .....	13
Tabelle 2: Nomenklatur und Standards von Einzelkomponenten .....	13
Tabelle 3: Konstellationen ganzer Kuppelstellen und Einsatz im DAC4EU-Zug.....	14
Tabelle 4: Terminplan .....	16
Tabelle 5: Richtungen von L und D.....	17

**Dokumentenübersicht**

Nr.	Abkürzung	Dokumentenbezeichnung	Quelle
1	[PB01]	70992-01-DAK-Phase III+IV - Manteldokument	DB ST
2	[PB02]	70992-02-DAK-Phase III+IV - Messtechnik	DB ST
3	[PB03]	70992-03-DAK-Phase III+IV - Zugfahrten, Rangieren, sonstige Erprobung	DB ST
4	[PB04]	70992-04-DAK-Phase III+IV - E-Kuppelversuche	DB ST
5	[PB05]	70992-05-DAK-Phase III+IV - Elektrischer Teil	DB ST
6	[PB06]	70992-06-DAK-Phase III+IV - Prüfbericht Datenkommunikation	DB ST
7	[PB07]	70992-07-DAK-Phase III+IV - Schiebeversuche mit einem Drehgestellwagen in Görlitz	DB ST
8	[PB08]	70992-08-DAK-Phase III+IV - Prüfstandsversuche Strömungseigenschaften	DB ST
9	[PB09]	70992-09-DAK-Phase III+IV - Geräuschemissionen entstehend durch Auflaufstöße von Güterwagen	DB ST

**Quellenverzeichnis/Literaturverzeichnis**

- [1] [REDACTED], „70992-01-DAK-Phase III+IV - Manteldokument,“ DB Systemtechnik GmbH, Minden, 2025.
- [2] [REDACTED], „70992-04-DAK-Phase III+IV - E-Kuppelversuche,“ DB Systemtechnik GmbH, Minden, 2025.
- [3] [REDACTED], „70992-05-DAK-Phase III+IV - Elektrischer Teil,“ DB Systemtechnik, Minden, 2025.
- [4] „DIN EN 12663-2:2010-07, Bahnanwendungen - Festigkeitsanforderungen an Wagenkästen von Schienenfahrzeugen - Teil 2: Güterwagen“.
- [5] *DIN EN 14601:2022: Bahnanwendungen - Gerade und abgewinkelte Luftabsperrhähne für die Hauptluftleitung und Hauptbehälterleitung; Deutsche Fassung EN 14601:2005+A2:2021.*
- [6] *DIN EN 16834:2019: Bahnanwendungen - Bremse - Bremsvermögen; Deutsche Fassung EN 16834:2019.*
- [7] *DIN EN 15807:2021: Bahnanwendungen - Bremskupplungen; Deutsche Fassung EN 15807:2021.*
- [8] hwh Gesellschaft für Transport und Unternehmensberatung mbH, „Erstellung eines Konzeptes für die EU-weite Migration eines Digitalen Automatischen Kupplungssystems,“ Karlsruhe, 2020.
- [9] [REDACTED], „60226-02-DAK-Phase II-Messtechnik,“ DB Systemtechnik GmbH, Minden, 2022.

## **1 Angaben zum Auftrag**

Die Angaben zum Auftrag sind im Manteldokument [1] der Berichte zu finden.

Inhalt dieses Berichts sind die Prüfstandsversuche zu den Strömungseigenschaften der DAK-Ventile.

## 2 Einleitung

### 2.1 Hintergrund

Die DAKen verfügen über pneumatische Ventile mit denen die Hauptluftleitung der Wagen (HLL) auf- und abgesperrt werden können. Die Ventile sind mechanisch an den Kupplungsverschluss der DAKen gekoppelt. Bei einer entkuppelten (kuppelbereiten) DAK sind das Ventil und damit auch die HLL geschlossen. Bei einer gekuppelten DAK sind Ventil und HLL geöffnet.

Das pneumatische Ventil befindet sich oben auf dem Kupplungskopf der DAK und ist mit dem Rohr der HLL verbunden. Für die Verbindung werden im DAC4EU-Zug gegenwärtig u.a. die folgenden Komponenten verwendet:

- Konventioneller Luftabsperrhahn am Wagen
- Konventioneller Bremsschlauch mit Bremskupplung
- Kurzer Bremsschlauch mit Bremskupplung
- Anschlussrohr am Ventil

Sowohl die Gestaltung als auch die Anordnung der vorstehend genannten Komponenten können die Strömung der Luft in HLL beeinflussen. Daraus abgeleitet ergibt sich die Ausgangssituation, dass die DAK-Luftventile bzw. ihre Einbindung in die HLL das Bremsvermögen eines Zuges beeinflussen können.

Grundsätzlich sind bei der pneumatischen Signalübertragung der Eisenbahndruckluftbremse zwei Aspekte zu berücksichtigen:

1. Durchschlagzeit: Zeit von der Einleitung einer (Schnell-) Bremsung im Triebfahrzeug bis zum Beginn des Druckabfalls am letzten Fahrzeug. Dies entspricht der Übertragungsgeschwindigkeit des Signals.
2. Zeit vom Beginn des Druckabfalls bis zum Erreichen den vollständig angelegten Bremsen (Erreichen der Vollbremsschwelle)

Die Summe beider Zeiten wird auch als Druckabfallzeit bezeichnet. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung dieser Zusammenhänge.

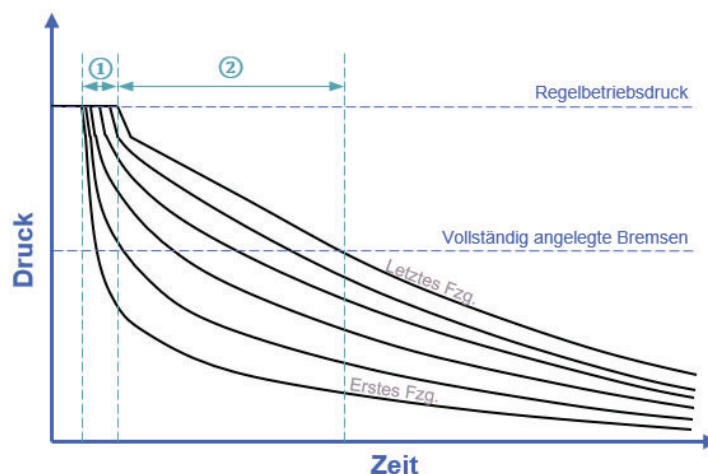


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Druckabfallzeit in der HLL eines Zuges

Ein Verfahren zur Bestimmung der Bremsleistung von Zügen ist in EN 16834:2019 definiert. Dieses sieht für Güterzüge Versuche mit einem 500 m langen Zug aus einheitlichem Wagenmaterial vor. Gegenwärtig ist der DAC4EU-Zug weder 500 m lang, noch besteht er aus einheitlichem Wagenmaterial. Darüber hinaus wäre die Untersuchung verschiedener Systeme in diesem Fall mit dem Umbau aller Kuppelstellen dieses Zuges verbunden.

## 2.2 Aufgabenstellung

Basierend auf der im vorstehenden Abschnitt beschriebenen Ausgangssituation sollen im ersten Schritt Prüfstandsversuche zur Quantifizierung des Einflusses der verschiedenen Komponenten auf die Strömungseigenschaften der Luft in der HLL durchgeführt werden. Primäres Ziel ist der quantifizierbare Relativvergleich zwischen einzelnen Komponenten und Kombinationen von Komponenten. Dieser Vergleich soll u.a. einen Beitrag zur Beantwortung der folgenden Fragestellungen liefern:

- Wie verhalten sich DAK-Ventile relativ zu Standardkomponenten der Schraubenkupplung?
- Wie verhalten sich unterschiedlich konstruierte DAK-Ventile untereinander?
- Welche Komponenten der Kuppelstelle sind besonders einflussreich?
- Bei welchen Komponenten könnte es Optimierungspotenzial geben?

Die Betrachtung soll ausschließlich auf Basis relativer Unterschiede erfolgen. Die Erfassung oder Ableitung absoluter (Grenz-) Werte ist ausdrücklich nicht Gegenstand der durchgeführten Untersuchung. Die größte Betrachtungseinheit auf dem Prüfstand soll eine einzelne Kuppelstelle mit allen Komponenten der HLL sein.

Aus Abschnitt 2.1 geht hervor, dass ultimativ Auswirkungen auf die Druckabfallzeit eines Zuges untersucht werden sollen (siehe auch folgender Abschnitt). Dies ist jedoch nicht Bestandteil dieses Berichtes. Um jedoch perspektivisch Vergleiche zwischen Versuchen auf dem Prüfstand und Versuche mit (500 m-) Zügen durchführen zu können, sollen im Rahmen dieser Untersuchung bereits erste exemplarische Messungen mit einem Teil des DAK-Zuges durchgeführt werden. Diese Versuche werden in einem zukünftigen Bericht behandelt.

## 2.3 Perspektive

Wie in Abschnitt 2.1 bereits beschrieben, ist für die Bewertung der Druckabfallzeit nicht das Verhalten einer einzelnen Kuppelstelle relevant, sondern das Verhalten aller HLL-Komponenten im Zugverband. Versuche auf der Ebene mehrerer Wagen bzw. eines ganzen Zuges sind gegenüber Versuchen einzelner Kuppelstellen auf dem Prüfstand jedoch deutlich aufwändiger, insbesondere wenn Parameter variiert bzw. verschiedene Komponenten getestet werden sollen.

Eine mögliche Vorgehensweise zur Verbindung von Ergebnissen einzelner Kuppelstellen aus Prüfstandsversuchen und der Abschätzung der Auswirkungen auf die Druckabfallzeit eines Zuges besteht in der (numerischen) Modellbildung und der anschließenden Simulation des Verhaltens ganzer Züge. Eine solche Untersuchung würde zwar vermutlich nicht den gänzlichen Verzicht auf reale Versuche ermöglichen, wohl aber eine gezieltere Entwicklung und ggf. auch einen reduzierten Versuchsbedarf. Die durchgeführten Versuche sollen daher zusätzlich die Erstellung von (Simulations-) Modellen ermöglichen.

### 3 Versuchsbeschreibung

#### 3.1 Grundsätzlicher Aufbau des Prüfstands

Der Prüfstand besteht aus einem 400 l-Druckbehälter, an den die zu testenden Komponenten über einen 90 cm langen Schlauch mit einem kleinsten Innendurchmesser von 43 mm angeschlossen sind. Dieser Schlauch dient zum Ausgleich von Lageunterschieden zwischen dem Behälter und dem/den Prüfling(en). Die Prüflinge sind an ein Befestigungssystem montiert. Das dem Anschlussschlauch gegenüberliegende Ende der Prüflinge entlüftet ins Freie. Zwischen dem Anschlussschlauch und dem Behälter befindet sich das Ventil V2. Dies hat eine Länge von 160 mm und eine lichte Weite von 50 mm. Der kleinste Durchmesser findet sich am Übergang zum Behälter mit 49,4 mm. Das Ventil ist ein Kugelventil, dessen Stellung über einen Seilzuggeber überwacht wird.

Der Behälter wird über eine Druckluftversorgung gespeist. Der Druckregler in der Versorgung ist auf ca. 10 bar eingestellt. Der Druck im Behälter wird über einen Drucksensor erfasst. Dieser und die Stellung des Ventils V2 werden mit einer Frequenz von 100 Hz abgetastet. Abbildung 2 zeigt den Aufbau des Prüfstands.

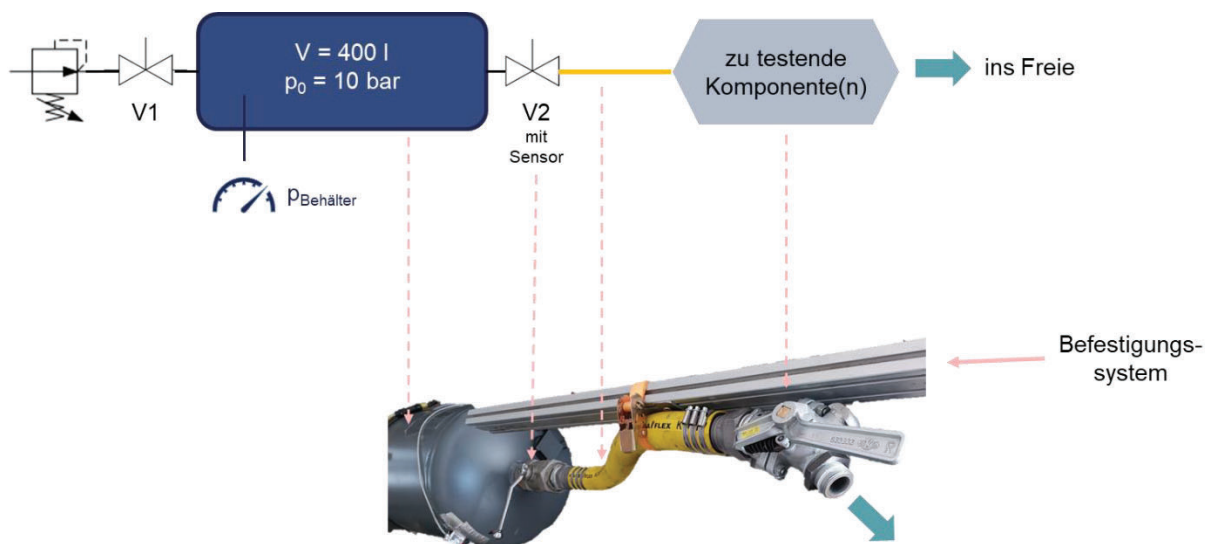


Abbildung 2: Aufbau des Prüfstands

#### 3.2 Anordnung der Prüflinge

Mit dem Prüfstand sollen drei Klassen von Versuchskonfigurationen geprüft werden. Die erste Klasse stellen die Einzelkomponenten dar. Dies sind die kleinsten Einheiten, die zur Luftleitung genutzt werden können.

Die zweite Klasse sind halbe Kuppelstellen. Dies sind alle Einzelkomponenten der HLL, die sich an einem Wagenende befinden, bevor die Rohrleitung der HLL beginnt.





Die dritte Klasse sind schließlich ganze Kuppelstellen. Dies sind alle Einzelkomponenten, die sich zwischen den beiden HLL-Rohrleitungen zweier Wagen befinden. Tabelle 1 zeigt die drei Klassen.

Tabelle 1: Klassen der Versuchskonfigurationen

Ausdruck	Bedeutung
Einzelkomponente	Einzelne Komponente
Halbe Kuppelstelle	Alle Komponenten, die auf einer Seite eines Wagens sind
Ganze Kuppelstelle	Alle Komponenten, die zwischen zwei Wagen sind

Wie vorstehend bereits erwähnt, bestehen halbe und ganze Kuppelstellen aus mehreren Einzelkomponenten. Zur übersichtlicheren Bezeichnung der Aneinanderreihung von Komponenten werden im Folgenden Abkürzungen genutzt. Diese sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Nomenklatur und Standards von Einzelkomponenten

Komponente	Norm	Abkürzung	Abbildung
Luftabsperrhahn	EN 14601	L	
Bremskupplung	EN 15807	B	
DAK-Ventil	n/a	D	
Schlauch HLL → DAK-Ventil	n/a	-	

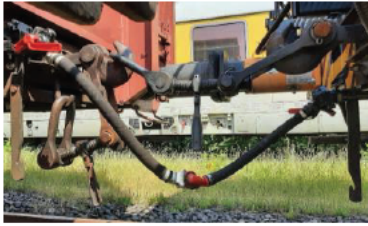


Es ist zu beachten, dass eine einzelne Bremskupplung nur mittels Schlauch an eine andere Komponente (außer einer weiteren Bremskupplung) angeschlossen werden kann. Daher wird dieser im Folgenden oftmals nicht gesondert bezeichnet. Es gibt jedoch die Fallunterscheidung zwischen „B mit Standardschlauch“ (Standardbremsschlauch am Güterwagen) und „B mit kurzem Schlauch“ (ca. 25 cm langer Schlauch zum Anschluss von DAK-Ventilen). Zum direkten Anschluss der DAK-Ventile an die HLL gibt es weiterhin Schläuche mit Schaubanschluss auf beiden Seiten.

Exemplarische Anordnungen von Einzelkomponenten zu ganzen Kuppelstellen sind in Tabelle 3 dargestellt. „LBBL“ (Luftabsperrhahn - Bremskupplung - Bremskupplung - Luftabsperrhahn) ist dabei eine konventionelle Kuppelstelle. Wie vorstehend bereits erwähnt, wird aus Gründen der Übersichtlichkeit auf die Nennung der Schläuche an den Bremskupplungen verzichtet.

Im DAC4EU-Zug sind die DAK-Ventile über Bremskupplungen mit kurzem Schlauch an die bestehende Wagenausrüstung angeschlossen. Somit ergibt sich hierfür die Konfiguration „LBBDBBL“. Zur Überbrückung der DAK-Ventile wird ein kurzes Schlauchstück mit zwei Bremskupplungen

genutzt. Diese Konstellation wird analog als LBBBBL bezeichnet. Tabelle 3 zeigt die Konfigurationen im DAC4EU-Zug.

Tabelle 3: Konstellationen ganzer Kuppelstellen und Einsatz im DAC4EU-Zug

Anwendung	Abkürzung	Abbildung
Konventionelle Kuppelstelle	LBBBL	
DAC4EU-Zug	LBBDDDBL	
DAC4EU-Überbrückung	LBBBBL	

### 3.3 Versuchsdurchführung

Das Ventil V2 des Prüfstands ist zu Beginn geschlossen und der 400 l-Behälter wird über das geöffnete Ventil V1 mit Druckluft gefüllt. Das Ventil V1 wird geschlossen, sobald ein Druck von ca. 10 bar im Behälter erreicht ist. Anschließend wird die Messung gestartet und das Ventil V2 schlagartig geöffnet. Die Messung wird gestoppt, wenn keine Luft mehr ausströmt. Der Prozess wird mindestens fünfmal wiederholt.

Nach längeren Unterbrechungen bei den Messungen (siehe Abschnitt 3.5) wird jeweils der Prüfstand ohne Prüflinge (Referenz) gemessen, um vergleichbare Ergebnisse sicherzustellen.

Die Luftabsperrröhre, Bremskupplungen und Schläuche zum Direktanschluss der DAK-Ventile sind bei allen Konstellationen die identischen Komponenten, wenn es nicht anders bezeichnet ist. Variationen dieser Komponenten werden gesondert als „Var x“ ausgewiesen.

### 3.4 Versuchsauswertung

Die Messdaten werden eingelesen und automatisch ausgewertet. Im ersten Schritt wird überprüft, ob das Ventil schnell genug geöffnet wurde. Das Kriterium hierfür ist, dass Ventil V2 zu mindestens 95 % geöffnet ist, wenn der Druck im Behälter unter 9,2 bar fällt.

Bei gültigen Versuchen wird anschließend der erste Zeitpunkt gesucht, bei dem der Druck unter 9,0 bar liegt. Dieser Zeitpunkt definiert  $t=0$ . Nachfolgend werden die Zeitpunkte bestimmt, bei denen der Druck erstmalig unter 5,0 bar, 3,5 bar und 1,0 bar liegt. Darauf basierend werden sowohl die Differenzzeit von 9 bar auf 1 bar als auch von 5 bar auf 3,5 bar bestimmt.

Für jede identische Versuchskonfiguration werden dann Mittelwert, Maximum und Minimum der beiden vorstehend genannten Entlüftungszeiten bestimmt. Weiterhin wird je Versuchskonfiguration eine

Übersichtsgrafik erstellt, die sowohl die gemessenen Zeitreihen als auch die vorstehend genannten statistischen Größen der Entlüftungszeiten enthält. Abbildung 3 zeigt dies exemplarisch am Beispiel des Falls „B mit Standardschlauch“. Die fünf zugrundeliegenden Messungen sind in diesem Fall die Nummern 043 bis 047.

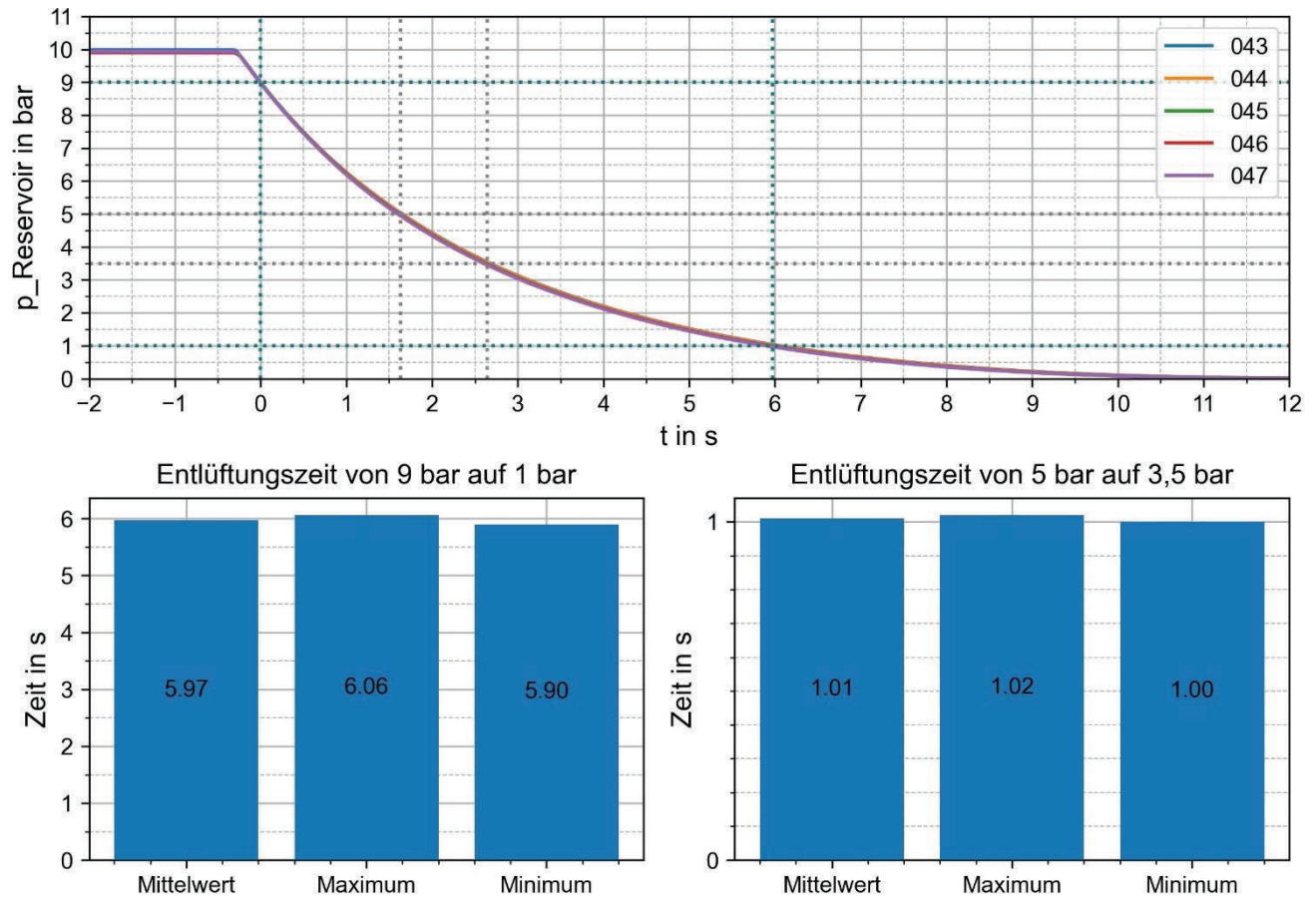


Abbildung 3: Veranschaulichung der Auswertung am Beispiel „B mit Standardschlauch“ mit den Einzelmessungen 043 bis 047

Die Mittelwerte der Entlüftungszeiten werden im Folgenden für den Relativvergleich der verschiedenen Konfigurationen genutzt. Die Entlüftungszeiten von 5 bar bis 3,5 bar wurden mit in die Auswertung aufgenommen, weil die Druckwerte dem Regelbetriebsdruck und der Vollbremsschwelle des Bremsystems entsprechen. Die Auswertung zeigt jedoch, dass der Relativvergleich beider Entlüftungszeiten jeweils zur gleichen Reihenfolge der Konfigurationen führt. Aufgrund des kleineren Einflusses der Messunsicherheit bei der Bestimmung der Entlüftungszeit von 9 bar auf 1 bar wird diese Größe im Folgenden für den Relativvergleich herangezogen.

### 3.5 Terminplan und Prüflinge

Die Versuche erfolgten in mehreren Abschnitten in den Jahren 2023 und 2024.

Tabelle 4 zeigt den Terminplan.

Tabelle 4: Terminplan

Zeitraum	Prüfung
KW28/2023 bis KW30/2023	Standard- u. Anschlusskomponenten, Voith-Ventil, Dellner-Ventil
KW44/2023 bis KW47/2023	Dellner-Ventil, Voith-Ventil
KW06/2024	Knorr-Bremse-Ventil
KW21/2024 bis KW22/2024	Wabtec-Ventil, Standardkomponenten

Es ist ersichtlich, dass DAK-Ventile der Hersteller Dellner, Knorr-Bremse, Voith und Wabtec getestet wurden. Insgesamt wurden fünf verschiedene Varianten von DAK-Ventilen getestet. Diese werden wie folgt bezeichnet:

- DAK-VENTIL 1
- DAK-VENTIL 2
- DAK-VENTIL 3
- DAK-VENTIL 4
- DAK-VENTIL 5 (1“)

Die Bezeichnung der Ventile entspricht nicht der Reihenfolge der Prüfungen. Auf eine Zuordnung der Ventile zu den Herstellern wird an dieser Stelle bewusst verzichtet. Das DAK-Ventil 5 ist ein Ventil älterer Bauart mit einem Innendurchmesser von 1“. Alle anderen Ventile haben einen Innendurchmesser von 5/4“. Von DAK-VENTIL 2 war nur ein Stück verfügbar, sodass hiermit nur die Einzelkomponente sowie halben Kuppelstellen getestet werden konnten.

Neben den DAK-Ventilen wurden auch die folgenden Standard- und Anschlusskomponenten variiert:

- B mit Standardschlauch
- B mit Standardschlauch Var1
- B mit Standardschlauch Var2
  
- L
- L Var1
- L Var2
  
- Schlauch (HLL → DAK-Ventil)
- Schlauch (HLL → DAK-Ventil) Var1

Bei den Variationen handelt es sich um Komponenten verschiedener Hersteller. Alle DAK-Ventile wurden mindestens mit den Standard- und Anschlusskomponenten ohne den Zusatz „Var“ getestet.

Bei DAK-Ventilen und Luftabsperrhähnen wurden bei den Versuchen der Einzelkomponenten beide Richtungen separat getestet. Die Benennung der beiden Richtungen ist in Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5: Richtungen von L und D

Komponente	Richtung 1	Richtung 2
Luftabsperrhahn (L)	Schlauch-Seite zum Behälter, Rohr-Seite ins Freie	Rohr-Seite zum Behälter, Schlauch-Seite ins Freie
DAK-Ventil (D)	Schlauch-Seite zum Behälter, Mundstückseite ins Freie	Mundstück-Seite zum Behälter, Schlauch-Seite ins Freie

Bei den halben Kuppelstellen wurden grundsätzlich alle Konfigurationen so getestet, dass sich eine ganze Kuppelstelle ergeben würde, wenn man die jeweilige Konfiguration nochmals in umgekehrter Reihenfolge anschließen würde. Einzige Ausnahme hiervon ist die Konfiguration LBB, die mit einer Bremskupplung ohne Schlauch endet.

Bei ganzen Kuppelstellen sind alle Komponenten vorhanden, die zur Verbindung der HLL-Rohre zweier Wagen erforderlich sind. Dies bedeutet insbesondere, dass bei der Konfiguration „DD“ auch die Anschlusschläuche vorhanden sind. Einzige Ausnahme ist die gesondert gekennzeichnete Konfiguration.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Erläuterung der Darstellung

Nachfolgende sind die Mittelwerte der Entlüftungszeiten von 9 bar auf 1 bar differenziert nach den drei Klassen der Versuchskonfigurationen dargestellt. Die Einzelkomponenten finden sich in Abschnitt 4.2, die halben Kuppelstellen in Abschnitt 4.3 und die ganzen Kuppelstellen in Abschnitt 4.4. Die Ergebnisse sind jeweils als horizontale Balkendiagramme dargestellt, die so sortiert sind, dass die Konfiguration mit der jeweils kürzesten Zeit oben steht. Der Beschriftung der Balken ist jeweils der Anwendungsfall der Konfiguration vorangestellt (SK = Schraubenkupplung; DAK).

### 4.2 Einzelkomponenten

Abbildung 4 zeigt die Mittelwerte der Entlüftungszeiten der Einzelkomponenten. Der Prüfstand ohne Prüfling hat mit 2,5 s die kürzeste Entlüftungszeit. Es folgen die DAK-VENTILE 1 und 3. Anschließend kommen die Bremskupplungen, beginnend mit derjenigen mit kurzem Schlauch. Es folgt ein Luftabsperrhahn sowie die DAK-VENTILE 4 und 2. Danach finden sich die Schläuche zur direkten Verbindung der DAK mit dem Rohr der HLL sowie die Varianten der Luftabsperrhähne. Am Ende steht das DAK-VENTIL 5 mit 1“ Querschnitt.

Sowohl DAK-Ventile als auch Luftabsperrhähne zeigen eine Richtungsabhängigkeit. Besonders ausgeprägt ist diese bei DAK-VENTIL 2. Der Vergleich zwischen „B mit kurzem Schlauch“ und „B mit Standardschlauch“ sowie der Unterschied zwischen den beiden Verbindungsschläuchen HLL → DAK-Ventil zeigen einen Einfluss der Gestaltung des Schlauches.

Zwischen den einzelnen DAK-Ventilen ergibt sich die folgende Abstufung:

DAK-VENTIL 1 < DAK-VENTIL 3 < DAK-VENTIL 4 < DAK-VENTIL 2 < DAK-VENTIL 5

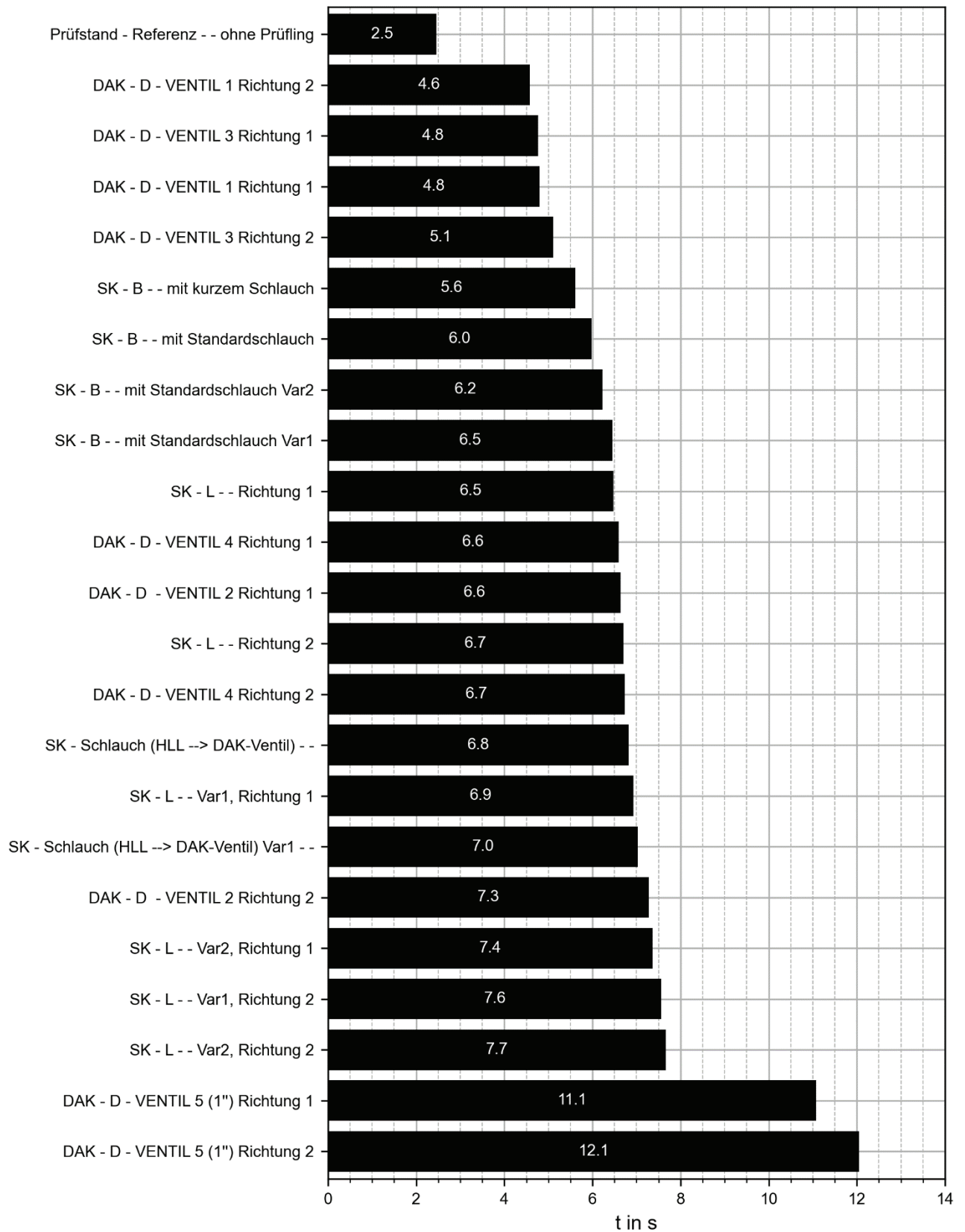


Abbildung 4: Entlüftungszeit der Einzelkomponenten von 9 bar auf 1 bar

### 4.3 Halbe Kuppelstellen

Abbildung 5 zeigt die Mittelwerte der Entlüftungszeiten der halben Kuppelstellen. Die kürzeste Zeit ergibt sich bei einer halben konventionellen Standardkuppelstelle „LB“. Auffällig ist die Verlängerung dieser Zeit, wenn man diese Konfiguration um eine einzelne Bremskupplung ohne Schlauch zu „LBB“ erweitert.

In der Konfiguration „LD“ ergibt sich die folgende Abstufung der DAK-Ventile:

DAK-VENTIL 3 < DAK-VENTIL 1 < DAK-VENTIL 4 < DAK-VENTIL 2 < DAK-VENTIL 5

In der Konfiguration „LBBD“ hingegen:

DAK-VENTIL 3 < DAK-VENTIL 1 < DAK-VENTIL 2 < DAK-VENTIL 4 < DAK-VENTIL 5

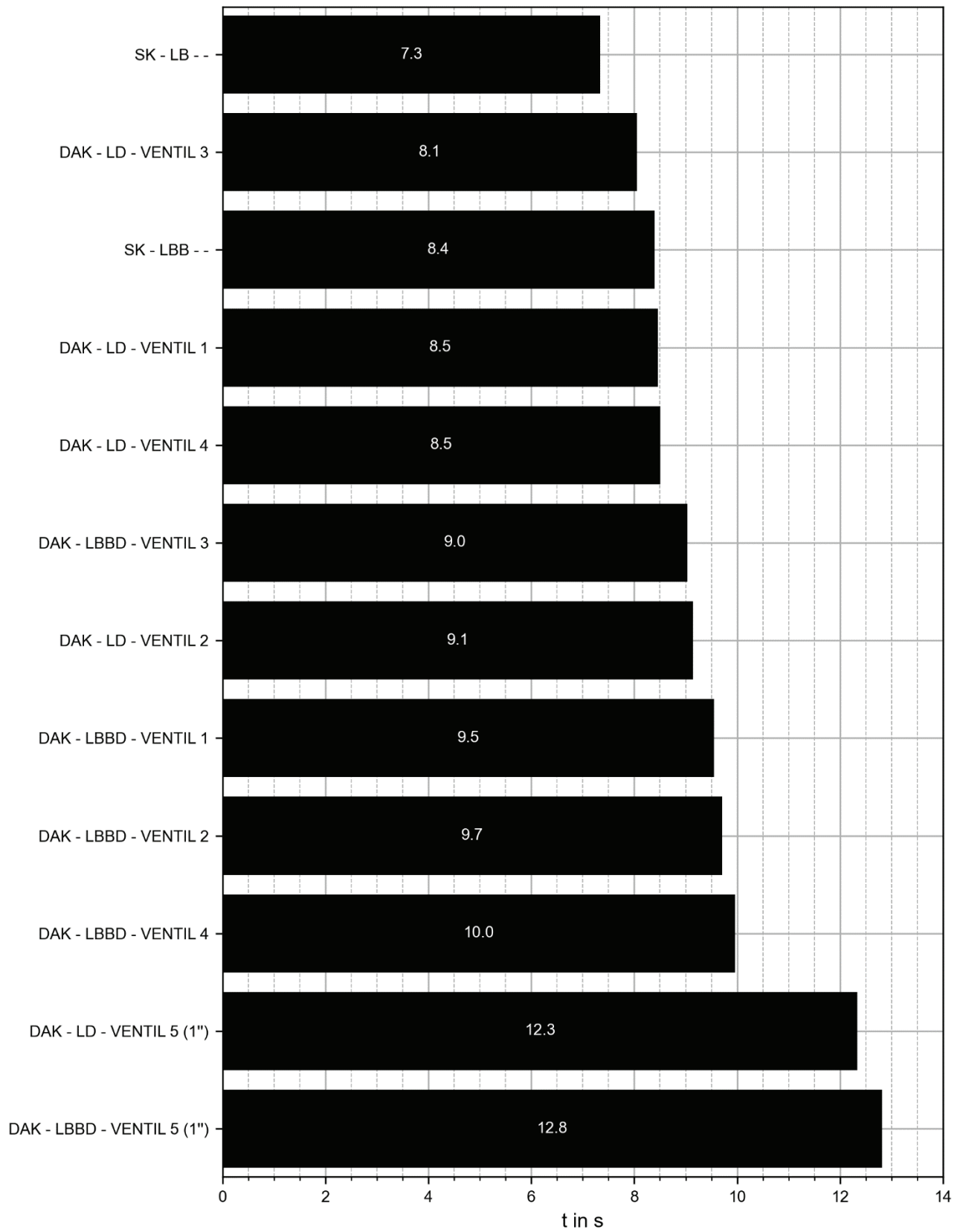


Abbildung 5: Entlüftungszeit der halben Kuppelstellen von 9 bar auf 1 bar

#### 4.4 Ganze Kuppelstellen

Abbildung 6 zeigt die Mittelwerte der Entlüftungszeiten der ganzen Kuppelstellen. Die kürzeste Zeit ergibt sich in der Konfiguration „DD ohne Schlauch“ mit DAK-VENTIL 1, die keine vollständige ganze Kuppelstelle darstellt. Durch den Vergleich mit der vollständigen Konfiguration „DD“ mit DAK-VENTIL 1 zeigt sich erneut der Einfluss der Schläuche. Diese Konfiguration sowie die analoge mit DAK-VENTIL 3 weisen kürzere Entlüftungszeiten aus als die konventionelle Standardkuppelstelle „LBBL“. Auffällig ist die längere Zeit für die Variante letzterer Konfiguration (11,4 s vs. 9,8 s). Die Konfiguration „LDDL“ mit DAK-VENTIL 3 ist die schnellste mit Luftabsperrhähnen und DAK-Ventil. Sie ist jedoch langsamer als „LBBL“. Die Überbrückung „LBBBBL“ ist deutlich langsamer als „LBBL“. Sämtliche „LBBDDDBL“-Varianten sind nochmals langsamer.

Für „DD“ (mit Schläuchen) ergibt sich folgender Rangfolge:

DAK-VENTIL 1 < DAK-VENTIL 3 < DAK-VENTIL 4 < DAK-VENTIL 5

Für „LDDL“ und „LBBDDDBL“ gilt:

DAK-VENTIL 3 < DAK-VENTIL 1 < DAK-VENTIL 4 < DAK-VENTIL 5

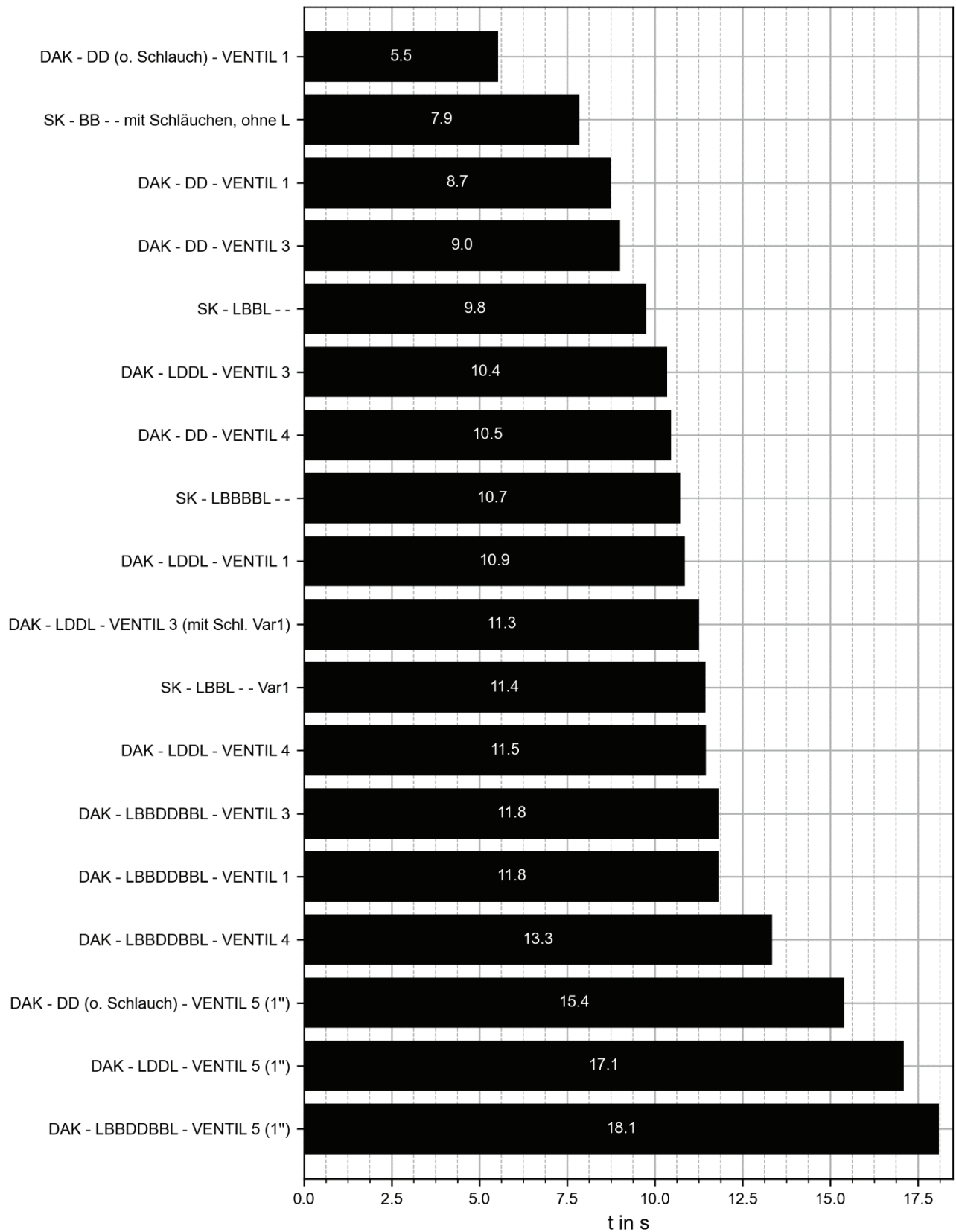


Abbildung 6: Entlüftungszeit der ganzen Kuppelstellen von 9 bar auf 1 bar

#### 4.5 Zusammenfassung

Die verschiedenen untersuchten DAK-Ventile haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Entlüftungszeit. Die beiden DAK-VENTILE 1 und 3 liefern in allen drei Klassen von Konfigurationen (Einzelkomponenten, halbe Kuppelstellen und ganze Kuppelstellen) kürzere Zeiten als die anderen getesteten DAK-Ventile. Mit diesen beiden Ventilen ist die Konfiguration „DD“ jeweils schneller als die konventionelle Kuppelstelle „LBBL“. In Verbindung mit zusätzlichen Luftabsperrhähnen (LDDL) sind die Entlüftungszeiten mit diesen Ventilen jedoch länger als bei „LBBL“.

Das Einfügen eines zusätzlichen Paares von Bremskupplungen (LBBBBL) führt zu einer Erhöhung der Zeiten gegenüber „LBBL“. Ebenso liegen die Zeiten für die LBBDDDBL-Konfigurationen über den LDDL-Konfigurationen mit jeweils gleichen DAK-Ventilen.

Varianten der Standardteile L und B sowie deren Kombinationen liefern ebenfalls unterschiedliche Ergebnisse. Variationen von Konfigurationen mit/ohne Schlauch bzw. mit verschiedenen Ausführungen der Schläuche zeigen einen Einfluss der Gestaltung der Schläuche.

## 5 Unterschriften

Geprüft und freigegeben:

Erstellt:



Leiter/in Abteilung  
TT.TVP21

Prüfung Bremse und Kupplungen  
TT.TVP 21

- Bericht Ende -