

Göbel, Georg; Daubner, Jannis; Schröder, Michael; Henn, Rupert  
**Untersuchungen zu Sportbooten und Grenzen einer  
Sportbootführerscheinpflicht. FuE-Abschlussbericht  
B3953.04.04.70023**

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / Provided in Cooperation with:  
DST - Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.

---

**Verfügbar unter / Available at:**

<https://hdl.handle.net/20.500.11970/114761>

**Vorgeschlagene Zitierweise / Suggested citation:**

Göbel, Georg; Daubner, Jannis; Schröder, Michael; Henn, Rupert (2025): Untersuchungen zu Sportbooten und Grenzen einer Sportbootführerscheinpflicht. FuE-Abschlussbericht B3953.04.04.70023. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.



**FuE-Abschlussbericht**  
**Untersuchungen zu Sportbooten**  
**und Grenzen**  
**einer Sportbootführerscheinpflicht**

**B3953.04.04.70023**

**Juni 2025**

**FuE-Abschlussbericht**  
**Untersuchungen zu Sportbooten**  
**und Grenzen**  
**einer Sportbootführerscheinpflcht**

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr (BMV)

Auftragsnummer: BAW-Nr. B3953.04.04.70023

Aufgestellt von: Abteilung: Wasserbau im Binnenbereich  
Referat: Schifffahrt  
Bearbeitung: Georg Göbel (BAW),  
Jannis Daubner (BAW),  
Michael Schröder (BAW),  
Rupert Henn (DST)

Karlsruhe/Duisburg, 30.06.2025

Copyright: Creative Commons BY-ND 4.0  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

Soweit nicht anders angegeben, liegen alle Bildrechte bei der BAW.

Bundesanstalt für Wasserbau

Postfach 21 02 53 · 76152 Karlsruhe  
Tel.: (0721) 97 26 – 0

Wedeler Landstraße 157 · 22559 Hamburg  
Tel.: (0 40) 8 19 08 – 0

DST - Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.

Oststraße 77 · 47057 Duisburg  
Tel.: 0203 – 99 36 9 – 0

## Zusammenfassung

In dieser Studie wurde untersucht, welche Faktoren Einfluss auf das sichere Führen von Sportbooten haben und inwieweit sich daraus die Notwendigkeit bzw. Kriterien für eine Neuregelung der Sportbootführerscheinpflicht ableiten lassen.

Zu diesem Zweck wurden die Regelungen zur Sportbootführerscheinpflicht im internationalen Vergleich betrachtet und Sportbootunfälle statistisch ausgewertet, die seit Juli 2023 zentral und vollumfänglich in der Schiffsunfalldatenbank HAVARIS erfasst werden. Die Unfallzahlen sind insgesamt sehr gering. Im betrachteten Zeitraum wurden 597 Unfälle mit Sportbooten dokumentiert, wobei die meisten als „weniger schwer“ eingestuft wurden, nur 4 % waren „sehr schwer“, darunter 10 mit Todesfolge. Belastbare Aussagen über einen Zusammenhang zwischen einem Befähigungsnachweis (Charterschein oder Sportbootführerschein) und der Wahrscheinlichkeit eines Unfalls lässt sich aus den Daten nicht ableiten, da die Angaben zum Besitz eines Sportbootführerscheins meist unvollständig sind. Die Mehrheit der Unfälle ereignete sich mit Booten über 11 kW Motorleistung, für die ein Führerschein vorgeschrieben ist. Hauptursachen waren Fehler in der nautischen Führung, insbesondere Manövrierfehler und fehlende Revierkenntnisse. Die meisten Unfälle ereigneten sich auf stark befahrenen Wasserstraßen wie dem Rhein und der Unteren-Havel-Wasserstraße.

Des Weiteren wurden die technischen Eigenschaften von Sportbooten hinsichtlich ihres Einflusses auf die Bedienbarkeit betrachtet, mit dem Ergebnis, dass kein signifikanter Einfluss auf das Führen von Sportbooten erkennbar ist. So kann der Unterschied im Beschleunigungsvermögen von Sportbooten, die mit einem Elektro- bzw. Verbrennungsmotor angetrieben werden und ansonsten baugleich sind, als vernachlässigbar klein bewertet werden.

Das Schadensrisiko, das von einem Sportboot ausgeht, ist das Produkt aus der Größe eines potenziellen Schadens und der Eintrittswahrscheinlichkeit. Die Größe eines Schadens, den ein Sportboot hervorrufen kann, hängt maßgeblich von seinem Impuls und der kinetischen Energie ab, also von seiner Masse und Geschwindigkeit. Länge und Masse korrelieren bei den im Markt befindlichen Bootstypen, so dass die Länge als charakteristisches Maß für die Masse verwendet werden kann.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls hängt davon ab, in welchem Verhältnis die navigatorische Kompetenz des Bootsführers<sup>1</sup> zum Schwierigkeitsgrad der navigatorischen Aufgabe steht. Das Führen eines Sportbootes wird umso herausfordernder, je höher die Geschwindigkeit und je größer das Boot im Verhältnis zum verfügbaren Raum auf der Wasserstraße ist. Weitere Schwierigkeiten können entstehen, wenn das Boot entweder untermotorisiert ist (unzureichendes Manövrierverhalten) oder übermotorisiert ist (starkes Beschleunigungsvermögen). Ebenso erhöht eine starke Gewässerströmung und ein hohes Verkehrsaufkommen mit großen Bootseinheiten die navigatorischen Anforderungen.

Die für die Sportbootführerscheinpflicht aktuell festgelegten Grenzen definieren eine maximale Motorleistung von rd. 11 kW (bzw. 7,5 kW bei einem Elektromotorantrieb) und eine maximale

---

<sup>1</sup> In diesem Dokument wird in Anlehnung an die SpFV das generische Maskulinum „Bootsführer“ verwendet.

Bootslänge von 20 m. Alle Sportboote unterhalb dieser Grenze dürfen führerscheinfrei gefahren werden. Diese Regelung kann dazu führen, dass erheblich untermotorisierte Fahrzeuge führerscheinfrei gefahren werden dürfen, die im Verkehr oder bei starker Strömung nicht sicher navigiert werden können. Auch sehr schnelle, leichte Sportboote sind teilweise von der Sportbootführerscheinpflicht ausgenommen und können die Navigationsfähigkeiten eines ungeschulten Bootsführers übersteigen.

Aus der vorliegenden Untersuchung kann geschlossen werden, dass die Führerscheinpflicht, so wie sie bisher definiert ist, nicht verschärft werden muss. Die Leistungsgrenze kann unabhängig von der Antriebsart (Elektromotor oder Verbrennungsmotor) auf 15 PS gesetzt werden.

Das Schadenspotential eines Unfalls korreliert nicht nur mit der Motorleistung, sondern mit der kinetischen Energie bzw. dem Impuls der Kollision und wird somit von dem Bootsgewicht und der Bootsgeschwindigkeit bestimmt. Daher wäre aus technisch-wissenschaftlicher Sicht die Grenze zur Führerscheinpflicht besser durch die Bootsgröße und die maximale Geschwindigkeit zu definieren.

## Summary

This study investigated which factors influence the safe operation of recreational craft and to what extent the necessity or criteria for a new regulation of the recreational craft license requirement can be derived from this.

To this end, the regulations on the compulsory recreational craft license were examined in an international comparison and recreational craft accidents were statistically evaluated, which have been recorded centrally and in full in the HAVARIS waterway accident database since July 2023. The number of accidents is very low overall. In the period under review, 597 accidents involving recreational craft were documented, most of which were classified as “less serious”. Only 4% were “very serious”, including 10 resulting in death. Reliable statements about a coherence between a certificate of competence (charter license or recreational boating license) and the probability of an accident cannot be derived from the data, as the information on possession of a recreational boating license is usually incomplete. The majority of accidents occurred with boats over 11 kW engine power, for which a license is required. The main causes were errors in navigation, in particular maneuvering errors and lack of knowledge of the area. Most accidents occurred on busy waterways such as the Rhine and the Lower Havel Waterway.

Furthermore, the technical characteristics of recreational craft were examined with regard to their influence on operability, with the result that no significant influence on the handling of recreational craft is discernible. For example, the difference in the acceleration capacity of recreational craft powered by an electric motor or combustion engine, which are otherwise identical in design, can be considered negligible.

The risk of damage posed by a recreational craft is the product of the size of the potential damage and the probability of occurrence. The extent of damage that a recreational craft can cause depends largely on its momentum and kinetic energy, i.e. its mass and speed. Length and mass correlate for the types of boats on the market, so that length can be used as a characteristic measure of mass.

The probability of an accident occurring depends on the relationship between the skipper's navigational skills and the degree of difficulty of the navigational task. The higher the speed and the larger the boat in relation to the available space on the waterway, the more challenging it is to navigate a recreational craft.

Further difficulties can arise if the boat is either underpowered (insufficient maneuverability) or overpowered (strong acceleration capacity). Strong water currents and a high volume of traffic with large vessel units also increase the navigational requirements.

The limits currently set for the compulsory recreational craft license define a maximum engine power of around 11 kW (or 7.5 kW for an electric motor drive) and a maximum boat length of 20 m. All recreational craft below this limit may be driven without a license. This regulation may mean that considerably underpowered vessels that cannot be safely navigated in traffic or strong currents may be driven without a license. Very light boats may reach high ship speeds with 15 hp engine power and may exceed the navigational skills of an untrained skipper.

It can be concluded from the present study that the license requirement, as it is currently defined, does not need to be tightened. The power limit can be set at 15 hp regardless of the type of drive (electric motor or combustion engine).

The damage potential of an accident correlates not only with the engine power, but also with the kinetic energy or momentum of the collision and is therefore determined by the boat's weight and speed. Therefore, from a technical-scientific point of view, the limit for mandatory licensing would be better defined by boat size and maximum speed.

<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Unterlagen und Daten	1
3	Unfallstatistiken	2
3.1	Datenlage in HAVARIS	2
3.2	Gesamtanzahl der Unfälle mit Sportbootbeteiligung	4
3.3	Unfälle mit Todesfolge	5
3.4	Motorleistung der beteiligten Sportboote	5
3.5	Unfallursachen	6
3.6	Unfallhäufigkeit	8
4	Fahrerlaubnis und Befähigungsnachweis, sowie europäische und internationale Regelungen	10
4.1	Theoretischer Teil der Führerscheinprüfung	11
4.2	Praktischer Teil der Führerscheinprüfung	11
4.3	Nicht geprüft	11
4.4	Anforderungen an eine internationale Sportbootlizenz	12
5	Technische Einflussfaktoren auf die Navigation	14
5.1	Wahrnehmung der Verkehrssituation	14
5.2	Bedienbarkeit des Bootes	15
5.3	Manövrierverhalten	16
5.3.1	Propulsion	16
5.3.2	Antrieb	18
5.3.3	Vergleich in der Simulation	20
5.3.4	Stoppvermögen	22
5.3.5	Gierbeschleunigung und Gierstabilität	22
5.3.6	Störungen	23
5.4	Marktübersicht	25
6	Kriterien für eine Führerscheinpflicht	27
6.1	Schadenspotential	27
6.2	Risikofaktoren	28
6.3	Quantitative Bewertung	30
7	Schlussfolgerungen und Bewertung	31
	Literaturverzeichnis	34

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Abbildung 1: Anzahl der in HAVARIS im Binnenbereich erfassten Schiffsunfälle mit Sportbootbeteiligung pro Jahr	3
Abbildung 2: Schwere der im untersuchten Zeitraum in HAVARIS dokumentierte Unfälle mit Sportbootbeteiligung. Insgesamt wurden 597 Unfälle dokumentiert.	4
Abbildung 3: Unfälle mit Todesfolge sortiert nach Unfallart und Motorleistung der beteiligten Boote. In der Leistungsklasse $P \leq 11$ kW sind auch nichtmotorisierte Sportboote enthalten.	5
Abbildung 4: Motorleistung der am Unfall beteiligten Sportboote. Zu beachten gilt, dass die Angabe ganzzahlig getätigt wird und 11 kW damit 15 PS äquivalent ist.	6
Abbildung 5: Anzahl der Unfälle abhängig von der Hauptunfallursache	7
Abbildung 6: Detailangaben zur Hauptunfallursache „Fehler bei der nautischen Führung“	7
Abbildung 7: Unfallhäufigkeit pro Wasserstraße	8
Abbildung 8: Unfälle pro Kilometer je Wasserstraße	9
Abbildung 9: Typisches Freifahrttdiagramm für einen Propeller	17
Abbildung 10: Theoretisches maximales Drehmoment als Funktion der Drehrate für einen 11 kW-Motor	19
Abbildung 11: Gesamtwiderstand als Funktion der Geschwindigkeit	20
Abbildung 12: Kennlinien des Elektro- und des Verbrennungsmotors	21
Abbildung 13: Simulierte Geschwindigkeit als Funktion der Zeit	22
Abbildung 14: Marktübersicht: Motorleistung aufgetragen über der Bootsmasse	25
Abbildung 15: Marktübersicht: spezifische Motorleistung aufgetragen über der Bootsmasse	26
Abbildung 16: Zusammenhang zwischen Länge und Masse für die im Markt verfügbaren Bootstypen	28
Abbildung 17: Maximale Geschwindigkeit aufgetragen über dem Leistungsbeiwert $\sqrt[3]{\frac{P}{L^2}}$	29
Abbildung 18: Maximale Geschwindigkeit aufgetragen über der Leistung	30
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
Tabelle 1: Führerscheinfreigrenzen anhand Motorleistung, Segelgröße und Schiffslänge in verschiedenen europäischen Ländern und national ausgestellter Befähigungsnachweis	10

## **Anlagenverzeichnis**

Anlage 1: Übersicht über Sportbootführerscheine in europäischen Ländern A1, 1

## 1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Die heute gültigen Regelungen der Sportbootführerscheinpflicht wurden im Jahr 2012 in Umsetzung des Bundestagsbeschlusses „Neue Impulse für die Sportbootschifffahrt“ (BT-Drs. 17/7937) durch das Bundesministerium für Verkehr (damals BMVBS) festgelegt. Die Führerscheinfreigrenze wurde für den See- und Binnenbereich von zuvor 5 PS (3,68 kW) auf 15 PS (11,03 kW) angehoben. Mit der Neuregelung wurden zwei Ziele verfolgt: „Der Zugang auf das Wasser für interessierte Neueinsteiger wird erleichtert bei einem gleichzeitigen Erhalt der Sicherheit auf dem Wasser“ (BMVBS, 2012). Die aktuelle Regelung sieht für Verbrennungsmotoren eine Führerscheinplicht ab 15 PS (11,03 kW) und für Elektromotoren ab 10,2 PS (7,5 kW) vor.

Aufgrund der Nutzerkritik an den aktuellen kW-Grenzen wurde die BAW seitens des Bundesministeriums für Verkehr (BMV, Referat WS25) mit neuen Untersuchungen zur Thematik beauftragt. Die Kritik ist ambivalent: Eine Nutzergruppe hinterfragt die unterschiedlichen kW-Grenzen für Verbrenner- und Elektromotoren, bezweifelt, dass es Unterschiede im Leistungsverhalten und in der Beschleunigung gibt und spricht sich für einheitlich 11,03 kW (15 PS) aus. Einer anderen Nutzergruppe sind die Grenzwerte insgesamt zu hoch, sie fordern eine Rückkehr zur 3,68 kW-Grenze.

Darüber hinaus stehen die Vorschriften über den Sportbootführerschein insgesamt auf dem Prüfstand. Nach einer Prüfung durch den Bundesrechnungshof (BRH), der die Beleihung des Deutschen Seglerverbands und des Deutschen Motoryachtverbands untersucht hat, wurde dem BMV aufgegeben, das System der Beleihung neu zu ordnen. In diesem Zusammenhang muss auch überlegt werden, ob und unter welchen Voraussetzungen ein amtlicher Sportbootführerschein notwendig ist und an welche Kriterien eine Führerscheinplicht geknüpft werden kann.

Der wesentliche Ausgangspunkt für die vorliegende Untersuchung war die Fragestellung, inwieweit sich bei der Sportbootführerscheinpflicht unterschiedliche Motorleistungen für elektrische Antriebe einerseits und Verbrennungsmotoren andererseits technisch-wissenschaftlich begründen lassen. Ein Gedanke hinter dieser Regelung mag die Erwartung gewesen sein, dass analog zum elektrisch angetriebenen Automobil die Beschleunigung bei Verwendung eines Elektroantriebs deutlich größer und das Boot damit für einen unqualifizierten Fahrer schlechter zu beherrschen ist, was zu einer erhöhten Gefährdung der anderen Verkehrsteilnehmer führen würde.

Die Unterschiede diesbezüglich sollen in dieser Studie herausgearbeitet werden. Darüber hinaus wurde versucht, das aktuelle Unfallgeschehen zu analysieren und daraus Rückschlüsse auf die Notwendigkeit von Änderungen der Sportbootführerscheinverordnung (SpFV) zu ziehen, das Gefahrenpotential von motorisierten Sportbooten anhand einfach feststellbarer Parameter abzuschätzen sowie alle relevanten Aspekte, die Einfluss auf die sichere Navigation von Sportbooten haben, zu beleuchten.

## 2 Unterlagen und Daten

- [1] Daten der Schiffsunfallsdatenbank HAVARIS. Die Unfalldaten bis einschließlich 31.12.2024 wurden der BAW am 19.02.2025 zur Verfügung gestellt.

### **3 Unfallstatistiken**

Eine Führerscheinpflicht dient als Instrument der Gefahrenabwehr. Dabei gilt es zum einen, Leib und Leben von Schiffsführenden, Passagieren und anderen Verkehrsteilnehmern zu schützen. Zum anderen gilt es, Umwelt- und Sachschäden zu vermeiden und einen möglichst störungsfreien Verkehrsfluss zu garantieren. Ob die momentane Sportbootführerscheinpflicht diese Funktionen erfüllt, wird anhand des Unfallgeschehens ermittelt.

In den Gesprächen mit einigen ausgewählten Vertretern von Sportbootverbänden, der Deutschen Lebensrettungsgemeinschaft (DLRG), von Wasserstraßen- und Schifffahrtsämtern (WSÄ) und der Wasserschutzpolizei (WSP) in Bezug auf Erfahrungen mit Sportbootunfällen kam wiederholt der Hinweis auf die Schiffsunfalldatenbank HAVARIS, die sich als zielführend für eine statistische Auswertung von Schiffsunfällen erwies. Die Gespräche selbst waren als direkte Datenquelle ungeeignet, weil a) die DLRG oder die Verbände keine oder keine umfängliche Sammlung von Schiffsunfällen führen, oder b) im Falle von WSP alle Schiffsunfälle direkt in HAVARIS eingepflegt werden. Mit der Einführung von HAVARIS wurde die Erfassung von Unfalldaten in den WSÄ eingestellt.

Die vorliegenden Untersuchungen beschränken sich auf den Sportbootführerschein Binnen. Die Unfallberichte der Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung (BSU) werden nicht näher betrachtet, da dort ausschließlich ausgewählte Unfälle im Seebereich aufgeführt sind.

Die Nutzeroberfläche von HAVARIS ist nur bedingt für statistische Analysen geeignet. Aus diesem Grund stellte die Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt (GDWS), Abteilung Schifffahrt, Dezernat S10, der BAW am 19.02.2025 einen Datensatz zur statistischen Auswertung zur Verfügung.

#### **3.1 Datenlage in HAVARIS**

Schiffsunfälle werden von der WSP in Form von Schiffsunfallmeldeblättern (SUMB) dokumentiert. Während diese Meldeblätter bis 2023 von der WSP an das zuständige WSA weitergereicht und dort archiviert wurden, werden sie seit dem 01.07.2023 verpflichtend online in HAVARIS eingepflegt. Seitens des Dezernats S10 werden die Meldeblätter geprüft und freigegeben oder gegebenenfalls zur Vervollständigung an die zuständige Dienststelle der WSP zurückgeschickt. Aus diesem Grund liegen Schiffsunfalldaten erst seit dem 01.07.2023 vollumfänglich in HAVARIS vor. Für die Auswertung wurden Schiffsunfälle vom 01.01.2023 bis zum 31.12.2024 berücksichtigt. Insgesamt wurden in diesem Zeitraum 597 Unfälle mit Sportbootbeteiligung, also aus den Schifffahrtssparten Sportschifffahrt und Berufsschifffahrt/Sportschifffahrt, im Binnenbereich erfasst (siehe Abbildung 1). Die Sparte Berufsschifffahrt wird in den folgenden Auswertungen nicht berücksichtigt.

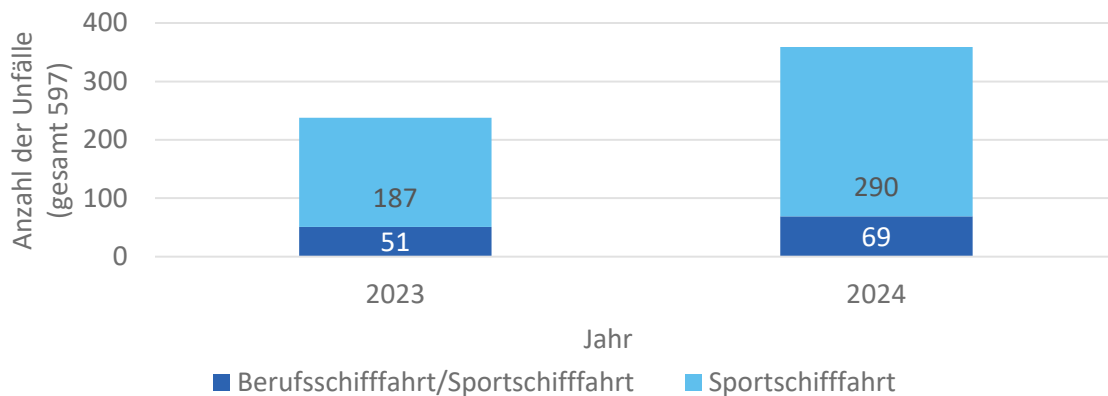


Abbildung 1: Anzahl der in HAVARIS im Binnenbereich erfassten Schiffsunfälle mit Sportbootbeteiligung pro Jahr

Eine Vielzahl von Feldern des digitalen SUMB ist als *Drop-Down Menü* mit vordefinierten Auswahlmöglichkeiten gestaltet. So kann zum Beispiel die Schwere des Unfalls als „weniger schwer“, „schwer“ oder „sehr schwer“ kategorisiert werden. Einige Felder des SUMB erlauben die Eingabe von Freitext, wie z. B. die Beschreibung des Unfallhergangs. Auch die Angabe des „Befähigungsnachweises“ ist ein nicht verpflichtendes Freitextfeld, welches in den meisten Fällen nicht ausgefüllt wird. An den 597 gemeldeten Unfällen mit Sportbootbeteiligung waren 904 Fahrzeuge beteiligt. Nur 80 Fahrzeuge (9 % aller Fahrzeuge), die an insgesamt 63 Unfällen (10 % aller Unfälle) beteiligt waren, haben einen Eintrag zum Befähigungsnachweis. Die knappe Datenlage lässt keine belastbaren Schlüsse darauf zu, ob die Unfallbeteiligten im Besitz eines Sportbootführerscheins waren.

Um dennoch eine differenzierte Betrachtung in Bezug auf das Vorliegen eines Sportbootführerscheins zu ermöglichen, erfolgte eine Unterscheidung anhand der Motorleistung der beteiligten Sportboote. Für Fahrzeuge mit einer Motorleistung bis einschließlich 11 kW wurde angenommen, dass der Bootsführer nicht im Besitz eines Sportbootführerscheins war, was sicher nicht immer zutreffend ist.

Zur Motorisierung kann eine ganzzahlige Angabe in kW gemacht werden, welche für den überwiegenden Teil der Fahrzeuge in HAVARIS eingetragen ist. Offensichtlich erfolgten einige Angaben allerdings fälschlicherweise in PS und nicht in kW. Die beschriebene Unterscheidung anhand der Leistung beinhaltet somit einen der Umrechnung von PS auf kW geschuldeten Fehler.

Bei 366 von 904 beteiligten Fahrzeugen (40 %) fehlt die Angabe zur Motorleistung. Dies sind zum einen nichtmotorisierte Sportboote wie Kanus und Ruderboote oder Segelboote ohne Motor, zum anderen fehlt bei einigen motorbetriebenen Fahrzeugen der Eintrag zur Motorleistung. Die Eintragung 0 kW für nichtmotorisierte Sportboote wurde nur zweimal vorgenommen, obwohl nichtmotorisierte Fahrzeuge einen erkennbaren, wenn auch nicht genauer quantifizierbaren Anteil am Unfallgeschehen haben.

Zur Unfallschwere ist keine Definition bekannt. Eine stichprobenhafte Lektüre der Unfallberichte zeigte, dass Unfälle als „sehr schwer“ klassifiziert wurden, wenn es Todesopfer oder Schwerverletzte gab, oder ein großer wirtschaftlicher Schaden vorlag. Das SUMB sieht keine Eingabe zur

Anzahl von Verletzten, Todesopfern oder zum Umfang des entstandenen Schadens vor. Die Klassifizierung der Schwere eines Unfalls liegt somit in der subjektiven Verantwortung des Beamten der WSP.

Zur Ermittlung der Unfälle mit Todesfolge wurden die Freitext-Unfallberichte aller als „sehr schwer“ klassifizierten Unfälle ausgewertet. Dabei zeigte sich, dass z. B. auch der Totalverlust des Schiffes durch Untergehen im Hafen ohne menschliches Zutun als sehr schwer klassifiziert wird. Kritische Situationen wie „Beinahe-Ertrinken“, „Rettung vor schwerwiegenden Folgen“ oder „Manöver des letzten Augenblickes“ werden dagegen oftmals nur als „schwerer“ oder gar „weniger schwerer“ Unfall klassifiziert.

Im Gegensatz zur Berufsschifffahrt sind Sportboote nicht verpflichtend mit dem *Automatic Identification System* (AIS) ausgestattet, eine Angabe zur Verkehrsdichte kann daher aus AIS-Daten nicht ermittelt werden. Die folgende Analyse betrachtet nur die absoluten Unfallzahlen. Eine Betrachtung der Unfallzahlen in Relation zur Verkehrsdichte war nicht möglich.

### 3.2 Gesamtanzahl der Unfälle mit Sportbootbeteiligung

Im untersuchten Zeitraum wurden 597 Unfälle mit Sportbootbeteiligung dokumentiert. Dabei wurde sowohl bei den Unfällen mit reiner Sportbootbeteiligung wie auch unter Beteiligung der Berufsschifffahrt der Großteil der Unfälle als „weniger schwer“ klassifiziert (siehe Abbildung 2). Insgesamt kam es im untersuchten Zeitraum zu 28 „sehr schweren“ Unfällen (5 % aller Unfälle mit Sportbootbeteiligung), 10 davon mit Todesfolge, das sind 35 % der „sehr schweren“ Unfälle.

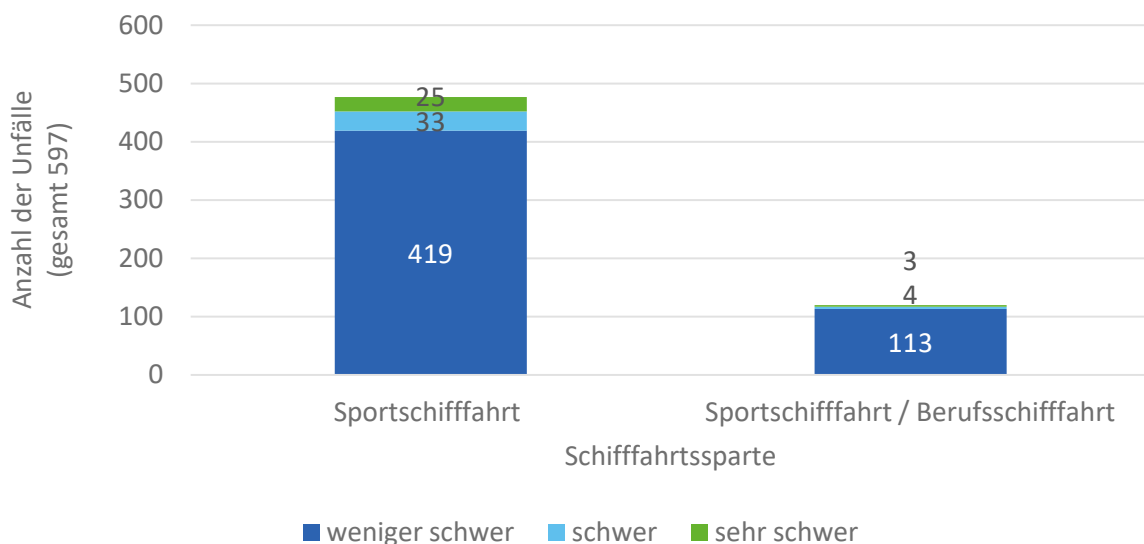


Abbildung 2: Schwere der im untersuchten Zeitraum in HAVARIS dokumentierte Unfälle mit Sportbootbeteiligung. Insgesamt wurden 597 Unfälle dokumentiert.

### 3.3 Unfälle mit Todesfolge

Im betrachteten Datensatz sind 10 Unfälle mit Todesfolge unter Sportbootbeteiligung auf den Binnenschiffahrtsstraßen eingetragen. Zwei weitere Unfälle zogen schwere Verletzungen nach sich. Die meisten in HAVARIS erfassten Unfälle mit Todesfolge sind Personenunfälle. Als „Personenunfälle“ werden Unfälle bezeichnet, die sich in direktem Zusammenhang zwischen einer Person und einem Wasserfahrzeug ereignen. Dazu gehören neben Person-über-Bord auch Unfälle beim Ein- und Aussteigen aus dem Fahrzeug zum Tauchen, Schwimmen oder Wasserskifahren sowie Kollisionen zwischen Fahrzeugen und Personen im Wasser. Ebenso werden dazu Unfälle gezählt, welche sich an Bord ereignen. Die zweithäufigste und dritthäufigste Unfallart ist die Kollision mit einem anderen Wasserfahrzeug, bzw. das Kentern des Bootes (siehe Abbildung 3).

Die Anzahl der Unfälle mit Todesfolge ist in Abbildung 3 nach Unfallart und Leistungsgrenze (11 kW) aufgeschlüsselt. Durch die geringe absolute Anzahl der Unfälle kann keine statistisch belastbare Aussage getroffen werden. Ein Zusammenhang zwischen der Unfallart und der Leistungsgrenze von 11 kW lässt sich daher nicht ableiten. Ebenso ist die Verkehrszusammensetzung nicht bekannt. Aus diesem Grund können die Unfallzahlen nicht in Relation zur Verkehrsdichte oder zur insgesamt zurückgelegten Strecke gesetzt werden. Das Studium der Unfallberichte zeigt, dass Unfallursache und Unfallhergang individuelle Einzelfälle sind. Die Unfälle lassen sich nicht immer eindeutig auf mangelnde navigatorische Fähigkeiten oder fehlerhaftes Verhalten im Verkehr zurückführen. Ein Rückschluss darauf, ob ein Führerschein grundsätzlich oder eine Änderung der Sportbootführerscheinverordnung die Gefahr des tödlichen Unfalls abgewehrt hätte, lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht ziehen.

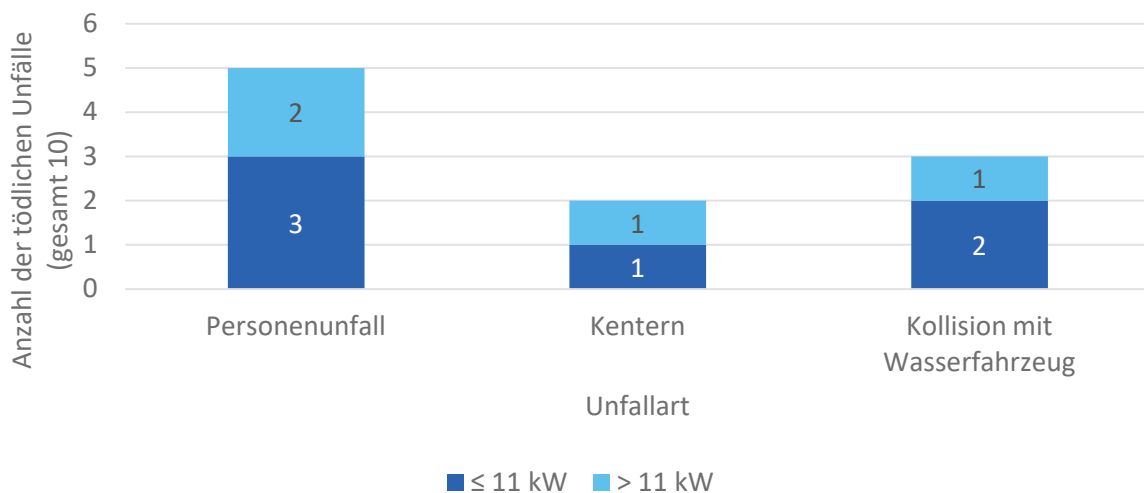


Abbildung 3: Unfälle mit Todesfolge sortiert nach Unfallart und Motorleistung der beteiligten Boote. In der Leistungsklasse  $P \leq 11$  kW sind auch nichtmotorisierte Sportboote enthalten.

### 3.4 Motorleistung der beteiligten Sportboote

Insgesamt wurden bei 418 Unfällen die Motorleistung mindestens eines beteiligten Fahrzeugs eingetragen, bei 179 Unfällen (etwa 30 %) liegt keine Angabe zur Motorleistung vor. Betrachtet

man die Unfälle mit Nennung der Motorleistung, zeigt sich, dass an 98 Unfällen (etwa 23 %) Fahrzeuge mit einer Motorleistung unter 11 kW und bei 320 Unfällen (etwa 77 %) Fahrzeuge mit über 11 kW beteiligt waren (Abbildung 4). Die Fahrzeuge mit einer Motorleistung von mehr als 11 kW dürfen nur von Personen mit einem Befähigungsnachweis gefahren werden. Ohne genaue Kenntnis der Verkehrszusammensetzung kann kein Rückschluss darauf gezogen werden, ob führerscheinfreie Fahrzeuge einen größeren oder kleineren Anteil am Unfallgeschehen haben.

Sowohl im Bereich bis 11 kW als auch mit größerer Leistung sind etwa 90 % der Unfälle „weniger schwer“, etwa 5 % der Unfälle „sehr schwer“. Eine Tendenz, ob die Schwere der Unfälle daran gekoppelt ist, dass die Schiffsführenden einen Sportbootführerschein haben oder nicht, ist damit nicht zu erkennen.

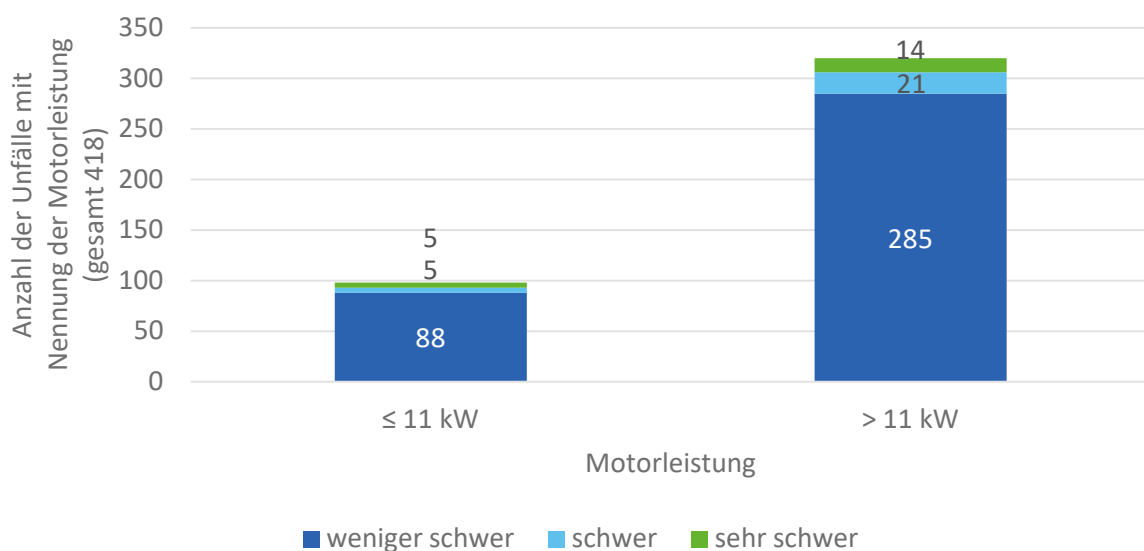


Abbildung 4: Motorleistung der am Unfall beteiligten Sportboote. Zu beachten gilt, dass die Angabe ganzzahlig getätigt wird und 11 kW damit 15 PS äquivalent ist.

### 3.5 Unfallursachen

Unfälle werden in HAVARIS mit einer Hauptunfallursache (siehe Abbildung 5) und weiteren Detailangaben zur Unfallursache eingetragen. So wird die Hauptunfallursache „Fehler in der nautischen Führung“ weiter unterteilt in „fehlende Revierkenntnisse“, „fehlerhafte Beladung“ usw. (siehe Achsenbeschriftung Abbildung 6). Nur bei 341 von 597 Unfällen (57 %) ist eine Unfallursache angegeben. In 64 % dieser Unfälle sind „Fehler in der nautischen Führung“ ursächlich (Abbildung 5). Die detaillierten Angaben zu dieser Hauptunfallursache zeigen, dass „Manövrierfehler“ und „fehlende Revierkenntnisse“ die Ursache für einen großen Teil der Unfälle darstellt (siehe Abbildung 6). Insgesamt 80 Unfälle gehen auf „Manövrierfehler“ zurück, also jeder vierte Unfall, während jeder zehnte Unfall auf mangelnde Revierkenntnisse zurückzuführen ist. Der überwiegende Anteil der Unfälle (77 %) findet unter Beteiligung von Fahrzeugen mit mehr als 11 kW statt, die nach geltender Rechtslage einen Befähigungsnachweis des Schiffsführenden erfordern.

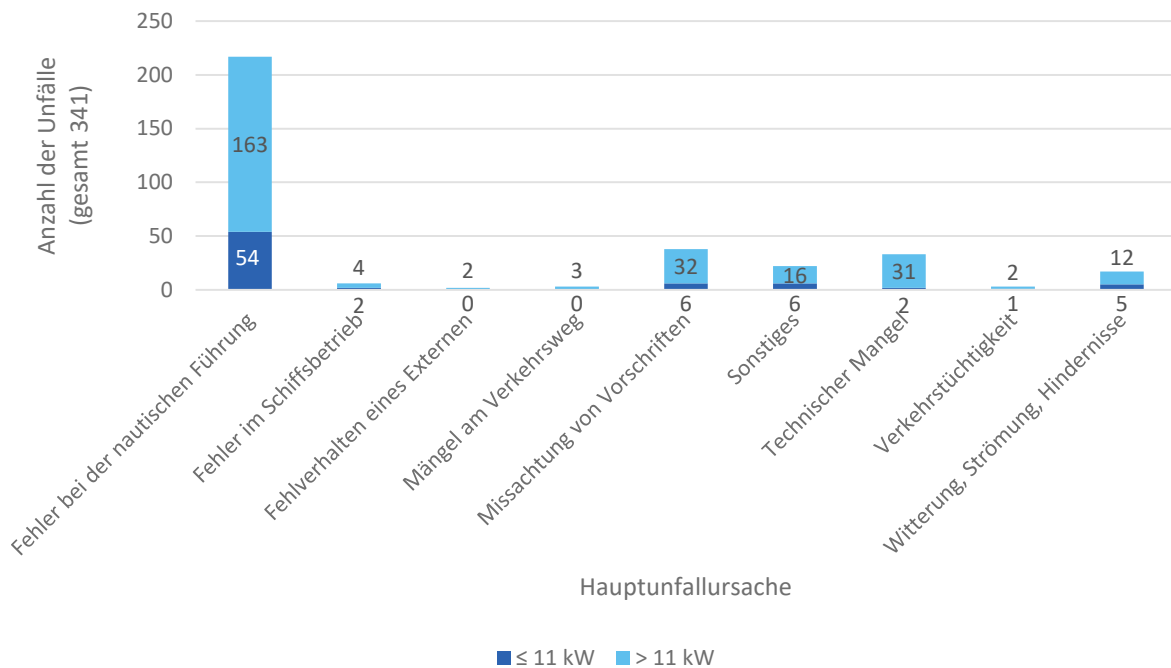


Abbildung 5: Anzahl der Unfälle abhängig von der Hauptunfallursache

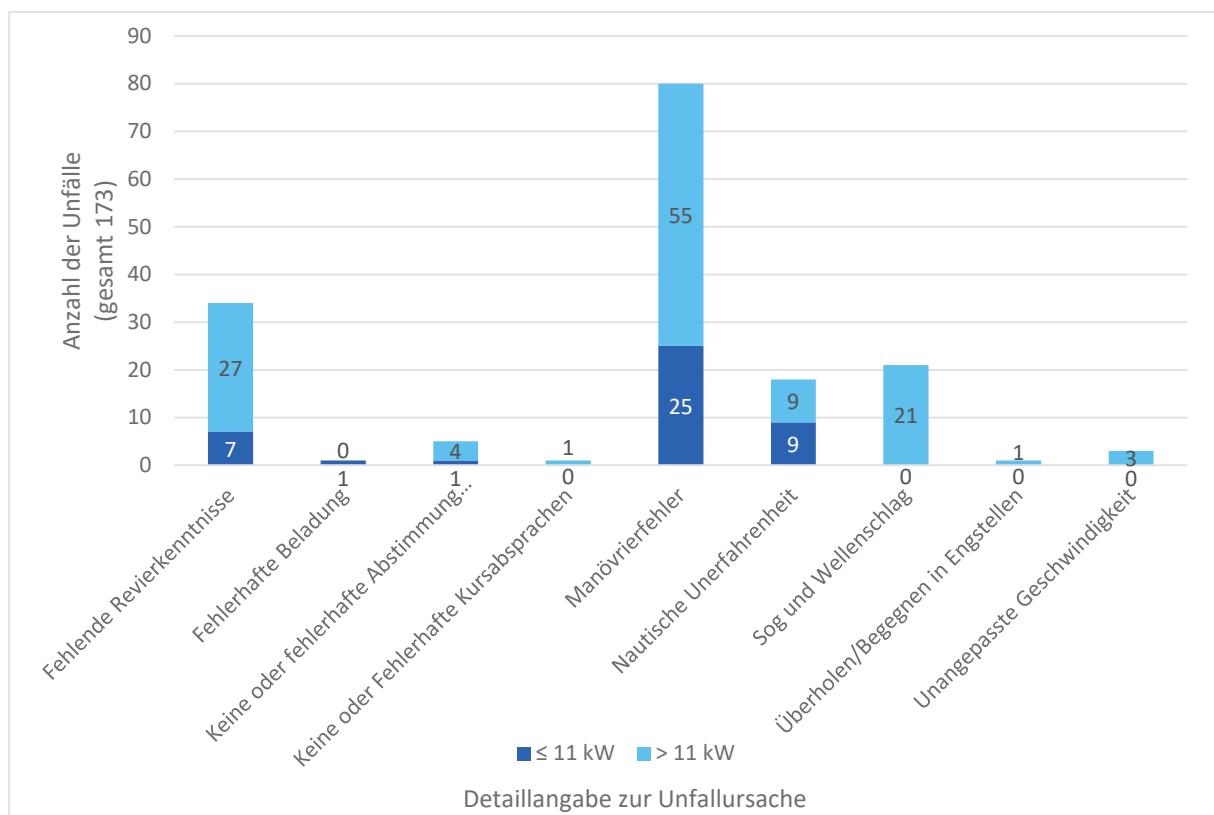


Abbildung 6: Detailangaben zur Hauptunfallursache „Fehler bei der nautischen Führung“

Weiter zeigt sich, dass „Sog und Wellenschlag“ als Detailangabe zu „Fehler in der nautischen Führung“ ebenfalls für einen großen Anteil der Unfälle verantwortlich ist (siehe Abbildung 6). Außerdem sind bei dieser Unfallursache keine unfallbeteiligten Fahrzeuge mit einer Leistung unter 11 kW dokumentiert. Eine Stichprobenüberprüfung der Unfallberichte lässt den Schluss zu, dass zumeist liegende Fahrzeuge betroffen sind, welche durch die Wellen passierender Güterschiffe oder stark motorisierter Sportboote beschädigt wurden. Ob sich die Verursacher des Wellenschlags mit angepasster oder überhöhter Geschwindigkeit bewegten, ist nicht bekannt.

### 3.6 Unfallhäufigkeit

Die meisten Unfälle passieren auf dem Rhein, dicht gefolgt von der Unteren-Havel-Wasserstraße (UHW) (siehe Abbildung 7).

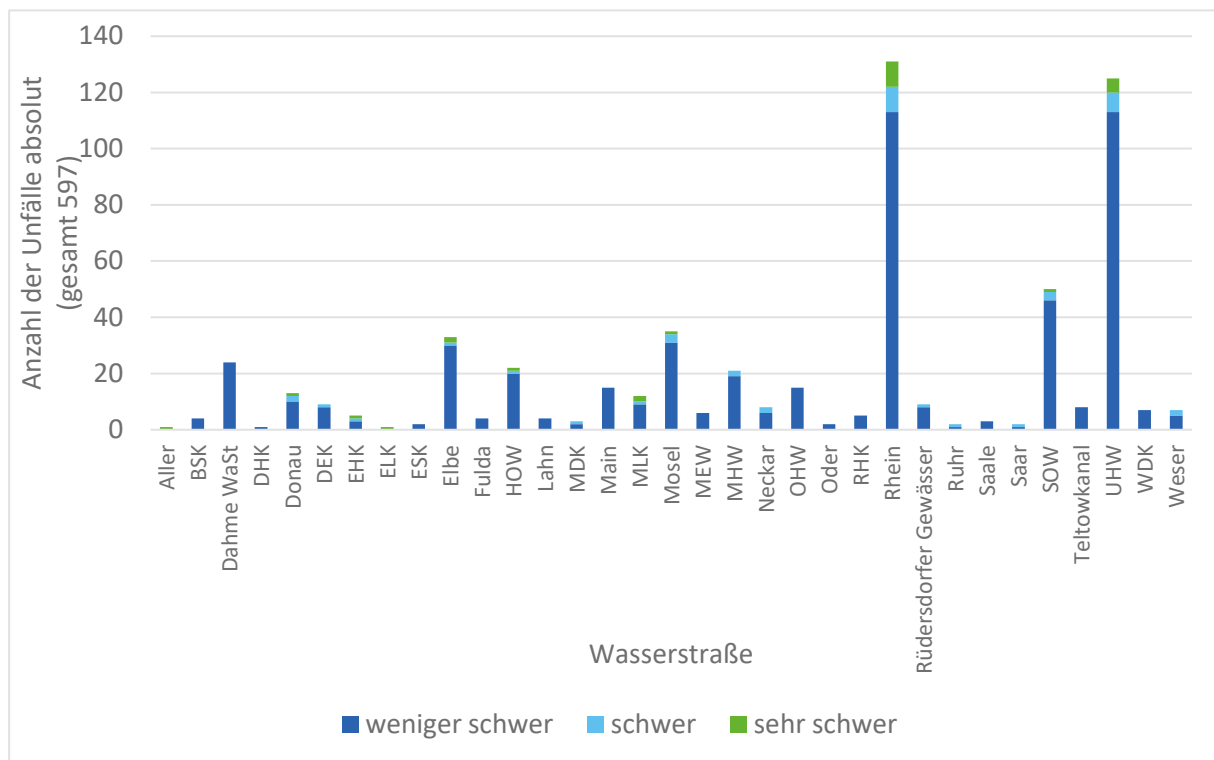


Abbildung 7: Unfallhäufigkeit pro Wasserstraße

Betrachtet man hingegen die Unfallhäufigkeit je Wasserstraßenkilometer, zeigt sich, dass auf der UHW zusammen mit dem Rüdersdorfer Gewässer und der Müritz-Havel-Wasserstraße (MHW) das höchste Unfallaufkommen herrscht (siehe Abbildung 8). Alle drei Wasserstraßen sind beliebte Ziele für Wasserstouristen und Sportbootfahrende und sind dementsprechend für eine hohe Verkehrsdichte bekannt. Es verkehren hier viele motorisierte Sportboote, Charterfahrzeuge, Hausboote und nichtmotorisierte Sportboote. Ob das Unfallaufkommen proportional mit der Verkehrsdichte verknüpft ist oder ob die wahrnehmbar erhöhte Verkehrsdichte ein überproportional erhöhtes Unfallaufkommen mit sich bringt, lässt sich aufgrund fehlender Daten zur Verkehrsdichte nicht überprüfen.

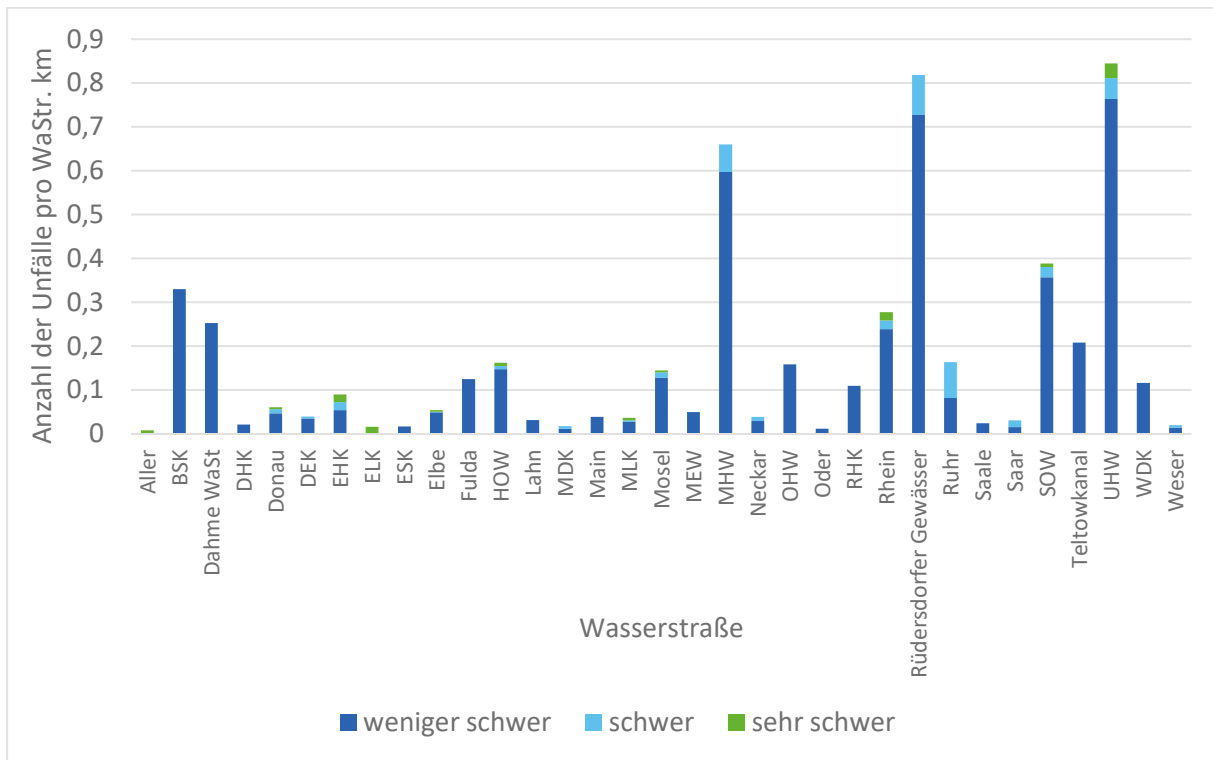


Abbildung 8: Unfälle pro Kilometer je Wasserstraße

#### 4 Fahrerlaubnis und Befähigungsnachweis, sowie europäische und internationale Regelungen

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich nur auf Sportboote bei Fahrt unter Motor auf Binnenschiffahrtsstraßen und die dazu benötigte Qualifikation.

Die Befähigung zum Führen von Sportbooten mit einer Länge bis 20 m und einer installierten Motorleistung von 15 PS (11,03 kW) bei Verbrennungsmotoren bzw. 10,2 PS (7,5 kW) bei Elektromotoren, der Sportbootführerschein, wird durch das Bestehen einer zweiteiligen Prüfung, bestehend aus einem theoretischen und einem praktischen Teil, nachgewiesen (§6 Abs. 1Nr. 4 in Verbindung mit §8 SpFV). Unterhalb dieser Leistungsgrenzen dürfen Sportboote auf deutschen Binnenschiffahrtsstraßen führerscheinfrei gefahren werden. Tabelle 1 zeigt die Führerscheinfreigrenzen im europäischen Vergleich.

*Tabelle 1: Führerscheinfreigrenzen anhand Motorleistung, Segelgröße und Schiffslänge in verschiedenen europäischen Ländern und national ausgestellter Befähigungsnachweis*

Land	Führerscheinfreigrenze	Befähigungsnachweis für Binnengewässer
Deutschland	15 PS (10,2 PS für E-Antriebe), Segelfläche > 6 m <sup>2</sup> , Schiffslänge 20 m	Sportbootführerschein Binnen
Schweiz	8 PS, Segelfläche 15 m <sup>2</sup>	Schiffsführerausweis
Österreich	5 PS, Schiffslänge 3,5 m	Sportbootführerschein Binnen
Niederlande	Maximalgeschwindigkeit 20 km/h, Schiffslänge 15 m	Klein Varbewijs 1
Frankreich	6 PS, Schiffslänge 15 m	Permis Fluvial
Spanien	6 PS, Schiffslänge 6 m	Licencia de Navegación
Großbritannien	4 PS	Powerboat 2 Licence, PWC Licence (Jet-Ski etc.)

Die Führerscheinplicht gründet sich in der Annahme, dass von einem nicht (formal) qualifizierten Verkehrsteilnehmer, der ein motorisiertes Fahrzeug ab einer bestimmten installierten Leistung bewegt, ein nicht mehr akzeptiertes Schadensrisiko ausgeht.

## 4.1 Theoretischer Teil der Führerscheinprüfung

Im theoretischen Teil werden Kenntnisse bzgl. der Regelungen zu Verkehrsrecht, Schiffsführung, Umweltrecht, Schiffstechnik, Wetter, besonderen Regelungen für die beiden Antriebsarten Segel und Antriebsmaschine und spezifische Fragen zum Binnenschiffrechtsrecht gefordert (s. SpFV, Anlage 3). Die Prüfung wird im Multiple-Choice-Verfahren durchgeführt. Dabei werden aus einem feststehenden, öffentlichen Fragenkatalog mit insgesamt 300 Fragen für die Prüfung 30 Fragen ausgewählt.

## 4.2 Praktischer Teil der Führerscheinprüfung

In der praktischen Prüfung (mit Antriebsmaschine) sind folgende Pflichtmanöver und sonstige Manöver vorgesehen:

- Rettungsmanöver, Person (Boje) über Bord: Der Prüfling weist nach, dass er das Boot so steuern kann, dass ein über Bord gegangenes Besatzungsmitglied sicher wieder aufgenommen werden kann.
- Anlegen unter Maschine: Der Prüfling weist nach, dass er das Boot sicher anlegen kann, d. h. bei kleiner Geschwindigkeit Ruder und Propeller koordinieren kann.
- Ablegen unter Maschine: Der Prüfling weist nach, dass er das Boot sicher ablegen kann, d. h. bei kleiner Geschwindigkeit Ruder und Propeller koordinieren kann.
- Kursgerechtes Aufstoppen: Das kursgerechte Aufstoppen erfordert nur bei Einschraubern eine gewisse Kompetenz, in dem der Radeffekt ausgeglichen werden muss.
- Wenden auf engem Raum: Der Prüfling weist nach, dass er den Platzbedarf des Bootes bei engen Wendemanövern richtig einschätzen kann.
- Kurshalten, Steuern nach Sichtlinie: Der Prüfling ist in der Lage, das Schiff auf Kurs zu halten. Dabei wird im Binnenbereich nicht nach Kompass, sondern nach Sicht auf bestimmte Landmarken gefahren.
- Schallsignale: Der Prüfling muss die Kenntnis mindestens eines Schallsignals nachweisen, bzw. bei geeigneter Verkehrssituation demonstrieren können. Schallsignale sind auch Teil der theoretischen Prüfung.

Außerdem müssen von den folgenden Seemannsknoten mindestens 6 vorgeführt und die Verwendung erklärt werden: Achtknoten, Kreuzknoten, Palstek, Schotstek, Stopperstek, Webleinstek, Webleinstek auf Slip, Rundtörn mit zwei halben Schlägen und Belegen einer Klampe.

Schließlich muss das Anlegen einer Rettungsweste gezeigt werden.

## 4.3 Nicht geprüft

Mit der Prüfung zum Sportbootführerschein soll der Prüfling nachweisen, dass er die Befähigung besitzt, ein Sportboot sicher im Verkehr zu führen. Dabei treten im Verkehr auf Binnenschiffstraßen durchaus herausfordernde Situationen auf, die nicht Teil der Prüfung sind. Da es

keine verpflichtende Ausbildung gibt, kann auch nicht davon ausgegangen werden, dass die Inhalte zwar nicht geprüft, aber wenigstens vermittelt wurden. Hierzu gehören:

- Orientierung im Verkehr, Manövriereigenschaften typischer Verkehrsteilnehmer und Prädiktion des Verhaltens der anderen Verkehrsteilnehmer: Große Binnenschiffe der gewerblichen Schifffahrt führen u. U. raumgreifende Manöver (z. B. Wenden auf dem Rhein zum Anlegen gegen die Strömung, Einfahrt in oder Ausfahrt aus einem Hafen, Spurwechsel mit blauer Tafel) aus, mit denen ein unerfahrener Bootsführer nicht vertraut ist und dann den Schiffen nicht ausreichend Raum für die Manöver lässt und diese behindert. Ohne Teilnahme am Binnenschiffahrtstfunk muss ein Bootsführer solche Manöver und den dafür benötigten Raumbedarf sicher erkennen können.
- Schleusenmanöver: Beim Schleusen können zu geringe Abstände zum Propellerstrahl vorausfahrender Binnenschiffe oder die falsche Handhabung der Festmacher zu Havarien führen.
- Fahren bei Dunkelheit: Bei Dunkelheit, aber ansonsten sichtigem Wetter, muss der Bootsführer die anderen Verkehrsteilnehmer und deren Kurs anhand der Navigationsbeleuchtung sicher erkennen können. Er muss diese Lichter außerdem von anderen Lichtern an den Ufern unterscheiden. Das theoretische Wissen zur Lichterführung wird geprüft, ein praktisches Training oder praktischer Nachweis erfolgt nicht.

*Anmerkung: Die Ausbildung für den Kfz-Führerschein sieht hier 3 Pflichtstunden bei Dämmerung oder Dunkelheit vor.*

Die Prüfung findet vielfach in geschützten Gewässern (Seen, Häfen) ohne Strömung statt. Die Fahrt in dichtbefahrenen Binnenschiffahrtsstraßen zusammen mit der Berufsschifffahrt und in Fließgewässern wie dem Rhein wird nicht trainiert oder in der praktischen Prüfung gefordert.

#### **4.4 Anforderungen an eine internationale Sportbootlizenz**

Eine international gültige Sportbootlizenz kann ohne zusätzliche Prüfung erhalten werden, wenn die national gültige Fahrerlaubnis den Voraussetzungen des *International Certificate for Operators of Pleasure Craft (ICC)* entspricht. Lehr- und Prüfungsinhalt der europäischen Sportbootlizenzen für den Binnenbereich orientieren sich alle an den Regularien zum ICC (Working Party on Inland Water Transport, 2022), so dass nahezu alle in Anhang 1 aufgeführten Lizenzen ICC-tauglich sind.

Die Anforderungen sind wie folgt (übersetzt aus dem Englischen):

1. Für die Erteilung eines ICC muss der Antragsteller:

- (a) das 16. Lebensjahr vollendet haben;
- (b) körperlich und geistig für den Betrieb eines Sportbootes geeignet sein und insbesondere über ein ausreichendes Seh- und Hörvermögen verfügen;
- (c) eine Prüfung zum Nachweis der erforderlichen Befähigung zum Führen von Sportbooten erfolgreich abgelegt haben.

2. Der Bewerber hat in einer Prüfung nachzuweisen:

- (a) eine ausreichende Kenntnis der Vorschriften über den Betrieb von Sportbooten sowie der nautischen und technischen Kenntnisse, die für eine sichere Schifffahrt auf Binnengewässern und/oder Küstengewässern erforderlich sind, und
- (b) die Fähigkeit, diese Kenntnisse in der Praxis anzuwenden.

3. Diese Prüfung wird in Bezug auf die Schifffahrtsgebiete (d. h. Binnengewässer und/oder Küstengewässer) abgelegt und muss mindestens die folgenden spezifischen Themen umfassen:

3.1 Ausreichende Kenntnis der einschlägigen Vorschriften und nautischen Veröffentlichungen:

Verkehrsvorschriften für Binnengewässer, insbesondere der Europäische Binnenschifffahrtsstraßen-Ordnung (CEVNI), und/oder für Küstengewässer, insbesondere die Vorschriften zur Verhütung von Zusammenstößen auf See, einschließlich der Schifffahrtshilfen (Markierung und Betonung der Wasserstraßen).

3.2 Fähigkeit, die nautischen und technischen Kenntnisse in der Praxis anzuwenden:

- (a) Allgemeine Kenntnisse über das Fahrzeug, die Verwendung und das Mitführen von Sicherheitsausrüstungen und die Funktionsfähigkeit des Motors/der Segel;
- (b) Bedienung des Fahrzeugs und Verständnis des Einflusses von Wind, Strömung, Wechselwirkung und begrenzter Kielfreiheit;
- (c) Verhalten bei Begegnungen mit anderen Schiffen und beim Überholen;
- (d) Ankern und Festmachen unter allen Bedingungen;
- (e) das Manövrieren in Schleusen und Häfen;
- (f) allgemeine Kenntnisse der Wetterbedingungen;
- (g) allgemeine Kenntnisse der Navigation, insbesondere die Bestimmung der Position und die Festlegung eines sicheren Kurses.

3.3 Verhalten unter besonderen Umständen:

- (a) Grundsätze der Unfallverhütung (z. B. Mann-über-Bord-Manöver);
- (b) Maßnahmen bei Kollisionen, Maschinenausfall und Auflaufen, einschließlich des Abdichtens eines Lecks, Hilfeleistung in Notfällen;
- (c) Einsatz von Rettungsmitteln und -ausrüstungen;
- (d) Brandverhütung und Brandbekämpfung;
- (e) Vermeidung von Wasserverschmutzung.

## 5 Technische Einflussfaktoren auf die Navigation

Die Sportbootführerscheinpflicht ist an technische Kriterien des Bootes geknüpft. Dies sind zurzeit die Länge und die Motorleistung, wobei hier zwischen Elektro- und Verbrennungsmotoren unterschieden wird. Daneben könnten aber auch weitere technische Kriterien Einfluss auf eine Sportbootführerscheinpflicht haben. Diese sollen hier betrachtet werden. Segelboote und deren spezielle technische Eigenschaften werden hier nicht berücksichtigt.

Es wird davon ausgegangen, dass die untersuchten Kleinfahrzeuge gemäß Richtlinie 2013/53/EU hergestellt wurden. Dies trifft auf alle im freien Verkauf erhältlichen Kleinfahrzeuge zu. Ältere Gebrauchtboote und Eigenbauten können hiervon abweichen.

### 5.1 Wahrnehmung der Verkehrssituation

Damit der Bootsführer das Kleinfahrzeug sicher navigieren kann, muss er die Verkehrssituation vollständig erfassen können. Da es für Kleinfahrzeuge keine Ausrüstungspflicht hinsichtlich elektronischer Navigationsmittel gibt, ist die optische und akustische Erfassung der Verkehrssituation entscheidend. Nach Anhang I A.2.4 der Richtlinie 2013/53/EU muss der Hersteller sicherstellen, dass eine gute Rundumsicht von Hauptsteuerstand aus gewährleistet ist.

Es werden in der Richtlinie keine Aussagen darüber getroffen, wie gut sich der Bootsführer in Bezug auf die Lage des eigenen Schiffs orientieren können muss. Oft sind Orientierungsmarken an Bord vorhanden, z. B. ein Mast, mit Hilfe derer Schiffsführende sofort die Position anderer Verkehrsteilnehmer in Bezug zum eigenen Kurs bestimmen können. Es sind aber auch Konstruktionen vorstellbar, in denen es hier zu Fehleinschätzungen kommen kann. Eine mögliche Fehlerquelle wäre z. B. ein drehbarer Steuerstuhl, an den die Bedienelemente für Ruder und Propeller montiert sind (dies ist für die Berufsschiffahrt nach ES-TRIN nicht zulässig).

Sofern der Bootsführer die anderen Verkehrsteilnehmer auf der Wasserfläche optisch erkennen kann, liegt es an seinen Fähigkeiten, deren Kurs und Geschwindigkeit zu erkennen und Verhalten abzuschätzen.

Ein weiteres, in der Berufsschiffahrt weit verbreitetes Navigationshilfsmittel ist die elektronische Wasserstraßenkarte (Inland ECDIS) in Verbindung mit Inland AIS. Für Kleinfahrzeuge besteht keine Ausrüstungspflicht, weder mit ECDIS noch mit AIS. Die Verwendung erleichtert die Navigation allerdings wesentlich. Selbst bei einer passiven AIS-Anzeige in der ECDIS werden Binnenschiffe frühzeitig erkannt, und deren Entfernung zum eigenen Fahrzeug lässt sich recht genau bestimmen.

Das Radar ist ein weiteres bei sichtigem Wetter für Sportboote nicht ausrüstungspflichtiges Hilfsmittel für die Navigation. Bei unsichtigem Wetter (Nebel, starker Regen, Schneefall etc.) ist die Navigation mithilfe eines Radargerätes obligatorisch und das einzige zugelassene Navigationsmittel. Die Verwendung eines Radargerätes als Navigationsmittel erfordert allerdings ein ausreichendes Training und den Erwerb eines Radarpatentes.

Sofern die bauliche Gestaltung des Steuerstandes die Erkennung der Verkehrssituation bei Tage erlaubt, ist dies auch grundsätzlich nachts möglich. Unter Umständen können Lichtreflexionen an

den Steuerhausscheiben stören. Diesen kann durch eine entsprechende Beschichtung der Scheiben und eine Abdunklung des Steuerstandes begegnet werden.

Zusammenfassend kann bei guter Rundumsicht vom Steuerstand kein Aspekt identifiziert werden, der eine sichere Navigation einschränken könnte. Marktgängige elektronische Hilfsmittel können die Navigation erheblich erleichtern. Wenn die Wahrnehmung der Verkehrssituation durch die technischen Eigenschaften des Bootes erschwert ist, begründet dies keine Führerscheinpflicht, sondern sollte zur verbesserten Ausstattung des Boots mit Navigationshilfen Anlass geben.

## 5.2 Bedienbarkeit des Bootes

Auch bei einem technisch einwandfrei funktionierenden Boot, können Unfälle durch Fehlbedienung entstehen. Bedienungsfehler sind grundsätzlich als menschliches Versagen zu betrachten. Gründe hierfür können mangelnde Vertrautheit mit dem Boot, Ablenkung, Müdigkeit u. v. m. sein.

Befördernd für Unfälle können allerdings ungünstige Bedienungskonzepte wirken. Idealerweise ist die Bedienung intuitiv und nutzt das Vorwissen der Bediener. Das Vorwissen der Bediener kann auch von anderen Verkehrsmitteln stammen, mit denen er vertraut ist. In erste Linie ist hier an das Automobil zu denken.

Wenn das Ruder über ein Steuerrad gesteuert wird, sollte eine Drehung nach rechts zu einer Gierbewegung nach Steuerbord führen und eine Drehung nach links zu einer Gierbewegung nach Backbord. Ebenso sollte das Fahrzeug voraus beschleunigen, wenn der Fahrhebel nach vorne gelegt wird und abbremsen bzw. achteraus beschleunigen, wenn der Fahrhebel nach hinten gelegt wird.

Es gibt allerdings auch Steuerungen, die nicht intuitiv sind und bei untrainierten Bootsführern bzw. Rudergängern leicht zu Fehlern führen. Dazu zählen z. B. die Pinnensteuerung oder Fahrtrichtungskupplungen bei älteren Verbrennungsmotoren. Ebenso kann die Steuerung eines Bugstrahlruders mit einem Azimutcontroller nicht intuitiv sein.

Bei der Steuerung der Propulsions- und Manövrierorgane ist dann ein weiteres Kriterium, mit welcher Verzögerung diese arbeitet. Das direkt angetriebene Ruder arbeitet verzögerungsfrei, allerdings meistens übersetzt. D. h. der Bewegungswinkel des Steuerrades ist um ein Vielfaches größer als der Stellwinkel des Ruders. Aus der Stellung des Steuerrades kann nicht direkt auf den Ruderwinkel geschlossen werden. Beim Einsatz einer Rudermaschine kann die Stellung des Ruderhebels dem Ruderwinkel entsprechen, durch den elektrischen oder hydraulischen Antrieb gibt es allerdings Verzögerungen.

Ähnliches gilt auch für den Antrieb. Bei einem Verbrennungsmotor kommt es durch das Einkuppeln beim Anfahren und Umsteuern zu Schaltzeiten der Kupplung. Das Umschalten des Wendegetriebes führt ebenfalls zu Verzögerungen. In der Praxis liegen diese bei unter 2 Sekunden. Bei Elektromotoren gibt es praktisch keine Verzögerungen durch die Ansteuerung.

Für das Bedienungskonzept gibt es keine Regeln. Allerdings haben sich wenige, bauarttypische Bedienungskonzepte etabliert. Die Gefahr einer Fehlbedienung ist für Personen, die über eine gewisse Erfahrung in der Steuerung von Booten verfügen, als gering einzustufen.

Auch wenn die Bedienbarkeit der Propulsions- und Steuerorgane des Boots durch die technischen Eigenschaften des Bootes erschwert ist, kann dies nicht eine Führerscheinpflicht begründen, denn weder in einer Ausbildung noch in der Prüfung kann der sichere Umgang mit allen verfügbaren Bedienungskonzepten erlernt bzw. geprüft werden.

### **5.3 Manövrierverhalten**

Das Manövrierverhalten beschreibt das Bewegungsverhalten des Boots als Reaktion auf die einwirkenden Kräfte und wird im Wesentlichen durch die Rumpfform, die Trägheit (Bootsmasse) und durch die Propulsions- und Manövrierorgane bestimmt. Der Antrieb der Propulsionsorgane hat ebenfalls Einfluss auf das Manövrierverhalten.

Das maximale Beschleunigungs- und Stoppvermögen oder der minimale Drehkreisdurchmesser sind konstruktive Eigenschaften, die das Manövrierverhalten des Boots und damit die navigatorischen Möglichkeiten des Bootsführers beschränken. Allerdings kann eine sehr hohe Motorleistung, die sehr starke Beschleunigungen ermöglicht, auch das Steuerungsvermögen des Bootsführers übersteigen.

Das Manövrierverhalten eines Schwimmkörpers kann mit einem gewöhnlichen Differentialgleichungssystem beschrieben werden (Lewis, 1988). In Binnengewässern ohne ausgeprägten Seegang genügt hierfür eine Beschreibung in der horizontalen Ebene, d. h. in drei Freiheitsgraden: Es werden die Bewegungen in Längsrichtung (surge), in Querrichtung (sway) und die Rotation um die Hochachse (yaw) beschrieben.

Für die Manövrierfähigkeit sind, besonders bei Kleinfahrzeugen, vor allem die Längs- und die Gierbewegung von Interesse. Im Folgenden soll erörtert werden, von welchen Einflussfaktoren die Manövrierfähigkeit im Wesentlichen beeinflusst wird.

Das Beschleunigungs- und Stoppvermögen wird von der Trägheit und dem Propellerschub bestimmt. Die hydrodynamischen Eigenschaften des Rumpfes sind bei kleinen Geschwindigkeiten kaum relevant, der Widerstand des Bootes verschwindet, wenn die Geschwindigkeit gegen Null geht. Bei gegebener Bootsmasse (Verdrängung) ist die Beschleunigung bzw. das Aufstoppen von dem Propellerschub abhängig.

#### **5.3.1 Propulsion**

In diesem Abschnitt soll nur das Propulsionsorgan (Vortriebsorgan) behandelt werden, unabhängig davon, wie es selbst angetrieben wird. Die Betrachtungen beschränken sich auf Propellerantriebe im Wasser. Dabei spielt es keine Rolle, ob der Propeller an einer Wellenanlage, an einem Z-Antrieb oder einem Außenborder angebracht ist. Die Aussagen gelten ebenso für Düsenpropeller und Wasserstrahlantriebe. Alternative Antriebe wie z. B. das Schaufelrad oder der Luftpropeller spielen zumindest auf europäischen Wasserstraßen bei Sportbooten keine nennenswerte Rolle.

Der Motor erzeugt (evtl. über ein Getriebe) ein Drehmoment  $Q$

$$Q = k_Q(J) \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5 \quad (1)$$

an der Propellerwelle, welches der Propeller in den Schub  $T$  umsetzt:

$$T = k_T(J) \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4 \quad (2)$$

Darin sind  $\rho$  die Wasserdichte,  $n$  die Propellerdrehrate,  $D$  der Propellerdurchmesser und  $J$  die Fortschrittsziffer

$$J = \frac{V_A}{nD}$$

mit der Anströmgeschwindigkeit des Propellers  $V_A$ , die am Hinterschiff üblicherweise etwas geringer ist als die Schiffsgeschwindigkeit. In der stationären Fahrt ist

$$V_A = (1-w) \cdot V$$

mit der Nachstromziffer  $w$  und der Schiffsgeschwindigkeit  $V$ . Die Nachstromziffer ist abhängig von der Rumpfform, typische Werte für  $w$  liegen bei Sportbooten im Bereich 0... 0,3. Bei instationären Zuständen weicht die Anströmgeschwindigkeit davon ab: Der Propeller beschleunigt das ihn umgebende Wasser schneller als das gesamte Schiff.

Der Schubbeiwert  $k_T$  und der Momentenbeiwert  $k_Q$  sind Funktionen der Fortschrittsziffer  $J$  und werden im Propellerfreifahrtversuch oder mit numerischen Methoden ermittelt. Die Charakteristik des Propellers ist unabhängig vom Antrieb. Abbildung 9 zeigt den Verlauf von  $k_T$  und  $k_Q$  als Funktion von  $J$  für einen typischen Bootspropeller.

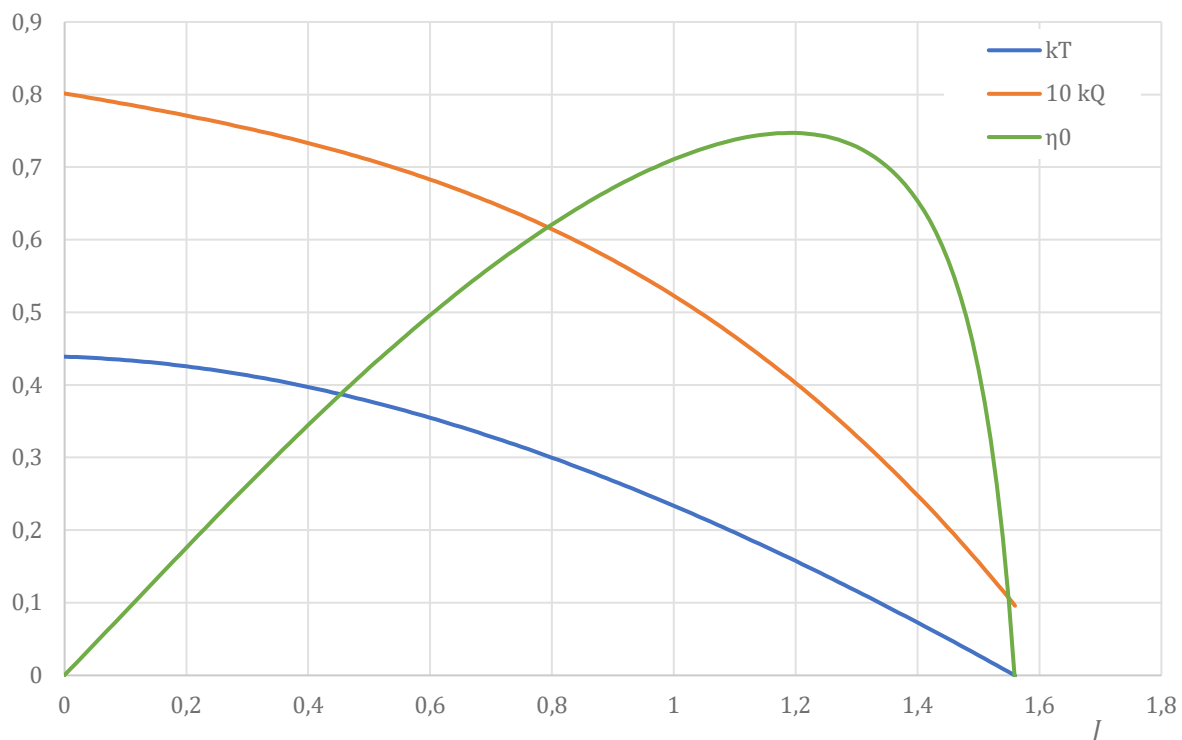


Abbildung 9: Typisches Freifahrt diagramm für einen Propeller

Bei einem Propellerantrieb stehen Drehrate, Geschwindigkeit, Schub und Moment in einem komplexeren Zusammenhang als bei einem Rad/Straße-System. Die Propellerleistung

$$P=2\pi \cdot n \cdot Q=2\pi k_Q(J) \cdot \rho \cdot n^3 \cdot D^5 \quad (3)$$

kann also nicht frei gewählt werden, bzw. der Motor kann mit dem Propeller keine beliebige Leistung umsetzen.

Die Kraft  $F$ , mit der das Schiff beschleunigt wird,

$$F=m\ddot{x}$$

ist die Differenz zwischen wirksamem Propellerschub und Widerstand

$$F=T(1-t)-R_T=m\ddot{x} \quad (4)$$

mit der Sogziffer  $t$ . Je völliger der Rumpf ist und je mehr er den Zustrom zum Propeller versperert, umso höher ist die Sogziffer. Bei Sportbooten ist dieser Wert in der Regel sehr klein (0 ... 0,1).

Damit wird die Beschleunigung zu

$$\ddot{x}=\frac{k_T \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4}{m} (1-t)-R_T(V) \quad (5)$$

Wenn das Antriebsmoment des Motors  $Q_M$  größer ist als das des Propellers  $Q_P$ , führt das zu einer Erhöhung der Drehrate:

$$Q_M-Q_P=I\dot{\omega}=2\pi I\dot{n} \quad (6)$$

Hierin ist  $I$  das Trägheitsmoment des gesamten Antriebsstranges (Rotor, Welle, Propeller). Reibungsverluste werden vernachlässigt.

Damit ergibt sich

$$Q_M-2\pi \cdot k_Q \left( \frac{V_A^*}{nD} \right) \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5=2\pi \cdot I \cdot \dot{n} \quad (7)$$

### 5.3.2 Antrieb

Für die weiteren Betrachtungen im Sinne einer Risikobewertung wird immer das Maximalmoment betrachtet. Abbildung 10 zeigt das theoretisch maximale Drehmoment eines beispielhaften 11 kW-Motors als Funktion der Drehrate, wenn dieser bei jeder Drehrate die maximale Leistung liefert.

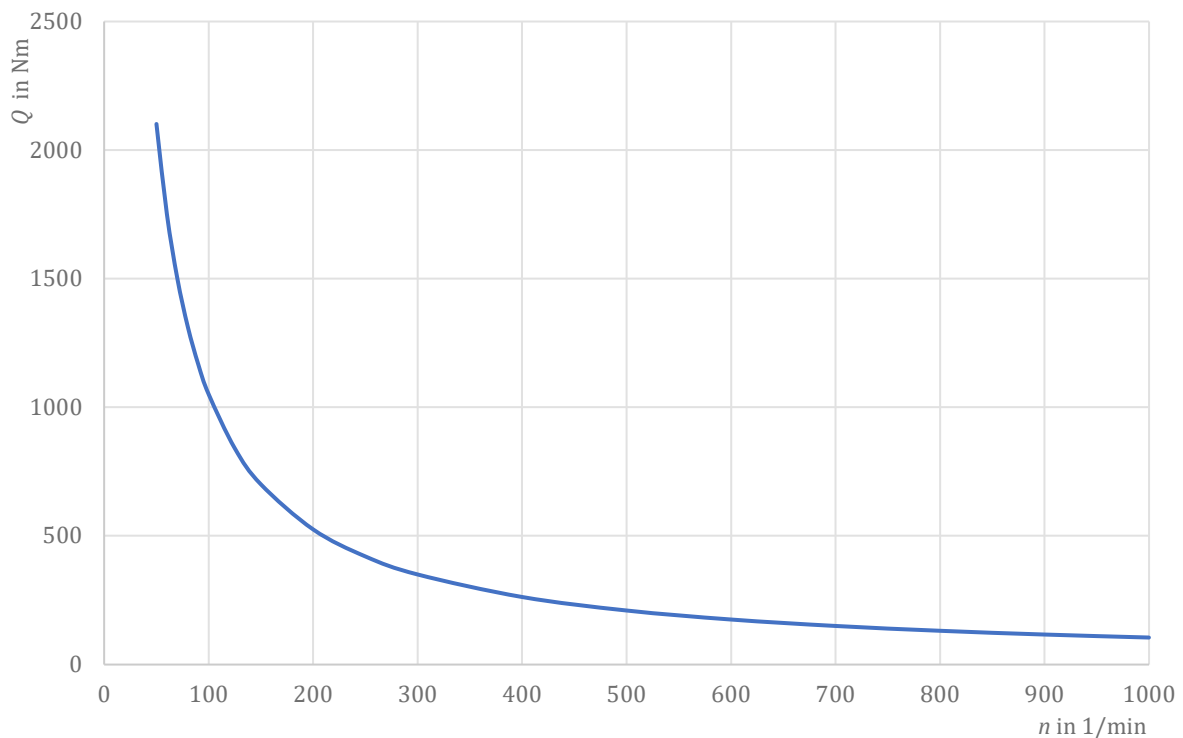


Abbildung 10: Theoretisches maximales Drehmoment als Funktion der Drehrate für einen 11 kW-Motor

Das tatsächliche Drehmoment des Motors hängt von der Füllung bzw. dem Strom ab. Elektro- und Verbrennungsmotor unterscheiden sich in ihrer Momentencharakteristik, d. h. in dem Moment, das sie bei einer bestimmten Drehrate maximal liefern können.

Elektromotoren werden so ausgelegt, dass sie bei der Nenndrehrate das Nennmoment und damit die vorgegebene Leistung liefern. Ungeregelte Asynchronmaschinen haben ein hohes Anzugsmoment (ein Mehrfaches des Nennmoments), bei steigender Drehrate steigt das Moment bis zu einem Maximum (Kippmoment) an, um dann etwa linear bis zum Nennmoment bei Nenndrehrate abzufallen. Diese Motoren finden im industriellen Bereich sehr häufig Anwendung. Die Auslegung erfolgt, in dem das Lastmoment zwischen dem Kippmoment und dem Nennmoment gewählt wird. Asynchronmaschinen sind nicht dafür ausgelegt, bei maximalem Moment und niedriger Drehrate dauerhaft zu laufen, sie überhitzen dann. Bei der Verwendung als Antriebsmotor mit variabler Drehrate muss die Asynchronmaschine mit einem Frequenzumrichter betrieben werden.

Bei geregelten Elektromotoren, die in einem weiten Drehratenbereich betrieben werden, gilt es, die Wärmeentwicklung im Motor, die proportional zum Stromfluss ist, auf das konstruktionsbedingte Maß zu begrenzen. Das Moment, das proportional zum Strom ist, wird deshalb unabhängig von der Drehrate begrenzt. Bei zwangsgekühlten Motoren, d. h. die Kühlung (Lüfterrad, Kühlwasserpumpe) ist mechanisch an die Motorwelle gekoppelt, ist das Moment (Stromfluss) bei kleinen Drehraten durch das Kühlvermögen begrenzt. Bei Bootsantrieben sollten die Motoren mit Wasser durch eine externe Pumpe gekühlt werden; dann entfällt diese Begrenzung. Die Dimensionierung erfolgt so, dass das Nennmoment durch Nennleistung und Nenndrehrate festgelegt wird.

### 5.3.3 Vergleich in der Simulation

Der konkrete Unterschied zwischen einem von einem Elektromotor und einem Verbrennungsmotor angetriebenem Kleinfahrzeug soll anhand eines Beispiels gezeigt werden.

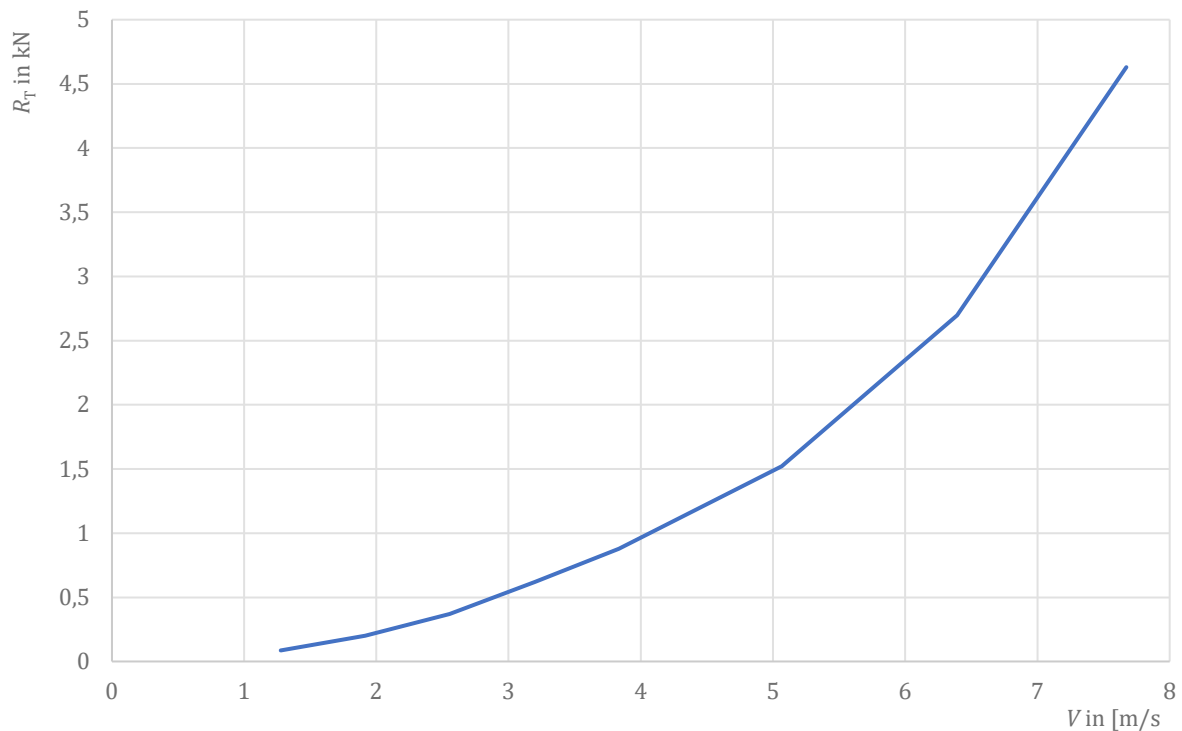


Abbildung 11: Gesamtwiderstand als Funktion der Geschwindigkeit

Als Beispielschiff wird ein im DST untersuchtes Kleinfahrzeug verwendet, da hier alle relevanten hydrodynamischen Eigenschaften bekannt sind. Das Fahrzeug hat eine Länge von 12,5 m eine Verdrängung von 5,2 t. Abbildung 11 zeigt den Gesamtwiderstand als Funktion der Geschwindigkeit. Das Freifahrtdiagramm des eingesetzten Propellers zeigt Abbildung 9.

In den vergleichenden Simulationen wurden zwei verschiedene Motoren eingesetzt, deren Drehmomentenkennlinien in Abbildung 12 dargestellt sind. Beide Motoren werden in der Beschleunigungsfahrt mit der möglichen Vollast (maximales Drehmoment) betrieben. Bei dem Elektromotor wird angenommen, dass er mit einer externen Pumpe wassergekühlt wird und damit auch bei sehr kleiner Drehzahl mit dem vollen Strom belastet werden kann.

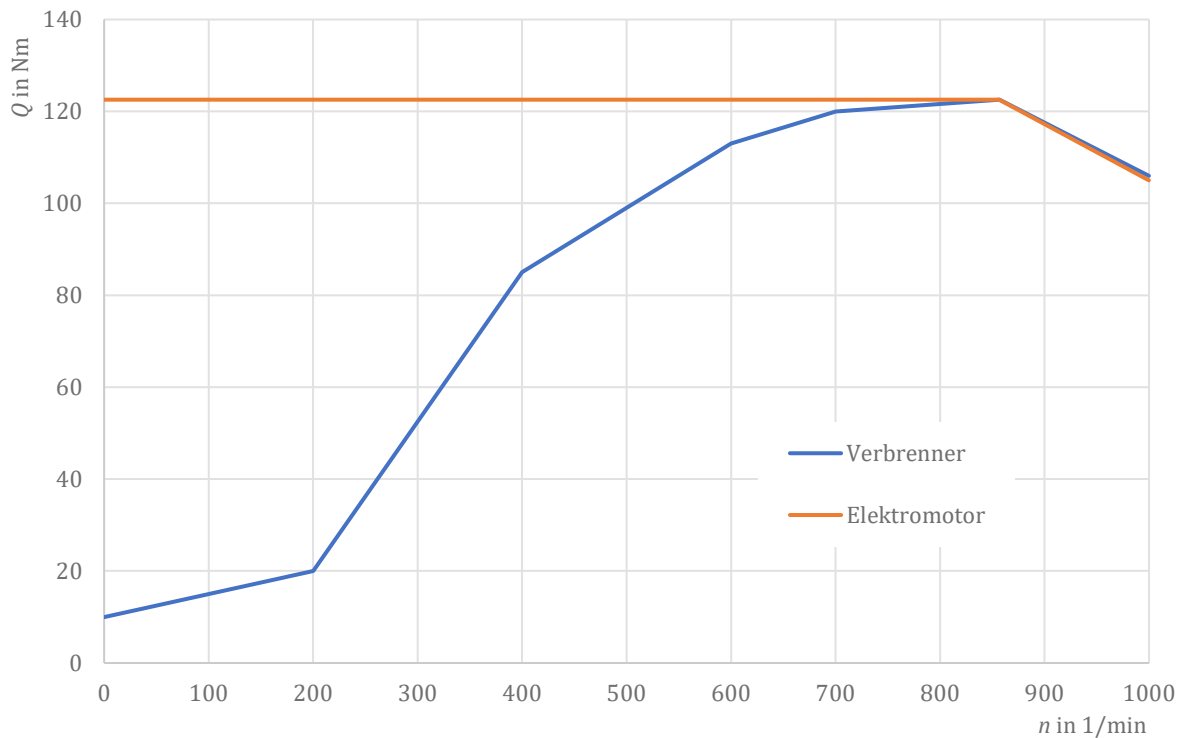


Abbildung 12: Kennlinien des Elektro- und des Verbrennungsmotors

Als Auslegungsgeschwindigkeit wurde 4,95 m/s (17,82 km/h) gewählt. Die Motoren sind so ausgelegt, dass bei maximaler Leistung das Schiff genau diese Geschwindigkeit erreicht, d. h. sie haben die gleiche Nennleistung.

In Abbildung 13 ist die Bootgeschwindigkeit als Funktion der Zeit für beide Antriebsvarianten dargestellt. Der Elektromotor beschleunigt erwartungsgemäß das Boot stärker als der Verbrennungsmotor. Das mit dem Elektromotor angetriebene Boot erreicht dieselbe Geschwindigkeit ca. 2,5 s früher. Angesichts einer Beschleunigungsphase von ca. 50 s ist diese Differenz klein.

In Hinblick auf die sichere Navigation kann diese Differenz zwischen den beiden Antriebsvarianten als nicht signifikant bewertet werden. Nur bei einem Manöver des letzten Augenblicks kann diese gering höhere Beschleunigung von Vorteil sein.

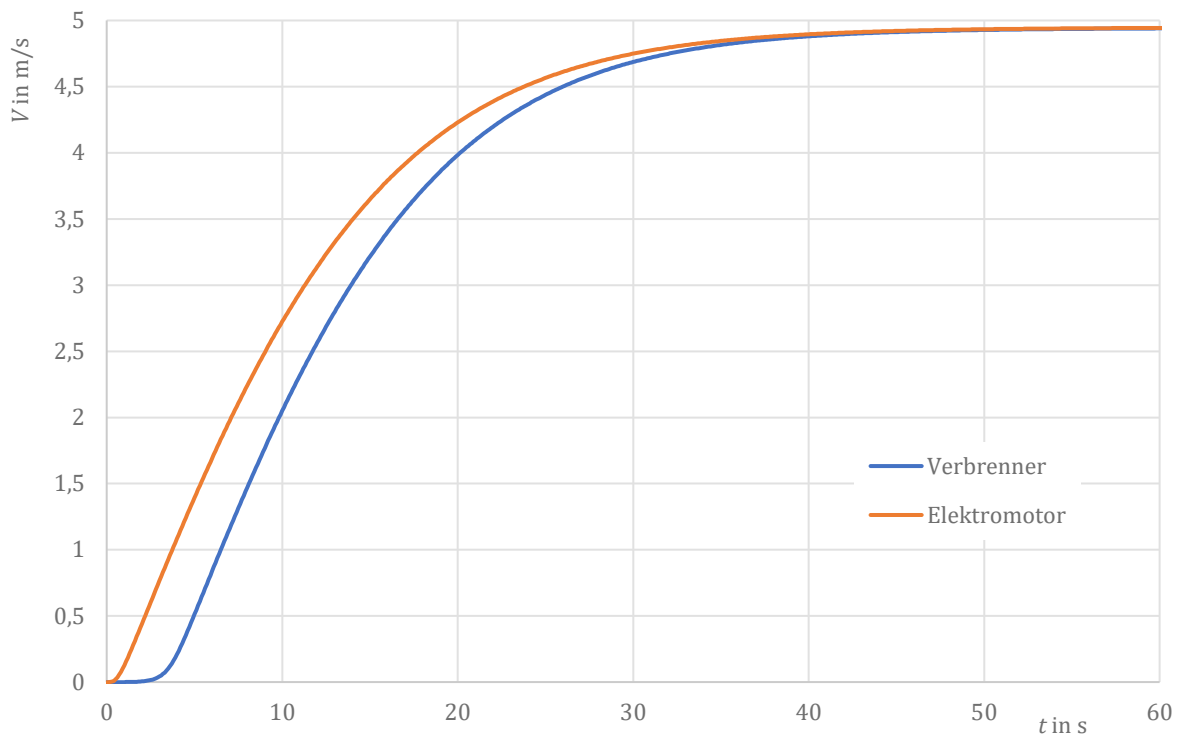


Abbildung 13: Simulierte Geschwindigkeit als Funktion der Zeit

### 5.3.4 Stoppvermögen

Ein Abbremsen des Boots erfolgt immer dann, wenn der Propellerschub kleiner ist als der Widerstand. In diesem Fall dreht der Propeller in die Vorausrichtung. Die Motorleistung und die Antriebsart spielen hier keine Rolle, vielmehr wird der Motor durch den Propeller entlastet.

Beim aktiven Aufstoppen dreht der Propeller rückwärts, während er von vorne angeströmt wird. Hier ist der Wirkungsgrad des Propellers, das Verhältnis zwischen Schub und Drehmoment, deutlich schlechter als in der Vorausrichtung, für die er optimiert wurde. Beim Aufstoppen ist ein erhöhtes Drehmoment vorteilhaft. Beim Verbrennungsmotor wirkt sich beim Aufstoppen die Umschaltzeit des Wendegetriebes zusätzlich nachteilig aus.

Ein Elektromotor wirkt sich also positiv auf die Stoppfähigkeit aus.

### 5.3.5 Gierbeschleunigung und Gierstabilität

#### Konventionelle Wellenanlage mit Ruder

Die Gierbewegung, also das Drehen um die Hochachse, wird durch das Ruder und den Rumpf hervorgerufen. Wenn das Ruder angestellt wird, erzeugt es eine Querkraft, die durch den Hebelarm (bezogen auf den Schwerpunkt) das ganze Boot um die Hochachse dreht. Dadurch entsteht ein Driftwinkel zwischen Kursachse und Bootsängsachse. Der Bootsrumpf, der aus Kursrichtung angeströmt wird erzeugt dann durch seine Tragflügelwirkung eine Querkraft die ins Kurveninnere

wirkt. In der weiteren Drehbewegung erzeugt das Ruder eine kleine Kraft nach außen, während der Rumpf die eigentliche Zentripetalkraft erzeugt und so das Boot in einen Drehkreis bringt.

Die Ruderkraft ist abhängig von der Ruderfläche, dem Ruderprofil und der Anströmgeschwindigkeit. Wie oben bereits erwähnt, ist die Anströmgeschwindigkeit des Ruders im Propellerstrahl in der Regel größer als die Bootsgeschwindigkeit. Das wird beim Manövrieren genutzt, indem kurze Propellerschübe zu kurzen aber hohen Ruderkräften führen.

Wenn das Ruder direkt hinter dem Propeller angeordnet ist, ergibt sich bei einem Elektromotor eine geringfügig höhere Gierbeschleunigung gegenüber dem Verbrennungsmotor.

### **Ruderpropeller**

Bei einem Ruderpropeller, wie z. B. einem Außenborder, wird die Querkraft durch den um die Hochachse geneigten Propellerschub erzeugt. Dementsprechend ergibt sich bei einem Elektromotor eine geringfügig höhere Gierbeschleunigung gegenüber dem Verbrennungsmotor.

Grundsätzlich ist eine höhere Gierbeschleunigung positiv zu bewerten, weil sie gleichbedeutend mit einer höheren Manövrierfähigkeit ist.

Genauso, wie die Gierbeschleunigung von den Querkraften des Manövrierorgans abhängt, ist sie wesentlich vom Trägheitsmoment des Boots um die Hochachse abhängig. Bei typischen Bootsformen ist diese proportional zur Bootsmasse.

Ein Rumpf ist gierstabil, wenn nach einer äußeren Momenteneinwirkung die Gierrate wieder verschwindet: der Rumpf setzt der Gierbewegung einen Widerstand entgegen. Je gierstabiler ein Boot ist, umso weniger wendig ist es. In der Streckenfahrt sind gierstabile Boote leichter, bei Hafenmanövern dagegen schwieriger zu steuern. Die Gierstabilität ist unabhängig vom verwendeten Antriebsmotor.

### **5.3.6 Störungen**

Ein möglicher Grund für Havarien sind technische Störungen an Bord. Die Auswertung der Datenbank HAVARIS ergab für den Betrachtungszeitraum, dass 9 % aller Unfallursachen auf technische Mängel zurückzuführen sind. Relevant für die sichere Navigation sind beim Sportboot die Antriebsanlage und die Ruderanlage.

#### **a) Maschinenausfall**

Mit dem Ausfall des Antriebs ist das Boot manövrierunfähig. Dabei unterscheiden sich die möglichen Ursachen für Ausfälle wesentlich zwischen einem Elektro- und einem Verbrennungsmotor.

Mögliche Ursachen beim Elektroantrieb sind:

Ausfall der Batterie: Wenn die Batterie während der Fahrt leer ist, kann menschliches Versagen vorliegen: Der Bootsführer hat vor Fahrtantritt die Batterie nicht ausreichend aufgeladen. Es kann aber auch durch fehlerhaften hohen Verbrauch zu einer vorzeitigen Entladung gekommen sein. Moderne Batteriesysteme besitzen interne Schutzschaltungen, die bei interner Beschädigung der Batterie (z. B. Ausfall einzelner Zellen) die ganze Batterie nach außen hin abschalten. Dieser Fehler

ist mit Bordmitteln nicht zu beheben. Auch ist ein Aufladen der Batterie auf dem Gewässer kaum denkbar.

Bei äußerer Beschädigung der Batterie kann es je nach Batterietyp zu Bränden kommen.

Ausfall des Motorreglers: Bei Überlastung des Motorreglers können Schutzschaltungen diesen abschalten, um einer Zerstörung vorzubeugen. Er kann dann neu gestartet werden. Der Motorregler kann aber auch durch einen Defekt endgültig ausfallen. In diesem Fall ist mit Bordmitteln keine Abhilfe möglich.

Überhitzung: Bei unzureichender Kühlung kann der Elektromotor überhitzen und wird dann durch Schutzschaltungen abgeschaltet. Nach Beheben des Defekts in der Kühlung (geschlossene Kühlmittelventile, ausgefallene Kühlpumpe o. ä.) kann der Motor wieder in Betrieb genommen werden. Wenn der Kühlwassereinlass an der Außenhaut verstopft ist, kann der Schaden evtl. nicht mit Bordmitteln behoben werden. Elektromotoren ohne Schutzschaltung können durch Überhitzung (innermotorischer Kurzschluss) endgültig zerstört werden.

Mögliche Ursachen beim Verbrenner sind:

Treibstofftankmangel: Wenn der Treibstofftank dicht ist, liegt menschliches Versagen oder ein Defekt der Füllstandsanzeige vor. Durch Aufnahme von Treibstoff mit Kanistern von einem anderen Boot kann dieser Ausfall auf dem Gewässer behoben werden. Ein Leck in einem Treibstofftank kann evtl. mit Bordmitteln repariert werden.

Treibstofffilter: Ein verstopfter Treibstofffilter kann mit Bordmitteln repariert werden.

Überhitzung: Bei unzureichender Kühlung kann der Verbrennungsmotor überhitzen und muss dann abgeschaltet werden. Nach Beheben des Defekts in der Kühlung (geschlossene Kühlmittelventile, ausgefallene Kühlpumpe o.ä.) kann der Motor wieder in Betrieb genommen werden. Wenn der Kühlwassereinlass an der Außenhaut verstopft ist, kann der Schaden evtl. nicht mit Bordmitteln behoben werden.

Öldruck: Bei einem Versagen der Schmierung muss der Motor abgestellt werden. Ursachen können verstopfte Ölfilter, eine defekte Schmierölpumpe oder ein Leck im Ölkreislauf sein. Es hängt sehr stark vom konkreten Schaden ab, ob dieser mit Bordmitteln behoben werden kann.

Innermotorische Schäden: Innermotorische Defekte (Kolbenfresser, Bruch der Pleuellwelle usw.) können kaum mit Bordmitteln repariert werden.

Die möglichen Schadensursachen unterscheiden sich deutlich zwischen Elektro- und Verbrennungsmotoren. Ob ein Schaden mit Bordmitteln repariert werden kann und in welchem Ausmaß das havarierte Boot ein Hindernis für den Verkehrs darstellt, ist allerdings unabhängig von der Motorleistung in dem hier behandelten Leistungsbereich.

## **b) Ruderdefekt**

Der Ausfall der Ruderanlage führt zur Manövrierunfähigkeit. Wenn das Ruder nicht direkt mechanisch bewegt wird, kann der Ausfall der Energiequelle oder der Rudermaschine zu einem Ausfall der Ruderanlage (elektrisch, hydraulisch) führen.

## 5.4 Marktübersicht

Im Rahmen der Studie wurde eine Marktübersicht über ein breites Spektrum an Sportboottypen erarbeitet. Öffentlich zugänglich sind allerdings nur wenige Hauptdaten der Boote, so dass eine detaillierte Einzelbewertung nicht möglich ist. Zwei entscheidende Größen sollen hier diskutiert werden: Die installierte Motorleistung und die Masse.

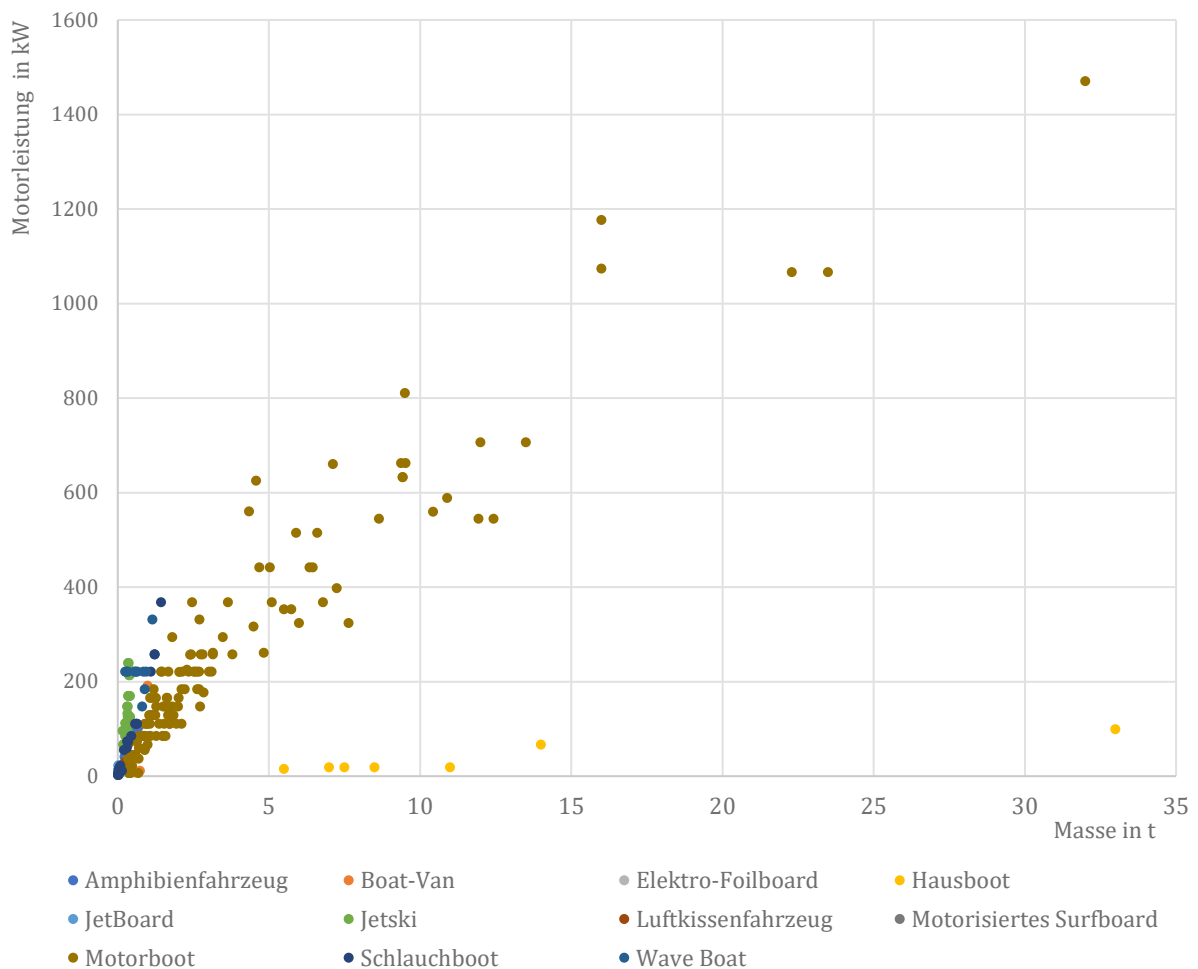


Abbildung 14: Marktübersicht: Motorleistung aufgetragen über der Bootsmasse

In Abbildung 14 ist die Motorleistung über der Bootsmasse dargestellt. Hier lässt sich für das größte Segment, die Motorboote (braun), ein klarer, fast linearer Zusammenhang erkennen. Außerdem treten deutlich die Hausboote (gelb) hervor, die wesentlich schwächer motorisiert sind. In Abbildung 15 ist die spezifische Motorleistung über der Bootsmasse dargestellt. Hier lässt sich besser erkennen, dass vor allem die kleinen Fahrzeuge (Jetski, JetBoard und Schlauchboote) deutlich stärker motorisiert sind.

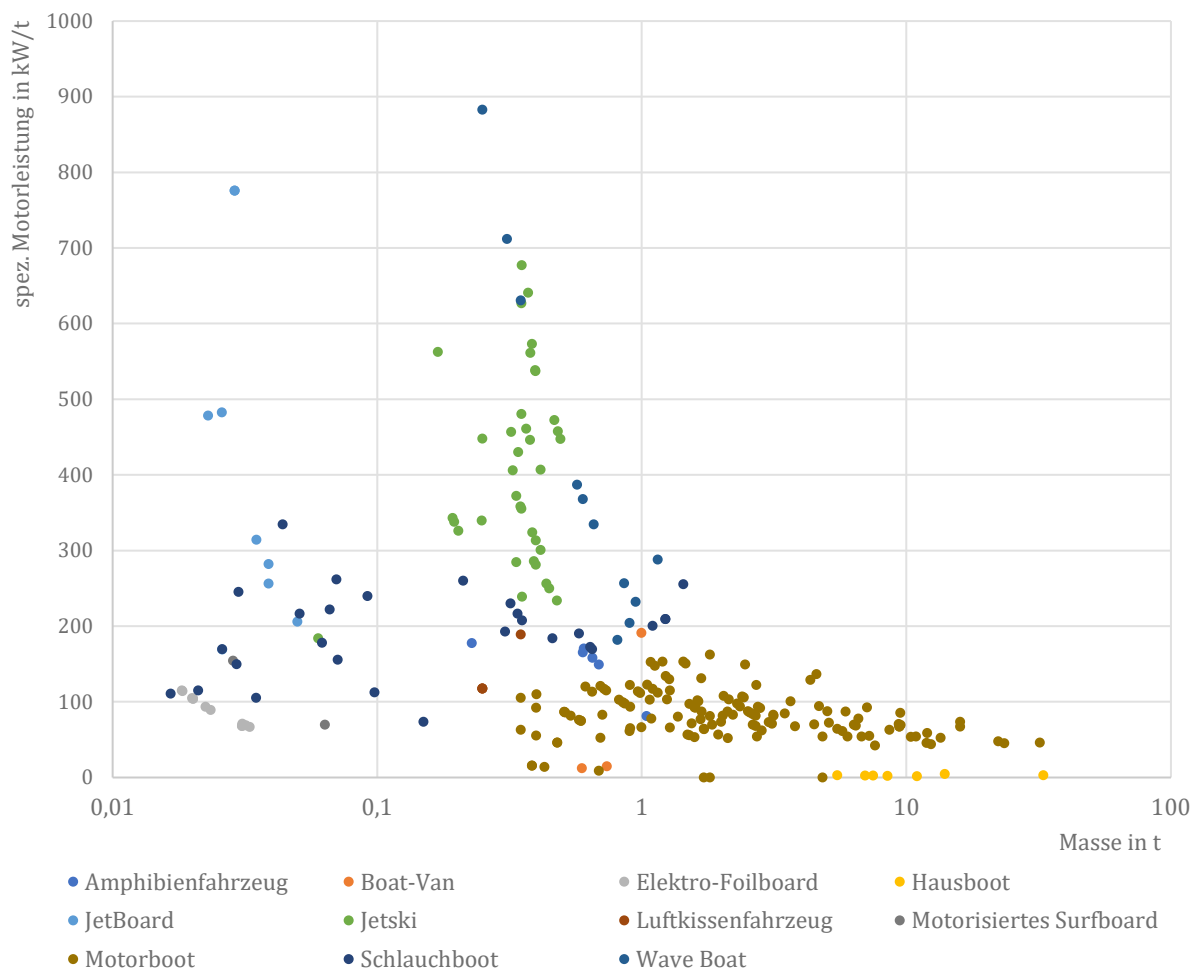


Abbildung 15: Marktübersicht: spezifische Motorleistung aufgetragen über der Bootsmasse

Boote mit einer Motorleistung unter 15 PS sind durchweg klein. In der Marktstudie wurde bis zu dieser Leistungsgrenze kein Boot mit einer Verdrängung von über 800 kg gefunden. Wenngleich aus technischer Sicht größere Boote mit dieser Leistung eine für Binnengewässer vernünftige Fahrtgeschwindigkeit erreichen können, scheint es im Markt keine ausreichende Nachfrage zu geben. Auf der anderen Seite werden kleine Boote ohne Motor angeboten, zu denen sich dann der Käufer verschiedene Motoren mit weniger oder mehr als 15 PS hinzukaufen kann.

Es sei noch angemerkt, dass die Anzahl der verfügbaren Bootsmodelle/-typen in keinem direkten Zusammenhang mit der Anzahl der verkauften Bootseinheiten steht.

## 6 Kriterien für eine Führerscheinpflicht

Das Risiko, das von einem Sportboot ausgeht, ist die Summe aller Produkte aus der Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmter Schaden eintritt, und der Größe dieses Schadens; es ist die Summe der Erwartungswerte aller denkbaren Schadensereignisse.

Wenn dieses Risiko ein akzeptables Maß übersteigt und die Höhe des Risikos vom Qualifikationsgrad des Bootsführers abhängig ist, kann durch einen Sportbootführerschein ein Mindestmaß an Qualifikation sichergestellt und damit das Risiko begrenzt werden.

Im Folgenden soll betrachtet werden, welche Faktoren den möglichen Schaden durch ein Sportboot und die Eintrittswahrscheinlichkeit beeinflussen.

### 6.1 Schadenspotential

Für Schäden (Personen-, Sach- oder Umweltschäden), die durch bzw. im Zusammenhang mit einem Sportboot hervorgerufen werden können, gibt es verschiedenen Ursachen:

- Kollision mit anderen Verkehrsteilnehmern, mit wasserbaulichen Bauwerken/Hafeneinrichtungen oder mit Gewässerbegrenzungen
- Umfallen von Personen (auch über Bord) bzw. Gegenständen bei starken Bewegungen (z. B. Manövrieren oder Wellenschlag)
- Austretende Kraft- oder Schmierstoffe

Die Bewertung von Umweltschäden ist sehr komplex und soll hier nicht weiter ausgearbeitet werden. Durch konstruktive Maßnahmen können Umweltschäden durch austretenden Kraftstoff stark begrenzt werden.

Das Umfallen von Personen und Gegenständen während der Fahrt führt meistens nur zu Schäden an Bord und hat keinen Einfluss auf den Verkehr.

Damit stellt die Kollision die Hauptursache für Schäden dar. Das Schadensmaß einer Kollision wird im Wesentlichen durch den Impuls ( $\vec{p}=m\vec{V}$ ) und die kinetische Energie ( $E_{kin}=1/2 m\vec{V}^2$ ) beider Fahrzeuge bestimmt, die mit der Relativgeschwindigkeit  $\vec{V}$  zusammenstoßen.  $\vec{V}$  ist eine Vektorgröße, d. h. auch die Bewegungsrichtung (Kollisionswinkel) der beiden Fahrzeuge hat einen entscheidenden Einfluss.

Das Schadensmaß wird schließlich auch durch die Konstruktion und die Materialeigenschaften beeinflusst. Der maximale Schaden tritt bei einem Frontalzusammenstoß mit plastischer Verformung auf.

Das Schadensmaß steigt mit zunehmender Masse und zunehmender Geschwindigkeit.

## 6.2 Risikofaktoren

Im Folgenden soll die Eintrittswahrscheinlichkeit für eine Kollision betrachtet werden. Ob in einer gegebenen Verkehrssituation eine Kollision eintritt, hängt von zwei Faktoren ab:

1. Die Manövriereigenschaften des Boots erlauben das Fahren auf einer kollisionsfreien Bahn.
2. Der Bootsführer kann diese Bahn bestimmen und das Boot der Bahn folgend steuern.

Wie im vorangegangenen Kapitel beschrieben, haben bestimmte Eigenschaften eines Sportboots keinen oder keinen nennenswerten Einfluss auf das Manövrierverhalten. Dazu gehören die Art der Propulsions- und Steuerorgane, die Antriebsart (Elektro- oder Verbrennungsmotor) und die Konfiguration des Steuerstands.

Andere Eigenschaften eines Sportbootes beeinflussen die Navigation wesentlich:

Mit zunehmender **Bootsgröße** wird die Navigation herausfordernder. Mit zunehmender Bootsmasse nimmt die Trägheit der Bewegung zu und umso vorausschauender muss der Bootsführer handeln. Das betrifft sowohl die Längsbewegung (Beschleunigen und Abbremsen) als auch die Gierbewegung. Mit zunehmender Länge und Breite wird das Befahren von Engstellen herausfordernder; die Wendigkeit (Wendegeschwindigkeit) nimmt ab und der Raumbedarf beim Wenden zu.

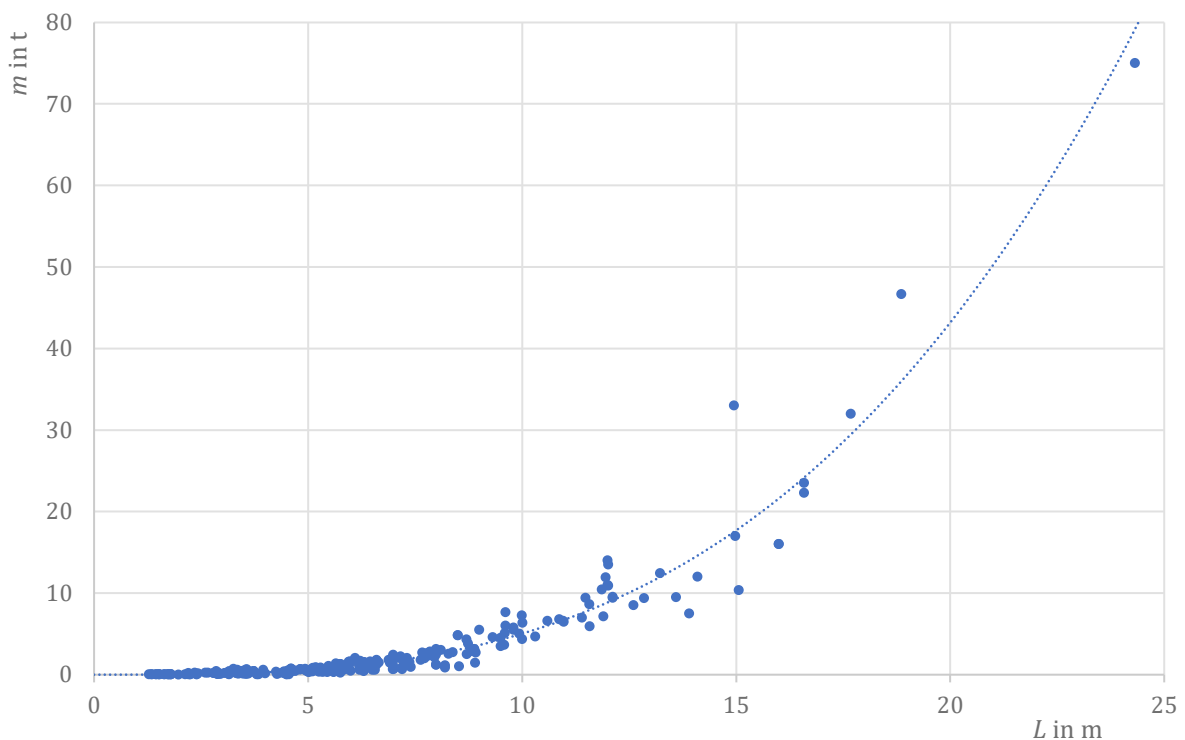


Abbildung 16: Zusammenhang zwischen Länge und Masse für die im Markt verfügbaren Bootstypen

Für die im Markt befindlichen Bootstypen kann mit guter Näherung die Bootsmasse (in t) als Funktion der Bootslänge (in m) beschrieben werden (s. Abbildung 16):

$$m=0,004L^{3,1}$$

Länge oder Masse können also alternativ als Kenngröße zur Bemessung der Bootgröße verwendet werden.

Mit zunehmender **Geschwindigkeit** wird die Navigation ebenfalls herausfordernder. Die Reaktionszeiten werden kürzer, der Bootsführer muss vorausschauender fahren. Außerdem nimmt der Drehkreisdurchmesser mit der Geschwindigkeit zu.

Auch hat die spezifische Leistung, also die Leistung bezogen auf die Masse, einen Einfluss auf die Steuerbarkeit. Sowohl mit stark abnehmender (Untermotorisierung) als auch mit stark zunehmender spezifischer Leistung (Übermotorisierung) wird die Navigation herausfordernder.

Für die im Markt verfügbaren Bootstypen kann kein einfacher mathematischer Zusammenhang zwischen der maximalen Geschwindigkeit und der Motorleistung angegeben werden (s. Abbildung 17 und Abbildung 18). Das liegt u. a. daran, dass viele Bootstypen mit verschiedenen Motoren angeboten werden.

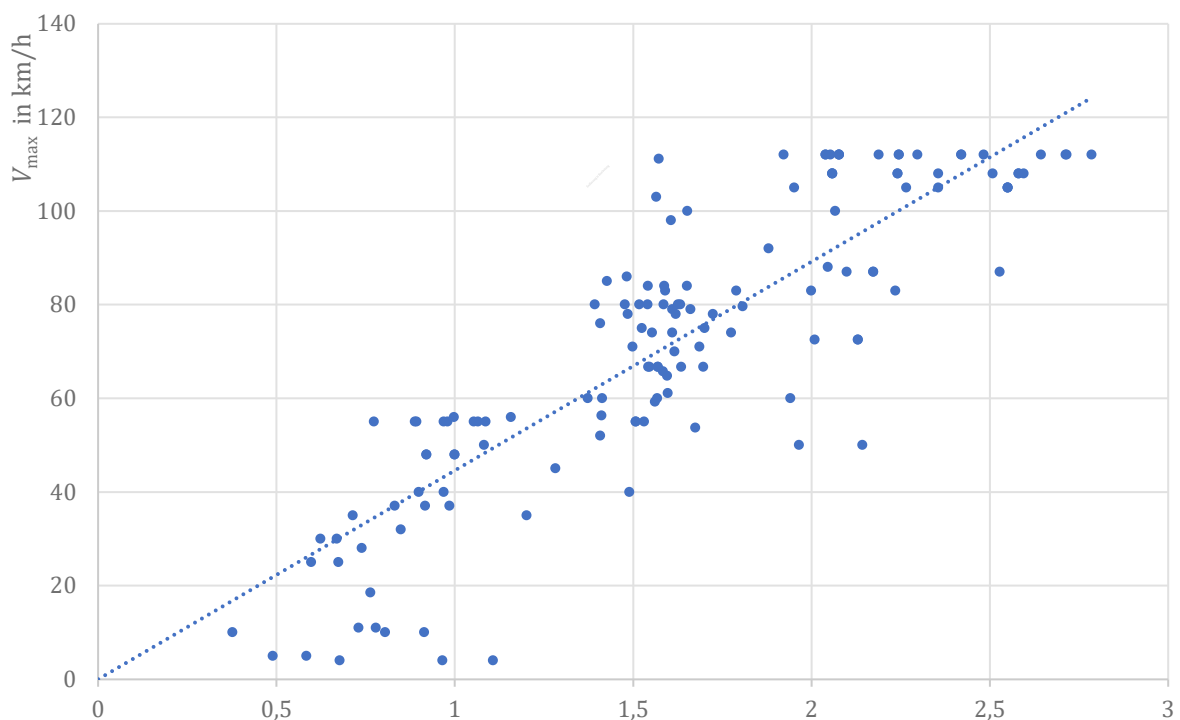


Abbildung 17: Maximale Geschwindigkeit aufgetragen über dem Leistungsbeiwert  $\sqrt[3]{\frac{P}{L^2}}$

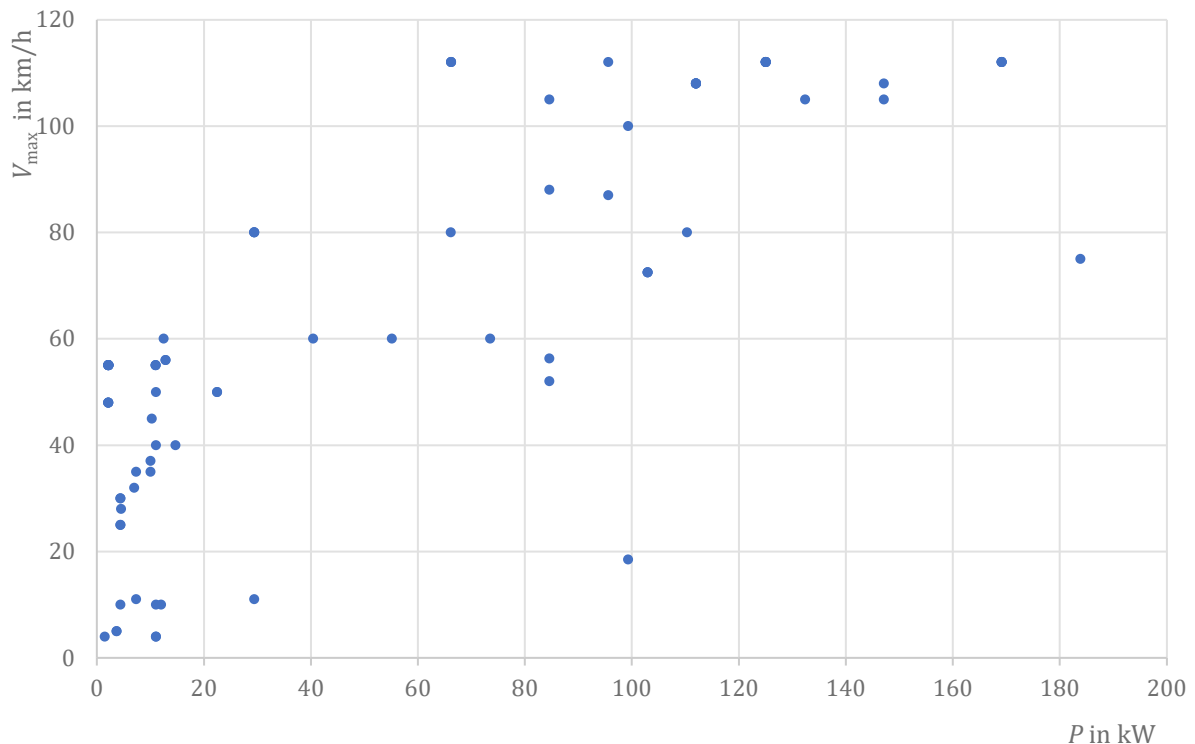


Abbildung 18: Maximale Geschwindigkeit aufgetragen über der Leistung

### 6.3 Quantitative Bewertung

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens hängt, wenn optimale äußere Umstände angenommen werden (keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen, keine Ablenkungen usw.), von der Differenz zwischen dem Anforderungsniveau der Manövrieraufgabe und dem Qualifikationsniveau des Bootsführers ab. Liegt die Qualifikation über der Anforderung (Unterforderung) ist die Wahrscheinlichkeit gering, liegt die Anforderung über der Qualifikation (Überforderung) ist die Wahrscheinlichkeit eines Unfalls hoch.

Eine quantitative Bewertung kann nur mit statistischen Methoden erfolgen.

Ein Ansatz ist die Bewertung der Qualifikation und Anforderung a priori durch eine Probandenstudie. Eine Menge an Probanden, die die Öffentlichkeit, d. h. jeden potenziellen Bootsführer, repräsentiert, müsste in Simulationen eine Reihe von unterschiedlichen Navigationsaufgaben lösen. Dann ließe sich statistisch bestimmen, welche Anforderungen die Navigationsaufgaben stellen und wie die Qualifikation unter den Probanden (Bevölkerung) verteilt ist. Daraus ließe sich ableiten, unter welchen Bedingungen ein Qualifikationsnachweis (Spotbootführerschein) erforderlich ist. Dieser Ansatz würde allerdings eine sehr große Probandenanzahl erfordern. Wenn einzelne Probanden mehrere Simulationen durchführen, würde das zu einem Trainingseffekt führen und damit zu einer Verbesserung der Qualifikation während der Studiendurchführung.

Ein alternativer Ansatz besteht in der Auswertung der Unfallstatistiken (a posteriori). Unter den geltenden Regelungen kann statistisch ausgewertet werden, welche Bootseigenschaften und anderen äußeren Randbedingungen bei welchen Havarien mit welcher Häufigkeit auftreten. Damit

ließen sich Einflussfaktoren bestimmen, die zu einer möglichen Änderung des erforderlichen Qualifikationsnachweises führen könnten.

## 7 Schlussfolgerungen und Bewertung

In dieser Studie wurde untersucht, welche Faktoren Einfluss auf das sichere Führen von Sportbooten haben und inwieweit sich daraus die Notwendigkeit bzw. Kriterien für eine Neuregelung der Sportbootführerscheinpflicht ableiten lassen.

Zu diesem Zweck wurden die Regelungen zur Sportbootführerscheinpflicht im internationalen Vergleich betrachtet und Sportbootunfälle statistisch ausgewertet, die seit Juli 2023 zentral und vollumfänglich in der Schiffsunfalldatenbank HAVARIS erfasst werden. Die Unfallzahlen sind insgesamt sehr gering.

Ohne genaue Kenntnis über das tatsächliche Sportbootaufkommen auf den Bundeswasserstraßen und der Verteilung von Bootslänge, Masse und installierter Leistung lassen sich zwar keine Aussagen zum Verhältnis aus Unfällen zu Verkehrsteilnehmern oder insgesamt gefahrener Strecke treffen, trotzdem sind einige Rückschlüsse möglich.

Im betrachteten Zeitraum wurden 597 Unfälle mit Sportbooten dokumentiert, wobei die meisten als „weniger schwer“ eingestuft wurden, nur 5 % waren „sehr schwer“, darunter 10 mit Todesfolge. Die Hälfte der tödlichen Unfälle geht auf Personenunfälle, also Person über Bord oder Kollision von Fahrzeugen mit Personen im Wasser, zurück. Es ist nicht davon auszugehen, dass eine Verschärfung der SpFV einen signifikanten Einfluss auf die Anzahl der Todesopfer haben würde.

Die häufigsten Unfallursachen sind Fehler in der nautischen Führung (64 %). Genauer sind hier Manövrierfehler (23 %) und fehlende Revierkenntnisse (10 %) die häufigsten Unterkategorien. Dies deckt sich mit der Einschätzung, dass das Fahren auf Wasserstraßen mit Strömung sowie bei hohem Verkehrsaufkommen als herausfordernd angesehen wird.

Ob die Motorleistung bzw. das Vorhandensein eines Führerscheins einen Einfluss auf die Unfallhäufigkeit hat, lässt sich anhand von HAVARIS nicht bestimmen. Es zeigt sich zwar, dass bei einem überragenden Großteil der Unfälle Boote mit einer installierten Leistung über 15 PS beteiligt sind. Es liegt allerdings die Vermutung nahe, dass diese Boote auch einen übermäßig großen Anteil am Verkehr haben. Diese Vermutung stützt sich auf die Ergebnisse der Marktstudie, wonach der Großteil der am Markt verfügbaren Fahrzeuge eine installierte Leistung von über 15 PS aufweisen.

Über alle Bundeswasserstraßen verteilt zeigt sich, dass die Unfallhäufigkeit auf den Binnenschiffahrtsstraßen im Raum Berlin, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern deutlich höher ist, als auf den großen Flüssen und Kanälen. Dies deutet darauf hin, dass ein erhöhtes Verkehrsaufkommen zu einer höheren Anzahl von Unfällen führt.

Die Unfallzahlen zeigen, dass die Anzahl der kritischen Unfälle sehr gering ist und die momentane Führerscheinregelung ausreicht, um Leib und Leben im Sportbootverkehr ausreichend gut zu schützen und wirtschaftliche Auswirkungen von Unfällen auf ein vertretbares Maß zu begrenzen.

Auf Basis des Unfallgeschehens lässt sich eine Verschärfung der Sportbootführerscheinverordnung nicht begründen. Es sticht allerdings heraus, dass die häufigsten Unfallursachen

Manövrierfehler und fehlende Revierkenntnisse sind, was ein Hinweis darauf ist, dass im Rahmen der Prüfung zum Erwerb eines Sportbootführerscheins ein höheres Gewicht auf die verkehrsortorientierte Fahrpraxis gelegt werden sollte.

Des Weiteren wurden die technischen Eigenschaften von Sportbooten hinsichtlich ihres Einflusses auf die Bedienbarkeit betrachtet, mit dem Ergebnis, dass kein signifikanter Einfluss auf das Führen von Sportbooten erkennbar ist. So kann der Unterschied im Beschleunigungsvermögen von Sportbooten, die mit einem Elektro- bzw. Verbrennungsmotor angetrieben werden und ansonsten baugleich sind, als vernachlässigbar klein bewertet werden. Es besteht keine Analogie zum Beschleunigungsverhalten von Landfahrzeugen, da bei Sportbooten, anders als bei Kraftfahrzeugen, keine kraftschlüssige Verbindung zwischen Antrieb und Umgebung besteht. Der Propeller, der das Antriebsmoment in Schub umwandelt, ist in seinem übertragbaren Antriebsmoment begrenzt. Der Propeller muss bezüglich Steigung und Durchmesser so ausgelegt werden, dass er bei der zu erreichenden Maximalgeschwindigkeit ausreichenden Schub liefert.

Das Schadensrisiko, das von einem Sportboot ausgeht, ist das Produkt aus der Größe eines potenziellen Schadens und der Eintrittswahrscheinlichkeit. Die Größe eines Schadens, den ein Sportboot hervorrufen kann, hängt maßgeblich von seinem Impuls und der kinetischen Energie ab, also von seiner Masse und Geschwindigkeit. Länge und Masse korrelieren bei den im Markt befindlichen Bootstypen, so dass die Länge als charakteristisches Maß für die Masse verwendet werden kann.

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Unfalls hängt davon ab, in welchem Verhältnis die navigatorische Kompetenz des Bootsführers zum Schwierigkeitsgrad der navigatorischen Aufgabe steht. Das Führen eines Sportbootes wird umso herausfordernder, je höher die Geschwindigkeit und je größer das Boot im Verhältnis zum verfügbaren Raum auf der Wasserstraße ist. Weitere Schwierigkeiten können entstehen, wenn das Boot entweder untermotorisiert ist (unzureichendes Manövrierverhalten) oder übermotorisiert ist (starkes Beschleunigungsvermögen). Ebenso erhöhen starke Strömungen in freifließenden Wasserstraßen sowie ein hohes Verkehrsaufkommen mit großen Fahrzeugen die navigatorischen Anforderungen.

Eine Möglichkeit, sowohl die Anforderung beim als auch die Qualifikation zum Führen eines Sportbootes bewerten zu können, bestünde in einer breit angelegten Probandenstudie. Damit könnte aufgezeigt werden, inwieweit eine Schulung/Ausbildung und/oder Prüfung für das sichere Führen eines Sportbootes erforderlich ist. Ohne diese Studie ergaben Gespräche mit Bootsführern und Ausbildern, dass eine Bootsgröße bis 10 m Länge und eine Geschwindigkeit bis 15 km/h als unkritisch angesehen wird. Als besondere Herausforderung wird das Fahren mit größeren Fahrzeugen und/oder auf Wasserstraßen mit starker Strömung und hohem Verkehrsaufkommen wahrgenommen, was in Einklang mit den höheren Unfallzahlen auf dem Rhein und auf der Unteren Havel-Wasserstraße steht (Datenbank HAVARIS).

Das charakteristische Maß für die Masse eines Sportbootes ist seine Länge. Dies wird vermutlich der Grund sein, warum die Grenzen, bis zu denen ein Sportboot führerscheinfrei geführt werden darf, in den Niederlanden durch maximale Länge und maximale Geschwindigkeit definiert sind.

Die in der aktuellen Sportbootführerscheinpflicht festgelegten Grenzen definieren eine maximale Motorleistung von rd. 11 kW (bzw. 7,5 kW bei einem Elektromotorantrieb) und eine maximale Bootslänge von 20 m. Alle Sportboote unterhalb dieser kW-Grenze dürfen führerscheinfrei

gefahren werden. Diese Regelung kann dazu führen, dass erheblich untermotorisierte Fahrzeuge führerscheinfrei gefahren werden dürfen, die im Verkehr oder bei starker Strömung nicht sicher navigiert werden können. Sehr leichte Boote können auch mit einer Leistung von unter 15 PS sehr hohe Geschwindigkeiten erreichen und damit die Navigationsfähigkeiten eines ungeschulten Bootsführers übersteigen.

Schadensereignisse können aufgrund von technischem oder menschlichem Versagen eintreten. Die Wahrscheinlichkeit von menschlichem Versagen kann durch eine ausreichende Befähigung reduziert werden.

Die ausreichende Befähigung wird in der Prüfung zum Sportbootführerschein nachgewiesen. Der Fragenkatalog der theoretischen Prüfung ist umfangreich und umfasst alle relevanten Aspekte. Durch die Gestaltung der theoretischen Prüfung als Multiple-Choice-Fragebogen mit öffentlich zugänglichem Fragenkatalog (einschließlich Lösung) ist es möglich, die Prüfung durch Auswendiglernen der richtigen Antworten zu bestehen, ohne diese inhaltlich zu verstehen. In der praktischen Prüfung wird die Fähigkeit zum sicheren Navigieren überwiegend in geschützten Gewässern nachgewiesen. Die Fähigkeit, mit dem Sportboot fehlerfrei An- und Ablegen zu können, ist wenig relevant für das sichere Navigieren im Verkehr. Praktisch relevante Manöver, wie z. B. das Schleusen oder die Interaktion mit der gewerblichen Schifffahrt in dicht befahrenen Gewässern, wird nur unzureichend trainiert und diese Fähigkeiten müssen nicht nachgewiesen werden.

Sicheres und unfallfreies Navigieren basiert auch auf ausreichender Revierkenntnis. So unterscheidet sich das Navigieren auf einem See deutlich vom Fahren auf einem Kanal oder einem frei fließenden Fluss. Dies wird in der Führerscheinprüfung nicht berücksichtigt bzw. die Erlaubnis wird nicht an eine bestimmte Art von Gewässer gekoppelt.

Aus der vorliegenden Untersuchung kann geschlossen werden, dass die Führerscheinpflicht, so wie sie bisher definiert ist, nicht verschärft werden muss. Die Leistungsgrenze kann unabhängig von der Antriebsart (Elektromotor oder Verbrennungsmotor) auf 15 PS gesetzt werden.

Das Schadenspotential eines Unfalls korreliert nicht nur mit der Motorleistung, sondern mit der kinetischen Energie bzw. dem Impuls der Kollision und wird somit von Bootsgewicht und Bootsgeschwindigkeit bestimmt. Daher wäre aus technisch-wissenschaftlicher Sicht die Grenze zur Führerscheinpflicht besser durch die Bootsgröße und die maximale Geschwindigkeit zu definieren.

Wenn ein Boot sich in technisch einwandfreiem Zustand befindet, führen letztendlich Fehler des Bootsführers/Rudergängers zum Unfall.

## **Literaturverzeichnis**

Lewis, Edward V. (Ed.) (1988): Principles of Naval Architecture (PNA), Vol. III, Society of Naval Architecture.

Working Party on Inland Water Transport (2022): International Certificate for Operators of Pleasure Craft. Resolution No. 40. Revision 4 and Amendments 1 to 3 (consolidated version). Hg. v. United Nations. Economic Commission for Europe - Inland Transport Committee. Geneva.

## Anlage 1: Übersicht über Sportbootführerscheine in europäischen Ländern

	Land	Deutschland	Schweiz	Groß- britannien	Österreich	Niederlande	Frankreich	Spanien
<b>Freigrenze</b>	<b>Leistung oder Geschwindigkeit</b>	15 PS (7,5 kW)	8 PS	4 PS	5 PS	20 km/h	6 PS	6 PS
	<b>Segelfläche</b>	6 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>					
	<b>Schiffslänge</b>	20 m					15 m	6 m
	<b>Fahrbar ohne Lizenz</b>	Binnengewässer	Binnengewässer	Binnen- und Küstengewässer	Binnengewässer	Binnengewässer	Binnengewässer	Binnengewässer
<b>Generelles</b>	<b>Name der Lizenz</b>	Sportbootführerschein	Schiffsführerausweis	Powerboat 2	Sportbootführerschein	Klein Vaarbewijs 1	Permis Fluvial	Permis de Navegación
	<b>Altersgrenze für den Erwerb</b>	16 Jahre (14 Jahre nur Segel)	18 Jahre (16 Jahre nur Segel)	12 Jahre	18 Jahre	18 Jahre	16 Jahre	18 Jahre
	<b>ICC Konform</b>	ja	ja	ja	ja	ja	nein	nein
<b>Theor. Prüfung</b>	<b>Prüfungsformat</b>	Multiple-Choice	Multiple-Choice	Mündliche Prüfung	Multiple-Choice	Multiple-Choice	Multiple-Choice	Multiple-Choice
	<b>Umfang</b>	30 Fragen	30 - 40 Fragen		30 - 40 Fragen	30 - 40 Fragen	30 - 40 Fragen	30 - 40 Fragen
	<b>benötigte Erfolgsquote</b>	75%	75%		75%	75%	75%	75%

	Land	Deutschland	Schweiz	Groß-britannien	Österreich	Niederlande	Frankreich	Spanien
<b>Prakt. Prüfung</b>	<b>Bootstechnik</b>		Sicheres starten und Stoppen des Motors Klarmachen	Sicheres Starten und Stoppen Korrekte Handhabung des Motors			Wartung und Pflege des Bootes	
	<b>Schiffssicherheit</b>	Person über Bord Anlegen einer Rettungsweste	Brandbekämpfung Wasser im Schiff Maßnahmen bei Havarie Maschinenausfall Schiff auf Grund Beurteilung des Wetters	Durchführung eines simulierten Notfalls Durchführung einer Rettungsaktion	Person über Bord Feuer löschen an Bord Durchführung von Rettungsübungen	Notfallübungen Feuer an Bord Anlegen von Rettungswesten Einsatz von Notfallausrüstung Personenrettung	Umgang mit Notfallsituationen Person über Bord Feuer an Bord Anlegen von Rettungswesten	Person über Bord Feuer an Bord Anlegen von Rettungswesten
	<b>Manöver</b>	Anlegen- und Ablegen Kursgerechtes Aufstoppen Wenden auf engem Raum	Rückwärts- und Vorwärtsfahren Wenden auf engem Raum An- und Ablegen Manövrieren bei Wind und Strömung Ankern	An- und Ablegen Wenden sichere Navigation durch Engstellen Aufstoppen Rückwärtsfahren	Steuern des Bootes in unterschiedlichen Geschwindigkeiten Wendemanöver Rückwärtsfahren An- und Ablegen	An- und Ablegen Wende Rückwärtsfahren Fahren von engen Kurven und bei Wind	An- und Ablegen Wende Rückwärtsfahren Navigieren in engen Gewässern Verhalten bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten und verschiedenen Bedingungen	An- und Ablegen Wende Rückwärtsfahren Navigieren in engen Gewässern Fahren bei verschiedenen Geschwindigkeiten Anpassen der Geschwindigkeit an Bedingungen

	Land	Deutschland	Schweiz	Groß-britannien	Österreich	Niederlande	Frankreich	Spanien
	<b>Navigieren</b>	Fahren nach Schifffahrtszeichen Manöverschallsignale	Navigieren im Fahrwasser unter Beachtung der Schifffahrtszeichen Peilung und Nutzung von Navigationshilfen	Grundlagen der Navigation Navigation bei unterschiedlichen Wetterbedingungen		Navigieren unter Berücksichtigung von Verkehr und Hindernissen	Navigieren bei hohem Bootsverkehr, im Hafen und auf Kanälen	Navigieren bei schlechtem Wetter Navigieren bei hohem Verkehr
	<b>Knoten</b>	Achtknoten Kreuzknoten Palstek Einfacher Schotstek Doppelter Schotstek Stopperstek Webleinstek Webleinstek auf Slip Rundtörn mit zwei halben Schlägen Belegen einer Klampe mit Kopfschlag	Palstek Schotstek Webleinestek Doppelter Palstek	Palstek Schotstek Webleinestek Doppelter Palstek	Palstek Schotstek Webleinestek	Palstek Schotstek Webleinestek	Palstek Schotstek Webleinestek	Palstek Schotstek Webleinestek

**Bundesanstalt für Wasserbau (BAW)**

Kußmaulstraße 17  
76187 Karlsruhe  
Tel. +49 (0) 721 9726-0

Wedeler Landstraße 157  
22559 Hamburg  
Tel. +49 (0) 40 81908-0

[www.baw.de](http://www.baw.de)