



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung



Von der Europäischen Union kofinanziert
Transeuropäisches Verkehrsnetz (TEN-V)

Donauausbau Straubing-Vilshofen

Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau
zwischen Straubing und Vilshofen – 2007-DE-18050-S

Abschlussberichte – B.II. Bericht zur Variante A

**Anlage II.4 Untersuchung zur Unfallhäufigkeit auf der
Donau im Abschnitt Straubing-Vilshofen
(Development Centre for Ship Technology
and Transport Systems)**

Hinweise:

1. Die Durchführung der Untersuchungen und die Erstellung der Berichte wurden von der EU finanziell unterstützt.
2. Die Ausführungen in den Berichten und deren Anlagen binden nur die jeweiligen Verfasser, nicht aber die Europäische Kommission, die auch nicht für die weitere Nutzung der darin enthaltenen Informationen haftet.

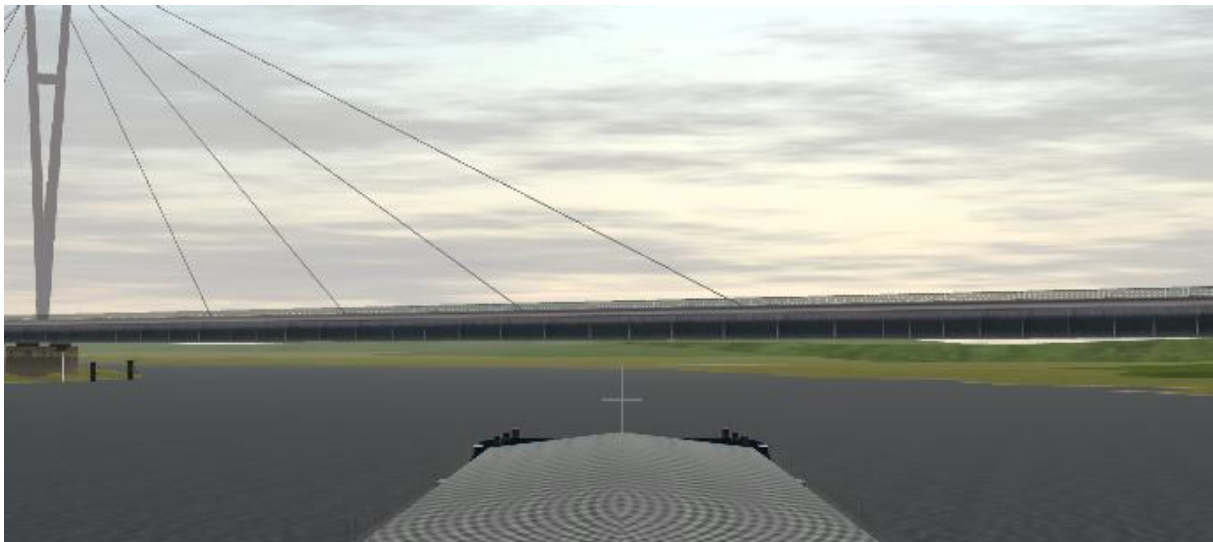


Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.

DST - Development Centre for Ship Technology and Transport Systems

**Untersuchung zur Unfallhäufigkeit von Schiffen auf der
Donau im Abschnitt Straubing - Vilshofen**

**Bericht 2058 – Teilbericht: Variante A
November 2012**



Auftraggeber: RMD Wasserstraßen GmbH, München

Inhalt

1.	Aufgabenstellung	3
2.	Analyse der Unfalldatenbank	4
3.	Modellbildung	4
3.1	Schiffe	4
3.2	ENC	6
3.3	Eingangsdaten	7
4.	Simulationen	8
4.1	Planung	8
4.2	Durchführung	8
5.	Ergebnisse der Simulationen	11
5.1	Ergebnisse der einzelnen Fahrten	11
5.2	Bewertungskriterien	11
5.3	Begegnungen	11
6.	Analyse	13
6.1	Ausgewählte Kriterien	14
6.1.1	Auflaufen	14
6.1.2	Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne	15
6.1.3	Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne	16
6.1.4	Kollisionen außerhalb von Schleusen	17
6.1.5	Unfälle mit Schifffahrtszeichen	18
6.2	Unfallhäufigkeiten	18
6.3	Korrelation mit der Unfalldatenbank	19
6.4	Änderung des Verkehrsaufkommens	20
6.5	Unfallraten	22
7.	Zusätzliche nautische Betrachtungen	23
8.	Zusammenfassung	24

1. Aufgabenstellung

Die Strecke Straubing - Vilshofen ist aufgrund der vorhandenen Fahrrinnenquerschnitte mit entsprechender Fließgeschwindigkeit und der Kurvenradien nautisch anspruchsvoll. Dies spiegelt sich in der Unfallstatistik wieder.

Ausgehend von einer Gütermenge von 7 Mio. t/Jahr (im Jahr 2007) im Ist-Zustand der Donau wird eine Steigerung der Gütermenge bis zum Jahre 2025 auf 9,7 Mio. t/Jahr bzw. eine Steigerung um 50% auf 10.5 Mio. t/Jahr erwartet.

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, inwieweit sich die Unfallzahlen bei den verschiedenen Ausbauvarianten ändern. Hierzu sind fahrdynamischen Untersuchungen vorgesehen, um das Risiko der Überschreitung der Fahrrinnenbegrenzung bzw. des Anfahrens von Bojen zu ermitteln. Zusätzlich soll festgestellt werden, inwieweit sich die Risiken bei Begegnungen bei den verschiedenen Ausbauvarianten ändern. Zur Beantwortung dieser Fragen bietet sich die Anwendung der Simulationstechnik an. Mit dem Flachwassersimulator SANDRA (**S**imulator for **A**dvanced **N**avigation **D**uisburg – **R**esearch and **A**pplication)) können Einzelfahrten und Begegnungen durch Nutzung von bis zu 5 Fahrständen zeitgleich durchgeführt werden.

Für die Analyse der Risiken für den Ist-Zustand wird vom Auftraggeber die Unfalldatenbank des WSA Regensburg (Access-Datenbank mit Auswertemöglichkeit nach z.B. Art, Ort, Zeitpunkt des Unfalls) bereitgestellt. Die Auswertung dieser Daten wird Grundlage für die Auswahl der zwei zu untersuchenden Pegelstände (Niedrig-, Mittel- oder Hochwasser) und für die bei der Untersuchung verwendeten Schiffstypen sein. Das DST wird die Pegelstände und Schiffstypen vorschlagen und mit dem Auftraggeber abstimmen.

Der Simulator SANDRA entspricht in vollem Umfang dem heutigen Stand der Technik (Indienststellung 2008, Typ RDE ANS 5000) und ist durch zusätzliche Anpassungen in der Lage, spezielle Flachwassereinflüsse nachzubilden. Auch wurden verschiedene Validierungsmaßnahmen durchgeführt. Dennoch können trotz eines hohen Aufwands bei der Modellierung des Geländes, der Strömungen und der Schiffe beim heutigen Stand der Technik nicht alle physikalischen Größen und deren Interaktion im Simulator exakt, d.h. nur in vereinfachter Form, nachgebildet werden, so dass Simulatorfahrten letztlich verbleibende Unschärfen im Vergleich zu einer realen Befahrung aufweisen müssen und diese im Einzelfall auch nicht ersetzen können.

Gleichwohl ist der Simulatoreinsatz ein sinnvolles und von der internationalen Fachwelt anerkanntes Instrument, um die Entscheidungsfindung zu unterstützen. Dabei kommt der Simulation zugute, dass im Gegensatz zu realen Fahrten die relevanten Größen im Simulator systematisch variiert und quasi unter Laborbedingungen gemessen und protokolliert werden können und damit eine wertvolle Basis für Empfehlungen bieten. Darüber hinaus können im Simulator extreme Fahrsituationen überprüft werden, die aufgrund des höheren Risikos im Großversuch vermieden worden wären.

2. Analyse der Unfalldatenbank

Siehe Teilbericht: Ist-Zustand

3. Modellbildung

Um in einer virtuellen Umgebung die Fahrt eines Schiffes zu simulieren, müssen Modelle der Realität entwickelt werden. Im Simulator selbst ist eine Software implementiert, welche die physikalischen (speziell auch die hydrodynamischen) Vorgänge bei der Fahrt von Schiffen nachbildet. Dieses Grundgerüst der Modellierung muss für jeden speziellen Fall mit den entsprechenden Daten versehen werden, um ein spezielles Schiff realistisch darzustellen. Quelle für diese Informationen ist eine Datenbank, in der die speziellen Eigenschaften jedes Schiffes abgelegt und schnell abrufbar sind.

Allein jetzt schon sind Simulationen möglich – vornehmlich für tiefes und seitlich unbegrenztes Wasser. Um in der Binnenschifffahrt eingesetzt werden zu können, sind zusätzliche Informationen erforderlich. Diese können aus einer ENC (Electronic Nautical Chart) entnommen werden, welche auch die Grundlage zum bildschirmorientierten Fahren bildet.

Diese beiden Komponenten (Datenbank und ENC) liefern alle für die Befahrung erforderlichen Informationen und bilden den Kern des Simulators.

Um eine realistische nautische Simulation durchführen zu können, ist jedoch zusätzlich die Umgebung erforderlich. Im Simulator SANDRA (Simulator for Advanced Navigation – Research and Application) wird dies durch eine 3-dimensionale Modellierung erreicht, welche die Grundlage sowohl für das Radarbild als auch für die Visualisierung durch Bildschirme oder Projektoren bildet.

Das Radarbild wird aus dieser Modellierung generiert, indem geprüft wird, ob sich 3-D-Objekte in der rotierenden Keule befinden und bei Vorhandensein wird ein Echo in der jeweiligen Richtung und im Abstand generiert. Die Generierung des Radarbildes ist soweit perfektioniert, dass durch die Berücksichtigung der Wasseroberfläche unterschieden werden kann, ob eine Buhne frei liegt (Echo) oder überspült ist (kein Echo).

Beim Sichtsystem ist es nicht nur erforderlich die Objekte darzustellen, sondern diese auch mit Farben und Texturen zu belegen, um ein möglichst realitätsgetreues Abbild der natürlichen Umgebung zu erzeugen. Bei SANDRA ist die große Brücke hierzu mit sieben Projektoren ausgestattet, die (jeder mit einem eigenen Computer ausgestattet) ein Sichtfeld von 210° abdecken.

3.1 Schiffe

Entsprechend der Empfehlung aus der Auswertung der Unfalldatenbank wurden drei Schiffstypen modelliert. Es handelt sich um ein GMS (Gütermotorschiff) und einen Koppelverband (KV) in zwei Formationen.

- GMS in Berg- und Talfahrt
- KV 1-spurig-2-gliedrig in Bergfahrt (Spargel)
- KV 2-spurig-1-gliedrig in Talfahrt (Päckchen)

In den folgenden Abbildungen (Abb. 1 bis Abb. 3) sind die Außenansichten dieser Schiffe wiedergegeben.



Abb. 1 – Sichtdarstellung des GMS

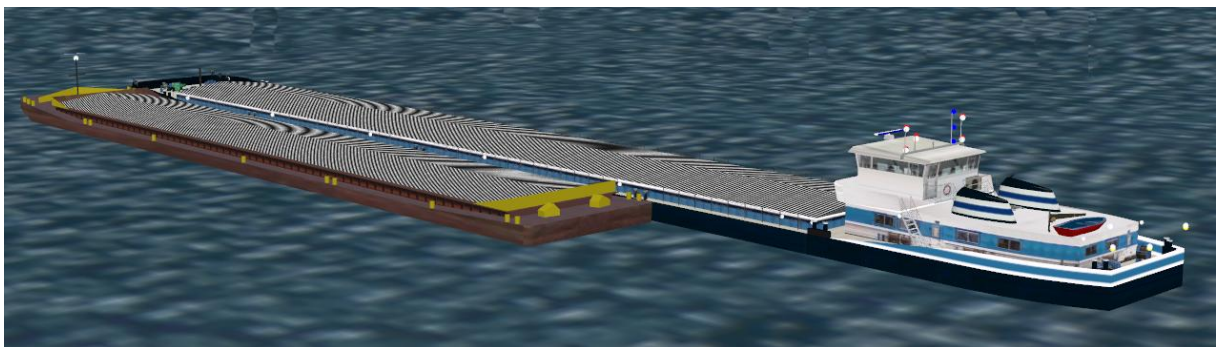


Abb. 2 – Sichtdarstellung des Koppelverbandes (Päckchen) für die Talfahrt



Abb. 3 – Sichtdarstellung des Koppelverbandes (Spargel) für die Bergfahrt

Da die Simulationen für die jeweiligen kritischen Zustände durchgeführt werden sollten, sind diese drei Schiffstypen sowohl für das jeweilige Fahrtgebiet (Variante) als auch für den jeweiligen Wasserstand (RNW und MW) maximal abgeladen modelliert worden. Die zulässigen Abladetiefen entsprechen den Angaben in Tabelle 1 des Teilberichts zum Ist-Zustand.

Die wichtigsten Daten der einzelnen Schiffstypen mit Informationen zur Erläuterung der jeweiligen Abkürzungen sind der Tab. 1 zu entnehmen.

Zustand	Kurz	Typ	Kurz	Abk.	L [m]	B [m]	T [m]	V [m³]	V _{max} [km/h]
A RNW	A R	GMS	GMS	GMS A R	110	11.4	1.8	1920	21.5
A MW	A M	GMS	GMS	GMS A M	110	11.4	2.6	2770	18.8
A RNW	A R	KV2s1g	KVP	KVP A R	110	22.8	1.8	3255	17.2
A MW	A M	KV2s1g	KVP	KVP A M	110	22.8	2.6	4695	15.0
A RNW	A R	KV1s2g	KVS	KVS A R	185	11.4	1.8	3255	19.4
A MW	A M	KV1s2g	KVS	KVS A M	185	11.4	2.6	4695	16.9

Tab. 1 – Schiffsdaten und Abkürzungen

Die hydrodynamischen Eigenschaften der Schiffe basieren auf Modellierungen, die im Simulator SANDRA schon länger Verwendung finden und durch das sogenannte „Expert-Rating“ von vielen erfahrenen Schiffsführern als „sehr realistisch“ eingeschätzt wurden. Der Einfluss der unterschiedlichen Abladetiefen konnte für jedes Objekt der drei Schiffsfamilien aus dem Basisobjekt durch entsprechende Skalierung abgeleitet werden.

Die Manövriereigenschaften der Schiffe wurden bewusst so eingestellt, dass die Anforderungen der Binnenschiffverkehrsuntersuchungsordnung (BinSchVO) zwar gut erfüllt, aber die von sehr modernen Schiffen nicht erreicht werden. Die wurden anhand von simulierten Ausweich- und Stoppmanövern überprüft. Der Grund für diese Vorgehensweise ist darin begründet, dass die untersuchten Schiffe einen repräsentativen Durchschnitt der Flotte darstellen sollen. Dabei müssen jedoch sowohl sehr alte Fahrzeuge mit relativ schlechten als auch moderne mit deutlich besseren Eigenschaften berücksichtigt werden. Die hier verwendeten Modellierungen stellen also ein normales Schiff mit durchschnittlichen Eigenschaften dar.

3.2 ENC

Die Basis für die verwendeten elektronischen Karten sind die von der WSV veröffentlichten Dateien für die Donau¹. Für dieses Projekt wurden die Kacheln 1W7D2260.7CB, 1W7D2270.7CB und 1W7D2280.7CB verwendet. Diese Karten umfassen einen Bereich von 30 km und gehen damit über das geplante Fahrtgebiet (Autobahnbrücke Deggenau – Straßenbrücke Winzer) hinaus. Damit ist zwar die gesamte Strecke „befahrbar“, aber die erforderliche Detaillierung bezüglich Wassertiefen, Strömung und Ufergestaltung wurde nur für die tatsächlich relevante Strecke vorgenommen.

Die Informationen über die Änderungen in dem Ausbauzustand Variante A wurden vom Auftraggeber in Form von Tabellen, Zeichnungen und Datensätzen zur Verfügung gestellt. Mit einer Software zur Erstellung und Modifizierung von elektronischen Karten sind diese Änderungen vom DST eingebracht und so die neue ENC für die Ausbauvariante A erzeugt worden.

¹ <http://www.elwis.de/RIS-Telematik/Inland-ENC-der-WSV/IENC-Dateien/index.php.html>

Bei der Variante A (Abb. 4) beinhaltet dies Änderungen der Buhnen (neue bzw. verlängerte), neue Längsbauwerke sowie Baken auf den Längsbauwerken und veränderte Positionen und Anzahl der Bojen.

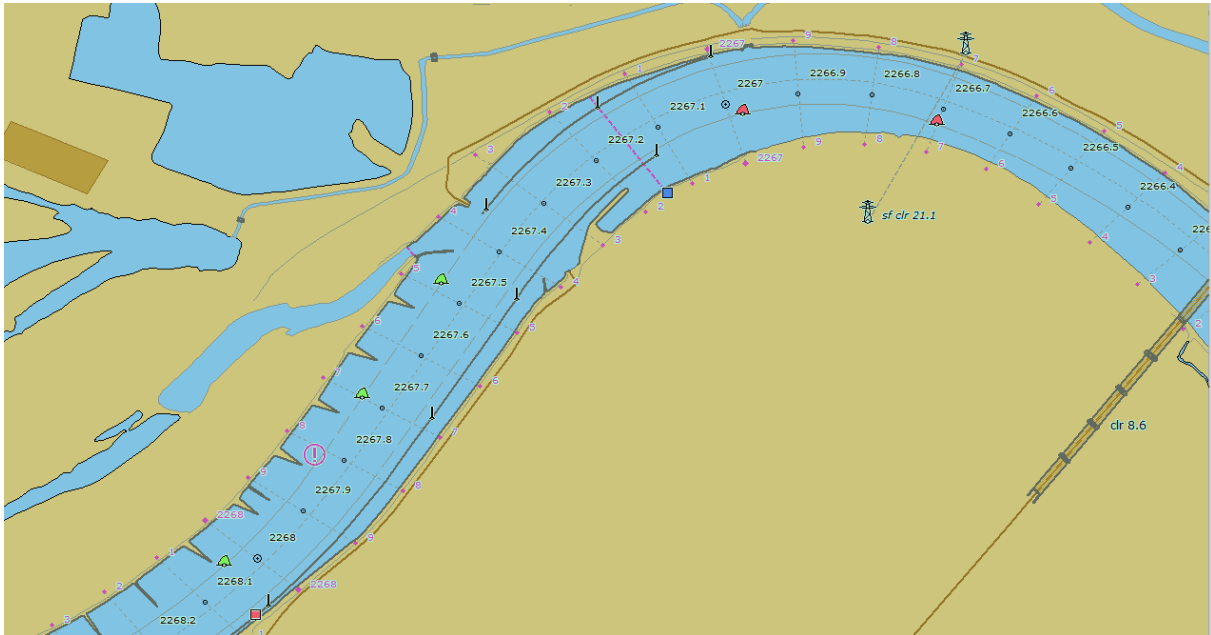


Abb. 4 – Ausschnitt ENC „A“ – Übergang und Kurve bei Winzer

3.3 Eingangsdaten

Siehe Teilbericht: Ist-Zustand

4. Simulationen

Siehe Teilbericht: Ist-Zustand

4.1 Planung

Für die Variante A war eine Woche vorgesehen. Um keine Unterschiede bei den Befahrungsergebnissen auf die individuelle Qualifikation der Schiffsführer zurückführen zu können, wurden alle Simulationen in Einzelfahrt mit einem erfahrenen Schiffsführer (langjährige Praxis und Donaupatent) und die Begegnungen mit diesem und einem ähnlich qualifizierten Kapitän durchgeführt.

Die Zusammenstellung der Randbedingungen folgte den Empfehlungen nach Kapitel 2.4 des Teilberichts zum Ist-Zustand. Hierbei war eine Kombination der einzelnen Bedingungen so geplant, dass die Häufigkeit des Auftretens von

- Schiffstyp (GMS oder KV)
- Pegelstand (RNW oder MW)
- Wetter (Klar oder Nebel)
- Tageszeit (Tag oder Nacht)
- Berg- und Talfahrt

jeweils in der Gesamtheit den vorgeschlagenen Werten entsprach.

Bei der Fahrtrichtung wurde jedoch davon abgewichen, da eine Bergfahrt mit fast drei Stunden doppelt bis dreimal solange wie eine Talfahrt dauert. Dies sowie die Kenntnis, dass die Talfahrt als die gefährlichere Fahrtrichtung angesehen wird, führten dazu, dass nur ca. 20 % aller Fahrten als Bergfahrt ausgeführt wurden.

4.2 Durchführung

Alle Fahrten wurden mit einem Schiffsführer durchgeführt, der (vom Main stammend) über langjährige Erfahrung sowohl als Kapitän als auch auf der Donau selbst verfügt.

Für die Begegnungen wurde ein zweiter Kapitän (ebenfalls mit langjähriger Praxis auf der Donau) hinzugezogen. Er wechselte sich mit dem anderen Schiffsführer bei den Begegnungen ab. Für die Begegnungen wurde ein Talfahrer auf der Teststrecke in Fahrt gesetzt und der Bergfahrer jeweils in einem Abstand von ca. 1 bis 2 km vor ihm platziert. Nach Beendigung der Begegnung wurde der Bergfahrer zurückgesetzt, um die nächste Begegnung durchführen zu können. Auf diese Weise konnten während einer Talfahrt bis zu 10 Begegnungen bei den Variante A (Fahrtstrecke 16,4 km) realisiert werden.

Die Fahrten wurden während einer 5-Tage-Woche ausgeführt, wobei jeweils Montag, Dienstag, Donnerstag und Freitag Einzelfahrten und Mittwoch Begegnungen durchgeführt wurden.

Bei der Variante A konnten 21 Berg- und Talfahrten werden. Die Zusammenstellung der Randbedingungen bei den einzelnen Fahrten kann in den Tab. 2 eingesehen werden.

Die Vergabe der Fahrtnummern erfolgte nach folgendem Schema:

- 201 – 299 Durchgehende Fahrten in Variante A
- 301 – 399 Bergfahren beim Begegnen in Variante A

Als nautisches Hilfsmittel stand bei Nacht ein Suchscheinwerfer zur Verfügung, der teilweise eingesetzt wurde. Neben der Sicht hatten die Schiffsführer auch ein Radar und ein ECDIS-System (Electronic Chart Display), welches mit simulierten GPS-Daten die genaue Position des Schiffes in der ENC darstellte, zur Verfügung. Damit war eine sehr große Realitätsnähe gegeben, die bei den Begegnungen auch durch die Verwendung eines UKW-Sprechfunkgerätes zur Absprache unterstützt wurde.

Um einen Eindruck von den Sichtverhältnissen während der drei unterschiedlichen Situationen „Tag, klar“, „Nacht“ und „Nebel“ zu bekommen, wird auf das Titelbild bzw. die Abb. 5 und Abb. 6 verwiesen.

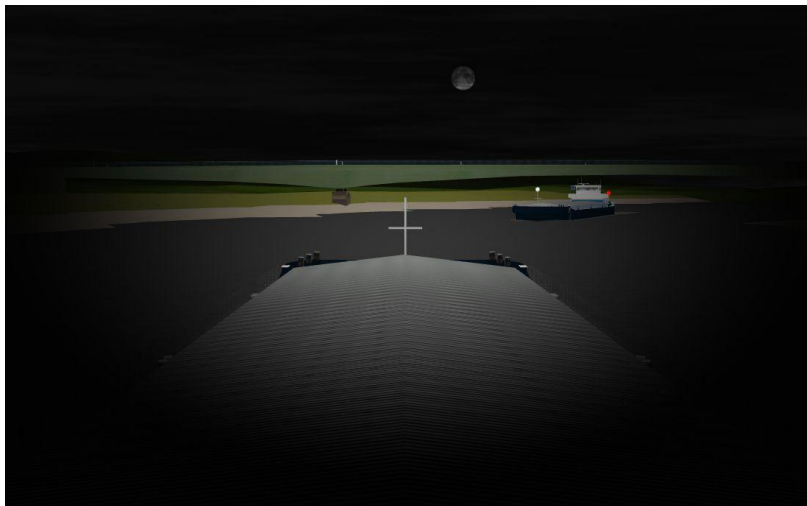


Abb. 5 – Begegnung bei Nacht (Straßenbrücke Winzer)

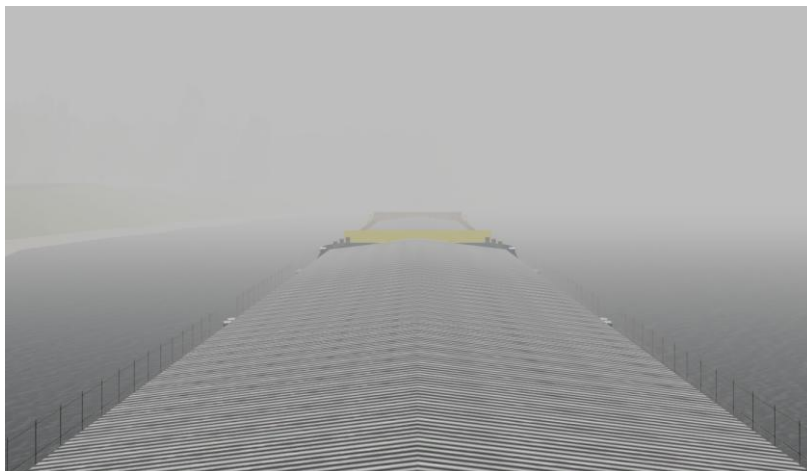


Abb. 6 – Koppelverband (Spargel) bei Nebelfahrt

Variante A

Datum	FNr.	Schiffsführer	Typ	Gebiet	Schiff	Berg/Tal	Tag / Nacht	Klar / Nebel	Pegel	Begegner
05.03.2012	203	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
05.03.2012	204	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Bergfahrt	Tag	Klar	RNW	-
05.03.2012	205	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Talfahrt	Tag	Nebel	RNW	-
05.03.2012	206	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	KVP R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
05.03.2012	207	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
06.03.2012	208	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
06.03.2012	209	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Bergfahrt	Tag	Klar	RNW	-
06.03.2012	210	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	KVP M	Talfahrt	Tag	Klar	MW	-
06.03.2012	211	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS M	Talfahrt	Tag	Klar	MW	-
07.03.2012	212	Andreas Heinemeyer	Begeg-nen	Variante A	GMS M	Talfahrt	Tag	Klar	MW	GMS M
07.03.2012	213	Andreas Heinemeyer	Begeg-nen	Variante A	KVP M	Talfahrt	Tag	Klar	MW	KVS M
07.03.2012	214	Andreas Heinemeyer	Begeg-nen	Variante A	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	KVS R
07.03.2012	215	Karlheinz Hörnig	Begeg-nen	Variante A	KVP R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	GMS R
07.03.2012	216	Karlheinz Hörnig	Begeg-nen	Variante A	GMS R	Talfahrt	Nacht	Klar	RNW	GMS R
08.03.2012	217	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
08.03.2012	218	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	KVS R	Bergfahrt	Tag	Nebel	RNW	-
08.03.2012	219	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
08.03.2012	220	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
09.03.2012	221	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
09.03.2012	222	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	GMS M	Talfahrt	Nacht	Klar	MW	-
09.03.2012	223	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Variante A	KVS M	Bergfahrt	Tag	Klar	MW	-

Tab. 2 – Protokoll der Fahrten Variante A

5. Ergebnisse der Simulationen

Siehe Teilbericht: Ist-Zustand

5.1 Ergebnisse der einzelnen Fahrten

Siehe Teilbericht: Ist-Zustand

5.2 Bewertungskriterien

Siehe Teilbericht: Ist-Zustand

5.3 Begegnungen

Bei den jeweils 5 Talfahrten mit Begegnungen für den Ist-Zustand und die Variante A konnten ca. 50 Begegnungen durchgeführt werden. Bei einer Talfahrt blieben beide Schiffstypen konstant, nur der Begegnungsort variierte. Durch Kombination der anderen Randbedingungen wurden die verschiedenen Fahrten so vorgenommen, dass die angestrebten prozentualen Verteilungen von Schiffstyp, Tageszeit, Sicht und Pegelstand jeweils annähernd erreicht wurden.

Ein Begegnen ist ein dynamischer Prozess, beginnend mit der Annäherung der Buge der Schiffe und endend mit dem Ablösen der Hecks. Als zentraler Punkt für die Auswertung wurde die Position gewählt, bei der sich die Schiffe nahezu genau nebeneinander befinden und die Daten der Schiffe ausgewertet. Am wichtigsten ist der Abstand der Schiffe, wobei der Minimalwert auf eine Kollision hindeuten kann.

In Abb. 7 sind die Ergebnisse über den Begegnungsort (wieder negative Kilometrierung mit Deggendorf links, Winzer rechts) aufgetragen. Als Parameter dienen der Schiffstyp (z.B. offene Raute = GMS/GMS oder gefüllter Kreis = KVP/KVS) und die Ausbauvariante (Rot = Ist-Zustand und Blau = Variante A).

Es zeigt sich, dass die GMS mit deutlich geringeren Abständen begegnen (ca. 10 – 30 m) wohingegen die Begegnungen von Verbänden meist Minimalabstände von 30 - 50 m aufweisen. Der Grund hierfür ist in der erhöhten Konzentration der Schiffsführer für dieses anspruchsvollere Manöver zu finden. Es liegt aber auch daran, dass bei den Verbänden immer nur an den vorgesehenen Begegnungsstellen so passiert wurde, dass der Bergfahrer nahezu stilllag. Bei den Begegnungen GMS/GMS jedoch fanden diese wegen des geringer eingeschätzten Risikos auch in Fahrt und manchmal auch an nicht dafür vorgesehenen Positionen statt.

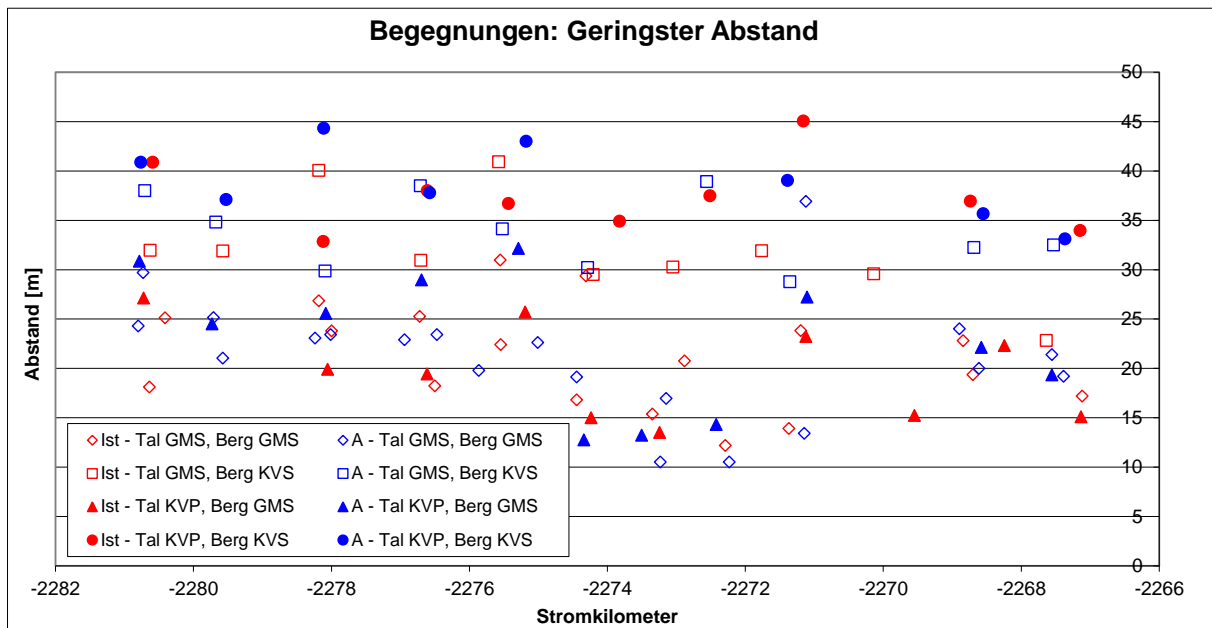


Abb. 7 – Geringster Begegnungsabstand nach Schiffstyp

Eine andere Auftragung dieser Daten zeigt Abb. 8, indem die Parametrisierung der Daten neben dem Ausbauzustand den Pegelstand berücksichtigt.

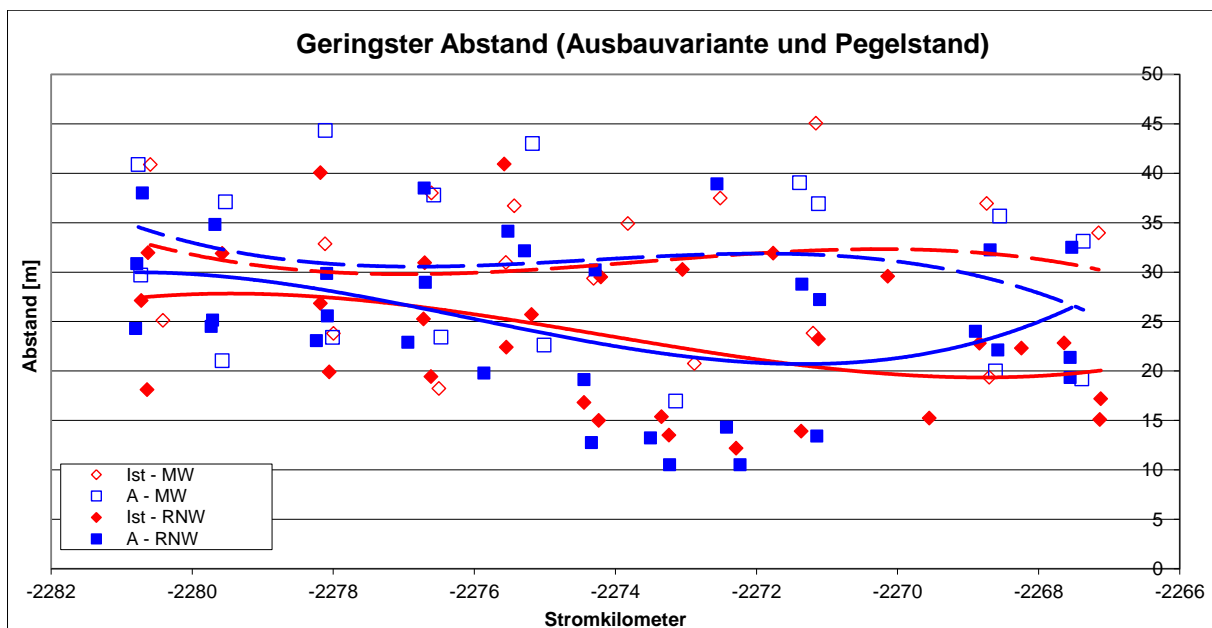


Abb. 8 – Geringster Begegnungsabstand nach Pegelstand

Hier erkennt man an den Trendlinien (gestrichelt = MW, durchgezogen = RNW), dass bei dem Ist-Zustand und der Variante A der minimale Abstand bei Niedrigwasser (RNW) ca. 5 bis 10 m geringer ausfiel.

6. Analyse

Ziel der Untersuchung war es, Angaben zu den aufgrund der Befahrungen am Simulator zu erwartenden Unfallhäufigkeiten bei den verschiedenen Ausbaustufen zu machen. Nach Kapitel 2 handelt es sich um folgende Unfallarten, die untenstehend aufgelistet und kurz diskutiert werden.

02 Auflaufen

Hierbei handelt es sich um ein Festfahren des Schiffes als Resultat einer Grundberührung. Mit Festfahren ist gemeint, dass das Schiff vollständig zum Stillstand kommt und aus eigener Kraft die Fahrt nicht fortsetzen kann. Diese Unfallart kann bei den Befahrungen beobachtet und dokumentiert werden.

03 Grundberührung innerhalb Fahrrinne

Hier erfolgt zwar wie beim Festfahren eine Grundberührung, das Schiff setzt seine Fahrt aber nach der Grundberührung weiter fort.

04 Kollisionen außerhalb von Schleusen

Diese Unfallart betrifft mehrere Schiffe und kann bei Einzelfahrten nicht auftreten.

07 Sonstige

Bei den Befahrungen kann diese Unfallart nicht untersucht werden.

08 Unfälle mit Stillliegern

Da die Befahrungen als Einzelfahrten durchgeführt wurden und keine Hafenanlagen oder Liegestellen passiert wurden, kann diese Unfallart ebenfalls nicht untersucht werden.

09 Unfälle mit Brückenbauwerken

Auch diese Unfallart entzieht sich der Untersuchung durch die durchgeführten Fahrten, denn zum einen wurden die Daten exakt zwischen den beiden Brücken „Autobahnbrücke Deggenau“ und „Straßenbrücke Winzer“ erfasst und zum anderen konnten keine Kollisionen mit den Brückenpfeilern auftreten, da diese nicht im Fluss, sondern auf dem Ufer stehen.

10 Unfälle mit Kaianlagen und Ufermauern

Im Fahrtgebiet befinden sich keine Kaianlagen und Ufermauern. Folglich ist auch diese Unfallart nicht relevant. Denkbar wäre es, die Längsbauwerke in Variante A als Ufermauer zu interpretieren. Da aber keine Kollisionen erfolgt sind, ist auch für diese Unfallart keine Auswertung möglich.

11 Unfälle mit Schifffahrtszeichen

Hierzu zählen sowohl Bojen als auch Baken. Da Baken jedoch hauptsächlich zur Markierung von wasserbaulichen Bauwerken (Buhnen und Längsbauwerke) im überspülten Zustand verwendet werden und Kollisionen mit diesen nicht auftraten, werden hier nur Bojen betrachtet.

15 Grundberührung außerhalb der Fahrrinne

Diese Unfallart entspricht der Nummer 03. Bei der Analyse wird diese Unfallart berücksichtigt, wenn sich einer der vier Eckpunkte außerhalb der Fahrrinne be-

fand. Dies entspricht einem Nulldurchgang der roten bzw. der grünen Kurve in Abb. 40 des Teilberichts zum Ist-Zustand.

17 Unfälle im Schiffsbetrieb

Ebenso wie „07 Sonstige“ ist diese Unfallart unspezifisch und bei der Simulatorfahrten keinem Ereignis zuzuordnen.

6.1 **Ausgewählte Kriterien**

Dies führt zu der Festlegung auf 5 Unfallarten, zu denen Daten in der Unfalldatenbank vorliegen und die bei der Analyse der Befahrungen bewertbar sind.

- Grundberührungen
 - innerhalb der Fahrrinne
 - außerhalb der Fahrrinne
 - mit anschließendem Festfahren
- Anfahren von Bojen
- Kollisionen bei Begegnungen

Bei der relativ geringen Anzahl durchgeführter Fahrten ist nicht zu erwarten, dass alle diese Unfallarten in einer Anzahl auftreten, dass sie signifikant zählbar sind. Aus diesem Grund wurden aus den Bewertungskriterien Situationen herangezogen, die in Form von Unterschreitungen von Mindestabständen in horizontaler und vertikaler Richtung „Beinahe-Unfälle“ beschreiben. Diese treten in weitaus größerer Häufigkeit auf und lassen sich ihrer Anzahl nach besser in Abhängigkeit vom Fahrtgebiet darstellen.

6.1.1 **Auflaufen**

Hierbei wurden die tatsächlich auftretenden Ereignisse erfasst. Bei der Simulation konnten diese automatisch erfasst werden, indem plötzliche Ortsveränderungen von einem Zeittakt zum nächsten von über 15 m auftraten. Diese Ortsveränderungen traten dann auf, wenn der Bediener des Simulators das festgefahrene Schiff wieder in die Fahrrinne platzierte, um die Befahrung fortzusetzen. Da dies einer höheren Geschwindigkeit als von den Schiffen erreichbar entspricht, konnte diese Ortsveränderung eindeutig der Unfallart Auflaufen zugeordnet werden.

In Abb. 9 ist das Ergebnis dargestellt. Dabei wurden die Anzahlen aufgetretener Ereignisse auf eine Fahrtstrecke von 1000 km hochgerechnet. Da bei den Varianten Ist-Zustand und Variante A die gleiche Anzahl Ereignisse aufgetreten ist und in beiden Fällen 21 Fahrten durchgeführt wurden, sind die zahlenmäßigen Resultate gleich.

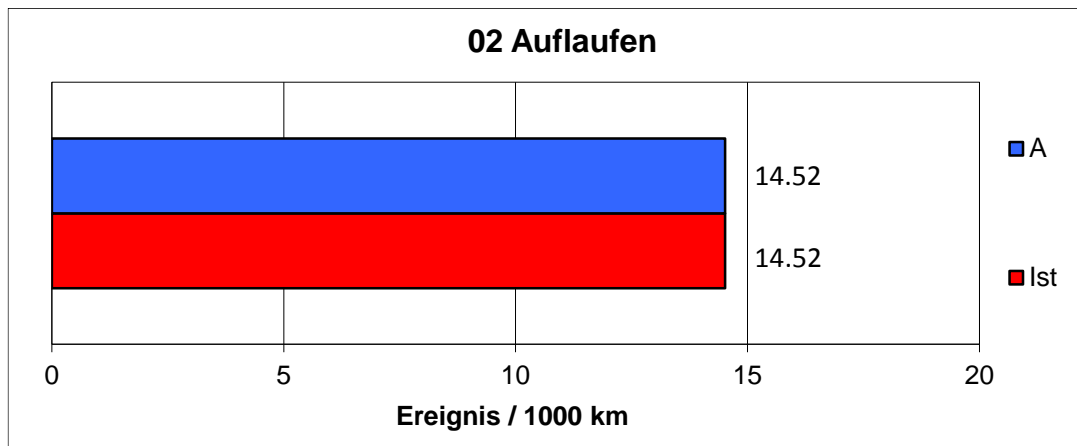


Abb. 9 – Vergleich der Ausbauzustände: Unfallart „Auflaufen“

6.1.2 Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne

Obwohl die verwendeten Schiffe so stark abgeladen waren, wie es aktuell und für die Ausbauvarianten maximal zulässig, traten echte Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne doch relativ selten auf. Aus diesem Grund wurden die Unterschreitungen eines Mindest-Flottwassers erfasst und zwar für die Grenzwerte 20 cm, 10 cm und 5 cm. Bezogen auf die Anzahl Zeittakte während der jeweiligen Befahrungen, ergeben sich in Tab. 3 folgende Mittelwerte für alle Fahrten.

Ausbauzustand	< 5 cm	< 10 cm	< 20 cm
Ist-Zustand	0,79 %	1,10 %	2,05 %
Variante A	0,58 %	0,64 %	0,81 %

Tab. 3 – Grenzwertunterschreitungen Flottwasser innerhalb der Fahrrinne

Für alle Grenzwerte ist die Änderung mit dem Fahrtgebiet ähnlich. Bei Variante A nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Grundberührung gegenüber dem Ist-Zustand ab. Für eine Verwendung als Ergebnis in Abb. 10 wird der Grenzwert von 5 cm gewählt, da er der echten Grundberührung am nächsten kommt.

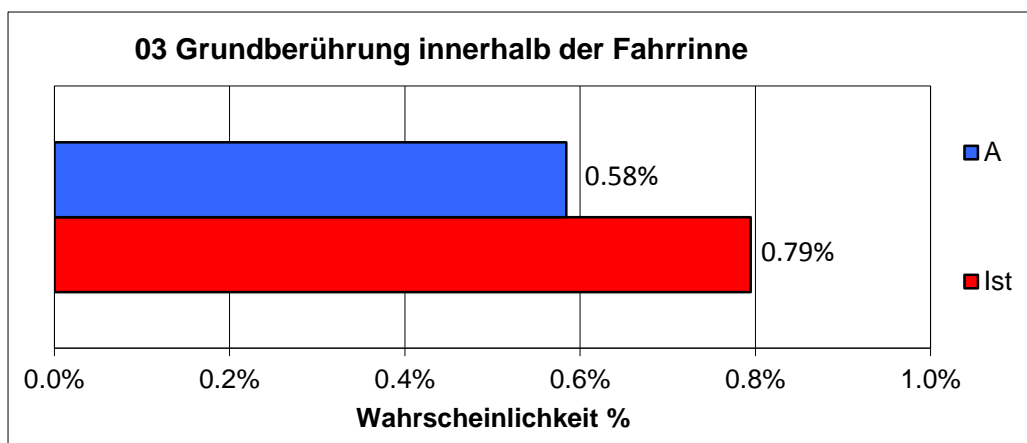


Abb. 10 – Vergleich der Ausbauzustände: Unfallart „Grundberührung innerhalb der Fahrrinne“

6.1.3 Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne

Hier verhält es sich ähnlich wie innerhalb der Fahrrinne, mit dem Unterschied, dass die Ereignisse noch seltener auftraten, da die Fahrrinne nur selten verlassen wurde. Wie oft dies tatsächlich auftrat ist in Tab. 4 aufgelistet.

Ausbauzustand	Nordseite	Südseite	Mittelwert
Ist-Zustand	4,63 %	1,76 %	3,20 %
Variante A	2,71 %	0,96 %	1,83 %

Tab. 4 – Fahrinnenüberschreitungen

Die festgestellten Unterschreitungen des Mindestflottwassers von 5 cm außerhalb der Fahrrinne sind im Vergleich zu Tab. 3 in Tab. 5 zusammengestellt.

Ausbauzustand	< 5 cm	< 10 cm	< 20 cm
Ist-Zustand	0,18 %	0,20 %	0,33 %
Variante A	0,17 %	0,19 %	0,25 %

Tab. 5 – Grenzwertunterschreitungen Flottwasser außerhalb der Fahrrinne

Diese Kriterien für eine Grundberührung sind in Abb. 11 dargestellt. Obwohl die Fahrrinne nur selten verlassen wurde, sind die Grundberührungen dann doch erheblich mehr wahrscheinlich. Dies wird daran deutlich, dass die Unterschreitungen in Tab. 5 auf die Gesamtstrecke bezogen sind. Bezieht man den Wert von 0,18 % per Division durch 3,20 % auf die tatsächlichen Fahrinnenüberschreitungen, steigt die Grenzwertunterschreitung im Ist-Zustand auf 5,63 % und damit ist das Risiko einer Grundberührung außerhalb der Fahrrinne über siebenmal so groß wie innerhalb der Fahrrinne.

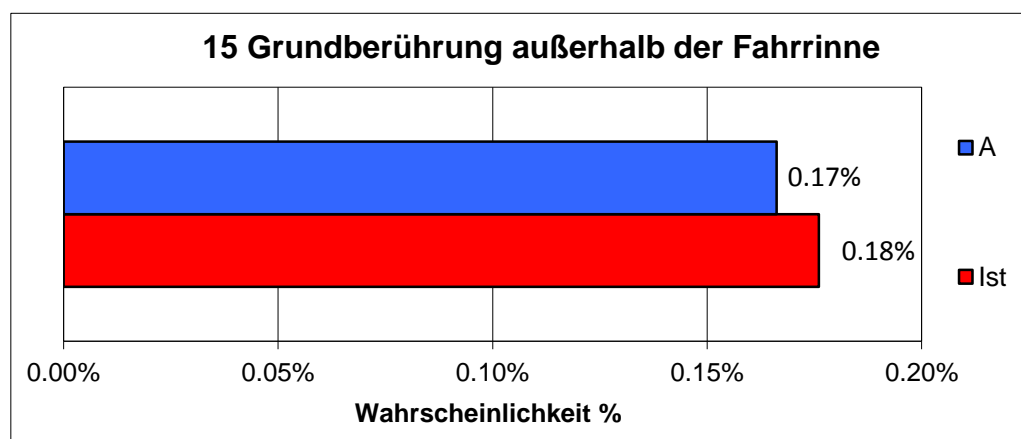


Abb. 11 – Vergleich der Ausbautstände: Unfallart „Grundberührung außerhalb der Fahrrinne“

6.1.4 Kollisionen außerhalb von Schleusen

Da die Teststrecke keine Schleuse enthält, handelt es sich bei den Kollisionen nur um Zusammenstöße während der Fahrt. Eine weitere Einschränkung ist dadurch gegeben, dass keine Überholmanöver untersucht wurden, sondern nur Begegnungen.

In Abb. 12 sind die Ergebnisse der Begegnungsfahrten, die in Abb. 7 und Abb. 8 in Details wiedergegeben wurden, nur noch nach der Ausbauvariante unterschieden als globale Mittelwerte wiedergegeben.

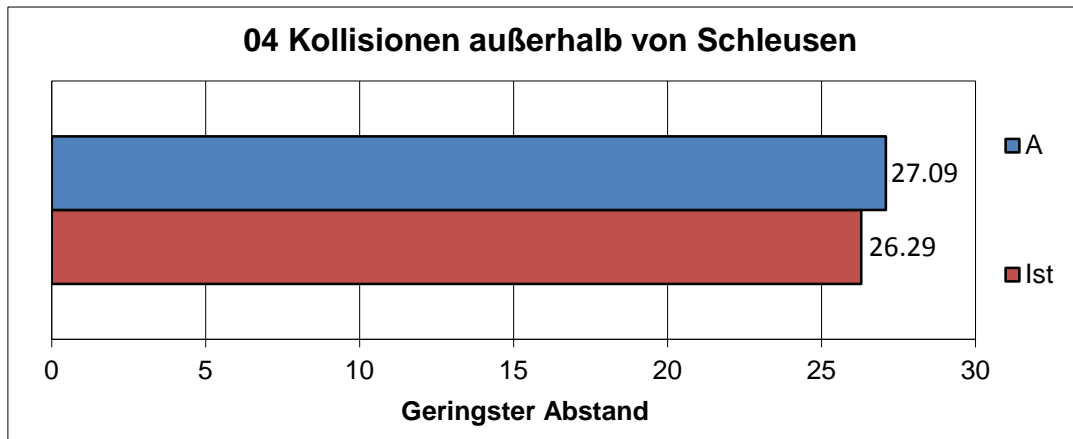


Abb. 12 – Vergleich der Ausbauzustände: Unfallart „Kollisionen außerhalb von Schleusen“
Geringster Abstand

Da diese Auftragung jedoch nicht zu den anderen Diagrammen dieses Kapitels (blau wenig, rot viel) passt, wurde in Abb. 13 eine reziproke Darstellung gewählt, indem die Schiffsbreite durch den geringsten Abstand dividiert wurde.

Die generelle Aussage wird dadurch nicht verändert, denn es bleibt dabei, dass gegenüber dem Ist-Zustand das Risiko einer Kollision in Variante A geringfügig verringert wird.

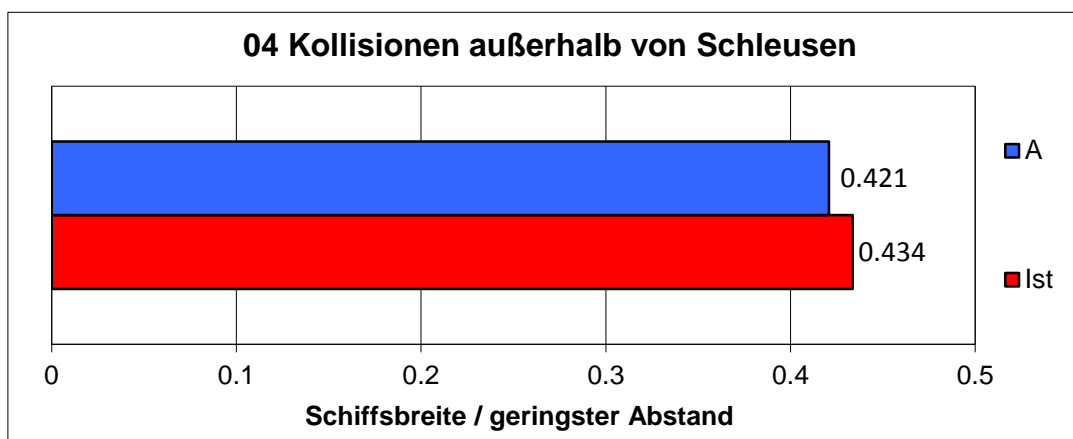


Abb. 13 – Vergleich der Ausbauzustände: Unfallart „Kollisionen außerhalb von Schleusen“
Schiffsbreite durch geringster Abstand

6.1.5 Unfälle mit Schifffahrtszeichen

Auch diese Unfallart trat bei den Befahrungen im Simulator zu selten auf, um zu verwertbaren Daten zu gelangen. Wie schon in den vorangegangenen Abschnitten wurde daher die Unterschreitung eines Mindestabstandes als Kriterium für diese Unfallart herangezogen. In diesem Fall wird eine Bojenanfahrung genau dann angezeigt, wenn der Mindestabstand am Bug oder am Heck das Maß von 5 m unterschreitet.

Da die Anzahl der Bojen in allen drei Ausbauvarianten unterschiedlich war (Ist-Zustand 36 Bojen und Variante A 33 Bojen), wurde die Anzahl der Unterschreitungen des Mindestabstandes noch durch die Bojenanzahl dividiert, um das Risiko einer einzelnen Bojenanfahrung genau definieren zu können. Das Ergebnis ist in Abb. 14 wiedergegeben und zeigt für die Variante A eine deutliche Abnahme des Auftretens dieser Unfallart.

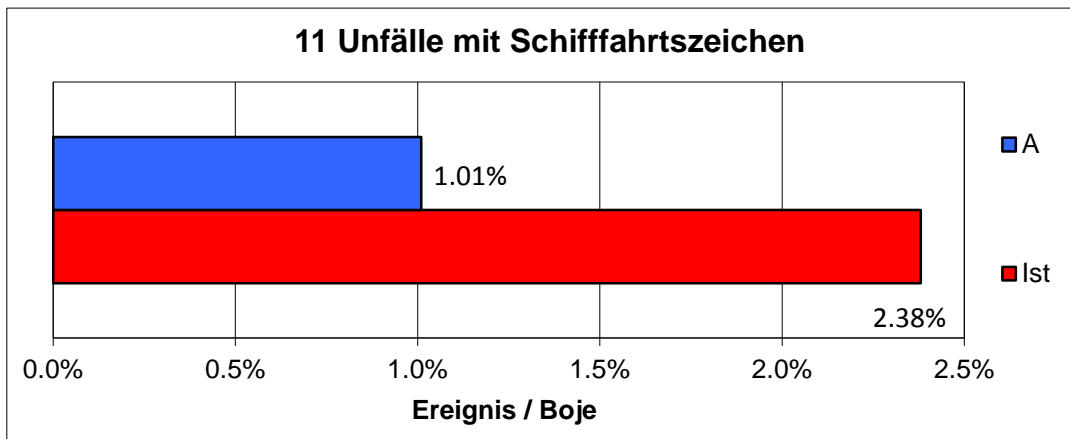


Abb. 14 – Vergleich der Ausbauzustände: Unfallart „Unfälle mit Schifffahrtszeichen“

6.2 Unfallhäufigkeiten

In der Analyse der Befahrungen in Kapitel 6.1 mit konkretem Bezug auf die Unfallarten sind schon genaue Angaben über die Änderung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer bestimmten in der Simulation nachweisbaren Unfallart gemacht worden. Dies gilt jedoch nur für den hier untersuchten Teilabschnitt, der nach der Auswertung der Unfalldatenbank in Kapitel 2 als der mit der höchsten Unfallhäufigkeit ausgewiesen wurde.

Bei einer Hochrechnung der Simulationsergebnisse auf das gesamte Gebiet Straubing-Vilshofen muss bedacht werden, dass die geplanten Ausbauten der untersuchten Teilstrecke wahrscheinlich auf der gesamten Strecke wirksam sind.

Dies führt dazu, dass die Reduktion der zu erwartenden Unfälle beim Übergang auf die Ausbauvariante A für die einzelnen Unfallarten mit vertretbarem Genauigkeitsanspruch auf die Gesamtstrecke übernommen werden kann. In der Tab. 6 wurde dies durch direkte Berechnung aus den in den Diagrammen in Abb. 9 bis Abb. 14 enthaltenen Zahlen vorgenommen.

Unfallart	Ist-Zustand	Variante A	Reduktion um
02 Auflaufen	14,52	14,52	0 %
03 Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne	0,79 %	0,58 %	26,6 %
15 Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne	0,18 %	0,17 %	5,5 %
04 Kollisionen außerhalb von Schleusen	0,434	0,431	0,7 %
11 Unfälle mit Schifffahrtszeichen	2,38 %	1,01 %	57,6 %

Tab. 6 – Reduktion der Unfallhäufigkeit für Variante A

Zusammenfassend für beide Ausbauvarianten ist die Häufigkeit bzw. die Reduktion in Tab. 7 wiedergegeben.

Unfallart	Häufigkeit		Reduktion um	
	Ist	A	Ist	A
02 Auflaufen	14,52	14,52	0 %	0,0 %
03 Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne	0,79 %	0,58 %	0 %	26,6 %
15 Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne	0,18 %	0,17 %	0 %	5,6 %
04 Kollisionen außerhalb von Schleusen	0,434	0,431	0 %	0,7 %
11 Unfälle mit Schifffahrtszeichen	2,38 %	1,01 %	0 %	57,6 %

Tab. 7 – Zusammenfassung der Unfallhäufigkeiten

6.3 Korrelation mit der Unfalldatenbank

Die Unfalldatenbank (siehe Kapitel 2) umfasst den Zeitraum von 1998 bis 2010, also 13 Jahre. Die in Abb. 1 des Teilberichtes zum Ist-Zustand wiedergegebenen Zahlen gelten für diesen Zeitraum und sind in Tab. 8 auf ein Jahr für die hier betrachteten Unfallarten umgerechnet. Mit den in Tab. 7 zusammengestellten simulationstechnisch ermittelten Häufigkeiten können diese in Unfallzahlen umgerechnet werden, indem die Anzahl Unfälle pro Jahr nach der Unfalldatenbank für den Ist-Zustand mit der ermittelten Häufigkeit für die Varianten A multipliziert und durch die Häufigkeit für den Ist-Zustand dividiert werden.

Unfallart	Unfälle / Jahr	
	Ausbauzustand	Ist-Zustand Variante A
02 Auflaufen	6,62	6,62
03 Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne	1,77	1,30
15 Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne	13,31	12,57
04 Kollisionen außerhalb von Schleusen	1,38	1,37
11 Unfälle mit Schifffahrtszeichen	15,92	6,76

Tab. 8 – Anzahl Unfälle pro Jahr

Diese Angaben beziehen sich auf den Fall, dass der Verkehr sich nicht ändert und die Anzahl der Fahrten und Begegnungen pro Jahr genau der des Zeitraums entspricht, der von der Unfalldatenbank abgedeckt wird.

6.4 Änderung des Verkehrsaufkommens

Die Berücksichtigung einer Änderung des Verkehrsaufkommens erfolgt auf der Basis der Ergebnisse der parallel durchgeführten Verkehrsprognose durch Planco (siehe Tab. 9).

	Transportmenge [to/a]	Erhöhung zu "Ist 2004"	Erhöhung zu "Ist 2025"	Schiffsanzahl [n/a]	Erhöhung zu "Ist 2004"	Erhöhung zu "Ist 2025"
Ist-Zustand 2004 ²	7040000	0%		6719 ³	0%	
Ist-Zustand Prognose 2025	9855314	40%	0%	9406	40%	0%
Var. A Prognose 2025 (mit Verlagerung)	11024793	57%	12%	9742	45%	4%

Tab. 9 – Prognostizierte Transportmenge und Anzahl von Schiffen pro Jahr auf der Donau zwischen Straubing und Vilshofen (Quelle Planco 2012: Donauausbau Straubing - Vilshofen, Verkehrsprognose und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung)

Gegenüber der derzeitigen Situation erhöhen sich Transportmenge und Schiffsanzahl in der Prognose für den Ist-Zustand 2025 um 40%. Aus dieser proportionalen Erhöhung werden Hochrechnungen für die Schiffsanzahlen bei weiteren Erhöhungen des Transportaufkommens abgeleitet, die in der zweiten Spalte in Tab. 10 eingetragen sind. Die Änderungen für die Schiffsanzahlen bei den verschiedenen Ausbauzu-

² In der Verkehrsprognose von Planco (2012) wird das Analysejahr 2004 für die Verkehrsentwicklung bis 2025 zugrunde gelegt.

³ Anzahl der Schiffe im Ist-Zustand ermittelt über die Änderung der Transportmenge gegenüber dem Ist-Zustand 2025

ständen 2025 (dritte Zeile in Tab. 10) werden auch für die Berechnungen der Schiffsanzahlen für den Ist-Zustand sowie weitere Erhöhungen in 2025 verwendet.

	Anzahl Schiffe /a Ist-Zustand	Anzahl Schiffe /a Var. A
2004	6719	6959
2025	9406	9742

Tab. 10 – Berechnete Prognose für die Anzahl von Schiffen pro Jahr

In der Tab. 11 sind diese Zahlen auf die aktuelle Situation (Ist-Zustand, Verkehrsaufkommen 2004) bezogen als Prozentwerte dargestellt.

	Ist-Zustand	Variante A
2004	100%	104%
2025	140%	145%

Tab. 11 – Anzahl von Schiffen bezogen auf den aktuellen Zustand

Basierend auf diesen Erwartungen können die Unfallzahlen pro Jahr, wie sie in Tab. 8 wiedergegeben worden sind, neu berechnet werden, indem die zu erwartenden Schiffsanzahlen für die verschiedenen Hochrechnungszeiträume und Ausbauzustände als Prozentwerte aufmultipliziert werden.

Bei den Kollisionen ist jedoch ein besonderer Effekt zu berücksichtigen. Da jeder Bergfahrer mit jedem Talfahrer eine Begegnung haben kann, verdoppelt sich die Begegnungsanzahl nicht bei Verdopplung des Verkehrsaufkommens, sondern sie vervierfacht sich. Dies bedeutet, dass die Kollisionen / Jahr nicht mit der prozentualen Änderung gegenüber Ist-2004, sondern mit dem Quadrat dieses Wertes multipliziert werden müssen. Hierbei handelt es sich um den ungünstigsten Maximalwert an Begegnungen. In den folgenden Tabellen (Tab. 12 bis Tab. 13) sind die hochgerechneten Unfallzahlen pro Jahr in Abhängigkeit von der Änderung des Verkehrsaufkommens und dem Ausbauzustand dargestellt.

Aktuelles Verkehrsaufkommen (2004)

Ausbauzustand	Ist-Zustand	Variante A
02 Auflaufen	6,62	6,86
03 Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne	1,77	1,35
15 Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne	13,31	13,02
04 Kollisionen außerhalb von Schleusen	1,38	1,47
11 Unfälle mit Schifffahrtszeichen	15,92	7,00
Gesamt	39,00	29,69

Tab. 12 – Anzahl Unfälle pro Jahr bei aktuellem Verkehrsaufkommen

Prognostiziertes Verkehrsaufkommen (2025)

Ausbauzustand	Ist-Zustand	Variante A
02 Auflaufen	9,27	9,60
03 Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne	2,48	1,88
15 Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne	18,63	18,23
04 Kollisionen außerhalb von Schleusen	2,70	2,88
11 Unfälle mit Schifffahrtszeichen	22,29	9,80
Gesamt	55,37	42,39

Tab. 13 – Anzahl Unfälle pro Jahr bei für 2025 prognostiziertem Verkehrsaufkommen

Zusammengefasst ergeben sich für die verschiedenen Ausbauzustände und Verkehrsaufkommen folgende Zahlen:

Unfälle / Jahr	Ist-Zustand	Variante A
2004	39,0	29,7
2025	55,4	42,4

Tab. 14 – Anzahl Unfälle pro Jahr über Ausbauzustand und Verkehrsaufkommen

6.5 Unfallraten

Eine andere Darstellung des Risikos ist durch die Unfallrate gegeben. Sie ist definiert als

$$\text{Unfallrate} = \frac{\text{Anzahl Unfälle/ Jahr}}{\text{Streckenlänge} \cdot \text{Anzahl Schiffe/ Jahr}} \cdot 100000$$

Mit den im vorangegangenen Abschnitt hochgerechneten Unfallzahlen in Tab. 14, der Streckenlänge von 70 km sowie den Anzahlen von Schiffen pro Jahr aus Tab. 10 ergeben sich für die verschiedenen Ausbauzustände und Verkehrsprognosen die zu erwartenden Unfallraten für die Strecke Straubing-Vilshofen in Tab. 15.

Unfallraten	Ist-Zustand	Variante A
2004	82,9	60,9
2025	84,1	62,2

Tab. 15 – Unfallraten über Ausbauzustand und Verkehrsaufkommen

Zum Vergleich sind Unfallraten aus anderen Quellen für den Rhein und für die Donau auf Basis der Planungen und den vertieften Untersuchungen in Tab. 16 wiedergegeben.

Rhein ⁴	Unfallrate	Donau ⁵ Straubing-Vilshofen	Unfallrate
Iffezheim-Karlsruhe	13,0	Ist-Zustand (2015)	123
Karlsruhe-Mannheim	12,1	Variante A	115
Mannheim-Mainz	9,2	Variante C	38
Mainz-Bingen	20,1		
Bingen-St.Goar	24,0		
St.Goar-Koblenz	7,5		
Koblenz-Rolandseck	7,7		

Tab. 16 – Unfallraten für Rhein und Donau

7. Zusätzliche nautische Betrachtungen

Siehe Teilbericht: Ist-Zustand

⁴ VBD-Bericht 1546, „Ermittlung der Transportleistung im ausgewählten Donauabschnitt zwischen Straubing und Vilshofen“, 1999

⁵ TU-München, „Bestimmung der erforderlichen Fahrrinnenbreiten auf der Basis von Kollisionswahrscheinlichkeiten“, 2003

8. Zusammenfassung

Für die Bestimmung der Unfallhäufigkeit von Schiffen auf der Donau zwischen Straubing und Vilshofen wurden nautische Simulationen für den Ist-Zustand sowie die Ausbauvariante A durchgeführt. Die Auswertung der Einzelfahrten und Begegnungen führte zu Änderungen der Unfallwahrscheinlichkeiten, die mit der Unfalldatenbank korreliert wurden.

Unter Verwendung von prognostizierten Daten über die zu erwartende Erhöhung des Verkehrsaufkommens ergeben sich für den aktuellen Zustand und für die Prognose folgende Unfallzahlen bzw. Unfallraten:

	Ist-Zustand		Variante A	
	Unfälle / a	Unfallrate	Unfälle / a	Unfallrate
2004	39,0	82,9	29,7	60,9
2025	55,4	84,1	42,4	62,2

Die geplanten flussbaulichen Maßnahmen für die Variante A führen nach den vorgenommenen Untersuchungen zu einer Reduktion der Unfallwahrscheinlichkeit, dies betrifft u.a. den Ausgang der Mühlhamer Schleife

Duisburg, 06.11.2012
Dr. Grz/KI

Fachbereich Schiffsentwicklung
und Schifffahrtsbetriebstechnik

Bearbeiter:

gez. Gronarz

.....
(Dr.-Ing. A. Gronarz)

DST - Entwicklungszentrum für
Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.

gez. Zöllner
.....
(Dipl.-Ing. J. Zöllner)