



Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung



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

Donauausbau Straubing-Vilshofen

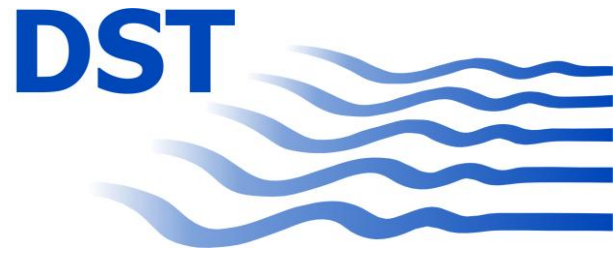
Variantenunabhängige Untersuchungen zum Ausbau der Donau
zwischen Straubing und Vilshofen – 2007-DE-18050-S

Abschlussberichte – B.I. Bericht zum Ist-Zustand

**Anlage I.3 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.

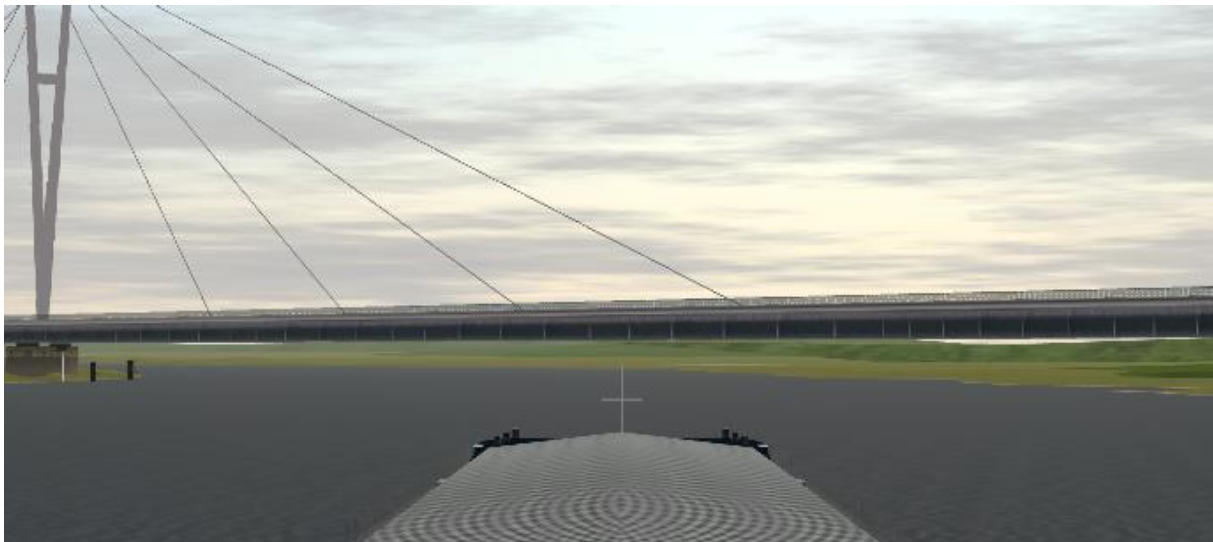


Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.

DST - Development Centre for Ship Technology and Transport Systems

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

**Bericht 2058 – Teilbericht: Ist-Zustand
November 2012**



Auftraggeber: RMD Wasserstraßen GmbH, München

Inhalt

1.	Aufgabenstellung	4
2.	Analyse der Unfalldatenbank	5
2.1	Daten	5
2.2	Unfallarten	5
2.3	Details zu den Unfällen	6
2.3.1	Unfallort	6
2.3.2	Fahrtrichtung	9
2.3.3	Tageszeit	9
2.3.4	Wetter	11
2.3.5	Länge	12
2.3.6	Formation	13
2.3.7	Abladung	15
2.3.8	Kielfreiheit	15
2.3.9	Wassertiefe	17
2.4	Zusammenfassung	19
3.	Modellbildung	20
3.1	Schiffe	20
3.2	ENC	22
3.3	Eingangsdaten	23
3.3.1	Gelände	25
3.3.2	Wassertiefen	27
3.3.3	Strömung	28
4.	Simulationen	29
4.1	Planung	31
4.2	Durchführung	31
5.	Ergebnisse der Simulationen	34
5.1	Ergebnisse der einzelnen Fahrten	35
5.1.1	Schleppkurven	35
5.1.2	Schriebe	38
5.2	Bewertungskriterien	43
5.3	Begegnungen	44

6.	Analyse	46
6.1	Ausgewählte Kriterien	47
6.1.1	Auflaufen	47
6.1.2	Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne	48
6.1.3	Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne	49
6.1.4	Kollisionen außerhalb von Schleusen	49
6.1.5	Unfälle mit Schifffahrtszeichen	50
6.2	Unfallhäufigkeiten	51
6.3	Korrelation mit der Unfalldatenbank	51
6.4	Änderung des Verkehrsaufkommens	52
6.5	Unfallraten	54
7.	Zusätzliche nautische Betrachtungen	55
7.1	Nautische Hilfsmittel	55
7.1.1	Radar	55
7.1.2	ECDIS	55
7.1.3	AIS	56
7.1.4	Sprechfunk	56
7.2	Begegnungsverhalten	56
7.3	Fahrgastschiffahrt	57
8.	Zusammenfassung	58

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

2.1 Daten

Die Unfalldatenbank für die deutsche Donau-Strecke Regensburg - Passau wurde dem DST in Form der Datei „110131Schiffsunfaelle_WSA_Rbg.accdb“ vom Auftraggeber übergeben. Hierbei handelt es sich um eine MS-Access 2007/2001 Datenbank. Zur Auswertung wurde die frei verfügbare Software „MDBPlus“ verwendet, mit der nach Installation einer „AccessDatabaseEngine“ auf die Datenbank zugegriffen wurde.

Aus der Originaldatenbank, die den Zeitraum 01.01.1998 – 31.12.2010 umfasst, wurden für die Auswertung alle Unfälle außerhalb der Strecke Straubing - Vilshofen (Donau-km 2320 - 2250) entfernt.

Mittels SQL-Befehlen wurden die Zeilen der gespeicherten Unfälle um den Verbandstyp sowie die Länge des ersten Unfallbeteiligten aus der entsprechenden Untertabelle ergänzt und mit MS-Excel weiter verarbeitet. Durch Primär- und Sekundärsortierungen wurden die einzelnen Unfälle nach verschiedenen Kriterien gruppiert und über die verschiedenen Parameter aufgetragen. Hierbei wurden die Unfallarten voneinander unterschieden. Des Weiteren wurden die Häufigkeiten von Unfällen über die Wertebereiche verschiedener Parameter ermittelt und gesamt bzw. für die wichtigsten Unfallarten separat aufgetragen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Parameter betrachtet und analysiert.

2.2 Unfallarten

Unter Weglassung der einiger Unfallarten, die nur selten bzw. einmalig vorkamen, ist das Auftreten von Unfällen in diesem Bereich in Abb. 1 wiedergegeben. Die Nummerierung entspricht dem Index der Unfallarten, wie er in der Datenbank verwendet wurde.

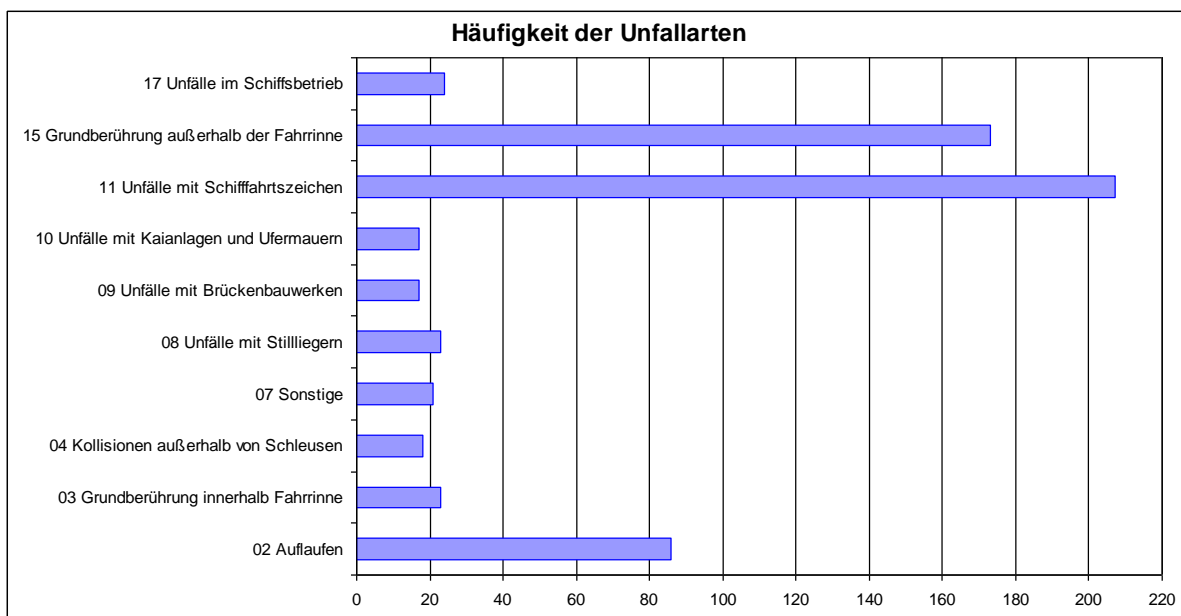


Abb. 1 – Häufigkeit der verschiedenen Unfallursachen

Es fällt auf, dass von den hier betrachteten 609 Unfällen alle etwa 20-mal auftraten, mit Ausnahme von „Auflaufen“, „Grundberührung außerhalb der Fahrrinne“ und „Unfälle mit Schifffahrtszeichen“ – die letzten beiden mit Abstand am meisten.

Sowohl beim Auflaufen als auch bei der Grundberührung hat das Schiff beim Unfall Kontakt mit dem Gewässerboden. Der Unterschied zwischen diesen beiden Unfallarten besteht darin, dass beim Auflaufen das Schiff fest sitzt, also zum Stillstand kommt, wohingegen bei der Grundberührung eine Weiterfahrt erfolgt.

Da die Folgen des Unfalls hier nicht relevant sind, können diese beiden Unfallarten (Unfallarten_ID 2 und 15) zusammen betrachtet werden. Damit treten mit Abstand die meisten Unfälle durch Grundberührung und durch Anfahren von Tonnen auf.

2.3 Details zu den Unfällen

2.3.1 Unfallort

Die oben dargestellten Unfallarten wurden über den Ort (Stromkilometer) aufgetragen. Die in diesem Projekt betrachtete Teilstrecke Deggendorf - Winzer zwischen der Autobahnbrücke Deggenu und der Waldbrücke bei Winzer ist durch die gestrichelten roten Linien in Abb. 2 markiert.

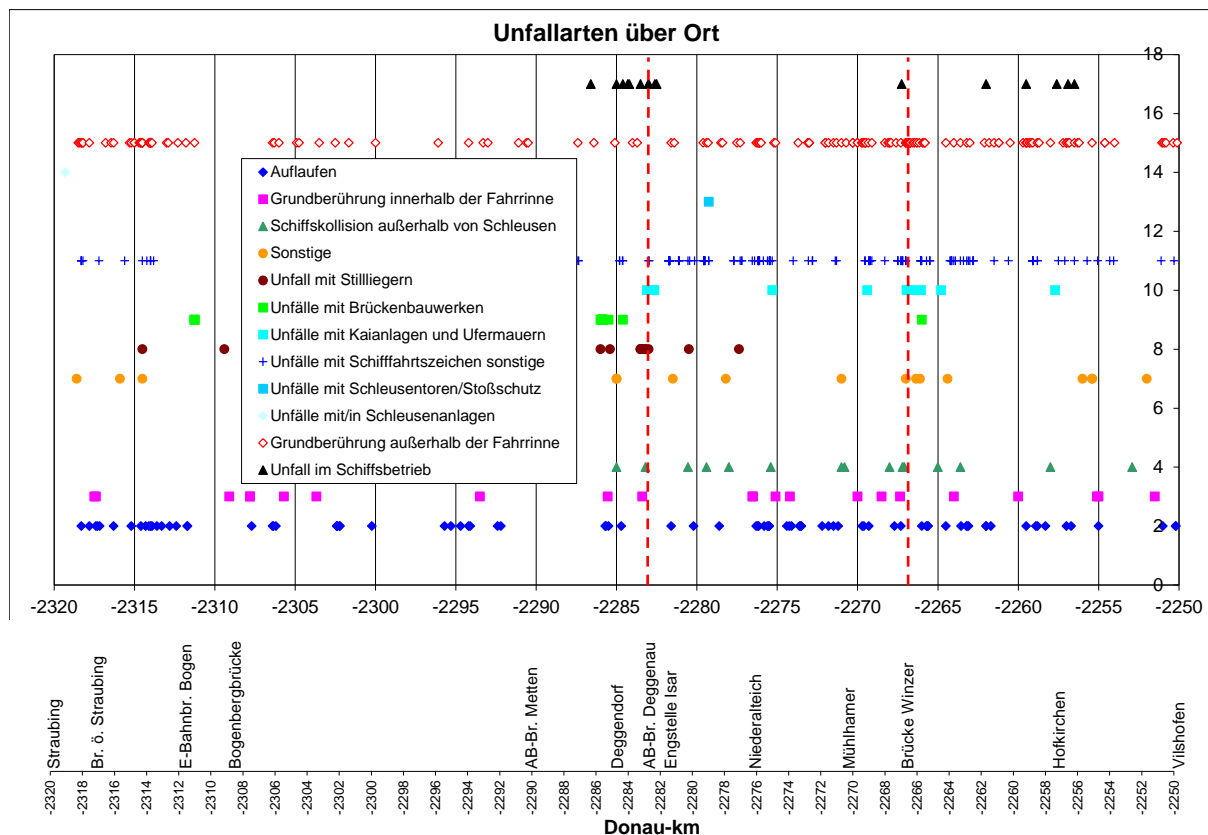


Abb. 2 – Unfallarten über Ort

Während an der Engstelle unmittelbar unterhalb der Isarmündung relativ wenige Unfälle auftraten, ist eine Häufung in der Mühlhamer Schleife bis hin nach Winzer festzustellen. Ebenfalls kann ein Unfallschwerpunkt bei Niederalteich lokalisiert werden.

Dies betrifft vor allem die Unfallarten „Grundberührung“ (innerhalb und außerhalb der Fahrrinne), „Auflaufen“ und „Kollisionen“, die zwar seltener auftreten, aber dafür gehäuft auf der Teilstrecke Deggendorf - Winzer. Dies ist auf die in diesem Abschnitt erhöhte Strömung und die bei geringen Fahrwasserbreiten durchgeführten Begegnungen zurückzuführen.

Im Gegensatz zu den zuvor erwähnten Unfallarten sind die Anfahrungen von Tonnen gleichmäßiger verteilt. Die Lage der registrierten Unfallorte für Anfahrungen entspricht hier in etwa der Verteilung der Tonnen, mit einer geringeren Anzahl im Bereich km 2269 – 2273, was auch der Verteilung in der Realität entspricht, wie aus Abb. 3 hervorgeht.

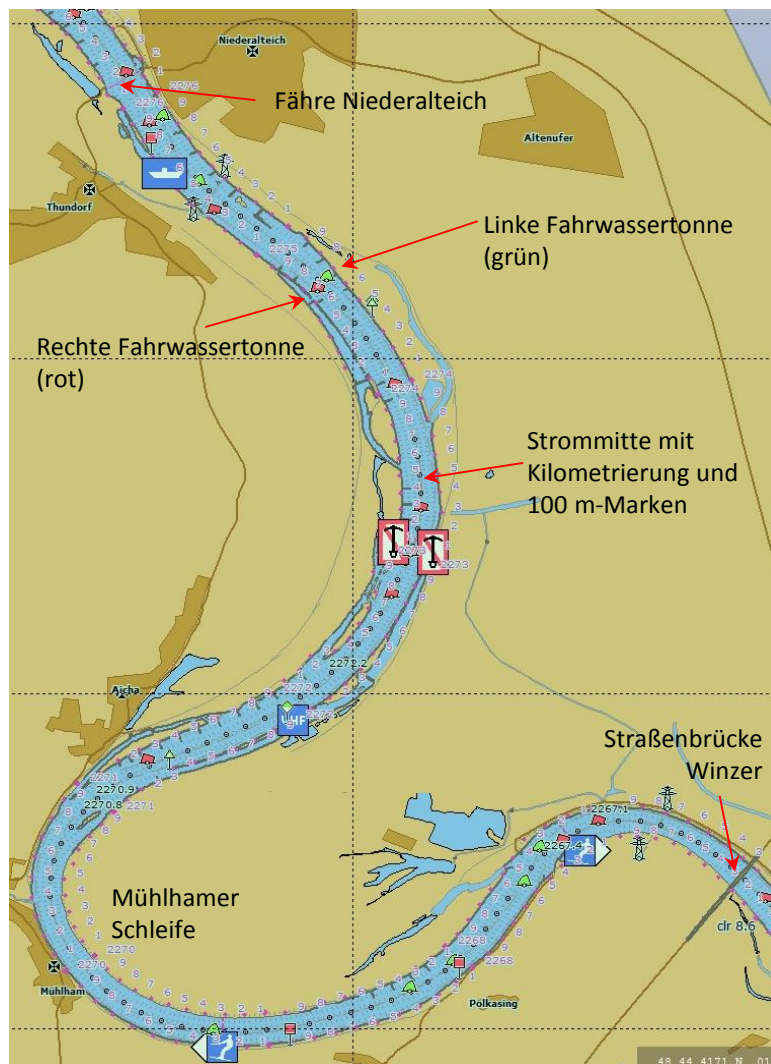


Abb. 3 – ENC des südlichen Teils der Strecke Isarmündung - Winzer

Die Auftragung der Häufigkeiten der Unfälle in bestimmten Bereichen (hier 2-km-Abschnitte zwischen Straubing und Vilshofen) ist in Abb. 4 ersichtlich, bei der alle Unfälle (unabhängig von der Art) aufgetragen sind. Die deutlich größte Anzahl von Unfällen tritt zwischen Deggendorf und Winzer auf. Dies unterstreicht die getroffene Auswahl des Teilabschnittes für die Simulationen.

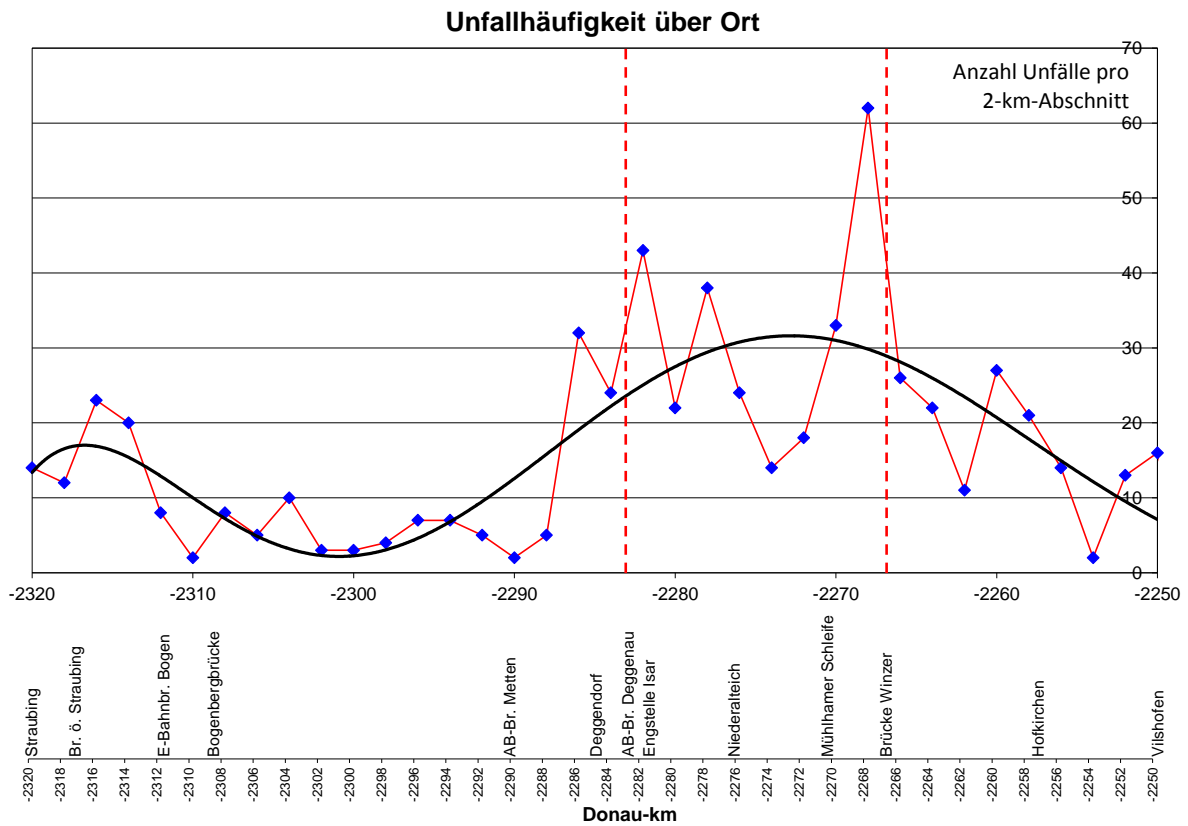


Abb. 4 – Verteilung der Unfälle über die Strecke Straubing - Vilshofen

Dies wird auch durch die Auftragungen der einzelnen Unfallarten 2, 15, 4 und 11 untermauert, wie in den vier verkleinerten Diagrammen in Abb. 5 zu sehen ist.

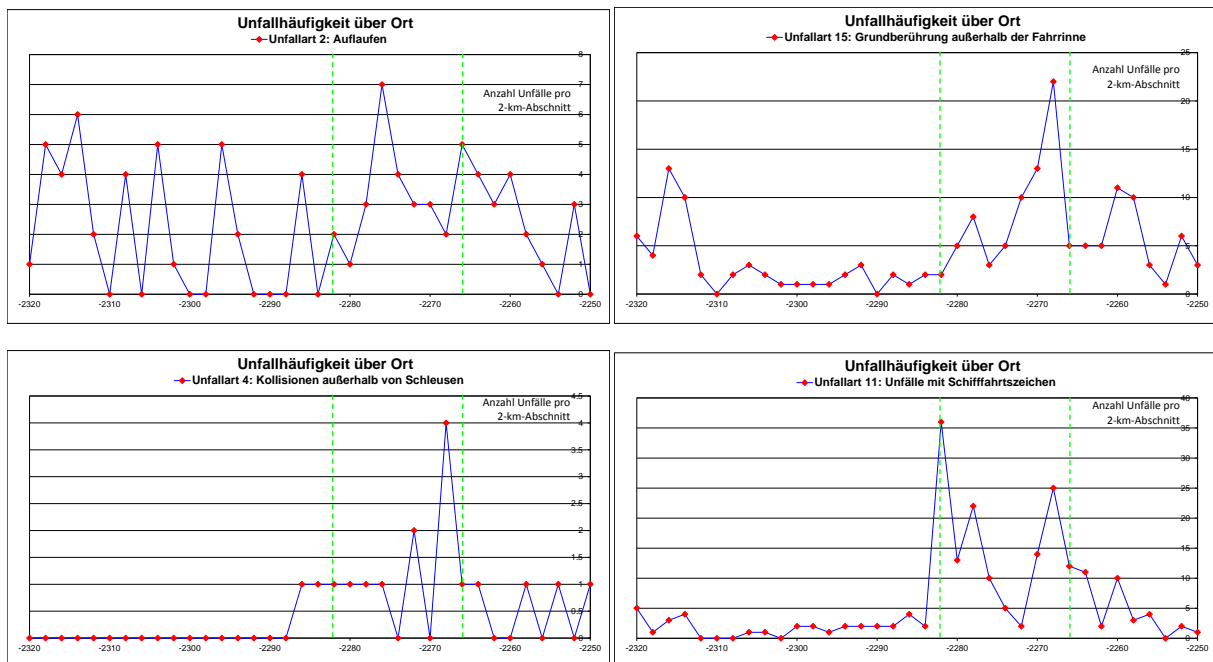


Abb. 5 – Verteilung bestimmter Unfallarten über die Strecke Straubing - Vilshofen

2.3.2 Fahrtrichtung

Die Zählung der Unfälle in Abhängigkeit von der Fahrtrichtung ergibt ein ziemlich ausgewogenes Verhältnis zwischen Berg- und Talfahrt, wie aus Abb. 6 ersichtlich ist. In dieser Untersuchung werden Unfälle mit Stillliegern bewusst nicht berücksichtigt, da es sich ja um Fahrsimulationen handelt und diese Unfallart selten auftritt. Diese Unfälle umfassen die Situationen, wenn ein an Land festgemachtes oder vor Anker liegendes Fahrzeug z.B. durch den Sog eines vorbeifahrenden Schiffes beeinflusst wird und die Leinen brechen oder es auf Grund gedrückt wird.

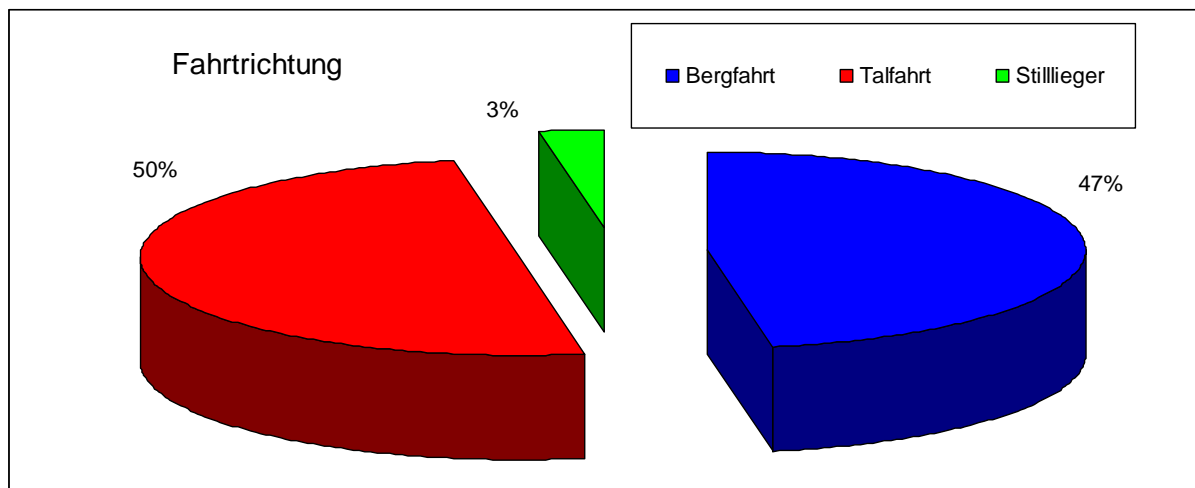


Abb. 6 – Unfälle nach Fahrtrichtung (Bergfahrt, Talfahrt, Stilllieger)

2.3.3 Tageszeit

In Abb. 7 sind die Unfälle in der Datenbank über der Unfallzeit sowie der Kategorisierung Tag/Nacht und zusätzlich der Fahrtrichtung des ersten Unfallbeteiligten aufgetragen. Da bei einigen Unfällen in der Datenbank keine Uhrzeit, bei anderen keine Fahrtrichtung und wieder anderen keine Tag/Nacht-Unterscheidung eingetragen waren, ist der Datenbestand für diese Auftragung auf die reduziert worden, bei denen alle Kategorien Daten enthielten. Da die Jahreszeit hier nicht berücksichtigt wurde, gibt es Überschneidungen bei Tag und Nacht, da die Sonnenaufgangs- und -untergangszeiten, die für die Unterscheidung Tag und Nacht maßgebend sind, jahreszeitlich wechselten.

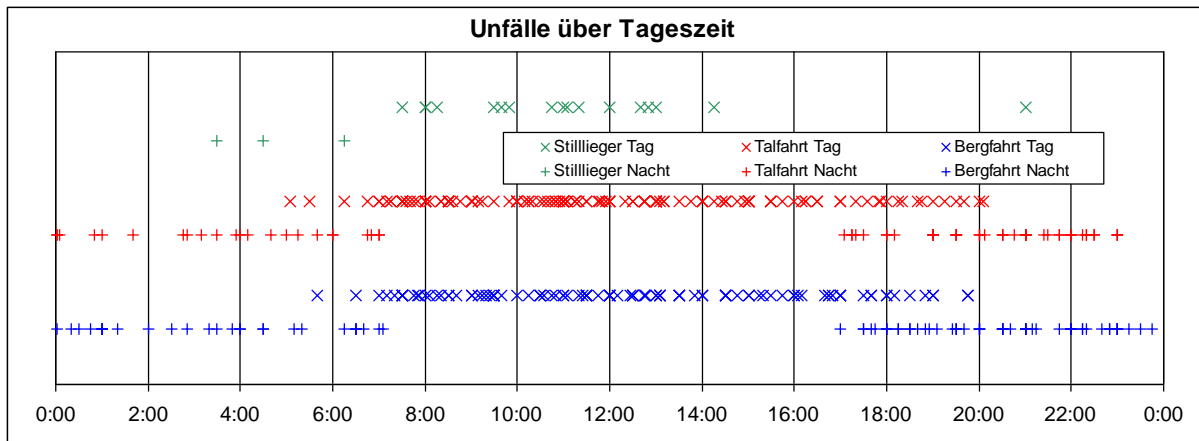


Abb. 7 – Unfälle über der Tageszeit (Bergfahrt, Talfahrt, Stilllieger)

Nach Abb. 7 ist festzustellen, dass die meisten Unfälle am Tag auftreten, was auch durch Abb. 8 bestätigt wird. Damit ist aber noch keine Aussage über die Risiken getroffen, denn es ist nicht bekannt, wie viele Schiffe tagsüber und wie viele in der Nacht gefahren sind. Unter der plausiblen Annahme, dass bei Tageslicht erheblich mehr Schiffe pro Stunde unterwegs sind als bei Dunkelheit, kann geschlossen werden, dass es riskanter ist, nachts zu fahren, denn die Unfallzahlen nach Abb. 8 sind in den frühen Morgenstunden verglichen mit dem Tag höher als der entsprechende Vergleich der Schleusungen in Abb. 9.

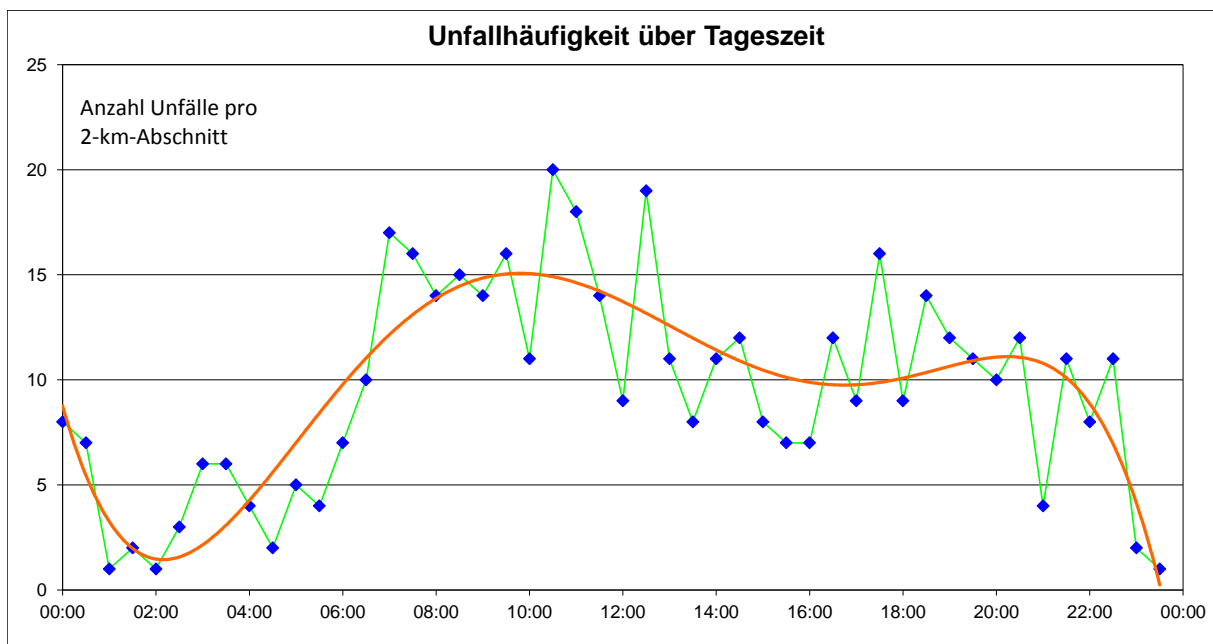


Abb. 8 – Unfallhäufigkeit über der Tageszeit

In der von PLANCO parallel durchgeführten Verkehrsprognose sind die Schleusungen in Straubing über der Tageszeit wiedergegeben (siehe Abb. 9). Die Verteilung entspricht stark der Verteilung der Unfälle. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, die meisten Fahrten zur Tageszeit durchzuführen und nur einen geringen Anteil von ca. 10 % in der Dunkelheit zu absolvieren.

Tageszeitliche Verteilung der Schleusungen in Straubing im Mittel der Jahre 2006 bis 2010 - Güterschifffahrt

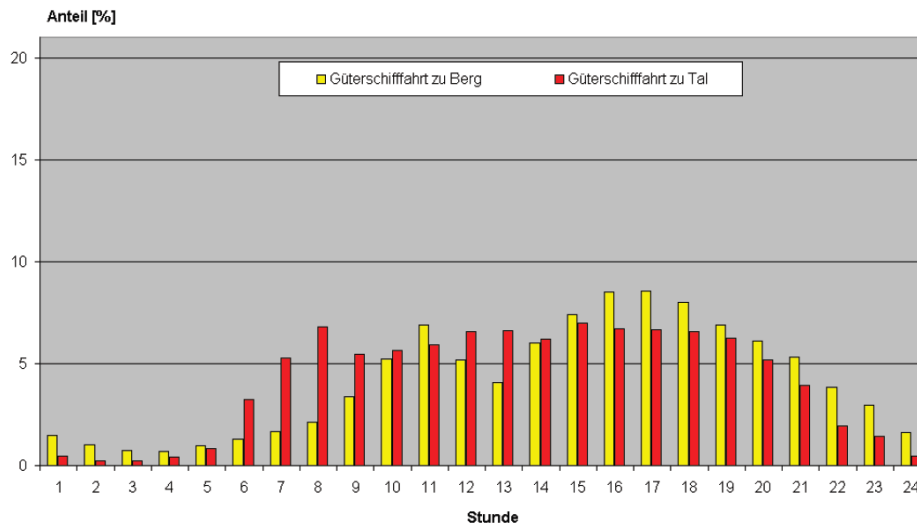


Abb. 9 – Schleusungen in Straubing über der Tageszeit

(Quelle: 1. Zwischenbericht PLANCO: „Donauausbau Straubing – Vilshofen, Verkehrsprognose und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“)

2.3.4 Wetter

Leider ist nur ein gewisser Prozentsatz der registrierten Unfälle (ca. 30 %) mit Angaben über das Wetter zum Unfallzeitpunkt versehen. Die Daten wurden neu sortiert und ähnliche Wetterangaben zu einer Kategorie zusammengefasst. In Abb. 10 ist das Ergebnis als „Tortendiagramm“ dargestellt. Auch hier ist anzumerken, dass damit nicht die Verteilung des Wetters über das Jahr dargestellt wird, sondern nur die Verteilung des Wetters bei Unfällen.

Trotzdem lässt sich feststellen, dass schlechtes Wetter (Sturm, Regen und Schnee) relativ selten bei Unfällen herrschte, der Nebel jedoch (auch zum schlechten Wetter zu zählen) relativ häufig bei Unfällen auftritt. Da der Unterschied zwischen bedeckt und klar nur die Wolken, aber nicht die Sichtweite betrifft, können diese Kategorien zusammengefasst werden.

Nach dieser Aufstellung werden ca. 20 % der Simulationsfahrten bei mittlerem Nebel, der Rest bei guter Sicht durchgeführt. Dabei wurde natürliche Sichtminderung durch Lufttrübungen eingestellt, mit dem Effekt, dass weit entfernte Objekte blasser, aber immer noch sichtbar dargestellt werden.

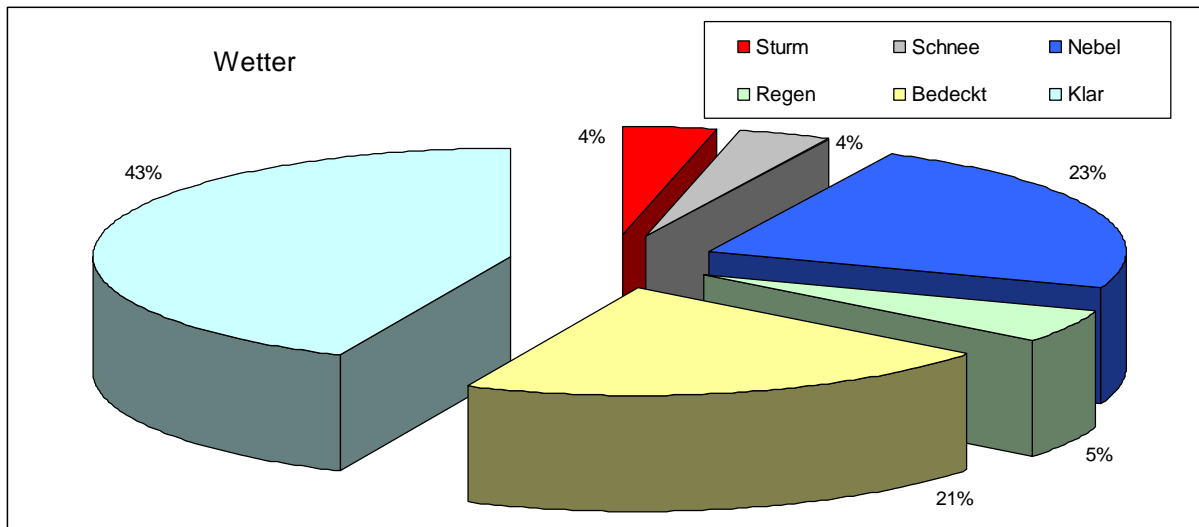


Abb. 10 – Unfälle bei unterschiedlichem Wetter

2.3.5 Länge

In der Datenbank wird bei den Unfällen auf bis zu 4 beteiligte Schiffe verwiesen. Diese Schiffe werden in einer Untertabelle referenziert, die die Länge des Verbandes enthält. Die Auftragungen in Abb. 11 beziehen sich auf die Gesamtlänge des ersten Unfallbeteiligten, wenn er ein Einzelfahrer, Schub- oder Koppelverband ist. Der Typ der anderen Unfallbeteiligten wird hier nicht ausgewertet, zumal die Anzahl von Unfällen mit mehr als einem Beteiligten relativ gering ist.

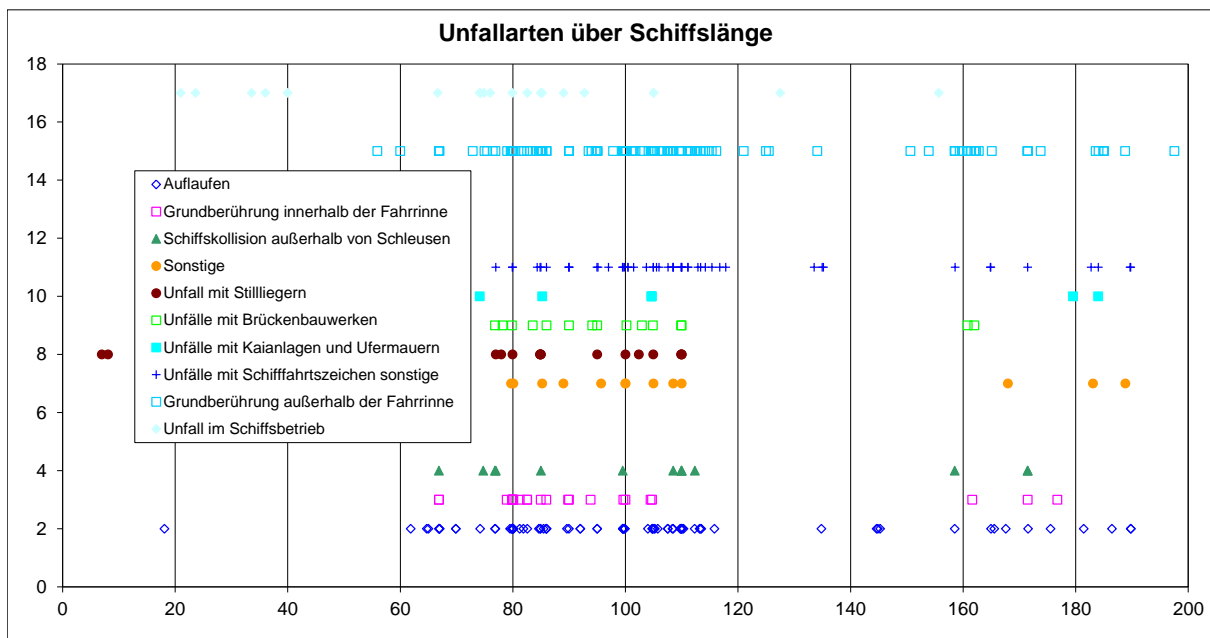


Abb. 11 – Unfallarten über der Länge der Schiffe

Es ist ersichtlich, dass relativ wenig Unfälle mit langen Einheiten (>120 m) auftreten. Dafür sind Einzelfahrer oder 1-spurig-1-gliedrige Schubverbände sehr häufig anzutreffen. Die Auftragung der Häufigkeit (Intervallbreite 5 m) in Abb. 12 zeigt zwei deut-

liche Peaks bei den Schiffslängen 80 und 110 m. Leider ist aber die Häufigkeit der Teilnahme dieser Schiffe am Gesamtverkehr nicht bekannt, so dass ein Schluss auf ein besonderes Risiko für diese Schiffstypen nicht getroffen werden kann.

Zusätzlich ist anzumerken, dass bei der Länge von 110 m auch Koppelverbände in der Päckchen-Formation erfasst werden.

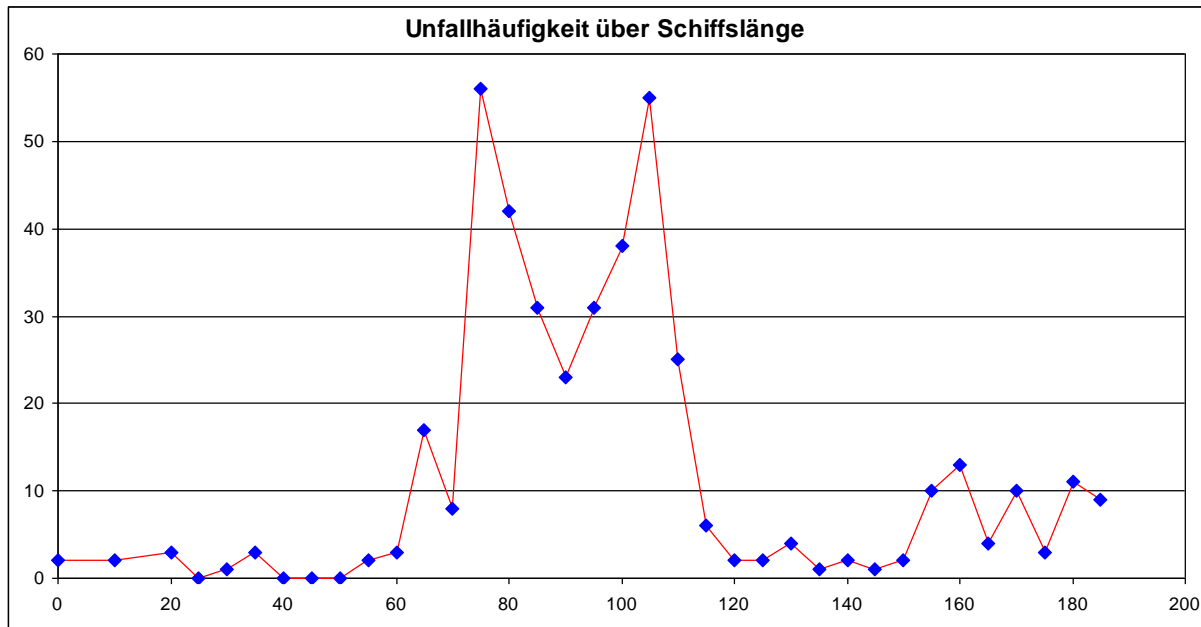


Abb. 12 – Unfallhäufigkeit über der Schiffslänge

In der von PLANCO parallel durchgeführten Verkehrsprognose¹ wird leider nicht über die Schiffslänge, sondern nur über die Tragfähigkeitsklasse differenziert. In einer Prognose über die Flottenstruktur wird zwar zwischen „Motorschiff“ und „Schubleichter“ unterschieden, aber auch hier nur die TT-Klasse aufgeschlüsselt. Um die Schiffstypen jedoch der Länge nach darzustellen, ist die TT-Klasse nicht aussagekräftig, da für die Tragfähigkeit (diese kann aus der Verdrängung abgeleitet werden) neben der Länge auch die Breite und vor allem die Abladetiefe wichtige Eingangsgrößen sind. Dies wird z. B. daran deutlich, dass für ein heutiges Großmotorschiff mit 110 m Länge und 11,4 m Breite bei einer Abladung auf 1,6 m nur mit einer Verdrängung von ca. 1700 t, bei einer Abladung auf 2,8 m jedoch mit fast 3000 t zu rechnen ist.

2.3.6 Formation

Da die Länge kein geeignetes Kriterium ist, wurde die Formation des Verbandes analysiert. Hier wird nur noch unterschieden zwischen der Anzahl der Glieder (ein Schubboot wird ignoriert) und der Anzahl der Spuren. Zusätzlich wurde zwischen Berg- und Talfahrt unterschieden. Die Verteilung ist in Abb. 13 dargestellt.

¹ Quelle: 1. Zwischenbericht PLANCO: „Donauausbau Straubing – Vilshofen, Verkehrsprognose und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“, 7.12.2011

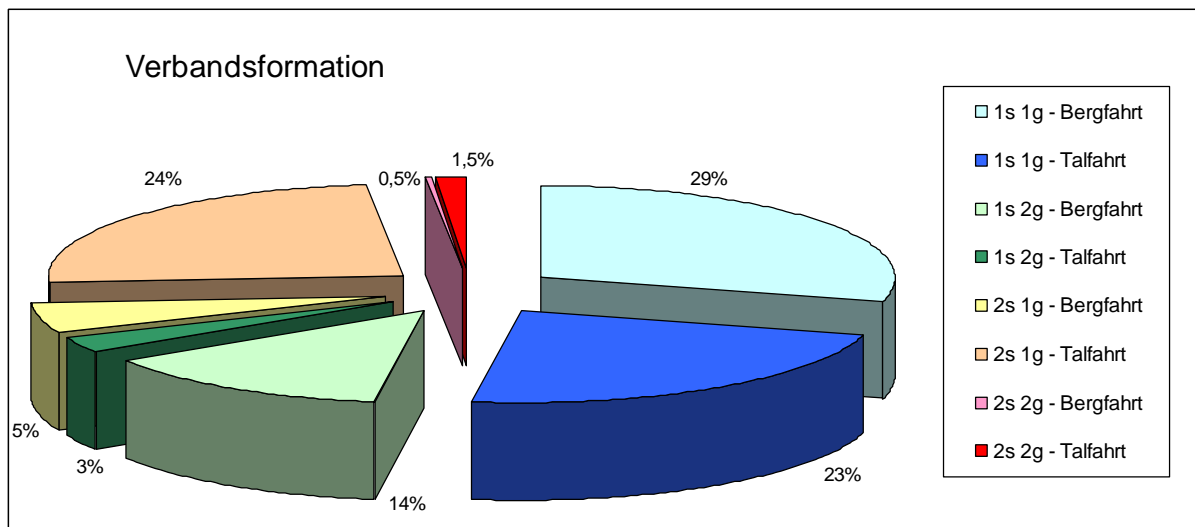


Abb. 13 – Verbandsformation und Fahrtrichtung

Bei der Hälfte aller Unfälle war der Hauptbeteiligte ein Einzelfahrer (bzw. Schubverband mit nur einem Leichter), wobei Berg- und Talfahrt annähernd gleich betroffen waren. Bei den größeren Einheiten (zwei Leichter) wird unterschieden zwischen nebeneinander (2s-1g) oder hintereinander (1s-2g) gekuppelten Ladungsträgern. Auch hier sind Koppel- und Schubverbände gemeinsam betrachtet. Wie zu erwarten, sind die Talfahrer zum größten Teil 2-spurig und die Bergfahrer 2-gliedrig. Dies entspricht der Praxis, wegen der Strömung bei hohen Geschwindigkeiten über Grund (Talfahrt) eher kurz und breit, bei geringen Geschwindigkeiten (Bergfahrt) eher lang und schmal zu fahren.

Verbände mit 3 oder 4 Leichtern sind nur zu einem geringen Prozentsatz an Unfällen beteiligt. Dies liegt wahrscheinlich aber auch an der Tatsache, dass diese großen Einheiten relativ selten auf der deutschen Donau verkehren.

In Kombination mit Länge und Formation wird vorgeschlagen, bei den Simulationen Einzelfahrer (GMS) und Koppelverbände (KV) einzusetzen, wobei bergfahrende KV lang und talfahrende KV kurz gekuppelt werden. Eine Unterscheidung in ältere und neuere Selbstfahrer (Johann Welker mit ca. 80 m bzw. das große GMS mit 110 m) ist nicht angebracht, da die Risiken annähernd gleich einzuschätzen sind. Nach dem Anteil der Formationen an den Unfällen wird folgende Verteilung der Typen in den Simulationsfahrten zu Grunde gelegt:

- 35 % GMS in Bergfahrt
- 35 % GMS in Talfahrt
- 15 % KV 1-spurig-2-gliedrig in Bergfahrt (Spargel)
- 15 % KV 2-spurig-1-gliedrig in Talfahrt (Päckchen)

Dies wird auch durch die PLANCO-Studie bestätigt, die einen Anteil von Schubleichtern an der Gesamtflotte im Durchgang der Schleuse Jochenstein von zwischen 45 % und 25 % dokumentiert (siehe Abb. 14).

Anteile der Schubleichter an der Gesamtflotte in Jochenstein 1995 bis 1. HJ 2011

Anteil an	1995	1999	2006	2007	2008	2009	2010	01-06 2011
Anzahl	44,5%	31,0%	33,7%	32,8%	30,8%	27,4%	24,8%	25,4%

Abb. 14 – Anteil der Schubleichter an der Gesamtflotte

(Quelle: 1. Zwischenbericht PLANCO: „Donauausbau Straubing – Vilshofen, Verkehrsprognose und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“)

2.3.7 Abladung

Für die Untersuchung des Schiffstiefgangs wurde die Spalte „Abladung des ersten Unfallbeteiligten“ herangezogen. Mit einer Intervallbreite von 10 cm ist die Unfallhäufigkeit in Abb. 15 dargestellt. Es ist klar ersichtlich, dass leere Schiffe, die im Mittel einen Tiefgang von 0,5 bis knapp über 1 m aufweisen, relativ selten an Unfällen beteiligt waren. Ein Maximum ist bei ca. 2 m Abladung und die Obergrenze ist bei etwa 2,5 m zu finden.

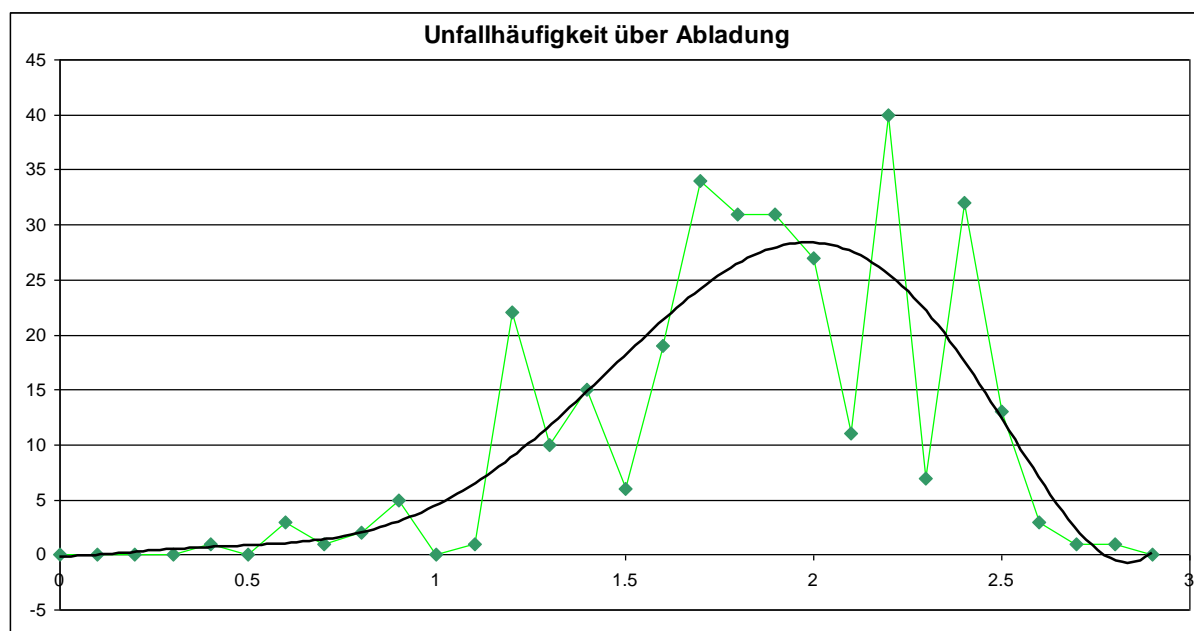


Abb. 15 – Unfallhäufigkeit über Abladung

2.3.8 Kielfreiheit

Die Abladung selbst kann die Unfallrisiken nicht klar darstellen, denn hier werden auch leere Schiffe bei hohem Wasserstand erfasst. Das Risiko einer Grundberührung ist vor allem auf die Kielfreiheit (Wassertiefe - Abladung) zurückzuführen. Für die vier wichtigsten Unfallarten (verschiedene Grundberührungen sowie Kollision) wurde in Abb. 16 die Häufigkeit des Auftretens über der Kielfreiheit aufgetragen. Diese Werte sind statisch – die dynamische Absenkung ist nicht berücksichtigt. In diesem Fall spricht man von dem Flottwasser

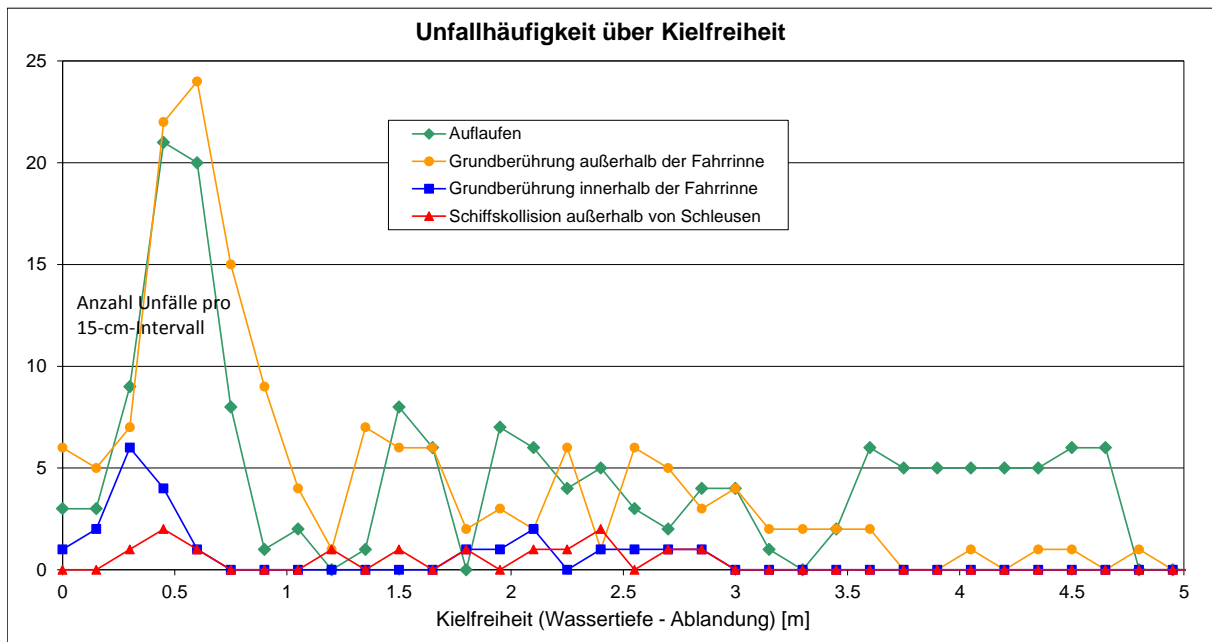


Abb. 16 – Unfallhäufigkeit über Kiefreiheit

Eine Abhängigkeit der Kollisionen von der Kiefreiheit ist nicht festzustellen, denn sie treten auch bei großen Wassertiefen auf.

Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne dürften bei einer Kiefreiheit von über 1 m gar nicht auftreten, denn die dynamische Absenkung kann diesen Wert nicht erreichen und die Kiefreiheit ist auf die zugesicherte Fahrwassertiefe bezogen.

Auflaufen und Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne zeigen eine deutliche Abhängigkeit von der Kiefreiheit und treten verstärkt bei geringer Kiefreiheit auf. Sie können jedoch auch bei höheren Wasserständen geschehen, wenn das Schiff das Ufer oder sogar eine getauchte Buhne berührt. Bei den Fällen des Auflaufens mit einer Kiefreiheit von 3,5 m bis 4,5 m handelt es sich wahrscheinlich um genau diese Situation, denn bei einer Buhnenhöhe von 0,5 m über RNW und großer Abladetiefe ist genau dieser aufgezeigte Bereich für das Auflaufen auf eine getauchte Buhne relevant.

Die Betrachtung der Kiefreiheit führt zu der Empfehlung, die zu untersuchenden Schiffstypen so weit wie möglich abzuladen. Aus der nachfolgenden Tabelle für die Abladetiefen für die verschiedenen Ausbaustände und Pegelstände ergeben sich die zu untersuchenden Tiefgänge der Schiffe.

Ausbaustand	RNW	MW
Ist-Zustand	1,6 m	2,55 m
Variante A	1,8 m	2,60 m
Variante C2,80	2,3 m	2,80 m

Tab. 1 – Abladetiefen

2.3.9 Wassertiefe

Bei der Wassertiefe ist zu berücksichtigen, auf welchen Pegel die Angabe bezogen ist. Um auf die zugesicherte Fahrrinntiefe zu kommen, sind beim Pegel Pfelling vom Pegelstand 90 cm, beim Pegel Hofkirchen 7 cm abzuziehen. Diese Umrechnung wurde hier vorgenommen, um aus den in der Unfalldatenbank abgelegten Pegelständen auf die Wassertiefen zu kommen.

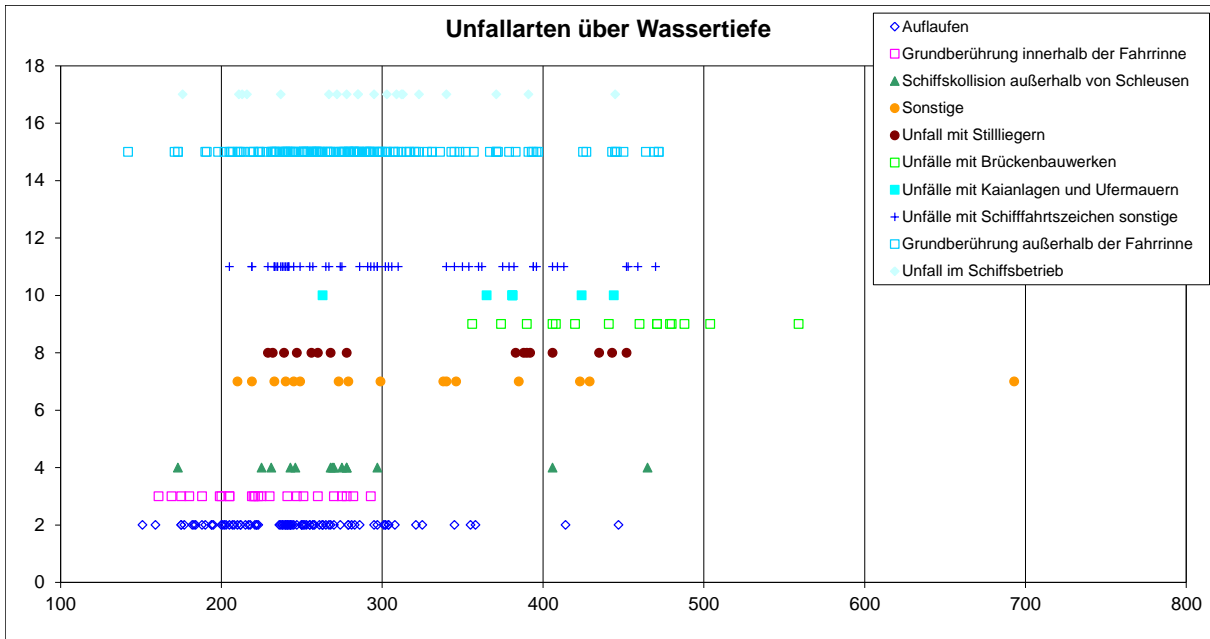


Abb. 17 – Unfallarten über Wassertiefe

Die meisten Unfälle ereigneten sich bei Wassertiefen zwischen 150 cm und 300 cm, wie bei der Auftragung der Unfallarten über der Tiefe in Abb. 17 ersichtlich ist. Gerade die drei Unfallarten Grundberührung sind hier vermehrt bei geringen Wassertiefen zu finden. Kollisionen mit Bauwerken, Schiffen und Schifffahrtszeichen treten jedoch auch bei höheren Pegelständen auf.

Da oberhalb und unterhalb der Isarmündung deutliche Unterschiede im Gefälle und in der Fahrrinne herrschen, werden die aufgetretenen Unfälle oberhalb (Abb. 18) und unterhalb (Abb. 19) des Donau-Kilometers 2282 getrennt aufgetragen.

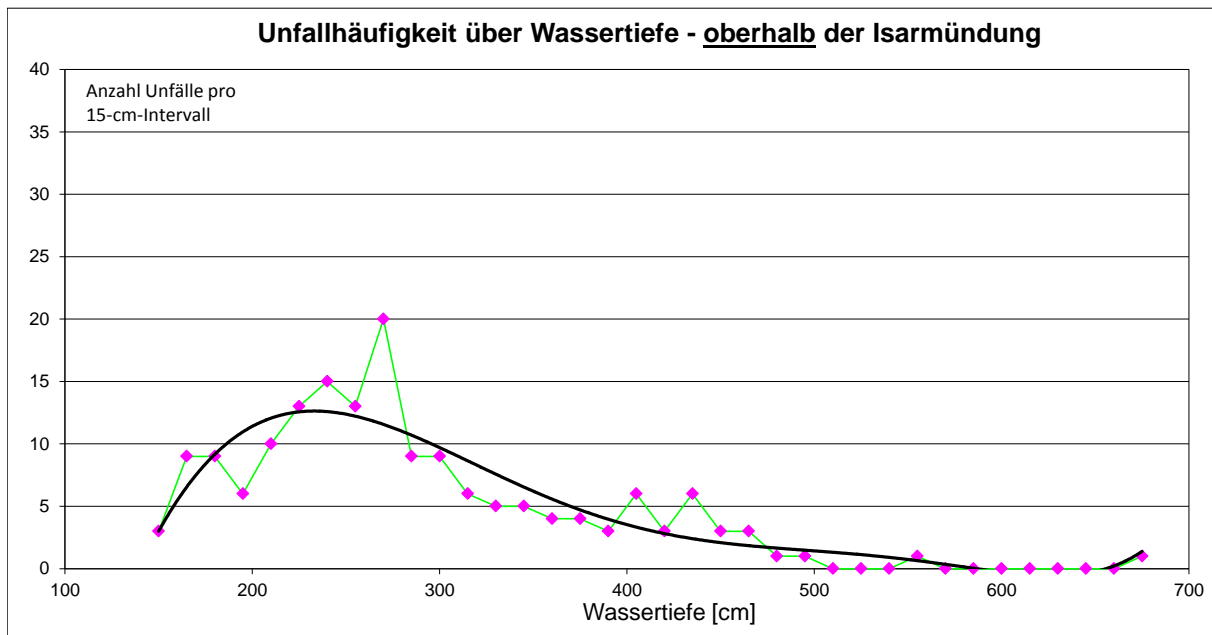


Abb. 18 – Unfallhäufigkeit über Wassertiefe oberhalb der Isarmündung

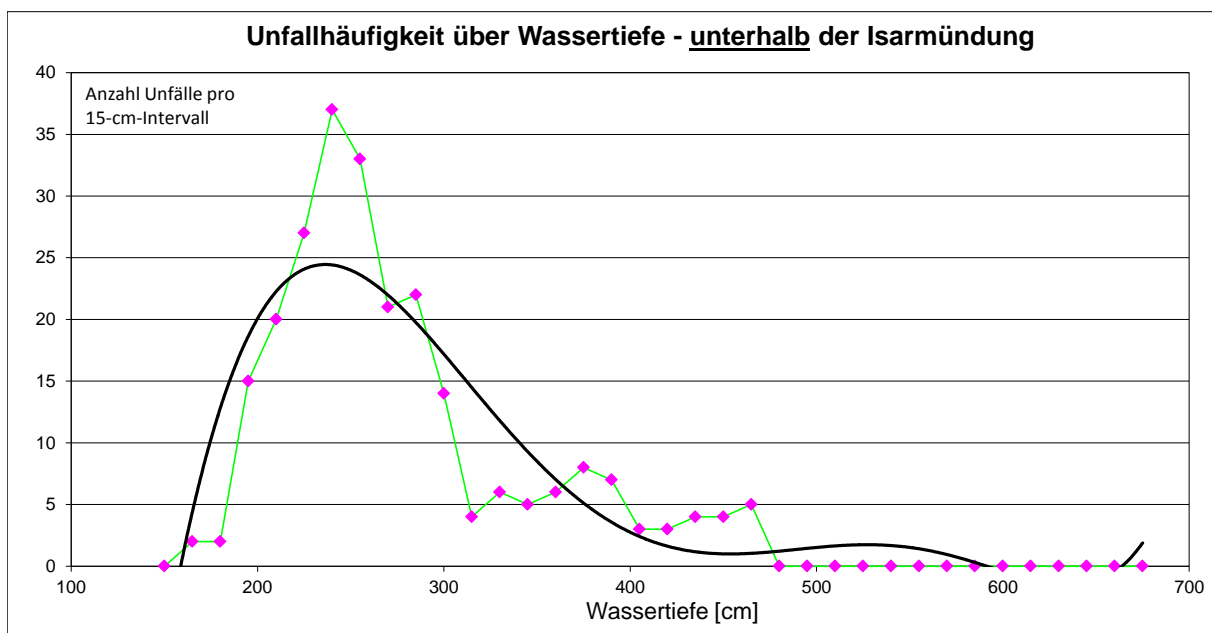


Abb. 19 – Unfallhäufigkeit über Wassertiefe unterhalb der Isarmündung

Die Auftragung der Häufigkeiten der Unfälle über dem Wasserstand (Intervallbreite 15 cm) in Abb. 18 und Abb. 19 zeigt besonders im für die Simulationen vorgesehene Fahrtgebiet ein deutliches Maximum im Bereich zwischen RNW und MW. Wie zu erwarten, treten Unfälle bei großen Wasserständen relativ wenig auf. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, für die zwei zu untersuchenden Wassertiefen die definierten Wasserstände RNW (Niedrigwasser) und MW (Mittelwasser) zu wählen. Um die starke Häufigkeit bei geringem Wasserstand zu berücksichtigen, sollten 70 % der Fahrten bei Niedrigwasser und 30 % bei Mittelwasser ausgeführt werden.

2.4 Zusammenfassung

Auf Basis der Basis der Analyse der Unfalldatenbank wird folgende Zusammenstellung der Simulationsfahrten gewählt.

- Die Auswahl der Simulationsstrecke AB-Brücke Deggenau – Brücke Winzer ist wegen der dort größten Unfallhäufung bestätigt.
- Bei den Einzelfahrten werden Berg- und Talfahrten gleichmäßig zu je 50 % verteilt.
- 90 % der Fahrten werden mit Tageslicht, nur 10 % bei Nacht durchgeführt.
- 80 % der Fahrten werden bei guten Sichtverhältnissen, 20 % bei mittlerem Nebel durchgeführt.
- 35 % GMS in Bergfahrt, 35 % GMS in Talfahrt, 15 % KV 1-spurig-2-gliedrig in Bergfahrt, 15 % KV 2-spurig-1-gliedrig in Talfahrt.
- Alle Schiffe werden auf den für den jeweiligen Ausbauzustand und Pegelstand maximal zugelassenen Tiefgang abgeladen.
- Aufteilung der Fahrten zu 70 % bei RNW und zu 30 % bei MW.

Diese Randbedingungen werden auf die Planung Simulationen angewendet, um eine Kombination von Zuständen zu erzielen, die den oben genannten Verteilungen so gut wie möglich entspricht.

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. 20 bis Abb. 22) sind die Außenansichten dieser Schiffe wiedergegeben.



Abb. 20 – Sichtdarstellung des GMS

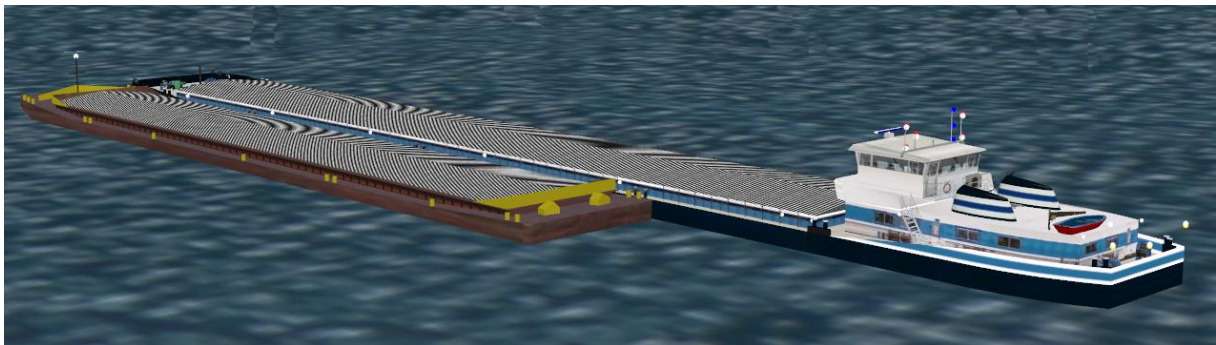


Abb. 21 – Sichtdarstellung des Koppelverbandes (Päckchen) für die Talfahrt

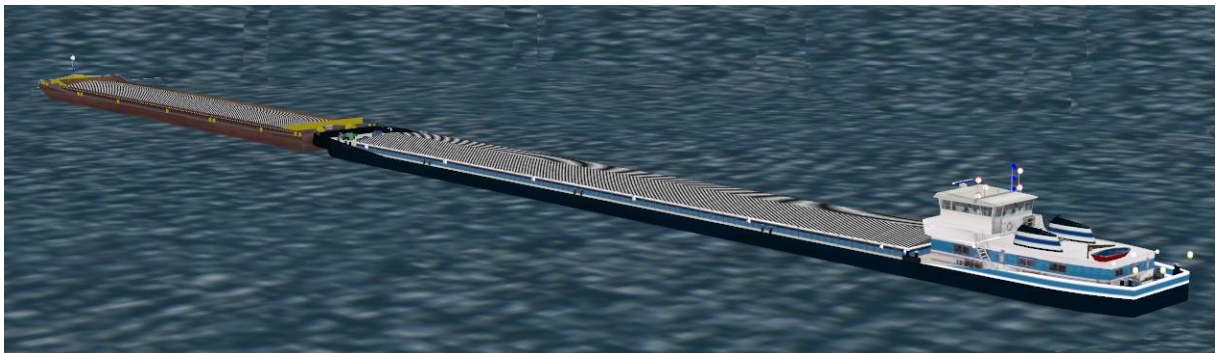


Abb. 22 – Sichtdarstellung des Koppelverbandes (Spargel) für die Bergfahrt

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

Die wichtigsten Daten der einzelnen Schiffstypen mit Informationen zur Erläuterung der jeweiligen Abkürzungen sind der Tab. 2 zu entnehmen.

Zustand	Kurz	Typ	Kurz	Abk.	L [m]	B [m]	T [m]	∇ [m³]	V _{max} [km/h]
Ist RNW	I R	GMS	GMS	GMS I R	110	11.4	1.6	1705	22.1
Ist MW	I M	GMS	GMS	GMS I M	110	11.4	2.55	2720	19.0
Ist RNW	I R	KV2s1g	KVP	KVP I R	110	22.8	1.6	2890	17.7
Ist MW	I M	KV2s1g	KVP	KVP I M	110	22.8	2.55	4610	15.2
Ist RNW	I R	KV1s2g	KVS	KVS I R	185	11.4	1.6	2890	19.9
Ist MW	I M	KV1s2g	KVS	KVS I M	185	11.4	2.55	4610	17.1

Tab. 2 – 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 Binnenschifffahrtsuntersuchungsordnung (BinSchUO) 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 Donau². Für dieses Projekt wurden die Kacheln 1W7D2260.7CB, 1W7D2270.7CB und 1W7D2280.7CB verwendet. Für den Ist-Zustand (Abb. 23) wurden keine Änderungen an den Karten vorgenommen. 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.

² <http://www.elwis.de/RIS-Telematik/Inland-ENC-der-WSV/IENC-Dateien/index.php.html>

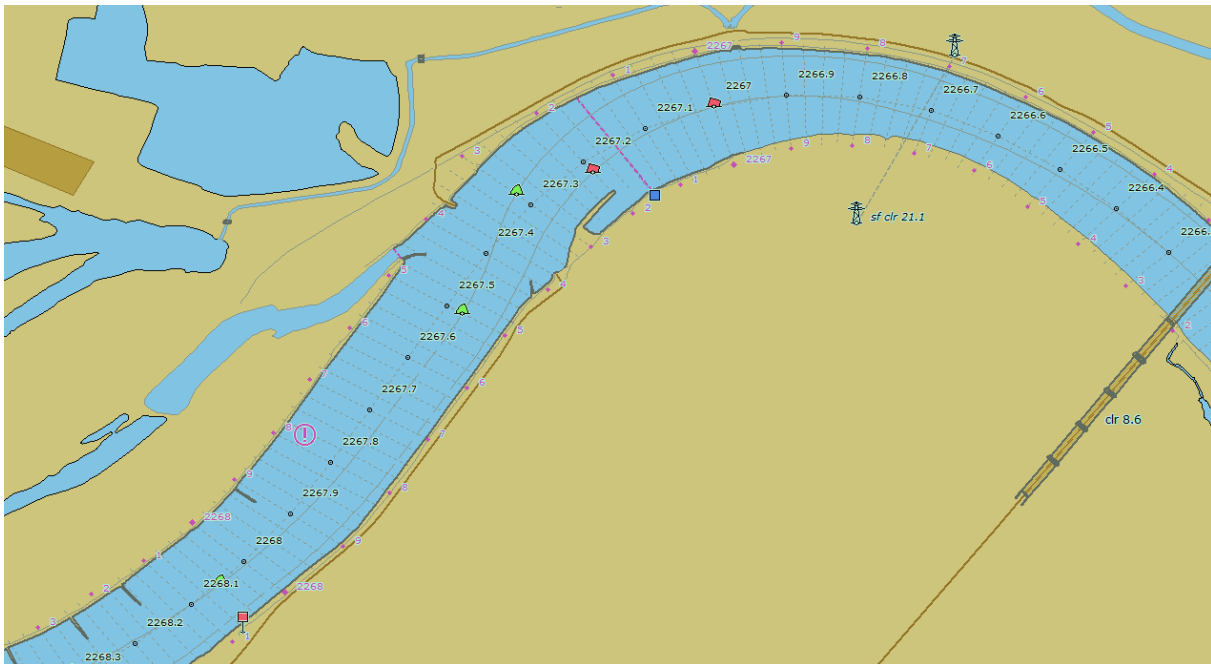


Abb. 23 – Ausschnitt ENC „Ist“ – Übergang und Kurve bei Winzer

3.3 Eingangsdaten

Für die Modellierung der 3-D-Objekte sowie für die Bathymetrie (Unterwassertopographie) sowie der Strömung im Fahrtgebiet wurden umfangreiche Daten vom Auftraggeber bereitgestellt (Quelle: BAW 3d-hn-Modell). Es handelte sich (für alle drei Ausbauvarianten) um

- 3-D-Geländedaten in feinem Raster zwischen den Deichkronen
- 3-D-Punkte der Wasserspiegel für die Pegelstände MW und RNW
- 2-D-Punkte des Gewässers mit Attributen Strömungsrichtung und -geschwindigkeit

Da diese Datensätze den gesamten Bereich der Donau umfassten und eine für den Simulator nicht erforderliche bzw. nicht mehr zu verarbeitende Dichte hatten, mussten sie reduziert werden. Des Weiteren waren Koordinatentransformationen erforderlich, um die gegebenen TUM-Koordinaten nach Gauß-Krüger in das vom Simulator verwendete System WGS84 umzuformen.

Eine weitere Problematik bestand darin, dass die lokalen Wassertiefen nicht gegeben waren, sondern nur zwei 3-D-Flächen (Topographie und Wasserebene), zwischen denen sich die Wassertiefen als vertikale Differenz zweier benachbarter Punkte finden lassen.

Für die Durchführung dieser vielfältigen Aufgaben wurde ein eigenes Programm „RMD-Daten“ geschrieben (siehe Abb. 24).

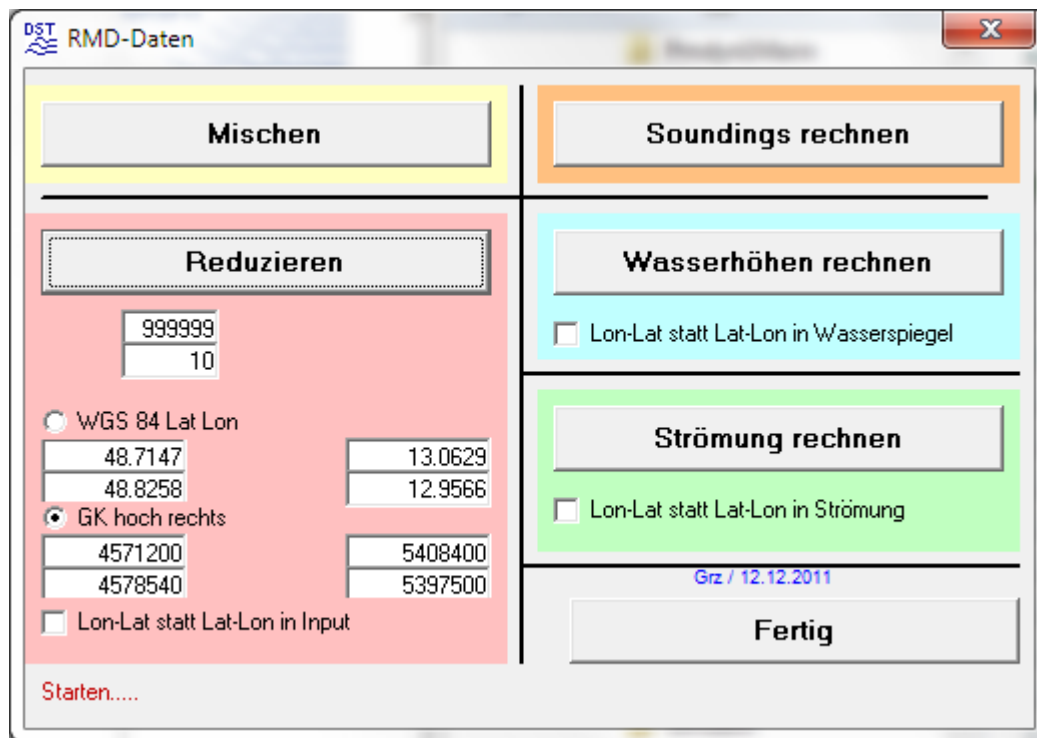


Abb. 24 – GUI des Programms „RMD-Daten“

Mit der Funktion „Mischen“ werden alle Punkte neu gemischt, um vorhandene Ordnungsstrukturen zu brechen. Dies ist erforderlich, um eine Datenreduzierung vorzunehmen, indem nur jeder 2-te, 5-te oder 10-te Punkt verwendet wird und trotzdem noch eine annähernd gleichmäßige Verteilung der Daten zu erhalten.

Durch „Reduzieren“ werden die Daten gefiltert, indem die Punkte, die außerhalb des Geographiefensters liegen (in WGS84 oder Gauß-Krüger), ignoriert werden. Außerdem wird hier die „Step-Funktion“ angewendet, um nur jeden n-ten Wert zu verwenden. Da je nach Nutzer die Reihenfolge von X und Y bzw. Rechts und Hoch bzw. Lat (geographische Breite) und Lon (geographische Länge) vertauscht sein kann, ist diese Option durch ein Kästchen zum Anklicken vorgesehen.

„Soundings rechnen“ erzeugt eine Datei mit lokalen Wassertiefen.

Mit „Wasserhöhen rechnen“ wird aus dem Datensatz mit allen Wasseroberflächenpunkten jeweils der Punkt gesucht, der der Strommittellinie am nächsten liegt. Diese Informationen sind erforderlich, um in der ENC die so genannten „Waterway Profiles“ zu generieren, welche die Basis für die visuelle Wasseroberfläche darstellen.

Die letzte Option „Strömung rechnen“ wandelt die Strömungsdaten in einen Datensatz um, der für die Generierung der Strömungs-ENC verwendet werden kann.

Diese Operationen mussten für alle sechs Übungsgebiete (Ist, A und C bei den Pegelständen RNW und MW) durchgeführt werden.

3.3.1 Gelände

Die Geländemodellierung für den Radargenerator und das Sichtsystem setzt sich aus verschiedenen Bausteinen zusammen, die, je nach Ausprägung der Details, zu einem mehr oder weniger realitätsnahen Bild für die Sichtdarstellung führen.

- Anwendung des VCG

Der „Virtual Coastline Generator“ ist ein Simulator-Tool, welches aus der ENC die für die Sichtdarstellung relevanten Informationen und Objekte extrahiert und in 3-D-Objekte konvertiert. Zu diesen Objekten zählen Uferkanten und Buhnen (senkrechte Wände), Brücken (horizontale Platten), Wasserflächen (aus den Waterway Profiles erzeugt), Hochspannungsleitungen (Masten und horizontale Linien), nautische Zeichen (Standardobjekte für Bojen, Schilder, Schwimmsteiger und Baken), ebener Gewässerboden (Tiefe aus der EN) sowie diverse andere Objekte.

Mit dieser sehr rudimentären Darstellung ist zwar eine Befahrung möglich, die Wiedererkennung bekannter Strecken ist aber nur schwer möglich.

- Grobe 3-D-Daten des Geländes

Die Verwendung von auf Radardaten der NASA basierenden Grobmodellierungen des Geländes (ganz Europa ist verfügbar) gestattet es, die Fern-Umgebung des Übungsgebietes zu definieren. Gerade in Bereichen, wo bekannte Berge oder Hügelketten im Sichtbereich sind, ist das Einbringen dieser Landschaftsdetails von großer Wichtigkeit für eine Wiedererkennung. Überschneidungen mit Objekten, die durch den VCG generiert wurden, müssen manuell bearbeitet werden.

- 3-D-Daten

Die vom Auftraggeber bereitgestellte 3-D-Geländemodellierung kann in die virtuelle Umgebung importiert werden. Dadurch wird der Nahbereich (Ufer bis zur Deichkrone) je nach Reduzierungsfaktor so gut abgebildet, dass ein Wiedererkennen leicht möglich ist und sogar Sandbänke bei Niedrigwasser gut wiedergegeben werden.

Um einen noch besseren optischen Eindruck zu vermitteln, wurde dieses Geländemodell mit einer Ebene ca. 1 m über Niedrigwasserstand (Pegel RNW) verschnitten. Die obere Hälfte wurde mit Wiese texturiert, die untere mit Sand. Dadurch konnte ein sehr realistischer Eindruck der Uferbereiche bewirkt werden.

- Relevante Objekte

Bei nautischen Simulationen gehören Brücken zu den Objekten, die wegen der Unterfahrung in geringstem Abstand zum Probanden dargestellt werden. Aus diesem Grund ist es ratsam, nicht die simple Darstellung des VCG (Betonplatte mit Lage und Höhe aus den ENC-Daten) zu verwenden, sondern die Brücken mehr oder weniger genau nach der Realität zu modellieren. Dies erfolgte für die Start- und Endpunkte der Befahrungen (die Autobahnbrücke Deggenu im Bild auf der Titelseite sowie die Straßenbrücke Winzer).

- Nautische Objekte

Die erste Generierung eines 3-D-Modells mit dem VCG liefert zwar die Positionen der nautisch relevanten Objekte, weist diesen aber keine realistische Form zu.

Buhnen erscheinen als Spundwandfinger mit vordefinierter Höhe. Wenn diese Voreinstellung für das Fahrtgebiet mit „50 cm über RNW“ definiert wird, haben diese Fingerobjekte nicht nur die richtige Lage, sondern auch die richtige Höhe. Vom DST sind an diese Positionen realistische Buhnen bzw. Längsbauwerke platziert und gegen die automatisch generierten Objekte ausgetauscht worden.

Gleiches gilt für Baken und Bojen. Hier sind ebenfalls vorhandene Objekte (wie am Rhein verwendet) zum Austausch verwendet worden.

- Weitere Objekte

Für eine sehr realistische Ausgestaltung der 3-D-Umgebung sind zusätzlich noch Gebäude und Bewaldung zu definieren. Der VCG liefert hier nur sehr wenig Hilfe (in Abb. 26 ein kleines Häuschen an der Position der Kirche von Niederaltaich). Für eine nahezu perfekte Modellierung wäre ein 3-D-Modell jedes vom Fluss aus sichtbaren Gebäudes erforderlich. Zusätzlich dienen Fotos dazu, nicht nur die Geometrie, sondern das Gesamterscheinungsbild eines Gebäudes durch Texturierung realistisch werden zu lassen.

An dem betrachteten Teilabschnitt der Donau ist, wie aus bereitgestellten Fotoserien entnommen werden kann, das Ufer teilweise dicht von Bäumen gesäumt. Für eine wirklich gute Abbildung der Realität ist es wichtig, eine derartige Bewaldung auch in das 3-D-Modell einzubringen.



Abb. 25 – Mühlhamer Keller

Mit dem Auftraggeber wurde jedoch vereinbart, diese Detaillierungen, die zwar für ein gutes Wiedererkennen, aber nicht für die eigentliche Befahrung wichtig sind, nicht vorzunehmen. Um jedoch einen Eindruck der Möglichkeiten zu vermitteln, wurde ein einzelnes Objekt und dessen nähere Umgebung (siehe Abb. 25) genauer modelliert.

In Abb. 26 sind verschiedene der oben angesprochenen Details exemplarisch wiedergegeben.

- Hochspannungsleitung mit horizontalen Leitungen
- Einfachhaus statt Kirche
- Ausgetauschte Objekte: Bojen, Baken, Buhnen und Längsbauwerke
- Wasserfläche
- Feines 3-D-Modell (Sand-Textur und helles Grün für Gras)
- Grobes 3-D-Modell (dunkles Grün und Berge im Hintergrund)



Abb. 26 – Beispiel einer Landschaftsmodellierung

3.3.2 Wassertiefen

Der Simulator kann entweder eine standardmäßige Wassertiefe aus der ENC übernehmen oder aber mit so genannten „Soundings“ arbeiten. Hierbei handelt es sich um eine zusätzliche, nicht sichtbare ENC, welche im Fall der hier verwendeten Übungsgebiete zwischen 20.000 und 30.000 2-D-Punkte mit dem jeweiligen Attribut „Wassertiefe“ enthält.

Zur Erstellung dieser Datensätze wurde die 3-D-Topographie der Landschaft und des Gewässerbodens sowie die 3-D-Fläche der jeweiligen Wasseroberfläche für das entsprechende Fahrgebiet und den jeweiligen Wasserstand verwendet. Mit dem Programm „RMD-Daten“ wird die sehr zeitintensive Aufgabe, aus den vermischten und reduzierten Datensätzen für Topographie und Wasserfläche zu jedem Topographiepunkt den nächsten Punkt der Wasseroberfläche zu suchen und die vertikale Differenz als lokale Wassertiefe zu speichern, erledigt. Die so erzeugten Dateien wurden dann in für den Simulator lesbare Zusatz-ENC transformiert.

3.3.3 Strömung

Die Strömung kann entweder durch Angabe von genereller Richtung und Geschwindigkeit oder aber durch ein separates Vektorfeld in den Simulator eingebracht werden. Dies erfolgt ebenfalls über eine unsichtbare Zusatz-ENC, die mit einer vorhandenen Software erzeugt werden kann. Um das Konvertierungsprogramm anwenden zu können, mussten die gelieferten, vermischten und dann reduzierten Vektoren mit dem Programm „RMD-Daten“ neu formatiert abgespeichert werden. Auch hier wurden für jedes der sechs Fahrgebiete Datensätze mit 20.000 bis 30.000 Vektoren erzeugt.

4. Simulationen

Die Untersuchungen wurden unter Einsatz des DST-Simulators SANDRA (Typ ANS 5000, Hersteller Rheinmetall) durchgeführt. Dieser wurde Mitte 2008 beschafft und an zwei Orten installiert: Brücke 1 bis 5 am SBKR (**S**chiffer-**B**erufs-**K**olleg **R**hein) in Duisburg-Homberg und Brücke 6 am DST in Duisburg-Neudorf. Obwohl die Brücken logisch zusammengefasst sind, handelt es sich doch um zwei unabhängige Simulatoren, die allerdings von der Soft- und Hardware identisch bzw. voll kompatibel sind. Dies ermöglicht es, am „kleinen“ Simulator im DST die Entwicklung der Simulationsumgebung (Schiffe, Gelände, hydrodynamische Randbedingungen) vorzunehmen und dann auf dem „großen“ Simulator zu installieren und zu verwenden.

Da die Simulationsumgebung der Brücke 6 nicht realitätsnah genug ist, wurden alle Simulationsfahrten für das Projekt auf der Brücke 1 am SBKR, welche über eine realistische Brückenausstattung und eine 210°-Projektionssicht verfügt, durchgeführt. Die folgenden Fotos geben einen Eindruck von der Simulationsumgebung im Kontrollbereich (Abb. 27, Abb. 28) und auf der Brücke selbst (Abb. 29).

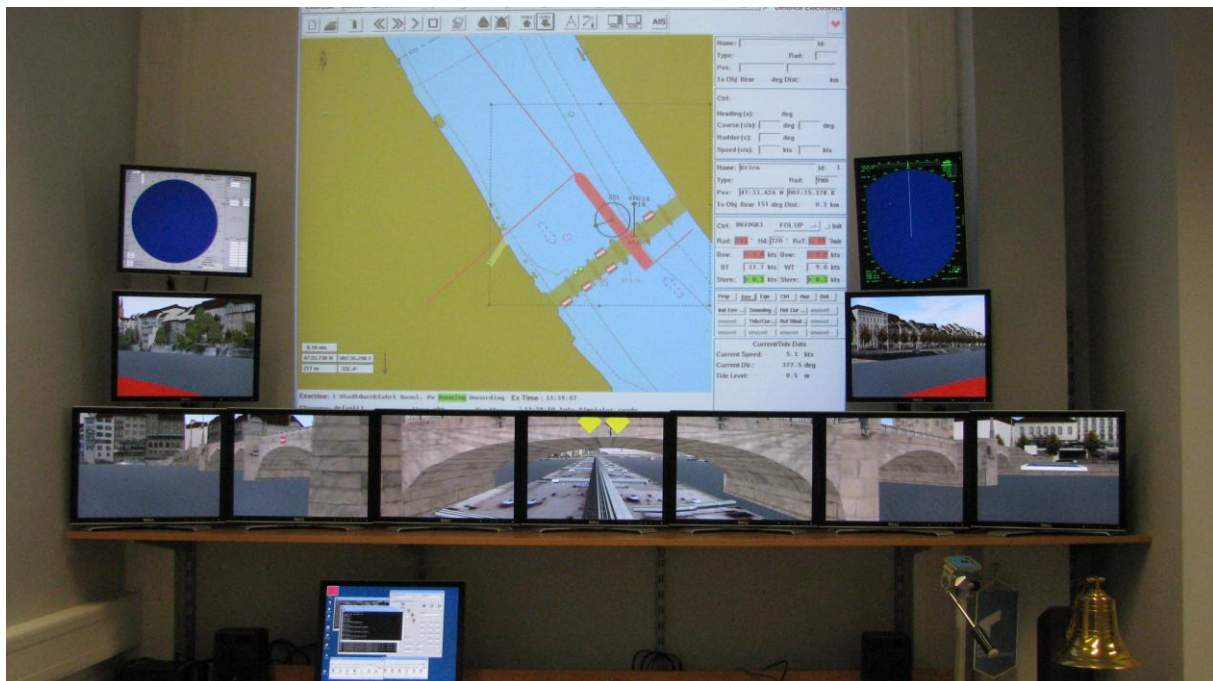


Abb. 27 - Kontrollbereich: Projektionskontrolle und Lagedisplay

Es muss gesagt werden, dass ein Simulator ein technisches Hilfsmittel ist, um die physikalische Realität in ihrer gesamten Komplexität möglichst gut, jedoch letztlich in vereinfachter Form nachzubilden. Bei allem technischen Aufwand, bestimmte spezielle Aspekte möglichst gut zu erfassen, ist es trotzdem nicht möglich, alle physikalischen Größen und deren Wechselwirkungen zu berücksichtigen, wie sie in einer realen Probefahrt auftreten. Trotz dieser bekannten Unzulänglichkeiten ist die Simulation jedoch ein wertvolles Mittel, bestimmte Aspekte einer Befahrung zu analysieren und Informationen zu gewinnen, die sich aus Kostengründen bzw. wegen des tatsächlichen Risikos mit einem oder vielen Großversuchen nicht nachvollziehen lassen.



Abb. 28 - Kontrollbereich: Übungssteuerung und Datenauswertung



Abb. 29 - Brücke: Ausstattung und 210°-Projektionswand

4.1 Planung

Für die Variante Ist-Zustand 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. 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 beim Ist-Zustand (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.

Beim Ist-Zustand konnten 22 Berg- und Talfahrten durchgeführt werden. Die Zusammenstellung der Randbedingungen bei den einzelnen Fahrten kann in den Tab. 3 eingesehen werden.

Die Vergabe der Fahrtnummern erfolgte nach folgendem Schema:

- 001 – 099 Durchgehende Fahrten im Ist-Zustand
- 101 – 199 Bergfahren beim Begegnen im Ist-Zustand

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. 30 und Abb. 31 verwiesen.

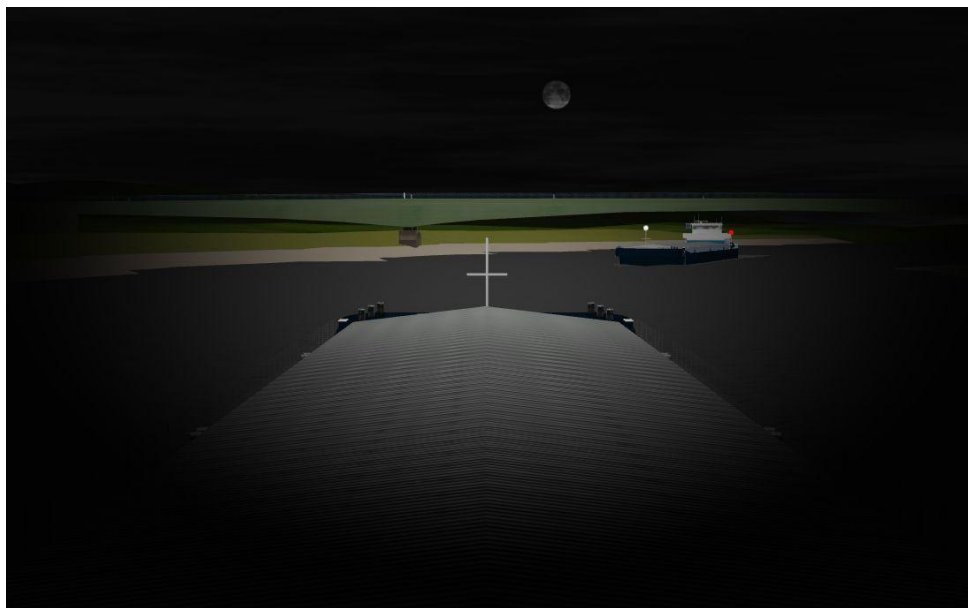


Abb. 30 – Begegnung bei Nacht (Straßenbrücke Winzer)

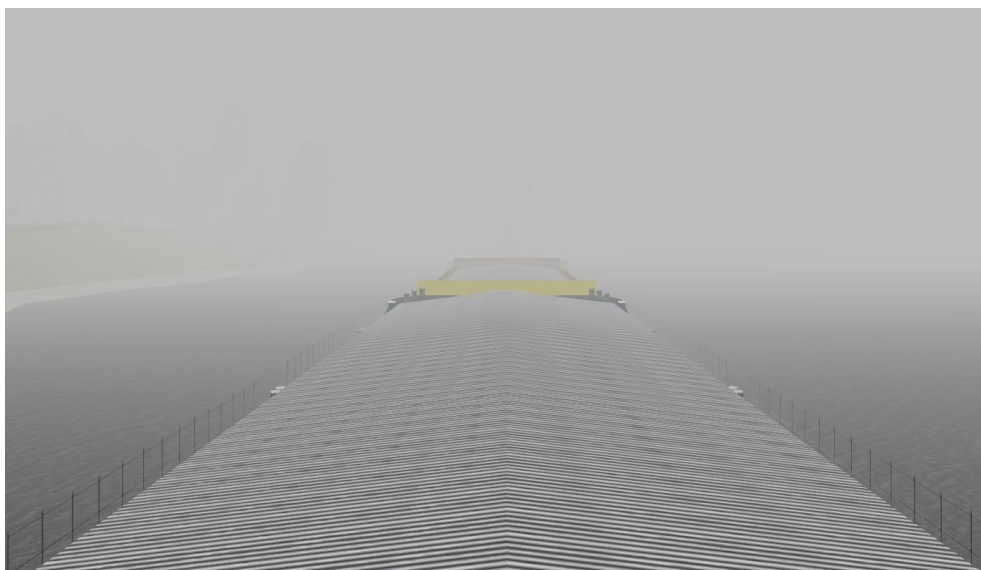


Abb. 31 – Koppelverband (Spargel) bei Nebelfahrt

Ist-Zustand

Datum	FNr.	Schiffsführer	Typ	Gebiet	Schiff	Berg/Tal	Tag / Nacht	Klar / Nebel	Pegel	Begegner
30.01.2012	006	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS M	Talfahrt	Nacht	Klar	MW	-
30.01.2012	007	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	KVP M	Talfahrt	Tag	Klar	MW	-
30.01.2012	008	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	KVS M	Bergfahrt	Tag	Klar	MW	-
31.01.2012	009	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
31.01.2012	010	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Bergfahrt	Tag	Klar	RNW	-
31.01.2012	011	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
31.01.2012	012	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Nebel	RNW	-
31.01.2012	013	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
01.02.2012	014	Andreas Heinemeyer	Begeg-nen	Ist-Zustand	GMS M	Talfahrt	Tag	Klar	MW	GMS M
01.02.2012	015	Andreas Heinemeyer	Begeg-nen	Ist-Zustand	KVP M	Talfahrt	Tag	Klar	MW	KVS M
01.02.2012	016	Andreas Heinemeyer	Begeg-nen	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	KVS R
01.02.2012	017	Karlheinz Hörnig	Begeg-nen	Ist-Zustand	KVP R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	GMS R
01.02.2012	018	Karlheinz Hörnig	Begeg-nen	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Nacht	Klar	RNW	GMS R
02.02.2012	019	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
02.02.2012	020	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	KVS R	Bergfahrt	Tag	Nebel	RNW	-
02.02.2012	021	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS M	Talfahrt	Tag	Klar	MW	-
02.02.2012	022	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	KVP R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
02.02.2012	023	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
03.02.2012	024	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Bergfahrt	Tag	Klar	RNW	-
03.02.2012	025	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
03.02.2012	026	Karlheinz Hörnig	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-
13.03.2012	027	Kerber WSA Rgb	Einzel-fahrt	Ist-Zustand	GMS R	Talfahrt	Tag	Klar	RNW	-

Tab. 3 – Protokoll der Fahrten Ist-Zustand

5. Ergebnisse der Simulationen

Während der Befahrungen wurden die wichtigsten Daten sowohl für die immer verwendete Brücke 1 als auch für die beim Begegnen zusätzlich benutzte Brücke 5 aufgezeichnet. Neben den Informationen für die Steuerung der Schiffe (Ruderlage und Drehzahlen) sind sämtliche fahrdynamische Daten in spezielle Log-Files geschrieben und ausgewertet worden.

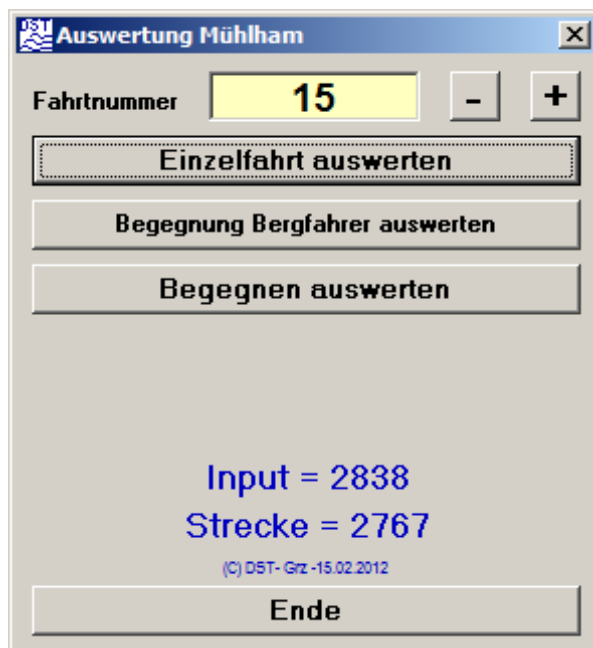


Abb. 32 – Auswerteprogramm

Im Gegensatz zu früheren Projekten konnte die Auswertung nicht mehr mit einem Excel-Template erfolgen, da die Anzahl an Berechnungen die Möglichkeiten einer Tabellenkalkulation bei Weitem überstieg. Stattdessen wurde ein spezielles Programm „Auswertung Mühlham“ (Abb. 32) erstellt, um zu jedem Zeitpunkt der Fahrt Detailinformationen bezüglich der möglichen Auswertekriterien zu gewinnen.

Im Folgenden sind auszugsweise die speziellen Berechnungen, die mit dem Programm für jeden Zeittakt durchgeführt wurden, aufgelistet und beschrieben.

- Umrechnung der Position im geographischen Koordinatensystem (Lat-Lon nach WGS84) in ein kartesisches System (x-y in Meter zu einem frei gewählten Bezugspunkt – hier Lat = 48.75° E, Lon 13° N)
- Suche des Stromkilometers der aktuellen Position durch Interpolation entlang der hinterlegten Koordinaten der Strommitte
- Driftwinkel aus der Differenz zwischen Kurs und Bahnrichtung
- Geschwindigkeit durch Wasser und über Grund in km/h
- Fahrspurbreite und Kurvenradius
- Positionen der Ecken des Schiffsumrisses
- Abstand der Umrisspunkte zu den Fahrinnenbegrenzungen Nord und Süd
- Breite der Fahrinne
- Minimalabstände der Umrisspunkte zur nächsten Boje
- Detektieren von Flottwasserunterschreitungen (5 cm, 10 cm und 20 cm)

- Detektieren von Fahrinnenüberschreitungen
- Sammeln der geringsten Passierabstände zu den Bojen (5 m, 10 m und 20 m)

Bei den Begegnungen wurden beide Log-Dateien ausgewertet. Hier wurden unter anderem folgende Daten bestimmt:

- Stromkilometer des Begegnungspunktes
- Abstände an Bug und Heck beim Begegnen
- Geschwindigkeiten und Flottwasser beim Begegnen

Für die Durchführung dieser umfangreichen Berechnungen wurden dem Programm (für jedes Fahrtgebiet separat) folgende Datensätze zur Verfügung gestellt:

- Konstanten (Bezugspunkt, Anfangs- und Endkilometer, Mindestabstände Fahrwasserbegrenzungen und Bojen)
- Strommittellinie sowie Fahrwasserbegrenzungen Nord und Süd in geographischen Koordinaten
- Nautische Zeichen (Bojen rot und grün sowie Baken)

5.1 Ergebnisse der einzelnen Fahrten

Die Ergebnisse der Auswertungen mit dem Programm wurden daraufhin in ein Excel-Template eingelesen. Der Grund hierfür ist die Möglichkeit, mit wenig Aufwand qualitativ hochwertige Diagramme zur Dokumentation der einzelnen Fahrten zu erzeugen und für jede Fahrt spezielle Auswertungen zusätzlich als einzelne Datenzeile abzuspeichern.

Diese Diagramme sind getrennt erarbeitet worden. Neben einem Auszug aus dem Fahrtprotokoll (siehe auch Tab. 3) enthalten sie die Schleppkurven der Fahrt sowie die Schriebe der ausgewerteten Fahrtinformationen.

In den beiden folgenden Unterkapiteln werden diese beiden Dokumentationen im Detail beschrieben.

5.1.1 Schleppkurven

Eine Wiedergabe der Schleppkurven für die gesamte Fahrtrecke, wie sie in Abb. 33 für eine Fahrt im Ist-Zustand A exemplarisch wiedergegeben ist, kann die Details nicht genau genug auflösen. Darum wurde die Strecke in einzelne Segmente aufgeteilt und diese auf einer Seite (siehe Abb. 34) kompakt dargestellt.

In der Graphik sind die Uferlinien, die Fahrwasserbegrenzungen, die Bojen und Baken (Pfähle) sowie die Brücken wiedergegeben – siehe Legende. Die Schleppkurven geben die Position des Schiffes alle 30 sec wieder. Auf eine höhere Auflösung wurde zugunsten der Identifizierbarkeit verzichtet.

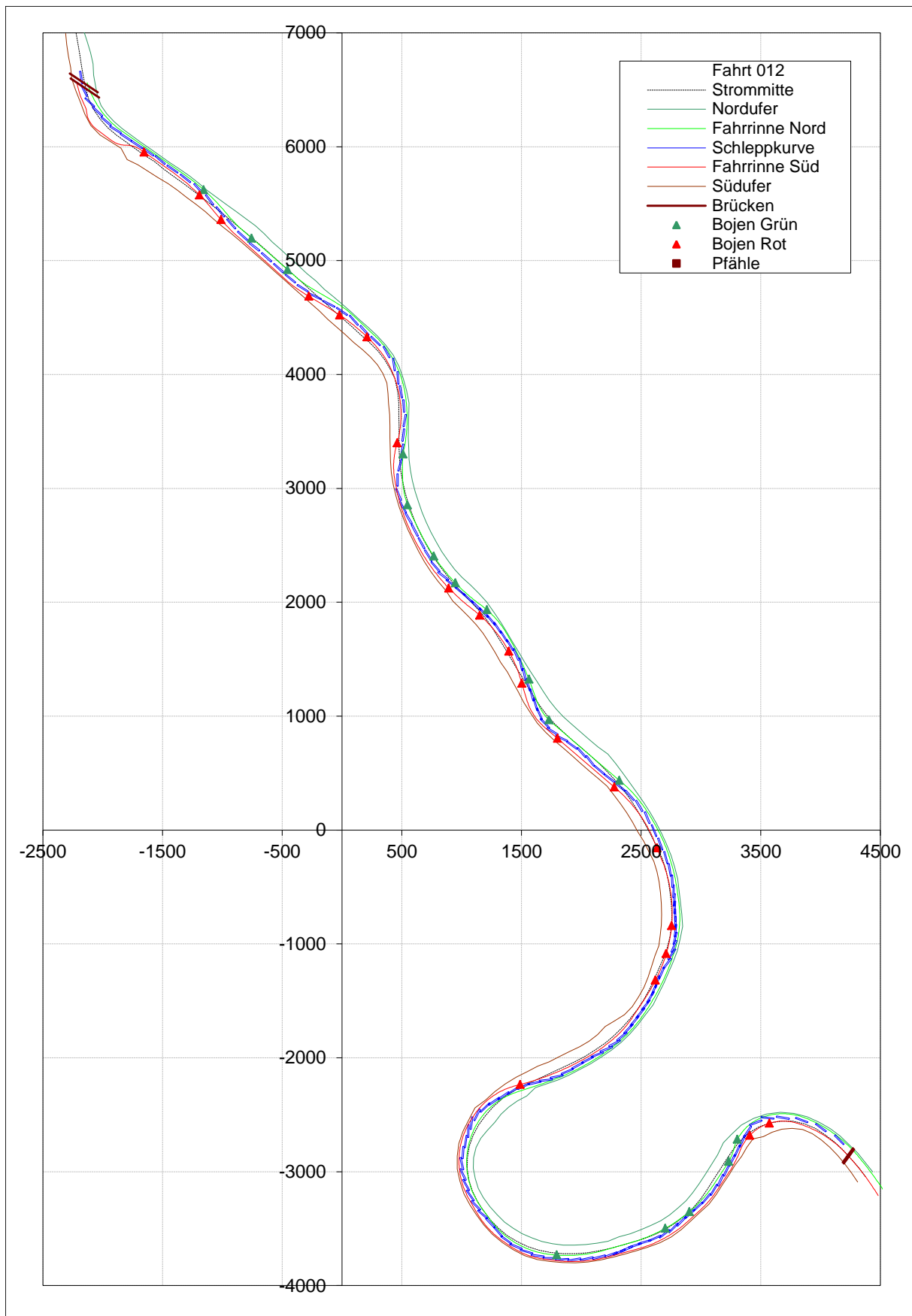


Abb. 33 – Gesamtansicht der Schleppkurven im Ist-Zustand

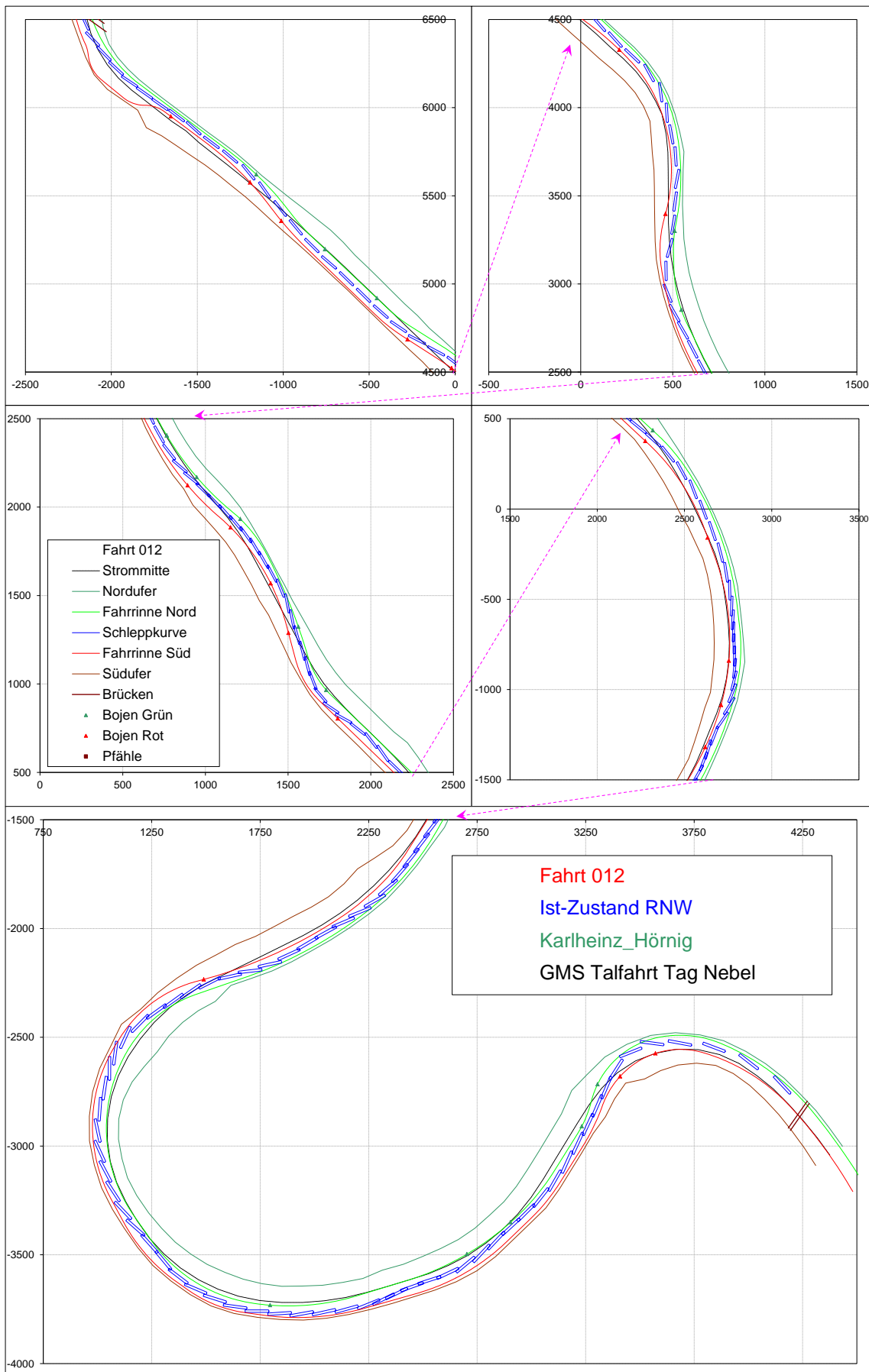


Abb. 34 – Dokumentation der Befahrung (Ist-Zustand, RNW)

5.1.2 Schriebe

Als zweite Seite der Dokumentation in den drei Anhängen sind die wichtigsten Informationen als Schriebe dargestellt. Aus den Log-Files sind die Daten zwar zeitabhängig extrahiert worden, der besseren Bewertbarkeit zuliebe sind die tatsächlichen Schriebe jedoch über den Ort aufgetragen worden. Diese Zuordnung zur Position in Stromkilometern lässt eine bessere Auswertung zu, da die Informationen jetzt unabhängig von der momentanen Geschwindigkeit und Fahrtrichtung betrachtet werden können.

Um die Orientierung zu erleichtern, sind die Daten wie in der nordorientierten Karte von links (Deggendorf) nach rechts (Winzer) dargestellt. Dies erforderte eine Änderung der Stromkilometer durch ein negatives Vorzeichen.

In den einzelnen Abbildungen sind die Schriebe unabhängig von ihrem Inhalt so zusammengestellt worden, dass sie eine bestmögliche feste Skalierung für alle Fahrten erlaubten.

Abb. 35 gibt den Ruderwinkel, die Fahrspurbreite und den Bugstrahleinsatz in einer Skala von -60 bis +60 wieder.

Bezüglich des Ruderwinkels ist das Schiff in diesem Fall mit Handsteuerung gefahren worden – in anderen Fahrten wurde der Autopilot verwendet. Da dieser im Simulator auf einen maximalen Ruderausschlag von 20° begrenzt ist, wurde er nur bei leichten Fahrten und vielfach auch zu Berg verwendet.

Die Fahrspurbreite wird aus dem aktuellen Driftwinkel berechnet und kann die Schiffsbreite von 11,4 m nie unterschreiten. Besonders groß fällt sie in der engen Kurve oberhalb der Brücke Winzer (km 2267) aus.

Der Einsatz des Bugstrahlers (reines Querstrahlaggregat) ist in der blauen Linie als aktueller Schub dargestellt. Hier wurde er nur sporadisch eingesetzt.

Der nächste Schrieb in **Abb. 36** zeigt die größten Driftwinkel und Flottwasser im Bereich -10 bis +10.

Bei der Befahrung der Mühlhamer Schleife (km 2267,5 bis 2271,5) zeigt sich ein fast dauerhaft negativer Driftwinkel. Er resultiert aus der Tatsache, dass sich das Fahrzeug in einer weitläufigen Linkskurve befindet und einen gegen den Uhrzeigersinn gerichteten Anstellwinkel aufbauen muss, um die Zentripetalkräfte zur Durchfahrung der Kurve aufzubauen.

Das Flottwasser an den vier Lotungspunkten (die Schiffsecken vorne und hinten Backbord und Steuerbord) ist entsprechend der Seiten rot und grün dargestellt. Die Kurven ähneln einander, sind aber zwischen Bug (durchgezogen) und Heck (gepunktet) um die Schiffslänge von hier 110 m versetzt. Auch die Seiten sind unterschiedlich, speziell in der Mühlhamer Schleife bei km 2270, wo sich die Steuerbordseite über dem tiefen Hang und die Backbordseite über dem flachen Grund befindet. Sehr interessant ist auch das Vorhandensein einer lokalen Ausbaggerung bei km 2272, wo sich die Wassertiefe schlagartig um ca. 1 m erhöht.

Die verschiedenfarbigen Rauten zeigen die Orte, an denen lokal das Flottwasser um 20 cm, 10 cm oder sogar nur 5 cm unterschritten wurde.

In **Abb. 37** mit einer Skalierung von 0 bis 20 kann der Verlauf der Geschwindigkeiten beurteilt werden. Die blaue Linie ist die Strömungsgeschwindigkeit, die sich als Differenz zwischen der Geschwindigkeit durchs Wasser V_dW und der Geschwindigkeit über Grund $V_{üG}$ ergibt. Aufgrund der Tatsache, dass das Fahrtgebiet mit vielen Strömungsvektoren abgedeckt ist, ergeben sich lokale Schwankungen um einen Mittelwert von hier etwa 5 km/h. An manchen Stellen fällt die Geschwindigkeit stark ab. Dies sind Orte, an denen eine Grundberührung stattgefunden hat, wie z.B. bei km 2277,7, 2273,5 oder 2268,8.

Die roten, grünen und blauen Rauten zeigen an dem Ort der jeweiligen Boje den Minimalabstand (sofern er unter 20 m liegt). So ist z.B. bei km 2278,2 eine Boje mit dem geringsten Abstand von ca. 1 m passiert worden.

Die Drehgeschwindigkeit in $^{\circ}/\text{min}$ kann in **Abb. 38** (Skala -100 bis +100) bewertet werden. Da sie durch den Ruderwinkel hervorgerufen und immer von einem Driftwinkel begleitet wird, ähneln sich die Schriebe bezüglich der Ausschläge.

Der Verlauf der Drehzahlvorgabe ist in **Abb. 39** in einem Bereich von 0 bis 400 dargestellt. Die beiden Maschinen Back- und Steuerbord sind farblich voneinander unterschieden. Während in den meisten Fällen beide Antriebe synchron verändert werden, findet man doch manchmal einseitige Betätigungen. Dies ist dann der Fall, wenn der Schiffsführer zusätzlich zum Ruder den Steuereffekt des asymmetrischen Antriebs zur Fahrt eingesetzt hat.

Die blauen Kreuze geben die berechneten Minimalabstände zu den Bojen, aufgetragen am Ort der nächsten Boje, wieder. Während bei nahe beieinanderliegenden Bojen die Abstände kleiner als 100 m sind (z.B. km 2279,7), sind bei weit auseinanderliegenden Bojen, wie in der Mühlhamer Schleife, die Abstände auch teilweise über 400 m groß.

Der letzte Schrieb (**Abb. 40**) gibt das Ergebnis von horizontalen Abstandsberechnungen wieder. Rot und Grün stellen die minimalen Abstände zu den Fahrrinnenbegrenzungen dar, gemessen positiv nach Norden. Hier kann festgestellt werden, ob die Fahrrinne lokal verlassen wurde, indem die entsprechende Linie die Nulllinie schneidet, wie es z.B. bei km 2279 der Fall ist. Es ist zu beachten, dass alle Angaben sich immer auf den Mittelpunkt des Schiffes beziehen. In dem Fall des 110 m GMS kann die Übertretung auch 55 m vor- oder nachher erfolgt sein, je nachdem, ob es sich um Bug oder Heck handelt.

In hellblau ist die Fahrwasserbreite als Summe der absoluten Abstände Nord und Süd, gemessen mittschiffs, ersichtlich. Besonders deutlich wird dies an der Wendestelle unterhalb der Autobahnbrücke Deggenau (km 2282,1) und dem kleinsten Wert von ziemlich exakt 40 m an der Isarmündung.

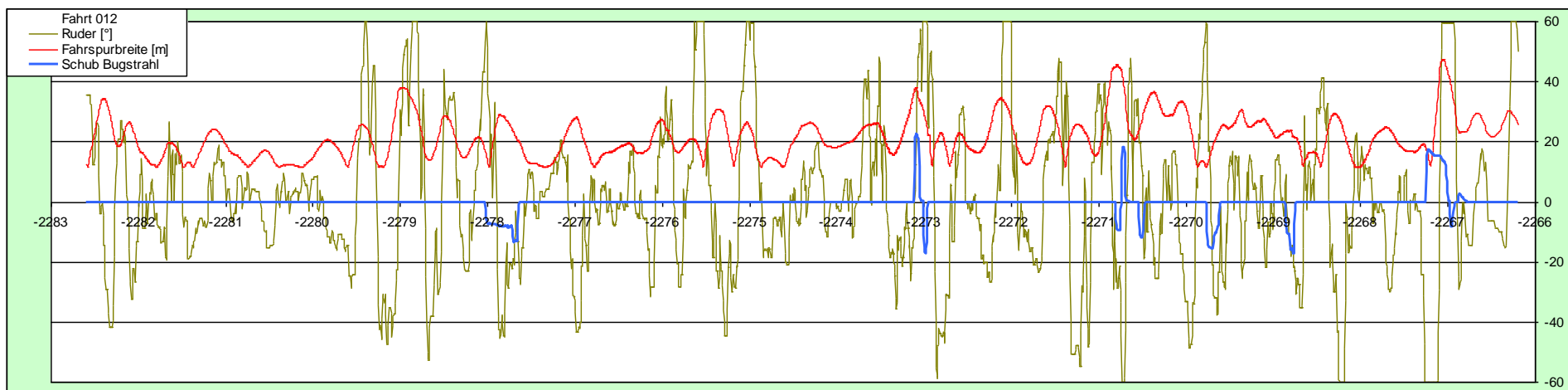


Abb. 35 – Auftragung: Ruderwinkel, Fahrspurbreite, Bugstrahlensatz

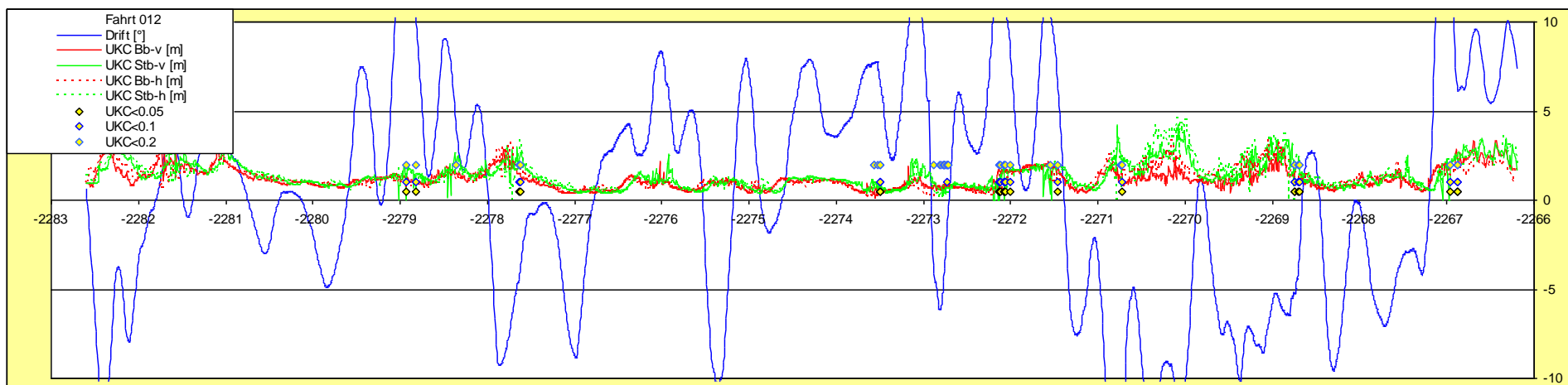


Abb. 36 – Auftragung: Driftwinkel, Lotungen, Flottwasserunterschreitungen

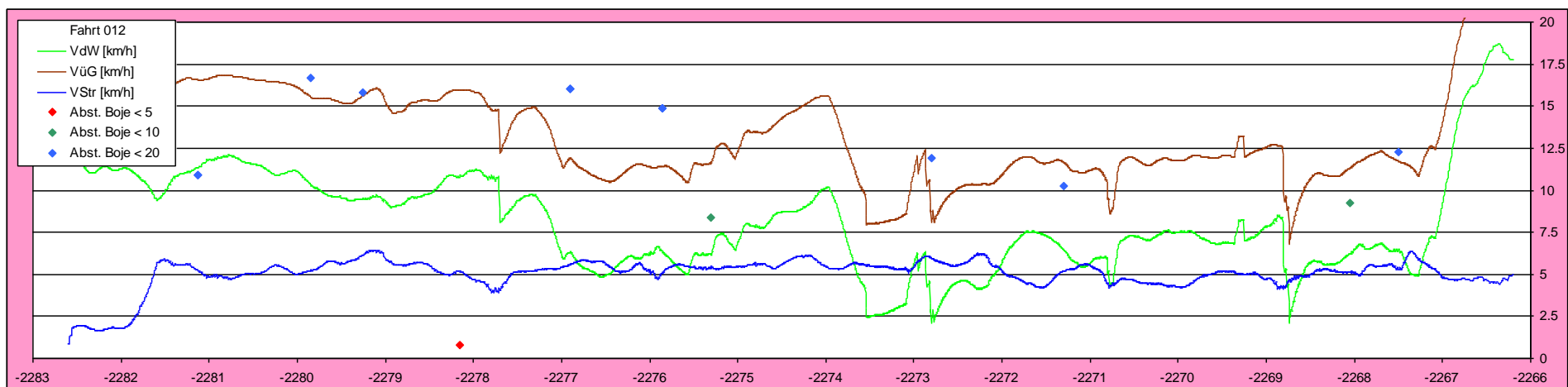


Abb. 37 – Auftragung: Geschwindigkeiten, geringste Bojenabstände

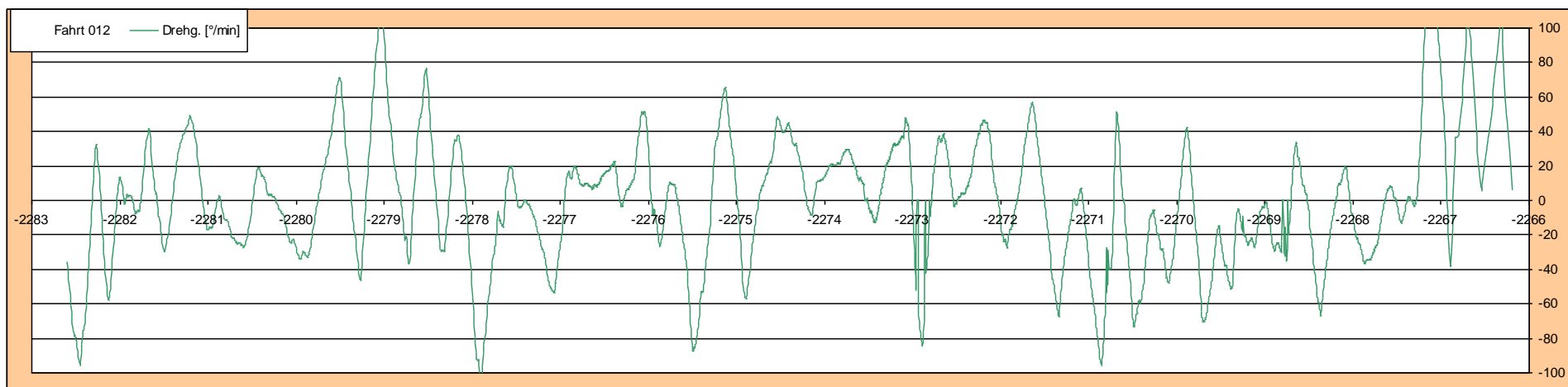


Abb. 38 – Auftragung: Drehgeschwindigkeit

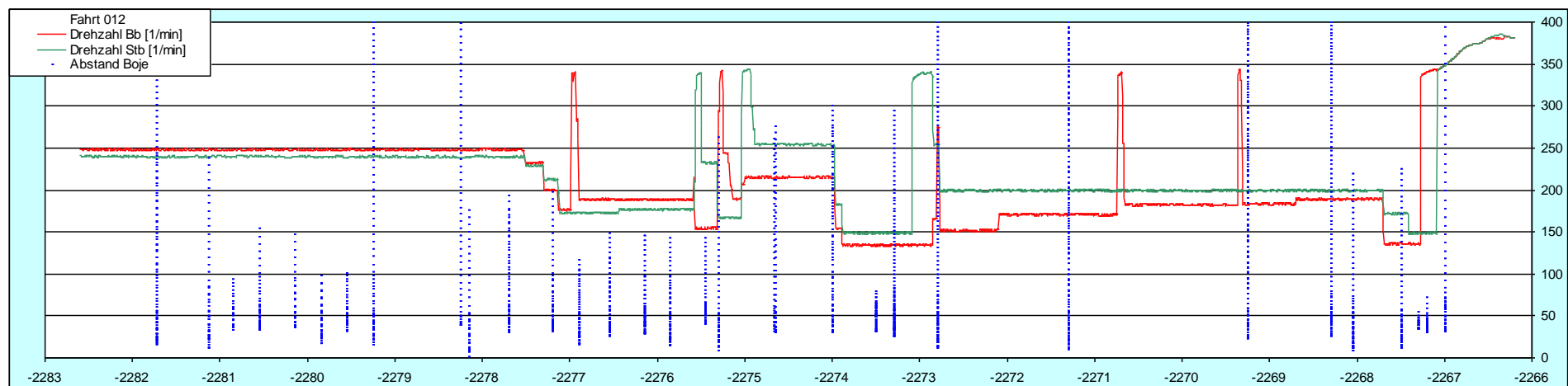


Abb. 39 – Auftragung: Drehzahlen, alle Bojenabstände

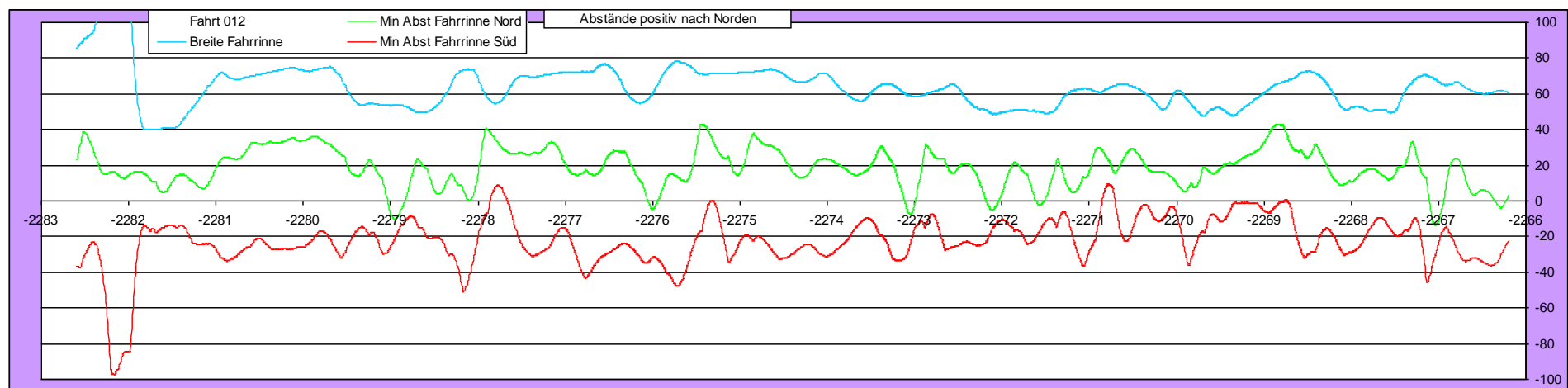


Abb. 40 – Auftragung: Fahrinnenabstände und Fahrinnenbreite

5.2 Bewertungskriterien

Die Schriebe wurden statistisch ausgewertet und die Daten „Minimum“, „Maximum“, „Mittelwert“ und „Standardabweichung“ sowie die vom Programm berechneten Werte zu sogenannten Bewertungskriterien als eine einzelne Ergebniszeile zusammengefasst und neben den Fahrparametern zur weiteren Auswertung abgelegt. Bei den Daten aus den Schrieben handelt es sich um:

- Ruder [°]
- Abs(DltR) [°]
- Bahnrichtung [°]
- Kurs [°]
- Drift [°]
- Drehg [°/min]
- VdW [km/h]
- VüG [km/h]
- VStr [km/h]
- RPM Bb [1/min]
- RPM Stb [1/min]
- Fahrspurbreite [m]
- UKC Bb vorne [m]
- UKC Bb hinten [m]
- UKC Stb vorne [m]
- UKC Stb hinten [m]

Dazu kamen noch die Ergebnisse der Berechnungen und zwar sowohl als absoluter Wert und als Prozentzahl bezogen auf die Anzahl der Zeittakte:

- Anzahl Fahrinnenüberschreitungen Nordseite
- Anzahl Fahrinnenüberschreitungen Südseite
- Anzahl Unterschreitungen UKC<0.05 innerhalb Fairway
- Anzahl Unterschreitungen UKC<0.1 innerhalb Fairway
- Anzahl Unterschreitungen UKC<0.2 innerhalb Fairway
- Anzahl Unterschreitungen UKC<0.05 außerhalb Fairway
- Anzahl Unterschreitungen UKC<0.1 außerhalb Fairway
- Anzahl Unterschreitungen UKC<0.2 außerhalb Fairway
- Anzahl Auflaufen
- Anzahl Bugstrahleinsatz
- Anzahl Bojenabstände < 5
- Anzahl Bojenabstände < 10
- Anzahl Bojenabstände < 20
- Fahrzeit [min]
- Strecke absolut [km]

- Strecke Stromkm [km]
- Mittlere Geschw. nach Stromkm [km/h]
- Anteil Fahrrinnenüberschreitungen Nordseite [%]
- Anteil Fahrrinnenüberschreitungen Südseite [%]
- Anteil Unterschreitungen UKC<0.05 innerhalb Fairway [%]
- Anteil Unterschreitungen UKC<0.1 innerhalb Fairway [%]
- Anteil Unterschreitungen UKC<0.2 innerhalb Fairway [%]
- Anteil Unterschreitungen UKC<0.05 außerhalb Fairway [%]
- Anteil Unterschreitungen UKC<0.1 außerhalb Fairway [%]
- Anteil Unterschreitungen UKC<0.2 außerhalb Fairway [%]
- Anteil Auflaufen [%]
- Anteil Bugstrahleinsatz [%]

Diese sehr große Anzahl Kriterien wurde als Vorabauswahl auf der Basis vorhergehender Befahrungsprojekte sowie im Hinblick auf die spätere Verwendbarkeit in diesem Vorhaben zusammengestellt. Es war nicht anzunehmen, dass alle in der endgültigen Analyse Verwendung finden, sondern es war nach Durchführung aller Fahrten zu prüfen, welche sich für die gewünschten Aussagen am besten eignen würden.

5.3 Begegnungen

Bei den jeweils 5 Talfahrten mit Begegnungen für den Ist-Zustand 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. 41 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).

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.

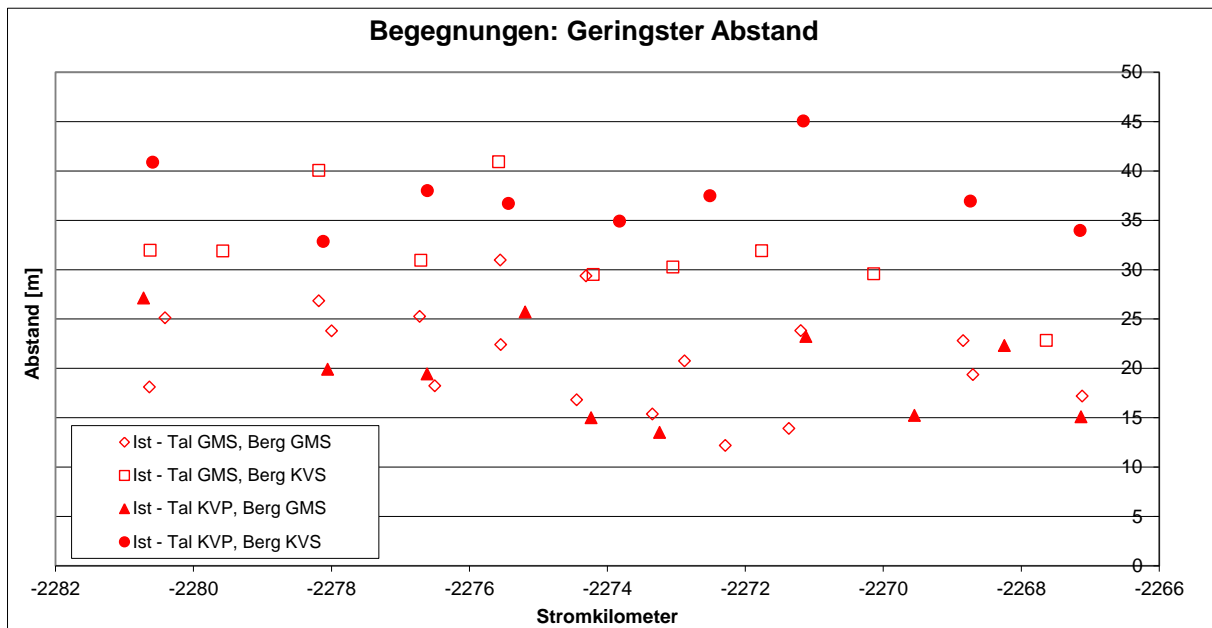


Abb. 41 – Geringster Begegnungsabstand nach Schiffstyp

Eine andere Auftragung dieser Daten zeigt Abb. 42, indem die Parametrisierung der Daten neben dem Ausbauzustand den Pegelstand berücksichtigt.

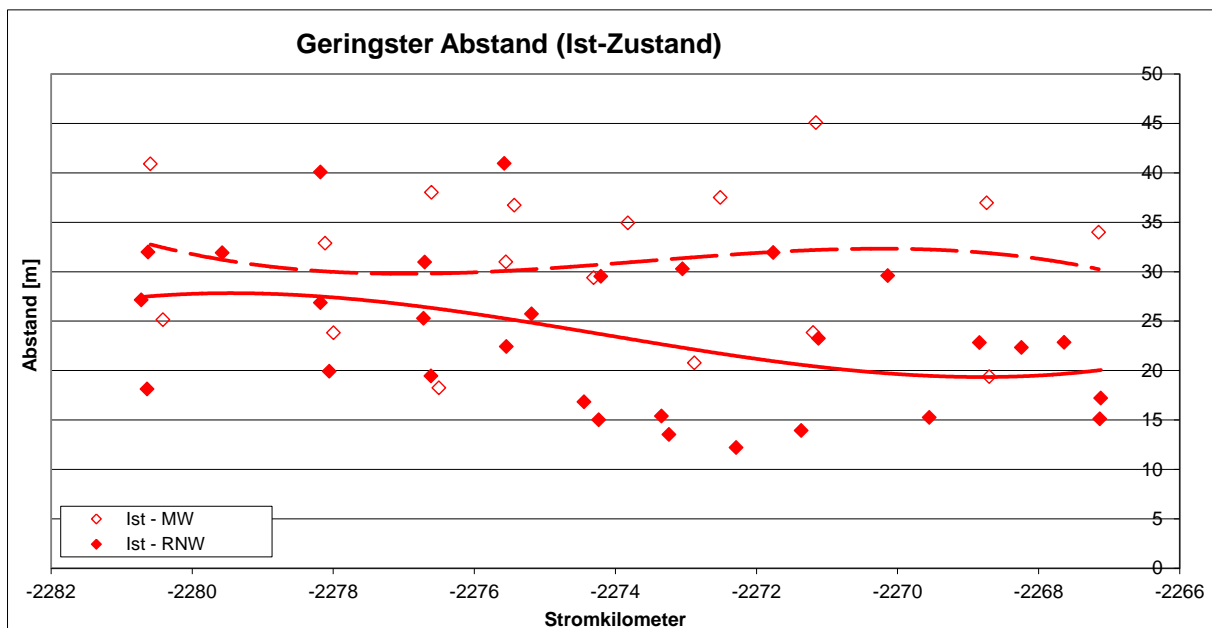


Abb. 42 – Geringster Begegnungsabstand nach Pegelstand

Hier erkennt man an den Trendlinien (gestrichelt = MW, durchgezogen = RNW), dass bei dem Ist-Zustand 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.

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. 43 ist das Ergebnis dargestellt. Dabei wurden die Anzahlen aufgetretener Ereignisse auf eine Fahrtstrecke von 1000 km hochgerechnet.

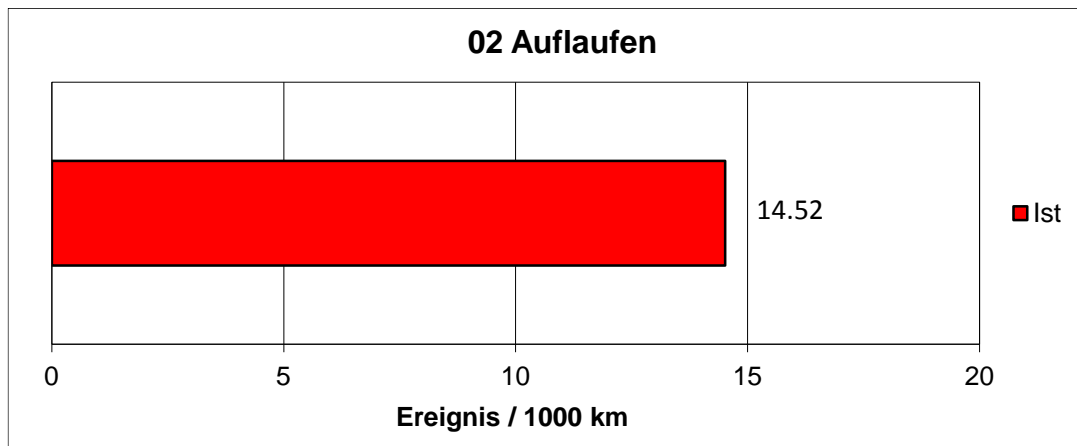


Abb. 43 – Unfallart „Auflaufen“

6.1.2 Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne

Obwohl die verwendeten Schiffe so stark abgeladen waren, wie es aktuell und für die Ausbauvarianten maximal zulässig war (siehe Tab. 1), 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. 4 folgende Mittelwerte für alle Fahrten.

Ausbauzustand	< 5 cm	< 10 cm	< 20 cm
Ist-Zustand	0,79 %	1,10 %	2,05 %

Tab. 4 – Grenzwertunterschreitungen Flottwasser innerhalb der Fahrrinne

Für eine Verwendung als Ergebnis in Abb. 44 wird der Grenzwert von 5 cm gewählt, da er der echten Grundberührung am nächsten kommt.

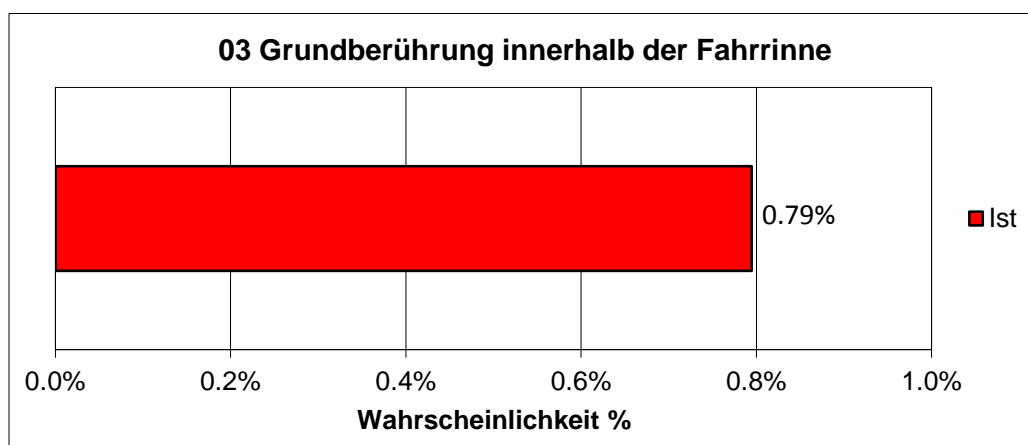


Abb. 44 – Unfallart „Grundberührung innerhalb der Fahrrinne“

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. 5 aufgelistet.

Ausbauzustand	Nordseite	Südseite	Mittelwert
Ist-Zustand	4,63 %	1,76 %	3,20 %

Tab. 5 – Fahrinnenüberschreitungen

Die festgestellten Unterschreitungen des Mindestflottwassers von 5 cm außerhalb der Fahrrinne sind im Vergleich zu Tab. 4 in Tab. 6 zusammengestellt.

Ausbauzustand	< 5 cm	< 10 cm	< 20 cm
Ist-Zustand	0,18 %	0,20 %	0,33 %

Tab. 6 – Grenzwertunterschreitungen Flottwasser außerhalb der Fahrrinne

Diese Kriterien für eine Grundberührung sind in Abb. 45 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. 6 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.

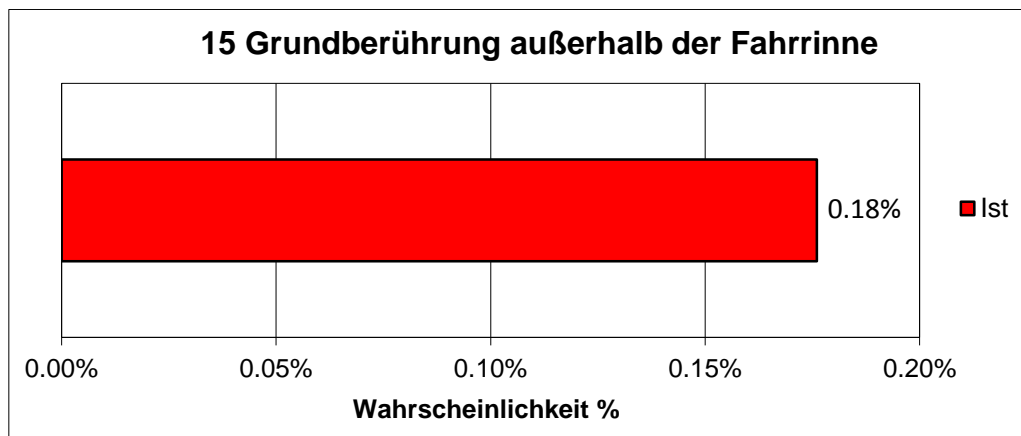


Abb. 45 – Unfallart „Grundberührung außerhalb der Fahrrinne“

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. 46 sind die Ergebnisse der Begegnungsfahrten, die in Abb. 41 und Abb. 42 in Details wiedergegeben wurden, nur noch nach der Ausbauvariante unterschieden als globale Mittelwerte wiedergegeben.

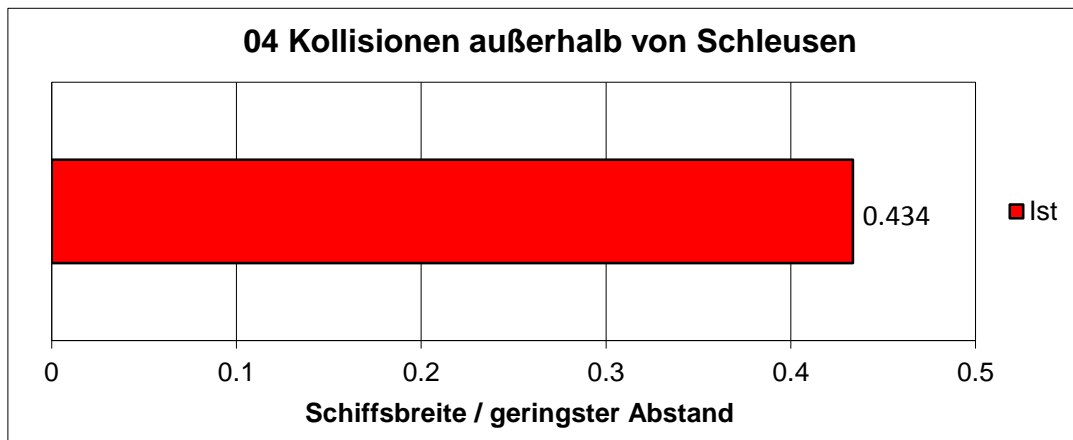


Abb. 46 – Unfallart „Kollisionen außerhalb von Schleusen“

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.

Das Ergebnis ist in Abb. 47 wiedergegeben.

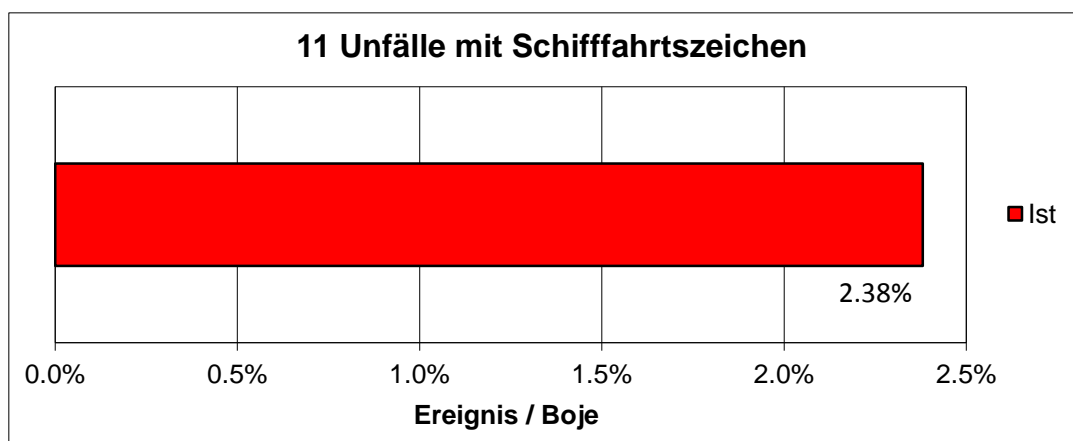


Abb. 47 – Unfallart „Unfälle mit Schifffahrtszeichen“

6.2 Unfallhäufigkeiten

In der Tab. 7 sind die in den Diagrammen in Abb. 43 bis Abb. 47 enthaltenen Zahlen zusammengefasst.

Unfallart	Ist-Zustand
02 Auflaufen	14,52
03 Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne	0,79 %
15 Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne	0,18 %
04 Kollisionen außerhalb von Schleusen	0,434
11 Unfälle mit Schifffahrtszeichen	2,38 %

Tab. 7 – Unfallhäufigkeit für den Ist-Zustand

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 wiedergegebenen Zahlen gelten für diesen Zeitraum und sind in Tab. 8 auf ein Jahr für die hier betrachteten Unfallarten umgerechnet.

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

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 derzeit"	Schiffs- anzahl [n/a]	Erhöhung zu "Ist derzeit"
Ist-Zustand 2004 ³	7040000	0%	6719 ⁴	0%
Ist-Zustand Prognose 2025	9855314	40%	9406	40%

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.

	Anzahl Schiffe /a Ist-Zustand
2004	6719
2025	9406

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

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 Ausbaustände 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. Die tatsächliche Anzahl sollte aus dem PLANCO-Gutachten hervorgehen. In den folgenden Tabellen (Tab. 11 bis Tab. 12) sind die hochgerechneten Unfallzahlen pro Jahr in Abhängigkeit von der Änderung des Verkehrsaufkommens und dem Ausbaustand dargestellt.

³ In der Verkehrsprognose von Planco (2012) wird das Analysejahr 2004 für die Verkehrsentwicklung bis 2025 zugrunde gelegt.

⁴ Anzahl der Schiffe im Ist-Zustand ermittelt über die Änderung der Transportmenge gegenüber dem Ist-Zustand 2025

Aktuelles Verkehrsaufkommen (2004)

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

Tab. 11 – Anzahl Unfälle pro Jahr bei aktuellem Verkehrsaufkommen

Prognostiziertes Verkehrsaufkommen (2025)

Ausbauzustand	Ist-Zustand
02 Auflaufen	9,27
03 Grundberührungen innerhalb der Fahrrinne	2,48
15 Grundberührungen außerhalb der Fahrrinne	18,63
04 Kollisionen außerhalb von Schleusen	2,70
11 Unfälle mit Schifffahrtszeichen	22,29
Gesamt	55,37

Tab. 12 – Anzahl Unfälle pro Jahr bei für 2025 prognostiziertem Verkehrsaufkommen

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

Unfälle / Jahr	Ist-Zustand
2004	39,0
2025	55,4

Tab. 13 – 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. 13, 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. 14.

Unfallraten	Ist-Zustand
2004	82,9
2025	84,1

Tab. 14 – 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. 15 wiedergegeben.

Rhein ⁵	Unfallrate	Donau ⁶ 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. 15 – Unfallraten für Rhein und Donau

⁵ VBD-Bericht 1546, „Ermittlung der Transportleistung im ausgewählten Donauabschnitt zwischen Straubing und Vilshofen“, 1999

⁶ TU-München, „Bestimmung der erforderlichen Fahrinnenbreiten auf der Basis von Kollisionswahrscheinlichkeiten“, 2003

7. Zusätzliche nautische Betrachtungen

Ergänzend zum eigentlichen Ziel dieser Untersuchung, nämlich der Unfallhäufigkeit, werden an dieser Stelle weitere nautische Betrachtungen vorgenommen, die sich bei den Befahrungen am Simulator und bei Gesprächen mit Praktikern ergeben haben. Diese betreffen ebenfalls die Risiken und Unfallgefahren und gehen über die eigentlichen Simulationsergebnisse hinaus und ergänzen sie.

7.1 Nautische Hilfsmittel

Den Schiffsführern stehen sowohl am Simulator als auch in der Praxis (zumindest auf vielen Schiffen) verschiedene Instrumente zur Verfügung, die die Fahrt, die Orientierung und die Übersicht über den Verkehr erleichtern und somit zur Erhöhung der Sicherheit und der Leichtigkeit des Verkehrs beitragen.

7.1.1 Radar

Für die Positionsbestimmung und die Orientierung bei schlechter Sicht (Nacht, Nebel) wird das Radargerät verwendet. Mit ihm lassen sich bei richtiger Einstellung die Fahrwassergrenzen, Objekte wie Baken und Bojen sowie andere Schiffe gut erkennen. Außerdem sind eingebaute Hilfsmittel wie Vorauslinie und Entfernungsringe geeignet, in Kurven eine Fahrt mit sicherem Abstand zum Ufer zu ermöglichen. Von Nachteil ist die Tatsache, dass das Radargerät wie das Auge in seiner Sicht durch Hindernisse wie Gebäude oder Flusskrümmungen behindert wird und so bei guter Sicht keine Informationen liefern kann, die das Auge nicht schon bereitstellt.

Eine Ausnahme bilden Radargeräte, die am Bug des Schiffes statt auf der Brücke angebracht sind. Hier bietet sich gerade bei langen Koppelverbänden (Spargel) die Möglichkeit, durch die weit voraus liegende Anordnung quasi „um die Kurve“ sehen zu können und Objekte auszumachen, die erst in naher Zukunft in das Sichtfeld des Schiffsführers gelangen.

7.1.2 ECDIS

Die Nutzung einer elektronischen Karte (IENC = Inland Electronic Nautical Chart) in Verbindung mit einem ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) und einem GPS-Empfänger (Global Positioning System) erlaubt die (mittlerweile sehr exakte) Ortsbestimmung und Orientierung. Je nach Aktualität der Kartendaten sind alle nautisch relevanten Informationen in der Karte enthalten und das System erlaubt es dem Schiffsführer quasi blind, nur unter Nutzung der Instrumente präzise zu fahren.

Je nach Ausstattung sind Indikatoren für Ruderwinkel, Drehgeschwindigkeit, Geschwindigkeit über Grund, aber auch die lokalen Quergeschwindigkeiten an Bug und Heck vorhanden. Diese geben dem Schiffsführer wichtige Informationen über die Bewegung des Schiffes, wenn er gelernt hat, diese Sonderinformationen korrekt zu interpretieren. Die Karte geht über das Sichtfeld hinaus, gibt aber keine Informatio-

nen über Objekte hinter einer Kurve, wenn diese nicht schon Element der Karte selbst sind.

7.1.3 AIS

Ein AIS-Empfänger (Automatic Identification System), der mit dem ECDIS verbunden ist, kann die Position von anderen Schiffen auf dem Display darstellen und zusätzliche Informationen wie Kurs und Geschwindigkeit, aber auch Schiffsname, Länge oder Fahrtziel geben. Mit diesem Hilfsmittel ist man erstmals in der Lage, „um die Kurve“ zu sehen und Entgegenkommer zu identifizieren, bevor sie in das Sichtfeld geraten und so die eigene Fahrt sicher zu planen.

Obwohl viele Schiffe bereits mit einem solchen System ausgerüstet sind, kann diese Technologie jedoch erst dann zur Erhöhung der Sicherheit beitragen, wenn eine Ausrüstungspflicht (zumindest für die Großschifffahrt) besteht, denn erst wenn alle Fahrzeuge elektronisch identifizierbar sind, kann die Verkehrslage voraus richtig eingeschätzt werden. Da die Identifizierung durch AIS in einem größeren Kartenmaßstab voraus erfolgt (etliche Kilometer), als er für die Navigation nach der Karte (wenige hundert Meter) erforderlich ist, ist es sinnvoll zwei ECDIS-Geräte vorzuhalten, wovon das eine nur Navigation im Nahbereich (eventuell mit hinterlegtem Radarbild) und das andere zur Lagebeurteilung im Fernbereich eingesetzt wird.

Speziell im hier untersuchten Streckenabschnitt der Donau ist jedoch keine signifikante Reduzierung der Kapitel 6 ermittelten Unfallzahlen durch AIS zu erwarten, da sich die Unfälle v.a. aufgrund geringer Fahrinnenabmessungen, enger Krümmungen und ungünstiger Strömungsverhältnisse ereignen.

7.1.4 Sprechfunk

Die Ausrüstung mit UKW-Sprechfunkgeräten ist heute schon Pflicht. Sie werden vornehmlich zur Kursabsprache, z. B. bei der Festlegung der Begegnungsseite, genutzt. Sie dienen aber auch zur Information über die Verkehrslage, indem sich auf der oberen Donau die Schiffe in regelmäßigen Abständen mit Angabe von Schiffstyp, Fahrtrichtung und Position melden. Dadurch wird der Schiffsführer über den entgegenkommenden Verkehr informiert und kann die Begegnung sicher planen.

Dies funktioniert aber nur, wenn die Schiffe sich alle in regelmäßigen Abständen melden. Zu häufige Meldungen und zu dichter Verkehr überfordern den Schiffsführer, der ja aus dem laufenden Funkverkehr die Informationen herausfiltern muss, die seine eigene Fahrt bezüglich möglicher Entgegenkommer betreffen. Hier hilft das AIS, indem es ermöglicht, sich meldende Schiffe anhand der Position zu identifizieren, aber auch Schiffe darzustellen, die sich nicht gemeldet haben.

7.2 Begegnungsverhalten

Bei der Befahrung der nicht staugeregelten Strecke der oberen Donau sind Begegnungen nicht an allen Positionen sicher möglich. Es sind Stellen ausgewiesen, die für

Begegnungen vorgesehen sind und dies auch durch lokale Verbreiterungen der Fahrrinne ermöglichen.

Je nach Schiffsgröße, die sich begegnet, warten die Bergfahrer an diesen Positionen das Passieren des Talfahrers ab. In Abhängigkeit von dem Verkehrsaufkommen, welches unter anderem von den Abfahrtszeiten der Schiffe von den nur begrenzt verfügbaren Liegestellen bestimmt wird, kann es zu Stausituationen kommen. Dies ist z.B. der Fall, wenn mehrere Talfahrer in geringem Abstand den Fluss befahren und die Bergfahrt in größerem Umfang zum Warten gezwungen wird. Dann können sich an einer Wartestelle mehrere Schiffe befinden, von denen sich die hinteren unterhalb der eigentlichen Wartestelle befinden, wo die Fahrrinne nicht verbreitert ist.

Derartige Situationen können zwar durch Meldungen, Absprachen und gute Planung manchmal vermieden werden, aber erst durch Einsatz eines VTS-Systems (Vessel Traffic Service), mit dem der Verkehr überwacht und teilweise auch gelenkt wird, wird es möglich, Staus an Wartestellen fast gänzlich zu vermeiden. Voraussetzung für den Einsatz von VTS ist die Installation einer oder mehrerer Verkehrszentralen, die mit Funk und dezentralen Radaranlagen ausgerüstet sind sowie die übergreifende Ausrüstung aller Fahrzeuge der Berufsschifffahrt mit AIS.

7.3 Fahrgastschifffahrt

In zunehmendem Maße wird die obere Donau von Fahrgastschiffen befahren. Diese ist in der Unfalldatenbank zwar nicht gesondert erfasst, hat aber einen hohen Anteil an Nachtfahrten. Da jedoch die Frachtschifffahrt vornehmlich tagsüber unterwegs ist, kann ein erhöhtes Unfallrisiko durch die Fahrgastschifffahrt nicht identifiziert werden.

8. Zusammenfassung

Für die Bestimmung der Unfallhäufigkeit von Schiffen auf der Donau zwischen Straubing und Vilshofen wurden nautische Simulationen für den Ist-Zustand 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	
	Unfälle / a	Unfallrate
2004	39,0	82,9
2025	55,4	84,1

Duisburg, 06.11.2012
Dr. Grz/KI

Fachbereich Schiffsentwicklung
und Schiffahrtsbetriebstechnik

Bearbeiter:

gez. Gronarz

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

DST - Entwicklungszentrum für
Schiffstechnik und Transportsysteme e.V.

gez. Zöllner

.....
(Dipl.-Ing. J. Zöllner)