



Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
Federal Bureau of Maritime Casualty Investigation
Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums
für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung

Untersuchungsbericht 149/08

Schwerer Seeunfall

**Querschlagen
des Vorschleppers WILHELMINE
vor dem
MS PAVEL KORCHAGIN
am 4. April 2008
im Hamburger Hafen**

15. April 2009

Die Untersuchung wurde in Übereinstimmung mit dem Gesetz zur Verbesserung der Sicherheit der Seefahrt durch die Untersuchung von Seeunfällen und anderen Vorkommnissen (Seesicherheits-Untersuchungs-Gesetz-SUG) vom 16. Juni 2002 durchgeführt.

Danach ist das alleinige Ziel der Untersuchung die Verhütung künftiger Unfälle und Störungen. Die Untersuchung dient nicht der Feststellung des Verschuldens, der Haftung oder von Ansprüchen.

Der vorliegende Bericht soll nicht in Gerichtsverfahren oder Verfahren der seeamtlichen Untersuchung verwendet werden. Auf § 19 Absatz 4 SUG wird hingewiesen.

Bei der Auslegung des Untersuchungsberichtes ist die deutsche Fassung maßgebend.

Herausgeber:
Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung
Bernhard-Nocht-Str. 78
20359 Hamburg

Leiter: Jörg Kaufmann
Tel.: +49 40 31908300
posteingang-bsu@bsh.de

Fax.: +49 40 31908340
www.bsu-bund.de

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG DES SEEUNFALLS.....	5
2	UNFALLORT.....	6
3	SCHIFFSDATEN.....	7
3.1	Foto WILHELMINE.....	7
3.2	Daten WILHELMINE.....	7
3.3	Foto PAVEL KORCHAGIN.....	9
3.4	Daten PAVEL KORCHAGIN.....	9
4	UNFALLHERGANG.....	10
4.1	Aussage Schlepperbesatzung.....	12
4.2	Aussage Seeschiffsbesatzung.....	13
5	UNTERSUCHUNG.....	14
5.1	Arbeitszeiten.....	15
5.2	Stromverhältnisse und Wasserstände.....	15
5.3	Hydrodynamische Interaktion zwischen Vorschlepper und Seeschiff.....	16
5.4	Mitfahrt WILHELMINE.....	19
6	ANALYSE.....	23
7	SICHERHEITSEMPFEHLUNGEN.....	26
7.1	Sicherheitspartnerschaft.....	26
7.2	Schlepperkapitäne und Hafenlotsen.....	26
8	QUELLENANGABEN.....	27
9	ANHANG.....	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Unfallstelle	6
Abbildung 2: WILHELMINE	7
Abbildung 3: PAVEL KORCHAGIN	9
Abbildung 4: Verkehrszentrale 20:25:29 Uhr	11
Abbildung 5: Verkehrszentrale 20:25:59 Uhr	12
Abbildung 6: Unterwasserschiff	14
Abbildung 7: Achterschiff Hauptdeck	15
Abbildung 8: Überholsituation	17
Abbildung 9: Bugstau	18
Abbildung 10: Unfallverlauf	19
Abbildung 11: Übernahme Wurfleine	20

1 Zusammenfassung des Seeunfalls

Am 4. April 2008 um 20:26 Uhr¹ schlug der Vorschlepper WILHELMINE vor dem Bug des aufkommenden, in den Südwesthafen bestimmten russischen MS PAVEL KORCHAGIN quer. Der Unfall ereignete sich beim Hieven der Aufholleine des Schlepperdrahts im Hamburger Hafen auf der Höhe Tollerort. Es sei vorher noch versucht worden, mit „Voll-Voraus“ und Gegensteuern frei zukommen. Der Schlepper bekam erhebliche Schlagseite über Stb. und das Deck war zu Wasser. Danach kam der Schlepper frei, richtete sich auf und befand sich nun an Bb.-Seite des Seeschiffs. Auf der Brücke fielen zwei Personen zu Boden. Auf dem Achterschiff fiel eine Person außenbords, konnte sich jedoch an einem Reifenfender festhalten. Der Wind kam aus SW mit Stärke 2 Bft, und die Sichtweite betrug 4 km.

¹ Alle Uhrzeiten im Bericht beziehen sich auf Ortszeit = Mitteleuropäische Sommerzeit = UTC + 2h

2 Unfallort

Art des Ereignisses: Schwerer Seeunfall, Querschlagen
 Datum/Uhrzeit: 4. April 2008, 20:26 Uhr
 Ort: Tollerort, Hamburger Hafen
 Breite/Länge: ϕ 53°32,5'N λ 009°56,7'E

Ausschnitt aus Seekarte 48, BSH

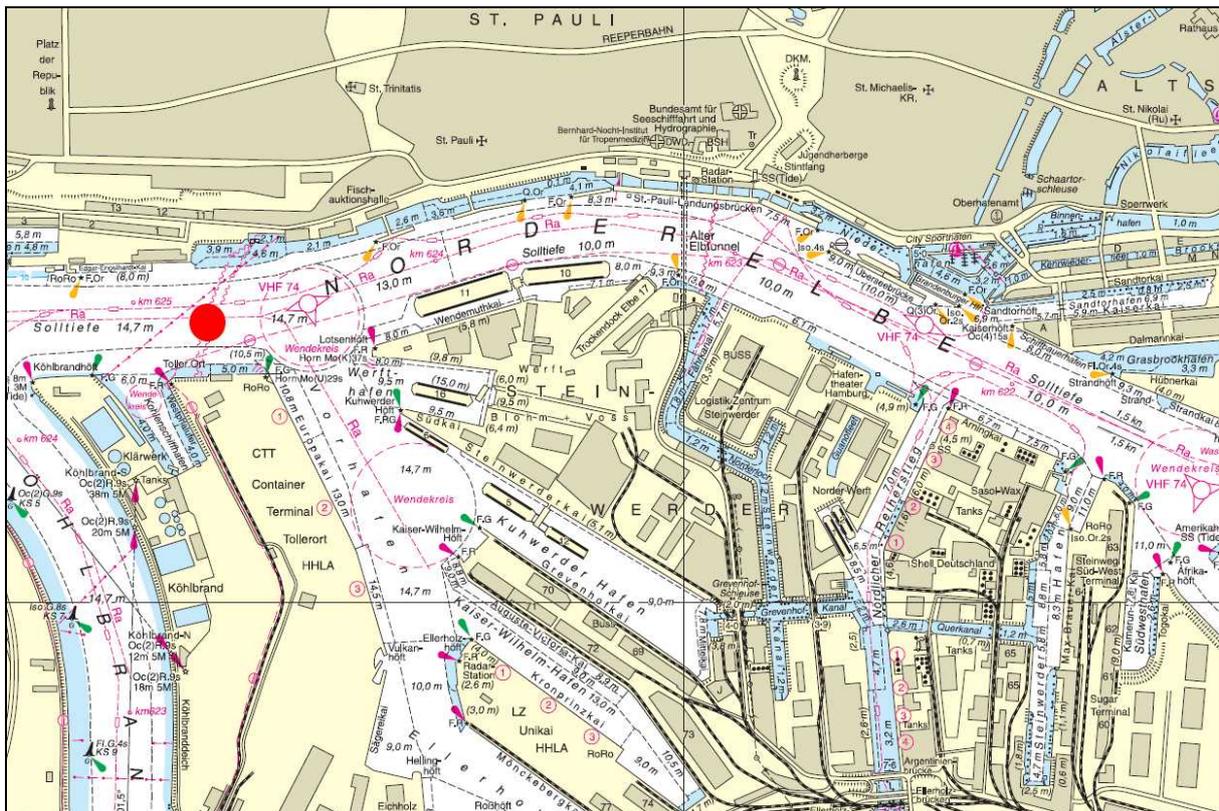


Abbildung 1: Unfallstelle

3 Schiffsdaten

3.1 Foto WILHELMINE



Abbildung 2: WILHELMINE

3.2 Daten WILHELMINE

Schiffsname:	WILHELMINE
Schiffstyp:	Schlepper
Nationalität/Flagge:	Deutschland
Heimathafen:	Hamburg
IMO-Nummer:	8007133
Unterscheidungssignal:	DGKW
Reederei:	Petersen & Alpers
Baujahr:	1980
Bauwerft/Baunummer:	Mützelfeldwerft GmbH Cuxhaven, 199
Klassifikationsgesellschaft:	Germanischer Lloyd
Länge ü.a.:	26,39 m
Breite ü.a.:	8,80 m
Bruttoraumzahl:	207
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	4,40 m
Maschinenleistung:	2 * 640 kW
Hauptmaschine:	2 KHD Diesel, SBA 6M, 2 Schottel
Pfahlzug	30,0 t
Geschwindigkeit:	11,0 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Anzahl der Besatzung:	4

3.3 Foto PAVEL KORCHAGIN



Abbildung 3: PAVEL KORCHAGIN

3.4 Daten PAVEL KORCHAGIN

Schiffsname:	PAVEL KORCHAGIN
Schiffstyp:	Stückgutschiff
Nationalität/Flagge:	Russische Föderation
Heimathafen:	Arkhangelsk
IMO-Nummer:	7832775
Unterscheidungssignal:	UCPD
Reederei:	JSC Northern Shipping
Baujahr:	1980
Bauwerft/Baunummer:	Vyborg Shipyard, 528
Klassifikationsgesellschaft:	RMRS, Russian Maritime Register of Shipping
Länge ü.a.:	130,30 m
Breite ü.a.:	17,34 m
Bruttoraumzahl:	5370
Tiefgang zum Unfallzeitpunkt:	6,10 m
Maschinenleistung:	4.490 kW
Hauptmaschine:	5DKRN 62/140-3
Geschwindigkeit:	15,8 kn
Werkstoff des Schiffskörpers:	Stahl
Anzahl der Besatzung:	19

4 Unfallhergang

Am 4. April 2008 hatte die WILHELMINE den Auftrag, der PAVEL KORCHAGIN im Hamburger Hafen als Vorschlepper bis zu ihrem Liegeplatz Schuppen 62 im Südwesthafen zu assistieren. In Höhe Tollerort/Radarlinie wurde das Seeschiff erwartet. Es sollte von Stb. an das Schiff herangestaffelt und die Schleppleine übernommen werden.

Um 20:26 Uhr schlug die WILHELMINE beim Hieven der Aufholleine des Schlepperdrahts quer zur PAVEL KORCHAGIN und wurde etwas achterlicher als mittschiffs an Bb.-Seite vom Bug gerammt, obwohl vorher versucht worden sei, mit „Voll-Voraus“ und Gegensteuern frei zukommen. Der Schlepper bekam erhebliche Schlagseite über Stb. und das Deck war zu Wasser. Danach kam der Schlepper frei, richtete sich auf und befand sich nun an Bb.-Seite des Seeschiffs. Auf der Brücke fielen zwei Personen zu Boden. Auf dem Achterschiff fiel eine Person außenbords, konnte sich jedoch an einem Reifenfender festhalten.

Die PAVEL KORCHAGIN ist nach den Aufzeichnungen und Fotos ein konventionelles Stückgutschiff mit 130 m Länge ohne Wulstbug. Die Fahrt über Grund des Seeschiffs betrug unmittelbar vor der Kollision um 20:25:29 Uhr nach den Radaraufzeichnungen 8,2 kn bei einem Kurs von 079,9 Grad (s. Abb. 4). Danach reduzierte sich die Fahrt schlagartig auf 4,6 kn (s. Abb. 5). Der Tiefgang des Schiffes betrug 6,1 m. Detaillierte Manöveraufzeichnungen liegen nicht vor.

Der Wind kam aus SW mit Stärke 2 Bft. Die Sichtweite betrug 4 km bei bedecktem Himmel und 8 °C Lufttemperatur. Es gab keinen Niederschlag.

Az.: 149/08

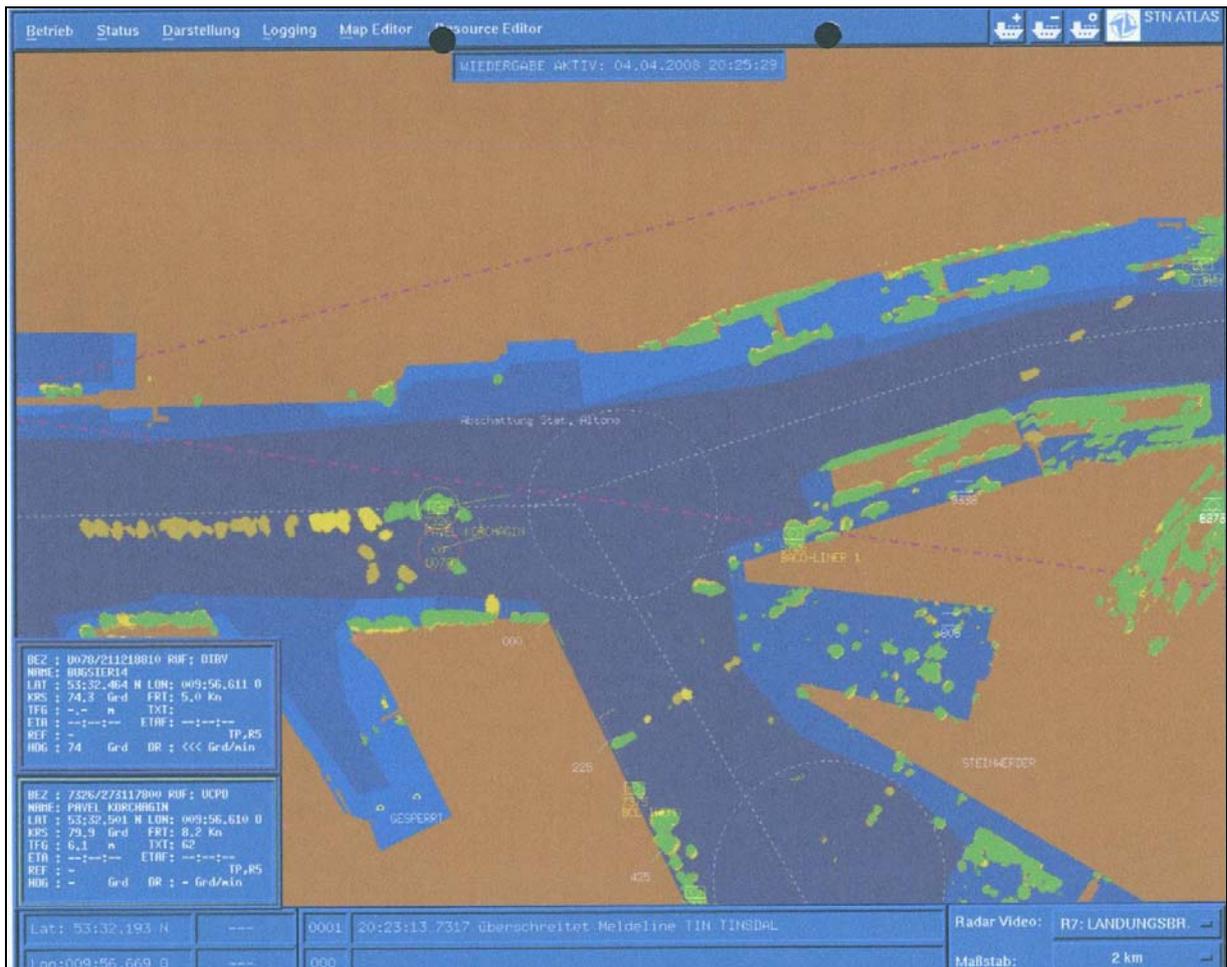


Abbildung 4: Verkehrszentrale 20:25:29 Uhr

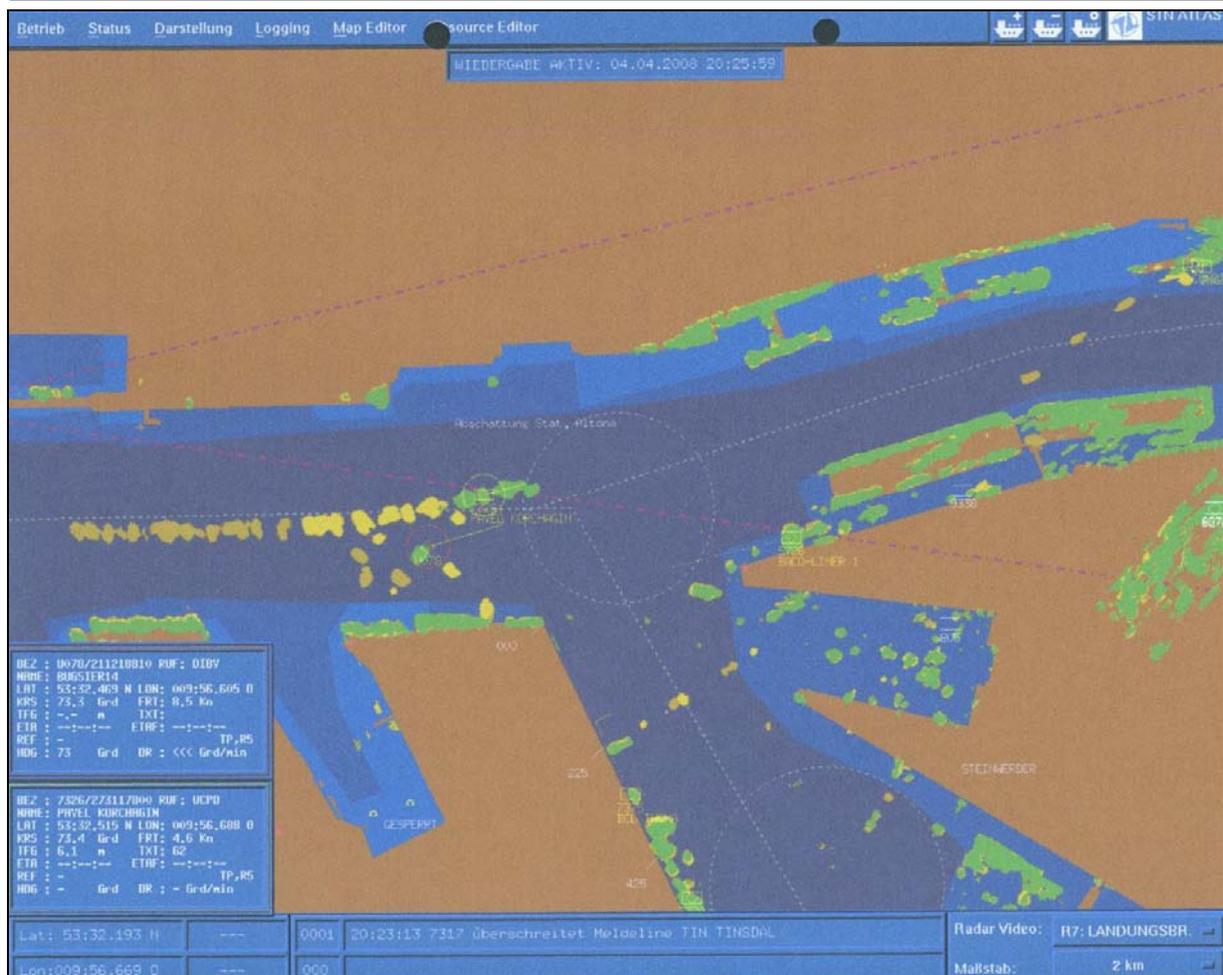


Abbildung 5: Verkehrszentrale 20:25:59 Uhr

4.1 Aussage Schlepperbesatzung

Auf der Brücke befanden sich der Schlepperkapitän, ein Steuermann, der die Ausbildung als Aspirant zum Schiffsführer machte und den Schlepper manövrierte sowie eine Hilfskraft Deck zum Bedienen der Winschen. Der Maschinist befand sich auf dem Achterdeck, um die Schleppverbindung herzustellen.

Der Aspirant habe den Schlepper mit einer Fahrt durchs Wasser von ca. 7 kn gesteuert und sich mit 700 U/min und Bb.-Seite dem Seeschiff vorne parallel angenähert. Der Kapitän beobachtete das Manöver. Die Wurfleine wurde dicht am Bug des Seeschiffes vom Maschinisten angenommen, um die Aufholleine zu befestigen, an der die Schleppleine auf das Seeschiff gezogen werden sollte. Das sei die schwierigste Phase des Manövers, weil dabei Abstand und Geschwindigkeit zum Seeschiff gleich bleiben mussten.

Aus unerklärlichen Gründen kam der Schlepper sehr nahe an das Seeschiff und es wurde mit einem „Voll-Voraus“-Manöver und Gegensteuern versucht, Abstand zu wahren. Dabei trieb der Schlepper mit Bb.-Seite voraus. Der Kapitän übernahm das Ruder, als der Schlepper ca. Zweidrittel seiner Länge dem Seeschiff parallel voraus lag. Kurz darauf gab es einen Knall und der Bug des Seeschiffes kollidierte etwas achterlicher als Mittschiffs mit der Bb.-Seite des Schleppers. Der Schlepper krängte dabei erheblich nach Stb. und nahm Wasser an Deck. Die Schlagseite könnte 50°

betragen haben. Durch den Stoß wurden 2 Mann der Brückenbesatzung umgeworfen.

Danach kam der Schlepper frei und befand sich nun an Bb.-Seite des Seeschiffs. Die Leinenverbindung zum Seeschiff wurde von der dortigen Besatzung inzwischen gelöst. Es wurde bemerkt, dass nach dem Aufrichten der Maschinist auf dem Achterschiff fehlte. Der Kapitän blieb am Ruder, und der Aspirant und die Hilfskraft Deck begaben sich auf das Achterschiff. Dort fanden sie den Maschinisten an einem Fender an der achterlichen Bb.-Seite außenbords hängen.

Der Kapitän kuppelte die Maschine aus, verließ die Brücke, um die Situation an Deck besser einzuschätzen zu können. Über eine ausgebrachte Leiter konnte der Maschinist selbständig und mit leichter Hilfe zurück an Deck gelangen. Er war durchnässt und ging duschen. Kurze Zeit später setzte der Kapitän die Fahrt fort und machte in Neumühlen an der Schlepperstation fest. Alle Systeme funktionierten noch. Es war jedoch Wasser durch die Deckslüfter gedrückt worden. Der Maschinenraum, die Gänge und Kammern sowie der Umkleideraum hatten Wasser gemacht.

Wie es zu der Kollision kam, ist der Besatzung unerklärlich: Entweder habe das Seeschiff den Kurs nach Stb. geändert oder der Schlepper sei in den Sogbereich des Seeschiffs gelangt.

Der Maschinist wurde vorsorglich mit einem Rettungswagen ins AK Altona gefahren.

4.2 Aussage Seeschiffsbesatzung

Der Hafentotse wurde um 19:58 Uhr übernommen und die Fahrt mit 7-8 kn fortgesetzt. Die Kommunikation mit den bestellten Schleppern erfolgte über UKW.

Um 20:22 Uhr hat sich der Schlepper WILHELMINE an Stb.-Seite im Abstand von 5 m an das Vorschiff genähert und nahm die Wurfleine an. Um 20:26 Uhr wurde die Wurfleine an der Aufholleine befestigt. Die PAVEL KORCHAGIN machte mit 50 U/min ganz langsame Fahrt voraus. Das Ruder habe mittschiffs gelegen. Dann kam der Schlepper voraus, berührte den Vorsteven mit seinem Bb.-Achterschiff und bewegte sich von der Stb. auf die Bb.-Seite. Dabei schwang er ca. 3-4 s vor dem Steven herum. Die Maschine wurde sofort gestoppt, um größere Schäden zu vermeiden. Um 20:27 Uhr fuhr die WILHELMINE an Bb.-Seite fort. Später wurde die Aufholleine vom Schlepper BUGSIER 14 übernommen und eine Schleppverbindung hergestellt.

Es gab keine Verletzten auf der PAVEL KORCHAGIN. An Bb.-Seite des Vorschiffes waren Schrammen zu sehen. Der Unfall sei auf die Unachtsamkeit des Schlepperkapitäns zurück zu führen, der nach guter Seemannschaft einen sicheren Abstand zum Schiff halten muss, damit die Aufholleine übernommen werden kann.

5 Untersuchung

Der zum Zeitpunkt des Unfalls und unter Aufsicht des Kapitäns am Ruder stehende Aspirant wurde seit einem Monat eingearbeitet, um später selbständig als Schlepperkapitän fahren zu können. Er war bei seinem vorherigen Arbeitgeber fünf Jahre im Fährdienst auf der Elbe und im Hamburger Hafen tätig und auch mit Doppelruderpropellerantrieben vertraut. Diese Erfahrungen waren für das Manövrieren mit Schleppern insbesondere beim An- und Ablegen und Manövrierverhalten sehr nützlich. Bis zum Unfalltag hatte der Aspirant 20 Schleppereinsätze unter Aufsicht durchgeführt. Auf dem Vorschlepper eines aufkommenden Seeschiffes war es sein zweiter Einsatz dieser Art.

Der Schlepper lag nach dem Unfall mit Stb.-Seite außen am Anleger Neumühlen fest. Während des Anlegemanövers sei der Bb.-Schottelantrieb wahrscheinlich bei einem Zurückmanöver durch eine ausgebrachte Leine festgekommen. Mehrere Reifenfender lagen auf dem Stb.-Achterdeck. In den Aufbauten war der Boden nass. Auf den Gängen lagen Schläuche und Pumpen. Im Maschinenraum und Unterwasserschiff waren keine Leckagen sichtbar (s. Abb. 6). Die Bb.-Verschanzung auf dem Hauptdeck achtern war eingedellt (s. Abb. 7). Das Schott 2,5 m vom vorderen Ballastwassertank war eingedrückt und die Rahmenspannten 18 und 21 verformt. Der Schlepper hatte vom GL-Besichtiger die Erlaubnis bekommen, zur Reparatur nach Rendsburg zu fahren. Die Maschinenanlagen waren funktionstüchtig. An der Ventilstation der Heizung war ein Flansch undicht. Von innen ist an der Außenhaut teilweise Farbe abgeplatzt. Durch den Stb.-Maschinenraumlüfter konnte Wasser eindringen.



Abbildung 6: Unterwasserschiff



Abbildung 7: Achterschiff Hauptdeck

5.1 Arbeitszeiten

Die Arbeitszeitnachweise der Schlepperbesatzung werden nach der Richtlinie 1999/95/EG des Europäischen Parlaments und des Rates sowie des Seemanngesetzes und der See-Arbeitszeitnachweisverordnung geführt. Danach müssen tägliche Ruhezeiten von 10 Std. und max. tägliche Arbeitszeiten von 14 Std. sowie max. wöchentliche Arbeitszeiten von 72 Std. eingehalten werden. Die Stammbesatzung besteht aus Kapitän, Deckskraft und Maschinisten. Normalerweise hat die Besatzung acht Tage von Donnerstag bis zum folgenden Donnerstag Dienst auf dem Schlepper und danach sechs Tage frei. Die Arbeitszeiten sind unregelmäßig rund um die Uhr verteilt und richten sich nach der Auftragslage. Bei der Prüfung der Arbeitszeitnachweise gab es keine wesentlichen Auffälligkeiten und Abweichungen von den zulässigen Arbeits- und Ruhezeiten.

5.2 Stromverhältnisse und Wasserstände

Die Stromverhältnisse werden von der Hamburg Port Authority Abteilung Strombau und Hydrologie mit Hilfe eines Modells dargestellt. Die Ergebnisse wurden mit den Naturmessdaten des Messgerätes bei Teufelsbrück verifiziert. Danach setzte der Strom am Unfallort mit 0,5 m/s westwärts bei ablaufendem Wasser, d.h. die PAVEL KORCHAGIN machte bei der Übernahme der Schlepperleine eine Fahrt durchs Wasser von 9,2 kn, wenn 8,2 kn Fahrt über Grund angesetzt werden (vgl. Abb. 5 Verkehrszentrale sowie Anhang).

5.3 Hydrodynamische Interaktion zwischen Vorschlepper und Seeschiff

Interaktionseffekte zwischen Schiffen treten auf², wenn diese einander im Überhol- oder Begegnungsvorgang passieren. Die dabei entstehenden Kräfte und deren Auswirkung auf die momentane Fahrdynamik der betroffenen Schiffe hängen von vielen Faktoren ab. Besonderen Einfluss haben u. a. der Passierabstand, die Geschwindigkeit, die Größe und Größenverhältnis der betroffenen Schiffe sowie die Fahrwassertiefe und -breite.

Bei Revierfahrt und Manövrieren von Seeschiffen mit Schlepperassistenz können solche Interaktionseffekte zwischen dem Seeschiff und einem Schlepper besonders ausgeprägt sein. Dies ergibt sich aus der Größendifferenz der beteiligten Schiffe, dem häufig nur sehr geringem Abstand zwischen den Schiffen sowie - insbesondere bezogen auf das Seeschiff - der hydrodynamischen Enge des Fahrwassers. Abweichend von üblichen Überhol- und Begegnungssituationen auf parallelen Kursen, ändert ein assistierender Schlepper seine zum Seeschiff relative Fahrt, Fahrtrichtung und Abstände laufend. Dabei befindet er sich im Einflussbereich des Potenzialfeldes des Seeschiffes, welches gerade um das Vorschiff besonders ausgeprägt ist. Die daraus resultierenden Interaktionseffekte sind im Fahrbetrieb für den Schiffsführer des Schleppers nicht unbedingt vorhersehbar und gegebenenfalls auch gefährlich. Wie gefährlich eine konkrete Lage zum Seeschiff für einen Schlepper sein kann, hängt u. a. von seiner Manövrierfähigkeit ab³. Welche Faktoren in welcher Konstellation für einen Schlepper, der im Rahmen seiner Assistenz vor einem fahrenden Seeschiff manövriert, besonders kritisch sind, müssten in Modellversuchen und unterschiedlichen Szenarien untersucht bzw. gemessen werden.

Inwieweit sich daraus allgemein gültige qualitative Aussagen und Fahrempfehlungen zur Problematik „Hydrodynamische Interaktion zwischen Vorschlepper und Seeschiff“ ableiten lassen, müsste in einem Forschungsvorhaben unter Mitwirkung von erfahrenen Schlepperkapitänen vorzugsweise in Schiffsbauversuchsanstalten untersucht werden. Die Messergebnisse der untersuchten Schiffe könnten dann in Schiffsführungssimulatoren eingearbeitet werden. Derzeitig können Schiffsführungssimulatoren wegen fehlender Datenbasis und Rechenmodelle diese Anforderung noch nicht leisten.

In der Fachliteratur finden sich nur generalisierte Aussagen über die Interaktion zwischen Vorschlepper und Seeschiff. Häufig wird der Bugstau effekt beschrieben. Im Buch Seemannschaft/Schiff und Manöver⁴ wird zur Vermeidung von kentergefährlichen Positionen im Bugstau empfohlen, die Geschwindigkeit im Bereich von 3-5 kn zu halten; ab 6 kn sei sie kritisch und eine Gefahrenwarnung an

² Kapitän Olaf Kammertöns, Fachbeitrag sowie Angebot mit Versuchen im Flachwasser-Schlepptank und Schiffsführungssimulator, DST Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transsportssysteme e.V. Duisburg

³ Der BSU liegen keine genauen Manöveraufzeichnungen zum Unfallzeitpunkt vor.

⁴ Seemannschaft Bd. 3/Hrsg.: U. Scharnow, 3. Auflage 1987, Transpress-Verlag Berlin

den Schlepper notwendig. Im Müller Krauss/Schiffrechtsrecht und Manövrieren⁵ wird eine Gefahr gesehen, wenn Seeschiff und Schlepper nahezu die gleiche Fahrt laufen, wobei selbst durch harte Ruderlagen eine Drehung des Schleppers auf das Seeschiff zu, nicht verhindert werden kann. E.C.B. Corlett beschreibt in seinem Artikel Interaction at Sea⁶ Situationen, die auf Vorschlepper zutreffen könnten und in den folgenden drei Grafiken dargestellt sind:⁷ In der Realität ist zu beachten, dass der Flachwassereffekt im Vergleich zu tiefem Wasser, die wirkenden Kräfte bis zum grob geschätzt Vier-Fünffachen erhöhen kann⁸. Die Größenverhältnisse der Schiffskonturen entsprechen etwa der Unfallsituation. Prinzipiell überholt der Vorschlepper das Seeschiff (s. Abb. 8). Der andere Weg, das sogenannte „Sackelassen“ aus vorderlichen Positionen, würde denselben Effekt verursachen. Dabei kehren sich die Kraft- und Momentenrichtung schlagartig um. Die Druckverhältnisse sind mit +/- angedeutet.

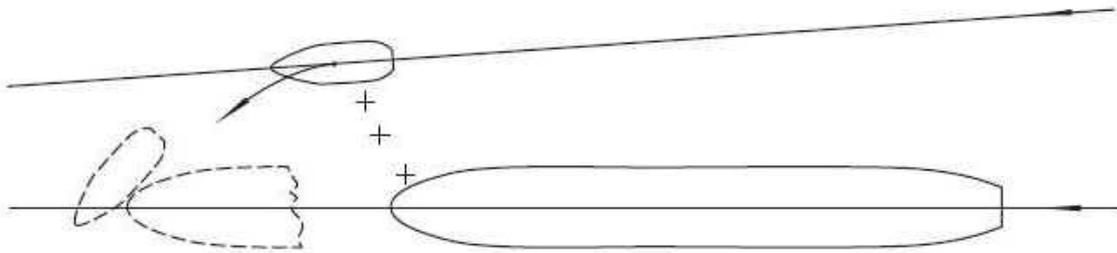


Abbildung 8: Überholsituation

In Abb. 9 ist der Winkel der Stromlinien auf den Schlepper und seine Kielhacke angedeutet. Möglicherweise sind es 15°, die der Schlepper gegenhalten muss, um parallel zu bleiben. Bei idealem Fahrtverlauf hätte die WILHELMINE den angegeben Pfahlzug von 30 t bei optimaler Stellung der Schottelpropeller zum Steuern zur Verfügung. Die Steuerkraft eines um den Winkel δ gegen die Fahrtrichtung geneigten Ruderpropellers ergibt sich zu

$$F_M = T \times \sin(\delta) + F_Q \cos(\delta) + F_{\text{Strut}}(\delta)$$

Dabei bedeutet T den momentanen Propellerschub als Funktion der Drehzahl und Anströmgeschwindigkeit, F_Q bedeutet die Propellerquerkraft, die bei Schräganströmung des Propellers entsteht und der Anströmrichtung entgegengesetzt ist. F_{Strut} bedeutet die Querkraft des Strutarms und ist vergleichbar mit der Ruderkraft eines gewöhnlichen Ruders. Damit die Steuerkraft der Ruderpropeller ermittelt werden kann, müssen die Kraftkomponenten bestimmt und

⁵ Handbuch für die Schiffsführung Bd. 2/Hrsg.: W. Helmers, F.v. Dieken, R. Amersdorffer, 9. Auflage 1988, Springer-Verlag Berlin

⁶ Journal of Navigation Bd. 32, Nr.2 1979

⁷ Grafiken überarbeitet und der Unfallsituation angepasst BSH, Abteilung Graphische Technik

⁸ Im flachen Wasser kann das Seeschiff größtenteils nur seitlich umströmt werden und das verdrängte Wasser nur gering unterhalb des Schiffes entweichen.

richtig überlagert werden, weil bei bestimmten Manövrierzuständen manche Kräfte entgegen wirken können und die Steuerkraft erheblich sinkt.⁹

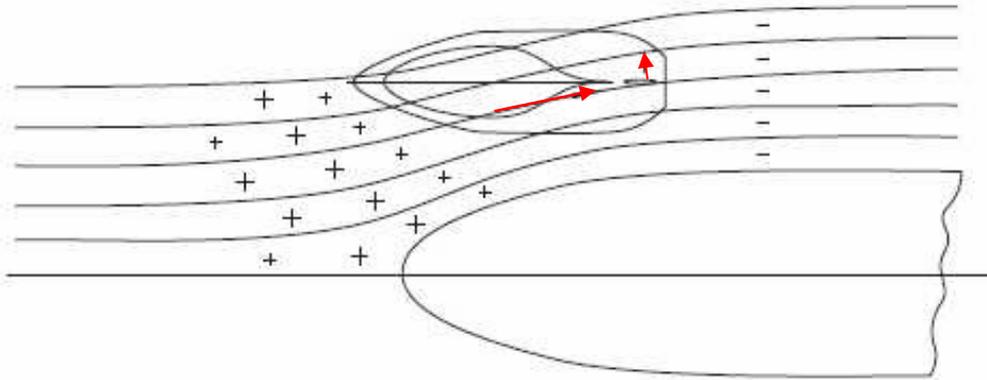


Abbildung 9: Bugstau

Zur Übernahme der Aufholleine an Stb.-Seite der PAVEL KORCHAGIN musste der Schlepper WILHELMINE dicht an das Vorschiff und den Bug heranfahren. Kurz vor dem Querschlagen um 20:25:29 Uhr betrug die Geschwindigkeit über Grund 8,2 kn. Bei gegenläufigem Strom von 1 kn machten beide Fahrzeuge 9,2 kn Fahrt durchs Wasser. Diese Geschwindigkeit ist zur Bemessung der hydrodynamischen Längs- und Querkräfte sowie der Giermomente entscheidend. Bei einer Höchstgeschwindigkeit von 11,0 kn hatte die WILHELMINE nur noch wenig Kraftreserven, um Abstand zu halten (s. Abb. 10a-10c). Während dieses Manövers kann das Heck des Schleppers auf der Höhe der Bugwasserlinie des Seeschiffes unerwartet nach Stb. schwingen (s. Abb. 10d), wenn keine ausreichenden Rudermomente entgegen wirken. Die Folge war, dass die WILHELMINE nach einem „Voll-Voraus“-Manöver quer zum Bug der PAVEL KORCHAGIN schlug. Im Zweifelsfall sollte ein solches Manöver abgebrochen werden, zumal die Geschwindigkeit bei der Leinenübernahme relativ hoch war und der physikalische Effekt vor Ort nicht bemessen werden kann. Die wirkenden Kräfte und Momente können allein durch reduzierte Fahrt vermindert werden

⁹ Vgl. Handbuch Schiffsbetriebstechnik 1. Auflage 2006, Seehafen Verlag

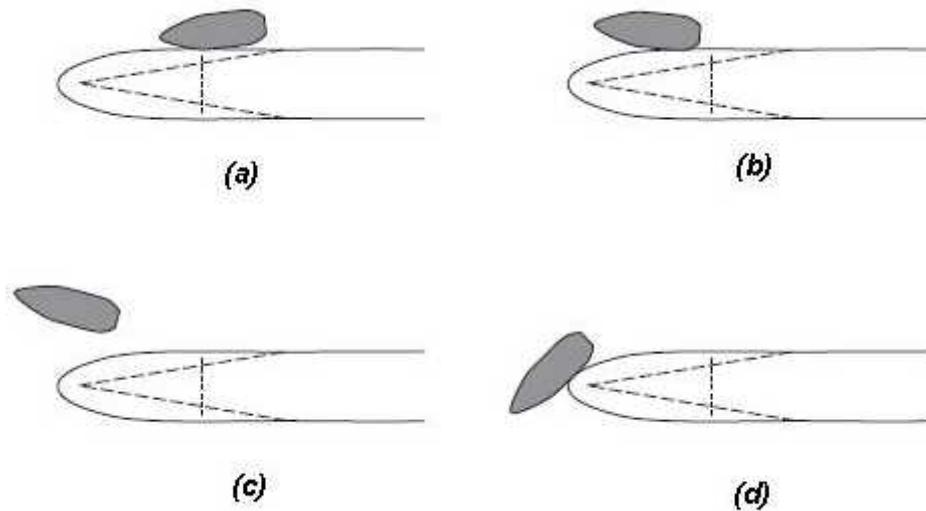


Abbildung 10: Unfallverlauf

5.4 Mitfahrt WILHELMINE

Am 26. November 2008 um 11.00 Uhr legte die WILHELMINE mit drei Besatzungsmitgliedern bei auflaufendem Strom von Neumühlen ab und fuhr dem Massengutfrachter EEC ATLANTIC entgegen. Der Einsatz wurde über die ARGE Hamburger Hafenschlepper koordiniert. Auf einem Handzettel wurde der Auftrag notiert und dem Schlepperkapitän übergeben. Die WILHELMINE sollte als Vorschlepper von Blankenese bis zum Liegeplatz Amsterdamer Kai im Dradenauhafen assistieren.

Der Kapitän fuhr nach Sicht, querte das Fahrwasser vor Blankenese und drehte von achtern kommend an Stb.-Seite des Vorschiffes heran. Beim Versuch, die Wurfleine des Seeschiffs zu fangen, musste der Schlepper zwangsläufig im Bugstaubereich operieren. Beim ersten Versuch fiel die Wurfleine ins Wasser (s. Abb. 11). Bei 8 kn Fahrt über Grund gelang es schließlich vor dem Bug die Wurfleine einzufangen und den Aufholer zu befestigen. Als der Aufholer durch die Mittelklüse auf der Back des Seeschiffs belegt war, konnte der Schlepperdraht angeschlagen werden. Dafür wurde die Winsch vom Maschinisten Achterkante Brücke bedient. Beim Tightholen stellte der Decksman fest, dass der Schäkkel am Vorläufer lose sei. Der Schleppdraht musste aufgefiert werden, damit der Bolzen mit einem Schäkelschlüssel festgezogen werden konnte. Danach wurden ca. 40 m Leine ausgehievt. Der Vorgang dauerte ca. 5 min.



Abbildung 11: Übernahme Wurfleine

Die Fahrt in den Dradenauhafen erfolgte problemlos. Dabei musste der Schlepperkapitän rückwärts zu seiner Fahrtrichtung ständig Schleppleine und Lage des Seeschiffs im Blick haben. Er orientierte sich allein nach Sicht. Vor der Kurve zum Liegeplatz am Amsterdamer Kai gab es die ersten Lotsenkommandos zum Antauen (z.B. „4 Strich nach Bb.“). Als das Seeschiff parallel zum Kai lag, taute die WILHELMINE nach vorne mehrmals an, um den Abstand zur Pier zu verringern. Eine Wurfleine des Seeschiffs wurde nun an Land geworfen, damit die Festmacher die 1. Vorleine annehmen konnten. Die Position des Seeschiffs wurde mehrmals mit An- und Abtaumanövern korrigiert, damit der Bug an Platz Nr. 10 in Position kam. Danach wurde die 2. Vorleine ausgesteckt, die sich am Poller verhakte. Sie wurde mit Hilfe eines Lastkraftwagens und einer Winde an Land gezogen. Erst als die 2. Vorleine klariert und tight geholt und die Vorspring fest war, wurde der Schlepper vom Lotsen entlassen. Die Schleppverbindung wurde durch langsames Fieren der Schleppleine auf dem Seeschiff gelöst und letztlich mit der Schlepperwisch eingeholt. Danach fuhr die WILHELMINE zurück zu ihrem Liegeplatz nach Neumühlen, wo sie um 13:15 Uhr ankam.

Die Kommunikation und Arbeitsweise zwischen Lotsen und Schlepperkapitän ist in einem Merkblatt geregelt¹⁰. Während dieses Einsatzes erfolgten die für den Schleppereinsatz gebotenen Lotsenkommandos. Der gefährlichste Moment sei die Übernahme der Schleppleine. Hier kommt der Schlepper zwangsläufig in den Bugstau des Seeschiffs. Da die Geschwindigkeit durchs Wasser entscheidend für die hydrodynamische Interaktion zwischen Schlepper und Seeschiff ist, muss der Schlepperkapitän selbständig beim Lotsen intervenieren, falls ihm die Geschwindigkeit zu hoch erscheint.

Der Schlepperkapitän orientiert sich im Wesentlichen nach Sicht. Bei Nebel sei die Arbeit problematisch. Die Brückenausrüstung besteht aus einem Echolot, zwei Radarbildschirmen, die mit einer Antenne verbunden und nach vorn und hinten ausgerichtet sind, einem GPS-Empfänger und einem GPS-Steuerkurstransmitter für den stabilisierten Radarbetrieb sowie eine UKW-Sprechfunkanlage, die mit einem separaten Mikrofon und einem Fußschalter bedient werden muss. Die Fahrt durchs Wasser kann nicht gemessen und muss mit Hilfe des Tidenkalenders und Fahrt über Grund errechnet oder anhand von Festpunkten abgeschätzt werden. Der Steuerkurs ist vom Fahrstand aus am Magnetkompass und an den Radarbildschirmen ablesbar. Nach Hinten sind nur die Sensordaten am 2. Radar verfügbar, ohne sich Umdrehen zu müssen. Die Radaranlage zeigt u.a. die Sensordaten vom GPS-Empfänger und GPS-Steuerkurstransmitter an. Der Kurs muss ständig mit den beiden Handrädern zum Steuern der Schottelantriebe korrigiert werden. Eine Selbststeueranlage ist nicht installiert und ein Tandembetrieb sei nicht möglich. Während der Schlepperassistenz befindet sich die gesamte Besatzung auf der Brücke und alle Türen sind verriegelt.

¹⁰ Merkblatt für Hafenlotsen und Kapitäne der Assistenzschlepper in Hamburg. Herausgegeben von den Hamburger Hafenlotsen und Vertretern der Schlepperreedereien im August 1957 und zuletzt überarbeitet am 4. August 2005. Das Merkblatt enthält Hinweise und Empfehlungen über Arbeitsvorgänge zwischen Seeschiff und Schlepper. Es soll auf Gefahrenmomente aufmerksam machen, jedoch nicht als verpflichtende Vorschrift angesehen werden, da Arbeitsvorgänge auf den Schleppern stets differieren.

Die Ausbildung der Schlepperkapitäne im Hamburger Hafen erfolgt nach Reedereivorgaben und der örtlichen Seeschiffsassistenzverordnung (SeeSchAV). Voraussetzung ist ein Befähigungszeugnis zum Führen eines Seeschiffs, wenn der Schlepper als Seeschiff zugelassen ist. Der angehende Schlepperkapitän fährt zunächst als Aspirant bei einem erfahrenen Schlepperkapitän die Einsätze auf der Brücke, Deck und Maschine mit und wird in seine Aufgabe eingearbeitet. Sobald er sich sicher fühlt und verschiedene Situationen erlebt hat sowie nach mindestens dreimonatiger Erfahrungszeit und abgelegter Prüfung vor einem Prüfungsausschuss der zuständigen Behörde, darf er den Schlepper eigenverantwortlich führen. Die nur in Hamburg als größtem deutschen Seehafen geltende SeeSchAV berücksichtigt die Vielfalt spezieller Rechtsvorschriften, der Verkehrswege und ihrer Kennzeichnung sowie die Wasserstände und Durchfahrtshöhen der zu passierenden Brücken und Sperrwerke. Durch den Nachweis der dreimonatigen Erfahrungszeit im praktischen Teil soll der Sicherheitsstandard zusätzlich erhöht werden. Der Steuermann war am Unfalltag als Aspirant auf der Brücke eingesetzt und ist mittlerweile zum Kapitän befördert worden. Er ist seit März 2008 bei der Reederei beschäftigt und führte auf dieser Reise den Schlepper.

Nach Meinung der Reedereiinspektion gibt es keine geeigneten Simulatoren, an denen Schlepperkapitäne realitätsnah ausgebildet werden können. Jeder Schleppauftrag sei einzigartig. Die Vielfalt der Seeschiffe, Naturverhältnisse und Interaktionen zwischen Seeschiff und Schlepper ist sehr groß. Ebenso unterschiedlich sind die Faktoren bei den verschiedenen Schleppertypen. Die sogenannten Traktorschlepper (WILHELMINE) sind mit Ruderpropellern oder Voith-Schneider Antrieben ausgerüstet. Die Rumpfform des Schleppers und die Größe der Kielhacke sowie die Ansprechzeit der Hauptmotoren auf Leistungsänderungen sind unterschiedlich. Im Gegensatz zu den überwiegend in Hamburg eingesetzten Traktorschleppern, kommen zunehmend ASD (Azimuth Stern Drive) Schlepper und Rotorschlepper (Traktorschlepper mit einem dritten Ruderpropeller anstelle der Kielhacke) zum Einsatz. Diese Schlepper haben ebenfalls andere Manövriereigenschaften. Unabhängig von den zahlreichen Variationen, wirken sich zusätzlich Geschwindigkeit und Nähe zum Seeschiff aus. Dies gilt sowohl für Schlepper mit 30, 50 oder 80 t Pfahlzug, d.h., stärkere Schlepper unterliegen den hydrodynamischen Einflüssen genauso. Die Reedereiinspektion hält es für nicht vorstellbar, dass Ergebnisse aus Forschungsprojekten, eine für die tägliche Praxis sinnvolle Anwendung für Schlepperkapitäne ergeben kann. Die Kommandos werden vom Lotsen vorgegeben, während die Durchführung beim Schlepperkapitän liegt. Dabei sind hauptsächlich die kognitiven Fähigkeiten der Besatzungen wichtig.

6 Analyse

Im Laufe der Untersuchung und auf der Fahrt mit dem Schlepper WILHELMINE stellte die BSU fest, dass Schlepperkapitäne die hohen Geschwindigkeiten bei der Übernahme von Schleppleinern beklagen und ihre Schlepper dabei in kritische Situationen geraten¹¹. Im vorliegenden Seeunfall betrug die Geschwindigkeit durchs Wasser 9,2 kn¹². Diese Geschwindigkeit erscheint sehr hoch, weil sich Kräfte und Momente im flachen Wasser um das Vier- bis Fünffache im Vergleich zu tiefem Wasser erhöhen können. In den Empfehlungen des Merkblatts für Hafenlotsen und Kapitäne der Assistenzschlepper wird einerseits geringst mögliche Fahrt beim Herstellen der Leinenverbindung empfohlen, andererseits während der Schlepperassistenz, also in diesem Fall nach dem Aufbauen der Schleppverbindung, eine maximale Geschwindigkeit von 8 kn durchs Wasser¹³, jedoch ohne weiter zu differenzieren. Ob im konkreten Fall ein Manövrierfehler vorlag, die Geschwindigkeit zu hoch war oder der Pfahlzug von 30 t des Schleppers in umgesetzter Steuerkraft nicht ausreichte, um ausreichend Abstand vom Vorschiff der PAVEL KORCHAGIN während der Übernahme der Aufholleine zu halten, konnte nicht geklärt werden. Manövrieraufzeichnungen lagen der BSU nicht vor.

Zur Klärung der Unfallursache sind umfangreiche hydrodynamische Untersuchungen vorzugsweise in Schiffbauversuchsanstalten und Flachwasser erforderlich. Dafür müssten die Schiffe modelliert und realistische Szenarien mit erfahrenen Schlepperkapitänen entwickelt werden. Bei vorgegebenen Tiefgängen und Wassertiefen sowie Modellierung des Fahrwassers (Hamburger Hafen) könnte in mehreren Versuchsläufen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten sowie zueinander unterschiedlichen, relativen Bahnen und Abständen im Versuchsbecken „geschleppt“ und die Koeffizienten der situationsbezogenen Fahrdynamik ermittelt werden. Die Messdaten könnten dann in einen Schiffsführungssimulator einprogrammiert werden. Die Berechnung der Interaktionseffekte würde dann über das Interpolationsprinzip erfolgen. Dabei könnten kritische Situationen simuliert und Grenzbereiche im interaktiven Betrieb zwischen Seeschiff und Schlepper definiert werden.

Die Kombination aus Modellversuchen und von Schlepperkapitänen durchgeführten Fahrten am Simulator lassen erwarten, dass Manöver hinsichtlich deren Gefahrenpotenzials „hydrodynamische Interaktion“ quantitativ und qualitativ beurteilt

¹¹ Beschwerden über zu hohe Geschwindigkeiten bei der Herstellung von Schleppverbindungen liegen der Hamburg Port Authority nicht vor.

¹² Die Genauigkeit der gemessenen Geschwindigkeiten wird von der Hafenlotsenbrüderschaft Hamburg bezweifelt, weil die angezeigten Geschwindigkeiten sprunghaft seien. Nach den neuesten Leistungsanforderungen für Fahrtmessanlagen in Verbindung mit den Leistungsanforderungen von GPS-Empfängern sollen 2 % der Schiffsgeschwindigkeit oder 0,2 kn, nicht überschritten werden. Vorher waren 5 % bzw. 0,5 kn Toleranz erlaubt und die angezeigte GPS-Geschwindigkeit war nicht Gegenstand der Baumusterprüfung.

¹³ Auf Wunsch der Hamburger Hafenlotsen wurde in der Überarbeitung des Merkblatts vom 25.07.2002 die Fahrt durchs Wasser von 6 auf 8 kn erhöht, um den Minimalgeschwindigkeiten der Großcontainerschiffe bei „Voraus Ganz Langsam“ und den stärkeren Schlepperneubauten nach Herstellung der Schleppverbindung zu entsprechen. Es soll aber eine angemessene Geschwindigkeit eingehalten werden, damit stets ausreichend Kraftreserven für die Schlepper zur Verfügung stehen.

werden können. Daraus ließen sich voraussichtlich Empfehlungen für Schleppmanöver ableiten. Diese würden zunächst für den modellierten Schlepper und das modellierte Seeschiff in den untersuchten Konstellationen und Szenarien gelten. Inwieweit sich daraus Empfehlungen für andere Kombinationen ableiten lassen, kann erst am Ende der o.g. Untersuchungen beschrieben werden. Bevor die praktische Ausbildung am Seeschiff beginnt, könnten Szenarien am Schiffsführungssimulator trainiert werden und helfen, die Ausbildung von Schlepperkapitänen zu verbessern und Unfallrisiken zu minimieren.¹⁴

Die Londoner Hafenbehörde (Port of London Authority) hat in ihrer Verfahrensweisung „Code of Practice for Ship Towing Operations on the Thames“ in den Abschnitten 5.1 und 6.2 empfohlen, die Geschwindigkeit soweit zu reduzieren, dass ein sicheres Rendezvous-Manöver und eine sichere Herstellung der Schleppverbindung gewährleistet ist. Die Geschwindigkeit durchs Wasser liegt bei etwa 4 kn¹⁵ und soll im Voraus zwischen Seeschiff und Schlepper abgestimmt werden. Bei dieser Geschwindigkeit seien auch ausreichende Kraftreserven für die assistierenden Schlepper verfügbar, falls sie das Manöver abbrechen müssen.

¹⁴ Nach Auffassung der Hamburg Port Authority zielen diese Aussagen darauf ab, entgegen der heutigen Praxis eine Minimalgeschwindigkeit bei der Herstellung der Leinenverbindung zu definieren. Solche Vorgaben, die die sichere Manövrierfähigkeit der Seeschiffsassistenzschlepper erheblich beeinträchtigen können und damit Menschen, Umwelt und die Sicherheit und Leichtigkeit des Schiffsverkehrs im Hamburger Hafen gefährden, seien nicht zielführend. Die in jedem Einzelfall zu berücksichtigenden Faktoren sind abhängig vom Schiffstyp, der Größe des Schiffes, dem Tiefgang, dem Trimm, dem Antrieb, dem betroffenen Hafenbereich, der Unterwassermorphologie, den Tiden- und Windverhältnissen und dem Antrieb, der Bauart sowie der Stärke des Schleppers. Der Versuch, eventuell allgemeingültige Aussagen zu erarbeiten, würde gegenüber der heutigen Situation, dass das Herstellen der Leinenverbindung nur bei geringstmöglicher Fahrt erfolgen soll, zu keiner Erhöhung der Sicherheit führen. Im Gegenteil wäre zu befürchten, dass die Benennung einer aus Versuchen gemittelten Geschwindigkeit dazu führen würde, dass zukünftig nicht mehr mit der geringstmöglichen sondern mit der eventuell höher liegenden ermittelten Fahrstufe das Herstellen der Schleppverbindung erfolgt.

Entsprechende Versuche gemäß den heutigen technischen Möglichkeiten der Simulationstechnik liegen im Grenzbereich. Heutige Simulatoren gehen üblicherweise von einer parametrischen Abbildung der Wirklichkeit aus. Das bedeutet, dass keine vollständige numerische Berechnung aller Kräfte durchgeführt wird sondern der Einfluss bestimmter Parameter auf die dominanten Kräfte vorab erfasst und gemittelt wird. So kann in der eigentlichen Simulation vereinfacht und für die Simulation in Echtzeit hinlänglich schnell auf die benötigten Parameter zugegriffen werden.

Für die üblichen Anwendungsfälle der Simulation funktioniert ein solcher Ansatz ausreichend genau. Mit ihm können Manöver realitätsnah nachgestellt werden, um Besatzungsmitglieder zu schulen oder die Befahrbarkeit von Gewässern zu untersuchen. Auftretende Wechselwirkungen zwischen eigenständig fahrenden Schiffen im deutlichen Nahbereich wie beim Seeschiff und dem Seeschiffsassistenzschlepper beim Herstellen der Leinenverbindung in einem tiefenmäßig allseitig begrenzten Fahrwasser mit bisweilen nur geringer Unterkielfreiheit in einer durch Bebauung oder Liegeplatznutzung sehr verwirbelten oder fokussierten Luftströmung sind mit der derzeitigen Simulatortechnik nur sehr eingeschränkt abzubilden. Für aussagekräftige Untersuchungen der Interaktion von Schiffen im Hafen im Nahbereich reicht die Simulationstechnologie bei weitem noch nicht aus. Auf absehbare Zeit wird der Einsatz von Simulatoren auf parametrisierbare Standardsituationen beschränkt bleiben. Durch die Kombination aus Modellversuchen und von Schlepperkapitänen durchgeführten Fahrten am Simulator können nach Auffassung der Hamburg Port Authority Gefahrenpotentiale hydrodynamischer Interaktion beim Herstellen einer Schleppverbindung quantitativ und qualitativ belastbar nicht allgemeingültig beurteilt werden.

¹⁵ Nach Aussage der Port of London Authority beruht die Geschwindigkeit auf gemeinsame Erfahrungen der Lotsen und Schlepperkapitäne über viele Jahre und den speziellen Verhältnissen auf der Themse sowie verschiedene weltweite Richtlinien.

Eine Einzelfalluntersuchung der BSU, wie zu dem hier vorliegenden Unfall, ist in diesem Sinne wenig aussagekräftig. Vielmehr bedarf es eines breit angelegten Forschungsvorhabens, um hydrodynamische Interaktionen zwischen Vorschlepper und Seeschiff untersuchen zu lassen. Dabei ist der BSU Größe und Aufwand bewusst sowie auch, dass es kaum möglich sein wird, ein derartiges Vorhaben alleine zu projektieren. Möglicherweise können jedoch auch für andere Reviere auf einer solchen wissenschaftlichen Grundlage Empfehlungen entwickelt und Simulationstechnologien verbessert werden. Während der Untersuchung wurde die BSU auf MARTEC (Maritime Technologies) hingewiesen:

Im Bereich der maritimen Technologien haben sich europäische Ministerien und Forschungsmanagementeinrichtungen im Netzwerk (ERA-NET) MARTEC zusammengeschlossen. Deutscher Projektpartner ist das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, das den Projektträger im Forschungszentrum Jülich mit der Koordinierung beauftragt hat.

Die Projektförderung in MARTEC soll die Vorteile einer europäischen Partnerschaft mit der Nutzung nationaler Fördermodalitäten verbinden. Der zweite Aufruf dieses Netzwerkes ist für den Zeitraum 01.04. – 29.05.2009 offen. Projektbeschreibungen (MARTEC_Full_Proposal_Form_2009.doc) können in dieser Zeit über www.martec-era.net/opencall eingereicht werden. Die Konsortien sollten aus mindestens zwei Industriepartnern bestehen, die in unterschiedlichen europäischen Ländern ansässig sind. An den Verbundprojekten sollten weniger als zehn Partner beteiligt sein. Gefördert werden acht Schwerpunktthemen, die sich am nationalen Programm „Schifffahrt und Meerestechnik für das 21. Jahrhundert“ orientieren. Darunter fallen auch die Themen Schiff und Hafenoperationen, die u.a. Schiffsverkehrsdienste (VTS) und Manövrieren beinhalten.

Weitere Informationen können auf der MARTEC Pilot Call Seite <http://www.martec-era.net/opencall/> abgerufen werden.

7 Sicherheitsempfehlungen

Die folgenden Sicherheitsempfehlungen stellen weder nach Art, Anzahl noch Reihenfolge eine Vermutung hinsichtlich Schuld oder Haftung dar.

7.1 Sicherheitspartnerschaft

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt den Hamburger Hafenlotsen und Vertretern der Schlepperfirmen, als Verfasser der Verfahrensanweisung „Merkblatt für Hafenlotsen und Kapitäne der Assistenzschlepper in Hamburg“, diese gemeinsam mit der Hamburg Port Authority zu überarbeiten, das Risikomanagement zu verbessern und Geschwindigkeiten bei der Assistenz von Schleppern, im Rahmen eines Forschungsprojektes zur Untersuchung der hydrodynamischen Interaktionen zwischen Seeschiff und Vorschlepper, durch geeignete wissenschaftliche Institutionen evaluieren sowie geeignete Szenarien, insbesondere bei der Herstellung von Schleppverbindungen, für die Ausbildung von Schlepperkapitänen am Schiffsführungssimulator entwickeln zulassen.

7.2 Schlepperkapitäne und Hafenlotsen

Die Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung empfiehlt Kapitänen von Seeschiffsassistenzschleppern und Hafenlotsen Leinenverbindungen nur bei geringstmöglicher Fahrt herzustellen und die Kommunikation zu intensivieren wann, wo und bei welcher Geschwindigkeit die Schleppverbindung hergestellt werden soll.

8 Quellenangaben

- Ermittlungen Wasserschutzpolizei Hamburg (WSPK2)
- Mitfahrt der BSU beim Schleppereinsatz WILHELMINE
- Schriftliche Erklärungen/Stellungnahmen
 - Schiffsführungen
 - Reedereien
 - Klassifikationsgesellschaft Germanischer Lloyd
- Zeugenaussagen
 - Schlepperkapitän
 - Schlepperaspirant
 - Hilfskraft Deck Schlepper
 - Kapitän Seeschiff
 - 3. Offizier Back
- Gutachten/Fachbeitrag
 - Hamburg Port Authority Abteilung Strombau und Hydrologie, Michael Berendt
 - DST Entwicklungszentrum für Schiffstechnik und Transsportssysteme e.V. Duisburg, Kapitän Olaf Kammertöns
 - Seemannschaft Bd. 3/Hrsg.: U. Scharnow, 3. Auflage 1987, Transpress-Verlag Berlin
 - Handbuch für die Schiffsführung Bd. 2/Hrsg.: W. Helmers, F. v. Dieken, R. Amersdorffer, 9. Auflage 1988, Springer-Verlag Berlin
 - Handbuch Schiffsbetriebstechnik 1. Auflage 2006, Seehafen Verlag
 - E.C.B. Corlett, Journal of Navigation Bd. 32, Nr.2 1979
 - Merkblatt für Hafenslotsen und Kapitäne der Assistenzschlepper in Hamburg, Fortführungsstand 4. August 2008
 - Code of Practice for Ship Towing Operations on the Thames 2005, Port of London Authority
 - Report on the investigation of the loss of the tug Flying Phantom while towing Red Jasmine on the River Clyde on 19 December 2007 resulting in 3 fatalities and 1 injury, Marine Accident Investigation Branch (MAIB Nr. 17/2008)
 - MARTEC (Maritime Technologies) – Aufruf zur Einreichung von Projektvorschlägen, Projektträger Forschungszentrum Jülich, Dr. Ralf Fiedler
- Seekarten und Schiffsdaten Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)
- Radaraufzeichnungen
 - Nautische Zentrale Hamburg
- Fotos
 - Reederei Petersen & Alpers, Hamburg
 - Schiffsfotos Hasenpusch, Schenefeld

9 Anhang

Strömungsgeschwindigkeit der Elbe am 04.04.08 20:25, Höhe Toller Ort

Zur Festlegung der Strömungsgeschwindigkeit am 04.04.08 um 20:25 auf der Höhe Toller Ort werden die Strömungen aus dem Strömungsatlas der Bundesanstalt für Wasserbau aus dem Jahr 2000 sowie eine aktuelle Messung der Strömungsgeschwindigkeiten bei Teufelsbrück herangezogen. Zunächst wurde das Modell mit den Naturmessungen verglichen, um eine Abschätzung der aktuellen Vergleichbarkeit zu bekommen. Als hydrologische Randbedingungen für die Variantenauswahl der Modellrechnung sind folgende Werte vom 04.04.08 bewertet worden. Oberwasserabfluss 1172 m³/s, Tidehochwasser mit 2.06 m NN und Tideniedrigwasser mit -1.63 m NN. Die mittleren Verhältnisse für das Oberwasser sind 700 m³/s, das mittlere Tidehochwasser 2.26 NN und das mittlere Tideniedrigwasser -1.44 m NN. Die Abweichungen zwischen den hydrologischen Randbedingungen am 04.04.08 und den mittleren Tideverhältnissen sind dergestalt, dass ein höheres Oberwasser (+ 500 m³/s) und eine um ca. 0.2 m verminderte Tide herrschten. Auf Grund dieser Randwerte wurde die Modellvariante mit mittleren Oberwasser und einer mittleren Tide gewählt.

In **Abbildung 1** ist der örtliche Zusammenhang zwischen Toller Ort und Teufelsbrück sowie die Strömungsgeschwindigkeit aus der Modellrechnung für den betrachteten Bereich dargestellt. Aus der Strömungsdarstellung geht hervor, dass für den betrachteten Tidezeitpunkt, ca. 2 Stunden vor Tideniedrigwasser die Strömungen sich an den beiden Orten grundsätzlich ähneln.

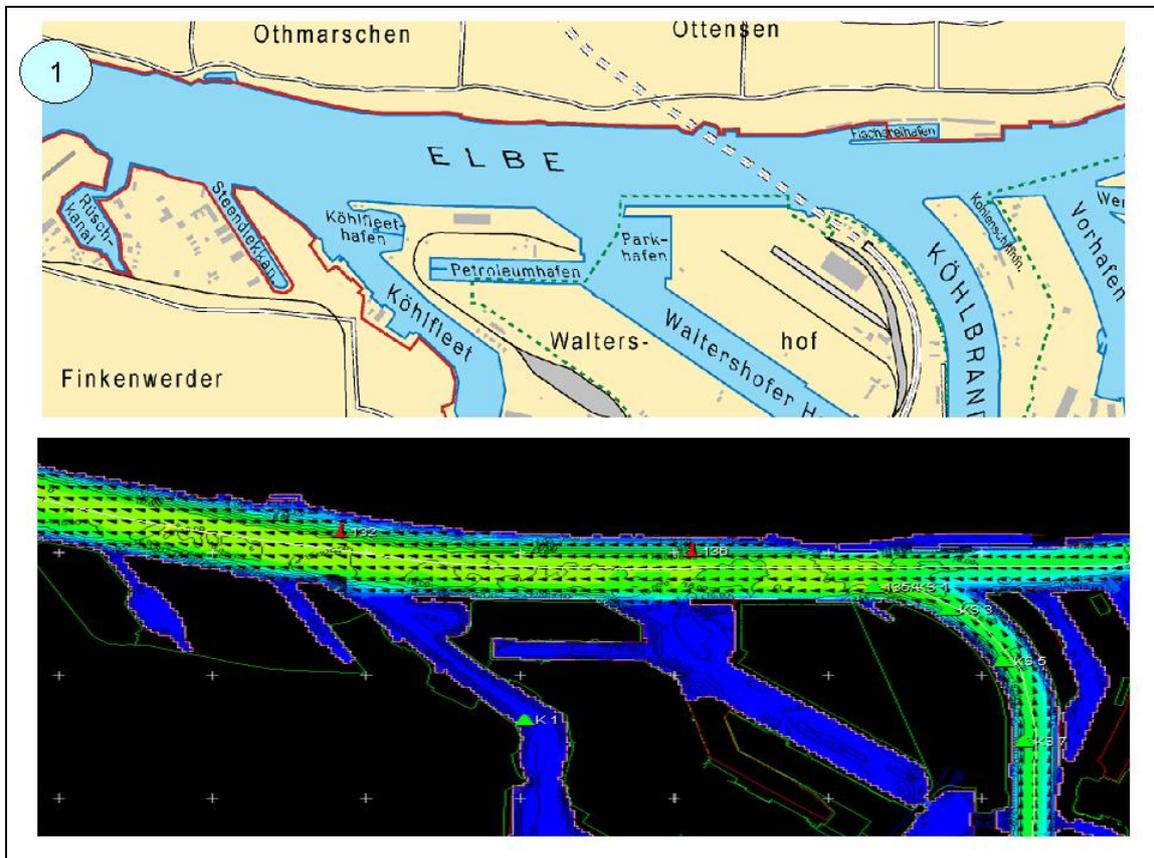
In **Abbildung 2** sind der Wasserstand und die Strömungsgeschwindigkeit der Strömungsmessanlage Teufelsbrück für den 04.04.08 aufgetragen, der Zeitpunkt 20:25 ist extra herausgehoben. Die herrschende Strömungsgeschwindigkeit betragen 0.76 m/s in westliche Richtung (Ebbestrom). Das Tideniedrigwasser trat um 22:25, also 2 Stunden nach dem betrachteten Zeitpunkt ein.

In **Abbildung 3** ist die Übertragung der Tidezeiten vom 04.04.08 auf das Modell anhand des Wasserstandes dargestellt. 2 Stunden vor dem Tideniedrigwasser entspricht einer Modellzeit von 07:25.

In **Abbildung 4** sind für die Messstelle Teufelsbrück für den Zeitpunkt 2 Stunden vor Tideniedrigwasser die Strömungsgeschwindigkeit und der Wasserstand aufgetragen. Wie ein Vergleich der gemessenen Strömungen und des Modellergebnisses zeigt, decken sich die Verhältnisse sehr gut, so dass die Modellergebnisse in guter Näherung für die Strömungsgeschwindigkeit angesetzt werden können.

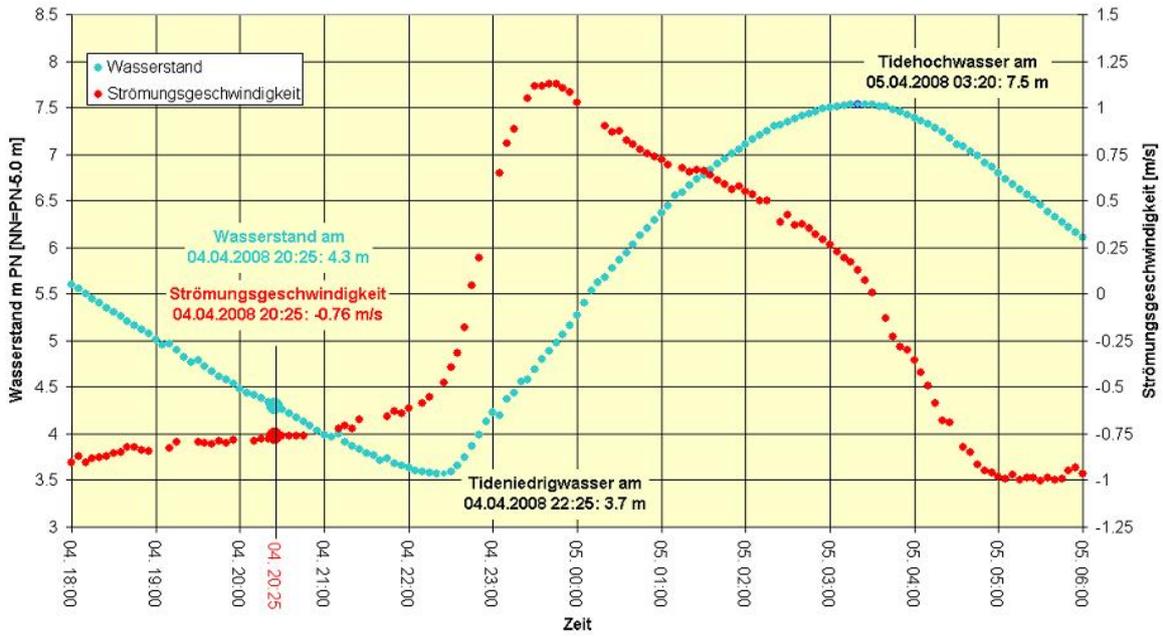
In **Abbildung 5** ist nun für den Zeitpunkt 2 Stunden vor Tideniedrigwasser die Strömung aus dem Strömungsatlas am Toller Ort dargestellt, die zum betrachteten Zeitpunkt 0.49 m/s beträgt und in westl. Richtung strömt. Dies ist eine über den Gewässerquerschnitt gemittelte Strömungsgeschwindigkeit. In **Abbildung 6** ist diese Geschwindigkeit noch einmal in der Fläche dargestellt, aus der hervorgeht, dass die Geschwindigkeit von der Mitte des Gewässers zum Rand hin abnimmt.

HPA, Strömungen Toller Ort 04.04.08



2

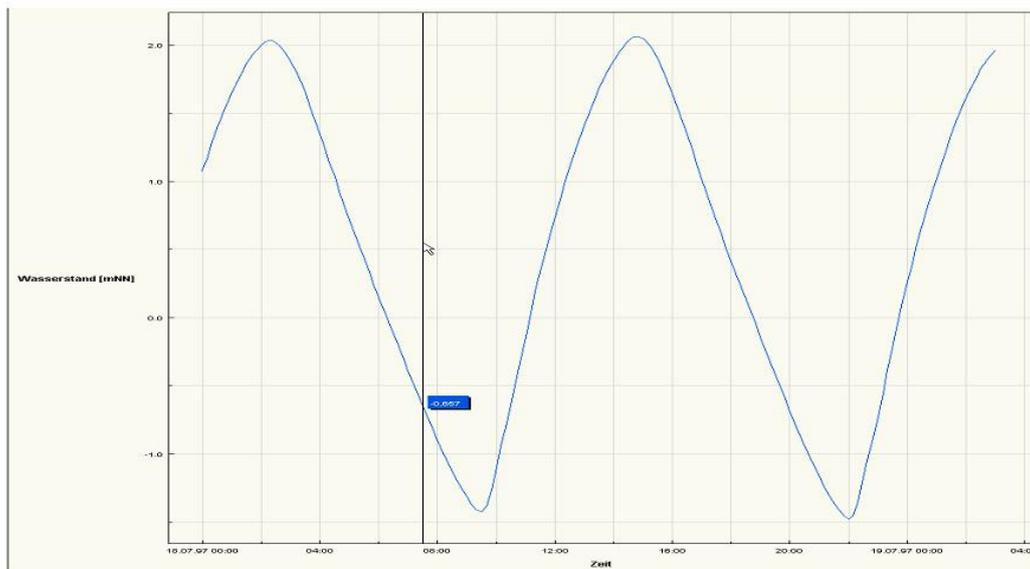
Strömungsgeschwindigkeit an der Messstation Teufelsbrück vom 04.04.08 auf den 05.04.08



HPA, Strömungen Toller Ort 04.04.08

3

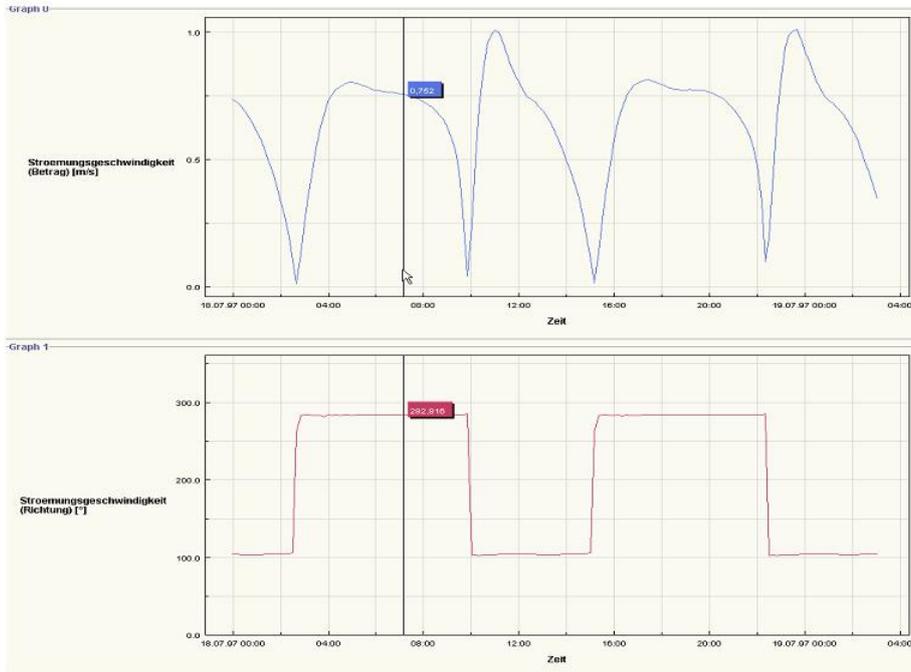
Wasserstand Teufelsbrück, 2 Stunden vor Tideneidrigwasser



HPA, Strömungen Toller Ort 04.04.08

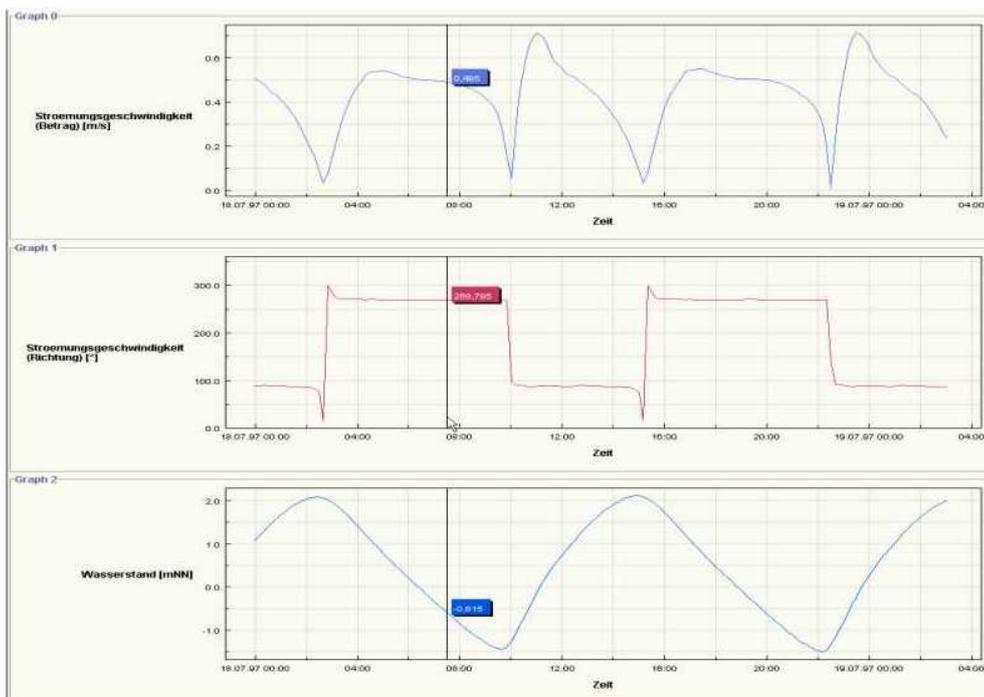
4

Modellergebnis Strömungsgeschwindigkeit und -richtung Teufelsbrück
 2 Stunden vor Tideniedrigwasser



5

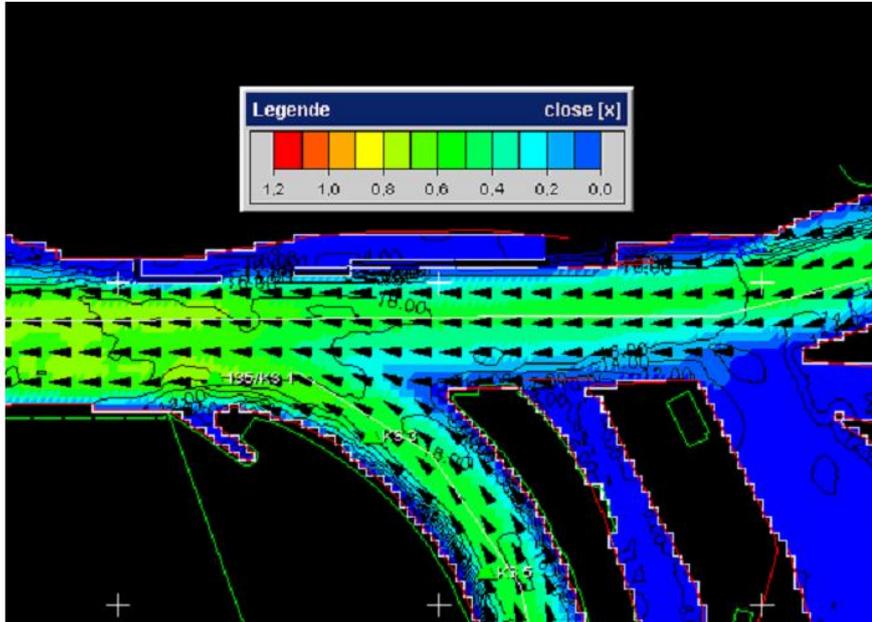
Modellergebnis Strömungsgeschwindigkeit und -richtung Toller Ort
 2 Stunden vor Tideniedrigwasser (gemittelt über Querschnittsfläche)



HPA, Strömungen Toller Ort 04.04.08

6

Modellergebnis Strömungsgeschwindigkeit und -richtung Toller Ort
2 Stunden vor Tideniedrigwasser (gemittelt über die Gewässertiefe)



HPA, Strömungen Toller Ort 04.04.08