

Entscheidungshilfen für die Einsteuerung in das Fahrwasser Warnemünde bei Strom und Wind

Diethard Kersandt

(2005)

Problemstellung

Auszüge aus dem Ostseehandbuch des BSH Nr. 20031:

Strömung. Vor der Einfahrt setzt die Küstenströmung bei Winden aus Süd über West bis NNW in der Regel O-wärts, bei Winden aus Nord bis SSO W-wärts. Die größte Geschwindigkeit wurde in O-licher Richtung mit 3sm/h gemessen. Die auslaufende Strömung läuft hart an der O-Mole entlang, einlaufende Strömung setzt um den O-Molenkopf herum und kann seitliche Versetzung bewirken. Über Strömungsgeschwindigkeiten im Seekanal und im Rostocker-Überseehafen-Fahrwasser liegen keine gesicherten Meßergebnisse vor. Der Wechsel von ablandigen und auflandigen Winden beeinflusst das Ein- und Auslaufen der Strömung.

Die Einsteuerung nach Rostock Warnemünde erfolgt durch den Seekanal. Die Strömung setzt vor der Warnowmündung mit Geschwindigkeiten bis zu 3sm/h O-oder W-wärts. Beim Einlaufen ist besonders auf die Querströmung zu achten, damit man gut frei von den Molenköpfen bleibt, an denen sich Sandablagerungen bilden können. Von See kommend sind die Fahrwasser Pinnegraben und das Warnowwerft-Fahrwasser die ersten abzweigenden Fahrwasser.

Geschwindigkeitsbegrenzung. Im Rostock-Fahrwasser von den Molen bis zum Fischereihafen beträgt die Höchstgeschwindigkeit 6,5 kn.

Bei der Einsteuerung in das Fahrwasser Warnemünde muss der Einfluss des Stromes und des Windes beachtet werden. Um die Fahrwasserrichtung von 161° einzuhalten, muss ein Schiff in Abhängigkeit von Richtung und Stärke des Stromes und des Windes mit einem bestimmten „Vorhaltewinkel“ steuern. Andernfalls würde es durch den Versatz aus dem Fahrwasser kommen. Der notwendige „Vorhaltewinkel“ führt zu einer „**Manövrierbreite**“, die größer als die Schiffsbreite ist. Die geringe verfügbare Breite des Fahrwassers und der vorhandene Gegenverkehr führen in der Regel zu einem „**Begegnungskonflikt**“. Die „Manövrierbreite“ wird um so größer, je stärker Strom und Wind aus Richtungen quer zur Fahrtrichtung setzen bzw. kommen und um so geringer die Eigengeschwindigkeit (Fahrt durchs Wasser) des Schiffes ist. Für große Schiffe ab einem Tiefgang von 8,5 m ist eine Begegnung nur mit Zustimmung der Kapitäne erlaubt.

Wird bei Tiefgängen über 8,5 m eine Gesamtbreite beider Schiffe von 40 m überschritten, lehnt die Verkehrsleitstelle eine Begegnung ab. Die Geschwindigkeit von 6.5 Knoten wird allerdings in der Praxis in Abhängigkeit von den herrschenden Strom- und Windbedingungen häufig nicht eingehalten, um das Schiff im Fahrwasser zu halten. Für die daraus eventuell resultierenden Schäden an Wasserbauanlagen und / oder an liegenden

Fahrzeugen (z.B. Yachten) trägt der Kapitän die Verantwortung. Da der Strom innerhalb der Molen höchstwahrscheinlich keine Querkomponente mehr besitzt, ist sein Einfluss auf den Kurs des Schiffes vermutlich gering. Bei Begegnungssituationen wird der Vorhaltewinkel gegen den Strom und / oder Wind in der Regel reduziert, um das Schiff parallel am Entgegenkommer vorbei zu führen. Der entstehende Versatz im Fahrwasser wird nach der Begegnung, die je nach Schiffslänge und relativer Geschwindigkeit zwischen 25 und 60 Sekunden dauert, wieder aufgesteuert.

Insbesondere für das Manövrieren im Fahrwasser außerhalb der Molen ist nun zu ermitteln, in welchem Maße sich die „Manövrierbreite“ bei verschiedenen Eigengeschwindigkeiten und unter unterschiedlichen Strom- und Windbedingungen verändert, um daraus Hinweise für ein sicheres Passieren zweier Schiffe zu erlangen, die unter den o.a. festgelegten Grenzwerten liegen. Außerdem wäre es hilfreich zu wissen, mit welchem „Vorhaltewinkel“ das Schiff unter verschiedenen Geschwindigkeiten und Stromverhältnissen in der Fahrwasserrichtung zu halten ist. Voraussetzung für die Berechnungen ist das Vorhandensein zuverlässiger Strömungs-Messeinrichtung (Messtonnen) in der Nähe des Fahrwassers, eine kontinuierliche Windmessung im fraglichen Seegebiet und die ständige Übermittlung der aktuellen Daten an die Verkehrszentrale. Von hier wären Daten von jedem Schiff abrufbar bzw. könnten notwendige Entscheidungen über das Ein- und Auslaufen bzw. über Ort und Zeit von Schiffsbegegnungen im Fahrwasser getroffen werden. Natürlich sind auch automatisierte Lösungen denkbar, die dann die Grundlage für die Steuerung von Kurs und Geschwindigkeit der Schiffe im Fahrwasser bilden würden. Hier ergibt sich jedoch die Frage nach der Verteilung von Aufwand, Nutzen und Rechtsfolgen. Die außerordentlich hohe Komplexität von Strom- und Windeinflüssen auf die Bewegung des Schiffes, seine Manöviereigenschaften und die schiffbauliche Konstruktion, das Driftverhalten, die Fahrwasserbeschaffenheit, die Wirksamkeit menschlicher Verhaltensweisen u.a.m. erschweren derartige Lösungen.

Realistisch hingegen erscheint die Auswertung der Strömungs- und Winddaten für operative Entscheidungen / Empfehlungen auf den Schiffen und in der Verkehrszentrale.

So erscheint es sinnvoll, Messdaten über eine Distanz von ca. 1- 2 sm entlang des Fahrwassers (einlaufend) bis zu den Molen für die Entscheidungen der Verkehrszentrale, Begegnungen bei bestimmten Geschwindigkeiten zuzulassen oder abzulehnen sowie für die Berücksichtigung eines „vorausschauenden Vorhaltewinkels“ wegen des Strom und / oder des Windes durch die Kapitäne auszuwerten.

Die Installation von lokalen Strömungs- und Windmessenanlagen wäre aus der Sicht der Anzahl der ein- und auslaufenden Schiffe (ca. 100 Passagierschiffe (für das Jahr 2006 werden 150 Schiffe erwartet) / Jahr, ca. 12 –15 Fährschiffe / Tag und verschiedene Frachtschiffe) durchaus gerechtfertigt.

Zum Beispiel könnte es ausreichen, wenn die von der Verkehrszentrale abrufbaren Daten lauten würden:

Position Messtonne 1 : Strom	50 ° - 0.7 Kn	Wind	315 ° - 9.6 m/s
Position Messtonne 2 : Strom	43 ° - 0.9 Kn	Wind	320 ° - 10.2 m/s
Position Messtonne 3 : Strom	73 ° - 1.1 Kn	Wind	315 ° - 10.8 kn

Im weiteren wird versucht, für folgende Fragestellungen einen Lösungsansatz zu finden :

1. Mit welchem Stromdriftwinkel muss ich rechnen ?
2. Mit welchem Winddriftwinkel muss ich ergänzend zum Stromdriftwinkel rechnen ?
3. Wie groß ist der Gesamtdriftwinkel aus Strom und Wind ?
4. Welchen Kurs muss ich steuern, um in der Fahrwasserrichtung zu bleiben ?
5. Welche Auswirkung hat der Vorhaltewinkel auf die Manövrierbreite im verfügbaren Fahrwasser ?
6. Kann ich durch eine Geschwindigkeitserhöhung den Vorhaltewinkel und damit die Manövrierbreite verkleinern, wobei ich eine lokal festgelegte Maximalgeschwindigkeit nicht überschreiten darf ?
7. Führen meine Maßnahmen zur Absicherung eines Mindestpassierabstandes mit einem entgegenkommenden Fahrzeug ?
8. Kann eine Begegnung zwischen zwei Fahrzeugen zugelassen werden und wenn ja, wo kann sie zugelassen werden ?

Verschiedene Methoden zur Lösung des Problems

Die Entscheidung über die Anwendung einer bestimmten Methode zur Lösung eines Problems sollte immer durch die Orientierung auf ein angestrebtes Ziel geprägt sein.

In dem vorliegenden speziellen Fall geht es darum, mit welchen Mitteln und unter welchen Bedingungen die vorstehenden Fragen beantwortet werden können. Dabei ist zu beachten, welche technischen und operativen Möglichkeiten zur Bestimmung hydrometeorologischer Elemente vorhanden sind oder eingerichtet werden müssen, welche mathematischen Methoden mit welcher Genauigkeit und Schnelligkeit anwendbar sind, auf welchem Wege, eine Anzahl schiffsspezifischer Koeffizienten als Verfahrensgrundlage erlangt und aktuell gehalten werden können, wie die Komplexität der Lösung (ganzheitlicher Lösungsansatz) einzuschätzen ist, welche Genauigkeitsanforderungen ein eventuell zu erarbeitendes mathematisches Modell im Hinblick auf andere wirksame personelle (Verkehrszentrale, Lotsen, Kapitäne) und technische (elektronische Seekarte, Radar, Fahrwasserbetonung, Richtfeuer, Radar) Mittel erfüllen muss, welche Schiffe (Art, Typ, Größe, Ladungsart) in welcher Frequenz den Hafen vorrangig anlaufen, auf welche Weise die erzielten Lösungen praxisgerecht umgesetzt werden können (technische, operativ, Vorschriften) und welche rechtlichen Folgen aus diesen Lösungen abgeleitet werden können bzw. müssen.

Vier mögliche Lösungen bieten sich an :

1. Traditionelle Lösung : die Schiffe werden traditionell im Fahrwasser geführt, wobei die optische Orientierung nach Tonnenlage und Richtfeuerlinie erfolgt. Der notwendige Vorhaltewinkel gegen Strom und Wind wird erfahrungsgemäß bei der Kursfestlegung im Fahrwasser berücksichtigt und, da das Schiff nur einen einzigen Kurs über Grund (161°)

einhalten muss, nach kurzer Zeit vom Schiffsführer als richtig oder korrekturbedürftig eingeschätzt. Die elektronische Seekarte und oder das Radar sind dabei wichtige Orientierungshilfsmittel.

Bei sich anbahnenden Begegnungssituationen im Fahrwasser werden die Schiffe kurzzeitig an die äußerste rechte Fahrwasserseite manövriert und dann ein etwa paralleler Kurs gesteuert, so dass Bug bzw. Heck nur wenig oder gar nicht in die Fahrwassermitte „übertagen“. Dabei kommen sich die Kurse über Grund mehr oder wenig nahe.

Eine genaue Kenntnis der Manövrierebreite existiert nicht. Erfahrungswerte liegen in der Regel vor.

Wenn sich ein starker Strom- und oder Windeinfluss bemerkbar machen, wird in der Regel die Fahrt erhöht, um eine bessere Wirkung der Ruderlage zu erreichen.

Das Fahren in traditioneller Weise führt in der Regel zu einer „Schlangenlinie“ im Kurs und zu vielen Rudermanövern.

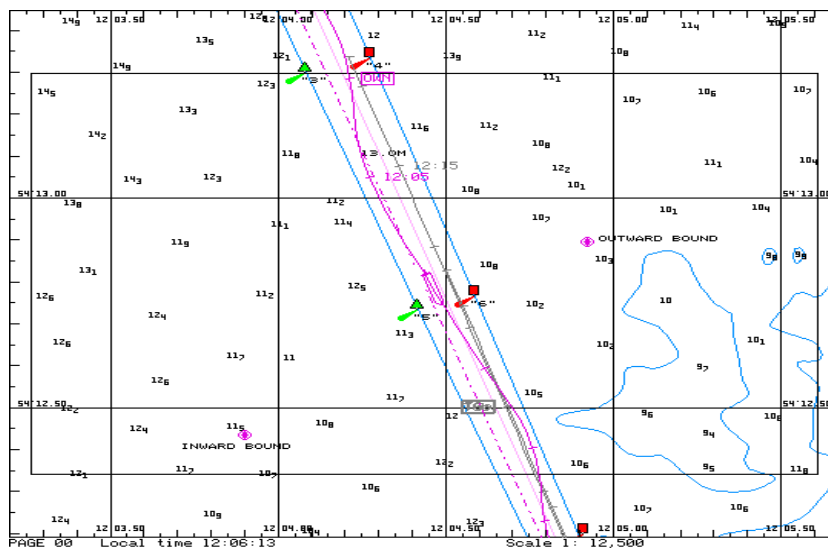


Abb. 1 „Schlangenlinie“ des Kurses über Grund nach traditioneller Fahrweise

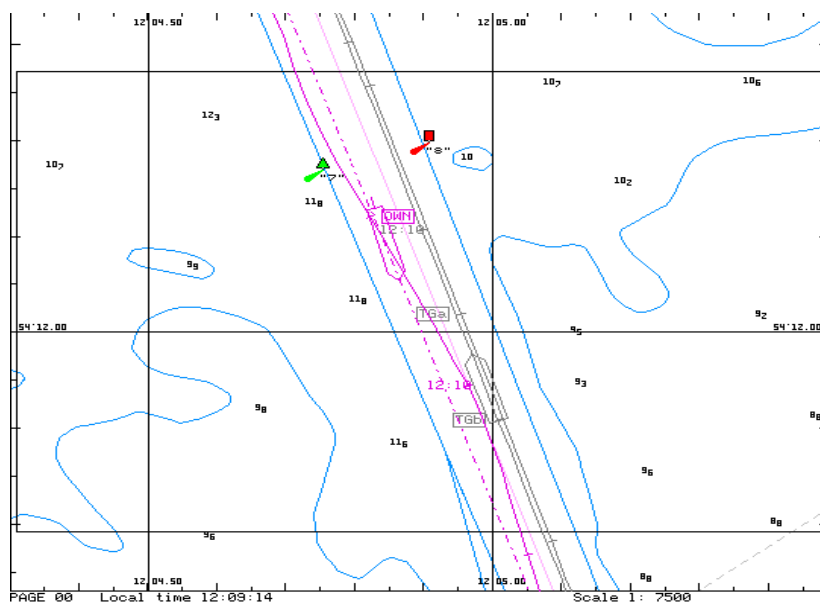


Abb. 2 Einnahme eines parallelen Kurses bei Begegnungen mit Versatz im Kurs über Grund

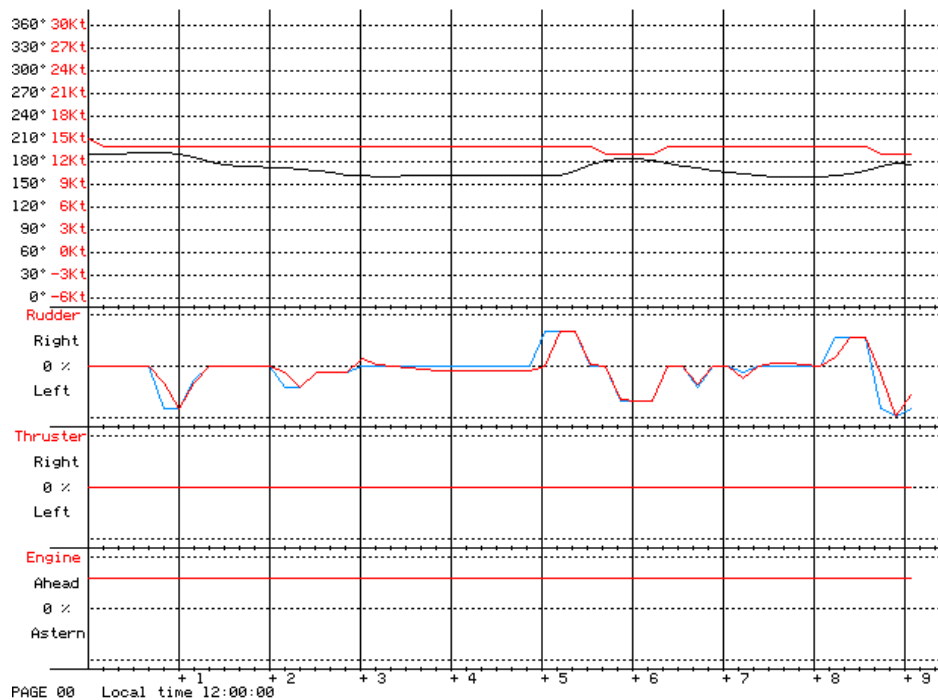


Abb. 3 Auszug aus dem Datensreiber : Schlangenlinie und unruhige Ruderbewegungen

2. Neuere Lösung : Unterstützung des Fahrens nach Sicht durch ECDIS / ECD : GPS und ECDIS / ECD sind bei dieser Lösung eine wertvolle Hilfen für die Bestimmung von Vorausrichtung und Kurs über Grund / Vorhaltewinkel (Manövrierbreite ist aber unbekannt). Fazit : wenn Richtungspfeil „KÜG“ parallel zur Fahrwasserrichtung, ist aktueller KDW offensichtlich richtig !

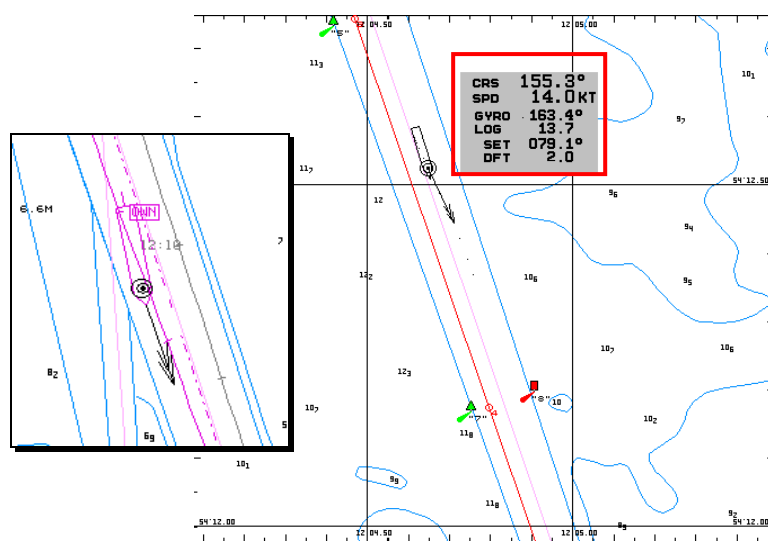


Abb. 4 Orientierung nach Vorausrichtung und Richtung des Kurses über Grund

3. Modellorientierte Lösung : Berechnung eines Bewegungsmodells des Schiffes unter dem Einfluss von Strom :

Grundlagen für die Berechnung des Bewegungsmodells bilden die Kräfte und Momente am Schiffskörper (Längswiderstand, Querwiderstand, Drehwiderstand), die Beschreibung der Propeller- und Ruderkräfte (gegebenenfalls der Strahlruder) und des Einflusses der Strömung auf der Basis genauer Stromprofile.

Einige Probleme dieser Lösung sind :

- Verfügbarkeit über schiffsspezifische Koeffizienten ganz verschiedener Schiffe (Lösung für 1 – 2 Schiffe mit gleichem Beladungszustand möglich; z.B. regelmäßiger Fährverkehr)
- unterschiedliche Manöviereigenschaften und Beladungszuständen der Schiffe
- Genauigkeit der Strömungsdaten / Stromprofile
- „manuelle“ Steuerung des Schiffes bei Begegnungen („Verlassen“ der Modellrechnungen !)
- Einfluss des Windes als wesentlicher Faktor beim Manövrieren (nicht Gegenstand der Modellrechnungen – unvollständiges Modell !)
- Berücksichtigung der Fahrwassercharakteristik im Hinblick auf Tiefgang, Schiffskörperform und Geschwindigkeit
- Gültigkeit der Modellaussagen für Vorausberechnungen bei sich schnell ändernden Bedingungen
- rechtliche Konsequenzen für Koeffizienten, Strömungsprofile und aus Bewegungsmodellen abgeleitete Entscheidungshilfen.

4. Kombinierte Lösung aus traditioneller Fahrweise, ECDIS / ECD – orientierter Lagebestimmung und praxisnaher, hinreichend genauer Entscheidungshilfen bei Strom und Wind : Die Entscheidungshilfen basieren auf hinreichend genauen Strom- und Winddaten des Manövergebietes, auf einfachen mathematischen Beziehungen und besitzen eine große Verallgemeinerungsfähigkeit hinsichtlich ganz weniger schiffsspezifischer Daten der verschiedenen Schiffe. Sie stellen eine grobe Orientierung für einen Vorhaltewinkel und für die sich aus dem Vorhalten ergebende Manövierbreite dar (eine Analyse der Kurse und Geschwindigkeiten der Schiffe und ein Vergleich mit den Berechnungen ist zwingend erforderlich).

Eine grobe Orientierung erscheint deshalb als zweckmäßig, weil die Aktualität notwendiger Entscheidungen die Kapitäne, Lotsen und die Verkehrszentrale zwingen kann (s. Begegnungen), allein nach gutem seemännischem Verständnis, nach Erfahrung und konkreter Situation zu handeln. Ein unter allen Bedingungen (Komplexität !) gültiges Bewegungsmodell mit den sich daraus ableitenden rechtlichen und fachlichen Konsequenzen für die Entscheidungen der Beteiligten erscheint erst dann als sinnvoll, wenn es vollständig ist und sich die verfügbaren Mittel und Methoden einer kostengünstigen kombinierten Lösung unter Einbeziehung eines guten seemännischen Sachverständes als unzureichend erweisen.

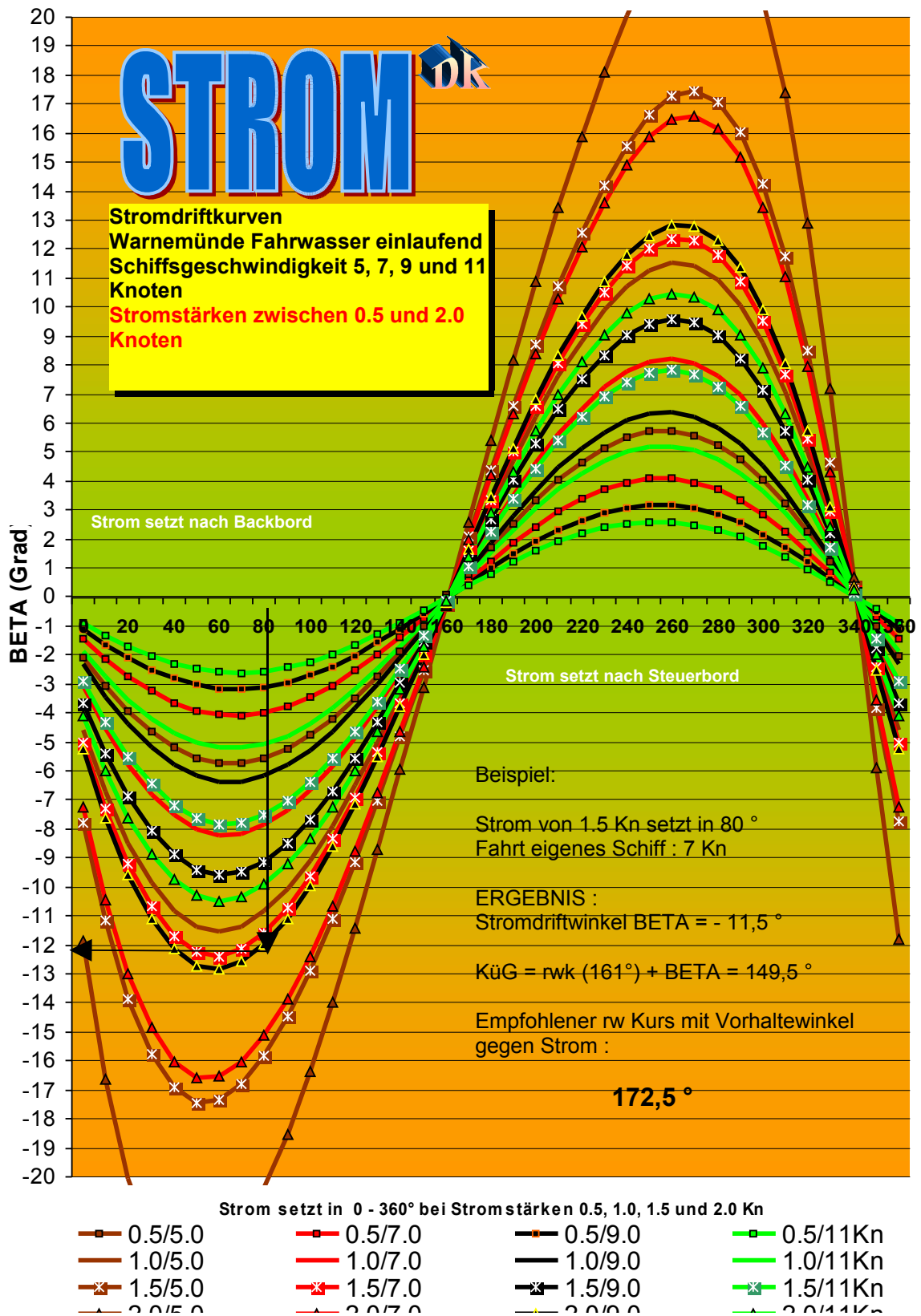


Abb. 7 Stromdriftwinkel bei verschiedenen Stromstärken und -richtungen in Abhängigkeit von der Fahrt durchs Wasser

Stromdriftwinkel bei verschiedenen Stromstärken und –richtungen in Abhängigkeit von der Fahrt durchs Wasser (Strom setzt in ...)

Richtung Stärke/Fahrt	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Stromdriftwinkel									
0.5/5.0	-2,07	-3,05	-3,91	-4,62	-5,17	-5,54	-5,72	-5,73	-5,56	-5,24
0.5/7.0	-1,43	-2,12	-2,73	-3,24	-3,64	-3,92	-4,07	-4,1	-4	-3,78
0.5/9.0	-1,1	-1,63	-2,1	-2,5	-2,81	-3,03	-3,16	-3,19	-3,12	-2,96
0.5/11	-0,89	-1,32	-1,7	-2,03	-2,29	-2,48	-2,58	-2,61	-2,56	-2,43
1.0/5.0	-4,6	-6,71	-8,48	-9,86	-10,83	-11,38	-11,54	-11,35	-10,85	-10,07
1.0/7.0	-3,09	-4,53	-5,78	-6,79	-7,54	-8,01	-8,21	-8,15	-7,86	-7,36
1.0/9.0	-2,32	-3,42	-4,38	-5,17	-5,77	-6,17	-6,36	-6,36	-6,16	-5,79
1.0/11	-1,86	-2,75	-3,53	-4,18	-4,68	-5,02	-5,19	-5,21	-5,06	-4,78
1.5/5.0	-7,77	-11,16	-13,84	-15,75	-16,92	-17,43	-17,35	-16,79	-15,81	-14,49
1.5/7.0	-5,01	-7,29	-9,2	-10,66	-11,67	-12,23	-12,38	-12,14	-11,58	-10,73
1.5/9.0	-3,69	-5,41	-6,88	-8,05	-8,89	-9,4	-9,6	-9,49	-9,12	-8,51
1.5/11	-2,92	-4,3	-5,49	-6,45	-7,17	-7,63	-7,83	-7,79	-7,52	-7,04
2.0/5.0	-11,84	-16,62	-20,08	-22,27	-23,36	-23,56	-23,04	-21,94	-20,4	-18,51
2.0/7.0	-7,27	-10,47	-13,02	-14,87	-16,03	-16,56	-16,53	-16,02	-15,12	-13,89
2.0/9.0	-5,24	-7,62	-9,6	-11,12	-12,15	-12,71	-12,84	-12,58	-11,98	-11,09
2.0/11	-4,1	-5,99	-7,6	-8,86	-9,76	-10,3	-10,48	-10,34	-9,91	-9,22
Richtung Stärke/Fahrt	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
	Stromdriftwinkel									
0.5/5.0	-5,24	-4,77	-4,19	-3,5	-2,72	-1,88	-1	0,1	0,81	1,7
0.5/7.0	-3,78	-3,46	-3,05	-2,55	-1,99	-1,38	-0,73	-0,07	0,59	1,24
0.5/9.0	-2,96	-2,71	-2,39	-2,01	-1,57	-1,09	-0,58	-0,06	0,47	0,98
0.5/11	-2,43	-2,23	-1,97	-1,66	-1,3	-0,9	-0,48	-0,05	0,38	0,81
1.0/5.0	-10,07	-9,07	-7,87	-6,51	-5,03	-3,46	-1,83	-0,17	1,49	3,13
1.0/7.0	-7,36	-6,67	-5,82	-4,84	-3,76	-2,59	-1,37	-0,13	1,12	2,34
1.0/9.0	-5,79	-5,27	-4,62	-3,85	-3	-2,07	-1,1	-0,1	0,89	1,87
1.0/11	-4,78	-4,36	-3,83	-3,2	-2,49	-1,73	-0,92	-0,09	0,74	1,56
1.5/5.0	-14,49	-12,91	-11,1	-9,12	-7,01	-4,81	-2,54	-0,24	2,07	4,35
1.5/7.0	-10,73	-9,64	-8,35	-6,91	-5,33	-3,67	-1,97	-0,18	1,58	3,32
1.5/9.0	-8,51	-7,69	-6,69	-5,55	-4,3	-2,96	-1,57	-0,15	1,28	2,68
1.5/11	-7,04	-6,39	-5,58	-4,64	-3,6	-2,49	-1,32	-0,12	1,07	2,25
2.0/5.0	-18,51	-16,34	-13,95	-11,4	-8,73	-5,96	-3,14	-0,29	2,56	5,39
2.0/7.0	-13,89	-12,38	-10,66	-8,77	-6,75	-4,63	-2,44	-0,23	1,99	4,18
2.0/9.0	-11,09	-9,96	-8,62	-7,12	-5,5	-3,78	-2	-0,19	1,63	3,42
2.0/11	-9,22	-8,32	-7,23	-5,99	-4,64	-3,19	-1,69	-0,16	1,38	2,89
Richtung Stärke/Fahrt	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
	Stromdriftwinkel									
0.5/5.0	1,7	2,55	3,34	4,05	4,66	5,15	5,5	5,7	5,73	5,58
0.5/7.0	1,24	1,86	2,43	2,94	3,37	3,72	3,95	4,08	4,08	3,95
0.5/9.0	0,98	1,47	1,91	2,31	2,65	2,91	3,08	3,17	3,16	3,06
0.5/11	0,81	1,21	1,58	1,9	2,18	2,39	2,53	2,6	2,58	2,49
1.0/5.0	3,13	4,71	6,21	7,6	8,83	9,88	10,7	11,27	11,52	11,43
1.0/7.0	2,34	3,52	4,62	5,62	6,5	7,23	7,77	8,1	8,21	8,06
1.0/9.0	1,87	2,81	3,68	4,46	5,14	5,69	6,09	6,32	6,37	6,22
1.0/11	1,56	2,33	3,05	3,7	4,25	4,69	5,01	5,18	5,2	5,06
1.5/5.0	4,35	6,57	8,7	10,71	12,55	14,19	15,56	16,61	17,27	17,45
1.5/7.0	3,32	5	6,59	8,07	9,39	10,52	11,42	12,04	12,35	12,28
1.5/9.0	2,68	4,03	5,3	6,46	7,49	8,35	9,01	9,43	9,59	9,46
1.5/11	2,25	3,38	4,43	5,39	6,23	6,92	7,43	7,74	7,83	7,68
2.0/5.0	5,39	8,17	10,87	13,44	15,87	18,08	20,04	21,66	22,85	23,5
2.0/7.0	4,18	6,32	8,37	10,29	12,05	13,6	14,89	15,86	16,45	16,58
2.0/9.0	3,42	5,15	6,8	8,32	9,69	10,87	11,81	12,48	12,81	12,76
2.0/11	2,89	4,34	5,72	6,98	8,11	9,05	9,78	10,27	10,47	10,35

Richtung Stärke/Fahrt	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
				Stromdriftwinkel						
0.5/5.0	5,58	5,25	4,74	4,06	3,22	2,26	1,21	0,11	-1	-2,06
0.5/7.0	3,95	3,7	3,32	2,83	2,24	1,57	0,84	0,07	-0,69	-1,43
0.5/9.0	3,06	2,85	2,56	2,17	1,72	1,2	0,64	0,05	-0,53	-1,1
0.5/11	2,49	2,32	2,08	1,76	1,39	0,97	0,52	0,04	-0,43	-0,89
1.0/5.0	11,43	10,96	10,08	8,78	7,08	5,03	2,72	0,25	-2,23	-4,59
1.0/7.0	8,06	7,64	6,95	5,99	4,79	3,38	1,81	0,16	-1,49	-3,08
1.0/9.0	6,22	5,86	5,3	4,55	3,62	2,54	1,36	0,12	-1,12	-2,32
1.0/11	5,06	4,75	4,28	3,66	2,9	2,04	1,09	0,1	-0,9	-1,86
1.5/5.0	17,45	17,07	16,03	14,27	11,75	8,49	4,64	0,43	-3,81	-7,76
1.5/7.0	12,28	11,81	10,89	9,52	7,7	5,48	2,96	0,27	-2,44	-5
1.5/9.0	9,46	9,01	8,23	7,13	5,72	4,04	2,18	0,2	-1,79	-3,69
1.5/11	7,68	7,27	6,61	5,69	4,54	3,2	1,72	0,15	-1,42	-2,92
2.0/5.0	23,5	23,46	22,56	20,6	17,41	12,89	7,17	0,67	-5,9	-11,83
2.0/7.0	16,58	16,17	15,15	13,44	11,03	7,95	4,33	0,4	-3,56	-7,26
2.0/9.0	12,76	12,29	11,35	9,93	8,05	5,74	3,1	0,28	-2,55	-5,23
2.0/11	10,35	9,89	9,06	7,87	6,33	4,48	2,42	0,22	-1,99	-4,09

Der für den Verbleib in der Richtfeuerlinie notwendige Kurs durchs Wasser ergibt sich aus $KÜG - \beta = KDW$.

Beispiel:

Schiff läuft eine FDW = 7 Kn; Strom setzt in 80° mit 1.5 Kn

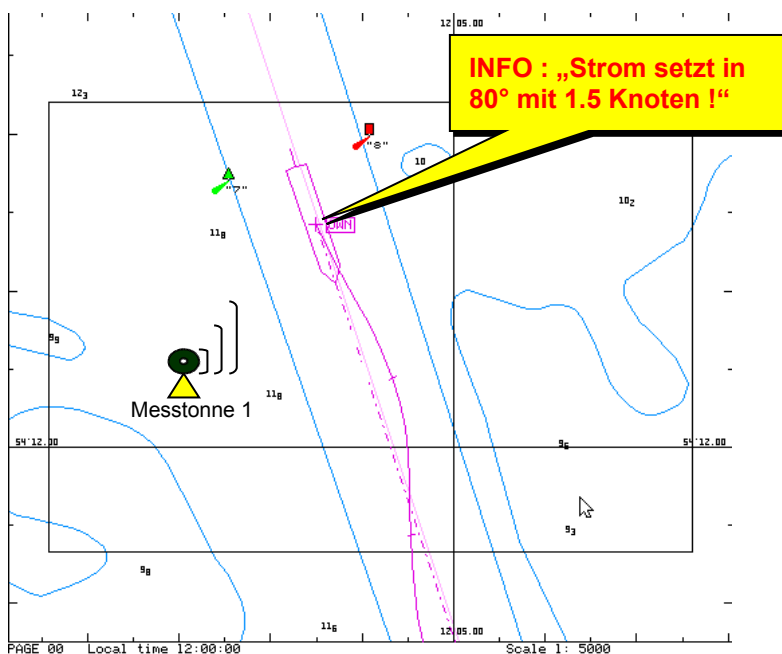


Abb. 8

Vorhaltewinkel für Einhaltung der Fahrwasserrichtung :

11.5° nach Steuerbord ; $161^\circ - (-11.5.6^\circ) = 172.5^\circ$

d.h. : das Schiff muss einen Kurs durchs Wasser von 172.5° einhalten, um in der Fahrwasserrichtung von 161° zu bleiben (s. Abb. 7).

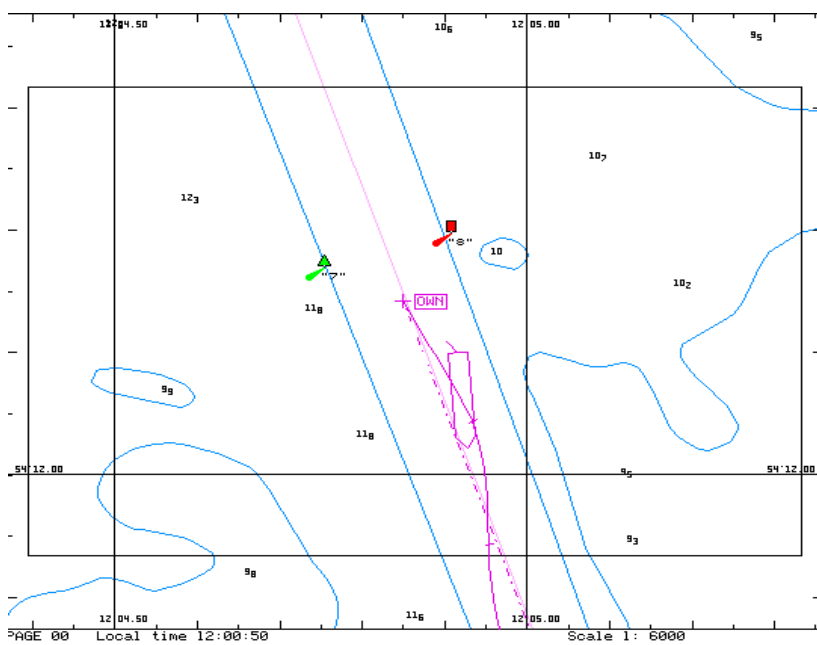


Abb. 9

Er ändert den Kurs von 161° um 11.5° nach Steuerbord auf 172.5° .

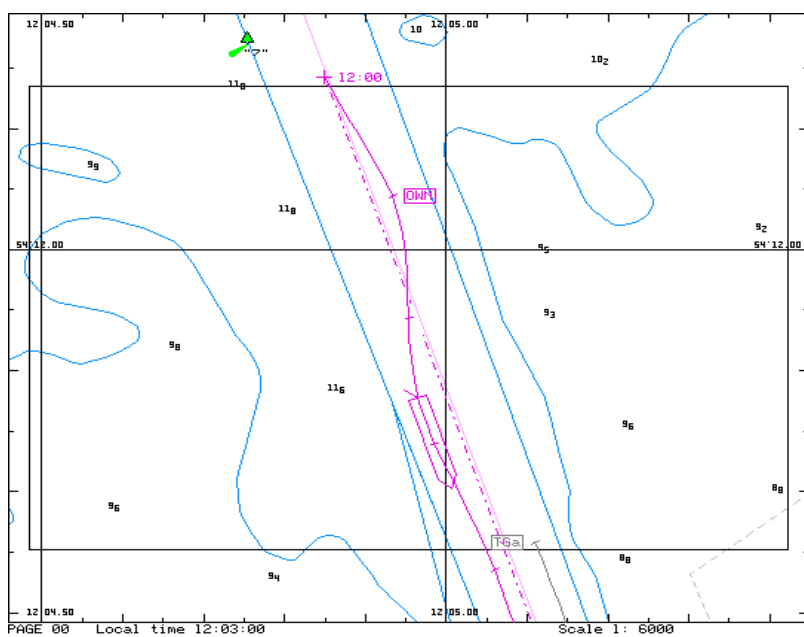
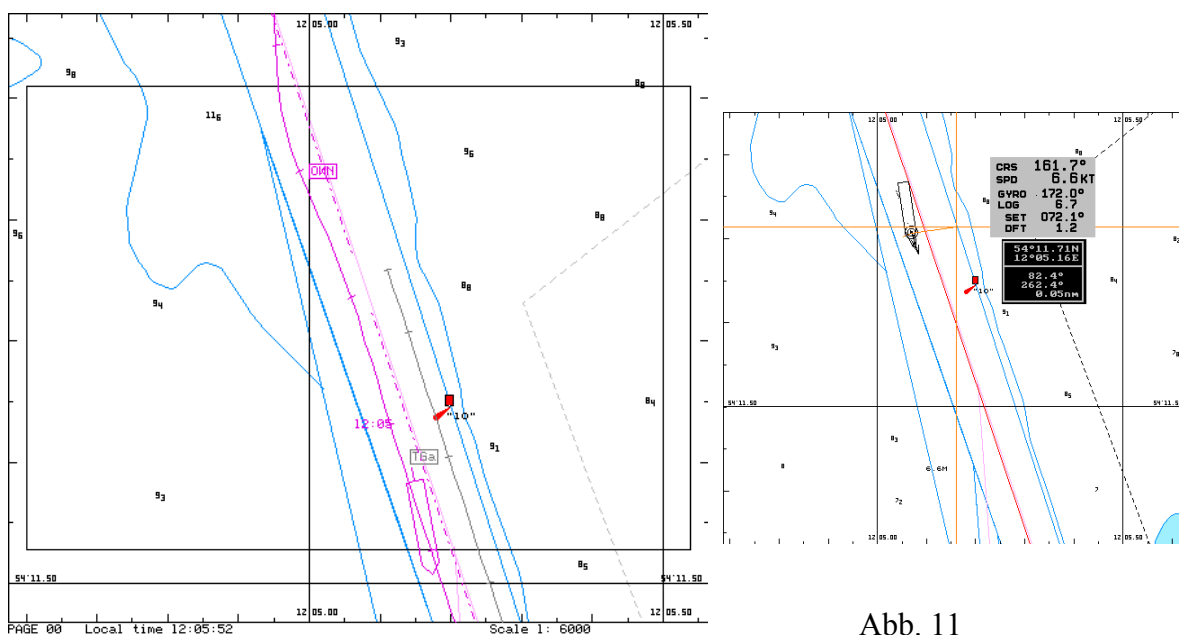


Abb. 10

Das Schiff steuert sich auf einen KDW von 172.5° ein und läuft auf der rechten Fahrwasserseite.



Es läuft mit $KDW = 172.5^\circ$ „stabil“ auf einem $KÜG = \text{Fahrwasserrichtung} = 161^\circ$.

Winddriftwinkel / Vorhaltewinkel bei einem einlaufenden Schiff

Der durch Windeinfluss verursachte Abdriftwinkel lässt sich aus Stärke, Richtung und Seitenpeilung des scheinbaren oder relativen Windes und aus einer schiffsspezifischen Konstante annähernd bestimmen (Abb. 12). Die Parameter des wahren Windes und die Schiffsgeschwindigkeit gehen als Ausgangsgrößen in die Berechnungen ein.

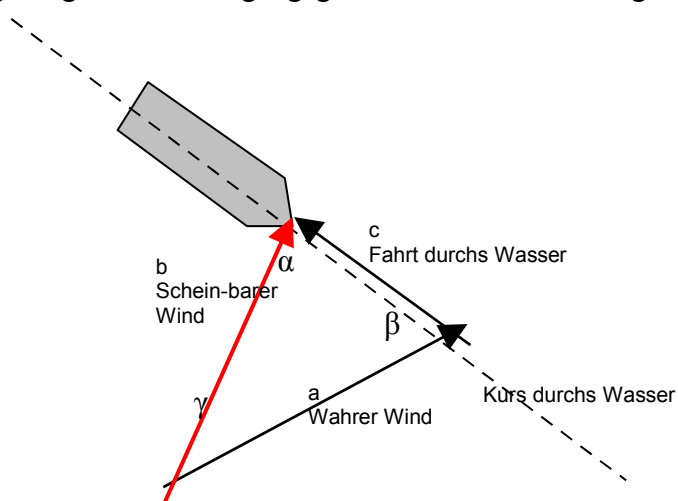


Abb. 12 Wahrer und scheinbarer Wind

**Winddriftwinkel bei verschiedenen Windstärken und -richtungen in Abhängigkeit von der Fahrt durchs Wasser für ein Schiff mit kleinem Abdriftkoeffizienten (1.0)
(Wind kommt aus ...)**

Richtung Stärke/Fahrt	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
				Winddriftwinkel						
6m/s-5Kn	1,08	1,73	2,46	3,23	4,01	4,75	5,39	5,88	6,17	6,22
6m/s-7Kn	0,42	0,75	1,14	1,58	2,04	2,49	2,89	3,21	3,41	3,47
6m/s-9Kn	0,2	0,4	0,66	0,96	1,28	1,6	1,88	2,1	2,24	2,3
6m/s-11Kn	0,11	0,26	0,46	0,68	0,92	1,15	1,36	1,53	1,64	1,68
12m/s-5Kn	5,67	8,65	11,56	14,36	16,94	19,19	20,98	22,17	22,68	22,41
12m/s-7Kn	2,61	4,04	5,52	6,99	8,41	9,69	10,76	11,53	11,93	11,9
12m/s-9Kn	1,41	2,24	3,13	4,06	4,99	5,85	6,6	7,15	7,47	7,51
12m/s-11Kn	0,84	1,37	1,98	2,63	3,3	3,94	4,5	4,93	5,19	5,25
18m/s-5Kn	13,83	20,85	27,55	33,74	39,23	43,81	47,24	49,34	49,92	48,86
18m/s-7Kn	6,62	10,07	13,43	16,63	19,56	22,09	24,07	25,39	25,91	25,56
18m/s-9Kn	3,75	5,75	7,76	9,73	11,59	13,25	14,59	15,53	15,98	15,87
18m/s-11Kn	2,34	3,63	4,97	6,32	7,63	8,82	9,82	10,55	10,93	10,92
Richtung Stärke/Fahrt	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
				Winddriftwinkel						
6m/s-5Kn	6,22	6,02	5,55	4,83	3,88	2,75	1,48	0,14	-1,22	-2,5
6m/s-7Kn	3,47	3,38	3,14	2,74	2,21	1,57	0,84	0,08	-0,69	-1,43
6m/s-9Kn	2,3	2,24	2,09	1,83	1,48	1,05	0,56	0,05	-0,47	-0,96
6m/s-11Kn	1,68	1,64	1,53	1,34	1,08	0,77	0,41	0,04	-0,34	-0,7
12m/s-5Kn	22,41	21,32	19,41	16,72	13,34	9,39	5,05	0,48	-4,14	-8,52
12m/s-7Kn	11,9	11,41	10,46	9,05	7,25	5,12	2,75	0,26	-2,25	-4,65
12m/s-9Kn	7,51	7,25	6,67	5,8	4,66	3,29	1,77	0,17	-1,45	-2,99
12m/s-11Kn	5,25	5,09	4,71	4,1	3,3	2,34	1,26	0,12	-1,03	-2,13
18m/s-5Kn	48,86	46,12	41,71	35,74	28,4	19,94	10,7	1,02	-8,78	-18,08
18m/s-7Kn	5,56	24,28	22,08	19	15,15	10,66	5,73	0,55	-4,7	-9,7
18m/s-9Kn	15,87	15,16	13,85	11,96	9,56	6,74	3,63	0,34	-2,98	-6,14
18m/s-11Kn	10,92	10,48	9,61	8,33	6,67	4,71	2,54	0,24	-2,08	-4,29
Richtung Stärke/Fahrt	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270
				Winddriftwinkel						
6m/s-5Kn	-2,5	-3,67	-4,66	-5,43	-5,94	-6,2	-6,2	-5,95	-5,5	-4,89
6m/s-7Kn	-1,43	-2,09	-2,65	-3,07	-3,35	-3,47	-3,44	-3,26	-2,97	-2,59
6m/s-9Kn	-0,96	-1,4	-1,77	-2,05	-2,23	-2,3	-2,27	-2,14	-1,93	-1,66
6m/s-11Kn	-0,7	-1,03	-1,3	-1,5	-1,63	-1,68	-1,66	-1,56	-1,41	-1,2
12m/s-5Kn	-8,52	-12,56	-16,07	-18,91	-20,99	-22,25	-22,68	-22,34	-21,27	-19,6
12m/s-7Kn	-4,65	-6,83	-8,71	-10,2	-11,25	-11,84	-11,96	-11,65	-10,95	-9,94
12m/s-9Kn	-2,99	-4,39	-5,59	-6,52	-7,16	-7,49	-7,51	-7,24	-6,73	-6,02
12m/s-11Kn	-2,13	-3,12	-3,96	-4,6	-5,04	-5,24	-5,23	-5,01	-4,61	-4,07
18m/s-5Kn	-18,08	-26,72	-34,32	-40,59	-45,33	-48,43	-49,83	-49,58	-47,79	-44,61
18m/s-7Kn	-9,7	-14,29	-18,29	-21,53	-23,91	-25,38	-25,91	-25,56	-24,4	-22,53
18m/s-9Kn	-6,14	-9,03	-11,52	-13,52	-14,95	-15,78	-16,01	-15,67	-14,82	-13,54
18m/s-11Kn	-4,29	-6,3	-8,03	-9,39	-10,34	-10,87	-10,96	-10,65	-9,99	-9,04
Richtung Stärke/Fahrt	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
				Winddriftwinkel						
6m/s-5Kn	-4,89	-4,17	-3,39	-2,62	-1,89	-1,22	-0,6	-0,05	0,49	1,08
6m/s-7Kn	-2,59	-2,15	-1,68	-1,23	-0,83	-0,49	-0,23	-0,01	0,18	0,42
6m/s-9Kn	-1,66	-1,36	-1,04	-0,73	-0,46	-0,24	-0,1	0	0,07	0,2
6m/s-11Kn	-1,2	-0,98	-0,74	-0,51	-0,31	-0,15	-0,04	0	0,02	0,11
12m/s-5Kn	-19,6	-17,44	-14,92	-12,16	-9,26	-6,3	-3,32	-0,33	2,69	5,67
12m/s-7Kn	-9,94	-8,69	-7,29	-5,83	-4,35	-2,91	-1,52	-0,13	1,22	2,61
12m/s-9Kn	-6,02	-5,18	-4,26	-3,33	-2,42	-1,59	-0,81	-0,08	0,65	1,41
12m/s-11Kn	-4,07	-3,45	-2,78	-2,11	-1,5	-0,95	-0,47	-0,04	0,38	0,84
18m/s-5Kn	-44,61	-40,26	-34,94	-28,88	-22,28	-15,31	-8,06	-0,76	6,6	13,83
18m/s-7Kn	-22,53	-20,1	-17,24	-14,08	-10,75	-7,31	-3,84	-0,36	3,15	6,62
18m/s-9Kn	-13,54	-11,94	-10,12	-8,16	-6,15	-4,15	-2,16	-0,2	1,77	3,75
18m/s-11Kn	-9,04	-7,88	-6,59	-5,24	-3,9	-2,59	-1,34	-0,12	1,09	2,34

Beispiel:

Schiff läuft eine Geschwindigkeit von 7 Kn; der wahre Wind kommt aus 280° und hat eine Stärke von 12 m/s.

Aus Abb. 13 erhält man den Vorhaltewinkel für die Einhaltung der Fahrwasserrichtung :

$$8.5^\circ \text{ nach Steuerbord} \quad ; \quad 161^\circ - (-8.5^\circ) = 169.5^\circ$$

d.h. : das Schiff muss einen Kurs von **169.5°** steuern, um in der Fahrwasserrichtung von 161° zu bleiben.

Gesamtdriftwinkel und daraus folgende Manövrierbreiten

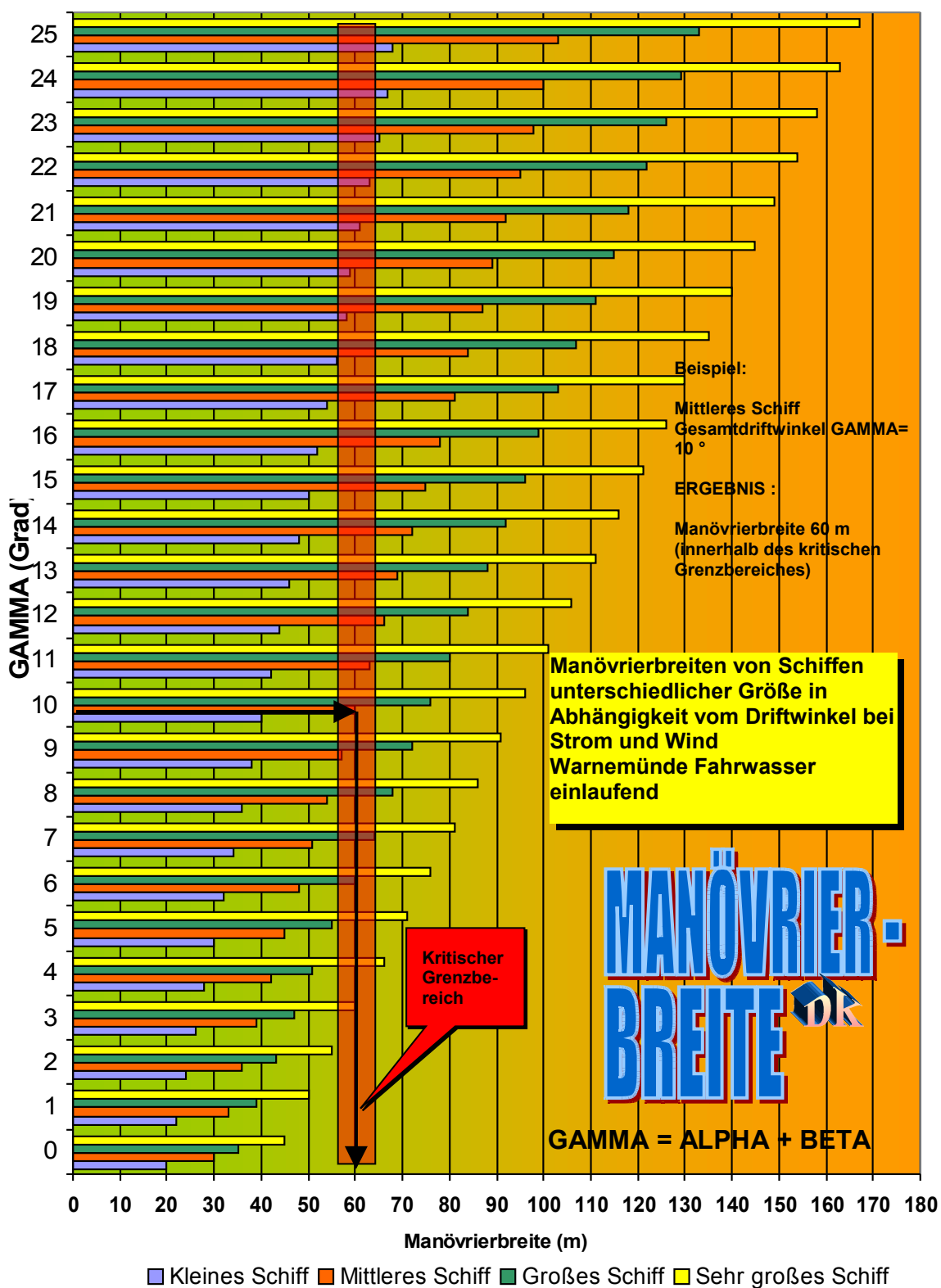
In der Regel wirken Strom und Wind in ihrer Gesamtheit auf den Bahnverlauf eines Schiffes.

Will man nun wissen, wie groß die Manövrierbreiten werden, wenn das Schiff auf einer vorgeschriebenen Bahnrichtung von 161° bleiben soll, muss auf der Grundlage des Gesamtdriftwinkels durch Wind und Strom eine ‚Vergrößerung‘ der Schiffsbreite in Rechnung gestellt werden.

Diese aktuelle Manövrierbreite bei Vorhalten gegen Strom und Wind ist eine wichtige Sicherheitskenngröße bei der Entscheidung für das Ein- und Auslaufen und insbesondere für die Abwägung, ob eine Begegnung mit einem anderen entgegenkommenden Schiff zugelassen werden kann. Dabei sind die Parameter des Fahrwassers in Abhängigkeit von Tiefgang, Länge und Breite des Schiffes zu berücksichtigen.

Beispiel:

Ein mittelgroßes Schiff mit einer Länge von 180 m und einer Breite von 30 m ermittelt aus den Abb. 7 und 13 nach $\text{GAMMA} = \text{ALPHA} + \text{BETA}$ eine Gesamtdrift von 10° . Aus Abb. 14 wird für dieses Schiff eine Manövrierbreite von 60 m entnommen, d.h. das Schiff ‚vergrößert‘ sich durch das Vorhalten gegen Strom und Wind um 30 m. Es liegt damit im kritischen Grenzbereich, der ein Passieren mit einem anderen Schiff nicht mehr zulässt (Abb. 13).



LL / B : Kleines Schiff (120m/20m); Mittl.Schiff (180m/30m); Großes Schiff (LL=240m/35m); Sehr großes Schiff (LL=300m/45m)

Abb. 13 Manövrierbreiten für verschiedene Vorhaltewinkel gegen Strom und Wind in Abhängigkeit von der Schiffsgröße

Manövrierbreiten für verschiedene Vorhaltewinkel gegen Strom und Wind in Abhängigkeit von der Schiffsgröße

LL / B : Kleines Schiff (120m/20m); Mittl.Schiff (180m/30m); Großes Schiff (LL=240m/35m); Sehr großes Schiff (LL=300m/45m)

$$\text{GAMMA} = \text{ALPHA} + \text{BETA}$$

Schiffsgröße GAMMA /°/	Kleines Schiff L=120 m B= 20 m	Mittelgroßes Schiff L=180 m B= 30 m	Großes Schiff L=240 m B= 35 m	Sehr großes Schiff L=300 m B= 45 m
0	20	30	35	45
1	22	33	39	50
2	24	36	43	55
3	26	39	47	60
4	28	42	51	66
5	30	45	55	71
6	32	48	60	76
7	34	51	64	81
8	36	54	68	86
9	38	57	72	91
10	40	60	76	96
11	42	63	80	101
12	44	66	84	106
13	46	69	88	111
14	48	72	92	116
15	50	75	96	121
16	52	78	99	126
17	54	81	103	130
18	56	84	107	135
19	58	87	111	140
20	59	89	115	145
21	61	92	118	149
22	63	95	122	154
23	65	98	126	158
24	67	100	129	163
25	68	103	133	167

Einige praktische Anwendungen

Begegnungsmanöver I

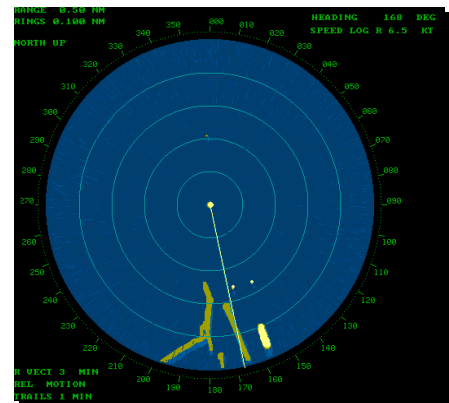
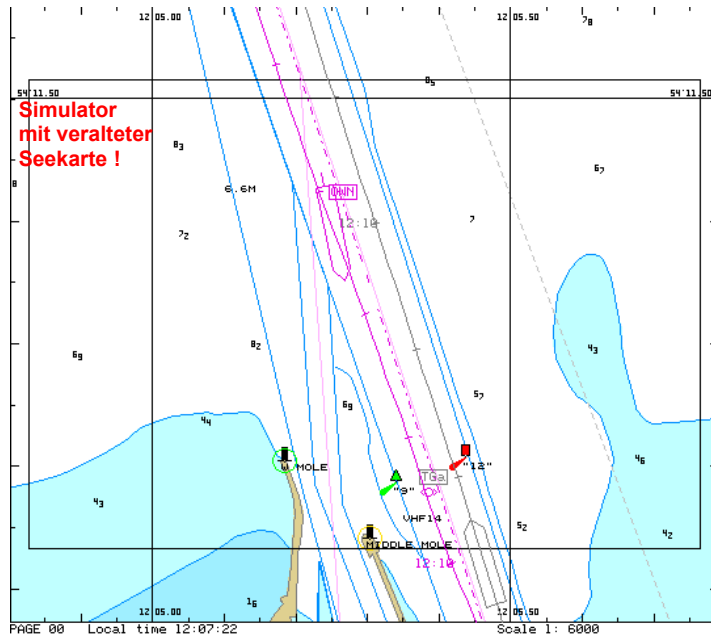


Abb. 14

Beide Schiffe halten sich dicht an der rechten Fahrwasserbegrenzung auf. Die Vorausmarke des Eigenschiffes zeigt nach außerhalb des „Tonnenstriches“ („Vorhaltewinkel“).

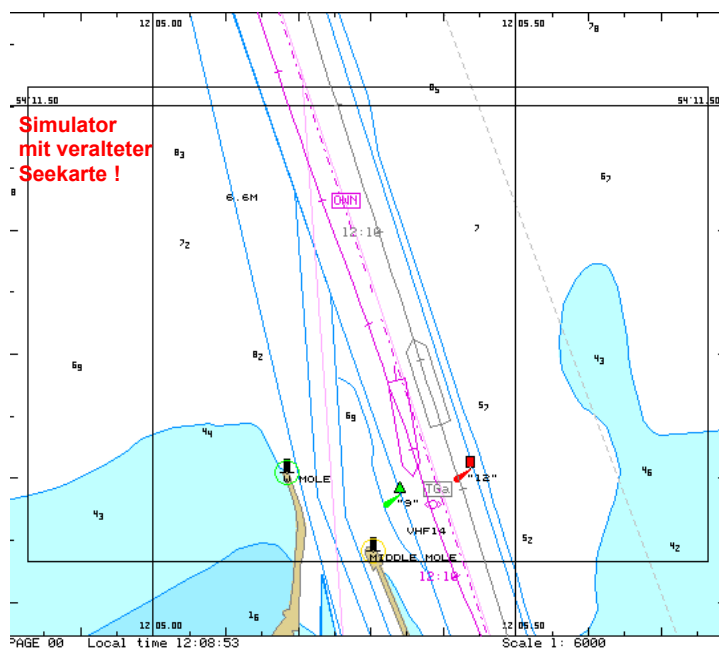


Abb. 15

Sie passieren in einem Abstand von wenigen Metern.

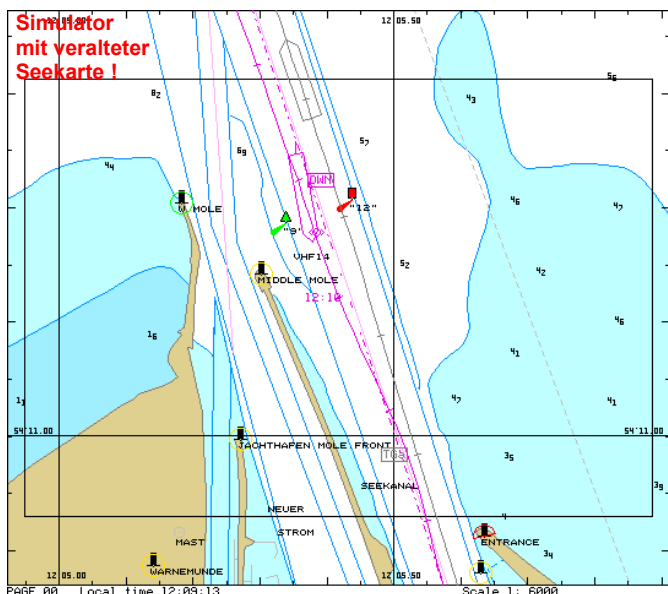


Abb. 16

Das Eigenschiff steuert sich wieder auf den alten ‚Vorhalte‘-Kurs ein.

Ein Auszug aus der „Black Box“ zeigt die anfängliche Einsteuerung in einen KDW von ca. 170 ° und die stabile Kursphase in der Fahrwasserrichtung von 161° (Abb. 17).

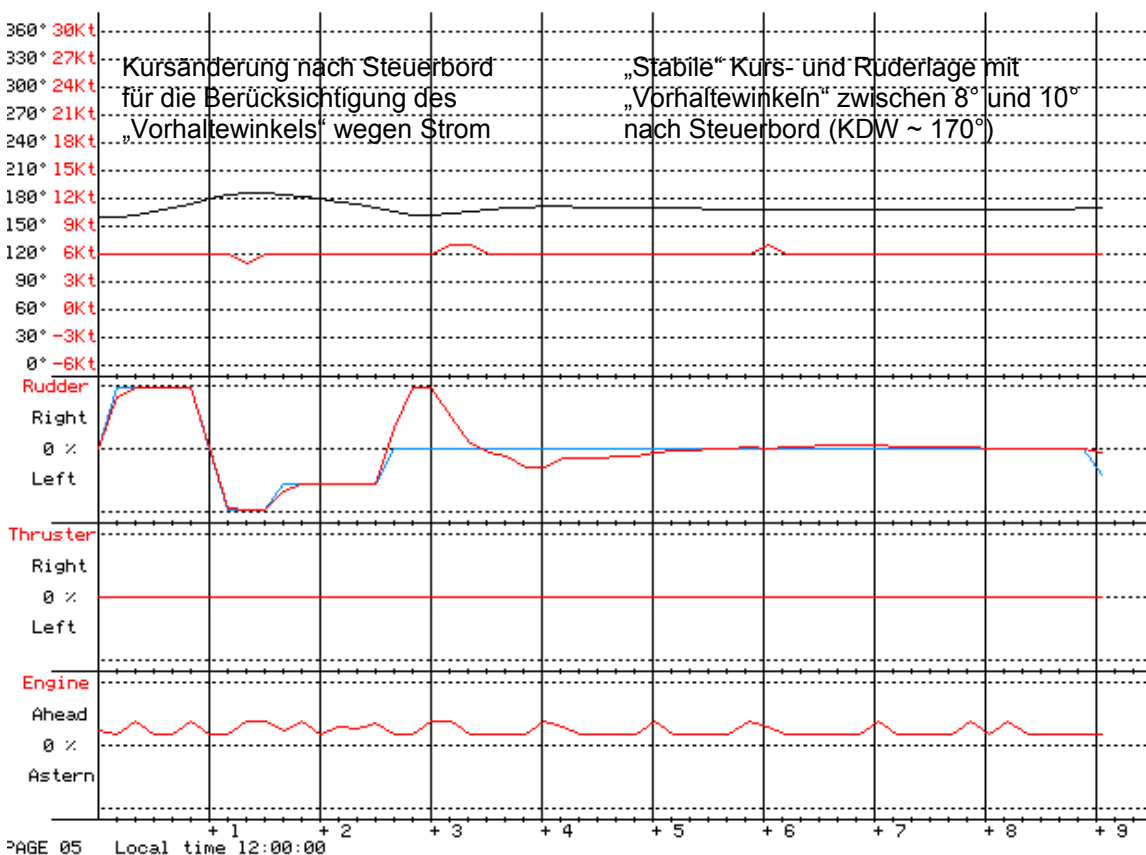


Abb. 17 Auszug aus der „Black Box“ Einsteuerung Fahrwasser Warnemünde
 Aus den Berechnungen kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass bei Bekanntsein der Strom- und Winddaten unmittelbar vor dem Einlaufen eines Schiffes in die

Ansteuerung Warnemünde ausreichende Zeit für die Entscheidungen zum Ein- und Auslaufen sowie zum Passieren zweier großer Schiffe zur Verfügung steht.

Es kann weiter davon ausgegangen werden, dass die aktuellen lokalen Geschwindigkeitsbegrenzungen und die unter bestimmten Strömungs- und Windbedingungen getroffenen Entscheidungen der Kapitäne zur Erhöhung der Fahrt durchaus der guten Seemannschaft des Manövrierens in diesem engen Fahrwasser entsprechen. Kurzzeitige Verkleinerungen des Vorhaltewinkels in einer Begegnungssituation (ca. 30 bis 60 Sekunden Dauer) zur Herstellung einer parallelen Ausrichtung des Schiffes im Fahrwasser bringen keine nennenswerte Gefahr, wenn unmittelbar nach dem Passieren wieder aufgesteuert wird.

Begegnungsmanöver 2

Verkehrssituation : 1 großes einlaufendes Schiff

Fahrwasserrichtung : 161 °

Fahrwasserbreite im voraussichtlichen Passierbereich : 140 m

Zulässige Manövrierbreite : 60 m

Strom : 60 ° - 1.5 Knoten

Wind : 20 ° - 12.0 m/s (= Windstärke 6 Bft)

Abmessungen : LL = 240 m, BB = 35 m Ka = 1.0 (Abdriftkoeffizient)

Aktuelle FDW= 7.0 Kn

Tiefgang : 7.5 m

ERGEBNIS

Fahrt	Stromdriftwinkel	Winddriftwinkel	Gesamtdriftwinkel	Erforderlicher Kurs	Aktuelle Manövrierbreite	Noch verfügbare Fahrwasserbreite
7 Kn	- 12.4 °	+ 5.5 °	- 6.9 °	167.9 °	63 m	77 m
11 Kn	- 7.8 °	+ 2.0 °	- 5.8 °	166.8 °	59 m	81 m

Schlussfolgerung für MB 63 m mit Fahrt = 7 Knoten -> „**PASSIEREN VERBOTEN !**“

LÖSUNG : Fahrterhöhung auf 11 Kn -> MB = 59 m -> „**PASSIEREN MÖGLICH**“

Verbale Einschätzung :

Durch die Erhöhung der Fahrt von 7 auf 11 Knoten reduziert sich der Vorhaltewinkel um ca. 1 ° und die Manövrierbreite von 63 auf 59 m. Ein Passieren mit einem entgegenkommenden Schiff wäre dann möglich, wenn die verbleibende Fahrwasserbreite von 81 m unter Beachtung eines Mindestpassierabstandes zwischen beiden Schiffen als ausreichend eingeschätzt werden würde und der Tiefgang im Rahmen der vorgeschriebenen Grenzen läge.

Einlaufplanung bei gegebenen meteorologischen Bedingungen

Für die folgenden aktuellen Messdaten soll eine Einlaufvorbereitung angefertigt werden.

Dabei soll ermittelt werden, welche Kurse unter Beachtung der Einflüsse von Strom und Wind (Vorhaltewinkel) gesteuert werden müssen, um in der Fahrwasserrichtung von 161° einzulaufen und welche Auswirkungen das auf die Manövrierbreiten hat. Sollte bei den beabsichtigten Geschwindigkeiten die maximal zulässige Manövrierbreite von 60 m überschritten werden, ist zu ermitteln, ob sich Möglichkeiten für Geschwindigkeitsänderungen mit anderen Vorhaltewinkeln ergeben.

Es handelt sich um ein Schiff mittlerer Größe von $LL = 180$ m und $BB = 30$ m mit geringen Abdrifteigenschaften durch Wind ($k_a = 1.0$).

DATENBLATT gültig für 05.11.2005 / 12 : 30 Uhr +/- 30 Minuten							
Warnemünde Fahrwasser einlaufend							
Aktuelle hydrometeorologische Bedingungen							
	POS 1	POS 2	POS 3	POS 4	POS 5	POS 6	POS 7
Strom	90 - 1.5	90 - 1.5	80 - 1.0	85 - 2.0	90 - 2.0	270 - 0.5	340 - 0.5
Wind	270 - 12	270 - 12	270 - 10	270 - 11	260 - 10	250 - 10	240 - 08

Abb. 18 Beispiel für Datenblatt als Eingangsinformation

LÖSUNG :

Aus den vorstehenden Tabellen bzw. Kurvendarstellungen erhält man :

	FAHRT Kn	ALPHA °	BETA °	GAMMA °	KURS °	MB m	Verbl. FB m	Bemerkungen
POS 1	9	- 6.02	- 8.51	- 14.53	175.53°	73.5		Fahrt erhöhen
erhöht auf	11	- 4.07	- 7.04	- 11.11	172.11°	63	77	Bleibt kritisch
POS 2	9	- 6.02	- 8.51	- 14.53	175.53°	73.5		Fahrt erhöhen
erhöht auf	11	- 4.07	- 7.04	- 11.11	172.11°	63	77	Bleibt kritisch
POS 3	9	- 4.1	- 6.16	- 10.26	171.26°	60	80	o.k.
POS 4	9	- 5.5	- 11.5	- 17.0	178.0°	81		Fahrt erhöhen
erhöht auf	11	- 3.5	- 9.5	- 13.0	174.0°	69	71	Bleibt kritisch
POS 5	9	- 4.5	- 11.09	- 15.59	176.59°	76.5		Fahrt erhöhen
erhöht auf	11	- 3.8	- 9.2	- 13.0	174.0°	69	71	Bleibt kritisch
POS 6	9	- 5.1	+ 3.06	- 2.04	163.04°	36	104	o.k.
POS 7	9	- 4.2	+ 0.05	- 4.15	165.15°	42	98	o.k.

Abb. 19 Planungstabelle einlaufend

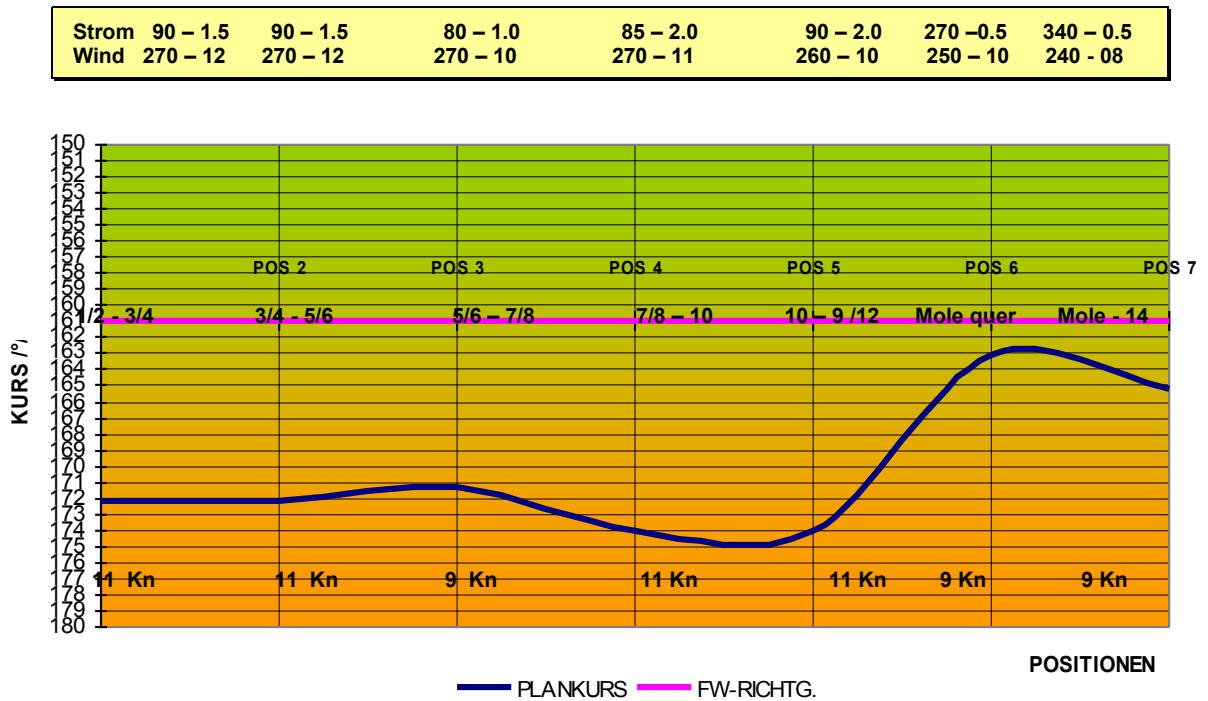


Abb. 20 Geplante Kurse einlaufend von POS 1 (Tonnenpaar 1 / 2) – POS 7 (Tn 14) mit dazugehörigen Geschwindigkeiten

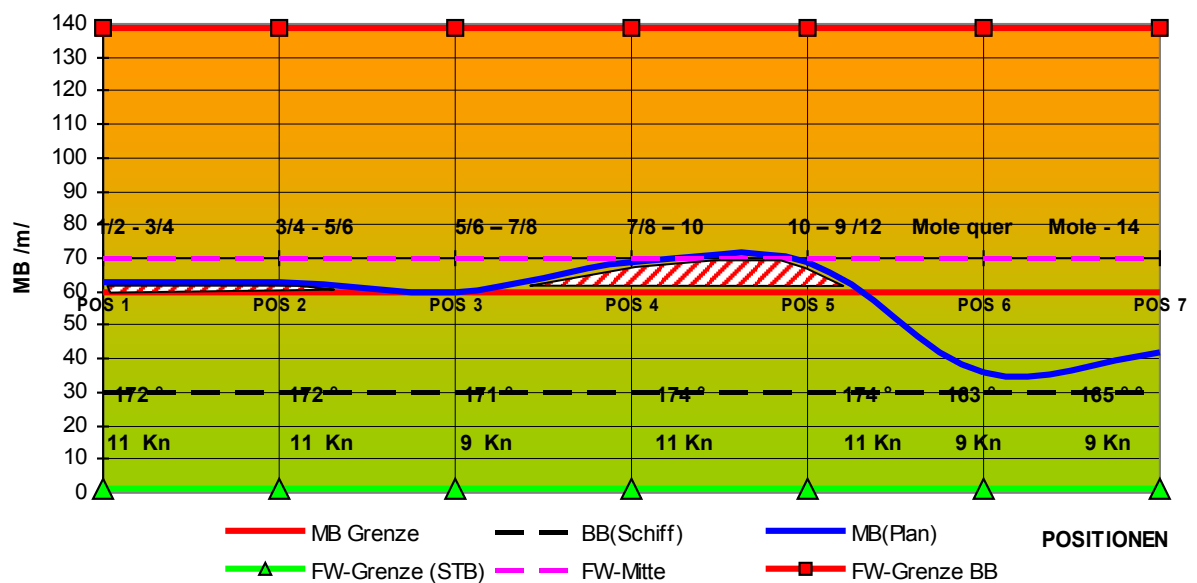


Abb. 21 Geplante Manövrierbreiten einlaufend von POS 1 (Tonnenpaar 1 / 2) – POS 7 auf der Grundlage der Vorhaltewinkel und Geschwindigkeiten

In Abbildung 21 sind die Gefahrengelände, in denen ein Passieren mit einem anderen Schiff gefährlich und deshalb verboten ist, rot schraffiert bezeichnet. Zwischen den Tonnen 7 bis 9 ragt das Schiff über die Fahrwassermittlinie hinaus. Ab Moleneinfahrt könnte die Fahrt reduziert werden, da der Vorhaltewinkel und die Manövrierbreiten mit 9 Knoten noch Reserven bieten.

Anmerkung zum Schluss

Die Anzahl der Warnemünde und den Überseehafen anlaufenden Schiffe, insbesondere die etwa 150 Passagierschiffe im Jahre 2006 und die 12 – 15 Fährschiffe pro Tag, rechtfertigen den Einsatz von lokalen Messeinrichtungen, da sich die Wirkungen des Stromes und des Windes als sensible Einflussgrößen auf die „Manövrierbreite“ großer Fahrzeuge erweist. Sie stellt eine einzukalkulierende Größe bei der Wahl der aktuellen Geschwindigkeit der Schiffe und der Entscheidung über Begegnungssituationen durch die Kapitäne, Lotsen und die Verkehrszentrale dar.

Die aus den hydrometeorologischen Daten errechneten Werte für die Größe des aktuellen Strom- und Windabdriftwinkels ermöglichen bei Einlaufen in das lokale Seegebiet eine sofortige Orientierung auf die Größe des „Vorhaltewinkels“, was zu einer relativ stabilen Kurslage im Fahrwasser führt. Aus den daraus zu gewinnenden aktuellen Manövrierbreiten der Fahrzeuge können sofort Empfehlungen / Regelungen für die Geschwindigkeiten im Fahrwasser und für das Passieren großer Fahrzeuge untereinander gewonnen werden.

Aus der Sicht einer sicheren Schiffsführung sind derartige Einrichtungen ein regionaler Beitrag, um Schiffe, Passagiere, Ladung und Umwelt zu schützen.

Nicht unerwähnt bleiben darf aber der Hinweis, dass die Wirkungen von Strom und Wind, die Fahrt und der Kurs der Schiffe, ihre Manöviereigenschaften, die Charakteristik des Fahrwassers, die lokalen rechtlichen Festlegungen und schließlich die personelle Besetzung der Schiffe stets als komplexe Einheit zu betrachten sind.

VORSCHLÄGE

1. Einrichtung von Messtonnen für Strom (und Wind ?) etwa 0.5 – 1 sm nördlich der Molen
2. Einrichtung einer Datenaufzeichnungsanlage in der Revierzentrale und Auswertung aufgezeichneter Daten von ausgewählten Schiffen bei Ein- und Auslaufen (Position, KDW, KÜG, FDW, FÜG, Bahnabweichungen)
3. Vergleich der aufgezeichneten Kurse und Geschwindigkeiten mit den berechneten Driftwinkeln und Überprüfung der Genauigkeit und Zweckmäßigkeit des gewählten Berechnungsverfahrens
4. Schlussfolgerungen für die Gestaltung der Kommunikation Schiff – Land
5. Gestaltung der Software und der Bedienoberflächen
6. Integration des Verfahrens in die Revierzentrale bzw. Anwendung auf einem Fährschiff.

ANLAGE 1 :**Kreuzfahrtschiffe 2005**

Schiffsname	Lüa (m)
_____	_____
NordNorge	124
AidaCara	193
AidaCara	193
AidaCara	193
AidaCara	193
Saga Ruby	191
Constellation	294
Discovery	169
Arion	117
Constellation	294
AidaCara	193
Saga Rose	189
Star Princess	290
AidaCara	193
Saga Ruby	191
Athena	161
Discovery	169
Saga Rose	189
AidaCara	193
Constellation	294
Seven Seas Voyager	207
Regatta	181
Constellation	294
Seabourn Pride	133
Star Princess	290
AidaCara	193
Regatta	181
Westerdam	285
Saga Ruby	191
AidaCara	193
Discovery	169
Marco Polo	176
Westerdam	285
Europa	198
Rotterdam	238
Constellation	294

Star Princess	290
AidaCara	193
Hebridean Spirit	91
Alexander von Humboldt	134
Regatta	181
Rotterdam	238
Westerdam	285
Seabourn Pride	133
Black Watch	206
AidaCara	193
Bremen	111
Regatta	181
Marco Polo	176
Westerdam	285
Alexander von Humboldt	134
Star Princess	290
AidaCara	193
Rotterdam	238
Prinsendam	204
Westerdam	285
Alexander von Humboldt	134
Constellation	294
Marco Polo	176
Andrea	87
Black Watch	206
Rotterdam	238
AidaCara	193
Regatta	181
Saga Ruby	191
Constellation	294
Deutschland	175
Thomson Celebration	215
Seabourn Pride	133
Westerdam	285
Prinsendam	204
Crystal Symphony	238
Regatta	181
Star Princess	290
AidaCara	193
Alexander von Humboldt	134

Ocean Majesty	131
Rotterdam	238
Seven Seas Voyager	207
Westerdam	285
Marco Polo	176
Funchal	153
Norwegian Jewel	295
AidaCara	193
Alexander von Humboldt	134
Black Watch	206
Constellation	294
Westerdam	285
Thomson Celebration	215
Regatta	181
Star Princess	290
Arion	117
Discovery	169
Ocean Monarch	163
Prinsendam	204
Westerdam	285
Saga Rose	189

Hinzu kommen ca. 25 – 30 Ankünfte und Abfahrten von Fährschiffen pro Tag und verschiedene Frachtschiffe.