

Ziele hinter dem Horizont

oder

Berechnung des Strömungs-Vorhaltewinkels bei kurzen und langen Querungen

Von Steffen Wagner

Fahren wir bei einer Querung im Tidengewässer direkt auf das Ziel zu und läuft die Tide dabei quer zum Kurs, so ergibt sich eine sogenannte Hundekurve. Hierbei ändert sich der Kurs kontinuierlich und die gefahrene Strecke wird länger als nötig.

Will man dies vermeiden, sollte ein Vorhaltkurs gefunden werden, auf dem der Kurs über Grund (KüG) sich nicht ändert. Er stellt die kürzeste und damit meist¹ schnellste Verbindung zum Ziel dar.

Im Folgenden soll es zunächst um unterschiedliche Methoden der Bestimmung dieses Vorhaltkurses gehen und dann um Methoden, die ohne Vorhaltwinkel auskommen.

1. Querung MIT Vorhaltwinkel

1.1 Deckpeilung

Hat man das Zielobjekt in Sicht und noch eine feste Peilmarke im weiter entfernten Sichtbereich, kann man mithilfe einer Deckpeilung ohne weitere Instrumente einen Vorhaltkurs bestimmen. Dazu beobachtet man, wie sich die beiden Objekte gegeneinander verschieben und passt dann den Kurs so an, dass das Ziel mit der Peilmarke in Deckung bleibt. Wandert das Ziel etwa gegenüber der Peilmarke nach rechts aus, so muss weiter nach links vorgehalten werden.

In der Praxis ist die Peilmarke oft ein Seezeichen im Wasser vor dem Ziel. Es kann aber auch z. B. eine Baumgruppe oder ein Windrad hinter dem Ziel sein – dann gilt die obige Regel umgekehrt.

Das Verfahren ist auch im Seekajakhandbuch beschrieben. Da dort aber ein Spezialfall und nicht die allgemeine Lösung vorgestellt wird, lege ich es hier nochmals dar.

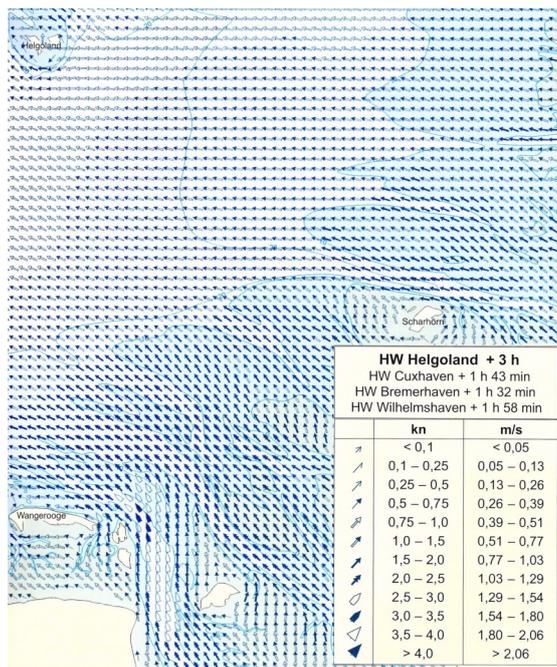
1.2 Einfaches Strömungsdreieck

Bei etwas längeren Querungen, etwa zu Zielen, in deren Sichtbereich keine Peilmarken existieren, sollte der Versatz durch die Strömung vorab anhand eines Strömungsdreiecks berechnet werden. Die Berechnung des einfachen Strömungsdreiecks setzt im Gegensatz zur nachfolgenden Kettenvektor-Methode einen konstanten Strom über die Dauer der Querung voraus.

Allen folgenden Anleitungen liegen zwei Annahmen zugrunde:

1. die lokale Missweisung ist so gering, dass sie vernachlässigt werden kann²
2. Querströmungen sind kleiner als die eigene Durchschnittsgeschwindigkeit, da andernfalls das Ziel auch durch Vorhalten nicht erreichbar wäre.

Zunächst ist der zugrunde liegende Strom zu bestimmen. Dazu haben wir üblicherweise vier Quellen:



Geographische Lage		GEZEITENSTRÖME bezogen auf HW HELGOLAND (A bis D) HW CUXHAVEN, STEUBENI				
		A	53° 58,2'N 8° 8,0'E		B	
Stromrichtung (Grad)	Geschwindigkeit (Knoten) zur Springzeit Geschwindigkeit (Knoten) zur Nippzeit	-6	325	0,5	0,4	285
		-5	040	0,4	0,2	285
		-4	089	1,1	0,5	106
		-3	097	1,6	1,0	105
		-2	103	1,4	1,1	105
		-1	107	1,1	0,8	105
		HW	106	0,7	0,5	105
		+1	041	0,1	0,1	105
		+2	297	0,8	0,5	289
		+3	294	1,3	0,8	286
		+4	296	1,3	0,8	285
		+5	303	1,0	0,7	285
		+6	315	0,7	0,5	285

• Gezeitenatlas in gedruckter Form

• Diamanten auf der Seekarte (nur sehr sporadisch angegeben)

• Online-Berechnungen des BSH³

• Online-Berechnung von Apps, z.B. NV-Charts (größer als die des BSH)⁴

Abbildung 1, BSH-Strömungsatlas (3h nach HW Helgoland) und Diamant auf Seekarte

¹ "meist": Siehe 2.2

² Also Kartenkurs = Kompasskurs. Zum Thema Missweisung und ihrer Berücksichtigung etwa hier: <https://www.swiftease.de/wattpaddler/missweisung>

³ https://www.bsh.de/DE/DATEN/Vorhersagen/Stroemungen/stroemungen_node.html, Achtung: Zeiten in UTC!

⁴ Die gängigen Apps mit guten Gezeitenmodellen (Windy, NV-Charts) zeigen diese in der Systemzeit des Telefons, also i.d.R. Ortszeit.

Bei den gedruckten Quellen ist jeweils zu berücksichtigen, ob eine Spring- oder Nipptide vorliegt. Die Angaben sind dementsprechend zu korrigieren. Der gedruckte Gezeitenatlas für die Deutsche Bucht etwa gibt den mittleren Strom an. Bei Nipp- bzw. Springtide ist von einem 10 % schwächeren bzw. stärkeren Strom auszugehen.

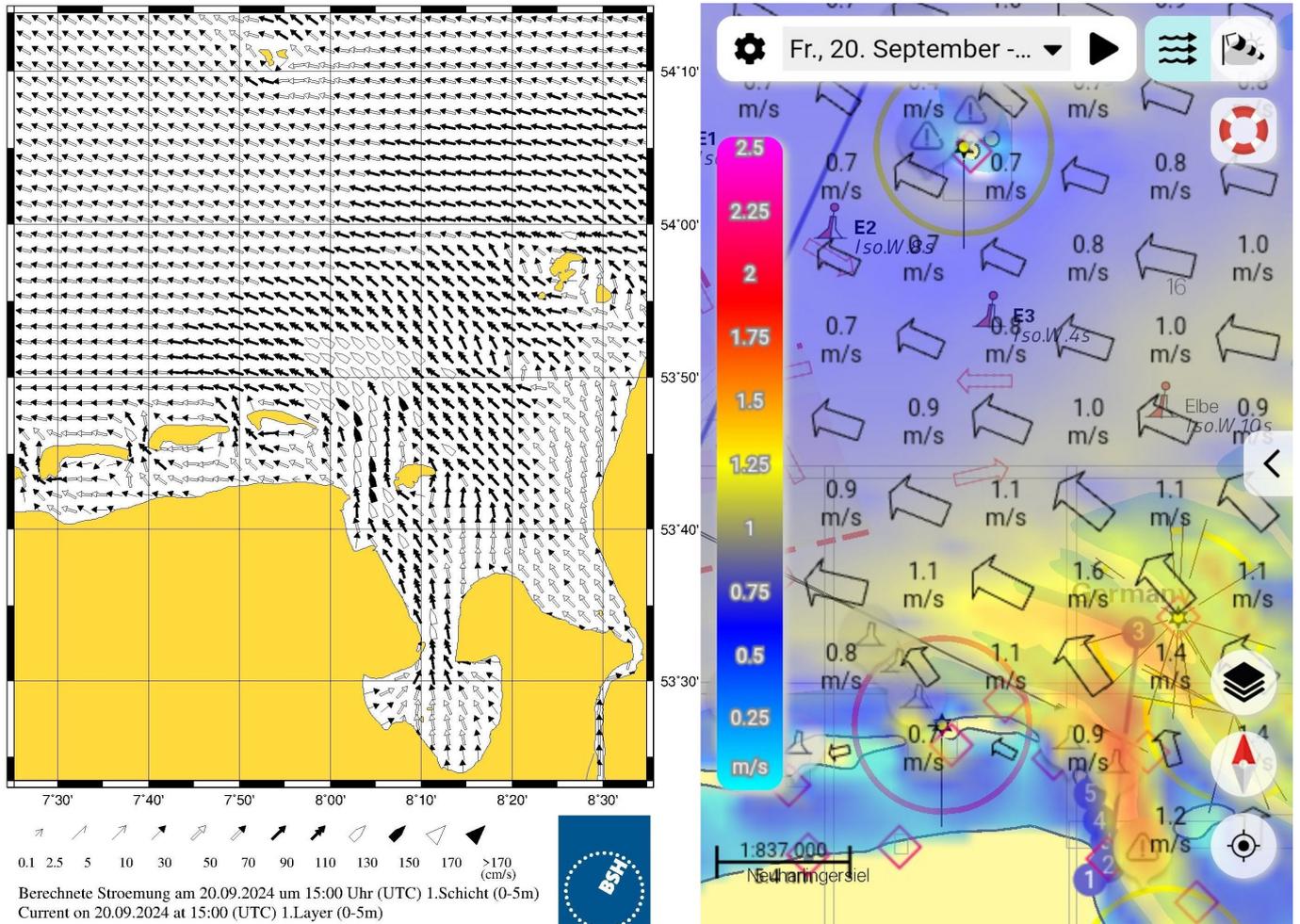


Abbildung 2, Online Berechnungen (BSH und NV-App), 3h nach HW Helgoland

Da die Online-Berechnungen nicht nur die jeweilige astronomische Tide, sondern auch kurzfristige Windeffekte berücksichtigen, liefern sie zwar die genauesten Angaben, liegen allerdings nur für einen Zeitraum von ca. 2 Tagen vor.

Berechnung des Vorhaltekurses über das einfache Strömungsdreieck:

1. Zeichne eine Basislinie vom Start bis über das Ziel hinaus.
2. Trage vom Start die Richtung der Strömung als Pfeil ein. Die Länge des Pfeils richtet sich nach Strömungsstärke und Länge der Tour: Eine 6 Seemeilen lange Querung bei 1,5 Knoten Strom bedeutet bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von 3 Knoten einen Pfeil mit 3 Seemeilen Länge.

3. Öffne einen Zirkel mit der Distanz vom Start zum Ziel, setze ihn in der Spitze des Strömungspfeils an und bestimme den Schnittpunkt mit der Basislinie. Dabei kann der Schnittpunkt auch hinter dem Ziel liegen.⁵
4. Zeichne eine Gerade von der Spitze des Strömungspfeils zum ermittelten Schnittpunkt und bestimme deren Winkel.

Beispiel:
Querung von 4,5sm Länge mit einem Strom in Richtung von 350° mit einer Stärke von 1kn. Bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 3kn ergibt sich eine Fahrzeit von rd. 1,5 Stunden. Damit hat der Stromvektor eine Länge von 1,5sm.

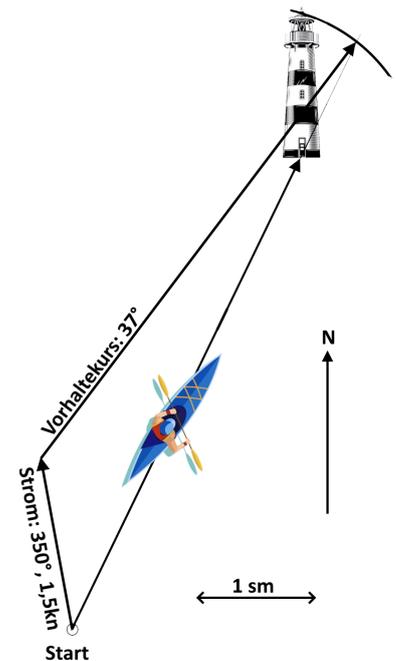


Abbildung 3, Einfaches Strömungsdreieck, Basislinie bis hinter das Ziel

⁵ Hierin liegt der Sonderfall des Seekajakhandbuches. Dort reicht die Gerade nur bis genau zum Ziel. Bei "Schiebestromung" könnte dann evtl. per Zirkelschlag kein Schnittpunkt bestimmt werden.

1.3 GPS-Methode

Auch ein GPS Gerät kann zur spontanen Bestimmung des Vorhaltewinkels eingesetzt werden. Ist ein Wegpunkt erstellt und die Wegführung dorthin aktiviert, leitet das Gerät auf dem kürzesten Weg bei konstantem KüG dorthin. Dazu muss bei Garmin-Geräten in der Reisecomputer-Ansicht das Feld "Kursänderung" angezeigt werden. Es zeigt nötige Kurskorrekturen nach rechts oder links und berücksichtigt dabei die Abweichung von der direkten Linie zwischen Start und Ziel, korrigiert also Abdrift durch Strom und Wind.⁶

Der Vorteil der GPS-Methode gegenüber einer Deckpeilung ist, dass sie auch ohne Hilfsziele oder bei unsichtigen Bedingungen (Nebel, Nacht) funktioniert.



1.4. Kettenvektor-Methode

Bei einer mehrstündigen Querung hat man es mit wechselnden Strömungsrichtungen und -stärken zu tun. Sogar ein Strömungswechsel (Tidenkipp) unterwegs ist möglich. Mit der Methode des einfachen Strömungsdreiecks ließe sich zwar für jede Stunde ein eigener Vorhaltkurs berechnen. Das würde jedoch zum einen auf der Querung Konzentration auf sich wechselnde Kurse erfordern und wäre zum anderen auch nicht so effizient, wenn es sich einander aufhebende Strömungsvektoren zu beiden Seiten der Basislinie gibt, wie im Beispiel unten.

Um einen optimalen, aggregierten Vorhaltkurs vom Start zum Ziel zu bestimmen, werden bei der Kettenvektor-Methode alle Strömungsvektoren am Start addiert und durch einen Gesamt-Vorhaltewinkel ersetzt. Dabei wird der Beginn des nächsten Strömungspfeils jeweils an die Spitze des vorhergehenden gezeichnet. Der aggregierte Vorhaltkurs

ergibt sich dann als Schnittpunkt der Gesamtstrecke von der Spitze des letzten Pfeils mit der Basislinie, wie beim einfachen Strömungsdreieck.

Beispiel: Bei einer vierstündigen Querung haben wir es mit diesen Strömungsrichtungen und -stärken zu tun:

Grad	Knoten
270	0,9
285	0,7
300	0,5
75	0,5

Wir gehen von einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 3kn aus. Der Kartenkurs zum Ziel ist 45°, wie lautet der aggregierte Vorhaltkurs?

Antwort: Er lautet 52°, Bestimmung wie folgt.

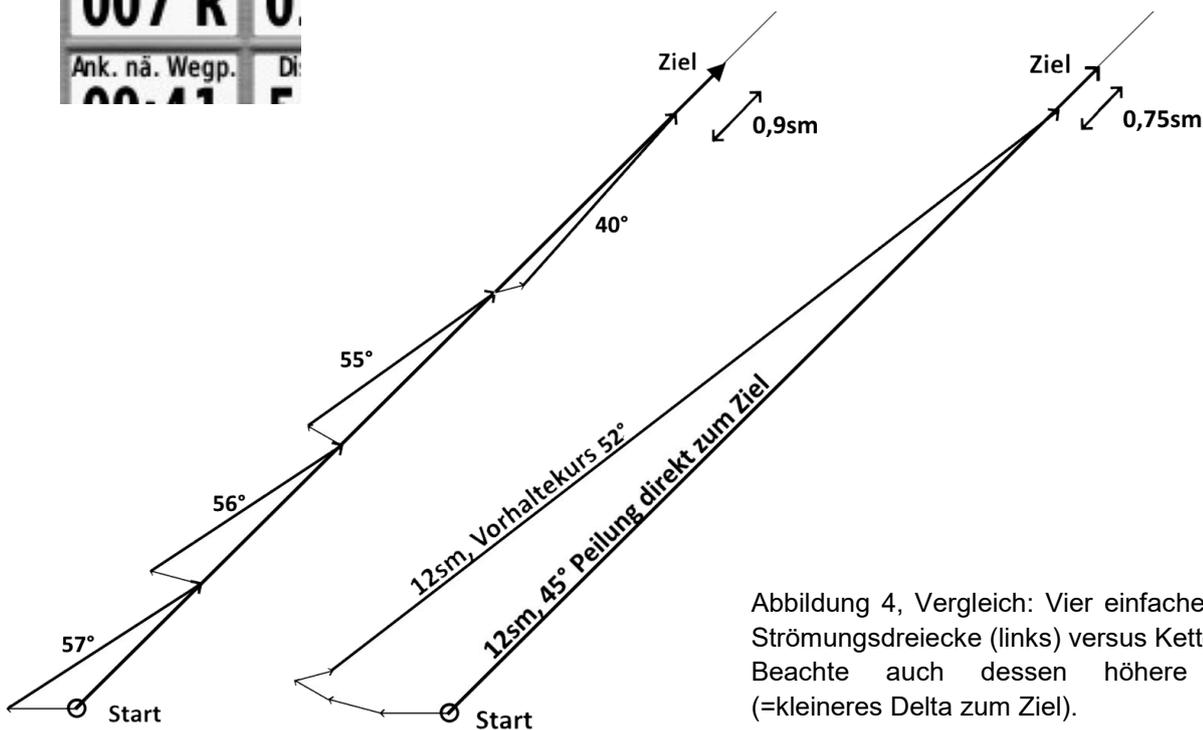


Abbildung 4, Vergleich: Vier einfache Stunden-Strömungsdreiecke (links) versus Kettenvektor. Beachte auch dessen höhere Effizienz (=kleineres Delta zum Ziel).

2. Querung OHNE Vorhaltewinkel

2.1. Tidenpendel-Methode

Es gibt eine einfache Methode bei längeren Fahrten im rechten Winkel (!) zur Strömung ganz ohne Vorhaltewinkel auszukommen. Dabei wird die Startzeit so geplant, dass der Tidenkipp auf der Hälfte

der Gesamtdistanz liegt. Bei einer Fahrt von Wangerooge nach Helgoland etwa kann so über die gesamte Strecke ein Nordkurs, also der Kartenkurs vom Start zum Ziel, gesteuert werden. Durch die Flut ergibt sich dann bis zum Tidenkipp

ein Versatz nach Osten, durch die Ebbe nach der Hälfte in etwa derselbe Versatz wieder nach Westen. Der gefahrene Track ist dann ein Bogen, der in etwa dem Buchstaben "C" ähnelt.

⁶Die Abweichung von der direkten Verbindungslinie wird als Querabweichung (engl. Cross-Track-Error oder "XTE") bezeichnet. Stellt das GPS eine Querabweichung fest, berechnet es einen Vorhaltkurs, der auf Grundlage der aktuellen Abdrift gerade zum Ziel führt. Ändert der Strom unterwegs seine Richtung, würde das GPS den Vorhaltkurs neu berechnen. Der gefahrene Track bekäme dann eine Kurve.

2.2 Gegenan-Methode

Ist die Querströmung sehr stark, die Distanz aber nicht weit, können wir eventuell Regionen mit nur schwacher Gegenströmung oder sogar Kehrwasser nutzen. Denken wir etwa an eine Querung eines Gatts zur dritten Stunde bei Springtide bei Ebbe. Wir wollen vermeiden, aus dem Gatt in den Bereich der vorgelagerten Riffe getrieben zu werden. Die Strömung kann im Zentralbereich so stark sein, dass sie unsere Bootsgeschwindigkeit übertrifft. Nach der obigen Annahme wäre eine Querung mit Vorhaltewinkel dann nicht mehr möglich. Die Strömung ist jedoch im Uferbereich meist deutlich geringer und eventuell können wir in Buchten oder hinter Buhnen sogar der Hauptströmung entgegen laufende Kehrwässer finden. Wir

können daher der Ebbe am Ufer relativ leicht eine gewisse Strecke entgegenpaddeln und die Strömung dann im rechten Winkel queren. Bei ausreichender Uferstrecke bringt uns die Abdrift auf der Querung dann in die Nähe des Ziels.

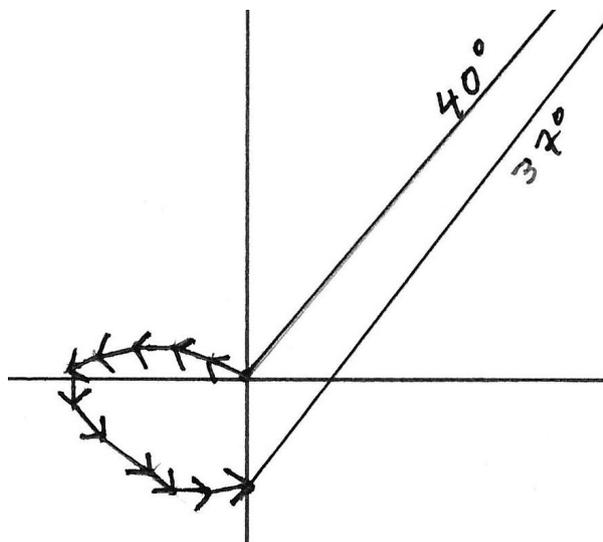
Beispiel: Im Gatt von 0,5sm Breite läuft in der Mitte ein Strom von ca. 6 Knoten. Da er zu den Ufern schwächer wird, kalkulieren wir grob mit einer mittleren Strömung von 3kn. Wir paddeln der Tide 1,5sm entgegen und queren dann rechtwinklig.

2.3 Ganze-Tide-Methode

Am Rande sei hier noch eine weitere Methode erwähnt, die ohne Berechnungen auskommt, die allerdings wohl nur für wenige Querungen eine Relevanz

haben dürfte. Sie lautet im Kern: "Länger paddeln". Bei einer Querung der Deutschen Bucht von Borkum nach Sylt in zwei Tagen hatte ich es mit Querungen von jeweils über 80 km zu tun, für die ich rund 11 Stunden veranschlagte. Da sich in diesem Zeitraum die Strömungsrichtungen einmal im Kreis drehen und damit fast vollständig gegeneinander aufheben, ist der Vorhaltewinkel praktisch zu vernachlässigen. Dies zeigt eine Skizze nach der Kettenvektor-Methode.⁷ Die resultierende Gesamtabweichung war in diesem Fall marginal.

Im Gegensatz zur Tidenpendel-Methode ist die Richtung der Strömung und die Abfahrtszeit egal.



Stunde	Richtung (°)	Stärke (Knoten)
1	295	1
2	290	1
3	270	1
4	255	1
5	240	0,7
6	180	0,7
7	140	1
8	125	1,5
9	130	0,7
10	90	0,7
11	80	1

Abbildung 5, Ermittelter Vorhaltkurs nach 11h, Kettenvektor Methode

3. Ergänzungen

3.1 Fehlerquellen

Es gibt zahlreiche Einflussfaktoren bei der Durchführung längerer Querungen:

- Abdrift durch Windeinfluss
- Strömungsangaben weichen von der aktuellen Situation ab: Angaben zur Strömung entstammen je nach Quelle mehr oder weniger engmaschigen Quellen (s.o.). Alle beruhen auf Modellrechnungen. Die Angaben gelten zunächst einmal nur für den Ort, an dem der Pfeil bzw. der Diamant

verzeichnet ist. Sie gelten also für einen Punkt, nicht für ein größeres Seegebiet. Zudem gibt es wettertechnische Änderungen: Länger anhaltender Wind kann sowohl Richtung als auch Stärke der Strömungen beeinflussen. Dies lässt sich gut in den Abweichungen der Online-Berechnungen zwischen unterschiedlichen Tagen zu jeweils gleichen Gezeiten-Abschnitten beobachten. Mit der Varianz der Strömungsangaben steht und fällt natürlich die Genauigkeit der Strömungsberechnung.

- Pausen: Kürzere Pausen sollten in der zugrunde gelegten Durchschnittsgeschwindigkeit (i.d.R. 3kn) mit einkalkuliert sein. Längere Pausen bedeuten jedoch einen eventuell nicht berücksichtigten Strömungsversatz. Bei mehrstündigen Querungen sollte unterwegs mit dem GPS immer wieder überprüft werden, ob die zugrunde gelegte Durchschnittsgeschwindigkeit in etwa eingehalten wird.
- Auf-das-Ziel zusteuern: Das Steuern eines Vorhaltewinkels kann bedeuten,

⁷ Der kreisförmige Verlauf des Kettenvektors entsteht dadurch, dass die ortsgebundenen Strömungspfeile sich über einen Bereich von 80km erstrecken, in dem die Strömung nach Norden abbiegt. Der Vollkreis wäre auch nach 12h nicht ganz geschlossen, da ich mit der Flutwelle fuhr. Damit verlängerte sich die "lokale" Flut um rund 2,5 Stunden.

eben nicht genau auf ein prägnantes Ziel, sagen wir einen Leuchtturm, zuzuhalten. Intuitiv könnten wir versucht sein, zu früh direkt Kurs auf das Ziel zu nehmen. Dies würde wieder zu einer Hundekurve führen.

- Bei der Tidenpendel Methode kann eine sog. Tidenkippsverschiebung dazu führen, dass die Gegenströmung erst deutlich nach der halben Wegstrecke einsetzt. Unter Tidenkippsverschiebung versteht man einen zeitlichen Versatz des Kenterns der Strömung nach einen Hoch- oder Niedrigwasser. Sie wird landläufig auch als Nachlauf bezeichnet und tritt besonders stark im Mündungsbereich der Flüsse auf.⁸

3.2 Hinweise

- Der einfachste Weg, die stundenweise vorliegenden Strömungsangaben für die Planung zu verarbeiten, besteht darin, den Start nach Möglichkeit so zu legen, dass er genau zwischen zwei Stundenangaben fällt.

Wenn die Angaben für HW, HW+1, HW+2 etc. also z. B. lokal auf 11:40 und 12:40, 13:40 fallen, startet man nach Möglichkeit um 10 Minuten nach voller Stunde. Dann gelten, für die jeweils folgenden Wegstunden, die angegebenen Richtungen und Stärken. Bei einem Start um 11:40 dagegen, müssten genau genommen die Angaben für die Wegstunden jeweils gemittelt werden aus den Angaben von 11:40 und 12:40, 12:40 und 13:40 usw.

- Um bereits bei der Planung einen Sicherheitspuffer einzubauen, kann der Vorhaltekurs zu einem Punkt etwas

stromaufwärts vom Ziel berechnet werden. Ergibt sich kein Versatz, kann zuletzt mit dem Strom zum Ziel abgelaufen werden.

- Kompass: zu oft, zu nah oder zu weit weg

Um Schwindel zu vermeiden, sollte der Kompass nicht zu oft bzw. zu lange fixiert werden. Besser ist es, möglichst fixe, temporäre Sichtziele zu identifizieren, wie etwa prägnante Wolken, Seezeichen, Windräder oder Sterne in der Nacht. Natürlich müssen diese immer wieder angepasst werden. Ist der Kompass zu weit vorne am Bug, kann jede Ablesung anstrengen. Ist er zu nahe am Cockpit kann durch häufiges Senken des Blickes Übelkeit auftreten.⁹ Ideal ist m.E. ein Kompass im mittleren Decksbereich, der eine so große Rose und große Ziffern hat, dass der gesteuerte Kurs mit einem Blick sofort erfasst werden kann. Gut geeignete Modelle sind der leider nicht mehr hergestellte Suunto Orca und der Silva 70 UNE, den ich ohne fest montierte Halterung fahre. Der UNE ist die Version des 70 UN mit Beleuchtung und damit auch auf Nachtfahrten sehr gut ablesbar.

- Bei mehrstündigen Querungen kann es erforderlich sein, den Vorhaltekurs unterwegs anzupassen, um Abdrift durch die o.g. Fehlerquellen zu kompensieren. Dazu müssen vorher die stündlichen Soll-Positionen berechnet werden. Zur Berechnung der Positionen am Ende jeder Stunde wird jeweils an die Spitze eines Stundenabschnitts des aggregierten Vorhaltekurses der jeweilige Strömungsvektor gezeichnet. Dessen Spitze gibt die jeweilige Position an. Um Positionen zu bestimmen, reicht natürlich eine Planskizze nicht aus. Die Kurse müssen in die Karte eingezeichnet werden:

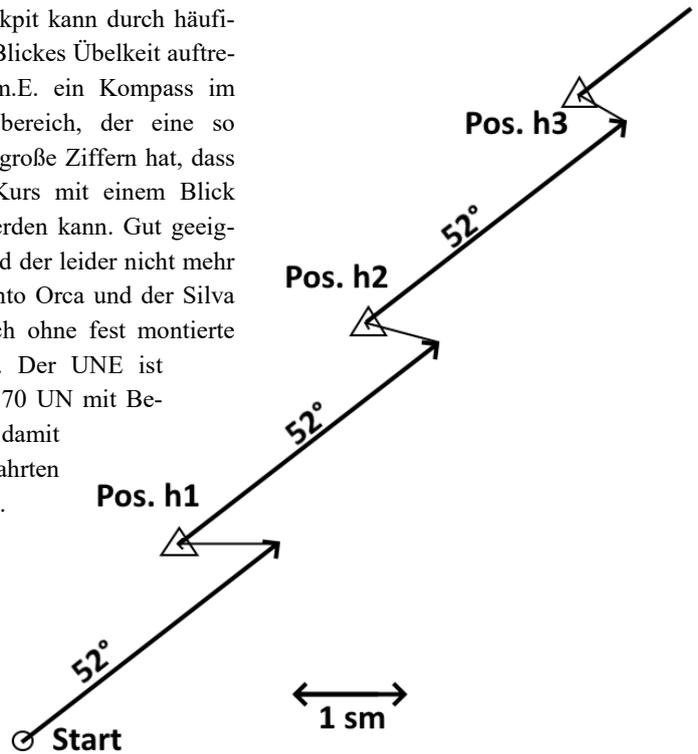


Abbildung 7, Positionen nach jeweils einer Stunde, am Beispiel aus Abbildung 4.



Abbildung 6, Silva 70 UNE mit selbstgebaute Halterung aus 2mm PE und Suunto Orca (beleuchtet)

Die so berechneten Positionen können dann entweder als Wegpunkte in das GPS einprogrammiert werden oder aber man setzt sie in Relation zum angesteuerten Ziel und notiert sich Entfernung und Peilung in einer Liste auf Deck. Durch Abgleich der tatsächlichen zur berechneten Position kann dann nach jeder Stunde der Vorhaltekurs intuitiv etwas angepasst werden. Ein rechnerisches Vorgehen zur Anpassung ist unterwegs weder sinnvoll noch erforderlich, da in der letzten Phase der Zielansteuerung kleinere Richtungskorrekturen akzeptabel sind.

⁸ Mehr dazu hier: <https://www.wattpaddler.de/tidenkipp>

⁹ Besonders Fahrten nach GPS sollten vermieden werden, da dieses meist noch näher am Cockpit gefahren wird als ein Deckskompass und es noch schlechter abzulesen ist. Besser: Mit GPS auf Kurs gehen, Kompass ablesen und dann nach diesem bzw. Sichtzielen steuern.