

Wind, Wasser und Wellen
Richtung und Stärke

Tactical Sailing[®]
Spiel gegen den Wind

Zusammenfassung – Wind, Wasser und Wellen



Das Segeln - speziell das Regattasegeln - ist eine faszinierende Sportart, die neben mentalem und physischem Training auch physikalisches Grundlagenwissen erfordert. Zentrales Element beim Segeln ist dabei immer der Wind, seine Richtung und Stärke - die **Bewegungsenergie**, die ein Boot antreibt.

Mit dem **Wind**, aus einer Richtung 360° und mit max. Geschwindigkeit von 8 Bft kommend, erreicht das Boot in Fahrrichtung vor dem Wind bis zu 80% seiner maximalen Geschwindigkeit in Richtung 180° . Dagegen kann das Boot bei Fahrrichtung gegen den Wind bei 45° bzw. 315° seine maximale Geschwindigkeit nur zu 59% erreichen; siehe geometrische Skizzen und das Polardiagramm in der Anlage.

Das **Wasser** – die Strömung – bewegt das Boot in eine bestimmte Richtung mit einer bestimmten Geschwindigkeit. **Strömung** – **Bewegungsenergie** - drückt das Boot **vor dem Wind** in Richtung 180° vor sich her und erhöht die Fahrtgeschwindigkeit. **Gegen den Wind**“ aber „**bremst**“ die Strömung das Boot in Richtung 315° / 45° . Beispiel: bei einer Strömung in Richtung 90° wird das Boot nach Lee gedrückt, es entsteht eine **Abdrift**“ nach Lee, siehe geometrische Skizzen.

Wellen entstehen durch Reibung zwischen Wind und Wasseroberfläche, sie transportieren Energie. Das Wasser einer **Welle wandert nicht**, sondern die Wellen übertragen ihre **Bewegungsenergie** auf die Wasseroberfläche. Die Wellenhöhe ist abhängig von der Windstärke, siehe geometrische Skizzen.

„Ein Windmuster wird definiert durch die Parameter Windstärke und Windrichtung in einem **räumlich zeitlichen Verlauf**“, so in „Die Geometrie des Regattasegelns“, von Tilo Schnekenburger beschrieben. Speziell dafür haben wir Übungen entwickelt, die zeigen, wie wichtig die aufmerksame Beobachtung des Windes ist. Um dieses Thema auch den Jüngsten im Segelsport möglichst gut verständlich nahezubringen, haben wir den „Opti“ mit einer Bootslänge von 2,30m als Berechnungsgrundlage und Messgröße für die rechnerische und grafische Darstellung von verschiedenen Situationen und Entscheidungsmöglichkeiten bei wechselndem Wind gewählt. Wir machen in den Übungen relativ einfach - nämlich mit Opti-Bootslängen - sinnvolle taktische Entscheidungen des Weges sichtbar und verdeutlichen so die entscheidende Rolle, die Winddrehungen auf dem Regattafeld spielen. Mit den Simulationen im Tactical Sailing Programm lassen sich für den Steuermann auf dem PC-Bildschirm die gleichen Situationen wie auf dem Wasser realitätsgerecht darstellen. Es wird nachfolgend speziell auf das Segeln mit verschiedenen Windstärken und unterschiedlichen Fahrrichtungen – nämlich „gegen den Wind“ und „vor dem Wind“ - eingegangen.



Siehe die nachfolgenden Skizzen und Video-Clips.

Einleitung - Wind, Wasser und Wellen



Als Ergebnis unserer Betrachtung über Wind, Wasser, und Wellen gibt es folgende wesentliche Erkenntnisse:

- Wind, Wasser und Wellen sind physikalisch als **Energie** zu betrachten und somit in ihrer Wirkungsweise zu analysieren.
- **Bewegungsenergie** in Richtung und Stärke kann man bei Wind, Wasser und Wellen beobachten, wie sie sich selbst - oder auch Objekte - bewegen. Diese Bewegungsenergie wird in geometrischen Skizzen gezeichnet.

In unserem **Tactical Sailing-Programm** zeigen wir mit **Simulationen**, aber auch **geometrischen Skizzen**, welche wichtige Rolle Wind, Wasser und Wellen im Segelsport spielen.

Wind mit Windfeldern aus verschiedenen Richtungen kommend und in unterschiedlicher Stärke, wird in verschiedenen Übungen in unserem Tactical Sailing-Programm simuliert. Dabei kann z.B. der Upwind mit Winddrehungen und Böen perfekt dargestellt werden, wie auch der Turbo Wind - zufällig um 30° pendelnd. Auch der Downwind ist ein Thema in den Simulationen; so werden verschiedene Entscheidungsmöglichkeiten und Situationen z.B. bei einem Zieher, Drücker und Leeboje mit Zone gezeigt. So werden in einer Simulation 2 Boote durch „Halsen“ gesteuert, Windrichtung und Windstärke werden dargestellt und die zurückgelegten Wegstrecken der 2 Boote werden verglichen. Wir können in unseren Übungen sogar den Wind bis zu einer Stärke von 8 bft darstellen und analysieren. In den Simulationen ist es möglich, Windfelder und Böen darzustellen und Situationen an Start und Ziel realitätsnah aufzuzeigen. Und es gibt bei Tactical Sailing auch taktische Tipps, wie man sich im Umgang mit Wasser, Wind und Wellen entscheiden sollte, z.B. für die linke oder rechte Seite oder für einen Zieher oder Drücker, um den optimalen Weg zum Ziel zu finden.

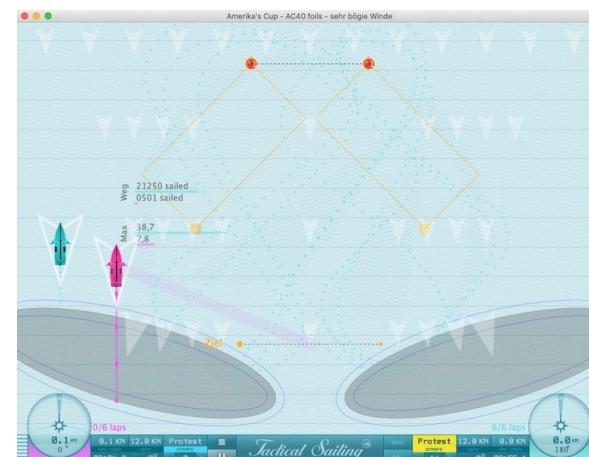
Wasser - die Strömung - in Fahrrichtung 180° „vor dem Wind“ macht hier das Boot schneller und ermöglicht dem Steuermann somit auch eine schnellere Umrundung der Boje in Lee. In Fahrtrichtung 315° / 45° „gegen den Wind“ wird das Boot in seiner Geschwindigkeit eher gebremst und es entsteht eine „Abdrift“ nach Lee, siehe geometrische Skizzen.

Wellen das Wasser einer Welle wandert nicht, sondern die Wellen übertragen ihre Bewegungsenergie auf die Wasseroberfläche.

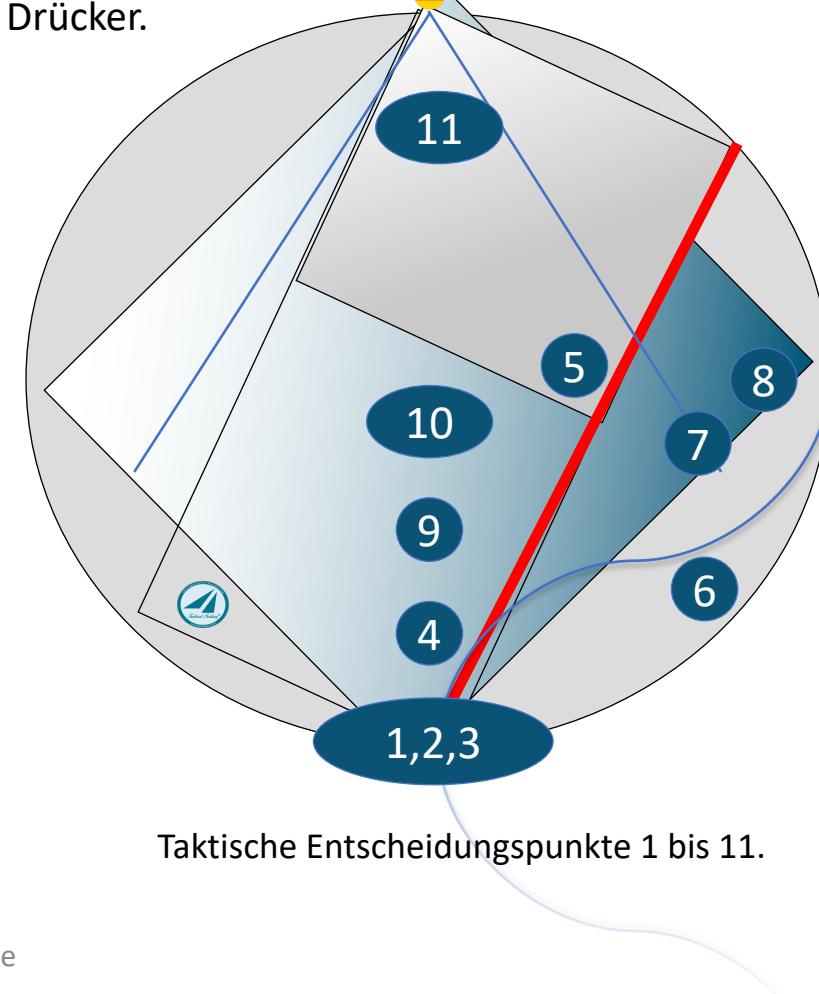


Strategie und Taktik – Wind, Wasser und Wellen

Simulation: mit dem Tactical Sailing Programm:



Geometrische Skizzen: Windrichtung 360° (geometrische Form) ein Quadrat. Windrichtung 330° (geometrische Form) ein Rechteck (rote Linie). Taktik: Linke / rechte Seite, Zieher / Drücker.



Taktische Entscheidungspunkte 1 bis 11.

Tactical Sailing – Simulationen „Gegen den Wind“

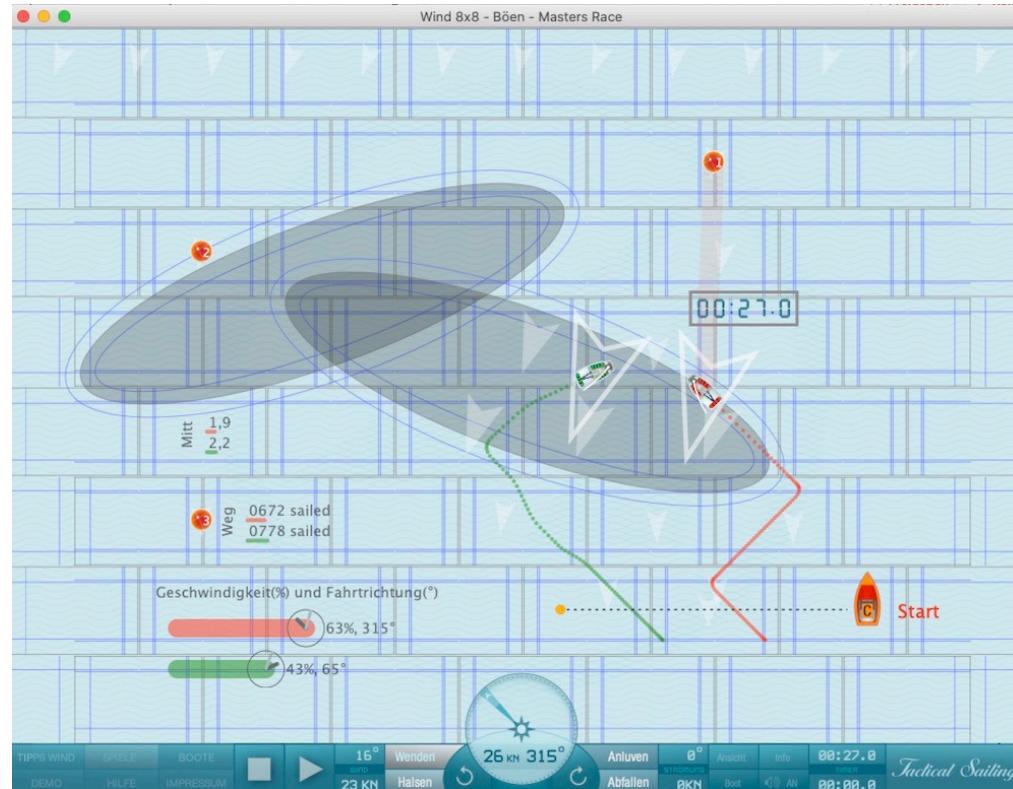


Übung: Gegen den Wind – Winddrehungen – Böen (Ellipse)

Richtung (Wenden), Stärke und Wegstrecke vergleichen

Ergebnis: Der optimale Weg zum Ziel.

Weg gesegelt: 778 – 672 = 106 (46 Bootslängen eines Opti)

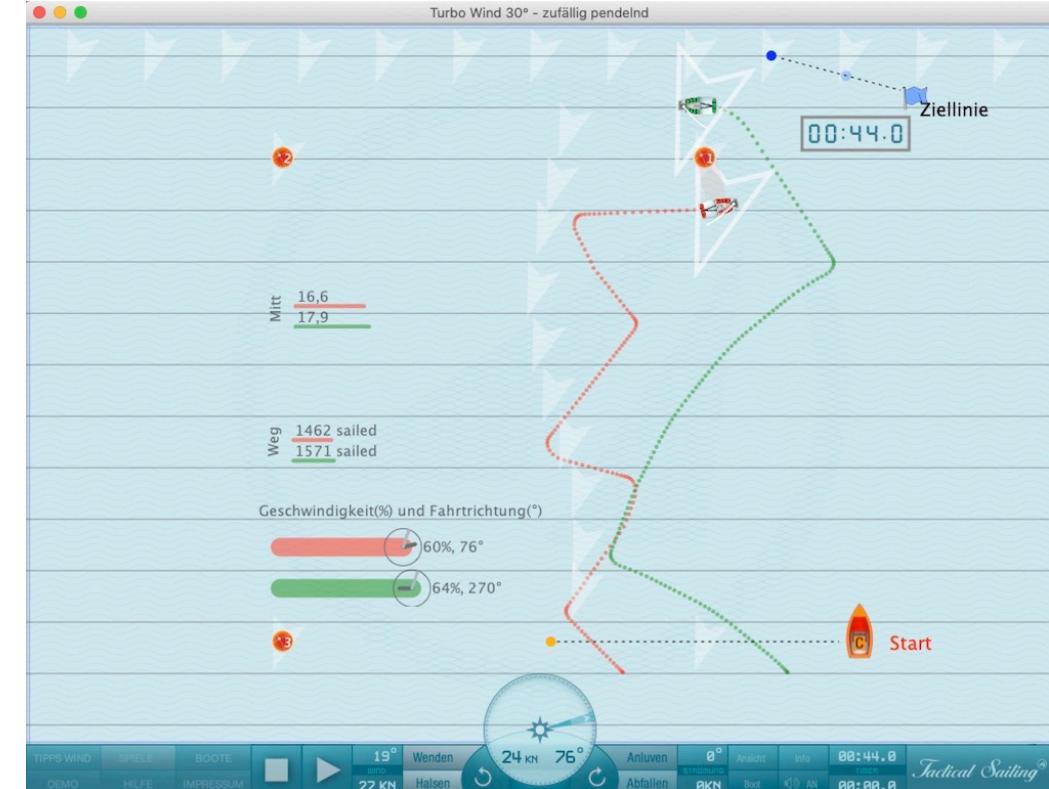


Übung: Turbo Wind - zufällig um 30° pendelnd,

Gegen den Wind – Richtung, Stärke und Wegstrecke vergleichen,

Ergebnis: Der optimale Weg zum Ziel.

Weg gesegelt: 1571 - 1462 = 109 (47 Bootslängen eines Opti)



Tactical Sailing – Simulationen „Vor dem Wind“

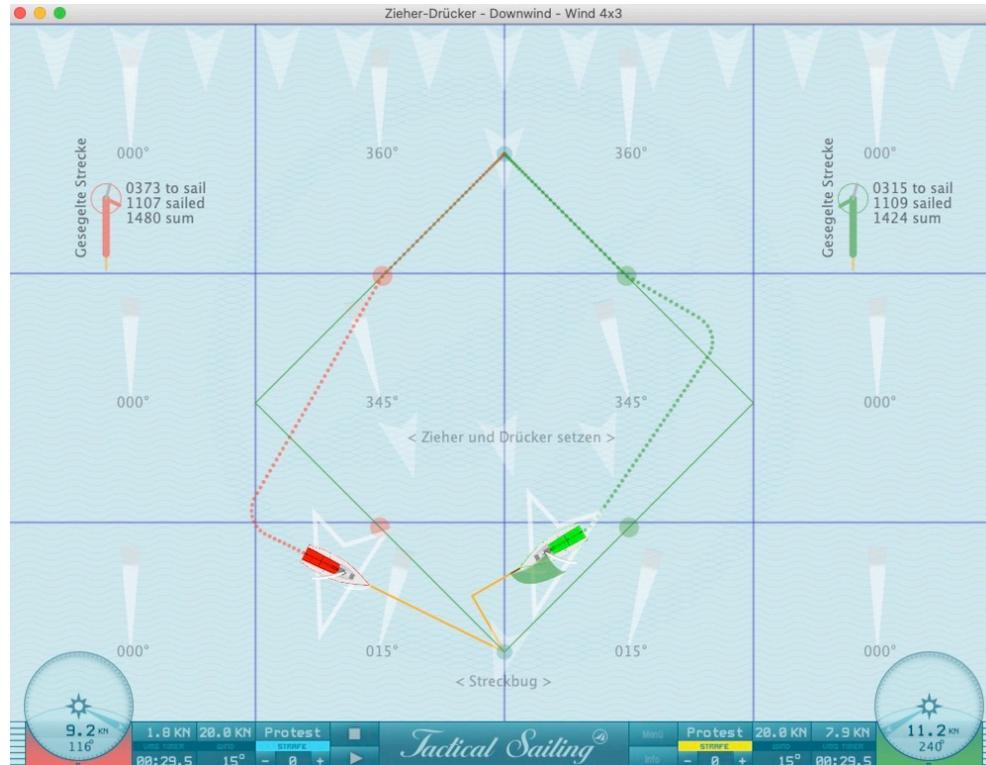


Übung: „Vor dem Wind“ – Zieher Drücker

2 Boote durch „Halsen“ steuern (Tasten: „R“ot und „G“rün)

Ergebnis: Der optimale Weg zur Leeboje

Weg gesegelt: $1480 - 1107 = 56$ (24 Bootslängen eines Opti)

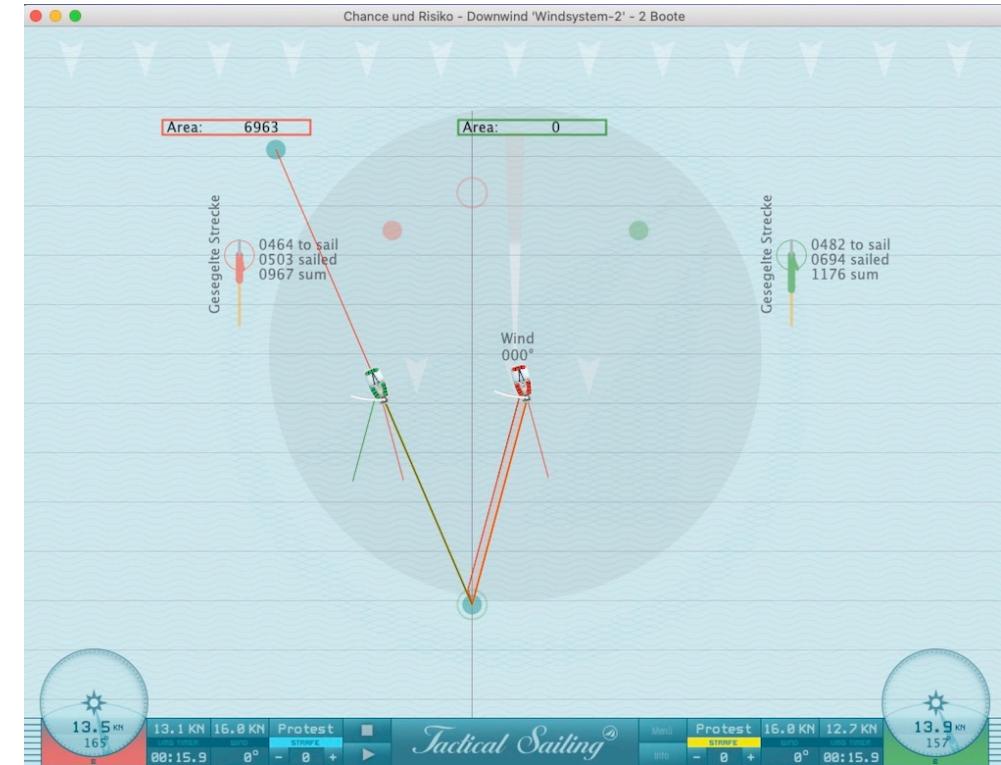


Übung: „Vor dem Wind“ „Leeboje“ – Zone

2 Boote durch „Halsen“ steuern (Tasten: „R“ot und „G“rün)

Ergebnis: Der optimale Weg zur Leeboje

Weg gesegelt: $694 - 503 = 191$ (83 Bootslängen eines Opti)



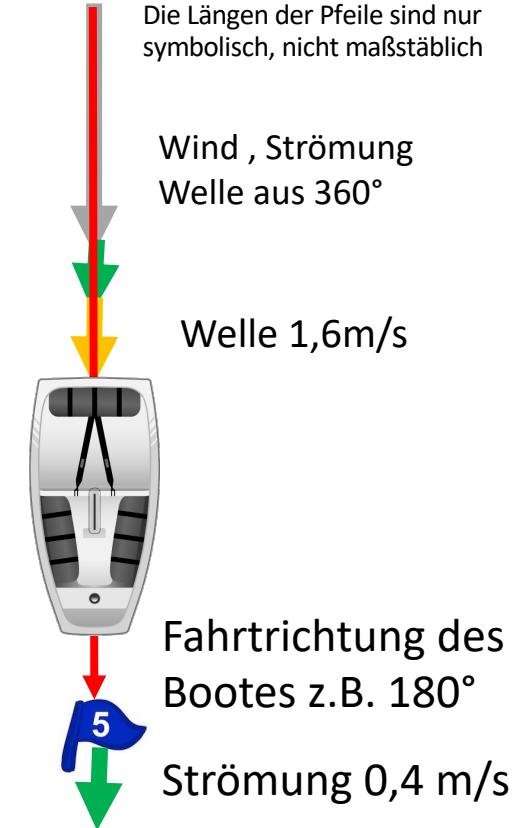


Geometrische Skizze: Beispiel Fahrtrichtung „vor dem Wind“ aus 360°

Die drei Elemente (Wind, Strömung, Welle) wirken als **Beschleunigungskraft** auf ein Segelboot, wenn sie aus derselben Richtung (rot) kommen, z.B. 360°.

In unserem Beispiel ist die **Fahrtrichtung** des Bootes „vor dem Wind“ in Richtung 180° die **rote Linie**. Die Ausgangskraft ist der Wind (grau), seine „Bewegungsenergie“ ist schneller als eine Strömung (grün), sie wird überlagert von Wellen (orange).

Die Längen der Pfeile sind nur symbolisch, nicht maßstäblich



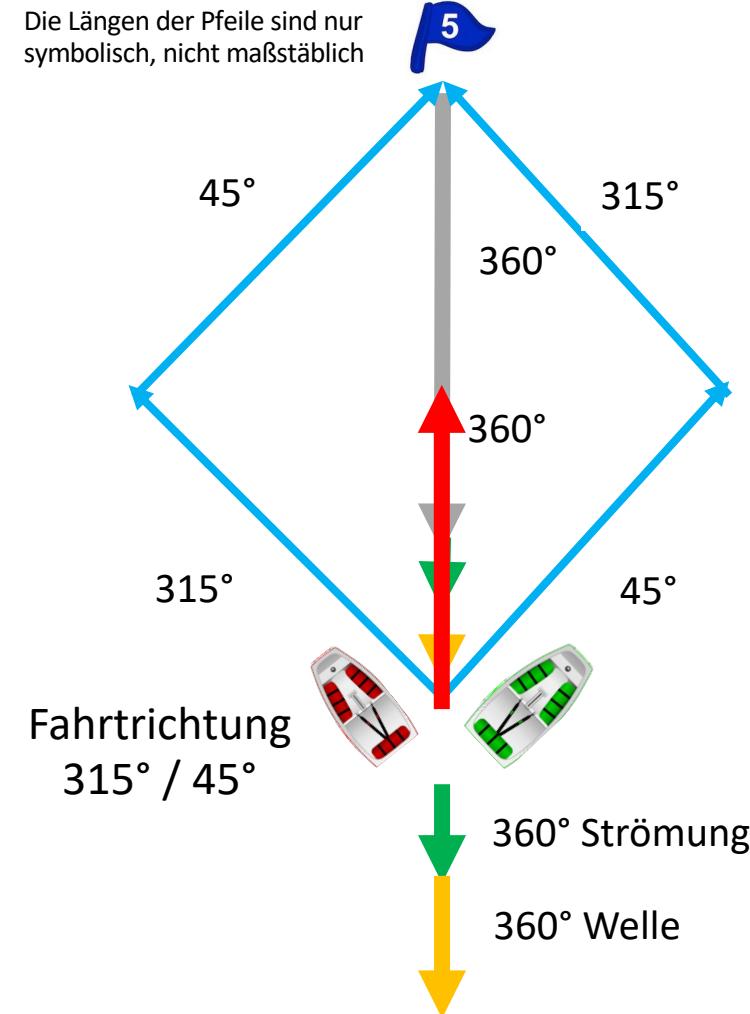
Geometrische Skizze: Beispiel Fahrtrichtung „gegen den Wind“ aus 360°



Der **Wind** wirkt als Antriebskraft auf ein Segelboot in Richtung $+315^\circ / 45^\circ$ zur Ansteuerung zu einer Boje (5), wenn er z.B. aus der Richtung 360° (grau) kommt. Aber auf dem Kurs „gegen Wind“ wirken **Strömung** und **Welle**, ebenfalls aus 360° kommend, in unserem Beispiel als „Drücker“ auf das Boot, es wird schneller nach Lee gedrückt.

Die **Fahrtrichtungen** der Boote sind zwar im Prinzip „gegen den Wind“ aus Richtung 360° (rote Linie), aber die **blauen Linien** (Laylines) zeigen die **Fahrtrichtungen** in Richtung $315^\circ/45^\circ$ an.

Die „**Beschleunigungskräfte**“ sind die **Windrichtung** und **Windgeschwindigkeit**, sie wirken auf die Segel wie eine „**Strömung**“ an der gewölbten Segelfläche entlang und „ziehen“ das Boot nach Luv. Die anderen beiden Kräfte - **Strömung** und **Welle** - „drücken“ und „schieben“ das Boot nach Lee in Richtung 180° .



Geometrische Skizzen: Beispiele Fahrtrichtung „vor dem Wind“ plus Strömungen



Wenn die drei Elemente (Wind, Strömung, Welle) nicht aus derselben Richtung kommen, ergibt die Fahrtrichtung eine andere Situation.

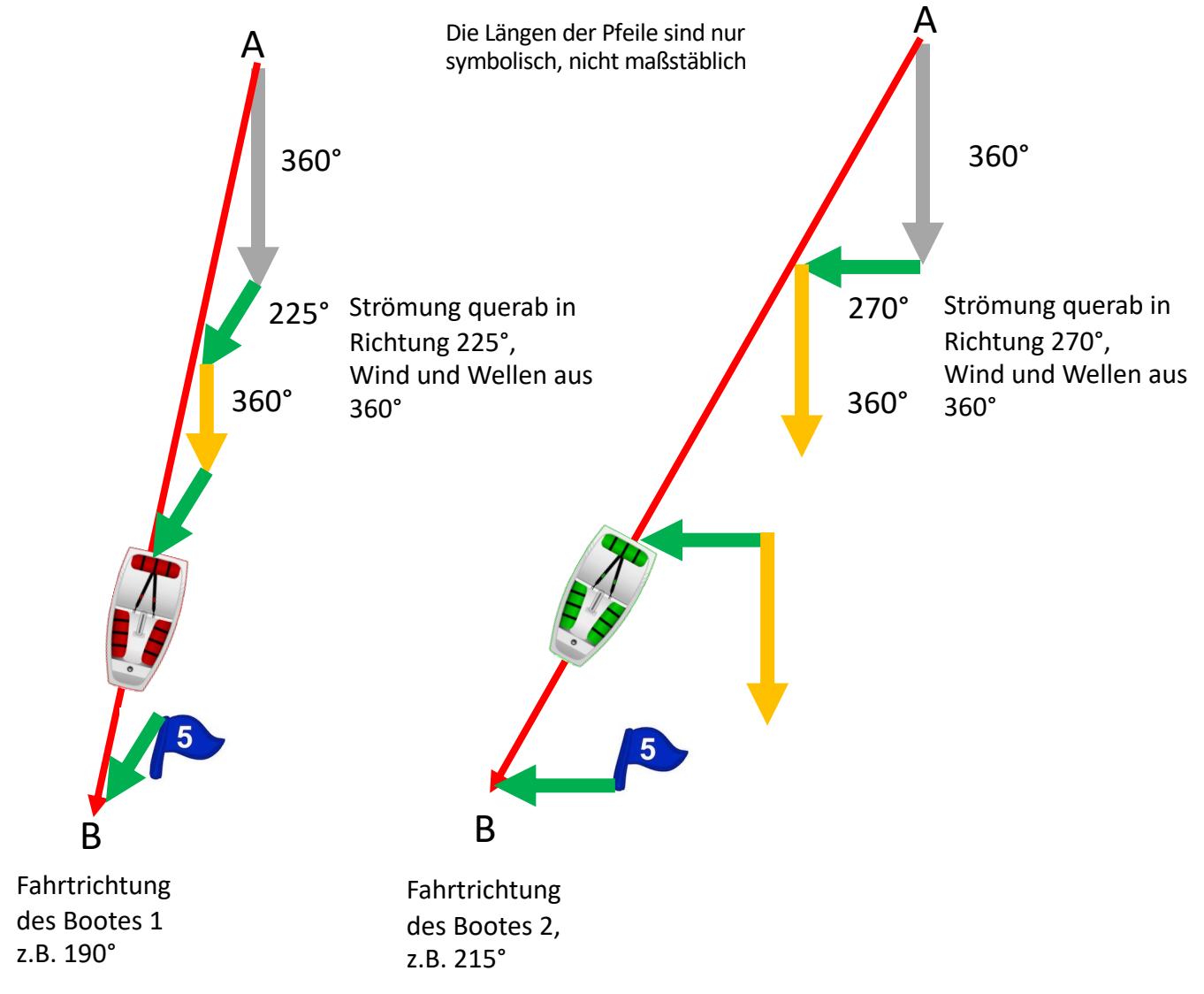
Die der Boote 1 und 2 ist zunächst „Downwind“, der **Wind** kommt aus 360° .

Eine Strömung kann die Fahrtrichtung als „**Abdrift**“ beeinflussen, sie fließt querab in Richtung 225° bzw.: 270° .

Die Richtung der **Wellen** kommen aus 360° , sie werden durch die Windrichtung bestimmt.

Die Summe der 3 Richtungen bestimmt die **Fahrtrichtung** der Boote 1 und 2 von A-B (rot),
Boot 1: 190°
Boot 2: 215°

Die **Abdrift** durch Strömung bewirkt unterschiedliche Fahrtrichtungen der Boote 1 und 2 zur Ansteuerung der Boje (5). Diese Situation erfordert vom Steuermann **taktische Überlegungen**, wie er die **Boje 5 in Lee** ansteuert, um sie unter Berücksichtigung der Strömung zu umrunden.



Geometrische Skizze: Das Prinzip der Fahrt- und Strömungsrichtung am Beispiel 90°

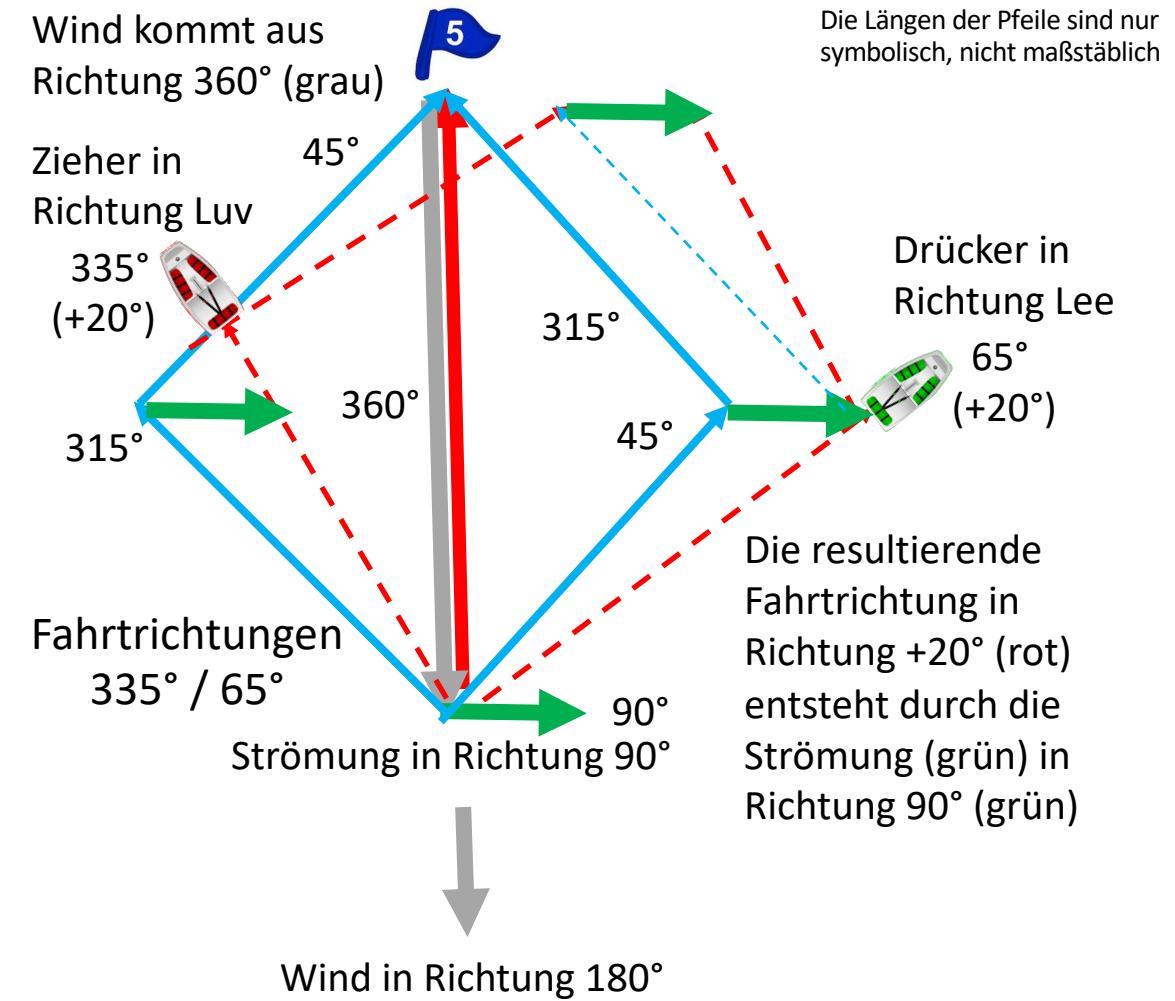


Die **Strömung** (dick grüne Linien) in unserem Beispiel fließt in **Richtung 90°** und das **grüne** Boot wird nach **Lee** (65°) gedrückt.

Das **rote** Boot dagegen wird in Richtung **Luv** (335°) gezogen, woraus es möglicherweise durch die Strömung sogar einen Vorteil ziehen kann.

Die **Fahrtrichtung** verläuft im Prinzip „gegen den Wind“ in Richtung 360° (dicke rote Linie), wobei die **blauen** Laylines ($315^\circ/45^\circ$) die Fahrtrichtungen **ohne Strömung** zeigen, die Fahrtrichtungen **mit Strömung** zeigen die **gestrichelten dünnen roten Linien** ($+20^\circ$).

Der Wind (grau) weht in Richtung 180° .



Geometrische Skizze: Beispiel der Wirkung der Strömung in Richtung 90°



Wind (180°) mit 12cm/s

Einfluss des Polardiagramms (%) bei einem Opti:

Boot (45°): $12\text{cm/s} * 59\% = 7,08\text{cm/s}$ laut Polardiagramm in Richtung 45°, also 7,08cm in 1 Sekunde von A1 nach C1.

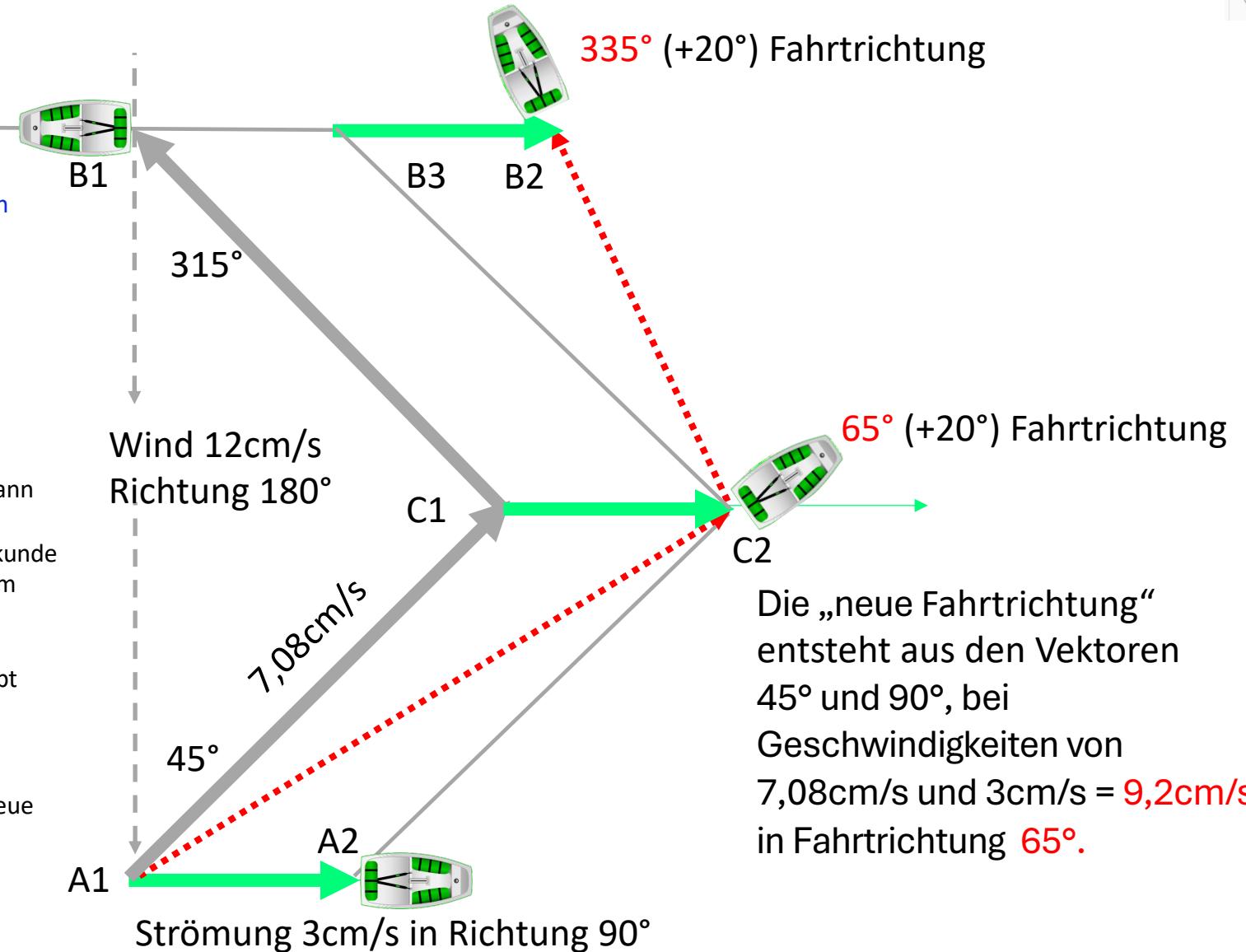
Boot (180°): $12\text{cm/s} * 82\% = 9,84\text{cm in 1 Sekunde von B1 nach A1.}$

Strömung (90°): $3\text{cm/s} * 100\% = 3\text{cm in 1 Sekunde von A1 nach A2, C1 nach C2 und B3 nach B2.}$

Wenn das Boot 1 Sekunde gefahren wäre in Richtung 45°, dann wäre es eine Strecke von 7,08cm, von A1 nach C1 gefahren. Die Strömung in Richtung 90° „treibt“ das Boot aber in 1 Sekunde in Richtung „65° und hat dabei eine Strecke von ca. 9,2cm am Punkt C2 erreicht.

Die Vektoraddition von 7,08cm/s (45°) plus 3cm/s (90°) ergibt eine neue Fahrtrichtung im Winkel von 65° und eine Geschwindigkeit von 9,2cm/s.

Gleiche Bedingungen ergeben sich nach der Wende in die neue Fahrtrichtung 335°. Danach aber von B2 nach B1 mit etwas reduzierter Geschwindigkeit Richtung 270°, wegen der „Gegenströmung“ ;-)





Anlagen

Erstelle Deine eigene Übung mit dem Tactical Sailing Programm
Liste der Links zu Video-Clips (youTube),
Download des TS-Programms mit Trainer Toolbox,
Programmbedienung zu Tactical Sailing (TS),
Literatur zur „Geometrie des Regattasegelns“
Quellen

Erstelle deine eigene Übung - Programmstart und Menüauswahl



Download des Programms www.TacticalSailing.com/de

Übung: Gegen den Wind – Winddrehungen – Böen (Ellipse)

Start: Tactical Sailing / Spiel gegen den Wind; Start: Tactical Sailing / Spiel gegen den Wind; Menü: Boote/Wähle Dein Boot/Optimist-Farbe; Menü: Spiele/Spiel gegen den Wind/Wind – 8x8 – Böen – Masters Race; Kommando: Play/Pause/Stop - Wenden

Übung: Turbo Wind - zufällig um 30° pendelnd

Start: Tactical Sailing / Spiel gegen den Wind; Menü: Boote/Wähle Dein Boot/Optimist-Farbe; Menü: Spiele/Turbulente Winde – 30° 40° 50°/Turbo Wind 30° - zufällig pendelnd, Kommando: Play/Pause/Stop - Wenden

Übung: Downwind „vor dem Wind“ – Zieher Drücker

Start: Tactical Sailing / Trainer Toolbox; Menü: Boote/Wähle Dein Boot/ J70 – Farben; Menü: Regattasegler/Zieher und Drücker/Zieher-Drücker – Downwind - Wind 4x3; Spielfelder: Ändere die Windrichtungen in den Wind-Regionen und erzeuge Zieher und Drücker; Kommando: Play/Pause/Stop – Steuere 2 Boote: Tasten „G und R“

Übung: Downwind „vor dem Wind“ „Leeboje“ – Zone

Start: Tactical Sailing / Trainer Toolbox; Menü: Boote/Wähle Dein Boot/ 2 Optis – Farben; Menü: Experte/Chance und Risiko - Downwind - 2 Boote; Spielfeld: Ändere die Windrichtung und – stärke; Kommando: Play/Pause/Stop – Steuere 2 Boote: Tasten „G und R“

Siehe ggf. die ausführliche Hilfe im Programm und in der TS-Dokumentation „Trainer Toolbox“

[Trainer Toolbox](#)

[Wind-Wasser-Wellen](#)



Programmstart Tactical Sailing

Liste auf kostenlose Video-Clips bei YouTube,
Dokumentation zu Tactical Sailing (TS),
und Literatur zur Geometrie des Regattasegelns



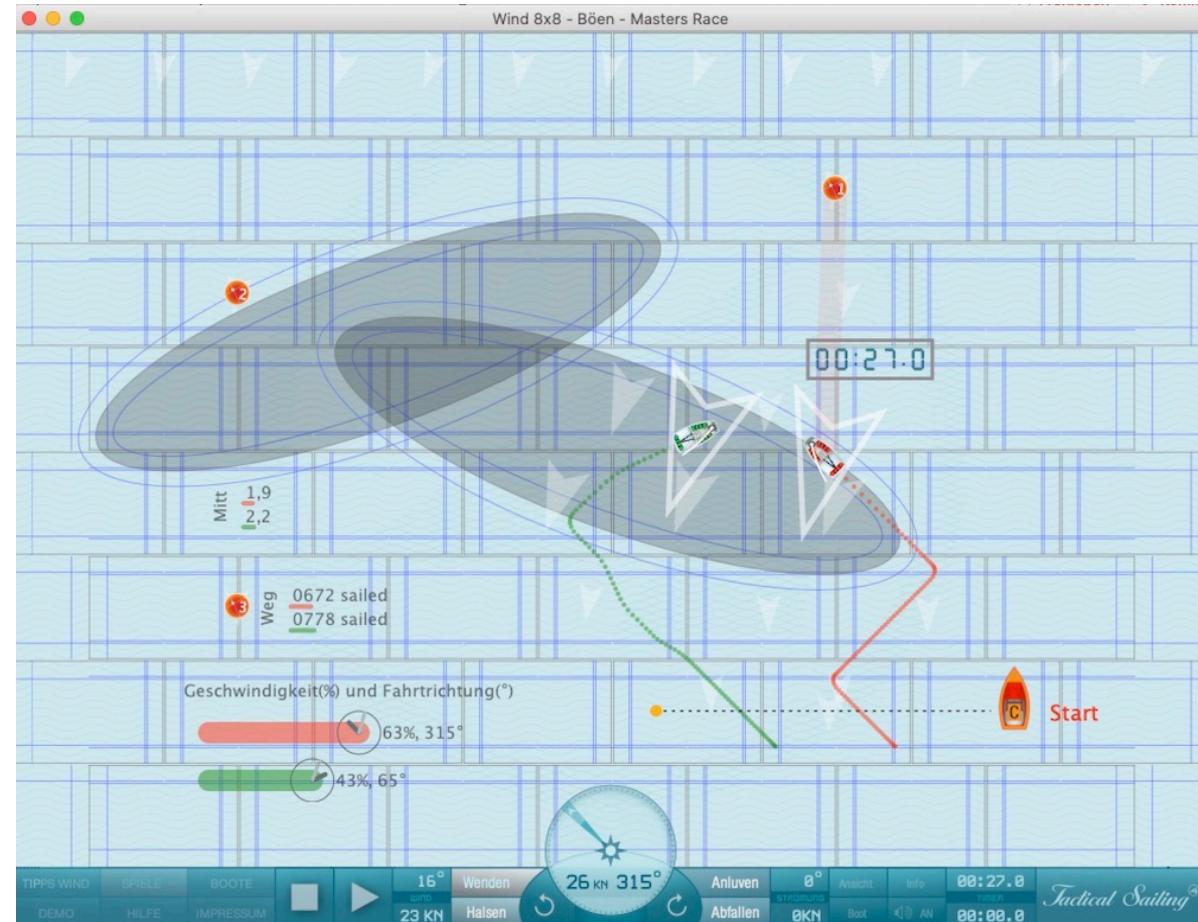
Liste bei YouTube mit Video Clips: [Play List Klick hier](#).

Download des **Tactical Sailing** Programms incl. Trainer Box
auf der TS-Webseite: [klick hier](#).

Programmbedienung, klick hier [Tactical Sailing](#)

Literatur: Autor Tilo Schnekenburger,
„Die Geometrie des Regattasegelns“,
Geometrische Tools für Strategie und Taktik beim
Regattasegeln. ISBN: 97 83 75 83 70 700.
Siehe die Webseite:

www.schnekenburger.click



Übung: Gegen den Wind – Winddrehungen – Böen (Ellipse)

Quellen



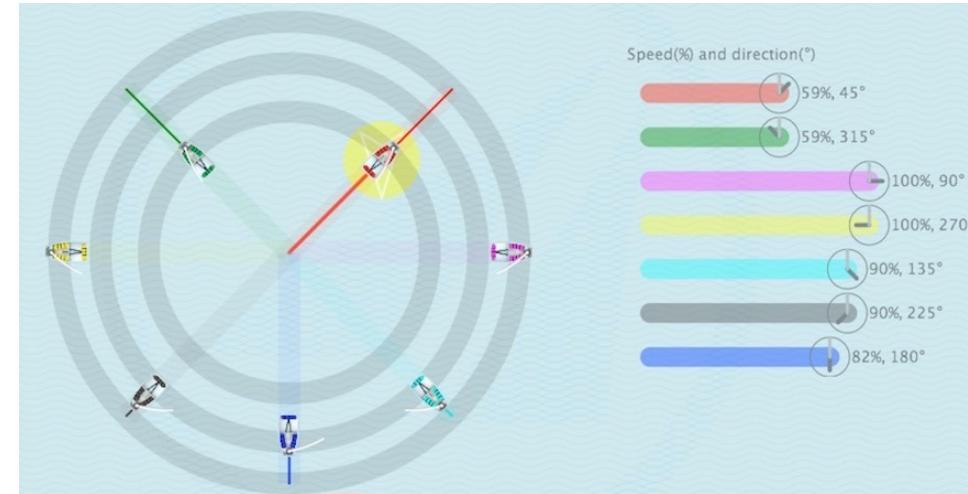
Polardiagramm der Geschwindigkeiten des Optis im 360° Kreis:

Gegen den Wind 315/45°	59 %
Raumschots 270/90°	100 %
Halber Wind 225/135°	90 %
Vor dem Wind 180°	82 %

Berechnungen bei ChatGPT Fahr* recherchiert anhand von Beispielen:

Physikalische Fakten zu Wind, Wasser, Strömung und Wellen, Boot z.B.:

- Wind 11 m/s (40 km/h, 6 Bft)
- Wasser 2 m/s (7,2 km/h, 2 Bft)
- Strömung 0,4 m/s (1,5 km/h, Wirbel)
- Welle 1,6 m/s (6 km/h, kleine Welle)
- Bootslänge eines Opti 2,30 m



Fotos Tactical Sailing von Jollen Meisterschaften

SailGP – Regatta und Team Fotos von Felix van den Hövel

Literatur: „Die Geometrie des Regattasegeln“

Autor Tilo Schnekenburger.

Geometrische Tools für Strategie und Taktik beim Regattasegeln. ISBN: 97 83 75 83 70 700.

3. Auflage 2024. Siehe die Webseite:

www.schnekenburger.click

Kontakt: schnekenburger@segelverband-bw.de

Programm: „Tactical Sailing - Toolbox (TS)“

Eine Simulation von Wind, Windgeschwindigkeit -dreher und Böen zeigen die Szenen im Tactical Sailing Programm (TS). Das TS-Programm mit einer „Trainer Toolbox“ ausgestattet bietet flexible Möglichkeiten zum Erlernen und Trainieren, um den Wind optimal zu nutzen.

Die Parameter Windgeschwindigkeit -dreher, Wendepunkte, Bootswahl und Geschwindigkeiten, sowie das Anzeigen der Berechnungen der Fahrwege können individuell gewählt werden.

Wähle zur **Bestellung** des Programms für **Windows- und Mac PCs** folgende Webseite, [klick hier](#).

Eine ausführliche Beschreibung der „Trainer Toolbox“ steht in der Dokumentation, [klick hier](#).

Siehe Video-Clips auf YouTube: [Playlist klick hier](#).

Kontakt: office@TacticalSailing.de