

Ralf Brauner | Boris Herrmann | Hans-Jörg Nafzger

# Wetter auf See



gefördert durch die Kreuzer-Abteilung  
des Deutschen Segler-Verbandes

DSV-VERLAG

Ralf Brauner • Boris Herrmann • Hans-Jörg Nafzger

# Wetter auf See

DSV-**VERLAG**

## Die Autoren



**Ralf Brauner**, geb. 1964, studierte Meteorologie und Ozeanographie, arbeitete eine Zeitlang als Berufsskipper und nahm an großen Regatten teil, wie etwa am Whitbread Round the World Race, an der Atlantic Rallye for Cruisers (ARC) sowie an den Nordatlantik-Regatten DCNAC 2003 und BLUE Race 2007. Während seiner Arbeit als Meteorologe beim Deutschen Wetterdienst in Hamburg war er auf Forschungsschiffen weltweit im Einsatz und ist aus zahlreichen, monatelangen Aufenthalten auf der Forschungsstation „Neumayer“ auch bestens mit dem Wetter der Antarktis vertraut. Seit 2009 ist er Professor für Maritime Meteorologie und Informatik am Fachbereich Seefahrt der Jade Hochschule in Elsfleth. Er ist Autor und Mitautor mehrerer Sachbücher sowie ständiger Redakteur nautischer Publikationen.



**Boris Herrmann**, geb. 1981, studierte Ökonomie und ist als Einhandsegler wie als Mitglied von Crews in zahlreichen Regatten unterwegs. Als Extremsegler und Profiskipper hat er sich international einen Namen gemacht. Neben zahlreichen nationalen und internationalen Erfolgen im 505er war er unter anderem jüngster Teilnehmer des Minitransat 2001, errang den 2. Platz bei der Einhand-Transatlantikregatta The Artemis Transat 2008 und gewann zusammen mit Felix Oehme das Portimão Global Ocean Race 2009. Er umsegelte mehrfach die Welt und setzte sich dabei intensiv mit dem Wetter auseinander. Insbesondere ist er damit vertraut, Wetterdaten zusammen mit Software taktisch beim Regattasegeln einzusetzen, was ihn immer häufiger an Bord von Regattayachten als „Wetternavigator“ bringt.



**Hans-Jörg Nafzger**, geb. 1965, durchlief auf seinem Weg zum Berufsseemann alle Stationen – beginnend beim Schiffsmechanikerbrief bis hin zum Kapitänspatent auf großer Fahrt. Segelreisen unternahm er vom Jollenkreuzer bis zum Großsegler und betrieb während seiner Zeit im Management einer britischen Reederei aktiv Regattasegeln an der Südküste der britischen Inseln. Seit 1999 ist er Professor am Fachbereich Seefahrt der Jade Hochschule in Elsfleth und beteiligt sich regelmäßig an den mit einem Traditionssegler durchgeführten Ausbildungsreisen. Er ist Mitglied im Lenkungsausschuss für den Sportsee- und Sporthochseeschifferschein nach der Sportseeschifferscheinverordnung.

## Matrix für Nutzerprofil

Themenbereiche	Grundgrößen	Hoch- u. Tiefdruckgebiete	Lokale u. regionale Wetter	Tropen und Polarregionen	Seegang u. Meeresströmungen	Wetterinformationen	Planung	Regatta
<b>Nutzerprofile</b>								
Jollensegeln auf geschützten Gewässern	○	●	●	○	○	○	○	○
Tagestörn (Daysailing)	○	●	●	○	●	●	●	○
Mehrtägige Törns	●	●	●	○	●	●	●	○
Mehrwöchiger Segelurlaub	●	●	●	○	●	●	●	○
Ozeantörn	●	●	●	●	●	●	●	○
Weltumsegelung	●	●	●	●	●	●	●	○
Kurzstreckenregatta	○	●	●	○	●	●	●	●
Küstennahe Regatta	●	●	●	○	●	●	●	●
Off-Shore-Regatta	●	●	●	●	●	●	●	●
Traditionsschiffe	●	●	●	●	●	●	●	○
Mega-Yachten	●	●	●	●	●	●	●	○
Nautiker (STCW II/2 und II/1)	●	●	●	●	●	●	●	○
SKS-Vorbereitung	●	●	●	○	●	●	●	○
SSS-Vorbereitung	●	●	●	○	●	●	●	○
SHS-Vorbereitung	●	●	●	●	●	●	●	○
Vorbereitung Trainer/Lehrer A-B-C	●	●	●	○	●	●	●	●
<b>Reviere</b>								
Binnenreviere	○	○	●	○	○	●	○	○
Flussmündungen, Strandnähe	●	●	●	○	○	●	○	○
Küstennahe Reviere	●	●	●	○	●	●	●	○
Küstenferne Reviere	●	●	●	○	●	●	●	○
Ozeane, weltweite Fahrt	●	●	●	●	●	●	●	○

- unbedingt
- zu empfehlen
- optional

## Inhalt

■	<b>Die Autoren</b> .....	5	■	3.4.4 Frontgewitter .....	72
■	<b>Matrix für Nutzerprofil</b> .....	6	■	3.4.5 Blitz und Donner .....	74
■	<b>Einleitung</b> .....	10	■	3.5 Tornados .....	76
<b>1</b>	<b>Klima und Zirkulation – Grundgrößen</b> .....	11	■	3.6 Wasserhosen .....	76
■	1.1 Wettergeschehen und Klima .....	12	■	3.7 Regionale Windsysteme .....	78
■	1.2 Luftdruck .....	14	■	3.7.1 Hintergrund .....	78
■	1.3 Wind .....	18	■	3.7.2 Hangwindzirkulation .....	78
■	1.4 Lufttemperatur .....	23	■	3.7.3 Berg-Tal-Windsystem .....	79
■	1.5 Luftfeuchte .....	24	■	3.7.4 Föhn .....	79
■	1.6 Nebel .....	25	■	3.7.5 Katabatische Fallwinde .....	80
■	1.7 Wolken .....	26	■	3.8 Regionale Winde im Mittelmeerraum .....	80
<b>2</b>	<b>Tief- und Hochdruckgebiete</b> .....	33	■	3.8.1 Mistral .....	81
■	2.1 Lebensweg der Tiefdruckgebiete .....	34	■	3.8.2 Bora .....	81
■	2.1.1 Welle .....	36	■	3.8.3 Etesien bzw. Meltemi .....	83
■	2.1.2 Ideales Tief .....	37	■	3.8.4 Scirocco .....	84
■	2.1.3 Beginnende Okklusion/Okklusion .....	38	■	3.9 Ausgewählte weitere regionale Winde .....	85
■	2.2 Wettergeschehen um ein ideales Tief .....	41	■	3.9.1 Tehuantepecer und Papagayo .....	85
■	2.3 Trog .....	44	■	3.9.2 Pampero .....	85
■	2.4 Randtief .....	45	■	3.9.3 Southerly Buster .....	85
■	2.5 Teiltief .....	47	■	3.9.4 Fremantle Doctor .....	85
■	2.6 Hochdruckgebiete .....	48	■	3.9.5 Santa Ana Wind .....	86
<b>3</b>	<b>Lokale und regionale Wetterereignisse</b> .....	51	<b>4</b>	<b>Wetter der Tropen und Polarregionen</b> .....	87
■	3.1 Landwind und Seewind .....	52	■	4.1 Intertropische Konvergenzzone (ITC) .....	88
■	3.2 Lokale Windmuster .....	56	■	4.2 Passate .....	89
■	3.2.1 Windbänder und Böen .....	56	■	4.3 Monsunzirkulation .....	90
■	3.2.2 Wolkenwinde .....	60	■	4.4 Easterly Wave .....	91
■	3.2.3 Konvergenz und Divergenz .....	62	■	4.5 Tropische Wirbelstürme .....	92
■	3.3 Einfluss der Topografie .....	63	■	4.5.1 Entstehung .....	92
■	3.3.1 In Lee eines Hindernisses .....	64	■	4.5.2 Anzeichen für die Annäherung eines tropischen Wirbelsturms .....	94
■	3.3.2 Düseneffekt .....	66	■	4.5.3 Jahreszeitliches Auftreten und Zugbahnen .....	94
■	3.3.3 Küstenführung .....	66	■	4.5.4 Warnungen vor Wirbelstürmen .....	97
■	3.3.4 Kapeffekt .....	67	■	4.5.5 Ausweichmanöver vor tropischen Wirbelstürmen .....	98
■	3.4 Gewitter .....	67	■	4.6 Wetter der Polarregionen .....	100
■	3.4.1 Entstehung von Gewittern .....	67	■	4.6.1 Polar Lows .....	101
■	3.4.2 Aufbau einer Gewitterzelle .....	69	■	4.6.2 Katabatische Winde .....	101
■	3.4.3 Luftmassengewitter .....	70	■	4.6.3 Meereis und Eisberge .....	102
			■	4.6.4 Schiffsvereisung .....	106

<b>5 Seegang und Meeresströmungen</b> .....	109		
■ 5.1 Seegang .....	110	■ 6.4.5 Weltempfänger, Seefunkanlage, SSB (Amateurfunkanlage) .....	144
■ 5.1.1 Seegang – Beobachtung auf See .....	110	■ 6.4.6 NAVTEX/EGC .....	145
■ 5.1.2 Seegang: Windsee und Dünung .....	114	■ 6.4.7 RTTY .....	145
■ 5.1.3 Modifikation des Seegangs durch Wassertiefe und Strömungen .....	117	■ 6.4.8 Wetterfax .....	145
■ 5.1.4 Vorhersagen des Seegangs .....	119	■ 6.4.9 Kombination von Weltempfänger und PC .....	146
■ 5.2 Meeresströmungen .....	120	■ 6.4.10 SkyEye .....	146
■ 5.3 Wasserstand und Strömungen .....	122	■ 6.4.11 Satellitensysteme für mobiles Internet auf See .....	147
■ 5.3.1 Nordsee .....	122	■ 6.5 Hinweise zur datensparenden Internetnutzung an Bord .....	147
■ 5.3.2 Ostsee .....	123	■ 6.6 Nachschlagewerke für Wetter- informationen .....	148
<b>6 Wetterinformationen</b> .....	127	■ 6.7 Externe Routen- und Törnberatung .....	148
■ 6.1 Wettervorhersage: Entstehung und Verlässlichkeit, Ensemblevorhersage .....	128	<b>7 Törnplanung</b> .....	149
■ 6.2 GRIB-Daten .....	133	■ 7.1 Klimanavigation .....	150
■ 6.2.1 Charakteristiken von GRIBs .....	133	■ 7.2 Witterungsnavigation/Wetterrouting .....	151
■ 6.2.2 GFS-Modell .....	135	■ 7.3 Wetternavigation .....	153
■ 6.2.3 ECMWF-Modell .....	135	■ 7.4 Praxisbeispiele Tagestörn .....	154
■ 6.2.4 Strömungen .....	135	■ 7.4.1 Nordsee (Weser/Nordsee/ Wattenmeer) .....	154
■ 6.2.5 Seegangs-GRIB .....	135	■ 7.4.2 Mittelmeer (Sardinien/Korsika) .....	155
■ 6.2.6 Akquirieren und Darstellen von GRIB-Daten .....	135	■ 7.5 Praxisbeispiele mehrtägiger Törn .....	157
■ 6.3 Wetterinformationen im Internet .....	138	■ 7.5.1 Ostsee .....	157
■ 6.3.1 Wetterkarten .....	138	■ 7.5.2 Karibik .....	158
■ 6.3.2 Stationsmeldungen .....	139	■ 7.6 Praxisbeispiele für Langfahrt/Ozean .....	159
■ 6.3.3 Satellitenbilder .....	140	■ 7.6.1 Nordatlantik/ARC .....	159
■ 6.3.4 Windmessungen von Satelliten .....	140	■ 7.6.2 Nordpazifik .....	160
■ 6.3.5 Radar .....	140	<b>8 Regatta</b> .....	163
■ 6.3.6 Seewetterberichte/Bulletins .....	141	■ 8.1 Vorbereitung einer Wettfahrt .....	164
■ 6.3.7 Seegang .....	142	■ 8.1.1 Lokalinformationen .....	164
■ 6.3.8 Strömungen .....	142	■ 8.1.2 Klima .....	165
■ 6.3.9 Eisinformationen .....	142	■ 8.1.3 Synoptik .....	165
■ 6.3.10 Hurrikan-Warnungen .....	142	■ 8.1.4 Fronten .....	166
■ 6.4 Empfang an Bord/Geräte zum Empfang von Wetterinformationen .....	143	■ 8.1.5 Thermik .....	167
■ 6.4.1 Mobiltelefon .....	143	■ 8.1.6 Windprofil und Shear .....	168
■ 6.4.2 Smartphone, Tablet, mobiles Internet .....	143	■ 8.1.7 Stabilität (Quality of Air) .....	169
■ 6.4.3 UKW-Seefunk .....	143	■ 8.2. Blick auf den Kompass .....	169
■ 6.4.4 Rundfunk .....	144		

■	8.2.1	Änderung der Windrichtung – Lift und Header .....	170	■	8.4.5	Wind parallel zur Küste .....	178
■	8.2.2	Geometrie des Kurses .....	171	■	8.4.6	Kapeffekt .....	179
■	8.2.3	Tagesgang .....	172	■	8.4.7	Düseneffekt .....	180
■	8.3	Blick zum Himmel .....	172	■	8.5	Strategie auf See – Routing .....	180
■	8.3.1	Fronten .....	173	■	8.5.1	Einsatzbereiche .....	180
■	8.3.2	Stabilität und Böigkeit .....	173	■	8.5.2	Funktionsweise .....	182
■	8.3.3	Cumuluswolken und Windfeld .....	173	■	8.5.3	Interpretation .....	182
■	8.3.4	Konvergenzlinien .....	175	■	8.5.4	Routingprogramme .....	183
■	8.3.5	Wolkenstraßen .....	175	■	8.6	Die Polare – Das Temperament des Bootes ..	185
■	8.3.6	Windbänder bei leichtem Wind .....	176	■	8.6.1	Targets .....	185
■	8.4	Entlang der Küste .....	176	■	8.6.2	Arten von Polardiagrammen .....	186
■	8.4.1	Hindernis im Wind .....	176	■	8.6.3	Messen und Erstellen von Polardaten	187
■	8.4.2	In Luv einer geraden Küste .....	177	■	<b>Glossar</b> .....		189
■	8.4.3	In Lee einer erhöhten Küste .....	177	■	<b>Stichwortverzeichnis</b> .....		191
■	8.4.4	In Lee einer flachen Küste .....	178				

## Einleitung

In den letzten Jahren hören und lesen wir zunehmend von extremeren Wetterlagen. Sport- und Berufsschiffahrt erfahren diese Entwicklung hautnah und nehmen das Wetter bewusster wahr. Die meisten, die auf dem Wasser unterwegs sind, haben aus den verschiedensten Gründen, nicht zuletzt dem der Sicherheit, das Gefühl, sich mehr mit dem Thema Wetter beschäftigen zu müssen.

Parallel dazu haben sich die Rahmenbedingungen für die Sport- und Berufsschiffahrt gewandelt. Die gravierendsten Änderungen hat es im Bereich der Ausrüstung und den technischen Möglichkeiten der Versorgung mit Wetterinformationen gegeben, die uns mittlerweile auch fernab der Küste zur Verfügung stehen. Dies betrifft auch, und vielleicht sogar vor allem, die Art und Weise wie wir uns mit dem Wetter auseinandersetzen. In der Vergangenheit wurden teilweise recht umständlich und zeitaufwendig Wetterberichte eingeholt und Bordwetterkarten gezeichnet, heute reicht vielfach ein Blick auf das Smartphone. Egal, ob wir Daysailing in geschützten Gewässern betreiben, eine längere Seereise planen und durchführen oder uns auf eine anspruchsvolle Hochseeregatta vorbereiten: Unsere Herangehensweise ist zwar vielfach einfacher und bequemer geworden, doch müssen wir umso mehr ein vertieftes Verständnis der Zusammenhänge besitzen.

Auch das vermehrte Chartern von Schiffen, selbst von Schiffseignern, um neue Reviere in zum Teil entlegenen Gewässern wie um Kap Hoorn oder Spitzbergen zu entdecken, erfordert, sich mit einem oft unbekanntem Wettergeschehen auseinandersetzen zu müssen.

Mehrere Wochen zusammenhängender Urlaub sind durch gesellschaftliche Veränderungen sowie Flexibilität und Mobilität rar geworden, und in der Regel wird zudem eine Vielzahl verschiedener Freizeitaktivitäten betrieben. Damit ist die für das Segeln und dessen Vorbereitung zur Verfügung stehende Zeit knapper geworden – und häufig fehlt auch die Gelegenheit, ein Sachbuch in einem Stück zu lesen. Vor diesem Hintergrund entstand dieses vollständig neue Buch,

das den beschriebenen Entwicklungen Rechnung trägt. Die Autoren sind begeisterte Segler, anerkannte Fachleute und ergänzen sich in ihren jeweiligen Kompetenzfeldern nahtlos. Auf wissenschaftlicher Grundlage und aus der Praxiserfahrung wird das Wettergeschehen verständlich und anhand eigener Fotos und zahlreicher Abbildungen anwendungsbeorientiert erklärt, sodass neu erworbenes oder vertieftes Wissen unmittelbar nutz- und umsetzbar wird. Wichtige Hinweise sind grafisch in Kästen hervorgehoben und ein Stichwortverzeichnis erleichtert das rasche Auffinden von Sachverhalten. Alle Kapitel sind in sich abgeschlossen und können jeweils für sich gelesen werden; eine Übersicht, welche Themen für welches Nutzerprofil in welchem Umfang erforderlich sind, bietet die Matrix auf Seite 6.

Auf der Basis dieses Konzepts richtet sich „Wetter auf See“ damit auch an einen breiten Kreis von Nutzern:

- Fahrtensegler, für die Wetter von jeher sicherheitsrelevant ist und die in verschiedenen Teilen der Welt schnelle, entspannte Reisen mit möglichst vielen Segelmeilen machen wollen;
- ambitionierte Regattasegler, die ein ausgeprägtes Verständnis für das Wettergeschehen entwickeln müssen, um sich im Regattafeld durchsetzen zu können;
- Schiffsführungen von Traditionsschiffen, die im Hinblick auf die oft großen Besatzungsstärken und unterschiedlichsten Fähigkeiten ihrer Mitsegler besondere Verantwortung übernehmen;
- Sportbootfahrer, Trainer (A-B-C) und Segellehrer, die sich auf Prüfungen wie den Sportküstenschifferschein, Sportseeschifferschein oder Sporthochseeschifferschein vorbereiten;
- Berufsseeleute und Nautik-Studierende.

*Ralf Brauner, Boris Herrmann, Hans-Jörg Nafzger*

## 1.1 Wettergeschehen und Klima

Für die Entstehung des Wettergeschehens ist in erheblichem Maße die Sonneneinstrahlung verantwortlich. Aufgrund der annähernden Kugelform der Erde erwärmt sie

die Äquatorregionen stärker als die Pole. Dadurch entsteht ein Temperaturgefälle vom Äquator zu den Polen, das durch Luft- und auch Meeresströmungen zu einem Ausgleich strebt. Diese Ausgleichsströmungen verlagern die aufsteigenden warmen Luftmassen in Richtung Pol sowie die kalte



Abb. 1.1 Unterschiedliche Erwärmung der Erde

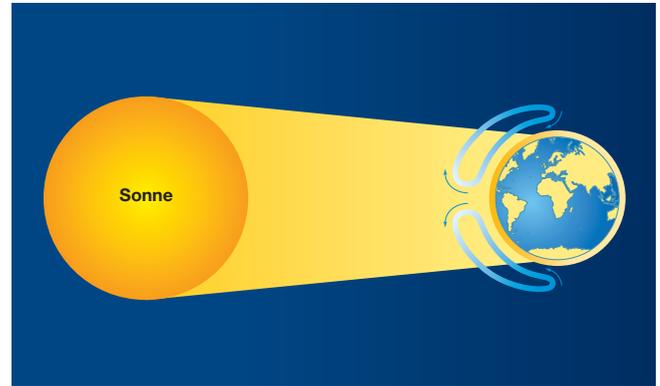
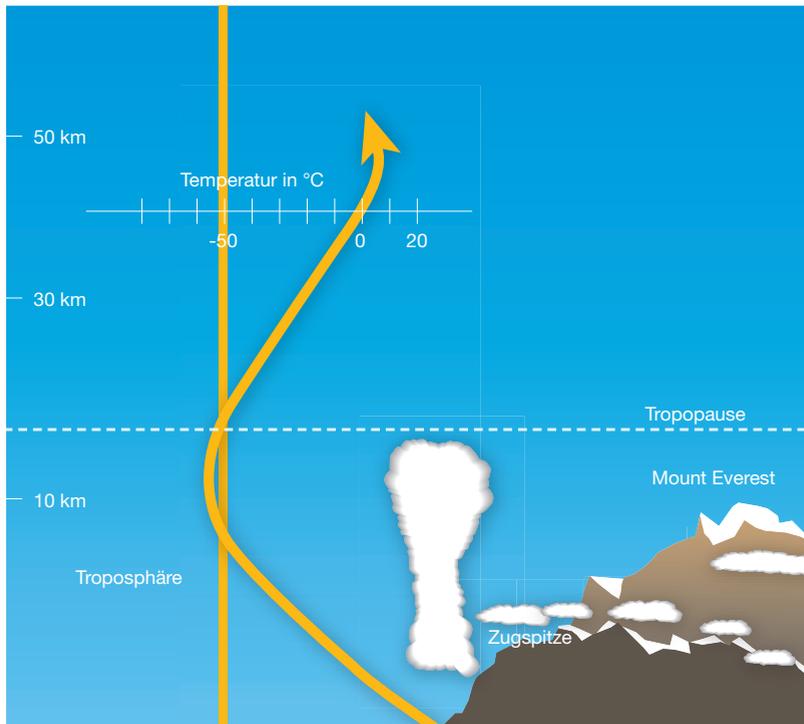


Abb. 1.3 Einfache Ausgleichsströmung ohne Rotation der Erde

Abb. 1.2 Aufbau der Atmosphäre



Luft in Richtung Äquator. Die Ausgleichsströmungen finden in verschiedenen Höhen in der Troposphäre, d. h. der untersten Schicht der Erdatmosphäre, statt. Die Troposphäre, oder besser: Wettersphäre, erstreckt sich in den mittleren Breiten bis in eine Höhe von 10 bis 12 km, am Pol sind es nur etwa 5 bis 7 km, am Äquator erreicht sie 14 bis 17 km. In dieser Schicht der Atmosphäre spielt sich das Wetter ab, was uns als Segler interessiert. Die Gesamtdicke der Atmosphäre der Erde lässt sich mit ca. 100 km angeben, damit ist die „Hülle“ der Erde im Verhältnis zum Erdradius von über 6000 km sehr gering. Übrigens: Die Strömungen der Ozeane schaffen trotz der langsameren Geschwindigkeiten, aber dank einer höheren Wärmekapazität im Mittel deutlich mehr „Wärme“ polwärts und „Kälte“ von den Polen in Richtung Äquator, in der Gesamtmenge beträgt das Verhältnis etwa 80 % zu 20 %.

Die Zone der stärksten Erwärmung verlagert sich mit den Jahreszeiten, da die Sonne

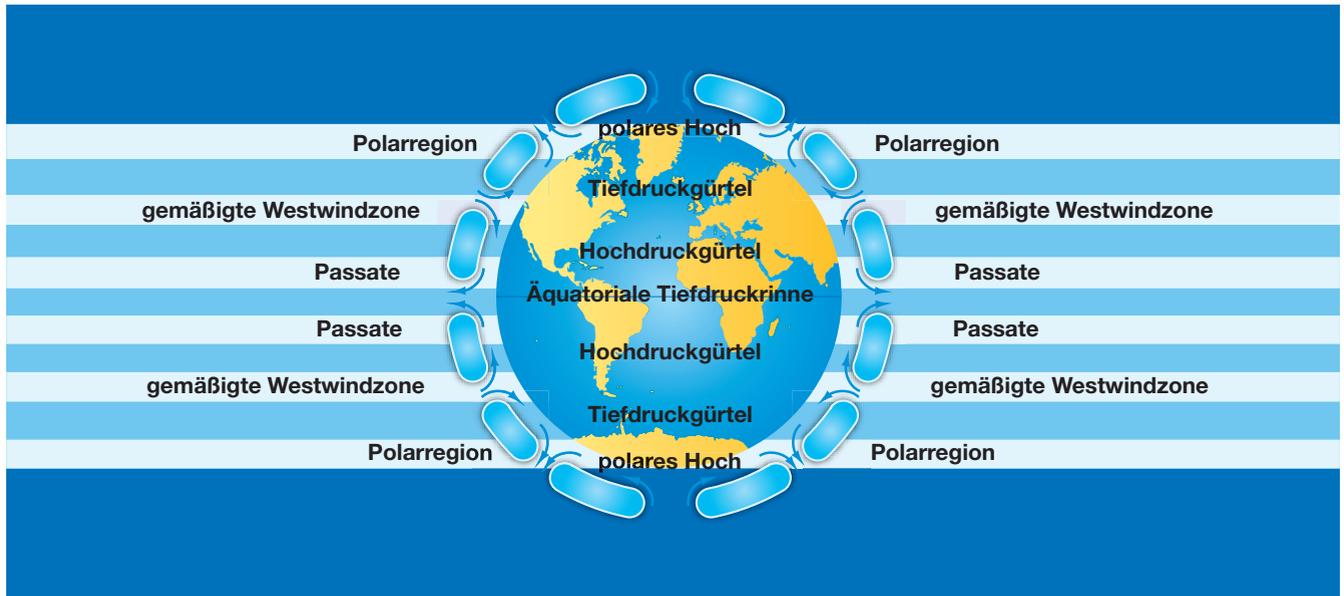
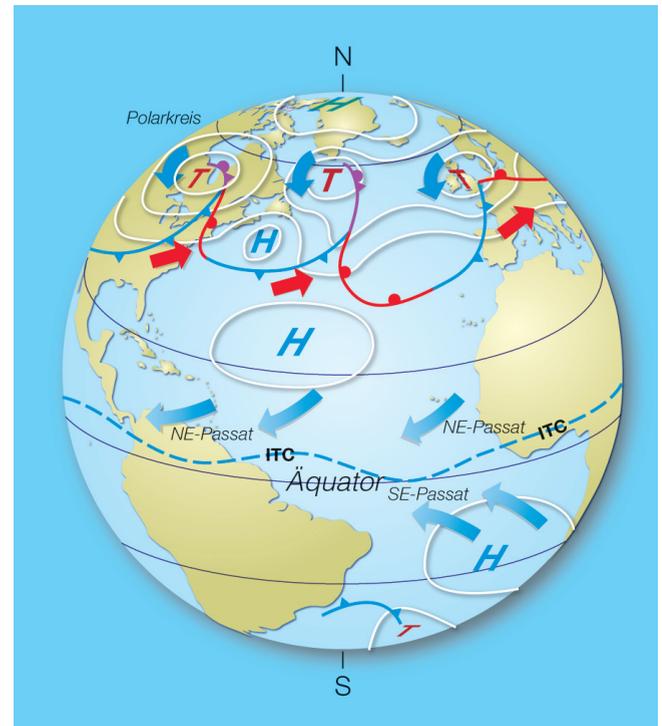


Abb. 1.4 Klima der Erde mit Ausgleichsströmungen

nicht immer über dem Äquator steht. Denkbar wäre eine einfache Ausgleichströmung zwischen der Zone der stärksten Erwärmung nahe dem Äquator und den Polen. Da der Erdball aber auch rotiert, ist die Zirkulation der Luftmassen, bedingt durch zusätzliche Kräfte (z. B. Corioliskraft) komplexer. Nördlich und südlich des Äquators finden sich *Hochdruckgebiete* (Subtrophenhochs). Auf der Nordhalbkugel auf dem Nordatlantik trägt das Hochdruckgebiet den Namen Azorenhoch, da es über das Jahr gesehen seinen Schwerpunkt über der Inselgruppe der Azoren hat. Im Südatlantik ist es das St.-Helena-Hoch. Zwischen dem Äquator und den Subtrophenhochs wehen die Passatwinde aus Nordost (Nordhalbkugel) bzw. Südost (Südhalbkugel). Auch über den Polen (Arktis und Antarktis) beobachtet man im Klimamittel ein Hochdruckgebiet, da hier kalte Luftmassen zum Boden absinken. Zwischen dem Hoch über den Polen und dem Subtrophenhoch treffen kalte arktische Luftmassen und warme Luftmassen aus dem Süden aufeinander. Die Grenzfläche zwischen Polarluft und gemäßigter Luft heißt *Polarfront*. Sie befindet sich auf beiden Halbkugeln je nach Jahreszeit zwischen  $45^\circ$  und  $65^\circ$ . Genau in dieser Zone entstehen die Tiefdruckgebiete. Ihre Funktion ist es, die kalten Luftmassen nach Süden und warme Luftmassen

Abb. 1.5 Tiefdruckgebiete mischen die Luftmassen zwischen den Polen und Subtropen



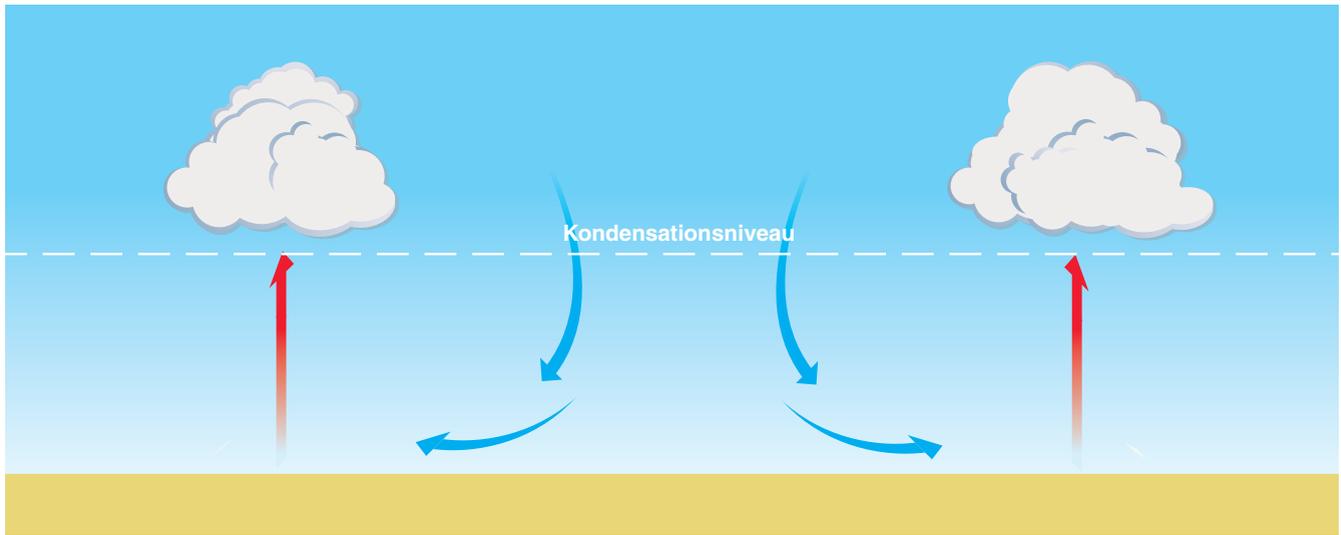


Abb. 3.9 Cumuluskonvektion

### 3.2.2 Wolkenwinde

Ein weiteres, indirekt wahrzunehmendes Anzeichen für eine lokale Änderung des Windes sind Cumuluswolken, die eine starke Konvektion in der Atmosphäre anzeigen: Durch starke Sonneneinstrahlung wird die Luft in Bodennähe erwärmt und steigt als Luftpaket (Thermal) auf. Wird das Kondensationsniveau erreicht, bildet sich eine Cumuluswolke und Teile des Höhenwindes werden bis an die Erdoberfläche herangeführt. Die Abbildung 3.9 veranschaulicht dieses Geschehen, das allerdings nur bei relativ tiefliegenden Wolken (d. h. Höhe der Wolkenunterseite über der Erdoberfläche < Dicke der Wolke) deutlich wahrzunehmen ist.

Das Windfeld im Nahbereich unter einer Wolke unterscheidet sich bei einer abregnenden Wolke grundsätzlich von dem einer Wolke, aus der kein Regen austritt.

Betrachten wir zunächst eine *Wolke, aus der kein Regen austritt*. Die Abbildung 3.10 zeigt das lediglich durch Konvektion erzeugte Windfeld unter einer „trockenen“ Cumuluswolke, d. h., der Gradientwind wird hier nicht berücksichtigt. Die Abbildung 3.11 zeigt die realen Windverhältnisse, die sich aus einer Vektoraddition der durch Konvektion erzeugten Luftbewegung und des Gradientwindes ergeben. Zur optimalen Ausnutzung des Windfeldes bestimmen die folgenden Ziele die Taktik, die wir wählen sollten:

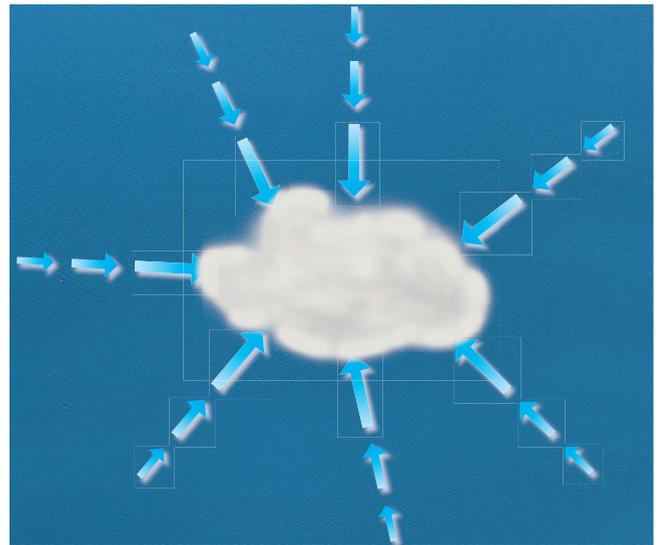


Abb. 3.10 Draufsicht auf ein Windfeld unter einer Cumuluswolke, aus der kein Regen austritt, ohne Gradientwind

1. Die windarme Vorderseite und die Mitte unter der Wolke gilt es zu meiden.
2. Die größere Windstärke auf der Rückseite der Wolke gilt es genauso wie die jetzt für uns vorhersehbaren Winddrehungen zu verwerten.

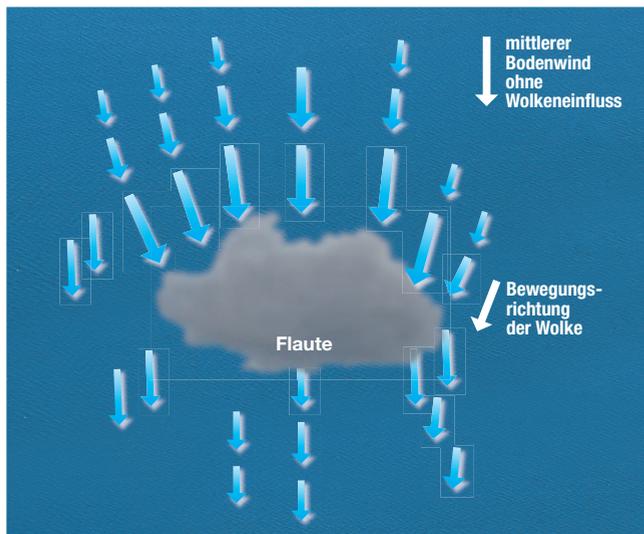


Abb. 3.11 Draufsicht auf die realen Windverhältnisse unter einer Cumuluswolke, aus der kein Regen austritt

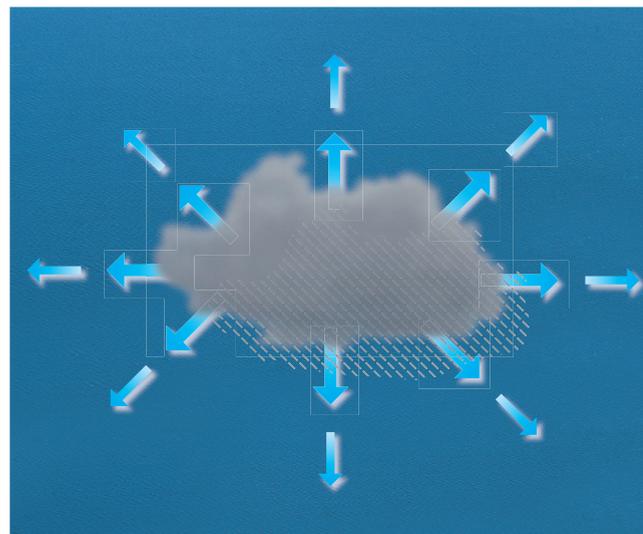


Abb. 3.12 Draufsicht auf ein Windfeld unter einer Cumuluswolke, aus der Regen tritt, ohne Gradientwind

Bei der Ansteuerung der Wolke muss beachtet werden, dass diese vom Wind in höheren Luftschichten angetrieben und gesteuert wird. Dieser ist im Vergleich mit dem Bodenwind auf der Nordhalbkugel jedoch in der Regel ca.  $15^\circ$  rechtgedreht (auf der Südhalbkugel ca.  $15^\circ$  rückgedreht).

Tritt aus einer Wolke Regen aus, stellen sich die Verhältnisse anders dar: Die durch den Regen abgekühlten, schwereren Luftmassen treten aus der Wolke aus und sinken mit zunehmender Geschwindigkeit ab. Die Abbildung 3.12 zeigt das entsprechende Windfeld, analog zu Abbildung 3.10, ohne Berücksichtigung des Gradientwindes. Die Abbildung 3.13 zeigt die tatsächlichen Windverhältnisse, die wir als Segler in unsere taktischen Überlegungen mit einbeziehen müssen.

Die Ziele, die wir für die Wahl der Taktik berücksichtigen, lauten jetzt wie folgt:

1. Die windarme Rückseite und die Mitte unter der Wolke gilt es zu meiden.
2. Die größere Windstärke auf der Vorderseite der Wolke und die Winddrehungen gilt es zu verwerfen.

Oft formieren sich einzelne Cumuluswolken zu sogenannten *Wolkenstraßen*. Dies tritt meistens dann auf, wenn kältere Luft über eine relativ warme Wasseroberfläche geführt wird. Das geschieht in unseren Breiten meist auf der Rückseite einer Kaltfront oder eines Trogens. Sehr eindrucksvoll



Abb. 3.13 Draufsicht auf die realen Windverhältnisse unter einer Cumuluswolke, aus der Regen austritt

sind die Wolkenstraßen in den Passatgürteln, wo sie sich über 100 sm und mehr erstrecken können. Abbildung 3.14 zeigt eine Draufsicht auf diese Wolkenformation, bei der der Wind unter den Wolkenstraßen schwächer ist als der Wind dazwischen.

4

# Wetter der Tropen und Polarregionen





Abb. 4.2 Analyse der ITC



Abb. 4.1 In tropischen Breiten

Viele attraktive Chartergebiete, etwa die Karibik, die Seychellen, die Südsee oder die Kanarischen Inseln, befinden sich im Bereich oder im Randbereich der Tropen. Wassersportler, die auf „Langfahrt“ sind, bezeichnen das Segeln in den niedrigen Breiten als die „Barfuß-Route“. Damit wird ausgedrückt, dass neben angenehmen Temperaturen kein schweres Wetter zu erwarten ist. Für einen großen Bereich, nämlich für die beständigen Passatwinde (Trade Winds)

mag dies meist gelten. Doch auch hier gibt es Systeme, wie den zum Teil stürmischen Sommermonsun, die Easterly Waves oder gar Wirbelstürme (tropische Zyklone, auch: Hurrikane), die Beachtung bei der Törn- und Routenplanung verlangen.

Im Kapitel 1 wurde bereits darauf eingegangen, dass der „Motor des Wetters“ die unterschiedliche Einstrahlung der Sonne zwischen den Polen und Äquator ist. Das Temperaturgefälle wird durch Luft- und Meeresströmungen ständig ausgeglichen.

#### 4.1 Intertropische Konvergenzzone (ITC)

Aufgrund der ablenkenden Kraft der Erdrotation gibt es keine direkte Zirkulation vom Äquator zu den Polen. Die sehr intensive Sonneneinstrahlung in den Tropen erzeugt eine mächtige Quellbewölkung mit heftigen Schauern und Gewittern. Die hohe Temperatur und das Aufsteigen der Luftmassen lassen in Meeresniveau eine Tiefdruckrinne entstehen, in die von beiden Seiten des Äquators Luftmassen hineinströmen. Daher wird dieses Gebiet auch als Intertropische Konvergenzzone, kurz ITC (Inter Tropic Convergence), bezeichnet. Sie ist eine Zone mit überwiegend schwachen Winden, die nur in der Nähe von Schauern und Gewittern böig auffrischen.

# 7 | Törnplanung



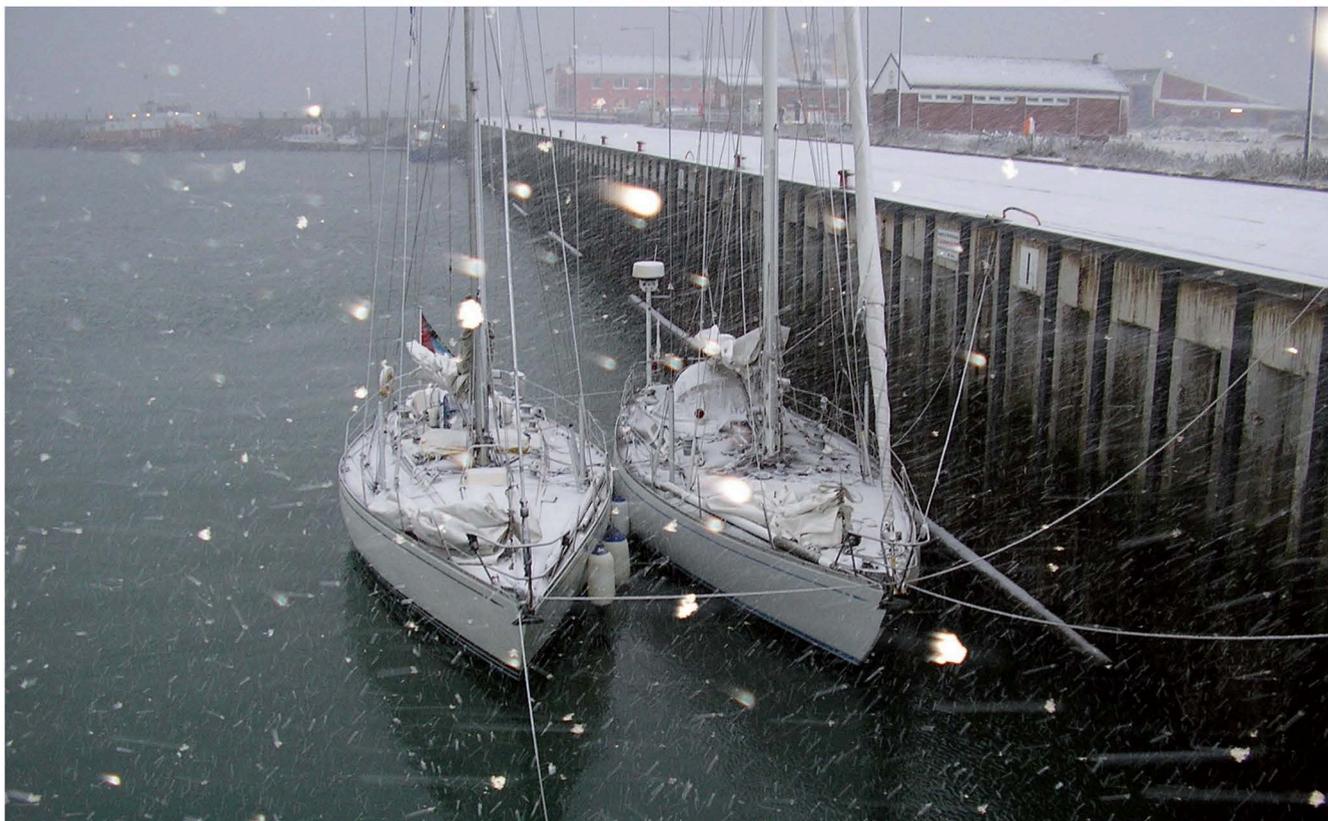


Abb. 7.1 Dank guter Törnplanung liegen die Schiffe im Schneesturm im Hafen von Helgoland

Ein wesentlicher Grundstein für die Törnplanung ist das Wetter. Deshalb sollte neben der Anschaffung bzw. Charter einer Yacht für das Fahrtgebiet und entsprechender Ausrüstung auch der Zeitraum der Reise wohl überlegt sein. Sonst könnte etwa eine Karibikreise mitten in der Hurrikansaison und damit in einer Katastrophe enden.

Wenn man als Skipper ohne hinreichende Vorbereitung erst dann Interesse für das Wetter entwickelt, wenn der Sturm bevorsteht, ist das mit Sicherheit zu spät. Im Gegensatz zur Berufsschifffahrt gibt es in der Sportschifffahrt keine verpflichtenden Empfangseinheiten wie NAVTEX oder EGC über Inmarsat C, es sei denn, das Schiff wird gewerblich betrieben. Doch egal auf welche Weise die Wetterinformationen vor oder während des Törns eingeholt werden, die gute Seemannschaft verlangt, dass ein Törn sicher durchgeführt wird, und das in jeglicher Hinsicht.

Planung und Durchführung von Törns lassen sich in *drei Aspekte* aufteilen: Klima-, Witterungs- und Wetternavigation. Die Begriffe werden zunächst erläutert und nachfolgend anhand von Fallbeispielen erklärt.

### 7.1 Klimanavigation

Klimanavigation kann vereinfacht als das *Auswerten des „mittleren Wetters“* bezeichnet werden. Dazu stehen Hilfsmittel wie Pilot Charts, Routing Charts oder Monatskarten zur Verfügung, herausgegeben von der US-amerikanischen NGA (National Geospatial-Intelligence Agency), dem britischen UKHO (United Kingdom Hydrographic Office) und dem BSH in Hamburg (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie).

## Glossar

- AIS:** Automatic Identification System, automatisches Schiffs-identifizierungssystem. Spezielle, an Bord von Schiffen installierte UKW-Sender und Empfänger, die automatisch in kurzen Zeitabständen Daten miteinander austauschen. Dadurch identifizieren sich die Schiffe selbst und geben relevante feste (z. B. Schiffsname), reisebezogene (z. B. Zielhafen) und dynamische Daten (z. B. Geschwindigkeit) für andere eindeutig bekannt. Auch der Austausch von sicherheitsrelevanten Kurznachrichten ist möglich.
- Barometrische Höhenformel:** Abhängigkeit des Luftdrucks mit der Höhe, die zur Höhenmessung verwendet werden kann.
- COG:** Course Over Ground, Kurs über Grund. Richtung des tatsächlich über Grund zurückgelegten Weges, d. h. mit Berücksichtigung der Abdrift durch Wind und Strom.
- Corioliskraft:** Schein- oder Trägheitskraft in rotierenden Bezugssystemen. Wirkt immer senkrecht zur Bewegungsrichtung und betrifft alle Massen, die sich bewegen.
- Divergenz:** Auseinanderströmende, d. h. auffächernde Luftmassen.
- Downrush/Downburst:** Meist in der Nähe von Gewittern oder kräftigen Schauern herabstürzende kalte Luft, die kräftige Böen in Linienform hervorruft.
- Druckgradientkraft:** Bei atmosphärischen Bewegungen wirkende Kraft, die durch räumliche Druckunterschiede hervorgerufen wird. Sie ist immer vom hohen zum tiefen Druck hin gerichtet. Horizontale Unterschiede im Druck sind die Ursachen für die Entstehung von Wind.
- ECMWF:** European Centre for Medium Range Weather Forecast, ist der Zusammenschluss mehrerer Staaten, um u. a. mittelfristige Wettervorhersagen zu erarbeiten.
- Fahrenheit:** Umrechnen lassen sich Temperaturen von Fahrenheit nach Celsius mit folgender Formel:  
 $^{\circ}\text{F in } ^{\circ}\text{C: } T(^{\circ}\text{C}) = 5/9 \cdot (T[^{\circ}\text{F}] - 32).$
- Feuchtadiabatisch:** Im Gegensatz zu „trockenadiabatisch“ nimmt bei vertikalen Luftbewegungen die Temperatur eines Luftpakets um etwa 0,6 Grad pro 100 m ab, da bei Kondensation des vorhandenen Wasserdampfes Wärme frei wird und diese dem Luftpaket zugeführt wird.
- GEM:** Global Environmental Multiscale Model, Wettervorhersagemodell des kanadischen Umweltministeriums (Environment Canada).
- Geostrophischer Wind:** Ist die Resultierende aus Druckgradientkraft und Corioliskraft.
- GFS:** Global Forecasting System, Wettervorhersagemodell des amerikanischen Wetterdienstes NOAA.
- GMDSS:** Global Marine Distress and Safety System, ein weltweites Seenot- und Sicherheitsfunksystem zur weltweiten Hilfe bei Seenotfällen und zur Sicherung der Schifffahrt.
- Gradient, vertikaler (Wind):** Durch die bodennahe Reibung des Windes über Meer oder Land ergibt sich eine Geschwindigkeitszunahme des Windes mit der Höhe. Nur in Ausnahmefällen ist er am Boden höher. Als Faustregel kann man bei einem 20 m hohen Mast 20 % von der gemessenen Windgeschwindigkeit abziehen, um die Angaben mit der Wettervorhersage zu vergleichen, welche sich stets auf 10 m beziehen.
- Hurricane Holes:** „Wirbelsturmlöcher“. Häfen oder Buchten, die Yachten auch im Falle eines tropischen Wirbelsturmes Schutz vor Wind und Schwell bieten können.
- Hydrostatisches Gleichgewicht:** Gleichgewicht eines Luftpaketes zwischen Gravitation und Auftrieb.
- Inmarsat:** International Maritime Satellite Organization, Organisation für weltweite mobile Satellitenkommunikation. Zusammenschluss von Fernmeldeverwaltungen mit dem Zweck, eine weltweite Telekommunikation mit mobilen Satellitenfunkanlagen zu unterhalten.

- Isohypsen:** Höhenlinien, verbinden die Orte, auf denen ein bestimmter Druck vorliegt, zum Beispiel für Druckfläche 500 hPa.
- Konvektion, thermische:** Vertikale Luftbewegung. Luft mit höherer Temperatur steigt auf, Ursache für Wolkenbildung.
- Konvergenz:** Zusammenströmende Luftmassen.
- Lift:** Kurzfristiges Raumen des Windes, d. h. günstige Winddrehung in eine achterliche Richtung, die es dem Segler auf Amwind-Kursen erlaubt, seinen Kurs zum Ziel hin zu ändern.
- Logarithmisches Windprofil:** Grobe Näherung für die Zunahme der Windgeschwindigkeit vom Boden bis in größere Höhen in Abhängigkeit von der Bodenrauigkeit/Reibung.
- NOAA:** National Oceanic and Atmospheric Administration, nationaler Dienst für Meteorologie und Ozeanografie der USA.
- Pseudopotentielle Temperatur:** Fiktives Maß der Temperatur, die neben dem Luftdruck auch die in feuchter Luft enthaltene Wärme berücksichtigt. Anhand der pseudopotentiellen Temperatur lassen sich Luftmassen (z. B. kalte trockene Polarluft, warme feuchte Subtropenluft) unterscheiden, was das Auffinden von Fronten unterstützt.
- Targetspeed:** Zielgeschwindigkeit. Dem Regattasegler bekannte, unter bestimmten Bedingungen optimale Bootsgeschwindigkeit. Durch Trimmen wird versucht, diese Geschwindigkeit zu erreichen bzw. sie zu halten.
- Trockenadiabatisch:** Bei vertikalen Luftbewegungen findet mit der Umgebung kein Wärme- oder Energieaustausch statt. Zum Beispiel dehnt sich aufsteigende Luft (Luftdruck sinkt) aus und kühlt sich dadurch ab. Das führt zu einer Abkühlung von etwa 1 Grad pro 100 m in den unteren Luftschichten. Dabei wird vorausgesetzt, dass Wasser nur gasförmig in dem Luftpaket vorkommt.
- Tropopause:** Grenzfläche der Troposphäre zur Stratosphäre. Sie begrenzt die Tropo („Wetter“-) sphäre und liegt in den Polregionen bei etwa 5 bis 7 km und nahe des Äquators bei 15 bis 18 km.
- TWA:** True Wind Angle, Einfallswinkel des wahren Windes. Winkel zwischen Mittschiffslinie und der Richtung des wahren Windes (d. h. ohne die Eigenbewegung des Fahrzeugs).
- TWD:** True Wind Direction, wahre Windrichtung. Winkel zwischen rechtweisend Nord und der Richtung des wahren Windes (d. h. ohne die Eigenbewegung des Fahrzeugs).
- Twist:** Das „Verdrehen“ eines Segels, der Anstellwinkel ist in verschiedenen Höhen unterschiedlich. Ein getwistetes Segel ist im Topp weiter nach Lee geöffnet als unten.
- TWS:** True Wind Speed, wahre Windgeschwindigkeit. Windgeschwindigkeit ohne Berücksichtigung der Eigenbewegung des Fahrzeugs.
- Vorticity:** Wirbelstärke. Rotation von Luft bzw. von einem Luftpaket um die eigene Achse.
- Wind Shear:** Ist die Richtungsänderung des Windes mit der Höhe. An der Mastspitze herrscht eine signifikant andere Windrichtung als im Cockpit. Wind Shear tritt besonders bei großen Temperaturunterschieden zwischen Wasser und Luft, z. B. bei Thermikrevieren im Mittelmeer, auf.
- WMO:** World Meteorological Organization. Die Weltorganisation für Meteorologie ist eine Sonderorganisation der Vereinten Nationen mit Sitz in Genf; sie ist in zehn wissenschaftliche und technische Programme gegliedert und fördert und überwacht zum Beispiel die einheitliche meteorologische Beobachtung an Wetterstationen.
- Zyklon:** Synonym für Tief.

## Stichwortverzeichnis

**1-2-3** Rule 98

**Admiralty List of Radio Signals** 148

Adrena 187

Advisory 98

Agulhasstrom 121

Alto cumulus (Ac) 29

Altostratus (As) 29

Analysekarten 17

Aneroidbarometer 15

Anliegelinien 171

Antarktis 105

Antarktischer Zirkumpolarstrom 121

Äquatorialer Gegenstrom 121

Arktis 105

Aufgleitschirm 37

Auftriebswasser 26

Ausgleichsströmung 13

Ausläufer 38

Ausweichmanöver (tropische Wirbelstürme) 98

Azorenhoch 13, 48

**Barfuß-Route** 88

Barisches Windgesetz 20

Barograph 14

Barometer 15

Barren 118

Beaufortskala 18

Berg-Tal-Windsystem 79

Bergwind 79

Bewölkungsband 42

Black-Frost 107

Blitz 74

Blitzschutz 75

Bodenwetterkarte 17

Böen 23

Böenlinien 59, 73

Böigkeit 56

Bora 80, 81

Brasilstrom 121

Brechung (Wellen) 117

Brüllende Vierziger 34

Bulletin 98

**Celsius** (Grad) 23

Chili 80

Chinook 79

Cirrostratus (Cs) 29

Cirrocumulus (Cc) 29

Cirrus (Ci) 29

Cirrusbewölkung 42

Climatology of Global Ocean Winds (COGOW) 139

Cloud Cluster 93

CMG 170

Cold eddies 122

Convective Available Potential Energy 169

Corioliskraft 13, 19, 20

Crosswind 171

Cumulonimbus (Cb) 29

Cumulus (Cu) 29

**Deckman** 187

diesig 42

Divergenz 62, 167

Doldrums 89

Donner 74

Downrush 70

DP07 Seefunk 144

Druckänderung 17

Druckgradientkraft 20

Dünung 114

Dünungswellen 114

Düseneffekt 66, 180

**Easterly Wave** 48, 88 ff.

ECMWF-Modell 135

Eisberge 102

Eisberggrenze 106

Eisinformationen 142

Eiswolke 30

Ekman-schicht 21

Ensemblevorhersage 128

Environmental Modeling Center (EMC) 135

Etesien 80, 83

European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) 129  
 Expedition 187  
 Extremwellen 118

**F**ahrenheit 23  
 Fallwind, katabatischer 80  
 Fehlertoleranz 98  
 Fetch 112  
 Feuchte, relative 24  
 Fleet Numerical Meteorology and Oceanography Center (FNMOC) 142  
 Föhn 79  
 Freak Waves 118  
 Fremantle Doctor 85  
 Frontgewitter 72  
 Furious Fifties 34, 100

**G**efrierkerne 26  
 Gewitter, Ausweichstrategie 70  
 Gewitter, Gefahren für Wasserfahrzeuge 71  
 Gewitterwolke, Ladungsverteilung 74  
 Gewitterzelle 69, 70  
 Gezeitenstromatlanten 122  
 Gezeitenströme 117  
 GFS-Modell 135  
 Ghibli 80  
 Gipfeleisberge 105  
 GMDSS 142  
 Golfstrom 120  
 Golfstromanalyse 122  
 Gragale 80  
 GRIB-Daten 133  
 Growler 102  
 Grundseen 117  
 Gruppengeschwindigkeit 115

**H**alo 41  
 Hangabwind 79  
 Hangaufwind 79  
 Hangwindzirkulation 78  
 Haufenwolken 26  
 Header 170  
 Hebelprinzip 172  
 Hektopascal (hPa) 14

Hitzetief 53  
 Hochdruckgebiet 33, 48  
 Hochkeil 50  
 Hochnebeldecke 50  
 Höhenströmung 35  
 Höhenströmung, meridionale 38  
 Höhenströmung, zonale 38  
 Höhenwetterkarte 17, 35  
 Humboldtstrom 121  
 Hurrikan-Zeit 94  
 Hurrikan-Zentralen 92  
 Hurrikane 88  
 Hygrometer 24

**I**nfrarotkanal 37  
 Inmarsat Fleet Broadband 147  
 Inmarsat Standard C 147  
 Instabilität 169  
 Inter Tropic Convergence (ITC) 88  
 Intertropische Konvergenzzone (ITC) 88  
 Inversion 50  
 Iridium-Telefon/Handy 141, 145  
 Isobaren 17  
 Isochronen 176  
 Isohypsen 35  
 Isotachen 151  
 ITC 88

**J**etstream 35

**K**alifornienstrom 121  
 Kalmen 89  
 Kaltfront 36  
 Kaltwassernebel 25, 122  
 Kanarenstrom 121  
 Kapeffekt 67, 179  
 Kaventsmann 118  
 Khamsin 80  
 Klima 23  
 Klimamittel 13  
 Klimanavigation 150  
 Kondensation 25  
 Kondensationskerne 26  
 Kondensstreifen 26  
 Konvektionswolken 26

- Konvergenz 62, 167  
 Konvergenzlinien 175  
 Kreuzsee 44, 115  
 Krümmung, antizyklonale 21  
 Krümmung, zyklonale 21  
 Kuro-Schio-Strom 121  
 Küstenführung 66
- L**abilitätszonen 72  
 Labradorstrom 122  
 Land-Meer-Verteilung 14  
 Land-Seewind-Zirkulation 52  
 Landregen 42  
 Landwind 52, 161  
 Laylines 171  
 Leetief 66, 67, 81  
 Leichtwindtaktik 59  
 Levante Lievantada 80  
 Levanter 80  
 Libeccio 80  
 Lift 59, 170  
 Lifted-Index 169  
 Luft, gemäßigte 13  
 Luftdruck 14  
 Luftdruckabfall 16  
 Luftdruckmessung 14  
 Luftdrucktendenz 14  
 Luftdruckunterschiede 14, 19  
 Luftfeuchte 24  
 Lufthülle 23  
 Luftmassen, arktische 13  
 Luftmassengewitter 70  
 Luftmassengrenze 35 ff  
 Lufttemperatur 23
- M**aestral 80, 81  
 Mallungen 89  
 Marin 80  
 Marine Advisories 97  
 Maxsea 187  
 MaxWave 118  
 Meereis 102  
 Meeresniveau 16  
 Meeresströmungen 12, 26, 117, 120  
 Meltemi 80, 83
- Millibar (mb) 14  
 Mistral 80, 81  
 Monatskarten 90, 150  
 Monsterwelle 118  
 Monsun 90  
 Monsunzirkulation 14, 90
- N**ational Hurricane Center (NHC) 92  
 NAVTEX (Navigational Textmessage) 145  
 Nebel 24, 25  
 Neueisdecke 102  
 NHC (National Hurricane Center) 92  
 Niederschlagsgebiet 37  
 Nilas 103  
 Nimbostratus 29  
 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 139  
 Nordäquatorialstrom 121  
 Nordatlantikstrom 121
- O**berflächenrauigkeit 58  
 Okklusion 38  
 Okklusion, beginnende 38  
 Okklusionspunkt 38  
 Omega-Wetterlagen 49  
 Orbitalbewegung 110  
 Orkan 44  
 Orkan, tropischer 93  
 Ostaustralstrom 121  
 Ozonschicht 23
- P**ackeis 103  
 Pampero 85  
 Papagayo 85  
 Passate 89  
 Passatregion 28  
 Passatwind 13, 48, 88  
 Performance 186  
 Pfannkucheneis 103  
 Phasengeschwindigkeit 114  
 Pilot Charts 90, 150  
 Polar Lows 101  
 Polardiagramm 185 ff.  
 Polarfront 13, 35  
 Polarluft 13

Polarregionen 100  
 Poniente Ventral 80  
 Praxisbeispiele für Langfahrt/Ozean 159  
 Praxisbeispiele mehrtägiger Törn 157  
 Praxisbeispiele Tagestörn 154  
 Presseisrücken 105  
 Pseudopotentielle Temperatur (Pseudopot) 166

**Quality of Air** 169  
 Quecksilberbarometer 14  
 Quecksilbersäule 15  
 Quecksilberthermometer 23  
 Quellwolken 26

**R**andtiefl 45  
 Rauigkeit 22  
 Regatta 163  
 Regional Specialized Meteorological Centers (RSMCs)  
 142  
 Reibung 21  
 Reibungsschicht 21  
 Revierzentrale 143  
 Roaring Forties 34, 100  
 Rossbreiten 90  
 Route, optimale 153  
 Routenberatung 147  
 Routenplanung 92  
 Routing 180  
 Routing Charts 90, 150  
 RTTY (Radio Teletype) 145  
 Rückseitenwetter 38, 43  
 Rundfunk 144

**S**afetyNet-EGC 145  
 Saffir-Simpson-Scale 97  
 Samun 80  
 Santa Ana Wind 86  
 Sättigung 24  
 Sättigungsfeuchte 24  
 Scharki 80  
 Schaumfleck 110  
 Schelfeis 105  
 Schichtung, stabil und labil 58  
 Schichtwolken 26  
 Schiffsparameter 153

Schiffsvereisung 106  
 Schleuderpsychrometer 25  
 Schwüle 24  
 Scirocco 80, 84  
 Seebär 124  
 Seebrisenindex (Sea Breeze Index) 55  
 Seegang 110  
 Seegang, Höhe 112  
 Seegang, Modifikation 117  
 Seegangsskala 112  
 Seewetterberichte 141  
 Seewind 52, 161  
 Seiches 123  
 Shear 168  
 Sicht, schlechte 26  
 Sichtverhältnisse 43  
 Sichtweite 25  
 Single-Side-Band (SSB) 144  
 SkyEye 146  
 Sommermonsun 48, 88 ff  
 Southerly Buster 85  
 Spritzwasser 106  
 Squall Line 73  
 St.-Helena-Hoch 13, 48  
 Stabilität 169  
 Stockwerke (Wolken) 30  
 Störung, tropische 93  
 Strahlungsnebel 25  
 Stratocumulus (Sc) 29  
 Stratosphäre 23  
 Stratus (St) 29  
 Stratuswolken 26  
 Strömungen 142  
 Strömungsgeschwindigkeit 151  
 Strömungskreise 120  
 Sturm, tropischer 93  
 Sturmflut 123  
 subgeostrophisch 21  
 Subtropenhoch 13  
 Südäquatorialstrom 121  
 supergeostrophisch 21

**T**afeleisberge 105  
 Tagesgang 172  
 Talwind 79

- Target Speed 169  
 Targets 185  
 Taupunkt 24  
 Tehuantepecer 85  
 Teiltief 47  
 Temperatur 23  
 Temperatur, pseudopotentielle 166  
 Thermik 167  
 Thermometer 23  
 Three Sisters 118  
 Tief, ideales 37  
 Tiefausläufer 38  
 Tiefdruckgebiet 13, 34  
 Tornado 76  
 Törnberatung 147  
 Törnplanung 149  
 Torr 15  
 Trade Winds 88  
 Tramontana 80  
 Trödelstadium 96  
 Trog 35, 44, 92  
 Trogpassage 23, 45  
 Tropopause 23  
 Troposphäre 13  
 Tsunami-Wellen 118
- Umbiegestellen** 96
- Velocity Made Good (VMG)** 58  
 Velocity Prediction Programs 187  
 Ventral 80  
 Verdunstungskälte 25  
 Viertel, gefährliches 94  
 Vorbereitung (Wettfahrt) 164  
 Vorticity 35  
 VPP 187
- Warm eddies** 122  
 Wärmegewitter 70  
 Wärmekapazität 12  
 Warmfront 36  
 Warmluftmasse 37  
 Warmsektor 37  
 Warmwassernebel 25  
 Warnungen (Wirbelsturm) 97
- Wasserdampf 24  
 Wasserdampfgehalt 24  
 Wasserhose 76  
 Wasserstand 122  
 Wasserwolken 30  
 Welle 36  
 Wellenbildungen 35  
 Wellendiagramm 113  
 Wellenhöhe 110  
 Wellenhöhe, charakteristische 117  
 Wellenhöhe, kennzeichnende 111  
 Wellenhöhe, signifikante 111  
 Wellenlänge 110  
 Wellenperiode 110  
 Wellenstörung 91  
 Westaustralstrom 121  
 Westwinddrift 34  
 Wetterentwicklung 41  
 Wetterfax 145  
 Wettergeschehen 26, 41  
 Wetternavigation 153  
 Wetterrouting 151  
 Wetterverlauf 34  
 Wetterverschlechterung 42  
 Wettervorhersage 128  
 Wettervorhersagemodelle 129  
 White Wall 118  
 Wind 18  
 Wind, geostrophischer 20  
 Windbänder 59, 176  
 Windböe 23  
 Winddrehung 42  
 Winde, katabatische 101  
 Windfelder 65  
 Windfieder 19  
 Windgeschwindigkeit 19  
 Windmessung 22  
 Windmuster 59  
 Windprofil 58, 162, 168  
 Windprofil, logarithmisches 22  
 Windprognose, lokale 55  
 Windrichtung 18  
 Windsee 114  
 Windspitzen 23  
 Windsterne 151

Windwirklänge 112  
Wintermonsun 48, 91  
Wirbelstürme, tropische 92  
Wirbelsturmsaison 92  
Wirkdauer 112  
Witterungsnavigation 151  
Wolken 26  
Wolkenfeld 93  
Wolkengattungen 29  
Wolkenstockwerke 27  
Wolkenstraßen 61, 62, 175  
Wolkentypen 28  
Wolkenwinde 60

World Meteorological Organization (WMO) 139  
Wütende Fünfziger 34

**Z**entrifugalkraft 21  
Zirkulation 13  
Zuggeschwindigkeiten 39  
Zwischenhoch 49  
Zwischenhochkeil 50  
Zyklonen 34  
Zyklonenfamilien 46