



DAS Meeno Schrader
WETTERBUCH
für Wassersportler



DELIUS KLASING

DAS Meeno Schrader
WETTERBUCH
für Wassersportler

Delius Klasing Verlag

Inhalt

Vorwort	9
---------	---

1	Ohne Sonne geht nichts	11
1.1	Was ist Wetter?	12
1.2	Was ist Seewetter?	12

2	Ohne Luft geht auch nichts	13
2.1	Temperatur	14
2.2	Feuchte	15
2.3	Luftdruck	17
2.4	Isobarenkarten	19
2.5	Hoch oder Tief?	20
2.6	Wie entsteht Wind?	21
2.7	Von den Isobaren zur Windgeschwindigkeit	22
2.8	Von den Isobaren zur Windrichtung	23
2.9	Das Barometer – Informationsgehalt	25
2.10	Der Barograph – viel nützlicher	26

3	Die großen Windsysteme der Erde	28
3.1	Die innertropische Konvergenzzone ITCZ	30
3.2	Subtropisches Hochdruck- gebiet und Passate	31
3.3	Wellenstörungen oder »Easterly Waves«	37
3.4	Kalmen – Doldrums – ITCZ	38
3.5	Die Westwindzonen-Pumpe	41

4	Tiefdruckgebiete	42
4.1	Eigenschaften und Entstehung von Tiefdruckgebieten	42
4.2	Thermisches Tief	42
4.3	Dynamisches Tief	43
4.3.1	Aufgabe	43
4.3.2	Luftmassen	45
4.3.3	Fronten	46
4.3.4	Trog	48
4.4	Ein Tief zieht durch	51
4.4.1	Luftdruckveränderung	51
4.4.2	Windverlauf	52
4.4.3	Wolkenverlauf	55
4.4.4	Wetterverlauf	60
4.4.5	Nord- und Südhalbkugel	61

5	Wolken	62
5.1	Vom unsichtbaren Wasser- dampf zur sichtbaren Wolke	62
5.2	Wolkenentstehung	63
5.3	Wolkenarten	65
5.3.1	Schichtwolken (Stratus)	67
5.3.2	Haufenwolken (Cumulus)	67
5.4	Was uns die Wolken sagen	70
5.5	Einfluss der Wolken auf das bodennahe Windfeld	73
5.5.1	Quellwolken – nicht abregnend	73
5.5.2	Quellwolken – abregnend	74

6 Regionale und Küsteneffekte 76

6.1	Kapeffekt	76
6.2	Düseneffekt	77
6.3	Küstenkonvergenz	78
6.3.1	Wind weht aufländig	79
6.3.2	Wind weht abländig	79
6.4	Küstendivergenz	80
6.4.1	Wind weht abländig	80
6.4.2	Wind weht parallel oder schräg aufländig	81
6.5	Inseln	82
6.5.1	Windfeld	82
6.5.2	Wellenbild	83

7 Lokale Windsysteme 84

7.1	Einflüsse	84
7.2	Seewind	85
7.2.1	Seewind ohne Gradientwind	86
7.2.2	Seewind mit Gradientwind	89
7.3	Landwind	92

**8 Regionale Windsysteme
im Mittelmeer 94**

8.1	Mistral	96
8.2	Meltemi/Etesien	98
8.3	Bora	99
8.4	Schirokko	102
8.5	Föhn	102

9 Wann wird's gefährlich? 104

9.1	Nebel	104
9.1.1	Was ist Nebel?	104
9.1.2	Wie entsteht Nebel?	104
9.1.3	Nebel – was tun?	106
9.2	Gewitter	108
9.2.1	Frontgewitter	108
9.2.2	Wärmegewitter	108
9.2.3	Gewitterhäufigkeit und -zeiten	110
9.2.4	Woran erkennt man Gewitter?	111
9.2.5	Warum ziehen Gewitter »gegen den Wind« auf?	114
9.2.6	Zieht die Wolke vorbei?	115
9.2.7	Was tun bei Gewitter?	115
9.3	Wasserhosen	116
9.4	Sturm	118
9.4.1	Psychologische Wirkung	120
9.4.2	Sturm Vorbereitung	121

10 Wellen und Seegang 122

10.1	Windsee	122
10.2	Dünung	123
10.3	Grundsee	124
10.4	Kreuzsee	125
10.5	Eigenschaften von Seegang	126
10.5.1	Wellenlänge	126
10.5.2	Wellenperiode	126
10.5.3	Wellenhöhe	126
10.6	Kaventsmänner, Monster- wellen und Freak Waves	128

11 Wetterbeobachtungen an Bord 130

11.1	Luftdruck	130
11.2	Wind	131
11.3	Abschätzen von Wind- und Wellenhöhen	132
11.4	Böen	132
11.5	Wolken lesen	134
11.6	Küste lesen	135

12 Metereologische Törnplanung 137

12.1	Wochenendtörn 1–2 Tage	138
12.2	3–7-Tage-Törns	139
12.3	2–4-Wochen-Törns	139
12.4	Langstrecke – Blauwasser	140
12.5	Überführungstörns	143
12.6	Regatta	144
12.7	Die Crew	145
12.8	Die Sicherheit	145
12.9	Das Schiff/das Boot	145
12.10	Nebenwirkungen	146
12.11	Welche Wettervorhersagen für welchen Törn?	146

**13 Moderne Wetter-
versorgung an Bord 148**

13.1	Seewettervorhersagen per SMS	148
13.1.1	Vor- und Nachteile von SMS-Seewettervorhersagen	150
13.1.2	Reichweite des Mobilfunks	150
13.2	Apps	150
13.3	Törnberatungen	151
13.4	Internet	153
13.5	Zugriff auf das Internet von Bord aus	153
13.6	GRIB-Daten und Wettersoftware	154
13.7	GRIB-Datenempfang auf hoher See	156

14 Gezeiten 159

15 Strömung 162

16 Revierwetter 167

16.1	Ostsee	167
16.2	Nordsee	167
16.3	Mittelmeer	168

**17 Klimawandel –
Auswirkungen auf Wetter,
Wind und Wasserstand 170**

18 Regattawetter 173

18.1	Kleines Regatta 1 × 1	173
18.1.1	Das »Big Picture«	173
18.1.2	Gradientwind	175
18.1.3	Küsteneinflüsse	178

19 Glossar 182

Vorwort

Als ich mit vier Jahren das erste Mal an der Pinne stand, wusste ich zwar ungefähr, wie man das Wort »Wetter« ausspricht, aber ich wusste keineswegs einzuordnen, was das war.

Als ich mit neun Jahren bei Windstärke 6 und 1 Meter sehr steiler, kurzer Welle über die Leda (einem Nebenfluss der Ems bei uns quasi hinter dem Haus) mit meinem Opti peitschte, wusste ich, dass Wetter sehr viel Spaß machen kann! Als ich jedoch mit 16 Jahren auf der Ems beinahe ertrunken wäre, weil der böige 5-Windstärken-Wind unseren Korsaren immer wieder umwarf, ich den Kontakt zum Schiff verlor und Panik bekam, in der brechenden »Wind-gegen-Strom«-Welle in die nahen Stellnetze zu treiben, wurde mir bewusst, dass man es auch überreizen kann. Wetter und Seegang hatten uns plötzlich Grenzen aufgezeigt. Es gab Momente, da hatte ich noch als 11-Jähriger Angst vor dem Wasser und dem Segeln. Meist dann, wenn die Küste weit wegrückte – und doch konnte ich nicht widerstehen. Auf einem unserer unzähligen Wochenendtörns nach Borkum wurde plötzlich aus Angst Faszination. Faszination, was physikalisch mit einem Segelboot machbar ist: nur unter Segeln von A nach B zu reisen, sogar gegen den Wind voranzukommen – und das mit beeindruckender Geschwindigkeit! Sich der Natur zu stellen, sich mit ihren wunderschönen, aber auch hässlichen Facetten auseinanderzusetzen, sie zu genießen

und sich zugleich immer wieder respektvoll mit ihr zu messen.

Ich weiß gar nicht mehr, warum es an mir hängen blieb. Auf jeden Fall war ich es, der allabendlich die Aufgabe übernahm, den Seewetterbericht zu hören und mitzuschreiben. Die Wetterlage zu notieren, zu skizzieren, zu versuchen, ein spärliches Bild zu malen, wie so ungefähr die Wetterlage vielleicht am nächsten Tag aussehen sollte – zumindest der Stimme nach, die dem immerwährenden monotonen Rasseln des Weckers folgte und behauptete Norddeich Radio zu sein. Ob es nun stimmte, was die Stimme mir sagte, oder nicht: Sie war ehernes Gesetz. Abends wurde in der Nordsee Norddeich Radio gehört, in der Ostsee war es Kiel oder Rügen Radio. Damals gab es keine Alternative und alle unter Deck mussten still sein. Die Stimme war das eine, die Verkündung dessen, was mit dem Wetter werden sollte, das andere, das viel Wichtigere. Mein Vater war der Skipper. Er war weiß Gott kein höriger Mensch und meinte einige Dinge besser zu wissen, aber hier gab er respektvoll nach. Ab- und Weiterfahrt wurden (meist) nach dem Wetter entschieden.

Bis heute sind über vier Jahrzehnte vergangen. Wir shutteln quasi »Linie« zum Mond, rasen mit dem Rennwagen durch die Wüste, glauben beim Fallschirmfliegen Herr der Lüfte zu sein und meinen mit dem Supertanker immer den direkten Weg bei



voller Marschgeschwindigkeit fahren zu können. Nichts kann uns scheinbar aufhalten, und doch gibt es etwas, das das fertigbringt. Wir nennen es schlicht »Wetter«. Sechs Buchstaben für die Urkräfte unseres Planeten, der nicht nur aus Land- und Wassermassen besteht, sondern der noch von einer dünnen Lufthülle eingeschlossen ist. Wir nennen sie Troposphäre. Diese Hülle der Luft, die es erst ermöglicht, dass wir überhaupt auf dieser Erde leben können. Faszinierend, wie dünn sie ist: Nimmt man einen Globus von 2 m Durchmesser, ist diese Lufthülle nicht einmal 3 mm dick! Und doch steckt in ihr die gigantische Energie von über 1000 Atomkraftwerken! Bei so viel Energie muss der Mensch nicht kapitulieren, aber er darf auf keinen Fall glauben, alles zu können. Wer auf die See hinausfährt, der kann das mit den unterschiedlichsten schwimmbaren Untersätzen tun, und er sollte die Angst an Land

lassen, der Respekt jedoch gehört mit an Bord! Er ist der (überlebens-)wichtigste Wegbegleiter. Respekt vor dem Wetter hilft, immer richtig zu handeln und zu entscheiden, auch und gerade wenn es kritisch wird – und kritisch wird es mit Sicherheit irgendwann einmal.

Wetter erscheint manchen Menschen so, als sei es Zauberei. Doch es ist Physik. Mal einfache, mal sehr komplizierte Physik. Dieses Buch soll helfen, dem Wetter die Kompliziertheit zu nehmen, ihm den Zauber aber zu lassen. Mit etwas mehr Verständnis können die vielen, oft einfachen Zeichen des Himmels besser verstanden und gedeutet werden. Wenn man weiß, was kommt, hat man die Möglichkeit, rechtzeitig und aktiv die richtige Entscheidung zu treffen.

Es ist dieses Wissen um das Wetter, das viel Unsicherheit und Anspannung nimmt und stattdessen Vertrauen zwischen Crew und Skipper/Skipperin schafft, Sicherheit, Spaß und Erholung an Bord bringt und all das erst möglich macht, wofür der Wassersport steht.

Das Buch soll helfen, dieses Vertrauen herzustellen, sodass es möglich ist, mit dem Wetter aktiv umzugehen und sich das Wetter zum Freund zu machen!

Viel Spaß dabei!

2 Ohne Luft geht auch nichts

Wetter braucht Luft und damit eine Atmosphäre! Der Begriff »Atmosphäre« kommt aus dem Griechischen und setzt sich zusammen aus den Worten »atmos« = Dampf, Dunst, Hauch und »sphaira« = Kugel. Die Atmosphäre ist die gasförmige Hülle um einen Himmelskörper. Das für das Wetter maßgebliche unterste Stockwerk der Atmosphäre ist die Troposphäre.



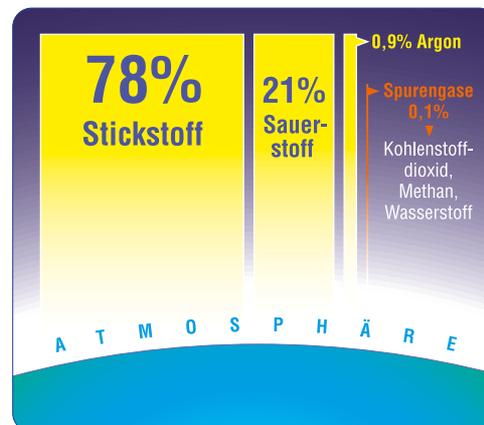
◁ Bei einem Durchmesser der Erde von 2 m hat die Gashölle (= Troposphäre) nur eine Dicke von gerade einmal 3 mm! Hier spielt sich das gesamte Wetter ab.

Offensichtlich gibt es eine bestimmte Zusammensetzung eines Gasgemisches, das erst Leben auf der Erde möglich macht.

Beeindruckend sind die Verhältnisse der Gasanteile untereinander. 78 % Stickstoff, »nur« 21 % überlebenswichtiger Sauerstoff und 0,93 % Argon, das neben seiner Bedeutung im Gasgemisch als Lebenselixier im Allgemeinen vom Menschen auch als Schutzgas zum Schweißen und für Glühbirnen entdeckt wurde. 99,9 % der Anteile der Atmosphäre sind damit erklärt, es bleibt ein winziger Rest von 0,1 %, die sogenannten Spurengase. So vernachlässigbar sie erscheinen, sind sie für das Leben auf der Erde von immenser Bedeutung. Besonders deutlich wird ihr Einfluss im Hinblick auf den Klimawandel.

0,0018 %; Helium 0,0005 %; Methan 0,00017% – Tendenz steigend. Weitere 15 Spurengase sind in noch sehr viel geringeren Mengen enthalten. Trotz der vergleichsweise sehr geringen Mengen ist der Einfluss von Kohlenstoffdioxid und Methan gewaltig. Ihre Mengen nehmen

Die Anteile der Spurengase betragen: Wasserdampf (über die gesamte Atmosphäre gemittelt) 0,04 %; Kohlenstoffdioxid oder meist in der Kurzform als Kohlendioxid bezeichnet zurzeit (Stand 2014) 0,0402 % – Tendenz steigend; Neon



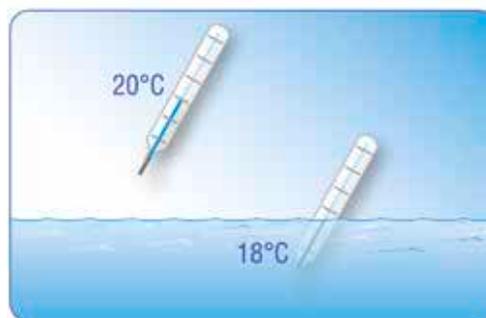
◁ Chemische Zusammensetzung der Atmosphäre.

Celsius durchgesetzt, in Großbritannien und in den USA die Einheit *Fahrenheit*.

$$\text{Grad Celsius} = (T \text{ Fahrenheit} - 32) \times \frac{5}{9}$$

Im Grunde genommen ist es egal, welche Einheit verwendet wird. In der Atmosphäre geht es immer nur um den Wärmevergleich benachbarter Luftmassen: Zeigt das Thermometer einen hohen Wert an, bezeichnen wir diese Luftmasse als warm; ist es ein niedriger Wert, gilt sie als kalt. Auch wenn wir Menschen immer wieder versuchen, »warm« und »kalt« bestimmte Gradzahlen zuzuordnen, physikalisch gesehen ist dies nicht nötig. Beispiel: Gebe ich jemandem die Hand, und seine Hand ist kälter als meine, spreche ich ihm eine kalte Hand zu, ohne zu wissen wie viel Grad Körpertemperatur er wirklich hat. Damit ist die Wärmeverteilung »warm/kalt« ohne Thermometer ausreichend geklärt. Die Antwort beruht also nur auf dem Verhältnis der Wärme beider Körper zueinander. Der Wärmere wird als warm, der andere als kalt bezeichnet.

Genauso verhält es sich in der Atmosphäre. Die Luft besteht aus unterschiedlichen Luftmassen, die nicht gleich temperiert sind. Es gibt Luftpakete, die wärmer und andere, die kälter sind. Über



◁ Messung Wassertemperatur 18 °C, Messung Lufttemperatur 20 °C. Die Luft ist wärmer als das Wasser – das hat vielerlei Konsequenzen.

die Messung der Lufttemperatur kann man feststellen, welches das warme Luftpaket ist, und welches das kalte.

Der genaue Temperaturwert spielt aber eigentlich kaum eine Rolle. Von Bedeutung sind die Temperaturunterschiede, und diese führen zu wichtigen thermodynamischen Konsequenzen:

Warme Luftmasse = geringe Dichte
= leichte Luft = Aufsteigen
Kalte Luftmasse = große Dichte
= schwere Luft = Absinken

Die Temperaturdifferenz zweier benachbarter Luftpakete entscheidet, welche Luft bestrebt ist aufzusteigen und welche bleibt, wo sie ist oder absinken wird. Der Unterschied gibt lediglich die Information, wie schnell die warme Luft aufsteigt. Je krasser die Gegensätze, desto heftiger die Bewegungen der Luft.

2.2 Feuchte

Auf der Erde gibt es etwa 1,4 Milliarden Kubikkilometer Wasser. Gut 98 % des Wassers sind flüssig, 1,8 % sind fest (Eis) und eine ganz kleine Menge – nur 0,001 % – sind gasförmig, befinden sich also in der Luft.

◁ Um festzulegen, welche Hand warm und welche kalt ist, benötigt man kein Thermometer, es reicht der direkte Kontakt. Die absolute Temperatur spielt erst einmal keine Rolle.

▷ Wenn die Lufttemperatur die Taupunkttemperatur erreicht und genügend Luftfeuchtigkeit (Wasserdampf) vorhanden ist, bildet sich Nebel.

Von dieser winzig kleinen gasförmigen Menge soll nachfolgend die Rede sein. Sie heißt »Wasserdampf« und spielt für das Wetter die wichtigste Rolle!

Wie viel Wasserdampf in der Luft vorhanden ist, besagt die sogenannte Feuchte der Luft. Wie bei den Temperaturen, kommt es auch hier nur auf das Verhältnis an. In diesem Fall handelt es sich um das Verhältnis zwischen der Anzahl trockener Luftmoleküle gegenüber der Anzahl feuchter Moleküle (= Wasserdampfmoleküle). Daher erfolgt die Messung gleich in »Prozent relativer Feuchte«. Bei 0 % ist die Luft knochentrocken, bei 100 % besteht sie nur aus Wasserdampf.

Der Wohlfühlwert für den Menschen liegt zwischen 40 % und 70 %, er hängt aber noch stark vom Wind und der Lufttemperatur ab.

Warme Luft nimmt mehr Wasserdampf auf als kalte Luft!

Wie alle Gase, ist auch Wasserdampf unsichtbar. Allerdings streng genommen nur solange die Luftfeuchte < 100 % beträgt.

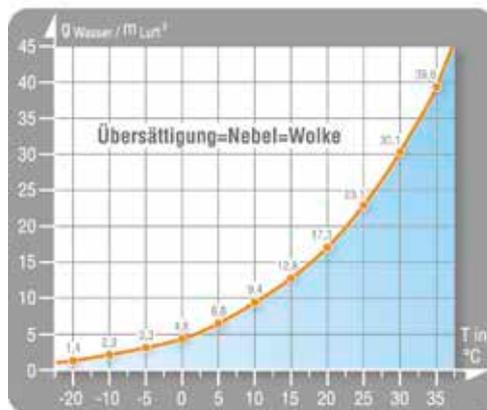


Ist sie genau 100 %, ist von der »Sättigungsfeuchte« die Rede. Mehr unsichtbaren Wasserdampf kann ein Luftpaket nicht aufnehmen. Wie viel Wasserdampf ein Luftpaket genau aufnehmen kann, hängt von seiner Temperatur ab.

Wenn ein Luftpaket 100 % Feuchte besitzt, dann passiert etwas sehr Bedeutsames: In diesem Moment kann die Luft keinen unsichtbaren Wasserdampf mehr aufnehmen. Der Wasserdampf kondensiert zu Wassertröpfchen und wird damit sichtbar! Es entsteht Tau. Daher heißt die Lufttemperatur bei genau diesem Zustandswechsel »Taupunkttemperatur«. Weil warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen kann als kalte, ist die Taupunkttemperatur in warmer Luft höher als in kalter Luft.

Die Taupunkttemperatur gibt Auskunft über das unterschiedliche Speichervermögen von Wasserdampf in warmer und kalter Luft: 10 °C kalte Luft kann 9,4 g Wasser pro Kubikmeter Luft enthalten, dann sind 100 % relative Feuchte erreicht. 35 °C warme Luft kann dagegen 39,6 g Wasser pro Kubikmeter Luft enthalten bis die Sättigungsfeuchte erreicht ist. So kann heiße Wüstenluft mehr Wasser beinhalten als kühle Herbstluft in Mitteleuropa, obwohl sich die Herbstluft deutlich feuch-

▷ »Taupunkttemperatur«. Je niedriger die Temperatur eines Luftpakets, desto weniger Wasserdampf kann es halten und desto eher bildet sich Nebel. Die Taupunkttemperatur (die Temperatur, bei der Kondensierung stattfindet) ist in warmer Luft höher als in kalter Luft.





◁ Feuchte-Messgeräte: Klassisches mechanisches Haar-Hygrometer (links). Fühler eines elektronischen Gerätes mit kapazitivem Feuchte-sensor, der die Änderung der elektrischen Eigenschaften infolge der Änderung des Feuchtegehaltes misst (rechts).

ter anfühlt! Bei 20 % Luftfeuchtigkeit und einer Temperatur von 40 °C enthält der Kubikmeter Luft etwa 10 g Wasser. Bei 90 % Luftfeuchtigkeit und 10 °C sind es nur gut 8 g Wasser. Entscheidend ist nicht die absolute, sondern die relative Feuchte.

2.3 Luftdruck

So leicht Luft zu sein scheint, Luft hat ein Gewicht. Jedes einzelne Molekül hat ihrem Element und dem Volumen entsprechend ein zwar extrem niedriges, aber dennoch ein Gewicht! Ein Atom hat (je nach Element) einen Radius von ~ 1 Angström = 0,1 Nanometer = 1×10^{-10} m, d. h. auf einen Nanometer passen nebeneinander ca. 5–10 Atome. Auf einen Millimeter passen nebeneinander 5–10 Mio. Atome,

5–10 Milliarden auf einen Meter. Bei einem Erdumfang von 40 017 607 Metern und einer Dicke der Troposphäre von im Mittel 14 000 Metern kommt eine gigantische Masse an Molekülen zusammen – ein enormes Gewicht.

Rechnet man das Gewicht der Luft über ihr Molekulargewicht aus, bekommt man folgende Werte: 1000 Liter Luft wiegen ca. 1 kg. Ein anderes Maß: Auf einer Fläche von einem Quadratmeter lasten im Mittel 10 Tonnen Luft. Das ist das Gewicht der Luftsäule von der Erd-/Wasseroberfläche bis ins Weltall in 1000 km Höhe. Gewicht ist dabei nichts anderes als Druck pro Fläche.

Gemessen wird dieser Druck mit einem Barometer. Das Gewicht der Luft auf die Erdoberfläche heißt Luftdruck. Mit dem Barometer wird der Luftdruck zu jedem



◁ Barometer: elektronisch (links), mechanisch (rechts).

Zeitpunkt genau dort gemessen, wo es steht. Die Aussage der Messung besagt, wie viele Luftmoleküle sich über dem Messort gerade auftürmen und übereinander stapeln.

Die physikalische Einheit des Luftdruckes ist hPa (Hektopascal). Zur Zeit der Erfindung des Quecksilberbarometers waren es mmHg (Millimeter Quecksilbersäule). Bei den ersten mechanischen Druckmessungen wurde TORR verwendet. Hieraus wurde später mb (Millibar). Die Amerikaner verwenden auch heute noch mb, korrekt ist hPa. Dabei ist die Umrechnung denkbar einfach: 1 mb = 1 hPa.

Der mittlere Luftdruck auf der Erde liegt bei 1013 hPa. 1040 hPa ist ein hoher Wert, 980 hPa ein niedriger Wert. Der bisher höchste Luftdruck wurde mit 1083,8 hPa in Oimjakon, in der Teilrepublik Jakutien im Osten Russlands am 31.12.1968 gemessen. Der niedrigste protokollierte Luftdruck betrug 870 hPa im Taifun »TIP« westlich von Guam am 12.10.1979.

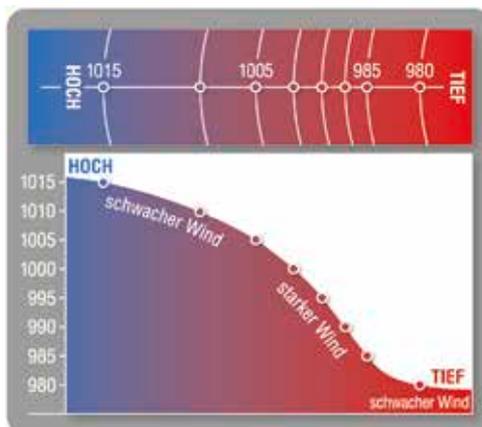
Macht man in der unmittelbaren Umgebung einer Luftdruckmessung (z. B. 200 m weiter) eine zweite Messung, ist festzu-

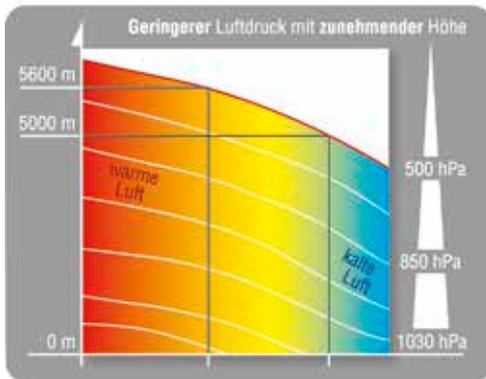
stellen, dass der Luftdruck ähnlich oder gleich hoch ist. Das beweist, dass sich die Luftteilchen nicht nur über einem Quadratmeter oder einer noch kleineren Säule stapeln, sondern es sich um größere Luftpakete handelt. Diese Luftpakete heißen Luftdrucksysteme. Um sie unterscheiden zu können, tragen sie Namen. Ist der gemessene Luftdruck eher niedrig, heißen sie Tiefdruckgebiete, kurz: Tief. Ist der Wert eher hoch, heißen sie Hochdruckgebiete, kurz: Hoch. Doch es ist nicht nur der Betrag des Luftdrucks, der zu dieser Unterscheidung führt, sondern auch die Dynamik innerhalb der Systeme, wie sich die Luftmoleküle in der Senkrechten bewegen: im Tief ist ihre Bewegung nach oben gerichtet (aufsteigend), im Hoch nach unten (absinkend).

Durch die Abwärtsbewegung der Luftmoleküle entsteht also ein Hochdruckgebiet. Dies kann man sich als einen riesigen Berg von Luftmolekülen vorstellen. Jeder (!) Berg hat um sich herum ein Tal oder zumindest ein Gebiet, das flacher ist als der Berg selbst. Dieses Tal stellt bereits das Tiefdruckgebiet dar. Wieder sind, wie bei den Temperaturen und der Feuchte, nicht die gemessenen absoluten Werte von entscheidender Bedeutung, sondern nur das Verhältnis. Der absolut gemessene Luftdruck spielt also kaum eine Rolle, sondern vielmehr das Nebeneinander von einer Region mit sehr vielen gestapelten Luftmolekülen zu der benachbarten Region mit weniger gestapelten Luftmolekülen. Schon der direkte Vergleich (»hier hoher Luftdruck, da niedriger«) reicht aus, um von einem Hoch und einem Tief sprechen zu dürfen.

In dem Moment, wo die Luftmoleküle

▷ Hoch und Tief verhalten sich wie Berg und Tal. Wo sich die Luftmoleküle am meisten stapeln ist das Hoch. Wo das Gefälle am größten ist, fließen die Luftmoleküle am schnellsten ins Tal. Hier ist der Wind am stärksten.





einem Druckgefälle (Gradient) folgen, entsteht Wind. Dieser Wind heißt Gradientwind. Er weht als großräumiges Windfeld zwischen den Hochs und den Tiefs.

Apropos Berg: Es kommt sehr wohl darauf an, wo ich den Luftdruck messe. Je näher am Erdboden, desto höher ist der Luftdruck. Er ist auf dem Berg also deutlich geringer. Dort oben stapeln sich nicht mehr so viele Luftmoleküle übereinander wie im Flachland. Damit trotzdem alle Messungen weltweit miteinander vergleichbar sind, wird der Luftdruck immer auf Meeressniveau heruntergerechnet.

Der Luftdruck nimmt also mit der Höhe ab. Die Abnahme beträgt 1 hPa auf 8 m, oberhalb von 5 km erfolgt die Abnahme langsamer, da sind es 1 hPa auf 16 m.

Der mittlere Luftdruck beträgt 1013,2 hPa. Dies ist der über die ganze Erde gemittelte Luftdruck bezogen auf Meeressniveau.

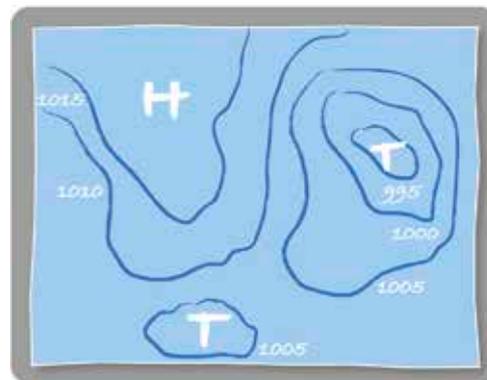
2.4 Isobarenkarten

Misst man den Luftdruck auf der Erde gleichzeitig an verschiedenen Orten, stellt sich Folgendes heraus: Der Luftdruck ist an einigen (sehr wenigen) Orten gleich, an

den meisten Orten aber misst man unterschiedliche Werte. Trägt man alle Messungen in eine Landkarte ein, und verbindet danach jeweils die Punkte, an denen der gleiche Wert gemessen wurde, dann erhält man eine Reliefkarte des Luftdrucks. Die Linien gleichen Luftdrucks heißen »Isobaren«. Üblicherweise werden dabei die ganzzahligen durch 5 teilbaren Luftdruckwerte bevorzugt miteinander verbunden und eingezeichnet, also Isobaren für 1000 hPa, 1005 hPa, 1010 hPa usw. Die so eingezeichneten Isobaren haben einen Abstand von 5 hPa (in angelsächsischen und amerikanischen Wetterkarten beträgt der Abstand lediglich 4 hPa!) So entsteht eine Isobarenkarte als einfachste Wetterkarte.

Dort, wo innerhalb des betrachteten Kartenausschnittes der höchste Luftdruck vorhanden ist, liegt ein Hochdruckgebiet. Es wird mit einem H (englisch: H für High oder auch A für Anticyclone) gekennzeichnet. Dort, wo der niedrigste Luftdruck gemessen wird, befindet sich ein Tiefdruckgebiet. Hier steht ein T (englisch: L für Low).

Innerhalb eines betrachteten Gebietes (einem Kartenausschnitt) gibt es in



◁ Abnahme des Luftdrucks mit der Höhe. Bis 5000 m nimmt er auf 8 m um 1 hPa ab, darüber auf 16 m um 1 hPa. Da sich warme Luft stärker ausdehnt, erfolgt die Abnahme in warmer Luft langsamer als in einer kalten Luftmasse.

◁ Eine Isobarenkarte – die einfachste aller Wetterkarten.

der Regel mehrere Maxima und Minima im Luftdruckgebilde. Jedem ist entsprechend ein H oder ein T zuzuweisen. Das Hoch und das Tief, die meiner Position am nächsten liegen, sind für »mein« Wetter in erster Linie von Bedeutung.

2.5 Hoch oder Tief?

Wie hat man sich ein Hoch- oder ein Tiefdruckgebiet vorzustellen? Grundsätzlich wird der Luftdruck an der Erdoberfläche gemessen, das Bezugsniveau ist dann immer der Meeresspiegel. Da die Erde von einer Lufthülle (= Atmosphäre) umgeben ist, stapeln sich Trilliarden von Luftmolekülen übereinander. Einen luftleeren Raum und Zustand gibt es in der Atmosphäre nicht! Sehr wohl aber gibt es Unterschiede in der Menge und Masse der sich stapelnden Moleküle. Im Bereich eines

Hochs sind es sehr viel mehr als in einem Tief. Wo aber kommen die Luftmoleküle alle her?

Die eigentliche Existenz und Entstehung von Tiefs und Hochs begründet sich auf die Bewegung der Luft in der Atmosphäre. In einem Tief unterliegen die Luftteilchen einem Hebungsprozess, bewegen sich also von der Erdoberfläche weg und steigen auf in höhere Stockwerke. Am Boden »fehlen« dann sozusagen Luftmoleküle, der Luftdruck sinkt. Schnell würde hier ein Vakuum entstehen, wenn nicht bodennah von den Seiten neue Luftmoleküle nachfließen würden: Solange die Luftmoleküle aufsteigen, und der Hebungsprozess funktioniert, bleibt das Tief erhalten. Ist die Hebung schneller als der Zufluss von außen, verstärkt sich das Tief, ist sie langsamer, füllt sich das Tief »auf«, und der Luftdruck steigt.

▷ Hoch und Tief –
Seitenansicht
der vertikalen
Strömungsmuster
der Luft.

