

Dietrich v. Haeften

# Sturm was tun?



DELIUS KLASING

DIETRICH V. HAEFTEN

# STURM – WAS TUN?

Delius Klasing Verlag

# Inhalt

<b>Vorwort</b>	11
<b>1 Die Energie</b>	13
<i>Warme Luft steigt auf</i>	13
<i>Wärmeaufnahme der Lufthülle</i>	13
<i>So entsteht der Wind</i>	14
<i>Und so der Sturm</i>	14
<i>Die Kondensationswärme</i>	15
<i>Kondensation durch Abkühlung</i>	15
<i>Abkühlung der Luft durch Aufsteigen</i>	16
<i>Der Kondensationsprozess</i>	17
<i>Sturm durch Kondensationswärme</i>	17
<b>2 Hochs und Tiefs</b>	18
<i>Der vertikale Strömungskreislauf</i>	18
<i>Das planetarische Windsystem</i>	19
<i>Der Wind im Tief</i>	21
<i>Der Wind im Hoch</i>	22
<i>Windinformationen aus der Wetterkarte</i>	23
<b>3 Wind, Starkwind, Sturm</b>	25
<i>Ablesen der Windgeschwindigkeit</i>	25
<i>Ermittlung der Windgeschwindigkeit aus dem Isobarenabstand</i>	26
<b>4 Das Sturmtief</b>	29
<i>Der Druck geht in den Keller</i>	29
<i>Das Sturmtief auf der Wetterkarte</i>	29
<i>Die Windeigenschaften des Sturmtiefs</i>	31
<i>Durchzug der Fronten</i>	31
<i>Die Troglage</i>	32
<i>Die Rückseitenlage</i>	32

33	<b>5 Topographische Einflüsse</b>
33	<i>Der Düseneffekt</i>
34	<i>Der Kapeffekt</i>
35	<i>Fallwinde</i>
36	<i>Thermalböen</i>
37	<b>6 Das Gewitter</b>
38	<i>Die Vorwarnung</i>
39	<i>Der Wind beim Gewitter</i>
39	<i>Tipps für den Segler</i>
41	<b>7 Tropische Wirbelstürme</b>
41	<i>Meteorologische Beschreibung</i>
43	<i>Wann und wo treten die tropischen Wirbelstürme auf?</i>
44	<i>Zugverhalten</i>
45	<i>Der gefährliche Sektor</i>
45	<i>Tipps für die Flucht</i>
50	<b>8 Der Seegang</b>
50	<i>Kleine Wellen, große Wellen</i>
51	<i>Der Seegang in flacherem Wasser</i>
52	<i>Brechende Seen</i>
53	<i>Die Oberflächenströmung</i>
55	<i>Der Seegang im Tidenstrom</i>
56	<i>Interferenzen oder Kreuzseen</i>
57	<i>Grundseen</i>
58	<i>Die See in Wirklichkeit</i>
59	<b>9 Die Yacht im Sturm</b>
59	<i>Windbelastung einer richtig gerefften Yacht</i>
60	<i>Windbelastung bei zu großer Segelfläche</i>
61	<i>Das Stampfen</i>

<i>Das Rollen</i>	62
<i>Das Gieren</i>	63
<i>Unterschneiden</i>	65
<i>Einsteiger</i>	66
<i>Die Yacht im Brecher</i>	66

## **10 Die Schwerwetter-Eignung einer Yacht** 69

<i>Die Größe der Yacht</i>	69
<i>Wanten und Stagen</i>	70
<i>Mast und Fallen</i>	71
<i>Segel</i>	72
<i>Der Rumpf</i>	74
<i>Die Bugform</i>	75
<i>Der Spantenriss</i>	76
<i>Der Lateralplan</i>	78
<i>Die Ruderanlage</i>	79
<i>Hilfreiches und Störendes an Deck</i>	80
<i>Unter Deck</i>	83
<i>Motorisierung</i>	84
<i>Lenzsystem</i>	85
<i>Resümee</i>	86

## **11 Auslaufen oder nicht?** 87

<i>Wetterinformationen</i>	87
<i>Die Auslaufentscheidung</i>	88

## **12 Sturm im Hafen** 90

<i>Längsseits liegen</i>	90
<i>Liegen im Päckchen</i>	91
<i>Liegen vor Buganker mit dem Heck zur Pier</i>	91
<i>Schamfilvorkehrungen</i>	93
<i>Fenderkonstruktionen</i>	95

97	<i>Beiboot klar</i>
98	<i>Mit der Maschine gegen den Winddruck</i>
98	<i>Notauslaufen</i>
99	<i>Hafenwache</i>

### **100 13 Sturmklar machen auf See**

100	<i>Die Sturmgefahr erkennen</i>
101	<i>Vorbereiten der Crew</i>
102	<i>Besonderer Wachplan</i>
103	<i>Navigation</i>
104	<i>Sicherheit unter Deck</i>
105	<i>Pantry</i>
106	<i>Klar Deck für Hack</i>
107	<i>Die Sturmcheckliste</i>
108	<i>Rechtzeitig reffen</i>
109	<i>Reffen des Großsegels</i>
109	<i>Verkleinern der Vorsegelfläche</i>

### **112 14 Die besondere Hausordnung**

112	<i>Crew-rest</i>
114	<i>Der Kampf mit dem Ölzeug</i>
114	<i>Menschliches Rühren</i>
115	<i>Seekrankheit</i>
115	<i>Die Versorgung mit Essen</i>
116	<i>Für die Seele</i>
116	<i>Der Kontakt mit der Außenwelt</i>
117	<i>Navigation</i>
118	<i>Draußen im Cockpit</i>
119	<i>Arbeit an Deck</i>
120	<i>Nachts</i>

<b>15</b>	<b>Sturmtaktik</b>	<b>121</b>
	<i>Einfaches Wellenaussegeln</i>	121
	<i>Wie viel Tuch?</i>	124
	<i>Welchen Kurs zum Wind?</i>	126
	<i>Kampf gegen Brecher</i>	127
	<i>Ausweichen</i>	128
	<i>Und wenn das Ausweichen nicht gelingt?</i>	129
	<i>Mit dem Achtersteven den Brecher nehmen</i>	130
	<i>Bug voraus den Brecher nehmen</i>	131
	<i>Aktive und passive Sturmtaktiken</i>	133
	<i>Ablaufen vor dem Wind</i>	134
	<i>Nur noch Sturmsegel?</i>	134
	<i>Bremsschleppen</i>	136
	<i>Beidrehen</i>	136
	<i>Liegen vor Treibanker</i>	138
	<i>Treiben lassen</i>	139
	<i>Mit Öl die Wellen glätten</i>	140
	<i>Unter Maschine abwettern</i>	141
	<i>Die Kreuz- und Quersee</i>	142
<b>16</b>	<b>Vorausplanung</b>	<b>144</b>
	<i>Sturmnavigation</i>	144
	<i>Leerraumplanung</i>	145
	<i>Berücksichtigung von Zeitumständen</i>	146
<b>17</b>	<b>Anlaufen eines Schutzhafens</b>	<b>148</b>
	<i>Halbwindstrecken</i>	148
	<i>Aufkreuzen unter Land</i>	149
	<i>Anlaufen einer Leeküste</i>	150

152	<b>18 Hafenmanöver</b>
152	<i>Vor dem Einlaufen</i>
153	<i>Manövrieren im Hafen</i>
155	<i>Anlegen bei auflandigem Starkwind</i>
156	<i>Anlegen bei ablandigem Starkwind</i>
157	<i>Anlegen römisch-katholisch</i>
159	<i>Anlegen bei Mooringleinen</i>
161	<i>Ankereinsatz im Notfall</i>
161	<i>Ankereinsatz zur Manöverhilfe</i>
162	<i>Manöver-Handicap bei nicht angestrahlttem Ruder</i>
162	<i>In die Ankerbucht</i>

164	<b>19 Notsituationen</b>
164	<i>Mann über Bord – an der Sörgleine</i>
165	<i>Mann über Bord – achteraus treibend</i>
169	<i>Suchverfahren</i>
172	<i>Wassereinbruch</i>
174	<i>Aufgabe der Yacht</i>
175	<i>Ausbooten in die Rettungsinsel</i>
176	<i>Hilfeleistung durch einen Rettungskreuzer</i>
177	<i>Übersteigen auf ein Frachtschiff</i>
180	<i>Abbergen durch einen Hubschrauber</i>
182	<i>Die Strandung</i>

185	<b>Nachwort</b>
-----	-----------------

186	<b>Stichwortverzeichnis</b>
-----	-----------------------------



# Vorwort

*Es ist besser, hier zu sein und zu wünschen,  
man wäre draußen, als draußen zu sein und  
zu wünschen, man wäre hier.*

Ein unbekannter Philosoph der Seefahrt hinterließ diese Weisheit seiner Nachwelt. Mit seiner freundlichen Genehmigung soll sie unserem Buch, einer Sturmfiel für Yachten, als Leitwort vorangestellt werden. Der genüsslich im Sessel ausgebreitete Leser möge den Sinnspruch auf sich beziehen.

Es bleibt nicht aus: Früher oder später »kriegt jeder Segler einen auf die Mütze«, er gerät in einen Sturm. Der Neuling sei gewarnt: Schweres Wetter auf See ist kein Zuckerlecken. Es ist eine Strapaze für Material, Leib und Gemüt. Und es ist keineswegs abwegig, dass etwas dabei passiert.

Keiner, der sich auskennt, wünscht sich einen Sturm herbei. Und wenn jemand einmal in einer bewegten Bierrunde vom überstandenen Unheil draußen in der tobenden See schwärmt, dann liegt das meistens am Bier.

Tatsächlich geht es um harte Arbeit, Anstrengung und Entbehrung. Auf dem springenden, bockenden und purzelnden Schiff wird aus normaler Arbeit harter Kampf. Kampf um Halt, Kampf gegen das knallende Tuch, Kampf gegen den nicht sitzen wollenden Knoten, Kampf gegen die klammen Finger und gegen das unaufhaltsam in den Kragen dringende Nass.

Angst schleicht sich unter die Gefühle. Ob der Rudergänger den Riesenmolly da hinten sieht? Waaahrschau, pass auf! Verflucht, wie die Leewanten schlagen, dass bloß die Saling nicht schlapp macht! Hatten die vorher auch schon so viel Lose? Ist der Mast gestaucht? Dummes Zeug, oder doch? Vorhin hatten wir noch über hundert Meilen nach Lee. Stimmt das denn auch? Ich kann jetzt nicht schon wieder runter, habe doch vorhin erst nachgecheckt...

Routine klärt ab. Mit einem gediegenen Erfahrungspolster erlebt man den Sturm bedeutend gelassener, obwohl man wohl nie so ganz über den Dingen steht, wie mir ein alter Profi einmal gestand.

Die meisten unter uns sind Hobbysegler. Sie sind hauptsächlich in der schönen Jahreszeit auf See, wenn Stürme selten sind. Gut so. Aber entsprechend gering ist auch der Erfahrungsstand. Und das ist weniger gut.

Nichts ersetzt praktische Erfahrung, vieles kann sie aber ergänzen. Und darum geht es in diesem Buch. Ich möchte mit dem Leser fachsimpeln, möchte Anregungen geben und Gedanken austauschen. Ich will die »Was wäre wenn«-Fragen aufwerfen und diskutieren. Ich will Anstoß geben zu weiteren, eigenen Überlegungen. Daheim, im Sessel, hat man herrlich Zeit dafür und Muße.

Es gibt in der Segelei keine anerkannte Lehre und schon gar keine über das Segeln im Sturm. Auch dieses Buch macht diesen Versuch nicht. Man darf widersprechen und selbst nachdenken.

# 1 Die Energie

Der Wind entsteht durch die Sonne, so auch der Sturm. Dazwischen liegt Physik, genauer gesagt Meteorologie.

Wir werden von dieser Wissenschaft einen kleinen Ausschnitt andenken. Nur andenken.

## Warme Luft steigt auf

Die Montgolfière, das war der berühmte Heißluftballon, stieg auf, weil mit einem offenen Feuer die Luft im Innern erhitzt wurde. Die warme Luft war leichter als die vom Ballon verdrängte kalte, und schon ging's ab nach oben. Sie folgte dem Gesetz, das wir von den Schiffen kennen: Der Auftrieb ist so groß wie das Gewicht der verdrängten Wassermenge. Der Ballon verdrängte die Umgebungsluft, deren Gewicht dem erzeugten Auftrieb entsprach. Der war größer als das Gewicht des Ballons einschließlich der durch Wärme leichter gemachten Innenluft. Und so stieg die Montgolfière auf.

Physikalisch ausgedrückt: Luft wird beim Erwärmen leichter, weil sie sich ausdehnt. Ihre Moleküle nehmen einen größeren Abstand zueinander ein, die Dichte der Luft wird geringer und somit auch ihr Gewicht pro Raumeinheit. Sie steigt gegenüber ihrer kühleren Umluft auf.

In unserer Lufthülle spielt sich das Montgolfière-Prinzip überall ab, wo wärmere Luft neben kälterer besteht, wo also Luft unterschiedlich erwärmt worden ist. Es gilt nun zu klären, wie es zu der unterschiedlichen Erwärmung kommt.

## Wärmeaufnahme der Lufthülle

Die Sonnenstrahlen erwärmen nur zum geringen Teil direkt die Lufthülle. Der weitaus größere Anteil erhitzt die Erdoberfläche, und die leitet die Wärme weiter an die darüber liegende Luft. Die Erdoberfläche erwärmt die Luft wie ein Heizkörper die Luft im Zimmer.

Land und Meer, Wald und Heide, Sand und Sumpf nehmen die Sonneneinstrahlung unterschiedlich auf. Die Oberflächenbeschaffenheit und die Farbe spielen eine große Rolle. Mattschwarz erwärmt sich am besten. Aber auch auf das Material kommt es an. Steine und Sand werden fünfmal, Ackerboden zweimal so warm wie Wasser bei gleicher Einstrahlung. Je nach Beschaffenheit entwickelt deshalb die Erdoberfläche höchst unterschiedliche Temperaturen und damit Heizleistungen gegenüber der Lufthülle.

Eine weitere Ursache variabler Aufheizung ist die Wolkendecke. Sie tritt regional und zeitlich verschieden auf, folgt aber klimatisch bedingten Häufigkeiten.

Und schließlich hängt die aufgenommene Wärmemenge vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlen ab. Die Erde ist rund, und polwärts wird dieser Winkel immer spitzer. Der Reflexionsanteil wird entsprechend größer und der für die Aufheizung nutzbare Anteil immer kleiner.

### **So entsteht der Wind**

Überall wo Luft aufsteigt, muss sich der Raum darunter wieder auffüllen. Er tut das von allen Seiten. Die nachströmenden Luftmassen streichen über die Erdoberfläche. Sie sind der Wind.

### **Und so der Sturm**

Damit aus dem Wind ein Sturm wird, ist viel Energie nötig. Die unterschiedliche Sonnenaufheizung der Erdoberfläche und der darüber liegenden Luftmassen reicht hierfür nicht aus. Zusätzliche Antriebskraft steht jedoch bei sehr feuchten Luftmassen in Form der Kondensationswärme reichlich zur Verfügung. Diese ungeheuren Energiemengen werden mit den Luftmassen über weite Strecken herantransportiert und, wenn die Umstände stimmen, zu einem gewaltigen Sturm entfesselt.

## Die Kondensationswärme

Jeder mag schon gestaunt haben, wie lange kochendes Wasser noch weiterkocht, bis es schließlich verkocht, sprich verdampft ist. Auch nach Erreichen der Siedetemperatur muss noch sehr viel Energie zugeführt werden, um das Wasser zu verdampfen. Die physikalische Erklärung ist folgende: Um 1 Gramm Wasser von 0 °C bis 100 °C zu erwärmen, werden 100 cal (= 418,68 Joule) an Energie verbraucht. Um 1 Gramm Wasser zu verdampfen, werden 597,11 cal (= 2500 Joule) benötigt. Das heißt: Zum Verdampfen muss etwa die 6fache Wärmemenge aufgewandt werden.

Beim Verdunsten passiert das Gleiche. Da der Vorgang aber nur an der Oberfläche geschieht, läuft er langsamer ab. Die aufgenommene Wärmemenge pro Kilogramm verdunsteten Wassers ist die Gleiche wie pro Kilogramm verdampften Wassers. Wir spüren diesen Wärmeverbrauch, auch Verdunstungskälte genannt, sehr deutlich nach dem Baden, wenn wir, nass aus dem Wasser kommend, frieren.

Die Kondensation, der Übergang des Wassers von seinem gasförmigen in seinen flüssigen Zustand, ist die Umkehrung des Verdampfungs- oder Verdunstungsvorgangs. Analog wird dabei die Verdampfungs- oder Verdunstungswärme als Kondensationswärme wieder frei.

Im gasförmigen Zustand des Wassers ist die Verdampfungs-, Verdunstungs- oder Kondensationswärme (es ist alles das Gleiche) verborgen, also nicht sichtbar oder fühlbar enthalten. In jeder Luftmasse, die verdunstetes Wasser, also Wasserdampf führt, ist sie stets vorhanden.

Wieviel Verdampfungs- oder Verdunstungswärme in einer Luftmasse steckt, hängt von der aufgenommenen Wassermenge ab. Wieviel Wasser das maximal sein kann, ist temperaturabhängig. Bei 15 °C könnten es bis zu 13 Gramm Wasser pro Kubikmeter Luft sein. Die Verdampfungswärme von einem Gramm Wasser reicht aus, um einen Kubikmeter Luft um zwei Grad zu erwärmen. Also könnte eine bei 15 °C gesättigte Luftmasse sich durch Kondensation allen Wasserdampfes auf 26 °C aufheizen!

## Kondensation durch Abkühlung

Wann kommt es zur Kondensation? Schon eben wurde festgestellt, dass die Wasseraufnahmefähigkeit der Luft temperaturabhängig ist. Man beobachtet die Tatsache beim Wäschetrocknen. Das geht bei warmer Luft viel schneller als bei kalter. Warme Luft kann mehr Wasser aufnehmen als kalte. Kalte Luft ist schneller gesättigt. Wird gesättigte Luft weiter abgekühlt, muss sie das zu viel aufgenommene Wasser wieder abgeben. Es wird zunächst in Form

feinstverteilter Schwebetröpfchen als Nebel oder als Wolken erscheinen. Bei hinreichender Konzentration werden sich dann diese Schwebeteilchen zusammenschließen und Tropfen bilden, die als Regen herunterfallen.

Sättigungstemperaturen unterschiedlich feuchter Luft:

Bei -5 °C	ist die Luft mit	3 g/m <sup>3</sup>	gesättigt.
Bei 0 °C	ist die Luft mit	5 g/m <sup>3</sup>	gesättigt.
Bei 5 °C	ist die Luft mit	7 g/m <sup>3</sup>	gesättigt.
Bei 10 °C	ist die Luft mit	9 g/m <sup>3</sup>	gesättigt.
Bei 15 °C	ist die Luft mit	13 g/m <sup>3</sup>	gesättigt.
Bei 20 °C	ist die Luft mit	18 g/m <sup>3</sup>	gesättigt.
Bei 25 °C	ist die Luft mit	23 g/m <sup>3</sup>	gesättigt.
Bei 30 °C	ist die Luft mit	30 g/m <sup>3</sup>	gesättigt.

### Abkühlung der Luft durch Aufsteigen

Sie ist über drei Schritte zu erklären. Erster Schritt: Die Luft wird wärmer, wenn man ihren Druck erhöht. Wir kennen dieses Phänomen von der Fahrradpumpe her, die nicht etwa wegen der Reibung des Kolbens im Zylinder, sondern wegen der Druckzunahme warm wird. Umgekehrt empfinden wir die aus dem Reifenventil herauspfeifende Luft kälter als die Temperatur des Reifens selbst, was auf die mit der Expansion verbundene Abkühlung zurückzuführen ist.

Zweiter Schritt: In der Atmosphäre nimmt der Luftdruck mit zunehmender Höhe ab. Stellt man sich vor, dass die Luftmoleküle alle aufeinander lasten, versteht man schnell, weshalb oben weniger Druck als unten ist. Sehr einfach.

Dritter Schritt: Wenn die Temperatur mit dem Druck und der Druck mit der Höhe abnimmt, muss die Temperatur auch mit der Höhe abnehmen. So ist es. Abgesehen von wetterbedingten Abweichungen gilt eine Standard-Temperaturskala von 6,5 bis 10 Kelvin (K) Temperaturabnahme je 1000 Meter Höhe, ausgehend von 15 °C in Meereshöhe bis -56,5 °C in 11 Kilometer Höhe, wo diese Regelmäßigkeit aufhört.

Wird also Luft in der Atmosphäre nach oben bewegt, kühlt sie sich entsprechend dieser Skala ab, wird sie abgesenkt, erwärmt sie sich nach der gleichen Regel.

## Der Kondensationsprozess

Bei blauem Himmel findet offensichtlich keine Kondensation statt. Die Lufthülle ist in diesem Falle so geschichtet, dass der Wasserdampfanteil nach oben hin so abnimmt, dass die jeweilige Sättigungstemperatur immer unterhalb der Umgebungstemperatur liegt. Unten sind dann die feuchten Luftschichten, und nach oben hin wird es immer trockener.

Wird durch äußeren Anlass eine Aufwärtsbewegung in dieser Schichtung herbeigeführt, zum Beispiel durch Aufgleiten der Luftmasse auf eine Bodenhebung oder auf eine kältere Luftmasse oder auch durch Erwärmung à la Montgolfière, kommt es beim Erreichen der kälteren Höhen zur Kondensation.

Jetzt wird Kondensationswärme frei. Für jedes Gramm kondensiertes Wasser genug Energie, um zwei Kubikmeter Luft um ein Grad zu erwärmen. Die auf diese Weise erwärmte Luft steigt nach dem Montgolfière-Prinzip auf. Sie kühlt dabei nach der Temperatur/Höhenskala ab, behält aber den einmal gewonnenen Temperaturvorsprung gegenüber der benachbarten, nicht von der Kondensation betroffenen Luft. So steigt sie weiter, bis sie sich auf die Sättigungstemperatur ihres inzwischen geringer gewordenen Wasseranteils abgekühlt hat und erneut Kondensation einsetzt. Es wird wieder Kondensationswärme frei, und der Vorgang wiederholt sich immer wieder. Das setzt sich so fort, bis kein Wasserdampfanteil mehr da ist.

## Sturm durch Kondensationswärme

Je nach Wasserdampfanteil der Luft kann die Menge der vorhandenen Kondensationsenergie beträchtlich sein. Sie wird über die Erwärmung der Luft in Vertikalbeschleunigung umgesetzt. Diese Beschleunigung setzt mit dem fortlaufenden Kondensationsprozess immer wieder, quasi auf allen Höhenebenen an. Die Schübe addieren sich zu einem gewaltigen Kamin ungeheurer Luftmengen, die am Boden von allen Seiten nachströmen. Je mächtiger der Kamin, desto stärker die Bodenströmung, der Wind, der Sturm. Der Kamin ist der Motor des Sturms.

Besagt die landläufige Meinung, dass der Wind durch das Aufsteigen sonnen erwärmter Luft entsteht, muss dies nun korrigiert werden. Dieser Effekt ist zwar existent. Aber die wesentliche Energie, die einen Sturm antreibt, kommt von der Kondensation. Die Feuchtigkeit der Luft ist die »Power«.

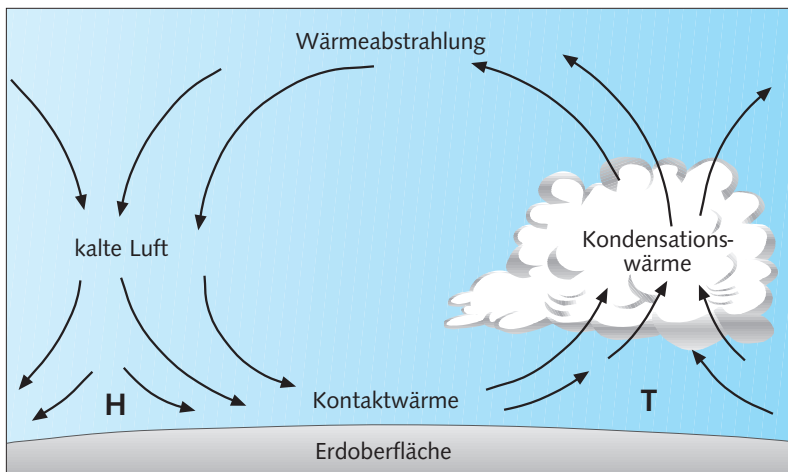
## 2 Hochs und Tiefs

### Der vertikale Strömungskreislauf

Hochs und Tiefs sind Teile der vertikalen Zirkulation der Luftmassen unserer Atmosphäre. Den aufsteigenden Teil dieses Kreislaufs kennen wir als Antriebsmotor des Windes. Die Luft hat dort, weil erwärmt, eine geringere Dichte. Geringere Dichte bedeutet niedrigeren Druck, entsprechend heißt die Region des Aufstiegs wenn auch nicht Niederdruckgebiet, so doch sinngemäß Tiefdruckgebiet, kurz Tief.

Der Aufstieg ist nicht grenzenlos. Irgendwo muss die Luft bleiben. Wenn mangels Kondensation keine Wärme mehr frei wird, kühlt die Luft in der Höhe durch Wärmeabstrahlung aus, die Vertikalströmung neigt sich in eine Horizontalströmung. Die Luft kühlt weiter ab und nimmt an Dichte und Gewicht zu. Sie senkt sich folglich nach genügender Zeit wieder ab und bildet dort quasi einen großen Berg relativ dichter Luft mit entsprechend hohem Druck. Dies ist das Hochdruckgebiet oder kurz das Hoch.

Ähnlich einem Kartoffelberg, der seitwärts auseinanderrollt, wenn er zu hoch geschüttet wird, fließt auch der Luftberg eines Hochdruckgebiets seitlich ab.



2/1: Der vertikale Strömungskreislauf.

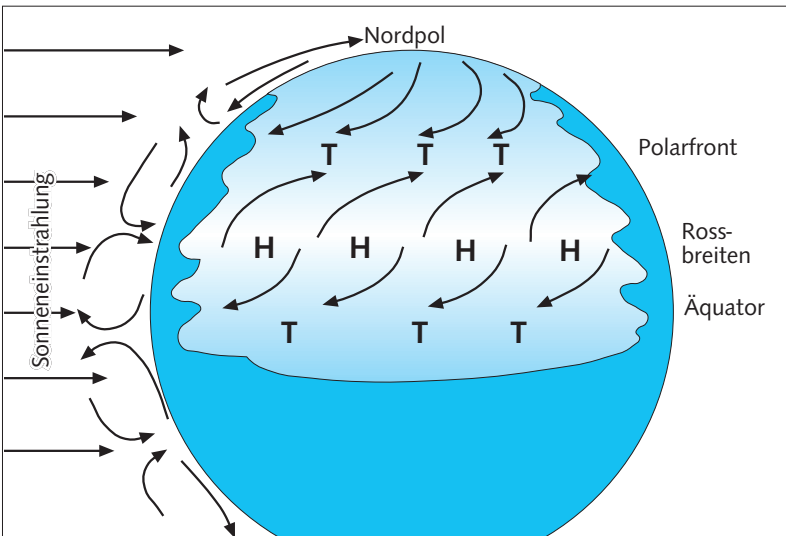


Vorzugsweise fließt die Luft zum nächsten Tiefdruckgebiet, wo der Raum unter den aufsteigenden Luftmassen aufgefüllt werden muss. Der Kreislauf ist geschlossen. Siehe dazu Abb. 2/1.

## Das planetarische Windsystem

Die Verteilung der Hochs und Tiefs unterliegt einer prinzipiellen Grundordnung, die es sich lohnt zu studieren, auch wenn sie in der Realität vor lauter Ausnahmen selten noch erkennbar bleibt. Es handelt sich um eine globale Betrachtungsweise, daher auch die Bezeichnung planetarisches Windsystem. Sie geht davon aus, dass die Erde sich im Sonnensystem dreht, dass aber ihre Oberfläche einheitlich beschaffen wäre.

In der Abb. 2/2 ist zu erkennen, dass in den äquatorialen Breiten die Sonneneinstrahlung am intensivsten ist, weshalb dort die Luftmassen thermisch aufsteigen. Sie bilden dort die tropischen Tiefdruckgebiete. In der Höhe fließen die Luftmassen nach Nord und Süd ab, verlieren ihre Wärme und lassen sich in den so genannten Rossbreiten als große Hochdruckzonen nieder. Wie der Kartoffelberg fließt die Luft als Bodenstrom ab, und zwar teilweise nach Süden, um den Kreis zu schließen, und teilweise auch nach Norden, um einen neuen Kreis zu starten (Nordhemisphäre).

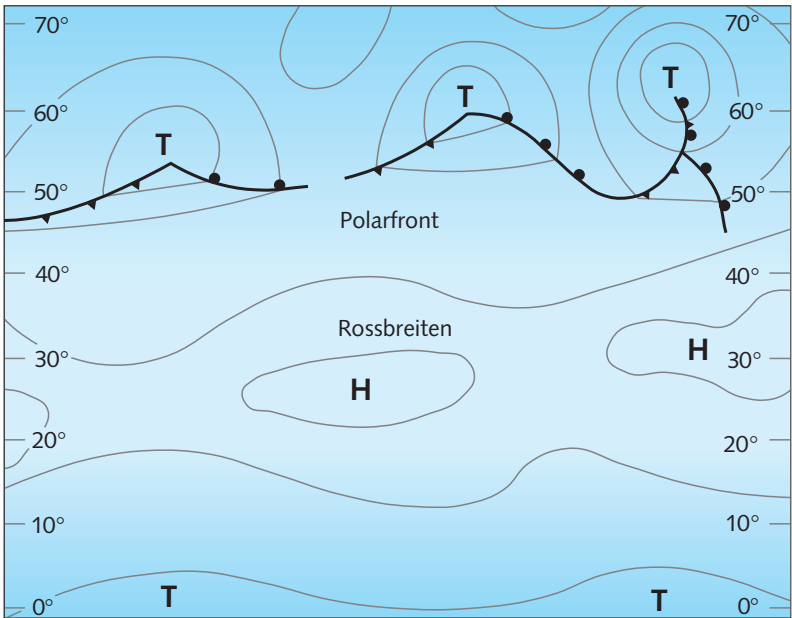


2/2: Das planetarische Windsystem.

Wegen der Coriolis-Kraft fließt der nach Norden tendierende Bodenstrom tatsächlich der Erddrehung voraus, also nach Osten, und der nach Süden tendierende Bodenstrom nach Westen.

Verfolgen wir den Bodenstrom des zweiten Kreislaufs. Abgelenkt nach Osten, bewegt er sich dennoch höheren Breiten zu und trifft etwa auf der Höhe der mitteleuropäischen Breiten auf Gegenverkehr. Hier naht der Bodenstrom eines gegenläufigen Kreislaufes, der in der Lufthülle der Polarkappe fließt. Diese Kappe wird der Kugelform der Erde entsprechend an ihrem Rand mehr von der Sonne erwärmt als im Polbereich selbst, weshalb dort dieser thermische Kreislauf entsteht. Sein zunächst nach Süden tendierender Bodenstrom wird bedingt durch die Coriolis-Kraft in einen Weststrom umgelenkt und kollidiert mit dem Bodenstrom aus dem zuvor beschriebenen Kreislauf.

Die Kollisionszone dieser beiden planetarischen Grundströmungen wird Polarfront oder die polare Konvergenzzone genannt. Für uns ist weniger der Name als die Tatsache der Kollision interessant, denn wenn Luftmassen unterschiedlicher Temperatur aufeinandertreffen, und das ist hier der Fall, drängt die kältere die wärmere Luft nach oben. Wir wissen bereits, was dann



2/3: Typische Druckverteilung mit erkennbaren Gürteln des planetarischen Windsystems.