

Karsten Brandt

# Das Wetter

Beobachten  
Verstehen  
Voraussagen

Anaconda

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten  
sind im Internet unter <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2012 Anaconda Verlag GmbH, Köln

Alle Rechte vorbehalten.

Umschlagmotive: mauritius images (o.). – mauritius images /  
Axiom Photographic (u. l.). – mauritius images / age (u. m.). –  
mauritius images / CuboImages (u. r.)

Umschlaggestaltung: dyadesign, Düsseldorf, [www.dya.de](http://www.dya.de)

Satz und Layout: paquémedia, [www.paque.de](http://www.paque.de)

Printed in Czech Republic 2012

ISBN 978-3-86647-723-0

[www.anacondaverlag.de](http://www.anacondaverlag.de)

[info@anacondaverlag.de](mailto:info@anacondaverlag.de)



# Inhalt

Einleitung .....	9
1. Wetter, Klima und Mensch .....	11
1.1 Geschichte der Meteorologie .....	11
1.2 Sie sitzen im Treibhaus .....	12
2. Unsere Atmosphäre .....	13
2.1 Die Atmosphäre und die Luft .....	13
2.2 Die Ozonschicht .....	15
2.3 Die Gravitationskraft – damit sich die Erde um die Sonne dreht .....	17
2.4 Der Aufbau der Atmosphäre .....	17
2.4.1 Die (freie) Troposphäre .....	18
2.4.2 Die Stratosphäre .....	19
2.4.3 Die Mesosphäre und höhere Schichten .....	19
3. Unsere Atmosphäre hat ein Gewicht – der Luftdruck .....	22

3.1	Der Luftdruck aus physikalischer Sicht und Luftdruckmessung .....	22
3.2	Luftdruckmessung .....	23
3.3	Der Luftdruck in der Meteorologie .....	24
4.	Die Erde im Bann der Sonne .....	26
4.1	Allgemeines zum Strahlungshaushalt auf der Erde .....	26
4.2	Strahlungsarten .....	28
4.3	Variationen im Strahlungshaushalt .....	30
4.4	Wechselwirkung zwischen Atmosphäre und Strahlung ...	31
4.5	Die Bilanz der Sonneneinstrahlung .....	34
4.6	Die Bilanz der Wärmestrahlung .....	34
5.	Grundlagen des Wetter- und Klimageschehens .....	37
5.1	Zirkulation auf der Erde – Klimazonen .....	44
5.2	Klimafaktoren und Klimaänderung .....	51
5.3	El Niño und La Niña – zum Einfluss der Meeresströmungen auf das Klima .....	54
5.4	Die thermohaline Zirkulation (globales Förderband) .....	54
6.	Leben zwischen Warm- und Kaltfronten – unsere Westwindzone	56
7.	Wetterelemente .....	57
7.1	Ein fliegender Ozean .....	57
7.2	Die Wolkenbildung .....	58
7.2.1	Wie entstehen Wolken überhaupt? – Der Wolkenbildungsprozess .....	60
7.2.2	Wolkenbildung durch Zunahme des Wasserdampfs .	63
7.2.3	Wolkenbildung durch Abkühlung einer geschlossenen Luftsicht .....	63
7.2.4	Wolkenbildung durch Vertikalbewegungen .....	64
7.2.5	Wolken in der Stratosphäre und in der Mesosphäre .	67
7.3	Wolkenklassifikation und Wolkenarten .....	68
7.3.1	Tiefe, mittelhöhe und hohe Wolken .....	68
7.3.2	Nebel .....	70
7.4	Wolken in Bildern .....	74

7.5 Niederschläge, Schnee und Hagel .....	85
7.5.1 Die Bildung von Hydrometeoren .....	85
7.5.2 Weiße Weihnacht und Co. .....	89
7.5.3 Tau und Reif .....	91
7.6 Gewitter .....	93
7.6.1 Die Entstehung von Gewittern und Gewitterarten ..	93
7.6.2 Blitz und Donner .....	95
7.7 Tornados und Tromben .....	98
7.8 Die Sonnenscheindauer und der UV-Index .....	100
7.9 Wind .....	102
7.9.1 Allgemeines zum Wind .....	102
7.9.2 Die Windgeschwindigkeit .....	105
7.9.3 Die Windrichtung .....	112
8. Extremes Wetter .....	114
8.1 Deutsche und weltweite Wetterrekorde .....	114
8.2 Verhaltensweisen bei Unwettern .....	118
9. Wettervorhersagen .....	122
9.1 Allgemeines zur Vorhersagbarkeit des Wetters und dessen Bedeutung .....	122
9.2 Synoptische Wettervorhersage: Die Zusammenschau .....	126
9.3 Die numerische Wettervorhersage: Ein physikalisch-mathematisches Bild der Atmosphäre ..	128
10. Meteorologische Messinstrumente .....	131
10.1 Klassische meteorologische Messgeräte .....	131
10.2 Fernerkundung in der Meteorologie: Radiosonde, Radar und Satellit .....	137
10.2.1 Radiosonde .....	137
10.2.2 Wetterradar .....	139
10.2.3 Wettersatellit .....	140
Ausblick und Schlusswort .....	142
Tipps zum Weiterlesen .....	142

# 1. Wetter, Klima und Mensch

## 1.1 Geschichte der Meteorologie

Die »Lehre von den Zeichen am Himmel und in der Luft« begann in der Antike. Damals nahmen die alten Griechen an, dass alle Zeichen des Himmels, also auch Sterne und Meteoriten, das Wetter beeinflussen würden – was ja an sich auch nicht falsch ist. Der zur damaligen und heutigen Zeit wohl bekannteste Meteorologe war Aristoteles. Mit seinem Werk »Meteorologica«, welches 350 v. Chr. erschien, beeinflusste Aristoteles für mehr als 2000 Jahre die Wetterkunde der westlichen Welt.

Erst im 16. Jahrhundert kam neue Bewegung in die Meteorologie. Mit Beginn der Neuzeit wurde bisher theoretisches Gedankengut mithilfe von Experimenten überprüft. Innerhalb kurzer Zeit standen Innovationen wie Thermometer, Hygrometer und Barometer zur Verfügung. Die neuen Messgeräte brachten den Meteorologen wichtige Erkenntnisse, die allerdings bis 1850 kaum verwertet werden konnten. Sturm- und Unwetterwarnungen gab es zu dieser Zeit also noch nicht.

Dies änderte sich erst mit der Erfindung der Telegraphie. Sie verband in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die großen Städte der Welt. Endlich konnten nun auch Wettermeldungen ausgetauscht und zumindest grobe Vorwarnungen vor Unwettern durchgegeben werden.

Der norwegischen Meteorologe Vilhelm Bjerknes (1862–1951) schlug zwar schon 1904 in einem Vortrag eine Art Computerwettervorhersage vor, die uns heute bekannten Wettervorhersagen gibt es jedoch erst seit der Entwicklung der Großrechner in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts.

Die Vorhersagegenauigkeit verbesserte sich im Laufe der Jahre extrem – in den letzten Jahren stimmten mehr als 9 von 10 Vorhersagen für die nächsten 48 Stunden. Die Meteorologie hat hierbei entscheidend von der Entwicklung der modernen Computertechnik profitiert.

Die Meteorologie bemüht sich also (und schafft es vielfach auch), »das nicht Greifbare greifbar zu machen«.

## 1.2 Sie sitzen im Treibhaus

Viele Menschen denken, die Erde nehme im Abstand zur Sonne eine Sonderstellung ein. Nicht zu nah, also zu heiß, aber auch nicht zu weit weg, damit es nicht zu kalt wird. So einfach verhält es sich jedoch nicht, denn eigentlich ist die Sonne zu weit von uns entfernt. Ohne Treibhausgase auf der Erde wäre es auf unserem Planeten kalt. Auf der Erdoberfläche würden durchschnittlich  $-18^{\circ}\text{C}$  herrschen, wenn es keinen Wasserdampf, kein Kohlendioxid, Methan und andere Gase gäbe. Am Äquator würde es nachts kräftig frieren und sogar ab und zu schneien, weite Teile der nördlichen Breiten wären extrem kalte Eiswüsten. Der Trick der Wärmefänger Treibhausgase besteht darin, dass sie das sichtbare Sonnenlicht, das die Erdoberfläche erwärmt, in die Atmosphäre eintreten lassen, bis zu 90% der unsichtbaren Wärmestrahlung des Bodens jedoch wieder zur Erde zurückstrahlen. Ergebnis ist eine ständige Balance zwischen Sonneneinstrahlung und etwas Wärmestrahlung, die in den Weltraum entweicht. Im Treibhaus Erde lässt es sich so mit  $15^{\circ}\text{C}$  im Durchschnitt recht gut aushalten.

Durch die Zunahme des Kohlendioxids in der Erdatmosphäre als Folge verschiedenster Verbrennungsprozesse wird diese Balance gestört. Weniger Wärmestrahlung gelangt in den Weltraum und die Temperatur der Erde steigt an. Wir machen also unser Klima unfreiwillig in Zukunft selber!