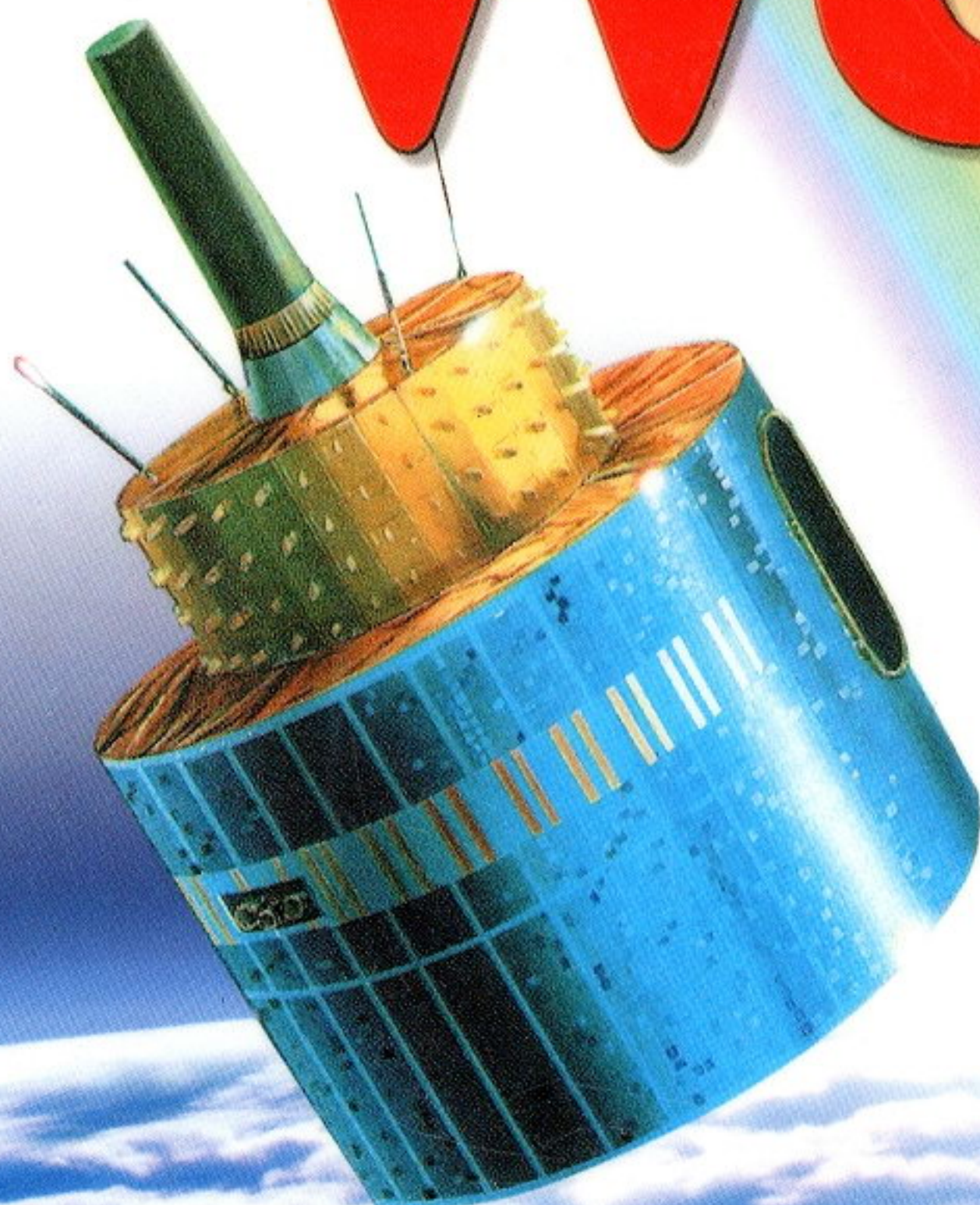


BAND 7

# Das Wetter



Tessloff 



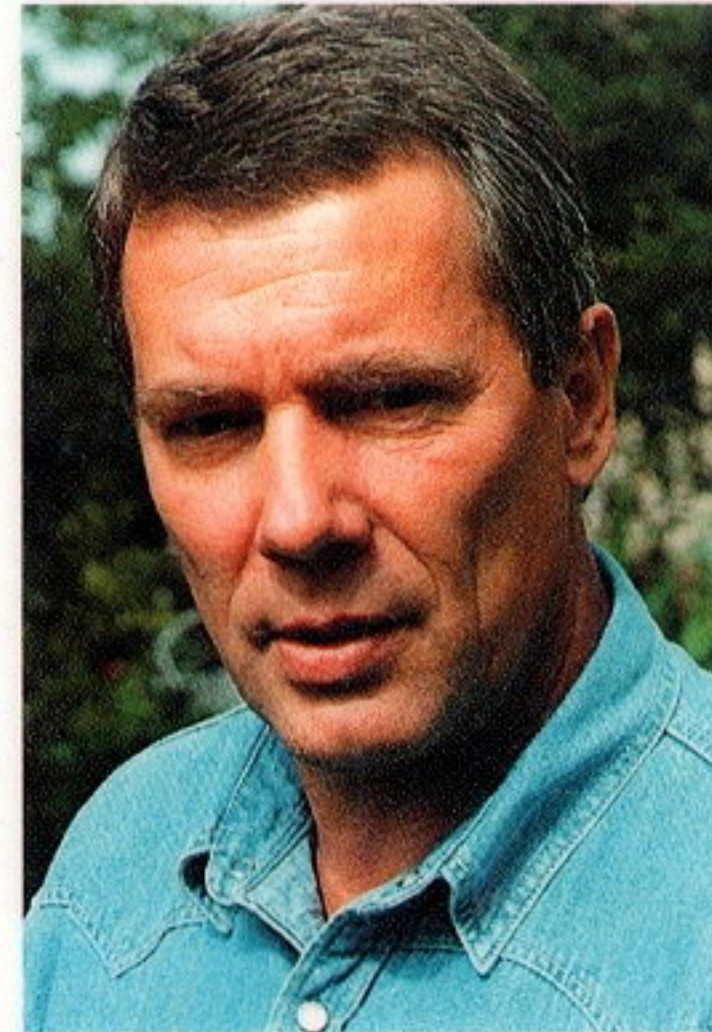
# WAS IST WAS

Viele von uns verfolgen den täglichen Wetterbericht mit großem Interesse. Ob Sonne oder Regen, Wind, Schnee, Hitze oder Kälte – die vielfältigen Erscheinungen des Wetters

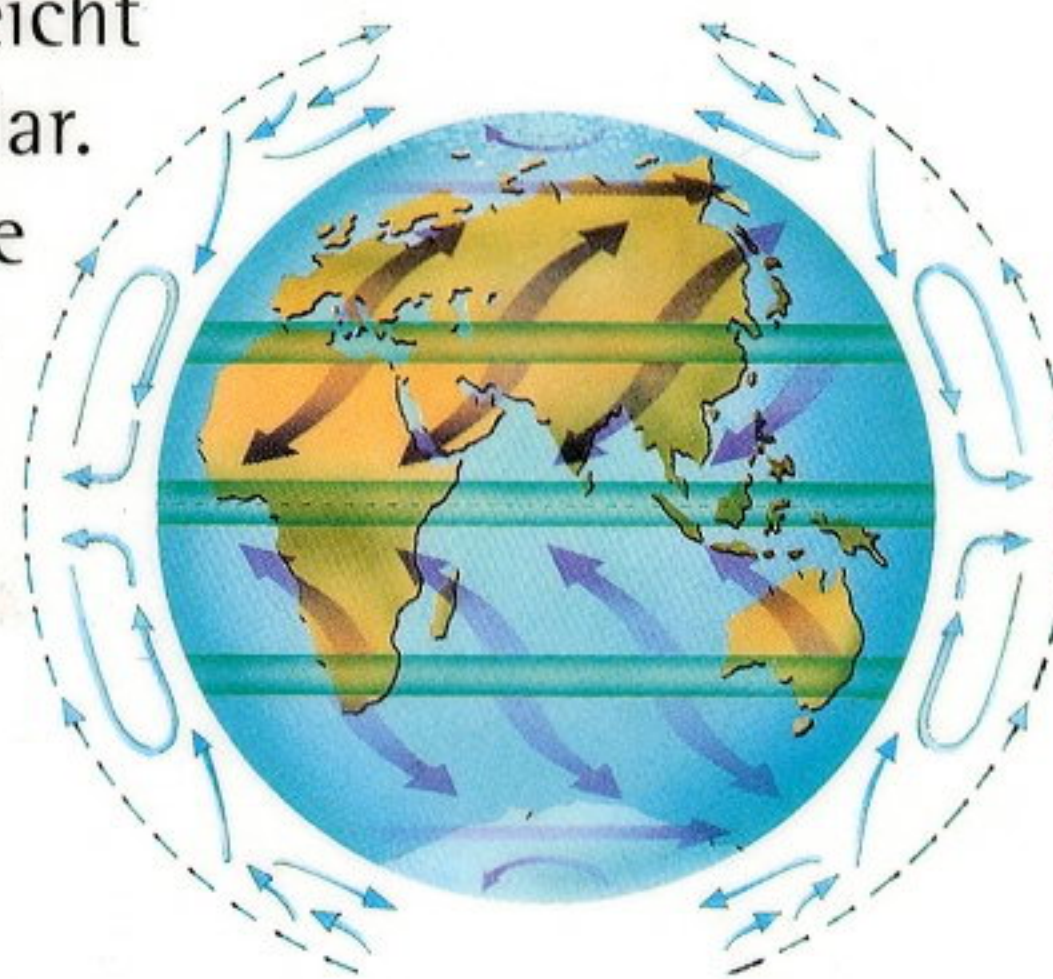
prägen unseren Alltag. Unwetter können lebensbedrohlich sein: Wirbelstürme wie Hurrikane oder Tornados hinterlassen eine

Spur der Verwüstung.

Wie das Wetter entsteht, welche Wettererscheinungen es gibt und wie es zu Wetterkatastrophen kommt, stellt der Autor dieses WAS IST WAS-Bandes, **Rainer Crummenerl**, sachkundig und leicht verständlich dar.



Er erklärt, was Wetterfronten sind, wie man eine Wetterkarte liest und wie eine moderne Wettervorhersage gemacht wird.



## In dieser Reihe sind bisher erschienen:

Band 1	Unsere Erde	Band 26	Wilde Blumen	Band 50	Unser Körper	Band 74	Naturkatastrophen	Band 96	Schatzsuche
Band 2	Der Mensch	Band 27	Pferde	Band 51	Muscheln und Schnecken	Band 75	Fahnen und Flaggen	Band 97	Hexen und Hexenwahn
Band 3	Atomenergie	Band 29	Berühmte Wissenschaftler	Band 52	Briefmarken	Band 76	Die Sonne	Band 98	Kriminalistik
Band 4	Chemie	Band 30	Insekten	Band 53	Das Auto	Band 77	Tierwanderungen	Band 99	Sternbilder und Sternzeichen
Band 5	Entdecker	Band 31	Bäume	Band 54	Die Eisenbahn	Band 78	Münzen und Geld	Band 100	Multimedia
Band 6	Die Sterne	Band 32	Meereskunde	Band 55	Das Alte Rom	Band 79	Moderne Physik	Band 101	Geklärte und ungeklärte Phänomene
Band 7	Das Wetter	Band 33	Pilze, Moose und Farne	Band 56	Ausgestorbene Tiere	Band 80	Tiere – wie sie sehen, hören und fühlen	Band 102	Unser Kosmos
Band 8	Das Mikroskop	Band 34	Wüsten	Band 57	Vulkane	Band 81	Die Sieben Weltwunder	Band 103	Demokratie
Band 9	Der Urmensch	Band 35	Erfindungen	Band 58	Die Wikinger	Band 82	Gladiatoren	Band 104	Wölfe
Band 10	Fliegerei und Luftfahrt	Band 36	Polargebiete	Band 59	Katzen	Band 83	Höhlen	Band 105	Weltreligionen
Band 11	Hunde	Band 37	Computer und Roboter	Band 60	Die Kreuzzüge	Band 84	Mumien	Band 106	Burgen
Band 12	Mathematik	Band 38	Säugetiere der Vorzeit	Band 61	Pyramiden	Band 85	Wale und Delphine	Band 107	Pinguine
Band 13	Wilde Tiere	Band 39	Magnetismus	Band 62	Die Germanen	Band 86	Elefanten	Band 108	Das Gehirn
Band 14	Versunkene Städte	Band 40	Vögel	Band 64	Die Alten Griechen	Band 87	Türme	Band 109	Das alte China
Band 15	Dinosaurier	Band 41	Fische	Band 65	Die Eiszeit	Band 88	Ritter	Band 110	Tiere im Zoo
Band 16	Planeten und Raumfahrt	Band 42	Indianer	Band 66	Berühmte Ärzte	Band 89	Menschenaffen	Band 111	Die Gene
Band 18	Der Wilde Westen	Band 43	Schmetterlinge	Band 67	Die Völkerwanderung	Band 90	Der Regenwald	Band 112	Fernsehen
Band 19	Bienen und Ameisen	Band 44	Das Alte Testament	Band 68	Natur	Band 91	Brücken	Band 113	Europa
Band 20	Reptilien und Amphibien	Band 45	Mineralien und Gesteine	Band 69	Fossilien	Band 92	Papageien und Sittiche	Band 114	Feuerwehr
Band 21	Der Mond	Band 46	Mechanik	Band 70	Das Alte Ägypten	Band 93	Olympia		
Band 22	Die Zeit	Band 47	Elektronik	Band 71	Seeräuber	Band 94	Samurai		
Band 24	Elektrizität	Band 48	Luft und Wasser	Band 72	Heimtiere	Band 95	Haie und Rochen		
Band 25	Schiffe	Band 49	Leichtathletik	Band 73	Spinnen				

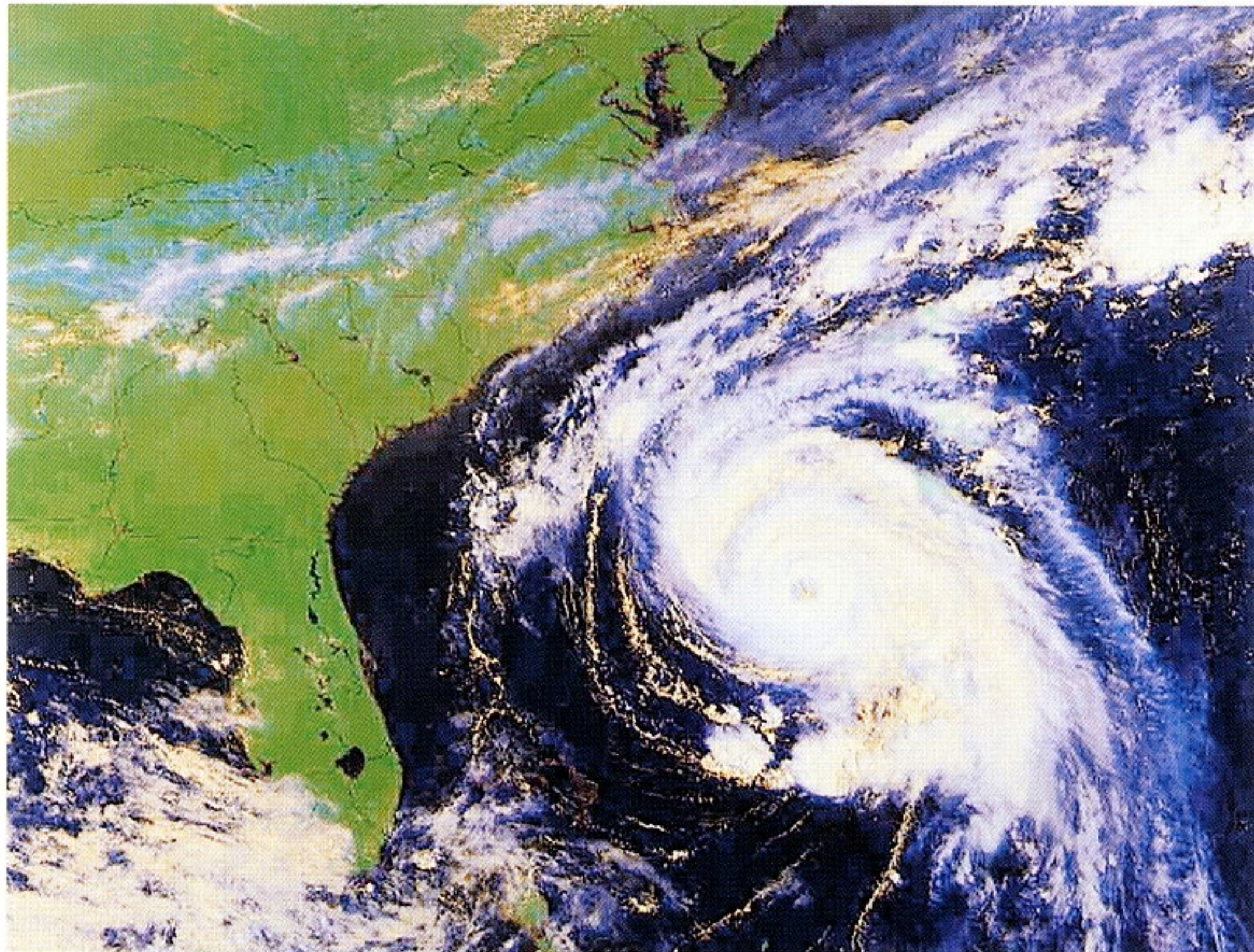


Ein **WAS  
ist  
WAS** Buch

# Das Wetter

Von Rainer Crummenerl

Illustriert von Wolfgang Freitag und Frank Kliemt



*Hurrikan Danielle vor der Ostküste der USA.*

**Tessloff**  **Verlag**



# Vorwort

Eines verbindet alle Menschen, in welcher Gegend unseres Planeten sie auch leben mögen: die Abhängigkeit von Sonne und Regen, Hitze und Kälte, von Schnee, Eis und Wind. Wer im Winter schon einmal die Ferien im tropischen Süden verbracht hat, weiß aus eigener Erfahrung, dass es zu jedem Zeitpunkt auf der Erde alle möglichen Arten von Wetter gibt. Kalt und unfreundlich bei uns, ist es dort wunderbar warm und sonnig.

Das Wetter beeinflusst unser Dasein nachhaltig. Der Badespaß am Wochenende, das Säen und Ernten auf den Feldern, selbst der Start unseres Urlaubsfliegers – das Wetter kann uns jederzeit einen Strich durch die Rechnung machen. Verständlich, dass viele von uns den täglichen Wetterbericht aufmerksam verfolgen – auch wenn sich der angekündigte Regen einmal „verspätet“ oder gar ausbleibt.

In diesem WAS IST WAS-Buch erfährt der Leser nicht nur, dass eine richtige Wettervorhersage das Ergebnis umfangreicher, mühsamer Kleinarbeit ist und welche Rolle Computer, Satelliten und die internationale Zusammenarbeit dabei spielen. Das Buch erklärt vor allem auch, warum, wie und wo das Wetter entsteht und was uns seine vielfältigen Erscheinungen – Wolken, Wind, Regen, Schnee, Hitze oder Kälte – sagen. Es zeigt, wie Regenbogen entstehen und woher ein tropischer Wirbelsturm seine gewaltige Energie bezieht.

Schließlich erfahren wir auch, wie der Mensch in den letzten Jahren in unser Wetter eingegriffen hat. Zwar ist das Klima natürlichen Schwankungen unterworfen, doch viele Wissenschaftler vermuten, dass auch die vielfältigen Aktivitäten des Menschen es nachhaltig beeinflussen – und das leider nicht zum Besten.



**BAND 7**

#### **WISSENSCHAFTLICHE BERATUNG:**

Gerhard Lux, Deutscher Wetterdienst

■ Dieses Buch ist auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

#### **BILDQUELLENNACHWEIS:**

Fotos: Agentur Focus, Hamburg: 18: Bond, 32 ur: Peterson, 39 ul: Maitre, 39 ur: Gilabert, 40 u: Nickols, 43 ur: Fraser;  
Archiv für Kunst und Geschichte, Berlin: 8 ur, 12, 17 l, 46; Astrofoto, Leichlingen: 1: NASA, 5 ol: NASA, 6: NASA, 29: Koch, 32 o: NASA,  
39 o: NASA, 40/41: Numazawa, 47 o: NASA; Deutscher Wetterdienst, Offenbach: 44 (3); dpa, Frankfurt: 15, 21: Sammer, 31 l: Mayr, 45: Becker;  
IFA-Bilderteam, München: 7: Aigner, 10 l: Baier, 10 ur: Forkel, 10 or: Tschanz, 11 ur, 16 ur: Digul, 43 o und 43 ul: Disc, 47 or: Chromosohm,  
47 ur: Hasenkopf; ZEFA, Düsseldorf: 5 ul: Photri, 8 or: Deuter, 11 ol: Hirdes, 17 ur: Braun, 22 l: Damm, 22 r: McGraw, 23 ol: Luetticke,  
23 u: Kalt, 24: Maehl, 26 l: Apl, 26 r: Brockhaus, 27: Hackenberg, 30: Glanzmann, 31 r: Dyballa, 33: Johnson, 34: Hummel, 35: Weigl, 37.

**ILLUSTRATIONEN:** Wolfgang Freitag und Frank Kliemt

Copyright © 1999 Tessloff Verlag, Burgschmietstraße 2-4, 90419 Nürnberg.

<http://www.tessloff.com>

Die Verbreitung dieses Buches oder von Teilen daraus durch Film, Funk oder Fernsehen, der Nachdruck, die fotomechanische Wiedergabe sowie die Einspeicherung in elektronischen Systemen sind nur mit Genehmigung des Tessloff Verlages gestattet.

ISBN 3-7886-0247-3



# Inhalt

## In der Wetterküche der Erde

Warum ist das Wetter für uns so wichtig?	4
Wer macht das Wetter?	4
Was ist die Atmosphäre?	5
Wo entsteht das Wetter?	5
Was ist Luft?	6
Hat Luft ein Gewicht?	6
Was ist der Luftdruck?	7
Ist der Luftdruck überall gleich?	7
Wie kann man den Luftdruck messen?	8
Warum ist es auf Bergen kühler als im Tal?	8
Warum gibt es Jahreszeiten?	9
Warum tragen wir im Sommer helle Kleidung?	10
Wieso dehnt sich warme Luft aus?	10
Wieso ist warme Luft leichter als kalte?	11
Wie misst man die Temperatur?	11
Was ist die „gefühlte Temperatur“?	11

## Wenn der Wind weht

Was ist Wind?	12
Wie entsteht Wind?	12
Wohin weht der Wind?	13
Welche Winde wehen um die Erde?	13
Was beeinflusst den Wind?	14
Was ist der Monsun?	14
Wie entsteht der Föhn?	15
Was sind Strahlströme?	15
Wie kann man den Wind messen?	16
Wie stellt man die Windrichtung fest?	16
Wofür brauchen wir den Wind?	17

## Wasser in der Luft

Was passiert, wenn Wasser verdunstet?	18
Was beschleunigt die Verdunstung?	19
Wodurch beschlagen Fenster?	19
Was ist der Kreislauf des Wassers?	19
Woraus bestehen Wolken?	20
Können sich auch in meinem Zimmer Wolken bilden?	21
Was kündigen Wolken an?	22
Wann entsteht Nebel?	23
Wann werden die Wolkentröpfchen zu Regentropfen?	24
Warum schneit es?	25

Wie bilden sich Hagelkörner?	25
Woher kommt Tau?	26
Was ist Reif?	26
Was ist ein Hygrometer?	26
Was ist ein Niederschlagsmesser?	27

## Besondere Wettererscheinungen

Wie entsteht ein Gewitter?	28
Was sind Blitz und Donner?	29
Wer hat den Blitzableiter erfunden?	29
Was ist ein faradayscher Käfig?	30
Wie entsteht ein Regenbogen?	30
Woher kommen Morgen- und Abendrot?	31
Was ist das Polarlicht?	31
Was sind Luftspiegelungen?	32
Was ist ein Hurrikan?	32
Wie gefährlich ist ein Tornado?	33

## Wetterentwicklung und Klima

Was versteht man unter Klima?	34
Was sind Klimazonen?	34
Wie bestimmen Hoch- und Tiefdruckgebiete das Wetter?	35
Was sind Luftmassen?	36
Was versteht man unter Fronten?	36
Was ist eine Großwetterlage?	37
Verändern Gebirge das Wetter?	37
Wieso sind die Winter am Meer so mild?	38
Beeinflussen Meeresströmungen das Wetter?	38
Was ist das El Niño-Phänomen?	39

## Wetter- und Klimavoraussagen

Was sind Wetterdienste?	40
Woher kommen die Wetterdaten?	40
Wie arbeitet ein Wetterballon?	41
Was macht ein Wettersatellit?	42
Wie helfen Großrechner den Meteorologen?	42
Wie liest man eine Wetterkarte?	44
Was sagen uns die Bauernregeln?	45
War unser Klima schon immer so wie heute?	45
Wie entsteht der Treibhauseffekt?	46
Was ist das Ozonloch?	47
Wie wird sich unser Klima entwickeln?	47

## Stichwortverzeichnis

48
----





## In der Wetterküche der Erde

### Warum ist das Wetter für uns so wichtig?

Die meisten von uns schauen morgens neugierig aus dem Fenster: Scheint die Sonne und ist der Himmel blau? Dann beginnen wir den Tag mit Lust und Laune. Dunkle Regenwolken dagegen drücken die Stimmung. Vom Wetter hängt vieles ab: wie wir uns kleiden und was wir in unserer Freizeit tun, was auf unseren Feldern wächst und wie wir unsere Häuser bauen. Auch unsere Gesundheit beeinflusst das Wetter: Wetterfähige Menschen reagieren auf einen Wetterwechsel oft mit Kopfschmerzen und Müdigkeit. Im Herbst und Winter, wenn es draußen kalt ist, sind wir häufiger

krank. Das Wetter hat sogar die Landschaft geformt. Schnee nährt Gletscher, Eis hobelt Gebirge ab und Wind schleift Felsen, weht Sand zu hohen Dünen auf. Dem Wetter kann niemand und nichts entgehen. Es begleitet uns überall.

### Wer macht das Wetter?

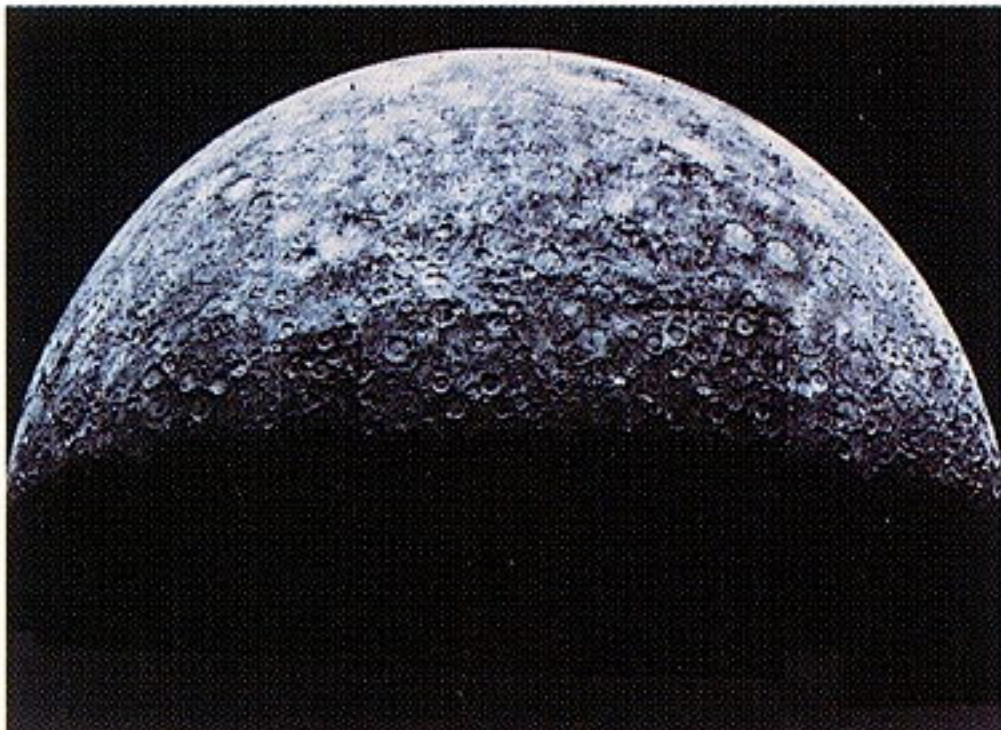
Sonne, Luft und Wasser machen gemeinsam das Wetter. Die Sonne schickt Licht und Wärme auf die Erde. Die Luft umgibt unseren Planeten wie eine schützende Hülle. Und auch Wasser finden wir überall: in Meeren und Seen, in Flüssen und Bächen, in den Wolken und sogar in der Luft.

### WAS IST WETTER?

Meteorologen sagen: Wetter ist das Zusammenspiel aller Wettererscheinungen in der Luft während eines bestimmten Tages. Sprechen sie von Witterung, fassen sie das Wetter mehrerer Tage, einer Woche oder auch eines Monats zusammen.



**EIN PLANET „OHNE WETTER“** ist der Merkur (oben). Er hat keine Atmosphäre und ist somit schutzlos den Sonnenstrahlen aus-



gesetzt. Tagsüber erhitzt sich seine Oberfläche auf 425 Grad Celsius. Nachts sinken die Temperaturen auf minus 180 Grad Celsius ab. Eine sehr dichte Atmosphäre hat dagegen die Venus (unten). Sie besteht vor allem aus dem giftigen Gas Kohlendioxid. Die Venus ist vollständig von Wolken bedeckt. Ein ewiger Sturm rast über ihre Oberfläche.

## Was ist die Atmosphäre?

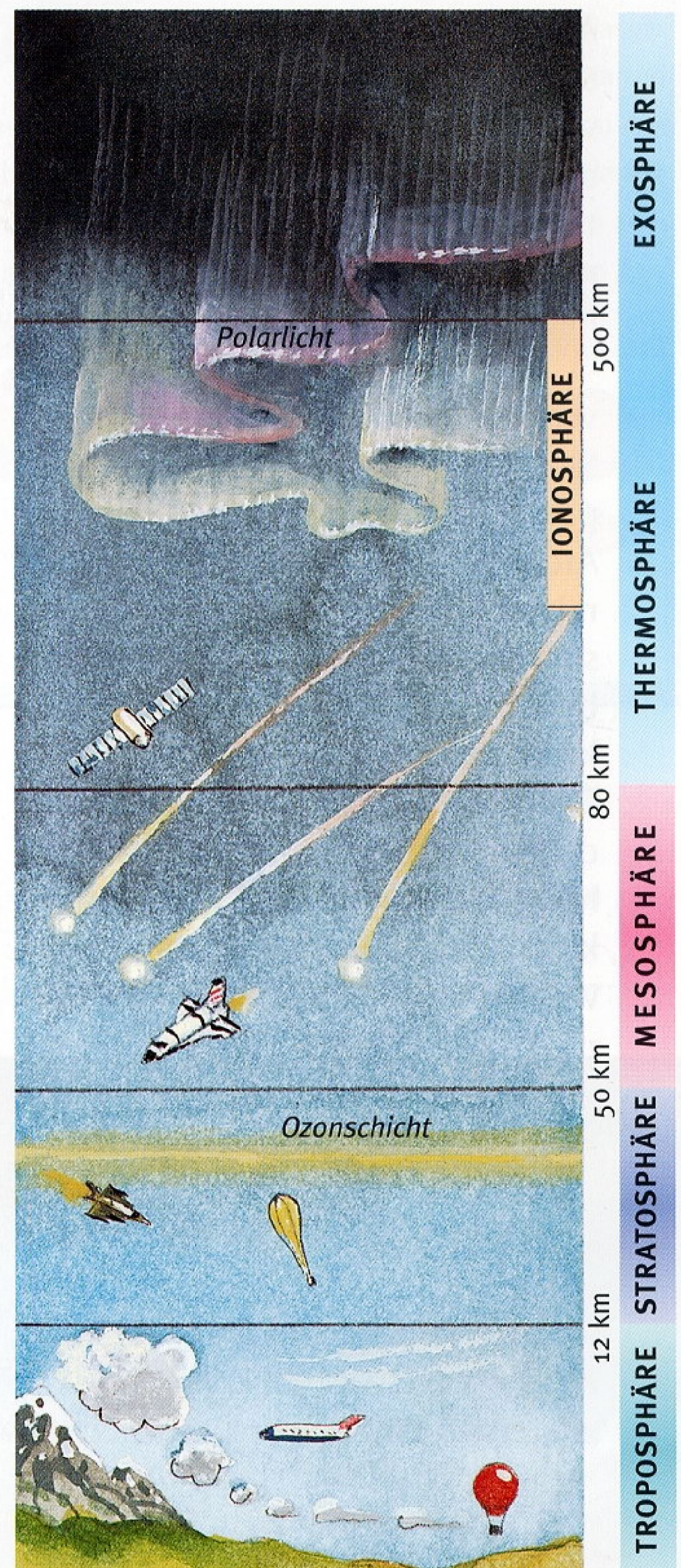
Satellitenfotos zeigen, dass die Erde von einer dünnen bläulichen Hülle umgeben ist. Dies ist die Lufthülle der Erde, die Atmosphäre. Sie entstand in der Urzeit, als die grünen Pflanzen den Sauerstoff der Lufthülle erzeugten. Gemessen an der Größe der Erde ist die Atmosphäre nicht dicker als die Schale eines Apfels. Aber sie ist für uns lebenswichtig. Sie liefert uns nicht nur die Luft zum Atmen, sondern sorgt auch für den Temperatenausgleich auf der Erde und schützt uns vor der gefährlichen ultravioletten Strahlung der Sonne. Die Atmosphäre ist die Wetterküche der Erde: Ohne sie gäbe es keinen Regen, keinen Wind, keine Wolken, kurz: kein Wetter. Und auch kein Leben: Ohne die Atmosphäre wäre unser Planet öde und tot.

## Wo entsteht das Wetter?

Die Lufthülle der Erde gliedert sich in mehrere Schichten oder Stockwerke. Wir leben im untersten Stockwerk, der Troposphäre. Sie reicht bis in eine Höhe von etwa 12 Kilometern an den Polen und 17 Kilometern am Äquator. In der Troposphäre spielt sich fast alles ab, was wir Wetter nennen: Wind, Wolken, Regen, Nebel, Gewitter, Erwärmung, Abkühlung. Je weiter wir uns von der Erdoberfläche entfernen, desto dünner wird die Luft. Schon in etwa 7 bis 8 Kilometer Höhe müssen die meisten Bergsteiger Sauerstoffmasken tragen, um sich mit der nötigen Luft zum Atmen zu versorgen.

Das zweite Stockwerk, die Stratosphäre, reicht bis in eine Höhe von etwa 50 Kilometern. Nur in ihrem untersten Bereich treten noch Wolken auf. Sie können nicht höher steigen, weil die wärmere Stratosphäre wie ein Deckel auf der kälteren Troposphäre liegt. Troposphäre und Stratosphäre enthalten über 99 Prozent der Luftmasse der Atmosphäre. In noch größeren Höhen wird die Gashülle so dünn, dass wir kaum noch von Luft sprechen können.

*Die Stockwerke der Atmosphäre. Das Wettergeschehen spielt sich vor allem im untersten Stockwerk ab, der Troposphäre.*





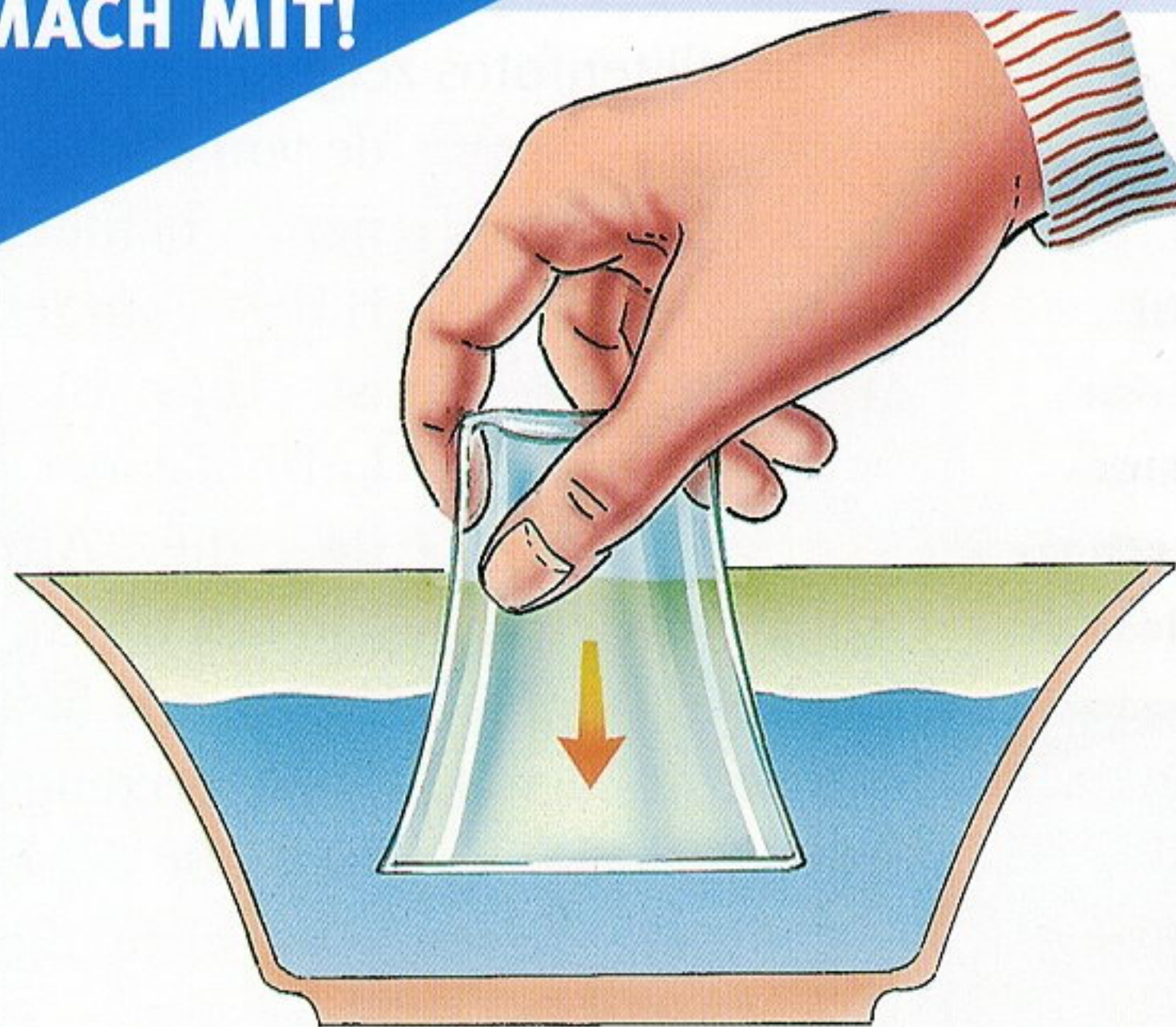
## Was ist Luft?

Luft ist ein Stoff wie Stein oder Wasser. Wir können sie nicht sehen, aber sie ist überall um uns herum. Luft füllt auch die kleinsten Räume aus. Manchmal kannst du sie greifen: Wenn du einen Luftballon aufbläst und mit dem Finger hineindrückst, spürst du den Widerstand der zusammengepressten Luft. Doch woraus besteht sie?

Alle festen Stoffe, Flüssigkeiten oder Gase, die wir kennen, bestehen aus winzig kleinen Teilchen, den Atomen. So auch die Luft. Atome sind so winzig, daß 50 Millionen von ihnen, in eine Reihe nebeneinander gelegt, gerade mal einen Zentimeter ergeben. Wenn mehrere Atome sich miteinander verbinden, bilden sie ein Molekül.

Luft besteht aus einem Gemisch verschiedener Gase – aus Sauerstoff, Stickstoff, Kohlendioxid und Edelgasen. Alle diese Gase bestehen aus Atomen und Molekülen. In gasförmigen Stoffen, so auch in der Luft, sind die Atome und Moleküle frei beweglich. Mit hoher Geschwindigkeit flitzen sie durch den Raum. Doch was hält die Luftteilchen über der Erde fest? Es ist die Erdanziehungskraft. Ohne diese Kraft gäbe es keine Lufthülle – die Gasteilchen würden im Weltraum verschwinden.

## MACH MIT!



### LUFT NIMMT JEDEN FREIEN RAUM EIN

Das kannst du leicht selbst feststellen: Drücke ein leeres Glas mit der Öffnung nach unten in eine Schüssel voll Wasser. Du wirst sehen, dass das Wasser nicht ins Glas steigt. Es enthält also Luft. Das Wasser kann erst in das Glas eindringen, wenn du es leicht schräg hältst und die Luft entweichen kann.

Alle Stoffe haben ein Gewicht.

## Hat Luft ein Gewicht?

Luft also auch? Du kannst es selbst ausprobieren: Blase zwei Luftballons zu gleicher Größe auf und wiege sie. Wenn du nun die Luft aus einem der beiden Ballons herauslässt und die leere Hülle wiegst, stellst du fest, dass sie leichter ist als der mit Luft gefüllte Ballon. Luft hat also ein Gewicht. Wie groß es ist, hängt davon ab, wann und wo sie gewogen wird.

### DIE LUFTHÜLLE DER ERDE

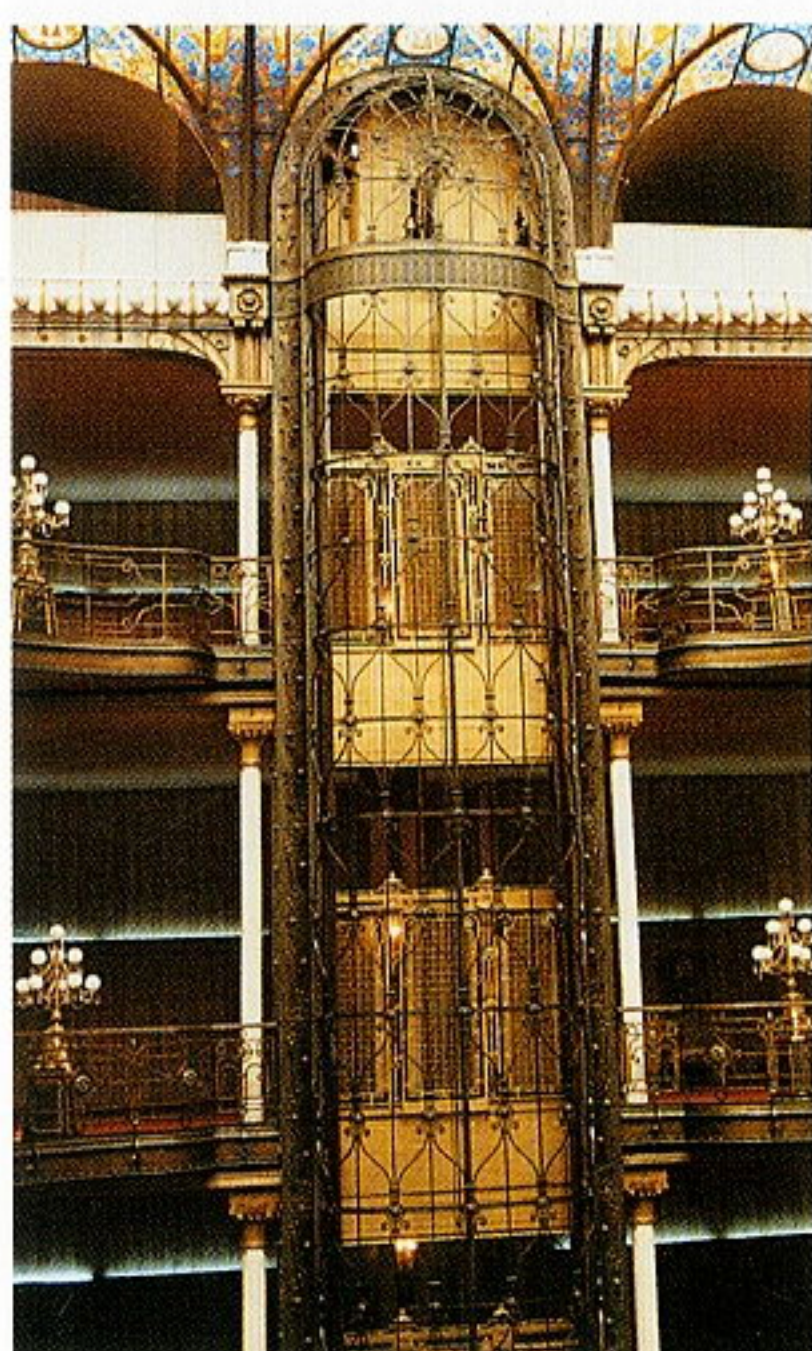
enthält am Boden rund 21 Prozent Sauerstoff, 78 Prozent Stickstoff und 1 Prozent andere Gase, darunter eine kleine, aber wichtige Menge Kohlendioxid (etwa 0,035 Prozent). Außerdem enthält die Luft wechselnde Mengen Wasserdampf. Sie spielen eine besonders wichtige Rolle für das Wettergeschehen.

*Als dünne bläuliche Hülle erscheint die Atmosphäre der Erde aus dem Weltraum.*



## IM FAHRSTUHL

Den Luftdruck spüren wir meistens nicht. Bewegen wir uns aber schnell in die Höhe, etwa in einem Fahrstuhl, können wir den Überdruck in unserem Körper nicht schnell genug ausgleichen. Dann spüren wir ein Knacken und Sausen im Ohr – den Luftdruck.



## LUFTDRUCKMESSUNG

Als Maßeinheit des Luftdrucks gilt heute das Hektopascal (abgekürzt: hPa). Ältere Einheiten sind Millibar, Torr (nach Torricelli) oder Millimeter Quecksilbersäule. Der durchschnittliche Luftdruck in Meereshöhe liegt bei etwa 1013 Millibar oder 1013 Hektopascal. Dies entspricht einem Gewicht der Luft von 1,013 Kilogramm pro Quadratzentimeter.

Auf den untersten Luftteilchen lastet das Gewicht aller sich darüber befindenden Teilchen. Je höher wir im Gebirge klettern, desto dünner wird die Luft und desto weniger wiegt sie.

## Was ist der Luftdruck?

Wir alle leben am Grunde eines riesigen „Luftmeeres“. Wie am Grund eines Ozeans, so werden auch im „Luftmeer“ die unteren Luftschichten vom Gewicht der darüber liegenden Luftschichten zusammenge-  
drückt. Durch das Gewicht der Luft entsteht der Luftdruck. Er ist am Boden am höchsten und wird niedriger, je höher wir kommen. Die Luft drückt jedoch nicht nur nach unten, sondern gleich stark nach allen Seiten.

In Meereshöhe drückt die Luft mit einer Kraft von etwa einem Kilogramm auf jeden Quadratzentimeter unseres Körpers. Wieso werden wir dann nicht zerquetscht? Weil unser Körper einen ebenso großen Gegendruck aufbaut. Im Körpergewebe befinden sich viele winzige Luftbläschen, die den Druck von außen durch einen ebenso großen Druck von innen ausgleichen.

## Ist der Luftdruck überall gleich?

Mit zunehmender Höhe wird der Luftdruck niedriger. Außerdem hängt er auch von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit ab. Angenommen, wir messen den Luftdruck auf der Höhe des Meeresspiegels über dem Atlantischen Oze-

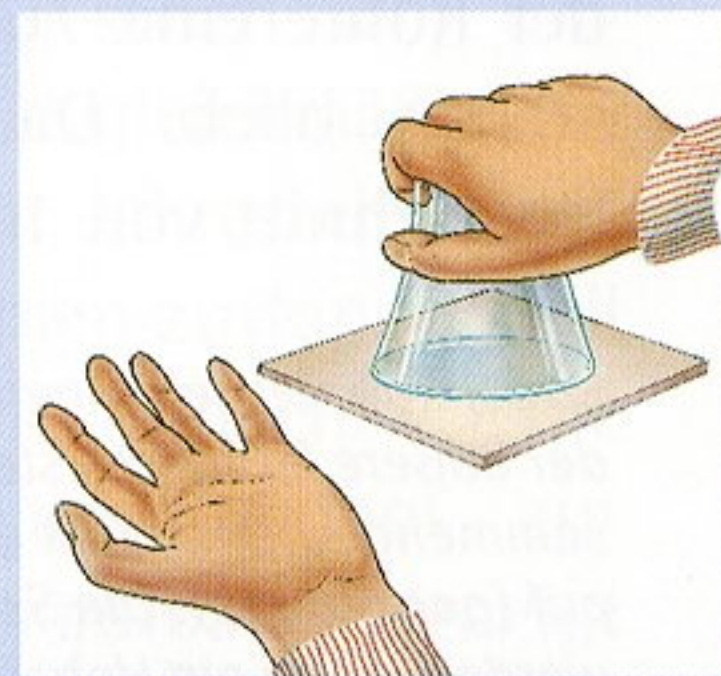
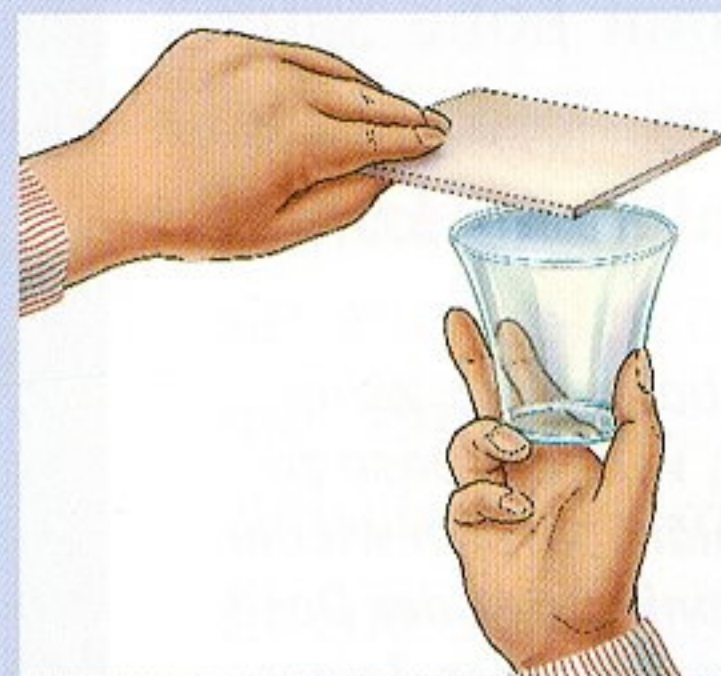
an und über der Nordsee. Dann kann es sein, dass unser Barometer über dem Atlantik einen höheren Luftdruck anzeigt. Die Luft über dem Atlantik hat zum Zeitpunkt unserer Messungen eine höhere Dichte als über der Nordsee. Was bedeutet das?

Wenn du im Herbst schon einmal Laub gesammelt hast, hast du sicher bemerkt, dass zwei gleich große Säcke oder Körbe ganz unterschiedlich schwer sein können – je nachdem, wie viel Laub man hineinstopft. Wenn du den ersten Korb nur

## MACH MIT!

### DEN LUFTDRUCK SPÜREN

Fülle ein Glas bis zum Rand mit Wasser und lege ein Stück leicht angefeuchteten Karton darauf. Während du den Karton andrückst, drehst du das Glas um. Nun kannst du die Hand wegziehen – das Wasser fließt nicht heraus. Die Luft übt Druck von allen Seiten aus: Sie drückt mit der gleichen Stärke von unten gegen den Karton wie das Wasser von oben.



locker bis zum Rand füllst, ist er leicht. Stopfst du im zweiten Korb die Blätter dichter, ist er schwerer.

Auch die Luftteilchen über dem Atlantik liegen zum Zeitpunkt unserer Messungen dichter als die über der Nordsee. Man könnte auch sagen: In einem Kubikzentimeter Atlantikluft befinden sich mehr Atome und Moleküle als in einem Kubikzentimeter Nordseeluft. Deshalb wiegt die Luft über dem Atlantik mehr und drückt mit größerer Kraft auf die Erde. Wir nennen Gebiete, in denen hoher Luftdruck herrscht, Hochdruckgebiete, Gebiete mit niedrigem Luftdruck Tiefdruckgebiete.

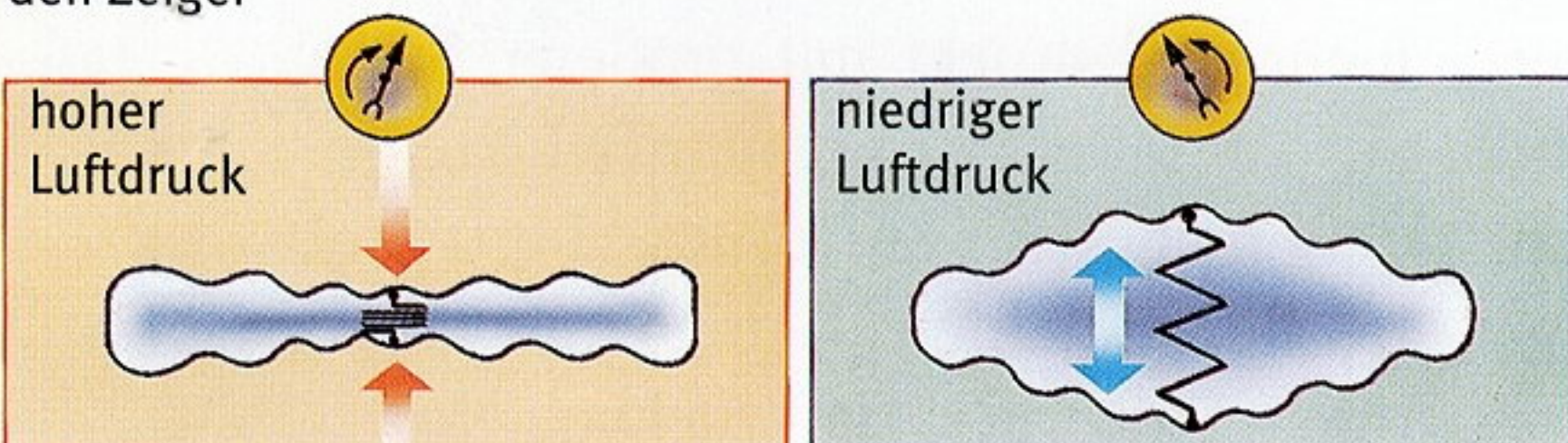
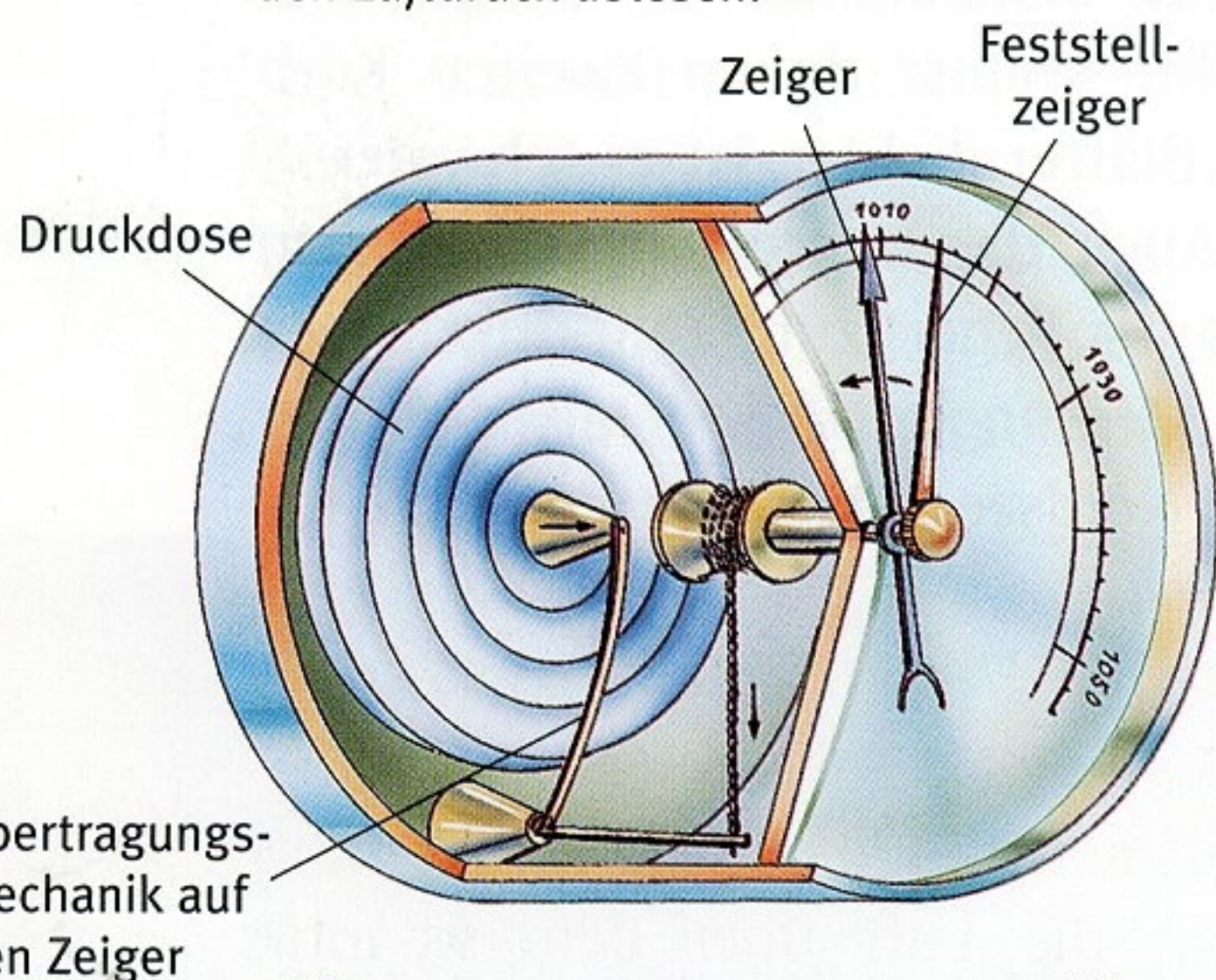


## Wie kann man den Luftdruck messen?

Die gebräuchlichsten Luftdruckmesser sind die Aneroid- oder Dosenbarometer. In ihrem Innern befindet sich eine dünnwandige, fast luftleere Metalldose. Je nachdem, ob der Luftdruck fällt oder steigt, verändert sie ihre Form. Die meisten unserer Zimmerbarometer sind Dosenbarometer.

Eine andere Form des Barometers ist das Quecksilber-Barometer. Es wurde vor über 350 Jahren von dem Italiener Evangelista Torricelli (1608-1647) erfunden. Er füllte eine etwa 1 Meter lange, an einem Ende geschlossene Glasröhre mit Quecksilber, drehte sie um und stellte sie in ein ebenfalls mit Quecksilber gefülltes Gefäß. Der Luftdruck auf das Quecksilber in dem Gefäß bewirkte, dass in der Röhre eine 760 mm hohe Säule stehen blieb. Da das Rohr einen Querschnitt von  $1 \text{ cm}^2$  hatte, konnte

*So funktioniert ein Aneroidbarometer: Wenn der äußere Luftdruck steigt, wird die Dose zusammengedrückt, fällt er, bläht sie sich wieder auf (ganz unten). Die Schwankungen der Dose werden durch ein Hebelwerk auf einen Zeiger übertragen. Von einer Skala kann man dann den Luftdruck ablesen.*



er nun den Luftdruck berechnen:  $1 \text{ cm}^3$  Quecksilber wiegt  $13,6 \text{ g}$ , also drückte die Luft mit  $76 \times 13,6 \text{ g} = 1\,033,6 \text{ g}$  auf das Quecksilber. Diesen Wert nahm Torricelli als Normaldruck an. Quecksilberbarometer verwendet man viel in Wetterstationen, wo es auf sehr genaue Messungen ankommt. Dosenbarometer messen ungenauer, sind aber unempfindlicher und leichter zu transportieren.



Der italienische Forscher Evangelista Torricelli erfand 1643 das Quecksilber-Barometer.



Die Energie der Sonne ist die Antriebskraft für unser Wetter.

Wo das Wettergeschehen abläuft, wissen wir bereits: in der Troposphäre, dem untersten Stockwerk der Luft-hülle. Doch welche Energiequelle treibt das Wetter an? Es ist die Sonne. Ohne ihre Kraft gäbe es kein Wetter.

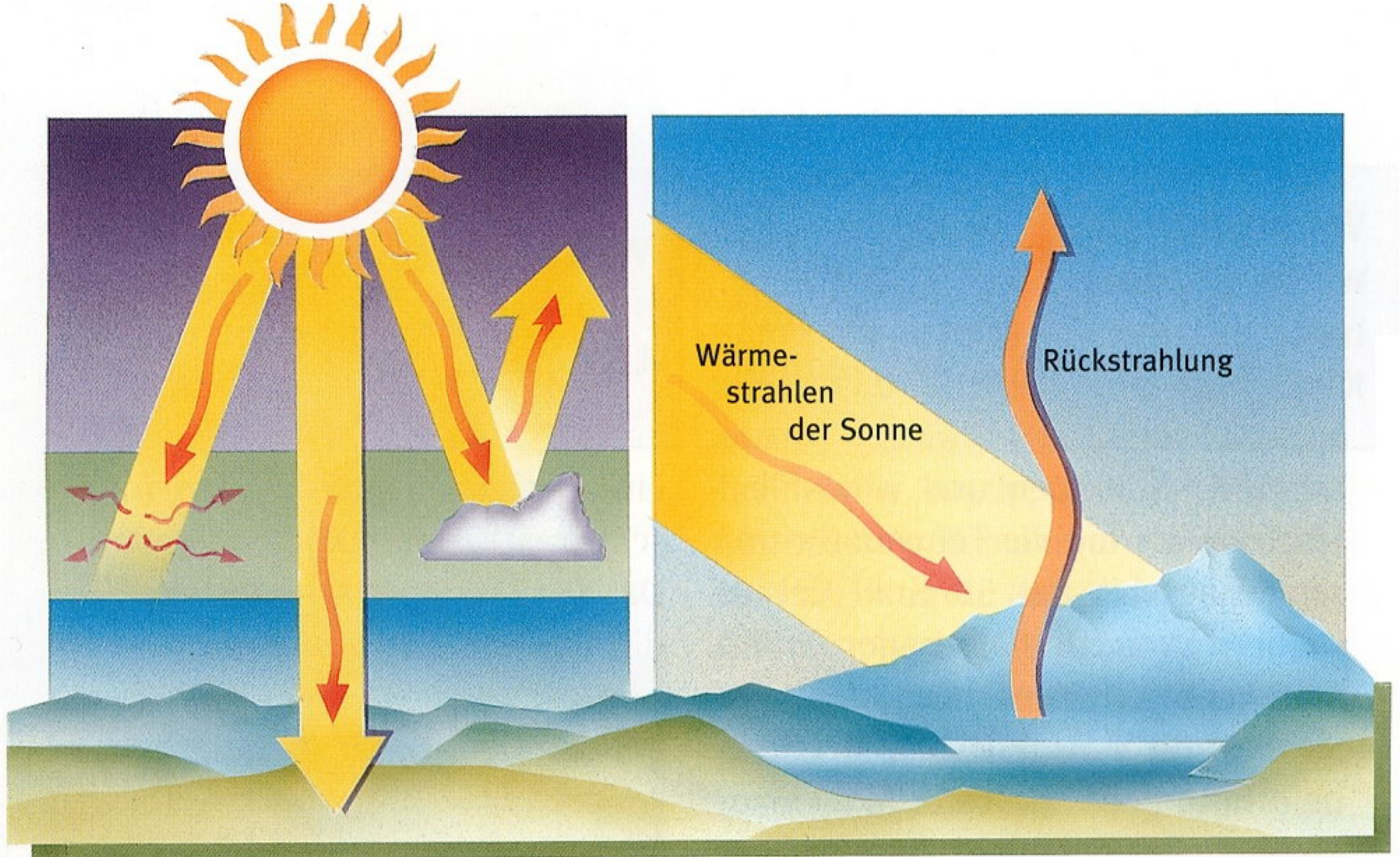
Die Sonne sendet gleichzeitig sichtbare Lichtstrahlen und unsichtbare Wärmestrahlen aus. Nur ein Teil von ihnen erreicht

**BAROMETER** sind Luftdruck-Messgeräte. Das Wort kommt aus dem Griechischen: „Baros“ bedeutet „Gewicht“ und „metron“ „Maß“. Es gibt Trockenbarometer wie das Aneroidbarometer (griechisch „ohne Luft“) und Flüssigkeitsbarometer wie das Quecksilberbarometer.



## DIE KRAFT DER SONNE

In jeder Sekunde erhält die Erde rund 50 Milliarden Kilowattstunden Sonnenenergie. Das entspricht der Leistung von 150 Millionen großen Kraftwerken. Die Sonne erwärmt seit Jahrmilliarden unseren Planeten, macht das Wasser flüssig und die Luft gasförmig, bringt die Atmosphäre in Wallung und lässt riesige Wassermengen verdunsten. Ohne die Sonne gäbe es auf der Erde kein Leben.



Nicht einmal die Hälfte der Sonnenstrahlung erreicht die Erdoberfläche. Die Teilchen der Atmosphäre lenken viele Sonnenstrahlen ab oder reflektieren sie. Auch Wolken werfen einen Teil der Strahlen zurück. Die Luft erhält ihre Wärme durch Rückstrahlung von der erwärmten Erdoberfläche.

**AM ÄQUATOR** gibt es keine richtigen Jahreszeiten. Hier steht die Sonne das ganze Jahr über fast senkrecht. Auf jeden Quadratmeter Boden trifft am Äquator fünfmal mehr Energie als an den Polen.

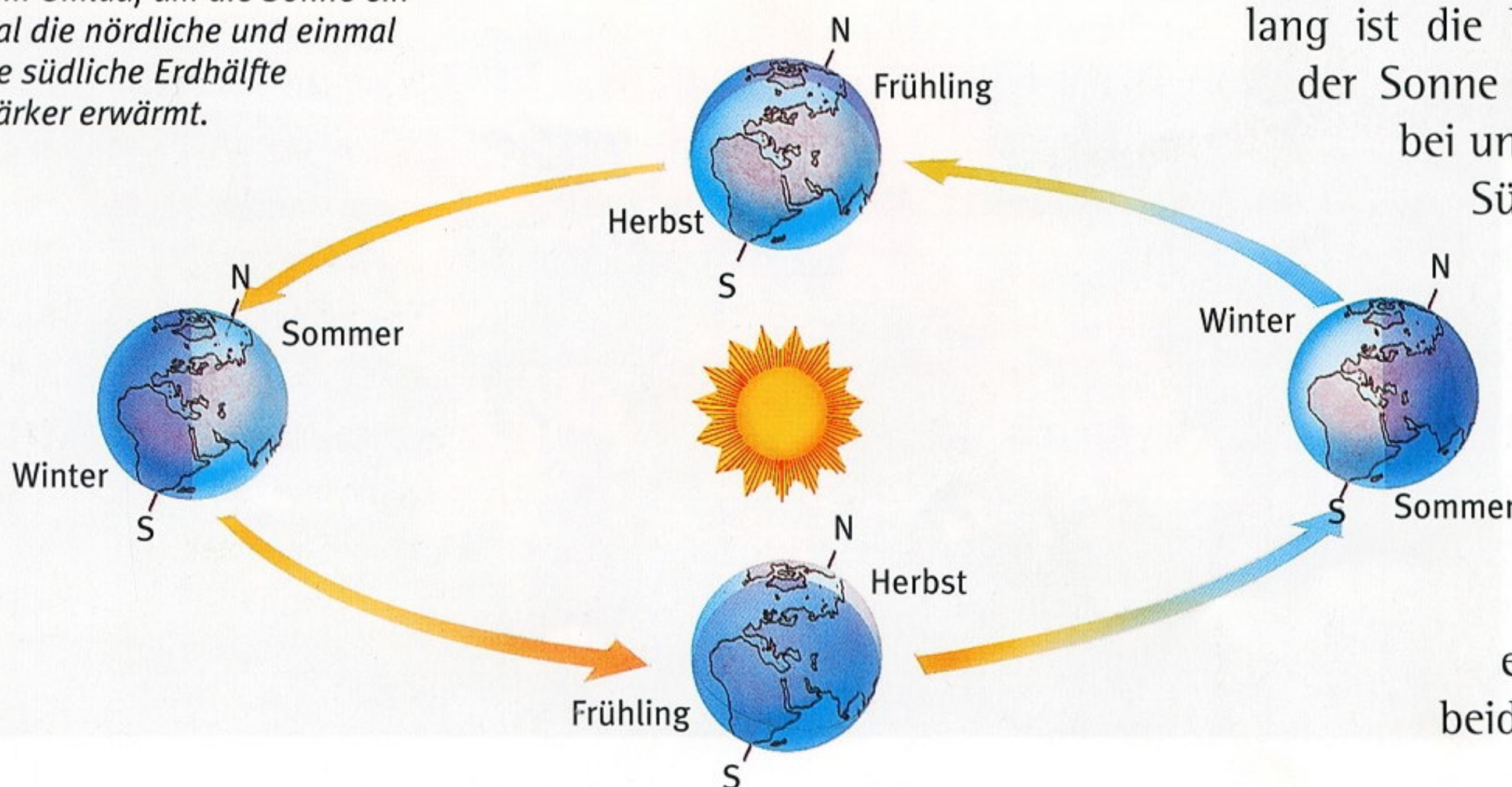
die Oberfläche der Erde. Die Wärmestahlen erwärmen die Luft zunächst nur sehr gering, Boden, Gesteine und Wasser dagegen umso stärker. Die erwärmte Oberfläche sendet nun ebenfalls Wärmestahlen aus; die Lufttemperatur nimmt merklich zu. Die Luft wird also weniger direkt von den Sonnenstrahlen von oben erwärmt, sondern mehr von der Erdoberfläche her, also von unten. Deshalb ist es auf dem Gipfel eines Berges immer kälter als an seinem Fuß. Fast alle Wettererscheinungen entstehen, wie wir noch sehen werden, durch die Wärme der Sonne.

## Warum gibt es Jahreszeiten?

Die Licht- und Wärmestahlen der Sonne erreichen viele Gebiete der Erde übers Jahr gesehen sehr ungleichmäßig.

Das hängt mit den Jahreszeiten zusammen. Sie kommen zustande, weil die Erdachse, eine gedachte Linie zwischen Nord- und Südpol, zur Ebene der Erdumlaufbahn geneigt ist. Dadurch wird bei jedem Umlauf um die Sonne einmal die nördliche und einmal die südliche Erdhälfte mehr von der Sonne bestrahlt und stärker erwärmt. Etwa ein Vierteljahr lang ist die Nordhalbkugel stärker der Sonne zugekehrt – dann ist bei uns Sommer und auf der Südhalbkugel Winter – und ein Vierteljahr die Südhalbkugel. Dann ist dort Sommer und bei uns Winter. Im Frühling und Herbst treffen die Sonnenstrahlen etwa gleich stark auf beide Erdhälften.

Die Jahreszeiten kommen zustande, weil die Erdachse zur Ebene der Erdumlaufbahn geneigt ist. Dadurch wird bei jedem Umlauf um die Sonne einmal die nördliche und einmal die südliche Erdhälfte stärker erwärmt.





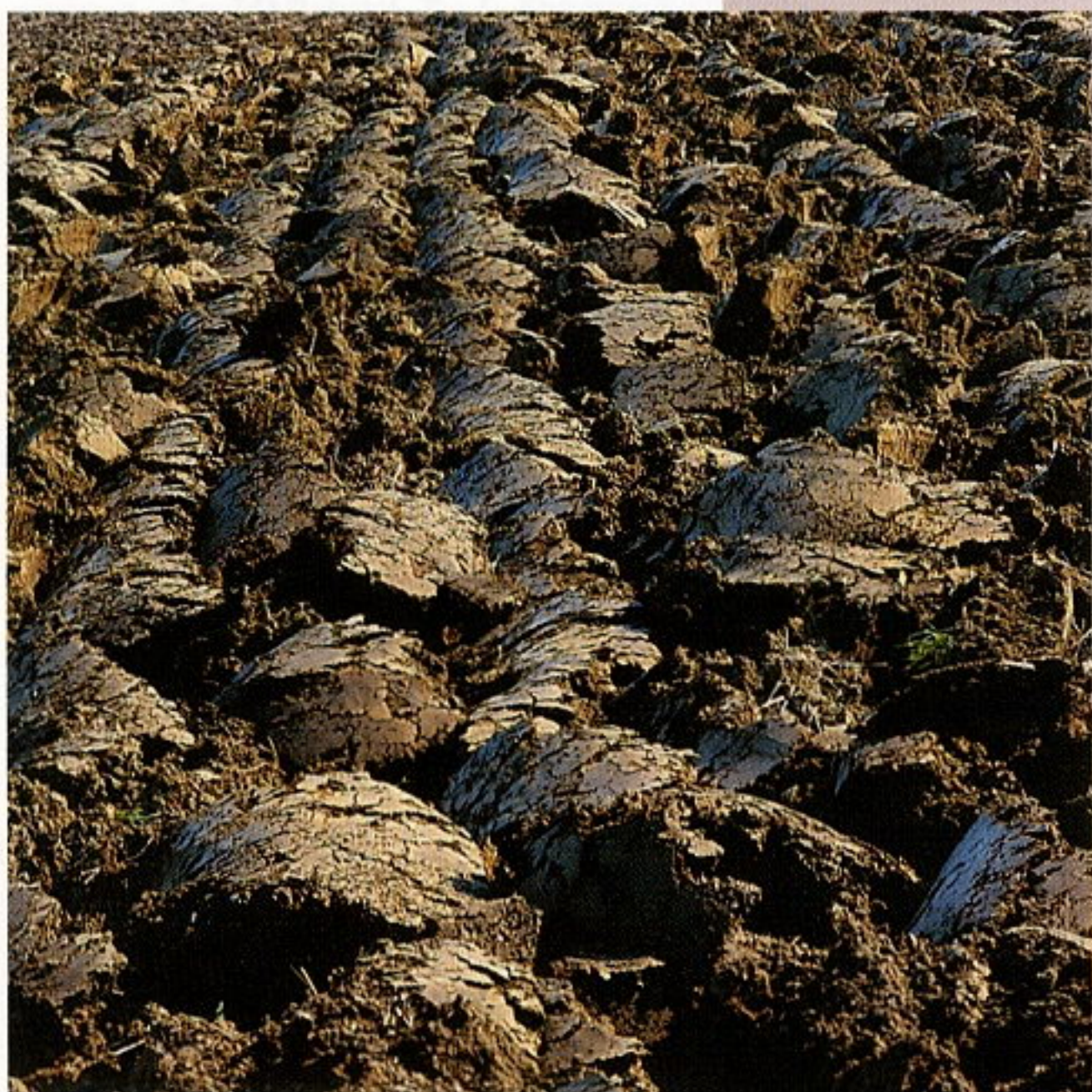
Dunkle Gegenstände nehmen die

### Warum tragen wir im Sommer helle Kleidung?

Wärmestrahlen der Sonne besser auf als helle. Messungen ergaben, dass ein schwarzer Anzug

an einem sonnigen und windstillen Hochsommertag die Temperatur unserer Haut bis auf 55 Grad Celsius steigern kann. Deshalb tragen wir im Sommer am liebsten helle Kleidung. Sie wirft die Wärmestrahlen der Sonne größtenteils zurück.

Ähnliches geschieht auch auf der Erde. Die Sonne erwärmt Land und Meer. Dabei nehmen dunkle Flächen wie Asphaltstraßen oder umgepflügte Äcker mehr Wärme auf als helle Flächen wie zum Beispiel Schneefelder. Auch Berge und Täler, Meer und Festland speichern die Wärme unterschiedlich.



*Ein umgepflügter Acker nimmt mehr Sonnenwärme auf als zum Beispiel eine Wiese. Besonders stark werden Asphaltstraßen und Hausdächer von der Sonne aufgeheizt.*

*Erwärmte Luft steigt auf. Das sehen wir an diesem Feuer, wo aufsteigende Warmluft sichtbare Rauchteilchen mitnimmt.*

Luft, das wissen wir bereits, ist

### Wieso dehnt sich warme Luft aus?

ein Gasmisch aus unzähligen winzigen Teilchen, den Atomen und Molekülen. Wie

ein aufgescheuchter Bienenschwarm schwirren sie ständig durcheinander. Das Gedränge ist so groß, dass sich die Teilchen aber nur ein unvorstellbar kleines Stück geradeaus bewegen können. Dann stoßen sie schon wieder mit einem anderen Teilchen zusammen.

Wird die Luft erwärmt, beginnen die Moleküle sich noch schneller zu bewegen. Je heftiger sie dabei zusammenprallen, desto weiter entfernen sie sich voneinander. Sie nehmen mehr Raum ein – die Luft dehnt sich aus.

### THERMOMETER-SKALEN

In Europa wird am häufigsten die Celsius-Skala verwendet. Sie geht auf den schwedischen Physiker Anders Celsius (1701-1744) zurück. Bei ihr wird der Abstand zwischen dem Gefrierpunkt (null Grad Celsius) und dem Siedepunkt des Wassers (100 Grad Celsius) in 100 gleiche Teile geteilt. Die vor allem in angelsächsischen Ländern übliche Fahrenheit-Skala unterteilt diesen Abstand in 180 Teile, der Siedepunkt des Wassers liegt hier bei 180 Grad.







Wind erzeugt bei vielen Menschen das so genannte Windfrösteln. Durch die Luftbewegung verdunstet ein Teil der Hautfeuchtigkeit. Dabei wird Wärme von der Haut abgegeben – ein verstärktes Kältegefühl entsteht.

### Wieso ist warme Luft leichter als kalte?

Und noch etwas geschieht, wenn Luft erwärmt wird: Sie steigt nach oben. Das kann man bei einem Feuer im Freien beobachten, wo die aufsteigende warme Luft sichtbare Rauchteilchen mitnimmt.

Warme Luft steigt auf, weil sie sich ausdehnt und ihre Dichte somit abnimmt. Ein bestimmtes „Warmluftpaket“ enthält wesentlich weniger Moleküle als ein gleich großes Paket mit kalter Luft. Das Warmluftpaket wird also leichter als die benachbarte kühle Luft; wie ein Ballon, von dem Sandsäcke abgeworfen werden, erhält es Auftrieb und steigt nach oben.

Ursache für das Aufsteigen von Luft ist meist die Erwärmung des Erdbodens und der bodennahen Luftschichten durch Sonneneinstrahlung. Über den erwärmten Gebieten steigen nun wie Blasen mehr oder weniger große Warmluftpakete in höhere Etagen der Atmosphäre. Dort kühlen sie ab und sinken wieder zur Erde. Der Kreislauf beginnt von vorn.

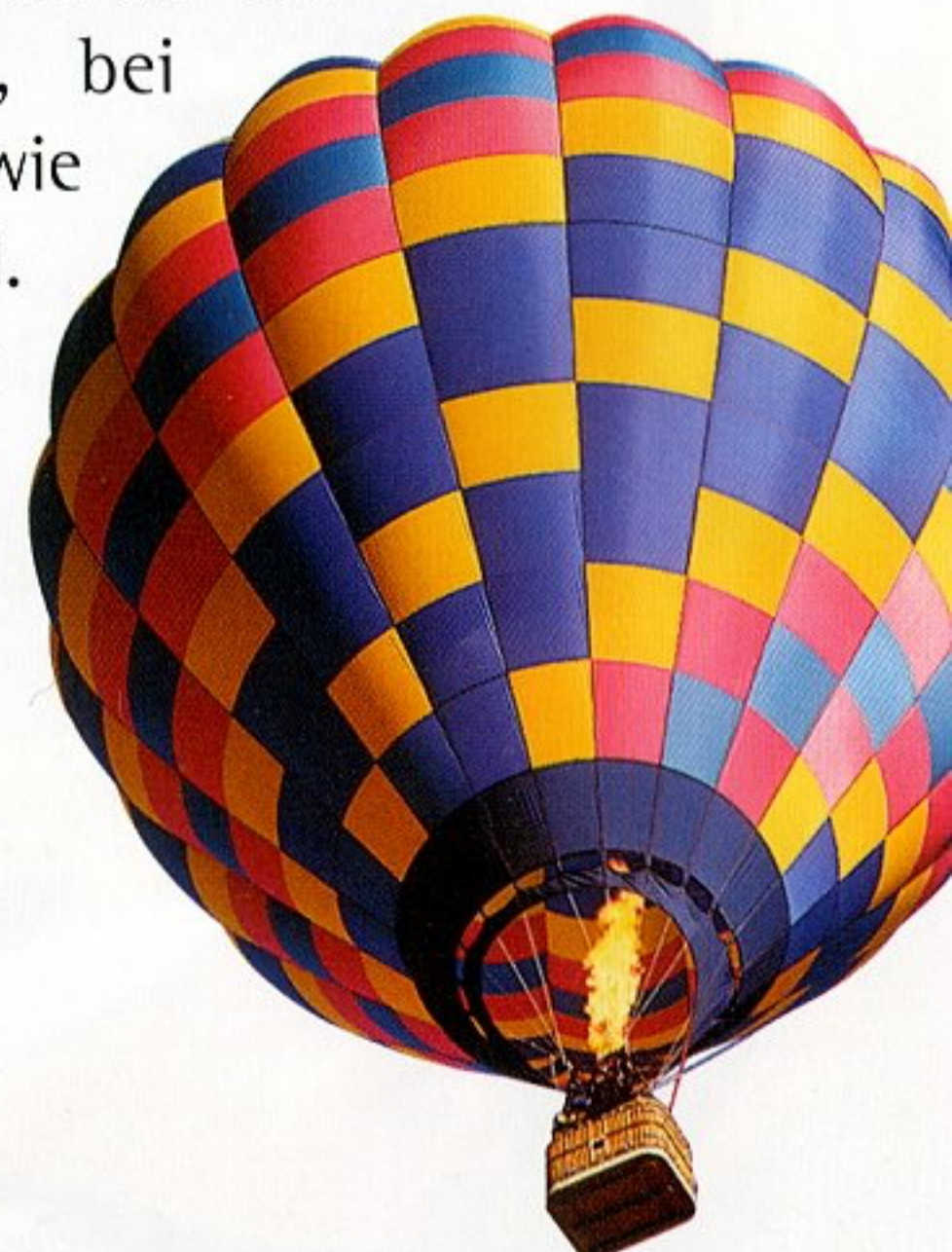
### Wie misst man die Temperatur?

Nicht nur die Luft, fast alle Stoffe dehnen sich bei Erwärmung aus und ziehen sich bei Abkühlung wieder zusammen. Dieses Erkenntnis macht man sich beim Messen von Temperaturen zunutze: In eine Kugel, auf der ein enges Glasröhrchen sitzt, wird eine Flüssigkeit gefüllt. Meist ist es silberglänzendes Quecksilber, ein Metall, manchmal aber auch rot oder blau gefärbter Alkohol. Steigt die Temperatur an, so kann sich die Messflüssigkeit im Glasröhrchen ungehindert ausdehnen; das Thermometer „steigt“. Geht sie zurück, zieht sich die Flüssigkeit zusammen; das Thermometer „fällt“.

### Was ist die „gefühlte Temperatur“?

Nicht immer stimmt die am Thermometer abgelesene Lufttemperatur mit der so genannten „gefühlten Temperatur“ überein. Diese hängt vor allem von der Windstärke und der Luftfeuchtigkeit, aber auch von der Sonnenstrahlung ab. Viele Menschen empfinden zum Beispiel eine Temperatur von null Grad Celsius bei Windstille durchaus noch als erträglich. Bei Windstärke 3, die gerade kleine Zweige bewegt, wirkt die Null-Temperatur auf der Haut aber schon wie minus 6,9 Grad, bei Windstärke 6 gar wie minus 15,8 Grad. In Kanada und den USA heißt dieser Effekt Windchill („Windfrösteln“).

Heiße Luft lässt diesen Ballon aufsteigen.



**THERMOGRAPH**  
Dieses Gerät dient zur laufenden selbsttätigen Aufzeichnung der Lufttemperatur. Der Temperaturschreiber arbeitet mit einem Bimetallthermometer (griechisch „bi“ heißt zwei). Verschiedene Metalle dehnen sich bei Erwärmung unterschiedlich aus. Werden zwei Streifen verschiedener Metalle fest miteinander verbunden, verformt sich das Bimetall bei Temperaturveränderung. Diese Veränderungen werden auf einen Schreibhebel übertragen.



# Wenn der Wind weht

## Was ist Wind?

Wenn im Winter das Feuer im Kamin brennt, halten wir eine kleine Feder an seine Öffnung und lassen sie los. Sie ver-

schwindet im Feuer. Was hat sie nur dorthin gezogen? Es war der Wind!

Wind ist bewegte Luft. Manchmal, wenn er als Sturm oder Orkan, als Taifun, Hurrikan oder Tornado über die Erde braust, hinterlässt er eine Spur der Verwüstung. Aber der Wind hat auch angenehme Seiten. Er führt Wolken und damit Regen heran, er macht den Boden fruchtbar. Wind lässt den Pflanzensamen fliegen, und an heißen Tagen verschafft er uns Kühlung. Ohne den Wind, der seine Segelschiffe antrieb, hätte Kolumbus nie Amerika entdecken können.

*Der Wind ist eine wichtige Antriebskraft: Er lässt Drachen steigen, Windmühlen sich drehen und treibt die Surfbretter über das Wasser.*

## Wie entsteht Wind?

Warme Luft ist leichter als kalte. Deshalb steigt sie stets nach oben. Sobald sich die Luft in unserem Kamin erwärmt hat, zieht sie mit dem Rauch durch den Schornstein ab. Sofort strömt kalte Luft aus dem Zimmer nach. Sie war es auch, die unsere kleine Feder mit sich gerissen hat.

Ähnlich entsteht Wind in der Natur. Nur ist hier die Sonne das Feuer im Kamin. Ihre Strahlen heizen das Land schneller auf als das Wasser. Die warme Festlandsluft wird leichter und steigt nach oben. Kühlere Luft vom Meer strömt nach; es entsteht eine Luftbewegung, der Wind.

Warum aber weht er? Weil die unterschiedlich erwärmte Luft einen unterschiedlichen Druck hat. Warme

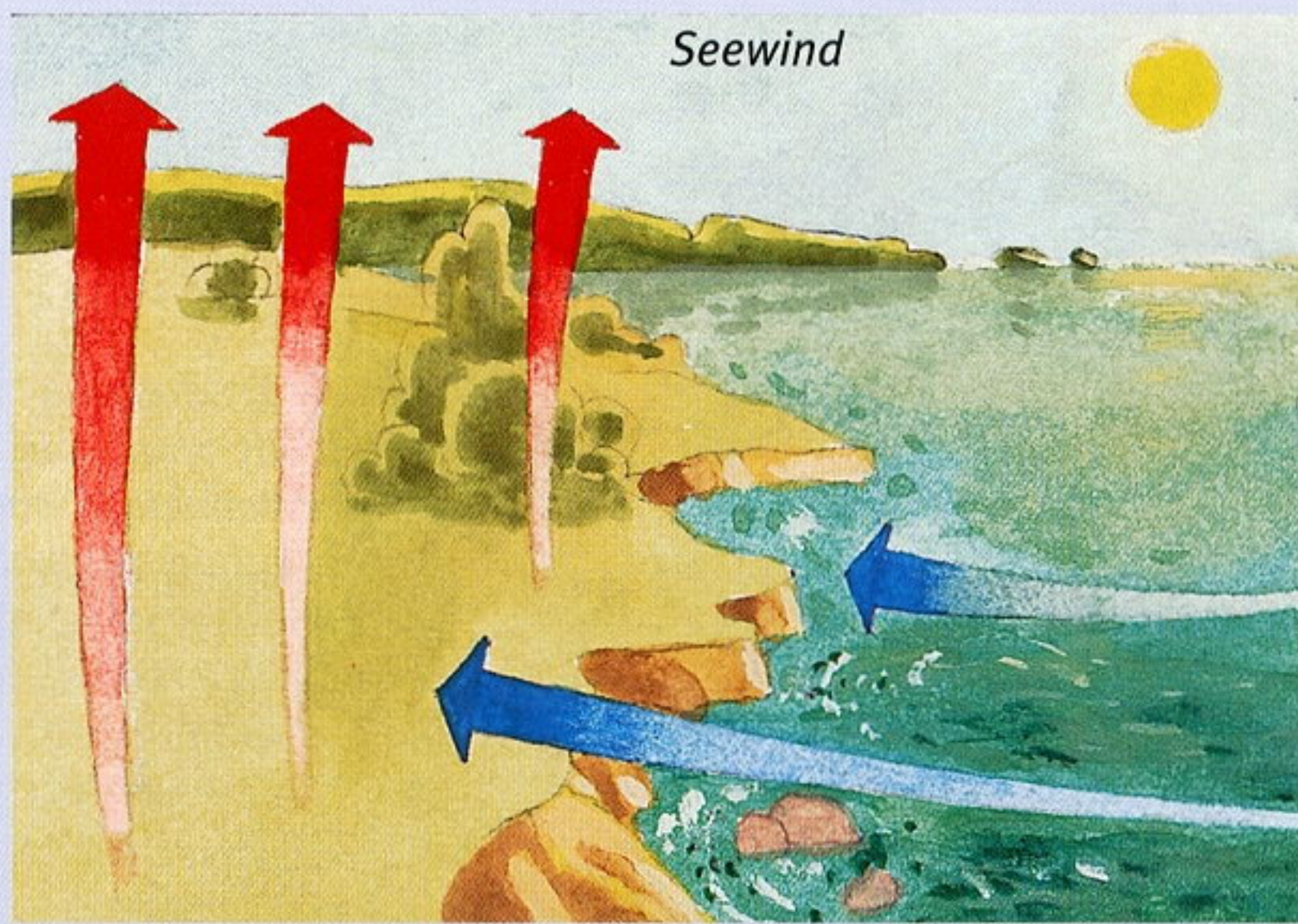


### TURM DER WINDE

Vor mehr als 2 000 Jahren, um 40 v. Chr., baute der griechische Astronom Andronicus den Turm der Winde. An den Seiten des achteckigen Baus sind Reliefs der acht Windgottheiten zu sehen. Jeder Gott zeigt den Charakter seines Windes. Boreas etwa, der Gott des grimmen Nordwinds, ist ein alter, warm angezogener Mann, der auf einer Muschelschale bläst. Der Turm steht noch heute am römischen Markt in Athen.







Seewind

Land erwärmt sich schneller als Wasser. Am Tag steigt über dem Land erwärmte Luft auf; kältere Luftmassen strömen vom Meer nach.



Landwind

Nachts kühlt das Land rascher ab. Nun ist die Luft über dem Meer wärmer und steigt auf; vom Land strömt kühlere Luft nach.

## WINDREKORDE

Der stärkste Wind, der jemals am Erdboden gemessen wurde, raste am 12. April 1934 mit einer Geschwindigkeit von 416 Kilometern in der Stunde über den Mount Washington in New Hampshire (USA). Die windigste Region der Welt ist die Commonwealth Bay in der Antarktis. Die Stürme erreichen dort Geschwindigkeiten um 320 Kilometer in der Stunde.

aufsteigende Luft übt auf die Erde einen schwächeren Druck aus als kalte Luft. Wo kalte Luft absinkt, entsteht ein Gebiet hohen Drucks – ein Hochdruckgebiet. Wo warme Luft aufsteigt, entsteht ein Gebiet niederen Drucks – ein Tiefdruckgebiet. Luft bewegt sich immer von Gebieten hohen zu Gebieten geringeren Drucks: Wind entsteht.

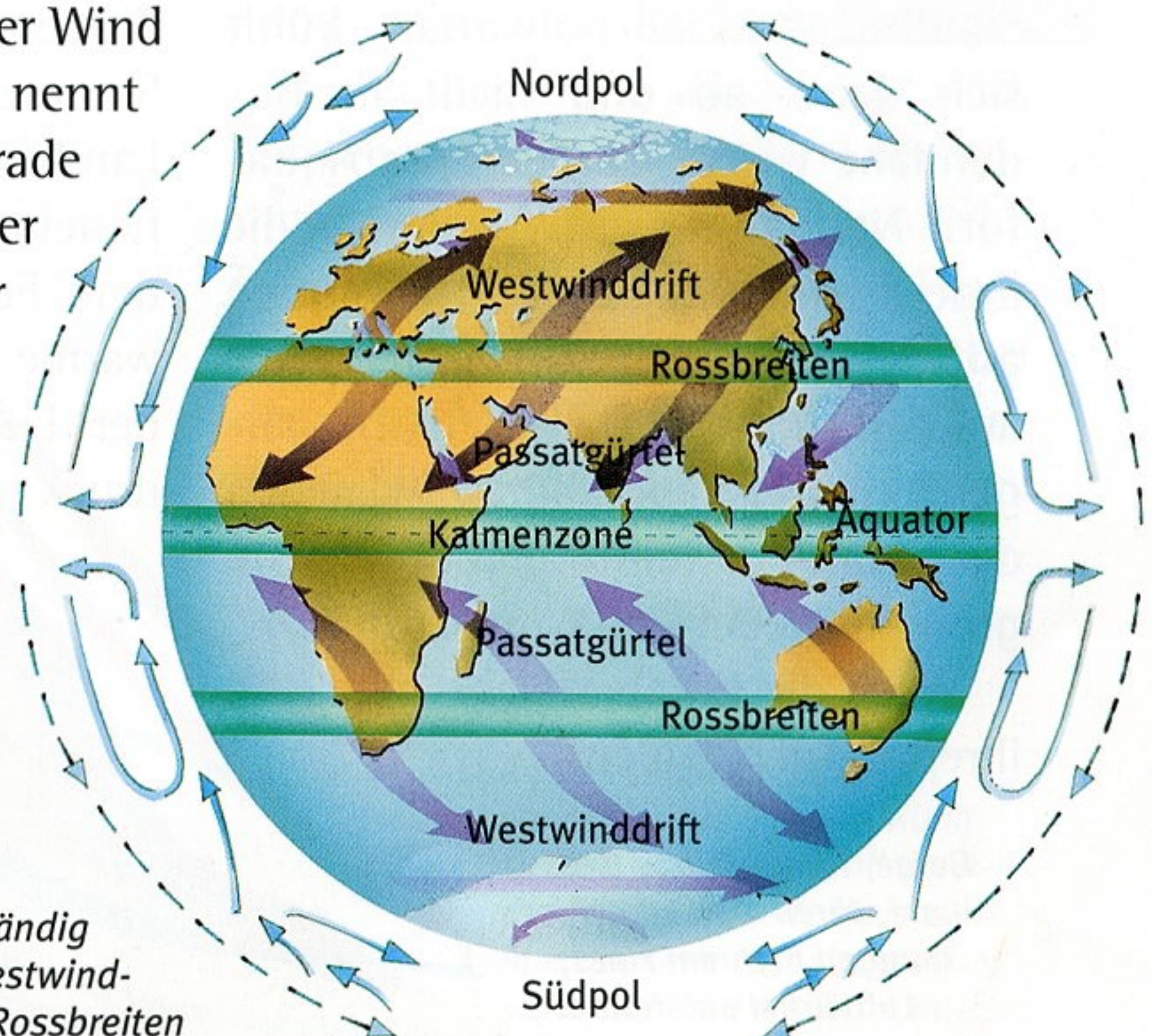
## Wohin weht der Wind?

Jeder, der im Sommer am Meer Urlaub macht, kann es beobachten: Am Tage, wenn sich das Festland in der Sonne schneller erwärmt als das Meer, weht der Wind von der See ins Land. Man nennt ihn Seewind. Nachts ist es gerade umgekehrt: Der Boden, der sich schneller als das Wasser erwärmt, kühlt sich auch schneller ab. Nun steigt wärmere Luft über dem Wasser auf und kühlere Luft vom Festland strömt nach. Es entsteht ein Wind, der vom Festland hinaus aufs Meer streicht, der Landwind.

Im Gebirge ist es ähnlich. Auch hier erwärmt die Sonne Berg und Tal unterschiedlich – Druckgefälle entstehen. Je stärker sie sind, umso schneller fließt die Luft und umso windiger ist es.

## Welche Winde wehen um die Erde?

In manchen Gegenden unserer Erde herrschen Winde vor, die fast immer in der gleichen Richtung wehen. Die Hauptantriebskraft dieser Winde ist die Sonne. Am Äquator, wo ihre Strahlen das ganze Jahr über fast senk-

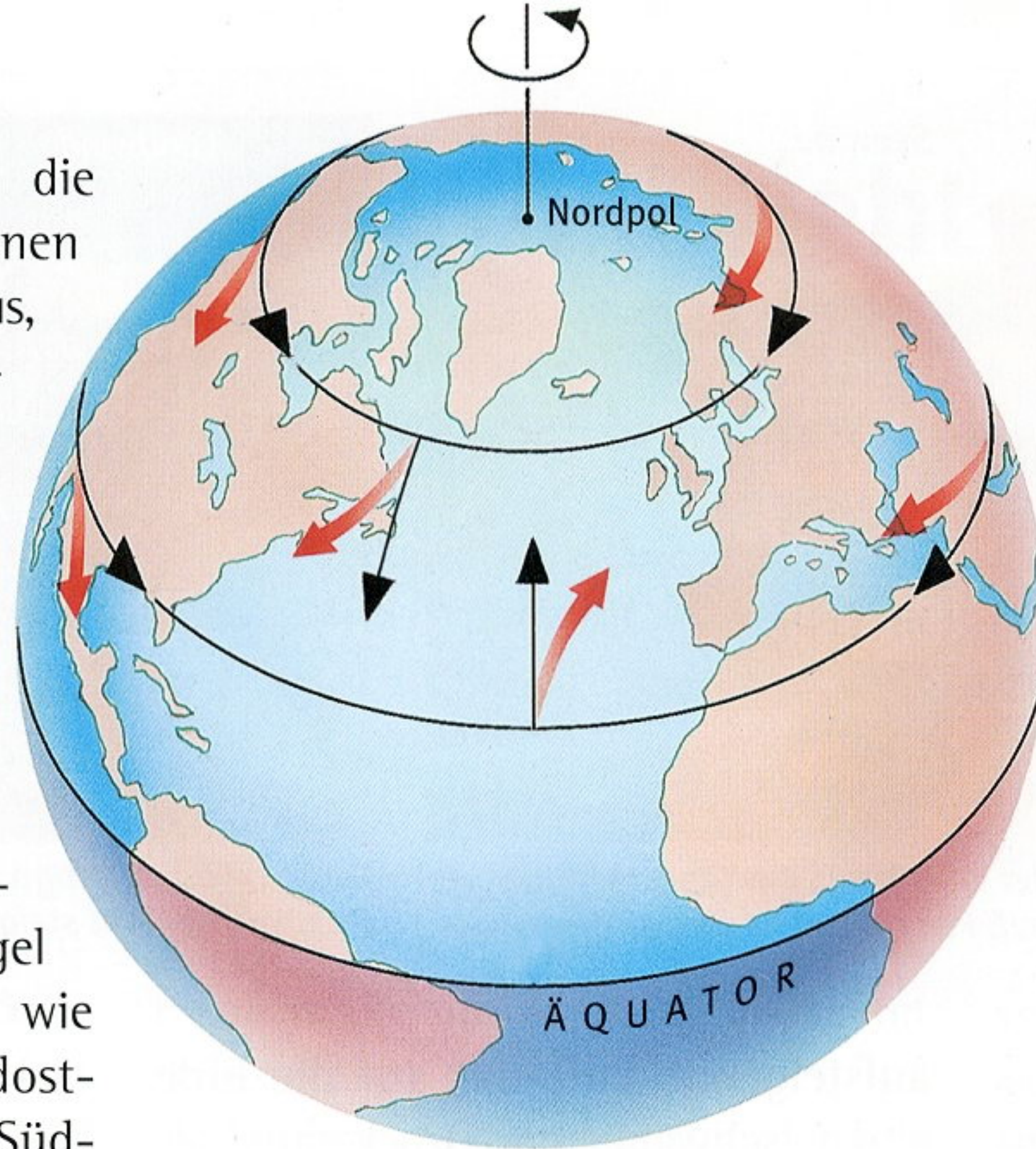


Die Windzonen der Erde. Beständig wehende Winde kennzeichnen Westwind-drift und Passatgürtel. In den Rossbreiten und Kalmen herrscht oft Windstille.



recht einfallen, erwärmt sich die Luft mehr als in anderen Regionen der Erde. Sie dehnt sich aus, steigt auf und strömt in Richtung der Pole. Etwa am 30. Breitengrad sinkt ein Teil dieser Luft ab und strömt wieder zum Äquator zurück. Das sind die Passatwinde. Sie blähten einst die Segel der Schiffe von Kolumbus, Magellan und anderen kühnen Seefahrern. Auf der Nordhalbkugel heißen diese „Überfahrtwinde“, wie die Spanier sie nannten, Nordostpassat, auf der Südhalbkugel Südostpassat.

Ein anderer Teil der über dem Äquator aufgestiegenen Luft fließt weiter zu den Polen. Durch die Erdrotation wird ein Teil davon abgelenkt: die Westwinde entstehen. Die restliche kalte Luft sinkt über den Polen nach unten, und von dort wehen Winde zum Äquator.



*Durch die Erddrehung werden alle Winde auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links abgelenkt. Diese Ablenkung der Luftströmungen nennt man nach dem französischen Physiker de Coriolis (1792-1843) Coriolisbeschleunigung.*

Wäldern und Städten beeinflusst die Luftströmungen. Sie wirkt wie eine „Bremse“. Die Reibung ist auf dem Festland größer als auf dem Meer. Daher braust der Wind gewöhnlich mit höheren Geschwindigkeiten über die Ozeane als über das Festland.

Manche Winde wehen nur zu bestimmten Jahreszeiten. Am bekanntesten ist der Monsun in den Küstenländern der Tropen am Indischen Ozean. Im Sommer erhitzen sich die asiatischen Landmassen durch die starke Sonneneinstrahlung. Über dem Festland steigt warme Luft auf, der Luftdruck

### WINDSTILLE ZONEN

Die Passatwinde treffen entlang des Äquators aufeinander. In diesen Gebieten, den sogenannten Kalmen, herrscht oft Windstille. Auch weiter polwärts, um den 30. Breitengrad, gibt es eine windarme Zone – die Rossbreiten. Sie heißen so, weil hier früher die Segelschiffe oft wochenlang festlagen. Dann war die Besatzung gezwungen, die an Bord befindlichen Pferde aus Mangel an Futter und Trinkwasser zu schlachten.

### Was beeinflusst den Wind?

Ist der ewige Kreislauf der Luft wirklich so einfach: Über dem Äquator steigt Luft auf, wandert in großer Höhe polwärts, kühlt sich dabei ab und fließt in Bodennähe wieder zurück zum Äquator? Natürlich nicht. Weil sich die Erde dreht, wird jede Luftbewegung auf der Nordhalbkugel nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links abgelenkt. Die Erddrehung ist neben der Sonnenstrahlung der zweite große Bewegiger der Winde.

Auch die Erdoberfläche mit ihren Bergen, Tälern,

*Berge, Täler, Häuser und Bäume stören die Luftströmungen in ihrem Fluss; Luftwirbel entstehen.*

### Was ist der Monsun?

Tropen am Indischen Ozean. Im Sommer erhitzen sich die asiatischen Landmassen durch die starke Sonneneinstrahlung. Über dem Festland steigt warme Luft auf, der Luftdruck





sinkt. Auf dem kühlen Meer dagegen herrscht hoher Luftdruck. So entsteht ein Wind, der vom Indischen Ozean zum Land weht. Er sorgt für kräftige Niederschläge. Auch wenn der Monsun manchmal



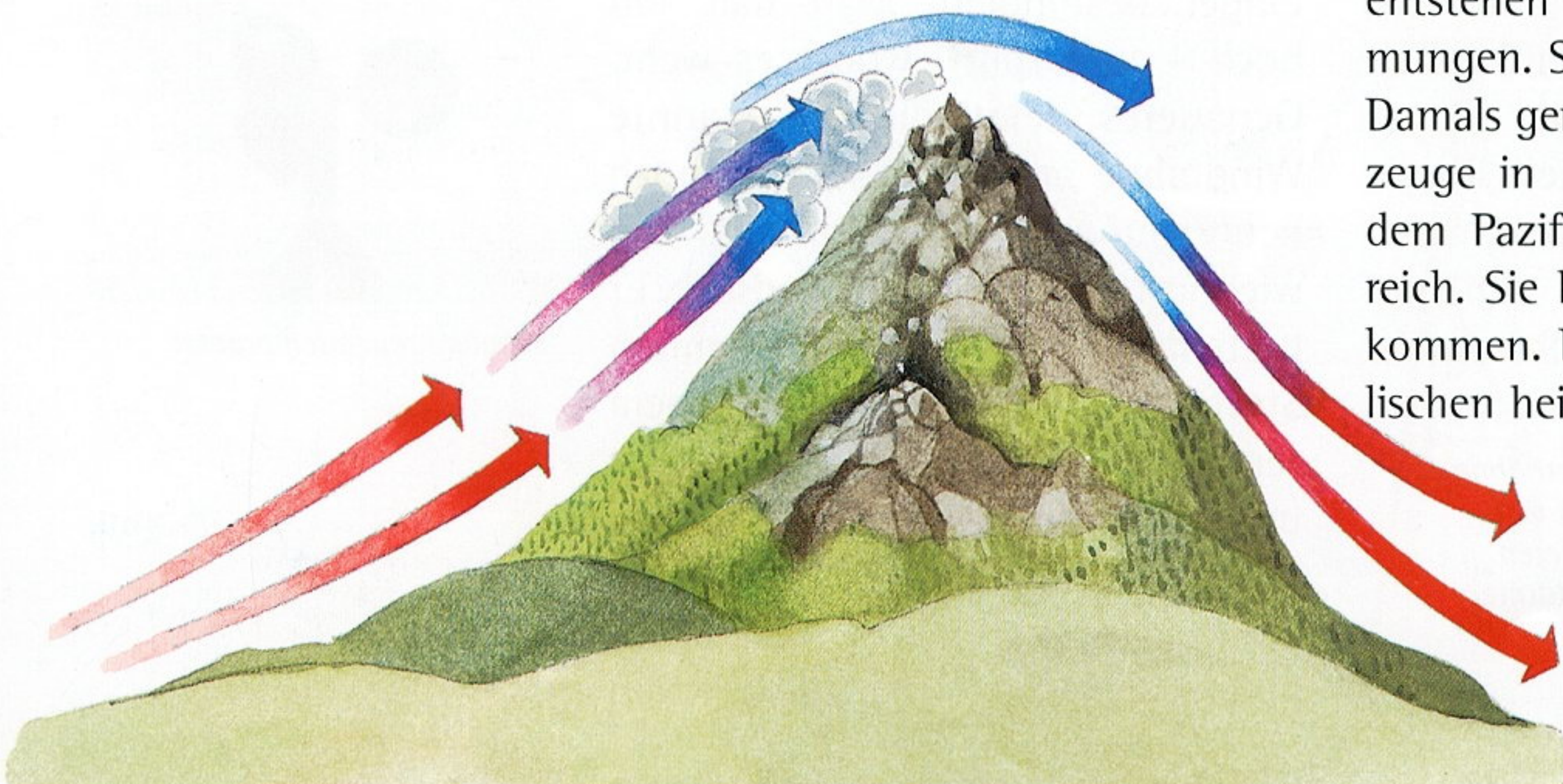
*Oft meint es der Monsun zu gut. Dann stehen viele Gegenden unter Wasser.*

### WETTERFÜHLIGKEIT

Viele Menschen leiden bei einem Wetterwechsel unter Kopf- und Gliederschmerzen. Föhn zum Beispiel gilt als typisches „Kopfschmerzwetter“. Grund für die Beschwerden: Ein Wetterumschwung bringt veränderte Temperaturen und Luftfeuchtigkeitsverhältnisse mit sich, an die sich unser Körper erst gewöhnen muss.

verhängnisvolle Fluten mit sich bringt, der große Regen wird schon sehnsüchtig erwartet. Ohne ihn wäre Indien eine Wüste.

Im Winter ist es umgekehrt. Vom kühlen Festland strömen die Luftmassen hinaus auf das nun wärmere Meer. Das Land trocknet wieder aus. Drei Milliarden Menschen, die Hälfte der Weltbevölkerung, leben im Bereich solcher Wechselwinde.



*An der Südseite der Alpen steigt feuchte Luft auf, kühlt sich ab und bildet Wolken. Auf der Alpennordseite sinkt die nun trockene Luft ab, erwärmt sich rasch und weht als warmer Föhnwind ins Tal.*

### Wie entsteht der Föhn?

Außer den großen Windsystemen gibt es überall auf der Welt regelmäßig auftretende örtliche Winde. Die meisten von ihnen haben eigene Namen. Der warme Fallwind in den Alpen heißt Föhn. Feuchte Luft, die von Süden her gegen das Gebirge weht, kühlt sich beim Anstieg auf die Kammhöhe stark ab. Dadurch verliert sie einen großen Teil der in ihr enthaltenen Feuchtigkeit: Wolken bilden sich, es regnet oder schneit. Hat der Wind die Gipfel überwunden, stürzt die dann sehr trockene Luft talabwärts. Dabei erwärmt sie sich rasch, etwa um 1 Grad Celsius pro 100 Meter Höhenunterschied. Besonders wirksam ist der Föhn im Winter. Dann herrscht plötzlich über Nacht Frühlingswetter, und der Schnee schmilzt.

### Was sind Strahlströme?

Wind und Wetter erleben wir nicht nur in Bodennähe. Auch in großen Höhen prallen Warmluft und Kaltluft aufeinander. Weil hier die Temperaturgegensätze besonders ausgeprägt sind, entstehen sehr kraftvolle Luftströmungen. Sie wurden 1940 entdeckt. Damals gerieten amerikanische Flugzeuge in 10 000 Meter Höhe über dem Pazifik in einen Starkwindbereich. Sie hatten Mühe, vorwärts zu kommen. Die Strahlströme, im Englischen heißen sie „jet streams“, we-



hen von Westen nach Osten. Sie sind nur wenige hundert Kilometer breit und umkreisen die Erde in 10 bis 15 Kilometer Höhe. Ihre Geschwindigkeit beträgt meist 200 Kilometer in der Stunde. Aber sie können auch doppelt so schnell sein. Heute nehmen die meisten Flugpläne Rücksicht auf die Strahlströme.

das Schalenkreuzanemometer. Drei oder vier offene Halbkugeln fangen den Wind ein und drehen sich um eine Achse. Sie drehen sich umso schneller, je stärker der Wind weht. Zählt man die Umdrehungen pro Sekunde, hat man ein Maß für die Windgeschwindigkeit. Sie wird meist in Metern pro Sekunde angegeben.



*Die Beaufort-Skala unterscheidet zwölf Windstärken. Bei Windstärke 0 herrscht Windstille: Rauch steigt gerade empor.*



*Windstärke 6 ist starker Wind. Er bewegt große Äste, pfeift in Telefonleitungen, Regenschirme sind schwer zu benutzen.*



*Windstärke 12 bedeutet Orkan. Er richtet schwerste Verwüstungen an. Orkane kommen vor allem über dem Meer vor.*

### Wie kann man den Wind messen?

Das Verfahren zur Messung der Windstärke beruht auf den Beobachtungen des englischen Admirals Sir Francis Beaufort. Er stellte 1805 eine Tabelle auf, in der er die Auswirkungen des Windes beschrieb und eine Bezeichnung hinzufügte. Die Beaufort-Skala ist noch heute weit verbreitet. Sie wird vor allem in der Seefahrt genutzt.

Die Windgeschwindigkeit hingegen wird mit einem Anemometer gemessen. Am gebräuchlichsten ist



*Wetterhähne findet man auf vielen Kirchtürmen.*

### Wie stellt man die Windrichtung fest?

Die Windrichtung hat großen Einfluss auf das Wetter. In Europa und Nordamerika bedeutet zum Beispiel Nordwind kaltes Wetter. Woher also weht der Wind?

Am einfachsten lässt sich die Windrichtung mit dem feuchten Finger bestimmen. Man hält ihn hoch – und spürt, woher es weht. Genaueres zeigt die altbekannte Windfahne an. Sie dreht sich noch heute auf vielen Kirchtürmen. Am wichtigsten aber ist der Windsack. Er besteht aus einer konisch geformten Stoffröhre. Sie ist vorne an einem senkrecht drehbaren Ring befestigt und an beiden Enden offen. Das verhindert ihr Flattern im Wind. Windsäcke zeigen vor allem auf Flughäfen und Autobahnbrücken die Windrichtung an.



*Windsäcke zeigen uns an, aus welcher Richtung der Wind kommt.*



*Schalenkreuzanemometer*



**KLIPPER** hießen die schnellsten Segel-Frachtschiffe des vergangenen Jahrhunderts. Auf ihren Fahrten von China nach Europa ließen sie sich von den Passatwinden die Segel füllen. Oft lieferten sich die Klipper Wettfahrten: Wer als Erster seine Fracht ablieferte, hatte gewonnen. Berühmt wurde die Wettfahrt des Jahres 1866, bei der drei englische Klipper London nach 99 Tagen erreichten. Das Siegerschiff hatte auf den 16 000 Seemeilen lediglich einen Vorsprung von 12 Minuten.



nutzen, wenn er nicht in Fahrtrichtung blies. Der Wind trieb aber nicht nur die Segelschiffe an, er bewegte auch die Flügel der Windmühlen, in denen Getreide gemahlen wurde. 3 000 Jahre sollen die bei der ägyptischen Stadt Alexandria erhaltenen Windmühlen alt sein. Heute wird der Wind immer mehr zur Stromerzeugung genutzt. Große Windparks entstehen. Das ist aber nur dort sinnvoll, wo der Wind beständig weht. In unbewohnten Gebieten Kaliforniens stehen mitunter hunderte von Windturbinen dicht beieinander.

#### BERÜHMTE WINDE

Chinook heißt ein warmer Fallwind in den nordamerikanischen Rocky Mountains. Er sorgt für rasche Schwankungen von Temperatur und Luftfeuchtigkeit. Kalte Fallwinde sind der Mistral in Südfrankreich und die Bora in Kroatien. Der Schirokko ist ein Fallwind an der nordafrikanischen Küste, der oft Staub und Sand mit sich führt. Der Blizzard ist ein Schneesturm im hohen Norden Amerikas.

#### Wofür brauchen wir den Wind?

Der Wind gehört zu den frühesten Energiequellen der Menschheit. Vermutlich waren es die Ägypter vor über 5 000 Jahren, die die ersten Segel setzten und damit ihre kleinen Flussboote antrieben. Frühe Segelschiffe besaßen meist nur ein einziges Segel und waren auch sonst sehr einfach gebaut: Sie segelten nur, wenn der Wind von hinten kam. Erst später konnte man den Wind auch

gegen den Wind segeln. Heute wird der Wind immer mehr zur Stromerzeugung genutzt. Große Windparks entstehen. Das ist aber nur dort sinnvoll, wo der Wind beständig weht. In unbewohnten Gebieten Kaliforniens stehen mitunter hunderte von Windturbinen dicht beieinander.

*Moderne Windturbinen zur Stromerzeugung.*





Über dem Meer hat sich eine Gewitterwolke (Cumulonimbuswolke) gebildet.



## Wasser in der Luft

### Was passiert, wenn Wasser verdunstet?

Es macht Spaß, an einem heißen Sommertag im kühlen See zu baden. Wenn wir später aus dem Wasser steigen, ist unser Körper mit vielen glitzernden Wassertröpfchen benetzt. Auch wenn wir uns nicht abtrocknen, sind sie schon nach kurzer Zeit verschwunden. Wie kommt das?

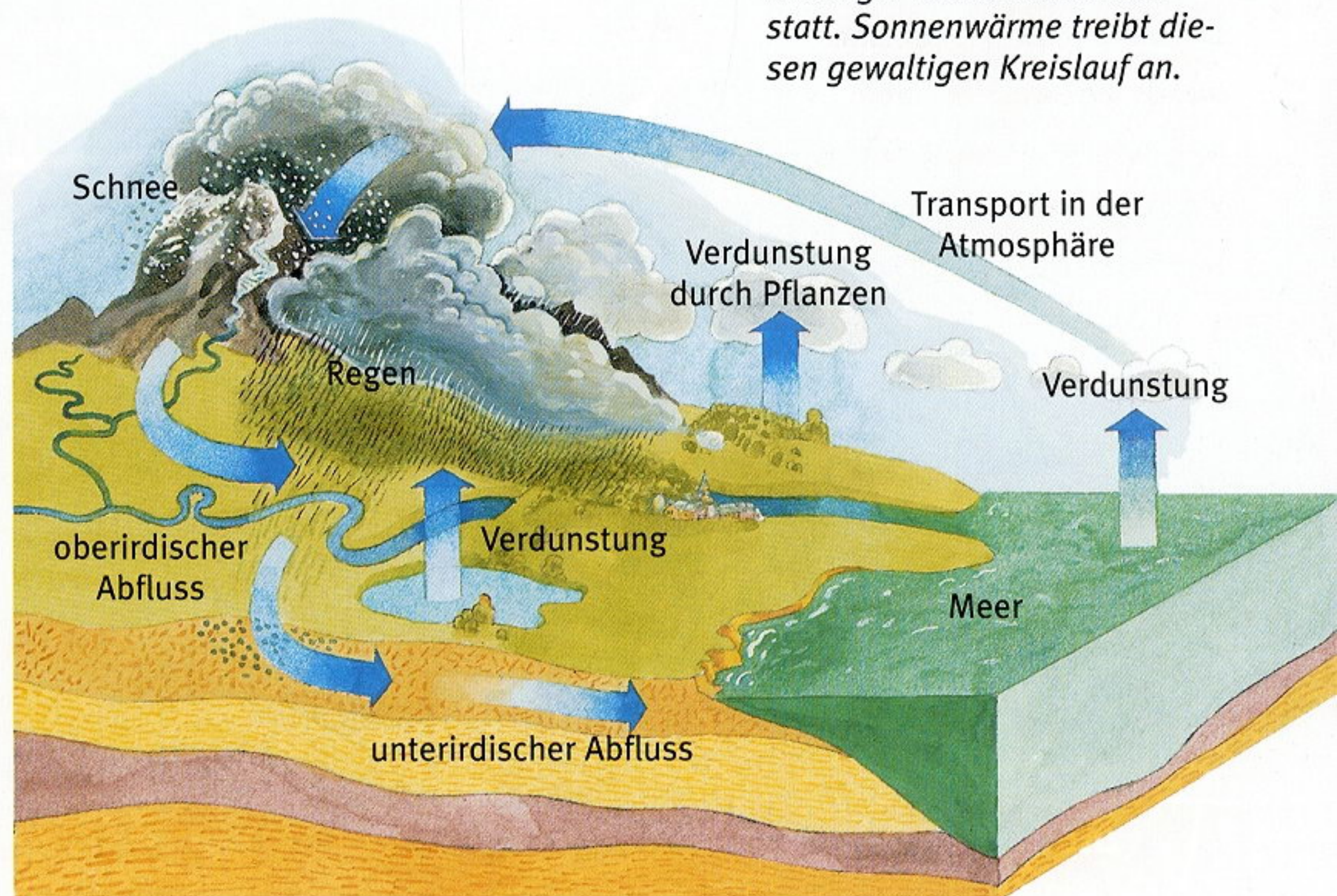
Die Luft hat das Wasser aufgenommen; es ist vom flüssigen in den gasförmigen Zustand übergegangen. Man sagt, „das Wasser ist verdunstet“. Als unsichtbarer Wasserdampf schwebt es nun in der Luft.

Wärme ist die Ursache dafür, dass Wasser verdunstet und in die Luft aufsteigt. Deshalb frösteln wir auch, wenn wir nach dem Baden aus dem Wasser kommen. Denn die zur Ver-

dunstung benötigte Wärme wird vor allem dem Körper entzogen, der dadurch abkühlt. Ermöglicht wird die Verdunstung durch die ständige Bewegung der Wassermoleküle. Dabei werden einige von ihnen losgerissen, in die Luft gewirbelt und zwischen den Luftmolekülen weitergestoßen. Sie kehren nicht mehr in die Flüssigkeit zurück.

**LUFTFEUCHTIGKEIT** nennen wir den Wasserdampf in der Luft. Etwa 15 Billionen Tonnen Flüssigkeit zirkulieren in der Atmosphäre. Sie verdunsten über der ganzen Erde.

Zwischen Festland, Ozeanen und Atmosphäre findet ein ständiger Wasseraustausch statt. Sonnenwärme treibt diesen gewaltigen Kreislauf an.





## VERDUNSTUNG

In Mitteleuropa verdunsten im Jahresdurchschnitt etwa 500 Liter Wasser pro Quadratmeter Bodenfläche. Auf dem Atlantischen oder Pazifischen Ozean verdunsten jährlich zwischen 1 200 und 1 300 Liter Wasser von jedem Quadratmeter der riesigen Wasserfläche. Würde das Wasser im ewigen Kreislauf nicht immer wieder durch Niederschläge und Flüsse nachströmen, wäre das Weltmeer nach 4 000 Jahren ausgetrocknet.

**RELATIVE LUFTFEUCHTIGKEIT** ist die Menge an Wasserdampf in der Luft, verglichen mit der Höchstmenge, die sie bei einer bestimmten Temperatur aufnehmen kann. Bei einer Temperatur von minus 10 Grad Celsius kann ein Kubikmeter Luft 2,1 Gramm Wasserdampf aufnehmen, dann ist die Luft gesättigt. Bei einer Temperatur von 28 Grad Celsius dagegen ist die maximale Feuchte erst bei einer Wasserdampfmenge von 27,2 Gramm erreicht. Diese Werte entsprechen einer relativen Luftfeuchtigkeit von 100 Prozent. Wäre im gleichen Kubikmeter Luft jeweils nur die Hälfte Wasser enthalten, dann betrüge die relative Luftfeuchte 50 Prozent.

## Was beschleunigt die Verdunstung?

Regenpfützen verschwinden bei bedecktem Himmel nur allmählich, Sonnenschein dagegen „leckt“ die Straßen rasch wieder trocken. Denn Wasser verdunstet umso schneller, je stärker es erwärmt wird. Je wärmer das Wasser ist, desto schneller bewegen sich die Wassermoleküle und desto mehr von ihnen werden in die Luft emporgewirbelt. Wind beschleunigt diesen Vorgang. Viele Pfützen verschwinden im Handumdrehen, wenn Wind die Sonne unterstützt. Auch bei trockener Luft verdunstet das Wasser schneller. Dann verläuft das Abkühlen unseres Körpers durch Schwitzen besonders wirkungsvoll. Darum empfinden wir 30 Grad Celsius in trockener Luft erträglicher als weniger warme, aber feuchte Luft.

## Wodurch beschlagen Fenster?

Kann Wasser aus dem gasförmigen Zustand wieder in den flüssigen übergehen? Natürlich: Du brauchst nur mit deiner feuchten, 37 Grad Celsius warmen Atemluft gegen eine Fensterscheibe zu hauen! Sofort bilden sich Wassertropfen an der kalten Scheibe. Man sagt: sie beschlägt.

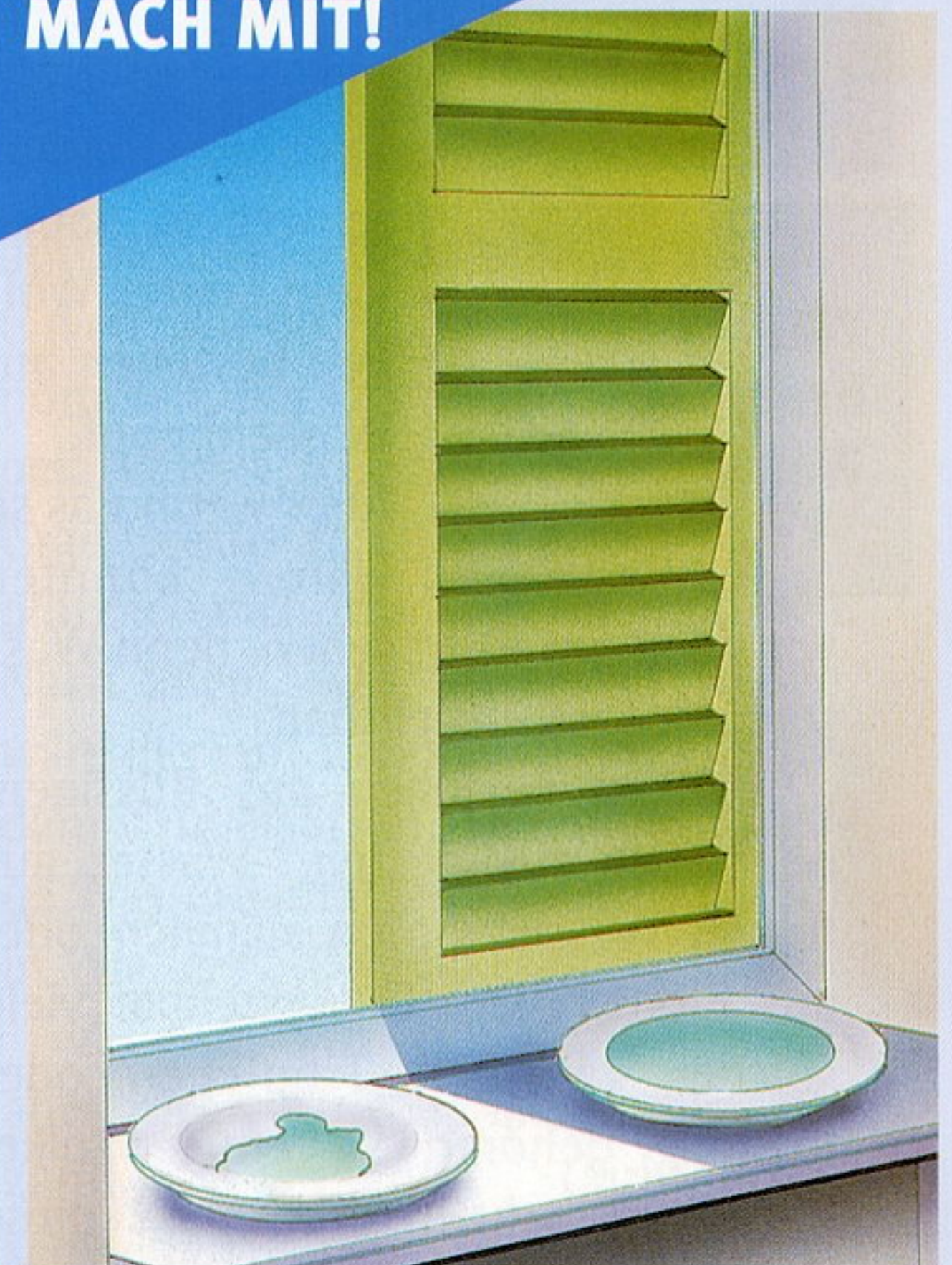
Die Luft nimmt ständig und bei jeder Temperatur Wasserdampf auf. Aber immer nur eine bestimmte Menge. Ist diese erreicht, dann bezeichnet man die Luft als „gesättigt“. Wie viel Wasserdampf die Luft aufnehmen kann, hängt von ihrer Temperatur ab: Warme Luft kann mehr Wasserdampf aufnehmen, kalte weniger. Wenn mit Wasserdampf gesättigte Luft abgekühlt wird, muss

sie einen Teil des Wassers wieder abgeben. Der unsichtbare Wasserdampf geht nun vom gasförmigen in den flüssigen Zustand über. Es bilden sich Wassertropfen – wir sagen, der Wasserdampf „kondensiert“. Die Temperatur, bei der dies geschieht, ist der Taupunkt.

## Was ist der Kreislauf des Wassers?

Meere und Seen, Flüsse und Bäche, Pflanzen, Tiere und sogar der Erdboden verdunsten unaufhörlich Wasser. Tag für Tag steigen viele Millionen Liter Wasser in die Luft auf. Doch warum trocknet dann nicht alles aus?

## MACH MIT!



## Wo verdunstet Wasser schneller?

Wir füllen zwei gleich große Teller bis zum Rand mit Wasser. Den einen stellen wir in die Sonne, den anderen in den Schatten. Das Wasser auf dem wärmeren Platz wird zuerst verschwunden sein – es verdunstet rascher. Das kommt daher, dass sich die Moleküle in einer warmen Flüssigkeit schneller und heftiger bewegen und dadurch leichter in die Luft gestoßen werden können.

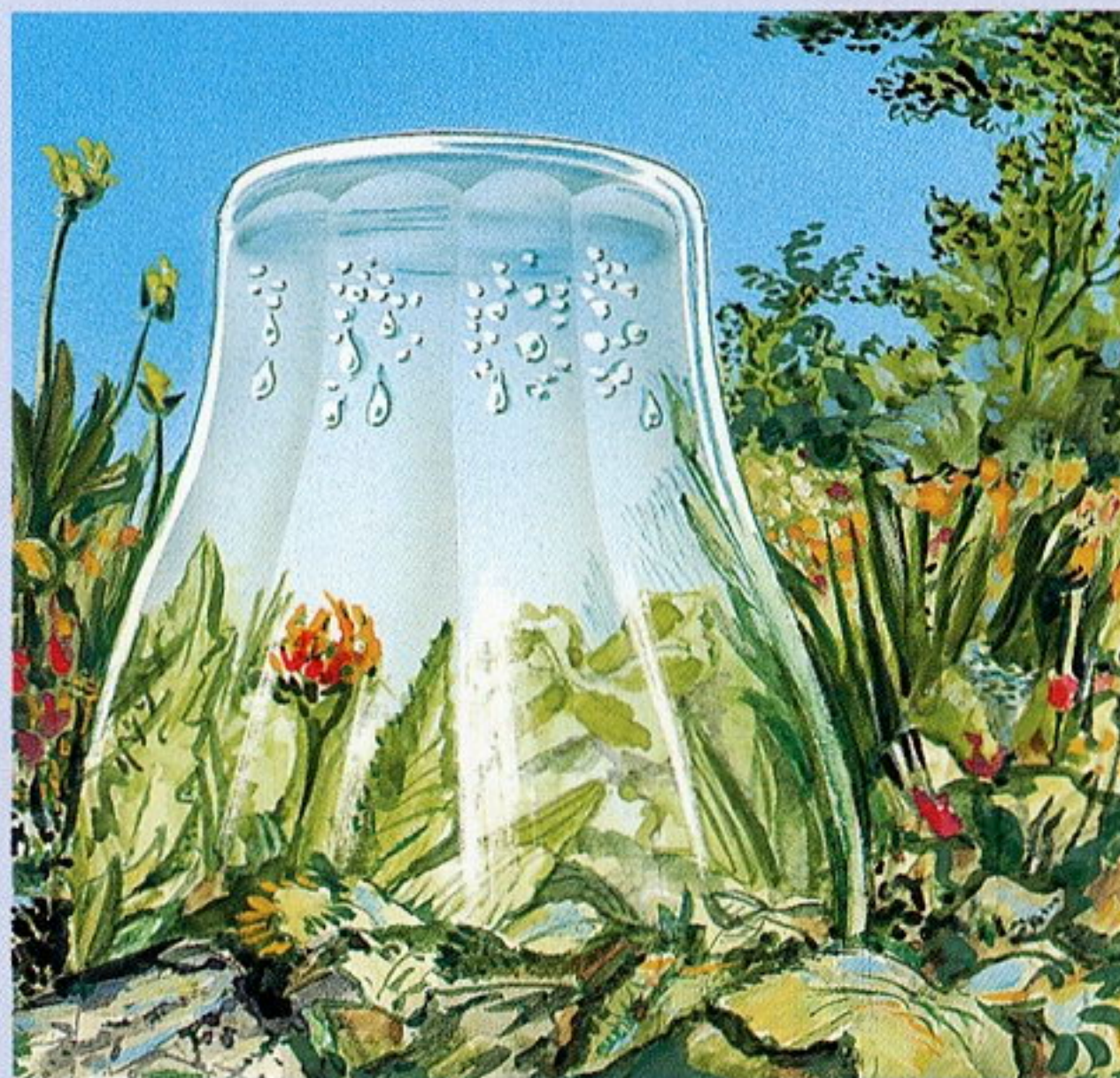


Wenn mit Wasserdampf gesättigte Luft abkühlt, muss sie einen Teil des Dampfes wieder abgeben. Luft kühlt vor allem ab, wenn sie aufsteigt. Über den Ozeanen verdunsten ständig gewaltige Wassermengen. Als Wasserdampf steigen sie empor. Hoch oben, wo es kälter ist, kann die Luft die gespeicherte Feuchtigkeit nicht mehr halten – es bilden sich Wassertröpfchen. Die Wassertröpfchen können wir als Wolken sehen. Sie fallen schließlich als Regen, Schnee oder Hagel auf die Erde zurück. Das Wasser füllt die Seen, speist Bäche, Flüsse und Ströme und gelangt so wieder ins Meer. Dort verdunstet es erneut.

## MACH MIT!

### VERDUNSTUNG

Wenn du ein trockenes Glas an einem warmen Sommertag ins Gras stellst, bilden sich bald Wassertröpfchen in seinem Innern. Es sind Wassermoleküle, die von Gras und Erdboden verdunsten und sich an der Glasfläche niederschlagen.



### FLÜSSE AM HIMMEL

In der Troposphäre fließen gewaltige Ströme von Wasserdampf. Ihr Transport vollzieht sich in bestimmten Bahnen oder „Flussbetten“. Wissenschaftler entdeckten fünf solcher Flüsse in der südlichen und vier bis fünf in der nördlichen Hemisphäre. Sie können mehr als 7 000 Kilometer lang und rund 700 Kilometer breit werden.

### KONDENSATIONSKERNE

In trockener Luft enthält ein Kubikzentimeter Luft bis zu 100 000 Staubkörnchen und andere Kondensationskerne. Selbst nach einem erfrischenden Regen sinkt diese Zahl nur auf etwa 1 000.

### Woraus bestehen Wolken?

Weil sie so mühelos am Himmel schweben, sagen viele Leute: Wolken bestehen aus Wasserdampf. Aber wenn das so wäre, könnten wir sie ja gar nicht sehen, denn Wasserdampf ist unsichtbar.

Wolken bestehen aus flüssigem oder auch aus „festem“ Wasser, aus feinen Wassertropfen nämlich oder aus Eiskristallen. Unvorstellbar viele solcher winzigen Tröpfchen oder Kristalle gehören zu einer Wolke. Rätselhaft scheint nur, dass diese

Tropfen in der Luft schweben, ohne herabzufallen. Ist Wasser nicht schwerer als Luft?

Reibung und Auftrieb sorgen dafür, dass die Tröpfchen am Himmel bleiben. Sehr kleine Körper haben eine im Vergleich zu ihrer Masse sehr große Oberfläche. Daher wird ihr Fall zur Erde durch den Luftwiderstand stark gebremst. Selbst bei unbewegter Luft fallen die Wassertröpfchen und Eiskristalle nur um etwa 1 Zentimeter pro Sekunde. Kommen nun noch aufwärts gerichtete Luftströmungen hinzu, so fallen sie praktisch überhaupt nicht; sie schweben.

*So entstehen Wolken: Warme, wasserdampfreiche Luft steigt empor und kühlt sich ab. Der in ihr enthaltene Wasserdampf kondensiert zu Wassertröpfchen, die sich zu einer Wolke verdichten. Weil im Laufe des Tages immer mehr warme Luft aufsteigt, wächst die Wolke ständig an.*





*Ein Gewitter  
ist im Anzug.  
Wassertröpf-  
chen haben  
sich zu dunk-  
len Wolken  
verdichtet –  
bald wird  
der Himmel  
seine Schleu-  
sen öffnen.*



**WOLKEN VERSCHWINDEN**  
Wolken lösen sich wieder auf, wenn Luft so weit erwärmt wird, dass der in ihr enthaltene Wasserdampf die Sättigungsmenge unterschreitet. Dann ist die Luft wieder aufnahmefähig für Wasserdampf. Nun verdampfen die Wassertröpfchen der Wolken; sie gehen wieder in den gasförmigen, also unsichtbaren Zustand über. Wenn morgens Nebel über den Wiesen liegt, kann man das beobachten: Kaum steigt die Sonne und es wird wärmer, löst er sich rasch auf.

**Können sich  
auch in mei-  
nem Zimmer  
Wolken bilden?**

Eine Voraussetzung für die Wolkenbildung kennen wir schon: Warme, wasserdampfreiche Luft steigt in die Höhe und kühlt sich ab; der Wasserdampf kondensiert. Das klappt aber nur, wenn die Wassermoleküle etwas haben, woran sie sich günstig anlagern können: winzige, in der Luft schwebende Teilchen. Salzkristalle können das sein, Staubkörnchen oder auch Blütenstaub. Rund um solche Kondensationskerne, wie man diese Teilchen dann nennt, bilden sich schließlich kleine Wassertröpfchen. Ihr Durchmesser beträgt nur 3 bis 20 Tausendstelmillimeter! Ohne Kondensationskerne, in völlig sauberer Luft, könnten sich keine Wolken bilden.

Und wie steht es mit unserem Zimmer? Nehmen wir einmal an,

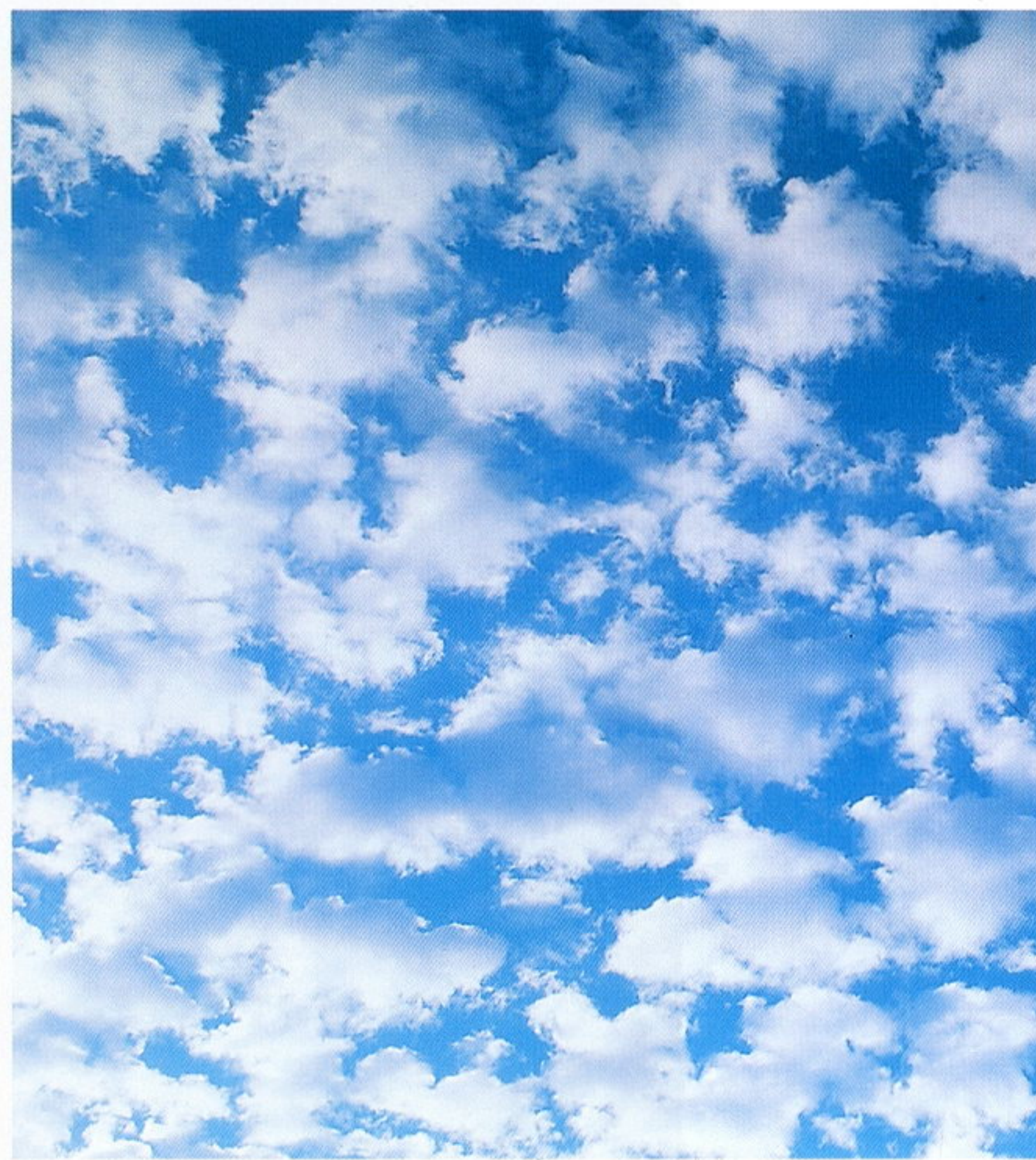
dort herrscht eine relative Luftfeuchtigkeit von 60 Prozent. Weiter angenommen, wir würden die Raumtemperatur von 20 Grad Celsius auf null Grad Celsius absenken. Dann wäre es plötzlich nicht nur sehr ungemütlich. Nach allem, was wir bisher wissen, wäre die Luft dann auch mit Wasserdampf übersättigt. Der überschüssige Wasserdampf verwandelt sich nun in Wassertröpfchen.

Zu einer Wolkenbildung käme es aber nicht, obwohl im Zimmer unzählige winzige Staubteilchen schweben: Die Wassertröpfchen würden sich zuerst an den Wänden und Schränken und überhaupt an allen Gegenständen unseres Zimmers niederschlagen. Solche riesigen Kondensationsflächen gibt es in der luftigen Höhe freilich nicht. Stattdessen schlagen sich die Wassertröpfchen dort an den schwebenden Staubteilchen nieder: Wolken entstehen.





*Cirruswolken kommen in großer Höhe vor und bestehen aus Eiskristallen. Verdichten sie sich, steht schlechtes Wetter bevor.*



*Schäfchenwolken sind mittelhohe Wolken aus Eiskristallen und Regentropfen. Sie zeigen veränderliches Wetter an.*

### Was kündigen Wolken an?

Wolken sind die verlässlichsten Wetterboten. Es gibt sie in verschiedenen Formen, Größen und Höhen. Man beurteilt die Wolken danach, ob sie in Schichten (Stratus) vorkommen oder sich zu Haufen (Cumulus) ballen und wie hoch sie am Himmel stehen. Nach dem Höhenbereich, in dem die Wolken bevorzugt auftreten, unterscheidet man drei Wolkenfamilien:

Hohe Wolken liegen zwischen 6 und 14 Kilometer Höhe. Sie bestehen aus Eiskristallen und erscheinen zart und weiß. Verdichten sich diese so genannten Cirruswolken, steht schlechtes Wetter bevor.

Mittelhohe Wolken treten zwischen 2 und 6 Kilometer Höhe auf. Sie sind eine Mischung aus Eiskristallen und Regentropfen. Zu ihnen gehören die Schäfchenwolken (Alto-

cumulus), die auf veränderliches Wetter deuten. Graue, streifige Schichtwolken (Altostratus) kündigen schlechtes Wetter an.

Reine Wasserwolken sind die tiefen Wolken. Sie kommen von Bodennähe bis in 2 Kilometer Höhe vor. Als gleichförmig graue Schichtwolken (Stratus) bringen sie oft leichten Regen. Stehen dagegen Haufenschichtwolken (Stratocumulus) am Himmel, bleibt das Wetter meistens schön.

Eine besondere Gruppe bilden die Wolken mit vertikaler Ausdehnung. Eindrucksvoll steht die blumenkohlartig aufquellende Schönwetter-Haufenwolke (Cumulus) am Himmel. Die dichten grauen Nimbostratuswolken dagegen sind ausgesprochene Regenwolken. Eine Gewitterwolke ist der mächtige, ambossförmige Cumulonimbus, der König der Wolken. Er kann bis in die höchsten Schichten der Troposphäre reichen.

### WOLKENFARBEN

Wolken sehen meist weiß aus, weil sie das Sonnenlicht nicht brechen, sondern streuen. Dieses Streulicht hat die Farbe des (weißen) Sonnenlichts. Daher sind viele Wolken weiß. Oft ist der Himmel aber grau und bedeckt. Dann sind die Wolken so dicht, dass sie den Sonnenstrahlen den Weg versperren. Je dunkler die Wolken erscheinen, desto mehr Wassertröpfchen enthalten sie.





*An sonnigen Tagen stehen manchmal solche Haufenschichtwolken am Himmel. Das Wetter bleibt dann noch eine Weile schön.*

### **Wann entsteht Nebel?**

Auch wer noch nie mit einem Flugzeug geflogen ist, hat Wolken schon einmal aus der Nähe gesehen – an einem Nebeltag. Nebel

ist nichts anderes als eine Wolke, die dicht über dem Erdboden liegt. Oft entsteht er am Abend oder in der Nacht, wenn sich die warme und feuchte bodennahe Luft abkühlt. Dann bilden sich Millionen feinsten Wassertröpfchen, der Nebel. Kühle Luft sinkt immer nach unten. Deshalb entsteht Nebel zunächst in Senken, Niederungen und dicht über dem Boden. Manchmal bedeckt er das Land wie ein riesiges weißes Tuch.

*Morgennebel im Gebirge.*





### Wann werden die Wolken-tröpfchen zu Regentropfen?

Die winzigen Wassertröpfchen der Wolken sind noch keine Regentropfen. Diese entstehen erst, wenn es kälter wird und die Wasserteilchen zusammenrücken. Dann verschmelzen immer mehr winzige Tröpfchen zu größeren Tropfen. Sie werden schwerer, sinken ab und nehmen unterwegs weitere kleinere in sich auf. Die Tropfen wachsen auf ihrem Weg nach unten beständig. Schließlich fallen sie als Regen zur Erde.

Der Regen, der auf diese Weise entsteht, enthält dennoch meist nur sehr kleine Tropfen. Wir kennen ihn als Sprühregen. Großtropfiger Regen dagegen entsteht fast immer, wenn die Temperatur in der Wolke so niedrig ist, dass sich Eiskristalle bilden. Sie vereinigen

*Regen entsteht, wenn in den Wolken immer mehr winzige Wassertröpfchen zu größeren verschmelzen. Sie werden schwerer, sinken ab und nehmen unterwegs weitere kleinere in sich auf.*

sich zu Schneeflocken, fallen aus der Wolke und tauen in den wärmeren unteren Luftschichten wieder auf. Als große Regentropfen kommen sie auf der Erde an.

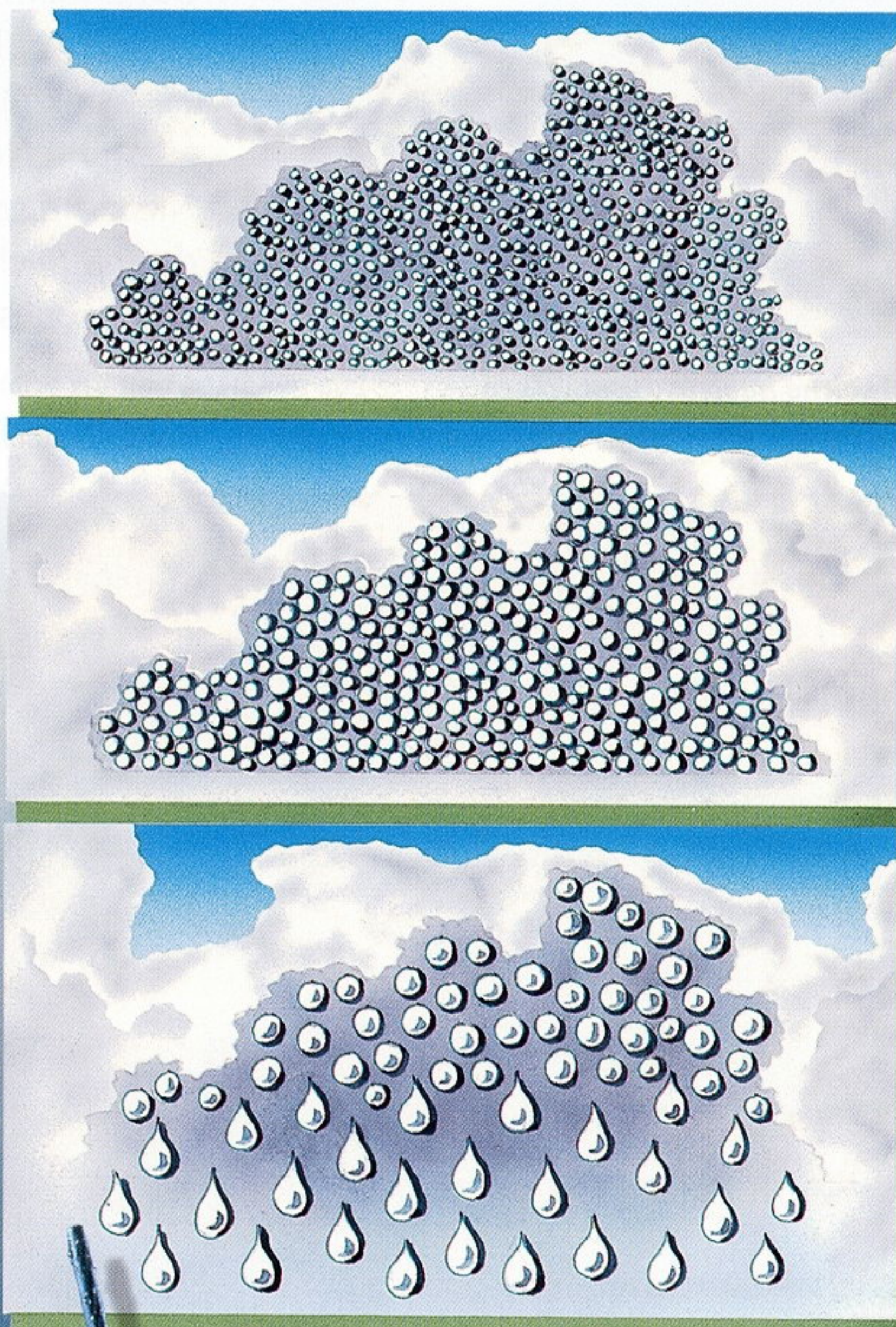
Aus den Wolken fällt nicht nur Regen, sondern auch Schnee, Graupel und Hagel. Deshalb spricht man auch von fallendem Niederschlag. Tau und Reif sind so genannte „abgesetzte Niederschläge“; sie entstehen nicht durch Wolken.

### SCHWERE TROPFEN

Sprühregen besteht aus Tropfen von 0,1 bis 0,5 Millimeter Durchmesser. Große Regentropfen dagegen können 5 bis 6 Millimeter Durchmesser erreichen. Es schmerzt, wenn sie auf unseren ungeschützten Körper prallen. Dabei wird ihr Fall aus der Wolke doch schon von der Luft gebremst. Gäbe es keinen Luftwiderstand, dann würde ein Regentropfen mit der Mündungsgeschwindigkeit einer Luftgewehrkugel auf die Erde treffen!

### GRAUPEL

Fallen Regentropfen oder angetaute Schneeflocken durch eine sehr kalte Luftschicht, die unter der Regenwolke liegt, so gefrieren die Tropfen zu harten, körnigen Gebilden von 2 bis 5 Millimeter Durchmesser. Dieser Niederschlag heißt Graupel.





Schneekristalle gehören zu den schönsten Gebilden der Natur. Sie besitzen stets die Form eines sechseckigen Sterns. Nach ihrer Form kann man sie in 80 Gruppen einteilen.



## SCHNEEARTEN

Es gibt trockenen und nassen Schnee. Bei niedrigen Temperaturen unter minus 10 Grad Celsius ist der Schnee trocken und federleicht; man nennt ihn auch Wildschnee. Bei mäßiger Kälte fällt der ebenfalls trockene Pulverschnee. Nasser Schnee entsteht bei Temperaturen um den Gefrierpunkt. Er ist pappig und lässt sich gut zu Schneebällen formen.

### Warum schneit es?

Sinkt die Temperatur in einer Wolke weit unter den Gefrierpunkt, bilden sich keine Wassertropfchen, sondern Eiskristalle. Sie verketten sich zu Schneeflocken, werden schwerer und sinken zur Erde. Dort kommen sie aber nur dann als Schnee an, wenn die Temperatur auf dem ganzen Weg unter dem Gefrierpunkt liegt.

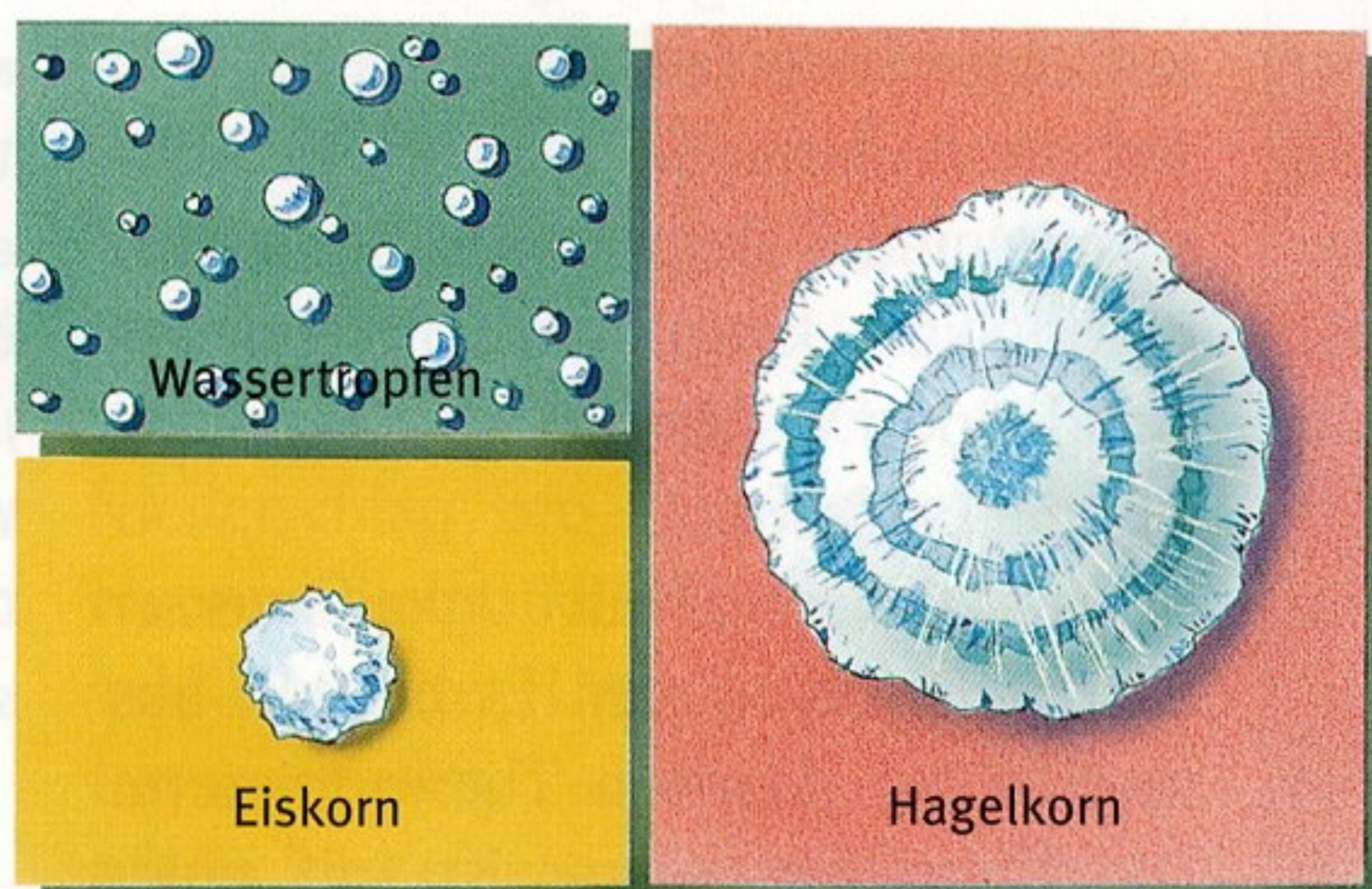
Obwohl die Eiskristalle immer sechs Seiten und sechs Spitzen ha-

ben, gleicht keine Schneeflocke der anderen. Ihre Gestalt ist abhängig von Temperatur, Höhe und Wassergehalt der Wolke.

### Wie bilden sich Hagelkörner?

Hagel entsteht in hohen, wasserreichen Wolken, in denen starke Auf- und Abwinde herrschen, wie etwa in Gewitterwolken. Große Regentropfen bilden sich, die von heftigen Aufwinden in die Höhe gerissen werden. Dort gefrieren sie zu Eis. Beim Herabfallen lagern sich weitere Wassertropfchen an. Sie gefrieren ebenfalls, wenn die kleinen Eiskörner abermals in die Höhe geschleudert werden. Bei jeder „Fahrstuhlbewegung“ wächst eine neue Eisschicht. Schließlich sind die Hagelkörner so schwer geworden, dass sie zur Erde fallen.

Wenn man ein Hagelkorn aufschneidet, kann man sehen, dass sich das Eis wie die Schichten einer Zwiebel übereinander gelegt hat. Die Anzahl der Schichten verrät, wie oft das Hagelkorn auf- und abgestiegen ist. Hagelkörner sind oft so groß wie Murmeln, manchmal auch wie Tennisbälle oder sogar noch größer.





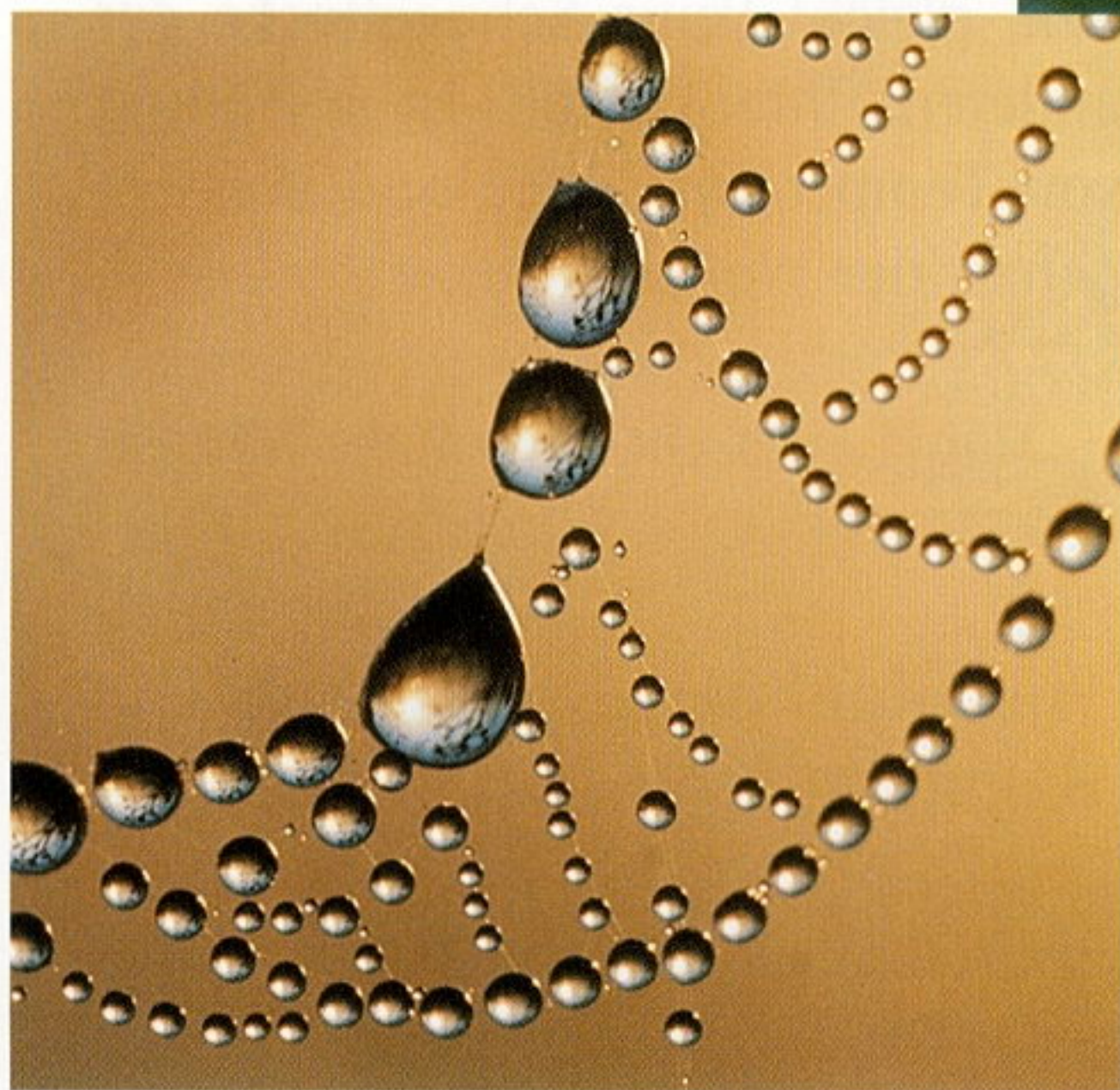
## Woher kommt Tau?

Nach einer kühlen, klaren Sommernacht glitzern im Garten unzählige Wassertropfchen. Das ist der Tau. Tautropfen fallen nicht vom Himmel. Sie entstehen, wenn sich nachts der von der Sonne erwärmte Erdboden abkühlt. Dann kühlt sich auch die warme, feuchte Luft in Bodennähe ab. Nun kondensiert der unsichtbare Wasserdampf zu kleinen Tröpfchen. Sie setzen sich am Boden und an den Pflanzen ab. Wenn die Sonne morgens steigt, verdunstet der Tau rasch.

In Wüsten ist Tau für die Tiere und Pflanzen oft die einzige zuverlässige Wasserquelle.



*Es ist ein schön anzusehendes Schauspiel, wenn Reif die Bäume, Büsche und Gräser mit feinen Eiskristallen überzieht.*



*Tautropfen auf einem Spinnennetz.*

## Was ist Reif?

Kühlt in wolkenlosen Herbst- oder Winternächten die Luft in Bodennähe unter den Gefrierpunkt ab, verwandelt sich der Wasserdampf in unzählige Eiskristalle. Dann überzieht eine feine, silbrig glänzende Eisdecke Wald und Flur. Reif ist sehr schön anzusehen. Gefährlich

dagegen ist Raueis. Es entsteht, wenn der Wind bei Frost größere Mengen an Nebel- oder Wolken-tröpfchen heranzführt, die sich durch Anfrieren an Pflanzen oder Gegenständen als Eis absetzen. Raueis kann solche Mengen Eis auftürmen, dass selbst dicke Bäume wie Streichhölzer brechen.

## Was ist ein Hygrometer?

Die Luftfeuchtigkeit kann mit zweierlei Instrumenten gemessen werden. Das Haar-Hygrometer nutzt die Eigenschaft des menschlichen Haares, sich bei zunehmender Feuchtigkeit auszu-dehnen. Ein langes Haarbündel wird auf einer Seite fest eingespannt und auf der anderen Seite über eine Achse mit einem Zeiger verbunden. Auf einer Skala kann man die Verkürzung oder Verlängerung des Haarbündels ablesen.

Ein anderer Feuchtigkeitsmesser ist das Psychrometer. Es besteht aus zwei völlig gleichen Thermometern. Die Kugel des einen ist mit einer

## REGEN-REKORDE

In den verschiedenen Regionen der Erde fallen sehr unterschiedliche Regenmengen. In Wüstengebieten wie der Wüste Gobi in Zentralasien oder im Norden Chiles fällt in manchen Jahren überhaupt kein Regen. Dagegen regnet es auf dem Gipfel des Mount Wai-ale-ali auf der Hawaii-Insel Kauai 350 Tage im Jahr. Ähnlich feucht ist es in einigen Gebieten am Fuß des Himalaya. Dort fallen im Jahr 12 000 bis 14 000 Liter Wasser pro Quadratmeter. In Deutschland sind es im Durchschnitt 600 bis 800 Liter.

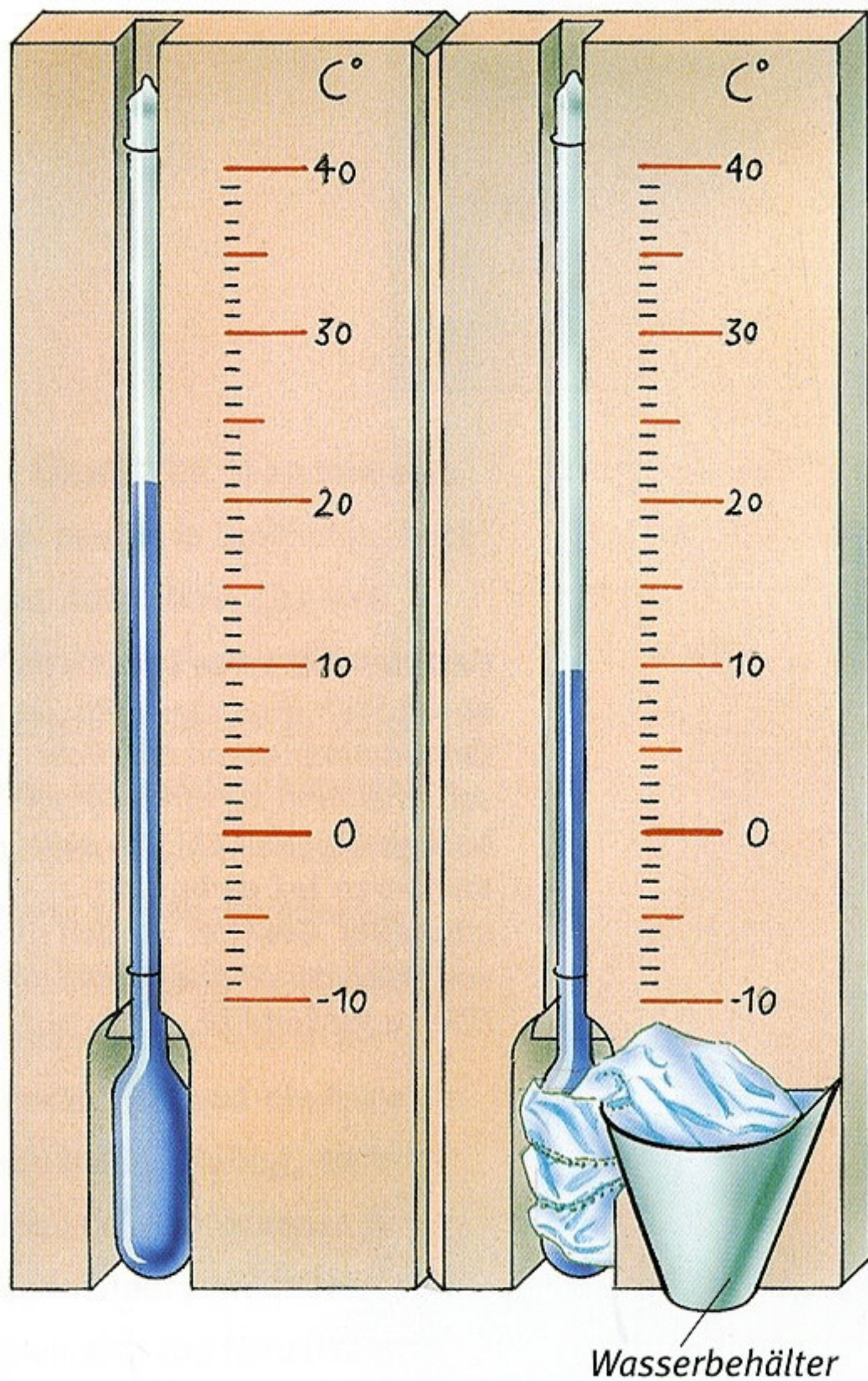


feuchten Baumwollbinde umgeben. Ist die Luft mit Wasserdampf gesättigt, dann zeigen beide Thermometer die gleiche Temperatur an. Bei ungesättigter Luft verdunstet Wasser am

feucht gehaltenen Thermometer.

Weil dazu Wärme notwendig ist, kühlt dieses ab und zeigt jetzt eine niedrigere Temperatur an als das „trockene“ Thermometer. Aus dem Temperaturunterschied kann man nun den Feuchtegehalt der Luft errechnen.

*Psychrometer. Mit einer „Psychrometertafel“ lässt sich anhand des Temperaturunterschieds zwischen den Thermometern die Luftfeuchtigkeit bestimmen.*



Wasserbehälter

Ein Niederschlagsmesser ist ein einfaches, in Bodennähe angebrachtes Gefäß mit einem geeichten Trichter. Die Wassermenge,

### Was ist ein Niederschlagsmesser?

die sich nach einem Regentag darin angesammelt hat, wird meist als Niederschlagshöhe in Millimetern angegeben. Eine Niederschlagshöhe von 1 Millimeter bedeutet, dass das Regenwasser im freien Gelände, wo es nicht ablaufen kann, 1 Millimeter hoch steht. Das entspricht 1 Liter Niederschlag pro Quadratmeter. Bei einem Quadratkilometer wären das 1 Million Liter. Um so viel Wasser zu transportieren, wären 2 Güterzüge mit je 25 Kesselwagen notwendig!

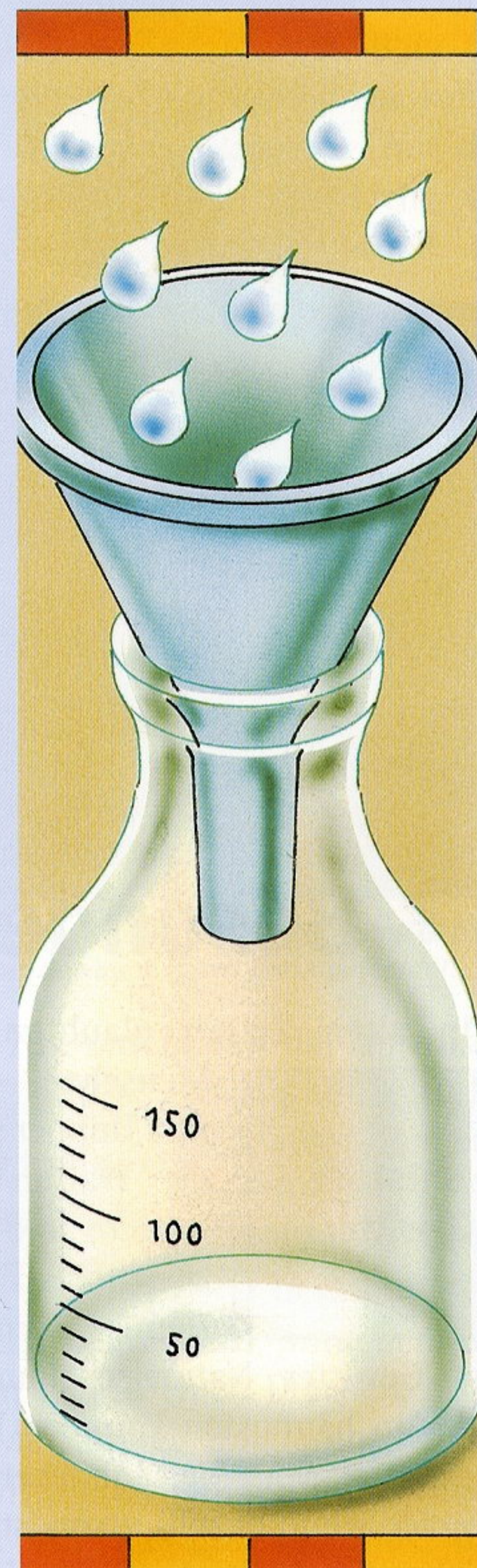


Ein weit verbreitetes Haar-Hygrometer ist das Wetterhäuschen. Steigt die Luftfeuchtigkeit, dehnt sich das Haar im Innern und der Mann kommt heraus. Bei trockenem Wetter schrumpft das Haar: Die Frau zeigt sich.

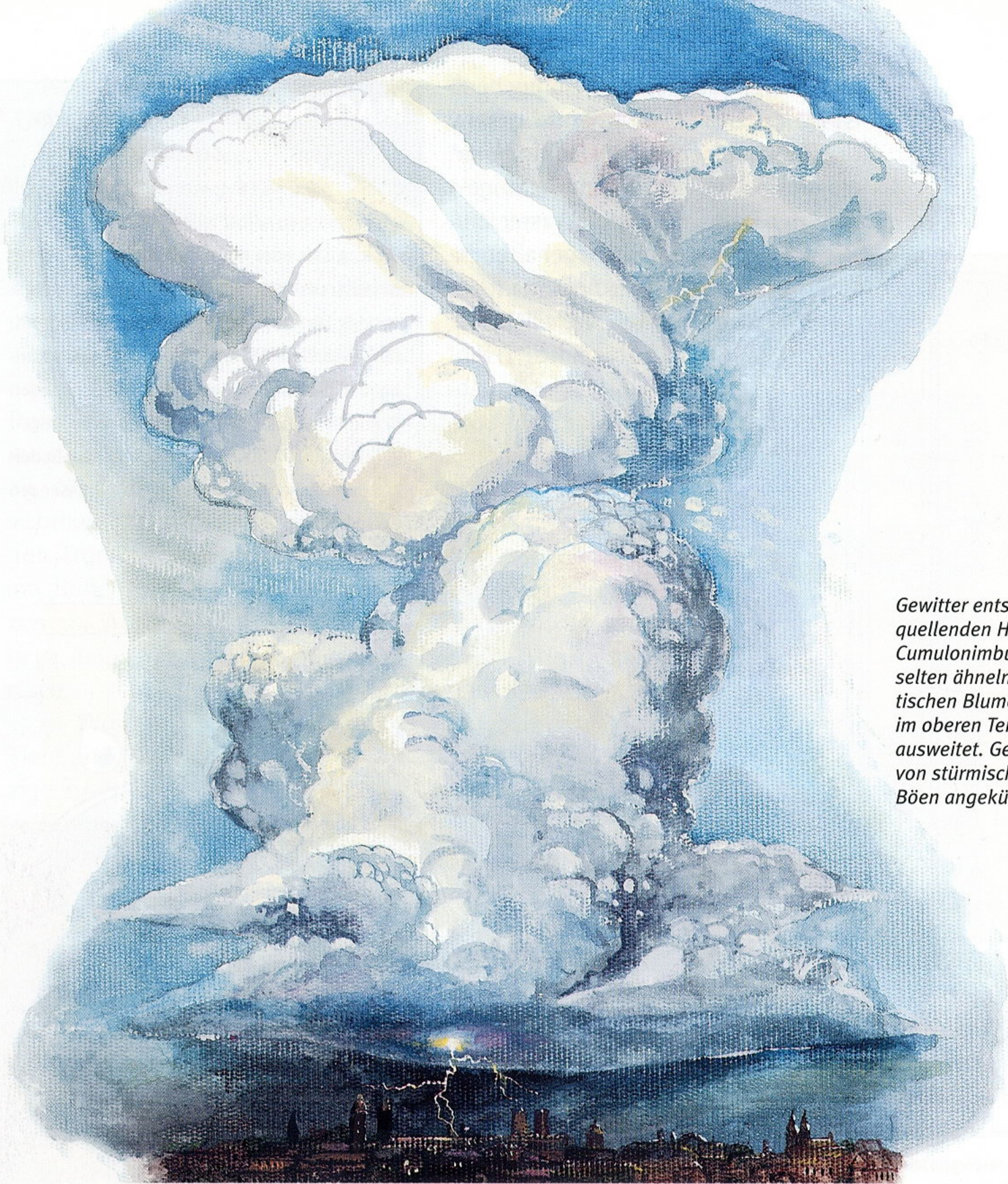
## MACH MIT!

### DEN NIEDERSCHLAG MESSEN

Wie viel Regen an einem Tag gefallen ist, kannst du selbst messen, wenn du ein Gefäß aus Glas oder Kunststoff mit einem Trichter hinausstellst. Wichtig ist, dass der Durchmesser des Trichters genauso groß ist wie der untere Teil des Gefäßes. Mit einem Lineal oder anhand einer aufgemalten Skala kannst du jeden Tag kontrollieren, wie viele Millimeter Regen gefallen sind. 5 Millimeter Niederschlag in deinem Gefäß bedeuten, dass 5 Liter Wasser pro Quadratmeter gefallen sind.







*Gewitter entstehen in hoch aufquellenden Haufenwolken, den Cumulonimbuswolken. Nicht selten ähneln sie einem gigantischen Blumenkohl, der sich im oberen Teil ambossartig ausweitet. Gewitter werden oft von stürmischen, heftigen Böen angekündigt.*

## Besondere Wettererscheinungen

### Wie entsteht ein Gewitter?

In alten Zeiten glaubten die Menschen, Blitz und Donner seien die Waffen von Göttern und Zeichen ihres Zorns. Heute wissen wir, dass Gewitter Naturerscheinungen sind. Am häufigsten kommen Wärmegewitter vor. Sie entstehen im Sommer, wenn es sehr warm ist und gleichzeitig hohe Luftfeuchtigkeit

herrscht. Nicht umsonst sagen wir vor einem sommerlichen Gewitter oft, es sei schwül. Unsere Haut ist dann mit einer Schweißschicht bedeckt, weil die Luft keine Feuchtigkeit mehr aufnehmen kann. Zu Gewittern kommt es, wenn die warme, feuchte Luft sehr schnell in die hohen, kalten Bereiche der Lufthülle gerissen wird. Dann türmen sich riesige „Wolkengebirge“ auf. Sie reichen oft bis in Höhen von 10 Kilo-

**SO NAH IST DAS GEWITTER:** Der Schall des Donners braucht für einen Kilometer etwa drei Sekunden. Will man wissen, wie nah das Gewitter ist, zählt man die Sekunden zwischen Blitz und Donner und teilt die Zahl durch drei. Hört man den Donner beispielsweise nach neun Sekunden, so ist das Gewitter drei Kilometer entfernt.



## MACH MIT!

### BLITZ UND DONNER

Blitz und Donner kannst du selbst erzeugen. Blase zwei längliche Luftballons prall auf, binde sie zu und reibe sie gleichzeitig, aber getrennt voneinander, am Stoffbezug eines Sessels. Dabei lädt sich die Luft in den Ballons elektrisch auf. Hältst du nun die Ballons so, dass sie sich mit den Spitzen berühren, springen kleine Lichtblitze über. Das schwache Knistern, das man hört, entspricht dem Donner. Du solltest den Versuch aber in einem dunklen Raum durchführen.

**GEWITTER** übersteht man am besten in Gebäuden. Auch das Auto bietet sicheren Schutz. Im Freien gilt es, allein stehende Bäume zu meiden und keinesfalls selbst der höchste Punkt in der Umgebung zu sein. Im offenen Gelände schützt sich am wirksamsten, wer in die Hocke geht und die Arme um die Beine schlingt, am besten in einer trockenen Bodenmulde. Fern halten sollte man sich von Metallzäunen und Gewässern.

metern. Als typische Gewitterwolken gelten Haufenwolken. Die größte unter ihnen ähnelt einem gigantischen Blumenkohl, der sich oben oft ambossartig ausweitet.

### Was sind Blitz und Donner?

In einer Gewitterwolke steigen und fallen Winde mit großer Geschwindigkeit. Sie wirbeln die Wassertröpfchen und Eiskristalle in der Wolke kräftig durcheinander. Dabei bauen sich elektrische Ladungen auf. Die Oberseite der Wolke, in der sich die Eiskristalle bilden, wird immer

*Benjamin Franklin bei seinem berühmten Experiment. Es ist allerdings äußerst gefährlich – man darf es deshalb auf gar keinen Fall nachmachen!*

stärker positiv geladen, die untere mit den Wassertröpfchen negativ. Ist der Ladungsunterschied groß genug, entlädt sich die Spannung – es blitzt!

Meist bahnt sich der Blitz den kürzesten Weg zur Erde. Dabei umgeht er aber die größten Widerstände innerhalb der Luft. Deshalb erreicht er in Zackenlinie und nicht geradlinig die Erde. Der Blitz heizt die umgebende Luft auf 30 000 Grad Celsius auf. Durch die Hitze dehnt sich die Luft rasend schnell aus. Wenn sie schneller wird als der Schall – wir sagen „sie durchstößt die Schallmauer“ – gibt es einen lauten Knall: es donnert. Blitz und Donner erfolgen immer zur selben Zeit. Man sieht den Blitz nur deshalb früher, weil das Licht sich schneller bewegt als der Schall.



*Besonders Bäume und hoch gelegene Gebäude sind bei Gewittern durch Blitze gefährdet.*

### Wer hat den Blitzableiter erfunden?

1751 unternahm der amerikanische Naturforscher Benjamin Franklin (1706-1790) einen berühmt gewordenen Versuch: Er ließ einen Drachen, der eine Metallspitze trug, während eines Gewitters an einer Schnur aufsteigen. An ihr unteres Ende band Franklin einen großen Hausschlüssel



und daran ein Seidenband. Es sollte verhindern, dass er durch die Berührung des Schlüssels einen elektrischen Schlag bekam. Durch den Regen wurde die Drachenschnur nass und somit elektrisch leitfähig. Franklin gelang es, elektrische Funken auf seine Hand überspringen zu lassen. Die Leute sagten: „Franklin zieht Blitze aus den Wolken.“

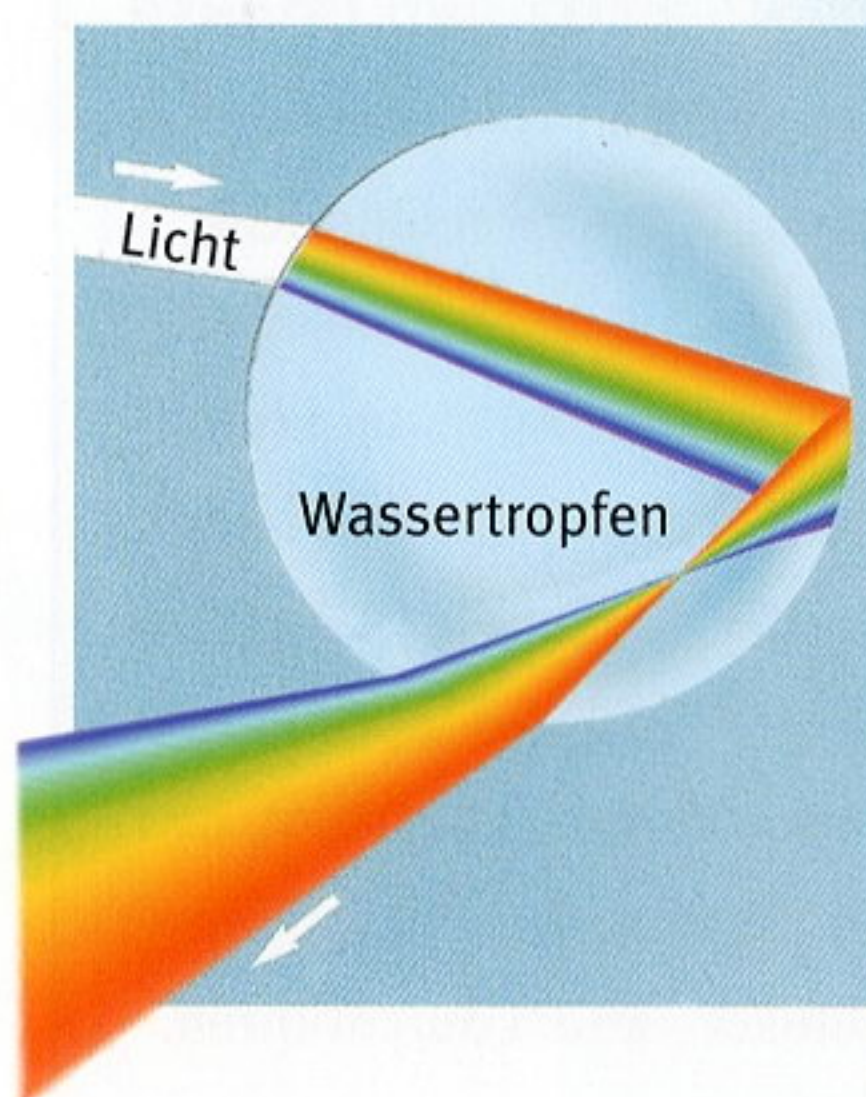
Ein Jahr später erfand Franklin den Blitzableiter: Drähte, die den Blitz einfangen und ihn im Erdreich unschädlich machen.

### Was ist ein faradayscher Käfig?

„Faradayscher Käfig“ heißt ein Raum, der an allen Seiten von einem leitfähigen Metall umgeben ist. Ein solcher Raum bietet den besten Schutz vor Blitzen, da der Strom durch das Metall um das Innere herumgeleitet wird. Eisenbahnen, Autos oder Flugzeuge sind faradaysche Käfige, aber auch das Drahtsystem eines Blitzableiters, das unser Haus umgibt. Die Erfindung geht auf den englischen Physiker und Chemiker Michael Faraday (1791-1867) zurück.

### Wie entsteht ein Regenbogen?

Oft steht nach heftigen Gewittern ein prächtiger Regenbogen am Himmel. Um ihn rankten sich früher fantasievolle Legenden. In der griechischen Sage ist der Regenbogen mit der Götterbotin Iris



*Brechung und Spiegelung des Sonnenlichts in einem Wassertropfen. Wenn es regnet, wirken die Regentropfen wie viele Prismen aus Glas. Sie lösen die weißen Sonnenstrahlen in farbiges Licht auf.*



Sonnenstrahlen

Wassertropfen

### REGENBOGEN-ZEIT

Die schönsten Regenbogen treten im Zusammenhang mit den kräftigen Regenschauern auf, die oft während eines Gewitters niedergehen. Dann besteht der Regen meistens aus ziemlich großen Tropfen. Sie verteilen das Sonnenlicht am besten. Der günstigste Sonnenstand für die Regenbogenbildung ist im Frühjahr und Herbst.



## GEISTERSCHLACHTEN

Für die nordischen Völker waren die Polarlichter Geisterschlachten am Himmel.

Im mittelalterlichen Europa galten sie auch als Vorboten kommender Katastrophen. Und sogar noch viel später sorgten die Polarlichter für Aufregung. Als 1938 ein riesiges Polarlicht am Nordpol den Nachthimmel bis hin nach Algerien in blutrotem Licht erstrahlen ließ, wurde vielerorts die Feuerwehr alarmiert. In Südnorwegen blieb es sogar taghell.

men wirken auch die vielen Millionen Regentropfen, die bei einem Regenschauer niedergehen. Jeder von ihnen spaltet das Licht in seine Grundbestandteile. So entsteht das buntfarbene Band, das sich in großem Bogen über den Himmel spannt. Sehen können wir es aber nur, wenn wir die Sonne im Rücken und den Regen vor uns haben. Regentropfen besitzen nämlich noch eine Eigenschaft: Sie werfen das Licht wie ein Spiegel zurück.

Jede Farbe bewegt sich als eine

### Woher kommen Morgen- und Abendrot?

Welle mit unterschiedlicher Wellenlänge fort. Die Farbe mit der größten Wellenlänge ist Rot, die mit der kleinsten ist Violett. Bei niedrig stehender Sonne dringen die Sonnenstrahlen sehr schräg durch die unterste Luftschicht. Sie haben in ihr also einen längeren Weg zurückzulegen, als wenn die Sonne hoch am Himmel steht. Deshalb treffen die Sonnenstrahlen auf besonders viele Gasmoleküle und Staubteilchen. Es ist vor allem das kurzwellige Licht, das von den win-

zigen Teilchen seitlich abgelenkt wird. Das langwellige Rot dagegen durchdringt diese Luftschicht mühelos. Deshalb wird es zur beherrschenden Farbe am Himmel.

Bei Tagesbeginn sprechen wir von Morgenrot, bei Sonnenuntergang von Abendrot.

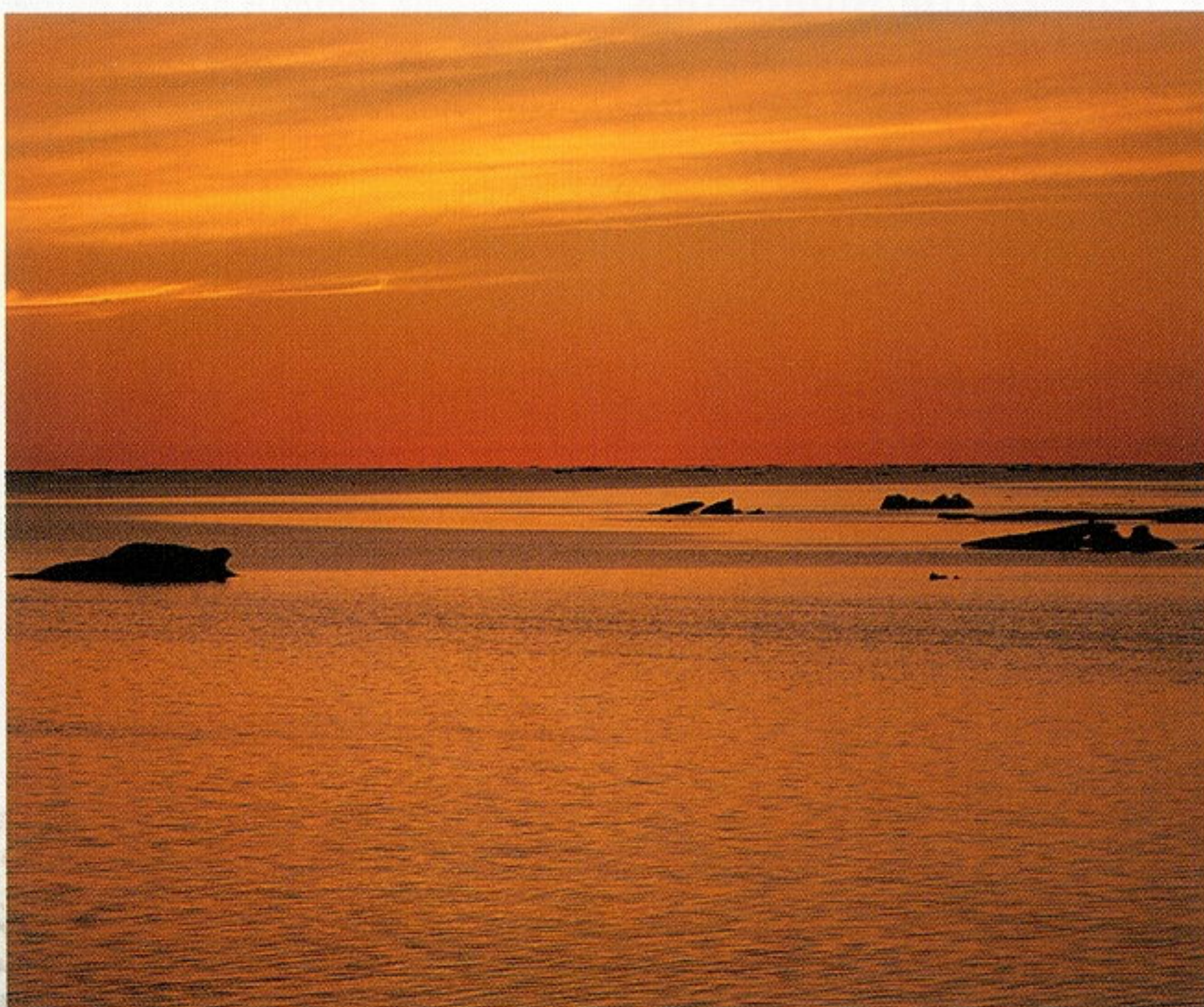
Polarlichter sind prächtige Natur-

erscheinungen. Man kann sie über beiden Polgebieten der Erde beobachten. Die schim-

### Was ist das Polarlicht?

mernden Girlanden, Schleier und Bögen entstehen, wenn die Sonne starke Ladungen elektrischer Teilchen ausstößt. Diese Teilchen, der so genannte Sonnenwind, fegen mit äußerster Geschwindigkeit durch den Weltraum. In Erdnähe werden Teilchen des Sonnenwinds von unserem Magnetfeld eingefangen und zu den Polen gelenkt. Vor allem in Höhen zwischen 100 und 400 Kilometern prallen sie auf die Atome und Moleküle unserer Lufthülle. Die getroffenen Teilchen werden zum Leuchten angeregt – der Himmel erglüht in strahlenden Farben.

*Farbenprächtiger Abendhimmel über dem arktischen Meer.*



*Ein Polarlicht flammt auf.*







*Hurrikan „Andrew“ bewegt sich auf die Ostküste der USA zu. Schnitt aus drei Satellitenbildern.*

### Was sind Luftspiegelungen?

An heißen, trockenen Tagen kann man manchmal dunkle Wasserlachen auf der Straße glänzen sehen. Beim Näherkommen verschwinden sie plötzlich wieder – wir haben eine Fata Morgana, eine Luftspiegelung, gesehen. Sie entsteht, wenn Lichtstrahlen auf ihrem Weg durch unterschiedlich warme und dichte Luftschichten mehrfach gebrochen werden. Dicht über dem erhitzten Asphalt sammelt sich eine Schicht heißer, verdünnter Luft. Von ihr werden die schräg auftreffenden Lichtstrahlen wie von einem Spiegel zurückgeworfen. Dadurch können weit entfernte Gegenstände oder markante Punkte im Gelände sichtbar werden, die manchmal sogar auf dem Kopf stehen. Das nasse Aussehen der Straße ist meistens eine Spiegelung des Himmels.

### Was ist ein Hurrikan?

Viel gefährlicher als die Unwetter in Europa sind die Wirbelstürme der Tropen. Hurrikan nennt man sie in Amerika. Im Indischen Ozean heißen sie Zyklon, im Westpazifik Taifun und in Australien Willy-Willy.

Wirbelstürme entstehen im Spätsommer über tropischen Meeren, wenn deren Temperatur mindestens

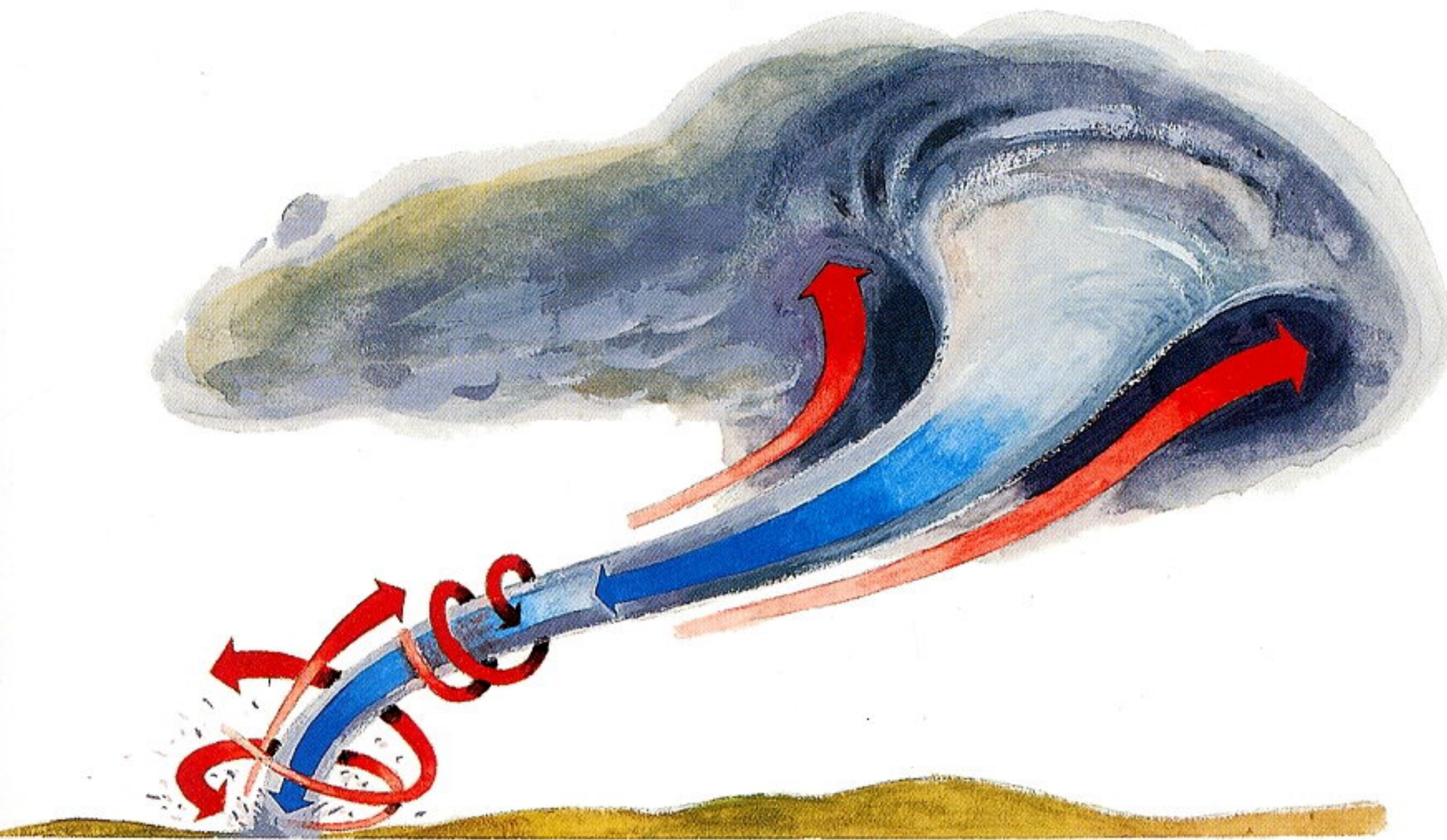
### FATA MORGANA

Luftspiegelungen entstehen vor allem über stark erhitzten oder abgekühlten Ebenen, zum Beispiel in der Wüste oder über dem Meer. Am berühmtesten sind die Fata Morganas in der Wüste. Die dicht über dem heißen Boden gebrochenen Lichtstrahlen spiegeln oft den blauen Himmel nach unten. Wüstenwanderer glauben dann, einen See vor sich zu sehen. Luftspiegelungen gibt es aber auch über dem Meer, wo die Lichtstrahlen oft so gebrochen werden, dass weit entfernte Schiffe am Himmel zu schweben scheinen.

*Zerstörungen im Süden Floridas, USA, nach dem Durchzug von „Andrew“.*







Ein Tornado entsteht, wenn auf engstem Raum kalte, trockene Luft mit feuchtwärmer Luft zusammenstößt und sich vermischt. Dabei herrschen gewaltige Temperatur- und Feuchtigkeitsgegensätze. Die kalte Luft stürzt nach unten, während gleichzeitig warme Luft spiralförmig nach oben schießt und kondensiert.

### Wie gefährlich ist ein Tornado?

Der Tornado ist ein kleiner, aber oft verheerender Wirbelsturm. Er entsteht über dem Festland. Unter einer mächtigen

Gewitterwolke steigt Warmluft in Form einer Spirale nach oben. Ihre Drehbewegungen werden immer schneller und enger – wie bei einem Eiskunstläufer, der eine Pirouette dreht. Schließlich wird an der Unterseite der Wolke eine Art Schlauch sichtbar und senkt sich wie ein Elefantenrüssel zur Erde herab. Sobald der rasende Luftschauch den Boden berührt, reißt er alles in die Höhe, was auf seinem Weg liegt, und trägt es kilometerweit mit sich. Wenn der Tornado schwächer wird, lässt er al-

### WASSERHOSE

So nennt man einen Tornado, der über Meeren und größeren Seen entsteht. Auch die Wasserhose hat einen rüsselartigen Wolkenschlauch. Berührt er die Wasseroberfläche, wird Wasser im Innern des Wirbels nach oben gezogen. Dann steigt eine dichte, bis zu 450 Meter hohe Gischtwolke in den Himmel empor. Wasserhosen dauern durchschnittlich nur 15 Minuten. Dennoch sind sie gefährlich für die Schifffahrt.

27 Grad Celsius beträgt. Der tropische Sonnenschein lässt gewaltige Wassermassen über dem aufgeheizten Ozean verdunsten. Der Wasserdampf steigt mit der warmen Luft schnell auf. An der Meeresoberfläche wird Luft nachgesaugt. Die von den Seiten nachströmende Luft beginnt sich spiralförmig zu drehen – wie Wasser, das in einen Abfluss fließt. Ein riesiger, trichterförmiger Wirbel entsteht. Während es in seiner Mitte, dem so genannten „Auge“ des Hurrikans, klar und ruhig ist, kreisen um das Zentrum gigantische Stürme. Sie können Geschwindigkeiten von 300 Kilometern pro Stunde erreichen. Die Spirale aus Wolken, Wind und Regen tobt manchmal wochenlang und wandert dabei oft Tausende von Kilometern. Erst wenn der Wirbelsturm über Land oder über kühleres Wasser kommt, geht ihm die „Puste“ aus, weil der Nachschub an feuchtwärmer Luft fehlt. Vorher aber richtet er in den Küstengebieten oft schlimme Verwüstungen an.



Die Sogwirkung eines Tornados kann Gebäude, Autos und Bäume emporreißen und kilometerweit forttragen.

les wieder fallen. Tornados erreichen im Inneren Windgeschwindigkeiten von 500 Stundenkilometern und mehr. Sie sind sehr unberechenbar, das macht sie so gefährlich.





*Ein Achtel des Festlands der Erde ist Wüste. Eine der größten ist die Sahara in Nordafrika. Oft fällt dort monatelang kein Tropfen Regen.*

# Wetterentwicklung und Klima

Das Wetter ist zwar sehr launenhaft. In verschiedenen Gebieten der Erde verhält es sich über lange Zeit hinweg jedoch gleich.

## Was versteht man unter Klima?

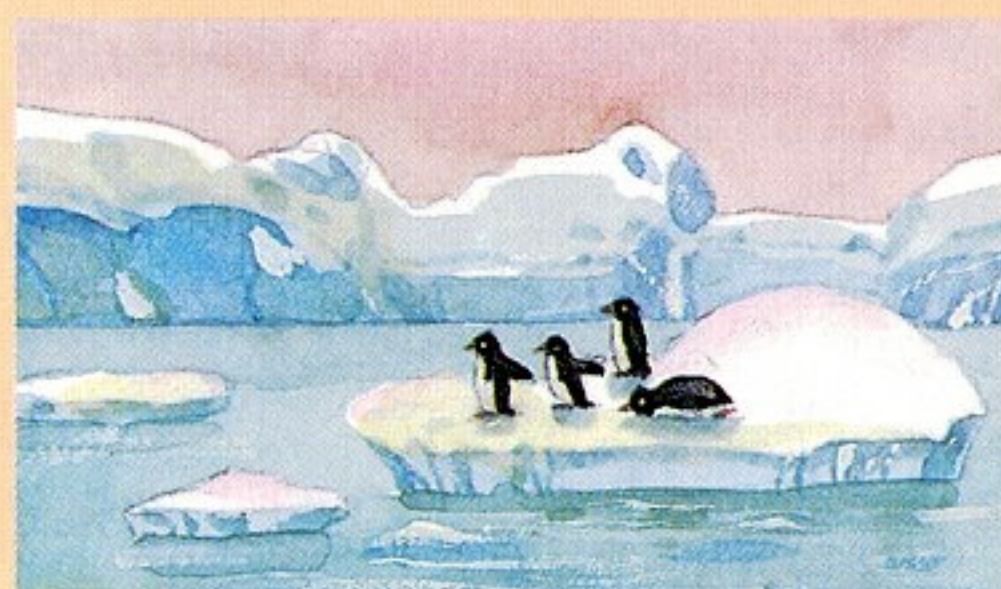
Wie viel Regen fällt im Laufe eines Jahres? Wie viel Wärme erhält das Land? Wie stark und woher weht der Wind? Und wie sind all diese und andere Erscheinungen des Wetters über die Jahreszeiten hinweg verteilt? Darin liegt eine gewisse Ordnung. Die allgemeinen, durchschnittlichen Wetterbedingungen, die über einen bestimmten Zeitraum in einem bestimmten Gebiet beobachtet werden, nennt man Klima. Das Wetter kann täglich wechseln. Das Klima nicht. Es schwankt erst im Laufe von vielen, vielen Jahren.

Rings um die Erde laufen weit reichende Gebiete, in denen das Klima einheitlich ist. Das sind die Klimazonen. Man kann fünf große, aber auch 25 oder noch mehr kleinere Klimazonen unterscheiden. Das hängt davon ab, wie genau man sich ein Gebiet betrachtet. Zu den fünf großen Klima-

## Was sind Klimazonen?

### KLIMAEINFLÜSSE

Das Klima ist zuallererst von der Sonneneinstrahlung abhängig. Äquatornahe Regionen haben ein heißes Klima, äquatorferne ein kühles. Aber auch Meeresströmungen, Windgürtel, die Entfernung vom Meer und die Höhe eines Ortes beeinflussen sein Klima.



*In den verschiedenen Klimazonen der Erde leben unterschiedliche Pflanzen und Tiere. So gibt es zum Beispiel Braunbären in der nördlichen gemäßigten Zone, Elefanten besiedeln die heiße Zone beiderseits des Äquators und Pinguine leben in der südlichen kalten Zone.*



## LEBENSRAÜME

In jedem Klimagebiet finden sich immer wieder die gleichen oder doch einander sehr ähnliche Lebensräume: In den feuchten Tropen sind es Regenwälder, in den wechselfeuchten Tropen Savannen, in den trockenen Tropen Wüsten, in der gemäßigten Zone sind es Laub- und Nadelwälder oder Steppen, in der Polarzone Tundren.

## STADTKLIMA

In großen Städten ist es meist wärmer als auf dem Land. Gebäude und Straßen speichern die einfallende Sonnenenergie über längere Zeit. Hinzu kommt die Wärme durch den Verkehr, durch das Heizen der Häuser und die Industrie. Für das Stadtklima sind auch höhere Niederschläge als im Umland und eine verschmutzte Luft typisch.

zonen zählen die beiden kalten Zonen in der Nähe des Nord- und Südpols, die beiden gemäßigten Zonen, und beiderseits des Äquators die tropische Zone. Das Klima bestimmt auch die Pflanzen- und Tierwelt der Erde.

### Wie bestimmen Hoch- und Tiefdruckgebiete das Wetter?

Am Äquator, wo die Sonnenstrahlen fast senkrecht auf die Erdoberfläche treffen, steigt ständig erwärmte Luft auf. Sie strömt in der Höhe zu den Polen hin ab und die Masse der Luft über der Äquatorzone verringert sich. Ein Gebiet niedrigen Luftdrucks entsteht, die so genannten Kalmen. Luftmassen rücken in die Kalmen nach, und oft wehen hier nur schwache Winde. Tagsüber steigen die Temperaturen auf über 30 Grad Celsius, die Luft ist sehr feucht und wolkenreich, und nachmittags bringen Gewitter meist heftige Regengüsse. Das ist typisches Tropenwetter. In den Tropen liegen die großen Regenwälder der Erde.

Nördlich und südlich der Kalmen dagegen, in den Rossbreiten, ent-

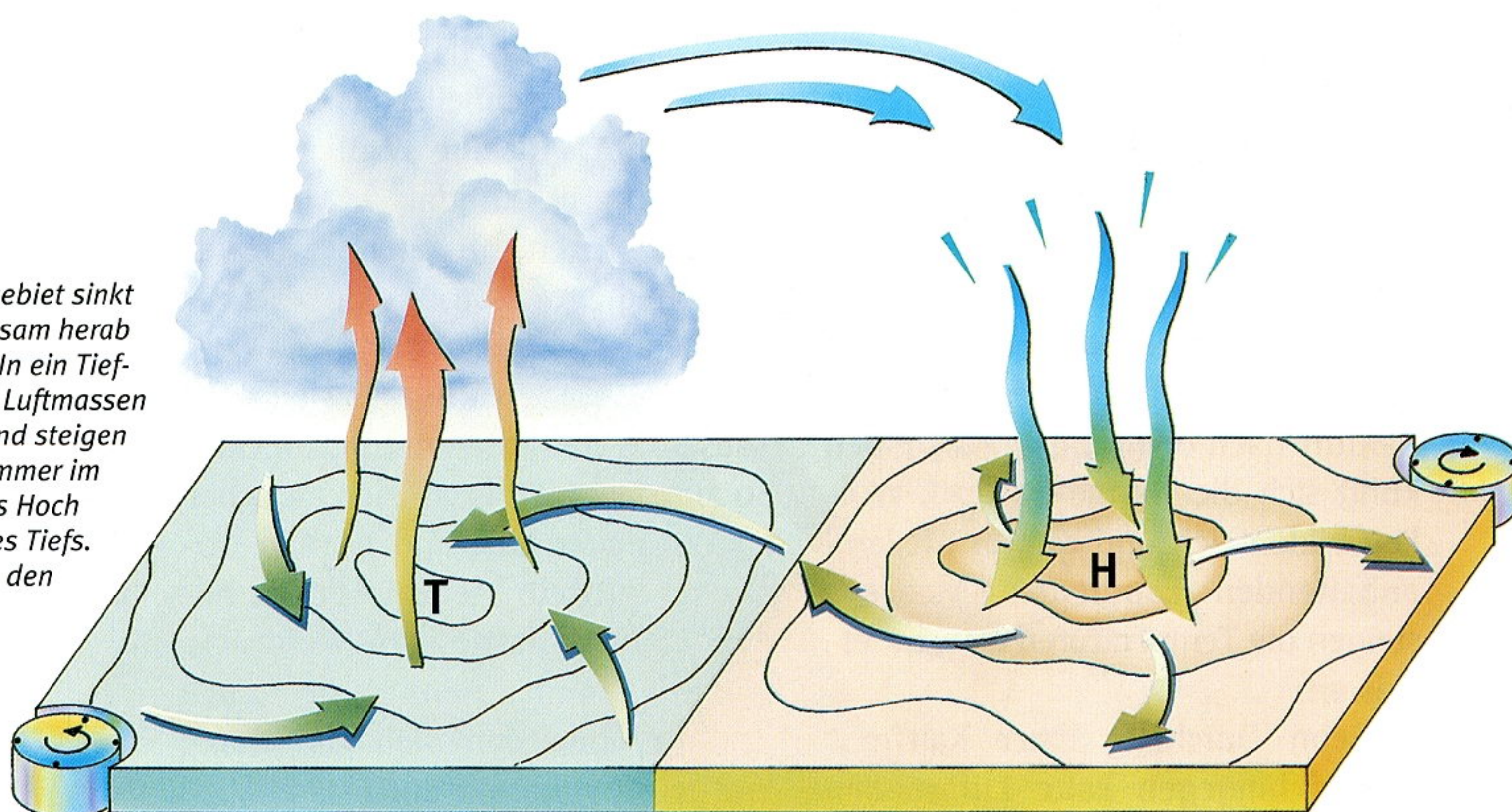
wickeln sich Gebiete mit ständig hohem Luftdruck. Dort sinkt die vom Äquator kommende, abgekühlte Luft langsam zur Erde. Sie erwärmt sich und nimmt Feuchtigkeit auf – sie „schluckt“ die Wolken. In einem Hoch strömt als Ausgleich für die ab-



Immergrüner Regenwald in den Tropen.

sinkende Luft in der Höhe Luft von den Seiten nach; die Masse der Luft über diesem Gebiet nimmt zu. Hochdruckgebiete sorgen für ruhiges und sonniges Wetter. In den Rossbreiten breiten sich oft Wüsten aus, etwa die Sahara. Hochdruckgebiete entwickeln sich auch über den Polen.

In einem Hochdruckgebiet sinkt schwere Kaltluft langsam herab und breitet sich aus. In ein Tiefdruckgebiet strömen Luftmassen ein, erwärmen sich und steigen auf. Die Luft strömt immer im Uhrzeigersinn um das Hoch herum in Richtung des Tiefs. Dort steigt sie gegen den Uhrzeigersinn auf.





## Was sind Luftmassen?

Wenn die Luft über einem großen Gebiet die gleiche Temperatur und Feuchte hat, nennt man sie Luftmasse. Warme Luftmassen, die in den Tropen entstehen, heißen Tropikluft. Kalte Luftmassen, die sich in polaren Gebieten bilden, nennt man Polarluft.

Je nachdem, ob sich diese Luftmassen über dem Meer oder über einem Kontinent entwickelt haben, nehmen sie verschiedene Eigenschaften an. Meteorologen unterscheiden deshalb: polare Meeresluft (kalt, feucht), tropische Meeresluft (warm, feucht), polare kontinentale Luft (kalt, trocken) und tropische kontinentale Luft (heiß, trocken).

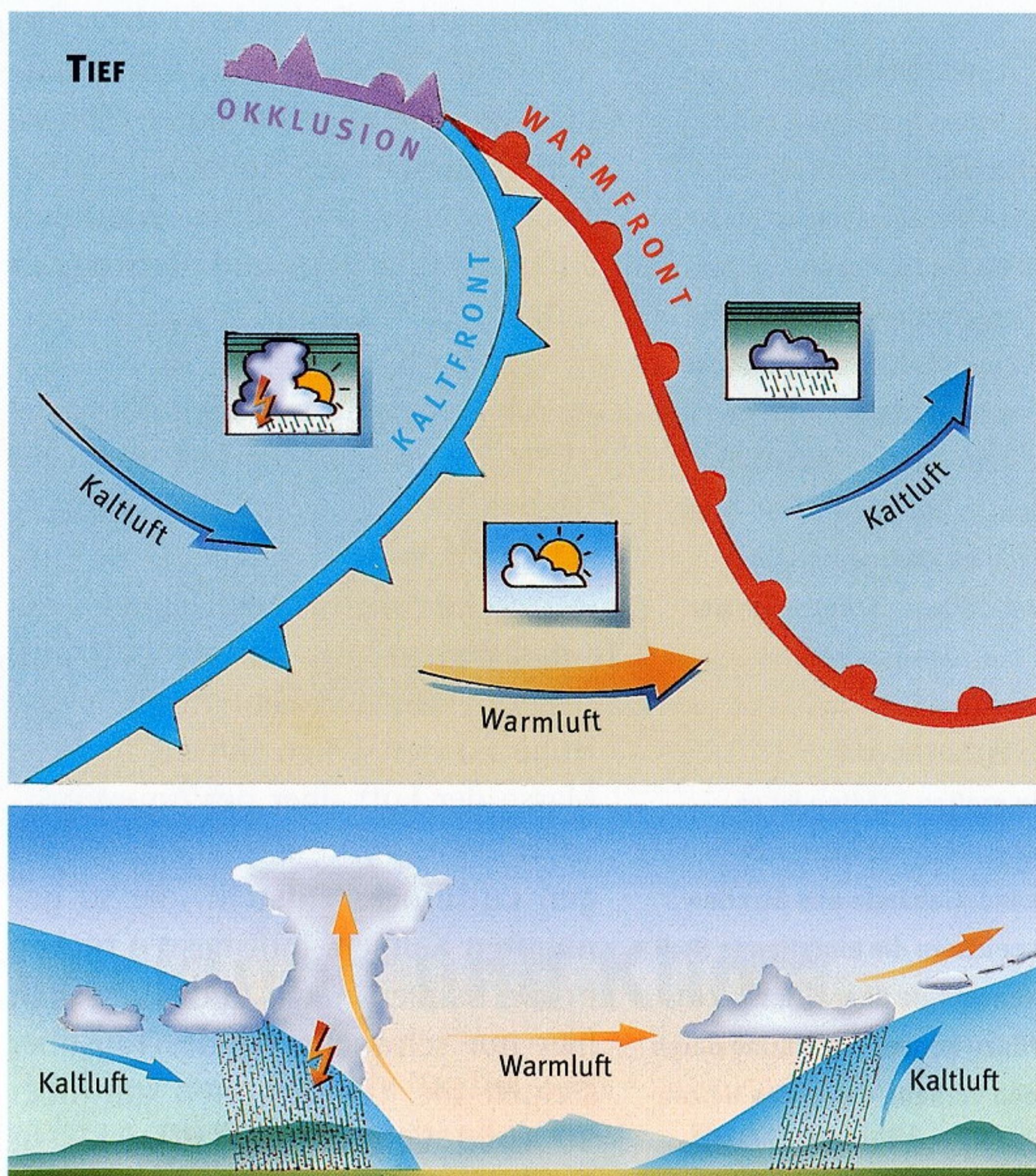
Luftmassen befinden sich in einem endlosen Kreislauf um unseren Erdball. Sie beeinflussen unser Wetter erheblich.

## Was versteht man unter Fronten?

Prallen kalte und warme Luftmassen aufeinander, ändert sich das Wetter dort, wo sie sich begegnen. Die Berührungsfläche zwischen zwei unterschiedlichen Luftmassen nennt man „Front“.

Von einer Warmfront sprechen wir, wenn eine warme Luftmasse in das Territorium einer kalten eindringt. Da warme Luft leichter ist als kalte, gleitet sie an der bodennahen Kaltluft nach oben. Beim Aufsteigen kühlt sich die warme Luft ab, Wolken bilden sich und es gibt oft lang anhaltenden Landregen. Meistens steigen die Temperaturen danach etwas an.

Beim Durchzug einer Kaltfront treffen hingegen kalte Luftmassen



Fronten trennen unterschiedlich warme und feuchte Luftmassen. Naht eine Warmfront heran (rechts), kommt es zu länger anhaltendem Sprüh- oder Landregen. Der Durchzug einer Kaltfront bringt Gewitter und heftige Regenschauer mit sich. Im Gebiet zwischen den Fronten ist das Wetter relativ mild und meist niederschlagsfrei.

auf warme. Die kalte und schwere Luft schiebt sich unter die warme und verdrängt diese. Die warme Luft wird dadurch rasch nach oben befördert – viel schneller als bei einer Warmfront. Riesige Wolkentürme entstehen, es kommt zu heftigen Niederschlägen, oft auch zu Gewittern, begleitet von Windböen. Die Temperaturen gehen zurück.

Wetterfronten können sich über Tausende von Kilometern erstrecken. So zum Beispiel, wenn sich zwischen kalter polarer Luft und warmer tropischer Luft ein Tiefdruckgebiet bildet. In den oft riesigen Tiefdruckwirbeln, man nennt sie auch Zyklone, bewegen sich die durch Fronten getrennten Luftmassen.

## OKKLUSION

Nach der Warmfront und der Kaltfront gibt es noch eine dritte Luftmassengrenze, die Okklusion. Dabei überlagert eine Kaltfront eine Warmfront. Das ist so, weil Kaltfronten rascher wandern als Warmfronten. Über dem Meer bewegen sie sich bis zu 40 Prozent schneller als Warmfronten. Okkludierte Fronten bringen Niederschläge und wechselhaftes, windiges Wetter.



## WETTERWECHSEL

Hoch- und Tiefdruckgebiete bleiben nicht immer an derselben Stelle, sondern sie wandern weiter. Deshalb haben wir manchmal hohen, manchmal niedrigen Luftdruck. Tiefdruckgebiete haben oft eine annähernd runde Form mit einem Durchmesser von 1 000 bis 3 000 Kilometern. Sie bewegen sich auf der Nordhalbkugel meist von West nach Ost. Hochdruckgebiete können eine noch größere Ausdehnung erreichen.

**DAS AZORENHOCHE** ist neben dem Islandtief eine zweite Großwetterlage, die häufig das Wettergeschehen in Europa prägt. Es entsteht in der Nähe der Azoren im Atlantischen Ozean, unweit der Rossbreiten, und dehnt sich zeitweilig bis nach Mitteleuropa aus. Unter dem Einfluss des Azorenhochs haben wir meist schönes Wetter.

## Was ist eine Großwetterlage?

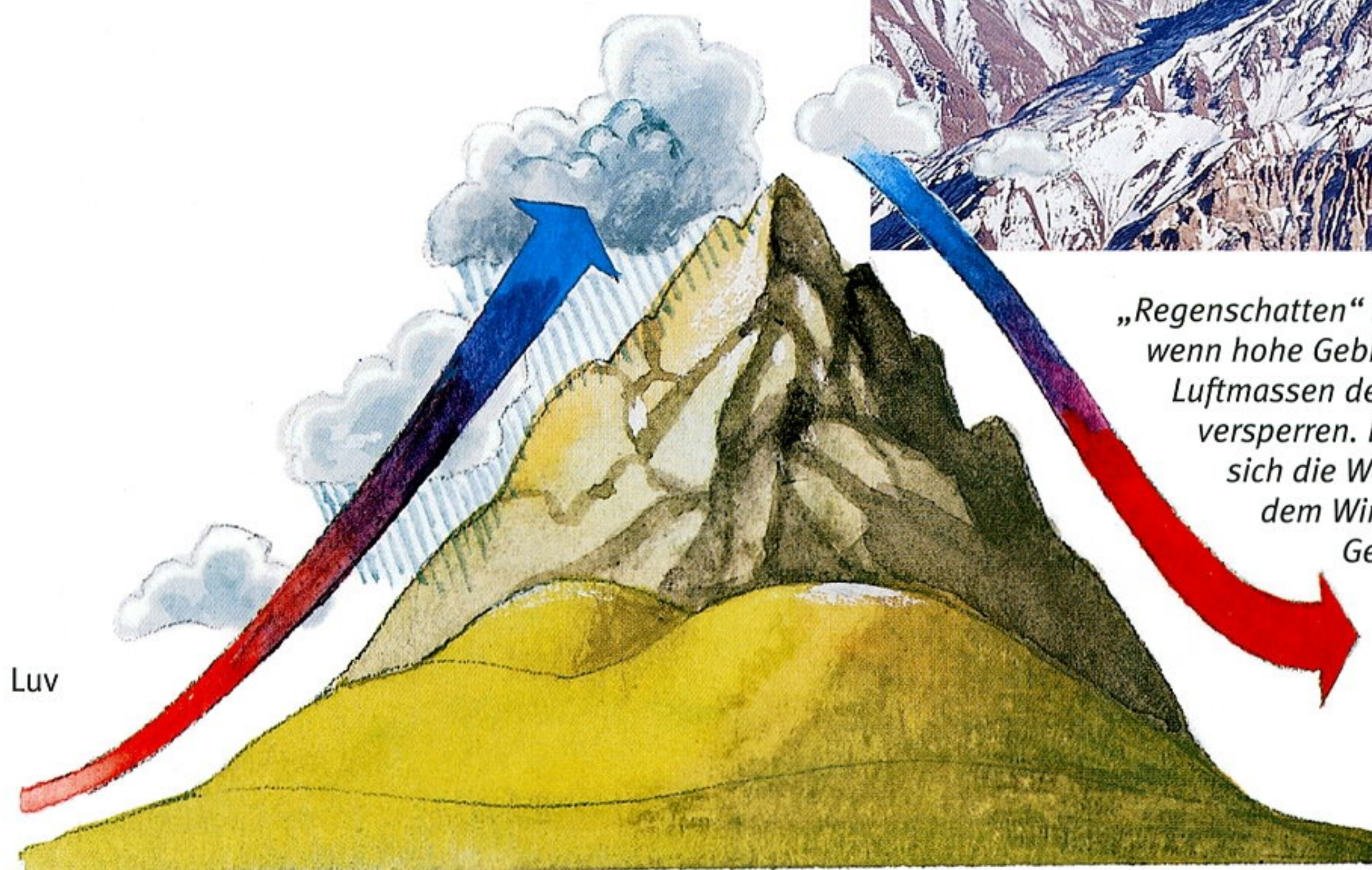
Mit den Jahreszeiten ändern sich nicht nur die Temperaturen, sondern auch die Luftströmungen. Sie helfen Wetterlagen aufzubauen, die häufig wiederkehren – so genannte Großwetterlagen. Das sind typische Luftdruckverteilungen, die mindestens drei Tage lang anhalten müssen. Oft drücken sie dem Wetter jedoch viel länger ihren Stempel auf. Ein Katalog weist allein für Europa weit über 20 Großwetterlagen auf.

Warum ist oft pünktlich zu Weihnachten schon wieder der gesamte Schnee verschwunden? Das so genannte Islandtief ist daran schuld. Das Islandtief ist eine Großwetterlage. Es tritt besonders oft um die Weihnachtszeit herum auf und macht dann mit milder Atlantikluft unsere Hoffnung auf „weiße Weihnachten“ zunichte. Es entsteht, wenn von Grönland Richtung Süden strömende Polarluft bei Island mit wärmerer Atlantikluft zusammenstößt. Dann bildet sich ein starkes

Tiefdruckgebiet. Es beeinflusst unser Wetter immer dann, wenn die stetig wehenden Höhenwinde das Tief nach Mitteleuropa schieben. Neben dem Azorenhoch gehört das Islandtief zu den bekanntesten Großwetterlagen, die unser Wetter in Europa prägen.

## Verändern Gebirge das Wetter?

Vor allem hohe Gebirge beeinflussen Wetter und Klima. Durch das Gebirge werden die vom Wind herangeführten feuchten Luftmassen zum Aufstieg gezwungen. Dichte Wolken bilden sich. Sie klettern an der dem Wind zugewandten Gebirgsseite, der Luv-seite, in große Höhen, kühlen ab und regnen sich aus. An der dem Wind abgewandten Seite dagegen, der Leeseite, lösen sich die Wolken



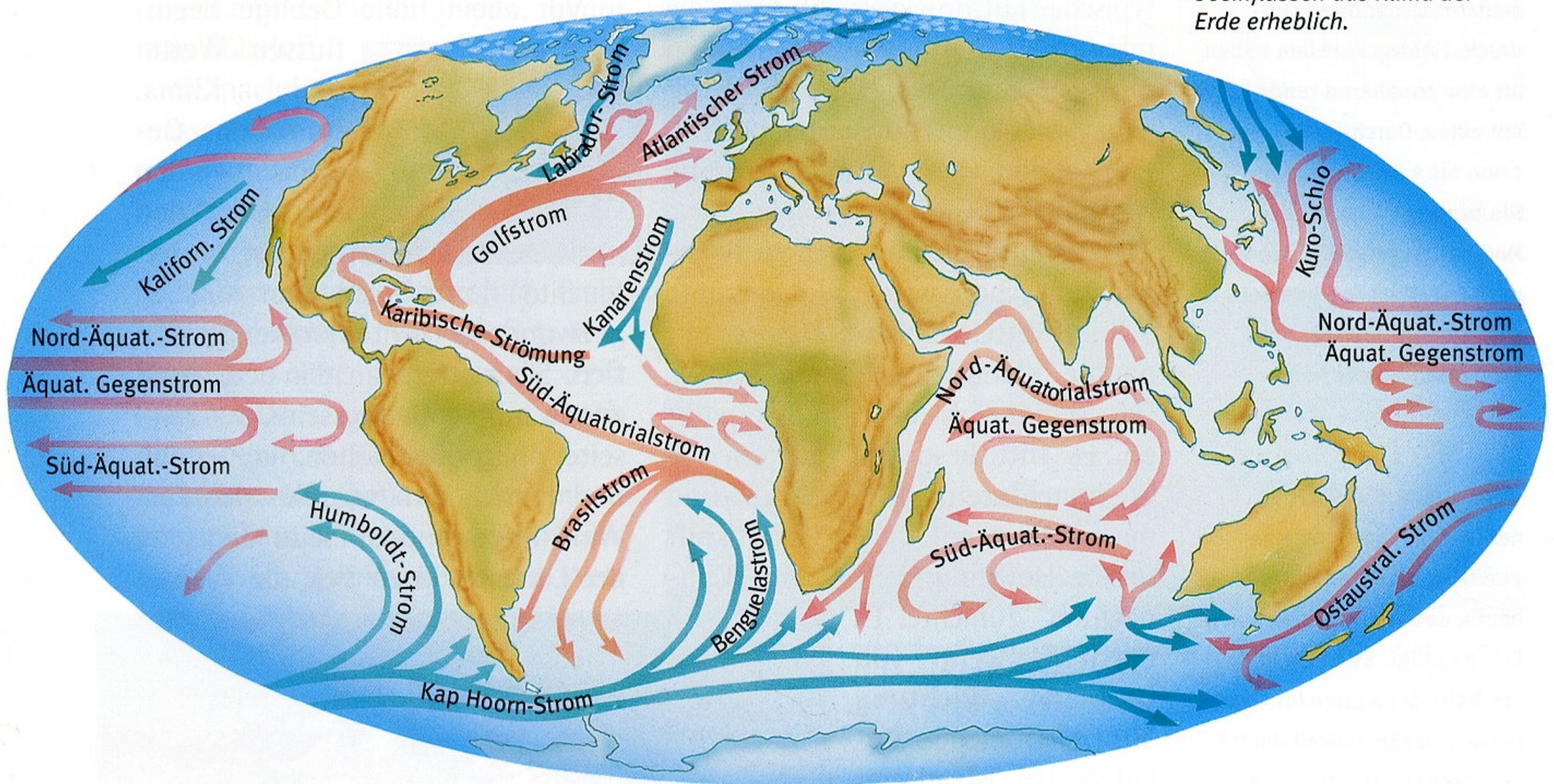
„Regenschatten“ bilden sich, wenn hohe Gebirge feuchten Luftmassen den Weg versperren. Dann regnen sich die Wolken an der dem Wind zugewandten Gebirgsseite ab.



auf. Es fällt kaum Regen. Diese „Regenschatten“ reichen häufig weit ins Gebirgsvorland hinein. Hier breiten sich oft Wüsten aus. Ein Beispiel ist die Wüste Gobi: Sie ist von Westen, Norden und Süden von hohen Gebirgszügen begrenzt, an denen sich die Regenwolken abregnen können.

Gewaltige Wassermengen verdunsten. Dabei wird viel Wärme verbraucht. Das Klima am Meer wird also von milden Wintern und nicht zu heißen Sommern bestimmt. Dieser ausgleichende Einfluss verliert sich umso mehr, je weiter ein Ort vom Meer entfernt liegt.

*Die wichtigsten warmen und kalten Meeresströmungen. Beständig wehende Winde treiben sie an. Meeresströmungen beeinflussen das Klima der Erde erheblich.*



→ warme Meeresströmung

→ kalte Meeresströmung

### Wieso sind die Winter am Meer so mild?

Wasser besitzt eine ungewöhnliche Eigenschaft: Es kann mehr Wärme speichern als jeder andere Stoff. Die obersten 3 Meter der Wassermassen in den Weltmeeren enthalten etwa die gleiche Menge an Wärmeenergie wie die gesamte darüber liegende Atmosphäre. Diese eingestrahlte Sonnenwärme geben die Meere und Ozeane nur sehr langsam wieder ab. Deshalb bleibt die Luft über dem Meer im Winter wärmer als die Luft über dem Festland. Im Sommer ist es umgekehrt:

### Beeinflussen Meeresströmungen das Wetter?

Nicht nur die ständige Verdunstung, Erwärmung und Abkühlung der Wassermassen in den Weltmeeren wirkt sich auf unser Wetter und Klima aus. Die Ozeane kommen auch nie zur Ruhe: Wellen, Gezeiten und Meeresströmungen halten sie unablässig in Bewegung. Die mächtigen, von beständigen Winden bewegten Strömungen winden sich in gewaltigen Wirbeln durch die Ozeane. Meeresströmungen verfrachten riesige Wärmemengen aus heißen Zonen der

### LANDKLIMA

Auch die großen Landflächen der Erde wirken auf Wetter und Klima ein. Tagsüber erwärmen sie sich rasch, nachts kühlen sie sich aber genauso schnell wieder ab. Deshalb sind große tageszeitliche Temperaturschwankungen typisch für das Wetter im Innern der Kontinente. Auch im Wechsel der Jahreszeiten fehlt der ausgleichende Einfluss des Meeres. Das Landklima (oder Kontinentalklima) wird daher von heißen Sommern und kalten Wintern bestimmt.



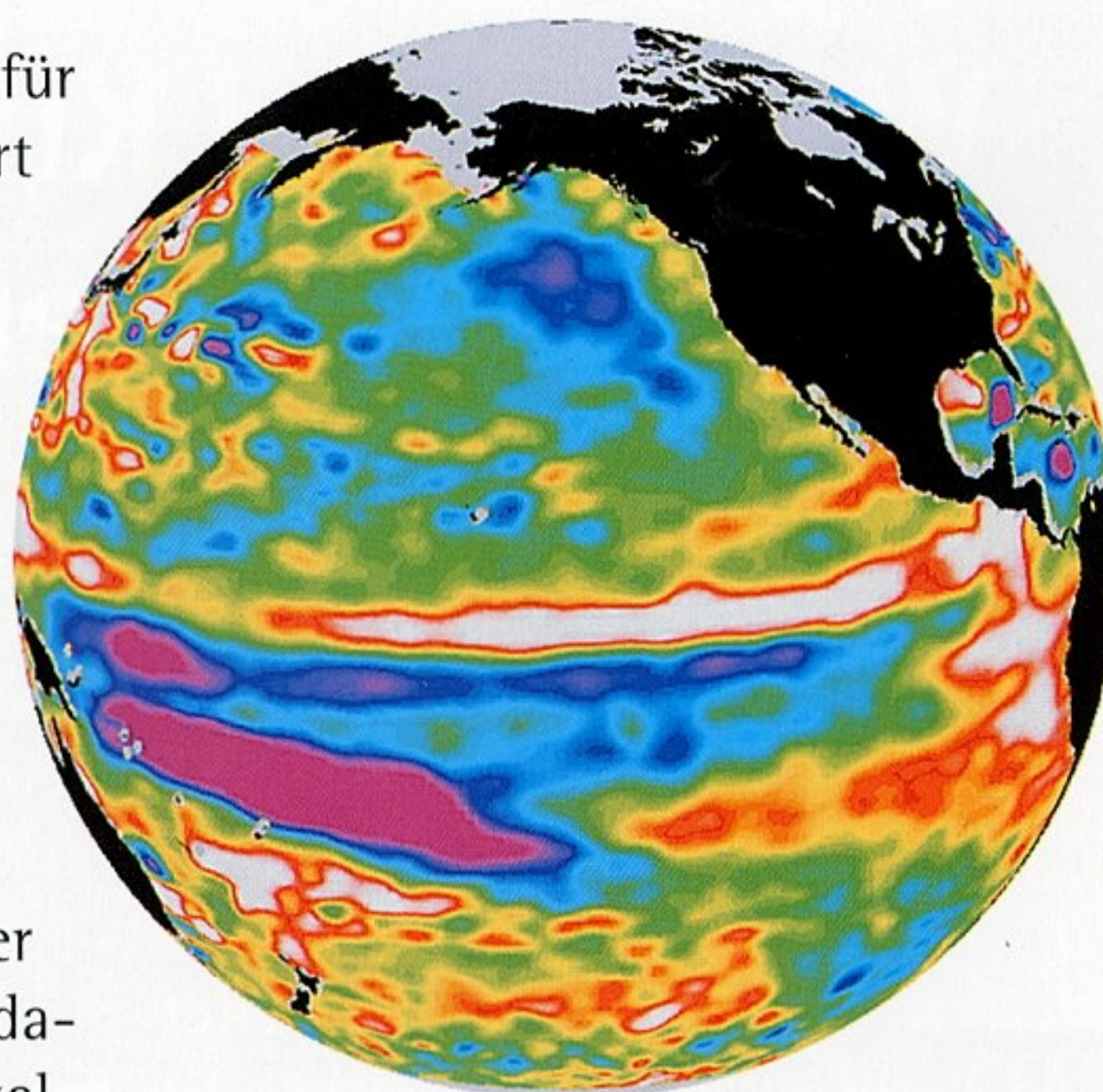
## GOLFSTROM

Warme Meeresströmungen bewegen sich vom Äquator weg, kühlere fließen zu ihm hin. Eine der mächtigsten Meeresströmungen ist der Golfstrom. Er transportiert warmes Wasser aus dem Golf von Mexiko bis in den Norden Europas. Deshalb bleiben viele norwegische Seehäfen im Winter eisfrei. Der Golfstrom ist 100 Kilometer breit und bis zu 300 Meter tief. Er strömt schneller als die größten Festlandsflüsse.

Erde in kältere und sorgen dort für ein mildes Klima. Umgekehrt transportieren sie kühles Wasser in heiße Regionen. Der Wind, der über die Strömungen weht, trägt die Wärme oder Kälte über das Land.

## Was ist das El Niño-Phänomen?

Eine bekannte Meeresströmung ist der Humboldtstrom vor der Westküste Südamerikas. Sein kaltes und nährstoffreiches Wasser wimmelt von Fischen. Viele Menschen, vor allem in Peru, leben von ihnen. In unregelmäßigen Abständen, immer um die Weihnachtszeit, verdrängt aber warmes Wasser das kalte. El Niño, das „Christkind“, wie die erhöhte Wassertemperatur deshalb heißt, hat schlimme Folgen in vielen Teilen der Erde: schwere Regenfälle und verödete Fischgewässer in Südamerika, Stürme in Nordamerika, Dürre und Missernten in Südafrika, Brasilien, Australien und Südasien.



Temperaturbild der Meeresoberfläche zur Zeit von El Niño. Die weißen und roten Flächen quer in der Bildmitte und ganz rechts kennzeichnen das El Niño-Warmwasser.

Experten wissen, wie El Niño entsteht: Der Südostpassat, der warmes Wasser von der südamerikanischen Westküste wegpustet und somit kaltes aufsteigen lässt, flaut plötzlich ab; das warme Wasser schwappt zurück. Den eigentlichen Auslöser für das Abflauen des Passatwindes aber kennen sie nicht: Wetter und Klima geben uns noch so manche Rätsel auf.

*Dürre in Südafrika. Erst seit kurzem weiß man, dass El Niño unterschiedlichste Wetterkatastrophen auf der ganzen Welt hervorruft.*

*Auch dies eine Folge von El Niño: Schwere Regenfälle haben große Gebiete Argentiniens überschwemmt.*





# Wetter- und Klimavoraussagen

## Was sind Wetterdienste?

Fast jedes Land der Erde hat heute seinen eigenen nationalen Wetterdienst, der das Wetter beobachtet, die Wetterdaten verarbeitet und Vorhersagen veröffentlicht. Die Wetterdienste der größeren Staaten gliedern sich in verschiedene Zweige wie den Straßenwetterdienst, den Seewetterdienst, den Flugwetterdienst oder die Agrarmeteorologie, die Vorhersagen für die Landwirtschaft erstellt.

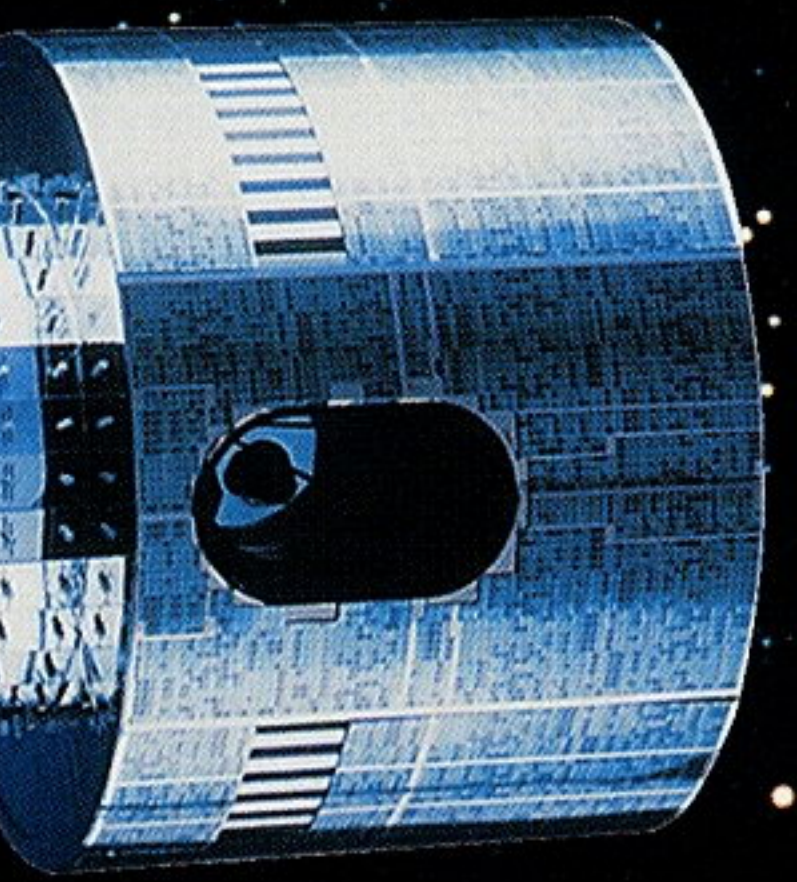
Unwetterwarnungen gehören zu den wichtigsten Aufgaben der Wetterdienste. Der Wetterwarndienst informiert über Winde ab einer gewissen Stärke, über Nebel mit bestimmten Sichtweiten, über Gewitter, Frost, Schneefall oder Lawinengefahr. In den USA gibt es auch einen spezi-

ellen Dienst für die Hurrikanwarnung. Wetterdienste verbreiten ihre Vorhersagen vor allem in Radio und Fernsehen, in Zeitungen und im Internet.

Für Wettersvorhersagen werden Informationen aus der ganzen Welt zusammengetragen. Die Nachrichten zum Wetter

liefern weltweit über 8 000 bemannte Boden-Landstationen, aber auch Schiffe, Bohrinseln und Flugzeuge.

## Woher kommen die Wetterdaten?



*Meteosat auf seiner Bahn um die Erde.*

## METEOROLOGIE

Meteorologie nennen wir die Lehre von den Wettererscheinungen und ihren Gesetzmäßigkeiten. Die Bezeichnung geht auf den griechischen Philosophen Aristoteles (384-322 v. Chr.) zurück. Er verfasste das erste Lehrbuch der Wetterkunde und nannte es „Meteorologica“. Das bedeutet so viel wie „Lehre von den Himmelserscheinungen“.

*Hurrikanjäger in ihrer fliegenden Wetterstation auf dem Weg zum „Auge“ eines Hurrikans.*



## BEOBSACHTUNGSNETZ

Zum Wetterbeobachtungsnetz der Welt gehören: ca. 10 000 Boden-Landstationen, bemannt oder automatisch; 7 000 Schiffe, unter ihnen viele Handelsschiffe; 3 000 Flugzeuge, zumeist Verkehrsflugzeuge mit Wettermeldungen; 1 000 Radiosondenstationen; 600 Ozean-Bojen; 500 Wetterradarstationen; 5 geostationäre Wettersatelliten; 4 polarumlaufende Wettersatelliten; 3 Weltwetterzentralen; ca. 25 Regionalzentren.

**TIROS I** wurde am 1. April 1960 als erster Wettersatellit in eine Erdumlaufbahn geschossen. Er machte in 78 Tagen rund 23 000 Aufnahmen von der Erde und den Wolkenfeldern. Inzwischen hat er zahlreiche Nachfolger. Neben den USA und Russland betreiben heute auch Europa, Japan und Indien Wettersatelliten. Die meisten Wettersatelliten haben eine Lebensdauer von fünf Jahren.

Hinzu kommen die Messungen automatisch arbeitender Wetterstationen in abgelegenen Gebieten und auf dem Meer. Daten über das Wetter in den höheren Schichten der Atmosphäre ergänzen diese Beobachtungen. Heliumgefüllte Ballons tragen Radiosonden in große Höhen, und Wettersatelliten umkreisen den Erdball.

Die weltweit gesammelten Daten werden in den Weltwetterzentralen Moskau (Russland), Washington (USA) und Melbourne (Australien) zu Weltwetterkarten verarbeitet. Von

dort gelangen die Informationen in einem eigens dafür geschaffenen Fernmeldenetz an die nationalen Wetterdienste.

## Wie arbeitet ein Wetterballon?

Weltweit steigen täglich 3 000 Wetterballons von Wetterschiffen und Bodenstationen in die Luft auf. Die mit Wasserstoff oder Helium gefüllten Ballons tragen Messgeräte für Luftdruck, Temperatur und Feuchte bis in Höhen von über 30 Kilometern. Ein kleiner Funksender übermittelt die gemessenen Werte an die Bodenstation. Mit den Wetterballons kann man auch die Höhenwinde untersuchen. Beim Start haben die Ballons einen Durchmesser von etwa 2 Metern. Infolge des abnehmenden Luftdrucks dehnen sie sich immer mehr aus, bis sie bei rund 30 Kilometern Höhe und fast zehnfachem Durchmesser platzen. Ein kleiner Fallschirm bremst den Fall der Sonde zur Erde.

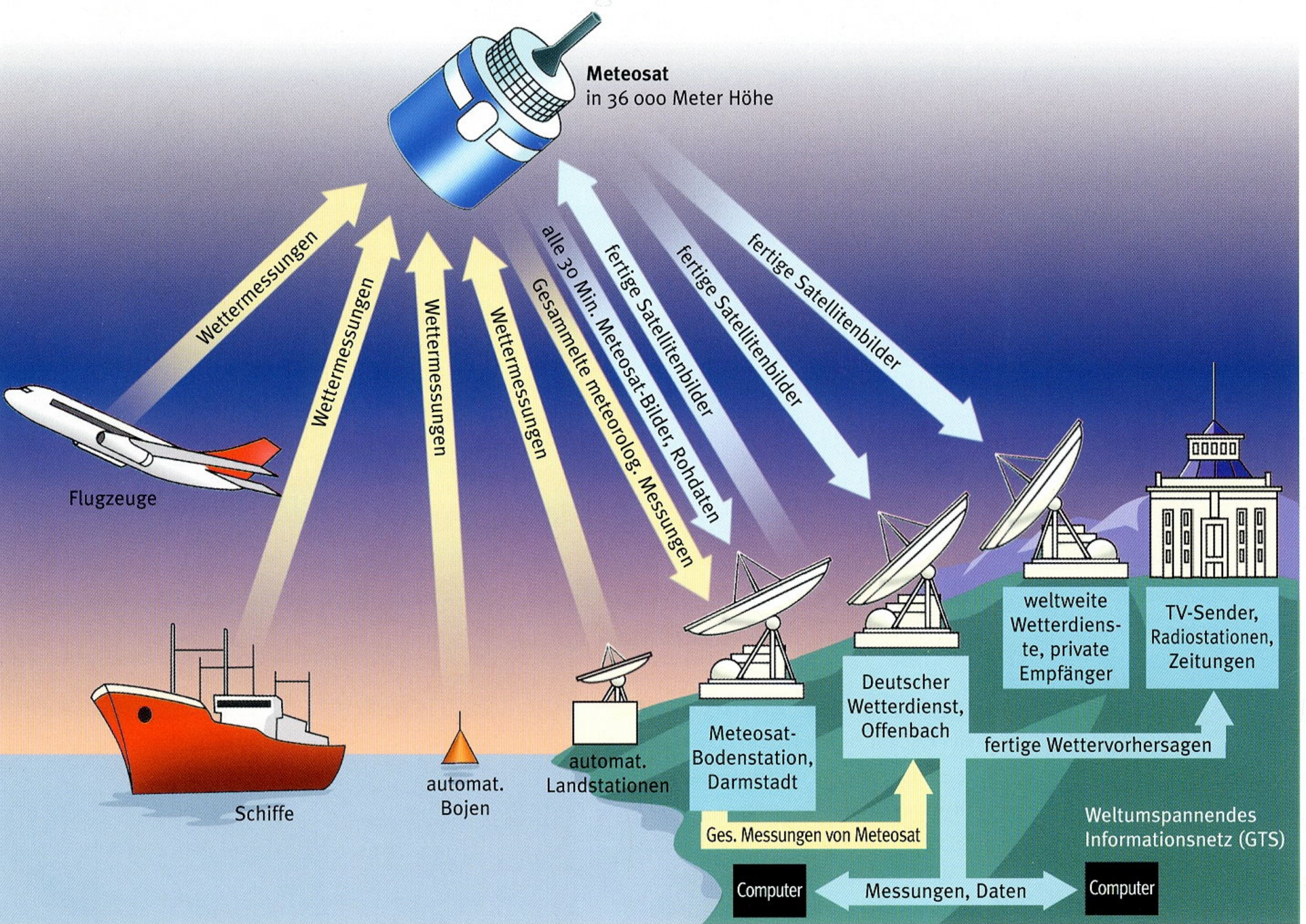
*Wettersatelliten kreisen in großer Höhe um die Erde und sammeln Informationen über das Wettergeschehen.*

## GESCHICHTE DER METEOROLOGIE

Die moderne wissenschaftliche Wetterforschung begann erst, als wichtige Instrumente wie das Barometer (1643) und das Quecksilberthermometer (1714) erfunden worden waren. Ende des 18. Jahrhunderts entstanden die ersten Wetterstationen. Ihr praktischer Wert war aber begrenzt, da die Beobachtungsergebnisse nur sehr langsam an andere Orte gelangten. Das änderte sich, als 1837 der Telegraf erfunden wurde. Nun konnte auch die wissenschaftliche Wettervorhersage beginnen.







### Was macht ein Wettersatellit?

Wettersatelliten beobachten die Wettervorgänge auf unserem Planeten aus großer Höhe. Tag und Nacht, manche alle halbe Stunde, senden sie ihre Informationen automatisch zur Erde. Aus den Fotos der Wolkendecke können die Meteorologen erkennen, wie die Wolken verteilt sind, wie sie wandern und sich verändern. Auch über Messgeräte für die Wärmestrahlung verfügen die Satelliten. Mit ihrer Hilfe nehmen sie „Temperaturbilder“ der Meeres- und Wolkenoberflächen auf. Pausenlos werden auch Feuchtigkeitswerte und Windgeschwindigkeiten in der Troposphäre gemessen. Wettersatelliten sammeln zudem die Daten von unbemannten automatischen Wetter-

stationen und leiten sie zu den Zentralen. Manche Satelliten umkreisen die Erde in 800 bis 1 500 Kilometer Höhe. Andere bewegen sich genauso schnell, wie die Erde sich dreht. Sie stehen darum immer an der gleichen Stelle am Himmel und heißen „geostationär“. Diese Satelliten überwachen in einer Höhe von 36 000 Kilometern über dem Äquator jeweils etwa ein Drittel der Erdoberfläche.

### Wie helfen Großrechner den Meteorologen?

Ohne leistungsfähige Computeranlagen wäre es unmöglich, Sinn in die Flut von Wetterdaten zu bringen, die rund um die Uhr auf der ganzen Welt zusammengetragen werden. Die Großrechner der Meteorologen gehören zu

### WETTERBEEINFLUSSUNG

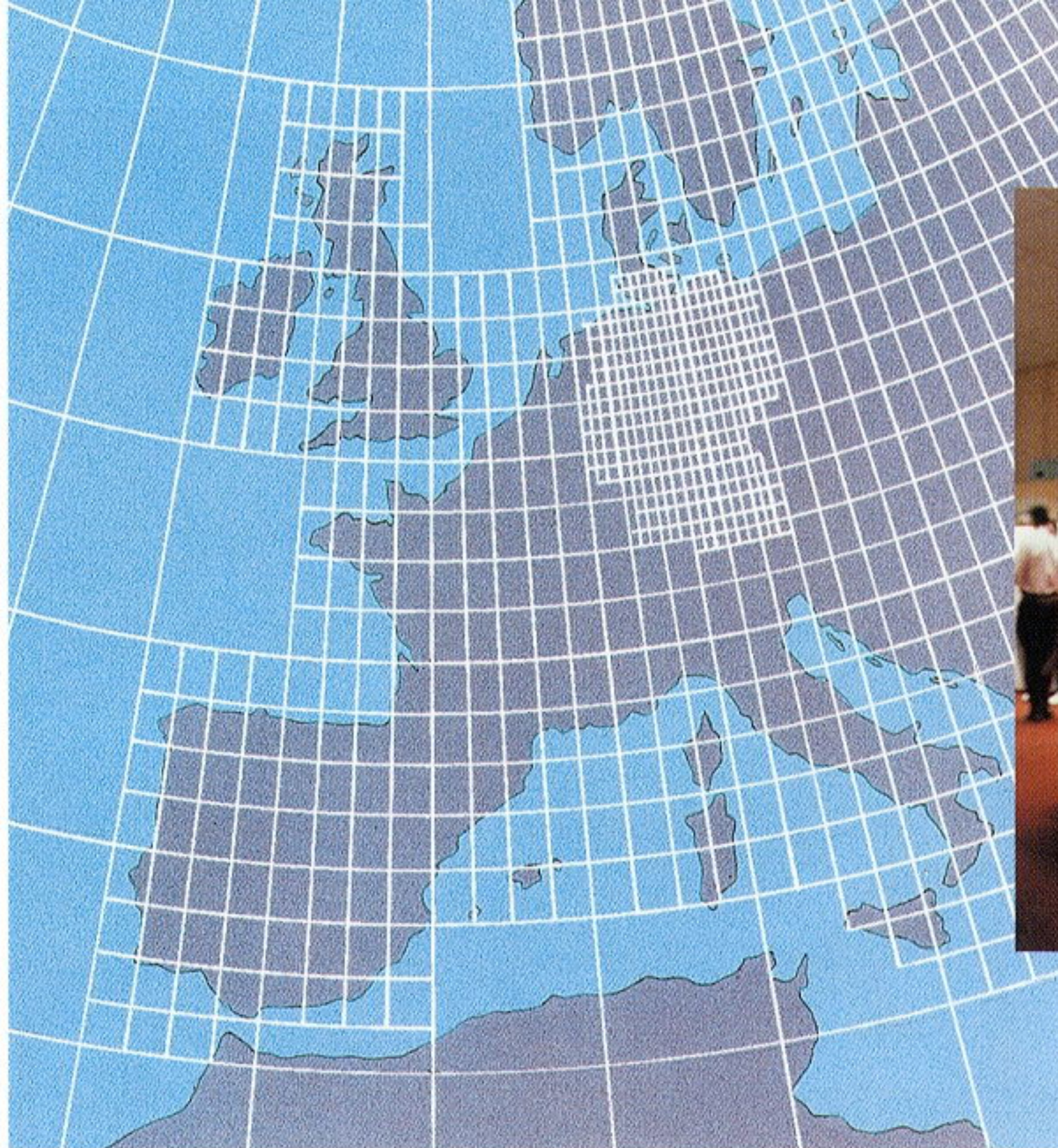
Früher versuchte man mit Regenkanonen, Wolken zum Abregnen zu bringen. Heute „impft“ man sie mit Silberjodid-Kristallen. Diese werden von Flugzeugen in die Wolken eingebracht und bilden ideale Kondensationskerne. Wasserdampf schlägt sich an ihnen nieder, Regentropfen wachsen. So behandelte Wolken können bis zu 25 Prozent mehr Regen freisetzen. Mit Silberjodid kann man auch Hagelwolken frühzeitig abregnen lassen. Diese Art der Wetterbeeinflussung ist aber sehr umstritten.



*Rechengitter für die Wettervorhersage. Je enger die Gitterpunkte beieinander liegen, desto genauer wird die Vorhersage.*

## HURRIKANWARNUNG

Im Spätsommer zur Hurrikan-Hauptsaison erhalten die amerikanischen Wetterforscher stündlich Satellitenbilder. Sie können daran erkennen, wo sich ein Sturm bildet. Haben sie eine Hurrikankeimzelle entdeckt und beträgt die am Boden gemessene Geschwindigkeit mindestens 118 Kilometer in der Stunde, erklärt man den Sturm zum Hurrikan und gibt ihm einen Namen. Nun wird er sorgfältig beobachtet. „Hurricane hunters“ (Hurrikanjäger) dringen mit Spezialflugzeugen zu seinem „Auge“ vor, um Temperatur, Luftdruck und Windrichtung zu messen. Das hilft ihnen, seinen Weg vorauszuberechnen.



*Computer-Wetterbild*

den größten und schnellsten überhaupt. Deshalb können sie heute schon Wettertrends für 7 bis 10 Tage voraussagen. Das geht etwa so:

Der Computer überzieht die Erde mit einem dreidimensionalen Gitternetz. Beim Deutschen Wetterdienst in Offenbach liegen die Gitterpunkte des Netzes 60 Kilometer weit auseinander und reichen bis in eine Höhe von 12 Kilometern. Für jeden der Millionen Gitterpunkte wird nun aus den Messdaten von Satelliten und Beobachtungsstationen, Radiosonden und Wetterflugzeugen vorausbe-

rechnet, wie sich etwa Wind, Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit entwickeln werden. Das Ergebnis sind Voraussagen für die ganze Welt.

Um das europäische Wettergeschehen besser zu erfassen, wird in dieses so genannte Global-Modell ein zweites Modell, das Lokal-Modell, eingepasst. Bei ihm liegen die Gitterpunkte nur noch 5 Kilometer auseinander; die Vorhersage wird dadurch viel genauer. Immerhin liegt heute die Trefferquote der Meteorologen bei einer Vorhersage für die nächsten 36 Stunden bei 90 Prozent!

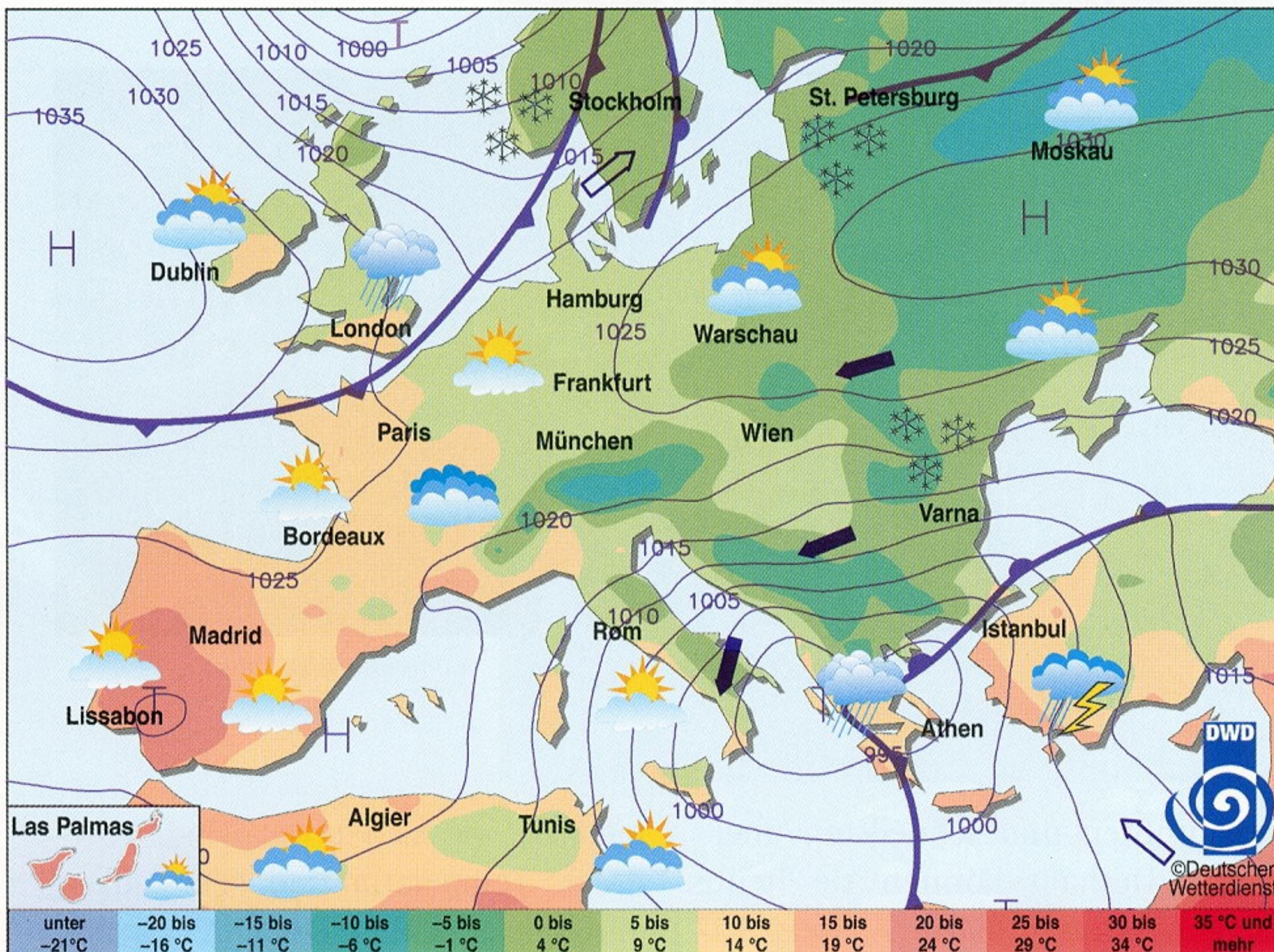
*Ein Meteorologe verfolgt am Bildschirm die Entwicklung eines Hurrikans.*



*Kontrolle der Messdaten an einem Wetterhäuschen.*







## WETTERVORHERSAGE FÜR DEN 18. MÄRZ:

Während Mitteleuropa unter dem Einfluss zweier Hochdruckgebiete über Russland und der Iberischen Halbinsel liegt, führt ein Tief über dem Nordatlantik feuchtkalte Meeresluft heran. Zwischen Nordfrankreich und Skandinavien hat sich eine Kaltfront gebildet, die Niederschläge und Abkühlung mit sich bringt.



In Deutschland sorgt das kräftige Hoch über Russland zunächst noch für weitgehend niederschlagsfreies, teils wolkeiges, teils sonniges Wetter. Die Höchsttemperaturen erreichen von Norddeutschland bis zu den Alpen 8 bis 9 Grad, im Rheingebiet bis zu 12 Grad. Nur im Nordwesten Deutschlands bringt die herannahende Kaltfront bereits am Nachmittag und Abend dichte Wolken und Regen. Der Wind weht meist schwach aus Ost bis Süd. Vorhersage für die nächsten Tage: Die Kaltfront wandert über Mitteleuropa hinweg nach Osten, löst den Hochdruckeinfluss ab und bringt für ganz Deutschland kühleres Wetter mit Regen.

### Wie liest man eine Wetterkarte?

Fast in jeder Tageszeitung findest du täglich eine Wetterkarte. Sie zeigt, wie das Wetter im Augenblick ist und wie es sich entwickeln wird.

- Schau dir zunächst die Verteilung der Hoch- und Tiefdruckgebiete an. Ein Hoch bringt meist trockenes Wetter, ein Tief feuchtes. In unserem Beispiel führt ein Tief über dem Nordatlantik („Islandtief“) feuchtkalte Meeresluft nach Europa.
- Orte mit gleichem Luftdruck sind durch Linien verbunden, so genannte Isobaren. Sie informieren

uns, wie weit die Hoch- und Tiefdruckgebiete reichen, und geben die Strömungsrichtung des Windes an.

- Wind strömt stets vom Hoch zum Tief. Weil er aber durch die Erdrotation auf der nördlichen Halbkugel nach rechts abgelenkt wird, umkreist er das Hoch im Uhrzeigersinn, ein Tief entgegengesetzt. Je dichter die Isobaren zusammenliegen, desto stärker weht der Wind.
- Eine Warmfront bringt lang anhaltenden, leichten Regen und Erwärmung, eine Kaltfront Schauer und Abkühlung. Eine Okklusion bringt erst Regen, dann Schauer.

Die Zeichen auf den Wetterkarten sind auf der ganzen Welt gültig.

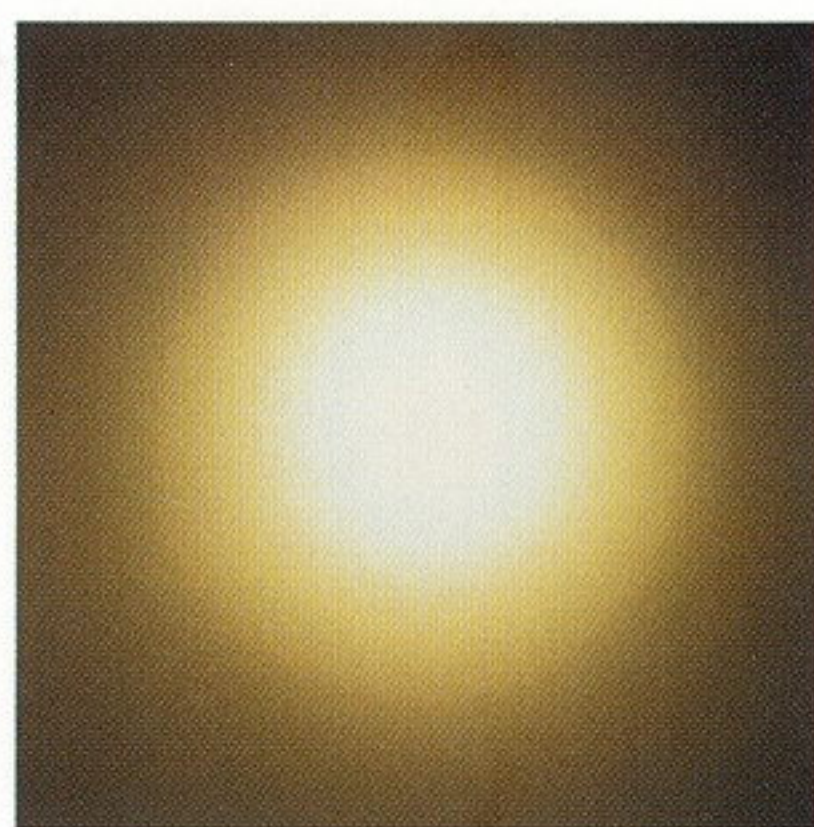


Wolkenbild zur Europakarte (oben): Das dunkle Wolkenband links gehört zu der ostwärts wandernden Kaltfront. Von der Iberischen Halbinsel bis nach Russland herrscht unter Hochdruckeinfluss weitgehend wolkenfreies, sonniges Wetter. Über dem Balkan und Südtalien verursacht ein Tief dunkle Regen- und Gewitterwolken.





Der Laubfrosch galt früher als Wetterprophet. Stieg er auf seiner kleinen Leiter nach oben, hieß es: Das Wetter wird schön.



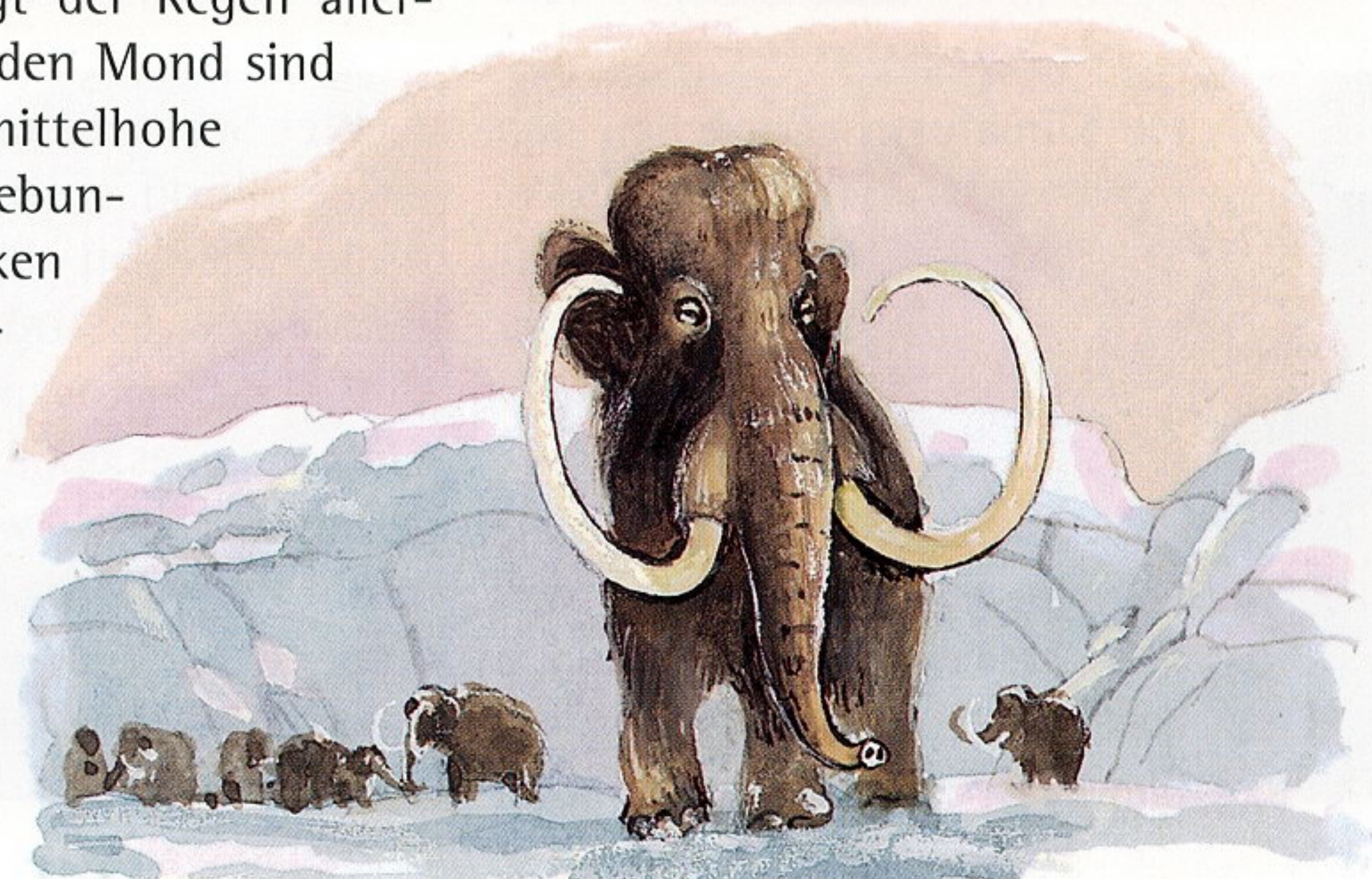
Sonne und Mond sind manchmal von kreisförmigen Flächen umgeben, den Höfen. Dann bricht sich das Licht an den Wassertröpfchen mittelhoher Schichtwolken. Höfe gelten als Regenkündler.

**LOSTAGE** sind bestimmte Tage im Jahr, die oft anzeigen, wie sich das Wetter in den kommenden Wochen entwickeln wird. Die bekanntesten sind Lichtmess (2. Februar), die Eisheiligen (11. bis 14. Mai) und der Martinstag (11. November). Bauernregeln beziehen sich oft auf Lostage: „Ist es an Lichtmess hell und rein, wird ein langer Winter sein.“ Meteorologen bestätigen: Ist es Anfang Februar sonnig, so bleibt der Hochdruckeinfluss oft für längere Zeit erhalten.

Früher, als es noch keinen Wetterdienst gab, beobachteten die Menschen die Natur, wenn sie wissen wollten, wie das Wetter werden würde. Sie schauten zum Himmel und studierten das Verhalten von Pflanzen und Tieren. Gute „Wetterpropheten“ waren die Bauern und Fischer, die Jäger, Förster und Schäfer. Jahraus, jahrein machten sie ihre Erfahrungen mit dem Wetter und gaben die Beobachtungen an ihre Nachkommen weiter. So entstand in vielen Ländern ein reicher Schatz an volkstümlichen Wetterregeln. Diese Bauernregeln, wie man sie nennt, sind keine wissenschaftlichen Vorhersagen. Sie vereinen Aberglauben mit jahrhundertelanger Wetterbeobachtung. In der Regel gelten sie nur für das Gebiet, in dem sie ursprünglich entstanden.

Am verlässlichsten sind Bauernregeln, die den Mond mit den Wolken verknüpfen: „Wenn der Mond hat einen Ring, folgt der Regen allerdings“. Höfe um den Mond sind immer an mittelhohe Schichtwolken gebunden. Solche Wolken eilen Schlechtwettergebieten oft voraus.

Riesige elefantenähnliche Tiere waren die Mammuts. Sie lebten während der letzten Eiszeit.



Das Klima auf der Erde hat sich schon oft geändert. Früher, als die Dinosaurier die Erde beherrschten, war es heißer und feuchter. In großen Teilen Europas und Nordamerikas wuchsen Pflanzen, wie sie jetzt nur noch in den Tropen vorkommen. In den Flüssen tummelten sich Nilpferde. Später, in den Eiszeiten, bedeckte ein Panzer aus Eis weite Teile der Erde. Die letzte Eiszeit endete vor ungefähr 12 000 Jahren. Damals erstreckte sich das Eis vom Nordpol bis an die deutschen Mittelgebirge, und in Nordamerika reichte es bis zu den Großen Seen. Ursache dieser natürlichen Klimaveränderungen waren wahrscheinlich große Vulkanausbrüche und Schwankungen im Abstand zwischen Erde und Sonne.

Heute greift jedoch auch der Mensch immer mehr in das Klimageschehen ein. Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts hatte er dazu kaum Gelegenheit. Damals gab es weder

### BAUERNREGELN

- Je höher die Ameisenhügel, desto straffer des Winters Zügel.
- Ziehen die wilden Gans und Enten fort, ist der Winter bald vor Ort.
- Hat der Hase ein dickes Fell, wird der Winter ein harter Gesell.
- Juni feucht und warm, macht keinen Bauern arm.
- Geht die Sonne feurig auf, folgen Wind und Regen drauf.



eine Industrialisierung noch auch nur annähernd so viele Menschen wie heute. Seit damals aber hat sich die Durchschnittstemperatur der Erde um etwa 0,5 bis 0,7 Grad Celsius erhöht. Viele Wissenschaftler glauben, dass der Mensch diesen Temperaturanstieg verursacht hat. Setzt er sich fort, prophezeien sie schlimme Folgen: An den Polen könnten große Eismassen schmelzen, der Meeresspiegel steigt. Zahlreiche Küstengebiete würden unter Wasser gesetzt, Häufigkeit und Stärke der Stürme nehmen zu. Die Ernteerträge sinken, Hungersnöte wären die Folge.

zwar hinein, hindert die Wärmestrahlung aber am Entweichen. Einen ähnlichen Effekt gibt es in der Erdatmosphäre: Hier halten so genannte Treibhausgase wie Kohlendioxid, Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) und Methan, aber auch Wasserdampf die Wärme gefangen. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt wäre es auf der Erde sehr viel kälter.

Nun wird aber die Wärmedecke der Erde immer dicker. Seit Jahrzehnten pumpen wir Milliarden Tonnen Treibhausgase in die Luft. Vor allem Kohlendioxid hat sich als

## TREIBHAUSGASE

Auch Methan versperrt der Wärmestrahlung den Rückweg ins All. Es steigt aus sumpfigen Reisfeldern oder Mülldeponien auf und bildet sich in den Mägen der 1,2 Milliarden Rinder auf der Erde. Fluorchlorkohlenwasserstoffe wurden bis vor wenigen Jahren als Treibmittel in Spraydosen, als Kältemittel in Kühlschränken, zum Aufschäumen von Kunststoffen und zum Reinigen elektrischer Bauteile verwendet. Heute ist man bemüht, ihren Verbrauch einzuschränken.

*Aus der „Kleinen Eiszeit“ zwischen 1540 und 1850 stammt dieses Bild von Pieter Brueghel dem Älteren. Damals war es auf der Erde meist deutlich kälter als heute. Verregnete Sommer und Missernten häuften sich, die Gletscher in den Hochgebirgen wuchsen, und zeitweise froren der Rhein und auch der Bodensee zu. In manchem Winter konnte man übers Eis der Ostsee von Lübeck bis nach Schweden gehen.*



## Wie entsteht der Treibhauseffekt?

Viele Klimaforscher machen den „Treibhauseffekt“ für den weltweiten Anstieg der Temperaturen verantwortlich. Wer schon einmal in einem Gewächshaus war, weiß: Hier ist es selbst bei niedrigen Außentemperaturen gemütlich warm. Das Glas lässt die Sonnenstrahlung

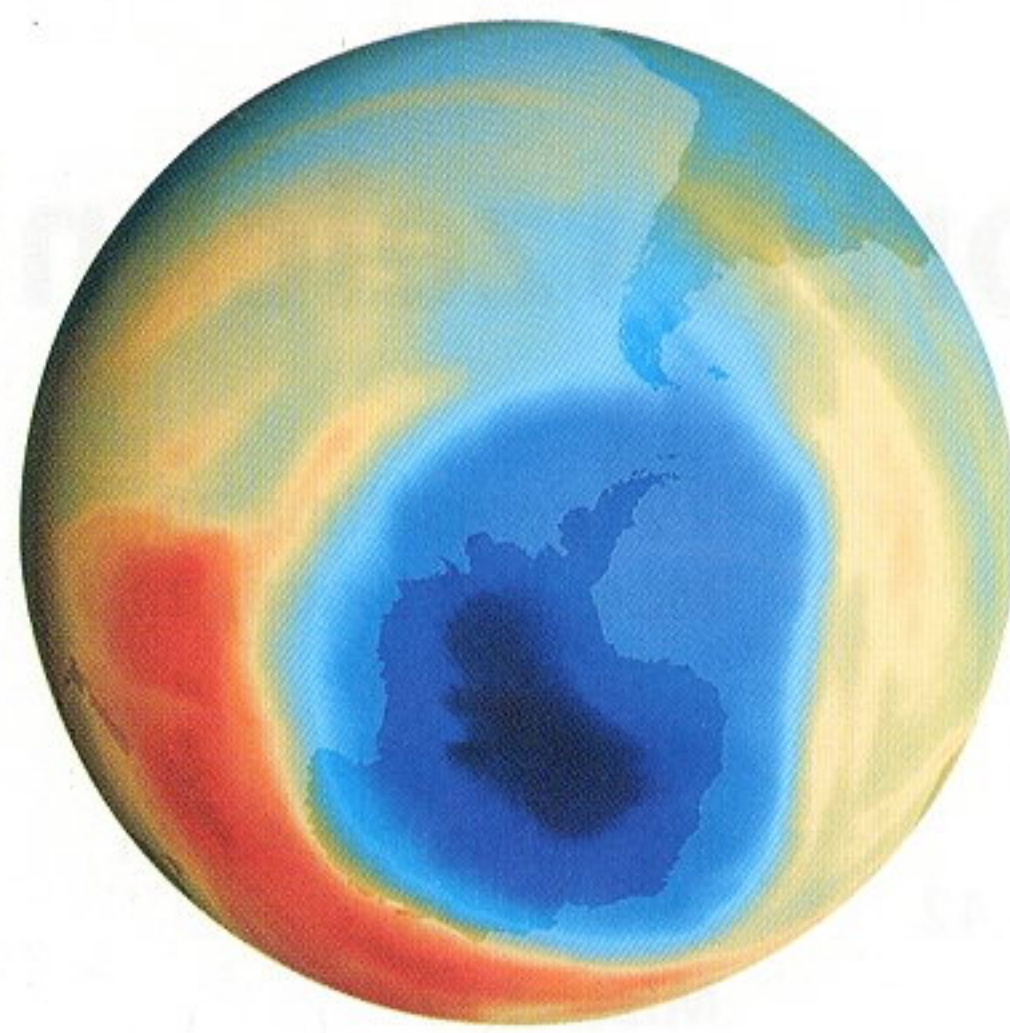
dichter Schleier um die Erde gelegt. Kohlendioxid entsteht bei Verbrennungsprozessen – etwa von Öl, Kohle und Gas. Es strömt aus den Auspuffen der Autos und den Düsen der Flugzeuge, es quillt aus den Schornsteinen der Kraftwerke und Fabriken. Und auch die Brandrodung der tropischen Regenwälder setzt jedes Jahr gewaltige Mengen an Kohlendioxid frei.



**OZON** ist ein leicht bläuliches Gas von stechendem Geruch. Es entsteht, wenn die ultraviolette Strahlung der Sonne den zweiatomigen Sauerstoff ( $O_2$ ) in das dreiatomige Ozon ( $O_3$ ) umwandelt. Die unsichtbaren UV-Strahlen sind sehr gefährlich. Das weiß jeder, der sich schon einmal einen schmerzhaften Sonnenbrand zugezogen hat. Als es die Ozonschicht vor 500 Millionen Jahren noch nicht gab, konnten nur im Meer Lebewesen existieren. Denn auch Wasser verschluckt ultraviolette Strahlung.

**KLIMAZEUGEN** sind zum Beispiel die Jahresringe uralter Bäume. Die ringförmigen Wachstumszonen unterscheiden sich durch ihre Farbe und Dichte. Frühjahrsholz ist hell und weitporig, Sommerholz dunkler und dichter. Da das Wachstum von der Temperatur und dem Niederschlag abhängt und beides von Jahr zu Jahr schwankt, sind die Jahresringe mal breiter, mal schmaler. Ein bestimmtes Jahrhundert hinterlässt in der Abfolge der Jahresringe seinen unverwechselbaren Fingerabdruck.

*Durch die Abgase von Autos und Industrie gelangen große Mengen an Kohlendioxid in die Luft.*



*Ozonloch über der Antarktis im Oktober 1998. (Violett = niedrige Ozonkonzentration)*

### Was ist das Ozonloch?

Unsere Erde ist von einer natürlichen Schutzhülle umgeben, der Ozonschicht. Sie schluckt in 20 bis 50 Kilometer Höhe die lebensbedrohliche ultraviolette Strahlung der Sonne. Heute ist diese Schutzhülle jedoch für die UV-Strahlen durchlässiger geworden. Seit den 80er Jahren gibt es neben dem natürlichen Ozonloch über den Tropen ein Ozonloch über der Antarktis, und inzwischen hat der Ozonschwund auch die Gebiete über dem Nordpol erfasst. Diese Ozonlöcher sind vom Menschen gemacht. Neben Stickoxiden aus Flugzeugabgasen zehren vor allem Fluorchlorkohlenwasserstoffe an der Ozonschicht. Wird sie weiter zerstört, könnte dies ein Aussterben aller Landlebewesen, auch des Menschen, bedeuten.



### Wie wird sich unser Klima entwickeln?

In Hamburg haben Klimaforscher mit Hilfe eines Superrechners das Klima der Erde in 100 Jahren berechnet – vorausgesetzt, dass weiterhin so viel Kohlendioxid in die Atmosphäre entlassen wird wie heute. Ihr Ergebnis: Die Antarktis bleibt weiterhin vereist, die Tropen bleiben weiterhin warm. Jedoch taut die Tundra in Sibirien auf, und das Grönlandeis nimmt ab. Wüsten wie die Sahara dehnen sich aus, und in Mitteleuropa weicht das feucht-gemäßigte Klima einem warmen, sommertrockenen Klima.

Andere Wissenschaftler kommen zu gegenteiligen Schlüssen. Sie ziehen den Einfluss der Sonne auf unser Klima in Erwägung und sagen: Die durchschnittliche Dauer einer Warmzeit betrug 10 000 Jahre. Die jetzige Warmzeit hält aber bereits 12 000 Jahre an. Ist also eine neue Eiszeit überfällig? Durch Eisbohrungen an den Polen wissen die Klimatologen inzwischen, dass der Übergang von Warmzeiten zu Eiszeiten ziemlich plötzlich erfolgte. Wie sich das Erdklima entwickeln wird, kann also noch niemand mit Sicherheit voraussagen. Dennoch sollten wir den Schutz unserer Umwelt in Zukunft ernster nehmen als bisher.





# Stichwortverzeichnis

**A** Abendrot 31  
Alpen 15  
Anemometer 16  
Äquator 5, 9, 13, 14, 34, 35, 39, 42  
Atmosphäre  
    *Zusammensetzung* 6  
    *Stockwerke* 5, 6  
Azorenhoch 37

**B** arometer 7, 8, 41  
Bauernregeln 45  
Beaufort, Francis 16  
Beaufort-Skala 16  
Blitz 28-30  
Blitzableiter 30  
Blizzard 17  
Bora 17

**C** elsius-Skala 10  
Chinook 17  
Coriolisbeschleunigung 14

**D** eutscher Wetterdienst 42, 43  
Donner 28, 29

**E** isheilige 45  
Eiskristalle 20, 22, 24-26, 29  
Eiszeiten 45-47  
El Niño 39  
Erddrehung 14, 44

**F** ahrenheit-Skala 10  
Fallwinde 15, 17  
Faradayscher Käfig 30  
Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) 46, 47  
Föhn 15  
Franklin, Benjamin 29, 30

**G** efühlte Temperatur 11  
Gewitter 21, 28-30, 35, 36, 40  
Gewitterwolke 18, 22, 25, 33, 44

Golfstrom 38, 39  
Graupel 24  
Großwetterlage 37

**H** agel 20, 24, 25, 42  
Hagelkorn 25  
Hochdruckgebiet 7, 13, 35, 44  
Höfe 45  
Humboldtstrom 38, 39  
Hurrikan 12, 32, 33, 40, 43  
Hurrikanwarnung 40, 43  
Hygrometer 26, 27

**I** slandtief 37, 44  
Isobaren 44

**J** ahreszeiten 9, 14, 34, 37, 38  
Jet streams 15

**K** almen 13, 14, 35  
Kaltfront 36, 44  
Klima 34, 35, 37-39, 45, 47  
Klimaveränderungen 45-47  
Klimazonen 34, 35  
Kohlendioxid 5, 6, 46, 47  
Kondensation 19, 20, 21, 26  
Kondensationskerne 20, 21, 42  
Kontinentalklima (*siehe Landklima*)

**L** andklima 38  
Landregen 36  
Landwind 13  
Lostage 45  
Luftdichte 7, 11  
Luftdruck 7, 8, 14, 15, 35, 37, 41, 43, 44  
Luftfeuchtigkeit 7, 11, 17-19, 21, 26-28, 36, 41  
Lufthülle (*siehe Atmosphäre*)  
Luftspiegelung 32

**M** eeresklima 38  
Meeresströmungen 34, 38, 39  
Merkur 5  
Meteorologie 40, 41  
Methan 46  
Mistral 17  
Monsun 14, 15  
Morgenrot 31

**N** ebel 5, 21, 23, 26, 40  
Niederschlag 15, 19, 24, 27, 35, 36, 44, 47

**O** kklusion 36, 44  
Ozon 47  
Ozonschicht 5, 47

**P** assatwinde 13, 14, 17, 39  
Polarlicht 5, 31  
Polarluft 36, 37  
Pole 5, 9, 13, 14, 31, 35, 46, 47  
Psychrometer 26, 27

**Q** uecksilber 7, 8, 11

**R** adiosonden 41, 43  
Rau eis 26  
Regen  
    *Entstehung* 24  
    *Messung* 27  
Regen-Rekorde 26  
Regenbogen 30, 31  
Reif 24, 26  
Rossbreiten 13, 14, 35, 37

**S** chärfchenwolken (*siehe Wolkenformen*)  
Schirokko 17  
Schnee 4, 15, 18, 20, 24, 25, 37  
Schneearten 25  
Seewind 13  
Segelschiff 12, 14, 17  
Sprühregen 24  
Stadtklima 35  
Strahlströme 15, 16

**T** au 24, 26  
Thermograph 11  
Thermometer 10, 11, 26, 27  
Tiefdruckgebiet 7, 13, 35-37, 44  
Tornado 12, 33  
Torricelli, Evangelista 7, 8  
Treibhauseffekt 46  
Treibhausgase 46  
Tropikluft 36  
Troposphäre 5, 8, 20, 22, 42  
Turm der Winde 12

**U** ltraviolette Strahlung 5, 47  
Unwetterwarnung 40

**V** enus 5  
Verdunstung 11, 18-20, 26, 27, 33

**W** armfront 36, 44  
Wasserhose 33  
Westwinddrift 13  
Wetterballon 41  
Wetterbeeinflussung 42  
Wetterbeobachtung 40-43  
Wetterfronten 36  
Wetterhahn 16  
Wetterkarte 41, 44  
Wettersatellit 41, 42  
Wetterstation 8, 41, 42  
Wettervorhersage 42-44  
Wetterwarndienst 40  
Wind  
    *Ablenkung* 14  
    *Entstehung* 12, 13  
Windfahne 16  
Windpark 17  
Windrekorde 13  
Windrichtung 16  
Windsack 16  
Windstärke 11, 16  
Windzonen 13  
Wolken  
    *Entstehung* 20, 21  
Wolkenfarben 22  
Wolkenformen 22