



Zwischen Hoch und Tief

Ein Streifzug durch die Wetterkunde

VON GÜNTER D. ROTH

Die irdische Atmosphäre und ihre Wirkung bereiten den Astronomen manchen Kummer. Nicht umsonst versuchen sie, auf hohen Bergen oder gar im Weltraum den atmosphärischen Einflüssen zu entkommen. Trotzdem ist es reizvoll, Wetterphänomene zu beobachten und die Entwicklung des Wetters selbst beurteilen zu können.

Der Motor aller Luftbewegungen innerhalb der Erdatmosphäre ist die Sonne. Sie liefert die Energie für den Austausch von Luftmassen. Nur ein Teil der Sonnenstrahlung gelangt auf die Erdoberfläche: Die Absorption der Strahlung durch Staub oder Ozon und ihre Reflexion und Streuung durch Wassertröpfchen sowie Moleküle der Luft verursachen zusammen einen Strahlungsverlust von mehr als 50 Prozent. Zieht man alle Verluste ab, so verbleibt rund ein Drittel der Sonnenstrahlung auf der Erdoberfläche zum Anheizen des Wettergeschehens.

Dieses Anheizen der Atmosphäre von der Erdoberfläche aus geschieht auf zweierlei Art: erstens mit Hilfe des Temperaturausgleichs der sich aufwärts und abwärts bewegenden Luftmassen. Erwärmte und somit weniger dichte Luft

steigt auf, abgekühlte, dichtere Luft sinkt nach unten. Zweitens mit Unterstützung der Verdunstung beim Wärmetransport vom Erdboden in die Lufthülle. Immerhin ist die Erdoberfläche zu drei Vierteln mit Wasser bedeckt. Der Wasserdampf kondensiert zu flüssigen Tropfen oder

zu Eiskristallen und bildet in der Atmosphäre Wolken.

Die einzelnen Regionen der Erde erhalten unterschiedlich viel Energie von der Sonne. Nicht nur die geographische Breite, Tages- und Jahreszeit spielen dabei eine Rolle, sondern auch die Eigenschaften der erwärmten Oberfläche. Ein großer Unterschied im Absorptionsvermögen besteht zwischen dem Festland und Gewässern. Gewässer erwärmen sich langsamer als das Festland, denn in die Ozeane und großen Binnenseen dringt die Sonnenstrahlung viel tiefer als in den festen Boden ein. Somit ist bei

»Sterne und Weltraum« im Physik-Unterricht

Beim Wettergeschehen laufen etliche physikalische Vorgänge gleichzeitig ab. Aber gerade die Vielfalt der Phänomene macht die eigene Beschäftigung mit dem Wetter interessant. Bereits einfache Modellvorstellungen und Experimente ermöglichen ein Verständnis der zugrunde liegenden Prozesse. Die zu diesem Beitrag entwickelten ausführlichen

WiS!-Materialien für den Schulunterricht sind unter www.wissenschaft-schulen.de verfügbar.

Unser Projekt »Wissenschaft in die Schulen!« führen wir in Zusammenarbeit mit der Landesakademie für Lehrerfortbildung in Donaueschingen durch. Es wird von der Klaus Tschira Stiftung gGmbH großzügig gefördert.

◀ Abb. 1: Hinter einer abziehenden Kaltfront lockert die Bewölkung auf und gibt den Blick auf die Sonne frei. Die noch in der Luft vorhandenen Wassertropfen brechen das Sonnenlicht und erzeugen einen farbenprächtigen doppelten Regenbogen. (Bild: Siegfried Hold)

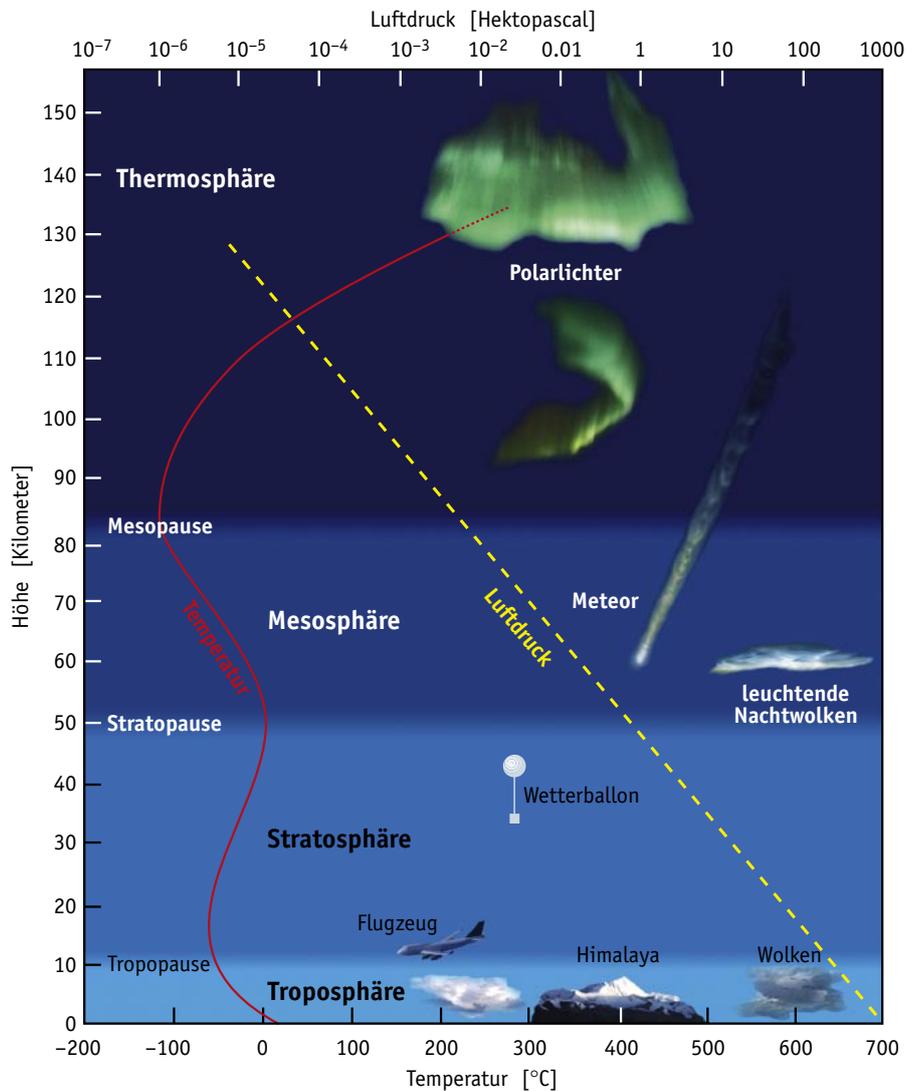
Gewässern die erwärmte Masse viel größer. Das unterschiedliche Verhalten bei Erwärmung und Abkühlung zwischen Festland und Wasserflächen beeinflusst das Wettergeschehen stark.

Die Atmosphäre

Für alle Wettererscheinungen ist die Atmosphäre der Schauplatz des Geschehens. Sie besteht zu 78 Prozent aus Stickstoff, 21 Prozent Sauerstoff und rund einem Prozent aus Edelgasen, beispielsweise Argon, Helium und Neon. Zudem enthält die Atmosphäre aus Wasserdampf bestehende Wolken. Hinzu kommen feste und flüssige Schwebeteilchen (Aerosole), die hauptsächlich in den unteren Schichten anzutreffen sind. Sie bestehen aus Staub, Ruß und ähnlichen »Luftverschmutzungen« natürlichen und künstlichen Ursprungs. Aerosole wirken als Kondensationskerne für die Anlagerung von Wassertropfchen, die als Niederschlag fallen können und beeinträchtigen bei astronomischen Beobachtungen die Bildgüte. Mehr als 99 Prozent der Masse der Atmosphäre finden wir in einer hundert Kilometer hohen Schicht über dem Erdboden. Ihr wetterwirksamer Teil reicht bis zu einer Höhe von etwa fünfzehn Kilometern (Abb. 2).

Astronomische Beobachtungen im optischen Bereich sind auf einen möglichst wolkenfreien Himmel angewiesen. Trotzdem bemerkt ein Beobachter auch bei klarem Himmel einige Auswirkungen der Atmosphäre. An erster Stelle steht hier die Luftunruhe (Szintillation), die Doppelstern- und Planetenbeobachtungen empfindlich behindern kann. Statistische Untersuchungen belegen, dass die Luftunruhe stark von der Tageszeit abhängt. Ihr Maximum erreicht sie in den Mittagsstunden und minimale Werte vor Sonnenaufgang sowie nach Sonnenuntergang. Eine andere Erfahrung: Ein turbulenter Wind verstärkt die Luftunruhe, und eine hohe Luftfeuchtigkeit verbessert die Bildqualität.

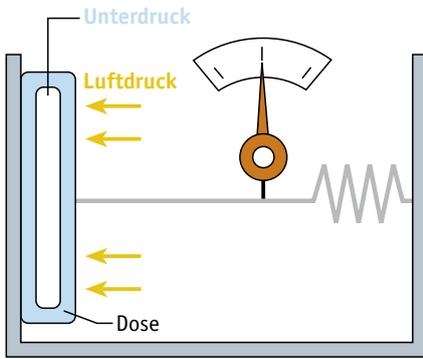
Wetterunabhängige Einflüsse der Erdatmosphäre auf die astronomischen Beobachtungen zeigen sich in Form der Refraktion und Extinktion. Die Refraktion (Lichtbrechung) bewirkt eine Richtungsänderung des aus dem Weltall kommenden Lichts im Medium Luft (Abb. 3).



▲ Abb. 2: Das Wettergeschehen spielt sich nur in der untersten atmosphärischen Schicht, der Troposphäre, ab. Für sie und die darüber liegende Stratosphäre und Mesosphäre gibt die gelb gestrichelte Linie den Verlauf des Luftdrucks und die rot durchgezogene Linie den Verlauf der Temperatur an.

▼ Abb. 3: Die atmosphärische Refraktion verzerrte dieses Bild der partiellen Sonnenfinsternis vom 31. Mai 2003. Gleichzeitig erschien das Sonnenlicht stark gerötet, weil Staubpartikel und Moleküle der Luft den blauen Anteil des Lichts aus der Richtung des Sehstrahls herausstreuten. (Bild: Peter Wienerroither)





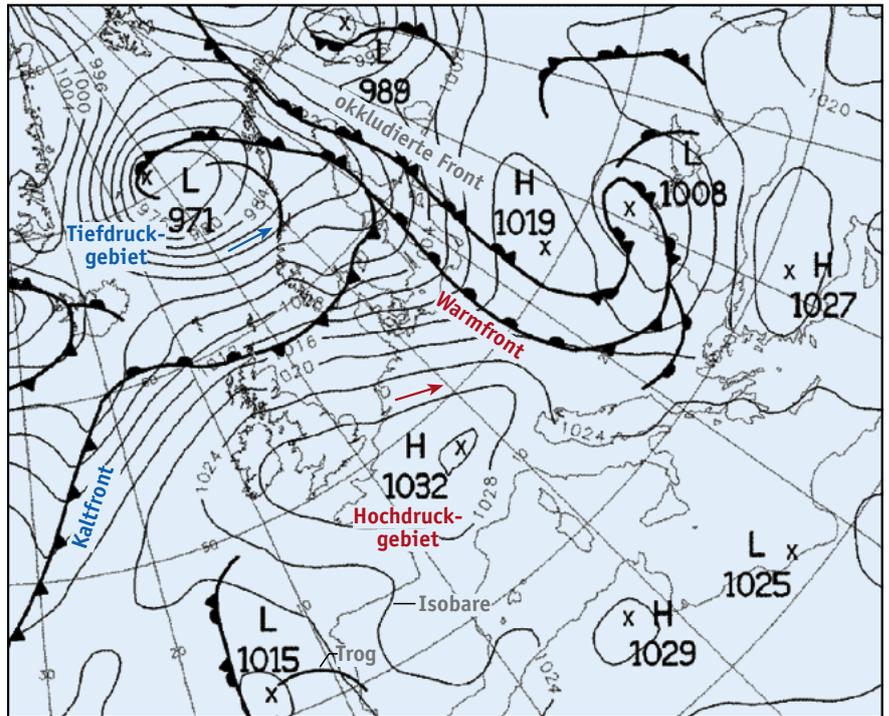
▲ Abb. 4: Änderungen des Luftdrucks verformen den Hohlkörper (»Dose«) eines Dosenbarometers. Die Dose besteht aus dünnem Blech, in ihrem Inneren herrscht ein Vakuum oder permanenter Unterdruck. Ein Zeiger, der mit der Dose verbunden ist, zeigt den Luftdruck auf einer in Hektopascal oder Millibar gezeichneten Skala an.

Die Extinktion ist der Lichtverlust durch Absorption und Streuung an Staubpartikeln oder Atomen der Luft, dem das Sternenlicht auf seinem Weg durch die Atmosphäre unterworfen ist.

Der Luftdruck

Die Atmosphäre lastet auf jedem Ort der Erdoberfläche. Ihre auf eine Flächeneinheit von einem Quadratmeter bezogene Gewichtskraft ist der so genannte Luftdruck. Er spielt bei der Beurteilung der Wetterentwicklung eine große Rolle. Gemessen wird der Luftdruck mit Aneroid- oder Metall Dosenbarometern (Abb. 4). Das ist eine luftleer gepumpte Stahlblechdose, die bei steigendem Luftdruck zusammengepresst wird und sich bei sinkendem Luftdruck wieder ausdehnt. Diese Bewegungen überträgt ein Hebelmechanismus auf einen Zeiger, der ein Steigen oder Sinken des Luftdrucks auf einer Skala erkennen lässt. Gemessen wird der Luftdruck in Hektopascal (hPa). Am Erdboden beträgt der mittlere Luftdruck 1013 hPa. Üblich ist es auch, den Luftdruck in Millibar (mBar) anzugeben. Ein Millibar entspricht dabei einem Hektopascal.

Neben der Verformung einer elastischen Blechdose eignet sich auch die Verschiebung einer Flüssigkeitssäule (z.B. Quecksilber) zur Luftdruckmessung. Der Erfinder des Barometers, der Italiener Evangelista Torricelli, führte 1643 Versuche mit einem quecksilbergefüllten Glasrohr durch. Vier Jahre später entdeckte der Franzose Blaise Pascal die Abnahme des Luftdrucks mit zunehmender Höhe und den Zusammenhang des Luftdrucks mit Wetteränderungen.

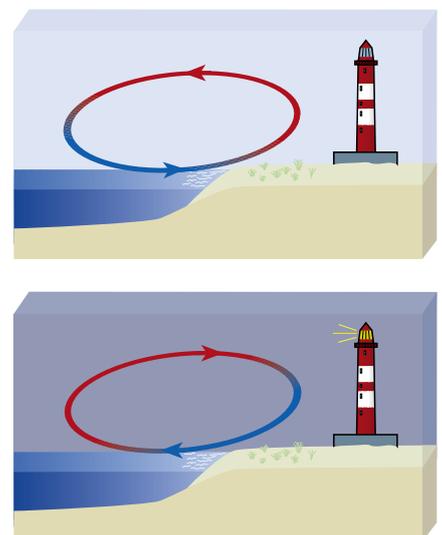


▲ Abb. 5: Dieses Beispiel einer Isobarenkarte zeigt ein Tiefdruckgebiet über dem Nordmeer und ein Hochdruckgebiet über Westeuropa. An der norwegischen Küste, wo die Isobaren des Tiefs dicht beieinander liegen, herrschte ein starker Westwind (blauer Pfeil). Zu diesem Zeitpunkt befand sich Deutschland an der Nordostseite eines Hochs, wo der Abstand zwischen benachbarten Isobaren größer war. Hier herrschte ein schwacher Nordwestwind (roter Pfeil). (Bild: Met Office)

Die in Wetterkarten eingezeichneten Linien gleichen Luftdrucks, die so genannten Isobaren, beschreiben über die ganze Erde verteilt Hochdruck- und Tiefdruckgebiete, die sich auf bestimmten Bahnen innerhalb der Atmosphäre bewegen. In Übereinstimmung mit Beobachtungen vor Ort bestätigen diese Drucksysteme die Tendenz: hoher Luftdruck tritt in Verbindung mit trockenem, wolkenarmem Wetter auf, tiefer Luftdruck ist meist mit Wolken und Niederschlägen verbunden. Dabei erkennt man die Bewegung der Luftmassen aus Gebieten höheren zu Gebieten niedrigeren Drucks. Diese bewegte Luft kennen wir als Wind. Er weht um so kräftiger, je größer das Druckgefälle ist. Der Abstand benachbarter Isobaren auf der Wetterkarte verdeutlicht das Druckgefälle: Ist er gering, dann ist der Druckunterschied groß, und der Wind weht stürmisch. Ist der Abstand dagegen groß, dann ist der Druckunterschied gering, und der Wind weht schwach (Abb. 5).

Wie entstehen Druckunterschiede? Die Ursache liegt in der unterschiedlich starken Erwärmung der Erdoberfläche. Dort, wo der Boden oder ein Gewässer warm ist, dehnt sich die darüber liegende Luft aus. Folglich ist ihre Dichte und ihr Druck geringer. An kälteren Stellen sind sie dagegen größer. Die auftretenden Luftbewegungen lassen sich auf kleinstem Raum beobachten, beispielsweise am Ufer eines Gewässers (Abb. 6): Tagsüber erwärmt sich der Boden schneller als das Wasser. Folglich sinkt der Luftdruck über dem Festland, während er über dem Wasser steigt. Somit entsteht ein Wind vom Gewässer zum

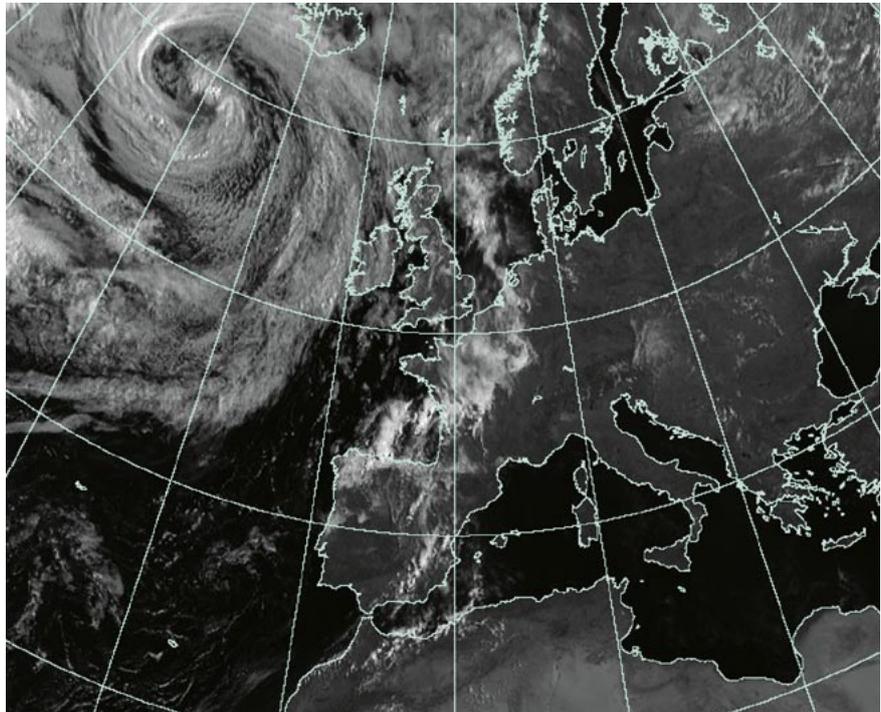
▼ Abb. 6: Die unterschiedlich starke Erwärmung der Wasser- und Landmassen verursacht tagsüber in Bodennähe einen Seewind (oben) und nachts einen Landwind (unten).



Land hin (Seewind). Über dem Festland steigt die Luft wieder in die Höhe und fließt in Richtung des Gewässers. Es entsteht ein Kreislauf, der abends zur Ruhe kommt und in der Nacht wieder dreht. Das Wasser speichert die zugestrahlte Wärme länger als das Land. Somit bildet sich ein Tief über dem Gewässer, und es weht ein Wind vom Land zum See hin (Landwind).

Luftmassen und Wetterfronten

Neben dem Druck gehören die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft zu den wichtigen messbaren physikalischen Größen des Wetters. Wind, Wolken und Niederschlag sind weitere Elemente des Wetters. Großräumig bewegen sich wetterbestimmende Luftmassen über die Kontinente hinweg (Abb. 7). Die geographische Breite, aus der eine Luftmasse herströmt, bestimmt ihre Temperatur. Im groben Raster finden wir zwei Luftmassen, die das Wetter in Mitteleuropa beeinflussen: Luft polaren und subtropischen Ursprungs. Natürlich gibt es dabei Varianten in Bezug auf die Temperatur und insbesondere auf mehr oder weniger ausgeprägte kontinentale oder maritime Eigenschaften. Luft, die einen langen Weg über Landmassen zurückgelegt hat, führt weniger Feuchtigkeit mit sich als Luft, die vom Atlantik kommt. Bestimmend für die Wetterentwicklung sind die horizontale Bewegung kalter und warmer Luftmassen über große

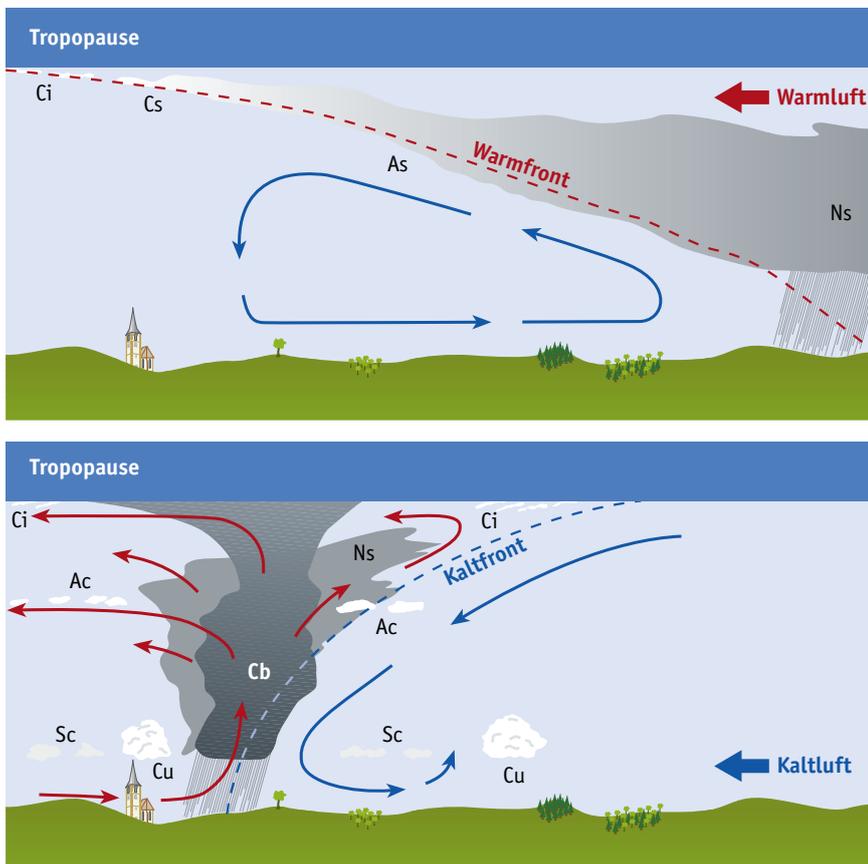


Strecken hinweg, ihr Zusammentreffen und ihre Mischung – Vorgänge, die alle in der untersten Schicht der Atmosphäre, der Troposphäre, stattfinden.

Der Zuström unterschiedlich temperierter Luftmassen führt zu unterschiedlichen Wettererscheinungen. Es sind die Wetterfronten – Luftmassengrenzen, die Wetterstürze einleiten (Abb. 8). Das Wettergeschehen in Europa ist in erster Linie ein Ausgleichsprozess zwischen

▲ Abb. 7: Ein ständiges Wechselspiel zwischen Hoch- und Tiefdruckgebieten bestimmt das Wetter in unseren gemäßigten Breiten. Das von METEOSAT 8 am 27. Juli 2006 um 10 Uhr MEZ bei der Wellenlänge von 800 Nanometern aufgenommene Bild zeigt ein Tief südwestlich von Island und Hochdruckeinfluss über Mittel- und Osteuropa. Über der nördlichen Hälfte Frankreichs bildet sich eine Gewitterfront. (Bild: Eumetsat/Met Office)

◀ Abb. 8: Charakteristisch für ein Tiefdruckgebiet ist eine Warmfront, der eine Kaltfront folgt. Oben: In einer Warmfront gleitet eine Luftmasse an kühlerer Luft auf, wobei in großer Höhe Cirruswolken (Ci) entstehen, denen Cirrostratus (Cs), Altostratus (As) und schließlich Nimbostratuswolken (Ns) folgen. Letztere bilden ein Niederschlagsgebiet, das lang anhaltenden Landregen bringen kann. Unten: In einer Kaltfront schiebt sich eine vorrückende Luftmasse unter wärmere Luft. Ist diese mit Feuchtigkeit angereichert, so können sich starke Niederschläge und heftige Gewitter bilden. Am Himmel zeigen sich unter anderem Cumuluswolken (Cu), Altocumuluswolken (Ac), Stratocumuluswolken (Sc) und Cumulonimbuswolken (Cb). Hinter der Kaltfront sind einzelne Schauer und ein steigender Luftdruck zu erwarten.



▶ Abb. 9: Innerhalb von Tiefdruckgebieten steigt Luft auf, innerhalb von Hochdruckgebieten sinkt sie ab. Der im Tief aufsteigende Luft strömt in Bodennähe weitere Luft nach. Umgekehrt muss im Hoch die absinkende Luft aus dem Gebiet herausströmen. In beiden Fällen können sich die Luftmassen nicht auf geraden Bahnen bewegen, denn die als Folge der Erdrotation auftretende Corioliskraft lenkt die Strömungen ab.

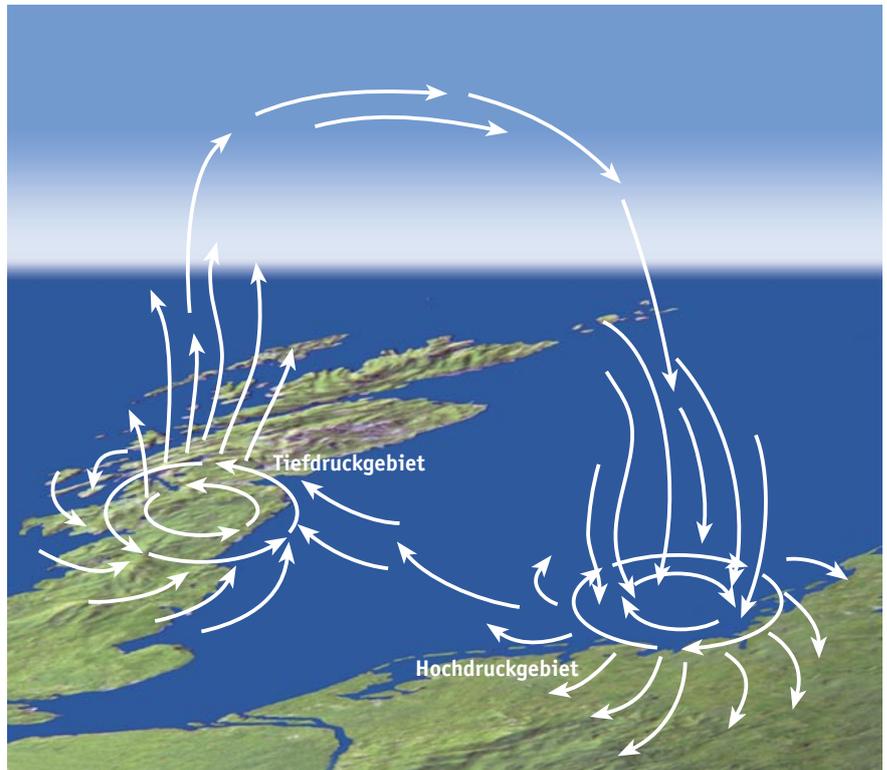
kalter und warmer Luft. Dabei erleben wir einen »Kampf« der Luftmassen: Warme Luft, die auf kühlere Luftmassen aufgleitet, verursacht Landregen, der mehrere Stunden oder Tage andauern kann.

Kaltluft, die sich unter eine warme, feuchte Luftmasse schiebt, verursacht oft schauerartige, von kräftigem Wind und Gewittern begleitete Regenfälle. Der Zustrom und das Abströmen der Luftmassen in Verbindung mit einem ansteigenden oder sinkenden Luftdruck begleiten die Witterung jedes Jahr unzählige Male. Während sich die Wetterentwicklung vor und innerhalb einer Warmfront verhältnismäßig ruhig vollzieht, ist sie bei einem Kaltluftenbruch stürmisch. Oft ist der Kaltluftenbruch auch in der wärmeren Jahreszeit von schauerartigen Schneefällen, Hagel und Graupel begleitet. Dabei treten häufig Frontgewitter auf.

Windströmung und Wetter

Ein Wind lässt sich durch seine Stärke und Richtung charakterisieren. Zur Messung der Windgeschwindigkeit gibt es mehrere Arten von Windmessern (Anemometer). Das Schalenkreuzanemometer steht auch als Handgerät zur Verfügung. Abhängig von der Windgeschwindigkeit drehen sich Schalen aus Kunststoff oder Metall im Uhrzeigersinn um eine Achse. Die Zahl der Umdrehungen pro Sekunde ist ein Maß für die Windstärke. Bei Handgeräten reicht der Messbereich von 0 bis 25 Meter pro Sekunde. Auf der Beaufort-Skala entspricht dies Windstärken von 0 (Windstille) bis 9 (Sturm). Heute gibt es zahlreiche Möglichkeiten, die Messungen aus der Ferne mittels elektrischer Übertragungs- und Anzeigensysteme zu überwachen und aufzuzeichnen.

Ab einer Windstärke von 12 auf der Beaufort-Skala spricht man von einem Orkan. Dieser Sturm erreicht Windgeschwindigkeiten von mehr als 120 Kilometern pro Stunde. Die Windgeschwindigkeiten innerhalb tropischer Wirbel-



stürme (Hurrikan, Taifun, Zyklon) und Tornados erreichen mehr als 200 Kilometer pro Stunde. Nur beim Auftreten lokaler Luftströmungen wird der Druckunterschied allein von der Windstärke und Windrichtung bestimmt. Großräumige Luftströmungen erfahren zusätzlich eine Bahnablenkung als Folge der Erdrotation (Coriolis-Kraft): auf der Nordhalbkugel der Erde nach rechts, auf der Südhalbkugel nach links.

Auch auf anderen Planeten können wir beobachten, wie sich die Corioliskraft auswirkt: Jupiter ist eine riesige Gaskugel, die an ihrem Äquator innerhalb von nur $9^h 50^m$ rotiert (Abb. 10). Die daraus resultierenden starken Corioliskräfte lenken Gase, die sich anfangs in Nord-Süd-Richtung bewegen, ab und zwingen sie, sich parallel zum Äquator zu bewegen. So entstehen ausgeprägte Wolkenbänder, die Amateurastronomen bereits durch kleine Teleskope beobachten können. Ihnen bietet Jupiter eine ausgezeichnete Möglichkeit, das Wetter auf einem fremden Planeten zu studieren.

Auf der Erde, wo die Corioliskraft schwächer ausgeprägt ist, kann polare Kaltluft großräumig nach Süden vorstoßen, und in die nördlichen Regionen, in denen sich zuvor kalte Luft befand, kann sich nun warme Luft ausbreiten. Dabei bilden sich Wirbel mit spiralförmigen Wolkenstrukturen (Abb. 11). Die Reibung der strömenden bodennahen Luft an der Erdoberfläche bremst die Winde ab. Ohne die Reibung würde der Wind stets parallel zu den Isobaren strömen:

▼ Abb. 10: Das von der Planeten-sonde CASSINI am 29. 12. 2000 aus einem Abstand von rund zehn Millionen Kilometern aufgenommene Bild des Jupiter lässt die von der Corioliskraft bestimmten, stürmischen Bewegungen in der Atmosphäre des Riesenplaneten erahnen. In dem breiten, dunklen Wolkenband der Nordhemisphäre treten Windgeschwindigkeiten von mehr als 480 Kilometern pro Stunde auf. Zu sehen ist auch der Große Rote Fleck, ein seit Jahrhunderten bekannter Wirbelsturm. (Bild: NASA/JPL/Space Science Institute)



Er könnte sich nicht einem Tiefdruckzentrum nähern. Tiefdruckgebiete (Zyklonen) treten europaweit das ganze Jahr über auf, mit einer Häufung im Frühjahr und im Herbst.

Der Wind bestimmt das Wetter

Wichtig für die eigene Wetterprognose ist es, die Richtung zu beobachten, aus der ein Wind weht. Sie bestimmt die Temperatur der Luftströmung und ihre Feuchtigkeit beziehungsweise Trockenheit. Hier folgen einige Beispiele:

■ Westwind, der vom Atlantischen Ozean nach Mitteleuropa weht, enthält viel Wasserdampf und begünstigt somit die Wolkenbildung und die Niederschlagsneigung.

■ Ostwind bringt verhältnismäßig trockene Luft aus Osteuropa und Russland zu uns. Entsprechend ihrem niedrigen Wasserdampfgehalt ist ihre Neigung zur Wolkenbildung und Dauerregen geringer.

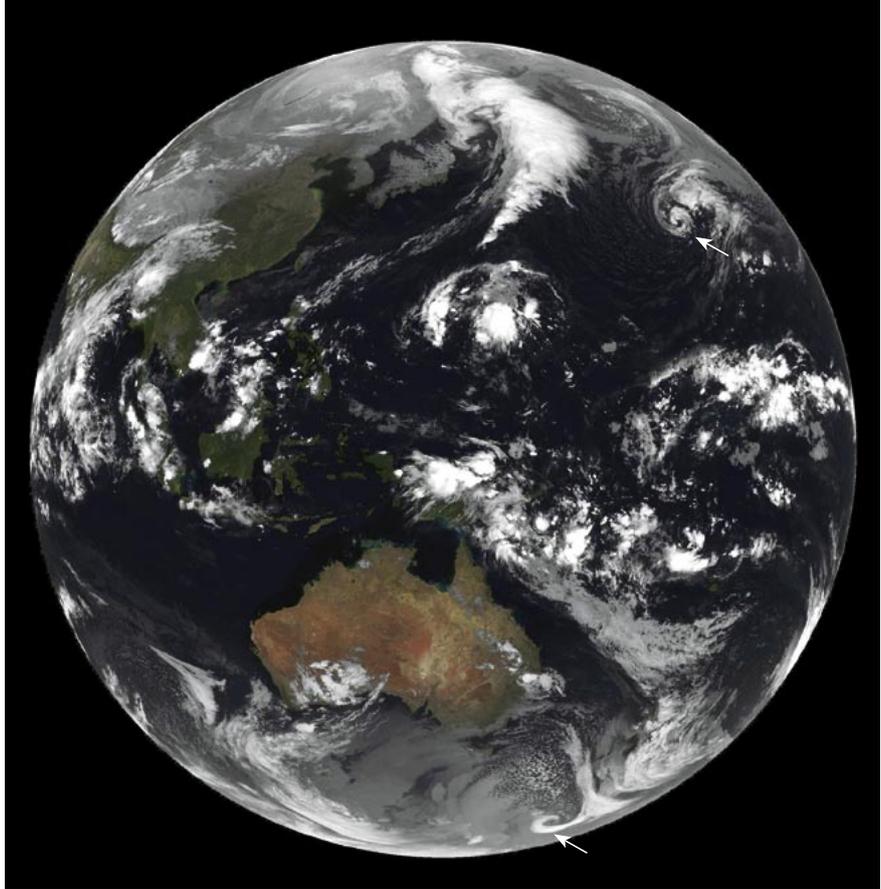
■ Nordwestwind bringt stets etwas kalte Meeresluft mit. Unter Tiefdruckeinfluss folgt Schauerwetter, unter Hochdruckeinfluss heiter bis wolkeiges, meist niederschlagsfreies Wetter.

■ Südwind führt warme Luft nach Mitteleuropa. Im Alpenvorland entstehen dabei häufig Föhnwetterlagen. Mit einem von Nordafrika ausgehenden, in großer Höhe strömenden Südwind kann zuweilen feinsten Saharastaub nach Mitteleuropa gelangen.

Wie lange eine Luftmasse wetterbestimmend bleibt, lässt sich mit einfachen Beobachtungen ausmachen: Eine Drehung der Windrichtung, Änderung des Luftdrucks und des Erscheinungsbildes der Wolken markieren einen Wetterumschwung.

Wolken sind wichtige Wetterzeichen

Notwendig für die Wolkenbildung ist eine aufwärtsgerichtete Bewegung der Luft. Diese Aufwärtsbewegung reicht von wenigen Zentimetern bis zu einem Meter pro Sekunde. Sie befördert auch den in der Luft enthaltenen Wasserdampf nach oben. Trockene Luft kühlt sich je 100 Meter Höhe um rund ein Grad Celsius ab. Die Abkühlung der Luft in der Höhe führt zur Kondensation, also zur Sättigung der Luft mit Wasserdampf. Sichtbare Folgen dieses Prozesses sind Wolken- und Nebelbildung sowie Niederschläge. Luft bestimmter Temperatur kann nur eine bestimmte Menge Wasserdampf aufnehmen: Ein Kubikmeter 20 Grad Celsius warmer Luft enthält 17,3 Gramm Wasserdampf, bei Null Grad Celsius sind es nur noch 4,8 Gramm.



Der kondensierte Wasserdampf fällt als Niederschlag aus den Wolken, beispielsweise als Regen. Er kann aber auch verdunsten, bevor er die Erdoberfläche erreicht. Für die Bildung von Niederschlag ist es deshalb wichtig, dass Wassertropfen oder Eiskristalle in der Luft bis zu einer kritischen Größe anwachsen. Nur wenn sie schwer genug sind, können sie bis auf den Erdboden fallen. So sind mehrere tausend feinste Wolkentropfen erforderlich, um einen Regentropfen von einigen Millimetern Durchmesser zu bilden.

In allen Höhenlagen der Atmosphäre lassen sich Haufenwolken (Cumuluswol-

▲ Abb. 11: Auf der nördlichen Hemisphäre bewirkt die Corioliskraft stets eine Rechtsablenkung, auf der südlichen Hemisphäre eine Linksablenkung. Dem entsprechend rotieren Tiefdruckgebiete (Pfeile) auf beiden Hemisphären in entgegengesetztem Drehsinn. Die Aufnahme des Satelliten GOES 9 zeigt ein Tiefdruckgebiet nahe dem oberen rechten Rand der Kugel über dem Pazifik, und ein weiteres Tief am unteren rechten Rand, südlich von Australien. (Bild: Ferdinand Valk, www.fvalk.com)

WILLIAM OPTICS www.williamoptics.de

FLT 110 APO F/7.0 OTA

Eine weitere Verbesserung unseres geliebten 110mm Refraktors: Neue, von TMB entworfene Luftspalt Optik. Das ultimative Teleskop, entworfen für Astronomen welche nur die besten fotografischen/CCD Resultate erzielen wollen. Jetzt erhältlich zu einem erstaunlich günstigen Preis in seiner Klasse. Ein Teleskop auf höchstem Niveau.

NEU

ZenithStar 80 II ED Doublet APO

Das neueste Mitglied der ZenithStar II Doublet APO Familie ist ein 80mm ED Refraktor - der ideale APO Refraktor bei der Planetenbeobachtung, der Fotografie oder wenn äußerst klaren Bilder bei hohen Vergrößerungen gefragt sind. Dieses Teleskop eignet sich ebenfalls für den Einsatz als Zweit- oder Leit-Teleskop mit vernünftigen Preis.

NEU

Megrez 90 APO OTA

Eine komplett neue Generation von Refraktoren. Optimierte Mechanik, Doublet 90mm FPL-53 Optik mit Luftspalt. Ein integrierter Crayford Fokussierer mit zweifacher Untersetzung. Edelstahl Lagerungen für maximale Ladung. Rückschiebbare Taukappe und die bekannte L-förmige Befestigungseinheit.

NEU

ZenithStar 66 SD APO OTA

In der ZenithStar 66 Familie gibt es Zuwachs, zwei neue Doublet Apo f/5,9 in den Farben Orange oder Blau. Diese elegant gearbeiteten Schmuckstücke eignen sich hervorragend als Parallelteleskope auf einem S.C., da sie sich in der Farbe perfekt den Meade oder Celestron Geräten anpassen.

Orange
Blau

Cirruswolken



Cirrocumuluswolken



(Mondhalo: Martin Dietzel, alle übrigen Bilder: Martin Neumann)

ken) und Schichtwolken (Stratuswolken) beobachten. Haufenwolken sind im Gegensatz zu Schichtwolken vertikal orientiert. Ihre Entstehung verdanken sie dem raschen Aufsteigen warmer Luft. Daher bezeichnet man sie auch als Quellwolken und Thermikwolken. Die am stärksten ausgeprägten Quellwolken sind Gewitterwolken, in denen starke Aufwinde herrschen, welche die Warmluft in unseren Breiten in Höhen von bis zu zehn Kilometern transportieren können. Im Unterschied zu Quellwolken entstehen Schichtwolken durch das Aufgleiten warmer Luft auf kühlere, bodennähere Luft oder als Folge starker Abkühlung durch Wärmeausstrahlung, beispielsweise bei Hochnebelbildung.

Je nachdem, in welchem Stockwerk Wolken auftreten, gestatten sie unterschiedliche Aussagen über die Entwicklung des Wetters:

■ **Hohe Wolken:** In Höhen von 6000 Metern oder mehr treten faserige Cirruswolken auf, die häufig eine Wetterverschlechterung ankündigen (Abb. 12). Hier sind auch die Cirrocumuluswolken zu finden, kleine Quellwolken, die kaum Niederschlag erwarten lassen. Cirrostratuswolken schließlich sind dünne Wolkenschleier. Wegen ihrer großen Höhe bestehen Cirruswolken aus Eiskristallen. Diese können hindurch scheinendes Sonnen- oder Mondlicht brechen und auf diese Weise farben- und formenreiche Haloerscheinungen hervorrufen. Ein Halo ist kein eindeutiger Beweis für

eine Wetterverschlechterung, denn Cirruswolken sind keine Regenwolken, und ein kurzfristiger Cirrenschleier ist auch während einer Schönwetterlage möglich. Sie geben jedoch Aufschluss über Luftströmungen in der Troposphäre. Erst eine rasche Verdichtung der Cirrostratusbewölkung und Anzeichen für den Übergang in Altostratus sind Signale für einen Wetterumschwung.

■ **Mittelhohe Wolken:** Im Bereich zwischen 2500 und 6000 Metern Höhe beobachten wir Altostratuswolken. Sie bilden eine dichte Wolkenschicht, durch die das Licht der Sonne gerade noch hindurch scheint. Vor allem Westwetterlagen bringen diese Schichtwolken und verfestigen den Hinweis auf eine beginnende Schlechtwetterlage. Hiervon zu unterscheiden sind die auch als »Schäffchenwolken« bezeichneten Altocumuluswolken, die Niederschlag bringen können, aber nicht müssen (Abb. 13).

■ **Tiefe Wolken.** Im niedrigsten Bereich mit Untergrenzen von weniger als 2500 Metern tritt der Nimbostratus auf, eine dunkelgraue Niederschlagsbewölkung, die im Sommer Regen und im Winter Schnee bringt. Man bezeichnet sie auch als Landregenwolke. Eine tief hängende und durchgehende Wolkenschicht in Verbindung mit Hochnebel im Herbst wird als Stratus bezeichnet (Abb. 14). Stratocumuluswolken bilden oft Wolkenbänke von bedrohlichem Aussehen, bringen aber meist keinen Niederschlag.

▲ Abb. 12: Das oberste Wolkenstockwerk bevölkern Cirrus- (links), Cirrocumulus- (Mitte) und Cirrostratuswolken. Letztere können atmosphärische Erscheinungen wie Nebensonnen oder Halos hervorrufen. Das Bild rechts zeigt einen von Martin Dietzel am 6. 11. 2006 fotografierten Halo um den Mond.

▶ Abb. 13: Die Grundtypen der mittelhohen Wolken sind Altostratus (links) und Altocumulus (rechts).

▼ Abb. 14: Im untersten Wolkenstockwerk lassen sich Stratus (links), Nimbostratus (Mitte) und Stratocumulus beobachten.

Stratuswolken



Mondhalo



Sie vermitteln den Eindruck von tief hängenden grauen Wolkenwalzen, so genannten Schollen, mit dunklen Partien.

Vorsicht, Gewitter!

Für die Wetterprognose vor Ort ist es sehr wichtig, die Wolkenentwicklung im Auge zu behalten. So garantieren diejenigen Haufenwolken, die nach ihrer Entstehung nicht in die Höhe streben, sondern sich flach ausbreiten, sonniges und trockenes Wetter. Oder: Wolken, die sich kurzfristig immer wieder auflösen, bieten stets eine Gewähr dafür, dass es am selben Tag keine Niederschläge gibt.

Ganz anders ist die Situation bei der Entstehung von Wolkentürmen, die sich nicht rasch auflösen, nach den Seiten »zerfließen« und an den Rändern ein faseriges, rauchartiges Aussehen annehmen (Abb. 15). Hier kann sich ein Gewitter anbahnen. Ein auffällig absinkender Luftdruck ist ein weiteres Signal. Stürmische Winde, wolkenbruchartige Regenfälle, auch heftige Graupel-, Hagel- oder Schneeschauer begleiten den Aus-

bruch des Gewitters. Wärmegewitter sind örtlich begrenzt und entstehen als Folge einer intensiven Sonneneinstrahlung.

Anders verhält es sich bei Frontgewittern. Sie entstehen, wenn mit einer Westwetterlage eine Kaltfront auf Mitteleuropa vorstößt und dabei auf Warmluft trifft, die während einer Hochdrucklage aufgeheizt und stark mit Wasserdampf angereichert wurde. Die Turbulenzerscheinungen in Frontgewittern sind gewaltig (Abb. 16). Die Gewitterfront erreicht oft eine Länge von mehreren hundert Kilometern und zieht in west-östlicher Richtung über den Kontinent hinweg.

Frontgewitter sind nicht auf den Sommer beschränkt. Im Winter treten sie in Verbindung mit kräftigem Schneetreiben auf. Nicht selten leiten sie einen Wetterumschwung ein. Dagegen muss das örtlich begrenzte Wärmegewitter nicht zu einer Wetterverschlechterung führen. Längere Niederschläge wie Landregen sind nur dann zu erwarten, wenn sich die Luft bei einem Wärmegewitter sehr stark abkühlt.

Altostratuswolken



Alto cumuluswolken



Nimbostratuswolken



Stratocumuluswolken



Im Auge behalten sollte man auch die Verdichtung von Schichtwolken, angefangen bei leichten Federwolken (Cirren) bis hin zu grauem Nimbostratus. Dieser Vorgang kündigt einen Wetterumschwung an, der innerhalb weniger Stunden eintreten kann. Je beständiger eine geschlossene Decke von Schichtwolken ist, desto wahrscheinlicher sind Niederschläge und Hochnebel. Hoffnung auf eine Wolkenauflösung besteht, sobald die Wolkendecke in viele große und kleine Segmente aufbricht, dann ist eine Wetterbesserung zu erwarten.

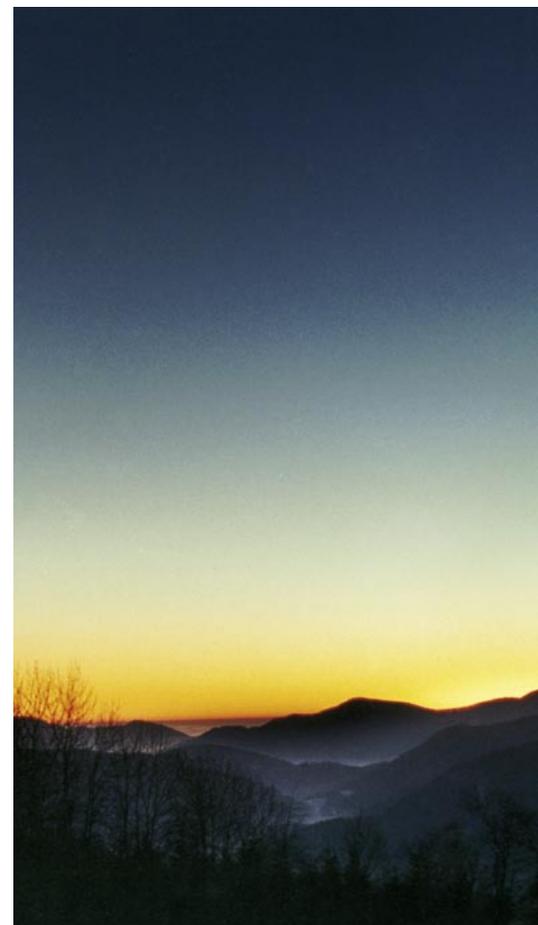
Nebel und Wolkenfarben helfen bei der Prognose

Häufig deuten Dunststreifen darauf hin, dass sich Nebel bildet. Dunst ist eine Trübung der Luft, die aus Staub, Rauch oder Schmutzteilchen besteht. Kondensieren Wassertropfen an diesen Teilchen, wird der Dunst feucht, sodass sich Nebel bilden kann. Genau genommen ist Nebel eine auf der Erdoberfläche liegende Wolke, in der die Sichtweite weniger als tausend Meter beträgt. Mischt sich warme, feuchte Luft mit kälterer Luft, entsteht ein »Mischungsnebel«; berührt sie stattdessen die abgekühlte Erdoberfläche, entsteht ein »Strahlungsnebel« (Abb. 17).

Sonneneinstrahlung kann die Erwärmung bereitstellen, die notwendig ist, um den Nebel vom Boden her wieder aufzulösen. Bei Strahlungsnebeln wirkt die Sonnenstrahlung in der Regel ungehindert, der Nebel löst sich im Laufe des Vormittags wieder auf. Wenn nicht, dann ist der Nebel zu mächtig und die Erwärmung zu gering. Aufziehende Schichtbewölkung spielt dabei eine Rolle. Diese Wolkenschicht kann Teil eines Warmluftzustroms sein, der Niederschlag bringt.



▼ Abb. 15: An Sommertagen mit feuchter Luft können sich aus aufsteigender feuchtwarmer Luft Hitzegewitter entwickeln. Gewitterwolken (Cumulonimbus) können sich bis zur Tropopause und darüber erstrecken. (Bild: Jochen Althaus)





▲ Abb. 16: Starke Aufwinde mit vertikalen Windgeschwindigkeiten von bis zu 250 Kilometern pro Stunde begünstigen die elektrische Aufladung einer Cumulonimbuswolke. In ihrem oberen Bereich überwiegen elektrisch positive, im unteren Bereich negative Ladungen. Innerhalb jeder Sekunde entladen sich weltweit mehrere tausend Blitze. (Bild: Marc-André Besel)

◀ Abb. 17: Eine kalte, sternklare Nacht geht zu Ende. Über den ausgekühlten Böden der Täler haben sich Strahlungsnebel gebildet. Das am wolkenlosen Himmel sichtbare Morgenrot kündigt schönes Wetter an. (Bild: Gerald Rhemann)

AME2007



22. September 2007

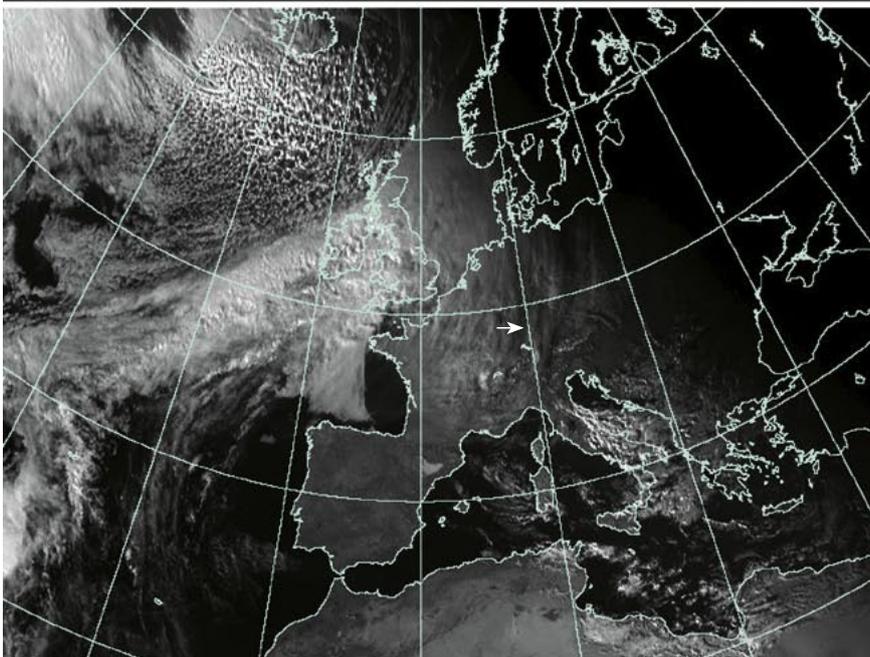
2. Internationale Astronomie-Messe

- **Große Teleskopausstellung**
- **Rahmenprogramm**
- **Große Freifläche für Tests und Beobachtungen**
- **Einkaufsmöglichkeiten durch Teilnahme zahlreicher Händler**
- **Forum mit Bewirtung als Marktplatz für Gespräche und Erfahrungsaustausch**
- **Einen Rückblick zur AME2006 finden Sie auf unserer Website**
- **Wann/Wo?**
22. September 2007
78054 VS-Schwenningen
6000 kostenlose Parkplätze
15 Gehminuten vom Bahnhof
- **Fragen?**
Tel.: 0741 2706210
E-Mail: info@astro-messe.de

www.astro-messe.de



◀ Abb. 18: Das Abendrot ist nur dann ein zuverlässiges Zeichen für schönes Wetter, wenn es an einem wolkenfreien Himmel erscheint. Das Bild oben zeigt hohe Bewölkung vor einem heranziehenden Tiefdruckgebiet. Es entstand am eingezeichneten Ort (Pfeil) zur gleichen Zeit wie das Satellitenbild unten. Am nächsten Tag herrschte trübes Schauerwetter. (Bilder: Martin Neumann, EUMETSAT/Met Office)



▼ Abb. 19: Der außerhalb eines Wohnhauses angebrachte Sensor misst die Temperatur sowie die Feuchtigkeit der Luft und überträgt die Messwerte per Funk zu einer Basisstation. Derartige Funkwetterstationen sind bei zahlreichen Anbietern preiswert erhältlich.



Jahreszeitliche Unterschiede der Nebelhäufigkeit hängen mit der Einstrahlung der Sonne und dem Auftreten bestimmter Wetterlagen zusammen. In Mitteleuropa nimmt die Nebelhäufigkeit zur Jahresmitte hin ab. Ab Oktober nimmt sie kräftig zu, da nun die Intensität der Sonneneinstrahlung geringer und die relative Luftfeuchtigkeit größer ist.

Typisch ist die herbstliche Neigung zu Nebel im November: Der Monat beginnt mit einer Hochdrucklage und trockener Luft, die nicht allzu kalt und nebelfreundlich ist. Zur Monatsmitte entwickelt sich eine milde Westströmung mit Wind und Regen. In der zweiten Monatshälfte stellt sich ein hoher Luftdruck mit schönem Wetter in den Bergen ein, wie wir es vom Goldenen Oktober her kennen. Währenddessen ist es im Flachland neblig und frostig. Der November schließt mit einer Westlage,

die milde Meeresluft und Regen bringt. Dieser Wetterablauf gilt laut Statistik für zwei Drittel aller November in Mitteleuropa.

Für Sternfreunde ist es äußerst nützlich, die Himmelsfarben zu beobachten. Während der Dämmerung treten interessante Himmelsfarben und Wolken auf, die als Wetterzeichen anzeigen, ob es sich lohnt, das Fernrohr für eine Sternennacht aufzustellen: In den unteren Luftschichten schwebende Wassertropfchen und Staubteilchen verstärken die Rotfärbung des Himmels und der Wolken. Auch gelbliche und weißgelbliche Farben erscheinen.

Sowohl ein kräftiges Morgenrot als auch Abendrot verraten einen hohen Gehalt an Wasserdampf und die Neigung zur weiteren Wolkenbildung (Abb. 18). Morgen- und Abendrot kündigen schönes Wetter an, wenn die Färbung am wol-

kenlosen Himmel erscheint und nicht feurig ist. Man spricht dann von einer »stillen Morgenröte«, beziehungsweise von einem »goldenen Sonnenuntergang«. Hingegen kündigen kräftig rot gefärbte Wolken am Morgenhimmel Niederschläge an, die oft schon Stunden später einsetzen. In diesem Fall überrascht auch das vermeintliche Schönwetterabendrot mit schlechtem Wetter, denn in Verbindung mit einsetzendem Westwind ist es Anzeichen für ein heraufziehendes Tief, das noch in der Nacht Niederschläge bringen kann.

Tipps für die Praxis

Eine systematische Beschäftigung mit Wetterphänomenen kann damit beginnen, die unterschiedlichen Wolkentypen aus eigener Anschauung kennen zu lernen und photographisch zu dokumentieren. Interessant ist es auch, die in Wet-

terberichten beschriebenen Großwetterlagen und Vorhersagen (siehe »Weitere Informationen«) mit den örtlichen Wetterverhältnissen (Bewölkung, Windstärke, Windrichtung, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, minimale und maximale Temperatur) zu vergleichen. Hierbei zeigen sich immer wieder Überraschungen: Beispielsweise sind die nächtliche Abkühlung und relative Luftfeuchtigkeit regional verschieden. Moor- und Flusslandschaften folgen bei der Nebelbildung »Kleinstwetterlagen« ebenso wie Seen und Wälder.

Die für systematische Wetterbeobachtungen erforderliche Ausrüstung muss nicht teuer sein. Bereits die in Bau- und Elektronikmärkten angebotenen Funkwetterstationen leisten gute Dienste (Abb. 19). Beim Vergleich eigener Messwerte mit denen anderer Stationen ist das Internet sehr hilfreich. Hier finden sich beispielsweise interaktive Karten mit den aktuellen Messwerten für zahlreiche Orte in Deutschland und dem benachbarten Ausland. Die Gemeinschaft der Hobbymeteorologen (GdHM) regt dazu an, per E-Mail Erfahrungen und Messwerte auszutauschen und gestaltet einen Grundkurs zur Wetterkunde mit kostenfreiem Lehrmaterial.

Das Internet bietet auch stündlich aktualisierte globale und regionale Satellitenbilder sowie mehrmals täglich aktu-

Weitere Informationen

Rainer Crummenerl: Das Wetter. Reihe »Was ist was«, Band 7. Tessloff Verlag Nürnberg

Bernd Eisert, Richard Heinrich, Gabriele Reich: Kosmos Wetterjahr 2007. Kosmos Verlag, Stuttgart 2006

Günter D. Roth: Wetterkunde für alle. Wolkenbilder und andere Wetterphänomene, Wettervorhersage, Großwetterlagen. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München 2004

Michael Vollmer: Lichtspiele in der Luft. Atmosphärische Optik für Einsteiger. Verlag Elsevier, Heidelberg 2005

Die Zukunft des Wetters. Schwerpunktthema in Spektrum der Wissenschaft 8/2005

Spektrum der Wissenschaft: Dossier 1/2002: Klima. Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg 2002

Dieter Walch: Alles Klar! Wetter verstehen mit Dieter Walch. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München 2005

Interessante Weblinks zu diesem Thema finden Sie auf unserer Homepage unter www.suw.online.de/artikel/860110

alisierte Isobarenkarten. Zudem lassen Radarkarten, wie sie unter www.wetter.com und www.wetteronline.de erhältlich sind, eine Wetterverschlechterung, etwa eine heranziehende Kaltfront mit Niederschlägen oder Gewitter mit Hagel, frühzeitig erkennen. Reizvoll ist es, die vor Ort auftretenden Phänomene photographisch sowie durch eigene Messungen zu erfassen und dem jeweiligen Satellitenbild gegenüberzustellen. Auf diese Weise lernen Einsteiger schnell, Satellitenbilder und Wetterkarten richtig zu interpretieren. □



Günter D. Roth ist seit vielen Jahren Mond- und Planetenbeobachter. Er betreut als Herausgeber

das Praxisbuch »Planeten beobachten« und das »Handbuch für Sternfreunde«. Er ist Mitherausgeber von Sterne und Weltraum und Ehrenmitglied der Vereinigung der Sternfreunde (VdS).

GALILEO - Ihr Astrospezialist

TAKAHASHI



FS- und TSA-Serie (OTA)

FS-60 C f/6: 951 CHF

SKY 90 f/5.6: 3029 CHF

TSA-102S f/8: 3511 CHF

TOA Triplets Ortho-Apo (OTA)

TOA-130 S f/7.7: 7997 CHF

TOA-150 f/7.3: 14197 CHF

Mewlon-Serie (OTA)

180 mm f/12: 2985 CHF

210 mm f/11.5: 3973 CHF

250 mm f/12: 9403 CHF

300 mm f/11.9: 21954 CHF

Für eine schnellstmögliche Auslieferung können Sie sich bei uns die 16"-Version ab sofort reservieren lassen.



MEADE

Dobson LightBridge Deluxe

Ein Leichtgewicht unter den Dobsonteleskopen. Beste mechanische Verarbeitung, einfacher Zusammenbau und sehr gut transportierbar. * Geschätzter Einführungspreis

8" f/6: 776 CHF

10" f/5: 1025 CHF

12" f/5: 1612 CHF

16" f/5: 3590 CHF*



LX200 R GPS UHTC Optischer Tubus (OTA)

8" f/10: 4832 CHF

10" f/10: 6445 CHF

12" f/10: 8564 CHF

14" f/10: 12011 CHF

16" f/10: 23303 CHF

8" f/10: 2229 CHF

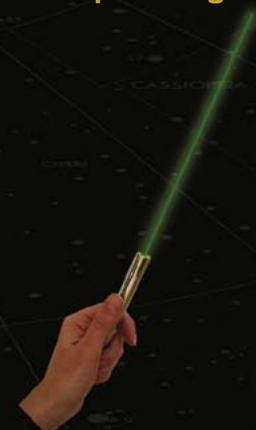
10" f/10: 3212 CHF

12" f/10: 4766 CHF

14" f/10: 6585 CHF

16" f/10: 14049 CHF

Unsere Empfehlung



Grüner Laserpointer

Leistungsstarker und sehr gut sichtbarer Laserpointer. Ideal für öffentliche Führungen. Verkauf nur in der Schweiz. 99 € / 149 CHF



ADM - Argo Navis - ASA - Astrodon - Astronomik - AstroZap - Atik - Bob Knobs - Canon - Celestron - Cercois Astro - Coronado - Denkmeier - Diffraction Limited - Discovery - Equatorial Platforms - FU Gemini - Geoptik - Importations Chinoises - Intes Micro - Johnsonian Design - Losmandy - Lumicon - Lymax - Meade - Miyauchi - Obsession - OGS - Optec - RCDs - RoboFocus - SBIG - Sirius Observatories SkyWatcher - SolarScope Software Bisque - Starlight Instruments - Starlight Xpress - StarryNight - StarWay - StellarCat - Takahashi - TEC - TeleVue - Thousand Oaks - Vixen - William Optics

www.galileo.cc

info@galileo.cc

Limmattalstrasse 206 - 8049 Zürich - Tel: +41 (0) 44 340 23 00 - Fax: +41 (0) 44 340 23 02

Rue de Genève 7 - 1003 Lausanne - Tel: +41 (0) 21 803 30 75 - Fax: +41 (0) 21 803 30 77



Preise inkl. 7.6% MWSt. Preise, Angaben und Abbildungen ohne Gewähr. Änderungen ohne Vorankündigung vorbehalten.