



quarks Script

Script zur WDR-Sendereihe „Quarks & Co“

WDR FERNSEHEN

 **Das Wetter,**

Inhalt

1. Der Mensch und das Wetter	4
2. Wetterpropheten in der Natur	9
3. Wetterhäuschen & Co.	11
4. Wetterprofis früher und heute	15
5. Die Wettermaschine	18
6. Eiskalt erwischt – Reise in die Wolken	23
7. Spuren der Verwüstung – Wetter extrem	25
8. Der Traum vom Wettermachen	28
9. Service & Tips	30
10. Literatur	32
11. Adressen	33
12. Index	34

Impressum:
Text: Stefan Hoeren
Redaktion: Thomas Hallet, (viSdP)
Beratung:
Karsten Schwanke, Dipl.-Meteorologe
Lektorat: Bernhard Frechen
Copyright: WDR

Internet: Weitere Informationen erhalten
Sie unter <http://www.wdr.de>

Gestaltung:
Designbureau Kremer Mahler, Köln

Bildnachweis:
Alle Fotos: WDR
Alle Illustrationen und Grafiken:
Designbureau Kremer Mahler;
Vera Vinitskaja

Diese Broschüre wurde auf
100 % chlorfrei gebleichtem
Papier gedruckt.



Das „Quarks & Co“-Team:
Salim Butt, Stefan Hoeren,
Ranga Yogeshwar, Thomas
Hallet, Daniele Jörg und Axel
Bach

Liebe Zuschauerinnen und Zuschauer!

Wer sich gerne mit dem Wetter beschäftigt, ist in Deutschland denkbar schlecht aufgehoben. Denn – global betrachtet – sitzen wir hier auf einem äußerst langweiligen Flecken. In vielen Teilen der Welt ist das Wetter viel wechselhafter und oft extrem – mit gravierenden Folgen für Mensch und Natur. Auch für unsere Vorfahren hatte das Wetter noch sehr viel Schicksalhaftes, denn es bestimmte die Nahrungsgrundlagen und die Überlebenschancen.

Heute sind wir vom Wetter fast unabhängig – und dennoch ist es immer ein Gesprächsthema, bei vielen bestimmt es die Tagesform, und am Ende der Tagesschau ist es die Wettersvorhersage, die das Weltgeschehen wieder etwas unwichtiger erscheinen läßt und uns auf den nächsten Tag einstimmen soll. Warum auch immer – das Wetter interessiert uns. Und es wird noch interessanter, wenn man sich fragt, warum ein Hoch ein Hoch ist und wie das Wechselspiel mit einem Tief zustandekommt. Oder was geschehen muß, damit Wasser zu einer Wolke und aus einer Wolke endlich ein Regenschauer wird. Diese und andere Themen rund um's Wetter haben wir für Sie in diesem Heft zusammengestellt.

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihr „Quarks & Co“-Team

Daniele Jörg *Axel Bach* *John Zink*
Ranga Yogeshwar
Thomas Hallet *Stefan Hoeren*

1. Der Mensch und das Wetter

Ist Wetter gefährlich?

Die deutsche Todesursachen-Statistik (Quelle: Statistisches Bundesamt, Sterbefälle nach Todesursachen, 1994) liefert folgende Zahlen: An Blitzschlag starben 1994 fünf Menschen. Nimmt man die anderen, eindeutig dem Wetter zuzuordnenden Todesursachen wie Hitzschlag und Sonnenstich dazu, gehen gerade einmal 0,002 Prozent aller **Sterbefälle** auf das Konto des Wetters.

Im Vergleich: 91.530 Menschen starben 1994 an chronischen Herzkrankheiten – mit einem Anteil von 10,4 Prozent Tabellenführer der Statistik (1994 starben insgesamt in Deutschland 884.661 Menschen). Wetter ist also wenig gefährlich. Trotzdem lesen wir Schlagzeilen wie „Das schwüle Wetter bringt uns um!“ oder „Föhn fordert Selbstmordopfer“. Tatsächlich schnellen an extremen Sommertagen die Sterbefälle kurzfristig nach oben, platzen die Wartezimmer der Ärzte bei winterlichen Inversionswetterlagen – vor allem in unseren Großstädten (Stichwort Smog!) – aus allen Nähten. Eine ganze Wissenschaft, die **Medizin-Meteorologie**, befaßt sich mit der Wirkung des Wetters und des Klimas auf den Menschen.

Was ist Wetterfühligkeit?

Der Begriff der Wetterfühligkeit findet sich sogar im Lexikon. So versteht man laut Meyers Großem Taschenlexikon unter Wetterfühligkeit die „Beeinflussbarkeit von Allgemeinbefinden, Stimmung und Leistungsfähigkeit durch Witterungs-

erscheinungen, z. B. Föhn.“ Und weiter: „Wetterfühligkeit tritt bei etwa 30 Prozent der mitteleuropäischen Bevölkerung auf. Besonders betroffen sind Menschen mit Kreislaufstörungen. Von der Wetterfühligkeit zu unterscheiden ist die Wetterempfindlichkeit, die sich durch Verschlimmerung bestehender Krankheiten, örtlicher Beschwerden und Schmerzen äußert.“

Nach der **gesetzlichen Auslegung** gehört die Wetterfühligkeit ausdrücklich nicht zu den krankhaften Beschwerden, genauso wenig wie Ermüdungserscheinungen, Hunger- und Durstgefühle, See- und Luftkrankheit oder Schwangerschaftsbeschwerden.

Die Wissenschaftler drücken sich nur um eine Nuance differenzierter aus. Sie sagen, Wetterfühligkeit sei keine Krankheit sui generis, also keine Krankheit als solche. Die Medizin-Meteorologen glauben, daß es sich um einen **uralten Schutzreflex** handelt, der bei Wetterwechsel Mensch und Tier vorwarnte. (Mehr zum Thema „Frühwarnsystem der Tiere“ erfahren Sie im nächsten Kapitel.) Dafür spricht, daß Menschen auch heute noch eine ständige Stimulation wechselnder Wetterreize im Sinne eines peristatischen Trainings für ihr Wohlbefinden benötigen. Auch in unserer zivilisierten Welt paßt sich unser Körper Witterungsverhältnissen an. Augenscheinlich wird dies bei Kälte durch Zittern, bei Hitze durch Schwitzen. Wer sich regelmäßig Wetterreizen aussetzt, spricht an die frische Luft geht, trainiert sein **Regelsystem** und wird unempfindlicher gegen meteorologische Reize, härtet sich sozusagen ab.

Die Medizin-Meteorologie unterscheidet drei verschiedene Arten des Wechselspiels zwischen Wetter und Mensch:



Wetterreaktion
Die physiologische Antwort auf atmosphärische Umweltreize wird als Wetterreaktion bezeichnet. Zur Erhaltung der Kerntemperatur

ist der Organismus gezwungen, ständig die Wärmebildung, Wärmeaufnahme und -abgabe zu regulieren. Diese Körper-Reaktion nehmen wir nur wahr, wenn wir stark schwitzen oder frieren. Der gesunde Körper regelt das automatisch. Bei „normalem“ Wetter spüren wir davon nichts. Hin und wieder werden manche Stimmungs- und Befindensschwankungen ohne wesentlichen Leidensdruck oder Krankheitswert, für die sich sonst keine Erklärungen anbieten, der Wetterreaktion zugeschrieben.

Wetterfühligkeit

Wetterfühlig ist ein Mensch mit erhöhter Ansprechbarkeit bzw. erniedrigter Reizschwelle seines vegetativen Nervensystems. Er nimmt also seine Körperreaktion auf Wetter und Klima verstärkt subjektiv wahr.

Je nach Ausmaß dieser überschießenden Reaktion kann es zu Müdigkeit, Kopfdruck und Konzentrationsstörungen kommen.

Wetterfühligkeit ist – bildhaft gesprochen – ein Leben in Überlastung am Rande eines Fasses mit kleinem Fassungsvermögen vor dem Überlaufen. Durch Training und Lebensführung läßt sich diese Überempfindlichkeit wieder zu einer ausgeglichenen Wetterregulation zurückführen: Ins Faß paßt wieder mehr hinein.

Wetterempfindlichkeit

Wetterempfindlich kann man im Laufe seines Lebens durch entsprechende Krankheiten und/oder Verletzungen werden. Häufigste Vertreter der Wetterempfindlichkeit sind Kopf-, Narben- und Amputationsschmerzen („Phantomschmerzen“) sowie

Müdigkeit und schwere Merkstörungen nach Frakturen.

Wetterbedingte Beschwerden mögen Symptomen normaler Krankheiten ähneln – in einer Hinsicht unterscheiden sie sich aber klar von ihnen: Auch mit gründlichen Untersuchungen kann der Arzt keine krankhaften Veränderungen an den betreffenden Organen nachweisen. Die Wetterleiden müssen demnach als Symptome eines **geschwächten Organismus** betrachtet werden, der nicht in der Lage ist, die atmosphärischen Veränderungen zu kompensieren. Also, Wetterfühligkeit ist grundsätzlich keine Krankheit, doch hat Wetterempfindlichkeit durchaus Krankheitswert.

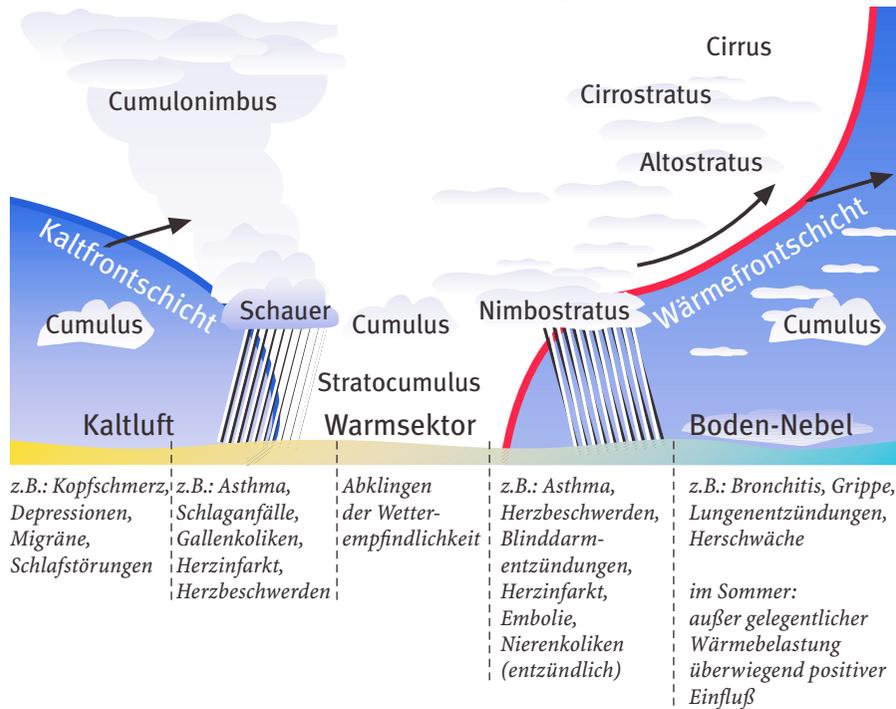
Wie wirkt das Wetter auf unsere Gesundheit?

Die Wissenschaft hat schon vor Jahrzehnten in zahllosen Studien untersucht, die jeweils meßbaren, einfachen, sogenannten klassischen meteorologischen Elemente mit Befindensschwankungen oder Krankheiten zu korrelieren. Dazu gehörten Luftdruck, Temperatur, Windstärke, Feuchte, Niederschlagsmenge und Bewölkungsgrad. Verdächtig wurden auch die Luftionen, also elektrische Ladungen in der Luft, die niederfrequenten elektromagnetischen Strahlungen, bekannt als Spherics, und die kurzfristigen atmosphärischen Druckschwankungen.

Die Mehrzahl der **Untersuchungsbefunde** lieferte jedoch unsichere, fragliche oder unbefriedigende Ergebnisse. Einzelemente spielen wohl eine oft entscheidende Rolle (beispielsweise Schwüle bei Herz-Kreislauf-Krankheiten), die Wirkung des gesamten Wetterkomplexes bewegt sich jedoch im Spekulativen. Die Fachleute nehmen an, daß unser vegetatives Nervensystem die Wet-



Krankheiten, die durch Wettereinfluß gehäuft auftreten:



terreize wie eine Antenne aufnimmt. Wie sie dann im Detail wirken, ist noch weitgehend unbekannt. Eine Schlüsselrolle sollen die kleinen und häufigen Druckschwankungen spielen, die immer dann auftreten, wenn verschiedene Luftmassen im Bereich der Warm- und Kaltfronten übereinandergleiten. Vermutlich spielen auch eine Rolle die elektrischen Ladungen, die bei Luftmassentransporten und -überlagerungen erzeugt oder verschoben werden. Tatsache ist jedenfalls, daß auch vollklimatisierte Räume gegen Wetterbeschwerden keinen Schutz bieten. Interessant auch, daß Wetterfähigkeit in anderen Ländern sehr viel weniger bekannt ist, obwohl beispielsweise Engländer und Norweger belastenderen Wettersituationen ausgesetzt sind als wir Deutschen. Schließlich ist es bemerkenswert, daß in wirtschaftlichen Not-

zeiten und im Krieg die Wetterfähigkeit deutlich zurückging. Die Vermutung liegt nahe, daß Wetterbeschwerden viel mit unserer modernen Lebensführung zu tun haben, auf jeden Fall zu großen Teilen psychischer Natur sind.

Und wer kennt das nicht: Bei Sonnenschein (stabile Hochdruck-Wetterlage) fühlen wir uns, als könnten wir Bäume ausreißen; bei naßkaltem Wetter und grauerheligem Himmel (Tiefdruck, Inversionswetterlage) sackt die Stimmung schnell auf den Nullpunkt. Wetterfähigkeit – eine Zivilisationskrankheit?

Paradebeispiel: Der Sündenbock Föhn

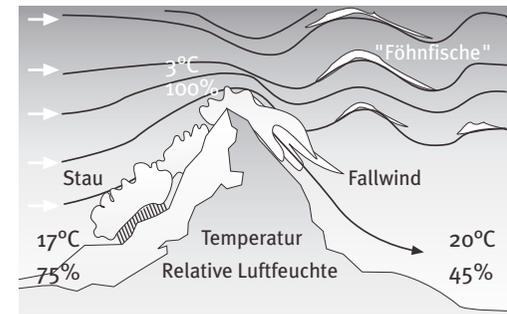
Unumstrittener Star der Wetterfähigkeit in unseren Breiten ist zweifel-

los der Föhn. Ihm wird so ziemlich alles angelastet, was als Wetterleiden kursiert. In einigen Schulen der Alpenregion sollen sogar an Föhntagen keine Klassenarbeiten geschrieben werden. Auch hat der Föhn schon so manchem Kriminellen ein geringeres Strafmaß eingebracht.

Den Föhn kannten schon die Römer (lateinisch: favonius = mild). Früher als warmer Wind aus der Sahara gedeutet, wurde er 1866 als warmer und trockener Fallwind erkannt. In Deutschland, am Alpennordrand, kommt er aus südlicher Richtung. Nicht jede sprunghafte Erwärmung hat etwas mit Föhn zu tun, schon gar nicht außerhalb der Gebirgsregionen. Föhn entsteht im wesentlichen zwischen Gebirgskamm und Tal. Sein Effekt beruht ausschließlich auf thermodynamischen Gesetzmäßigkeiten: Auf der einen Seite eines Gebirges werden Luftmassen angehoben und kühlen sich zunächst um 1 °Celsius pro 100 m ab. Schon bald bilden sich Wolken (wasserdampfgesättigte Luft), und es beginnt zu regnen (kondensiertes Wasser).

Beim weiteren Steigen der Luft beträgt die Temperaturabnahme jetzt nur noch 0,6 °Celsius pro 100 m. Hat die Luft den Gebirgskamm überschritten, gerät sie sehr schnell aus dem Sättigungsbereich heraus und erwärmt sich wieder jeweils um 1 °Celsius pro 100 m. Die Differenz zwischen aufsteigender und abfallender Luft von ca. 0,4 °Celsius erklärt den Wärmeeinbruch auf der dem Wind abgewandten Seite der Bergmassive (siehe Abb.). Föhn verrät sich neben dem warmen Wind durch sehr trockene Luft, häufige Luftdruckschwankungen in kurzer Zeit, ausgefallene Wolkenformationen (Föhnmauer, „Föhnfische“) und durch außerordentlich gute Fernsicht.

Die Palette der Föhnbeschwerden reicht von depressiven Anfällen über Schlafstörungen bis hin zu Migräne. Auch werden der lauen Luft immer



So entsteht Föhn...

wieder steigende Unfall- und Selbstmordzahlen angelastet. Die Theorien zur Föhnwirkung sind vielfältig – durchsetzen konnte sich bis heute keine. Am plausibelsten erscheint die Erklärung, daß der Luftdruck in einem Gleichgewicht steht mit dem menschlichen Blutdruck und somit in einer Wechselwirkung mit dem gesamten menschlichen Organismus. Die häufige Änderung des Außendrucks bringt offenbar verschiedene Körperfunktionen ins Schleudern. Messungen im Labor haben gezeigt, daß Druckschwankungen in einem Intervall von 4 - 20 Minuten die meisten Beschwerden auslösen. Diese in-vitro-Ergebnisse lassen sich jedoch nicht ohne weiteres auf die natürlichen Verhältnisse übertragen.

Der Föhn hat aber wohl auch seine guten Seiten. Manche Leute versetzt er in einen regelrechten Föhnrausch, in einen Zustand der Euphorie, so wie Hermann Hesse, der von einem „süßen Föhnfieber“ schrieb.

Was kann ich gegen den Wettereinfluß tun?

Platt geantwortet: Gegen Wetter ist kein Kraut gewachsen, dem Wetter können wir nicht entfliehen. Wer mit Wetterbeschwerden zu kämpfen hat, sollte sich rechtzeitig auf einen Wetterumschwung einstellen. Wenn

also der Wetterbericht schwülheiße Tage ankündigt, heißt das für Herz-Kreislauf-Kranke: Anstrengung vermeiden und den Schatten aufsuchen.

Der Deutsche Wetterdienst bietet in diesem Zusammenhang sogar einen speziellen Telefon-Service an, die **medizin-meteorologischen Hinweise**. Allerdings sollte man sich vorher von seinem Arzt beraten lassen, denn die Ansage ist ohne genaue Kenntnis des eigenen Krankheitsbildes und des meteorologisch-medizinischen Fachlateins eher verwirrend. Bei labilen Menschen könnte die Kenntnis der Wetterbiotopie zu einer starken seelischen Belastung führen, aus Wetterfühligen sogar Wetterneurotiker machen. Insbesondere ältere Menschen, vornehmlich Herz- und Kreislaufkranke, Asthmatiker und chronische Bronchitiker kommen oft mit den Klimabedingungen ihres Wohnortes nicht zurecht. Für sie gibt es vom Wetterdienst sogar eine Wohnsitzberatung. Tatsächlich kann der Wechsel des Wohnortes bei einer Krankheit Linderung oder gar Heilung bringen. Grundsätzlich gilt, daß man ernsthaft seine Lebensgewohnheiten unter die Lupe nehmen sollte. Falsche Ernährung und Schlafgewohnheiten, der übermäßige Konsum von Genußmitteln und Medikamenten, fehlende Bewegung an frischer Luft, beruflicher Streß, ein klimatisch ungünstiges Urlaubsziel, ungelöste Probleme und Konflikte – kurz: alles was die Gesundheit schädigt, schädigt auch die natürliche Regulationsfähigkeit unseres Körpers und begünstigt so den Wetterstreß.

Also: Wenn es ein Mittel gegen Wetterfühlbarkeit gibt, dann ist es eine gesundheitsbewußte Lebensführung und eine positive Einstellung. Der Ohrwurm „I'm singing in the rain“ bringt es vielleicht auf den Punkt: Wer gut drauf ist, steppt eben auch im Regen.

Gibt es wandelnde Wetterpropheten?

Manch einer schwört auf das Urteil älterer Menschen und chronisch Kranker. Nach dem Motto „Meine Oma hat Schmerzen im Knie – übermorgen gibt's Regen“ lassen sie den Wetterbericht links liegen.

Von wandelnden Wetterpropheten ist gar die Rede. Hierbei handelt es sich um die auch in der Wissenschaft viel diskutierte Wettervorfühlbarkeit. Das Phänomen äußert sich vor allem bei rheumatisch Erkrankten sowie bei Menschen mit Knochenbrüchen, Operationsnarben und Amputationen. Sie behaupten, einen Wetterumschwung Tage im voraus zu spüren.

Im streng meteorologischen Sinne gibt es keine Vorfühlbarkeit, denn Wetterwechsel kündigen sich meßbar auch schon Tage vor dem sichtbaren Ereignis an. Den Todesstoß schien die These von der Vorfühlbarkeit 1961 durch ein Experiment erhalten zu haben, bei dem Gefängnisinsassen ohne Informationsmöglichkeit über ihre prophetische Ader Buch führten. Der Vergleich mit dem tatsächlichen Wettergeschehen erbrachte keinen Beweis für die Existenz des Phänomens. Die jüngsten Arbeitshypothesen der Wissenschaftler erklären die Wettervorfühlbarkeit mit der atmosphärischen Impulsstrahlung, den Spherics.

Die Untersuchungsergebnisse: Die Vorfühlbarkeit läßt sich nicht einfach von der Hand weisen – aber auch nicht eindeutig beweisen.

2. Wetterpropheten in der Natur



Um das Wetter voraussagen zu können, achtete man von jeher auch auf kleine Anzeichen und Veränderungen in Haus und Hof, in Wald und Flur. So sagt man etwa „Wenn der Abort stinkt, kommt schlechtes Wetter“. Hier liefert die Wissenschaft eine Erklärung: Anaerobe Bakterien, die beim Fäulnisprozeß eine wichtige Rolle spielen, werden durch das Fallen des Luftdrucks (Tiefdruck, also Regenwetter!) aktiviert. Vor allem aus den überlieferten Bauernregeln kennen wir eine Vielzahl von Aussagen, die sich mit dem Verhalten von Tieren und Pflanzen bei Witterungswechsel beschäftigen. Die Wissenschaft tut sich jedoch schwer, die Regeln im einzelnen zu beurteilen. Oft fehlen langjährige und regelmäßige Aufzeichnungen über Tier- und Pflanzenverhalten, um ihre Aussagekraft zu überprüfen. Auch stehen verhaltensphysiologische Erklärungen nicht immer auf festem Boden. Auf der anderen Seite: Tiere und Pflanzen sind ein Teil der Natur, sie sind fest eingebunden in ihre natürliche Umwelt. Sensibilität gegenüber Bedrohungen und rechtzeitige Reaktion kann über Leben und Tod entscheiden. So ist es durchaus nicht verwunderlich, wenn die Evolution im Laufe der Zeit den Lebewesen feine Wetterantennen zur Arterhaltung verpaßt hat. Letztendlich reagieren Tiere und Pflanzen lediglich auf Wetter – ihr Verhalten hat wenig prophetisches.

Wieviel Glauben dürfen wir diesen Wetterpropheten schenken?

Den Schwalbenflug nutzen die Landwirte schon lange zur Vorhersage von gutem oder schlechtem Wetter: „Fliegen die Schwalben niedrig, so gibt es schlechtes Wetter, fliegen sie hoch, kann mit einer Schönwetterperiode gerechnet werden.“

Eine Erklärung liefert die Speisekarte der Flugkünstler, die sich von Luftplankton, also kleinen Insekten in der Luft ernähren. Bei sonnigen Hochdruckwetterlagen steigt warme Luft auf und mit ihr die leichten Insekten. Die Schwalben folgen ihren Leckerbissen in die Höhe. Schon allein eine geringere Sonneneinstrahlung dämpft die Höhenflüge von Räubern und Beute.

Die meteorologische Bedeutung der Schwalbenweisheit ergibt sich daraus, daß vor allem Hochdruckwetterlagen – haben sie sich erst einmal eingestellt – eine hohe Erhaltungseignung besitzen und nur langsam ihren Einfluß auf das Wetter an einem Ort verlieren. Nach Abzug des Hochzentrums frischt dann der Wind schon vor dem heranziehenden Tief auf. Die Insekten bleiben am Boden. Mauersegler ziehen bei langanhaltenden Schlechtwetterperioden sogar fort, da es in ihren Jagdrevieren, den oberen Luftschichten, nichts mehr zu holen gibt.

Kein anderes Tier hat sich wohl so in unseren Sprachgebrauch eingebürgert wie der Wetterfrosch. Wetterfrösche gibt's sogar im Fernsehen. Gleich zwei Hinweise auf das Himmelsgeschehen sollen sie uns angeblich liefern:

Gut gezirpt ist halb gequakt

Der Volksmund hat seine Parade-tiere in Sachen Wettervorhersage – allen voran den kletternden Frosch und die tieffliegende Schwalbe.





Laubfroschquaken kündigt Regen an, ausgeprägter Klettertrieb läßt auf gutes Wetter schließen – so die landläufige Meinung.

Eine Studie an der Universität in Zürich spricht den grünen Quakern jegliche Prophetenkunst ab. Die Wissenschaftler konnten keine Zusammenhänge zwischen Froschverhalten und zukünftigem Wettergeschehen nachweisen.

Das Quaken der Frösche stünde in ausschließlichem Zusammenhang mit ihrem Fortpflanzungstrieb. Den Klettertrieb schreiben Fachleute, ähnlich wie bei den Schwalben, hungri- gen Froschmägen zu. Bei gutem Wetter kommt der Laubfrosch nur an seine Beute, wenn er sich in luftige Höhen begibt. Brauchbare Wettervorhersagen sind damit allerdings nicht zu erzielen.

Die Reihe der Wettertiere ließe sich beliebig fortführen: Murmeltiere, Rehe, Gänse, Bienen, Ameisen, Spinnen und Schnecken werden mit dem Wetter in Verbindung gebracht.

Allen Untersuchungen gerecht zu werden ist hier nicht möglich. Nur noch ein besonderes Beispiel, die Grille. Eine amerikanische Untersuchung hat nachgewiesen, daß die Gemini Grille eine Art lebendes Thermometer ist. Auch unsere eigenen Messungen haben ergeben, daß die Zirp-Frequenz der Insekten sich mathematisch genau in Abhängigkeit mit der Temperatur ändert. Hat man einmal eine Grille geeicht, kann man aus ihrem Zirp-Rhythmus die aktuelle Temperatur heraushören.

Die Erklärung ist einfach: Grillen sind wechselwarm, sie passen – wie alle Insekten – ihre Körperwärme der Außentemperatur an. Die kalte Grille ist langsam, die warme bewegt sich schneller.

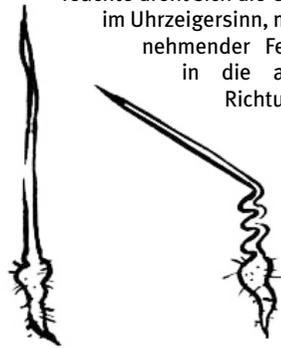


Wetterzeiger Pflanze

Auch bei den Pflanzen spricht man wohl besser von lebenden Meßgeräten als von Wetterpropheten. Besonders Tannenzapfen und Distelblüten eignen sich zur Beurteilung der Luftfeuchtigkeit.

„Wenn die Distel sich öffnet, bedeutet es Regen“, besagt eine Bauernregel. Tatsächlich öffnen und schließen sich manche Distelarten in Abhängigkeit vom Feuchtegrad. Die Eigenschaft des Sich-Einrollens oder -Entrollens, die bestimmte Pflanzenteile aufweisen, hat man sich bei der Herstellung von Hygrometern zu eigen gemacht. Besonders gut eignen sich Tannenzapfen.

Aus der Teilfrucht des Reiherschnabels, einem Storchschnabelgewächs, kann man einen einfachen Feuchtemesser bauen. Die längliche Frucht der Pflanze wird so durch das Loch einer Pappe gesteckt, daß die rechtwinklig abstehende Granne frei herausragt. Mit zunehmender Luftfeuchte dreht sich die Granne im Uhrzeigersinn, mit abnehmender Feuchte in die andere Richtung.



Hygroskopische Bewegungen bei Kiefernzapfen kennen viele noch aus der Grundschule: Taucht man einen geöffneten Zapfen in ein Glas Wasser, nehmen die Zellwände Feuchtigkeit auf und schließen sich (die Unterseite der Schuppen ist stärker quellbar als die Oberseite) innerhalb von zwei bis drei Stunden.

Die Ursache für die hygroskopischen Bewegungen der Pflanzen sind klar: Die Samen werden nur dann ausge-

setzt, wenn es naß oder auch trocken genug – je nach Pflanzenart – für deren Keimung ist.

Andere Zeigereigenschaften von Pflanzen erweisen sich im Lichte der Wissenschaft als falsch. So kann aus einer späten herbstlichen Blüte von Erika oder dem späten Laubfall der Bäume nicht auf einen kommenden harten Winter geschlossen werden. Beide Erscheinungen sind Folgen einer günstigen Witterung im Sommer und Herbst, keineswegs Voraussetzungen einer zukünftigen Entwicklung. In Bauernsprüchen wie „Wenn die Esche blüht, gibt es keinen Frost mehr“ steckt vielleicht ein Körnchen Wahrheit: Die Esche ist gegen Spätfröste besonders empfindlich. Sie treibt – je nach Frühlingstemperatur – einmal früher, einmal später aus. Und im Hinblick auf die Tendenz des Wetters, gleich zu bleiben, kann die Regel zutreffen. Wahrscheinlicher ist allerdings, daß der Blütezeitpunkt durch die vorangegangene und nicht künftige Witterung bestimmt wird.

Insgesamt bleibt festzustellen, daß mit größter Wahrscheinlichkeit Pflanzen und Tiere auf das bestehende oder unmittelbar bevorstehende Wetter reagieren, von einer wirklich prophetischen Ader aber keine Rede sein kann.

3. Wetterhäuschen & Co.

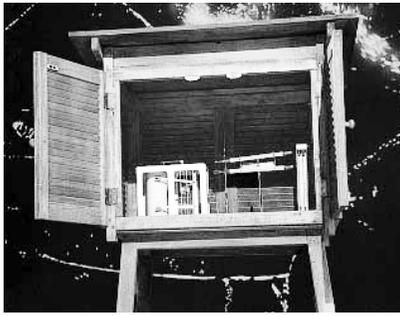
Wer den öffentlichen Wetterfröschchen in Presse, Funk und Fernsehen nicht so recht über den Weg traut, kann die Sache natürlich auch selbst in die Hand nehmen.

Da die Präzision der Vorhersagen aber nicht nur von den sehr engmaschig erhobenen Datenreihen, sondern auch von der Genauigkeit der verwendeten Meßinstrumente abhängt, sollte man sich nicht allzu große Hoffnungen machen, daß man den Profis so ohne weiteres ein Schnippchen schlagen könnte. Wirklich hochwertige Geräte sind über den Fachhandel zu beziehen, aber sie kosten einiges. Dafür werden sie auch vom Händler exakt geeicht und später entsprechend gewartet. Wer also gleich ganz oben einsteigen und die Wetterbeobachtung zu einem ernststen Hobby machen will, der ist hier gut aufgehoben.

Thermometerhütten

Die teuren Instrumente nutzen nur etwas, wenn man sie mit der entsprechenden Sorgfalt einsetzt. So sollten beispielsweise Thermometer vor direkter Sonneneinstrahlung geschützt werden. Messen will man ja die Temperatur der Luft! Das Meßgerät muß also schattig und gut durchlüftet installiert sein. Die heimische Wetterstation gehört deshalb, genau wie bei den Wetterdiensten, in eine Thermometerhütte.

Sollen die Werte später auch mit denen anderer Meßstationen verglichen werden, ist es ohnehin wichtig, daß sie unter denselben Bedingungen gewonnen wurden. Um diese zu erfüllen und höchstmögliche Meßgenauigkeit zu erreichen,



Typische Wetterhütte
der Beobachtungsstationen

sollte man deshalb die Standardplatzierung verwenden, wie sie auch vom Deutschen Wetterdienst empfohlen und weltweit praktiziert wird: Über freier, kurzgeschnittener Rasenfläche, 2 m über dem Erdboden, 10 m vom nächsten Gebäude entfernt. Die Lehrmittelstelle des Seewetteramtes in Hamburg gibt eine Bauanleitung heraus, aus der man sowohl entnehmen kann, wie die Hütte konstruiert wird, als auch, wie man sie im Gelände plazieren sollte.

Hüttenausstattung

Welche Instrumente braucht man, um aus der Wetterhütte eine vollwertige Meßstation zu machen? Mit einem Thermometer allein ist es nicht getan. Außer der Temperatur müssen für die präzise Wetteranalyse zumindest auch Luftfeuchtigkeit und Luftdruck gemessen werden. Wer es ganz genau nehmen will, der sollte auch noch Windrichtung und -geschwindigkeit mit einbeziehen.

Thermometer

Als hervorragendes, aber in der Anwendung sicher ein wenig unpraktisches Thermometer haben Sie

ja schon die Grille kennengelernt. Zur Temperaturbestimmung in der Wetterhütte wird man aber wohl die üblichen Thermometer mit Alkohol- oder Quecksilbersäule vorziehen. Für die Wetterstation eignen sich besonders solche Geräte, die die minimale und die maximale Temperatur anzeigen.

Ein solches Maximumthermometer kennt jeder: Es ist das Fieberthermometer, dessen Flüssigkeitssäule zwar ungehindert bei Erwärmung steigen kann, dann aber aufgrund einer Verengung des Röhrchens, in dem sie sich befindet, nicht wieder ohne weiteres in das Depot zurück-sackt. Fachhändler bieten eine Gerätekombination an, die auch noch die Mindesttemperatur registriert. Wer besonders gründlich vorgehen will, wird sich einen Thermographen mit Bimetall-Thermometer zulegen. Dieses Gerät zeichnet den gesamten Temperaturverlauf auf.

Hygrometer

Zur Bestimmung der Feuchtigkeit eignen sich zwei Typen von Hygrometern: Das **Haar-Hygrometer** basiert darauf, daß sich Haare und bestimmte andere Fasern mit zunehmender Luftfeuchtigkeit ausdehnen. Nach diesem Prinzip funktionieren auch die kleinen Wetterhäuschen, die man in Kitschläden bekommt: Die Schrumpfung oder Ausdehnung der Faser wird durch einen simplen



Mechanismus in eine Drehbewegung übertragen. Wenn es besonders feucht ist, kommt ein Männchen mit Regenschirm heraus. Nach demselben Verfahren arbeiten aber auch die Präzisionsinstrumente, an die sich noch ein Schreibgerät anschließen läßt, das dann ganze Meßreihen aufzeichnet.

Alternativ zu diesem Prinzip, das sehr genaue Werte liefern kann, gibt es noch die Möglichkeit, über Temperatur auf die Feuchte zu schließen. Hierzu benötigt man ein **trockenes** und ein **feuchtes Thermometer**. Das mit einer Baumwollbinde umwickelte und mit der Spitze in einem Wasserbehälter feucht gehaltene Thermometer wird solange Feuchtigkeit an die Umluft abgeben, wie diese nicht zu 100 Prozent gesättigt ist. Die Verdunstung entzieht dem Thermometer Wärme, und zwar genau in dem Maße, in dem es Feuchtigkeit abgibt. Dadurch wird es immer eine niedrigere Temperatur angeben als das trockene Vergleichsgerät – außer, es sind 100 Prozent Luftfeuchtigkeit erreicht. Dann zeigen beide Geräte denselben Stand. Eine solche Anordnung nennt man auch **Psychrometer**. Anhand einer Vergleichstabelle läßt sich so aus dem abgelesenen Temperaturunterschied die Feuchte bestimmen. Ebenfalls auf die Luftfeuchtigkeit reagiert Kaliumchlorid. Es verfärbt sich ins Rötliche, wenn die Feuchte steigt, und ins Bläuliche, wenn sie sinkt. In Souvenirläden findet man häufig kleine Alabasterpuppen, die damit überzogen sind und so als eine Art Wettermelder fungieren sollen. Aber das ist wohl eher ein Gag – von präziser Messung kann hierbei keine Rede sein.

Barometer

Der Luftdruck kann schon mit den sogenannten Wettergläsern gemessen werden. Man nennt sie auch

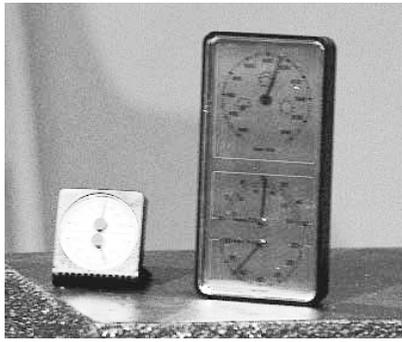
Goethe-Barometer (siehe Abb.), weil man lange Zeit angenommen hatte, der Herr Geheimrat hätte auch dieses Instrument erfunden. Das bauchige Gefäß ist einfach nur mit Wasser gefüllt. Die Höhe der Wassersäule im Schnabel zeigt an, ob der Druck hoch oder niedrig ist. Genaue Messungen lassen sich aber nur mit Quecksilber- oder Metall Dosenbarometern durchführen. Letztere sind für den Hausgebrauch besser, weil die Quecksilbersäule ja auch unmittelbar von der Temperatur abhängig ist und so die genau Bestimmung des Meßwertes komplizierter wird.

Trotzdem war es das Quecksilber, das uns eine lange Zeit die Maßeinheit für den Luftdruck geliefert hat: Auf Meereshöhe hält eine Quecksilbersäule von 760 mm Höhe dem Druck der darüberliegenden Luft stand. Dies entspricht einem Luftdruck von 1013,2 Millibar (mbar), oder, wie man heute korrekt sagen muß, 1013,2 Hektopascal (hPa). Im Durchschnitt sinkt der Luftdruck übrigens, wenn man sich in höhere Regionen begibt, etwa alle 5,5 km jeweils um die Hälfte. Höhenmesser, wie sie Bergsteiger benutzen, reagieren auf diesen Umstand sehr sensibel, weshalb auch sie sich exzellent für die Wetterbeobachtung eignen.

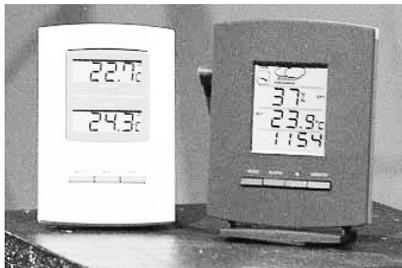


Meßgeräte für den Alltagsgebrauch

Wem das alles viel zu aufwendig erscheint, und wer auch einfach nur gelegentlich mal nach der Außentemperatur schauen oder die Gewitterankündigung am eigenen Baro-



Rundinstrumente mit Zeigern



Instrumente mit digitaler Anzeige

meter überprüfen möchte, dem bietet sich dazu eine große Auswahl preisgünstiger Geräte an. Um es gleich zu sagen: Nach unseren Beobachtungen sind diese einfachen Wetterstationen, Thermometer und Barometer, nicht sehr präzise. Dabei ist es relativ unerheblich, ob man ein Gerät mit digitaler Anzeige erwirbt oder nicht. Die sehen zwar technisch anspruchsvoller aus als die einfachen Rundinstrumente mit Zeigern, können aber meßtechnisch gesehen genauso wenig mit einem Profigerät mithalten. Außerdem sind sie etwas umständlich zu bedienen und brauchen natürlich, im Gegensatz zu einem rein mechanischen Apparat, Strom, um zu funktionieren. Der Vorteil liegt aber darin, daß einige Instrumente auch Daten speichern und verarbeiten, so daß man Höchst- und Niedrigsttemperaturen abrufen kann.

Wer die Vorzüge digitaler Datenerfassung aber wirklich in vollem Umfang nutzen möchte, dem sei eine Computermeßstation empfohlen. Ein solches Gerät kann mit einer Reihe von Meßfühlern ausgestattet werden, die dann beispielsweise Temperatur, Feuchte, Druck, Windgeschwindigkeit oder -richtung automatisch erkennen.

Die gewonnenen Werte werden von der Station dann per Kabel, Funk oder transportablem Speicher auf den PC übertragen. Eine mitgelieferte Software ermöglicht die Auswertung und Aufbereitung der Messungen und legt die Ergebnisse in einem Datenformat vor, das auch von anderen PC-Programmen gelesen werden kann. So ist beispielsweise die Erstellung von Wertetabellen in Excel sehr einfach möglich.

Beim Kauf dieses Produktes sollte man aber sorgfältig darauf achten, daß man tatsächlich alle benötigten Kabel bekommt! An den PC angeschlossen wird die Station dann über die serielle Schnittstelle. Auch hier ist also zu überprüfen, ob am heimischen PC eine freie Schnittstelle vorhanden ist. Im Zweifelsfalle fragen Sie lieber Ihren Computerhändler, der Ihr Gerät ja kennen sollte. Ist kein Anschluß mehr verfügbar, müssen Sie unter Umständen eine neue Schnittstellenkarte installieren. Das sollte, wenn Sie sich Ärger ersparen wollen, erst recht beim Händler geschehen.

4. Wetterprofis früher und heute

Seit wann gibt es Wettervorhersage?

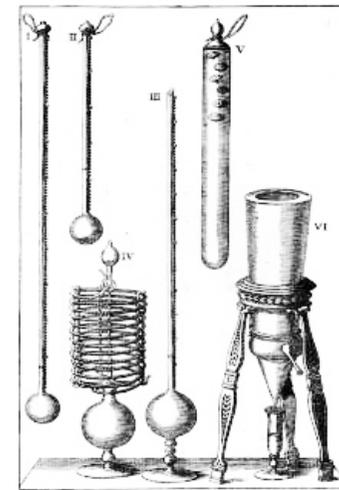
Wie in so vielem, haben sich die alten Griechen auch in der Wetterkunde als Pioniere bewährt. Die Massenmedien waren damals noch etwas schwerfällig. Auswechselbare Steintafeln verkündeten, am Marktplatz aufgehängt, in eingemeißelter Schrift eine Art langfristige Wetterprognose. Zeus als Göttervater war auch für das Wetter zuständig. Sein Zorn entlud sich in Blitzen. Entstanden bei Gewitter Brände, wurden sie als Strafe der Götter angesehen.

Die Meteorologie ist den großen Gesetzmäßigkeiten des Wetters seit Menschengedenken auf der Spur. Ausgrabungen in Mesopotamien belegen, daß unsere Vorfahren versuchten, aus den Sternbildern und optischen Himmelserscheinungen auf das kommende Wetter zu schließen. Der griechische Philosoph Aristoteles schrieb im 4. Jahrhundert v. Chr. ein Buch mit dem Titel „Meteorologica“.



In der Lehre „Von dem, was in der Luft ist“ notierte er alles, was bis dahin über Erde, Feuer, Wasser und Luft bekannt war. Vehement wandte er sich gegen die Auffassung, Wind sei nichts als bewegte Luft. Eine Erklärung für die Entstehung von Wind hatte er nicht parat.

Die Windmessung spielte aber eine große Rolle in der Wetterbeobachtung der Antike. In Athen ist noch heute der „Turm der Winde“ zu be-



Meteorologische Instrumente der Florentiner Akademie um 1660
I-V: Thermometer
V: Thermoskop
VI: Kondensationshygrometer

staunen, ein Oktogon mit Windfahne und Wasseruhr im Innern. Erst mit der Entwicklung von Meßgeräten konnte man nach und nach die Geheimnisse des Wetters lüften. Unerlässlich für die Wetterforschung waren die Entwicklung des Barometers und die Entdeckung des Luftdrucks. Im 17. Jahrhundert war es soweit: Torricelli erfand das Barometer, Galilei das Thermometer. 1647 bat Pascal seinen Schwager, den Barometerstand zu Hause und auf der Spitze des Puy de Dôme zu vergleichen. Mit dem Ergebnis bewies er, daß die Luft ein Gewicht hat und einen Druck ausübt – ein Meilenstein auf dem Weg zur modernen Meteorologie.

Das erste meteorologische Beobachtungsnetz wurde 1781 aufgebaut, überdauerte aber nur 12 Jahre. Immerhin 39 Beobachtungsstationen richtete der Geistliche Rat J.J. Hemmer mit der in Mannheim beheimateten „Societas Meteorologica Palatina“ ein. Sie reichten vom Ural bis nach Nordamerika, von Grönland bis zum Mittelmeer. An jedem Posten maßen Geistliche, Ärzte, Lehrer und Beamte dreimal täglich zur gleichen Zeit mit den gleichen Meßinstrumenten Luftdruck, -feuchtigkeit und Temperatur.

Die einzige Station, die ohne Unterbrechung bis auf den heutigen Tag

meteorologische Messungen durchgeführt, befindet sich auf dem Hohen Peißenberg in Oberbayern. Anfangs ein Augustiner-Kloster, heute Observatorium des Deutschen Wetterdienstes, ist der Hohe Peißenberg die älteste Wetterstation der Welt auf einem Berg.

Wie zuverlässig sind die Bauernregeln?

Anders als heute bekamen unsere Vorfahren den Wettereinfluß ganz unmittelbar zu spüren. Mißernten hatten katastrophale Folgen: Tausende starben an Hunger, Unterernährung führte zu Krankheiten und Seuchen.

Kein Wunder also, daß vor allem die Bauern das Wetter nicht aus den Augen ließen. Aus der Beobachtung von Nebel, Wind und Wolken lasen sie das Wetter der kommenden Stunden ab und verpackten sie in Merksprüche. Aus dem über Generationen gesammelten Wetter-Know-how entwickelten sich aber auch längerfristige Witterungs- und Klimaregeln. Die früheste gedruckte Sammlung von Bauernregeln in deutscher Sprache findet sich im „Wetterbüchlein“ von R. Reynmanns aus dem Jahre 1505.

Wie gut sind sie nun, die meteorologischen Bauernregeln? Sind sie nur Dichtung oder auch Wahrheit? Der Berliner Meteorologie-Professor Horst Malberg hat über 400 Regeln auf ihre Gültigkeit untersucht und ist zu einem erstaunlichen Ergebnis gelangt: In 80 bis 100 Prozent der Fälle treffen die kurzfristigen Wettervorhersagen unserer Vorfahren ein. Hinsichtlich der Naturbeobachtung – denn nur darauf basieren die Merksprüche – dürften unsere Vorfahren uns modernen Stadtmenschen weit überlegen gewesen sein. Wetterbeobachtung ist auch heute noch Grundlage der Meteorologie.

Steht den Wetterfröschen im 20. Jahrhundert ein weltweites Beobachtungsnetz zur Verfügung, mußten sich unsere Ahnen mit einem sehr begrenzten Blick zum Himmel begnügen. Das erklärt die Fehlerquote mancher Regel, die außerhalb ihrer Entstehungsregion an Aussagekraft verlieren kann. Auch sind einige Merksprüche durch die Weitergabe und Überführung in Reinform in ihrem Sinn verändert worden.

Die Bauernregeln lassen sich einteilen in Wetter-, Witterungs- und Klimaregeln. Für die Wetterregeln suchte Malberg physikalische Erklärungen, die Witterungs- und Klimaregeln wurden auf ihre statistische Eintreffwahrscheinlichkeit abgeklopft. Die kurzfristigen Prognosen der Regeln dienten Bauern, aber auch Seeleuten als Planungsgrundlage für ihren Arbeitstag.

Ein Beispiel: Fischer wußten, daß sie besser im Hafen blieben, wenn die Sonne von einem Ring umgeben war. „Hof um de Sun, da schreien Schippers Frau un Kinner rum.“ Die physikalische Erklärung: Ein Ring um die Sonne entsteht, wenn die Sonnenstrahlen in sehr hohen Wolken, den Eiskristallwolken, gebrochen werden. Diese Cirrus-Wolken kündigen die Warmfront eines vollentwickelten Tiefs an, auf See gar ein Sturmtief.

Um überlieferte Witterungsregeln zu überprüfen, werteten die Berliner Meteorologen Wetterdaten aus fast 200 Jahren aus. Das Ergebnis: Die durchschnittliche Witterungsregel hat eine Eintreffwahrscheinlichkeit von rund 67 Prozent – sie führt also in zwei von drei Fällen zur richtigen Prognose.

Die wohl bekannteste Vertreterin der Gattung Witterungsregel ist die zum Siebenschläfertag: „Regnet es am Siebenschläfertag, es wohl sieben Wochen regnen mag.“

Die Statistik zeigt, daß der Charakter eines Sommers erst Anfang Juli ent-

schieden wird, und zwar um den 5. Juli herum. Richtigerweise müßte die Regel lauten „um den Siebenschläfertag“, denn nach der gregorianischen Kalenderreform von 1582 muß der 27. Juni sozusagen um mehrere Tage nach hinten verschoben werden. Auch trifft die Regel vorwiegend im Binnenland zu, im Alpenraum sogar in acht von zehn Fällen.

Was ist eigentlich dran am 100-jährigen Kalender?

Der geistige Vater des 100-jährigen Kalenders ist der Abt Moritz Knauer, der sieben Jahre lang, von 1652 bis 1659, ein Wettertagebuch führte. Seine Aufzeichnungen beruhten ausschließlich auf Beobachtung, meteorologische Meßgeräte gab es damals noch nicht.

Wie viele seiner Zeitgenossen war er der Meinung, daß das Wetter von den sieben „Planeten“ regiert wird: Saturn, Jupiter, Mars, Sonne, Venus, Merkur und Mond. Den einzelnen Planetenjahre schrieb er bestimmte Witterungseigenschaften zu. Nach sieben Jahren sollte dieser Zyklus wieder von vorne beginnen. Der geschäftstüchtige Arzt Hellwig aus Frankfurt veröffentlichte die Erkenntnisse nach Knauers Tod. Er übertrug den siebenjährigen Zyklus kalendarisch auf den Zeitraum von 1701 bis 1801. Antrieb war ihm die Tatsache, daß die Menschen damals dankbar nach allem griffen, was ihnen in Sachen Wetter einen Anhaltspunkt bot. Mit Knauers Hinterlassenschaft war also viel Geld zu verdienen.

Heute wissen wir, daß der 100-jährige Kalender für die Wettervorhersage untauglich oder – deutlich formuliert – unzutreffend ist. Für unser Wettergeschehen zeichnet schließlich die Sonne verantwortlich. Der Mond und die Planeten haben damit nichts zu tun. Auswer-

tungen von über 250 Jahre langen Meßreihen haben zudem keine regelmäßige Wiederkehr des Wetterablaufs in einzelnen Jahren gezeigt. Das wäre auch zu schön für unsere modernen Wetterfrösche. Die könnten dann schon längst eine immer 100-prozentige Wettervorhersage für Tage, Wochen, Monate und Jahre anbieten.



Wie treffsicher sind unsere Wetterberichte?

Mit steigender Computerleistung konnten und können die professionellen Wetterfrösche ein immer feineres zeitliches und räumliches Beobachtungsraaster für ihre Vorhersagen zugrundelegen. So haben sich die Wetterprognosen in den vergangenen Jahrzehnten deutlich verbessert.

Die 24-Stunden-Vorhersage erreicht heute eine Eintreffgenauigkeit von rund 90 Prozent. Bei diesem Trend dürften sich auch die mittelfristigen Wettervorhersagen verbessern. Die heutige 5-Tages-Vorhersage ist immerhin schon genauso gut wie die 24-Stunden-Vorhersage von 1968. Das Ziel der nächsten zehn Jahre ist es, die mittelfristige Wettervorhersage vom dritten bis zehnten Tag auf das Niveau zu bringen, das heute die kurzfristige Vorhersage erreicht. Große Anstrengungen werden auch unternommen, um Wettervorhersagen auf Monate oder Jahreszeiten im Voraus zu machen. Doch dürfte der Weg zu einer zuverlässigen Prognose hier noch recht weit sein.

5. Die Wettermaschine

Warum ist der Himmel blau?

Im All umgibt den Astronauten ein völlig dunkler Weltraum. Warum erscheint uns – einen wolkenfreien Blick vorausgesetzt – der Himmel aber blau?

Himmelblau ist das Ergebnis des Zusammenspiels der Erdatmosphäre mit den Sonnenstrahlen. Durchdringen die Sonnenstrahlen die Lufthülle, werden sie von deren Molekülen, vor allem Sauerstoff und Stickstoff, in alle Richtungen gestreut. Hauptsächlich betroffen davon ist der blaue Anteil des Sonnenlichtes. Unser Auge nimmt also besonders die Farbe blau wahr. Je mehr Staubteilchen und Wassertröpfchen (sogenannte Aerosole) die Atmosphäre enthält, desto unabhängiger von den Wellenlängen streut das Sonnenlicht – der Himmel erscheint uns fahlblau bis weißlich.

Wetter und Klima

Als Wetter bezeichnet man den Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt an einem bestimmten Ort, wie er durch die Größe der meteorologischen Elemente (Luftdruck, -temperatur, -feuchte, Wind, etc.) und ihr Zusammenwirken gekennzeichnet ist. Das Wetter in unseren Breitengraden wechselt ständig, ist an jedem Ort zu jeder Zeit ein klein wenig anders.

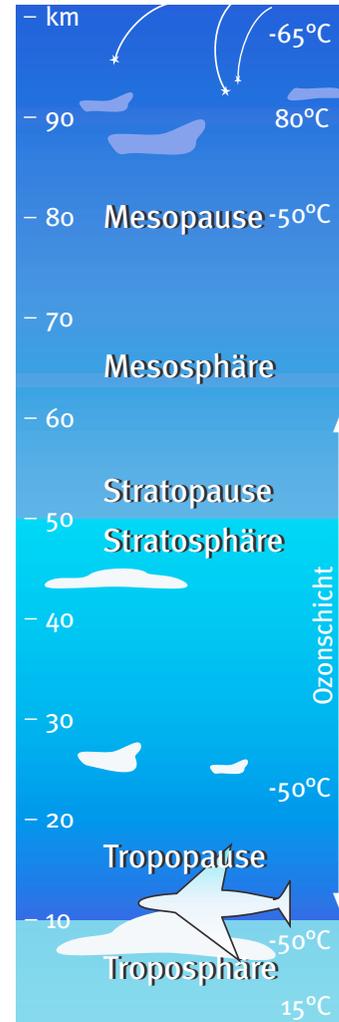
Davon unterscheiden müssen wir das Klima, das fälschlicherweise mit dem Wetter oft in einen Topf geworfen wird. Unter Klima verstehen wir per Definition die Gesamtheit aller meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der At-

mosphäre an einer bestimmten Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen. Klima ist also so eine Art langfristiges Durchschnittswetter für eine Region. Braumeister des Klimas sind die geographische Breite, die Verteilung von Land und Meer, Meeresströmungen, aber auch Gebirge, Wälder und Wüsten – kurz: die Klimafaktoren.

Klimazonen entstehen vor allem dadurch, daß die Sonne die Erdoberfläche nicht überall gleichmäßig mit Energie versorgt. So unterscheidet man beispielsweise maritimes Klima und Kontinentalklima. Zudem wird die Erde in Klimazonen eingeteilt. In Deutschland leben wir in einem feucht-gemäßigten Klima. Hier liegt übrigens auch der Grund für unser vergleichsweise wechselhaftes Wetter: Regelmäßig treffen sich über uns polare Luftmassen mit wärmerer subtropischer Luft. In dieser Grenzzone entstehen die Tiefdruckgebiete, die uns mit Regen versorgen. Wer das Wort Klima hört, dem fallen auch Schlagworte wie Treibhauseffekt und Ozonloch ein. Entscheidender Klimafaktor hier ist der Mensch.

Wo spielt sich das Wettergeschehen ab?

Das Wetter spielt sich in Mitteleuropa etwa in den unteren 11 km der Atmosphäre ab. Verglichen mit dem Erddurchmesser von 12.640 km ist der Himmel über uns nicht viel mehr als ein hauchdünner Schleier. Oder anders ausgedrückt: In der Relation zur Erdkugel entspricht die Wetterschicht, die Troposphäre, der Schale eines Apfels. Besonders anschaulich können wir das auf unserer Flugreise in den Urlaub erleben. Die großen Passagiermaschinen haben ihre Reishöhe nämlich über dem oft turbulenten Schauplatz aller Wetterveranstaltungen. In Höhen zwischen



Die Erdatmosphäre: Das Wetter spielt sich in der untersten Schicht ab.

10 und 12 km fliegt man ruhig und hat einen grandiosen Blick auf so manches Wetterspektakel – von oben, versteht sich. Bestandteile der für uns lebenswichtigen Atmosphäre sind vor allem zwei Gase: Stickstoff mit 78 Prozent und Sauerstoff mit 21 Prozent. Das restliche Prozent verteilt sich auf Spurengase wie Kohlendioxid, Ozon und Argon.

Wer macht das Wetter?

Drei Dinge braucht das Wetter: Wind, Wasser und vor allem viel Sonnenenergie. Denn der eigentliche Motor der Wettermaschine ist die Sonne. Sie liefert täglich 4.270 Billionen Kilowattstunden Energie!

Je senkrechter die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche einfallen, desto intensiver wirken sie. Am Äquator, wo sie fast senkrecht aufprallen, wird's besonders heiß.

Hier kommt es auch zu den heftigsten Wetterereignissen: Ein tropischer Sturm ist sehr viel gewaltiger als ein Gewitter in unseren Breitengraden. Die Pole hingegen werden von den Sonnenstrahlen nur gekitzelt.

So ist das südliche Ende des Globus, die Antarktis, die kälteste Gegend unseres Planeten. Bisheriger Kälte rekord: - 91,5 °Celsius. Am windigsten ist es zwischen dem 50-sten Breitengrad und der Küste der Antarktis, weil hier die Tiefs ungehindert und nie vom Festland gebremst umherrsas können.

Eine weitere Ursache für extreme Bedingungen ist das unterschiedliche Verhalten bei Erwärmung und Abkühlung zwischen Landmassen und Wasserflächen – eine wesentliche Größe im Wettergeschehen. Wassermassen sorgen durch ihre Fähigkeit, Wärme zu speichern, für Temperaturengleich. Im Zentrum der Kontinente fehlt diese Pufferwirkung. Die Folge sind hohe Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht. Bestes Beispiel: Die Wüsten. Sahara, Kalahari und Gobi liegen in den stabilsten Schönwetterzonen des Globus, Regen fällt praktisch nie. Ohne Wasser keine Verdunstung (trotz großer Hitze), ohne Verdunstung keine Wolken. So droht in den Wüsten tagsüber wegen Schattens mangels der Hitzetod, und nachts lauert grimmige Kälte, da die Wärmestrahlung ungehindert dahin zu-



rückkehren kann, wo sie hergekommen ist. Schon so mancher ist in der Wüste erfroren.

Wie wichtig der Wetterfaktor Wasser ist, zeigen die Tropen. Trotz intensiver Sonneneinstrahlung wuchert hier ein immergrünes Dickicht. Möglich ist das nur, weil hier ein gewaltiger Wasserkreislauf in Bewegung bleibt.



Bedenkt man, daß sich gerade mal ein Hunderttausendstel der gesamten Wassermenge unserer Erde in Form von Wasserdampf und Wolken in der Atmosphäre befindet, ist es schon erstaunlich, welche Regenmassen gerade im Urwald zu Boden prasseln.

Einfluß auf das Wetter haben auch die gewaltigen Meeresströmungen. In Europa spielt der warme Golfstrom eine entscheidende Rolle – eine von weltweit 32 größeren Strömungen. Diese Strömungen wirken wie gigantische Wärme- bzw. Kälte-pumpen. Treffen verhältnismäßig warme und feuchte Luftmassen auf einen kalten Strom, entstehen Wolken. So ist beispielsweise der Küstennebel an der amerikanischen Westküste zu erklären.

Wie die Meeresströmungen hängen auch die Windströmungen auf dem ganzen Planeten miteinander zusammen. Wind, die dritte Komponente der Wettermaschine, entsteht durch aufsteigende und absinkende Luftmassen. Jeder, der schon einmal in den Genuß einer guten Thermik beim Segelfliegen gekommen ist, weiß, welche Kräfte hier wirken. In niedriger Höhe wehen Winde, die ihren Ursprung in Temperaturunterschieden haben. So weht, global be-

trachtet, aus den Wüsten ein Wind in Richtung Pole. Von dort fließen gewaltige Ströme kalter Luft weg.

Im Kleinen betrachtet: Öffnen wir im Winter das Fenster, entweicht oben die warme Luft, unten zieht kalte Luft herein.

Ein weiteres Beispiel sind lokale Fallwinde, wie der Höllentäler bei Freiburg. Tagsüber weht der Wind tal- und bergaufwärts, abends und nachts sorgt der abfallende Wind im Sommer für angenehme Abkühlung. Wind bläst immer zwischen zwei Orten unterschiedlichen Luftdruckes, und zwar vom Ort des höheren Luftdrucks zum Ort des niedrigeren Drucks. Wind ist also letztlich der Effekt der Sonneneinstrahlung auf die Temperatur der Erdoberfläche. Der Wind bringt uns das Wetter.

Die atmosphärische Wetterschicht ist in gewisser Weise ein geschlossenes System, in dem alles miteinander zusammenhängt. Jeder Faktor beeinflusst einen anderen, kleinste Ursachen können größte Wirkung erzielen. So stößt selbst die moderne Meteorologie sehr schnell an ihre Grenzen.

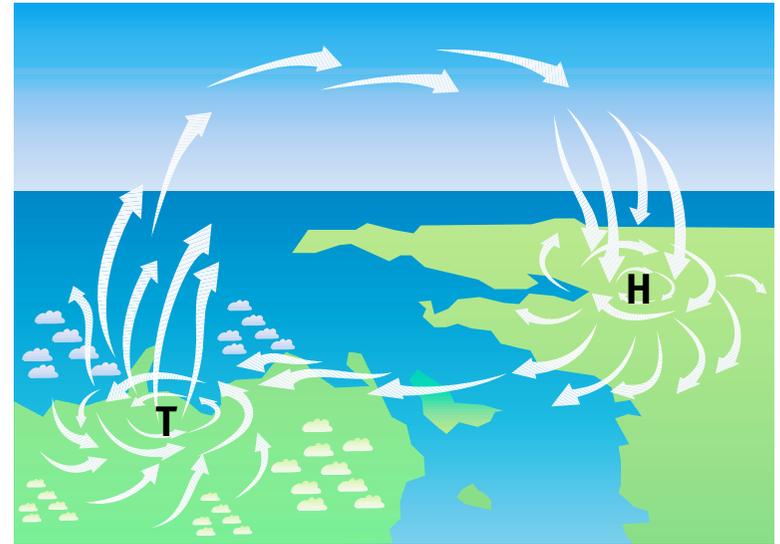
Welches Wetter Sonne, Wasser, Wind und viele andere Elemente zusammenbrauen, bleibt, trotz vieler Erkenntnisse, unberechenbar.

Hochs und Tiefs: Der ewige Kampf

Von den Wetterkarten, die täglich über die Bildschirme flimmern, wissen wir: Das Hoch steht für gutes Wetter, das Tief für schlechtes. Was verbirgt sich aber dahinter?

Generell entsteht über warmen Flächen Tiefdruck, über kühleren Hochdruck. Wenn die Sonne die Erdoberfläche bescheint, erwärmt sich die darüber stehende Luft. Warme Luft ist leichter, steigt auf, und dadurch sinkt der Luftdruck am Boden.

Ein Hoch ist ein Gebiet, in dem der Luftdruck höher ist als in seiner Um-



Schematische Entstehung von Hochs und Tiefs.

gebung. Da die Natur immer auf Ausgleich bedacht ist, existieren in einem Hoch ganz bestimmte Strömungsverhältnisse. So fließt die Luft am Erdboden vom hohen zum tiefen Druck, also aus dem Hochdruckgebiet heraus. Als Ausgleich strömt Luft aus höheren Schichten nach.

Diese absinkenden Luftmassen erwärmen sich, werden relativ trockener – Wolken lösen sich auf. Im Bereich eines Hochs ist also mit meist – ganz besonders im Winter – sonnigem Wetter zu rechnen. Großräumig gesehen ziehen Tiefdruckgebiete auf der Nordhalbkugel um ein Hoch im Uhrzeigersinn herum, auf der Südhalbkugel in entgegengesetzter Richtung. Grund hierfür ist die Corioliskraft, die Ablenkung von Windströmungen auf der sich drehenden Erde. Nirgends sind die Gegensätze größer als über uns, wo sich der warme, feuchte Westwind aus mittleren Breiten und der kühle Ostwind aus den Polgebieten treffen. Sie liegen in ständigem Kampf miteinander. Die schwere Kaltluft drückt die feuchte Warmluft

in die Höhe, die beiden Massen bilden unablässig heftige Wirbel. Aus dem Weltall betrachtet kennen wir diese Wirbel von den Satellitenfilmen des Fernsehwetters.

Was verraten die Wolken?

Jede Wetterentwicklung braucht geraume Zeit für ihre Entstehung. Ihre Vorboten verraten dem kundigen Himmelsgucker aber schon einige Zeit vorher, wie die Würfel fallen werden. So kündigt sich Regenwetter lange vor dem Niederschlag vor allem durch die Wolkenbilder an. Klassisches Wetterprogramm bei Tiefdrucklage: Allmählich aufziehende Bewölkung zeigt, daß die warme Subtropenluft langsam über kalter Polarluft in die Höhe gleitet. Die darin enthaltene Feuchtigkeit kondensiert aus. Das Regenwetter erreicht seinen Höhepunkt, wenn die Warmfront bei uns eintrifft. Der Himmel ist dann dick mit Wolken verhangen, Wolkenfetzen reichen bis fast auf den Erdboden. Danach folgt



Drei typische Wolkenbilder:



Cumulus



Stratocumulus



Cumulonimbus

boden. Danach folgt im Tiefdruckwirbel meist ein ganzer Sektor mit warmer Luft. Plötzlich reißt die Wolkendecke wieder auf. Doch das schöne Wetter ist nur von kurzer Dauer, denn dahinter folgt aus dem Westen die reine Kaltfront. Sie bringt mit starkem Wind heftigen Regen, Frontgewitter oder sogar Schnee. Das sogenannte Rückseitenwetter bietet schließlich einen Vorgeschmack auf den April: Von Sonnenschein bis Regen ist alles drin. Die Luft ist dabei oft außerordentlich klar, die Fernsicht gut.

Wolken erscheinen uns in vielfältigster Form, und oftmals erleben wir faszinierende Himmelspektakel. Immer haben sie uns etwas zu sagen, egal ob als weiße Wattebausche oder pechschwarze Ungetüme. Prinzipiell lassen sich alle Formen immer wieder auf zehn Wolkenarten zurückführen. Diese hier samt Aussehen und Bedeutung für die weitere Wetterentwicklung aufzuführen, würde den Rahmen des Scriptes sprengen. Es sei darum auf die schematisierte Darstellung der international klassifizierten Wolkenarten verwiesen, die unter anderem vom Deutschen Wetterdienst zu beziehen ist.

Singularitäten: Normalfall grüne Weihnacht?

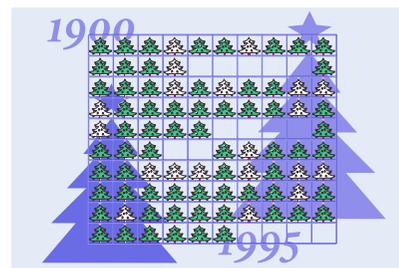
Die Winter werden immer wärmer, die Sommer immer nasser. Anfang 1992 fegte Wirbelsturm Wilke ganze Wälder um, Anfang 1995 hieß es zum zweitenmal innerhalb kürzester Zeit

„Land unter“ zwischen deutschem Eck und holländischer Küste. Was ist mit dem Wetter los? War es früher normaler als heute? Droht uns die Klimakatastrophe?

Nun, Naturkatastrophen und andere extreme Ereignisse gehören zunächst einmal zu den Launen des Wetters. Sie sollten nicht unbesehen mit Klimaveränderung in Beziehung gesetzt werden. Einige dieser Wetterlagen oder Witterungserscheinungen treten sogar relativ regelmäßig auf, verfolgt man das Wetter über einen längeren Zeitraum hinweg zurück. Diese Phänomene nennt die Meteorologie Singularitäten. Ihnen hat sie sogar einen eigenen Forschungsweig gewidmet.

Aus dem Jahre 1540 ist bekannt, daß sich noch um die Weihnachtszeit junge Burschen im Rhein bei Schaffhausen getummelt haben. Weit und breit von Schnee keine Spur.

Eine mögliche Erklärung liefert der Singularitäten-Kalender: Das Weihnachtstauwetter mit einem Vorstoß milder Meeresluft schmilzt den Schnee oft bis in höchste Lagen wieder weg. „Grüne Weihnachten“ in diesem Sinne sind die Regel. „Weiße



Ausnahme „Weiße Weihnacht“

Weihnachten“ gehören zu den Ausnahmen, besonders in West- und Norddeutschland.

Weitere bekannte Singularitäten: Die Kaltlufteinbrüche der Eiseiligen, die Schafskälte und der Altweibersommer.

Die Quarks-Redaktion hat einmal die Probe aufs Exempel gemacht und sich eine meteorologische Meßreihe von 1900 bis heute angeschaut.

Das Ergebnis: Weiße Weihnachten haben tatsächlich eher Seltenheitswert. Bei uns (untersucht wurde die Temperaturreihe von Münster) im Mittel alle fünf Jahre. Diese Schwankungen sind absolut normal und kein Indiz für eventuelle globale Klimaveränderungen.

Wissenschaftler gehen davon aus, daß sich unser Weltklima in den vergangenen 100 Jahren um rund 0,7 °Celsius erwärmt hat. Das ist zwar für die globale Klimaentwicklung eine wichtige, mit Blick auf die natürlichen Schwankungen – man denke nur an die Serien von Warm- und Eiszeiten in der Vergangenheit – aber dennoch winzige Abweichung.

6. Eiskalt erwischt – Reise in die Wolken

Wolken sind faszinierende Gebilde: Filigrane Cirrus-Wolken, bezaubernde Schäfchenwolken oder bedrohliche Gewitterwolken. Was steckt in ihnen und wie entstehen sie? Jeden Morgen beginnt der große Wetterkreislauf auf's neue. Begleiten Sie uns auf der spannenden Rundreise eines Wassertropfens:

Wenn die Sonne die Erde erwärmt, verdunsten Unmengen an Wasser aus Flüssen, Seen, Pflanzen und Böden. Auch unser Wassertropfen ist dabei und erliegt den warmen Strahlen der Sonne: Er verdunstet – ist also gasförmig. Die einzelnen Wassermoleküle sind in der Luft gelöst, ähnlich wie Zucker in Wasser. Das feuchte Luftpaket steigt wie ein Heißluftballon nach oben, weil es wärmer als die umgebende Luft ist. Auf dem Weg in den Himmel nimmt die Temperatur im Schnitt um 6 bis 10 °Celsius pro Kilometer ab. Je kälter es wird, desto weniger Wasserdampf kann in der Luft gelöst bleiben. Irgendwann ist der Punkt erreicht, an dem das Luftpaket den gelösten Wasserdampf nicht mehr komplett aufnehmen kann. An kleinen Luftunreinheiten (sogenannten Kondensationskeimen) geht der Wasserdampf wieder in flüssigen Zustand über: Eine Wolke ist entstanden.

Bei der Kondensation wird genau die Menge an Wärmeenergie frei, die die Sonne am Morgen in die Verdunstung gesteckt hat. Mit diesem Energieschub begibt sich die Wolke in noch kältere Schichten der Troposphäre (des unteren Teils der Atmosphäre) hinauf.

Trotz der eisigen Temperaturen von -30 °Celsius gefrieren die kleinen Wolkentropfen nicht von alleine.

Erst in der Luft schwebende Partikel, die als Gefrierkerne dienen, führen zu einer spontanen Kristallisation der unterkühlten Wolkentropfen. Es entstehen kleinste Eiskristalle. An ihnen pappen sich schnell weitere Tröpfchen zu einem Graupelkorn an. Etwa eine Million dieser Wolkentropfchen bilden rechnerisch einen Regentropfen.

Die relativ große Oberflächenspannung dieser kleinen Tropfen erschwert jedoch das Zusammenschmelzen zu schweren Regentropfen. Erst der Umweg über die Eisphase ermöglicht in unseren Breitengraden das Abregnen der Wolke.

Auf der Erde angekommen, wartet unser Regentropfen wieder auf die Sonne, bevor eine neue Reise beginnen kann.



Wie sieht eigentlich ein Regentropfen aus?

Ein Regentropfen kann bis zu einem Zentimeter groß werden. Auf seinem Weg zur Erde ist er jedoch nicht kugelförmig oder gar tränenförmig, sondern ähnelt eher winzigen Hamburgern. Warum? Die Regentropfen sind am Anfang ihrer Reise aus den Wolken zwar eher rund, werden dann aber durch den Luftwiderstand ziemlich flachgedrückt (siehe Abb.).

Hagel & Co

Hagel setzt immer Graupelbildung voraus, die in hochreichenden Gewitterwolken auftritt, deren oberer Teil bei Temperaturen bis zu -40°C vollständig aus Eis besteht, während der untere Teil Wassertröpfchen von $0,1 - 0,01$ mm enthält. Aufwinde heben diese über die 0° -Grenze, wobei sie unterkühlen. Treffen sie in der Höhe auf ein Eisteilchen, frieren sie spontan an diesem fest.



Faustgroße Hagelkörner nach einem Unwetter

Wiederholt sich dieser Vorgang, wird das Teilchen schwerer und beginnt zu sinken. Es entsteht ein Graupelkorn. Bei Temperaturen um 0°C überziehen sich die Graupeln mit einer Wasserhaut, die zu einer klaren Eisschicht gefriert. Bei stärkeren Minusgraden frieren nur einzelne Wassertropfen und weitere Eiskristalle an. Diese bilden dagegen eine milchige Schicht mit Luft einschließen.

Die Hagelkörner wachsen je nach Stärke des Aufwindes und Wassergehaltes in der Umgebung. Werden sie mehrfach nach oben getragen, bildet sich eine ganze Reihe von Schalen – vergleichbar mit den Häuten einer Zwiebel. Hagelkörner können im Extremfall über 10 cm groß werden.

7. Spuren der Verwüstung – Wetter extrem

Das Wetter auf der Erde ist vergleichsweise wenig extrem, ja geradezu langweilig. Der Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht beträgt hierzulande gerade mal 10°C im Schnitt. Auf unserem Nachbarplaneten Mars würde sich eine Wettervorhersage dagegen ungefähr so anhören: „Tagsüber klettert das Thermometer auf sommerliche -33°C . Es wehen westliche Orkanwinde, die im gesamten Vorhersagegebiet größere Sandstürme auslösen. Nachts sinkt das Quecksilber bei klarem Himmel auf minus -110°C . Für die nächsten Tage keine wesentliche Wetteränderung.“

Kurz und heftig: Gewitter

Wenn Luftmassen mal so richtig in Fahrt kommen, dann gibt es auch in unseren Breitengraden spektakuläres Wetter. Turmhohe, pechschwarze Gewitterwolken, Faustgroße Hagelkörner und Orkane, die ganze Wälder wie Streichhölzer umknicken, gehören in diese Kategorie. Extremes Wetter setzt immer auch extreme Entstehungsbedingungen voraus.

Gewitter werden ausgelöst durch das schnelle Aufsteigen feuchter Warmluft – wir wähen uns in einem Treibhaus – in große Höhen (Wärmegewitter) oder bei heftigem Zusammenstoß feuchter Warmluft mit einer größeren Kaltfront (Frontgewitter). Kräftige Aufwinde, bis zu 30 m pro Sekunde, reichen bis in Höhen von mehr als zehn Kilometern. Dabei kühlt sich die Luft stark ab, es bildet sich verstärkt Niederschlag. Die an Größe und Menge zu-

nehmenden Niederschlagsteilchen (siehe vorhergehendes Kapitel) beginnen gegen den Aufwind zu fallen, es entwickeln sich Abwinde. Zusammen mit starken Niederschlägen erreichen sie den Erdboden und breiten sich dort zur Seite hin böenartig aus.

Besonders bei Frontgewittern sind die Turbulenzerscheinungen gewaltig. Frontgewitter sind nicht auf den Sommer beschränkt. Im Winter bringen sie starkes Schneetreiben mit sich. Bei Durchzug der Böenwalze kann es zu starkem Sturm kommen. Gewitter sind kurz, aber heftig. Starkregen, Hagelschlag, Blitz und Sturm hinterlassen nicht selten eine Spur der Verwüstung.

Sturm-ABC

Hat ein Wind eine höhere Geschwindigkeit als 20 m pro Sekunde, nennen wir ihn Sturm. Schwere Stürme heißen Orkane. Sie fegen mit mehr

als 30 m pro Sekunde übers Land. Die berüchtigtsten unter ihnen entstehen aus dem Kampf kontinentaler und maritimer Luftmassen in den Tropen. Sie flößen Angst ein und führen nicht selten zur Evakuierung ganzer Landstriche. In Japan sind es die Taifune, in Nordamerika die Tornado, in Mittelamerika und im Atlantik nördlich Südamerikas die Hurrikane. Sie liefern uns alle immer wieder spektakuläre Fernsehbilder – denken wir nur



Die Beaufort-Skala: Windstärken und ihre Wirkung

Bezeichnung	Windstärke			Wirkung	
	Bft	m/s	kn		
Windstille	0	0 - 0,2	x 1	1	Rauch steigt senkrecht empor
leiser Zug	1	0,3 - 1,5	1 - 3	1 - 5	Rauch steigt fast senkrecht empor
leichte Brise	2	1,6 - 3,3	4 - 6	6 - 11	bewegt Blätter, Wimpel
schwacher Wind	3	3,5 - 5,4	7 - 10	12 - 19	bewegt kleine Zweige, Fahnen
mäßiger Wind	4	5,5 - 7,9	11 - 15	20 - 28	bewegt dünne Äste
frischer Wind	5	8,0 - 11,7	16 - 21	29 - 38	bewegt mittlere Äste, streckt Fahnen
starker Wind	6	11,8 - 13,8	22 - 27	39 - 49	bewegt dicke Äste, Fahnen knattern
steifer Wind	7	13,9 - 17,1	28 - 33	50 - 61	schüttelt Bäume, peitscht Fahnen
stürmischer Wind	8	17,2 - 20,7	34 - 40	62 - 74	bricht Zweige
Sturm	9	20,8 - 24,4	41 - 47	75 - 88	bricht Äste, hebt Dachziegel ab
schwerer Sturm	10	24,5 - 28,4	48 - 55	89 - 102	bricht Bäume, beschädigt Häuser
orkanartiger Sturm	11	28,5 - 32,6	56 - 63	103 - 117	entwurzelt Bäume, beschädigt Häuser erheblich
Orkan	12	32,7 -	64 -	118 -	verwüstet Häuser und Wälder

an den Hurrikan Andrew, der 1993 zu Jahrhundert-Verwüstungen in Florida führte.

Ihnen allen ist gemein, daß sie sich wirbelartig fortbewegen – es handelt sich also grundsätzlich immer um Wirbelstürme. Besonders beeindruckend vermitteln uns das Satelli-

tenbilder aus dem All. Die Luftmassen setzen sich durch sehr starke Temperatur- und Druckunterschiede in Bewegung. In ihren Wirbeln ziehen sie durch die Sogwirkung über dem Meer Wassermassen, über Land Sand und Staubmassen in sich hoch. So kommt es zu den gefürchteten

Saffir-Simpson-Hurrikan-Skala

SS	Bezeichnung	Mittlere Windgeschwindigkeit		Landmeilen/h	Knoten
		m/s	km/h		
1	schwach	32,7 - 42,6	118 - 153	73 - 95	64 - 82
2	mäßig	42,7 - 49,5	154 - 177	96 - 110	83 - 96
3	stark	49,6 - 58,5	178 - 209	111 - 130	97 - 113
4	sehr stark	58,6 - 69,4	210 - 249	131 - 155	114 - 134
5	verwüstend	69,5 -	250 -	156 -	135 -

Wind-, Sand- und Wasserhosen. Tornados erreichen Windgeschwindigkeiten von mehreren 100 km pro Stunde. In ihren Rüsseln rotiert die Luft mit unvorstellbarem Tempo. Sie zerstören alles, was sich ihnen in den Weg stellt: Häuser stürzen ein, ja ganze Busse werden durch die Luft gewirbelt.

Mit Wettersatelliten, Wetterflugzeugen und Radar werden heute in den USA die tropischen Wirbelstürme geortet, vermessen und verfolgt. Computer berechnen mit den Daten ihre voraussichtliche Zugbahn und Intensität. Eine Hurrikanwarnung geht an die betroffenen Gebiete, damit sich die Küstenbewohner rechtzeitig landeinwärts in Sicherheit bringen können.

In Mitteleuropa treten im allgemeinen nur Mini-Tornados auf, die als Windhose oder Trombe bezeichnet werden. Sie erreichen bei weitem nicht die Wucht ihrer amerikanischen Verwandten. Bekannt ist ein im Zusammenhang mit einer Gewitterwetterlage entstandener Tornado, der 1968 im badischen Pforzheim zu schwersten Schäden führte.

Bezeichnung der Windstärke werden unterschiedliche Skalen verwendet. Für Starkwinde gibt es beispielsweise die Saffir-Simpson-Hurrikan-Skala oder die Fujita-Tornado-Skala, die beide fünf Windstufen kennen. Noch weiter verbreitet ist die Beaufort-Skala (siehe Tabellen), die die Windstärke in 12 Grade einteilt. Die Windstärke 12 entspricht einem Orkan mit Windgeschwindigkeiten über 120 km pro Stunde. Tatsächlich erreicht der Wind, beispielsweise in Taifunen, noch höhere Geschwindigkeiten.

Die Windgeschwindigkeit wird auf der international festgelegten Meßhöhe von 10 m über Grund in freiem Gelände ermittelt. Mit zunehmender Höhe können die Luftströmungen noch deutlich an Geschwindigkeit zulegen. Bekannt sind Windbänder in Höhen zwischen 6 und 15 km, die mit rund 400 km pro Stunde um die Erde fegen. Im internationalen Luftverkehr können sich diese Jet-Streams ganz erheblich auf die Reisedauer auswirken.

Sturm-Stärken

Die Wind- oder Sturmstärke wird in Metern pro Sekunde angegeben, aber auch in Kilometern oder Seemeilen (Knoten) pro Stunde. Für die

8. Der Traum vom Wettermachen

Stellen Sie sich einmal vor, Sie bräuchten nur an die Nordsee zu fahren, um knackig braun zu werden. Capri in Cuxhaven. Strandwetter von Mai bis September garantiert! Die Landwirte meutern? Gut, sie sollen ihren Regen haben – aber nur nachts! Oder sollte man Deutschland nicht von vornherein in Sonnen-, Schnee- und Regen-Zonen einteilen? In Freizeit-, Sport- und Agrargebiete? Hätten wir die Möglichkeit – wir könnten uns wohl nie entscheiden.

In vielen Ländern dieser Welt geht es beim Wetter aber nicht um den erholsamen Urlaub: Wetter ist häufig ein bedeutender Existenzfaktor: Wenn in der Sahelzone die Regenzeit ausbleibt, sterben Tausende von Menschen.

Das Wetter findet sich daher auch in den meisten Religionen wieder. Es sind jedoch nicht nur die Regentänzer in Afrika. Auch bei uns in Deutschland lebt der uralte Brauch der Flur-Prozessionen in der katholischen Kirche weiter:

„Gott, ... schenk uns den Regen, auf den das Land wartet“, beten die Christen hierzulande.

bes Salz, das Wundermittel seiner Wahl.

Damit es überhaupt aus einer Wolke regnen kann, müssen – zumindest in unseren Breiten – unterkühlte Wolkentröpfchen erst zu Graupel gefrieren.

Dafür muß eine ausreichende Anzahl an sogenannten Kristallisationskeimen vorhanden sein. Diese sind kleinste Partikel, an denen unterkühltes Wasser gefrieren kann.



Herrscht an solchen Kristallisationskeimen ein Mangel, kann die Wolke nicht abregnen. Dies ist genau der Punkt, an dem professionelle Regenmacher ansetzen können. Sie impfen die Wolke vom Flugzeug aus mit den fehlenden Gefrierkernen. Als geeignet hat sich hierfür das schon erwähnte Silberiodid erwiesen. Es besitzt eine dem Eis ähnliche Kristallstruktur, so daß die unterkühlten Wolkentröpfchen an ihnen spontan gefrieren können.

Wenn sie dann zur Erde fallen, ist es geschafft: Es regnet.

Obwohl es sich so einfach anhört – das Gros der Forscher glaubt nicht an die Wirksamkeit solcher Eingriffe. Schließlich fehlen jegliche Vergleichsmöglichkeiten. Ob es aus der Wolke nicht auch ohne äußere Einwirkung geregnet hätte, vermag niemand zu beurteilen.



Wettermacher heute

Doch auch heute gibt es noch in einigen Ländern professionelle Wettermacher: Die Russen haben es zuletzt 1995 vorgemacht. Die Satellitenbilder vom 8. Mai kündigten eine nahende Wolkenfront an. Die geplante Flugschau zur großen Militärparade am 50. Jahrestag der deutschen Kapitulation schien gefährdet. Das bedrohliche Tiefdruckgebiet nahm direkten Kurs auf Moskau. Gennadi Bernikow vom russischen meteorologischen Dienst ließ die Veteranen jedoch nicht im Regen stehen: Für Schönwetter sorgten sieben Spezialflugzeuge, die den Wolken mit Silberiodid und Trockeneis zu Leibe rückten. Die Operation glückte: Noch in der Nacht vor der Parade regneten sich die Wolken ab. Der rund eine Viertelmillion Mark teure Einsatz hatte den gewünschten Erfolg: Pünktlich zur Parade am nächsten Tag präsentierte sich auch der Himmel über Moskau in einem strahlenden Blau.

Im trockenen Norden Mexikos versuchen Forscher aus den USA, den Wolken das Regnen beizubringen: Von Flugzeugen aus werden dort Wolken mit Kaliumchlorid-Partikeln beschossen. Das chemische Impfmittel, das mit dem Kochsalz verwandt ist, soll bewirken, daß zusätzlicher Wasserdampf in den warmen Wolken kondensiert und abregnet. Auf diese Weise könne man die Wolken auf doppelte Regenleistung trimmen, so ein Forscher im britischen Wissenschaftsmagazin „New Scientist“.

Minusgrade im Winter, aber keine Aussicht auf Schnee? Für Skipistenbetreiber ist dies schon lange kein wirkliches Problem mehr – Wetterbeeinflussung im Westentaschenformat: 100 Kubikmeter Schnee pro Stunde schaffen Schneekanonen auf die vorher grünen Hänge. In Italien sind bereits die meisten Skipisten mit unterirdischen Wasserlei-

tungen versorgt – Rohstoffpipelines für die weiße Kanonenpracht. Doch die Gefahren für die Alpenvegetation schlagen genauso negativ zu Buche wie der hohe Energie- und Wasserverbrauch und die nächtliche Lärmelästigung der Brettltouristen. Kein Vergleich zum leise rieselnden Schnee einer stillen Winternacht. Das Original-Wetter ist halt doch romantischer.

In ganz anderen Größenordnungen denken Wissenschaftler aus den USA: Sie wollen das Weltklima retten. Im Herbst 1993 schütteten amerikanische Wissenschaftler und Forscher um den Meeresbiologen John Martin Eisenpulver in den Südpazifik. Ihre umstrittene These:

Im Meer manglele es am Spurenelement Eisen. Mehr Eisen im Meer könnte dort viel mehr einer kohlendioxid schluckenden Algenart zum Wachsen bringen. Der Traum der Forscher: Den Klimakiller Kohlendioxid im großen Maßstab den Algen zum Fraß vorwerfen, um so den Kohlenstoffdioxidgehalt in der Atmosphäre merklich zu reduzieren. Die vermutete Klimaerwärmung durch den Treibhauseffekt wäre gestoppt.



Kann der Mensch das Wetter beeinflussen?

Der amerikanische Nobelpreisträger Irving Langmuir war der erste, der einer Wetterbeeinflussung von wissenschaftlicher Seite her nachging. Mit einfachsten Mitteln suchte er eine Substanz zum Regenmachen. Schließlich war Silberiodid, ein gel-

9. Service & Tips

Kühle Tips für heiße Tage

Bei brütender Hitze verliert ein durchschnittlicher Erwachsener bei leichter Tätigkeit, beispielsweise Gartenarbeit, knapp vier Liter Flüssigkeit in wenigen Stunden.

Untersuchungen haben ergeben, daß das Durstgefühl bei Menschen oft schlecht entwickelt ist. Besonders wichtig sei es, so Experten, viel Wasser zu trinken, bevor man bei Temperaturen von mehr als 30 °Celsius nach draußen geht. Mit kühlem Wasser sind Sie am besten bedient. Weniger geeignet dagegen koffeinhaltige Getränke wie Kaffee oder Alkohol – sie beschleunigen den Wasserverlust des Körpers. Genauso verhält es sich mit Getränken, die reich an Kohlehydraten und Zucker sind, wie reine Fruchtsäfte und Limonade.

Flüssigkeit kann man auch essen. Zu empfehlen sind Früchte, Wassermelonen und Suppen, auch wenn es vielleicht ungewöhnlich erscheint, an heißen Tagen heiße Suppe zu löffeln. Für Freiluftsportler und -arbeiter eignen sich zudem die im Handel erhältlichen Elektrolyt-Getränke. Besonders anfällig für die Auswirkungen der Hitze sind ältere Menschen und Kinder. Bei älteren Menschen lassen das Durstempfinden und die Nierenfunktionen nach, bei Kindern sind die Schweißmechanismen noch nicht voll entwickelt. Als Faustregel gilt: Alle zehn Minuten ein Glas Wasser.

Sonnenbad: Wann wird's gefährlich?

Ein Sonnenbrand ist nicht nur eine schmerzhaft Angelegenheit, er er-

höht – vor allem im Kindesalter – das Hautkrebsrisiko. Verantwortlich für die feuerrote Haut sind ultraviolette Strahlen, die von der Sonne auf die Erde treffen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz informiert die Bevölkerung über das Sonnenbrand-Risiko der nächsten Tage mit dem UV-Index (UVI). Er ist international anerkannt, also in Kenia genauso zu bewerten wie in Köln oder Karlsruhe. Die Skala reicht von niedriger UV-Belastung, bei der keine Schutzmaßnahmen erforderlich sind (UVI 1-0), bis hin zu UVI 8 oder höher. Spätestens hier sollten bei Ihnen alle Warnlampen angehen, denn noch keine 20 Minuten Sonnenbad und Ihre Haut ist verbrannt. Für Kinder wird ein zu langer ungeschützter Aufenthalt im Freien vom Indexwert vier an kritisch.

Die 3-Tages-Vorausschau des UVI mit entsprechenden Erläuterungen und Tips, wie Hauttypenberatung und Schutzmaßnahmen, erhalten Sie beim Bundesamt für Strahlenschutz, Tel: 05341/22 52 80. Wer ein mit Polling-Funktion ausgestattetes Faxgerät besitzt, kann die Informationen auch unter 05341/22 52 87 abrufen.

Wenn's blitzt und donnert

Im Jahr 1994 starben fünf Menschen in Deutschland durch Blitzschlag. Keine spektakuläre Zahl, vergleicht man sie etwa mit der Zahl der Verkehrstoten. Trotzdem: Durch richtiges Verhalten ließen sich wohl auch diese Fälle vermeiden: Eine Rolle für den Blitzeinschlag spielt die Leitfähigkeit der Erdoberfläche. So sind feuchte Böden gefährdeter als trockene.

Gefährdet sind auch immer Bäume, vor allem freistehende, exponierte Geländeformen und hochgelegene Gebäude. Als sicher gelten mit Blitzableitern geschützte Räume, das geschlossene Auto (Faraday'scher Kä-

fig), die Eisenbahn und Metallflugzeuge.

Wenn Sie im Freien doch einmal von einem Gewitter überrascht werden sollten: Kauern Sie sich in Hockstellung in eine Mulde! In einem geschlossenen Waldbestand sind Sie sicherer als unter Solitären. Vogelnester und Wildlagerplätze weisen auf relativ sichere Orte hin, da die Tiere aus Instinkt blitzgefährdete Stellen meiden.

Mit dem Donner läßt sich leicht messen, wie weit das Gewitter noch von Ihnen entfernt ist: Die Druckwelle breitet sich mit Schallgeschwindigkeit aus: 330 m pro Sekunde. Teilt man die Sekundenzahl zwischen Blitz und Donner durch drei, so ergibt sich die Distanz in Kilometern.

Internet: Wetteradressen weltweit

Für die Multimedialen mit Zugang zur Datenautobahn haben wir einige interessante Internetadressen zum Thema Wetter zusammengestellt. Eine umfangreiche Liste von Links finden Sie hier:

The World-Wide-Web Virtual Library: Meteorology
<http://www.met.fu-berlin.de/DataSources/MetIndex.html>

Wettervorhersagen
<http://www.uni-koeln.de/math-nat-fak/geomet/meteo/>

CNN Weltweit
<http://www.cnn.com/WEATHER/index.html#WORLD>

Jörg Kachelmann mit dem Wetter der Bodenseeregion:
<http://www.getit.net/meteomed/index.html>

Aktuelle Satellitenbilder
Weltweite Quellen:
<http://www.met.fu-berlin.de/wetter/satellite/index.html>

Aktuelle Europabilder:
<http://www.ccc.nottingham.ac.uk/pub/sat-images/meteosat.html>

Animationen gesucht?!
<http://www.dkrz.de/sat/meteo-mpg.html>

Und wer anstelle des Wetterfrosches die Nagetiere bevorzugt, wird unter **Groundhog Day** fündig:

<http://ivory.lm.com/~donnpat/grhogday.html>

10. Literatur

Breuer, Georg:
Wetter nach Wunsch?
Perspektiven und Gefahren der künstlichen Wetterbeeinflussung.
Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1976
Eins der wenigen Bücher zum Thema

Faust, Volker:
Biometeorologie – Der Einfluß von Wetter und Klima auf Gesunde und Kranke
Hippokrates Verlag, Stuttgart 1978
Die Bibel zum Thema, geschrieben vom Papst der Biometeorologie – ein Lehrbuch

Malberg, Horst:
Das neue Guinness Buch Wetter: Klima, Krisen, Katastrophen
Ullstein Verlag, Frankfurt/M. 1995
Neben Wetterrekorden findet sich hier auch ein Kurzabriß der Klimadiskussion. Viele Bilder und Grafiken

Malberg, Horst:
Bauernregeln aus meteorologischer Sicht
Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1993
Durchnummerierte Bauernregeln, wissenschaftlich abgeklopft, mit unterhaltsam eingestreuten Wetterinformationen

Merfert, Wolfgang:
Befinden veränderlich – Wetter, Klima, Mensch
Infothek Bleib Gesund der AOK, Heft 4, 1995
Kostenlose Werbebroschüre, aber ausreichende Einführung

Rocznik, Karl:
Wetter und Klima in Deutschland
Hirzel-Verlag, Stuttgart 1995
Jährliche Publikation mit Themen, Analysen und Daten des Wetterjahres

Roth, Günther D.:
Wetterkunde für alle
BLV Verlagsgesellschaft mbH, München 1995
Kompaktes Werk für ambitionierte Einsteiger und Fortgeschrittene

Trenkle, Hermann:
Klima und Krankheit
Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1992
Für Leser, die tiefer in die Materie einsteigen möchten

Wege, Karla:
Wetter – Ursachen und Phänomene
Franckh-Kosmos Verlag, Stuttgart 1992
Kurzeinführung in Sachen Wetter und Klima im Jackentaschenformat

Literatur für Kinder:

Aust, Siegfried:
Das Wetter
Was ist was, Bd. 7. Tessloff Verlag, Nürnberg 1989
Kurze und leichtverständliche Einführung in Sachen Wetter, reich bebildert – nicht nur für Kinder

Wyatt, Valerie:
Potzblitz, staut der Wetterfrosch!
Beobachtungen und Versuche rund ums Wetter
Benzinger Edition im Arena Verlag, Würzburg 1991
Kindgerechte Einführung in die Themen Wetter, Klima und Umwelt mit gelungenen Versuchs-Anregungen

11. Adressen

Bezugsquellen für meteorologische Meßgeräte und Wetterhütten:

Adolf Thief GmbH & Co. KG
Göttingen
Tel: 0551/79 00 10

Lambrecht Klimatologische Meßtechnik
Göttingen
Tel: 0551/49 580

GWU Umwelttechnik
Erfstadt
Tel: 02235/77 877

Die einfachen Geräte und die Computerstation stammen von

Conrad Electronic
Hirschau
Tel: 0180/53 12 111

Deutscher Wetterdienst
Geschäftsfeld
Medizin-Meteorologie
Stefan-Meier-Str. 4
79104 Freiburg
Tel: 0761/28 20 20

Vorhersage für Wetterfühlige
Generalnummer Tel: 0190/11 54 60

Deutscher Wetterdienst
Öffentlichkeitsarbeit
Frankfurter Str. 135
63067 Offenbach/M.
Tel: 069/80 62 22 94

Meteomedia AG
Schwäbrig
CH-9059 Gais
Tel: 0041/71/79 10 909

12. Index

Altweibersommer	23	Klimaerwärmung	29	Taifun	25, 27
Äquator	19	Klimakatastrophe	22	Tannenzapfen	10
Aerosole	18	Kohlendioxid	19	Temperatur	10, 12, 15, 23, 24
Algen	29	Kondensationskeime	23	Thermometer	10-14
Amputation	8	Krankheit	5	Thermometerhütte	11
Antarktis	19	Kristallisationskeime	28	Tief	20, 21
Antike	15	Küstennebel	20	Tiere	9, 11
Argon	18			Todesursachen	4
Atmosphäre	19	Luftdruck	9, 12, 13, 15, 20	Tornado	25, 27
Aufwind	25	Luftfeuchtigkeit	12, 15	Treibhauseffekt	18
				Trockeneis	29
Bakterien	9	Mars	25	Troposphäre	18, 23
Barometer	13, 14, 15	Maximumthermometer	12		
Bauernregel	9, 16	Medizin-Meteorologie	4, 8	UV-Index	30
Blitzschlag	4, 30	Meeresströmungen	18		
		Mesopotamien	15	Vegetatives Nervensystem	5
Computer-Meßstation	14	Metall Dosenbarometer	13	Vorhersage	11
Corioliskraft	21	Meßgerät, -instrument	11, 13		
				Warmfront	6
Distelblüte	10	Naturkatastrophe	22	Wasser	19, 20, 23
Donner	31	Nebel	16	Wasserkreislauf	20
		Niederschlag	21	Weihnachtstauwetter	22
Eis	24			Weltklima	29
Eisenpulver	29	Operationsnarbe	8	Wetterbeeinflussung	28
Eisheilige	23	Orkan	25	Wetterbeobachtung	11
Erdatmosphäre	18	Ozon	18, 19	Wetterempfindlichkeit	5
Esche	11			Wetterforschung	15
		Pflanze	9, 10, 11	Wetterfrosch	9
Faraday'scher Käfig	30	Phantomschmerz	5	Wetterfühligkeit	4
Flurprozeßion	28	Planeten	17	Wetterhäuschen	12
Föhn	6	Psychrometer	13	Wetterprophet	8
Frontgewitter	22			Wetterreaktion	5
		Quecksilber	13	Wetterreize	4
Gesundheit	8			Wetterstation, älteste	16
Gewitter	25, 31	Reiherschnabel	10	Wettertiere	10
Gewitterwolken	24	Regen	19, 20, 22, 28	Wettervorfühligkeit	8
Goethe-Barometer	13	Regen machen	28	Wind	16, 19, 20
Graupel	24, 28	Regentänzer	28	Windstärke	27
Griechen	15	Regentropfen	24	Winter	20
Grille	10, 12			Wirbelsturm	26, 27
		Sauerstoff	18, 19	Wohnsitzberatung	8
Hagel	24, 25	Schafskälte	23	Wolken	16, 20, 21, 22, 29
Hitze	30	Schnee	22, 28, 29	Wüste	19
Hitzschlag	4	Schneekanone	29		
Hoch	20	Schutzreflex	4		
Hochdruckwetterlage	9	Schwalbe	9		
Höhenmesser	13	Siebenschläfertag	16		
Hurrikan	25, 26	Silberiodid	28, 29		
Hurrikanwarnung	27	Singularitäten	22		
Hygrometer	12	Sonne	16, 17, 19, 20, 23, 28		
Hygroskopie	10	Sonnenbrand	30		
		Sonneneinstrahlung	20		
Internet	31	Sonnenstich	4		
		Spherics	8		
Jet-Stream	27	Spurengase	19		
		Sterbefälle	4		
Kalender, 100-jähriger	17	Stickstoff	18, 19		
Kaliumchlorid	13, 29	Sturm	16, 19, 25		
Kaltfront	6, 22	Sturmstärken	27		
Klima	18, 23				



In der Reihe „Quarks-Script“ sind bisher Broschüren zu folgenden Themen erschienen:

Elektrosmog
Kopfschmerz
Allergie
Wenn das Gedächtnis streikt
Die Wissenschaft vom Wein
Die Datenautobahn
Vorsicht, Fett!
Aus der Apotheke der Natur
Vorsicht Parasiten
(Stand September 1996)

Und so bestellen Sie das „Quarks-Script“:
Beschriften Sie einen C 5 Umschlag mit Ihrer Adresse und mit dem Vermerk „Büchersendung“ und frankieren ihn mit DM 1,50. Schicken Sie dann diesen Umschlag in einem normalen Briefkuvert an:

WDR
Quarks & Co
Stichwort „Thema des Scripts“
50608 Köln