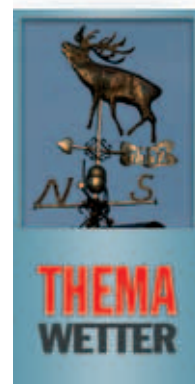


Moderne Wettervorhersage 4



Wetter und Wettervorhersage erwecken unser aller Interesse, private und kommerzielle Interessen werden eng mit der Wetterprognose verknüpft. Mittlerweile wird die Erwartungshaltung im Wetterbericht laufend höher, auf die Stunde genau will man das Eintreffen des Regens wissen und rechtzeitig vor möglichen Unwettern gewarnt werden. Auch für den Jäger ist der Wetterbericht von größter Bedeutung. – 4. und letzter Teil.



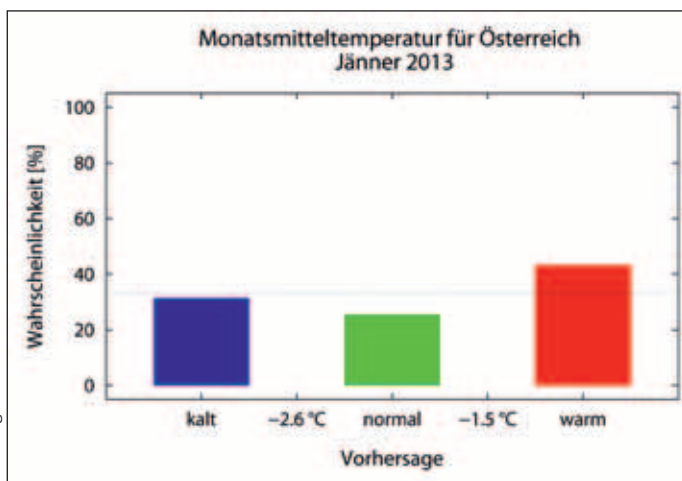
Dr. Herbert Gmoser
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

Aussagen über 10 bzw. 14 Tage hinaus über das künftige Wetter sind sehr erwünscht, stehen aber zurzeit nur im experimentellen Stadium zur Verfügung. So werden Monats- und Jahreszeitenvorhersagen auf experimenteller Basis durchgeführt und ihre Aussagekraft auf Brauchbarkeit getestet. Aussagen darüber betreffen hauptsächlich die Temperatur. Derartige Prognosen unterscheiden sich von herkömmlichen Wettervorhersagen dadurch, dass im Wesentlichen Trendangaben die Vorhersage bestimmen. Die Monatsprognose

wird im Augenblick zweimal pro Woche errechnet. Die Angabe der Temperatur erfolgt in gewissen Schwankungsbreiten. Ihre Aussagekraft sinkt rasch ab dem 15. Tag. Die Leistung der Jahreszeitenvorhersage für den europäischen Raum tritt im Augenblick noch nicht markant in Erscheinung. Wegen des großen Interesses solcher Trendvorhersagen für verschiedene wirtschaftliche Bereiche (Energieversorgung, Landwirtschaft usw.) werden größte Anstrengungen unternommen, passende Lösungsvorschläge zu erarbeiten.

Jahreszeitenprognose

In die Forschung der Jahreszeitenvorhersage fließen beträchtliche finanzielle Mittel. In komplexen Computermodellen wird versucht, die langfristige Auswirkung von recht trägen, witterungsrelevanten Parametern, wie beispielsweise Temperaturanomalien von großen Meeresflächen und -strömungen, zu berechnen. Im tropischen Pazifik gelingt das schon erfolgreich. Das dort großräumig auftretende Phänomen „El Niño“ lässt sich in zufriedenstellender Weise ein paar Monate im Voraus berechnen. Die Ergebnisse für Mitteleuropa sehen hingegen deutlich bescheidener aus. Grund dafür ist die rege Tätigkeit von Tiefdruckgebieten, die aus Nordwesten über Island kommend auf Europa übergreifen. Dennoch gibt es Vorhersagen über Wahrscheinlichkeiten für die europäischen Gebiete. Die Wahrscheinlichkeit für einen milden bzw. kalten Winter ist etwas höher bzw. niedriger als im Mittel usw. Diese Jahreszeitenvorhersagen sind für hoch spezialisierte Branchen von großem Interesse. „Wetterderivate“ ist eines der Schlüsselwörter, die diesbezüglich auf dem Wirtschaftssektor neu auftauchen.



Jahreszeitenprognose:
Im Jänner 2013 beträgt die Wahrscheinlichkeit für überdurchschnittliche Temperaturen etwas mehr als 40%. In 3 von 10 Fällen ist mit unterdurchschnittlichen Temperaturen zu rechnen.

Was sind Wetterderivate?

Wetterderivate sind Produkte aus der Finanzwelt und sollen Umsatzverluste bei wetterabhängigen Gütern absichern. Für etwa 70–80 % der Wirtschaft besteht ein Wetterrisiko. Zum Beispiel ist ein Wetterrisiko für die Landwirtschaft, den Energiemarkt, den Tourismus und für die Lebensmittelbranche gegeben. Die Wetterdienste stellen für diese Finanzprodukte die meteorologischen Daten und Statistiken als Ergebnisse von Klimadaten und Langzeitprognosen bereit. Die Finalentscheidungen treffen die Risikomanager der Unternehmen. Wetterderivate stehen in den USA sowie in Großbritannien insbesondere bei Rückversicherungsunternehmen hoch im Kurs. Ein Beispiel: Ein Öl-Großlieferant im Bundesstaat Texas, USA, weiß, wie viel Öl er im Schnitt im Sommer (Klimaanlagen) und im Winter (Heizung) zur Deckung seines Kundenbedarfs benötigt. Diese Mengen werden langfristig zu günstigen Konditionen unter Einbindung einer Rückversicherung geplant. Erfordern die Wetterverhältnisse spontan mehr bzw. weniger Ölmengen, so wird dem durch höhere bzw. niedrigere Preise am Spotmarkt Rechnung getragen. Dieses Mehr oder Weniger an Öl soll durch eine entsprechende Risikorückversicherung für den Öl-Großlieferanten abgedeckt werden. Wetterderivate sind also für Rückversicherer zur Kalkulation der Prämie unerlässlich.

In Europa sind insbesondere im Zusammenhang mit Wetterderivaten die Spekulationen am freien Strommarkt zu erwähnen. Die Risikomanager diverser Stromgesellschaften greifen, wie in den Vereinigten Staaten seit Langem üblich, auf diese sogenannten Wetterderivate zurück. Es geht dabei nicht um eine hohe Trefferquote im Einzelfall für den kommenden Winter, sondern es reicht aus, dass es über lange Zeiträume hinweg mehr Treffer als Nieten gibt. Viele Energieagenturen wissen über die langfristigen Veränderungen im Wetter über Europa Bescheid. Warum ist dies der Fall? Man sucht nach Nischen, um überschüssige Energie am Spotmarkt gewinnbringend zu verkaufen. Ist es im eigenen Land für die Jahreszeit zu mild, liegt ein Energieüberschuss vor. Hier

Nebeltreiben tritt häufig im Bereich von Küsten zusammen mit lebhaftem Wind auf. Kältere und gesättigte Luft streicht über die warme Meeresoberfläche. An der Küste entsteht durch Hebung die notwendige Feuchte zur Nebelbildung.



Foto Jürgen Gauß

stellt sich den Stromerzeugern die Frage, wer in den kommenden Wochen und Monaten diese Energie benötigen könnte? Dies ist unter dem Gesichtspunkt besser verständlich, wenn man weiß, dass die langfristigen Gaslieferverträge täglich konstante Mengen Gas vorsehen, und die Frage zur Beantwortung ansteht: Wohin mit diesem aufgelaufenen Energiepotenzial? Gas wird bekanntlich in eigenen kalorischen Kraftwerken zu Strom verarbeitet, und dieser kann europaweit Nutzern zur Verfügung gestellt werden.

Phänomen El Niño

El Niño nennt man das Auftreten ungewöhnlicher, nicht zyklischer, veränderter Strömungen im System des äquatorialen Pazifiks. Vor Indonesien liegt die Wassertemperatur im Pazifik in normalen Jahren um die Weihnachtszeit bei 28 °C, vor der Küste Perus normalerweise dagegen nur bei 24 °C. Durch die Passatwinde kommt es vor Peru zum Auftrieb von kühlem Wasser aus den Tiefen des Ozeans. Dieser Auftrieb ist Teil des Humboldtstroms vor der Küste Südamerikas. Bei El Niño schwächt sich der kalte Humboldtstrom ab und kommt zum Erliegen. Das Oberflächenwasser vor der Küste Perus erwärmt sich so sehr, dass die obere Wasserschicht nicht mehr mit dem kühlen und nährstoffreichen Tiefenwasser durchmischt wird. Deshalb kommt es zum Absterben des Planktons, was zum Zusammenbruch ganzer Nahrungsketten führt. Normalerweise strömt warmes Oberflächenwasser aus dem Pazifik vor Südamerika in Richtung Westen nach

Indonesien. Bei einer El-Niño-Phase kehrt sich dieser Prozess durch eine Verschiebung der Windzonen um. Innerhalb von etwa drei Monaten strömt die Warmwasserschicht von Südostasien nach Südamerika. Der Ostpazifik vor Südamerika erwärmt sich, während vor Australien und Indonesien die Wassertemperatur absinkt. El Niño ist ein natürliches Klimaphänomen. Ob dies im Zusammenhang mit dem vom Menschen geförderten Treibhauseffekt oder mit längerfristigen natürlichen Schwankungen des Pazifiks steht, ist noch nicht geklärt. Das dort großräumig auftretende Phänomen lässt sich mittlerweile in zufriedenstellender Weise im Voraus berechnen, um einen Trend der kommenden Entwicklung abschätzen zu können.

Auf drei Vierteln der Erde werden durch El Niño die Wettermuster beeinflusst. Die Vorausberechnung der Abweichung der Ensemble-Meerestemperaturen vom Klimamittel für die kommenden 6 Monate im äquatorialen Pazifik hat große Bedeutung am wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Sektor. Auf den Galapagos-Inseln und an der südamerikanischen Küste kommt es zu starken Regenfällen. Diese führen zu Überschwemmungen entlang der westlichen Küste Südamerikas. Selbst an der nordamerikanischen Westküste kommt es zu Überschwemmungen. Der Regenwald im Amazonasgebiet leidet dagegen unter Trockenheit. Vor Mexiko können gewaltige Wirbelstürme entstehen, die enorme Schäden anrichten. In Südostasien und Australien kommt es durch den fehlenden Regen zu Buschfeuern und riesigen Waldbränden.

Während es in Kenia und Tansania mehr Regen gibt, ist es in Sambia, Simbabwe, Mosambik und Südafrika deutlich trockener. Durch die Erwärmung des Meeresswassers kommt es zum bekannten Absterben des Planktons vor der peruanischen Küste. Hier gibt es in normalen Jahren bis zu zehnmal mehr Fische wie an anderen Küsten. Bei El Niño finden die Fische kaum Nahrung und wandern ab. Der wirtschaftliche Schaden für die Region ist kaum zu beziffern. Die Ergebnisse der Jahreszeitemvorhersage können in einigen Gebieten auf der Erde steuernd politische und wirtschaftliche Maßnahmen begründen.

Im Gegensatz zu El Niño ist La Niña eine außergewöhnlich kalte Strömung im äquatorialen Pazifik. Der Humboldtstrom nimmt wieder an Stärke zu. Durch diese kalte Strömung entwickelt sich über Indonesien ein besonders starkes Tiefdruckgebiet. Die Passatwinde wehen stark und lang anhaltend. Dadurch kühlt sich der östliche Pazifik vor Peru weiter ab. In Indonesien gibt es besonders viel Regen. Dagegen ist es in Peru weitgehend trocken. Die Fische finden wieder ihre gewohnte Nahrung. Die lokale Fischerei erlebt wieder Auftrieb. Die Vorausberechnung der Abweichungen der Meerestemperaturen in diesem Gebiet ist von hohem wirtschaftlichem Interesse.

Der erste Meteorologe

Admiral Robert FitzRoy, britischer Marineoffizier und Meteorologe (1805–1865), hat erstmals schematisch die Windverhältnisse skizziert, ohne zu wissen, welche Folgen diese dynamischen Mechanismen im Detail beim Wetter auslösen. Leider sind die Zusammenhänge zwischen Wind und Tiefdruckentwicklung in den nachfolgenden Jahrzehnten etwas in Vergessenheit geraten und haben vorübergehend ausschließlich statistischen Methoden Platz gemacht. Admiral FitzRoy wird als der erste Meteorologe bezeichnet, auf den der Ausdruck Wettervorhersage zurückzuführen ist. Admiral FitzRoy führte das Barometer auf britischen Schiffen ein und wurde 1854 zum meteorologischen Statistiker im Komitee zur Beratung der britischen Krone ernannt. In der Folge entstand aus dieser

Organisation der britische Wetterdienst. Im Dezember 1831 stach er als Kapitän mit dem Schiff HMS Beagle von Devonport aus in See zu einer Forschungs Expedition nach Südamerika. Mit auf dieser Seereise befand sich der junge Charles Darwin, der in dieser Zeit wertvolle Erkenntnisse sammelte. FitzRoy hatte fast fünf Jahre mit Darwin verbracht und sogar seine Kajüte mit ihm geteilt.

Lösung Statistik?

Wiederholt wird die Frage aufgeworfen, was an langfristigen Vorhersagen über eine kommende Jahreszeit zum derzeitigen Stand der Wissenschaft überhaupt möglich ist. Erste wissenschaftliche Ansätze kamen dabei aus der Statistik. Mittels Analogiebetrachtungen vergangener Wetterentwicklungen versuchte man, auf langfristige Entwicklungen zu schließen. Dies ist der Versuch, auf das „Gedächtnis der Natur“ zurückzugreifen. Immerhin gibt es ein paar langfristige Vorhersage regeln, die Trefferquoten signifikant über dem Zufallsprinzip liefern. So folgt in Mitteleuropa einem deutlich zu warmen Oktober, der zudem auch trockener als im klimatologischen Mittel war, recht häufig ein kalter Januar. Mit einer Trefferquote von rund zwei Dritteln ist das schon ein recht brauchbarer Hinweis für eine Langfristvorhersage. Allerdings sind die Anfangsbedingungen solcher Regeln recht eng gefasst, sodass am Ende nicht allzu viele Vergleichsfälle betrachtet werden können und das Ergebnis damit nicht ausreichend abgesichert ist. Außerdem sagt ein statistischer Zusammenhang noch nicht viel über eine wissenschaftlich fundierte Ursache-Wirkungs-Kette aus. Hier

bewahrheitet sich der Spruch: Einfache Antworten in der Natur sind falsch, die Natur ist bei Weitem komplexer, als dass einfache Rückschlüsse eine Antwort liefern. Das in der Statistik gern zitierte Beispiel über den statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl brütender Storchpaare und der Geburtenrate ist eine gute Veranschaulichung dafür.

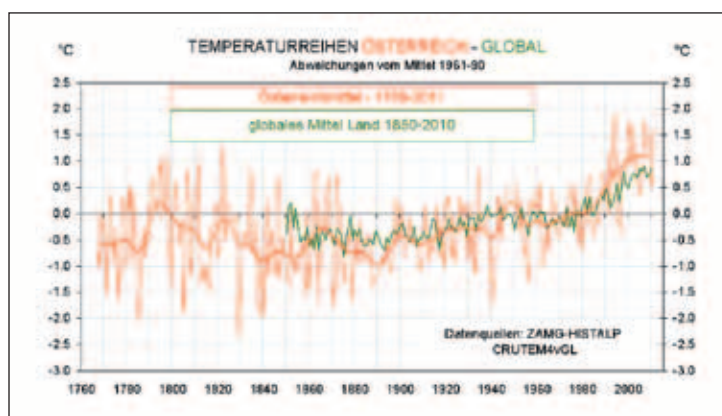
Wetter, Wetterlage, Witterung und Klima

Das *Wetter* bezeichnet den aktuellen Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Ort. Es handelt sich also um einen kurzfristigen Zustand, der in Bezug auf Wind, Temperatur, Feuchte, Luftdruck und anderen meteorologischen Messgrößen bestimmt wird. Das Wetter kann manchmal von Ort zu Ort und innerhalb eines Tages stark variieren. Man denke da an Nebellagen oder Wind- und Gewittersituationen. Die *Wetterlage* umfasst den aktuellen Zustand der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt in einem größeren Gebiet, wie dem Alpenraum oder Europa schlechthin.

Die *Witterung* ist der mittlere Wettercharakter in einem Gebiet, betrachtet über einen längeren Zeitraum (Tage, Wochen oder über einen Monat). Ein Beispiel: Im Dezember 2011 war in Österreich eine feuchte und sehr milde Witterung wirksam.

Das *Klima* beschreibt den durchschnittlichen Zustand der Atmosphäre über einen weitaus größeren Zeitraum. Dazu sollten mindestens 30 Jahre (= Klimarefe-

Beispiel einer sehr langen Temperaturreihe (1768–2011) aus der Klimaforschung der ZAMG



Quelle: ZAMG

Sektor	Nationaler Nutzen in Mio. ECU
Öffentlichkeit (Radio, Fernsehen, Presse)	126
Transportwesen (Straßen- und Schienenverkehr)	95
Baugewerbe	60
Energie (Gas- und elektrische Versorgungsunternehmen)	41
Tourismus und Freizeit (Hotels, Restaurants, Sport, Theater, Kino)	9
Landwirtschaft	8
Einzelhandel und Vertrieb (Getränke-, Bekleidungs-, chemische Industrie)	5
Zivilluftfahrt	3
Öffentlichkeitsinformation für den Katastrophenfall: Sturm, Hochwasser, Umwelt)	2
Telekommunikation (Telefon, Radio, Computerverbindungen)	1
Gewerbe	1
Versicherungen	1
Summe	352

renzperiode) betrachtet werden, um Aussagen, wie „in Österreich herrscht ein gemäßigtes Klima“, treffen zu können. Möchte man nun Aussagen darüber machen, ob sich das Klima ändert, sollte man mindestens 60 Jahre betrachten und vergleichen, wie sich die ersten 30 Jahre im Vergleich zu den darauffolgenden 30 Jahren geändert haben. Ein einzelner Winter, ob nun ein recht kalter wie im Jahr 2010 bzw. 2012 oder auch ein milder wie im Jahr 2011, führt zu keiner Aussage über das Klima. Es handelt sich nur um einen Einzelwert von einem viel umfassenderen Mittel. In der aktuellen Klimaforschung werden Klimareihen von 100 und mehr Jahren für Aussagen über den Klimawandel betrachtet.

Kosten & Nutzen

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis eines Wetterdienstes liegt aufgrund von internationalen Studien zwischen 1:4 und 1:10. Das heißt bei Verwendung von Wetterprognosen als Unterstützung bei wirtschaftlichen Entscheidungen kann der Nutzen daraus einen beträchtlichen Anteil erzielen. Als ein Beispiel unter vielen können in Österreich die täglichen Straßenwinterdienstprognosen mit ausgeklügelten Anwendungskonzepten für die Straßenverantwortlichen angeführt wer-

den. Die Wettervorhersage steht heute mehr denn je unter dem Druck eines ständig expandierenden Anwenderbedarfs. Vor 20 Jahren stand den westeuropäischen Wetterdiensten anlässlich des geplanten Beitritts zur EUMETSAT (= European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites) zur Argumentation gegenüber den eigenen Regierungsdienststellen folgende Kosten-Nutzen-Studie zur Verfügung (siehe Tabelle). Neuere Untersuchungen von Kosten-Nutzen-Studien dieser Art wurden nicht mehr erstellt. In Europa haben sich die Strukturen der nationalen Wetterdienste in der Zwischenzeit maßgeblich geändert. Viele nationale Wetterdienste wurden von ihren Regierungen veranlasst, privatwirtschaftliche Komponenten aufzubauen, um die hoheitlichen Budgetkosten senken zu können: „Mit Wetter kann man Geld verdienen“. Einige Wetterdienste wurden privatisiert, viele Wetterdienste erhielten neben den gesetzlichen Hoheitsaufgaben privatwirtschaftliche Strukturen. Beispielsweise muss die ZAMG unter anderem für etwa 140 Privatangestellte die Personalkosten auf dem kommerziellen Sektor aufbringen.

Zukunft der Wettervorhersage

Wie in jeder naturwissenschaftlichen Disziplin unterliegt auch die Wettervorhersage einer laufenden Veränderung. Neue wissenschaftliche Konzepte sowie wirtschaftliche Überlegungen hinsichtlich Personal- und Kosteneinsparung zwingen die Wetterdienste, ihre Abläufe mehr und mehr zu optimieren. Viele Produkte werden bereits jetzt aufgrund ausreichender Vorhersagegüte der Vorhersagemodelle automatisch hergestellt und digital verbreitet (Internet, SMS und Apps). Höherwertige Produkte erfordern bei entsprechender Vorhersagegüte noch die Handschrift eines Meteorologen. Die Kosten dafür liegen auch deutlich höher gegenüber den automatisch erzeugten Produkten. Grundsätzlich kann man davon ausgehen, dass die nächsten Generationen von Meteorologen vielfach nur noch die automatischen Abläufe überwachen und geeignete Prozessabfolgen entwickeln oder verbessern werden. Die Computerergebnisse der Wet-

tervorhersagemodelle werden zukünftig noch genauer die entsprechende Vorhersagegüte bringen.

Einfluss des Mondes?

Der zweithäufigste Irrtum im langfristigen Wetterverlauf – nach dem Glauben an den „100-jährigen Kalender“ – ist der scheinbare Einfluss der Mondphasen auf das Wetter. Dieser Einfluss reflektiert eher die selektive Wahrnehmung, dass Vollmondnächte mit tiefen Nachttemperaturen in Verbindung gebracht werden. Wahr ist, dass in klaren Nächten, und nur dann erstrahlt der Mond in voller Schönheit, die Temperaturen rasch absinken. Wie jedoch Untersuchungen an der mehr als 200 Jahre langen Prager Beobachtungsreihe zeigen, lassen sich sowohl ein Wetterwechsel bei Voll- oder Neumond als auch niedrige Nachttemperaturen bei Vollmond nicht nachweisen. Im Volksmund sagt man, dass bei zunehmendem Mond gutes Wetter herrscht, zu Vollmond ein Wetterumschwung ansteht und bei abnehmendem Mond schlechtes Wetter dominiert. Von wissenschaftlicher Seite aus ist es klar, dass der Mond keinen Einfluss auf das Wetter hat. Das Wetter wird letztlich durch die Sonne und den wechselnden Einfallswinkel der Sonnenstrahlen auf die Erde angetrieben. Die Sonne stellt die benötigte Energie bereit.

Wettervorhersage für Jäger

Zunächst ist die Kenntnis der allgemeinen Wettersituation anhand eines Wetterberichts erforderlich. Darüber hinaus sind Kenntnisse im Jagdrevier über lokale Wetterphänomene zweckmäßig. Sowohl die Auswirkungen auf ein Tal als Folge der vorherrschenden Windrichtung, wie Föhn, Berg- und Talwinde, sowie Windrichtungsumkehr durch Bergketten als auch die lokale Kenntnis sich bildender Gewitterzellen und ihre mögliche Zugbahn sollte man sich einprägen. Der Einsatz mobiler digitaler Informationssysteme stellt mittlerweile die bestmögliche Hilfestellung dar. Damit informiert, kann ein vom Wetter abgesicherter sorgenfreier Reviergang beginnen.

Literatur: Eine Literaturliste kann in der Redaktion angefordert werden.