

Klimatendenzen und ihre möglichen Auswirkungen auf die Niederschläge im Alpenraum

von Prof. Dr. Werner Mahringer

Es gibt nur wenige erdwissenschaftliche Problemkreise, die derzeit so im Blickpunkt des öffentlichen Interesses stehen, wie die Änderung des Klimas. Die oft sehr emotionell geführte Diskussion reicht von der Warnung vor Klimakatastrophen zwischen Hitzetod und neuer Eiszeit bis zum Vorwurf des „Klimaschwindels grüner Gruppen“ als Mittel zum Durchsetzen einschneidender Restriktionen. Die Öffentlichkeit und die Politiker wünschen vom Experten dringend objektive und detaillierte Fakten und Entscheidungshilfen.



Historie des Klimageschehens

Wenn man längerfristige Klimaänderungen untersucht, stellt sich dies als komplexes räumlich-zeitliches Problem dar: Was die Verfügbarkeit von Meßdaten betrifft, ist die Situation ausgesprochen schlecht, denn das erste größere Klimameßnetz wurde erst vor 200 Jahren eingerichtet. In Österreich reichen die längsten Meßreihen in Kremsmünster bis 1796, in Wien bis 1775, am Sonnblick bis 1886 zurück. Vor dieser Zeit ist man auf indirekte Methoden angewiesen, die zwar weniger exakt sind, jedoch unser Wissen auf Zeiträume von Jahr-millionsen ausgedehnt haben (Eisbohrkernuntersuchungen, Bändertone, Baumringe, Pollenanalysen, Tiefseebohrungen, Moränen). Meist werden bei diesen Untersuchungen allerdings nur die Temperatur und die unmittelbaren Folgen (Vereisung) betrachtet. Fakten aus diesen Studien

werden im Folgenden behandelt.

Das Weltklima zeigt sich langfristig als recht variabel

In etwa 90 % der Klimageschichte der 3 Milliarden Jahre herrschte ein gegenüber heute deutlich wärmeres Klima ohne Eisbildung an der Erdoberfläche. Etwa vor 2 - 3 Millionen Jahren mit dem Beginn des Quartär setzte das quartäre Eiszeitalter ein, mit einem ausgeprägten Schwankungsverhalten, wobei die zwei „metastabilen“ Situationen der Kaltzeiten (Glazial) und der meist kürzeren Warmzeiten (Interglazial) im Rhythmus von etwa 100.000 Jahren mit jeweils ähnlichem Temperaturumiveau aber eher zunehmender Schwankungsweite wechselten.

Seit etwa 12.000 Jahren befindet sich die Erde in einer Warmzeit, der „NEO-Warmzeit“, nachdem die Würm-Kaltzeit vor etwa 12.000 Jah-

ren recht plötzlich zu Ende ging. In der letzten Kaltzeit lag weltweit die Temperatur um etwa 5 Grad tiefer als heute, wobei aber große regionale und jahreszeitliche Unterschiede auftraten.

Im Holozän, also in den letzten 12.000 Jahren, blieben die gemittelten weltweiten Temperaturänderungen innerhalb von etwa +/- 1 Grad, wobei man dennoch wärmere Phasen (Optima) und kältere Phasen wie die „kleine Eiszeit“ unterscheidet, die jeweils eine Dauer von einigen Jahrhunderten aufwiesen und trotz der relativ geringen Änderungen markante sozialökonomische Auswirkungen hatten. Sehr bescheiden sind die Kenntnisse über die Niederschlagsschwankungen in diesen Zeiträumen. Man kann aber mit Sicherheit sagen, daß alle 4 Kombinationen: warm-trocken, warm-feucht, kalt-trocken und kalt-feucht aufgetreten sind.

Derzeit befinden wir uns im jüngsten „modernen“ Kli- ➤

Das Weltklima zeigt sich langfristig als recht variabel

Das Klima der letzten 200 Jahre

Über diesen Zeitraum liegen durch direkte Messungen weltweit und besonders auch aus dem Alpenraum genaue Angaben vor, wobei besonders auch in Österreich in den letzten Jahren von den Experten der ZAMG und des Hydrographischen Dienstes eingehende Studien durchgeführt wurden. Folgende zentrale Ergebnisse sind erkennbar:

- ➡ Weltweit und in den Langzeitreihen Österreichs und Mitteleuropas erkennt man einen Temperaturrückgang von der Mitte des 19. Jahrhunderts und anschließend eine fortschreitende Erwärmung mit charakteristischen Variabilitäten und einem Anstieg der mittleren globalen Lufttemperatur um 0,3 bis 0,6 Grad seit dem Ende des 19. Jhdts. Die letzten Jahre gehören trotz des vorübergehenden Abkühlungseffektes durch den Ausbruch des Vulkans Pinatubo zu den wärmsten seit Beginn der Instrumentenreihen.
- ➡ Weniger gut belegt ist dieser Trend bei Betrachtung einzelner Stationen oder der Trends in verschiedenen Jahreszeiten.
- ➡ Nicht so eindeutig sind die Ergebnisse anderer Klimaelemente wie Niederschlag, Schneedeckendauer oder Sonnenschein, welche entweder keine oder regional stark differierende Trends zeigen.
- ➡ Der Meeresspiegel ist in dieser Zeit um 10 bis 25 cm angestiegen.
- ➡ Die Gletscher der Alpen und anderer Gebirge (nicht Skandinavien) zeigen kontinuierliche Rückgangerscheinungen.
- ➡ Es gibt keine ausreichenden Daten für globale Änderungen bei extremen Wetterereignissen.

maoptimum, dessen Temperaturen wahrscheinlich aber noch nicht die Werte des holozänen Optimums erreicht haben.

Analyse möglicher Ursachen von Klimaschwankungen und Klimatrends

Der erwünschte Blick in die Zukunft setzt ein möglichst umfassendes Verständnis des Zusammenspiels im weltweiten Klimasystem voraus, wobei die Erklärungsmöglichkeit der natürlichen Ursachen von Klimaänderungen noch nicht befriedigend gelingt und auch rückschauend das Zustandekommen der prähistorischen und neuzeitlichen Klimaschwankungen daher nur teilweise durchschaubar ist. Man kennt zwar eine Anzahl von Wirkungsgrößen, kann aber die multiplen Vernetzungen von Ursachen und Wirkungen mit den zahlreichen verstär-

kenden und schwächenden Rückkoppelungen noch wenig qualifizieren. Daher ist auch die Auswirkung der besser erfaßten antropogenen Klimaeinflüsse aus dem Gesamtsystem schwer extrahierbar und setzt komplexe Modellansätze voraus.

Natürliche Wirkungsgrößen

Solare Ursachen, Vulkanismus, Kontinentaldrift, Orogenese, Zirkulationssysteme, Eis-Albedo-Rückkoppelung etc.

Antropogene Klimabeeinflussungen

- Änderung der Atmosphärenzusammensetzung durch Emission von Gasen und Aerosolen
- Änderung der Erdoberflächeneigenschaften durch Bewirtschaftung und Verbauung
- Energiefreisetzung
- Eingriffe in den Wasserhaushalt.

Der Blick in die Zukunft

Für die Prognose der zukünftigen Klimaentwicklung wird im letzten Jahrzehnt intensiv und unter Einsatz der größten verfügbaren Rechenanlagen an der Entwicklung von numerischen Klimamodellen gearbeitet, die möglichst viele Effekte im Klimageschehen vernetzen und auch Rückkoppelungen und daraus resultierende Nichtlinearitäten erfassen können. Daneben wird aber auch mit einfacheren Modellen auf physikalischer oder statistischer Basis gearbeitet, deren Stärke neben der strikten Orientierung an den beobachteten Fakten die simultane Verarbeitung unterschiedlicher Klimaantriebsmechanismen ist. Immer handelt es sich jedoch um Simulationsrechnungen, das heißt, es werden Annahmen über Änderungen der Randbedingungen (CO₂-Gehalt, Aerosolemissionen, Albedoänderungen etc.) vorgegeben. Meist wird von den Modellen die Situation bei einer Verdoppelung des derzeitigen CO₂-Gehaltes simuliert.

Die Ergebnisse einiger Modelle werden diskutiert, wobei die Schwachstellen und Grenzen der Aussagekraft klar aufgezeigt werden.

Weltweit sind folgende Ergebnisse wahrscheinlich:

Beim Anhalten der derzeitigen Emissionstrends ist ein Anstieg der globalen bodennahen Lufttemperatur von 2 Grad

bis zum Jahr 2100 der beste Schätzwert. Die Bandbreite beträgt 1,0 bis 3,5 Grad. Regionale und jahreszeitliche Unterschiede sind wahrscheinlich. Die Werte für Mitteleuropa liegen bei vielen Modellen nahe am globalen Mittel.

Der mittlere Meeresspiegel wird im Vergleich zu 1900 um 50 cm bis zum Jahr 2100 als beste Schätzung ansteigen. Die Bandbreite beträgt 15 bis 95 cm.

Unsicher sind besonders auch die Simulationen hinsichtlich der zu erwartenden Änderung der Niederschlags-Verhältnisse. Derzeit liefern die meisten Modelle eine Zunahme des globalen Niederschlages von 7 bis 15 % mit großer regionaler Unsicherheit. Für Mitteleuropa werden von den Modellen dabei sehr unterschiedliche und teilweise gegenläufige Trends geliefert.

Keine Unterstützung liefert die Modellrechnung für die Annahmen, daß sich die Westwindzirkulation bzw. die Intensität der atlantischen Tiefdruckgebiete verstärkt, wie es einige neuere Untersuchungen vermuten lassen.

Hinweise für den Alpenraum

Für den Alpenbereich ergeben sich nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnisse trotz der enttäuschend geringen und unsicheren regionalen Details dennoch einige wichtige Hinweise.

Die wahrscheinlich fortschreitende Erwärmung be-

wirkt weitere Änderungen im Schnee- und Eishaushalt:

- Die Fläche der Gletscher wird weiter abnehmen, die Gleichgewichtslinie steigt um mindestens 200 m.
- Die Schneedeckendauer nimmt ab und zwar in verschiedenen Seehöhen sehr unterschiedlich.
- Die jahreszeitlichen Abflußverhältnisse der Flüsse verändern sich.
- Deutliche Verschiebungen in der Ausdehnung und Höhenlage von Pflanzengesellschaften sind wahrscheinlich.

Änderung der Niederschlagsverhältnisse oder Verschiebung der Klimazonen

Nicht zu entscheiden ist derzeit auch die Frage, ob die prognostizierte Erwärmung mit einer Änderung der Niederschlagsverhältnisse oder einer Verschiebung der Klima-

zonen von Süd nach Nord verknüpft ist oder nicht. Einige Modelle zeigen bei einer zukünftigen Erwärmung die Ausdehnung des Subtropenhochs nach Norden, was für Mitteleuropa einen stärkeren Einfluß des Mittelmeerklimas im Sommer haben könnte, eventuell mit verstärkt konvektiven Niederschlagsvorgängen im Sommer. Aber hier setzt die Spekulation ein. Tatsache ist allerdings, daß sich der Alpenraum in seiner Grenzlage zwischen den Klimaeinflüssen des Atlantiks, des Mittelmeerraumes und des kontinentalen Osteuropäisch-Asiatischen Raumes in einer sensiblen Position befindet und bereits derzeit kurzzeitige und wahrscheinlich zufällige Zirkulationsschwankungen zu recht ausgeprägten Wetterschwankungen zwischen einzelnen Jahren und Jahreszeiten führen. ■

Zum Autor:
Prof. Dr. Werner
Mahringer ist Leiter
der Regionalstelle für
Salzburg und Ober-
österreich der Zentral-
anstalt für Meteorolo-
gie und Geodynamik

MEHR FREUDE AM VIEH Tiroler Grauvieh



BESTENS GEEIGNET ZUR:
ZUCHT - MILCHPRODUKTION - MAST - MUTTERKUHHALTUNG

INFORMATION: TIROLER GRAUVIEHZUCHTVERBAND, BRIXNER STRASSE 1, A-6020 INNSBRUCK
TELEFON 0512/573094, TELEFAX 0512/59291206