

Pressemitteilung

Bern, 22. März 2005

Wie sicher sind die Aussagen zum Klimawandel?

Neue Arbeiten zum Klima der letzten 1000 Jahre bedeuten keine Entwarnung

Die in den letzten Jahren durchgeführten wissenschaftlichen Arbeiten haben die wichtigsten bisherigen Kenntnisse zum Klimawandel grundsätzlich bestätigt. Noch sind offene Fragen vorhanden, und es kommen immer wieder neue Kenntnisse dazu. Doch die wichtigsten Aussagen basieren auf soliden wissenschaftlichen Grundlagen. Die menschlichen Treibhausgasemissionen sind als Hauptursache der gegenwärtigen Erwärmung unter Klimaforschern kaum mehr bestritten. Wie stark sich die Erdoberfläche erwärmen wird und wie die Folgen aussehen werden, ist nicht genau voraus-sagbar. Aufgrund der Forschungsergebnisse und Modellrechnungen ergeben sich jedoch begrenzte Bandbreiten, innerhalb derer die Entwicklung wahrscheinlich verlaufen wird. So sind zwar keine genauen Prognosen, aber die Abschätzung des Risikos für bestimmte Veränderungen möglich. Der Umgang der Gesellschaft mit diesem Risiko ist hingegen keine wissenschaftliche, sondern eine ethische oder politische Frage.

In den letzten Wochen wurde in einigen Medienberichten das Thema der wissenschaftlichen Unsicherheiten bezüglich der aktuellen Klimaerwärmung und deren Ursachen diskutiert. Anlass dazu waren unter anderem zwei Artikel in den renommierten Wissenschaftszeitschriften *Nature*¹ und *Science*², die sich beide mit der Temperaturentwicklung der letzten 1000 Jahre in der Nordhemisphäre beschäftigen. Beide Artikel zeigen ein Bild, das sich von der im letzten IPCC-Bericht (2001) abgebildeten Kurve von Mann et al.³ aus dem Jahr 1998 in einigen Dingen unterscheidet (siehe Abbildung). In Medienberichten wurde daraufhin postuliert, damit seien die wichtigsten Erkenntnisse der Klimaforschung in Frage gestellt.

Um Missverständnissen vorzubeugen, möchten die Unterzeichnenden an dieser Stelle einige Dinge klarstellen:

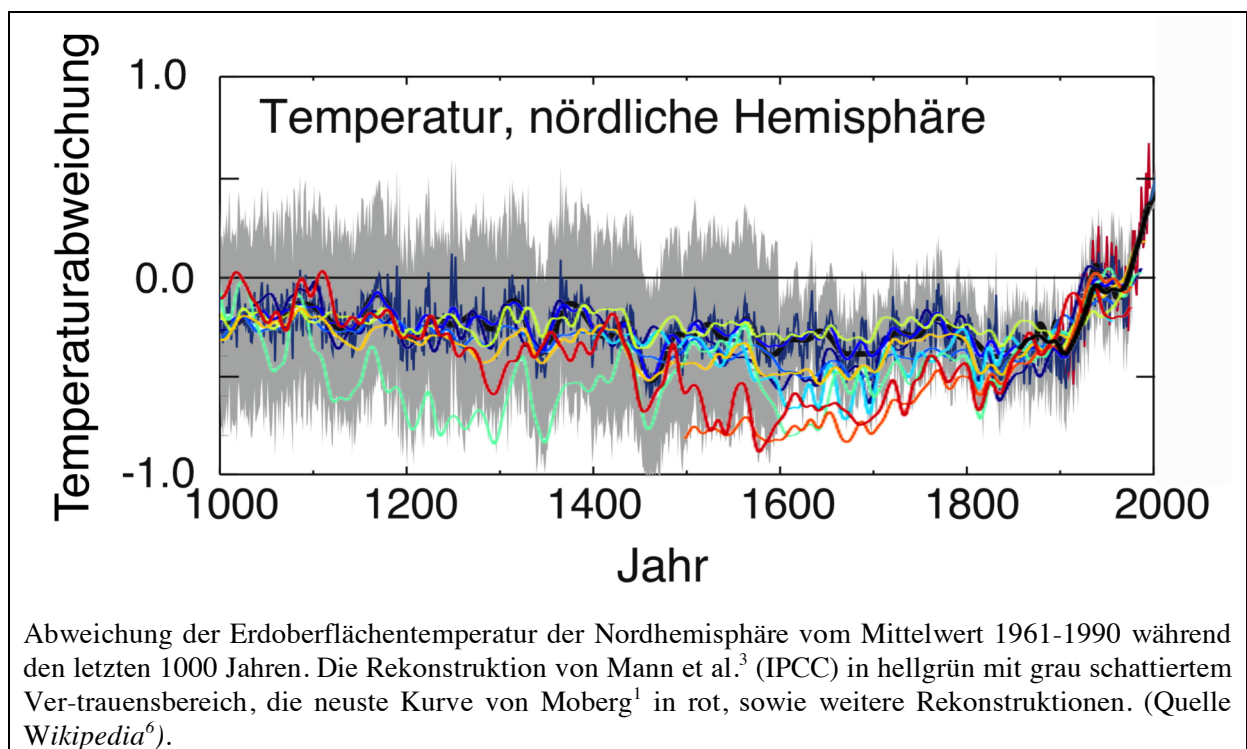
- Die Aussage im IPCC-Bericht, dass die **1990er Jahre global wahrscheinlich das wärmste Jahrzehnt der letzten 1000 Jahre** in der Nordhemisphäre waren, werden durch die neuen Untersuchungen **nicht in Frage gestellt**. So stellt die *Nature*-Studie 2005¹ fest: "Wir finden keine Hinweise auf irgendeine frühere Periode in den letzten 2000 Jahren mit wärmeren Verhältnissen als die Nach-1990-Periode – in Übereinstimmung mit früheren ähnlichen Studien".

¹ A. Moberg, D. M. Sonechkin, K. Holmgren, N. M. Datsenko und W. Karlen, 2005: Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data, *Nature*, **433**, 613 - 617

² H. von Storch, E. Zorita, J. M. Jones, Y. Dimitriev, F. González-Rouco, S. F. B. Tett, 2004: Reconstructing past climate from noisy proxy data. *Science*, **306**, 679–682

³ M.E. Mann, R.S. Bradley and M.K. Hughes, 1998: Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature* **392**, 779-787.

- Die im IPCC-Bericht gezeigte **Temperaturkurve der letzten 1000 Jahre** (von Mann et al. 1998) war zum Zeitpunkt der Erstellung die am weitesten entwickelte veröffentlichte Datenanalyse und wurde deshalb im Bericht aufgeführt. Mit den von Mann angewandten Methoden und Daten (v.a. von Baumringen) werden allerdings die längerfristigen Schwankungen unterschätzt. Schon damals existierten andere unabhängige Analysen, welche ebenfalls im IPCC-Bericht gezeigt werden. Insbesondere die Analyse von Bohrlochtemperaturen zeigen kühlere Temperaturen im 17. und 18. Jahrhundert als die Studie von Mann et al. Im IPCC-Bericht sind die Unsicherheiten erwähnt, die für die Zeit vor Beginn der direkten Messungen um ca. 1850 bestehen. Seit der Fertigstellung des Berichtes sind weitere Datensätze analysiert und zusätzliche, verbesserte Auswertungsmethoden angewendet worden. Unter anderem haben auch verschiedene Gruppen aus der Schweiz wichtige Beiträge zum Thema veröffentlicht⁴, insbesondere zur Temperaturentwicklung in Europa⁵. Die neueren Analysen zeigen einerseits tiefere Temperaturen für die kleine Eiszeit, bestätigen aber auch, dass die gemessenen warmen nordhemisphärischen Temperaturen der letzten Jahrzehnte aussergewöhnlich sind.



- Die Aussage des IPCC, dass **der Grossteil der in den letzten 50 Jahren beobachteten Erwärmung menschlichen Aktivitäten zuzuschreiben ist, beruht auf verschiedenen Indizien**. Erstens haben sich die natürlichen Einflüsse wie die Sonnenaktivität oder Vulkanaktivitäten in diesem Zeitraum kaum verändert, zweitens entspricht die räumliche Verteilung der Temperaturveränderung dem für den Treibhauseffekt erwarteten Muster, drittens kann mit den Klimamodellen die gegenwärtige Erwärmung nur bei Berücksichtigung des zusätzlichen Treibhauseffektes nachvollzogen werden, und schliesslich bestätigen die beobachteten Veränderungen der Strahlungsbilanz am Boden und in der Atmosphäre die Wirkung der Treibhausgase. Der im Vergleich der letzten 1000 Jahre aussergewöhnliche aktuelle Temperaturanstieg ist nur eines einer Reihe von Indizien.

⁴ Esper J., E.R. Cook, F.H. Schweingruber, 2002: Low-frequency signals in long tree-ring chronologies for reconstructing past temperature variability. *Science*, 295, 2250-2253.

⁵ Luterbacher, J., D. Dietrich, E. Xoplaki, M. Grosjean, and H. Wanner, 2004, European Seasonal and Annual Temperature Variability, Trends, and Extremes Since 1500. *Science*, 303, 1499-1503,

⁶ http://en.wikipedia.org/wiki/Image:1000_Year_Temperature_Comparison.png

- Die neuen Analysen zeigen eine höhere **natürliche Variabilität** des Klimas im Vergleich zu der Rekonstruktion von Mann et al. Bei allen bekannten Rekonstruktionen liegen die Schwankungen der nordhemisphärischen Temperatur im letzten Jahrtausend jedoch innerhalb von 1°C für Zeitskalen von Jahrzehnten bis Jahrhunderten. Demgegenüber muss in diesem Jahrhundert im Falle ausbleibender klimapolitischer Massnahmen mit einem globalen Temperaturanstieg zwischen ca. 1.5 bis 6°C aufgrund der menschlichen Tätigkeiten gerechnet werden. Wie gross die menschlich verursachte Erwärmung sein wird, hängt im wesentlichen von den zukünftigen Treibhausgasemissionen ab.

Den Klimaforschern wird immer wieder Panikmache vorgeworfen. Dazu nehmen wir wie folgt Stellung:

- Das **IPCC hat in seinem Bericht alle wichtigen Aussagen mit Wahrscheinlichkeitsangaben versehen** und Unsicherheiten aufgelistet. Die Angaben enthalten die Einschätzung der Experten aufgrund der vorhandenen Kenntnisse. Die Klimawissenschaftler sind generell bestrebt, diese Unsicherheiten in der Öffentlichkeit darzulegen. Die Gratwanderung zwischen genügend präziser, aber doch verständlicher Darstellung komplizierter Sachverhalte ist eine Herausforderung, doch der generelle Vorwurf der Panikmache ist nicht gerechtfertigt.
- **Kritik wird auch in der Klimawissenschaft sehr ernst genommen.** Der Vorwurf, die Klimawissenschaft sei eine blossе Gesinnungswissenschaft, in der abweichende Positionen nicht ernst genommen würden, ist unangebracht. Die Auseinandersetzung mit Kritik und Widerspruch ist alltäglicher Teil der Wissenschaftskultur und - falls begründet - für wissenschaftlichen Fortschritt. So werden die Aussagen des IPCC für jeden Bericht wieder von neuem überprüft und aufgrund von neuen Kenntnissen revidiert. Manche Kritikpunkte erweisen sich als berechtigt. Die meisten haben jedoch einer eingehenden Prüfung nicht standgehalten – wie zum Beispiel der angebliche Einfluss der städtischen Wärmeinseln auf den globalen Temperaturanstieg oder die Selbstregulierung tropischer Temperaturen. Die Argumentation im neuen Roman von Bestsellerautor Michael Crichton zur Klimathematik (“Welt in Angst”) beruht zum grössten Teil auf solchen längst widerlegten Argumenten.
- Der heutige Wissensstand zur Klimaentwicklung ist weder vollständig noch definitiv. Wie in der Wissenschaft üblich, werden Vorstellungen über die Funktion des Klimasystems laufend anhand neuer Ergebnisse überprüft und angepasst. **Die in den letzten Jahren durchgeführten Arbeiten haben die bisherigen Kenntnisse überwiegend bestätigt, verfeinert oder offene Fragen gelöst.** So zeigen beispielsweise neuere Auswertungen der Satellitenmessungen keinen Widerspruch mehr zwischen der Erwärmung der unteren Atmosphärenschicht und der Erwärmung an der Erdoberfläche. **In einigen Bereichen muss eher befürchtet werden, dass die Auswirkungen des menschlichen Treibhauseffektes stärker sein könnten als im letzten IPCC-Bericht angenommen⁷.** Verschiedene Arbeiten deuten darauf hin, dass die arktischen Eismassen schneller schmelzen könnten als bisher angenommen^{8 9}.
- Bei den längerfristigen Aussagen zur zukünftigen Klimaentwicklung handelt es sich grundsätzlich nicht um Prognosen. Die Klimamodelle zeigen die klimatischen Konsequenzen für unterschiedliche Entwicklungen der Treibhausgasemissionen. Dies ermöglicht **Risikoabschätzungen** für entsprechende negative Auswirkungen. Nach den derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnissen ist das Risiko gross, dass die Emissionen von Treibhausgasen unser Klima nachhaltig und mit spürbaren Folgen verändern. **Je mehr Treibhausgase wir emittieren, umso grösser wird das Risiko schwerwiegender Folgen.** Das Risiko für das Eintreffen spezifischer Folgen wiederum ist für verschiedene Ereignisse unterschiedlich hoch und nicht immer bekannt. Es ist beispielsweise sehr

⁷ R. Knutti, T.F. Stocker, F. Joos, und G.-K. Plattner, 2002: Constraints on radiative forcing and future climate change from observations and climate model ensembles. *Nature* **416**, 719-723.

⁸ R. Thomas et al., 2004: Accelerated Sea-Level Rise from West Antarctica, *Science*, 8 October, Vol. 306: 255-258.

⁹ T. A. Scambos, J. A. Bohlander, C. A. Shuman, and P. Skvarca, 2004: Glacier acceleration and thinning after ice shelf collapse in the Larsen B embayment, Antarctica. *Geophysical Research Letters*, 22 Sept., Vol. 31, L18402

hoch für mehr Hitzewellen, hingegen wenig bekannt für die Häufigkeit von Stürmen. Die Frage des Umgangs mit diesem Risiko ist jedoch keine wissenschaftliche, sondern eine ethische und politische Frage.

- Nicht nur der IPCC-Report¹⁰, sondern auch alle anderen aktuellen, wissenschaftlich breit abgestützten Studien kommen zum Schluss, dass der Mensch in den letzten Jahrzehnten das Klima wesentlich beeinflusst hat und eine zukünftige Erwärmung mit möglicherweise schwerwiegenden Folgen wahrscheinlich ist. Es sind dies zum Beispiel Stellungnahmen
 - der amerikanischen National Academy of Sciences¹¹
 - der American Geophysical Union (die weltweit größte Organisation der Geowissenschaftler)¹²
 - der World Meteorological Organisation (WMO)¹³
 - des wissenschaftlichen Beirats Globale Umweltveränderungen der deutschen Bundesregierung¹⁴

gezeichnet von:

Prof. Martin Beniston, Geographisches Institut Uni Fribourg, 026 300 90 11, martin.beniston@unifr.ch
Prof. Heinz Gutscher, Psychologisches Institut Uni Zürich, 044 634 21 13, gutscher@sozpsy.unizh.ch
PD Fortunat Joos, Klima- und Umweltphysik Uni Bern, 031 631 44 61, joos@climate.unibe.ch
Prof. Christian Körner, Botanisches Institut Uni Basel, 061 267 35 10, ch.koerner@unibas.ch
Prof. Christoph Schär, Atmosphäre und Klima ETH Zürich, 044 635 51 99, schaer@env.ethz.ch
Prof. Thomas Stocker, Klima- und Umweltphysik Uni Bern, 031 631 44 62, stocker@climate.unibe.ch
Prof. Heinz Wanner, Geographisches Institut Uni Bern, Tel. 031 631 88 85, wanner@giub.unibe.ch

Das Dokument ist in digitaler Form publiziert unter

Deutsch: <http://www.proclim.ch/Products/PM0305d.doc>

Französisch: <http://www.proclim.ch/Products/PM0305f.doc>

Beilage: Faktenblatt mit Beispielen zu Sicherheit und Unsicherheit in der Klimawissenschaft

¹⁰ www.ipcc.ch

¹¹ books.nap.edu/books/0309075742/html/

¹² www.agu.org/sci_soc/prrl/prl0319.html

¹³ www.wmo.ch/web/wcp/wcdmp/statement/html/statement.html

¹⁴ www.wbgu.de/wbgu_sn2003.html

Wie sicher sind Aussagen zum Klimawandel? Einige Beispiele

Die verschiedenen Prozesse im Klimasystem können bezüglich Kenntnisstand in drei Gruppen unterteilt werden, nämlich erstens solche, die bekannt und in der Wissenschaft heute praktisch unbestritten sind, zweitens solche, für die verschiedene Unsicherheiten vorhanden sind und für die lediglich Bereiche oder Wahrscheinlichkeiten angegeben werden können, sowie drittens Bereiche, die noch zahlreiche Fragen offen lassen und wo keine konkreten Aussagen möglich sind. Diese Bereiche sollten nicht verwechselt werden. Unsicherheiten in einem ganz spezifischen Punkt stellen Aussagen in anderen Bereichen nicht a priori in Frage.

Beispiele von Aussagen, die in der Klima-Wissenschaft unbestritten sind:

- Die Konzentration von CO₂ in der Atmosphäre ist seit ca. 1850 stark angestiegen, von dem für Warmzeiten seit mindestens 400000 Jahren typischen Wert von 280 ppm auf inzwischen 380 ppm.
- Für diesen Anstieg ist der Mensch verantwortlich, in erster Linie durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe, in zweiter Linie durch Abholzung von Wäldern.
- CO₂ ist ein klimawirksames Gas, das den Strahlungshaushalt der Erde verändert: Ein Anstieg der Konzentration führt zu einer Erwärmung der oberflächennahen Temperaturen (bei einer Verdoppelung der Konzentration liegt die Erwärmung im globalen Mittel sehr wahrscheinlich zwischen 1,5 und 4,5 °C, nach derzeitigen Kenntnissen am wahrscheinlichsten zwischen 3 und 3,5°C).
- Das Klima hat sich im 20. Jh. deutlich erwärmt (global um ca. 0,6 °C, in der Schweiz um ca. 1,4 °C); die Temperaturen der abgelaufenen zehn Jahre waren global die wärmsten seit Beginn der Messungen im 19. Jahrhundert und seit mindestens mehreren Jahrhunderten davor.
- Der überwiegende Teil dieser Erwärmung ist auf den Anstieg der CO₂-Konzentration und anderer anthropogener Treibhausgase zurückzuführen; ein kleinerer Teil auf natürliche Ursachen, wie z.B. Schwankungen der Sonnenaktivität.

Beispiele von Aussagen mit grösseren Unsicherheitsbereichen:

- Die Erdoberflächentemperaturen werden bis im Jahr 2100 gegenüber 1990 wahrscheinlich um 1,4 bis 5,8°C steigen. Die Unsicherheiten betreffen vor allem die sogenannte Klimasensitivität (Erwärmung bei einer Verdoppelung der CO₂-Konzentration), Unsicherheiten in den Klimamodellen und zu einem grossen Teil auch die Ungewissheit über die zukünftigen Emissionen von Treibhausgasen.
- Der Meeresspiegel wird bis 2100 gegenüber 1990 wahrscheinlich um ca. 20 – 90 cm steigen. Die Ungewissheiten betreffen u.a. die Abschmelzraten und das Verhalten der grossen Eisschilder in Grönland und insbesondere der Antarktis.
- Es deutet vieles daraufhin, dass Starkniederschläge und damit auch Überschwemmungen in Zukunft zunehmen werden (aufgrund des höheren möglichen Wasserdampfgehaltes der wärmeren Luft). Ein statistischer Nachweis einer Häufigkeitsveränderung ist für "intensive" Ereignisse (z.B. einmal im Monat) möglich, nicht jedoch für sehr extreme. Auch haben Extremereignisse immer mehrere Ursachen.

Beispiele von Prozessen, die noch verschieden offene Fragen enthalten:

- die Wirkung der Aerosole (kleine Partikel in der Luft) auf die Erdoberflächentemperatur. Die sogenannte 'direkte' Wirkung, hauptsächlich hervorgerufen durch die Reflexion der Sonnenstrahlung an den Partikeln, ist ungefähr bekannt. Ungewissheit besteht hingegen über die verschiedenen 'indirekten' Wirkungen, z.B. bei der Wolkenbildung (die Aerosolkonzentration beeinflusst die Anzahl Wolkentröpfchen, die Reflexionseigenschaften der Wolke und möglicherweise auch die Lebensdauer der Wolke)
- die Veränderung der Wolken durch die höheren Temperaturen. Bei höheren Temperaturen ist mit erhöhter Verdunstung und einem höheren Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre zu rechnen. Die Entwicklung der relativen Feuchtigkeit (aktueller Wasserdampfgehalt im Verhältnis zum maximal möglichen Gehalt bei vorgegebener Temperatur) ist hingegen weniger klar. Unsicher ist, ob in der Folge mehr Wolken vorhanden sind und wenn ja, welcher Art. Hohe Wolken (Cirren) führen eher zu einer Erwärmung am Boden (Wirkung wie Treibhausgase), tiefe und kompakte Wolken hingegen haben tagsüber am Boden eine Abkühlung (Reflexion der Sonnenstrahlung), nachts eine Erwärmung zur Folge (Wärmestrahlung der Wolke). Die Summe der Wirkungen ist unklar.
- Das Verhalten der verschiedenen CO₂-Speicher sowohl im Boden als auch in den Ozeanen. Zur Zeit werden rund die Hälfte der menschlichen Treibhausgasemissionen vom Boden und von den Ozeanen aufgenommen. Diese Aufnahmekapazitäten können sich bei zunehmenden Treibhausgaskonzentrationen und steigenden Temperaturen unter Umständen stark verändern.