

## **Von Hockeyschlägern, Baumringen und mittelalterlichen Temperaturen**

**Hintergrundpapier**

**August 2006**

### **Bewertung neuer Ergebnisse zum historischen Klimawandel**

In jüngster Vergangenheit wiederholten sich Meldungen, wonach die Klimarahmenkonvention und das Kyoto-Protokoll ihre wissenschaftliche Basis verloren hätten und mithin die Handlungsnotwendigkeit zum Klimaschutz entfallende oder zumindest fraglich sei. Ausschlaggebend ist dabei, dass eine wissenschaftliche Publikation, bei der der Temperaturverlauf der letzten 1000 Jahre rekonstruiert wurde, als methodisch fehlerhaft gilt. Im Folgenden soll dem Stellenwert dieser Publikation im Kontext der Handlungsnotwendigkeit nachgegangen werden.

Ausgangspunkt für die wissenschaftliche Diskussion um einen möglichen, von Menschen verursachten Klimawandel war die seit 1960 beobachtete stetige Zunahme der CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre. Svante Arrhenius (Nr. 3 in der Ahnenreihe der Chemie-Nobelpreisträger) hatte – wegen der spektroskopischen Eigenschaften des CO<sub>2</sub> – schon Ende des 19. Jahrhunderts eine Zunahme der globalen Oberflächentemperatur der Erde um 4 – 5° C bei Verdopplung der CO<sub>2</sub>-Konzentration gegenüber dem natürlichen Ausgangswert berechnet. Neue, immer detailliertere Modellrechnungen - unter Verwendung immer leistungsfähigerer Computer - bestätigen diesen aus elementarer Physik abgeleiteten Wert tendenziell (der Wert liegt heute bei 3° C Temperaturzunahme). Diese erwartete Temperaturzunahme war die Ursache für die Verhandlungen zur

Klimarahmenkonvention (KRK) und dem Kyoto-Protokoll (KP). Der Frage nach der bisherigen klimatischen Entwicklung der letzten 1000 Jahre kam dabei keine oder allenfalls eine nachrangige Bedeutung zu.

Natürlich waren die Abfolge von Warm- und Eiszeiten und die wesentlichen klimabestimmenden Faktoren bekannt. Man war ansonsten davon ausgegangen, dass das Klima seit dem Ende der letzten Eiszeit (vor 12 000 Jahren) relativ stabil und die Variation der letzten 1000 Jahre vom mittelalterlichen Klimaoptimum (um 1000/1100) und die kleine Eiszeit (von ca. 1600 bis 1800) charakterisiert waren. Dies hatte keinen Einfluss auf den Gang der Verhandlungen.

Gleichwohl ist die Frage nach dem vorangegangenen Verlauf der klimatischen Gegebenheiten von wissenschaftlicher sowie von praktischer Bedeutung:

Die Charakterisierung der Ausgangslage ist sowohl für die Signalerkennung als auch für die Ursachenanalyse eine Voraussetzung. Die Veränderung gegenüber der Ausgangslage ist selbstredend ein wesentliches Prüfkriterium für das Verständnis des klimatischen Systems sowie für die Modellvalidierung. Für den Handlungsbedarf ist ein wichtiger Gesichtspunkt, ob eine signifikante Veränderung schon einsetzte oder noch in der Zukunft liegt.

Die Wissenschaftler griffen für die Charakterisierung der Ausgangslage in erster Linie auf instrumentelle Messungen von meteorologischen Parametern zurück, die um 1860 aufgenommen wurden. Allerdings ist schon in diesem einfachsten Fall die Bildung konsistenter Zeitreihen nicht ohne Schwierigkeiten, z.B. können sich Messgeräte und Verfahren im Lauf der Zeit geändert haben oder Messstellen verlegt worden sein. Oder die Umgebung hat sich verändert, was sich auf die Repräsentativität auswirkt (z.B. Stadtinseleffekt).

Noch komplizierter wird es, wenn man die Zeit vor der instrumentellen Messung betrachten will. Man ist dann auf indirekte Signale angewiesen. Solche sog. Proxies basieren auf der Temperaturabhängigkeit bestimmter Parameter, meist bei biologischen Systemen. Hierbei kann es sich um unterschiedlich schwere Isotope, z.B. Sauerstoff 16 und 18 handeln. Oder auch um unterschiedliche, aber chemisch ähnlicher Elemente, wie Kalzium und Strontium. Ebenso kommen unterschiedliches Wachstumsverhalten, etwa die Dicke von Baumringen oder unterschiedliches Artenspektrum, z.B. Pollen in Sedimenten in Frage. Diese variieren in Abhängigkeit von der Temperatur, so dass aus der Analyse dieser Isotope Rückschlüsse auf die Temperatur zu historischen Zeiten möglich sind.

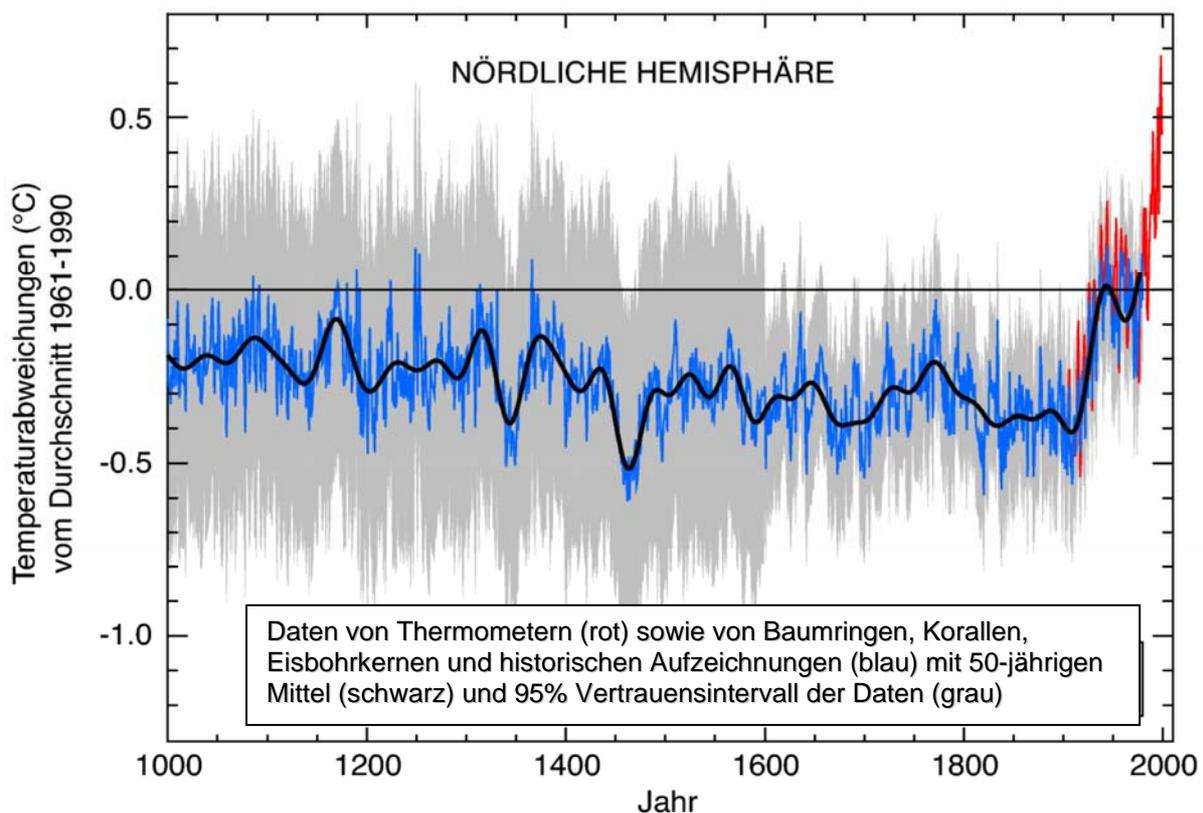
Die Rekonstruktion der Temperaturen ist schwierig, weil die Art der Verknüpfung zwischen Signal und Temperatur zu klären ist, Störeinflüsse zu identifizieren sind und die zeitliche Datierung sowie die räumlich Repräsentativität der untersuchten Probe Probleme aufwirft.

Es handelt sich, wie der Name „Proxy“ sagt, um Annäherungen, die mit gewisser Vorsicht zu betrachten sind.

In der nun zur Diskussion stehenden Arbeit von Mann (1999) unternahm dieser erstmals den Versuch, mehrere solcher Proxy-Zeitreihen zu verknüpfen, um hierdurch zu besser fundierten Aussagen zu gelangen. Das Ergebnis war eine hohe Konstanz (höher als in vorangegangenen Berichten des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderung, IPCC) der Temperaturen von ca. 1000 bis 1850. Für die Zeit danach wurde ein ausgeprägter Anstieg sichtbar. Wegen dieses Kurvenverlaufs erhielt die Zeitreihe dann in der wissenschaftlichen Diskussion die Bezeichnung „Hockeyschläger“.

Weil sich in dieser Darstellung die Konstanz der natürlichen Verhältnisse und der massive anthropogene Einfluss seit Beginn der Industrialisierung sehr augenscheinlich widerspiegelt, stellte sie der Zwischenstaatliche Ausschuss für Klimawandel (IPCC) in seinem 3. Sachstandbericht und in unzähligen weiteren Klimaberichten pointiert heraus. Sie wurde zu einer Art Logo (vgl. Abb.)<sup>1</sup>.

**Abbildung:** Historische Temperaturerhöhung der Nördlichen Hemisphäre in Form eines „Hockeyschlägers“. Quelle: IPCC, *Klimaänderung 2001, Synthesebericht*



<sup>1</sup> Quelle: Michael E. Mann und Philip D. Jones: Global Surface Temperatures over the Past Two Millennia. *Geophysical Research Letters*, Vol. 30, No. 15, 1820, August 2003.

Nun haben spätere Überprüfungen auf methodische Mängel bei Auswertung und Verbindung der verschiedenen Proxies sowie auf Mängel der angewandten Statistik hingewiesen. Insbesondere stand zur Debatte, ob der Schaft des Hockeyschlägers tatsächlich so gerade ist wie dargestellt oder ob er nicht doch stärkere Krümmungen aufweist. Die Auswertungsmethode Manns habe zu einer künstlichen Glättung der rekonstruierten Daten geführt. Künftige Untersuchungen werden – so gut dies möglich ist – den tatsächlichen Verlauf aufklären.

Bei dieser Sachlage von einem Verlust der wissenschaftlichen Basis für KRK, KP oder Klimaschutz zu sprechen, ist unsinnig, weil die Arbeit Manns nie die Basis für die Verhandlungen und den Klimaschutz war, sondern als Logo diente. Dass dies so markant erfolgte, ist natürlich aus heutiger Sicht ausgesprochen misslich.

Die Debatte fand ihren jüngsten Höhepunkt in der Veröffentlichung einer vom US-Kongress angefragten Überprüfung des Sachverhalts durch den US National Research Council, besonders zur Bewertung der Temperaturrekonstruktionen der letzten 1000-2000 Jahre. Die Prüfung bestätigte, dass die Temperaturen der letzten paar Jahrzehnte höher waren als je zuvor in den letzten 1000 Jahren. Dies lässt sich mit hoher Zuverlässigkeit für die letzten 400 Jahre sagen und mit geringerer Sicherheit für die Zeit zwischen 900 und 1600. Die Aussagen Manns, dass die 1990er Jahre das wärmste Jahrzehnt und 1998 das wärmste Jahr seit 1000 Jahren wären, seien plausibel, aber mit noch höheren Unsicherheiten behaftet. Der Verweis auf die höheren Temperaturen seit der industriellen Revolution sei zudem auch nur eine von mehreren Methoden, den menschlichen Einfluss auf das Klima zu belegen und darüber hinaus bei weitem nicht die wichtigste.

Die wissenschaftliche Basis für den Klimaschutz umfasst im Wesentlichen die naturwissenschaftlich begründete Erwartung zur klimatischen Entwicklung bei weiterem Anstieg der Treibhausgaskonzentration. Neuere Modellrechnungen, die das komplexe Geschehen immer besser abbilden, bestätigen diese Erwartungen.

Hierfür sprechen insbesondere folgende Fakten:

- die immer bessere Übereinstimmung zwischen Messungen und Modellrechnungen bei Berücksichtigung aller relevanten Einflussfaktoren;
- das Fehlen eines natürlichen Einflussfaktors (Antriebs), der die aufgetretene Temperaturzunahme erklären könnte;

- das räumliche Muster des Temperaturanstiegs („Fingerprint“), wie Nord - Süd- oder Land – See- Verteilung;
- die beobachtete Abkühlung der Stratosphäre, im Gegenzug zur Erwärmung der unteren Atmosphäre;
- der stärkere Temperaturanstieg während des Winterhalbjahres und nachts.

An der Notwendigkeit eines konsequenten und effektiven Klimaschutzes gibt es daher keinen Zweifel. Im internationalen Bereich gilt es, die Verhandlungen zu Regelungen für die Zeit nach der 1. Verpflichtungsperiode des Kyoto-Protokolls zügig aufzunehmen. Im nationalen Rahmen ist es geboten, die Möglichkeit der Energieeinsparung, Steigerung der Energieeffizienz und Nutzung klimaschonender Energiequellen, insbesondere der erneuerbaren, konsequent zu nutzen.