

## Zur Klimadebatte (Thesen)

Karl-Heinz Bernhardt, Berlin

- 1.) Das Klima ist die statistische Gesamtheit atmosphärischer Zustände und Prozesse in ihrer raumzeitlichen Verteilung („Synthese des Wetters“, WMO Vocabulary). Sein Status wird durch die Komponenten des Klimasystems bestimmt, zu dem neben der Atmosphäre selbst die Hydrosphäre, die Kryosphäre, die Pedo- bzw. die Lithosphäre und die Biosphäre einschließlich der Technosphäre (oder Noosphäre) gehören und das gegenüber dem Weltraum offen ist.
- 2.) Das Klimasystem ist ein hochgradig nichtlineares komplexes dynamisches System mit zahlreichen positiven und negativen Rückkoppelungsmechanismen, die eine hohe Empfindlichkeit gegenüber externen Anregungen (veränderlicher solarer Strahlungsfluss, wechselnde Vulkanstaubtrübung, anthropogene Partikel- und Spurengasemission) bedingen, aber auch vielfältige interne Schwankungen hervorbringen. Dies hat Klimaschwankungen in allen Zeitbereichen – von Megajahren bis herab zu Jahren und Jahrzehnten – zur Folge, so dass der ständige Wandel die „Daseinsweise“ des Klimas ist.
- 3.) Wahrscheinlich existierende multiple Gleichgewichtszustände, kritische Schranken und „Kipp-Punkte“ bzw. -Elemente begünstigen abrupte Klimaänderungen regionalen bis globalen Maßstabes, wie sie zumindest für das seit etwa 2,5 Megajahren andauernde pleistozäne Eiszeitalter vielfach nachgewiesen, seit etwa 11 000 Jahren – d. h. seit dem Ende der Altsteinzeit - aber im globalen Maßstab nicht mehr aufgetreten sind.
- 4.) Klimaänderungen sind auf Grund längerer (über Jahrzehnte fortgeführter) homogener Datenreihen erst im nachhinein feststellbar, wobei in der Klimadiagnostik entsprechende statistische Testverfahren unter Beachtung von Autokorrelationen („Erhaltungsneigung“) erweisen müssen, ob die untersuchten Parameter für die betrachtete Beobachtungsperiode („Stichprobe“) einer anderen statistischen Gesamtheit („Grundgesamtheit“), d. h. einem anderen Klimaregime entstammen als die gleichen Parameter für eine vorangegangene Vergleichsperiode. Das gilt gleichermaßen für Mittelwerte, Häufigkeiten und andere statistische Parameter, insbesondere auch für Extremwerte und -ereignisse, die integrierender Bestandteil eines jeden Klimaregimes sind und deren Auftreten, für sich genommen, nichts über eine Klimaänderung aussagt
- 5.) Wetter, Klima und Klimaänderungen an einem gegebenen Ort werden durch das Zusammenwirken ortsgebundener (Beschaffenheit der Unterlage, Strahlungs- und turbulente Flüsse) und zirkulationsbedingter Faktoren (Advektion) bedingt. Dabei werden Abweichungen vom durchschnittlichen Witterungsverlauf und extreme Ereignisse („Anomalien“) wie auch die Verschiebung von Klimazonen, namentlich in mittleren und höheren geographischen Breiten, hauptsächlich von der Zirkulation der Atmosphäre und deren Schwankungen geprägt und verlaufen daher in der Regel regional gegenläufig.
- 6.) Demgegenüber wird gegenwärtig - in der Spätphase einer schon etwa 11 000 Jahre währenden Warmzeit (Interglazial) und im Anschluss an eine wenige Jahrhunderte umspannende kältere Epoche („Kleine Eiszeit“) – an der Erdoberfläche eine globale, wenn auch regional unterschiedliche und schubweise verlaufende Erwärmung beobachtet, die im vergangenen Jahrhundert laut IPCC weltweit ca. 0,74 K, in Mitteleuropa aber mehr als 1 K betragen hat. Vornehmlich durch Zirkulationsänderungen bedingte regionale Klimaänderungen können nach Betrag und Vorzeichen deutlich vom globalen Muster abweichen. Auf Grund der Komplexität des Klimasystems und seiner vielfältigen internen Wechselwirkungen, die monokausale Zusammenhänge in der Regel ausschließen, reichen einfache Plausibilitätsbetrachtungen im allgemeinen nicht aus, um Veränderungen des Zirkulationsregimes und damit zusammenhängende Besonderheiten des regionalen Klimawandels schlüssig zu erklären.

7.) Anthropogene Einflüsse auf das Klimasystem werden durch Veränderungen der Erdoberfläche (Landnutzung), Eingriffe in den (Spuren)Stoffhaushalt oder in die Energiebilanz (z. B. Abwärme) der Atmosphäre und andere Komponenten des Klimasystems bewirkt. Sie umfassen schon seit Jahrhunderten den mikro-, lokal- und regionalklimatischen Bereich (Beispiele: Frostschutz – Stadtklima – Rodung, Bewässerung u. ä.), betreffen aber mit der Einwirkung auf globale Stoffbilanzen (Aerosole, Kohlendioxid, Methan und andere atmosphärische Spurengase) spätestens seit der industriellen Revolution auch das globale Klima.

8.) Der gegenwärtige wie der künftige Klimawandel vollzieht sich unter dem gemeinsamen Einfluss natürlicher (solarer Strahlungsfluss, Vulkanstaub) und anthropogener Faktoren (Aerosol- und „Treibhaus“gasemission, Landnutzung); Gesellschaft und (globales) Klimasystem entwickeln sich damit erstmals in der Erd- und Menschheitsgeschichte in interaktiver Wechselwirkung. Auf Grund der in der Thesen 2 und 5 umrissenen Eigenschaften des Klimasystems ist die Rolle systeminterner Schwankungen einerseits und der genannten externen (natürlichen und/oder anthropogenen) Antriebe andererseits für die Klimaänderungen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft im Regelfall nur unter Verwendung zuverlässigen Datenmaterials und hochleistungsfähiger Simulationsmodelle und nicht durch simple additive Verknüpfung einzelner Effekte abzuklären..

9.) Der Simulation des gegenwärtigen und (in Gestalt von „Szenarien“ oder „Projektionen“) des künftigen Klimas dienen derzeit hochentwickelte Modelle der atmosphärisch-ozeanischen Zirkulation (GCMs). Während die numerische Integration der entsprechenden Modellgleichungen über kurze Zeiträume (bis zu mehreren Tagen) eine Wettervorhersage – die Berechnung eines künftigen Zustandes der Atmosphäre aus der Kenntnis des Anfangszustandes – gestattet, liefern Langzeitintegrationen aus bekannten Gründen (Chaoscharakter der atmosphärischen Bewegungen) keine verwertbaren Informationen über einzelne atmosphärische Zustände zu bestimmten Zeitpunkten, wohl aber über deren statistische Verteilung – eben das Klima. Belegen die tagtäglich verifizierbaren Ergebnisse der Wetterprognose ebenso wie die befriedigende Simulation des derzeitigen Klimaregimes die prinzipielle Richtigkeit der zugrundeliegenden Modelle einschließlich ihrer einzelnen Module, so erheben die Modelle zur Zeit keinen Anspruch auf deterministische Vorhersagbarkeit des Witterungscharakters einzelner Jahre, dessen Analyse folglich nicht als Argument gegen Aussagen zur längerfristigen Klimaentwicklung gebraucht werden sollte.

10.) Prognostische Aussagen über das künftige Klima im Zeitbereich von Jahrzehnten bis zu wenigen Jahrhunderten liegen für unterschiedliche Szenarien künftiger Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung, Energiegewinnung und Ressourcennutzung vor. Abgesehen von der Ungewissheit hinsichtlich der in Zukunft tatsächlich realisierten Entwicklungspfade, sind auch diese Klimasimulationen selbst mit Unsicherheiten behaftet. Diese liegen in der notwendigen Modellierung noch unzureichend erforschter Prozesse im Klimasystem (z.B. Aerosol-Wolken-Strahlungs- und troposphärisch-stratosphärische Wechselwirkung, Abschmelzvorgänge kontinentaler Eisschilde und des Meereises), in Problemen der Modellvalidierung (für vergangene und für vorausberechnete künftige Klimaregime), in der möglichen Reaktion systeminterner Prozessabläufe (natürlicher Kohlendioxidzyklus, Methanfreisetzung) auf eintretende Klimaänderungen, ferner in Einflüssen ungenügend vorhersagbarer äußerer Faktoren (solare Wellen- und Partikelstrahlung, eruptive Vulkanausbrüche u.a.) auf die künftige Klimaentwicklung und letztlich auch in Grundproblemen der Vorhersagbarkeit komplexer dynamischer Systeme begründet.

11.) Die nicht zu unterschätzenden Unsicherheiten der Klimaprognose berühren nicht die Notwendigkeit einer sinnvollen Doppelstrategie von Vermeidung und Anpassung. Die infolge anthropogener Einwirkung derzeit bei weitem höchste und noch weiter anwachsende atmosphärische Konzentration von Kohlendioxid und Methan seit mindestens 800 000 Jahren

stellt auf Grund ihrer Auswirkungen auf den (langwelligen) Strahlungshaushalt einen klimaverändernden Faktor dar, der selbst dann langfristig wirksam bliebe, wenn die derzeitige weltweite Erwärmung zeitweilig zum Stillstand käme oder, wie im 20. Jahrhundert geschehen, vorübergehend rückläufig würde. „Das Unbeherrschbare vermeiden, das Unvermeidbare beherrschen“ erscheint angesichts Bevölkerungswachstum und -konzentration in gegenüber Klimaveränderungen hochsensiblen Regionen, weltweiter Verteilungskämpfe um begrenzte Ressourcen, schärfster sozialer Gegensätze und politischer Rivalitäten unumgänglich. Das „Unbeherrschbare“ könnte mit einem Abdriften des Klimasystems in Bereiche verknüpft sein, für die es in der jüngeren geologischen Vergangenheit keine Analoga gibt – eventuell verbunden mit dem Erreichen eines „Kipp-Punktes“ und dem Eintritt einer abrupten Klimaänderung globalen Maßstabes.

*Der Beitrag erschien bereits als Beilage zur Berliner Wetterkarte vom 13. 08. 2009*

*Vom gleichen Autor ist in den Sitzungsberichten der Leibniz-Sozietät der Wissenschaften zu Berlin, Band 102(2009), S. 123-157 der Aufsatz „Dialektik des Klimas“ erschienen, von dem bei [ha.kh.bernhardt@gmx.de](mailto:ha.kh.bernhardt@gmx.de) Sonderdrucke als pdf-Datei angefordert werden können.*