

Thomas Nocke und  
Thomas Schneider  
von Deimling

## Visualisierung in der Klimaforschung

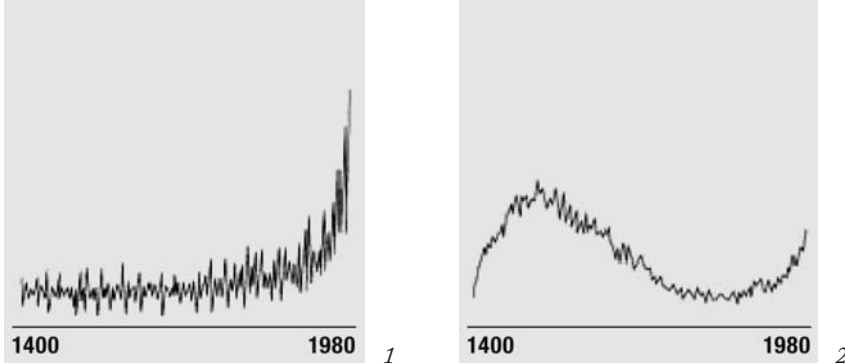
Die Klimaforschung ist einer jener Wissenschaftsbereiche, der in den letzten Jahren eine überdurchschnittliche Präsenz in der öffentlichen Diskussion einnimmt. Dies resultiert aus den bereits spürbaren und den potenziellen Auswirkungen des Klimawandels – sie haben eine starke gesellschaftliche Aufmerksamkeit auf sich gezogen. So werden deutliche, anthropogen verursachte Änderungen im Klimasystem an einer Vielzahl weltweit verteilter Messstationen beobachtet. Darüber hinaus lassen sich dank der Entwicklung hochkomplexer Computermodelle sowie stark gesteigener Rechenkapazitäten vielfältige Projektionen über die zu erwartende Klimaerwärmung durchführen. Für die Erforschung solcher Klimaszenarien und deren möglicher Folgen ergibt sich zum einen die Herausforderung, unterschiedlichste Fachdisziplinen einbeziehen zu müssen. Zum anderen ist es notwendig, dieses komplexe Wissen in adäquater Form zu kommunizieren, das heißt die Erkenntnisse verschiedener Disziplinen geeignet aufzubereiten und auszutauschen. Des Weiteren ist es erforderlich, diese wissenschaftlichen Erkenntnisse einem breiteren Publikum zugänglich zu machen und damit das öffentliche Bewusstsein für die Ursachen und die Folgen des Klimawandels sowie für die damit verbundenen Risiken zu schärfen. Dies schließt neben der mediengerechten Bereitstellung von Informationen zu potenziellen Klimafolgen auch die zielgerichtete Aufbereitung von Klimawissen für politische Entscheidungsträger und für den Bildungsbereich ein.

Hierbei stellen sich zwei Aufgaben: Zum einen berührt die Diskussion um Klimawandel verschiedene komplexe Systeme (physikalische, biologische, sozio-ökonomische), die für den Laien nur schwer zu erfassen sind. Zum anderen sind verfügbare Daten aus meteorologischen Beobachtungen und Klimasimulationen zumeist sehr umfangreich und lassen sich selbst in dem Fall, dass diese öffentlich verfügbar sind, für Nicht-Experten nur schwer bewerten.

Ein wichtiges Mittel, um die Lücke zwischen Experten und Nicht-Experten zu schließen, ist deshalb die Visualisierung solcher Daten. Diese überführt digital vorliegende Zahlenwerte in zwei- oder dreidimensionale grafische Repräsentationen. Neben der Kommunikation von komplexen (Klima-)Zusammenhängen ermöglicht dies, auch neue, bisher noch unbekannte Phänomene zu erforschen. Der Vorteil der Visualisierung liegt darin, dass sie eine direkte Schnittstelle zwischen den in einem Computer vorliegenden Daten und den menschlichen Wahrnehmungs- und Kognitionsfähigkeiten herstellt und auch abstrakte Zusammenhänge kompakt präsentiert und intuitiv verständlich machen kann.

Ein wesentliches Problem insbesondere bei der Darstellung von Klimadaten – aber nicht nur dort – besteht in der Beschränkung der Abbildung auf typischerweise nur einen bestimmten Ausschnitt bzw. eine Sicht oder wenige Blickwinkel. Die Vielfalt an Informationen, zum Beispiel über durchgeführte statistische Berechnungen zur Aggregation der Daten, wird nicht sichtbar. Damit ist es für einen Nicht-Experten unmöglich, sich ein detailliertes Bild über ein von Klimawissenschaftlern diskutiertes Phänomen zu verschaffen und dessen Unsicherheit einzuschätzen. Dieser Zusammenhang lässt sich auch mit der Metapher eines Eisbergs illustrieren, bei dem die visuelle Darstellung (als sichtbarer Teil des Eisberges) bereits eine Verdichtung der (metaphorisch unter dem Wasser liegenden) Daten darstellt, unter denen sich jedoch weitaus mehr Wissen verbirgt. Dies schließt statistische Berechnungen ein, die auf einer Vielzahl von Modellsimulationen basieren, welche auf einem oder mehreren komplexen Klimamodellen fußen, die wiederum auf einer Vielzahl von mathematischen, physikalischen, informationstechnischen und anderen Annahmen beruhen.

Als Beispiel für die Undurchsichtigkeit des bei der Erzeugung einer visuellen Darstellung durchgeführten Prozesses sei hier die Diskussion um die sogenannte



Hockeyschläger-Kurve angeführt. M. Mann und Kollegen (1998) kamen nach Auswertung zahlreicher Datenarchive zu dem Schluss, dass die heute gemessenen Temperaturen deutlich über dem Niveau der natürlichen Temperaturschwankungen des letzten Jahrtausends liegen. In der Darstellung des zeitlichen Temperaturverlaufs ergibt sich entsprechend die Form eines Hockeyschlägers (Abb. 1). Die alternative Arbeit von McKittrick und McIntyre (2005), in der statistische Aggregationsverfahren variiert wurden, zeigt jedoch ein ganz anderes Bild (Abb. 2). Dem Laien ist es nicht möglich zu beurteilen, welche der verwendeten Annahmen und statistischen Ansätze, die zu zwei unterschiedlichen Kurven führen, am besten geeignet sind, um den physikalischen Sachverhalt wiederzugeben. (Für den interessierten Leser sei an dieser Stelle beispielsweise auf die Diskussion der Hockeyschläger-Kurve unter [www.realclimate.org](http://www.realclimate.org) verwiesen.)

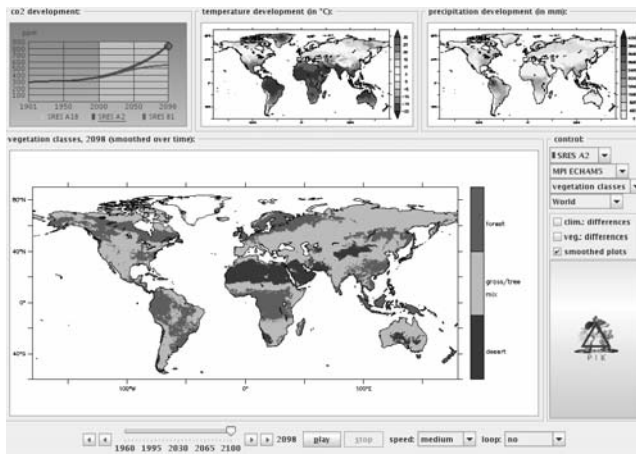
Allerdings lässt sich die zugrunde liegende Komplexität mithilfe der Visualisierung dem Nicht-Experten nur auszugsweise vermitteln. Trotzdem ist es insbesondere für Entscheidungsträger wichtig, auftretende Unsicherheiten bei Zukunftsszenarien möglicher Klimaentwicklungen beurteilen zu können. Um die diskutierten Probleme wenn nicht zu lösen, so doch zu mildern, werden in der Klimavisualisierung zwei Wege beschritten: (1) die Bereitstellung vieler Perspektiven auf ein Phänomen und Aufbau einer ›Intuition‹ durch Interaktion mit den Daten und deren Darstellung sowie (2) die explizite Einbeziehung von Unsicherheiten in die Darstellung.

Ziel des ersten Ansatzes ist es, dem Betrachter eine Vorstellung von der Vielfalt möglicher Klimafolgen in Abhängigkeit von verschiedenen Klimamodellen und Klimaszenarien zu vermitteln. Abbildung 3 zeigt ein solches Visualisierungswerkzeug. In mehreren Ansichten werden mögliche emissionsabhängige Zukunftsszenarien (oben links) dargestellt: globale Temperatur und Niederschlagsverteilungen (oben Mitte und oben rechts) sowie deren Einfluss auf die Biosphäre und auf die Verschiebung von Vegetationszonen (unten). Neben der interaktiven Auswahl von Klimamodellen und CO<sub>2</sub>-Szenarien lassen sich so unterschiedliche Klimafolgen beschreibende Variablen in verschiedenen statistischen Aggregationen für unterschiedliche räumliche Regionen und Zeitschritte untersuchen, zum Beispiel die potenzielle Änderung des weltweiten Baumbewuchses in Abbildung 3.

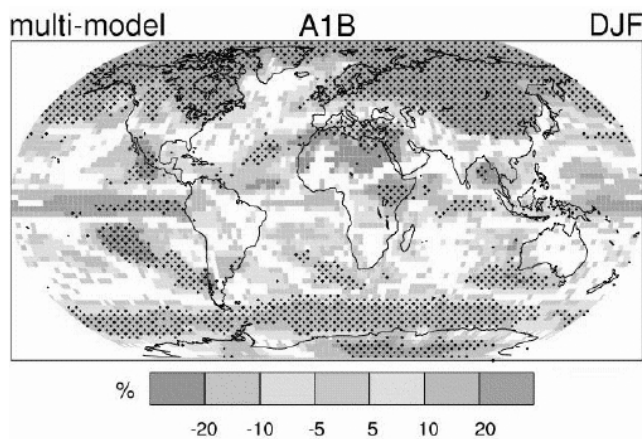
Der zweite Ansatz zielt darauf ab, die möglichen Ausprägungen von Klimasimulationen zusammen mit bekannten Unsicherheiten dieser Simulationen in ein Bild zu verdichten. Hierfür müssen die Unsicherheiten explizit bekannt sein. Diese werden dann zusammen mit den Daten dargestellt. Abbildung 4 illustriert eine solche ›explizite‹ Einbeziehung von Unsicherheiten. Hierbei handelt es sich um eine Darstellung aus dem letzten Sachstandsbericht des Weltklimarates (IPCC 2007, S. 76). Die Unsicherheiten werden in Form einer gepunkteten Textur auf die Karte aufgetragen, sodass Regionen mit geringerer Übereinstimmung zwischen verschiedenen Klimamodellen leicht identifiziert werden können.

Die Notwendigkeit, im Sinne der Eisberg-Metapher auch den Nicht-Fachleuten mehr Informationen hinsichtlich der Unsicherheit komplexer Klimasimulationen zu liefern, führt zu einer komplexeren Präsentation der Informationen. Eine geeignete visuelle Aufbereitung dieser Informationen – sodass sie auch für den Nicht-Experten leicht interpretierbar sind – ist nicht trivial. So zeigen beispielsweise die Abbildungen 3 und 4 visuell leicht verständliche Karten, deren Interpretation kein Vorwissen voraussetzt. Sollen jedoch mehrere Klimawirkungen miteinander verglichen werden, stoßen solche Karten an ihre Grenzen. Zwar gibt es im Visualisierungsumfeld Darstellungstechniken, die speziell darauf ausgerichtet sind, Erkenntnisse über höherdimensionale Zusammenhänge genauer zu untersuchen (zum Beispiel parallele Koordinaten-Darstellungen), jedoch bleiben diese Experten vorbehalten, da sie nicht ohne Vorkenntnisse interpretiert werden können.

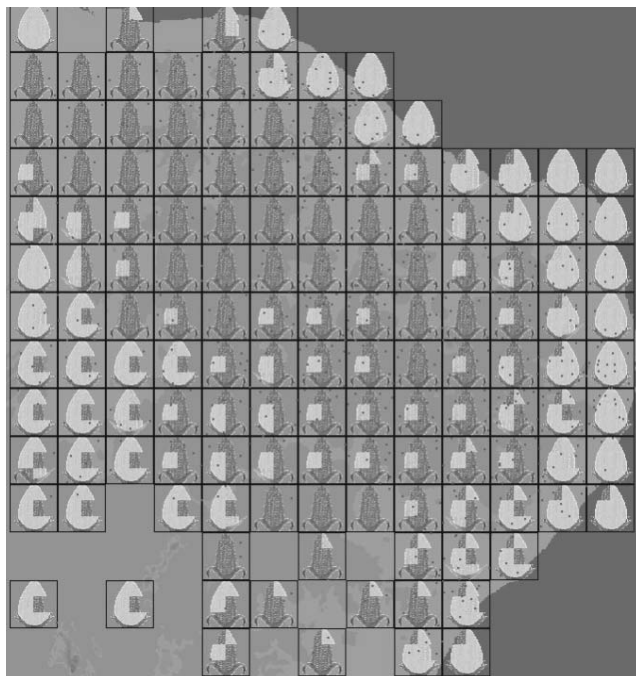
Als Ausweg werden zunehmend Techniken eingesetzt, die mithilfe leicht verständlicher Metaphern auch komplexere Informationszusammenhänge intuitiv erfassbar machen, indem ein Bezug zwischen der Bedeutung der Daten und deren visueller Repräsentation hergestellt wird. Ein Beispiel hierfür sind die in den Massenmedien etablierten Wetterkarten, auf denen etwa Informationen über Sonnenscheindauer, Bewölkung, Regen oder Schnee in zusammengesetzten Ikonen auf der Karte sehr kompakt dargestellt werden. Solche leicht verständlichen Ikonen lassen sich auch für die Visualisierung von Klimafolgen einsetzen, indem zum Beispiel verschiedene Einflussgrößen auf einen potenziellen Ausfall der Maisernte in Nordost-Brasilien auf einer Karte dargestellt werden (Abb. 5). Hierbei werden sechs Größen, die verschiedene klimatische Risiken beinhalten, auf verschiedene Berei-



3



4



5

che der Ikone abgebildet. Dicke helle Anteile repräsentieren geringe Risiken, während dünne dunkle Bereiche hohe Risiken abbilden. So lassen sich auf der Karte neben der allgemeinen Verteilung auch spezifische Muster in den Risiken und die zugehörigen Gebiete identifizieren.

Um ein Fazit zu ziehen: Die Visualisierung von Daten erweist sich als ein unersetzliches Hilfsmittel zur Gewinnung und Kommunikation wissenschaftlicher Erkenntnisse im Bereich der Klima- und Klimafolgenforschung. Allerdings stoßen die hier diskutierten Ansätze an Grenzen und können den Experten bzw. die exakte wissenschaftliche Beschreibung nicht ersetzen. So ist eine autonome Benutzung interaktiver Systeme durch den Nicht-Experten nur begrenzt sinnvoll, da die Gefahr von Fehlinterpretationen der zu untersuchenden Daten droht. Wünschenswert wäre hier zusätzlich zur Bereitstellung geeigneter Visualisierungstools ein »Beipackzettel«, der beispielsweise auf eine geeignete statistische Aufbereitung der Daten verweist, bevor diese dann dem Betrachter präsentiert werden. Einen solchen Beipackzettel zu erstellen – und diesen insbesondere allgemein verständlich zu halten – bleibt ein wissenschaftliches Desiderat.

#### Literatur

- IPCC: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of working Group I to the 4<sup>th</sup> Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Hg. von S. Solomon u. a. M. E. Mann, R. S. Bradley und M. K. Hughes: Global-Scale Temperature Patterns and Climate Forcing Over the Past Six Centuries, in: *Nature* 392/1998, S. 779–787  
 R. McKittrick und S. McIntyre: Hockey Sticks, Principal Components and Spurious Significance, in: *Geophysical Research Letters* 32, 3, 2005, L03710, doi:10.1029/2004GL021750

#### Bildnachweis

- 1, 2 M. Crok: Kyoto protocol based on flawed statistics, in: *Naturwissenschaften & Technik*, Februar 2005  
 4 IPCC: Vierter Sachstandsbericht 2007