

# Klimawissenschaft und Philosophie wollen voneinander lernen

Computersimulationen spielen heute in vielen natur- und sozialwissenschaftlichen Forschungsgebieten eine wichtige Rolle – so auch in der Klimaforschung. Jetzt diskutieren Klimaforschende und Wissenschaftsphilosophen darüber, wie diese Simulationen die Wirklichkeit repräsentieren und wie wir am besten mit Unsicherheiten umgehen.

Von Stéphane Hess

«Global Warming» (Erderwärmung) ist heute ein allgemein bekannter Begriff: Das durch Treibstoffverbrennung in die Atmosphäre ausgestossene Kohlendioxid verstärkt die isolierende Wirkung der Erdatmosphäre, was zu einer Erwärmung der Erde führt. Mittlerweile zweifelt kaum ein Klimawissenschaftler mehr ernsthaft daran, dass sich die Erde erwärmt und dass dieser Effekt durch den Menschen verursacht wird. Auch darüber, dass diese Entwicklung weitergehen wird, besteht Einigkeit. Aussagen darüber, wie stark sich das Klima in Zukunft erwärmen wird, sind allerdings mit Unsicherheiten behaftet: Die Herangehensweisen der Forschenden unterscheiden sich nämlich und so auch ihre Resultate.

## Berechnungen simulieren das Klima

Christoph Raible, Forscher am Institut für Klima- und Umweltphysik der Universität Bern, erklärt anhand eines einfachen Beispiels, wie die Klimawissenschaftlerinnen mögliche Szenarien über die Zukunft unseres Klimas entwickeln: «Angenommen wir möchten die Temperaturentwicklung der nächsten zehn Tage in einem geschlossenen Zimmer vorhersagen. Wir kennen die Wärmemenge, die der Heizungs radiator abstrahlt, und wir wissen, wie viel Wärme das Zimmer jeweils an seine Umgebung verliert. Zudem wissen wir aufgrund physikalischer Gesetze, wie schnell sich die Lufttemperatur unter dem Einfluss einer Wärmequelle, beispielsweise einer Heizung, ändert. Zunächst wird der Raum in zehn Zentimeter breite, imaginäre Raumwürfel unterteilt. In jedem dieser Würfel wird dann die Ausgangstemperatur gemessen. Aufgrund dieser Ausgangstemperatur, der Wärme des Heizungs radiators

und der physikalischen Gesetze kann nun berechnet werden, wie sich die Temperatur in den verschiedenen Würfeln mit der Zeit verändert.» Je wärmer das Zimmer wird, desto mehr Wärme gibt es auch wieder an die Umgebung ab. Irgendwann ist ein Gleichgewicht erreicht, in dem das Zimmer gleich viel Wärme an die Umgebung verliert wie es durch die Heizung gewinnt, und sich die Temperatur nicht mehr ändert.

Dieselbe Vorgehensweise wenden die Klimaforscher nun auf die Erde an: Die Wärmequelle ist natürlich die Sonne und wie das Zimmer gibt auch die Erde wieder Wärme ab. «Da die Erde aufgrund des zusätzlichen Kohlendioxids in der Atmosphäre weniger Wärme verliert, hat sich nun der Gleichgewichtspunkt, wo die Temperatur stabil bleibt, nach oben verschoben», erklärt Raible.

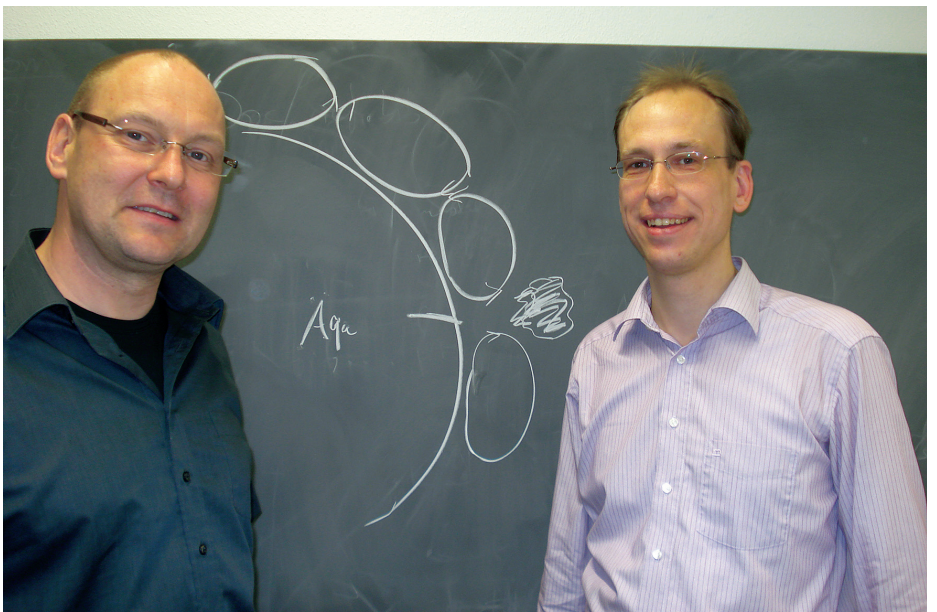
Die Forschenden gehen bei ihren Berechnungen von verschiedenen Szenarien aus, was den Kohlendioxid-Ausstoss betrifft. «Wir wollen «Was-Wenn-Aussagen» machen: Was könnte eintreten, wenn sich die Menschen auf diese oder jene Art verhalten?», erklärt Raible. Dies kann man natürlich nicht durch Experimente mit dem wirklichen Klima herausfinden. Deshalb werden mit Hilfe von Computern Berechnungen durchgeführt, die auf meteorologischen Messungen, physikalischen Gesetzen und gewissen Annahmen aufbauen und so mögliche Entwicklungen des realen Klimas simulieren. Man spricht daher auch von «Computermodellen» oder «Computersimulationen». Um zu testen, ob diese Modelle die Realität wiedergeben, vergleicht man ihre Resultate mit Messdaten aus der Vergangenheit.

Anders als bei einem Zimmer gilt es bei der Erde allerdings noch eine Vielzahl

weiterer Faktoren zu berücksichtigen: Wolken können die Sonneneinstrahlung verringern, Gewässer können Wärme aufnehmen und speichern. Natürlich ist es auch nicht möglich, auf der gesamten Erdoberfläche alle zehn Zentimeter eine Messstation einzurichten oder weltweite Simulationen auf dieser Skala durchzuführen. Die Erdatmosphäre wird daher in ungefähr 100 Kilometer breite Raumwürfel unterteilt. Viele der Ereignisse, welche die Temperatur beeinflussen (etwa Wolkenbildung), können aber relativ kleinräumig sein und werden daher von diesen Raumwürfeln nicht erfasst. Diese Ereignisse müssen also noch zusätzlich in die Berechnung mit einbezogen werden. Häufig ist aber nicht klar, wie dies am besten zu tun ist. Zum einen bestehen Unsicherheiten, welche Berechnungsmethoden zu wählen sind. Zum anderen fehlt häufig Wissen über in der Natur vorkommende Grössen – zum Beispiel über die durchschnittliche Geschwindigkeit, mit der Eiskristalle in Wolken nach unten fallen. Auch wenn deren genauer Wert nicht bekannt ist, müssen die Forschenden eine Zahl festlegen, die sie dann in die Berechnung einspeisen.

## Modelle beruhen auf Annahmen

Dabei legen sie die Zahlenwerte häufig so fest, dass die Resultate des Klimamodells möglichst gut auf die Messdaten passen. Dies bedeutet nun aber nicht, dass die so festgelegten Zahlenwerte tatsächlich den wirklichen Grössen in der Natur entsprechen. Klimamodelle können nämlich nie alle verschiedenen Einflüsse komplett berücksichtigen, wodurch Ungenauigkeiten entstehen. Die Fallgeschwindigkeit von Eiskristallen beispielsweise kann daher



Klimaforscher Christoph Raible (links) entwickelt Computersimulationen des Klimas der Zukunft, Wissenschaftsphilosoph Claus Beisbart untersucht die Möglichkeiten und Grenzen solcher Modelle.  
© Stéphane Hess

höher oder tiefer angegeben werden, als sie es in Realität ist, um so Ungenauigkeiten, die andernorts im Modell entstanden sind, wieder auszugleichen.

Dies wirft nun aber eine Frage auf: Können wir wirklich sagen, dass Klimamodelle das Klima und seine Entwicklung repräsentieren, wenn sie zum Teil auf Annahmen aufbauen, die nicht der Realität entsprechen?

### Wie sind Computersimulationen zu interpretieren?

Mit solchen Fragen beschäftigt sich Claus Beisbart, Professor am Institut für Philosophie an der Universität Bern. Als Wissenschaftsphilosoph interessiert er sich dafür, wie Wissenschaft funktioniert und welche Methoden sie verwendet. «Die Wissenschaftsphilosophie befasst sich schon lange mit der Rolle von Theorie und Experiment», erklärt Beisbart. «Die experimentelle Methode wurde bereits eingehend untersucht, und es gibt klare Vorstellungen darüber, wie sie anzuwenden ist, was sie leistet und an welche Grenzen sie stösst. Da Computermodelle recht neu sind, ist ihre Rolle in der Wissenschaft von der Wissenschaftsphilosophie erst wenig erforscht», stellt Beisbart fest. Die Frage, wie ein Computermodell einen natürlichen Prozess repräsentiert, ist nicht trivial, besonders wenn es auf unsicheren oder gar falschen Annahmen aufbaut.

«Ein bestimmter philosophischer Ansatz geht etwa davon aus, dass es trotz falscher Annahmen immer noch viele Ähnlichkeiten zwischen Modell und Wirklichkeit gibt», erläutert Beisbart. Diese Ähnlichkeiten legitierten dann Schlüsse vom Modell auf gewisse Aspekte der Wirklichkeit. «Wenig verstanden ist dabei jedoch, auf welche

Aspekte der Natur man aufgrund welcher Ähnlichkeiten schliessen kann», erklärt Beisbart, «wir untersuchen daher anhand von Beispielen, wie Forschende durch Analogien von Modellen auf die Wirklichkeit schliessen.»

Solange die Vorhersagen der heute verwendeten Klimamodelle nicht übereinstimmen, können nicht alle Modelle richtig liegen. «Bei wenigstens einigen Simulationen legitimieren die vorliegenden Ähnlichkeiten zwischen Modell und Wirklichkeit also noch keinen Schluss auf die künftige Temperaturentwicklung», erklärt Beisbart. Da man nicht wissen kann, welches der verschiedenen Modelle die richtigen Vorhersagen macht (falls dies überhaupt eines tut), sind Klimaforschende dazu übergegangen, den Mittelwert aus den Vorhersagen der verschiedenen Modelle zu berechnen. Natürlich besteht auch keine Gewissheit, dass dieser Mittelwert der Wahrheit wirklich nahe kommt. Daher versucht man, wenigstens eine Wahrscheinlichkeit anzugeben, mit der der wahre Wert der durchschnittlichen Jahrestemperatur innerhalb eines bestimmten Bereichs um den berechneten Mittelwert liegt.

### Tagung in Bern

«Aber was bedeuten solche Wahrscheinlichkeiten?», fragt der Philosoph Beisbart. Man könnte zunächst denken, dass die Natur unterschiedliche Klimaentwicklungen zulässt, von denen einige wahrscheinlicher sind als andere, so wie auch bei einem Glückspiel einige Ergebnisse wahrscheinlicher sind als andere. Die unterschiedlichen Vorhersagen der Klimamodelle sind aber laut Beisbart vor allem auf Unsicherheiten bei der Modellierung (etwa bei der Festlegung natürlicher Grössen) zurück-

zuführen. Die Wahrscheinlichkeit ist dann Ausdruck der Unsicherheit des Forschers. Aber wie können wir Wahrscheinlichkeiten seriös bestimmen, wenn sie gar nicht Teil der objektiven Wirklichkeit sondern vielmehr Ausdruck unseres eigenen Unwissens sind?

Angesichts des häufigen Gebrauchs von Wahrscheinlichkeiten in der wissenschaftlichen Modellierung mag es auf den ersten Blick erstaunen, dass es noch Fragen dieser Art zu diskutieren gibt. Es ist aber unter anderem genau die Bereitschaft, eigene Methoden kritisch zu betrachten und sich einer sachlichen Diskussion zu stellen, welche die Glaubwürdigkeit der Wissenschaft ausmacht.

Um solche Diskussionen zu führen, organisieren Beisbart und Raible gemeinsam eine Tagung, an der sowohl Klimaforschende als auch Philosophen teilnehmen. Die Tagung «Probabilistic Modelling in Science and Philosophy» wird vom 11. bis 12. Oktober 2013 an der Universität Bern abgehalten. «Es wäre naiv zu erwarten, dass Philosophen die Modelle der Klimawissenschaften verbessern», bemerkt Beisbart dazu, «wir hoffen aber, dass die Tagung zu einem besseren Verständnis klimawissenschaftlicher Modellierung führt und so der Klimawissenschaft und der Öffentlichkeit nützt.»

**Kontakt:** Dr. Christoph Raible, Oeschger Centre for Climate Change Research, raible@climate.unibe.ch

Prof. Dr. Claus Beisbart, Institut für Philosophie, claus.beisbart@philo.unibe.ch

**Autor:** Stéphane Hess ist freier Wissenschaftsjournalist in Wabern, stephane.hess@hotmail.com