



Physik für das Klima und andere komplexe Phänomene

Den diesjährigen Nobelpreis für Physik teilen sich drei Wissenschaftler für ihre Arbeit auf dem Gebiet chaotischer und scheinbar zufälliger Phänomene. Syukuro Manabe und Klaus Hasselmann schufen die Voraussetzungen für unser Wissen über das Erdklima und die Auswirkungen menschlichen Handels darauf. Giorgio Parisi erhielt die Auszeichnung für seine bahnbrechenden Beiträge zur Theorie ungeordneter Materialien und von Zufallsprozessen.

Alle komplexen Systeme bestehen aus vielen verschiedenen, sich gegenseitig beeinflussenden Teilen. Sie werden bereits seit langem in der Physik erforscht und sind mathematisch schwer zu beschreiben, da sie unter Umständen eine enorme Anzahl von Komponenten aufweisen oder vom Zufall bestimmt werden. Sie können auch chaotisch sein, wie beispielsweise das Wetter, bei dem kleine Abweichungen von den Ausgangswerten später gewaltige Unterschiede zur Folge haben. Die diesjährigen Preisträger haben alle dazu beigetragen, unser Wissen über solche Systeme und ihr langfristiges Verhalten zu vertiefen.

Ein komplexes System von entscheidender Bedeutung für die Menschheit ist das Erdklima. Syukuro Manabe zeigte, wie erhöhte Mengen an Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre zu einem Anstieg der Temperaturen auf der Erdoberfläche führen. In den 1960er Jahren war er führend auf dem Gebiet der Entwicklung physikalischer Modelle für das Erdklima und erforschte als erster Wissenschaftler die Wechselwirkungen zwischen Strahlungsgleichgewicht und vertikalem Luftmassentransport. Mit seiner Arbeit legte er den Grundstein für die

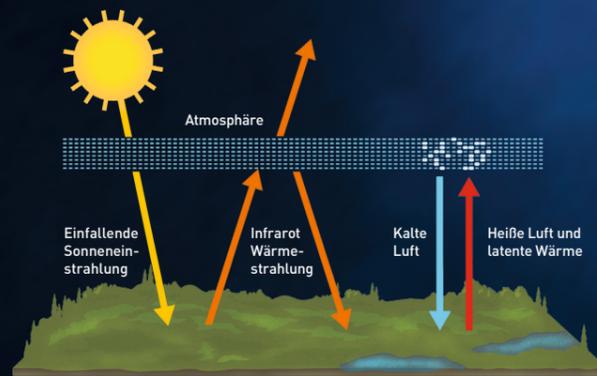
Entwicklung aktueller Klimamodelle. Etwa zehn Jahre später verknüpfte Klaus Hasselmann in einem Modell Wetter und Klima und beantwortete damit die Frage, warum Wetter im Gegensatz zu den oftmals zuverlässigen Klimamodellen veränderlich und chaotisch ist. Weiterhin entwickelte er Verfahren zur Erkennung bestimmter Signale, Fingerabdrücke, die sowohl natürliche Phänomene als auch menschliche Aktivitäten im Klima hinterlassen. Anhand dieser Methoden ließ sich belegen, dass der Grund für die Temperaturerhöhung in der unteren Atmosphäre vom Menschen erzeugte Kohlenstoffdioxidemissionen sind.

Etwa im Jahr 1980 entdeckte Giorgio Parisi verborgene Muster in komplexen Materialien, womit er einen der wichtigsten Beiträge zur Theorie komplexer Systeme leistete. Mit Hilfe dieser Muster lassen sich zahlreiche unterschiedliche und scheinbar zufällige Materialien und Phänomene nicht nur in der Physik, sondern auch in Gebieten wie Mathematik, Biologie, Neurowissenschaft und maschinelles Lernen verstehen und beschreiben.

Manabes Klimamodell

Kurzweilige Sonnenstrahlung kann die Erdatmosphäre durchdringen. Die Infrarotwärmestrahlung der Erde wird dagegen von den Treibhausgasen in der Atmosphäre teilweise absorbiert, in erster Linie Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf, wodurch die Luft und die Erdoberfläche erwärmt werden. Genau das ist das Prinzip des Treibhauseffekts.

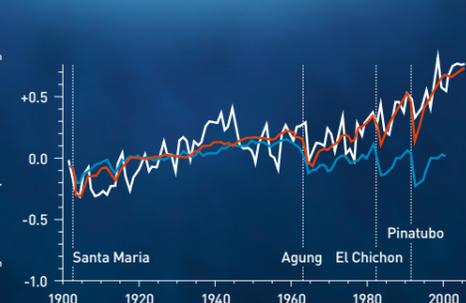
Aufgrund der Konvektion steigt heiße Luft nach oben und transportiert dabei Wasserdampf (latente Wärme). Weiter oben in der Atmosphäre, wo es kälter ist, kondensiert der Wasserdampf und setzt Wärme frei. Syukuro Manabe war der erste, der die Faktoren Infrarotstrahlung, Konvektion und Kondensation korrekt in ein Klimamodell integrierte.



Fingerabdrücke

Klaus Hasselmann entwickelte Verfahren zum Vergleich von Messungen, Beobachtungen und Modellen, die Auskunft über die Auswirkungen bestimmter physikalischer Prozesse im Klimasystem geben, zum Beispiel Veränderungen der Sonnenstrahlung, aus Vulkanausbrüchen stammende Teilchen oder die Bestandteile von Treibhausgasen. Anhand dieser Methoden lässt sich auch der Fingerabdruck des Menschen in diesem Zusammenhang ermitteln – mit einem klaren Ergebnis: Die Erde erwärmt sich und die vom Menschen produzierten Treibhausgase tragen zu dieser globalen Erwärmung bei.

Beobachtungen von Temperaturveränderungen (°C)



- Beobachtungen
- Berechnungen, die die Auswirkungen von natürlichen Ereignissen wie beispielsweise Vulkanausbrüchen zeigen
- Berechnungen der Auswirkungen natürlicher und vom Menschen erzeugter Quellen
- Vulkanausbrüche

Syukuro Manabe
Geboren 1931 in Japan. Senior Meteorologe an der Universität Princeton, USA.

Klaus Hasselmann
Geboren 1931 in Deutschland. Professor am Max-Planck-Institut für Meteorologie, Deutschland.

Giorgio Parisi
Geboren 1948 in Italien. Professor an der Universität La Sapienza, Rom, Italien.



Foto: Porträt von Giorgio Parisi: Francesca Mainline; Porträt von Klaus Hasselmann: Birne Götz; Porträt von Syukuro Manabe: Mark van Maricic

ERFAHREN SIE MEHR ÜBER DIE NOBELPREISE UNTER WWW.KVA.SE/EN

Weitere Informationen zum Nobelpreis für Physik 2021 finden Sie auf www.kva.se/nobelphysics2021 sowie unter www.nobelprize.org. Die angegebenen Seiten enthalten detaillierte Informationen zu den Laureaten und deren Forschung sowie Empfehlungen zu weiterführender Literatur und Videos. Alle weiterführenden Informationen sind auf Englisch.

Redaktion: Ulf Danielsson, Thors Hans Hansson, Gunnar Ingelman und Anders Irbäck, Nobelkomitee für Physik, Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften; Joanna Rose, Wissenschaftsredakteurin; Sara Gustafsson, Redakteurin und Maja Widerberg, Nobel Assistent, Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften. Grafikdesign: IVY Agency Illustrationen: Johan Jarnestad/Infographics.se

Druck und Vertrieb mit freundlicher Unterstützung von



Realisierung der deutschen Version durch



Druck und Vertrieb der deutschen Version gefördert von der



© Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften Box 50005, SE-104 05 Stockholm, Schweden +46 8 673 95 00 kva.se, www.kva.se Dieses und weitere Poster sind online verfügbar unter www.mediatheque.lindau-nobel.org/educational und www.kva.se/nobelposters.