

Komplexität begreifen – Nobelpreis für Physik 2021

- Die Statistische Physik untersucht Phänomene im kollektiven Verhalten vieler Teilchen.
- Komplexe Prozesse wie der Klimawandel und die epidemische Ausbreitung vieler Viren sind heute durch Methoden der Statistischen Physik beschreibbar.
- Die Physik-Nobelpreisträger 2021, Syukuro Manabe, Klaus Hasselmann und Giorgio Parisi trugen zum Verständnis komplexer Systeme bei.

Die Komplexität z. B. des Wettergeschehens und des Klimawandels beruhen auf der Wechselwirkung sehr vieler Teilchen in der Atmosphäre und den Meeren der Erde. Während die Eigenschaften einzelner Atome und Moleküle gut verstanden sind, führt erst ihr kollektives Zusammenspiel, mit dem sich die Statistische Physik beschäftigt, zu der ungeheuren Vielfalt von Phänomenen, die uns im täglichen Leben begegnen.

Die Entwicklung der Statistischen Physik im 19. Jh. durch Ludwig Boltzmann und J. Willard Gibbs u. a. war ein gigantischer Schritt zu deren Verständnis. So konnte bereits 1896 Svante Arrhenius den Treibhauseffekt, der uns trotz der Kälte des Alls auf der Erde ein Leben bei moderaten Tempe-

raturen beschert, quantitativ beschreiben und sogar den stetigen Temperaturanstieg durch eine Erhöhung der Konzentration von CO₂-Molekülen (Kohlendioxid) aufgrund der Verbrennung von Holz und Kohle bestimmen.¹

Offen blieb aber der statistisch signifikante Nachweis dieses Klimawandels durch meteorologische Messungen des täglich variablen Wetters. Vor allem das rasante Wachstum der Computerrechenleistung seit den 1960er Jahren, ermöglichte es, das komplexe Verhalten vieler Teilchen zu simulieren. Syukuro Manabe gelang es 1969, die Wechselwirkung zwischen Strahlungsbilanz und dem vertikalen Transport der Luftteilchen numerisch zu modellieren² und damit den Grundstein für die Entwicklung der heute sehr genauen Klimamodelle zu legen.

Der Vergleich von Klimasimulationen mit Beobachtungen erfordert, aus dem räumlich komplexen Verhalten von Wetterdaten das Langzeitverhalten der Atmosphäre zu extrahieren. Klaus Hasselmann schlug 1979 eine Methode aus der räumlichen Statistik und Mustererkennung vor, mit der durch einen multidimensionalen Signifikanztest aus den räumlich veräuschten Daten die langfristigen Signaturen des wandelnden Klimas signifikant bestimmt werden können³, z. B. im Spektrum der Oberflächentemperatur von Meeren⁴.



„Statistischen Physik hilft aktuelle Probleme wie den Klimawandel und die epidemische Ausbreitung von Viren zu verstehen.“

Lutz Schröter, Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG)

Dies wurde zu einem Standardverfahren der Klimatologie, mit dem die menschengemachte Erderwärmung zweifelsfrei nachgewiesen werden konnte. Die DPG warnte deswegen bereits 1985 eindringlich vor einer drohenden Klimakatastrophe.^{5,6,7}

Eine besondere Herausforderung in der Statistischen Physik stellt die langsame Dynamik ungeordneter Systeme dar, wie sie zum Beispiel in der eingefrorenen atomaren Unordnung in (Fenster-)Glas oder in magnetischen (Spin-)Gläsern beobachtet wird.

Giorgio Parisi, Träger der Max-Planck-Medaille 2011 der DPG, entwickelte 1979 eine Theorie wie eine versteckte Ordnung in ungeordneten Systemen beschrieben werden kann^{8,9}, welche inzwischen auf vielfältige komplexe Systeme wie z. B. neuronale Netze, granulare Packungen, turbulente Fluide oder Laser angewendet wird.

So ehrt der Nobelpreis 2021 Manabe, Hasselmann und Parisi für ihre Beiträge zum Verständnis komplexer Systeme.

Abb. 1

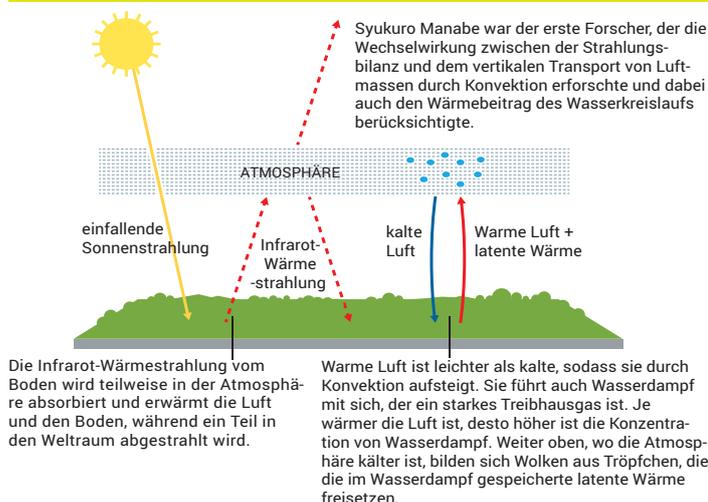
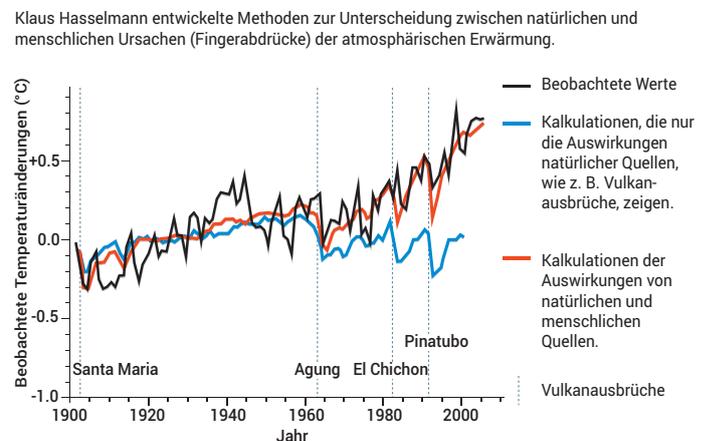


Abb. 2



Manabes Klimamodel

Vergleich der Veränderungen der mittleren Temperatur im Verhältnis zum Durchschnitt der Jahre 1901-1950 (°C).

Deutsche **Physikalische** Gesellschaft

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (DPG), deren Tradition bis in das Jahr 1845 zurückreicht, ist die älteste nationale und mit rund 55.000 Mitgliedern auch die größte physikalische Fachgesellschaft weltweit. Sie versteht sich als Forum und Sprachrohr der Physik und verfolgt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Interessen. Die DPG unterstützt den Gedankenaustausch innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft mit Tagungen und Publikationen. Sie engagiert sich in der gesellschaftspolitischen Diskussion zu Themen wie Nachwuchsförderung, Chancengleichheit, Klimaschutz, Energieversorgung und Rüstungskontrolle. Sie fördert den Physikunterricht und möchte darüber hinaus allen Neugierigen ein Fenster zur Physik öffnen.

In der DPG sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Studierende, Lehrerinnen und Lehrer, in der Industrie tätige oder einfach nur an Physik interessierte Personen ebenso vertreten wie Patentanwälte oder Wissenschaftsjournalisten. Gegenwärtig hat die DPG acht Nobelpreisträger in ihren Reihen. Weltberühmte Mitglieder hatte die DPG immer schon. So waren Albert Einstein, Hermann von Helmholtz und Max Planck einst Präsidenten der DPG.

Die DPG finanziert sich im Wesentlichen aus Mitgliedsbeiträgen. Ihre Aktivitäten werden außerdem von Bundes- und Landesseite sowie von gemeinnützigen Organisationen gefördert. Besonders eng kooperiert die DPG mit der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.

Die DPG-Geschäftsstelle hat ihren Sitz im Physikzentrum Bad Honnef in unmittelbarer Nähe zur Universitäts- und Bundesstadt Bonn. Das Physikzentrum ist nicht nur ein Begegnungs- und Diskussionsforum von herausragender Bedeutung für die Physik in Deutschland, sondern auch Markenzeichen der Physik auf internationalem Niveau. Hier treffen sich Studierende und Spitzenwissenschaftler bis hin zum Nobelpreisträger zum wissenschaftlichen Gedankenaustausch. Auch Lehrerinnen und Lehrer reisen immer wieder gerne nach Bad Honnef, um sich in den Seminaren der DPG fachlich und didaktisch fortzubilden.

In der Bundeshauptstadt Berlin ist die DPG ebenfalls präsent. Denn seit ihrer Vereinigung mit der Physikalischen Gesellschaft der DDR im Jahre 1990 unterhält sie dort das Magnus-Haus. Dieses 1760 vollendete Stadtpalais, das den Namen des Naturforschers Gustav Magnus trägt, ist eng mit der Geschichte der DPG verbunden: Aus einem Gelehrntreffen, das hier regelmäßig stattfand, ging im Jahre 1845 die „Physikalische Gesellschaft zu Berlin“, später die DPG hervor. Heute finden hier Kolloquien und Vorträge zu physikalischen und gesellschaftspolitischen Themen statt. Gleichzeitig befindet sich im Magnus-Haus Berlin auch das historische Archiv der DPG.

Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V.

Geschäftsstelle Tel.: 02224 / 92 32 - 0
Hauptstraße 5 Fax: 02224 / 92 32 - 50
53604 Bad Honnef E-Mail: dpg@dpg-physik.de

Redaktion: Gerhard Samulat

Literatur:

- 1 Svante Arrhenius, On the influence of carbonic acid in the air upon the temperature of the ground, *Philosophical Magazine and Journal of Science* 41(251), 237-276 (April 1896).
- 2 Syukuro Manabe and Kirk Bryan, Climate Calculations with a Combined Ocean-Atmosphere Model, *Journal of Atmos. Sci.* 26, 786-789 (Mai 1969).
- 3 Klaus Hasselmann, On the signal-to-noise problem in atmospheric response studies, S. 251- 259 in D. B. Shaw (Hrsg.), *Meteorology over the Tropical Oceans*, Royal Meteorological Society, 1979.
- 4 Klaus Hasselmann, Stochastic climate models, Part 1, *Tellus* 28(6), 473-485 (1976); Claude Frankignoul and Klaus Hasselmann, Stochastic climate models, Part II. Application to sea-surface temperature anomalies and thermocline variability, *Tellus* 29, 289-305 (1977).
- 5 Stellungnahme der DPG, Warnung vor einer drohenden Klimakatastrophe, <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/stellungnahmen-der-dpg/klima-energie/warnung-vor-drohenden-weltweiten-klimaaenderungen-durch-den-menschen>
- 6 Gemeinsamer Aufruf der DPG und der DMG, Warnung vor drohenden weltweiten Klimaänderungen durch den Menschen, *Phys. Blätter* 43(8), 347 (1987).
- 7 DPG, Machen Menschen das Wetter? Presseinformation zur 36. Physikertagung in Essen vom 27.9. bis 2.10.1971.
- 8 Giorgio Parisi, Infinite number of order parameters for spin-glasses, *Phys. Rev. Lett.* 43, 1754-1756 (1979).
- 9 G. Parisi, Order parameter for spin-glasses, *Phys. Rev. Lett.* 50, 1946-1948 (1983).

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft dankt den Autoren Klaus Mecke vom Institut für Theoretische Physik der Universität Erlangen-Nürnberg und Roderich Moessner vom Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme, Dresden.