

2 Simulation und Vorhersage: Zur Adaption epistemischer Verfahren der Meteorologie in Alexander Kluges *Vierzehn Arten, den Regen zu beschreiben*

Die Computersimulation ist gegenwärtig sicherlich das gängigste Dispositiv, in dem atmosphärisches Geschehen verstanden, gedeutet, dargestellt und – im Fall des Klimawandels – sogar wahrgenommen wird, insofern die direkte Wahrnehmung der durchschnittlichen Gesamtheit meteorologischer Vorgänge und deren dynamische Wechselwirkung mit anderen Sphären und Systemen kaum möglich ist und einer aufwendigen wissenschaftlichen, technischen und ästhetischen Vermittlung bedarf. Im Unterschied zur vergleichsweise reduzierten astronomischen Bedeutung des Begriffs Klima bei den Griechen, deren *tò klíma*, abgeleitet vom älteren Verb *klínein* (neigen, krümmen, anlehnen), sich auf die Krümmung der Erdkugel und damit praktisch auf die Erfahrung bezogen hatte, dass man durch eine Bewegung entlang der Längengrade auf der Erde eine andere Himmelsgegend beobachten kann, also Klimate durchwandert, hat der Begriff und die wissenschaftliche Erforschung des Klimas vor allem in den letzten hundert Jahren einen enormen Bedeutungszuwachs erfahren. Das hat verschiedene, einander verstärkende Gründe. Zunächst ist das vorneuzeitliche astronomische Verständnis, das noch nicht viel mit dem atmosphärischen Geschehen zu tun hatte, durch ein geographisches Verständnis abgelöst worden, das in einem physikalisch gerahmten und interdisziplinär orientierten Forschungsprogramm gemündet ist. Seit der Mitte des 20. Jahrhunderts befassten Klimatologen sich zudem nicht mehr primär deskriptiv mit den charakteristischen Merkmalen verschiedener Klimazonen, sondern sie begannen, die globalen Interaktionen des Klimasystems mit anderen natürlichen und gesellschaftlichen Systemen zu erforschen.¹

Neben dieser globalen Perspektive rückte dabei auch der zeitliche Aspekt in den Fokus. Durch die Verfügbarkeit von Technologien zur langfristigen Beobachtung, tiefenzeithlichen Messung und prognostisch angelegten Modellierung atmosphärischen Geschehens, also zum Beispiel mit Satelliten, Eisbohrkernanalysen und Computermodellen, wurden Wetter und Klima als dynamische und überaus integrative Wissensobjekte konstituiert. Die epistemische Mobilisierung eines so enorm großen Spektrums an Daten hat schon früher geäußerte Vermutungen über eine mögliche natürliche Variabilität atmosphärischer Bedingungen bestätigt und vor allem einen anthropogenen Einfluss auf das Klimasystem denkbar gemacht.² Seit den 1970er Jahren werden die komplexen Rückkopplungen zwischen Industriegesellschaften und dem Klimasystem durch Simulationen der globalen Zirkulation und der

1 Matthias Heymann: Klimakonstruktionen: Von der klassischen Klimatologie zur Klimaforschung, in: N. T. M. 17 (2009), 171–197.

2 William Kellogg: Mankind's Impact on Climate: The Evolution of an Awareness, in: Climatic Change 10/2 (1987), 113–136; Spencer Weart: The Discovery of Global Warming, Cambridge 2003; Joshua Howe: Behind the Curve. Science and the Politics of Global Warming, Seattle 2014.

vielfältigen Interaktionen mit anderen Komponenten des Erdsystems erforscht, in Szenarien durchdacht und politisch gedeutet. Simulationen stiften neue Relationen und machen das Verhältnis von Kultur und Natur in neuer Weise disponibel. Klima ist »Schicksal und Projekt zugleich«³ geworden und gewissermaßen zu einem neuen globalisierten »Kollektivsingular«⁴ avanciert, in dem sich Natur und Geschichte radikal aufeinander beziehen lassen.

Wenn die Computersimulation als Dispositiv gekennzeichnet wird, so kann man mit Foucault nach ihrer strategischen Funktion fragen.⁵ Wissenschaftsgeschichtlich jedenfalls haben Meteorologie und Klimawissenschaften sich jeweils erst mit den Methoden der Simulation als eigenständige wissenschaftliche Disziplinen um 1950 konsolidiert. Erst im Computer sind die drei zuvor nur spärlich verbundenen Traditionen der praktischen Kunst der Wettervorhersage, der empirischen Sammlung und Verarbeitung von Wetterdaten und der theoretischen Beschäftigung mit der Atmosphäre konvergiert,⁶ wobei bereits den im 19. Jahrhundert vielfältig eingesetzten synoptischen Wetterkarten eine ähnliche Funktion zugestanden werden kann. Ihr Herstellungsprinzip ist einfach: verschiedene gleichzeitig, an geographisch günstig verteilten Wetterstationen gemessene Werte für zum Beispiel Luftdruck, Temperatur, Windrichtung, Niederschlagsmengen usw. mussten zunächst postalisch – später telegraphisch – an einen zentralen Ort übermittelt werden. In Wetterbüros wurden die Daten gesammelt und mittels Isolinien, Feldern, Vektoren usw. in Wetterkarten des Zustands der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt übersetzt. Eine so an verschiedenen Orten herstellbare Wetterkarte ermöglichte es, meteorologische Phänomene wie Wind, Regen oder Temperaturschwankungen mit den kartographischen Gebilden in Beziehung zu setzen und Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. So konnten regionale atmosphärische Zusammenhänge und der Ablauf bestimmter Wetterlagen (z. B. Stürme) wiedererkannt und vorhergesagt werden⁷ – ein bereits damals öffentlicher Service staatlicher Stellen, der zumeist über die Massenmedien kommuniziert wurde.⁸ Im Unterschied zu den bis ins frühe 19. Jahrhundert vorherrschenden tabellarischen Kaskaden von Messwerten zeigten sich auf den Wetterkarten die Phantombilder einer noch zu erforschenden »Physik der freien Atmosphäre«.

Im Jahr 1865 bemerkte der amerikanische Physiker Joseph Henry: »There is, perhaps, no branch of science relative to which so many observations have been made and so many records have been accumulated, and yet from which so few general principles have been deduced.«⁹ In der Tat hat sich eine strengere theoretische

3 Thomas Macho: Wetter machen, in: ders., Petra Lutz (Hrsg.): 2°. Das Wetter, der Mensch und sein Klima, Göttingen 2008, 132–138, hier: 132.

4 Reinhart Koselleck: Vergangene Zukunft. Zur Semantik geschichtlicher Zeiten, Frankfurt a. M. 1989, 264–265.

5 Michel Foucault: Dispositive der Macht, Berlin 1978, 119 f.

6 Frederik Nebeker: Calculating the Weather: Meteorology in the 20th Century, San Diego 1995.

7 Vgl. Gisela Kutzbach: The Thermal Theory of Cyclones. A History of Meteorological Thought in the 19th Century, Lancaster 1979; Mark Monmonier: Air Apparent. How Meteorologists Learned to Map, Predict and Dramatize Weather, Chicago, London 1999.

8 Wolfgang Settekorn: Weltbilder der Wetterberichte, Frankfurt a. M. 1999.

9 Nebeker (Anm. 6), 15.

Tradition in der Meteorologie erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts herausgebildet. Wissenschaftler wie William Thompson, Hermann von Helmholtz, William Ferrel, Cleveland Abbe, Felix Exner und andere vertraten die Ansicht, dass Meteorologie angewandte Physik sein sollte und die Phänomene und die beobachtbaren Daten aus physikalischen Prinzipien ableitbar sein müssten. Bis 1904 waren alle nötigen Prinzipien beisammen. Der norwegische Physiker Vilhelm Bjerknes veröffentlichte seinen bahnbrechenden Artikel *Das Problem der Wettervorhersage, betrachtet vom Standpunkte der Mechanik und der Physik*, in dem er ein physikalisches Modell der Atmosphäre vorstellte. Bjerknes deutete in dem programmatischen Text erstmals an, dass eine deterministische Wettervorhersage auf der Grundlage exakter, mathematischer Gleichungen machbar sein könnte. Zu diesen gehören die hydrodynamischen Bewegungsgleichungen (also die Differentialrelationen zwischen den drei Geschwindigkeitskomponenten, der Dichte und dem Druck), die Kontinuitätsgleichung, (die das Prinzip der Erhaltung der Masse als Differentialrelation zwischen den Geschwindigkeitskomponenten und der Dichte beschreibt), die Zustandsgleichung atmosphärischer Luft als Relation zwischen Dichte, Druck, Temperatur und Feuchtigkeit, sowie der thermodynamische Energieerhaltungssatz (der wiederum als Differentialrelation angibt, wie sich die Energie bei vorkommenden Zustandsänderungen ändert). Diese sogenannten *primitive equations* bilden tatsächlich bis heute den dynamischen Kern jeder meteorologischen und auch klimatologischen Computersimulation. Eine »vollständige Diagnose des Zustandes der Atmosphäre« vorausgesetzt, könnte theoretisch eine Wettervorhersage berechnet werden und diese in eine rationelle, exakte Wissenschaft überführt werden. Bjerknes nennt jedoch folgende grundsätzliche Probleme: zum einen haben wir keinen vollständigen Datensatz des Zustands der Atmosphäre zu einem bestimmten Zeitpunkt, zum anderen sei »[d]as Eingreifen kosmischer Wirkungen unbekannter Art denkbar« und

[w]eiter sind die großen atmosphärischen Erscheinungen von einer langen Reihe von Nebenerscheinungen begleitet, beispielsweise elektrischer oder optischer Natur und die Frage ist, inwieweit es unter diesen Begleiterscheinungen welche gibt, die in nennenswerter Weise auf den Verlauf der atmosphärischen Prozesse zurückwirken. Die Rückwirkungen existieren selbstverständlich. Der Regenbogen wird beispielsweise eine modifizierte Verteilung der eingestrahlten Sonnenenergie zur Folge haben und die elektrischen Spannungen haben bekannte Einflüsse auf die Kondensationsprozesse. Alle Anzeichen, daß Prozesse dieser Art auf die atmosphärischen Prozesse im großen zurückwirken, fehlen aber bis jetzt.¹⁰

Die Mikrophysik der Phänomene kann also durch das Gleichungssystem, das die Dynamik der Atmosphäre allgemein beschreibt, nicht dargestellt werden. Vor allem aber wird, so Bjerknes, von einer »strengen analytischen Integration des Gleichungssystems nicht die Rede sein können«, da es die »Hilfsmittel der heutigen mathematischen Analyse« übersteige. Auch Bjerknes greift stattdessen auf graphische Verfahren zurück, beziehungsweise entwickelt Kalküle, in denen er verschiedene

10 Vilhelm Bjerknes: *Das Problem der Wettervorhersage, betrachtet vom Standpunkte der Mechanik und der Physik*, in: *Meteorologische Zeitschrift* 21 (1904), 1–7.

Höhenschichten analysiert, topographische Gegebenheiten miteinbezieht, graphisch koppelt und extrapoliert. Die so konstruierten Bilder erinnern fast an Darstellungen elektromagnetischer Felder, mit unterschiedlichen Polen für hohen und tiefen Druck und Kraftlinien als Isobaren oder Isothermen. Bjerknes hatte also einen gewissermaßen taktilen Zugang zur Atmosphäre der im graphischen Kalkül in Verbindung mit der Erfahrung des Physikers und Wetterforschers eine Möglichkeit zur Kompensation der unmöglichen analytischen Integration sah.

Die Rettung der Phänomene in der Simulation

In den 1920er Jahren hat der britische Meteorologe und spätere Konfliktforscher Lewis Fry Richardson eine Methode, die aus den Ingenieurwissenschaften und der Materialforschung der Jahrhundertwende bekannt war, nämlich die numerische Approximation,¹¹ auf dieses von Bjerknes aufgestellte Gleichungssystem angewandt. In den atmosphärischen Strömungsraum zog Richardson ein dreidimensionales Gitter ein. Als Kantenlänge wählte er einen Wert, der ein typisches europäisches Tiefdruckgebiet erfassen kann, was einem Raster von 200 km x 200 km entspricht. Auch vertikal unterteilte er die Atmosphäre in fünf Schichten von 0 km, 2 km, 4,2 km, 7,2 km und 11,8 km, entsprechend der durchschnittlichen vertikalen Abnahme des Luftdrucks in Schritten von 200 hPa. Als Zeitintervall wählte er sechs Stunden. In diesen räumlichen wie zeitlichen Abständen berechnete er die Zustände an den jeweiligen Gitterpunkten, die dann theoretisch in eine Wetterlage übersetzt werden könnten. Er wandelte also die Differentialgleichungen in Differenzgleichungen um, näherte numerisch an, statt wie Bjerknes eher freihändige graphische Methoden zu verwenden. Im Wesentlichen bedeutet simulieren also die Übersetzung einer bestimmten Mathematik in eine andere Mathematik, sozusagen die Nachahmung einer Berechnung.¹² Der Preis dieser Übersetzung ist ein enormer Rechenaufwand. Sein Buch *Weather Prediction by Numerical Process* von 1922, das als Frontispiz das erwähnte Rechengitter als Schachbrettmuster über dem europäischen Kontinent enthält (Abb. 2.1), besteht hauptsächlich aus einer 200-seitigen Kaskade an Formeln, Rechenschritten, Zwischenergebnissen. Um die prinzipielle Machbarkeit seiner Methode zu demonstrieren, brauchte es keine aktuelle, sondern eine besonders gut dokumentierte und datenmäßig dicht erfasste Wetterlage. Richardson nutzte als Datenbasis für sein Berechnungsschema die Messkampagne zum *International Balloon Day* am 20. Mai 1910. Die dennoch vorhandenen Lücken im Datensatz wurden von Richardson interpoliert. Er veröffentlichte also 1922 eine numerische Wettervorhersage für den Abend des 20. Mai 1910, mit Ausgangsdaten vom Nachmittag desselben Tags, für deren Berechnung er selbst sechs Wochen benötigte. Eine praktische Relevanz seiner Methode war hier zunächst nicht gegeben. Durch die partielle Interpolation der Ausgangsdaten und ohne Berücksichtigung gewisser, nur kurze Zeit später definierter Stabilitätskriterien für die numerische Approximation, die

11 Felix Klein: Elementarmathematik vom höheren Standpunkte aus, Bd. 3: Präzisions- und Approximationsmathematik, 3. Aufl., Berlin 1928.

12 Eberhard Zeidler: Springer-Handbuch der Mathematik, Bd. 3, Wiesbaden 2013, 382.

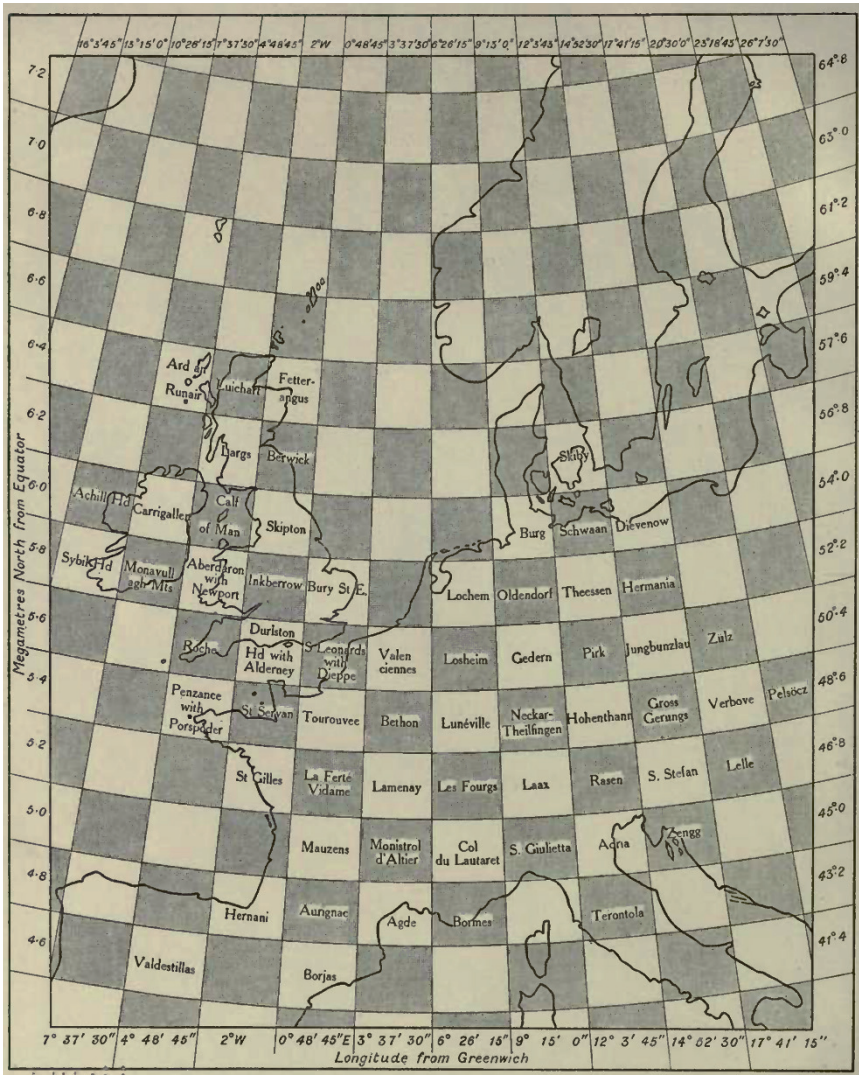


Abb. 2.1 Das Frontispiz aus Lewis Fry Richardsons *Weather Prediction by Numerical Process* von 1922 deutet die horizontale Diskretisierung der Atmosphäre an. Die Kantenlänge des Gitters beträgt etwa 200 km – zu grobmaschig für die meisten Phänomene.

sich auf das Verhältnis der räumlichen und zeitlichen Auflösung im Rechengitter beziehen, schaukelten sich die Rechenfehler bei Richardson allerdings mächtig auf. Die numerische Berechnung wurde instabil und produzierte physikalisch unmögliche Ergebnisse. Dennoch war er von der Methode überzeugt, veröffentlichte das Buch 1922 – und erlebte etwa 25 Jahre später, wie die Verwendung von Computern in der Wettervorhersage seinem Ansatz zum Durchbruch verhalf. In seinem Buch schätzte Richardson noch, dass 32 menschliche Computer für zwei Zeitschritte pro

Gitterpunkt gebraucht würden. Das machte bei 2000 Feldern 64.000 menschliche Computer »to keep pace with the weather [...] for the whole globe«.¹³ Ebenso wie Bjerknes wusste Richardson, dass »small-scale phenomena, such as local thunderstorms, have to be smoothed out.«¹⁴ Das steht gleich auf der ersten Seite und im weiteren Verlauf des Buches sind »phenomena« nur noch jene Objekte, die durch Berechnungen erzeugt werden. Dass diese aussortierte Domäne der Phänomene, die durch das diskrete Berechnungsgitter gefallen war, für eine physikalisch-mathematische Wettervorhersage nicht bedeutungslos ist, hat ähnlich wie Bjerknes auch Richardson geahnt. Ein kleiner Reim, in seinem Buch, fast ein Limerick, bringt das Dilemma zum Ausdruck. Er lautet:

big whirls have little whirls
that feed on their velocity,
and little whirls have lesser whirls
and so on to viscosity —
in the molecular sense¹⁵

Er denkt hier einen skaleninvarianten, turbulenten Zusammenhang, der die großen atmosphärischen Strömungen, lokalen Winde bis zur molekularen Reibung umfasst, was ihn als Vordenker der Chaostheorie auszeichnet. Mit mathematischer und theoretischer Stringenz lassen sich aber nur die großen Bewegungen im Modell darstellen. Doch in einem ungleichförmigen Fluidum wie der Atmosphäre gibt es unzählige gleichzeitige Bewegungen, die nicht auf eine Skala und auch nicht quantitativ zu beschränken wären, um sie statistisch oder individuell zu behandeln. Die Wirkungen der subskaligen Geschehnisse fasste Richardson deshalb in Koeffizienten zusammen, welche nur die durchschnittlichen Effekte dieser Phänomene repräsentieren sollten, also im Grunde aus der Logik des Modells herausfallen.¹⁶

1954 stellte der Schwedische Wetterdienst als weltweit erster auf numerische und das heißt simulationsbasierte Wettervorhersage um, 1955 folgten die USA.¹⁷ Das diskrete Modell, das im Übrigen auch den Kern eines jeden Klimamodells bildet, ist zum vorherrschenden Paradigma der Atmosphärenwissenschaften geworden. Der Fortschritt dieser Simulationsmodelle wird in der besseren Auflösung gemessen, d. h. welche Kantenlängen im Grid erreicht werden, sowie natürlich in der treffsicheren Vorhersage des Wetters über mehrere Tage hinweg. Das Wettervorhersagemodell COSMO-DE vom Deutschen Wetterdienst erreicht heute eine horizontale Auflösung von 2,8 km mit 50 vertikalen Schichten, was 97 Millionen Gitterpunkten entspricht – immer noch zu weit für die meisten atmosphärischen Phänomene.¹⁸

13 Lewis Fry Richardson: *Weather Prediction by Numerical Process*, Cambridge 1922, 219.

14 Ebd., 1.

15 Ebd., 66, vgl. auch Nebeker (Anm. 6), 71–74.

16 Ebd.

17 Kristine Harper u. a.: 50th Anniversary of Operational Numerical Weather Prediction, in: *Bulletin of the American Meteorological Society* 88/5 (2007), 639–650.

18 Deutscher Wetterdienst DWD: Regionalmodell COSMO-DE, https://www.dwd.de/DE/forschung/wettervorhersage/num_modellierung/01_num_vorhersagemodelle/regionalmodell_cosmo_de.html (konsultiert am 31.1.2017). Klimamodelle haben eine wesentlich

Eines der größten Forschungsfelder in Meteorologie und Klimaforschung ist deshalb die Darstellung der Effekte dieser Phänomene in den Simulationsmodellen durch Parametrisierungen – was Richardson Koeffizienten genannt hatte. Beim Parametrisieren werden viele verschiedene mathematische Techniken, Tricks oder auch empirische Beobachtungen genutzt. Sie sind nicht richtig oder falsch, sondern lediglich besser oder schlechter geeignet, den Einfluss der Phänomene darzustellen. Mal werden stochastische Verfahren genutzt, mal mikrophysikalische Modelle, mal semi-empirisch oder intuitiv der Einfluss eines bestimmten Prozesses auf das Gesamtsystem abgeschätzt. Insbesondere wird im Computerexperiment iterativ der »Abgleich zwischen den Phänomenen und den Daten selbst zu einem Bestandteil der Modellkonstruktion gemacht«, was erlaubt, die Parameter immer wieder zu adjustieren. Die Parameter werden sozusagen nicht »von außen« bestimmt, sondern »von innen«, »durch den Abgleich mit den Resultaten numerischer Experimente, d. h. durch eine Art Rückwärts-Logik«.¹⁹ Der Erfolg einer Parametrisierung hängt von der Fähigkeit der Reproduktion des atmosphärischen Systemverhaltens ab – was bei Wettervorhersagen natürlich leichter zu überprüfen ist, als in einer mehrere Jahrzehnte umfassenden Klimasimulation. Der Wissenschaftsphilosoph Johannes Lenhard beschreibt die »gelungene Imitation der Phänomene im Simulationsexperiment« als »Maßstab, der den Mangel an theoretischer Adäquatheit – aufgefasst als Einführung [...] artifiziereller Komponenten – [ausgleicht]«.²⁰ Es gibt unzählige Schemata und Software-Bibliotheken, die in den letzten Jahrzehnten in der Atmosphärenforschung entwickelt worden sind, um die parametrische Darstellung subskaliger Phänomene weiterzuentwickeln und es ist kaum vorstellbar, dass in Zukunft auf Parametrisierungen verzichtet werden kann – trotz der immer höheren Modellauflösung.²¹ Die Parametrisierungen sind es, die die meisten Rechenkapazitäten verbrauchen und die Modellierer-Community in Puristen und Pragmatiker spalten.²² Sie werden als epistemische Trade-offs, als Zugeständnisse an das vorherrschende Paradigma der numerischen Computersimulation verstanden.

Die Verfahren der Parametrisierung erinnern überraschenderweise stark an ein antikes und frühneuzeitliches Dispositiv, nämlich das Forschungsprinzip der *Rettung der Phänomene*. Das hatte zum Ziel, die »absonderlichen Kapriolen« der Irrsterne, also der Planeten, zu retten oder zu wahren, und das heißt: die unregelmäßig erscheinenden Himmelsphänomene mit kreisförmigen und gleichförmigen Bewe-

geringere Auflösung, u. a. auch weil sie größere Zeitintervalle vorhersagen sollen, vgl. Gregory Flato, Jochem Marotzke u. a.: Evaluation of Climate Models, in: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, New York 2013, 741–866.

19 Johannes Lenhard: Mit allem rechnen – zur Philosophie der Computersimulation, Berlin, Boston 2015, 33.

20 Ebd., 30.

21 David J. Stensrud: Parameterization Schemes: Keys to Understanding Numerical Weather Prediction, Cambridge 2007; Joel Katzav, Wendy S. Parker: The future of climate modeling, in: Climatic Change 132/4 (2015), 475–487.

22 Mikaela Sundberg: The Everyday World of Simulation Modeling. The Development of Parameterizations in Meteorology, in: Science, Technology & Human Values 34/2 (2009), 162–181.

gungen zu erklären und darzustellen und damit mit dem damaligen Weltbild und der Himmelsmechanik zu vereinbaren.²³ Die Kreisbahn ist gewissermaßen das Apriori, in dem die Planetenbewegungen modelliert werden mussten, von Eudoxos von Knidos bis Kopernikus. Erst Kepler habe in der *Astronomia Nova*, in der er die Ellipsenförmigkeit der Bewegung erkannt hatte, das Programm der Rettung der Phänomene »ihrem Anspruch nach erfüllt, ihrem Sinn nach aber entthront: er hatte gezeigt, daß unter der Voraussetzung der Kreisbewegung die Phänomene nicht gerettet werden können.«²⁴ Kepler habe damit außerdem gezeigt, dass hinter der Rettung der Phänomene vielmehr die »Rettung des Axioms« – man könnte sagen: des Dispositivs – gestanden hatte. Das Axiom der Wettermodelle heute heißt: numerische Approximation, diskrete Auflösung im Rechengitter. Innerhalb dieses Axioms werden Phänomene, die nicht modellierbar sind, wie zum Beispiel die komplizierten mikrophysikalischen Prozesse der Wolkenbildung und ihre Rückkopplungsprozesse mit anderen atmosphärischen Komponenten, als Parametrisierungen, als artifizielle und opake Komponenten in die durchsichtigen Grids der Atmosphärenmodelle eingebaut.²⁵ Wetter- und Klimasimulationen erscheinen damit als immer wieder neu zu testende und getestete Montagen innerhalb des theoretischen Gerüsts der etwas euphemistisch sogenannten und von Bjerknes aufgestellten *primitive equations*, die im dreidimensionalen Rechengrid approximiert werden. Parametrisierungen helfen, die uns vertrauten Phänomene zwischen den Gitterpunkten zu erfassen, technisch zu imitieren – was etwas anderes ist, als deren physikalische Modellierung (obwohl die manchmal auch gemeint sein kann). Über die Nähe von Fiktion und Simulation haben schon viele Wissenschaftsphilosophen und -historiker nachgedacht²⁶ und in der Tat scheint eine der interessantesten Eigenschaften von Simulationen die gelingende Reproduktion von Verhalten und die Kohärenz von Vorhersagen zu sein, die das Ergebnis eines ganzen Ensembles unterschiedlicher epistemischer Prinzipien und Techniken ist.

23 Jürgen Mittelstraß: Die Rettung der Phänomene. Ursprung und Geschichte eines antiken Forschungsprinzips, Berlin 1962.

24 Ebd., 209.

25 Myanna Lahsen: Seductive Simulations? Uncertainty Distribution Around Climate Models, in: *Social Studies of Science* 35/6 (2005), 895–922, hier: 900.

26 Naomi Oreskes u. a.: Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences, in: *Science* 5147 (1994), 641–646; Peter Galison: Computer Simulations and the Trading Zone, in: ders., David Stump (Hrsg.): *The Disunity of Science: Boundaries, Contexts, and Power*, Stanford 1996, 118–157; Isabelle Stengers: *Die Erfindung der modernen Wissenschaften*, Frankfurt a. M. 1997; Evelyn Fox-Keller: *Models, Simulation, and Computer Experiments*, in: H. Radder (Hrsg.): *The Philosophy of Scientific Experimentation*, Pittsburgh 2003, 198–215; Gabriele Gramelsberger: *Computerexperimente. Zum Wandel der Wissenschaften im Zeitalter des Computers*, Bielefeld 2010.

Zur Poetologie der Simulation in Kluges *Vierzehn Arten, den Regen zu beschreiben*

Rekapitulierend können also drei Eigenschaften des Dispositivs der Simulation festgehalten werden: erstens: die Funktionsweise von numerischen Simulationen beruht auf der Diskretisierung und Approximation eines nichtlinearen, zeitkontinuierlichen Systems. Um die dabei entstehenden Übersetzungsverluste auszugleichen und realistische Vorhersagen zu treffen, müssen sie die in Zwischenräumen des Rechengitters nicht erfassbaren beziehungsweise im Modell nicht reproduzierbaren Phänomene parametrisieren. Zweitens: Simulationen mobilisieren unterschiedliche Zeitebenen. Sie beruhen auf der Verwendung von Daten aus der Vergangenheit, nutzen aktuelle Messwerte und generieren verschiedene Szenarien der Zukunft²⁷ – je nach dem, wie in der Gegenwart auf die Simulation reagiert worden sein wird. Sie scheinen damit den Handlungsraum der Gegenwart aufzufächern, zu verdichten und zu potenzieren, wobei die damit suggerierte Verfügbarkeit der Zukunft limitiert wird durch den komplexen Charakter der Atmosphäre und ihre vielfältigen Interaktionen mit anderen Systemen. Drittens: Simulationen lehren, atmosphärische Phänomene nicht als singuläre Naturerscheinungen wahrzunehmen, die wissenschaftlich oder ästhetisch isoliert zu betrachten wären. Einzelne Phänomene sind vielmehr als Effekt einer Großwetterlage zu begreifen, als weiträumiges und polichrones Zusammenspiel aus deterministischen und zufälligen Prozessen, in die sie eingebettet sind.

Diese Eigenschaften lassen sich als sowohl thematisch als auch poetologisch auch in den Arbeiten Alexander Kluges aufspüren. Der Filmemacher, Fernsehproduzent und Autor, der als wissenschaftlich überaus interessiert und aufgeklärt gelten kann, greift zeitgenössische epistemische Verfahren, aber auch naturwissenschaftliche Theorien regelmäßig thematisch auf, vor allem solche, die im Vergleich zu jenen Zeithorizonten, in denen Geschichte im emphatischen Sinn stattgefunden hat, in radikal anderen Zeitskalen operieren. Ob Astrophysik, Evolutionstheorie, Paläontologie oder Chaostheorie – Kluge hat Dynamiken, die in diesen Wissenschaften beschrieben werden, häufig zum *movens* beziehungsweise Störfaktor der Handlung in seinen Erzählungen gemacht und damit episch eingespielte Akteurskonstellationen und geschichtlich konstituierte Sinnzusammenhänge unterwandert. Er beschränkt dieses Interesse aber nicht allein auf die Aussagen dieser Wissenschaften, sondern übersetzt ihre Epistemologien auch in eine eigene Poetologie, die entscheidend zum Charakter der viel zitierten eigenständigen ›Gattung Kluge‹ beiträgt.²⁸ Gemeint ist damit die literarische Adaption epistemischer Verfahren, die im Folgenden am Beispiel der literarischen Umarbeitung der Mechanismen der Computersimulation und ihren dispositiven Effekten am Beispiel von Kluges *Vierzehn Arten, den Regen zu beschreiben*, untersucht wird. Die zwölf Druckseiten umfassende Sammlung unterschiedlich langer und episodisch anmutender Texte ist in den 2007 veröffentlichten

27 Zur komplexen Herstellung von Daten vgl. Paul Edwards: *A Vast Machine. Computer Models, Climate Data, and the Politics of Global Warming*, Cambridge 2010.

28 Jan Philipp Reemtsma: Laudatio zur Verleihung des Georg-Büchner-Preises, 2003, <http://www.kluge-alexander.de/zur-person/laudatio/2003-buechnerpreis.html> (konsultiert am 15.8.2016).

Geschichten vom Kino enthalten. Damit ist dieser Text dem Werkkomplex intermedialer Arbeiten zuzuordnen, dem medien- und literaturwissenschaftlich bereits viel Aufmerksamkeit geschenkt worden ist.²⁹ Kluge lässt Literatur und technische Medien sich aneinander ausdifferenzieren und insofern sind seine Texte nicht nur als Texte, sondern hier auch im Hinblick auf das Kino – und eben auch auf das Dispositiv der Computersimulation zu lesen, aus dem Dazwischen. Jeder der durchnummerierten Texte trägt eine eigene Überschrift: *1 Eine Regenwoche mit Joris Ivens*, *2 Landregen*, *3 Illusion von Dauerregen*, *4 Konzentratregen in Hurrikans*, *5 Verstreute Schauer*, *6 Katastrophen der finalen Klasse*, *7 Nur die Fische schienen momentan verschwunden*, *8 Ein Glücksfall von Platzregen*, *9 Konjunktur des Wassers*³⁰ – die Sammlung ist also unvollständig und auch die einzelnen Texte erscheinen so, als ob sie einem jeweils größeren Kontext entnommene Episoden sind. Zwar geht es hier, wie die Titel suggerieren, auch um unterschiedliche Erscheinungsweisen des Regens, doch diese stehen nicht im Mittelpunkt. Vielmehr geht es um die Möglichkeiten, den Regen überhaupt beschreibbar zu machen und das heißt hier filmisch umzusetzen, denn die Texte handeln alle von den Schwierigkeiten, Regen dramaturgisch, kinematographisch, kamera- oder lichttechnisch festzuhalten, in einen Sinnzusammenhang einzubeziehen, oder Regen in einer agentiellen Perspektive darzustellen. Regen ist damit als Phänomen gekennzeichnet, das sich dem klassischen filmischen Dispositiv etwa mit seiner auf die menschliche Wahrnehmung zugeschnittenen Bildwechselfrequenz, aber auch aufgrund seines transparenten Charakters entzieht – das filmische Dispositiv scheint genauso schlecht auf das Festhalten von Regen kalibriert zu sein wie Computersimulationen, die, wie gezeigt wurde, das einzelne Phänomen austreichen.

Die Texte handeln außerdem von einem inneren Konflikt der Filmgeschichte, den Kluge inszeniert, nämlich dass die Fähigkeit des Films, »Elementares festzuhalten: Regen, Liebesgeschichten, Farben, Grauwerte, Momente« immer wieder zugunsten von etwas »Zusammengefasstem (der Handlung)« zu kurz komme.³¹ Regen steht hier *pars pro toto* für alle von geschlossenen Erzählformaten vernachlässigten Phänomene, die der »Sucht nach Sinngebung« (2) weichen müssen. Filme aus der Perspektive dieser Phänomene könnten aber ganz andere und mutmaßlich nicht weniger wichtige Zusammenhänge darstellen – etwa so, wie die Klimasimulation auch ein neues Licht auf die Historie, die Idee des Fortschritts und der Moderne wirft.³²

29 Vgl. zum Beispiel Andreas Sombroek: Eine Poetik des Dazwischen. Zur Intertextualität und Intermedialität bei Alexander Kluge, Bielefeld 2005; Hyon Soon Cheon: Intermedialität von Text und Bild bei Alexander Kluge. Zur Korrespondenz von Früher Neuzeit und Moderne, Würzburg 2007.

30 Alexander Kluge: Vierzehn Arten, den Regen zu beschreiben, in: ders.: *Geschichten vom Kino*, Frankfurt a. M. 2007, 170–181. Aufgrund der Kürze der Textsammlung wird im Folgenden auf die Angabe von Seitenzahlen bei Zitaten verzichtet und stattdessen im Fließtext die Nummerierung des jeweiligen Textes in Klammern gesetzt.

31 Alexander Kluge: Der Teufel als Unterhaltungskünstler, in: ders.: *Geschichten vom Kino*, Frankfurt a. M. 2007, 163.

32 Die Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels, die auch in Simulationen untersucht werden, hat schließlich maßgeblich zur Debatte um den Begriff des Anthropozäns beigetragen, die die Trennung von Natur und Geschichte aufhebt. Grundlegend dazu Dipesh

Kluges Textsammlung berichtet von den Versuchen eines solchen Perspektivwechsels und angesichts der Unvollständigkeit und des fragmentarischen Charakters der Sammlung scheint der Autor selbst sich inmitten eines solchen Projekts zu befinden. Einen ersten Anhaltspunkt bietet der Avantgardefilm *Regen* von 1929 des niederländischen Dokumentarfilmers Joris Ivens, ein »radikaler Dokumentarist«, der nichts anderes als Regen, seine phänomenalen Begleiterscheinungen und umweltlichen Auswirkungen auf ein städtisches Umfeld zeigt: Schatten verschwinden, Blätter fliegen, Passanten beschleunigen den Schritt, Tropfen produzieren kreisförmige Wellen in den Grachten, Tropfen kleben an Fenstern, die Straßen sind nass, Pfützen reflektieren, Menschen spannen Schirme auf. Das alles gibt Kluges Text *Eine Regenwoche mit Joris Ivens* nicht wieder. Er verweist lediglich auf die Variationen von Regen, zu denen Hanns Eisler 1941 eine Filmmusik komponiert habe.³³ Den Titel von Eislers Komposition, der offenbar in Ivens Film *Regen* erstmal durchgezählt und 14 Arten der Beschreibung ausgemacht hat, übernimmt Kluge für seine Textsammlung. Einige Episoden behandeln das zu beschaffende Regenfilmmaterial wie einen Rohstoff, »als filmgeschichtlichen Vorrat an Regen« (8) oder als technisch reproduzierbare »Illusion von Dauerregen« (3). Erzählt wird also sozusagen von der Herstellung von Regenkonserven, die jederzeit in einen Film, dessen Handlung Regen erfordert, integriert werden könnte. Diese Behandlung ähnelt dem Verfahren der Parametrisierung subskaliger Prozesse in Computersimulationen, die eben durch das grobe Rechengitter nicht erfasst werden können. Das Gerüst der *primitive equations* entspricht im Film gewissermaßen dem Plot, der Regen vorsehen mag, aber nicht aus sich heraus hervorbringen kann.

In der umfangreichsten Episode der Sammlung mit dem Titel *Landregen* kommt es gewissermaßen zur Umkehrung dieser Konstellation, da der Regen zum eigentlichen Akteur gemacht werden soll. Der Text gibt zunächst in der Präsensform einen Auszug aus dem Drehbuch für den fiktiven Defa-Film *Landregen* wieder, in dem es um die elementare Darstellung vielfältiger Bedeutungsrelationen des Regens geht. Es folgt eine teilweise dialogische Auseinandersetzung mit der Filmförderung über die gesellschaftliche Aussage und Sinnhaftigkeit eines solchen Projekts. Die Filmemacher wollen vom Regen her denken und wollen versuchen, die verschiedenen Relationen in »planetarischen« wie auch lokalen Perspektiven – vom Atlantik her hereinkommende Wolken entwickeln sich in einen Landregen, ein »britisches Nieseln« über der Magdeburger Börde, die Wechselwirkungen des Regens mit der Landschaft, mit dem Lößboden und den Arbeitern der Kolchose – einzufangen. Doch die Dramaturgen von der DDR-Filmförderung sind skeptisch. Sie versuchen, Produktionsmittel einsparende Abkürzungen und Allegorien (Parametrisierungen) vorzuschlagen und drängen auf eine »gesellschaftliche Aussage« und »Sinn-Zusammenhang« – auch bei der filmischen Erforschung des »Elementaren«. Sie lehnen das Projekt *Landregen* ab, bereuen dies aber kurze Zeit später, da es nämlich durchaus wichtig sei, dass »sich endlich sinnliche Eindrücke, die dem Menschen begegnen,

Chakrabarty: The Climate of History: Four Theses, in: Critical Inquiry 35/2 (2009), 197–222.

33 Der 14-minütige Film von 1929 kann hier angesehen werden: <https://vimeo.com/42491972> (konsultiert am 15.8.2016).

im Film wiederfinden« (2). Hier thematisiert Kluge die Schwierigkeit, zu einer adäquaten Darstellung der vielen Bedeutungsrelationen des Elementaren zu gelangen, in einem Umfeld, dass keine gänzliche »Freiheit vom Sinnzwang« (2) gestatten kann, da der Defa-Film, wie auch die Klimasimulation, auf den effizienten Einsatz ihrer »Produktionsmittel« (2) achten muss und zur Produktion gesellschaftlich relevanter »Aussagen« herangezogen wird.

Von den faktischen Schwierigkeiten eines solchen Wechsels der Beschreibungsebene aufs Elementare handelt der vierte Text *Konzentratregen in Hurrikans*. Hier wird in staccatohaft verdichteter Beschreibung der Versuch unternommen, die »Intensität einer singulären Naturerscheinung« medial zu übersetzen, in Messungen, Film, Wetterkarten und Sprache – doch scheinen alle technischen Medien mit ihren je spezifischen Eigengesetzlichkeiten nicht kommensurabel zu sein mit dem turbulenten atmosphärischen Geschehen: »ein instabiles Ganzes, das jedes Maß zugrunde richtet« (4). Journalisten begeben sich mit einer Film-Crew in ein Messflugzeug, um fürs Fernsehpublikum Aufnahmen von einem schweren Hurrikan zu machen, der sich aktuell auf die Küste Floridas zubewegt. Während die Meteorologen im Flugzeug mit dem Messen beschäftigt sind, sich um ihre Instrumente sorgen und die Journalisten ignorieren, ist die Film-Crew mit der Herstellung attraktiver »Originalaufnahmen« vom Hurrikan beschäftigt. Doch die Draufsicht »auf das Ganze von oben« erscheint dem Auge auf Dauer zu »öde« und die nach dem Eintauchen des Flugzeugs in den Hurrikan durch die Bullaugen sichtbaren »windzerfetzten Wolken, die in rasantem Stil am Flugzeug vorbeizogen« wären nur als »Zwischenschnitt geeignet«. Insbesondere sei es »z. B. fast unmöglich, den Satz zu verfilmen: ›der Hurrikan nähert sich in einer schraubenförmigen Bewegung Tampa‹« (4). Auch die »Falschfarben-Wetterkarte« kommt nicht ohne Kommentar aus und »offenbleibt, was die richtigen Farben wären« (4). Schließlich wurden die »Fundstücke« nicht gesendet, weil die »Aktualität« nicht mehr gegeben war, wenn man genug Material gesammelt haben würde. Die Film-Crew fiel so am Ende sozusagen wieder in alte Muster zurück, nämlich auf die Darstellung menschlicher Schicksale, da man sich damit half,

daß wir Paare filmten, die wir durch Parallelschnitt mit den Gießbächen, die man als Aufnahmen des Unglücksgeschehens kaufen kann, konfrontierten. Von denen ließ sich erzählen, ob sie sich trennten, kennenlernten, zusammenblieben, sich später scheiden ließen oder was sonst mit ihnen passierte. Meine Erfahrung ist, daß dies die beste Mitteilungsform bleibt, um Konzentratregen eines Hurrikans zu beschreiben: Die persönlichen Erlebnisse von Leuten, die Gefühle füreinander empfinden. (4)

In den *Vierzehn Arten, den Regen zu beschreiben* verhandelt Kluge grundsätzliche Fragen, an denen sich auch die Modellierer von Wetter und Klima abarbeiten. Wie bekommt man das Singuläre rechtzeitig und überhaupt zu fassen? Wie verhält sich das Detail zum Gesamtzusammenhang? Wie kann das Experimentalsystem so skaliert werden, dass gleichermaßen sinnhafte und sinnliche Eindrücke entstehen? Wie gibt man den Ungleichzeitigkeiten Raum, die den Gegenwartshorizont konstituieren? Kluge nutzt verschiedene erzählerische Mittel, um diese Problemkomplexe zu öffnen, zum Beispiel indem er die Poetologie des Films im Medium Text

vorführt und sich damit am Ort einer Übertragung situiert, der es ihm ermöglicht, das Scheitern oder Gelingen, das Differenzielle, die Trickereien und Inkommensurabilitäten dieser Projekte zu thematisieren. Der Herausforderung der Darstellung der Ungleichzeitigkeiten und sich überlagernder Zeithorizonte sowohl innerhalb der episodisch dargestellten Projekte, als auch in den atmosphärischen Prozessen selbst begegnet Kluge, indem er eine große Bandbreite an Zeitformen verwendet. Zumeist erzählt er im Präteritum, häufig aber auch im Präsens, im Konjunktiv II oder Futur II. Die Unvollständigkeit der Textsammlung vermittelt zudem den Eindruck, dass der Autor selbst sich inmitten des Projekts *Vierzehn Arten, den Regen zu beschreiben* befindet, es also seine Gegenwart bestimmt. Diese wiederum besteht aber paradoxerweise aus Erzählungen aus ganz unterschiedlichen historischen und auch fiktionalen zukünftigen (9) Kontexten, die damit auf die Asynchronie einer Gegenwart hinweisen, in der all diese Beschreibungen gleichzeitig möglich und nötig sind.³⁴ Diese komplexe zeitliche Struktur, in der Daten aus der Vergangenheit, aktuelle Messungen und Versionen der Zukunft konstitutiv sind, wurde auch als ein Merkmal der Computersimulation herausgestellt. Während wir von den Konsistenzproblemen in Computersimulationen eher selten erfahren, beziehungsweise die Behebung solcher Probleme Teil der Klimaforschung ist, motiviert Kluge eine Fülle solcher Konsistenzbrüche und Trade-offs. Er bringt historische Kontexte und meteorologische Umstände zusammen, doch entweder kommt dabei die Geschichte nicht in Gang, weil sie von außerhistorischen Begriffen durchzogen ist, oder die »singuläre Naturerscheinung« (4) kommt nicht zu Geltung, weil sie sich einer adäquaten Darstellung entzieht. Er setzt sie ein, um die Grenzen bestimmter Perspektiven nachzuzeichnen, die Limitierungen rein erzählerischer und historischer oder rein epistemisch-naturwissenschaftlicher Perspektiven anzuzeigen, oder den Fokus auf ein lokales Geschehen angesichts der Einbettung in komplexe, skaleninvariante Zusammenhänge zu legen. Natur und Geschichte, Wissen und Erzählen hatten bislang in inkommensurablen Metriken gelegen. Kluge lässt sie maßlos aufeinander prallen.

Isabell Schrickel (Lüneburg)

34 Vgl. dazu Armen Avanesian, Anke Hennig (Hrsg.): *Präsens: Poetik eines Tempus*, Zürich 2012.

Phänomene der Atmosphäre

Ein Kompendium Literarischer Meteorologie

Büttner, U.; Theilen, I. (Hrsg.)

2017, VIII, 451 S. 19 Abb., 9 Abb. in Farbe.,

ISBN: 978-3-476-04492-1