

HEYMANN, MATTHIAS, GRAMELSBERGER, GABRIELE & MARTIN MAHONY (Hg.) (2017)

Cultures of Prediction in Atmospheric and Climate Science. Epistemic and Cultural Shifts in Computer-Based Modelling and Simulation

Youssef Ibrahim

Erschienen in: Abingdon; New York: Routledge.

Dass die Klimaforschung der Gegenwart Klima in der Kategorie der Zukunft denkt, ist eine historische Unwahrscheinlichkeit. Weit bis ins 19. Jahrhundert war die Prognose meteorologischer Erscheinungen dem Verdacht der Scharlatanerie und Wetterprophetie ausgesetzt (Anderson 2005). Entsprechend wurde die Frage nach Klimaänderungen nahezu ausnahmslos in der Vergangenheitsform behandelt (Fleming 1998). Erst als Physiker um die Jahrhundertwende begannen, ihren Gegenstandsbereich auf die Meteorologie auszuweiten und sie als »exakte Wissenschaft« zu etablieren (Gramelsberger 2009), erschien die wissenschaftliche Prognose in greifbarer Nähe. Recht bald jedoch verdichtete sich die Befürchtung, dass Wetter- und Klimazukünfte allenfalls näherungsweise beschrieben werden können, da das Ergebnis maßgeblich sowohl von den Ausgangsdaten als auch von den zugrundeliegenden Variablen der Prognose abhängt (Nebeker 1995: Kap. 6). In der Konsequenz ergibt sich eine Multiplizität möglicher Zukünfte, die in diachroner Hinsicht aus der Vorläufigkeit der Zukunftsentwürfe folgt (alt/neu) (→ Edwards 2010) und aus synchroner Perspektive sich in jeweils gegenwärtig konkurrierenden Zukunftsdeutungen ausdrückt (»Szenarien«) (Andersson 2018). Will man die Bedingungen und Folgen dieser beiden Sachverhalte – Unwahrscheinlichkeit und Multiplizität der Zukunftskonstruktionen – nachvollziehen, drängt sich eine multidisziplinäre Vorgehensweise auf, die die Geschichtlichkeit und Sozialität der Klimaforschung ins Zentrum stellt. Dies ist das Anliegen des Sammelbandes unter der Herausgeberschaft des Historikers Matthias Heymann, der Philosophin Gabriele Gramelsberger und des Humangeographen Martin Mahony.

Die Beiträge der Autorenschaft aus Schweden, Deutschland, Dänemark, Frankreich, den Niederlanden und Großbritannien einerseits und aus den Umweltwis-

senschaften, der Medien- und Geschichtswissenschaft, Humangeographie und Philosophie andererseits werden von einem konzeptionellen Rahmen begleitet, den die Herausgeber eingangs vorstellen (Kap. 1 & 2). Im Anschluss an den Soziologen Gary Fine (2007) sprechen sie von den titelgebenden *Cultures of Prediction*, um den lokalen und kontingenten Kontext zu betonen, in dem geteilte Wissensformen, Praktiken, Werte und Regeln (computergestützt) Zukunftskonstruktionen hervorbringen (6). Entlang von fünf Dimensionen gelte es diese Wissenskulturen zu analysieren: Neben der Karriere, die Zukunftsprodukte von ihrem Herstellungskontext bis zur Abnahme durch Interessengruppen durchlaufen (20ff.), den spezifischen Praktiken der Berechnung (22ff.) und der »Domestizierung von Unsicherheit« (26ff.) sollen zudem das Maß an Institutionalisierung und Professionalisierung (29ff.), inklusive der mit ihnen einhergehenden Einflüsse und Einflussmöglichkeiten auf diverse Publika (32ff.) in den Blick genommen werden. Die anschließenden elf Beiträge im Format von Fallstudien adressieren jeweils mindestens eine Dimension.

Bereits um 1800 stellte sich im Zuge des Ausbaus von meteorologischen Beobachtungsnetzen die Frage, wie die Meteorologie – noch im Status einer »Beobachtungswissenschaft« (Stichweh 1984: 479) – nicht nur an Erklärungskraft gewinnen, sondern auch (routinemäßig) Prognosen anfertigen kann. Gabriele Gramelsberger nimmt sich dieser Periode mit Fokus auf den deutschsprachigen Raum an. Dabei lag es der frühen Meteorologie zunächst nahe, der Koryphäe ihres Feldes, Alexander von Humboldt, darin zu folgen, Mittelwerte meteorologischer Variablen zu berechnen und kartographisch zu visualisieren. Doch schon bald erwies sich diese »statistische« oder »klimatologische« Methode als fehleranfällig. Mit der Entstehung und Verbreitung der Telegraphie wurde es dann möglich, Momentaufnahmen der Wetterlage zu registrieren, sie zeitnah zu übermitteln und auf sogenannten synoptischen Karten zu veranschaulichen. Zwar erlaubte die synoptische Methode, großflächige atmosphärische Bewegungen in Echtzeit zu identifizieren und für Wetterprognosen zu extrapolieren. Doch auch dieser Methode gelang es nicht, zutreffende Prognosen anzustellen. Erst als Physiker um die Wende zum 20. Jahrhundert thermo- und hydrodynamische Gesetze in die Meteorologie einzuführen begannen, besserten sich die Aussichten auf eine wissenschaftlich fundierte Wetterprognose. Doch nun war der Rechenaufwand nicht mehr zu bewältigen.

Damit wurde aus einem physikalischen Problem auch ein technisches. Christoph Rosol verfolgt in Briefwechseln zwischen Mathematikern und Proto-Informatikern einerseits und Meteorologen andererseits die designierte Rolle einer elektronischen Rechenmaschine in der unmittelbaren Nachkriegszeit. Im Ergebnis sollte die Erwartung auf eine baldige Einführung des Computers für meteorologische Zwecke sich als dankbare Projektionsfläche erweisen, die eine analoge Simulation künftiger Wettererscheinungen, eine auf spezifische Rechenprobleme ausgerichtete automatische Lösungsmaschine oder auch ein »all-purpose« device« (75) sein konnte. Bei den Praktikern, die auf eine Sortiermaschine ihrer vielen Wetterkarten hofften, stießen diese Pläne auf Unverständnis.

Es blieb nicht nur bei divergierenden Vorstellungen über die Konstruktion eines elektronischen Rechengärts. Die Verbreitung des Computers in den 1960ern wurde auch zum Anlass von Kontroversen über seine Anwendungsfelder und den Status, den nichtcomputerisierte Forschung noch beanspruchen konnte. Janet Martin-Nielsen il-

nellen Rahmenbedingungen: Mit numerischen Experimenten lassen sich Publikationen schreiben, mit Modellweiterentwicklungen nicht.

Wie Matthijs Kouw in seiner ethnographischen Studie in den Niederlanden zeigt, gehen Entwickler und Nutzer von Modellen pragmatisch mit Unsicherheiten um. Sein empirischer Gegenstand, die Geotechnik, befasst sich mit den geologischen und ingenieurtechnischen Aspekten des Baus, in diesem Fall des Überschwemmungsschutzes durch Deichbau. Zur Analyse der Herstellungs-, Darstellungs- und Anwendungskontexte geotechnischen Wissens verwendet der Autor den von Bruno Latour entlehnten Begriff des »black-boxing«, der die Intransparenz und die damit einhergehende Unhinterfragtheit von Technologien bezeichnet. Um die Eigenschaften des Bauwerks und die Standsicherheit gegenüber Fluten zu ermitteln, beginnen Geotechnikerinnen mit physischen Mikrореkonstruktionen unter Laborbedingungen, die wegen ungenügender Repräsentationsfähigkeit um Nachbildungen im Realmaßstab ergänzt werden können. Diese Experimente erlauben im besten Fall die Formulierung von Rechenregeln, die aber immer bedroht sind, durch zusätzliche, in neuen Experimenten gewonnene Erkenntnisse falsifiziert zu werden. Ist ein bestimmter Grad an Sicherheit erreicht, werden die Regeln und Daten in Computercodes übersetzt und laufend um neue Daten ergänzt. Die erzeugten Modelle können dann in einem weiteren Schritt so aufbereitet werden, dass sie auch im politischen Kontext des Katastrophenschutzes dienen können. Ist bereits mit einem Verlust an Transparenz durch Computermodellierung zu rechnen, sind die Herstellungsbedingungen und Unsicherheiten der Modelle in verbraucherfreundlichen (Visualisierungs-)Softwares vollständig ge-»black-boxed«.

Catharina Landström ergänzt die Forschung zum »uncertainty management« (Shackley & Wynne 1996; vgl. → Ungewissheit) um eine Längsschnittanalyse des Weltklimarats, konkret der Arbeitsgruppe 1, die sich mit den physikalischen Aspekten des Klimawandels beschäftigt. Die Analyse der ersten vier Sachstandsberichte ergibt, dass sich insgesamt eine Verschiebung der diskutierten Unsicherheitsquellen vollzogen hat: »from data scarcity to data abundance« (223). Während die ersten zwei Berichte zu mehr Forschung anregten in der Hoffnung, Unsicherheiten durch Wissens- und Datenzuwachs zu reduzieren, machte bereits der dritte Bericht auf den Datenüberfluss aufmerksam, indem er auf die Unsicherheiten der Ergebnisse und nicht wie zuvor auf die unvollständige Datenlage fokussierte. Der naheliegende Vorschlag war, auf Basis von Modellvergleichen Unsicherheiten zu quantifizieren. Bemerkenswerterweise verlagerte sich *innerhalb* des dritten Berichts das Interesse von der Unsicherheitsevaluation zur Konfidenzabschätzung. Gefragt wurde also nicht, wie unsicher, sondern wie vertrauenswürdig die Modelle sind. Der Vergleich der Modelle untereinander und gegen Beobachtungsdaten erzeugte enorme Datenmengen und veranlasste schließlich den vierten Sachstandsbericht, statistischen Methoden eine ausführliche Diskussion einzuräumen. Zur Hilfe kommt der Klimaforschung inzwischen eine Branche von Generalisten für Unsicherheitsbewältigung (v.a. Statistiker), die »uncertainty experts«.

Dass der Weltklimarat vornehmlich globale Modelle zum Gegenstand hat, ist ein fundamentaler Bruch mit der *culture of prediction* des 19. und frühen 20. Jahrhunderts, als regionale Details im Vordergrund klimatologischer Forschung standen (Heymann 2019; vgl. auch → Coen 2018). Doch Ende der 1980er Jahre, als die Nachfrage nach Wissen zu den konkreten Konsequenzen des Klimawandels für spezifische Regionen größer

wurde, entstanden erste Forschungsprojekte, die lokale Klimamodelle entwarfen. Martin Mahony zeichnet nach, wie sie sich als »tools of translation« (140) etablierten, die Verbindungsbrücken zwischen globalem Klimawandel und lokalen Auswirkungen zu schaffen erlauben. Damit haben sie auch eine »science-policy domain« eröffnet, wie sie bereits von den Wissenschaftsforschern Simon Shackley und Brian Wynne (1995; vgl. → Ungewissheit) beschrieben wurde. Zunächst in großen Modellierungszentren entwickelt, »reisen« diese »rechnerischen Leichtgewichte« (148) um die Welt und ermöglichen eine Anwendung in Forschungsprojekten, die nicht mit Supercomputern ausgestattet sind.

Aber was passiert, wenn weder Wissenschaftlerinnen noch Politiker ein Interesse an bestimmten Regionen zeigen, oder vermutlich folgenreicher: wenn es sich gar um geopolitisch derart umstrittene Territorien handelt, dass Forschung vor erhebliche Hindernisse gestellt wird? Dieser Frage widmen sich Nina Wombs und Kolleginnen am Fall der Arktis und entdecken dabei eine interessante Diskontinuität: Während die Arktis bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhundert zum Gegenstand von wissenschaftlichen Diskussionen um schmelzende Gletscher wurde, fand sie in den ersten globalen Klimamodellen keine Berücksichtigung. Neben technischen Einschränkungen sehen die Autoren dafür insbesondere den Kontext des Kalten Krieges verantwortlich, da dieser aus der Arktis ein »Labor« für Waffenexperimente und territoriale Konflikte machte. Der erschwerte Zugang der Wissenschaftler galt zwar so lange als unproblematisch, wie sie die Relevanz der Arktis für das globale Klima unterschätzten. Dies änderte sich jedoch Ende der 1980er mit der Beruhigung der politischen Lage und der zunehmenden Einsicht in die *arktische Amplifizierung* (ein aufgrund der Eisschmelze sich selbst verstärkender Prozess der Erwärmung). Damit konnte die Arktis nun weder aus den globalen Klimaprozessen ausgeklammert (»exceptionalism«), noch als isoliertes regionales Vorzeichen (»bellwether«) für globalen Wandel gesehen werden – wobei letzteres jedoch ein Umstand ist, den populäre Darstellungen des Klimawandels (etwa von Eisbären) zu übersehen scheinen (→ Visualisierungen).

Auch der Weltklimarat ist zum Produzenten von Bildern geworden, die er zur Darstellung möglicher Zukünfte gebraucht. Birgit Schneider unterzieht drei Visualisierungen des fünften Sachstandsberichts (2013/14) einer detaillierten Analyse. Eine erste Graphik setzt Emissionen und Temperaturverlauf in einen zeitlichen Zusammenhang (*Representative Concentration Pathways*). Schneider sieht in ihr die in Malerei und Fotografie übliche Darstellungsform eines Triptychons realisiert, in dem eine Gegenwart umrahmt wird von einer Vergangenheit steigender Temperaturen und einer sich stetig erwärmenden Zukunft des *business as usual* einerseits und einer in die Temperaturstabilisierung mündenden entschiedenen Klimapolitik andererseits. Anders als die Vergangenheit, die dank Beobachtungsdaten als eindeutige Linie dargestellt werden kann, laufen die Projektionen in einen Unsicherheitsbereich aus. Dabei ähneln sie einem Lichtstrahl, der die Zukunft in eine »surprise-free form« (240) bringt. Ähnlich wie in der ersten Graphik die Farbe Rot eine bedrohliche Zukunft markiert, greift auch die zweite analysierte Visualisierung auf diese Farbe zurück. Eine zukünftige rote Welt der Erderwärmung (»burning world«) wird der noch gelben kürzlich vergangenen Welt gegenübergestellt. Unterhalb findet sich eine Legende, die sich aus einer Zusammenschau von Rottönen und einem künstlichen Pink rekordverdächtiger Extremwerte ergibt – sogenannte, von

der natürlichen Farbwahrnehmung abweichende Falschfarben, die das erwartbar ›neue Normal‹ repräsentieren sollen (242). Damit kontrastiert diese Darstellung mit der berühmten *Blue Marble*, dem Bild einer blauen, als verletzlich interpretierten Welt. Die dritte Graphik scheint eine Lösung zur Abwendung der ›roten‹ Zukunft anzubieten. Sie visualisiert den Zusammenhang zwischen Gegenwart und Zukunft als Pfad, der durch unterschiedliche Gabelungen politischer Entscheidungen geprägt ist und aus dem die Zukunft je nach Maßnahmenwahl günstig oder abträglich hervorgeht. Nach Selbstauskunft bietet sich der Weltklimarat als Kartograph an, der mithilfe seines »cosmogram of the earth« (247) die nicht erkennbare Zukunft erschließen, Entscheidungshilfen zur Verfügung stellen und zum Handeln anregen will (234).

Die Analysen der *Cultures of Prediction* überzeugen jeweils für sich durch den Fokus auf spezifische Regionen (Gramelsberger, Wormbs et al., Kouw), den methodischen Zugang (Landström, Schneider), die zugrundeliegenden Daten (Rosol), den heuristischen Gewinn (Martin-Nielsen, Heymann & Hundebøl) oder den technischen Detailreichtum (Guillemot, Mahony, Feichter & Quante). Die hervorzuhebende Stärke dieses Sammelbandes ist jedoch insbesondere die Zusammenschau, die mit der scheinbaren Eindeutigkeit, Selbstverständlichkeit und Endgültigkeit bricht, von denen viele, nicht selten auch sozialwissenschaftliche Klimadebatten geprägt sind. Stattdessen werden Facettenreichtum, Umstrittenheit und Fragilität der naturwissenschaftlichen Klimaforschung akzentuiert. Die historischen oder historisch inspirierten Beiträge schlagen dabei eine Brücke von der Gegenwart in die Vergangenheit, bereiten komplexe technische Sachverhalte verständlich auf und sind deshalb auch für jeweils Fachfremde von Interesse. Dies gilt insbesondere für das in den einleitenden Kapiteln formulierte Analysegerüst, das sich nicht einer spezifischen Theorie verpflichtet und deshalb so anschlussfähig ist, dass es sich in diverse Sozialtheorien einfügen lässt oder anschließender Theoriearbeit lohnt.

Zu bedauern ist, dass es noch an einer breiteren sozialwissenschaftlichen Rezeption mangelt. Oberflächlich gesehen mag man diesen Befund dem vergleichsweise jungen Alter des Sammelbandes zurechnen. Ebenso naheliegend ist jedoch, dass es ihm wie vielen anderen empirisch gehaltvollen und/oder historischen Studien ergeht, dass sie nämlich nur innerhalb spezialisierter Kreise zirkulieren (einschlägigste Ausnahme ist vermutlich → Edwards 2010). Dort werden die *cultures of prediction* in der Regel nur implizit (d.h. mit einer deutlich geringer ausgeprägten Faszination für die Unwahrscheinlichkeit und Multiziplicität des Zukunftsdenkens, als sie in dem besprochenen Band vorliegt) und nur selten unter theoretischen Gesichtspunkten behandelt. Hierfür bedürfte es einer Zuwendung der Soziologie der Zeit zu interessanten empirischen Studien (etwa zum Zeitgewinn durch Computerisierung (Gramelsberger 2010), zur Ablösung des räumlichen durch zeitliches Denken (Heymann 2009) oder zur Erschließung der Vergangenheit durch Eiskernanalysen (Achermann 2020)). Davon würde nicht nur die historische Perspektive profitieren. Auch die in nahezu jeder sozialtheoretischen Lesart anzutreffenden zeitsoziologischen Darstellungen, wie sie beispielsweise in der Praxistheorie (Reckwitz 2016), der Systemtheorie (Luhmann 1976; Bergmann 1981; Nassehi 2008), der Handlungstheorie (Ayaß 2021) oder der Wissenschaftsforschung (Adam & Groves 2007; Nowotny 1989) vorliegen, würden wesentlich durch einen »data push« (Nebeker 1995: Kap 1) dazu gewinnen.

Umso deutlicher wird der Austauschbedarf mit Blick auf die Beobachtungen, die die besprochenen Studien machen. Ihnen zufolge scheint sich die Entwicklung der klimawissenschaftlichen Forschungskultur hin zu einer *Prognosekultur* erst Mitte des 20. Jahrhunderts und damit wesentlich später zu vollziehen als die in der Sattelzeit (~1750–1850) sich abzeichnende Tendenz, die Reinhart Koselleck (1989) auf die Formel einer zunehmenden Kluft zwischen *Erfahrungsraum und Erwartungshorizont* brachte, die von einem »Führungswechsel der Zeithorizonte« (Luhmann 1972: 104) begleitet worden war und als *Entdeckung der Zukunft* (Hölscher 2016) beschrieben werden kann. Demgegenüber misstrauen die Historiker Rüdiger Graf und Benjamin Herzog der vorherrschenden Annahme, wonach sich die Zuwendung zur Zukunft einerseits gesamtgesellschaftlich durchgesetzt und andererseits im 20. Jahrhundert fortgesetzt habe. Entsprechend wäre in den Blick zu nehmen, wie sich die Zukunftsbezüge inner- und außerwissenschaftlich parallel zu den klimawissenschaftlichen *cultures of prediction* entwickelt haben. Dafür bietet sich beispielweise die wachsende Literatur zur Geschichte der Futurologie an (Andersson 2018; Seefried 2015; Williams 2016). Ähnlich wie in der entstehenden Klimaforschung offenbarte der Computer in der Zukunftsforschung neue Möglichkeiten, um Zukunft nicht nur herzustellen, sondern auch zu pluralisieren. Diesen häufig sozialwissenschaftlich ausgebildeten Futurologen entgingen die neusten Entwicklungen zum Klimawandel und zur Wetterkontrolle nicht und so wurden sie zum Gegenstand ihrer Szenarienbildung. Vor diesem Hintergrund wäre eine Klärung der Frage zu begrüßen, ob damit ein Prozess der *Ökologisierung der Zukunft* (hierzu Altstaedt 2020; Hulme 2011) angestoßen wurde, der in einem Verhältnis zu der im rezensierten Band beschriebenen *Futurisierung ökologischer Forschung* steht.

Insofern darf auf einen zunehmenden Dialog zwischen empirischen Untersuchungen unterschiedlichster Zukunftsbezüge einerseits und zeitsoziologischen Theoretisierungen der *cultures of prediction* andererseits gehofft werden, zu deren Verständnis der besprochene Sammelband einen entscheidenden Beitrag geleistet hat.

Literaturverzeichnis

- Achermann, Dania (2020): Vertical Glaciology: The Second Discovery of the Third Dimension in Climate Research. *Centaurus* 62(4): 720–743. <https://doi.org/10.1111/1600-0498.12294>
- Adam, Barbara & Chris Groves (2007): *Future Matters. Action, Knowledge, Ethics*. Leiden; Boston: Brill.
- Altstaedt, Sören (2020): Die Zukunftssoziologie im Anthropozän – Für eine Ökologie der Zukunft. S. 193–211 in: Frank Adloff & Sighard Neckel (Hg.), *Gesellschaftstheorie im Anthropozän*. Frankfurt a.M.; New York: Campus Verlag.
- Anderson, Katharine (2005): *Predicting the Weather. Victorians and the Science of Meteorology*. Chicago; London: University of Chicago Press.
- Andersson, Jenny (2018): *The Future of the World. Futurology, Futurists, and the Struggle for the Post-Cold War Imagination*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Ayaß, Ruth (2021): Projektive Gattungen. Die kommunikative Verfertigung von Zukunft. S. 57–82 in: Beate Weidner, Katharina König, Wolfgang Imo & Lars Wegner (Hg.),

- Verfestigungen in der Interaktion. Konstruktionen, sequenzielle Muster, kommunikative Gattungen. Berlin; Boston: de Gruyter.
- Bergmann, Werner (1981): Die Zeitstrukturen sozialer Systeme. Eine systemtheoretische Analyse. Berlin: Duncker & Humblot.
- Fine, Gary A. (2007): *Authors of the Storm. Meteorologists and the Culture of Prediction*. Chicago; London: University of Chicago Press.
- Fleming, James R. (1998): *Historical Perspectives on Climate Change*. New York; Oxford: Oxford University Press.
- Gramelsberger, Gabriele (2009): Conceiving Meteorology as the Exact Science of the Atmosphere: Vilhelm Bjerknes's Paper of 1904 as a Milestone. *Meteorologische Zeitschrift* 18(6): 669-673. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2009/0415>
- Gramelsberger, Gabriele (2010): *Computerexperimente. Zum Wandel der Wissenschaft im Zeitalter des Computers*. Bielefeld: transcript.
- Heymann, Matthias (2009): Klimakonstruktionen. Von der klassischen Klimatologie zur Klimaforschung. *NTM Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 17(2): 171-197. <https://doi.org/10.1007/s00048-009-0336-3>
- Heymann, Matthias (2019): The Climate Change Dilemma: Big Science, the Globalization of Climate and the Loss of the Human Scale. *Regional Environmental Change* 19(6): 1549-1560. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1373-z>
- Hölscher, Lucian (2016): *Die Entdeckung der Zukunft*. 2. Aufl. Göttingen: Wallstein.
- Hulme, Mike (2011): Reducing the Future to Climate: A Story of Climate Determinism and Reductionism. *Osiris* 26(1): 245-266. <https://doi.org/10.1086/661274>
- Koselleck, Reinhart (1989): ›Erfahrungsraum‹ und ›Erwartungshorizont‹ – zwei historische Kategorien. S. 349-375 in: Reinhart Koselleck, *Vergangene Zukunft. Zur Semantik geschichtlicher Zeiten*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Luhmann, Niklas (1972): Weltzeit und Systemgeschichte. Über Beziehungen zwischen Zeithorizonten und sozialen Strukturen gesellschaftlicher Systeme. S. 81-115 in: Peter C. Ludz (Hg.), *Soziologie und Sozialgeschichte. Aspekte und Probleme*. Sonderheft der Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie 16.
- Luhmann, Niklas (1976): The Future Cannot Begin: Temporal Structures in Modern Society. *Social Research* 43(1): 130-152.
- Nassehi, Armin (2008): *Die Zeit der Gesellschaft. Auf dem Weg zu einer soziologischen Theorie der Zeit*. Neuauflage mit einem Beitrag »Gegenwarten«. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Nebeker, Frederik (1995): *Calculating the Weather. Meteorology in the 20th Century*. San Diego: Academic Press.
- Nowotny, Helga (1989): *Eigenzeit. Entstehung und Strukturierung eines Zeitgefühls*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Reckwitz, Andreas (2016): Zukunftspraktiken. Die Zeitlichkeit des Sozialen und die Krise der modernen Rationalisierung der Zukunft. S. 115-135 in: Andreas Reckwitz, *Kreativität und soziale Praxis. Studien zur Sozial- und Gesellschaftstheorie*. Bielefeld: transcript.
- Seefried, Elke (2015): Rethinking Progress. On the Origin of the Modern Sustainability Discourse, 1970-2000. *Journal of Modern European History* 13(3): 377-400. <https://doi.org/10.17104/1611-8944-2015-3-377>

- Shackley, Simon & Brian Wynne (1995): Global Climate Change: The Mutual Construction of an Emergent Science-Policy Domain. *Science and Public Policy* 22(4): 218–230. <https://doi.org/10.1093/spp/22.4.218>
- Shackley, Simon & Brian Wynne (1996): Representing Uncertainty in Global Climate Change Science and Policy: Boundary-Ordering Devices and Authority. *Science, Technology, & Human Values* 21(3): 275–302. <https://doi.org/10.1177/016224399602100302>
- Stichweh, Rudolf (1984): Zur Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen. *Physik in Deutschland, 1740–1890*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Williams, R. John (2016): World Futures. *Critical Inquiry* 42(3): 473–546. <https://doi.org/10.1086/685603>

