

NILS MATZNER

ENGINEERING THE CLIMATE.
POLITIK UND PLANUNG DER KLIMAINTERVENTION¹

„Give me a half a tanker of iron and I'll
give you the next ice age.“

John Martin, Ozeanograf

Wie erhält das Ingenieursdenken, was auch ein planerisches Denken ist, bei neuen Klimatechnologien Einzug und welche politischen Implikationen leiten sich daraus ab? Dieser Beitrag soll zeigen, wie diese neuen Technologien, ‚Climate Engineering‘ oder ‚Geoengineering‘ genannt, auf den ersten Blick einige Merkmale einer Ingenieurstechnik haben, jedoch aufgrund sozialer sowie technischer Risiken und Unsicherheiten sich nicht derart einordnen lassen. Die neue Handlungsmöglichkeit eines geplanten Eingriffs ins Klima hat eine weitreichende politische Bedeutung und ist von Diskursen von globaler Kontrolle über die Natur gerahmt. Wenn die Politik des Climate Engineering (CE) als rational-planerische Aufgabe verstanden wird, was in einigen Diskursen bisher durchscheint, dann erinnert das stark an die Planungsdebatte der 1970er Jahre und Helmut Schelskys ‚technischen Staat‘. Damals wurde diskutiert, Politik nach dem Ingenieursmodell² zu betreiben. Eine solche Politik der Sachgesetzmäßigkeiten würde „automatisch“ ablaufen und dabei demokratische Deliberation und Devison eliminieren.

¹ Dieser Artikel ist im Rahmen des DFG-Forschungsprojektes *CE Sci-Pol* entstanden. Das Forschungsprojekt wird im Schwerpunktprogramm „Climate Engineering: Risks, Challenges, Opportunities?“ (SPP 1689) gefördert. Ich danke Christian Köhler, Alban Werner und Stefanie Bauer für hilfreiche Hinweise.

² Die Formulierung des ‚Ingenieursmodells der Politik‘ findet sich in ähnlicher Form bei Helmut Schelsky. Dazu kritisch: Vgl. Helmut Dubiel, „Neokonservatismus, neue soziale Bewegungen und das Verhältnis von Technik und Politik“, in: Hans-Hermann Hartwich (Hg.), *Politik und die Macht der Technik. 16. wissenschaftlicher Kongreß der DVPW. 7. bis 10. Oktober in der Ruhr-Universität Bochum*, Opladen, 1986, S. 69-74: 70. In einer technikkritischen Wendung hin zur normativen Politiktheorie formuliert Helmut König das Ingenieursmodell als eine Gefahr für das Politische. Königs Gegenbegriff ist die Politik nach Hannah Arendt, die fortwährendes, gemeinsames Handeln zugrunde legt. Vgl. Helmut König, „Wir Egoisten, Fukushima und das Ende unserer Gewissheiten“, in: *Die Zeit*, 01.03.2013 (10), S. 44; Helmut König, „Freundschaft“, in: *Merkur* 67, 10/11 (2013), S. 893-904: 903.

1. Das Klima als zu lösendes Problem

Eine Vielzahl von Klimaforschern spricht sich seit Jahren für die These aus, dass der anthropogene Klimawandel menschliches und natürliches Leben auf der Erde stark gefährdet.³ Auch wenn der Klimawandel in der internationalen Politik von vielen Ländern ernst genommen wird, fehlt es an wirksamen Maßnahmen. Auf der einen Seite werden politische Instrumente wie bspw. Emissionshandel, *Joint Implementation* und nationale Klimaabkommen gegen den Klimawandel entwickelt und auf der anderen Seite versprechen technische Großprojekte, wie etwa *Desertec* oder der Offshore Windpark in der Nordsee, wirksame Emissionsreduktion. Allerdings werden die derzeitigen Kompromisse oder der Ausstieg Kanadas aus dem Kyoto-Protokoll als Versagen der Klimapolitik kommentiert.⁴ Der anthropogene Klimawandel muss ebenso wie das klimapolitische Defizit als Prämisse für die folgenden Erörterungen gesetzt werden, ganz unabhängig von abweichenden Einschätzungen.

Diesen Widerspruch aus Zuständigkeit der Politik für Emissionsmitigation, bei gleichzeitigem Versagen der Klimapolitik (zumindest dessen Unterstellung), nennt Paul Crutzen (Chemie-Nobelpreisträger 1995) ein „policy dilemma“.⁵ Crutzen, der große wissenschaftliche Autorität besitzt, schlägt vor, mit einem Plan B klimapolitischer Maßnahmen das Dilemma aufzulösen. Für den Klimanotstand empfiehlt er ein technisches Szenario, in dem künstlich die Effekte eines Vulkanausbruchs nachgeahmt werden, die einen Teil des Sonnenlichtes reflektieren. Neben Emissionsreduktion und der Anpassung an Klimafolgeschäden werden solche Klimaeingriffe, die erst seit Crutzen ‚tabulos‘ diskutiert werden, Climate Engineering genannt.

Climate Engineering (CE) steht für den gezielten Eingriff in das Klima in großem Maßstab, um den Klimawandel aufzuhalten oder zu verlangsamen. Der verbreiteten Definition nach, ist CE „the *deliberate large-scale manipulation of the planetary environment to counteract anthropogenic climate change*.“⁶ Gegenüber lokaler Wettermanipulation überschreitet CE diese in Maßstab, Komplexität und Planbarkeit bei Weitem. Der CE-Forscher betrachtet das Klima mit dem Blick des Ingenieurs: Gesucht werden Stellschrauben für die globale Temperatur, Regler für die Versauerung der Ozeane und Dim-

³ Vgl. Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2007. Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, unter Mitarbeit von R. K. Pachauri und Reisinger A., Geneva, 2007.

⁴ Dieter Rulff, „Das unausweichliche Scheitern der Klimapolitik“, in: *vorgänge* 4 (2010), S. 94-102.

⁵ Vgl. Paul J. Crutzen, „Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma?“, in: *Climatic Change* 77, 3-4 (2006), S. 211-219.

⁶ Royal Society, *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*, London, 2009, S. 1 [Herv. i. O.].

mer für die Sonneneinstrahlung.⁷ Im Namen Climate Engineering ist schon der ingenieurmäßige Umgang (*to engineer*) mit der Erde angedeutet. Ich möchte behaupten, dass, über die Namensverwandtheit hinaus, CE viel mit einem Ingenieursdenken zu tun hat. Bei der Untersuchung des Denkens der Ingenieure werden immer wieder planerische Konzepte auftauchen und bei der Beschäftigung mit CE stellen sich sowohl Planungsaufgaben als auch Unsicherheiten. Im allgemeinen Sinn wird Planung als „gestaltender Vorgriff auf die Zukunft“⁸ verstanden und bekommt mit CE globale und intergenerationale Dimensionen.

Hier möchte ich zwei Thesen vertreten: *Erstens* steckt im Konzept des CE ein gewisses Denken in Sachgesetzmäßigkeiten, das sehr an ein rational-planerisches Denken der Ingenieure erinnert oder zumindest ‚ingenieurmäßige‘ Züge aufweist. *Zweitens* gefährden die angenommenen Sachgesetzmäßigkeiten politisches Verhandeln, Entscheiden sowie demokratische Planung, wenn sie zum Automatismus erklärt werden. Die Brücke zwischen dem planerischen Ingenieursdenken bei CE und dessen politischer Arena bildet ein etwas älterer Aufsatz von Helmut Schelsky, der sehr deutlich eine Politik nach dem Vorbild der Ingenieure postuliert.

In diesem Beitrag möchte ich in einem ersten Schritt das Ingenieursdenken – eine Art des technischen Denkens – vorläufig bestimmen. Daran anschließend möchte ich überprüfen, inwiefern diese technisch-planerischen Denkmuster das Feld von CE strukturieren. Dazu beleuchte ich Definitionen, Diskurse sowie Akteure. Drittens möchte ich analysieren, in welcher Weise Planungsgedanken, die aus dem ingenieurmäßigen Verfahren im CE kommen, zu politischen Problemen werden können.

2. Das Tun und Denken der Ingenieure

Für *to engineer* existiert keine wortgetreue Übersetzung ins Deutsche, welche die Ambiguitäten des ingenieurmäßigen Tuns zwischen ‚technischem ausführen‘ und ‚manipulieren‘ erfasst.⁹ Als Versuch einer Annäherung werde ich hier vom ingenieurmäßigen Tun oder Ingenieursdenken sprechen, welches in Anlehnung an Max Weber immer idealtypisch gesehen wird. Mit dieser Heuristik wird jedoch vernachlässigt, dass die Ingenieursgemeinschaft divers ist, der Ingenieurberuf vielfältig und deren Verbände historisch verschiedene Positionen bezogen haben.

Dass Ingenieure Technik auf Grundlage wissenschaftlicher Erkenntnisse in Form einer „angewandten Wissenschaft“ entwickeln, trifft meist nur in der

⁷ Vgl. Gerhard Sardemann/Armin Grunwald, „Climate Engineering: ein Thermostat für die Erde“, in: *TATuP* 19, 2 (2010), S. 4-8: 4.

⁸ Dirk van Laak, „Planung, Planbarkeit und Planungseuphorie. Version: 1.0“, auf: *Docupedia-Zeitgeschichte*, online unter: docupedia.de/zg/planung, zuletzt aufgerufen am 09.08.2014.

⁹ Das macht es auch schwierig, „Climate Engineering“ ins Deutsche zu übertragen. Die Bezeichnung „gezielte Klimaintervention“ kann als treffend angesehen werden.

Theorie zu. Ingenieure stoßen in der Technikentwicklung oft auf Sachgesetzhlichkeiten, die sie nicht aus den Naturwissenschaften gelernt haben. Auch können Ingenieure selbst mit ihren Erkenntnissen das wissenschaftliche Wissen vergrößern und gehen damit über die Anwendung hinaus.¹⁰ Oft werden technische Innovationen eher mithilfe von *trial and error* und praktischem Wissen geschaffen als durch die Anwendung von zuvor erworbenem theoretischem Wissen.¹¹ Ingenieursverbände haben versucht, sich von den Naturwissenschaften abzugrenzen, und gleichzeitig sich selbst als wissenschaftlich Arbeitende gesehen. Ganz alltägliche Debatten werden darum geführt, welchen Platz Ingenieure an der Universität haben, wenn sie darauf aus sind, technische Innovationen bis zur „Marktreife“ hin zu entwickeln. Dieses Demarkationsproblem zwischen wissenschaftlichem Wissen und praktischer Technikentwicklung, das vielfach erforscht wurde,¹² demonstriert, wie ambivalent die Figur des Ingenieurs ist.

Planend gehen Ingenieure vor, wenn sie mittels Technik aus einem Ist-Zustand einen Soll-Zustand herstellen. In einer stark vernetzten Welt wird sowohl die Analyse des Ist-Zustandes als auch das Erwirken gewünschter Folgen zunehmend schwieriger und komplexer. Die klassischen Felder des zivilen Ingenieurberufs („civil engineering“) halten heute hybride Rollenanforderungen vom mechanischen Ingenieur, Manager und Geschäftsmann bereit.¹³ Das planerische Vorgehen ist zugleich komplexer als auch wichtiger denn je: „Under division of labor control is the crux of the production problem. [...] Planning is the crux of the control problem. But planning is impossible if the factors involved are unstable. [...] The elimination of variables is the crux of the planning problem.“¹⁴

Diese Idee eines beinahe mathematischen Vorgehens scheitert auch an divergenten Anforderungen. Großprojekte vom Flughafenbau bis zur globalen CO₂-Reduktion sollen präzise geplant, finanzierbar und korrekt terminiert sein und gleichzeitig demokratischen und ethischen Anforderungen entsprechen. Wissenschaftlich-technische Akteure befinden sich immer in „hybride[n] soziotechnische[n] Geweben“, in denen gleichermaßen technische und soziale Einflüsse für Innovationen verantwortlich sind.¹⁵

¹⁰ Vgl. Gary Lee Downey/Juan C. Lucena, „Engineering Studies“, in: Sheila Jasanoff/Gerald E. Markle/James C. Petersen/Trevor J. Pinch (Hg.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousand Oaks, CA, 1995, S. 167-188: 171.

¹¹ Vgl. ebd.

¹² Vgl. ebd., S. 169 f.

¹³ Vgl. Lindy Biggs, „The Engineered Factory“, in: *Technology and Culture* 36, 2 (1995), S. 174-188: 177; Gunther Pawellek, *Ganzheitliche Fabrikplanung*, Berlin, Heidelberg, 2008, S. 8.

¹⁴ H. S. Person, „Control of Production Operations Through Scientific Planning“, in: *Annals of the American Academy of Political and Social Science* 119 (1925), S. 85-91: 85 f.

¹⁵ Katharina Holas, „Technoscience, Akteur-Netzwerk-Theorien und feministische Akzentverschiebungen“, in: Tobias Conradi/Heike Derwanz/Florian Muhle (Hg.), *Strukturentstehung*

Der Idealtypus des berechnenden Ingenieurs verschleiert die nicht-rationale, kreative Seite von teilweise uneingestandener Gestaltungscompetenz. Vom Wort *ingenium* stammend, bedeutet Ingenieur so etwas wie „schöpferischer Geist“ oder „geistreiche Erfindung“. Als Erfinder ist der Ingenieur eine Figur mit Leidenschaften. Eben an diesen Punkt knüpfen die medial verbreiteten Metaphern des (verrückten) Klimaklempners oder Klimadoktors an, die einen Umschlag großer wissenschaftlicher Rationalität in eine irrationale Hybris diagnostizieren.

In einigen neueren Technologiefeldern werden Entwicklungsmethoden ausprobiert, die über das subjektiv-planerische Ingenieursmodell hinausgehen. In Feldern wie *Software Engineering*, Robotik, künstlicher Intelligenz (KI) und einigen medizintechnischen Bereichen, wird auf experimentelle Selbststeuerung und Autonomie der Technologien gesetzt. Die sogenannten Technoscience bezeichnen die notwendigen Verbindungen von Technik und Wissenschaft, die Technik nicht mehr *top down* entwickeln, sondern mit systematischem Tinkering, Lernstrategien, Prozessen der Emergenz und Post-Processing operieren.¹⁶ Diese Entwicklungen lassen sich besonders treffend als Akteurs-Netzwerke¹⁷ oder durch Betonung der materiellen Kräfte im Innovationsprozess¹⁸ beschreiben. Dennoch scheinen wechselseitige Abhängigkeiten besonders deutlich in Feldern des sogenannten Posthumanismus vorzukommen.¹⁹ Klassische Planung wird immer noch in einigen ingenieurwissenschaftlichen Disziplinen, wie etwa der Fabrikplanung betrieben. So postulieren aktuelle Lehrbücher: „Die Methoden der Fabrikplanung basieren noch größtenteils auf den klassischen Planungsprinzipien. Diese sind für eine determinierte, weitestgehend statische Umfeldsituation und überschaubare Planungskomplexität ausgelegt.“²⁰ Herausforderungen steigender Komplexität sollen durch beschleunigte (Weiter-)Entwicklung und interdisziplinäre Zusammenarbeit der Ingenieure begegnet werden. Auch wenn in diesem Bereich größere Akteurs-Netzwerke wirken, wird Planung von Ingenieuren angestrebt.

Im Folgenden konzentriere ich mich aus zwei Gründen auf die rational-planerische Seite des Denkens der Ingenieure: Erstens hat das Climate Engineering eine offensichtliche Namensverwandtschaft zum ingenieurmäßigen Tun. Zweitens wird vor allem im Mediendiskurs (aber auch teilweise von Politik

durch Verflechtung. *Akteur-Netzwerk-Theorie(n) und Automatismen*, Paderborn, 2011, S. 297-312: 299.

¹⁶ Jutta Weber, „Die kontrollierte Simulation der Unkontrollierbarkeit – Kontroll- und Wissensformen in der Technowissenschaftskultur“, in: Hannelore Bublitz/Irina Kaldrack/Theo Röhle/Hartmut Winkler (Hg.), *Unsichtbare Hände. Automatismen in Medien-, Technik- und Diskursgeschichte*, Paderborn, 2011, S. 93-110: 94-98.

¹⁷ Vgl. Holas (2011), Technoscience.

¹⁸ Vgl. Karen Barad, „Posthumanist Performativity: Toward an Understanding of How Matter Comes to Matter“, in: *Signs* 28, 3 (2003), S. 801-831.

¹⁹ Vgl. N. Katherine Hayles, *How We Became Posthuman. Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*, Chicago, IL, London, 1999.

²⁰ Gunther Pawellek, *Ganzheitliche Fabrikplanung*, Berlin, Heidelberg, 2008, S. 8.

und Wissenschaft) CE als „Manipulieren“, „Basteln“ und „Drehen an Klimareglern“ verstanden und nicht selten mit Bildern eines Klimatechnikers illustriert, der gerade mit dem Schraubenschlüssel an der Erde zu Werke ist.

3. CE als Gegenstand des Ingenieursdenkens?

3.1 Ingenieurstechniken des Klimas

Der Begriff Climate Engineering ist ein Sammelbegriff für Technologien, die gezielt in das Klimasystem eingreifen, um den anthropogenen Klimawandel zu verlangsamen. Dabei sind immer großskalige Eingriffe gemeint, wie das Einbringen von vielen Tonnen Schwefelpartikeln in die Stratosphäre oder die Düngung der Meere mit großen Mengen Eisen, damit Algen mehr CO₂ absorbieren. Während die Schwefelpartikel einfallendes Sonnenlicht schon in der Stratosphäre reflektieren, würde die Eisendüngung das klimawirksame CO₂ biologisch im Meer binden. Diese technischen Szenarien zielen auf ein Absenken der Erdmitteltemperatur, ohne auf Emissionsminderung angewiesen zu sein.

Neben der Größendimension und dem Ziel, den Klimawandel zu begrenzen, spielt das Merkmal der Intentionalität eine entscheidende Rolle im Verständnis von CE. Bei der industriellen Emission klimawirksamer Gase handelt es sich nicht um CE. Wenn aber einzelne Staaten oder Koalitionen bewusst handeln und mittels umgerüsteter Militärflugzeuge Partikelwolken (sogenannte Aerosole) in 12 km Höhe erzeugen, damit diese Aerosole einen kleinen Prozentsatz des Sonnenlichtes reflektieren, dann sprechen wir von CE. Hier wird geplant ins Klima eingegriffen.

Die Begriffe Climate Engineering (CE) und Geoengineering (GE) beinhalten den Terminus ‚Engineering‘, der nahelegt, man könne die Erde wie eine Maschine umbauen. Auch alternative Begriffe, wie *earth system management*, *planetary engineering* oder *climate modification* haben ähnliche ingenieurmäßige Konnotationen.²¹ Während sich das CE lediglich auf das Klima als Zielgröße bezieht, deutet die Silbe ‚Geo‘ an, dass mit GE die gesamte Erde einem ingenieurmäßigen Verfahren unterzogen wird. Einige Wissenschaftler argumentieren, dass CE der präzisere Begriff sei, weil er den Zweck der Klimaveränderungen benennt.²² Demgegenüber argumentieren andere, dass GE der weniger verharmlosende Begriff sei, da angesichts globaler Risiken

²¹ Vgl. Rob Bellamy/Jason Chilver/Naomi E. Vaughan/Timothy M. Lenton, „A Review of Climate Geoengineering Appraisals“, in: *WIREs Clim Change* 3, 6 (2012), S. 597-615: 599.

²² Vgl. Committee on Science and Technology (Hg.), „Engineering the Climate: Research Needs and Strategies for International Coordination“, unter Mitarbeit von Bart Gordon, U.S. House of Representatives, online unter: <http://democrats.science.house.gov/committee-report/engineering-climate-research-needs-and-strategies-international-coordination>, zuletzt aufgerufen am 09.08.2014, S. 4.

und Unsicherheiten eines Einsatzes in der Umwelt, die gesamte Erde, und nicht nur das Klima, von den Folgen betroffen wäre.²³ Für den Fall, dass stratosphärische Schwefelaerosole als Nebenfolgen sauren Regen und drastische Niederschlagsveränderungen hätten, würde auch menschliches und nicht-menschliches Leben beeinträchtigt und nicht nur das Klimasystem.

In der medialen Präsentation von CE fallen Bilder, Metaphern und *story lines* auf, die auf dieses technisch-maschinelle Verständnis hinweisen. Einige Diskursanalysen haben bisher mediale Bilder untersucht, deren Symbolik recht deutlich ist: Dem Klischee des *mad scientist* entsprechende Männer werden vor Schaltern/Reglern/Partikelkanonen gezeigt, wie sie die Sonne verdunkeln/die Wolken beschießen. Brigitte Nerlich und Rusi Jaspal haben für die metaphorische Darstellung der Erde im medialen CE-Diskurs drei Hauptmetaphern isoliert. Im CE-Diskurs erscheint der Planet als eine Maschine, ein Körper oder ein Patient und CE als *technological fix* oder medizinische Behandlung.²⁴ In den Forschungsberichten der CE-Wissenschaft lässt sich eine *story line* als Stufenfolge aus drei Argumentationsschritten rekonstruieren: (a) Der anthropogene Klimawandel bedroht menschliches Leben und die Natur. (b) Die internationale Politik versagt darin, verbindliche Mitigationsmaßnahmen festzuschreiben. Sie ist der tragische Held des Klimakonfliktes, weil sie zuständig ist und dennoch scheitert. (c) CE als technisches Instrument wird von den Naturwissenschaftlern als Retter in der Not eingeführt. Im wissenschaftlichen Diskurs existiert aktuell die Frontstellung von *Klimapolitik* und *CE-Technik*.²⁵ Diese Polarisierung ist trügerisch, denn auch Emissionsreduktion (Mitigation) und der dafür nötige Umbau des Energiesystems sind ebenfalls mit großen ingenieurstechnischen Herausforderungen verbunden. Scholte et al. haben jedoch gezeigt, dass die technische Determiniertheit der Debatte mittlerweile leicht abnimmt, auch zugunsten von Debatten um Governance von CE.²⁶

Bei aller technokratischen Rhetorik bleibt interessant, dass naturwissenschaftliche Studien keine Grundlage für einen Diskussionsschwerpunkt auf der Technik statt der Politik von CE bieten. Der Eingriff in verschiedene Erdsysteme wäre sehr wahrscheinlich von politischen Konflikten geprägt, wie im Folgenden belegt wird.

²³ Vgl. ETC Group, „Geopiracy – The Case Against Geoengineering“, online unter: http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/pdf_file/ETC_geopiracy_4web.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.08.2014, S. 6.

²⁴ Vgl. Brigitte Nerlich/Rusi Jaspal, „Metaphors We Die By? Geoengineering, Metaphors, and the Argument From Catastrophe“, in: *Metaphor and Symbol* 27, 2 (2012), S. 131-147: 135-141.

²⁵ Vgl. Nils Matzner, „Politik des Geoengineering“, in: *Selected Student Papers* 38, (2013), S. 83-93.

²⁶ Vgl. Samantha Scholte/Eleftheria Vasileiadou/Arthur C. Petersen, „Opening Up the Societal Debate on Climate Engineering: How Newspaper Frames are Changing“, in: *Journal of Integrative Environmental Sciences* 10, 1 (2013), S. 1-16.

3.2 Warum CE keine Ingenieurstechnik ist

Einem erfolgreichen Planvollzug stehen Risiken und Unsicherheiten entgegen. Bei genauerer Betrachtung der CE-Methoden muss berücksichtigt werden, dass jede Methode ihr eigenes Risikoprofil besitzt. Viel beachtet wurde der Report der Royal Society aus dem Jahr 2009, in dem CE-Methoden nach Effektivität, zeitlicher Komponente, Sicherheit und Kosten kartografiert wurden.²⁷ Mit dieser Aufstellung macht der Report deutlich, dass keine der CE-Methoden bisher als einsatzbereit angesehen werden kann. Die schon zuvor angesprochene Methode, mit Schwefelaerosolen in der Stratosphäre eine Art Sonnenschirm aufzubauen, gilt bisher als effizientester und effektivster Technologievorschlag.²⁸ Diese vielversprechende Methode birgt eine Reihe absehbarer Nebeneffekte: Schädigung der Ozonschicht, mehr saurer Regen, regionale Temperaturveränderungen sowie veränderte Niederschlagsmuster.²⁹ Sollte der asiatische Monsun als Nebenfolge von Schwefel-CE ausbleiben, dann wären neben katastrophalen Dürren und Hungersnöten auch internationale Konflikte zu erwarten.

Während bei den Risiken zumindest Schadensart und Wahrscheinlichkeit benennbar sind, existieren für CE-Methoden noch viele Unsicherheiten, die von lückenhaften, computergestützten Klimamodellen, noch nicht vorhandenen Feldexperimenten und dem Fehlen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse herrühren. Besonders problematisch sind nicht-abschätzbare Wissenslücken, sogenannte „unknown unknowns“, die laut einiger Wissenschaftler vernachlässigt werden.³⁰ Unsicherheiten sind auch ein Grund dafür CE von klassischen Ingenieurstechniken wie Fahrzeugbau zu unterscheiden, wie ein Meteorologe zusammenfasst: „We can engineer a car or a plane because we know the underlying physics of motion, combustion, and flight, and we understand the role of every component. Can geoengineers say the same about climate?“³¹

Anastasios Tsonis fällt in diesem Zitat selbst wieder in das zu einfache Verständnis der Ingenieurwissenschaften als angewandte Wissenschaft zurück. Auch Flugzeuge wurden getestet, bevor die Aerodynamik als Theorie vollständig entfaltet war. Dennoch lässt sich der Flugzeugbau leichter erproben als Klimainterventionen, weil er mit weniger Unsicherheiten und mit keinem potenziell globalen Schaden zu tun hat. Eine risikoarme Erprobung von CE-Technologien ist kaum möglich. Laborexperimente liefern oft zu wenige

²⁷ Vgl. Royal Society (2009), *Geoengineering*.

²⁸ Der Nutzen wäre hier, einige Watt pro Quadratmeter Strahlungsantrieb zu verringern.

²⁹ Vgl. Alan Robock, „20 Reasons Why Geoengineering May Be a Bad Idea“, in: *Bulletin of the Atomic Scientists* 64, 2 (2008), S. 14-18; Alan Robock/Allison Marquardt/Ben Kravitz/Georgiy Stenchikov, „Benefits, Risks, and Costs of Stratospheric Geoengineering“, in: *Geophysical Research Letters* 36 (2009), S. 1-9.

³⁰ Vgl. G. C. Hegerl/S. Solomon, „Risks of Climate Engineering“, in: *Science* 325, 5943 (2009), S. 955-956: 955.

³¹ Anastasios A. Tsonis, „Geoengineering Carries Unknown Consequences“, in: *Phys. Today* 66, 8 (2013), S. 8-9: 9.

Erkenntnisse und ein großskaliges Feldexperiment käme im Risikoprofil dem Technologieeinsatz sehr nahe.³² Die Folgen einer Intervention in dieses System scheinen weder vollständig planbar noch wäre *trial and error* möglich, so dass nicht von Engineering gesprochen werden kann.

Eine Reihe weiterer Gründe spricht gegen CE als Ingenieurstechnik. Von Wissenschaftsjournalisten werden die Proponenten des CE oft *geoengineers* oder *geoclique* genannt, die keine Ingenieure sind.³³ Tatsächlich haben viele der wichtigsten Wissenschaftler einen naturwissenschaftlichen Hintergrund, wie Ken Caldeira und Alan Robock, die beide Atmosphärenwissenschaftler sind. Auch David Keith, einer der meist interviewten Wissenschaftler, ist angewandter Physiker. Aktuell gibt es vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) als größter europäischer Ingenieursassoziation keine offizielle Stellungnahme zu CE. In persönlichen Gesprächen mit VDI-Vorständen äußerten diese, dass sie CE eigentlich nicht als Ingenieurstechnik sehen. Dort würde zu viel mit unsicherem Wissen agiert, was ein Ingenieur, auch wegen der Demut vor dem Machbaren, nicht versuchen würde. Weder die Personifikation der wissenschaftlichen Gemeinschaft von CE-Forschern als *geoengineers* noch die mediale Darstellung als *mad scientist* wird den Personen gerecht. Lediglich Lowell Wood und Edward Teller, die als Waffenentwickler (Teller gilt als einer der ‚Väter‘ der Wasserstoffbombe) an großtechnologischer Entwicklung beteiligt waren, kommen diesem Bild näher.³⁴ Darüber hinaus sind kaum seriöse Ingenieure oder ‚verrückte Wissenschaftler‘ in dem Feld tätig, sondern vielmehr beschäftigen sich mit CE Klimamodellierer, Ozeanografen, Forstwissenschaftler und andere.

Nicht-quantifizierbare Risiken, mögliche globale Schäden und Unsicherheiten sowie die personelle Zusammensetzung des Feldes sprechen dagegen, CE als Typus der planbaren Ingenieurstechnik zu betrachten. Das Klima scheint sich einem rein planerisch-technischen Verfahren zu entziehen.

Dennoch trifft die hier beleuchtete Diskussion nur den planerischen Typus des Ingenieursdenkens, der „automatisch“ auf Anwendbarkeit zielt, so denn die Voraussetzungen geschaffen seien. Selbst wenn die vollständige Steuerung natürlicher Prozesse bisher nicht plausibel erscheint, müsste die Technikentwicklung und die öffentliche Aushandlung teilweise geregelt werden, damit ein verantwortbares Ergebnis erzielt werden kann.

³² Daraus folgern einige Naturwissenschaftler, dass CE grundsätzlich nicht getestet werden kann. Vgl. Douglas G. MacMynowski/David W. Keith/Ken Caldeira/Ho-Jeong Shin, „Can We Test Geoengineering?“, in: *Energy Environ. Sci.* 4, 12 (2011), S. 5044; Alan Robock/Martin Bunzl/Ben Kravitz/Georgiy Stenichkov, „A Test for Geoengineering?“, in: *Science* 327, 5965 (2010), S. 530-531.

³³ Vgl. Eli Kintisch, *Hack the Planet. Science's Best Hope – or Worst Nightmare – for Advertising Climate Catastrophe*, Hoboken, NJ, 2010, S. 8.

³⁴ Mit dem Titel „Can Dr. Evil Save the World?“ brachte der Rolling Stone einen Artikel, der Wood als zwielichtigen Wissenschaftler und Technikeuphoriker darstellte. Vgl. Jeff Goodell, „Can Dr. Evil Save The World“, in: *The Rolling Stone*, 03.11.2006.

4. Politische Implikationen eines ingenieurmäßigen Planungsdenkens

Aus Sicht ihrer Lösung befindet sich die Klimapolitik in der Krise. CE wird als technischer Notfallplan verstanden. Gleichwohl besitzt das klimapolitische Planungsprojekt demokratische Leerstellen. Schon bei der Diagnose einer (Klima-)Krise ist die, so Fritz Scharpf, „Zentralisierung von Entscheidungsprozessen auf Kosten des Einflusses institutioneller Subsysteme“³⁵ zu befürchten.

Alarmismus über eine drohende Öko-Diktatur ist sicherlich nicht angebracht, dennoch scheinen einige Interpretationsrepertoires von CE ein rein technisches Verständnis nahezulegen und eben dieses ingenieurmäßige Denken in die Politik zu exportieren. Die Idee einer Übertragung des technisch-planerischen Vorgehens auf den Bereich der Politik hat Helmut Schelsky während der deutschen Planungsdebatte der 1950er Jahre vertreten:

[A]n die Stelle der politischen Normen und Gesetze aber [treten] Sachgesetzhelikeiten der wissenschaftlich-technischen Zivilisation [...], die nicht als politische Entscheidungen setzbar und als Gesinnungs- oder Weltanschauungsnormen nicht verstehbar sind. Damit verliert auch die Idee der Demokratie sozusagen ihre klassische Substanz: An die Stelle eines politischen Volkswillens tritt die Sachgesetzhelikeit, die der Mensch als Wissenschaft und Arbeit selbst produziert.³⁶

In Schelskys konservativem Denken, gerahmt durch die damalige Planungseuphorie, wird demokratische Politik und Herrschaft überhaupt durch technische Verfahren ersetzt. Politik wird zu einer Aufgabe der Ingenieure, in der es nur „one best way“ gibt. Schelskys Kritiker werfen ihm vor, mit seinem Technizismus selbst Herrschaft zu verschleiern. Technik wird zum sich „im Selbstlauf sich perfektionierendes Übersubjekt“, wie der Politologe Kurt Lenk kritisiert.³⁷

Bei Schelsky fällt zusammen, was Scharpf analytisch trennt. Für die politische Betrachtung von CE sollten zwei Prozesse auseinandergehalten werden: auf der einen Seite die Planung und auf der anderen Seite Konfliktaustragung und Konsensbildung.³⁸ In Schelskys affirmativer Diagnose des ‚technischen Staates‘ absorbiert die Planung all das, was in der Politikwissenschaft die *politics*-Dimension des Politischen genannt wird. Das Politische wird als bloße *polity* (Struktur) verstanden, die nur noch Sachgesetzhelikeiten zulässt.³⁹ Eine

³⁵ Fritz Wilhelm Scharpf, „Planung als politischer Prozeß“, in: Fritz Wilhelm Scharpf, *Planung als politischer Prozess. Aufsätze zur Theorie der planenden Demokratie*. Frankfurt/M., 1973, S. 33-72: 68.

³⁶ Helmut Schelsky, „Der Mensch in der wissenschaftlichen Zivilisation“, in: ders., *Auf der Suche nach Wirklichkeit*, München, 1979, S. 449-499: 465-466.

³⁷ Vgl. Kurt Lenk, „Theorie des Topos ‚Technischer Staat‘“, in: Hans-Hermann Hartwich (Hg.), *Politik und die Macht der Technik. 16. wissenschaftlicher Kongreß der DVPW. 7. bis 10. Oktober in der Ruhr-Universität Bochum*, Opladen, 1986, S. 45-51: 48.

³⁸ Zur Person Scharpfs muss gesagt werden, dass er an der Planungseuphorie mitgewirkt hat, Planung aber immer noch als demokratischen Prozess sieht. Vgl. Scharpf (1973), *Planung*, S. 43.

³⁹ Ebd., S. 70 f.

vom politisch-konflikthaften Prozess der *politics* abgetrennte Planung bezeichnet Scharpf als „technokratische Illusion“⁴⁰. In gesellschaftlichen Prozessen wird es immer eine Problemartikulation, Bewusstseinsbildung, Politisierung und Mobilisierung geben müssen, die nicht als reine ‚Sozialtechniken‘ verstanden werden können. Ohne die Pluralität von Gründen und einen Möglichkeitsraum wäre weder Deliberation noch Dezsision möglich. Eine „Verwaltung von Sachen“, wie sie sowohl Schelsky als auch Friedrich Engels in unterschiedlicher Absicht postulierten, wäre keine demokratische Politik.

Trotz der antidemokratischen Implikationen seiner Schriften, sieht Schelsky ein befreiendes Moment in der größeren menschlichen Kontrolle über die Natur. Doch mit dem Klimawandel hat sich eine gefährliche Dialektik entwickelt. Ein Großteil der anthropogenen Umwelteinflüsse geschieht als nicht-intendierte Folge sozialen Handelns, ist damit keine wohl geplante Kontrolle und schlägt zudem wieder als Gefahren auf die Menschen zurück. Abschmelzen der Gletscher, Anstieg des Meeresspiegels und extreme Wetterlagen sind bisherigen Berechnungen nach die Folgen unkontrollierter Emissionen.⁴¹ Die Verringerung von Emissionen versucht, menschliche Auswirkungen auf die Umwelt und damit Klimafolgeschäden zu verringern. Sollte diese Maßnahme nicht greifen, bietet CE einen direkten Natureingriff, der Kontrolle verspricht, aber gleichzeitig Risiken und Unsicherheiten birgt. Solche großskaligen Eingriffe in Erdsysteme tragen unkalkulierbare Risiken, die Kontrolle als legitimen Wunsch erscheinen lassen, der aber unrealistisch ist.

Antidemokratisch wird das technokratische Ingenieursmodell nach Schelsky nicht nur, weil es die Politik zu einer Technik macht, sondern vielmehr weil es Politik in einen technischen Automatismus verwandelt, der wie ein Räderwerk läuft. Legitimiert durch den Katastrophenfall könnte (im äußersten Fall) CE zu einer Art „automatische[m] Subjekt“⁴² werden, das sich scheinbar selbstständig verwirklicht. Dabei wären die bewusst-planerischen Züge eines Ingenieursdenkens nur Maskerade einer Politik, die sich an vermeintliche Sachgesetze anpasst. Demokratische Planung würde dem Automatismus entgegenstehen, denn sie setzt ein demokratisches Subjekt voraus, welches teilautonom handelt. Der Automatismus einer technokratischen Fiktion hingegen entfaltet „Regime hochwirksamer ‚Logiken‘“⁴³. Die Behauptung der Alternativlosigkeit neben dem „one best way“ lässt keinen Raum für eine offene Debatte über Risikoeinschätzungen, lokale Vorbehalte und divergierende Einschätzungen zu CE.

Katastrophendiskurse und Hysterie kommen eher der kontrollorientierten Planungseuphorie zugute als einer demokratischen Planung mit offener Dis-

⁴⁰ Ebd.

⁴¹ Vgl. Intergovernmental Panel on Climate Change (2007), *Climate Change*.

⁴² Vgl. Karl Marx, *Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie*, Berlin, 1969, S. 169.

⁴³ Hannelore Bublitz/Roman Marek/Christina L. Steinmann/Hartmut Winkler, „Einleitung“, in: dies. (Hg.), *Automatismen*, München, 2010, S. 9-16: 10.

kussion und Entscheidungsfindung über konkurrierende Optionen.⁴⁴ Deshalb sollte der Klimawandel als demokratische Herausforderung gesehen werden.⁴⁵

5. Fazit

Climate Engineering stärkt zurzeit ein Denken in der klimapolitischen Debatte, das hier als Ingenieursmodell der Politik rekonstruiert wurde. Ein Ingenieursdenken ist es deshalb, weil die Debatten um CE einen rational-planerischen Einschlag haben und den Klimawandel vor allem als zu lösendes Problem ansehen. Dieser planerische Zug eines ingenieurmäßigen Vorgehens setzt sich in Diskursen aktuell sehr einseitig durch.

Technische und soziale Unsicherheiten von CE, wie die Unmöglichkeit Dürren oder Überschwemmungen als Nebenfolgen auszuschließen sowie darauf folgende politische Krisen, sprechen sowohl gegen die idealtypische Technikanwendung mit sicherem Wissen als auch gegen *trial and error*. Gleichwohl sind Risikokontrolle und Unsicherheitsreduktion sinnvolle Ziele. Als Voraussetzung eines verantwortlichen Einsatzes könnte eine Reduktion dieser Unkontrollierbarkeit gelten, welche jedoch die Fiktion der Naturkontrolle ablehnt.

Gefahren für demokratische Politik sind technokratische Automatismen. Die Übernahme des „one best way“ in politische Verfahren ist undemokratisch. Selbst wenn für die technische Seite von CE ein rational-planerisches Vorgehen nicht in jeder Hinsicht abzulehnen ist, erinnert das ‚engineering‘ in der Politik an Schelskys ‚technischen Staat‘. Die Planungs- und Technokratie-debatte mag schon einige Jahrzehnte zurückliegen, jedoch ist es wichtig, an deren Folgen zu erinnern. Schelskys „technokratische Utopie“ (Scharpf) steht der demokratischen, konflikthaft debattierten Planung entgegen. Diese Debatte ist angesichts der Gefahren von CE dringend geboten.

Demokratische Politik braucht nicht vor den Herausforderungen neuer Optionen der Klimawandelbewältigung einzuknicken. Mit Vorschlägen, wie denen des Politikwissenschaftler Claus Leggewie, von einer Modernisierung der Demokratie mit deliberativen Wissensregimen, Wahlrechts- und Abstimmungsmodalitäten, Konsultationsrecht, Reformen des Parteienwesens könnte auch CE politisiert werden.⁴⁶ Eine abwartende Haltung sollte insbesondere bei

⁴⁴ Siehe hierzu auch den Beitrag von Solvejg Nitzke im vorliegenden Band. Vgl. Robert L. Olson, „Geoengineering for Decision Makers“, online unter: http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Geoengineering_for_Decision_Makers_0.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.08.2014, S. 1-2.

⁴⁵ Vgl. Claus Leggewie, „Klimaschutz erfordert Demokratiewandel“, in: *vorgänge* 2 (2010), S. 35-43: 36.

⁴⁶ Vgl. ebd.

emergenten Risikotechnologien wie CE schnell durch vorausschauendes Handeln, wie in Konzepten von *anticipatory governance*, ersetzt werden.⁴⁷

Literatur

- Barad, Karen, „Posthumanist Performativity: Toward an Understanding of How Matter Comes to Matter“, in: *Signs* 28, 3 (2003), S. 801-831.
- Barben, Daniel/Fisher, Erik/Selin, Cynthia/Guston, David H., „Anticipatory Governance of Nanotechnology: Foresight, Engagement, and Integration“, in: Edward J. Hackett (Hg.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, Cambridge, MA, (u. a.), 2008, S. 979-1000.
- Bellamy, Rob/Chilvers, Jason/Vaughan, Naomi E./Lenton, Timothy M., „A Review of Climate Geoengineering Appraisals“, in: *WIREs Clim Change* 3, 6 (2012), S. 597-615.
- Biggs, Lindy, „The Engineered Factory“, in: *Technology and Culture* 36, 2 (1995), S. 174-188.
- Blublitz, Hannelore/Marek, Roman/Steinmann, Christina L./Winkler, Hartmut, „Einleitung“, in: dies. (Hg.), *Automatismen*, München, 2010, S. 9-16.
- Committee on Science and Technology (Hg.), „Engineering the Climate: Research Needs and Strategies for International Coordination“, unter Mitarbeit von Bart Gordon, U.S. House of Representatives, online unter: <http://democrats.science.house.gov/committee-report/engineering-climate-research-needs-and-strategies-international-coordination>, zuletzt aufgerufen am 09.08.2014.
- Crutzen, Paul J., „Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma?“, in: *Climatic Change* 77, 3-4 (2006), S. 211-219.
- Downey, Gary Lee/Lucena, Juan C., „Engineering Studies“, in: Sheila Jasanoff/Gerald E. Markle/James C. Petersen/Trevor J. Pinch (Hg.), *Handbook of Science and Technology Studies*, Thousand Oaks, CA, 1995, S. 167-188.
- Dubieli, Helmut, „Neokonservatismus, neue soziale Bewegungen und das Verhältnis von Technik und Politik“, in: Hans-Hermann Hartwich (Hg.), *Politik und die Macht der Technik. 16. wissenschaftlicher Kongreß der DVPW. 7. bis 10. Oktober in der Ruhr-Universität Bochum*, Opladen, 1986, S. 69-74.
- ETC Group, „Geopiracy – The Case Against Geoengineering“, online unter: http://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/publication/pdf_file/ETC_geopiracy_4web.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.08.2014.
- Goodell, Jeff, „Can Dr. Evil Save The World“, in: *The Rolling Stone*, 03.11.2006.
- Hayles, N. Katherine, *HowWe Became Posthuman. Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics*, Chicago, IL, London, 1999.
- Hegerl, G. C./Solomon, S., „Risks of Climate Engineering“, in: *Science* 325, 5943 (2009), S. 955-956.

⁴⁷ Vgl. Daniel Barben/Erik Fisher/Cynthia Selin/David H. Guston, „Anticipatory Governance of Nanotechnology: Foresight, Engagement, and Integration“, in: Edward J. Hackett (Hg.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, Cambridge, MA (u. a.), 2008, S. 979-1000.

- Holas, Katharina, „Technoscience, Akteur-Netzwerk-Theorien und feministische Akzentverschiebungen“, in: Tobias Conradi/Heike Derwanz/Florian Muhle (Hg.), *Strukturentstehung durch Verflechtung. Akteur-Netzwerk-Theorie(n) und Automatisieren*, Paderborn, 2011, S. 297-312.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2007. Synthesis Report*, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, unter Mitarbeit von R. K. Pachauri und A. Reisinger, Geneva, 2007.
- Kintisch, Eli, *Hack the Planet. Science's Best Hope – or Worst Nightmare – for Averting Climate Catastrophe*, Hoboken, NJ, 2010.
- König, Helmut, „Freundschaft“, in: *Merkur* 67, 10/11 (2013), S. 893-904.
- Ders., „Wir Egoisten, Fukushima und das Ende unserer Gewissheiten“, in: *Die Zeit*, 01.03.2013 (10), S. 44.
- Leggewie, Claus, „Klimaschutz erfordert Demokratiewandel“, in: *vorgänge* 2 (2010), S. 35-43.
- Lenk, Kurt, „Theorie des Topos ‚Technischer Staat‘“, in: Hans-Hermann Hartwich (Hg.), *Politik und die Macht der Technik. 16. wissenschaftlicher Kongreß der DVPW. 7. bis 10. Oktober in der Ruhr-Universität Bochum*, Opladen, 1986, S. 45-51.
- MacMynowski, Douglas G./Keith, David W./Caldeira, Ken/Shin, Ho-Jeong, „Can We Test Geoengineering?“, in: *Energy Environ. Sci.* 4, 12 (2011), S. 5044.
- Marx, Karl, *Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie*, Berlin, 1969.
- Matzner, Nils, „Politik des Geoengineering“, in: *Selected Student Papers* 38, (2013), S. 83-93.
- Nerlich, Brigitte/Jaspal, Rusi, „Metaphors We Die By? Geoengineering, Metaphors, and the Argument From Catastrophe“, in: *Metaphor and Symbol* 27, 2 (2012), S. 131-147.
- Olson, Robert L., „Geoengineering for Decision Makers“, online unter: http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Geoengineering_for_Decision_Makers_0.pdf, zuletzt aufgerufen am 09.08.2014.
- Pawellek, Gunther, *Ganzheitliche Fabrikplanung*, Berlin, Heidelberg, 2008.
- Person, H. S., „Control of Production Operations Through Scientific Planning“, in: *Annals of the American Academy of Political and Social Science* 119 (1925), S. 85-91.
- Robock, Alan, „20 reasons Why Geoengineering May Be a Bad Idea“, in: *Bulletin of the Atomic Scientists* 64, 2 (2008), S. 14-18.
- Robock, Alan/Bunzl, Martin/Kravitz, Ben/Stenchikov, Georgiy, „A Test for Geoengineering?“, in: *Science* 327, 5965 (2010), S. 530-531.
- Robock, Alan/Marquardt, Allison/Kravitz, Ben/Stenchikov, Georgiy, „Benefits, Risks, and Costs of Stratospheric Geoengineering“, in: *Geophysical Research Letters* 36 (2009), S. 1-9.
- Royal Society, *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*, London, 2009.
- Rulff, Dieter, „Das unausweichliche Scheitern der Klimapolitik“, in: *vorgänge* 4 (2010), S. 94-102.
- Sardemann, Gerhard/Grunwald, Armin, „Climate Engineering: ein Thermostat für die Erde“, in: *TATuP* 19, 2 (2010), S. 4-8.
- Scharpf, Fritz Wilhelm, „Planung als politischer Prozeß“, in: ders., *Planung als politischer Prozess. Aufsätze zur Theorie der planenden Demokratie*, Frankfurt/M., 1973, S. 33-72.
- Schelsky, Helmut, „Der Mensch in der wissenschaftlichen Zivilisation“, in: ders., *Auf der Suche nach Wirklichkeit*, München, 1979, S. 449-499.

- Scholte, Samantha/Vasileiadou, Eleftheria/Petersen, Arthur C., „Opening Up the Societal Debate on Climate Engineering: How Newspaper Frames are Changing“, in: *Journal of Integrative Environmental Sciences* 10, 1 (2013), S. 1-16.
- Tsonis, Anastasios A., „Geoengineering Carries Unknown Consequences“, in: *Phys. Today* 66, 8 (2013), S. 8-9.
- van Laak, Dirk, „Planung, Planbarkeit und Planungseuphorie. Version: 1.0“, auf: *Docupedia-Zeitgeschichte*, online unter: docupedia.de/zg/planung, zuletzt aufgerufen am 09.08.2014.
- Weber, Jutta, „Die kontrollierte Simulation der Unkontrollierbarkeit – Kontroll- und Wissensformen in der Technowissenschaftskultur“, in: Hannelore Bublitz/Irina Kaldrack/Theo Röhle/Hartmut Winkler (Hg.), *Unsichtbare Hände. Automatismen in Medien-, Technik- und Diskursgeschichte*, Paderborn, 2011, S. 93-110.