

# VON CLOUD SEEDING UND ALBEDO ENHANCEMENT

---

## Zur technischen Modifikation von Wetter und Klima

### I

Im gleichen Jahr, in dem Carl Schmitt beobachtete, dass die kommende Neuordnung des Raums nicht mehr nur Kontinente und Ozeane umfassen, sondern «auch den Luftraum in den Bereich menschlicher Ordnung einbeziehen»<sup>1</sup> werde, konstatierte der Meteorologe Hermann Flohn, Vordenker des anthropogenen Klimawandels, dass die Tätigkeit des wirtschaftenden Menschen sogar bereits zur «Ursache einer erdumspannenden Klimaänderung [werde], deren zukünftige Bedeutung niemand ahnen kann».<sup>2</sup> 1941, d.h. während eines Krieges, dessen westliche Front durch eine zutreffende Wettervorhersage mit entschieden werden sollte, hatten Schmitt und Flohn die zukünftige strategische und epistemische Bedeutung der Atmosphäre umrissen, deren technische Explikation im Kontext der Wissensordnung der Nachkriegszeit denkbar und machbar wurde. Auf die Entwicklung der Erdwissenschaften und besonders der Klimaforschung hatten die theoretisch-praktischen Evidenzen der Kybernetik und ihre militärisch-industrielle Patronage<sup>3</sup> einen besonders nachhaltigen und bisher weniger im Fokus der Medien- und Wissensgeschichte liegenden Einfluss, der zu einer völlig neuen intellektuellen Verortung dessen führte, was einst als «stumme Hintergrundausrüstung zu unserem Dasein und Hiersein»<sup>4</sup> galt: Aus Natur wurde *environment*, ein skalier- und parametrisierbares, technisches Ambiente. Dieser Prozess lässt sich in den Konjunkturen der wahrhaft monströs anmutenden Idee, meteorologische Gegebenheiten und klimatische Bedingungen technisch kontrollieren zu wollen, besonders eindrücklich veranschaulichen.

Wetter und Klima erwiesen sich in der Nachkriegszeit zunächst als ideale Forschungsobjekte, da unter dem Deckmantel des zivilen Nutzens enorme Geldmengen zur Entwicklung der Computational Sciences mobilisiert werden konnten und weil eine zunehmend globale Wetterbeobachtung kaum mehr von der Überwachung aller möglichen anderen geopolitischen Parameter zu

<sup>1</sup> Carl Schmitt (1941), Das Meer gegen das Land, in: Günter Maschke (Hg.), *Staat, Großraum, Nomos. Arbeiten aus den Jahren 1916–1969*, Berlin (Duncker & Humblot) 1995, 395–400, hier 398.

<sup>2</sup> Hermann Flohn, Die Tätigkeit des Menschen als Klimafaktor. in: *Zeitschrift für Erdkunde*, 9, 1941, 13–22, hier 22.

<sup>3</sup> Ronald E. Doel, Constituting the Postwar Earth Sciences: The Military's Influence on the Environmental Sciences in the USA after 1945, in: *Social Studies of Science*, 33/5, 2003, 635–666.

<sup>4</sup> Peter Sloterdijk, *Sphären*, Bd. 3: *Schäume*, Frankfurt/M. (Suhrkamp) 2004, 65.

trennen ist: Das Wetter lieferte den idealen Input, um Kriegs- und Überwachungstechnologien auch in Friedenszeiten am Laufen zu halten.<sup>5</sup> Aus der medialen Sphäre der theoretischen und empirischen Erfassung der Atmosphäre in einer globalen Wissensinfrastruktur<sup>6</sup> sollte die Umwelt im Verlauf der letzten sechzig Jahre nun nicht mehr nur als Randbedingung in militärische Operationen einkalkuliert, sondern – im Anschluss an die «schwarze Meteorologie» der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts<sup>7</sup> – lokale Wetterbedingungen und globale Klimaverhältnisse technisch explizit gemacht werden. In den latenten atmosphärischen Bedrohungsszenarien des Kalten Krieges spielten die militärischen und wissenschaftlichen Experimente mit dem Wetter deshalb neben der Angst vor der radioaktiven Kontamination immer schon eine fast ebenso große Rolle. Seit den 1970er Jahren haben sich die Koordinaten der Bedrohung jedoch teilweise verschoben: ihr Verlauf konfrontiert nicht mehr nur unterschiedliche politische Systementwürfe, er stellt vielmehr die künftige Überlebensfähigkeit der Menschheit in einer von ihr veränderten und zunehmend machbar erscheinenden Umwelt in Frage. Da die Zuständigkeit für die Zukunft – einer Diagnose Michael Hagners<sup>8</sup> folgend – in den vergangenen Jahrzehnten vollständig an die Natur- und Technowissenschaften delegiert worden ist, verwundert es nicht, dass die von ihnen projektierten technischen Interventionen des Climate Engineerings nun umgekehrt zum wissenschaftspolitischen Hoffnungsträger werden, wie es gegenwärtig zu beobachten ist. Dagegen wäre es vielleicht gerade an den Kultur- und Medienwissenschaften, den gegenwärtigen Diskurs des Klimawandels und wie ihm künftig zu begegnen sein könnte, zu rekonstruieren und die Angst vor der Zukunft des Klimas zu dekonstruieren, indem man sie auf ihre medialen und wissenschaftsgeschichtlichen Bedingungen hin befragt.<sup>9</sup> Neben dieser aktuellen Perspektive soll es im Folgenden jedoch vor allem um jene militärischen und wissenschaftlichen Projekte gehen, die die Geschichte der Prekarisierung von Natur im 20. Jahrhundert schreiben, indem sie Wetter und Klima als technisch modifizierbare Systeme denkbar gemacht haben.

## II

Auf ihre atmotechnische Dominanz konnte sich die Wehrmacht im Zweiten Weltkrieg nicht allzu lang verlassen. Bei der Befreiung Europas setzten vor allem die Alliierten auf verschiedenste Vernebelungsstrategien zum Schutz ihrer Flotten, Truppen und strategisch wichtiger Knotenpunkte.<sup>10</sup> General Electric wurde 1941 vom amerikanischen Militär beauftragt, neben den Entwicklungen von Gasmaskenfiltern, Nebelkampfstoffen und Mitteln zur Enteisung von Flugzeugen, nun auch größere Nebelmaschinen zu bauen, die nicht nur einzelne Schiffe, sondern ganze Landstriche unscharf werden lassen sollten. Bei der Demonstration eines neuen Generators, der vom GE-Labortechniker Vincent J. Schaefer gebaut worden war und der zunächst das ganze Forschungslabor außer Gefecht setzte, waren im Juni 1942 auch Vannevar Bush und Vladimir K. Zworykin anwesend. Die dichte weiße Wolke, die bei dem Zusammenstoß winziger

<sup>5</sup> Eine ähnliche Konstellation hatte sich schon nach dem Amerikanischen Bürgerkrieg ergeben, als General Albert J. Myer sich mit der Neudefinition der Mission des von ihm gegründeten U.S. Army Signal Corps konfrontiert sah und ebenfalls auf Wetterbeobachtung umstellte: «The telegraph can announce meteorological observations, statistics, and reports giving the presence, the course, and the extent of storms [...] and their probable approach, as it would, in time of war, those of an enemy.» Vgl. James R. Fleming, *Telegraphing the Weather: Military Meteorology, Strategy, and Homeland Security on the American Frontier in the 1870s*, in: Steven A. Walton (Hg.), *Instrumental in War. Science, Research, and Instruments between Knowledge and the World*, Leiden, Boston (Brill) 2005, 153–178.

<sup>6</sup> Vgl. Paul N. Edwards, *Meteorology as Infrastructural Globalism*, in: *Osiris*, 21/1, 2006, 229–250.

<sup>7</sup> Vgl. Sloterdijk, *Sphären*, Bd. 3, 104.

<sup>8</sup> Michael Hagner, *Haben die Geisteswissenschaften die Zukunft vergessen?*, in: Harald Welzer, Hans-Georg Soeffner, Dana Giesecke (Hg.), *KlimaKulturen. Soziale Wirklichkeiten im Klimawandel*, Frankfurt, New York (Campus Verlag) 2010, 20–32.

<sup>9</sup> Vgl. dazu etwa Sheila Jasanoff, *A New Climate for a New Society*, in: *Theory Culture Society*, 27, 2010, 233–253.

<sup>10</sup> Vgl. Leo P. Brophy, Wyndham D. Miles, Rexmond C. Cochrane, *The Chemical Warfare Services. From Laboratory to Field*. Washington (Center for Military History) 1988.



**Abb. 1** Schaefers Entdeckung *re-enacted*: Irving Langmuir, Bernard Vonnegut und Vincent Schaefer über der Kühltruhe von General Electric



**Abb. 2** Das Flugzeug wird am Airport Schenectady mit Trockeneis beladen

heißer Ölpartikel mit kalter Luft entstand, nahm die riesigen Ausmaße einiger Quadratkilometer an und war etwa 300 Meter hoch – in das Schoharie Valley bei New York senkte sich eine künstliche Nebelbank, so wie später in die Häfen von Algiers, Bizerta, Neapel und anderer Städte am Mittelmeer. Die Frage, die sich allen Beteiligten, vor allem aber Schaefer und seinem Laborchef, dem Chemie-Nobelpreisträger Irving P. Langmuir hier nicht zum ersten Mal stellte, war: wenn es so einfach ist, eine künstliche Wolke zu erzeugen, könnte man dann nicht auch bestehende Wolken manipulieren?<sup>11</sup> Damals konnte Nordamerika bereits auf eine etwa hundertjährige Pluvi-Kulturgeschichte zurückblicken, deren Protagonisten jedoch mehr kommerziellen als wissenschaftlichen Interessen verschrieben waren. Der Physiker Emory Leon Chaffee, wie Langmuir ein Pionier der Vakuumröhren, hatte beispielsweise schon 1924 versucht, eine Wolke mit geladenen Sandkörnern zu impfen.<sup>12</sup> Als Schaefer es dann zufällig an jenem schwülen Julitag im Jahre 1946 in einer zur Nebelkammer umgebauten GE-Kühltruhe durch die Zugabe von Trockeneis und das Einhauchen seines eigenen Atems schneien ließ (Abb. 1) und der Effekt bei einem öffentlich inszenierten Testflug im November angeblich erfolgreich in die reale Atmosphäre übertragen werden konnte (Abb. 2), verabschiedete sich General Electric nicht zuletzt aus Angst vor den juristischen Folgen künftiger Experimente nach und nach aus dem Projekt und Vannevar Bush vermittelte es an das Verteidigungsministerium. Angesichts der begleitenden Rhetorik, in der häufig der Charakter einer kontrollierten Kettenreaktion betont wurde, bei der nur äußerst geringe Mengen von Nukleationskernen wie Trockeneis oder das besser geeignete Silberjodid zum Einsatz kämen und die deshalb stark an andere explosive nukleare Kettenreaktionen erinnerte<sup>13</sup>, wurde beim Militär in Windeseile ein Komitee zur Erforschung des Potenzials von künstlichem Niederschlag als Waffe eingerichtet, das übrigens von Sverre Petterssen geleitet wurde, jenem Meteorologen, der die D-Day-Wettervorhersage für die Alliierten erstellt hatte. Langmuir, vom *Time Magazine* zum «high priest of scientific rainmaking» stilisiert, empfahl 1950: «the government should seize on the phenomenon of

<sup>11</sup> Vgl. James R. Fleming, *Fixing the sky. The checkered history of weather and climate control*, New York (Columbia UP) 2010, 139f.

<sup>12</sup> Horace R. Byers, *History of Weather Modification*, in: W. N. Hess (Hg.), *Weather and Climate Modification*, New York (John Wiley & Sons) 1974, 3–44, hier 5.

<sup>13</sup> Vgl. James R. Fleming, *The pathological history of weather and climate modification. Three cycles of promise and hype*, in: *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 37/1, 2006, 3–25, hier 9.

weather control as it did on atomic energy when Albert Einstein told the late President Roosevelt in 1939 of the potential power of an atomic-splitting weapon.»<sup>14</sup> *Project Cirrus* lief schließlich von 1947 bis 1952, 250 Experimente fanden statt, darunter die Erzeugung von künstlichem Niederschlag, die Modifikation von Wolken und die Umlenkung eines Hurrikans.

Für Wissenschaften, die sich mit Phänomenen beschäftigen, deren Existenz zumindest zweifelhaft ist und bei denen die wissenschaftliche Selbstkontrolle zeitweise versagt, prägte Langmuir 1953 in einem Vortrag den Begriff der «Pathologischen Wissenschaften».<sup>15</sup> Alexander Gurwitschs Entdeckung der mitogenetischen Strahlung von Pflanzen nannte er als Beispiel ebenso wie die Parapsychologie von Joseph Banks Rhine, doch dass seine obsessive Beschäftigung mit der Manipulation des Wetters auch darunter fallen könnte, wollte er partout nicht einsehen. Kritiker entwaffnete er mit Statements wie diesem: «To assume that a hurricane could not be successfully modified by even a single pellet of dry ice is like assuming that a very large forest could not be set on fire by such a small thing as a single match.»<sup>16</sup> Dabei wurde das *Project Cirrus* gerade deshalb eingestellt, weil sich die Experimente kaum evaluieren ließen – im Unterschied zu den pathologischen Effekten, die die Wettermacher in der amerikanischen Öffentlichkeit erzeugt hatten (Abb. 3). In seinen Lebenserinnerungen beschreibt Sverre Petterssen Langmuirs Uneinsichtigkeit in die Komplexität meteorologischer Phänomene:

Langmuir was unlucky and became a victim of one of the many pitfalls that nature so generously provides for scientists who venture too far outside their own field of specialization. [...] In the atmosphere, processes of vastly different spatial scales and life spans exist together and interact [...]. No chemist, physicist, or mathematician who has not lived with and learned to understand this peculiar nature of meteorology can pass valid judgement on how the atmosphere will react if one interferes with the details of the natural processes. Moreover, to determine whether or not the atmosphere has responded to outside interference, it is necessary to predict what would have happened had it left been alone.<sup>17</sup>

Petterssen umreißt damit die epistemologische und technische Schwierigkeit, komplexe physikalische Phänomene gleichzeitig erforschen, erfassen und organisieren zu wollen. Die Abarbeitung an dieser Problematik sollte in der Folgezeit den paradigmatischen Charakter der Meteorologie als Wissenschaft begründen. Einen wesentlich größeren Einfluss auf die Geschichte der technischen Modifikation von Wetter und Klima als die militärisch finanzierten und von der meteorologischen Fachwelt eher kritisch beäugten Feldversuche der 40er und 50er Jahre hatten daher jene Versuche, die einer medialen



**Abb. 3** Bei General Electric wird im November 1946 das Presse-Echo auf die ersten Feldexperimente ausgewertet

<sup>14</sup> Charleston Daily Mail, 11.12.1950, zit. nach <http://blogs.smithsonianmag.com/paleofuture/2011/12/weather-control-as-a-cold-war-weapon/>, gesehen am 4.2.2012.

<sup>15</sup> Irving Langmuir (1953), *Pathological Science*, in: *Physics Today*, 42/10, 1989, 36–48.

<sup>16</sup> Langmuir (1947), zit. in Byers, *History of Weather Modification*, 15.

<sup>17</sup> Petterssen, zit. in Fleming, *Fixing the sky*, 156.

Epistemologie folgend aus der Simulierbarkeit des Klimas auf seine technische Machbarkeit geschlossen haben.

### III

Diesen engen Zusammenhang hatte Vladimir K. Zworykin, der eine hohe Position in der Forschungsabteilung der Radio Corporation of America (RCA) begleitete und dessen Bildröhren bahnbrechend für die Geschichte des Fernsehens gewesen sind, bereits 1945 in einem absolut bemerkenswerten zwölfseitigen Papier mit dem Titel *Outline of Weather Proposal* hergestellt. Darin entwirft er nicht nur eine Reihe bis dahin kaum vorstellbarer Szenarien der Wettermanipulation, wie die Beeinflussung des Energiehaushalts der Erde durch strahlungsabsorbierende maritime Ölteppiche, künstliche Nebelschwaden, reflektierende Aluminiumpartikel, die in die Atmosphäre zu bringen wären, er schlägt den Einsatz von Flammenwerfern oder Atomenergie für lokale Wärme-Emissionen vor, die Modifikation von Wolken, ja sogar die Umlenkung ozeanischer Strömungen durch lokale Wärmequellen oder -senken sollte machbar werden. Vor allem aber unterstreicht er die Bedeutung eines grundlegenden wissenschaftlichen Verständnisses des Wetters und seine «Kanalisierung» durch «computer installations», die das Wetter auf verschiedenen Levels zeitkritisch «duplizieren», integrieren, statistisch abgleichen, in eine physische Karte einbetten und dadurch vorhersagbar machen. Nur so könnten die kritischen Punkte im Wettersystem identifiziert werden, an denen die «trigger» der Wetterkontrolle angesetzt werden sollten.<sup>18</sup> Vor allem für den Organisator der *Big Science* der Nachkriegszeit, John von Neumann, dem Zworykin sein Proposal geschickt hatte und das sein genuin wissenschaftliches Interesse für die nichtlinearen, zeitkritischen Phänomene der Meteorologie als «showcase problem for electronic computers»<sup>19</sup> nach 1945 geweckt haben dürfte, ist die Computersimulation das adäquate Mittel zum Verständnis und damit zur geostrategischen Operationalisierung des Klimas, die er in seinem legendären Vortrag vor der Atomic Energy Commission im Jahre 1955 als Überlebensbedingung auf diesem Planeten skizzieren sollte.<sup>20</sup> Die Realisierung solcher Eingriffe sah von Neumann aber durchaus noch in fernerer Zukunft. Zunächst wurden Wetter und Klima als paradigmatische Wissensobjekte in Stellung gebracht, die erst in den Regelkreisläufen zwischen Digitalrechnern und empirischer oder modellierter Wirklichkeit als etwas technisch Kontrollierbares auftauchen konnten. In den wissenschaftlichen Atmosphärenbeschreibungen ist seit den 1950er Jahren daher das gleiche zu beobachten wie in anderen Disziplinen auch: die kybernetische Reformulierung der Forschungsobjekte, die sich in der kommunikationstheoretischen Betrachtung der Atmosphäre, ihrer Konzeptualisierung in negativen und positiven Feedback-Schleifen, im modell- und skalenabhängigen Herausfiltern von allzu chaotischen Turbulenzen, die gelegentlich als «noise» bezeichnet wurden, oder in der Betrachtung der Atmosphäre als «analog computer» äußerte.<sup>21</sup> Da die Kybernetik gewissermaßen

<sup>18</sup> Vladimir Zworykin, *Outline of Weather Proposal*, Princeton (RCA Laboratories) 1945.

<sup>19</sup> Paul N. Edwards, *A Vast Machine. Computer Models, Climate Data and the Politics of Global Warming*, Cambridge/Mass. (MIT Press) 2010, 116.

<sup>20</sup> John von Neumann, *Can we survive Technology?*, in: A.H. Taub (Hg.), *Collected Works*, Bd. VI: *Theory of Games, Astrophysics, Hydrodynamics and Meteorology*, Oxford (Pergamon Press) 1963, 504–519.

<sup>21</sup> Vgl. etwa Jule Charney, *Impact of Computers on Meteorology*, in: *Computer Physics Communications*, 3/ Suppl., 1972, 117–126.

erst zu sich selbst kommt, wenn die Systeme, die sie beschreibbar macht, auch gesteuert werden und die Intervention die Regelkreise abschließt bzw. erweitert, ist es wenig überraschend, wie auffallend häufig bis in die 70er Jahre in der meteorologischen Literatur die kontrollierte Interaktion von Mensch und Umwelt als Ziel der Forschung ausgegeben wird. Joseph Smagorinsky, der im Jahre 1950 neben John von Neumann auch an der weltersten numerischen Berechnung einer Wettervorhersage auf dem ENIAC beteiligt und inzwischen zu einem der führenden Meteorologen der USA geworden war, brachte das einst so auf den Punkt:

Man's activities can be hindered and his welfare threatened by his environment if he does not understand it and cannot cope with it. On the other hand if he can anticipate its behaviour, this mastery enables him to reap sociological and economic benefits. <Anticipation> in the immediate instance is a predictive capability, but in the ultimate is a control capability.<sup>22</sup>

In diesem Kontext wurden Experimente mit dem Wetter sozusagen zum Bestandteil des meteorologischen Instrumentariums. Während sie in der Nachkriegszeit hauptsächlich vom Militär finanziert worden waren, bewilligte der US-Kongress 1957 Gelder für die langfristige Erforschung und stellte sie damit unter die Aufsicht der U.S. National Research Foundation (NSF). Vor dem Hintergrund eines Klimas, das sicher nicht als konstant, aber doch als sehr stabil wahrgenommen wurde, dienten Modifikationen des Wetters fast als wissenschaftliche Methode, als Testballons, um die simulierten physikalischen Gesetzmäßigkeiten in Interaktion mit der Atmosphäre realweltlich zu bestätigen und deren strategisches Potenzial auszuloten. Beispiele für eine ganze Reihe von durchgeführten Studien seit den späten 1950er Jahren sind das *Project Climax* (1960–1970), das bei Lewis O. Grant, Colorado State University angesiedelt war und in dem die Möglichkeit, künstlichen Schneefall in den Rocky Mountains zu erzeugen, erforscht wurde; *Project Whitetop* (1960–1964), das von Roscoe R. Braham, University of Chicago geleitet wurde und in dem durch das Impfen der Wolken mit Silberjodid mehr Niederschlag im Mittleren Westen der USA erzeugt werden sollte; das *National Hail Research Experiment* (NHRE), dessen Ziel seit 1972 eine dauerhaft einsatzfähige Hagelabwehr war, sowie *Project Stormfury* (1962–1983), bei dem unterstützt von Navy und Air Force die Möglichkeiten zur Abschwächung bzw. Umleitung von Hurrikans ausgelotet werden sollten.<sup>23</sup> Hierbei setzten die Wissenschaftler unter der Leitung von Robert und Joanne Simpson am NOAA's Experimental Meteorological Research Laboratory in Miami besonders auf den Einsatz numerischer Simulationen. Trotzdem blieb die Evaluation dieser kostenintensiven Experimente schwierig, weshalb die NSF im Jahre 1968 die RAND Corporation mit einer Überblicksstudie zum Thema Wettermodifikation beauftragte, die zu einem ernüchternden Ergebnis kam:

<sup>22</sup> Joseph Smagorinsky, Numerical simulation of the global atmosphere, in: G.A. Corby (Hg.), *The Global Circulation of the Atmosphere*, London (Royal Meteorological Society) 1969, 24–41, hier 25.

<sup>23</sup> Vgl. Byers: *History of Weather Modification*, 29ff.

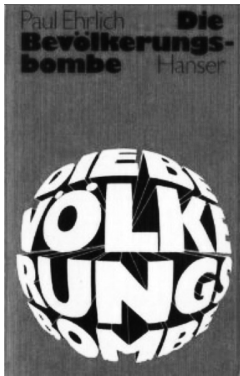


Abb. 4 *Die Bevölkerungsbombe* von Paul Ehrlich, Cover der deutschen Ausgabe von 1971

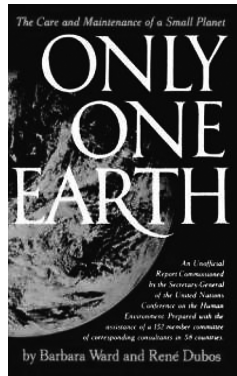


Abb. 5 *Only One Earth* von Barbara Ward und René Dubos, Cover der amerikanischen Erstausgabe von 1972

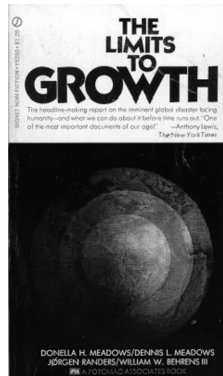


Abb. 6 *Limits to Growth* von Donella und Dennis Meadows, Cover aus den 1970ern

Three years have provided nothing substantial to the timorous optimism expressed in the National Sciences (1966) report on weather and climate modification. On the contrary, the trend of research seems to indicate a growing respect for uncertainties and desire to unravel them.<sup>24</sup>

Die hier diagnostizierte Unsicherheit bezog sich vor allem auf einen Mangel an Wissen über die Natur der Dinge, an denen man Modifikationen vornahm. Man muss die Bahn eines Sturms zuerst mit Verlässlichkeit vorhersagen können, bevor man entscheiden kann, ob eine technische Modifikation sie verändert hat oder eine Laune der *Natur*. Doch mehr und mehr bekamen die Meteorologen etwa durch die Arbeiten von Edward Lorenz zur Dynamik nichtlinearer Systeme ein Gespür für das intrinsische Chaos-Potenzial der Prozesse in der Atmosphäre, also dafür, dass ein ziemlich großes Maß an Unsicherheit zu den Betriebsbedingungen der Meteorologie gehört. In dramatischer Weise äußerte sich das im Juni 1972 in Rapid City, South Dakota, als womöglich die *Cloud Seeding*-Experimente von Wissenschaftlern der dortigen School of Mines zu einer Flutkatastrophe mit 238 Toten führte. Die Sorge um die unerwünschten und möglicherweise sogar klimatischen Nebenwirkungen der Eingriffe ins Wettergeschehen wurde zunehmend größer und daher sank die Bereitschaft zur Finanzierung dieser Projekte mit öffentlichen Geldern trotz anhaltender Empfehlungen der wissenschaftlichen Gremien in den USA rapide. Seit 1973 wurden die Budgets nach und nach gekürzt und ab 1976 alle staatlich finanzierten Projekte eingestellt, während seitdem amerikanische Firmen und die Navy den weltweiten Vertrieb der Kunst der Wettermodifikation übernahmen.<sup>25</sup>

#### IV

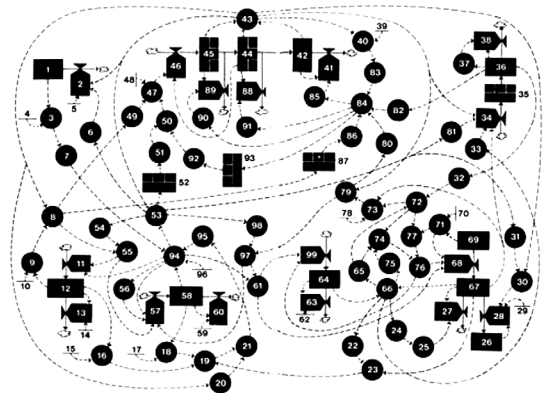
Die 1970er Jahre markieren in der Geschichte der Wetterexperimente eine Zäsur. Die Möglichkeiten lokaler Beeinflussung des Wetters zum Nutzen der Landwirtschaft oder zur Absicherung des Flugbetriebs wurden von der Öffentlichkeit zunehmend kritisch gesehen, Bürgerinitiativen formierten sich und brachten etwa das Impfen der Wolken mit Silberjodid und anderen Chemikalien in Zusammenhang mit Luftverschmutzung und Lungenkrankheiten.<sup>26</sup> Die

<sup>24</sup> RAND Corporation, *Weather-modification progress and the need for interactive research*, Santa Barbara (RAND Corp.) 1968, 223, zit. nach Chunglin Kwa, *The Rise and Fall of Weather Modification. Changes in American Attitudes toward Technology, Nature, and Society*, in: Clark A. Miller, Paul N. Edwards (Hg.), *Changing the Atmosphere. Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge/Mass. (MIT Press) 2001, 135–165, hier 147.

<sup>25</sup> Vgl. Stanley A. Changnon Jr., *The Paradox of planned Weather Modification*, in: *Bull. Amer. Met. Soc.*, 56/1, 1975, 27–37, hier 29.

<sup>26</sup> Vgl. Kwa, *The Rise and Fall of Weather Modification*, 151.

regionale Mobilisierung von Bürgern gegen Umweltverschmutzung und den Raubbau an der Natur hat nicht nur in den USA eine lange Tradition.<sup>27</sup> Was die «ökologische Revolution» der 70er jedoch ausmachte, war erstmals ein Blick für die Schiefen in der «planetarischen Haushaltsführung»<sup>28</sup>, die von einer ganzen Reihe alarmierender Publikationen thematisiert wurden, um mit Paul Ehrlichs *The Population Bomb* von 1968 (Abb. 4), Barry Commoners *The Closing Circle* von 1971 und Barbara Wards und René Dubos' *Only One Earth* von 1972 (Abb. 5) nur einige zu nennen. All diese Bücher kreisen um das beängstigende Gefühl, dass das ökologische Gleichgewicht auf der Welt instabil werden und damit das Überleben der Menschheit ernsthaft in Frage stehen könnte. Dabei ist zu konstatieren, dass die Voraussetzungen für solch planetarische Diagnosen der im wahrsten Sinne des Wortes exorbitante Anstieg der Beschreibungsdichte des Planeten durch Satelliten und andere globale Daten-Infrastrukturen waren, sowie die Möglichkeit, diese Datenbestände in Computersimulationen experimentell miteinander in Beziehung zu setzen. Das prominenteste Beispiel hierfür ist sicherlich der systemdynamische Ansatz Jay Forresters, dem ehemaligen Ingenieur technischer Frühwarnsysteme, der als Mathematiker am MIT für den Club of Rome die «Grenzen des Wachstums» simulierte (Abb. 6 u. 7). Für das komplexe Zusammenwirken demographischer, wirtschaftlicher und technologischer Faktoren – «the world *problématique*» – berechneten seine Algorithmen verschiedene Szenarien, die der Menschheit jene Rezepte aufzeigen sollten, um das globale Gleichgewicht (wieder)herzustellen.<sup>29</sup> Auch in der Meteorologie zeichnete sich in den frühen 1970er Jahren der Trend ab, dank gesteigerter Rechenleistung die Dynamik des Klimas in Globalen Zirkulationsmodellen (GCMs) weiträumig zu erfassen und in ihrer zeitlichen Entwicklung darzustellen (Abb. 8).<sup>30</sup> Der bisher hauptsächlich durch Statistiken belegbare Verdacht, dass es innerhalb weniger Dekaden zu spürbaren klimatischen Schwankungen kommen kann, wurde in modellbasierten Computerexperimenten nicht nur bestätigt, sondern – wenn auch zunächst begrenzt – vorhersagbar und die Aktivitäten der Menschheit als kritische Einflussfaktoren auf das Klima quantifizierbar gemacht. Am MIT entstanden unter der Leitung von Carroll Wilson, der selbst Mitglied des Club of Rome war, die wegweisenden Studien *Man's Impact on the Global Environment* (1970) und *Inadvertent Climate Modification* (1971), welche die neue, globale Agenda der Klimaforschung geprägt haben. Angesichts der Sorge um das globale Klima büßten die kurzfristigen, lokalen Modifikationen einzelner Wetterlagen ihr techno-utopisches Potenzial nach und nach ein. Regional kommen sie bis heute zum Einsatz, sei es bei Versuchen, Militärparaden-Wetter über den Roten Platz oder olympischen Sonnenschein über Peking zu zaubern oder Hagel über



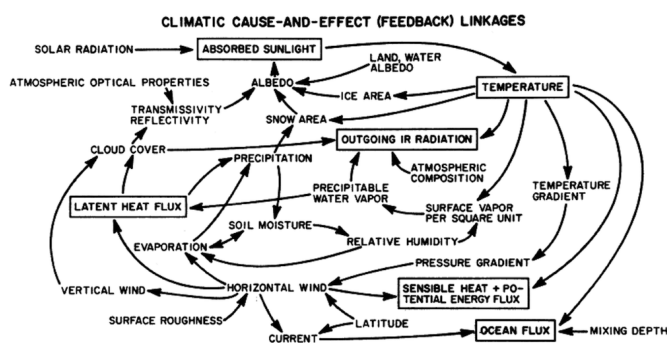
**Abb. 7** Gesamtdarstellung des Weltmodells als Flussdiagramm: physikalische, messbare Größen sind als Rechtecke dargestellt, Variablen als Kreise oder Ventile und Quellen oder Senken außerhalb des betrachteten Systems als – Wolken

<sup>27</sup> Vgl. Joachim Radkau, *Die Ära der Ökologie. Eine Weltgeschichte*, München (C.H. Beck) 2011.

<sup>28</sup> Barry Commoner, *Wachstums-wahn und Umweltkrise*, Gütersloh (C.Bertelsmann) 1973, 38.

<sup>29</sup> Jay W. Forrester, *Der teuflische Regelkreis. Das Globalmodell der Menschheitskrise*, Stuttgart (DVA) 1972.

<sup>30</sup> Paul N. Edwards, *A Brief History of Atmospheric General Circulation Modeling*, in: David A. Randall (Hg.), *General Circulation Model Development, Past Present and Future. The Proceedings of a Symposium in Honor of Akio Arakawa*, New York (Academic Press) 2000, 67–90.



**Abb. 8** Flussdiagramm des Klimasystems: «to introduce the important role of the numerous feedback mechanisms that operate in a physical system as complex as the earth-atmosphere system»

lisierung des Weltklimas in den Vordergrund, das «Management klimatischer Ressourcen», wie es der Polarflieger und Geophysiker Joseph O. Fletcher als Mitarbeiter der RAND Corporation schon 1969 für die Vereinten Nationen prognostizierte.<sup>32</sup> Stephen H. Schneider, einer der führenden Klimatologen der letzten vierzig Jahre und seit der Ära Nixon Berater sämtlicher US-Administrationen in ökologischen Fragen, formulierte 1974 in einem Artikel in *Science*:

If we could forecast climate changes we would be faced with several options. First, to do nothing. Second, to alter our patterns of land and sea use in order to lessen the impact of climate change. And third, to anticipate climate change and implement schemes to control it.<sup>33</sup>

Nichts zu tun, blieb angesichts des enormen Zuwachses an Wissen über die *tip-ping elements* der Zukunft, das die Klimaforschung in der Folgezeit produzieren sollte, keine Option. Bereits Ende der 1970er Jahre tendierten die wissenschaftlichen Meinungen zur Zukunft des Weltklimas in Richtung Erderwärmung, obgleich sie noch kaum messbar war, da die Industrie-Aerosole in der Atmosphäre in den vorangegangenen Dekaden trotz anthropogenem Treibhauseffekt eher zu einer Abkühlung geführt hatten.<sup>34</sup> Und neben Anpassung an den Klimawandel und Vermeidung von Emissionen zur Stabilisierung eines «optimum climate»<sup>35</sup> – was auch immer das im globalen Maßstab bedeuten kann – kamen bald eine Reihe von Maßnahmen ins Gespräch, die auf die Modifikation jener virtuellen Komponenten zielten, deren systemische Verwicklungen überhaupt erst in den gekoppelten Simulationen verschiedener ökologischer Subsysteme sichtbar wurden, nämlich Strahlungsbilanzen und CO<sub>2</sub>-Management. Die «Vast Machine» der Klimaforschung, wie sie jüngst eindrucksvoll von Paul N. Edwards analysiert worden ist, produziert dabei in der beständig rekursiven Adressierung und Optimierung ihrer eigenen Befunde jenes stabile Zukunftswissen, das sich in einer globalen Organisation dieser Forschung selbst zu legitimieren und perpetuieren scheint.<sup>36</sup> Man kann dabei den Eindruck gewinnen, dass das Wissen um den Klimawandel und andere düstere Umweltszenarien seit einigen Jahrzehnten den *apocalypse gap* auffüllen, den das Ende des Kalten Krieges hinterlassen hat. Jedenfalls wirkte die durch die «Vast Machine» hergestellte

<sup>31</sup> Vgl. Deborah Shapley, *Weather Warfare*. Pentagon concedes 7-Year Vietnam Effort, in: *Science*, 184, 1974, 1050–1061.

**32** Joseph O. Fletcher, *Managing Climatic Resources*, Santa Monica (RAND Corp.) 1969.

**33** W. W. Kellogg, Stephen H. Schneider, *Climate Stabilization: For Better or for Worse?*, in: *Science*, 186, 1974, 1163–1173, hier 1163.

34 Vgl. die ausgezeichnete Dokumentation der Entdeckung des Global Warming auf der Seite des amerikanischen Wissenschaftshistorikers Spencer Weart: <http://www.aip.org/history/climate/index.htm>, gesehen am 4.2.2012.

**35** Kellogg, Schneider, Climate Stabilization, 1163.

**36** Edwards, *Vast Machine*, 20–25.

Gewissheit über die bedrohte Zukunft äußerst anregend auf die Phantasie der Wissenschaftler, Ingenieure und zunehmend auch die der Politiker.

Zu den in den prominentesten Rettungsmaßnahmen des Weltklimas gehört beispielsweise das *Solar Radiation Management* durch die Installation eines Schwarms von 16 Billionen reflektierenden Kunststoffblättchen am sogenannten Lagrange-Punkt, an dem sich die Anziehungskräfte von Sonne und Erde gegenseitig aufheben (Abb. 9). Die Blättchen sollen mit GPS und Radiotechnik so ausgestattet werden, dass sie je nach Strahlungsbedarf regulierbar wären, so der Astronom Roger Angel, der die Kosten auf «a few trillion dollars» über circa 25 Jahre verteilt schätzt, was etwa 0,5% des weltweiten Bruttoinlandsproduktes entspräche.<sup>37</sup> Seit den späten 1970er Jahren werden zudem Verfahren zur Injektion zusätzlicher Aerosole zum Aufbau eines stratosphärischen Schutzschildes diskutiert, gewissermaßen die Nachahmung jener *Experimente*, die die Natur in Form von Vulkanausbrüchen ausführt und deren Einflüsse auf das Weltklima seit geraumer Zeit relativ genau detektiert werden konnten. Auch Edward Teller, der Vater der Wasserstoffbombe, widmete sich in seinem Spätwerk den Möglichkeiten des Climate Engineering. Da er im anthropogenen Klimawandel lediglich eine «possibility» – in der Bedrohung durch Eiszeiten jedoch eine erdgeschichtlich bewiesene «certainty» gesehen hat, was mit den durch seine Arbeiten getriggerten Szenarien für den nuklearen Winter zusammenhängen mag, diskutierte er in einem Artikel von 1997 sowohl Verfahren zur «insolation modulation», wie auch zur Kontrolle der langwelligen Infrarotstrahlung, die von der Erde ausgeht, um nicht nur eine Erderwärmung sondern auch ««little» and full-sized Ice Ages» zu verhindern.<sup>38</sup> Zuletzt förderte die von *Microsoft* finanzierte Firma *Intellectual Ventures* die Erforschung eines «Stratoshields» gegen die Erderwärmung, bei dem die Partikel von der Erde aus durch einen Schlauch, der von einem Ballon getragen wird, in die obersten Regionen der Stratosphäre transportiert werden. Erste Feldversuche mit einer vergleichbaren Technologie sollen demnächst auf einer Militärbasis im Osten Englands im Rahmen des staatlich finanzierten Projekt SPICE stattfinden.<sup>39</sup> Unzählige weiterer Maßnahmen aus der Abteilung *Carbon Dioxid Removal*, also der Einlagerung atmosphärischen Kohlendioxids in den Senken des Planeten, werden in zahlreichen seriösen wissenschaftlichen Journalen diskutiert und bereits teilweise in Feldversuchen getestet: von der «Düngung» großer Meeresflächen zur Anregung des Algenwachstums, wodurch mehr CO<sub>2</sub> in der Algenbiomasse fixiert und nach und nach in den Tiefen des Ozeans verschwinden soll<sup>40</sup>, bis zum Abscheiden von CO<sub>2</sub> aus industriellen Rauchgasen und deren Einlagerung in geologischen Formationen (Carbon Capture and Storage – CCS).

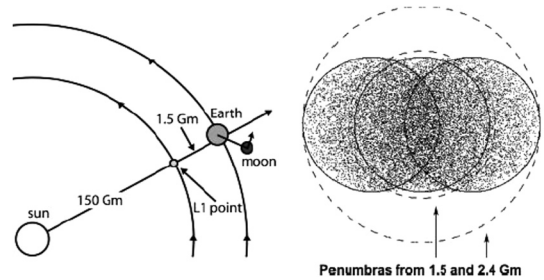


Abb. 9 Schematische Darstellung des Sonnenschildes

<sup>37</sup> Roger Angel, Feasibility of cooling the Earth with a cloud of small spacecraft near the inner Lagrange point, in: PNAS, 103/46, 2006, 17184–17189; ein ähnliches Verfahren wurde 1989 von J.T. Early vorgeschlagen und die Idee eines kosmischen Spiegels geht bereits auf Hermann Oberth zurück.

<sup>38</sup> Edward Teller, Lowell Wood, Roderick Hyde, Global Warming and Ice Ages. Prospects for Physics-Based Modulation of Global Change, Lawrence Livermore National Laboratory, UCRL-JC-128715 Preprint 1997.

<sup>39</sup> SPICE steht für Stratospheric Particle Injection for Climate Engineering, <http://www2.eng.cam.ac.uk/~hemh/SPICE/SPICE.htm>, gesehen am 4.2.2012.

<sup>40</sup> Im Frühjahr 2009 lief das deutsche Forschungsschiff Polarstern in Kapstadt aus, um in deutsch-indischer Forschungsk Kooperation mit 20 Tonnen Eisensulfat ein 300 Quadratkilometer großes Gebiet im Südatlantik zu düngen. LOHAFEX heißt das Projekt, Loha ist Hindi und bedeutet Eisen, FEX steht für Fertilization Experiment.



**Abb. 10** Die starke Hand des weißen Mannes regelt das Weltklima, Plakat eines Symposiums zum Thema Climate Engineering im Oktober 2009 am MIT

<sup>41</sup> Vgl. Paul J. Crutzen, Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: a Contribution to Resolve a Policy Dilemma? An Editorial Essay, in: *Climatic Change*, 77, 2006, 211–220.

<sup>42</sup> Paul J. Crutzen, Eugene F. Stoermer: The Anthropocene, in: *IGBP Newsletter*, 41, 2000, 17.

<sup>43</sup> Sloterdijk, *Sphären*, Bd. 3, 317ff.

<sup>44</sup> Vgl. Dipesh Chakrabarty, The climate of history. Four theses, in: *Critical Inquiry*, 35, 2009, 197–222.

<sup>45</sup> Vgl. dazu Sabine Höhler, Rafael Ziegler, Nature's Accountability. Stocks and Stories, in: *Science as Culture*, 19/4, 2010, 417–430.

<sup>46</sup> Vgl. bspw. *Geoengineering the climate. Science, governance and uncertainty*. Royal Society Policy Document, London (Royal Society) 2009; Technikfolgenabschätzung: Theorie und Praxis, 19/2, 2010: Climate Engineering: ein Thermostat für die Erde?

V

Im Jahr 2000 prägte der Chemie-Nobelpreisträger Paul J. Crutzen, einst Theoretiker des nuklearen Winters – nun des «Albedo Enhancements»<sup>41</sup>, mit der Wiederaufnahme des Begriffs «Anthropozän»<sup>42</sup> eine für das aktuelle Erdzeitalter durchaus angemessene Lagebeschreibung. Ihn anzuerkennen – wie durch die altehrwürdige Geological Society of London geschehen –, setzt allerdings auch eine mächtige Diskursmaschine in Gang. Denn indem der epochale Einfluss von Industrialisierung und technowissenschaftlicher Experimentalisierung des Planeten auf die Naturgeschichte desselben benannt und die Menschheit als geologischer, die planetarische Umwelt bestimmender Akteur ins Feld geführt wird, liegt der Umkehrschluss nahe, die großtechnische Steuerung der Umwelt als notwendig oder wünschenswert zu begreifen und diese sogar als Überlebensstrategie zu inszenieren, um die Zukunft der Spezies Mensch

zu sichern. Beim Bau an einer solchen «absoluten Insel»<sup>43</sup> implodiert jedoch die historische Unterscheidung von Menschen- und Naturgeschichte, von Innen und Außen, wobei man konstatieren muss, dass es gerade die besondere Vernunft der gegenwärtigen Wissenschaft ist, die Fähigkeit der «Vast Machine», unermessliche Zeitspannen zu operationalisieren und zu projizieren, die unausweichliche politische Zwänge zur Intervention zu produzieren scheint.<sup>44</sup> Gerade in jüngster Zeit, da sich die globale Umweltpolitik angesichts einer international angespannten wirtschaftlichen und finanzpolitischen Situation in einer äußerst schwierigen Lage befindet und auch die *Carbon Economy* das Ansteigen der Emissionen nicht verhindern wird<sup>45</sup>, werden die teilweise jahrzehntealten Vorschläge zur technischen Stabilisierung des Klimas als *ultima ratio* gegen die drohende Klimakatastrophe auf das Tableau der Wissenschaftspolitik gehoben. Eine Reihe von internationalen Konferenzen (Abb. 10), Machbarkeitsstudien und Reports der Technikfolgenabschätzung haben sich in den letzten Jahren der Evaluation von technologischen Optionen gegen den Klimawandel im Auftrag der Politik angenommen.<sup>46</sup> Auch im Deutschen Bundestag gab es im Herbst 2011 im Rahmen der Jahrestagung der EPTA (European Parliamentary Technology Assessment) mit dem biblischen Titel *Hope-, Hype- and Fear Technologies* ein Panel zum Thema *Climate Engineering*. Kurz zuvor wurde die Studie *Gezielte Eingriffe in das Klima?* des Kiel Earth Institute vorgestellt, die im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung erstellt wurde.<sup>47</sup> Sogar der fünfte Sachstandsbericht des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) wird sich mit den Potenzialen des *Climate Engineering* beschäftigen. Eine weitere argumentative Grundlage zur Plausibilisierung solcher Eingriffe angesichts des drohenden Klimawandels liefert die Integration des Konzepts der Nachhaltigkeit, das seit dem UN-Bericht *Our Common Future* (1987) der

Brundtland-Kommission die Diskurse von Umwelt und Entwicklung in einem einzigen Diskurs miteinander verschränkte.<sup>48</sup> Das technowissenschaftlich rationale Vorgehen gegen den Klimawandel, das sich aus den modellierten Szenarien zu ergeben scheint, wird damit um eine ökonomische Rationalität erweitert, die sogar soweit geht, die Vermeidung von Emissionen und die Maßnahmen des *Climate Engineerings*, ja sogar schon deren Erforschung in wirtschaftlicher Hinsicht zu Substituten zu erklären, wie kürzlich im Bericht des Kiel Earth Institutes geschehen.<sup>49</sup> Fraglich ist allerdings, wer überhaupt entscheiden könnte, welche der beiden Optionen im globalen Maßstab verfolgt werden sollte. Andererseits, so wird argumentiert, könne man sich einen Verzicht auf die Erforschung des *Climate Engineerings* zur Erweiterung des «Reaktionsportfolios»<sup>50</sup> für künftige Generationen auch moralisch gesehen gar nicht leisten – «Arming the future» heißt das im Expertendiskurs.

Für die Kultur- und Medienwissenschaften sollte das in Zukunft heißen, verstärkt einen Blick für jene medialen Prozesse zu entwickeln, welche die Natur seit der Mitte des 20. Jahrhunderts in ein technisches *environment* transformiert haben, das sich selbst scheinbar nur noch technologisch ansteuern lässt.

<sup>47</sup> Vgl. Rickels, Klepper, Dovern, Betz, Brachatzek, Cacean, Güssow, Heintzenberg, Hiller, Hoose, Leisner, Oschlies, Platt, Proell, Renn, Schäfer, Zürn, *Gezielte Eingriffe in das Klima? Eine Bestandsaufnahme der Debatte zu Climate Engineering. Sondierungsstudie für das Bundesministerium für Bildung und Forschung*, Kiel Earth Institute 2011, <http://www.kiel-earth-institute.de/projekte/forschung/gesamtstudie>, gesehen am 4.2.2012.

<sup>48</sup> Vgl. dazu Sabine Höhler, Fred Luks, *Die ökonomische Konstruktion ökologischer Wirklichkeit: Vorarbeiten, Thesen und Konkretisierungen zum Expertendiskurs der «Nachhaltigen Entwicklung»*, NEDS Working Papers 5, 8/2004, 26.

<sup>49</sup> Rickels et al., *Gezielte Eingriffe in das Klima*, 66f.

<sup>50</sup> Ebd. 13.