

**Ein
heißer
Fall**

Das Potsdam-Institut
für Klimafolgenforschung
klärt auf



Herausgeber:
Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)
www.pik-potsdam.de
PIK ist ein Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft

Text und Idee: Margret Boysen
Beratung und Produktion: Alexandra Hamann
Gestaltung und Illustration: Andreas Töpfer
Druck und Bindung: GS Druck und Medien GmbH, Potsdam
ISBN: 978-3-946979-03-6

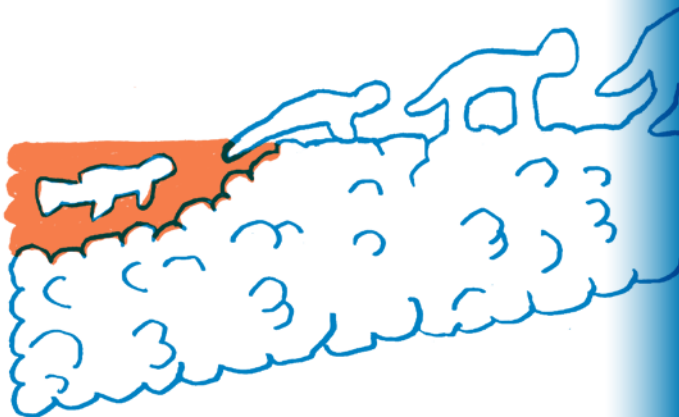
mintwissen Verlag Berlin
1. Auflage © PIK 2017
Alle Rechte vorbehalten

Ein Das Potsdam-Institut
heißer für Klimafolgenforschung
Fall klärt auf

Vor ca. 12.000 Jahren Nach dem Ende der letzten Eiszeit ermöglicht eine Epoche enormer Klimastabilität mit gemäßigten, warmen Temperaturen die Entwicklung einer auf Landwirtschaft gegründeten Zivilisation.



1787 Durch die Verbrennung fossiler Energieträger wird der Mensch zu einer geologischen Kraft. Daraus entsteht eine neuartige wissenschaftliche und individuelle Verantwortung für die „Bewahrung der Schöpfung“. Statt, wie bis vor der industriellen Revolution, an seine nähere



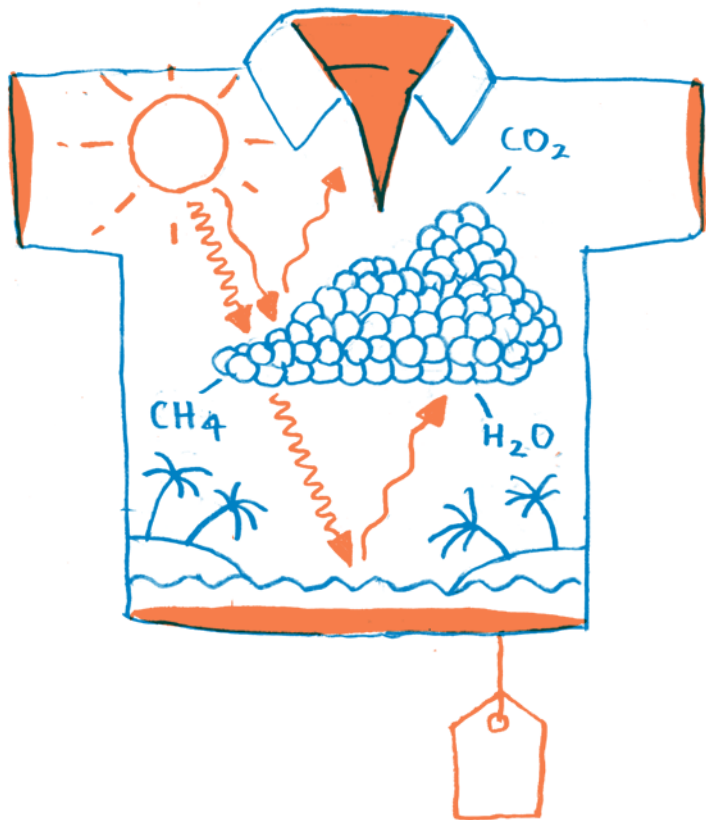
ökologische Umgebung gebunden, ist der Mensch nun in jedem Winkel der Erde Teil einer globalen Entwicklung. Mit seinem Handeln verändert er das gesamte Erdsystem, lässt Temperatur und Meeresspiegel steigen und bestimmt so über das Leben und Überleben jedes Einzelnen mit.



Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK) treibt seit seiner Gründung im Jahr 1992 sowohl die Wissenschaft als auch den politischen Diskurs über den Klimawandel voran. Aber wie kam es überhaupt zu der Erkenntnis, dass der Mensch das Klima verändert? Der Werdegang und Erfolg des PIK sind nur im Licht der Aufklärung und im Kontext vorangegangener Forschung zu verstehen. Drei Wissenschaftler trugen besonders zur Entdeckung und Erklärung des Treibhauseffekts bei: Joseph Fourier, John Tyndall und Svante Arrhenius.

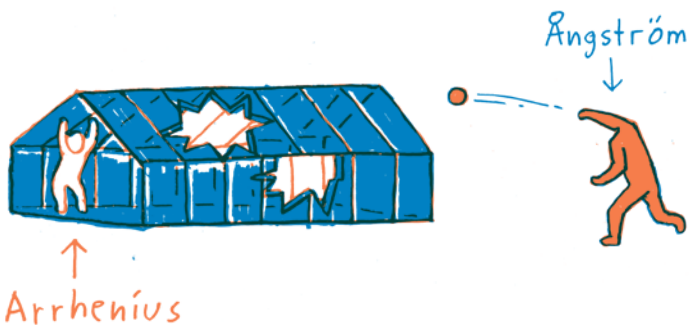


1827 1827 bringt Fourier die Infrarotstrahlung erstmals mit dem Wärmehaushalt der Atmosphäre in Verbindung. 1859, rund 30 Jahre später, erforscht Tyndall die Wirkung wichtiger Spurengase auf die Ausbreitung von Infrarotstrahlen. Insbesondere Kohlendioxid und Wasserdampf behindern die langwellige Strahlung beim Durchqueren der Atmosphäre Richtung Weltall, indem sie diese elektromagnetischen Wellen absorbieren und mit häufig geänderter Wellenlänge und in alle Richtungen wieder aussenden. Dadurch erwärmt sich die Atmosphäre wie die Luft in einem Glashauss.

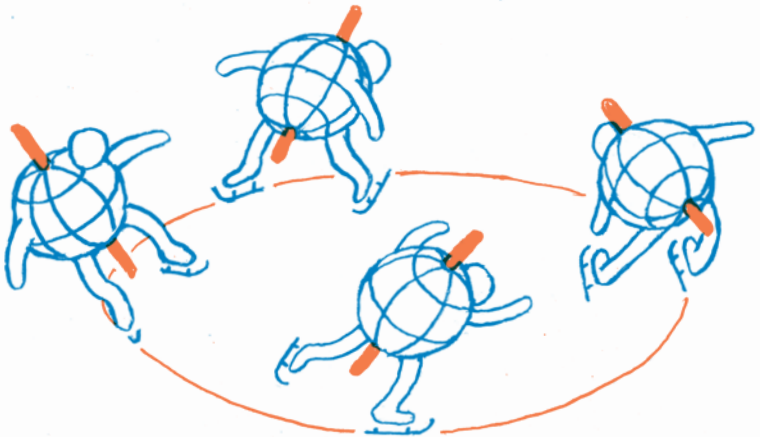


Der Treibhauseffekt

1896 Der Schwede Arrhenius berechnet 1896 den wärmenden Einfluss des atmosphärischen CO_2 auf das Erdklima. Arrhenius irrte jedoch, als er glaubte, der Treibhauseffekt durch die Verbrennung fossiler Energieträger sei relativ harmlos, weil der Ozean die zusätzliche Wärme aufnehme. Und der Forscher Knut Ångström konnte mit einem falsch konzipierten Experiment die Fachwelt glauben machen, dass Arrhenius' Arbeit wertlos sei. Auf diese Weise verschwand ein Menschheitsproblem über 50 Jahre in der Mottenkiste.

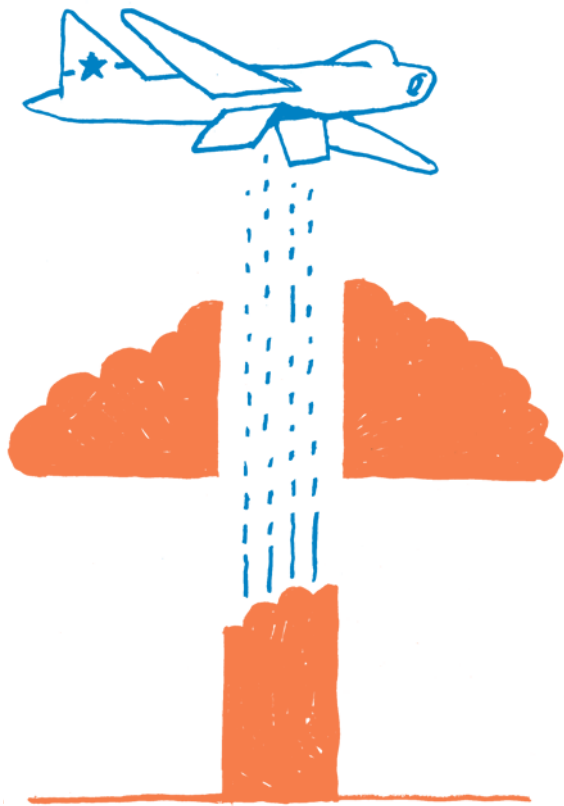


1920 Unabhängig davon beginnt in den ersten
bis Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts Milutin
1941 Milanković mit seinen Forschungen zur
Entstehung der Eiszeiten. Er kann er-
klären, wie quasi-periodische Veränderungen
von Erdbahn und Erdachse zu entsprechenden
Schwankungen in der Besonnung der Nordhemi-
sphäre führen und so die globale Mitteltempera-
tur um mehrere Grad Celsius verändern – die den
Unterschied zwischen einer Warm- und einer
Eiszeit ausmachen.



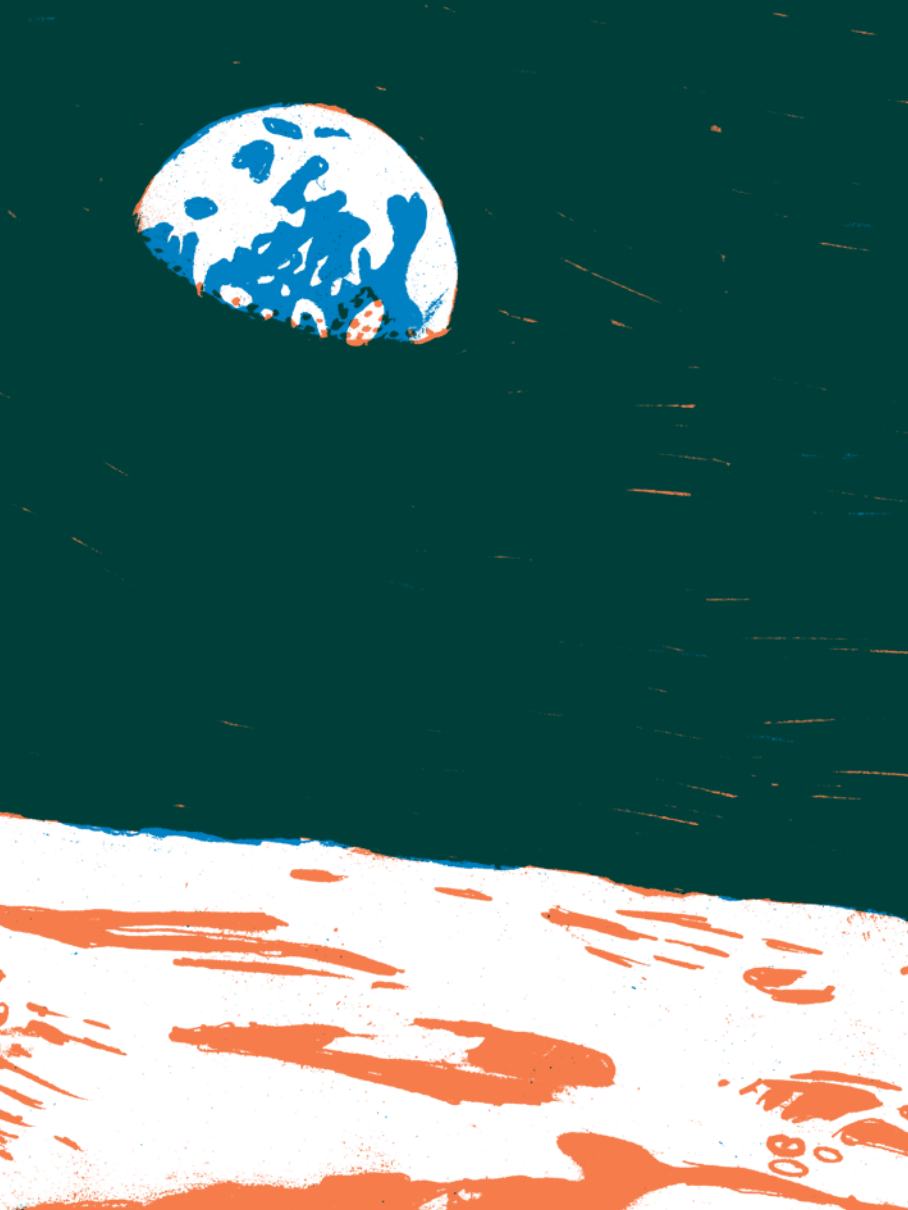
Milanković-Eistanz

1950er Im Kalten Krieg denken Amerikaner und Russen aus militärischen und wirtschaftlichen Gründen über gezielte Wettermanipulation nach. Ungewollt treiben sie so die methodischen Entwicklungen zur Erforschung des Klimas voran: Ausgerechnet das dunkle Genie John von Neumann, der sich auch schon beim Bau der Atombombe Meriten verdiente, eröffnet den Weg zur modernen numerischen Wettervorhersage und damit zur Computersimulation der nichtlinearen Atmosphärendynamik. Zeitgleich können die Klimaforscher Charles Keeling (mit seinen CO_2 -Messungen auf Hawaii) und Hans Suess (mittels Isotopenchemie) nachweisen, dass der Mensch direkt den CO_2 -Gehalt der Atmosphäre verändert. Obwohl man eigentlich mit einer Erwärmung rechnen müsste, zeigen die Beobachtungsdaten von 1945 bis 1970 eher eine Abkühlung der Erdoberfläche! Ob es sich hierbei um Messfehler oder eine Verschleierung des Treibhauseffektes durch Luftverschmutzung handelt, konnte bis heute nicht vollständig geklärt werden.



Wettermanipulation

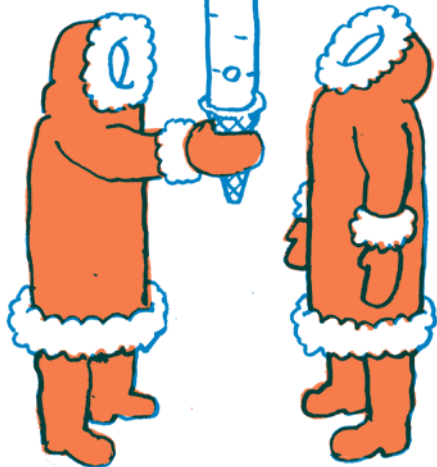
1968 Das legendäre Foto „Earthrise“, aufgenommen am 24. Dezember 1968 von einem Astronauten der Apollo 8, markierte den Beginn einer neuen Wahrnehmung der Erde als zerbrechlich schönen Heimatplaneten.



1960er bis 1970er Ab etwa 1960 greifen die Klimaforscher Suki Manabe und andere auf die Computermodelle zur Wettervorhersage zurück. Sie beziehen nun die Größe Kohlendioxid mit ein und können so zum ersten Mal ernstzunehmende Simulationsmodelle erstellen. In den 1970er Jahren beginnen auch die Eisbohrungen in der Antarktis. Mittels Analyse der in den Eisbohrkernen eingeschlossenen Luftbläschen kann man den CO_2 -Gehalt der Atmosphäre der vergangenen Jahrtausende rekonstruieren. Im Jahr 2005 reicht der Blick zurück schon 650.000 Jahre weit! Damit steht fest: Der CO_2 -Gehalt der Luft erhöhte sich in den letzten 120 Jahren schneller und stärker als jemals zuvor in der jüngeren Erdgeschichte. Während man noch die Abkühlungsperiode nach dem Zweiten Weltkrieg diskutiert, klettert die Temperatur der Erdatmosphäre deutlich nach oben.

-2005

-650,000 Jahre



1989 Als die Berliner Mauer fällt, liegt die globale Mitteltemperatur bereits um $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ über dem vorindustriellen Wert (1880–1920).



Zusammenbruch
der Schwerindustrie
im Sowjetischen Block

1992 Führende Umweltwissenschaftler fordern die Gründung eines Instituts für Klimafolgenforschung. Zunächst soll es dazu dienen, die Reaktion von Öko- und Agrarsystemen auf steigende Temperaturen zu erforschen.

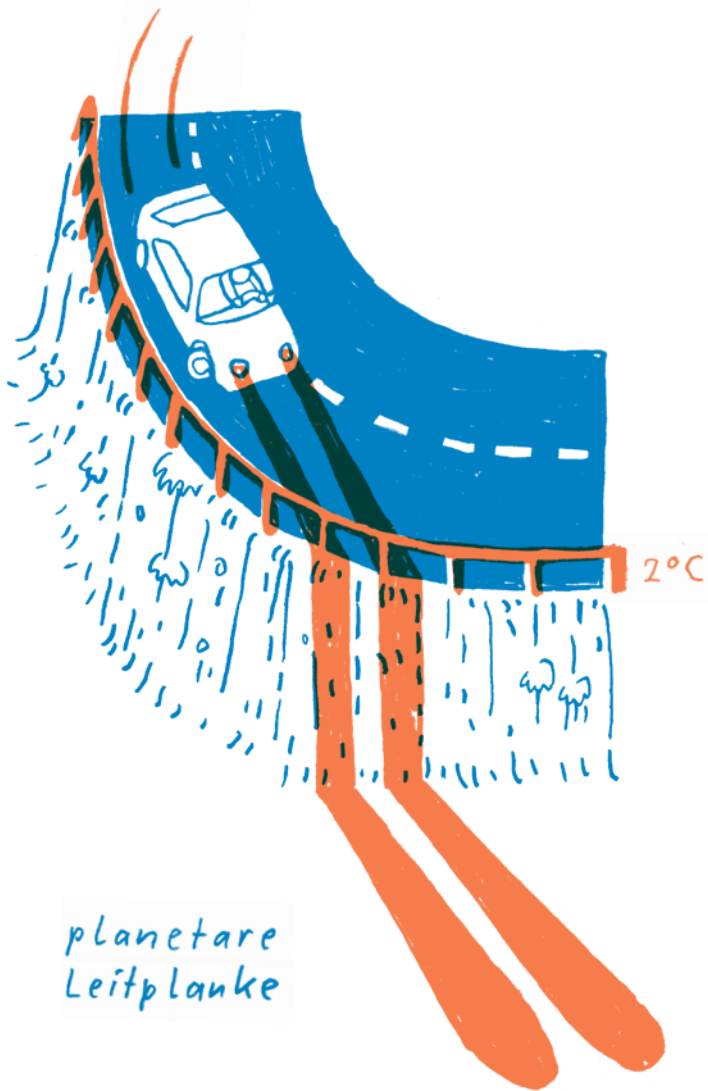


1994 Bald darauf erfolgt unter der Leitung des Gründungsdirektors Hans Joachim Schellnhuber eine Verschiebung des Forschungsansatzes, weg von sektoralen Einzelstudien hin zu einem systemanalytischen Ansatz. Die Leitfrage lautet nun: Welche überregional bedeutsamen Prozesse in der planetaren Maschinerie können durch eine Temperaturerhöhung gestört werden? Dieser Ansatz versucht, nicht nur graduelle, sondern auch disruptive Änderungen zu erfassen: Wo befinden sich mögliche Katastrophenomänen? Die Überlegungen zur Begrenzung der globalen Temperaturerhöhung auf 2 Grad nehmen ihren Anfang – und zwar auf einer 1994 vom PIK veranstalteten Konferenz zur Erdsystemanalyse. Auch frühere Klimaveränderungen spielen dabei eine Rolle. Die verursachenden Faktoren der Warm-Kaltzeit-Periodik sind zwar leidlich bekannt, aber noch ist nicht geklärt, wie die wichtigsten Prozesse ineinandergreifen: Welche Kaskaden von Rückkopplungen sind im Erdsystem denkbar? Nicht nur Datenintegration und Computermodellierung spielen dabei eine Rolle, sondern vor allem die Einsichten der Nichtlinearen Dynamik.



Blick von draußen

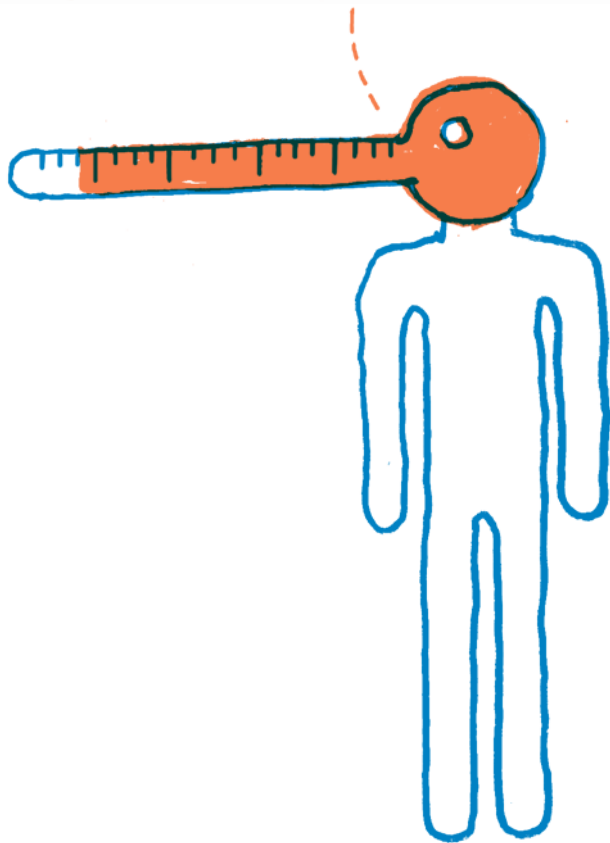
1995 Während Klimaforscher aus aller Welt den Indizienprozess gegen den der Erderwärmung angeklagten Menschen weiterführen, entwickeln das PIK und der „Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen“ auf Initiative von Schellnhuber bereits den Gedanken einer planetarischen Leitplanke: Konkret wird die Forderung begründet, dass die globale Mitteltemperatur nicht über mehr als zwei Grad steigen dürfe – bezogen auf die vorindustrielle Zeit. Diese Grenze findet 1995 im Vorfeld der Klimakonferenz von Berlin, der ersten Vertragsstaatenkonferenz (COP, Conference of the Parties) überhaupt, eine gewisse Beachtung. Es soll noch 20 Jahre dauern, bis dieses Konzept seine Sternstunde erlebt.



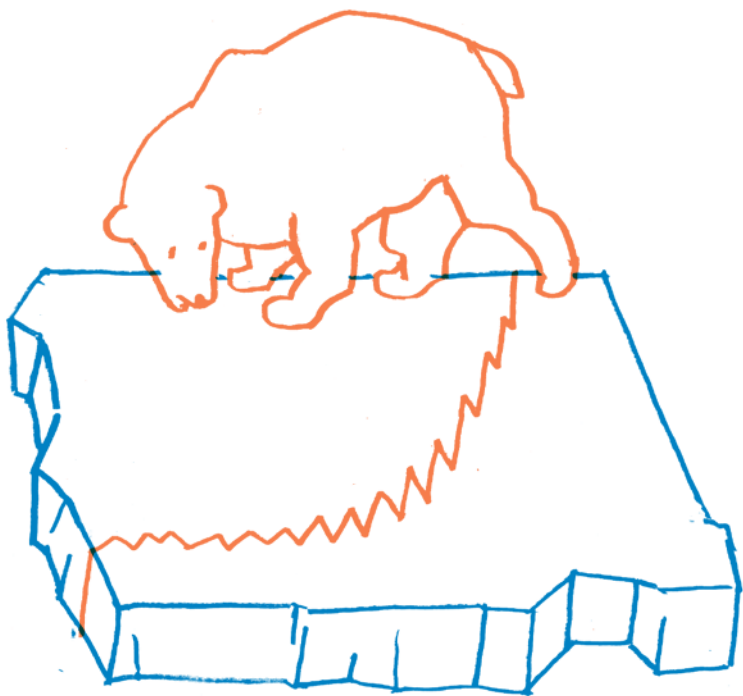
planetare
Leitplanke

Trotz eines weiteren Anstiegs der globalen Mitteltemperatur wird die Verbindung zwischen Erderwärmung und dem menschlichen Wirken noch lange in Frage gestellt. Zum einen aus wirtschaftlichen Interessen, und zum anderen, weil man die Natur vieler natürlicher Fluktuationen im Klimasystem noch nicht genau verstanden hat. Lange Zeit hängt – und erwürgt sich – die Diskussion an der Frage, ob die Zunahme von Extremwetterereignissen direkt mit der globalen Erderwärmung zusammenhängt. Auch ungeklärte Fragen, etwa bezüglich der Rolle der Wolken oder der exakten Klimasensitivität, dienen immer wieder als Blockadeargumente gegen angeblich kostspieligen Klimaschutz.

Es gibt keinen Klimawandel!



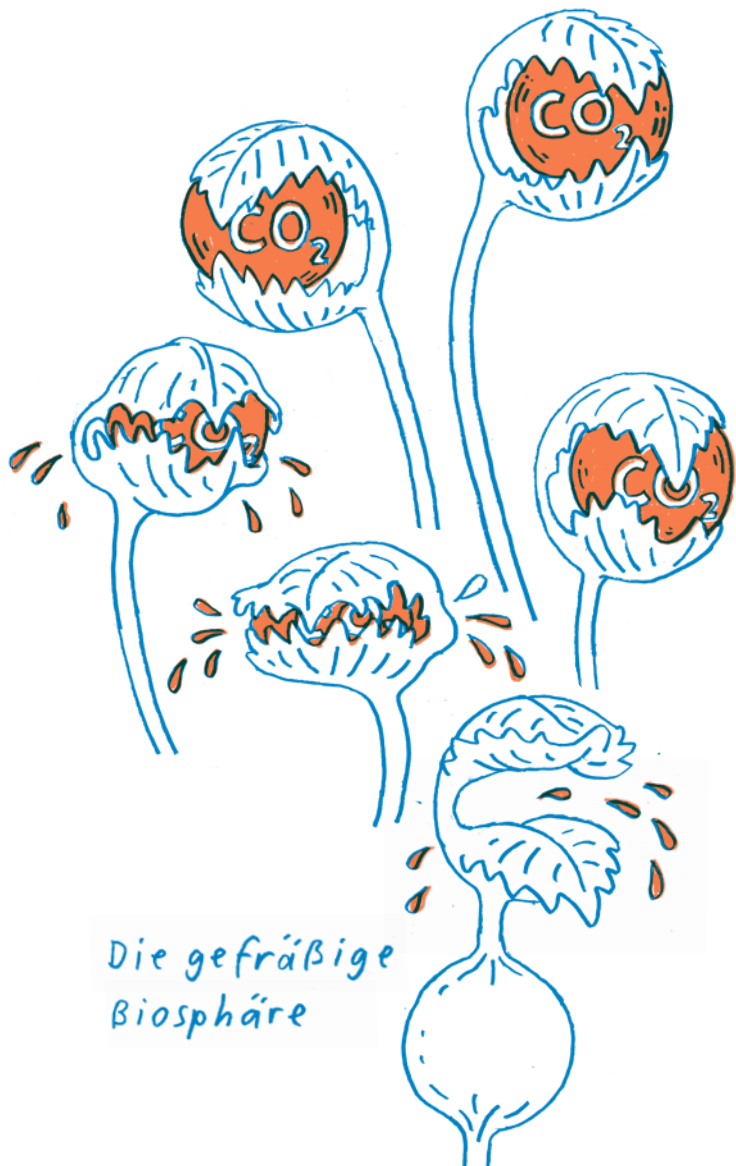
1996 Schließlich kann 1996 – hundert Jahre nach Arrhenius' Herleitung des Treibhauseffekts – eine Forschergruppe um Klaus Hasselmann in Hamburg das Signal einer zusätzlichen Erderwärmung aus dem Rauschen der natürlichen Klimaschwankungen herausfiltern. In den kommenden Jahren weisen immer mehr Ausschlussdiagnosen auf den Menschen als Verursacher einer – erdgeschichtlich betrachtet sprunghaften – globalen Erwärmung hin.



Das Holozän zerbricht

1999 Unter PIK-Beteiligung gelingt es 1999 zu quantifizieren, wie viele der menschgemachten CO₂-Emissionen von der Vegetation gebunden werden. Natürlich nimmt auch der Ozean Kohlenstoff auf und verlangsamt die Erderwärmung. Jedoch nicht ausreichend, wie wir heute wissen.

Der PIK-Wissenschaftler Stefan Rahmstorf erhält den mit einer Million Dollar dotierten „Jahrhundert-Preis“ der James S. McDonnell Foundation – in Anerkennung seiner bahnbrechenden Arbeiten zur Stabilität der thermohalinen Zirkulation in den Ozeanen. Das besorgte Hauptinteresse gilt dabei dem nordatlantischen Golfstrom, der inzwischen tatsächlich schwächelt, wie Rahmstorf in einer späteren Analyse (2015) erläutert.



Die gefräßige
Biosphäre

2000 Der Klimawandel greift bereits tief ins irdische Gefüge ein, mit ernstesten Folgen für Natur und Kultur. Die Identifizierung und Beforschung von sogenannten Kippelementen – ein im Jahr 2000 von Hans Joachim Schellnhuber entwickelter Ansatz – soll konkretisieren, bei wieviel Grad man die Erderwärmung stoppen muss. Kippelemente sind Teile des Erdsystems, die einen klimasensiblen Kippunkt besitzen, also die durch die Erderwärmung ihren qualitativen Zustand für lange Zeit oder sogar für immer ändern können – mit gefährlichen Auswirkungen auf das vertraute Leben auf der Erde. Das Abschmelzen des Grönlandeises, Korallensterben, die Veränderung von Meeresströmungen und Windsystemen und anderes mehr gehören dazu.



2001 Das PIK, zunächst in einem ehemaligen Stasi-Komplex in Ost-Berlin, dann in Containnern notuntergebracht, zieht 2001 in das ehemalige „Königliche Astrophysikalische Observatorium“. Das 1878 errichtete und in den 1970ern aufgegebenes Gebäude beherbergt einst das erste astrophysikalische Institut der Welt.



2003 Weltweit, und unter Führung von Vladimir Petoukhov am PIK, werden immer mehr Einsichten gewonnen, wie extreme Wetterereignisse und Klimawandel zusammen hängen: Seit 2003 wird am Institut zum Verhalten der Jet Streams – mäandrierende Starkwindbänder in großer Höhe – geforscht. Diese entstehen durch Temperaturdifferenz und -ausgleich zwischen Polen und Äquator sowie durch die Erdrotation. Sie organisieren Hoch- und Tiefdruckgebiete und verändern ihre Stabilität und Dynamik mit dem Klimawandel, insbesondere wegen der überproportionalen Erwärmung der Arktis und der Kontinente. Dadurch kommt es immer häufiger zu „stehenden“ Ausbuchtungen – den sogenannten quasi-resonanten Rossby-Wellen – des nördlichen Jet Streams, welche hartnäckige Wetterlagen mit sich bringen. Extreme Dürren und Überflutungen sind die Folge.



Wenn der Jet Stream Wellen schlägt ...

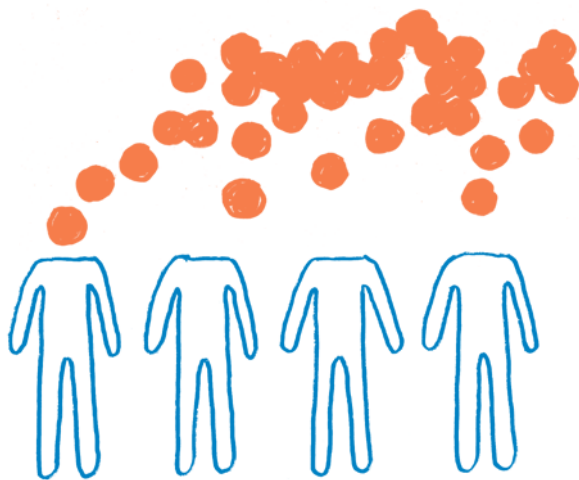
Während zahlreiche Lobbyisten und Medien mit Hilfe von wissenschaftlichen Außenseitern, die um Aufmerksamkeit buhlen, den Klimaforschern die Deutungshoheit über das Umweltgeschehen entreißen wollen und Zweifel am Klimawandel säen, denkt man am PIK längst über Lösungen nach: Wie kann man systematisch Innovationen anstoßen, um den CO₂-Ausstoß zu reduzieren?



2007 Wie könnte die Energienutzung weltweit und grundlegend für die Entschleunigung des Klimawandels umgestaltet werden? Das Potsdamer Memorandum als Ergebnis eines aufsehenerregenden Nobelpreisträger-Symposiums führt den Begriff „Große Transformation“ in die öffentliche Debatte ein.



2009 Am PIK und in Oxford entsteht die Idee eines Kohlenstoffbudgets. Sie sorgt zumindest dafür, dass die Höhe der Ambitionslatte bei den Klimakonferenzen neu diskutiert wird. Denn eigentlich stünde jedem Menschen auf der Welt das gleiche individuelle Kontingent an einem insgesamt begrenzten Kohlenstoffkredit bei der Natur zu. Damit wird auch die grundsätzliche Frage nach der Klimagerechtigkeit aufgeworfen. Auf der Konferenz in Kopenhagen gibt es dazu jedoch keine Annäherung zwischen den Industrie- und Entwicklungsländern.



CO₂-Emissionen pro Kopf zählen

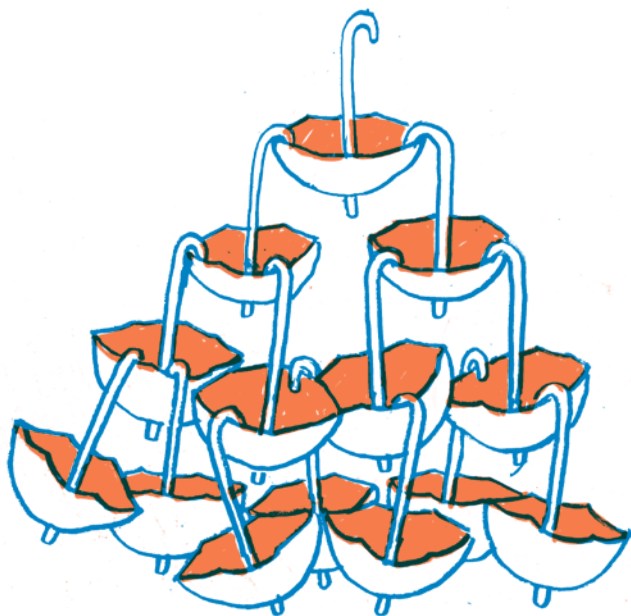
2011 Die Abscheu der Deutschen vor der Atomenergie sitzt tief. Die Fukushima-Katastrophe gibt den letzten Anstoß für den deutschen Atomausstieg. Damit kommt der Erneuerbaren Energiewirtschaft die künftige Schlüsselrolle zu. Leider darf die schmutzige und stark subventionierte Kohleindustrie weiter mitspielen. Doch die Energiewende in Deutschland wird unumkehrbar.



2012 Das Renommee des PIK ist so gewachsen, dass die Weltbank 2012 einen Flaggschiff-Report bei ihm in Auftrag gibt. Die Publikation „Turn Down The Heat“ wird online gestellt und erreicht über die sozialen Medien mehr als eine Milliarde Menschen.



2013 2013 beginnt eine Gruppe junger PIK-Wissenschaftler ein Mammutprojekt: Für eine robuste Klimafolgenabschätzung in den wichtigsten Sektoren wird eine gemeinsame Daten- und Szenarienbasis (ISI-MIP) erstellt, auf der die Ergebnisse aller weltweit verfügbaren Modelle verglichen werden können.



Klimafolgenkaskade

2013 Das PIK treibt aber auch die Methoden-
2014 entwicklung voran: Welche mathema-
tischen Verfahren lassen schnellere und
genauere Schlüsse auf die Dynamik und opera-
tive Robustheit von vernetzten Systemen zu?
Ein Beispiel ist das sogenannte „Basin Stability
Concept“, das die Gefahr von Blackouts in großen
Stromversorgungsstrukturen abschätzt und sol-
che Störungen zu vermeiden hilft. Weitere Bei-
spiele sind die Vorhersage des großen El Niño von
2015/16 durch das PIK und die Uni Gießen oder die
am PIK entwickelte Vorhersage für den Indischen
Monsun – beide Vorhersagemethoden erweisen
sich in den letzten Jahren als erfolgreich.



Basin Stability Concept

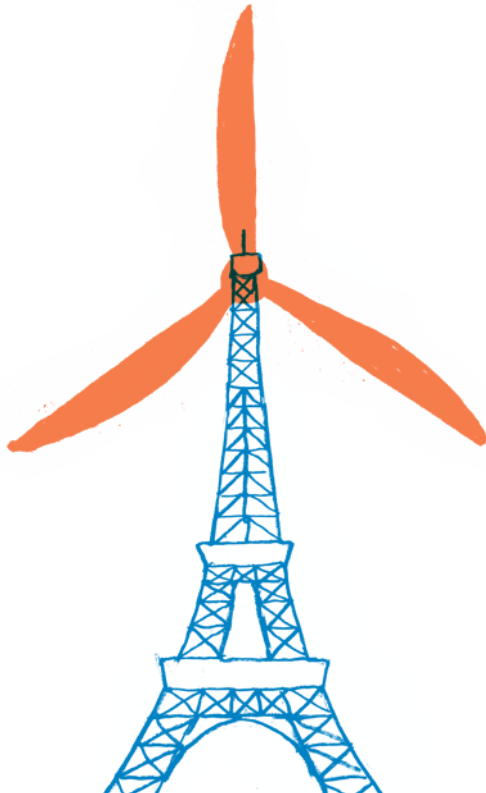
2014 Der mit Spannung erwartete Sachstandsbericht des Weltklimarats (IPCC) wird veröffentlicht. Besondere Bedeutung hat dabei der Report der Arbeitsgruppe 3, die sich mit den Strategien zur Begrenzung der Erderwärmung beschäftigt und vom PIK-Chefökonom Ottmar Edenhofer geleitet wird. Der IPCC zeigt auf, dass die 2 °C-Grenze mit vertretbarem wirtschaftlichen Aufwand gehalten werden kann. Dieser Befund wird auf die Pariser Klimakonferenz ausstrahlen.



2015 Kurz vor der Klimakonferenz in Paris fordert Papst Franziskus mit seiner Schrift „Laudato Si“ zu einem Umdenken über das Verhältnis zur Schöpfung auf. In Sachen Klima wurde der Papst intensiv vom PIK beraten; Wissenschaft und Kirche sind für Franziskus kein Widerspruch. Schellnhuber wird eingeladen, am 17. Juni 2015 in Rom die „grüne Enzyklika“ zusammen mit höchsten kirchlichen Würdenträgern der Weltöffentlichkeit vorzustellen.



Das Pariser Abkommen, auf das sich die Staatengemeinschaft 2015 anlässlich der 21. Vertragsstaatenkonferenz (COP 21) geeinigt hat, nimmt erstmals nicht nur die Industriestaaten in die Pflicht. Vielmehr sind alle Länder aufgerufen, ihren Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. Das Ziel ist, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2 °C, möglichst 1,5 °C, zu begrenzen.

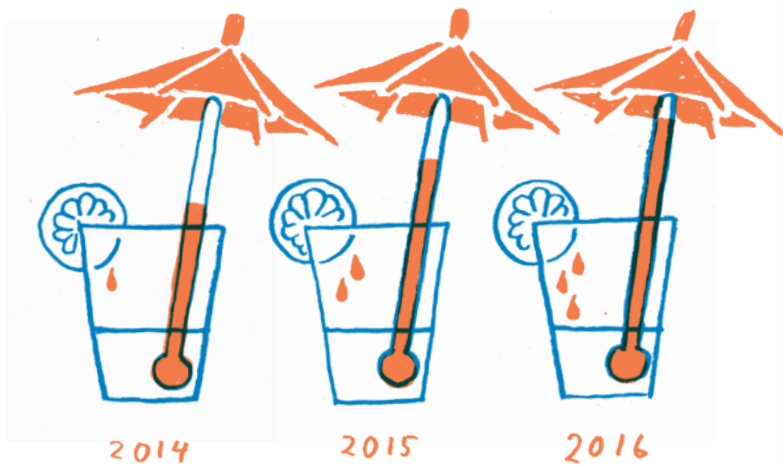


2016 2016 veröffentlicht das PIK eine bahnbrechende Studie zur Vereisungsdynamik der Erde: Nach über 20 Jahren Grundlagenforschung gelingt es Wissenschaftlern um Andrey Ganopolski die Eis- und Warmzeiten der letzten 800.000 Jahre im Computermodell nachzubilden. Und zwar zum ersten Mal ohne Hilfsannahmen und Zusatzdaten, einzig angetrieben durch die Schwankungen der irdischen Orbitalparameter und die daraus resultierenden Änderungen des CO₂-Gehalts der Atmosphäre. Auf dieser Basis kann der Beginn der letzten 10 Eiszeiten exakt rückberechnet – und der besorgniserregende Befund abgeleitet werden, dass die nächste natürliche Eiszeit (in ca. 50.000 Jahren) bereits durch die zivilisatorischen Emissionen unterdrückt ist!



Die Eiszeit im Computer

Die fruchtlose Debatte um eine vermeintliche Erwärmungspause erledigt sich von selbst. Auch die Ozeanversauerung durch CO_2 -Eintrag in die Meere schreitet ungebremst voran.



3 rekordwarme Jahre hintereinander

2017 Die globale Mitteltemperatur ist im Vergleich zum Zeitraum 1880 bis 1920 schon um etwa $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ angestiegen. Nun ist Hochgeschwindigkeitshandeln gefragt, um noch rechtzeitig eine saubere industrielle Transformation herbeizuführen.



Der Zustand der Welt und insbesondere die Klimapolitik der nahen Zukunft hängen davon ab, wie diese und verwandte Informationen auf das persönliche und kollektive Handeln wirken. Bitte fügen Sie dieses Dokument deshalb nach dem Lesen nicht dem Altpapier zu, sondern reichen Sie es weiter.



Literatur

H. J. Schellnhuber,
Selbstverbrennung – Die fatale Dreiecksbeziehung
zwischen Klima, Mensch und Kohlenstoff,
C. Bertelsmann Verlag, München, 2015

Potsdam Institute for Climate Impact Research
and Climate Analytics, Turn Down the Heat:
Why a 4° Warmer World Must be Avoided.
Weltbank, Washington DC, 2012

Papst Franziskus, Enzyklika Laudato Si',
Über die Sorge für das gemeinsame Haus,
Vatikan, 2015

Das Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung treibt seit über 25 Jahren sowohl die Wissenschaft als auch den politischen Diskurs über den Klimawandel voran. Aber wie kam es zu der Erkenntnis, dass der Mensch das Klima verändert?

Eine Spurensuche.

