

Christian-Dietrich  
Schönwiese

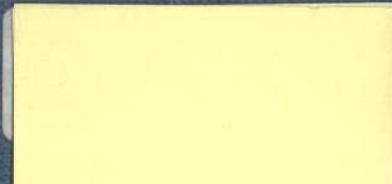
# Klima im Wandel

- Tatsachen
- Irrtümer
- Risiken

DVA

Christian-Dietrich  
Schönwiese  
Klima im  
Wandel

55  
Schön  
1



Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

**Schönwiese, Christian-Dietrich:**

Klima im Wandel: Tatsachen, Irrtümer, Risiken ;  
mit einer aktuellen Dokumentation /  
Christian-Dietrich Schönwiese. –  
Stuttgart : Deutsche Verlags-Anstalt, 1992  
ISBN 3-421-02764-1

© 1992 Deutsche Verlags-Anstalt GmbH, Stuttgart

Alle Rechte vorbehalten

Lektorat: Margot Adrion

Typographische Gestaltung: Christine Wegener

Satz: Fotosatz Dorner GmbH, Aichwald

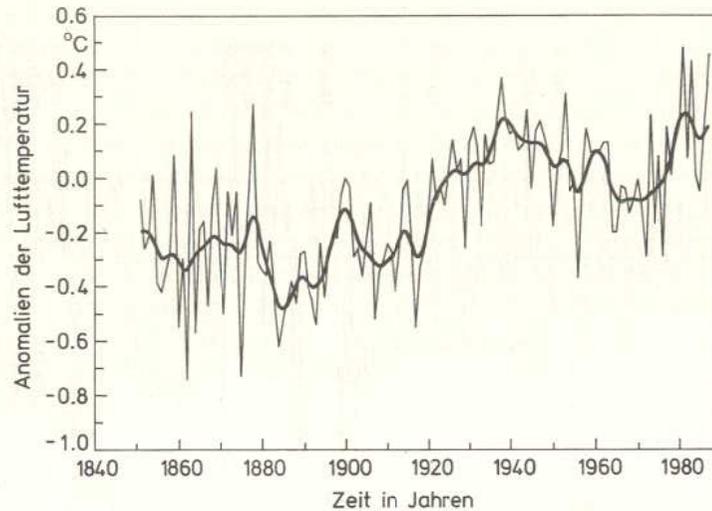
Druck und Bindearbeit:

Offizin Andersen Nexö Leipzig GmbH

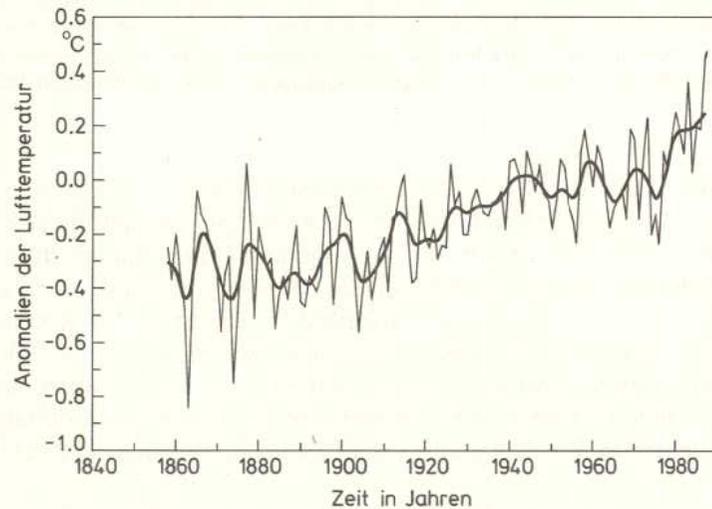
Printed in Germany

## Inhalt

Vorwort	7
1 Korrekte und verständliche Information: ein Gegensatz?	10
2 Klima und Wetter: zwei ungleiche Kinder	16
3 Klimageschichte: Tatsachen und Unschärfen	23
3.1 Von der Frühzeit der Erde: heiß und trocken	23
3.2 Das erste Eiszeitalter: vor 2,3 Milliarden Jahren	27
3.3 Klimarekonstruktion: Wie funktioniert das überhaupt?	30
3.4 Eiszeitalter und Kontinentaldrift: Klima im Wandel	44
3.5 Kalt- und Warmzeiten: ein Kommen und Gehen, auch heute	48
3.6 Historische Klimatologie: Klimaschwankungen und Folgen	57
3.7 Direkte Meßdaten: Nun wissen wir es ziemlich genau	67
3.8 Klima und Umwelt: Zusammenhänge und Abgrenzungen	77
4 Klimavorhersage: Probleme und Wahrscheinlichkeiten	83
4.1 Läßt sich das Klima vorhersagen? Einige prinzipielle Überlegungen	83
4.2 Extremer Weitblick: Hitze- oder Kältetod der Erde?	88
4.3 Nicht ganz so ferne Zukunft: Die nächste Kaltzeit kommt höchstwahrscheinlich	89
5 Der Mensch: Bedroht er seine eigene Existenz?	93
5.1 Nuklearer Winter: eine künstliche, schnelle Kaltzeit?	93
5.2 Der Golfkrieg: Schadensbegrenzungen	96
5.3 Luftverschmutzung: unsere und des Waldes Gesundheit	100
5.4 Brandrodungen en gros: Überlebt der tropische Regenwald?	111
5.5 Was nur wenigen bewußt ist: Verlieren wir den Boden unter den Füßen?	116
5.6 Das Ozonloch: auf natürliche Weise oder vom Menschen verursacht?	121
6 Das Stadtklima: Faktum menschlicher Einflußnahme	129



**Abbildung 15** Jahr-zu-Jahr-Schwankungen der bodennahen Mitteltemperatur der Nordhalbkugel der Erde (1851–1989) mit zusätzlicher zehnjähriger Glättung der Meßdaten, in Form von sogenannten Anomalien, das heißt Abweichungen von einem Bezugsmittelwert. Quelle: Schönwiese<sup>39</sup> unter Verwendung der Daten nach P. D. Jones und Mitarbeitern<sup>40</sup>.

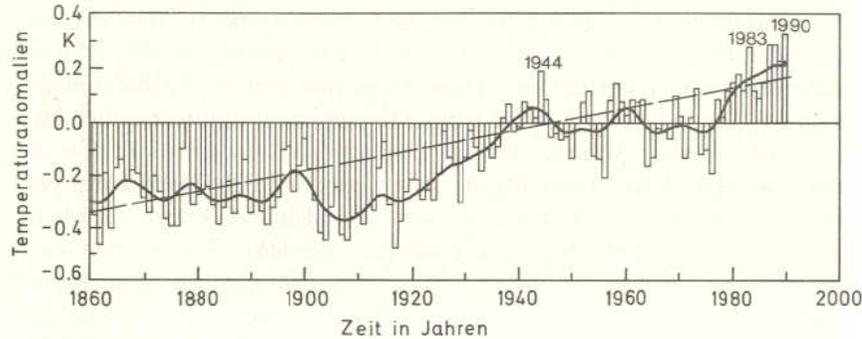


**Abbildung 16** Jahr-zu-Jahr-Schwankungen der bodennahen Mitteltemperatur der Südhalbkugel der Erde (1858–1989). Quelle wie Abb. 15.

nen sind notwendig, um für Deutschland, Europa und die Welt mit befriedigender Sicherheit und Genauigkeit das Klima und die Klimaschwankungen zu bestimmen? Diese Frage läßt sich so allgemein nicht beantworten, sondern muß für jedes Klimatelement unterschiedlich angegangen werden. So unterhält der Deutsche Wetterdienst – in den alten Bundesländern – rund 400 Stationen, an denen die Temperatur gemessen wird, was zur Errechnung von Monatsmittelwerten sicherlich ausreichend ist, aber rund 2700 Niederschlagsmeßstellen, da der Niederschlag regional so unterschiedlich ist und damit eine viel schlechtere Repräsentanz als Temperatur und Luftdruck aufweist. Es mag daher kühn erscheinen, wenn der englische Klimatologe Phil Jones<sup>40</sup> ab 1851 die Jahresmittelwerte der bodennahen Lufttemperatur, gemittelt für die Nordhalbkugel, abgeschätzt hat (Abb. 15), weil er sich um 1850 auf nur rund 300 Stationen stützen konnte. Bei der Südhemisphäre (Abb. 16) ist die Situation noch viel schlechter, und Jones betont, daß diese Abschätzungen nur bis 62,5° Süd reichen. Heute gibt es rund 9700 Meßstationen, die eine genaue Bestimmung der bodennahen Weltmitteltemperatur zulassen, was sich zudem durch Satellitenmessungen überprüfen läßt; das Ergebnis ist: 15,4 bis 15,5° C im Jahr 1990.

Beim Vergleich der Abbildungen 15 und 16 sehen wir annähernd den gleichen Erwärmungstrend für die letzten rund 130 Jahre, aber auf der Nordhalbkugel sind es wesentlich ausgeprägtere Jahr-zu-Jahr-Variationen. Nicht nur dies, die Nordhalbkugel zeigt auch ausgeprägtere längerfristige Fluktuationen, die zwischen etwa 1940 und 1970, entgegen dem Erwärmungstrend, zu einer deutlichen Abkühlung geführt haben. Die Deutung dieser Fluktuationen, so weit sie zuverlässig sind, wird uns noch beschäftigen. Die Zuverlässigkeit kann vermutet werden, da auch amerikanische<sup>34</sup> und russische<sup>41</sup> Forschergruppen zu recht ähnlichen Ergebnissen gekommen sind. Die Abweichungen betragen beim Trend und den langfristigen Fluktuationen höchstens 0,1–0,2° C, auch wenn beispielsweise alle Stadtstationen weggelassen werden<sup>34</sup>. Der Erwärmungstrend selbst liegt in der Größenordnung von 0,5° C. Dies gilt auch für die Weltmitteltemperatur unter Einschluß der ozeanischen Wasseroberflächentemperatur (Abb. 17).

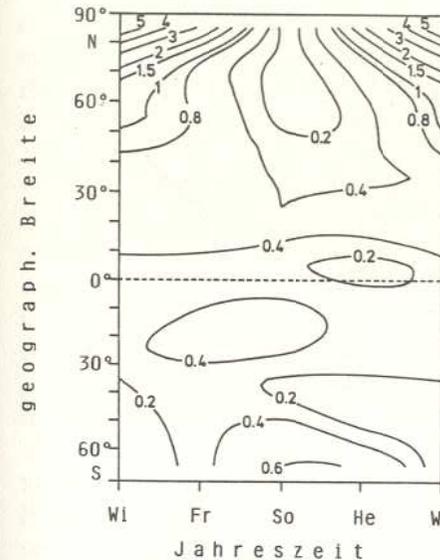
Alle bisher besprochenen Klimainformationen beziehen sich auf die bodennächste Schicht der Atmosphäre; die genormte Meßhöhe liegt bei zwei Metern über der Erdoberfläche; nur der Wind wird etwas höher gemessen. Das Wetter und Klimageschehen aber ist dreidimensional und umfaßt zumindest die gesamte Troposphäre; das ist das atmosphärische Stockwerk, das in mittleren Breiten von der Erdoberfläche



**Abbildung 17** Jahreswerte von 1861 bis 1990 der Weltmitteltemperatur, sogenannte Anomalien, in Säulendarstellung, errechnet aus Messungen der bodennahen Lufttemperatur sowie der Meeresoberflächentemperatur, zusätzlich zehnjährig geglättete Daten; der ergänzte Trend (gestrichelte Linie) beträgt 0,5° C. Quelle: IPCC<sup>29</sup>, ergänzt; 1990-Wert nach U. S. NASA-Publikationen. Der Endwert der geglätteten Kurve entspricht etwa 15,5° C.

bis etwa zehn Kilometer Höhe reicht. Zu Beantwortung vieler Fragen ist aber auch die darüber liegende, bis etwa fünfzig Kilometer Höhe reichende Stratosphäre von Interesse. Abgesehen von einzelnen frühen Ballonmessungen ist die regelmäßige meßtechnische Erfassung dieser höheren atmosphärischen Schichten erst in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg entwickelt worden, für die Nord- beziehungsweise Südhemisphäre der Erde umfassend sogar erst in den letzten zwei bis drei Jahrzehnten. Dazu dient ein Ballon, der mit Meßgeräten zur Bestimmung von Temperatur, Feuchtigkeit und Druck sowie mit einem Sender ausgestattet ist, der die Meßdaten zu einer Bodenstation funkt (Radiosonde) und regelmäßige Höhen von bis etwa zwanzig Kilometern erreicht. Nur spezielle Sonden, die auch die Ozonkonzentration messen, steigen noch höher in die Atmosphäre auf. Die üblichen Sonden sind außerdem mit einem Radarreflektor ausgestattet, der durch Peilungen von der Bodenstation aus die indirekte Bestimmung des Höhenwindes erlaubt. Das Radiosonden-Routinemessnetz der Weltmeteorologischen Organisation (WMO) umfaßt derzeit weltweit etwa 900 Stationen, gegenüber rund 9 700 Bodenstationen.

Es würde viel zu weit führen, die Millionen und Abermillionen Meßdaten der neoklimatologischen Epoche, der Zeit, aus der direkte klimatologische Meßdaten vorliegen, oder auch nur der letzten rund hundert Jahre, die uns einen mehr oder weniger globalen Überblick gestat-



**Abbildung 18** Trends von 1890 bis 1985 der bodennahen Lufttemperatur in Grad Celsius, aufgeschlüsselt nach den Jahreszeiten und der geographischen Breite. Quelle: C.-D. Schönwiese<sup>39</sup>, unter Verwendung von Daten nach J. Hansen und S. Lebedeff.

ten, hier zusammenfassend werten zu wollen. Selbst grobe Zusammenfassungen würden den Rahmen dieses Buches bei weitem sprengen. Die Abbildungen 14 bis 17 zeigen jedoch einen Teil der prinzipiell immer wieder auftauchenden Variationscharakteristika:

- relativ ausgeprägte Jahr-zu-Jahr-Variationen,
- geringer ausgeprägte, jedoch erkennbare Fluktuationen in zeitlichen Größenordnungen von mehreren Jahren und Jahrzehnten,
- längerfristige, über fünfzig oder gar hundert Jahre anhaltende Trends, die sich jedoch, bei Zuhilfenahme weiter zurückreichender indirekter Informationen oft als Teile noch längerfristiger Fluktuationen entpuppen.

Hinzu kommen jahreszeitliche und räumliche Unterschiede, und selbstverständlich generell Unterschiede quantitativer Art, die das Gesamtbild so vielfältig, unübersichtlich und schwer interpretierbar machen.

Um diese Probleme wenigstens andeutungsweise aufzuzeigen, sind in Abbildung 18 die Temperaturtrends der bodennahen Lufttemperatur der letzten rund hundert Jahre, genauer von 1890 bis 1985, in Abhängigkeit von der Jahreszeit und der geographischen Breite, also in West-Ost-Richtung gemittelt, dargestellt. Hervorzuheben ist, daß es sich nur um die in Abbildung 17 als Gerade ersichtlichen linearen Trends handelt und daß diese Trends längst nicht alle im statistischen Sinn signifi-

gen in Zweifel zu ziehen scheinen. Diese Extrempositionen müssen in der Öffentlichkeit zu Irritationen führen, zumal es dabei häufig zu Fehlinterpretationen und Widersprüchen kommt. Eine wissenschaftliche Bestandsaufnahme muß dagegen versuchen, Fakten, Fehler und Unsicherheiten sowie Wahrscheinlichkeiten klar auseinanderzuhalten. Eine solche Bestandsaufnahme bietet der genannte IPCC-Bericht<sup>1</sup>.

Welches Problem verbirgt sich nun hinter diesen Aktivitäten? Besteht tatsächlich eine Notwendigkeit zum Handeln?

In Kapitel 3.1 ist die erfreuliche Seite des Treibhauseffektes bereits behandelt worden: Die Eigenschaften bestimmter atmosphärischer Spurengase, die Wärmeabstrahlung der Erdoberfläche und unteren Atmosphäre zu verringern. Dieser Treibhauseffekt, und zwar zunächst der natürliche, ist überaus wirksam: Wir verdanken ihm eine bodennahe Weltmitteltemperatur von +15° C (1990: 15,4 bis 15,5° C nach Satellitenmessungen) gegenüber lebensfeindlichen -18° C ohne diesen Effekt und somit ohne klimawirksame Spurengase. Daran ist als wichtigstes natürliches Treibhausgas der Wasserdampf mit 62 Prozent, Kohlendioxid mit 22 Prozent, bodennahes Ozon mit 7 Prozent und der Rest mit 9 Prozent beteiligt.

Diesem erfreulichen Aspekt des Treibhauseffektes steht ein weniger erfreulicher gegenüber. Der Mensch erhöht durch seine diversen Aktivitäten die Konzentration der genannten Treibhausgase (Tabellen 9 und 10); zusätzlich kommen durch ihn die rein künstlichen FCKW in die Atmosphäre. Dies stellt Eingriffe in das überaus empfindliche Umweltsystem dar und muß zu weltweiten Klimaänderungen führen<sup>3</sup>.

Im einzelnen handelt es sich um die steigende Nutzung von Primärenergie in fossiler Form, das heißt, um das Verbrennen von Kohle, Erdgas und Erdöl, wozu auch die Sekundärenergie im Verkehrsbereich zu rechnen ist, weiterhin um landwirtschaftliche und industrielle Produktion sowie um Emissionen beim Gebrauch solcher Produkte.

Es ist bemerkenswert, daß seit 1900 die Weltbevölkerung etwa um den Faktor 2,5 zugenommen hat und heute rund 5,3 Milliarden beträgt. Die Weltprimärenergienutzung aber hat um mehr als den Faktor 10 zugenommen und betrug 1990 rund 12 Gt SKE<sup>2</sup>. Da derzeit 88 Prozent der Weltprimärenergienutzung fossilen Ursprungs sind - 5 Prozent stammen von Kernkraftwerken, 7 Prozent von alternativen Energieträgern, wie vor allem der Wasserkraft - ist dadurch immer mehr Kohlenstoff in Form von Kohlendioxid in die Atmosphäre emittiert worden. Der Schätzwert für 1990 liegt bei 5,6 Gt C (Milliarden Tonnen Kohlenstoff), was etwa 20,5 Gt CO<sub>2</sub> entspricht (Umrechnungsfaktor 3,66).

Eine weitere, aber überwiegend indirekte Quelle für diese CO<sub>2</sub>-Emissionen, die bei 1 Gt C liegen dürfte, stellen die Waldverluste dar, besonders die Rodungen tropischen Regenwalds. Das IPCC schätzt die gesamte CO<sub>2</sub>-Emission des Jahres 1990, einschließlich Holzverbrennung und Bodenerosion, auf 26 Gt CO<sub>2</sub>, dies entspricht etwa 7 Gt C (Tabellen 9 und 10). Vor hundert Jahren lag die CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch fossile Energie bei lediglich rund 300 Mt C (Millionen Tonnen) pro Jahr und wurde von biosphärisch-geosphärischen Effekten, wie Waldrodungen und Bodenerosion, relativ gesehen, damals noch übertroffen - dies übrigens bis etwa 1950. Verstärktes Wachstum bestimmter Pflanzen bei höherem CO<sub>2</sub>-Angebot, der Düngereffekt, der nur bei gleichzeitig genügendem Wasser- und Nährstoffangebot wirksam ist, bringt nur eine sehr kleine Entlastung. Im Zusammenhang mit der anthropogenen Treibhausproblematik gilt Methan (CH<sub>4</sub>) als zweitwichtigstes Spurengas. Die vom Menschen verursachten Emissionen sind vielfältig und größtenteils quantitativ unsicherer als beim CO<sub>2</sub>. Folgende Rangfolge gilt derzeit als Bestschätzung pro Jahr: Reisanbau (um 110 Mt C), Viehhaltung (um 80 Mt C), Erdgaslecks, Biomassen-Verbrennung, Mülldeponien und Nutzung fossiler Energie (alle um 40 Mt C). Dies ergibt eine Summe von 200 bis 500 Mt C oder 270 bis 680 Mt CH<sub>4</sub> pro Jahr; die IPCC-Bestschätzung lautet 300 Mt C (400 Mt CH<sub>4</sub>) pro Jahr.

Die derzeitige FCKW-Emission, im wesentlichen R11 und R12, liegt bei 1 Mt pro Jahr. Im wesentlichen sind folgende Anwendungsgebiete zu nennen: Treibmittel in Sprühdosen, wobei der Anteil in Deutschland stark sinkt, Kühlmittelzusatz, Aufschäummittel für bestimmte Isoliermaterialien, wie Polyurethan, sowie Lösungs- und Reinigungsmittel, besonders für die EDV-Industrie, bei steigendem Marktanteil.

Beim Distickstoffoxid (N<sub>2</sub>O), das nicht mit den wesentlich kurzlebigeren NO<sub>x</sub>-Gasen verwechselt werden darf (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> usw.), sind gerade in jüngster Zeit große Unsicherheiten offenbar geworden. So nennt das IPCC (1990) als Bestschätzung im zusammenfassenden Teil 6 Mt N (entsprechend 10 Mt N<sub>2</sub>O) pro Jahr. In der detaillierten Darstellung ist der früher mit 3 bis 5 Mt N veranschlagte Anteil aus der Nutzung fossiler Energie jedoch drastisch auf 0,1 bis 0,3 Mt reduziert, so daß Überdüngungen in der Landwirtschaft, bei einem Anteil um 1 Mt N pro Jahr, wohl als anthropogene Hauptquelle anzusehen ist. Biomassen-Verbrennung spielt demgegenüber nur eine untergeordnete Rolle.

Vom Ozon (O<sub>3</sub>) war bereits in Kapitel 5.6 ausführlich die Rede. In der unteren Atmosphäre entsteht es über verschiedene Reaktionsket-