

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 105 (1987)  
**Heft:** 42

**Artikel:** Entwicklung des globalen Klimas: Stand des Wissens: Berichterstattung über VDI-Symposium 1987  
**Autor:** Leibundgut, H.J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-76729>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Entwicklung des globalen Klimas

## Stand des Wissens: Berichterstattung über VDI - Symposium 1987

Von H. J. Leibundgut, Zürich

Ziel des VDI-Symposiums «Globales Klima» in Köln (22. Mai 1987) war, den Stand des Wissens im Bereich der Treibhausgas-Prognose, namentlich  $\text{CO}_2$ , und der Klimamodellierung vorzustellen. Angesprochen waren Fachleute der Energiewirtschaft, der chemischen Industrie und Landwirtschaft sowie Spezialisten der Luftreinhaltung, Klimatologie, Meteorologie, Ozeanographie usw. Vortragende waren deutsche Wissenschaftler, die international an der Spitze der Klimaforschung stehen. Die nachfolgenden Ausführungen enthalten einige zusammenfassende Hinweise.

### Der $\text{CO}_2$ -Anstieg

#### Messungen

Aufgrund von Analysen von Bohrkernen in der Antarktis kann die  $\text{CO}_2$ -Konzentration der Vergangenheit bestimmt und relativ exakt datiert werden. Seit 1958 werden in Hawaii kontinuierliche  $\text{CO}_2$ -Messungen der Atmosphäre durchgeführt, seit etwa 1975 zusätzlich an mehreren Orten der nördlichen und südlichen Hemisphäre. Die Ergebnisse der Bohrkernanalysen der obersten Schichten und die Messwerte der Luftkonzentration stimmen überein. Der «vorindustrielle»  $\text{CO}_2$ -Gehalt lag bei rund 280 ppm; heute beträgt die  $\text{CO}_2$ -Konzentration rund 345 ppm. Die jährlich gemessene Zuwachsrate beträgt rund 0,7% oder 2 ppm pro Jahr bei heutigem Energieverbrauch (Bild 1).

#### Berechnungen - Kohlenstoffkreislaufmodelle

In das Gesamtsystem des Kohlenstoffkreislaufes, an dem neben der Atmosphäre auch die Ozeane, die Biosphäre und die Technosphäre teilnehmen, werden durch den Menschen (Technosphäre) pro Jahr rund 5.3 Milliarden Tonnen Kohlenstoff in Form von  $\text{CO}_2$  eingebracht. Durch die Aufstellung einer Kohlenstoffbilanz aller Teilsysteme kann berechnet werden, dass von diesem anthropogenen Kohlenstoffeintrag lediglich 50% in der Atmosphäre verbleiben – die übrigen 50% werden vom Ozean absorbiert. Dieser Wert kann durch Messungen u.a. durch C13-Bestimmungen bestätigt werden (die rund 2 ppm  $\text{CO}_2$ -Zuwachs pro Jahr entsprechen einem C-Eintrag in die Atmosphäre von rund 2.6 Milliarden Tonnen). Das neu entwickelte Computermodell der Universität Osnabrück ermöglicht eine Diskretisierung der Erdoberfläche in rund 2500 Rasterquadrate, in denen jeweils das ganze Biosystem modelliert wird. Die Rechnungen dieses Modells geben auf integriert die Messungen mit guter Genauigkeit wieder. Damit kann

eine Prognose der  $\text{CO}_2$ -Entwicklung unter verschiedenen Annahmen der Energieproduktion abgegeben werden.

Die Modellierung der Ozeane ist für diesen Teil mit genügender Genauigkeit ausgeführt.

### Der Anstieg anderer Treibhausgase

Neben dem  $\text{CO}_2$  wirken weitere Gase als Treibhausgase. Obwohl deren Konzentration äußerst gering ist, wirken sie dennoch sehr selektiv (d.h. die Gase lassen das kurzwellige Sonnenlicht durch, absorbieren aber die Infrarotstrahlung der Erdoberfläche). Grund dafür ist, dass ihr Absorptionsspektrum genau im transparenten Infrarot-Fenster der «reinen» Atmosphäre liegt. Bei realistischen Annahmen über die weitere Entwicklung der Freisetzung dieser Gase Methan ( $\text{CH}_4$ ), Distickoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ), Ozon ( $\text{O}_3$ ) in der Troposphäre, d.h. in den unteren Luftsichten, und der

Chlor-Fluor-Wasserstoffe (CFW) wird berechnet, dass durch deren Anwesenheit in der Atmosphäre der Effekt des Temperaturanstieges durch den  $\text{CO}_2$ -Anstieg verdoppelt werden könnte. Die Modellierung dieser Gase ist wesentlich einfacher als bei  $\text{CO}_2$ , da innerhalb der notwendigen Genauigkeit einfache Gleichungen angesetzt werden können. Die Rate der menschlichen Aktivität ist dabei ein wesentlicher Parameter.

### Prognose der Klimaentwicklung

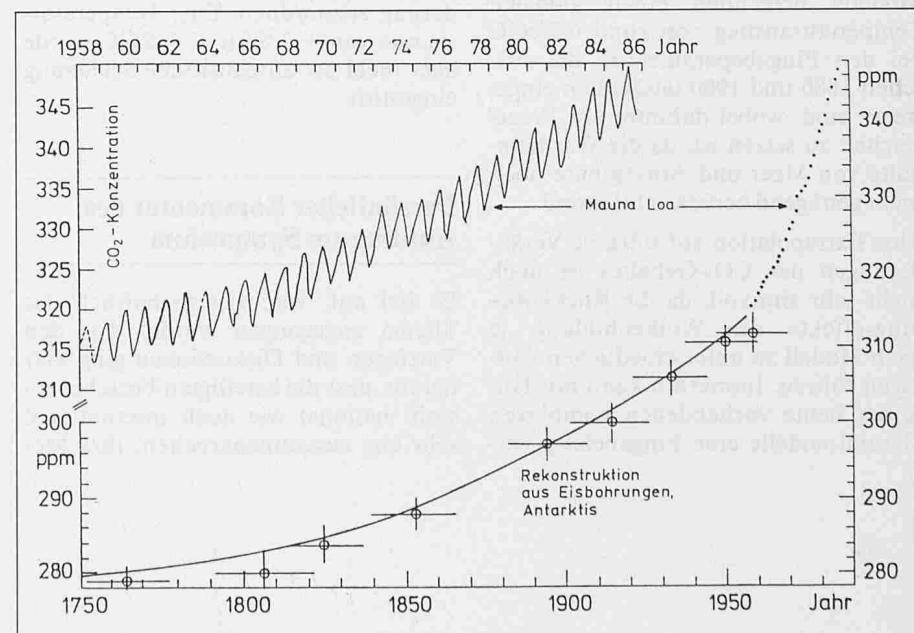
#### Aufarbeitung von Klimadaten

Mittels gewichteter Daten eines weltweiten Temperaturmessnetzes wurde für die vergangenen 100 Jahre ein Temperaturanstieg der Erdatmosphäre von rund 0,4 &GC angegeben. In der gleichen Zeit stieg der Meeresspiegel um 10 – 25 cm (Bild 2). Im Vergleich zu Temperaturänderungen während der Eiszeit mit einer durchschnittlichen Temperaturänderung von rund 0,01 &GC / 100 Jahre ist der Temperaturanstieg der letzten 100 Jahre mit rund 0,4 &GC dramatisch. Die Meteorologen stellen innerhalb der letzten 10 Jahre eine Zunahme der Varianz der Wetterdaten fest. Ob diese gemessenen Veränderungen auf den Treibhauseffekt zurückzuführen sind oder nicht, kann noch nicht schlüssig angegeben werden.

#### Klimamodelle

Klimamodelle sind die einzige Möglichkeit, die Auswirkungen der sich ändernden Eigenschaften der Atmosphäre auf für die Biosphäre und den Men-

Bild 1. Entwicklung der  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre. Datenquellen: Messungen nach Keeling, Rekonstruktion nach Neftel, Oeschger et al.



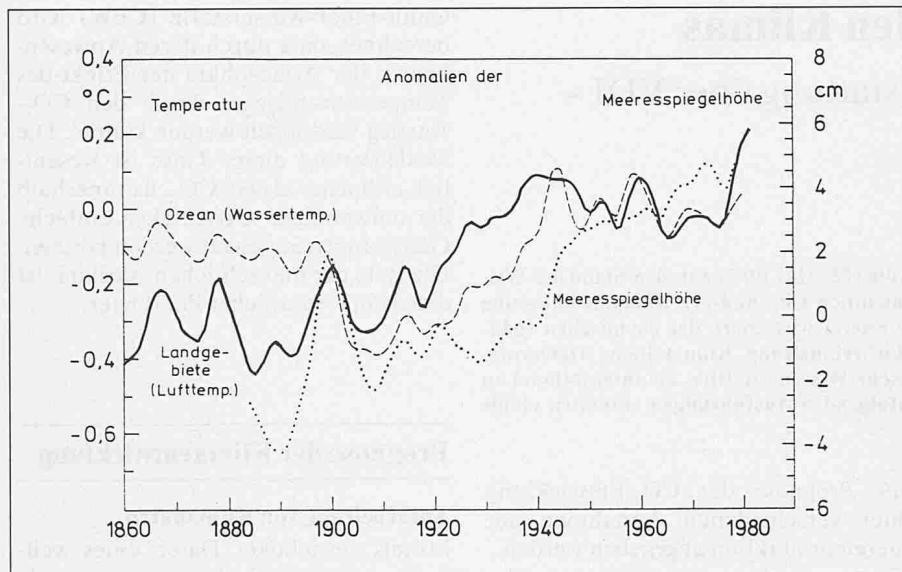


Bild 2. Änderung der Luft- und Ozeantemperatur und der Meeresspiegelhöhe. Alternative Schätzungen des Meeresspiegelanstiegs bis 25 cm. Datenquellen: Jones, Folland, Gornitz

schen wichtige Daten umzusetzen. So- wohl die Atmosphäre wie auch die Ozeane führen enorme Energieströme aus der Äquatorregion gegen die Pole ab. Die Simulation dieser Transportvorgänge ist umso schwieriger, je reaktiver die Teilsysteme zueinander sind. Die gegenwärtig benutzten Welt-Ozeanmodelle können mit guter Genauigkeit die Hauptzirkulationsströmungen wiedergeben, lokale Wirbel, die u.a. für die Neubildung von Tiefseewasser und damit für die CO<sub>2</sub>-Einbindung verantwortlich sind, können noch nicht im Gesamtmodell berücksichtigt werden. Ebenso ist die Frage der positiven oder negativen Rückkopplungseffekte des Ozeans bei ansteigender CO<sub>2</sub>-Freisetzung durch den Menschen noch nicht beantwortet. Im Atmosphärenmodell ist ein Stand erreicht, der es ermöglicht, die Vergangenheit der letzten 100 Jahre recht genau nachzurechnen. Die besten Modelle berechnen einen globalen Temperaturanstieg von rund 0,5 & GC bei den Eingabeparametern, die zwischen 1880 und 1980 tatsächlich eingetreten sind, wobei dahinter ein Fragezeichen zu setzen ist, da die Wärmeinhalte von Meer und Atmosphäre noch nicht genügend berücksichtigt sind.

Eine Extrapolation auf stärkere Veränderungen des CO<sub>2</sub>-Gehaltes ist noch nicht sehr sinnvoll, da die Rückkopplungseffekte der Wolkenbildung je nach Modell zu unterschiedlichen Aussagen führen. Immerhin kann mit Hilfe der heute vorhandenen komplexen Gesamtmodelle eine Eingabelung vor-

genommen werden, innerhalb deren Grenzen sich die Wissenschaftler einig sind:

Unter Berücksichtigung der CO<sub>2</sub>-Einbindung in das Meer erfolgt eine Verdoppelung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Atmosphäre in 40 Jahren, bei einer Steigerung der anthropogenen CO<sub>2</sub>-Produktion von 4%. Bei Nullwachstum des CO<sub>2</sub>-Anstiegs, d.h. beim Einfrieren der Öl-, Gas- und Kohleförderung auf dem heutigen Stand, erfolgt eine Verdopplung in 300 Jahren. (Anmerkung des Verfassers: Die Weltenergiekonferenz rechnet mit einem Energiewachstum, welches eine jährliche CO<sub>2</sub>-Zunahme von rund 2% ergibt.) Ein zusätzliches Abholzen, bzw. Abbrennen grosser Waldgebiete ist dabei noch nicht berücksichtigt. Alle am Symposium anwesenden Fachleute weigerten sich im gegenwärtigen Zeitpunkt, einer CO<sub>2</sub>-Verdoppelung eine globale Temperaturänderung zuzuordnen. Eine Temperaturspanne von + 1.5 bis + 4 & GC wurde aber nicht als unrealistische Schätzung eingestuft.

### Persönlicher Kommentar des Autors zum Symposium

Es fiel auf, wie wissenschaftlich das Thema angegangen wurde. Aus den Vorträgen und Diskussionen ging klar hervor, dass die beteiligten Forscher sowohl national wie auch international sehr eng zusammenarbeiten, ihre Mo-

delle gegenseitig testen und z.T. verwenden. In ganz wenigen Äusserungen (vor allem durch den Leiter des Programms in Osnabrück, Prof. Dr. H. Lieth) wurden Aussagen gemacht, die in Richtung von energiepolitischen Konsequenzen führen. Alle waren sich aber einig, dass alle theoretischen Modelle einem Temperaturanstieg von mindestens 1 & GC zur Folge haben werden und dass klimatische Veränderungen sehr wahrscheinlich sind.

Aufgrund dieser Situation, in der die Wissenschaftler noch keine klaren Aussagen machen können und wollen und die Entscheidungsträger der Energiepolitik (noch) keine Konsequenzen ziehen werden, fällt dem Energieingenieur eine besondere Aufgabe zu. Er hat aufgrund des jeweils vorhandenen Wissens aller relevanter Bereiche laufend die gesicherten Erkenntnisse für die Energiepolitik aufzuarbeiten und der staatlichen Energiepolitik sowie der privaten Energiewirtschaft die notwendigen Impulse aufzuzeigen. Die minimale Forderung lautet heute: Einfrieren der globalen Produktionsmengen aller Treibhausgase auf dem heutigen Niveau. Angesichts der enormen Bevölkerungsentwicklung heisst dies aber gleichzeitig, dass der prognostizierte Endenergiezuwachs durch neue Arten gedeckt werden muss. Für die Industrieländer bedingt dies eine massive Verbesserung des Wirkungsgrades der Energieumwandlung, - für die Entwicklungsländer muss eine weitgehend CO<sub>2</sub>-freie Energietechnik aufgebaut werden. Die Frage nach dem «Wieviel» der jeweiligen Energietechnik (Kernenergie, Sonnenenergie, Windenergie, Biogas etc.) ist nebensächlich. Alle Techniken können aus gutem Grund soweit massiv gefördert werden, wie deren übrige Auswirkungen (sozialer Friede, Ästhetik, Landreserven, Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit usw.) auf die jeweilige Gesellschaft es zulässt.

Adresse des Verfassers: Dr. H.J. Leibundgut, Amt für technische Anlagen und Lufthygiene, Weinbergstrasse 15/17, Zürich.