

# Klimawandel: verstärkter Glashauseffekt, abnehmende Globalstrahlung – Schlägt das Pendel in die Gegenrichtung aus?

A. Krapfenbauer

## What is on about the climate change? A decreasing in global irradiation contra an augmentation of the green house forcing?

### 1. Einführung

Die Realität der abnehmenden Globalstrahlung hat offenbar die Prognosen für den Klimawandel in Verbindung mit einem forcierten Glashauseffekt, fußend auf den bisherigen Modellansätzen, überholt. Die Globalstrahlung setzt sich aus der direkten und indirekten Sonnenstrahlung zusammen und ist der Strahlungsanteil, der nach dem Durchgang durch die Erdatmosphäre tatsächlich auf der Erdoberfläche auftritt. Künftige Modelle für einen Klimawandel werden, neben einem zweifellos verstärkten Glashauseffekt, die seit den frühen 50er Jahren dokumentierte, offenbar weltweite Abnahme der Globalstrahlung gebührend zu gewichten haben.

### 2. Dokumentation zur Abnahme der Globalstrahlung

Bereits 1987 warnte die DMG (Deutsche Meteorologische Gesellschaft) vor noch unvorhersehbaren Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf das klimatische Geschehen. Dies erfolgte sicherlich aufgrund der Kenntnis von der beachtlichen Abnahme der Globalstrahlung über Hohenpeißenberg (Abbildung 1), dokumentiert seit 1953. Die deutsche meteorologische Station Hohenpeißenberg liegt 20 km südlich vom Ammersee am Hohen Peißenberg (988 m ü. M.) am westlichen Kamm in einer Höhe von 977 m. ü. M. Die Abnahme der Globalstrahlung beträgt im globalen Mittel nach RAMANATHAN und VOGELMANN (1997) gegenwärtig bereits  $27 \text{ W/m}^2$ .

### Summary

The reality of the decreasing global irradiation of more than  $0.5 \text{ Watt per m}^2$  annually since the early 50s at the one hand and the augmenting of the green house forcing at the other hand contradict the existing models and the forecasts on global warming. The question regarding the cause of the remarkable decrease of the global irradiation still has to be answered! Two hypothetical attempts for an explanation – additional reflexion and/or absorption of solar irradiation in the atmosphere – are in discussion. The causes have to be sought in the atmosphere of the earth and by the human activities since the 50s. Concluding may be stated that at present there are two opposite climatological processes on the way. The decreasing global irradiation contra the augmentation of the green house forcing.

Still it has to be remembered that an increasing green house forcing depends fundamentally on the amount of the global irradiation. An increasing green house forcing can surely only compensate for a restricted time scale a decrease of the global irradiation. It seems a very alarming vision that the human activities mainly since the 50s cause a global cooling up from the time space when the green house forcing can not compensate the decrease of the global irradiation anymore.

**Key words:** climate change, green house forcing, global irradiation.

### Zusammenfassung

Die Realität des dokumentierten Rückganges der Globalstrahlung um mehr als  $0,5 \text{ W/m}^2$  jährlich seit den frühen 50er Jahren einerseits und ein forcierter Glashauseffekt andererseits haben offenbar die Prognosen für einen Klimawandel, fußend auf den bisherigen Modellansätzen, überholt. Klare Antworten auf die Fragen nach den eigentlichen Ursachen gibt es bisher leider nicht. Bezüglich der Abnahme der Globalstrahlung in der Erdatmosphäre werden zwei Hypothesen diskutiert. Eine Absorption der Sonnenstrahlung in der Atmosphäre, was die Gegenstrahlung also den Glashauseffekt verstärken würde oder eine Reflexion an Aerosolen und Wolken, was den Energiehaushalt der Erde direkt vermindern würde. Die Ursachen müssen zweifellos in der Erdatmosphäre und bei den menschlichen Aktivitäten, besonders den seit den 50er Jahren, gesucht werden. Offenbar sind zur Zeit zwei gegenläufige klimatische Prozesse wirksam. Eine dokumentierte Abnahme der Globalstrahlung und ein verstärkter Glashauseffekt.

Der Glashauseffekt beruht grundsätzlich auf dem Umfang der Globalstrahlung. Das heißt, er wirkt nur verstärkend auf die Gegenstrahlung. Eine Abnahme der Globalstrahlung kann nur zum Teil über einen forcierten Glashauseffekt kompensiert werden. Eine bedrückende Vision wäre letztlich eine über menschliche Aktivitäten verursachte rasche globale Abkühlung, wenn der Kompensationseffekt über den verstärkten Glashauseffekt nicht mehr ausreicht, um den Rückgang der Globalstrahlung auszugleichen.

**Schlagworte:** Klimawandel, Glashauseffekt, Globalstrahlung.

STANHILL und MORESHET (1994) von der Abteilung für Agrarmeteorologie der landwirtschaftlichen Untersuchungsanstalt in Bet Dagan, Israel, haben die Meßserien der Globalstrahlung von sieben Meßstellen analysiert. Die Meßstellen decken das weltweite (Global-) Strahlungsspektrum einigermaßen ab. Alle Stationen befinden sich entfernt von Quellen besonderer Luftverschmutzung. Die

Globalstrahlung nahm an allen sieben Stationen während der analysierten Meßzeiträume ab.

An sechs von sieben Meßstellen (Ausnahme Keetmanshoop) ist die jährliche Abnahme statistisch gesichert. Sie betrug für diese Stationen im Mittel jährlich  $17,67 \text{ MJ/m}^2$  bzw.  $0,56 \text{ W/m}^2$ . Die Analyse der Tageslichtbewölkung von fünf untersuchten Stationen zeigte keine signifikante

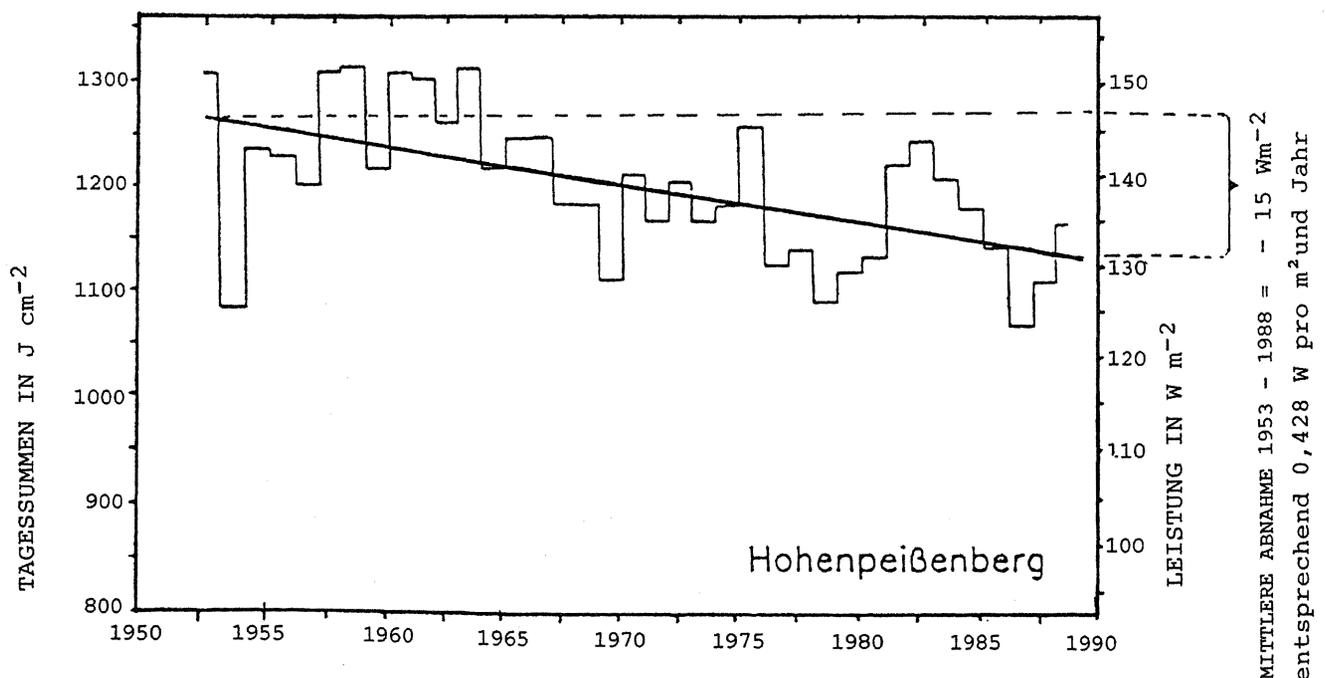


Abbildung 1: Verlauf der Abnahme der Jahresmittelwerte der Globalstrahlung auf dem Hohenpeißenberg (nach QUENZEL, 1992)  
Figure 1: Decrease of the global irradiation at the meteorological station Hohenpeißenberg, Germany

Veränderung während der analysierten Beobachtungsperioden. Es gab nur Anhaltspunkte, daß der Rückgang der Globalstrahlung in Jahren mit überdurchschnittlicher Bewölkung etwas höher war.

Die Jahresgänge der Abnahme der Globalstrahlung, dargestellt in der Abbildung 2, zeigen in den niederen Breiten über die jeweiligen gemittelten Beobachtungszeiträume relativ große Streuungen. Insgesamt zeichnen sich stärkere Rückgänge in den niederen Breiten und den Sommermonaten ab.

Die Ergebnisse bestätigen die in einer früheren Arbeit (STANHILL und MORESHET, 1992) bereits aufgezeigte Abnahme der Globalstrahlung. Dabei wurden die Daten von 46 nach den Vorgaben der WMO (Weltmeteorologischen Gesellschaft) betreuten und geeichten thermoelektrischen Pyranometerstationen analysiert. Der Rückgang der

Globalstrahlung kann, wie die Ergebnisse zeigen, kaum aus den lokalen Luftverschmutzungen resultieren.

RAMANATHAN und VOGELMANN (1997) haben kürzlich das globale Problem der Abnahme der Globalstrahlung seit den frühen 50er Jahren in der gegenwärtigen Höhe von etwa  $27 \text{ W/m}^2$  aufgegriffen. Sie stellen für die kurzweilige Strahlungsbilanz für die Zeit vor 1950 und für die Gegenwart zwei Hypothesen (vgl. Abbildung 3) auf.

RAMANATHAN und VOGELMANN (1997) unterstellen in ihren Hypothesen, daß die gegenüber der Zeit vor 1990 (1950) gegenwärtig an der Erdoberfläche fehlenden  $27 \text{ W/m}^2$  Globalstrahlung in der Erdatmosphäre absorbiert werden und so theoretisch die Gegenstrahlung, also den Glashauseffekt, erhöhen würden. Es besteht aber auch, weil die Strahlungsabsorption im sichtbaren Bereich in der Atmosphäre eher gering ist, sicher auch die Hypothese zu Recht, daß näm-

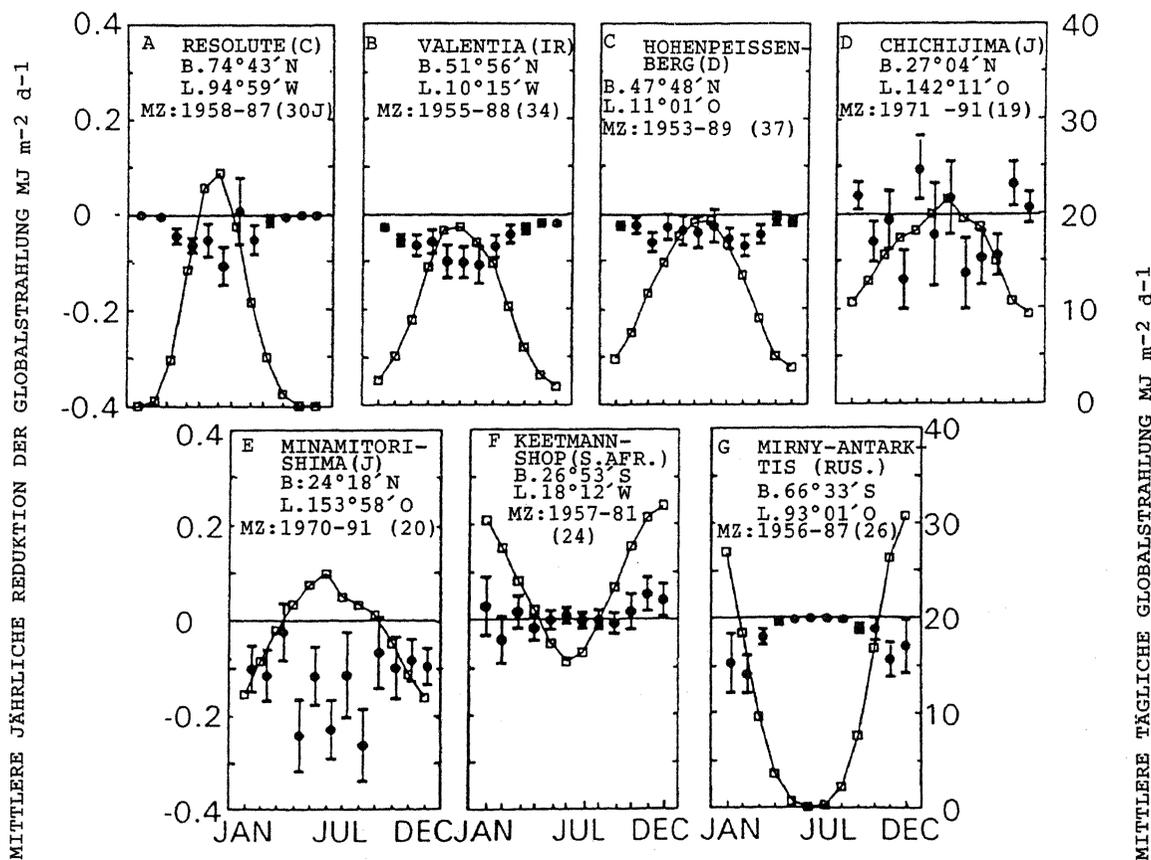


Abbildung 2: Jahreszeitliche Schwankungen der langzeitlichen Abnahme der Globalstrahlung an 7 Meßstellen. Volle Kreise = Abnahme der Globalstrahlung in  $\text{MJ/m}^2$  und Tag mit Standardabweichung, die offenen Rechtecke kennzeichnen die mittlere tägliche Einstrahlung in  $\text{MJ/m}^2$ . Angaben über die geographische Breite und den ausgewerteten Meßzeitraum der Stationen befinden sich in den Teildarstellungen (nach STANHILL und MORESHET, 1994)

Figure 2: Seasonal variations and monthly mean decreases of the global irradiation at seven selected meteorological stations



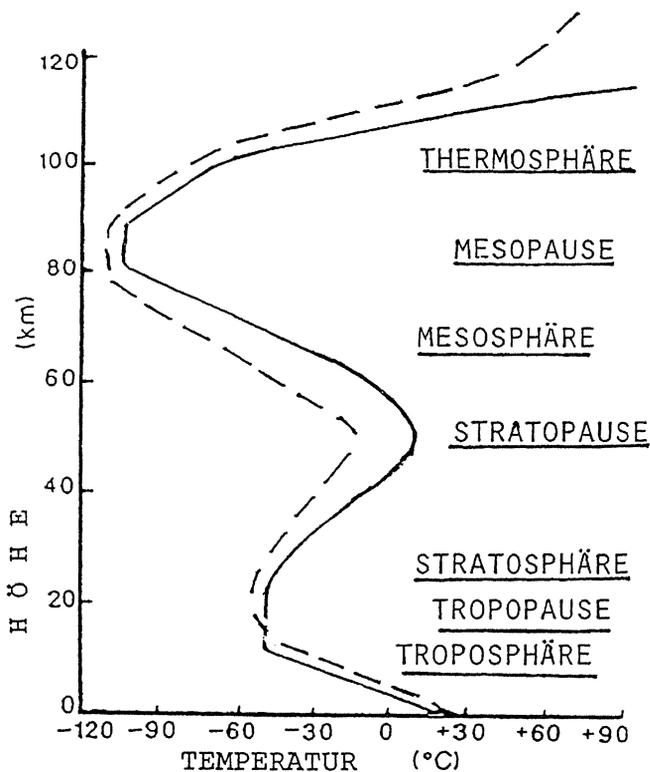


Abbildung 4: Modell zur Änderung des Temperaturverlaufes in der Atmosphäre mit der Höhe. „Ist-Zustand“ (—); Wird-Zustand (----): Erwärmung in der Troposphäre, Abkühlung in der Strato-, Meso- und Thermosphäre. Die Abkühlung könnte in der Thermosphäre nach den Modellen von ROBLE, in DICKENSON (1989), 50° C betragen (nach CICERONE, 1990)

Figure 4: Model of the temperature changes in the different layers of the earth's atmosphere

fend vermehrenden Teilchen (Erhöhung der optischen Dichte) zumindest mitbedingt sein dürfte, unterstützt. Als Ursache für die zunehmende Bildung von reflektierenden Aerosolen müssen die menschlichen Aktivitäten über die Emission entsprechender Gase angesehen werden.

## 5. Unzulänglichkeiten bei den Modellrechnungen zum Glashauseffekt

Besonders gravierend ist, daß der seit 1953 zweifellos nachgewiesene Rückgang der Globalstrahlung weltweit wirksam ist und seit 1950 bereits etwa  $27 \text{ W/m}^2$  beträgt.

Die Situation ist alarmierend und insofern auch verwirrend, als das IPPC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) 1995 aufgrund des verstärkten Glashaus-

effekts für den Zeitraum von 1850 bis 1990 in einer Modellrechnung lediglich eine Strahlungszunahme um  $2 \text{ W/m}^2$  (Abbildung 5) herausstellt. Während die Enquete – Kommission des Deutschen Bundestages (Abbildung 6) in ihrem Modell für den Zeitraum von 1900 bis 1990 eine Verstärkung der Gegenstrahlung von  $6 \text{ W/m}^2$  errechnet hat.

Abbildung 6 versinnbildet über die Simulation der Veränderung der Strahlungsflüsse in der Erdatmosphäre unter anderem auch das Grundprinzip des irdischen Glashauseffektes. Ohne die Absorption und die teilweise zur Erde gerichtete Reemission (Gegenstrahlung) der langwelligen, ursprünglich von der Erde ausgehenden Wärmestrahlung durch die glashauseffektiven Gase wäre die mittlere Temperatur der Erdoberfläche um 1900 bei minus  $17^\circ \text{C}$ , statt bei plus  $15^\circ \text{C}$  gelegen.

Nach den Angaben der Enquete-Kommission sollte sich der Strahlungsumsatz bei unveränderter Globalstrahlung auf der Erdoberfläche von 1900 auf 1990 im Mittel von  $324 \text{ W/m}^2$  auf  $330 \text{ W/m}^2$  also um  $6 \text{ W/m}^2$  erhöht haben. Die mittlere Temperatur der Erde soll dabei von  $15^\circ \text{C}$  auf  $16^\circ \text{C}$  angestiegen sein.

Entsprechend dem Resümee im IPCC-X1/DOC, 3(III)-Bericht vom 12. 12. 1995 rechnet man mit einer globalen Strahlungsverstärkung über den erhöhten Glashauseffekt von  $2 \text{ W/m}^2$  um das Jahr 2000. Dem steht die Berechnung der Enquete-Kommission des Deutschen Bundestages (Abbildung 6) mit einer Zunahme von  $6 \text{ W/m}^2$  für den Zeitraum 1900 bis 1990 und die beachtliche globale Abnahme der Globalstrahlung mit etwa  $20 \text{ W/m}^2$  im Zeitraum von etwa 1953 bis 1990 (Abbildungen 1 und 2) gegenüber (QUENZEL, 1992; STANHILL und MORESHET, 1994).

## 6. Nachgewiesener Temperaturanstieg in der Troposphäre in den letzten Dekaden

Merkwürdig ist allerdings, daß die enorme Diskrepanz bisher keine Klärung gefunden hat. Faktum ist allerdings, daß zumindest für die letzten Jahrzehnte auch ein eindeutiger Trend für eine Temperaturzunahme bestand (Abbildung 7).

Es muß also die Abnahme der Globalstrahlung durch eine wesentlich höhere Verstärkung des Glashauseffektes, als berechnet, bisher mehr als kompensiert worden sein. Dies ist wahrscheinlich eine Folge des nicht ausreichend gewichteten, mit dem Temperaturanstieg automatisch steigenden Verdunstungspotentials. Der Wasserdampf hat, wie unter anderem aus Tabelle 1 hervorgeht, mindestens mit 62 % Anteil am Glashauseffekt.

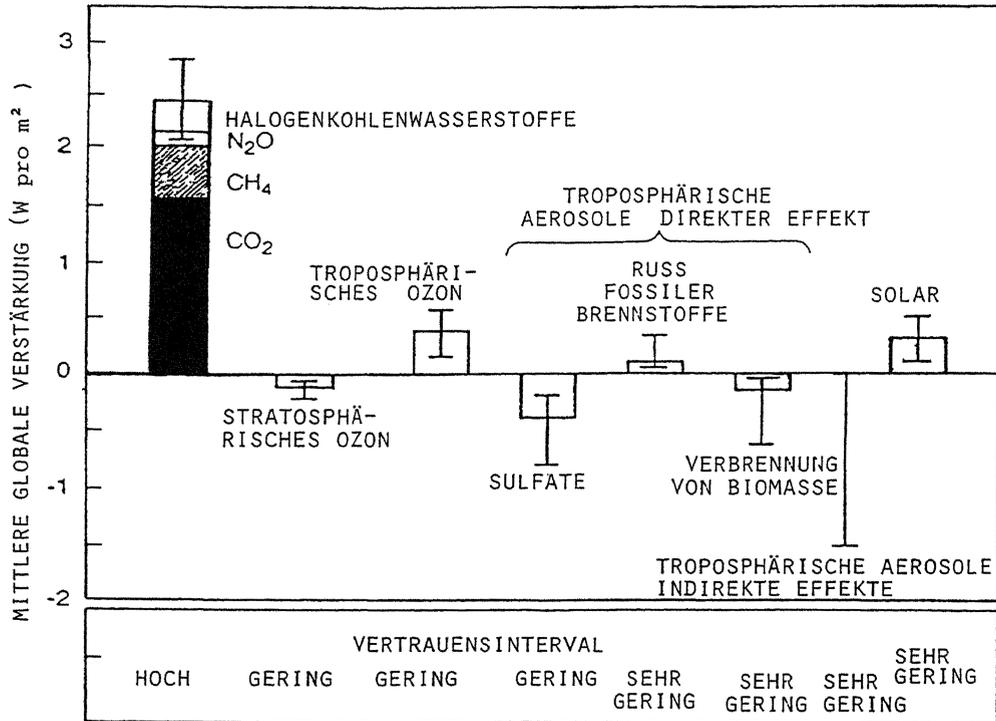


Abbildung 5: Globales Mittel der Stahlungsverstärkung über den Glashauseffekt 1850–1990 (nach INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 1995)

Figure 5: Model calculation by IPCC of the global mean of the green house forcing from 1850 to 1990

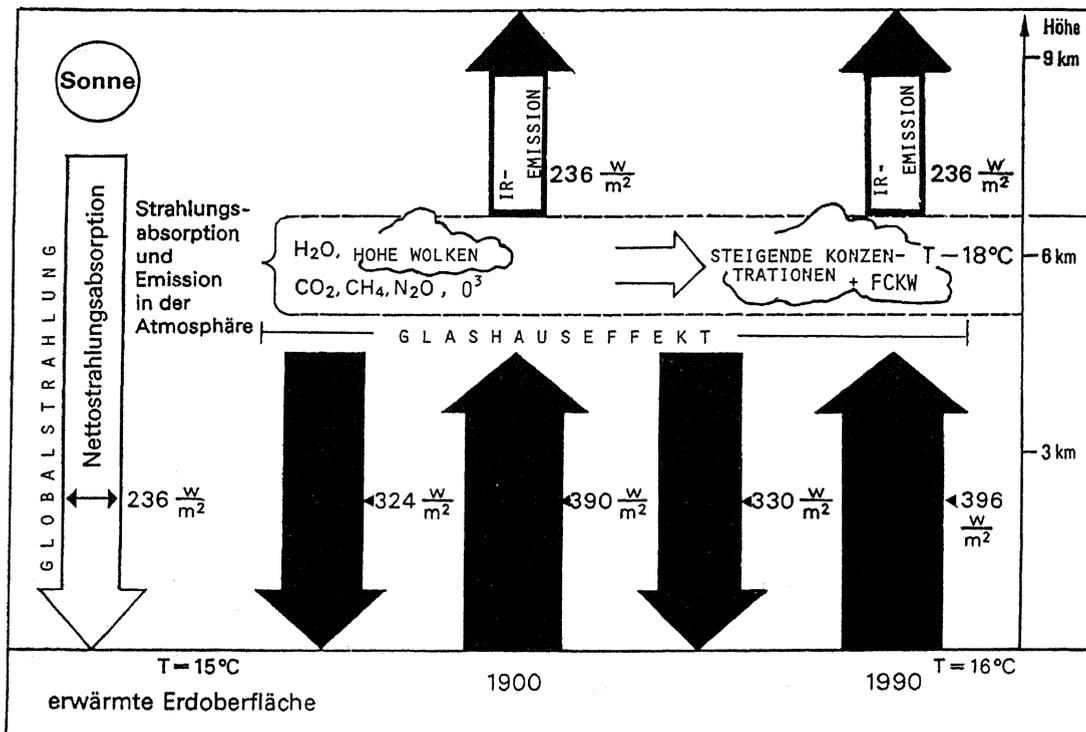


Abbildung 6: Schematisierte Darstellung der Verstärkung des Treibhauseffektes der Erdatmosphäre von 1900 bis 1990 (nach ENQUETE-KOMMISSION DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES, 1990)

Figure 6: Schematic presentation of the green house forcing in the earth's atmosphere for the period from 1900 to 1990

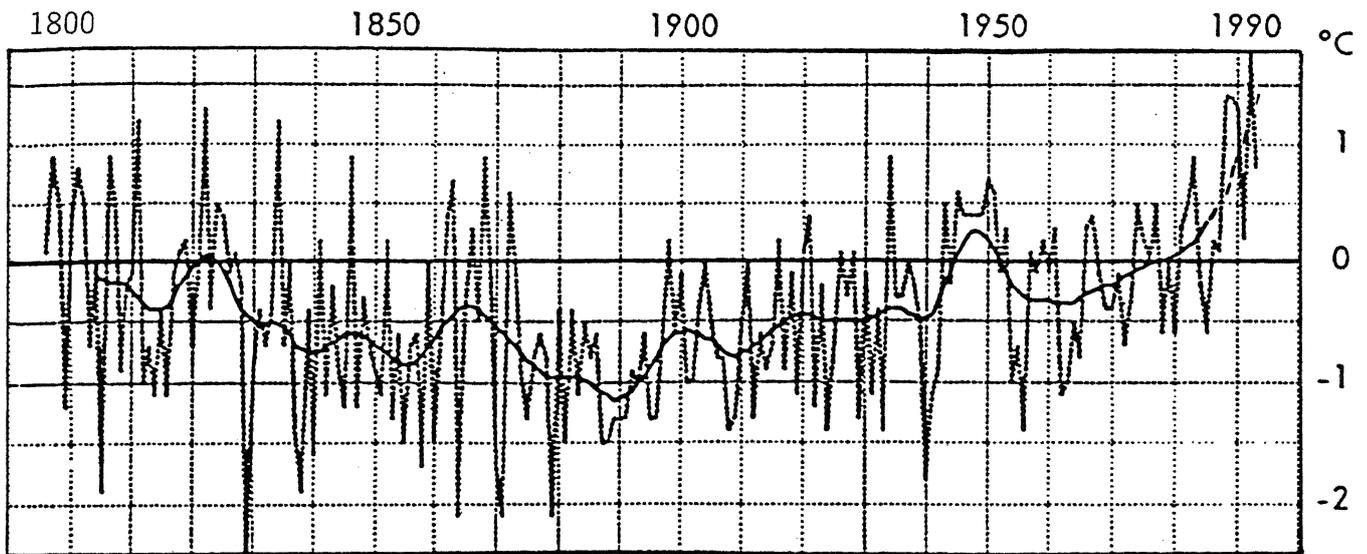


Abbildung 7: Zeitreihe der Lufttemperatur für Kremsmünster seit 1800. Relativwerte zum Mittel von 1961-1990, Einzelwerte der Jahresmittel sowie geglätteter Verlauf (20-jähriger Binominalfilter) (ZAMG, 1995)

Figure 7: Development of the temperature since 1800 to 1990 at the meteorological station Kremsmünster Upper Austria

Tabelle 1: Modell zum gegenwärtigen Glashauseffekt der klimatisch relevanten Spurengase in Grad Kelvin. Gegenüber 1900 war demnach die mittlere Temperatur global von 32 K auf 33 K angestiegen (nach SCHÖNWIESE und DICKMANN, 1988)

Table 1: Actual green house forcing of some relevant atmospheric trace gases in Kelvin degrees. In comparison to 1900 the model calculation shows an increase from 32 K to 33 K

Spurengas	atmosphärische Konzentration ppm	gegenwärtiger Erwärmungseffekt K
H <sub>2</sub> O	(2-3) 10 <sup>4</sup>	20,6
CO <sub>2</sub>	350,0	7,2
O <sub>3</sub>	0,03	2,4
N <sub>2</sub> O	0,3	1,4
CH <sub>4</sub>	1,7	0,8
andere		≅ 0,6
Summe		≅ 33,0

## 7. Paläoklimatologische Anhalte

Die Voraussetzungen für einen Temperaturanstieg sind (wären) unter anderen im Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration von etwa 285 ppm um 1900 auf 365 ppm im Jahre 1996 (jährlicher Zuwachs zur Zeit etwa 2 ppm) und des Methangehaltes von etwa 0,8 ppm (um 1900) auf 1,7 ppm (1996) bei einem

jährlichen Zuwachs von 0,017 ppm und durch diverse Rückkoppelungen insbesondere über den Anstieg des Wasserdampfgehaltes in der Atmosphäre sicher gegeben. Aus den Datierungen der Lufteinschlüsse in Eisbohrkernen von Grönland und der Antarktis geht hervor, daß einer Änderung um 10–15 ppm CO<sub>2</sub> bzw. 0,04 ppm Methan im Mittel eine Temperaturänderung von etwa 1° C entspricht.

Auf der Grundlage paläoklimatischer Vorgaben haben HANSEN et al. (1984) und in weiterer Folge DAMON und JIRIKOWIC (1994) für eine Strahlungsänderung je Watt/m<sup>2</sup>, je nach Vorgabe, eine Klimaempfindlichkeit zwischen 0,5 und 1° C herausgestellt. Auch WEBB et al. (1997) zeigen in ihren Studien zum Klima der letzten Eiszeit für eine Strahlungsverstärkung oder Abminderung um ein Watt eine Temperaturveränderung von mehr als 1° C pro W und m<sup>2</sup> auf.

Bleibt die Frage nach der Ursache der im Prinzip sehr beachtlichen Abnahme der Globalstrahlung, wie sie seit den frühen 50er Jahren festgestellt wird. Auszuschließen ist eine Änderung der Solar konstanten. Im IPCC-Bericht 1995 wird eine Zunahme der Solaraktivität im Ausmaß von 0,5 W/m<sup>2</sup> für den Zeitraum von 1850 bis 2000, also 0,0033 W/m<sup>2</sup> und Jahr, unterstellt.

## 8. Abschließende Bemerkungen

Die Ursache für die Abnahme der Globalstrahlung ist also innerhalb der Erdatmosphäre und bei den menschlichen Aktivitäten zu suchen. Über die Strahlungsabsorption und Reflexion in der Troposphäre und Stratosphäre, wenn man die polarstratosphärischen Phänomene mit den Salpetersäuretrihydratwolken vorerst ausnimmt, ist das hohe Ausmaß der Abnahme der Globalstrahlung durch die nachgewiesene Zunahme der Schwefelsäureaerosole unter anderem auch in der Stratosphäre sehr wahrscheinlich nicht ausreichend erklärbar, sollte man nicht doch noch auf besondere Vorkommnisse stoßen.

Denkbar wäre, daß die in Verbindung mit der Bildung der „Ozonlöcher“ bei Temperaturen bis unter minus 80° C aus dem Wasser der Methanoxidation und den Produkten der Photolyse des Lachgases in den Polarbereichen der Stratosphäre entstehende Salpetersäure, über die Bildung von Salpetersäuretrihydratwolken, dafür mitverantwortlich ist.

Man könnte sich aber auch vorstellen, daß es in der Mesosphäre, wo durchgehend Temperaturen unter minus 80° C herrschen, zur Bildung von Aerosolen aus den Abbauprodukten von Emissionen kommt. Die Rolle der steigenden Salz-, Fluß- und Bromsäurekonzentrationen in der Atmosphäre – eine Folge des Abbaues der Fluor-Chlor- und Bromkohlenstoffverbindungen (FCBKW's) – ist diesbezüglich noch zu gewichten.

An der Grenze der Mesosphäre zur Thermosphäre (Temperaturinversion) sind die sogenannten nachtleuchtenden Wolken vorhanden. Entsprechend den dort herrschenden Temperaturgegensätzen könnten diese, zumindest teilweise, aus den Umsetzungsprodukten emittierter Gase vermehrt werden.

Zusammenfassend darf resümiert werden, daß man bei der Aufklärung der Probleme und Folgen, die aus der Umsetzung der laufend steigenden Emissionen aus den menschlichen Aktivitäten unter anderem auch von Methan und Lachgas resultieren, erst am Anfang steht.

Man hat es offenbar mit zwei auf das Klima gegenläufig einwirkenden Prozessen zu tun:

- ein forcierter Glashauseffekt und
- eine gegenläufig wirkende, abnehmende Globalstrahlung.

Dabei ist besonders zu bedenken: Ein vermehrter Glashauseffekt beruht grundsätzlich auf dem Umfang der Globalstrahlung. Daß heißt, er wirkt nur verstärkend auf die Gegenstrahlung. Abnehmende Globalstrahlung kann nur

zum Teil über einen verstärkten Glashauseffekt kompensiert werden. Eine bedrückende Vision wäre letztlich eine über menschliche Aktivitäten verursachte rasche globale Abkühlung, wenn der Kompensationseffekt über den forcierten Glashauseffekt nicht mehr ausreicht, um den Rückgang der Globalstrahlung auszugleichen.

## Literatur

- CHRISTY, J. R. (1995): Temperatur above the Surface Layer. *Climatic Change*, 31, 455–474.
- CICERONE, J. R. (1990): Greenhaus cooling up high. *Nature*, 3.
- DAMON, P. E. and J. L. JIRIKOWIC (1994): Solar Forcing of global Climate Change. In: *The Sun as a Variable Star, Solar and Stellar Irradiance Variations. Proceedings of IAU. Colloquium N° 143 Boulder, Colorado, USA, June 20–25, 1993*, Cambridge University Press.
- ENQUETE-KOMMISSION DES DEUTSCHEN BUNDESTAGES (1990): Schutz der Erdatmosphäre. Deutscher Bundestag (Hrsg.): Referat für Öffentlichkeitsarbeit, Bonn, Bonner Universitätsverlag-Buchdruckerei.
- HANSEN, J. E., A. LACIS, D. RIND, G. RÜSSEL, P. STONE, I. FUNG, R. RUEDY and J. LERNER (1988): Climate Sensibility: Analysis of Feedback Mechanism. In: J. E. HANSEN and T. TAKAHASHI (eds.): *Climate Processes and Climate Sensitivity*, Geophys. Monograph. 29, Mawice Ewing, 5, Amer. Geophys. Union, Washington D. C., USA, pp. 130–163.
- IPPC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE) WORKING GROUP I (1995): *Technical Summary Forming Part of the Contribution of Working Group I. IPCC-Secretariat, WMO, 41. Av. Guiseppe-Motta C.P. N° 2300, 1211 Geneva, Switzerland.*
- QUENZEL, H. (1992): Ausprägung anthropogener Klimaänderungen und ihre Auswirkungen auf die Biosphäre: Politische Studien, 43. Jg., Sonderheft 2.
- SCHÖNWIESE, C. D. und B. DICKMANN (1988): *Der Treibhauseffekt: Der Mensch ändert das Klima*. Deutsche Verlagsgesellschaft Stuttgart.
- RAMANATHAN, V. and A. M. VOGELMANN (1997): Greenhouse Effect, Atmospheric Solar Absorption and the Earth's Radiation Budget: From the Arrhenius-Langley Era to 1990s. *Ambio Vol. XXVI No. 1, 1. Feb.*
- STANHILL, G. and S. MORESHET (1992): Global Radiation Climate Changes: The World Network. *Climatic Change*, 21, 57–75.

- STANHILL, G. and S. MORESHET (1994): Global Radiation Climate Change at Seven Sites Remote from Surface Sources of Pollution. *Climatic Change*, 26, 89–103.
- TAUBENHEIM, J., G. v. COSSAR and G. ENTZIAN (1990): Evidence of CO<sub>2</sub>-induced progressive cooling of the middle atmosphere derived from radio observations. *Adv. Space Res.*, 10, 171–174.
- WEBB, R. S., D. H. RIND, S. J. LEHMAN, R. J. HEALY and D. SIGMAN (1997): Influence of ocean heat transport on the climate of the Last Glacial Maximum. *Nature*, 385, 20.
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK (ZAMG) (1995) (Hrsg): *Klimatographie und Klimaatlas von Oberösterreich, Teil 1.*

### **Anschrift des Verfassers**

em. O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Anton Krapfenbauer,  
Peter Jordan-Straße 82, A-1190 Wien.

Eingelangt am 9. Dezember 1996

Angenommen am 18. November 1997