

Der Treibhauseffekt existiert doch!

Kommentierung des Papers:

**Falsification Of
The Atmospheric CO₂ Greenhouse Effects
Within The Frame Of Physics**

auf deutsch:

**Widerlegung des atmosphärischen CO₂ Treibhauseffekts
im Rahmen der Physik**

Dipl.-Physiker Jochen Ebel

30. Januar 2008

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung	5
Abstract	6
1 Einführung	7
1.1 Problem-Hintergrund	7
1.2 Die Treibhauseffekt-Hypothese	9
1.3 Dieser Aufsatz	13
2 Der Erwärmungsmechanismus in echten Gewächshäusern	14
2.1 Grundlagen der Strahlung	14
2.1.1 Einführung	14
2.1.2 Die infinitesimal spezifische Intensität	15
2.1.3 Integration	16
2.1.4 Das Stefan-Boltzmann-Gesetz	18
2.1.5 Schlußfolgerung	19
2.2 Die Sonne als Schwarzkörperstrahler	20
2.3 Die Strahlung an einem sehr schönen Tag	21
2.3.1 Das Phänomen	21
2.3.2 Der Sonnenschein	21
2.3.3 Die Strahlung des Bodens	22
2.3.4 Sonnenschein gegen Strahlung der Erdoberfläche	25
2.3.5 Schlußfolgerung	25
2.4 Hochschul-Experimente	25
2.5 Das Experiment von Wood	29
2.5.1 Erklärung der Beobachtungen	29
2.5.2 Übersetzter Text	30
2.6 Glashauszusammenfassung	31
3 Die fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekte	32
3.1 Problem Definition	32
3.1.1 Zur Analogie Treibhauseffekt Glashaus ./. Atmosphäre	32
3.2 Wissenschaftliche Fehler gegenüber wissenschaftlichen Betrug	32
3.3 Unterschiedliche-Versionen der atmosphärischen Treibhaus-Vermutung	35
3.3.1 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Möller (1973)	35
3.3.2 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach der Enzyklopädie von Meyer (1974)	35
3.3.3 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Schönwiese (1987)	35
3.3.4 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Stichel (1995)	36
3.3.5 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonym 1 (1995)	37
3.3.6 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonym 2 (1995)	37
3.3.7 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonym 3 (1995)	37
3.3.8 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach der deutschen Meteorologischen Gesellschaft (1995)	38
3.3.9 Atmosphärischer Treibhauseffekt danach Graßl (1996)	38
3.3.10 atmosphärischer Treibhauseffekt nach Ahrens (2001)	39
3.3.11 atmosphärischer Treibhauseffekt nach dem Wörterbuch der Geophysik, Astrophysik, und Astronomie (2001)	39

3.3.12	atmosphärischer Treibhauseffekt nach der Enzyklopädie der Astronomie und Astrophysik (2001)	40
3.3.13	atmosphärischer Treibhauseffekt nach der Enzyklopädie Britannica Online (2007)	40
3.3.14	Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Rahmstorf (2007)	41
3.3.15	Schlußfolgerung	41
3.4	Die Schlußfolgerung des US-Energieministeriums	42
3.5	Absorption/Emission ist nicht Reflexion	43
3.5.1	Eine ungünstige Popularisierung der Physik	43
3.5.2	Reflexion	44
3.5.3	Absorption und Emission	45
3.5.4	Re-Emission	46
3.5.5	Zwei Näherungen des Strahlungstransfers	47
3.6	Die Hypothesen von Fourier, Tyndall und Arrhenius	48
3.6.1	Die traditionellen Arbeiten	48
3.6.2	Moderne Arbeiten zur Klimatologie	51
3.7	Die Annahme der Strahlungsbilanz	54
3.7.1	Einführung	54
3.7.2	Eine Anmerkung zu »Bilanz«-Diagrammen	54
3.7.3	Der Fall des reinen Strahlungsgleichgewichts	56
3.7.4	Die durchschnittliche Temperatur eines bestrahlten Erdballs	58
	Zusammenhang der Mittelwerte	60
3.7.5	Das angebliche Nichtvorhandensein des natürlichen Treibhauseffekts	62
3.7.6	Ein numerisches Beispiel	63
3.7.7	Nichtexistenz einer globalen Temperatur	64
3.7.8	Die rotierende Erdkugel	65
3.7.9	Die schief rotierende Erdkugel	66
3.7.10	Die strahlende Masse	67
3.7.11	Die umfassende Arbeit von Schack	68
3.8	Wärmeleitwert gegenüber der Strahlungsübertragung	70
3.8.1	Die Wärmeleitungsgleichung	70
3.8.2	Wärmeübertragung über Übergänge	73
3.8.3	In der Küche: Physikbesessene Hausfrau gegen das IPCC	74
3.9	Die Gesetze der Thermodynamik	75
3.9.1	Einführung	75
3.9.2	Diagramme	75
3.9.3	Ein Paradox	77
3.9.4	Mögliche Schlußfolgerung des Paradoxes	79
4	Physikalische Fundamente der Klimawissenschaft	79
4.1	Einführung	79
4.2	Die Erhaltungsgesetze der Magnetohydrodynamik	80
4.2.1	Übersicht	80
4.2.2	Erhaltung der elektrischen Ladung	81
4.2.3	Massenerhaltung	81
4.2.4	Die Maxwellschen Gleichungen	81
4.2.5	Das Ohmsche Gesetz für bewegte Medien	82
4.2.6	Momenten-Gleichgewichts-Gleichung	82
4.2.7	Gesamtenergie-Gleichgewicht-Gleichung	82

4.2.8	Der Lehrsatz von Poynting	83
4.2.9	Konsequenzen der Erhaltungsgesetze	83
4.2.10	Die allgemeine Wärmeleitungsgleichung	84
4.2.11	Diskussion	84
4.3	Wissenschaft und die Globale Klimamodellierung	85
4.3.1	Wissenschaft und das Problem der Abgrenzung	85
4.3.2	Einschätzung des Klimatologie und der Klimamodellierung	87
4.3.3	Schlußfolgerung	89
4.4	Pyrgeometer und Gegenstrahlung, Treibhauseffekt	89
4.4.1	Das Pyrgeometer und die Gegenstrahlung	89
4.4.2	Der zweite Hauptsatz und die Entropie	92
4.4.3	Einstein und die Strahlungstransportgleichung	92
4.4.4	Die Stärke der Gegenstrahlung	94
4.4.5	Die Tropopause	95
5	Die Zusammenfassung vom Physiker	95
6	Anerkennung	99
6.1	Kommentar zu Personen	100
	Abbildungsverzeichnis	101
	Tabellenverzeichnis	102
	Literatur	102

Vorbemerkung

Die beiden Autoren des Papers »Falsification¹⁾ Of The Atmospheric CO₂ Greenhouse Effects Within The Frame Of Physics« (Prof. Gerhard Gerlich und Dr. Ralf D. Tscheuschner) fordern zur Diskussion über ihre Thesen auf. Bei einer ausführlichen Diskussion muß deutlich sein, was diskutiert wird. Dazu sind die entsprechenden Originaltexte zusammenzufassen und/oder zu zitieren. Bei den vielen notwendigen Zitaten gleicht die Zitierung einer unautorisierten Rohübersetzung. Die Zitate sind so umfangreich, weil Prof. Gerlich in eMails an den Autor dieses Papers fordert: »Wenn Sie etwas „widerlegen“, sollten Sie die entsprechenden Stellen vollständig und für den Leser verständlich (nachvollziehbar) zitieren.« bzw. »... unterlassen Sie endlich falsche Zusammenfassungen meiner Texte.«

Damit solche Vermutungen möglichst keine Grundlage haben, wird die Arbeit, die uneingeschränkt im Internet steht (http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0707/0707.1161v3.pdf²⁾) so auf deutsch zitiert³⁾, daß der Vergleich der Zitate mit dem englischen Originaltext leicht möglich ist, indem Kapitelnummern, Gleichungsnummern und Bildnummern erhalten bleiben. Die Seitennr. und Fußnotennr. sind andere. Dieses Nebeneinander von originalsprachigem Zitat und Übersetzung⁴⁾ haben die Autoren auch in ihrer Arbeit gemacht.

Mit der Kommentierung beteilige ich mich auch an der Diskussion z. B. als Blog in <http://atmoz.org/blog/2007/07/10/falsification-of-the-atmospheric-co2-greenhouse-effects/> – in der dortigen Diskussion sind schon einige der hier aufgeführten Ausführungen enthalten.

Zum Layout: Der zitierte Text ist in schwarz, die Kommentierung (zur leichteren Unterscheidung) in einer anderen Farbe (auch berichtigte Schreibfehler). »Autor« betrifft den Autor dieses Papers, »Autoren« betrifft die Autoren des kommentierten Papers. Daß das vorliegende Layout und das Layout des Papers der Autoren ähnlich ist, liegt evtl. daran, daß wahrscheinlich die Autoren auch mit Latex geschrieben haben⁵⁾.

Die Anmerkungen (a) bis (f) in den Abstract der Autoren (S. 6) sind teilweise berechtigt – aber statt richtiger Formulierungen wurde »Das Kind mit dem Bade ausgeschüttet«, d.h. der Treibhauseffekt existiert und ist physikalisch einwandfrei zu begründen. Z.B. fehlt in der umfangreichen Literatur die Arbeit von Albert Einstein [78], wo er sich mit der Strahlung bei Gasen beschäftigt. Schon diese Arbeit von Einstein erklärt den Treibhauseffekt.

Mit Einstein ist auch die Mikrobegründung der Wechselwirkung zwischen der Strahlung und den Molekülen der Treibhausgase gegeben, die die Autoren in ihrem Abschnitt 1.2, S. 11 fordern (Absatz nach Gleichung (3)) und das wird im Abschnitt 4.4.3, S. 92 begründet.

Desweiteren werden Vernachlässigungen genannt, die nicht explizit erwähnt werden, aber wesentlich sind.

Wesentlich für das Verständnis des Treibhauseffektes ist auch das Verständnis des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik. Siehe Abschnitt 4.4.2, S. 92, der zeigt, daß der Treibhauseffekt den zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik nicht verletzt – im Gegenteil: mit dem Bestreiten des Treibhauseffektes wird implizit eine Verletzung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik unterstellt: Die Nichtexistenz des Treibhauseffektes würde die Entstehung spontaner Temperaturabweichungen bei isothermen Verhältnissen zur Folge haben.

Insbesondere können ohne Treibhauseffekt wesentliche Erscheinungen des Temperaturver-

1) „falsification“ kann im Deutschen mehrere Bedeutungen haben: Fälschung, Verfälschung, Widerlegung

2) die übersetzten Zitate beruhen weitgehend auf Version 2.0

3) Der Hauptteil sind deutsche Leser und es soll ja für den deutschen Leser verständlich sein.

4) Falls Übersetzungsfehler vorhanden sind (oder auch andere Fehler) bitte ich um eine eMail, ich werde die Fehler umgehend berichtigen. Bei Fällen, wo die Übersetzung nicht eindeutig sein kann, bitte ich die Autoren um eine eindeutige Formulierung.

5) Das Latex-Paket „color“ hat einen Stackfehler, deswegen gab es Farbprobleme beim Seitenwechsel. In der Fassung vom 30. Januar 2008 sollten die behoben sein.

laufs in der Atmosphäre als Funktion der Höhe nicht beschrieben werden: z. B. die Existenz der Tropopause oberhalb derer ein fast isothermer Temperaturverlauf vorliegt und unterhalb derer ein fast adiabatischer Temperaturverlauf vorliegt. Siehe Texte in den Abschnitten 3.3.4 (S. 36) und 4.4 (S. 89).

Ich hoffe, daß mein Paper eine wissenschaftliche Diskussion auslöst und nicht das, was die Autoren bei anderen bemängeln. Zitat von Seite 89:

... mit aufreizenden Behauptungen, persönlichen Attacken und Angriffen gegen Autoren, die das offenbar als Teil ihres »wissenschaftlichen« Arbeitsablaufs betrachten.

Aber es scheint leider doch anders abzulaufen – Fehler wurden mir bis zum 30. Januar 2008 nicht mitgeteilt, dagegen war für Polemik Zeit:

Schon die jeglicher guter Sitte widersprechende Art, den Kommentar zu einer wissenschaftlichen Arbeit in der Weise zu schreiben, dass man sich in das fremde Layout einklinkt, ist anmassend, unseriös und ohne Beispiel in der wissenschaftlichen Diskussion.

Wie denn nun? Fasse ich zusammen, fasse ich falsch zusammen usw., zitiere ich ausführlich, widerspricht es guter Sitte - und beide Male wird nicht fachlich, sondern polemisch geantwortet. Das betrachte ich als Ausrede um nicht fachlich zu antworten.

Abstract

Der atmosphärische Treibhauseffekt ist eine Idee, die die Autoren zurück bis zu den traditionellen Arbeiten von Fourier 1824, Tyndall 1861 und Arrhenius 1896 verfolgen und die von der globalen Klimatologie auch heute unterstützt wird. Dieser Treibhauseffekt beschreibt im Wesentlichen einen fiktiven Mechanismus, der in einer planetarischen Atmosphäre wirkt wie eine von der Umwelt getriebene Wärmepumpe, mit Strahlungswirkung aufeinander, aber im Strahlungsgleichgewicht zum atmosphärischen System. Gemäß dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kann solch eine planetarische Maschine nie bestehen. Trotzdem wird dieser Mechanismus in fast allen Texten der globalen Klimatologie und in weit verbreiteter Sekundärliteratur dafür benutzt, dass solcher Mechanismus tatsächlich existiert und auf einem festen wissenschaftlichen Fundament steht. In diesem Aufsatz wird die populäre Vermutung analysiert und die zu Grunde liegenden physikalischen Grundsätze, werden klargestellt. Es zeigt sich, dass

- (a) keine gemeinsamen physikalischen Gesetze zwischen den Wärmephänomenen in Glashäusern und den fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekten existieren,
- (b) es keine Berechnungen gibt, um eine durchschnittliche Oberflächentemperatur eines Planeten zu bestimmen,
- (c) die oft erwähnte Differenz von 33°C eine sinnlose Größe ist, die falsch berechnet wird,
- (d) die Formeln der Hohlraumstrahlung nicht anwendbar sind,
- (e) die Annahme einer Strahlungsbilanz unphysikalisch ist,
- (f) der Wärmeleitwert und die Reibung nicht auf Null gesetzt werden dürfen, die atmosphärische Treibhaus-Vermutung ist damit widerlegt.

1 Einführung

1.1 Problem-Hintergrund

Kürzlich hat es viele Diskussionen bezüglich der wirtschaftlichen und politischen Implikationen der Klimaveränderlichkeit gegeben, insbesondere der Erderwärmung als einer messbaren Wirkung einer anthropogenen, d.h. vom Menschen gemachten Klimaänderung [164], [17], [195], [104], [144], [188], [208], [103], [34], [129], [209], [119], [6]. Viele Autoren nehmen an, daß diese Kohlendioxid-Emissionen aus dem fossilen Brennstoffverbrauch eine ernste Gefahr für die Gesundheit unseres Planeten darstellen, da sie Einfluß nehmen auf das Klima, insbesondere die durchschnittlichen Temperaturen an der Oberfläche und niedrigeren Atmosphäre der Erde. Kohlendioxid ist jedoch ein seltenes Spurengas, das als ein sehr kleiner Teil der Atmosphäre gefunden wurde mit in Konzentrationen um 0,03Vol-% (vgl. Tabellen 1 (S. 7) und 2 (S. 8), siehe auch Referenz [29])⁶⁾.

Datum	CO ₂ Konzentration [ppmv]	Quelle
März 1958	315,56	Ref. [136]
März 1967	322,88	Ref. [136]
März 1977	334,53	Ref. [136]
März 1987	349,24	Ref. [136]
März 1996	363,99	Ref. [136]
März 2007	377,3	Ref. [47]

Tabelle 1: Atmosphärische Konzentration des Kohlendioxids in Volumen-Teilen pro Million (1958- 2007)

Ein Physiker fängt seine Analyse des Problems an, indem er seine Aufmerksamkeit auf zwei (drei) grundsätzliche thermodynamische Eigenschaften richtet, nämlich

- den Wärmeleitwert λ , der angibt, wie viel Wärme pro Zeiteinheit und Temperaturdifferenz in einem Medium fließt;
- die isochore Temperaturleitfähigkeit a_v , die angibt, wie schnell sich eine Temperaturänderung ausbreitet, ausgedrückt als Fläche pro Zeiteinheit.
- und bei Gasen überprüft, ob Wärmetransport durch Gasströmung erfolgt (turbulenter Wärmetransport).

Beide Größen sind verbunden durch

$$a_v = \frac{\lambda}{\rho c_V} \quad (1)$$

der Proportionalitätskonstanten in der Wärmeleitungsgleichung

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_v \Delta T \quad (2)$$

wobei T die Temperatur, ρ die Massendichte, c_V die isochore spezifische Wärme und ΔT der Laplace-Operator, angewandt auf T ist. Der Laplace-Operator ist die partielle Ableitung zweiter Ordnung der Temperatur nach den Raumkoordinaten.

6) Ein neuer Aufsatz »180 Jahren genaue CO₂ Gasanalyse der Atmosphäre durch Chemische Methoden« des deutschen Biologen Ernst-Georg Beck behauptet, dass das IPCC Vertrauen auf die Eiskern-CO₂-Bestimmung falsch ist [43], [44]. Obwohl es selbstständig interessant ist, dass sogar die CO₂-Daten selbst einer Diskussion unterworfen sind, hat das keinen Einfluß auf das Grundsätzliche dieses Aufsatzes, der zeigen soll, dass CO₂ völlig irrelevant ist.

Gas	Formel	U.S. Standard 1976 [136] [Vol %]	Hardy u.a. 2005 [103] [Vol %]	Arbeits- hypothese [Vol %]
Stickstoff	N ₂	78,084	78,09	78,09
Sauerstoff	O ₂	20,9476	20,95	20,94
Argon	Ar	0,934	0,93	0,93
Kohlendioxid	CO ₂	0,0314	0,03	0,04

Tabelle 2: Drei Versionen einer Atmosphäre einer idealisierten Erde und des verbundenen Gasvolumens Konzentrationen, einschließlich der für dieses Aufsatz gewählten Arbeitshypothese

Um die Eigenschaften der Mischung »Luft« entsprechend der Thermodynamik nach Gibbs berechnen zu können [55], [114] muss man die Massenkonzentrationen der Einzelgase als Gewichte verwenden, um aus den relevanten Daten der Einzelgase die Atmosphäre zu berechnen ⁷⁾. Die Daten der Volumen-Konzentrationen (Tabelle 2, S. 8) können in Massenkonzentrationen mit Hilfe der bekannten Massendichten (Tabelle 3, S. 8) umgewandelt werden.

Gas	Formel	Massendichte ρ [kg/m ³]	Quelle
Stickstoff	N ₂	1,1449	Ref. [136]
Sauerstoff	O ₂	1,3080	Ref. [136]
Argon	Ar	1,6328	Ref. [136]
Kohlendioxid	CO ₂	1,7989	Ref. [136]

Tabelle 3: Massendichten von Gasen bei normalen atmosphärischen Druck (101.325 kPa) und Normal-Temperatur (298 K)

Ein Vergleich der Volumen-Prozente und der Massenprozente für CO₂ zeigt, dass dessen gegenwärtige Massen-Konzentration, die die physikalisch relevante Konzentration ist, ungefähr 0,06 % beträgt und nicht die häufig zitierten 0,03 % (Tabelle 4, S. 8).

Gas	Formel	x_v [Vol-%]	ρ (298 K) [kg=/m ³ 3]	x_m [Mass %]
Stickstoff	N ₂	78,09	1.1449	75,52
Sauerstoff	O ₂	20,94	1.3080	23,14
Argon	Ar	0,93	1.6328	1,28
Kohlendioxid	CO ₂	0,04	1.7989	0,06

Tabelle 4: Volumen-Prozente gegenüber Massen-Prozente: Die Volumen-Konzentration x_v und die Massen-Konzentration x_m der Gasanteile der Atmosphäre einer idealisierten Erde

Die bekannten Wärmeleitwerte (Tabelle 5, S. 9), die isochoren Wärmekapazitäten und die Massendichten der Atmosphärenbestandteile bestimmen den Temperaturleitwert (Tabelle 6, S. 9). Das erlaubt es, die Änderung des wirksamen Wärmeleitwerts der Atmosphäre als Folge einer Verdoppelung der CO₂ Konzentration zu schätzen. Diese Verdopplung wird innerhalb der nächsten 300 Jahre erwartet (Tabelle 7, S. 10).

⁷⁾ Der Wärmeleitwert einer Mischung von zwei Gasen ändert sich im Allgemeinen nichtlinear mit der Zusammensetzung der Mischung. Jedoch bei vergleichbaren Molekulargewichten und den kleinen Konzentrationen ist die Nichtlinearität unwesentlich [80].

Gas	Formel	λ (200 K) [W/mK] Ref. [136]	λ (298 K) [W/mK] (interpoliert)	λ (300 K) [W/mK] Ref. [136]	λ (400 K) [W/mK] Ref. [136]
Stickstoff	N ₂	0.0187	0.0259	0.0260	0.0323
Sauerstoff	O ₂	0.0184	0.0262	0.0263	0.0337
Argon	Ar	0.0124	0.0178	0.0179	0.0226
Kohlendioxid	CO ₂	0.0096	0.0167	0.0168	0.0251

Tabelle 5: Wärmeleitwert der Gasbestandteile der Atmosphäre der Erde bei normalem Druck (101,325 kPa)

Gas	c_p [J/kg K]	M_r [kg/mol]	R/M_r [J/kg K]	c_v [J/kg K]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK] ⁸⁾	a_v [m ² /s]
N ₂	1039	28.01	297	742	1.1489	0.0259	$3,038 \cdot 10^{-5}$
O ₂	919	32.00	260	659	1.3080	0.0262	$3,040 \cdot 10^{-5}$
Ar	521	39.95	208	304	1.6328	0.0178	$3,586 \cdot 10^{-5}$
CO ₂	843	44.01	189	654	1.7989	0.0167	$1,427 \cdot 10^{-5}$

Tabelle 6: Isobare Wärmekapazität c_p , relative Molmasse M_r , isochore Wärmekapazität $c_v \approx c_p - R/M_r$ mit der universalen Gaskonstanten $R = 8,314472$ J/(mol K), Massendichte ρ , thermische Leitfähigkeit λ und isochore Temperaturleitfähigkeit a_v der Gasbestandteile bei normalen Druck der Erdatmosphäre (101,325 kPa)

Es ist zu sehen, dass eine Verdoppelung der Konzentration des Spurengases CO₂, dessen Temperaturleitwert näherungsweise etwa die Hälfte von Stickstoff und Sauerstoff ist, den Wärmeleitwert höchstens um 0,03 % und den isochoren Temperaturleitwert höchstens um 0,07 % ändert. Diese Größen liegen innerhalb der Messungenauigkeit und anderen Unsicherheiten wie Rundungsfehler und haben deshalb keine signifikante Bedeutung. **Allerdings haben weder die isochore Wärmeleitfähigkeit noch der Temperaturleitwert eine signifikante Bedeutung für den Treibhauseffekt – insofern bringt diese Betrachtung nichts.**

1.2 Die Treibhauseffekt-Hypothese

Unter den Klimaforschern, insbesondere diejenigen, die mit dem International Panel der Klimaänderung (IPCC)⁹⁾ verbunden sind, gibt es einen »wissenschaftlichen Konsens« [11], dass der relevante Mechanismus der atmosphärische Treibhauseffekt ist, ein Mechanismus, der sich hauptsächlich auf die Annahme stützt, dass die Strahlungswärmeübertragung deutlich dominiert gegenüber anderen Formen der Wärmeübertragung wie thermische Leitfähigkeit, Konvektion, Kondensation usw. [113], [111], [110], [112], [109], [108], [162], [107].

In allen früheren Berichten des IPCC und anderen derartigen wissenschaftlichen Zusammenfassungen ist der folgende Punkt (hervorgehoben in Referenz [111, S. 5]) zentral für die Diskussion:

Einer der wichtigsten Faktoren ist der **Treibhauseffekt**; eine vereinfachte Erklärung ist folgende: die kurzwellige Solarstrahlung passiert relativ ungehindert die Atmosphäre. Aber die langwellige Strahlung, die von der warmen Oberfläche

8) im Original steht [Js/mK], richtig wäre auch [J/(s m K)]

9) Das IPCC wurde 1988 von der Meteorologischen Weltorganisation (WHO - World Meteorological Organization) und dem Umweltprogramm der Vereinten Nationen geschaffen (UNEP - United Nations Environmental Programme).

Gas	c_p [Massen%]	M_r [kg/mol]	R/M_r [J/kg K]	c_v [J/kg K]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK] ⁸⁾	a_v [m ² /s]
N ₂	75.52	28.01	1039	742	1.1489	0.0259	$3,038 \cdot 10^{-5}$
O ₂	23.14	32.00	929	659	1.3080	0.0262	$3,040 \cdot 10^{-5}$
Ar	1.28	39.95	512	304	1.6328	0.0178	$3,586 \cdot 10^{-5}$
CO ₂	0.06	44.01	843	654	1.7989	0.0167	$1,427 \cdot 10^{-5}$
Luft	100.00	29.10	1005	719	1.1923	0.02586	$3,0166 \cdot 10^{-5}$

Gas	c_p [Massen%]	M_r [kg/mol]	R/M_r [J/kg K]	c_v [J/kg K]	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK] ⁸⁾	a_v [m ² /s]
N ₂	75.52	28.01	1039	742	1.1489	0.0259	$3,038 \cdot 10^{-5}$
O ₂	23.08	32.00	929	659	1.3080	0.0262	$3,040 \cdot 10^{-5}$
Ar	1.28	39.95	512	304	1.6328	0.0178	$3,586 \cdot 10^{-5}$
CO ₂	0.12	44.01	843	654	1.7989	0.0167	$1,427 \cdot 10^{-5}$
Luft	100.00	29.10	1005	719	1.1926	0.02585	$3,0146 \cdot 10^{-5}$

Tabelle 7: Die Berechnung des isochoren Temperaturleitfähigkeit $a_v = \lambda/(\rho - c_v)$ der Luft und ihrer Bestandteile für die gegenwärtige CO₂-Konzentration (0,06 Massen%) und für einen fiktive verdoppelte CO₂-Konzentration (0,12 Massen%) bei normalen Druck (101,325 kPa)

der Erde ausgestrahlt wird, wird teilweise absorbiert und wird dann durch mehrere Spurengase in der kühleren Atmosphäre oben wieder ausgestrahlt. Da im Mittel die ausgesandte langwellige Strahlung mit der eingehende Solarstrahlung bilanziert, werden sowohl Atmosphäre als auch Oberfläche wärmer sein, als sie es ohne Treibhausgase sein würden . . . Der Treibhauseffekt ist real; er ist ein gut verstandener Effekt, der auf etablierten wissenschaftlichen Grundsätzen beruht.

Vermutlich um das Ganze präziser zu machen, wurde der Begriff des *Strahlungstrieb*s durch das IPCC eingeführt und verbunden mit der Annahme des *Strahlungsgleichgewichts*. In Referenz [109, S. 7-6] findet sich folgende Erklärung:

Eine *Änderung* der durchschnittlichen Nettostrahlung an der Oberseite der Troposphäre (bekannt als Tropopause) wegen einer Änderung der Solar- und/oder Infrarotstrahlung wird für den Zweck dieses Berichts als Strahlungstrieb definiert. Der Strahlungstrieb stört der Gleichgewicht zwischen ankommender und weggehenden Strahlung. Im Laufe der Zeit antwortet das Klima darauf mit einer Änderung, um das Strahlungsgleichgewicht wieder herzustellen. Im Mittel neigt ein positiver Strahlungstrieb dazu, die Oberfläche zu erwärmen; ein negativer Strahlungstrieb dazu die Oberfläche abzukühlen. Definiert wird hier, daß die eingehende Solarstrahlung nicht als Strahlungstrieb betrachtet wird, aber eine Änderung im Betrag der eingehenden Solarstrahlung würde ein Strahlungstrieb sein . . . Z. B. würde eine Zunahme der atmosphärischen CO₂-Konzentration zur Verminderung der emittierten Infrarotstrahlung und einem positiven Strahlungstrieb führen.

Jedoch ist im Allgemeinen ein »wissenschaftlicher Konsens« nicht mit wissenschaftlicher Wahrheit verbunden, wie das unzählige Beispiele in der Geschichte gezeigt haben. »Konsens« ist eine politischer Begriff, kein wissenschaftlicher. Insbesondere vom Gesichtspunkt

der theoretischen Physik muß bei der Strahlungsnaherung beachtet werden, daß die benutzten physikalische Gesetze wie das Plancksche und Stefan-Boltzmann's-Gesetz nur eine beschränkte Gültigkeit haben¹⁰⁾, so dass definitiv infrage gestellt werden muss, ob das atmosphärische Problem damit behandelt werden kann [192], [48], [168], [167], [174]. Zum Beispiel benutzen Klimaforscher in vielen Berechnungen idealisierte schwarze Oberflächen, wie z. B. die CO₂-Schicht und den Boden, die gegeneinander strahlen. In Wirklichkeit müssen wir das Mengen-Problem betrachten, denn bei der Konzentrationen von 300 ppmv sind im normalen Zustand etwa

$$\begin{aligned}
 N &\approx 3 \cdot 10^{-4} \cdot V \cdot N_L \\
 &\approx 3 \cdot 10^{-4} \cdot (10 \cdot 10^{-6} \text{ m})^3 \cdot 2,687 \cdot 10^{25} \text{ Moleküle/m}^3 \\
 &\approx 3 \cdot 10^{-4} \cdot 10^{-15} \cdot 2,687 \cdot 10^{25} \text{ Moleküle} \\
 &\approx 8 \cdot 10^7 \text{ Moleküle}
 \end{aligned} \tag{3}$$

innerhalb eines Würfels V mit der Kantenlänge 10 µm verteilt, der typischen Wellenlänge der relevanten Infrarotstrahlung¹¹⁾. In diesem Zusammenhang ist eine Anwendung der Formeln der Hohlraumstrahlung Unsinn.

Inwieweit die Teilchendichte eine Rolle spielt, zeigt sich bei Absorptionsexperimenten: Wenn die Absorption eines strahlungsaktiven Gases in geringer Beimischung in einem strahlungspassiven Gas gemessen wird, ist die Absorption proportional der Konzentration – wäre eine elektromagnetische Vielteilchenwechselwirkung tatsächlich vorhanden, so wäre so ein Meßergebnis unverständlich. Trotzdem spielt die Wechselwirkung der Teilchen eine Rolle, denn die Form der Absorptionskurve ändert sich in Abhängigkeit von Gesamtdruck aller Gase und deren Temperatur – aber diese Teilchenwechselwirkung ist weitgehend unabhängig vom Strahlungsfeld.

Es kann nicht genug betont werden, dass an einer mikroskopischen Theorie, die als Basis zur Herleitung makroskopischer Größen wie den thermischen oder elektrischen Transportkoeffizienten dient, die Vielkörpertheorie stark beteiligt sein muss. Natürlich wird die Wärmeübertragung wegen zwischenatomaren elektromagnetischen Wechselwirkungen durch das elektromagnetischen Feld vermittelt¹²⁾. Aber es ist verführerisch, sich z. B. ein Photon zu vergegenwärtigen als einfaches Partikel oder als Wellenpaket, das von einem Atom zu einen anderen reist. Diese Dinge sind reichlich komplizierter und können nicht verstanden werden weder in der (ein-)Partikel-Wellen-Dualität oder dem Feynman-Graphen.

Andererseits enthalten die makroskopischen thermodynamischen Größen viel Information und können direkt und genau in Physik-Laboratorium gemessen werden. Es ist ein interessanter Punkt, dass das Wärmeleitwert von CO₂ nur eine Hälfte von dem des Stickstoffs oder Sauerstoffes ist. In einer 100-Prozent-CO₂-Atmosphäre erstrahlt eine herkömmliche Glühbirne heller als in einer Stickstoff-Atmosphäre wegen des verringerten Wärmeleitwerts ihrer Umgebung. Aber das hat nichts mit dem angenommenen CO₂-Treibhauseffekt zu tun, der sich auf die Spurengaskonzentrationen bezieht. Globale Klimaforscher behaupten, dass der natürliche Treibhauseffekt der Erde die Erde 33 °C wärmer hält als sie es ohne die Spurengase in der Atmosphäre wäre. 80 Prozent dieser Erwärmung wird dem Wasserdampf und 20 Prozent den 0.03 Volumen-Prozenten des CO₂ zugeschrieben. Wenn solch eine extreme Wirkung besteht, würde sie sogar in einem Laborexperiment, in dem konzentriertes

10) Die Gültigkeit ist nicht beschränkt, nur die Voraussetzungen der Gültigkeit müssen beachtet und entsprechend behandelt werden.

11) N_L ist die bekannte Loschmidtsche Zahl [207].

12) Die hauptsächlichste Wärmeübertragung geschieht in Gasen durch Stöße zwischen den Gasteilchen, wobei die Stöße hauptsächlich durch das Näherungspotential vermittelt werden. Dieses Näherungspotential mit seinen virtuellen Photonen verursacht die van-der-Waals-Kraft (siehe Seite 15).

CO₂ beteiligt ist, als eine Wärmeleitwert-Anomalie auftauchen. (Wieso? Der Treibhauseffekt hat doch praktisch nichts mit der Wärmeleitung zu tun.) Es würde manifest sein als eine neue Art 'der Superisolierung', die die herkömmliche Wärmeleitungsgleichung verletzt. (Da der Treibhauseffekt wenig mit der Wärmeleitungsgleichung zu tun hat, liegt auch keine Verletzung vor.). Jedoch sind solche anomalen Wärmetransporteigenschaften des CO₂ nie beobachtet worden. Richtig – aber anomale Wärmetransporteigenschaften werden auch nicht zur Erklärung des Treibhauseffekts benötigt.

In diesem Aufsatz werden deshalb die populären, durch die globale Klimatologie Gemeinschaft getragenen, Treibhaus-Gedanken innerhalb der Grenzen der theoretischen und experimentellen Physik nachgeprüft.

Die Autoren verfolgen deren Ursprünge zurück zu den Arbeiten von Fourier [84], [83] (1824), Tyndall [204], [202], [203], [200], [201] (1861) und Arrhenius [33], [32], [31] (1896). Eine sorgfältige Analyse der Originalarbeiten zeigt, dass Fouriers und Tyndalls Arbeiten das Konzept des atmosphärischen Treibhauseffekts nicht wirklich einschlossen, wohingegen sich die Arbeit von Arrhenius grundsätzlich von den heutigen Versionen unterschied. Mit Ausnahme der Referenz [31] gehen die traditionellen Arbeiten den bahnbrechenden Arbeiten der modernen Physik voran, wie Plancks Arbeit zur Strahlung eines schwarzen Körpers [168], [167]. Obwohl die Argumente von Arrhenius durch seine Zeitgenossen *scheinbar* widerlegt waren, wurden sie durch Callendar [62], [61], [60], [59], [58], [57], [56] und Keeling [125], [123], [128], [122], [126], [127], [124], den Begründern der modernen Treibhaus-Hypothese¹³⁾, aufgenommen. Interessanterweise bleibt diese Hypothese vage, seitdem sie verwendet wird. Sogar Keeling stellte 1978 [122] fest:

Über die Idee, dass das CO₂ infolge der Verbrennung fossiler Brennstoffe in der Atmosphäre anwachsen und Ursache sein könnte für das Erwärmen der niedrigeren Atmosphärenschichten, wurde schon Ende des neunzehnten Jahrhunderts nachgedacht (Arrhenius, 1903). In dieser Zeit war der Gebrauch der fossilen Brennstoffe zu gering um einen Anstieg des atmosphärischen CO₂ festzustellen. Diese Idee wurde durch Callendar (1938, 1940) überzeugend ausgedrückt, aber noch ohne feste Beweise für den Anstiegs des CO₂.

Der Einfluß des CO₂ auf dem Klima wurde auch gründlich in mehreren Veröffentlichungen besprochen, die zwischen 1909 und 1980 erschienen sind – hauptsächlich in Deutschland [14], [16], [15], [37], [41], [42], [63], [72], [76], [95], [3], [106], [141], [143], [139], [140], [142], [146], [160], [157], [158], [156], [155], [159], [161], [179], [213]. Die einflußreichsten Autoren waren Möller [76], [160], [157], [158], [156], [155], [159], [161], der auch ein Lehrbuch über die Meteorologie schrieb [154], [153] und Manabe [141], [143], [139], [140], [142], [159]. Es scheint, dass die gemeinsame Arbeit von Möller und Manabe [159] einen signifikanten Einfluß auf die Formulierung der modernen atmosphärischen CO₂ Treibhaus Mutmaßungen und Hypothesen gehabt hat.

In einem sehr umfassenden Bericht des US-Energieministeriums (DOE), der 1985 erschien [4] war die atmosphärische Treibhaus-Hypothese in ihre finale Form gebracht worden und wurde Eckstein in allen nachfolgenden IPCC Veröffentlichungen [113], [111], [110], [112], [109], [108], [162], [107].

Natürlich kann es sein, daß das grob vereinfachte, einladende Bild der globalen Klimatologie des IPCC physikalisch falsch ist, daß aber eine gründliche Diskussion einen nicht vernachlässigbaren Einfluß von bestimmten Strahlungseffekten (abgesehen vom Sonnenlicht)

13) Gegenwärtig wird von Storch die anthropogene Erderwärmungskepsis kritisiert, indem er die Diskussion charakterisiert als »eine Diskussion von gestern und vorgestern« [164]. Komischerweise waren es Calender und Keeling welche »eine Diskussion von gestern und vorgestern« reaktivierten, die beruhend auf den einstmal bereits widerlegten Argumenten.

auf das Wetter offenbaren kann (und folglich auf seine lokalen Durchschnitte, dem Klima), die dem CO₂ Treibhauseffekt zugerechnet werden können. Aber dann bleiben drei Schlüsselfragen, wenn eine Wirkung beansprucht wird, schon um als ein echter Bezug eines Netzes komplizierte Reaktionen zu dienen:

1. Gibt es einen grundsätzlichen CO₂ Treibhauseffekt in der Physik?
2. Wenn dem so ist, wie ist der grundsätzliche physikalische Grundsatz hinter diesem CO₂ Treibhauseffekt?
3. Ist es physikalisch richtig, die Strahlungswärmeübertragung als grundsätzlichen Mechanismus zum Steuern des Wetters zu betrachten, wenn Wärmeleitwert und Reibung zu Null gesetzt werden? **Was allerdings im Allgemeinen nicht gemacht wird, da z. B. die konvektive (Strömungs-) Wärmeübertragung turbulent erfolgt und Turbulenz ohne Reibung nicht möglich ist.**

Der Zweck dieses Aufsatzes ist es,

- eine zutreffende negative Antwort auf alle diese Fragen zu geben statt Rhetorik wiederzugeben.
- **eine gründliche wissenschaftlichen Diskussion über den Treibhauseffekt anzustoßen?** oder
- **die negative Antwort zu verbreiten.**

1.3 Dieser Aufsatz

In der Sprache der Physik ist eine Wirkung nicht zwangsläufig offensichtlich, aber ein reproduzierbares und messbares Phänomen zusammen mit seiner theoretischen Erklärung.

Weder der sich erwärmende Mechanismus in einem Glashauss noch die angenommene anthropogene Erwärmung ist eine Wirkung im Sinne dieser Definition:

- Im ersten Fall (dem Glashauss) stößt man auf ein überschaubares Phänomen.
- Im zweiten Fall (der Atmosphäre der Erde) kann man nicht etwas messen; stattdessen werden nur heuristische Berechnungen gemacht. **Man kann sehr deutlich messen, siehe Abschnitt 4.4.1, S. 89.**

Die Erklärung des Wärmemechanismus in einem echten Treibhaus ist ein Standardproblem in Studentenkursen, Optik, Kernphysik und klassischer Strahlentheorie sind damit befasst. Auf diesem Niveau sind weder die mathematische Formulierung des ersten noch des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik noch die partiellen Differentialgleichungen der Hydrodynamik oder der irreversiblen Thermodynamik bekannt; das Phänomen muss also mit verhältnismäßig elementaren Mitteln analysiert werden.

Jedoch, wenn man nach »Glas-Haus-Effekt« oder »Treibhauseffekt« in klassischen Lehrbüchern der experimentellen Physik oder theoretischen Physik sucht, wird man feststellen - vielleicht zu jemandes Überraschung und Enttäuschung - daß diese Worte nirgendwo erscheinen - mit einigen Ausnahmen, wo in aktualisierten Ausgaben einiger Bücher Veröffentlichungen der Klimatologie zitiert werden. Ein prominentes Beispiel ist das Lehrbuch von Kittel, dem eine »Ergänzung« zur 1990-Ausgabe seiner thermischen Physik auf der Seite 115 [130] hinzugefügt wurde:

Der Treibhauseffekt beschreibt das Erwärmen der Oberfläche der Erde, das durch die absorbierende Infrarotschicht von Wasser (als Dampf und in Wolken) und Kohlendioxid in der Atmosphäre zwischen der Sonne und der Erde verursacht wird. Das Wasser kann etwa 90 Prozent zur Wärmewirkung beitragen.

Kittels »Ergänzung« bezieht sich auf die Bücher von 1990 und 1992 von J.T. Houghton u.a. zur Klimaänderung, die nichts anderes als die IPCC Standardbewertungen sind [113], [110].

Im Allgemeinen beziehen sich die meisten Klimatologie-Texte auf keine grundsätzliche Arbeit der Thermodynamik und Strahlungstheorie. Manchmal wird die klassische astrophysikalische Arbeit von Chandrasekhar [64] zitiert, aber es ist nicht klar, welche Ergebnisse, wo und wie die Schlußfolgerungen von Chandrasekhar im Rahmen des Transfers der Infrarotstrahlung in planetaren Atmosphären angewandt werden.

Dort scheint keine Quelle zu bestehen, wo ein atmosphärischer Treibhauseffekt eingeführt wird in die wesentliche Universitätsphysik.

Zweifellos ist das atmosphärische Treibhaus-Problem kein grundsätzliches Problem der Philosophie der Wissenschaft, das am besten mit dem Münchhausen trilemma¹⁴⁾ beschrieben wird, links bei der dreifältigen Alternative beginnend¹⁵⁾

unbegrenzter Rückschritt – Dogma – Denken im Kreis

Eher ist der atmosphärische Treibhaus-Mechanismus eine Vermutung, die bewiesen werden kann oder die ([nach Meinung der Autoren](#)) bereits in der konkreten technischen Thermodynamik widerlegt ist [177], [81], [218]. Genau das wurde ausführlich vor vielen Jahren durch einen Experten in diesem Gebiet getan, nämlich Alfred Schack, der ein klassisches Lehrbuch zu diesem Thema schrieb [177]. 1972 zeigte er, dass der Strahlungsbestandteil der Wärmeübertragung CO₂, obwohl relevant bei Temperaturen in Verbrennungsräumen, bei atmosphärischen Temperaturen vernachlässigt werden kann. Der Einfluß von Kohlensäure auf den Klimas der Erde ist definitiv unmessbar [178].

Der restliche Teil des vorliegenden Aufsatzes ist wie folgt organisiert:

- Im Abschnitt 2, S. 14 wird die Wärmewirkung in echten Gewächshäusern besprochen. Diese muss streng unterschieden werden von der (un-)berühmten Vermutung von Arrhenius.
- Abschnitt 3, S. 32 ist dem atmosphärischen Treibhaus-Problem gewidmet. Es wird gezeigt, dass die Wirkung weder experimentelle noch theoretische Fundamente hat und deshalb als fiktiv betrachtet werden muss. Der Anspruch, dass CO₂ Emissionen anthropogene Klimaänderungen verursachen, hat keine physikalische Basis.
- Im Abschnitt 4, S. 79 werden theoretische Physik und Klimatologie im Zusammenhang mit der Philosophie der Wissenschaft besprochen. Die Frage ist, wie weit hergeholt die Anpassung der globalen Klimatologie in den Rahmen exakter Wissenschaften wie der Physik ist.
- [Im Abschnitt 4.4, S. 89 werden theoretische Physik und Treibhauseffekt aus experimenteller Sicht besprochen.](#)
- Die letzte Abschnitt 5, S. 95 ist die Zusammenfassung eines Physikers.

2 Der Erwärmungsmechanismus in echten Gewächshäusern

2.1 Grundlagen der Strahlung

2.1.1 Einführung

Seit Jahren, ist der Erwärmungsmechanismus in echten Gewächshäusern, mit dem Schlagwort »Treibhauseffekt« allgemein missbraucht worden, um den vermuteten atmosphärischen

14) Der Begriff wurde vom kritischen Rationalisten Hans Albert ins Leben gerufen, z. B. siehe Referenz [13]. Für die gegenwärtige Diskussion zur Erderwärmung kann die Arbeit von Albert besonders interessant sein. Gemäß Albert haben es neue Einsichten nicht leicht, verbreitet zu werden, weil es häufig ein ideologisches Hindernis gibt, für das Albert den Begriff der Immunität gegen die Kritik ins Leben rief.

15) Ursprünglich ist eine Alternative eine Wahl zwischen zwei Optionen, nicht eine Optionen selbst. Eine dreifältige Alternative verallgemeinert eine gewöhnliche Alternative zu einer dreifachen Wahl.

Treibhauseffekt zu erklären. In Schulbüchern, in populären wissenschaftlichen Artikeln und sogar in wissenschaftlichen Debatten auf höchster Ebene wird festgestellt, dass der innerhalb eines Glashauses beobachtete Mechanismus Ähnlichkeit zur anthropogenen Erderwärmung hat. Inzwischen geben sogar Klimaforscher des Mainstreams zu, dass der Mechanismus der Erwärmung in echten Glashäusern streng vom behaupteten CO₂-Treibhauseffekt unterschieden werden muss.

Dennoch sollte man kurz einen Blick auf das klassische Glashausproblem werfen um einige grundsätzliche Grundsätze der Thermodynamik und Strahlentheorie zu wiederholen. Später wird die relevante die Strahldynamik des atmosphärischen Systems sorgfältig ausgearbeitet und vom Glashaus unterschieden. [Bzw. die Gemeinsamkeiten werden festgestellt.](#)

Wärme ist die ([chaotische](#)) kinetische Energie von Molekülen und Atomen und wird durch Kontakt oder Strahlung übertragen. Mikroskopisch werden beide Wechselwirkungen durch Photonen vermittelt. Im ersten Fall, der durch Coulomb- bzw. van der Waals Wechselwirkung vermittelt wird, sind diese virtuelle oder off-shell-Photonen, im zweiten Fall sind diese die echten oder on-shell-Photonen. Die Wechselwirkung zwischen Photonen und Elektronen (und anderen Partikeln, die elektrisch geladen sind oder ein nichtverschwindendes magnetisches Moment haben) wird nach den Gesetzen der Quantentheorie mikroskopisch beschrieben. Folglich können, im Prinzip, Wärmeleitwert und Strahlungsübertragung in einem einheitlichen Rahmen beschrieben werden. Jedoch ist ein Vielkörperproblem im Ungleichgewicht stark nichttrivial und Gegenstand der Disziplinen physikalische Kinetik, Quantentheorie und statistische Mechanik der Ungleichgewichte.

Glücklicherweise führt eine Analyse des Problems, die die Methoden und Ergebnisse klassischen Strahlentheorie anwendet, bereits zu interessanten Einblicken.

2.1.2 Die infinitesimal spezifische Intensität

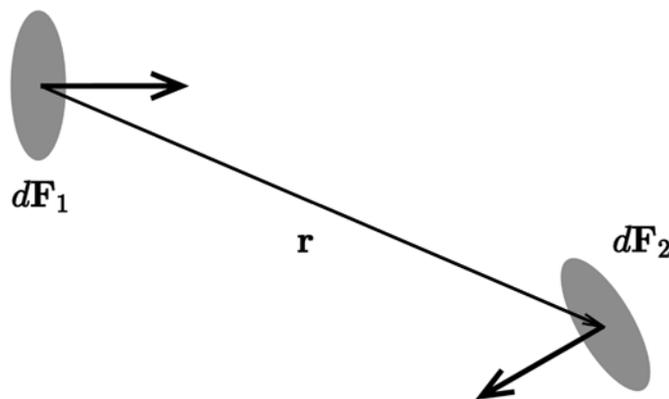


Abbildung 1: Die Geometrie der klassischen Strahlung: Eine strahlende infinitesimale Fläche dF_1 und bestrahlt eine infinitesimale Fläche dF_2 in der Entfernung r .

In der klassischen Strahlentheorie [64] ist die Hauptgröße die spezifische Intensität I_ν . Sie ist als Begriff des *Betrags der Strahlungsenergie* dE_ν definiert, die in einem spezifizierten Frequenzintervall $[\nu, \nu + d\nu]$ von einem Flächenelement dF_1 in Richtung eines anderen Flächenelements dF_2 während einer Zeit dt transportiert wird:

$$dE_\nu = I_\nu d\nu dt \frac{(r dF_1)(r dF_2)}{|r|^4} \quad (4)$$

wobei r der Entfernungsvektor ist, der von dF_1 nach dF_2 (Abbildung 1, S. 15) weist.

Für ein allgemeines Strahlungsfeld kann man schreiben

$$I_\nu = I_\nu(x, y, z; l, m, n; t) \quad (5)$$

wobei (x, y, z) die Koordinaten, (l, m, n) die Richtungskosinusse und t die Zeit bezeichnen, welche sich auf I_ν beziehen.

Mithilfe der Definition des Skalarprodukts in Gleichung (4) kann das in folgende Form gebracht werden

$$dE_\nu = I_\nu d\nu dt \frac{(\cos \vartheta_1 dF_1)(\cos \vartheta_2 dF_2)}{r^2} \quad (6)$$

Durch einen speziellen Fall, der gegeben wird mit

$$\cos \vartheta_2 := 1 \quad (7)$$

Mit

$$\begin{aligned} \vartheta &:= \vartheta_1 \\ d\sigma &:= dF_1 \\ d\omega &:= dF_2/r^2 \end{aligned} \quad (8)$$

definiert Gleichung (6)

$$dE_\nu = I_\nu d\nu dt \cos \vartheta d\sigma d\omega \quad (9)$$

das *Strahlungsbündel* [64].

Gleichung (6), die unten verwendet wird, ist etwas allgemeiner als Gleichung (9), welche in der Literatur üblicher ist. Beide können durch Einführung einer integralen Intensität

$$I_0 = \int_0^\infty I_\nu d\nu \quad (10)$$

und einer Strahlstärke dP vereinfacht werden. Zum Beispiel kann Gleichung (6) in folgende Form gebracht werden

$$dP = I_0 \frac{(\cos \vartheta_1 dF_1)(\cos \vartheta_2 dF_2)}{r^2} \quad (11)$$

2.1.3 Integration

Bei Durchführung der Integration sind an der Rechnung die Dimensionen der physikalischen Größen beteiligt. Gewöhnlich wird über das Gebiet dF_1 integriert und die Gleichung wird so umgeordnet, dass es eine Intensität I (bzw. Intensität mal Flächenelement $I dF$) auf beiden Seiten der Gleichung gibt. Drei Fälle sind besonders interessant:

a) Zwei parallele Gebiete mit der Entfernung a . Gemäß der Abbildung 2, S. 17 kann man schreiben

$$\vartheta_1 = \vartheta_2 =: \vartheta \quad (12)$$

Durch Setzen von

$$r^2 = r_0^2 + a^2 \quad (13)$$

$$2r dr = 2r_0 dr_0 \quad (14)$$

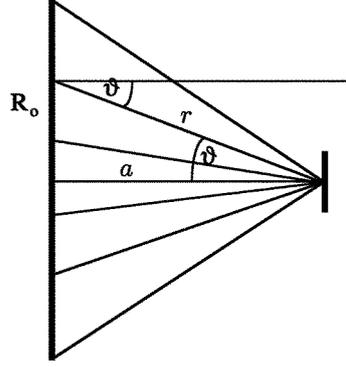


Abbildung 2: Zwei parallele Gebiete mit der Entfernung a

$$\cos \vartheta = \frac{a}{r} \quad (15)$$

wird erhalten

$$\begin{aligned}
 I_{\text{parallele Flächen}} &= \int_0^{2\pi} \int_0^{R_0} I_0 \frac{(\cos \vartheta)^2}{r^2} r_0 \, dr_0 \, d\varphi \\
 &= \int_0^{2\pi} \int_0^{R_0} I_0 \frac{a^2}{r^4} r_0 \, dr_0 \, d\varphi \\
 &= \int_0^{2\pi} \int_a^{\sqrt{R_0^2+a^2}} I_0 \frac{a^2}{r^4} r \, dr \, d\varphi \\
 &= 2\pi I_0 a^2 \int_a^{\sqrt{R_0^2+a^2}} \frac{dr}{r^3} \\
 &= \pi I_0 a^2 \left. \frac{-1}{r^2} \right|_a^{\sqrt{R_0^2+a^2}} \\
 I_{\text{parallele Flächen}} &= \pi I_0 a^2 \left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{R_0^2 + a^2} \right) \\
 &= \pi I_0 \frac{R_0^2}{R_0^2 + a^2}
 \end{aligned} \quad (16)$$

(b) Zwei parallele Gebiete mit der Entfernung $a \rightarrow 0$

Wenn die Entfernung a sehr klein wird, wohingegen R_0 beibehalten wird, dann wird

$$I_{\text{parallele Flächen}} (a \rightarrow 0) = \lim_{a \rightarrow 0} \left(\pi I_0 \frac{R_0^2}{R_0^2 + a^2} \right) = \pi I_0 \quad (17)$$

Diese Beziehung entspricht der Gesamthalbraumintensität einer Strahlung von einer Einheit der Oberfläche.

(c) Die durch die Sonne bestrahlten Erde

Mit I_0^{Sonne} als Faktor I_0 für die Sonnenoberfläche ist die gesamte Halbraumintensität der Sonne gegeben

$$I_{\text{Sonnenoberfläche}} = \pi \cdot I_0^{\text{Sonne}} \quad (18)$$

Setzt man

$$a = R_{\text{Erdbahn}} \quad (19)$$

$$R_0 = R_{\text{Sonne}} \quad (20)$$

erhält man für die Solarintensität an der Erdbahn

$$\begin{aligned} I_{\text{Erdbahn}} &= \pi I_0^{\text{Sonne}} \frac{R_{\text{Sonne}}^2}{R_{\text{Sonne}}^2 + R_{\text{Erdbahn}}^2} = I_{\text{Sonnenoberfläche}} \frac{R_{\text{Sonne}}^2}{R_{\text{Sonne}}^2 + R_{\text{Erdbahn}}^2} \\ &\approx I_{\text{Sonnenoberfläche}} \frac{R_{\text{Sonne}}^2}{R_{\text{Erdbahn}}^2} \approx \frac{I_{\text{Sonnenoberfläche}}}{215^2} \end{aligned} \quad (21)$$

2.1.4 Das Stefan-Boltzmann-Gesetz

Für einen vollkommen schwarzen Körper und eine Flächeneinheit, die sich in seiner Nähe befindet, können wir die Intensität I mit Hilfe der Kirchhoff-Planck-Funktion berechnen, die in zwei Versionen dargestellt wird

$$B_\nu(T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (22)$$

$$B_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (23)$$

Beide Gleichungen sind korrespondieren miteinander durch

$$B_\nu(T)d\nu = B_\nu(T)\frac{d\nu}{d\lambda}d\lambda = -B_\nu(T)\frac{c}{\lambda^2}d\lambda = -B_\lambda(T)d\lambda \quad (24)$$

mit

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \quad (25)$$

Dabei ist c die Lichtgeschwindigkeit, h die Planck-Konstante, k die Boltzmann-Konstante, λ die Wellenlänge, ν die Frequenz und T die absolute Temperatur. Das Integral über alle Frequenzen oder Wellenlängen ergibt das T^4 Stefan-Boltzmann-Gesetz

$$I = \pi \cdot \int_0^\infty B_\nu(T)d\nu = \pi \cdot \int_0^\infty B_\lambda(T)d\lambda = \sigma T^4 \quad (26)$$

mit

$$\sigma = \pi \cdot \frac{2\pi^4 k^4}{15c^2 h^3} = 5,670400 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \quad (27)$$

oder günstig geschrieben

$$\sigma T^4 = 5,67 \cdot \left(\frac{T}{100 \text{ K}} \right)^4 \frac{W}{m^2} \quad (28)$$

Das ist die Nettostrahlenenergie pro Einheitszeit (**Nettostrahlleistung**) auf eine Einheitsfläche, die sich in der Nähe der Oberfläche eines schwarzen Körpers befindet.

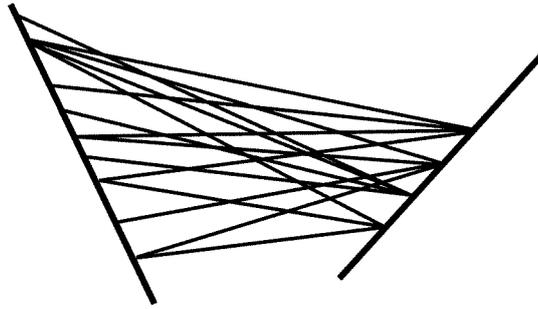


Abbildung 3: Die Geometrie der klassischen Strahlung: Zwei Oberflächen, die gegen einander ausstrahlen

2.1.5 Schlußfolgerung

Drei Tatsachen sollten hier betont werden,

- In der klassischen Strahlungstheorie wird die Strahlung nicht durch ein Vektorfeld beschrieben, das jedem Raumpunkt einen entsprechenden Vektoren zuordnet. Eher werden in jedem Raumpunkt viele Strahlen vereinigt (Abbildung 3, S. 19). Das ist im scharfen Kontrast zur modernen Beschreibung des Strahlungsfeldes als einem elektromagnetischen Feld mit dem Poynting Vektor Feld als relevante Größe [118].
- Die Konstante σ , die im T^4 Gesetz erscheint, ist keine universale Konstante der Physik. Sie hängt stark von der besonderen Geometrie des betrachteten¹⁶⁾ Problems ab.
- Das T^4 -Gesetz gilt nicht mehr, wenn man über ein gefiltertes Spektrum integriert, das zu wirklichen Situationen besser paßt. Das ist in Abbildung 4, S. 19 illustriert. Würde das T^4 -Gesetz gelten, würden beide Kurven zusammenfallen.

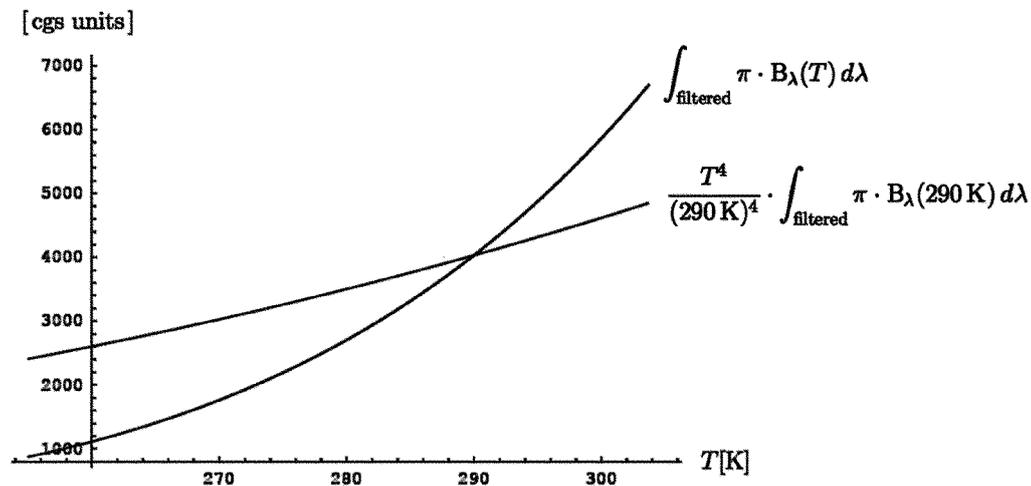


Abbildung 4: Die Schwarzkörperstrahlung im Vergleich zur Strahlung eines gefärbten Körpers. Die nicht-universale Konstante σ wird so normalisiert, dass beide Kurven bei $T = 290 \text{ K}$ übereinstimmen. Das T^4 Stefan-Boltzmann-Gesetz gilt im letzteren Fall nicht, wo nur über zwei Bereiche integriert wird, nämlich über den des sichtbaren Lichtes und über den der Infrarotstrahlung von $3 \mu \text{ m}$ bis $5 \mu \text{ m}$ integriert, dabei ergibt sich eine steilere Kurve.

16) Um die Strahlungsübertragung in einem Mehrschicht-Aufbau zu bestimmen, ist z.B. der richtige Ausgangspunkt der infinitesimale Ausdruck für die Strahlenintensität, nicht der Gesamtwert von Stefan-Boltzmann, der für eine völlig verschiedene Situationen erhalten wurde.

Viele Pseudoerklärungen im Zusammenhang der globalen Klimatologie sind bereits durch diese drei grundsätzlichen Beobachtungen der mathematischen Physik widerlegt.

2.2 Die Sonne als Schwarzkörperstrahler

Die Kirchhoff-Planck-Funktion beschreibt einen idealen schwarzen Strahler. Zweckmäßig wird definiert

$$B_{\lambda}^{\text{Sonnenschein}} = B_{\lambda}^{\text{Sonne}} \cdot \frac{R_{\text{Sonne}}^2}{R_{\text{Erdbahn}}^2} = B_{\lambda}^{\text{Sonne}} \cdot \frac{1}{215^2} \quad (29)$$

Abbildung 5, S. 20 zeigt das Spektrum des Sonnenlichtes, wobei angenommen ist, dass die Sonne ein schwarzer Körper mit der Temperatur $T = 5780 \text{ K}$ ist.

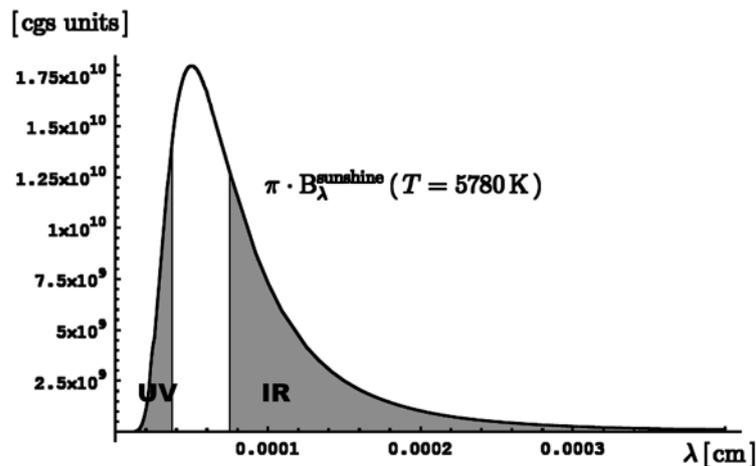


Abbildung 5: Das Spektrum des Sonnenlichtes, bei dem angenommen ist, daß die Sonne ein schwarzer Körper mit $T = 5780 \text{ K}$ ist

Zum Berechnen des Anteil der Strahlung für ein bestimmtes Wellenlängen-Intervall $[\lambda_1, \lambda_2]$ hat man den Ausdruck

$$\frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} B_{\lambda}^{\text{Solarstrahlung}}(5780 \text{ K}) d\lambda}{\int_0^{\infty} B_{\lambda}^{\text{Solarstrahlung}}(5780 \text{ K}) d\lambda} \quad (30)$$

auszuwerten. Tabelle 8, S. 20 zeigt die ultravioletten, sichtbaren und infraroten Anteile des Sonnenlichtes.

Band	Bereich [nm]	Anteil [%]
ultraviolett	0 – 380	10,0
sichtbar	380 – 760	44,8
infrarot	760 – ∞	45,2

Tabelle 8: Die ultravioletten, sichtbaren und infraroten Anteile im Sonnenlichtes

Hier wird angenommen, daß der sichtbare Bereich des Lichtes zwischen 380 nm und 760 nm liegt. Es sollte erwähnt werden, dass der sichtbare Bereich vom Individuum abhängt.

Jedenfalls liegt ein größerer Teil der ankommenden Solarstrahlung im Infrarotbereich als im sichtbaren Bereich. In den meisten Artikeln, die den angenommenen Treibhauseffekt behandeln wird diese wichtige Tatsache völlig ignoriert. [Für den Treibhauseffekt wird unterschieden zwischen dem durchlässigen und dem absorbierenden Bereich der Atmosphäre - die Lage des für den Menschen sichtbaren Bereichs ist dabei unwesentlich.](#)

2.3 Die Strahlung an einem sehr schönen Tag

2.3.1 Das Phänomen

Besonders nach einem heißen Sommer eines Jahres kennt jeder Autofahrer eine Art Glashaus- oder Treibhaus-Effekt: Wenn er sein normal temperiertes Auto am Morgen parkt, die Sonne scheint und er am Mittag zurückkommt, wird er fast seinen Finger am Lenkrad verbrennen, wenn die Solarstrahlung direkt auf das Armaturenbrett fiel. Außerdem ist die Luft im Inneren des Autos unerträglich heiß, selbst wenn es draußen ziemlich schön ist. Man öffnet das Fenster und das Schiebedach, aber unangenehm heiße Luft kann noch vom Armaturenbrett strömen, obwohl es fährt. Eine ähnliche Wirkung kann man im Winter bemerken, nur wird man dann wahrscheinlich die Tatsache begrüßen, dass es innerhalb des Autos wärmer ist als draußen. In Gewächshäusern oder Glashäusern wird diese Wirkung dazu benutzt: Die ökologisch freundliche Sonnenenergie, für die wahrscheinlich auch in Zukunft keine Energiesteuern erhoben werden, wird für die Heizung verwendet. Trotzdem haben Glashäuser herkömmliche Gebäude in unserem gemäßigten Klima nicht ersetzt, weil die meisten Menschen es vorziehen Energiesteuern zu bezahlen, im Winter zu heizen, und in einer kühleren Wohnung im Sommer zu leben und weil Glashäuser auch andere Nachteile haben. [Mit der vakuumisolierten transparenten Gebäudedämmung kann sich das ändern – aber die Kosten sind noch sehr hoch.](#)

2.3.2 Der Sonnenschein

Man braucht kein Experte in der Physik zu sein, um sofort zu erklären, warum das Auto im Inneren so heiß ist: Es ist die Sonne, die das Auto im Inneren geheizt hat. Jedoch ist es ein bisschen schwerer auf die Frage zu antworten, warum es außerhalb des Autos nicht so heiß ist, obwohl dort die Sonne auf den Boden ohne Hindernisse scheint. Studenten mit ihrem Standardwissen können das Beispiel diese Art eines Treibhauseffekts einfach erklären: Der Hauptteil der Solarstrahlung (Abbildung 6, S. 22) passiert das Glas, weil das Maximum (Abbildung 7, S. 22) der Solarstrahlung bei der blaugrünen Wellenlänge

$$\lambda_{\text{blaugruen}} = 0,5\mu\text{m} \quad (31)$$

liegt, die das Glas durchlässt. Dieser Teil kann mit dem Kirchhoff-Planck-Funktion berechnet werden.

Zweifellos hängt das Ergebnis vom Typ des Glases ab. Zum Beispiel, wenn das Glas transparent ist für elektromagnetische Strahlung im Bereich von 300 nm - 1000 nm, wird man erhalten

$$\frac{\int_{0,3\mu\text{m}}^{1\mu\text{m}} B_{\lambda}^{\text{Solarstrahlung}}(5780\text{ K})d\lambda}{\int_{0\mu\text{m}}^{\infty\mu\text{m}} B_{\lambda}^{\text{Solarstrahlung}}(5780\text{ K})d\lambda} = 77,2\% \quad (32)$$

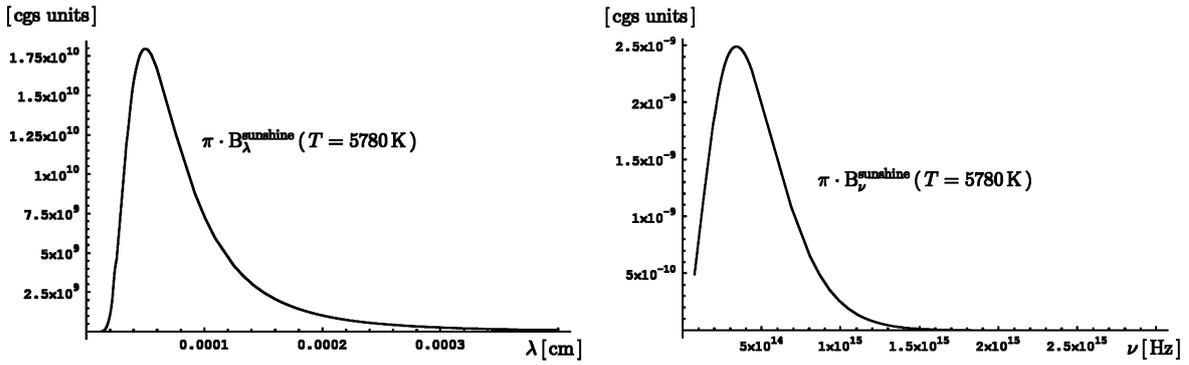


Abbildung 6: Die ungefilterte spektrale Verteilung des Sonnenscheins auf der Erde unter der Annahme dass die Sonne ein schwarzer Körper mit der Temperatur $T = 5780$ K ist (links: über der Wellenlänge, rechts über der Frequenz).

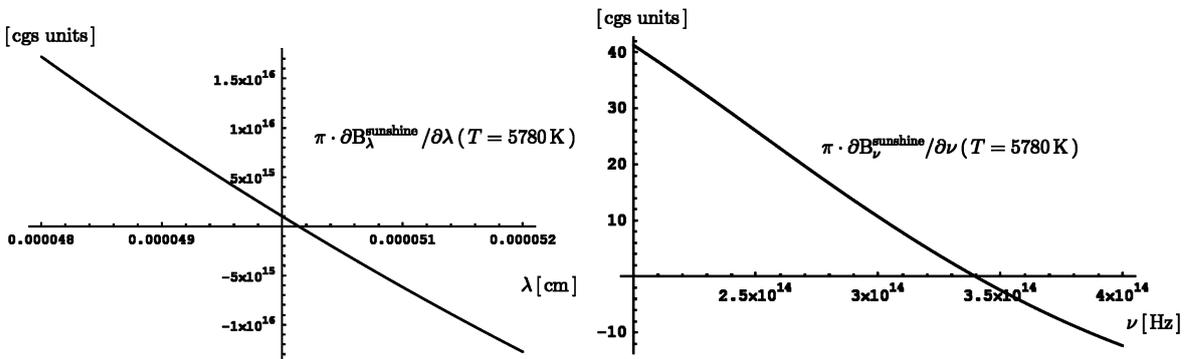


Abbildung 7: Die genaue Position der Null der partiellen Ableitungen der Strahlenintensitäten des Sonnenscheins auf der Erde (links: über der Wellenlänge, rechts über der Frequenz).

Im Falle eines Glases, von dem angenommen wird, daß es nur im sichtbaren Licht (380 nm - 760 nm) durchsichtig ist, kommt man zu

$$\frac{\int_{0,380 \mu\text{m}}^{0,760 \mu\text{m}} B_{\lambda}^{\text{Solarstrahlung}}(5780 \text{ K}) d\lambda}{\int_{0 \mu\text{m}}^{\infty \mu\text{m}} B_{\lambda}^{\text{Solarstrahlung}}(5780 \text{ K}) d\lambda} = 44,8 \% \quad (33)$$

Wegen der Fresnel Reflexion [118] an beiden Oberflächen der Fensterscheibe muss man Abstriche von 8 - 10 Prozent machen und so erreichen nur 60 - 70 Prozent (bzw. 40 Prozent) der Solarstrahlung das Autoinnere.

Hochleistungsgläser sind leicht gefärbt, mit der spektral angepaßten selektiven Transparenz reduziert sich der solare Wärmegewinn auf einen Faktor von 0,50 statt einen Faktor von 0,69 im Vergleich zum Standardglas (mit Durchlässigkeit im ganzen sichtbaren Bereich) [19].

2.3.3 Die Strahlung des Bodens

Der Boden eines Glashauses hat eine Temperatur von etwa 290 K (Abbildung 8, S. 23). Das Maximum der Strahlung eines schwarzen Körpers kann mit der Hilfe der Verschiebungssatzes

von Wien berechnet werden (vgl. Abbildung 9, S. 24 und Abbildung 10, S. 24)

$$\lambda_{max}(T) \cdot T = const \quad (34)$$

ergibt

$$\lambda_{max}(300K) = \frac{6000K}{300K} \cdot \lambda_{max}(6000K) = 10 \mu m \quad (35)$$

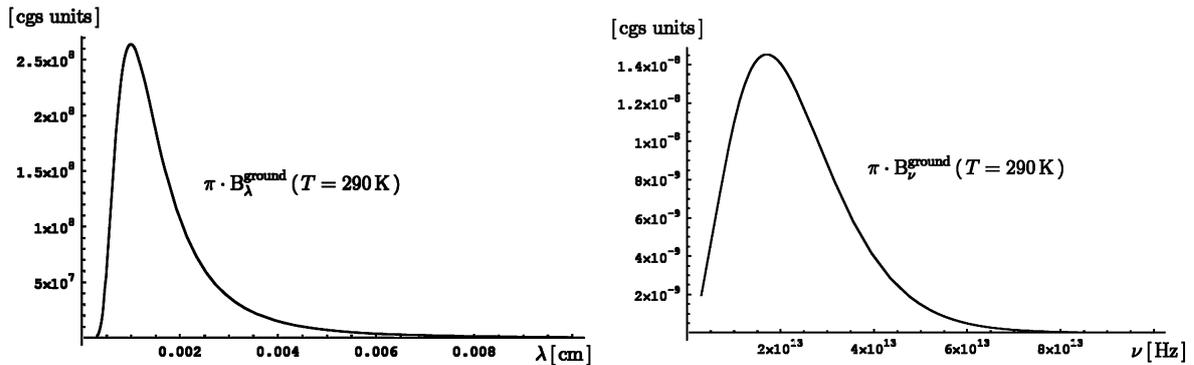


Abbildung 8: Die ungefilterte spektrale Verteilung der Strahlung der Erdoberfläche unter der Annahme, daß die Erde ein schwarzer Körper mit der Temperatur $T = 290 \text{ K}$ ist (links: über der Wellenlänge, rechts über der Frequenz).

Das ist weit im Infrarotbereich, wo Glas praktisch das ganze Licht reflektiert, gemäß der Formel von Beer [211]. Praktisch liegen fast 100 Prozent der Strahlung eines schwarzen Körpers bei den Bodentemperaturen bei Wellenlängen, die größer als $3.5 \mu m$ sind. Die thermische Strahlung der Oberfläche des Autoinneren ist so »gefangen« durch die Fensterscheiben.

Gemäß dem Potenz-Gesetz von Wien zum Beschreiben der Intensität der maximalen Wellenlänge

$$B_{\lambda_{max}}(T) \propto T^5 \quad (36)$$

ist beim Maximum die Intensität der Strahlung von der Erdoberfläche

$$\frac{T_{Sonne}^5}{T_{ErdOberfläche}^5} \approx \frac{6000^5}{300^5} = 20^5 = 3,2 \cdot 10^6 \quad (37)$$

mal kleiner als auf der Sonne und

$$\frac{T_{Sonne}^5}{T_{ErdOberfläche}^5} \cdot \frac{R_{Sonne}^2}{R_{Erdbahn}^5} \approx \frac{20^5}{215^2} \approx 70 \quad (38)$$

mal kleiner als die Solarstrahlung auf der Erde.

Die Gesamtstrahlung kann mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz berechnet werden

$$B_{total}(T) = \sigma \cdot T^4 \quad (39)$$

Damit ist das das Verhältnis der Intensitäten von Solarstrahlung und Bodenstrahlung gegeben

$$\frac{T_{Sonne}^4}{T_{ErdOberfläche}^4} \cdot \frac{R_{Sonne}^2}{R_{Erdbahn}^5} \approx \frac{20^4}{215^2} \approx 3,46 \quad (40)$$

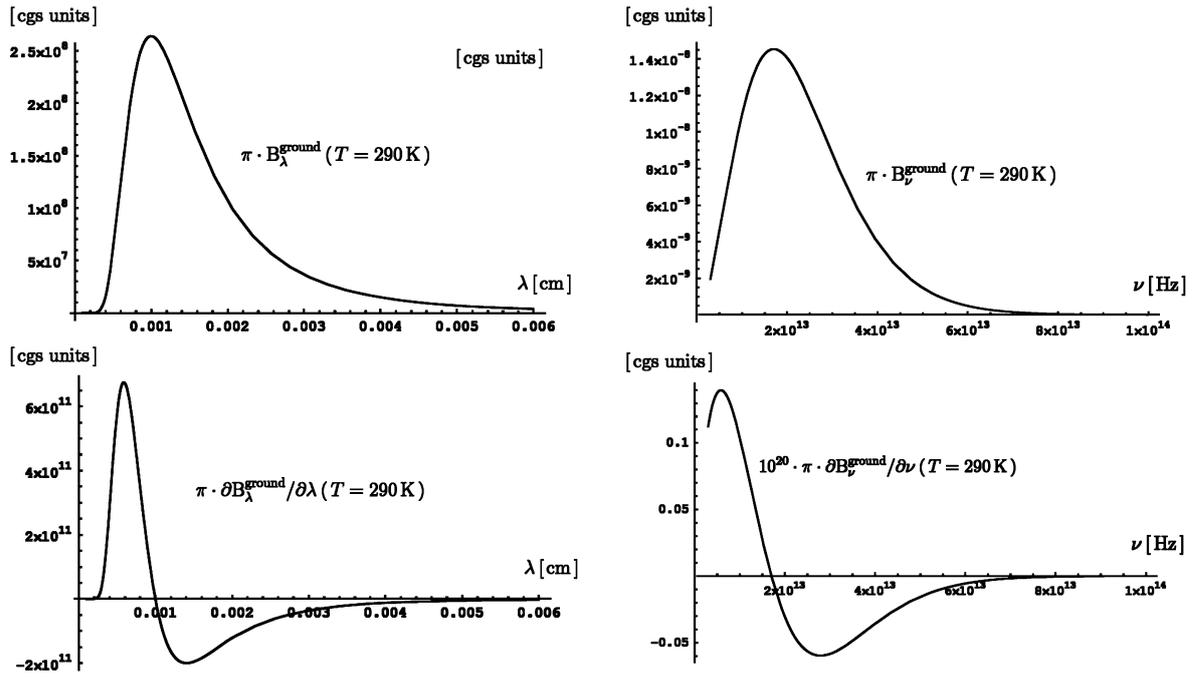


Abbildung 9: Die Strahlenintensität der Erdoberfläche und ihre partielle Ableitung als Funktion Wellenlänge λ (linke Spalte) bzw. der Frequenz ν (rechte Spalte)

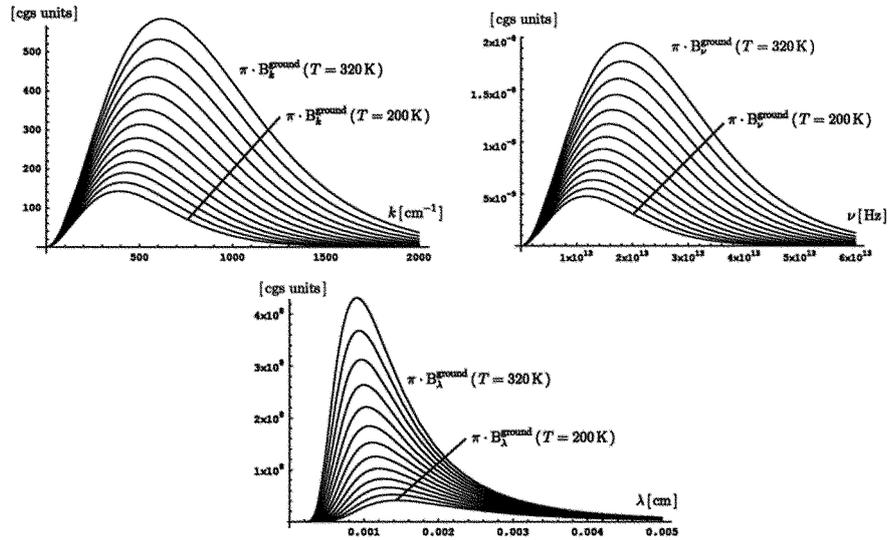


Abbildung 10: Drei Versionen der Strahlungskurve der Erdoberfläche (als Funktion der Wellenzahl k , der Frequenz ν , der Wellenlänge λ) mit der Temperatur als Parameter unter der Annahme, dass die Erde ein Schwarzkörperstrahler ist.

Lässig formuliert, ist die Strahlung der Erdoberfläche ungefähr viermal schwächer als die eintreffende Solarstrahlung.

2.3.4 Sonnenschein gegen Strahlung der Erdoberfläche

Um diese Differenz noch deutlicher zu machen, ist es zweckmäßig, die spektrale Verteilung der Intensität der Solarstrahlung an der Erdbahn und eines Schwarzstrahler von 290 K in Beziehung zur Wellenlänge grafisch darzustellen. (Abbildungen 11, S. 26, 12, S. 26 und 13, S. 26) Um beide Kurven in eine Zeichnung anzupassen, wird eine der künstlich überhöht und/oder man verwendet eine passende Skalierung der Achsen an. Dadurch wird deutlich wahrnehmbar,

- dass die Maxima bei $0.5 \mu\text{m}$ bzw. $10 \mu\text{m}$ sind;
- dass sich die Intensitäten der Maxima durch mehr als den Faktor zehn unterscheiden;
- das oberhalb von $0.8 \mu\text{m}$ (infrarot) die Stärke des Sonnenlichts eine bemerkenswerte Intensität hat.

Abbildung 13, S. 26 ist ein unverschämtes Bild, da es physikalisch irreführend ist. Die Unverschämtheit bleibt nicht im Auge des Betrachters, wenn er die unklaren Skalenfaktoren ansieht, die durch Bakan und Raschke in ihrem Aufsatz auf eine undokumentierte Weise auf dem so genannten natürlicher Treibhauseffekt angewandt werden [35]. Das ist schlechtes wissenschaftliches Benehmen genau wie ein fehlendes Zitat. Bakan und Raschke entnahmen dieses Diagramm der Referenz [138], wo sie die Skalenfaktoren, welche höchste Bedeutung für die ganze Diskussion haben, werden links nicht spezifiziert. Das ist auch schlechtes wissenschaftliches Benehmen.

2.3.5 Schlußfolgerung

Obwohl in den meisten Fällen die vorigen »Erklärungen« genügen um eine akzeptierte Lösung für das Standardproblem zur Verfügung zu stellen, die im Studentenkurs aufgeworfen wurde, lässt die Analyse die wichtigste Frage unberührt, nämlich, warum die Luft innerhalb des Autos wärmer als draußen ist und warum Armaturenbrett heißer ist als der Boden außerhalb des Autos. Deshalb wird sich im folgenden der Situation innerhalb des Autos experimentell genähert.

2.4 Hochschul-Experimente

An einem heißen Sommernachmittag wurden Temperaturmessungen mit einem normalen Digitalthermometer durch den ersten Autor durchgeführt [91], [89], [90], [88], [87] und sind kürzlich durch den anderen Autor wiederholt worden.

In der Sommerzeit können solche Messungen von jedem sehr leicht wiederholt werden. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 9, S. 25 angegeben.

Ort des Thermometers ...	Temperatur
innerhalb des Autos, an der direkten Sonne	71 °C
innerhalb des Autos, im Schatten	39 °C
neben dem Auto, an der direkten Sonne, über dem Boden	31 °C
neben dem Auto, im Schatten, über dem Boden	29 °C
im Wohnzimmer	25 °C

Tabelle 9: Gemessene Temperaturen innerhalb und außerhalb eines Autos an einem heißen Sommertag.

Diagramme: Mehrere Darstellungsformen der ungefilterten spektralen Verteilung des Sonnenscheins auf der Erde unter der Annahme, dass die Sonne ein schwarzer Körper mit der Temperatur $T = 5780 \text{ K}$ ist und der ungefilterten spektralen Verteilung der Strahlung der Erdoberfläche unter der Annahme, dass die Erde ein schwarzer Körper mit der Temperatur $T = 290 \text{ K}$ ist, beide in einem ...

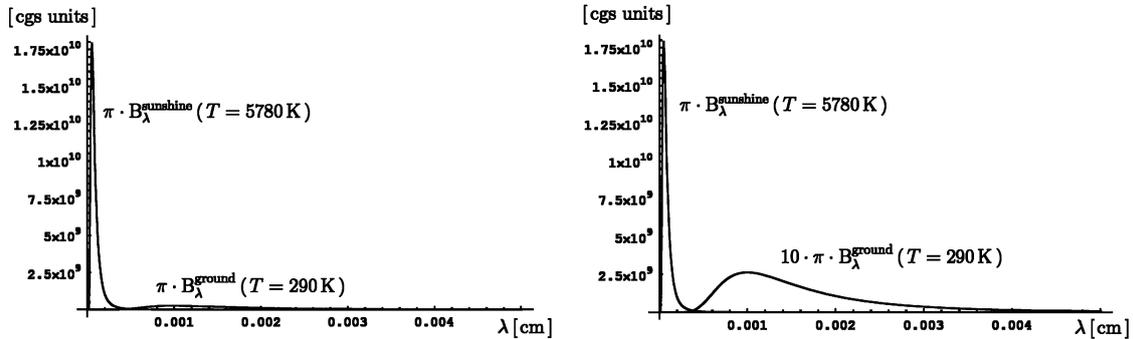


Abbildung 11: ... Diagramm (links: normal, rechts: künstlich überhöht durch einen Faktor 10 für die Strahlung des Erdoberfläche).

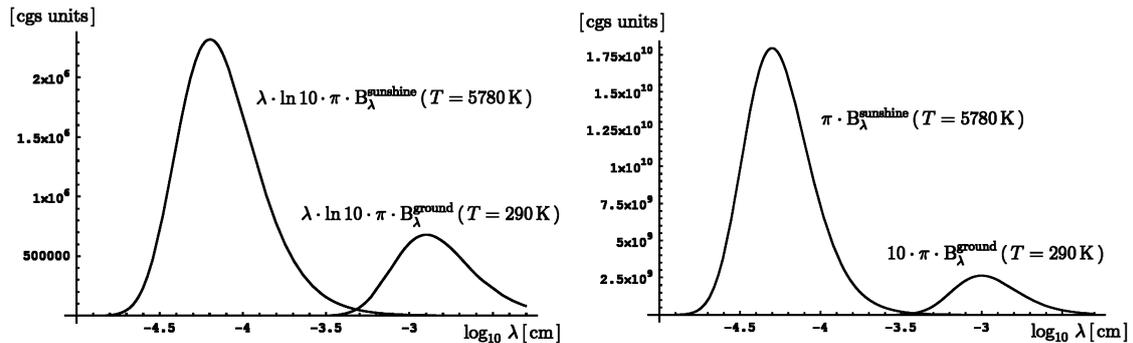


Abbildung 12: ... halblogarithmischem Diagramm (links: so normalisiert, dass gleichen Flächen gleiche Intensitäten entsprechen, rechts: künstlich überhöht durch einen Faktor 10 für die Strahlung der Erdoberfläche).

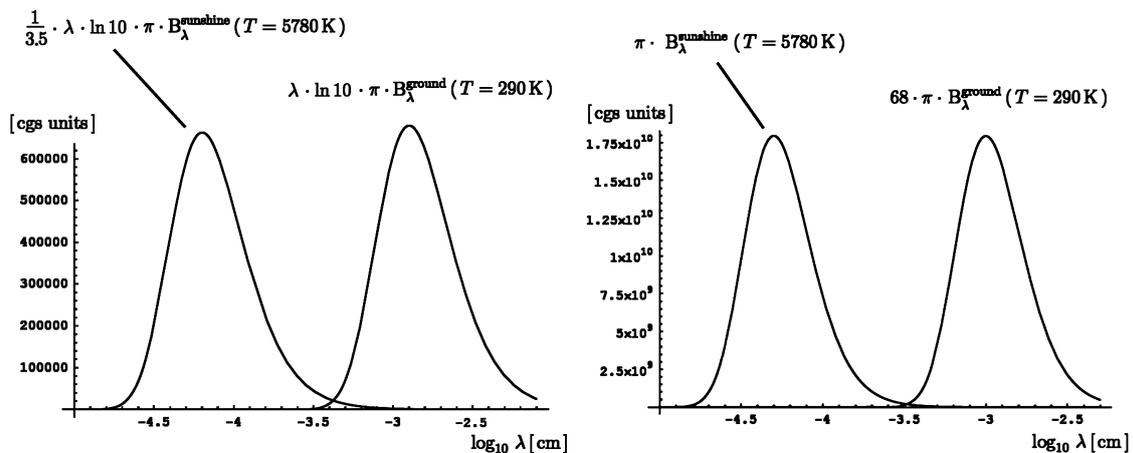


Abbildung 13: ... halblogarithmischem Diagramm (links: so normalisiert, daß gleichen Flächen gleichen Intensitäten entsprechen mit einem zusätzlichen Eichfaktor von $1/3,5$ bei der Solarkurve, rechts: künstlich überhöht mit einem Faktor 68 für Strahlung des Erdoberfläche).

Gegen diese Messung¹⁷⁾ kann man einwenden, dass man in dem Bericht die Bodenfeuchtigkeit berücksichtigen müsse: In einem Teil des Jahres wurden die Steine sicher nass von Regen. Die obengenannte Messung wurde gemacht als es seit Wochen nicht geregnet hatte. Es sind wirklich gemessene Werte, keine Mittelwerte über alle Breiten und Längen der Erde, Tag und Nacht und alle Jahreszeiten und Änderungen des Wetters. Diese Messungen werden jedem Klimaforscher empfohlen, der an den CO₂-Treibhauseffekt glaubt, weil er bereits fühlt, indem er misst, dass die gerade beschriebene Wirkung nichts mit einer gefangenen thermischen Strahlung zu tun hat. Man kann die Fenster des Autos berühren und bemerken, dass die Fensterscheiben, die Infrarotlicht absorbieren, ziemlich kühl sind und die Innenseite des Autos keinesfalls heizen. **Die Außenwände eines geheizten Zimmers sind auch – sogar auf der Innenseite – kühler als die Raumluft.** Wenn man seine Hand im Schatten neben einem sehr heißen Teil des Armaturenbrettes hält, das in der Sonne liegt, fühlt man keine thermische Strahlung trotz der hohen Temperatur von 70 °C, wohingegen man praktisch die heiße Luft fühlt. Über dem Boden sieht man, warum es dort kühler ist als innerhalb des Autos, die Luft innerhalb des Autos »steht« noch, über dem Boden fühlt man immer eine geringe Bewegung der Luft. Der Boden ist nie völlig eben, so das dort ist immer Licht und Schatten wechseln und Zirkulation herrscht. Diese Wirkung wurde früher für viele alte Gebäude in der Stadt Braunschweig, Deutschland, verwendet. Die Südseite der Häuser waren konvex. Folglich waren in der meisten Zeit des Tages Teile der Wände im Schatten und, wegen einer zusätzlich stimulierten Zirkulation wurden die Wände weniger geheizt.

Im Auto ist es wärmer, weil das Autoinnere ohne Solarstrahlung so warm wie die Umgebung wäre, durch die eindringende Solarstrahlung entsteht eine Zusatzheizung, genau wie ein zusätzlicher Ofen im Winter zum Vorwärmen des Autos. Wie der Zusatzheizung die Energie zugeführt wird ist unwesentlich. Sie kann zugeführt werden

- durch Benzin (Katalyofen)
- Elektrokabel von der Garage (Elektroheizung) oder
- durch Solarstrahlung (statt des Elektrokabels)

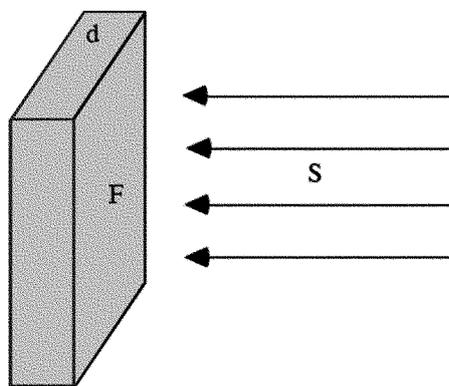


Abbildung 14: Ein fester Quader der Dicke d und der quer liegenden Fläche F , auf den die Solarstrahlung einwirkt

Um die Erwärmung zu studieren, wird ein Körper mit der spezifischen Wärmekapazität c_V und der Dicke d betrachtet, dessen Querschnitt F mit der Intensität S bestrahlt wird (siehe Abbildung 14, S. 27). Es gilt bei grober Vernachlässigung der Wärmeausbreitung über die Dicke (siehe Gleichung (2), S. 7) und Vernachlässigung von Abstrahlung und konvektiven Wärmeverlust (wie es einige Absätze weiter steht)

$$\rho F d c_V \frac{dT}{dt} = F S \quad (41)$$

¹⁷⁾ Die Messungen sind in Ordnung, nur die Interpretation nicht.

bzw.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{S}{\rho c_V d} \quad (42)$$

Die Ausführung der Integration ergibt

$$T = T_0 + \frac{S}{\rho c_V d}(t - t_0) \quad (43)$$

In dieser Näherung läßt die bestrahlende Intensität die Temperatur zeitlinear ansteigen. Man sieht, dass die Temperatur in absorbierenden Körpern mit kleiner Dicke besonders schnell ansteigt: Dünne Schichten werden durch die Solarstrahlung besonders schnell zu hohen Temperaturen erwärmt. Das selbe gilt für die Wärmekapazität pro Volumeneinheit:

- Wenn die Wärmekapazität groß ist, wird die Änderung der Temperatur langsam sein.
- Wenn die Wärmekapazität klein ist, wird die Änderung der Temperatur schnell sein.

So ist die bestrahlende Intensität für die schnelle Änderung der Temperatur verantwortlich, nicht für deren Wert. Der Temperaturanstieg wird durch Wärmeübertragung vom Körper zu seiner Umgebung gestoppt. **Das bedeutet, der Körper verliert durch Wärmeübertragung genau so viel Energie, wie er durch die bestrahlende Intensität absorbiert - beide Größen bilanzieren also, wenn die Temperatur hoch genug ist, der durchgehende Energiestrom ist also eine Bilanzgröße.**

Besonders in der technischen Thermodynamik werden die verschiedenen Arten der Wärmeübertragung und ihr Wechselspiel gründlich [177], [81], [218] besprochen. Eine umfassende Quelle ist das klassische Lehrbuch durch Schack [177]. Die Ergebnisse sind z.B. in Verbrennungsräumen geprüft worden und haben so einen starken experimentellen Hintergrund.

Man muss unterscheiden zwischen

- Leitung
- Konvektion
- Strahlung
- Übertragung der latenten Wärme in Phasenübergängen wie Kondensation und Sublimation¹⁸⁾

Leitung, Kondensation und Strahlung, die den Anstieg der Temperatur verlangsamen sind praktisch gleich für die Innen- und Außenseite des Autos. Deshalb kann der einzige mögliche Grund für eine Differenz der Endtemperaturen nur die Konvektion sein (**unzutreffend, der Grund ist die Zusatzheizung**): Über einem Boden, welcher durch die Strahlung erwärmt worden ist, wird ein Volumen-Element der Luft erwärmt (durch Wärmeübertragung infolge Wärmeleitung), aufsteigen und durch kühlere Luft ersetzt. Auf diese Weise gibt es im Durchschnitt eine höhere Differenz der Temperaturen zwischen dem Boden und der Luft und eine höhere Wärmeübertragung im Vergleich zu einer Situation, wo die Luft nicht ersetzt würde. Das geschieht innerhalb des Autos auch, aber dort ist die Luft eingesperrt und die Luft, die die steigende Luft ersetzt, wird wärmer und wärmer, was Wärmeübertragung senkt. Außerhalb des Autos gibt es natürlich viel mehr kühlere Luft als im Inneren. Im Großen und Ganzen gibt es eine höhere Temperatur für die das Sonnenlicht absorbierende Oberflächen (**die als Heizkörper wirken**) als für die Luft.

Natürlich verliert der betrachtete Körper Energie auch durch die thermische Strahlung. Der wärmere Körper innerhalb des Autos würde mehr Wärme in der Zeiteinheit verlieren als der kältere Boden draußen, das würde zu einer höheren Temperatur draußen führen, wenn

18) Unter den Phänomenen, die durch den Austausch latenter Wärme bestimmt werden, ist der Strahlenfrost, ein bemerkenswertes Beispiel für ein Abkühlen der Erdoberfläche durch die Emission der Infrarotstrahlung. **Und gleichzeitig ein klarer Beweis für die Existenz der Gegenstrahlung: Wird die Abkühlgeschwindigkeit gemessen, so ist zur Erklärung der niedrigen Abkühlgeschwindigkeit die Existenz der Gegenstrahlung notwendig, siehe Abschnitt 4.4**

dieser Temperaturanstieg nicht von anderen Mechanismen absorbiert würde! Wenn man bedenkt, das nur ein kleiner Teil (die früher gerechneten 60 - 70 Prozent der Intensität) der Solarstrahlung das Innere des Autos durch seine Metallteile erreicht, würde diese Wirkung viel stärker zur Temperatur draußen beitragen! Die physikalischen »Erklärungen« des Treibhauseffekt nur mit der Aufmerksamkeit auf das Strahlungsgleichgewicht würde deshalb zu einem umgekehrten Effekt führen! Der früher besprochene Effekt der »gefangenen« Wärmeabstrahlung durch das reflektierende Glas der Fensterscheiben bleibt, man kann in diesem Zusammenhang als behinderte Wärmeübertragung verstehen. Das bedeutet eine Verlangsamung des Kühlprozesses. Jedoch, weil diese Wärmeübertragung weniger wichtig ist im Vergleich zur Konvektion bleibt nichts von den Absorptions- und Reflexions-Eigenschaften des Glases für die Infrarotstrahlung, um den physikalischen Treibhauseffekt zu erklären. **Wie bei jeder Zusatzheizung** ist weder der Absorptions- noch der Reflexions-Koeffizient des Glases für Infrarotlicht für die physikalische Erklärung des Treibhauseffektes relevant, sondern nur die Bewegung der Luft, gehindert durch die Glasfensterscheiben.

Die Luft innerhalb des Autos ist ziemlich unerheblich für den Erwärmungseffekt, Vakuum-Solarkollektoren erreichen sogar 450 °C (statt 71 °C), obwohl die Form des »Auto«-inneren nicht prinzipiell anders ist.

Obwohl Meteorologen das seit langem [134], [46] gewusst haben, verwenden einige von ihnen noch der physikalischen Treibhauseffekt, um Temperatureffekte von planetarischen Atmosphären zu erklären. Dafür das Beispiel in ihrem Buch zu dem atmosphärischen Treibhauseffekt, Schönwiese und Diekmann bauen ihre Argumente auf die Glashauswirkung auf [184]. Ihre Liste von Referenzen enthält eine wegweisende Veröffentlichung, die klar zeigt, dass das unzulässig ist [4].

2.5 Das Experiment von Wood

2.5.1 Erklärung der Beobachtungen

Im nachfolgenden Abschnitt vermutet Wood, daß die absorbierte Strahlung die Ursache des Treibhauseffektes ist, aber diese nicht gefangen ist. Damit hat er Recht, aber er ist nicht auf die eigentliche Ursache gekommen.

Zur nachfolgenden Erklärung eine einfache Frage: Warum ist es in einer geheizten Wohnung wärmer als in der Umgebung? Ganz einfach, weil durch die Umfassungswände der Wohnung die Heizwärme nur bei erhöhter Innentemperatur durch die Wände abfließen kann. Weshalb läßt man im Winter die Türen geschlossen? Damit die Wärme der Heizung nicht durch die kalte Außenluft fortgetragen wird.

Nun zu Wood¹⁹⁾: Ohne Solarstrahlung herrscht in der Einschließung die gleiche Temperatur wie in der Umgebung. Kommt jetzt durch die Solarstrahlung wie bei einer Heizung zusätzliche Wärme in die Einschließung muß sich das Innere so lange erwärmen, bis der Wärmeabfluß durch die Wandung genau so groß ist, wie die zusätzliche Wärme, die durch die absorbierte Solarstrahlung in die Einschließung eingebracht wird. Wenn es draußen kälter wird, muß man deshalb auch mehr heizen weil der Wärmeabfluß ansteigt (wegen des höheren Temperaturgradienten in der Wand).

Die Temperaturen im Innern hängen nicht davon ab, wie die Heizleistung zugeführt wird – ob durch Drähte (einer Elektroheizung), durch Absorption von Mikrowellenstrahlung (Mikrowelle in der Küche) oder aber als Solarstrahlung durch eine durchsichtige Fläche. Gleiche

19) 1909 konnte Wood noch nicht die Arbeit von Einstein aus dem Jahr 1916 kennen [78], außerdem schreibt Wood selbst, sich nicht gründlich mit dem Problem befaßt zu haben.

Heizleistungen ergeben gleiche Erwärmungen, da zeigt sich z. B. in einer Heizungsreduzierung wenn die Sonne ins Zimmer scheint.

Die Bedeutung der Behinderung des Wärmeabflusses zeigen besonders Vakuum-Solar-Kollektoren: Bei diesen ist der Absorber (bei Wood immer als Boden bezeichnet) nicht von einer einfachen Glasumhüllung, sondern zuerst von Vakuum umgeben. Da kann die Wärme noch nicht mal durch eine Konvektionsströmung verteilt werden – aber die Temperaturen gehen bis 450 °C, weil erst bei dieser Temperatur der Wärmeverlust über die Umhüllung genau so groß ist wie die absorbierte Wärme.

Der gleiche Mechanismus wirkt auch beim atmosphärischen Treibhauseffekt, allerdings ist es noch etwas komplizierter, weil die Strahlungseigenschaften der Atmosphäre genau zu betrachten sind.

2.5.2 Übersetzter Text

Obwohl das Erwärmungsphänomen in einem Glashaus eine Folge der Unterdrückung der Konvektion ist, oder anders gesagt der Luftkühlung²⁰⁾, ist es eine Tatsache, dass die meisten Gläser Infrarotlicht ab der Wellenlänge 1 μm und höher fast völlig absorbieren.

Als *experimentum crucis*²¹⁾ wäre deshalb ein Glashaus mit Fensterscheiben bauen, die aus NaCl oder KCl bestehen, die sowohl im sichtbaren als auch im infraroten Licht gut transparent sind. Mit Steinsalz (NaCl) wurde solch ein Experiment schon 1909 durch Wood realisiert [214], [120], [180], [69]:

Es scheint, ein weit verbreiteter Glaube zu sein, dass die verhältnismäßig hohe Temperatur, die innerhalb eines geschlossenen Raums aus Glas, der der Solarstrahlung ausgesetzt ist, das Ergebnis einer Transformation der Wellenlänge ist, d.h. dass die Wärmewellen von der Sonne, die im Stande sind das Glas zu durchdringen, auf die Wandung der Einschließung fallen und seine Temperatur ansteigen lassen: Die Wärmeenergie wird durch die Wandung in Form viel längerer Wellen wieder ausgestrahlt, die außer Stande sind das Glas zu durchdringen, das Glashaus wirkt also wie eine Strahlenfalle.

Ich habe immer einige Zweifel gehabt, ob dieser Sachverhalt irgendeine sehr große Rolle spielt beim Anstieg der Temperatur. Es schien viel wahrscheinlicher, dass das Glases die Aufgabe hat zu verhindern, dass die warme Luft entweicht, die am Boden (oder einer anderen Heizung) innerhalb der Einschließung erwärmt wurde. Wenn wir die Türen eines Treibhauses bei Kälte öffnen und windiger Tag ist, scheint das Fangen der Strahlung viel von ihrer Wirksamkeit zu verlieren. Als eine Tatsache bin ich davon überzeugt, das ein Treibhaus, das aus einem Glas, das transparent für Wellen jeder möglichen Länge, gebaut wurde eine Temperatur zeigen würde, die fast – wenn nicht ganz – ebenso hoch ist, wie die, die in einem Glashaus zu beobachten ist. Der transparente Schirm erlaubt es der Solarstrahlung den Boden zu wärmen und der Boden wärmt anschließend die Luft – aber nur die beschränkte Menge innerhalb der Einschließung. Im »offenen

20) Ein denjenigen vertrautes Problem, die PC-Hardware-Probleme hatten.

21) Als *experimentum crucis* (lat. Experiment des Kreuzes) bezeichnet man ein Experiment, dessen Ausgang eine Hypothese entweder bestätigt oder widerlegt. Die Bezeichnung geht auf F. Bacon zurück.

Nur in seltenen Fällen ergibt sich in der Forschung eine Situation, bei der ein *experimentum crucis* möglich ist. Im allgemeinen erhöht der Ausgang eines Experiments nur den Bestätigungsgrad einer Hypothese oder setzt ihn herab. Nach der Duhem-Quine-These ist die Bestimmung einzelner Sätze als *experimentum crucis* für eine Theorie nicht möglich. [212]

Zustand« ist der Boden ständig im Kontakt mit der kalten Luft durch Konvektionsströme.

Um die Sache zu testen, baute ich zwei Einschließungen aus matten schwarzem Karton, die eine bedeckt mit einem Glasteller, die andere mit einem Teller aus Steinsalz gleicher Dicke. Die Meßkugel eines Thermometers wurde in jede Einschließung eingeführt und das Ganze in Watte gepackt, mit Ausnahme von den durchsichtigen Tellern, die bestrahlt wurden. Wenn sie dem Sonnenlicht ausgesetzt waren, stieg die Temperatur allmählich auf 65 °C, die bestrahlte Einschließung mit dem Salz-Teller, unterschied sich kaum von der anderen, trotz der bleibenden Tatsache, dass die Strahlung von der Sonne in längeren Wellen transformiert wurden, die durch das Glas gestoppt wurden. Um andere Einflüsse zu beseitigen, ließ ich das Sonnenlicht zuerst durch ein Glasplatte gehen.

Es gab jetzt kaum die Differenz eines Grads zwischen den Temperaturen der zwei Einschließungen. Die maximale erreichte Temperatur war ungefähr 55 °C. Nach dem, was wir über die Verteilung der Energie im Spektrum der emittierten Strahlung durch einen Körper von 55 °C wissen ist es klar, dass der Steinsalz-Teller praktisch alle Strahlung durchläßt, während der Glasteller es völlig verhindert. Das zeigt uns, dass der Verlust der Temperatur der Erdoberfläche durch die Strahlung sehr klein ist im Vergleich mit der Verlust durch die Konvektion, mit anderen Worten, dass wir sehr wenig vom Umstand gewinnen, dass die Strahlung gefangen wird.

Ist es deshalb notwendig, der gefangenen Strahlung Aufmerksamkeit zu schenken, um die Temperatur eines Planeten herzuleiten, die durch seine Atmosphäre beeinflusst wird? Die Sonnenstrahlen dringen in die Atmosphäre ein, wärmen den Boden, anschließend wird die Atmosphäre durch den Kontakt und Konvektionsströme erwärmt. Die empfangene Wärme wird so in der Atmosphäre bewahrt und bleibt dort wegen der sehr geringen ausstrahlenden Kraft eines Gases. Es scheint mir demzufolge sehr zweifelhaft, dass die Atmosphäre in irgendwelchem großen Ausmaß dadurch erwärmt wird, dass die Strahlung vom Boden absorbiert wird, sogar unter den vorteilhaftesten Bedingungen.

Ich gebe nicht vor, sehr tief in die Sache gegangen zu sein, und veröffentliche dieses Notiz nur, um Aufmerksamkeit auf die Tatsache zu lenken, die gefangene Strahlung nur eine sehr kleine Rolle spielt in den gegenwärtigen Fällen, mit denen wir vertraut sind.

Dieser Text zu lesen wird allen globalen Klimaforschern empfohlen, die sich mit dem Treibhauseffekt beschäftigen. [Wood ist tatsächlich »nicht ... sehr tief in die Sache gegangen«, deswegen spielt bei ihm die Schichtung in adiabatische Atmosphäre, Tropopause usw. keine Rolle.](#)

2.6 Glashauszusammenfassung

Es ist nicht die »gefangene« Infrarotstrahlung, die das Erwärmungsphänomen in einem echten Treibhaus erklärt, aber es ist die Unterdrückung des Luftabkühlens²²⁾²³⁾ – [wie bei jeder Heizung.](#)

22) Wie fast jeder weiß, ist das auch ein Standardproblem in PCs.

23) [wie es tatsächlich ist siehe Abschnitt 2.5.1, S. 29](#)

3 Die fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekte

3.1 Problem Definition

Nachdem es gründlich besprochen worden ist, dass der physikalische Treibhauseffekt im Wesentlichen erklärt, warum die Lufttemperaturen in einem geschlossenen Glashaus oder in einem geschlossenen Auto höher sind als draußen sollte man einen näheren Blick auf die fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekte werfen.

Inzwischen gibt es viele verschiedenen Phänomene und verschiedene Erklärungen für diese Effekte, so ist es hier gerechtfertigt ist zu verallgemeinern.

Abhängig von der einzelnen Schule und dem Grad der Popularisierung, führt die Annahme, dass die Atmosphäre für sichtbares Licht transparent, aber undurchlässig für die Infrarotstrahlung ist, zu

- einer Erwärmung der Oberfläche der Erde und/oder
- einer Erwärmung der niedrigeren Atmosphäre und/oder
- einer Erwärmung einer bestimmten Schicht der Atmosphäre und/oder
- einer Verlangsamung des natürlichen Abkühlens der Oberfläche der Erde

und so weiter.

Leider gibt es keine Quelle in der Literatur, wo der Treibhauseffekt eingeführt wird in der Übereinstimmung mit den wissenschaftlicher Standards der theoretischen Physik. Wie bereits erwähnt, bezieht sich die »Ergänzung« zum Buch von Kittel zur thermischen Physik [130] nur auf die IPCC Bewertungen [113], [110]. Prominente globale Klimaforscher (sowie »Klimaskeptiker«) präsentieren häufig ihren Ideen in Handbüchern, Enzyklopädien und in Sekundär- und Tertiär-Literatur. [Da kann ich weitgehend mitgehen, aber außerdem gibt es die entsprechenden Fachzeitschriften. Auch die grundlegenden physikalischen Erkenntnisse sind zuerst in Fachzeitschriften veröffentlicht worden, z. B. \[168\], \[167\] und \[78\]. Wegen der vielen Fehler und Unzulänglichkeiten widerlegt das vorliegende Paper sowieso nicht den tatsächlich existierenden Treibhauseffekt.](#)

3.1.1 Zur Analogie Treibhauseffekt Glashaus ./ Atmosphäre

Wenn die Solarstrahlung wegfällt, fällt die Zusatzheizung in beiden Fällen weg. Da die Umgebungen von beiden kälter sind, kühlen sich beide ab. Je nach Güte der Wärmeisolierung und Temperatur der Umfassung geht es schnell oder langsam. Die Temperatur und Wärmeisolierung des Bodens ist in beiden Fällen ähnlich, die untere Atmosphäre hat (braucht) keine Seitenwände, weil sie eine Kugelschale ist. Der größte Unterschied besteht beim Dach. Die Atmosphäre ist eine dicke Schicht, die nur langsam abkühlt (weniger als 5 K in 12 Stunden), aber relativ kühl ist (die Intensität ist etwa äquivalent einer Schwarzkörperstrahlung von -40 °C. Welche Bedeutung diese Abstrahlung hat, sieht man beim Vergleich mit dem atmosphärenlosen Mond, wo es keine Gegenstrahlung gibt.

Auch andere Mechanismen kommen nicht in Frage, da der atmosphärische Temperaturgradient eher die Bodenkühlung beschleunigt als verringert und die Windgeschwindigkeiten viel kleiner als die Wanderungsgeschwindigkeit der Schattengrenze der Sonne ist.

3.2 Wissenschaftliche Fehler gegenüber wissenschaftlichen Betrug

Kürzlich betonte der deutsche Klimaforscher Graßl, dass Fehler in der Wissenschaft unvermeidlich sind, sogar in der Klimaforschung [97]. Und der IPCC wichtet die meisten seiner offiziellen Erklärungen mit einer Art »Wahrscheinlichkeitmessung« [17]. So scheint es dass,

sogar in der Mainstream-Diskussion über die angenommene anthropogene Erderwärmung, Platz ist für wissenschaftliche Fehler und für Korrekturen.

Jedoch behaupten einige Autoren und Filmproduzenten, dass die Treibhauseffekt-Hypothese nicht auf einem Fehler beruht, aber das ist offensichtlich eine Art wissenschaftlicher Betrug.

Fünf Beispiele,

- Schon 1990 zeigte der australische Film »Das Treibhaus-Komplott«, dass der Treibhauseffekt auf vier Säulen [26] ruht,
 1. den tatsächlichen Beweisen, d.h. den Klimaaufzeichnungen, die zeigen dass vermutlich eine globale Erwärmung beobachtet worden ist und das außergewöhnlich ist;
 2. der Annahme, dass Kohlendioxid die Ursache dieser Änderungen ist;
 3. den Vorhersagen von Klimamodellen, die behaupten, dass eine Verdoppelung von CO₂ zu einer voraussagbaren Erderwärmung führt;
 4. die unterstützende Physik.

Im Film wurden diese vier Säulen demontiert und brachten das Gebäude zum Einsturz. Der Sprecher stellte fest:

In ein neues Aufsatz auf den Effekten des Kohlendioxids, dem Professor Ellsaesser von den Lawrence Livermore Laboratories, eine US-Haupt-Forschungsstelle in Kalifornien, geschlossen hat, dass eine Verdoppelung des Kohlendioxids wenig oder keine Wirkung auf die Temperatur an der Oberfläche haben würde und wenn irgendetwas, dann könnte es Oberfläche kühlen.

Der Leser wird auf die Originalarbeit von Ellsaesser [79] verwiesen.

- Zwei Bücher des populären deutschen Meteorologen und Soziologen Wolfgang Thüne, betitelt *Der Treibhaus-Schwindel* (1998) [199] und *Freispruch für CO₂* (2002) [198], versuchen zu demonstrieren, dass die CO₂-Treibhauseffekt-Hypothese reiner Unsinn ist.
- Ein von Heinz Hug geschriebenes Buch betitelt *Die Angsttrompeter*, hellte die Geschichte und den Hintergrund des gegenwärtigen Treibhaus-Geschäfts auf [115].
- Ein anderer Film wurde kürzlich auf dem Kanal 4 (Vereinigtes Königreich) gezeigt, betitelt »Der große Betrug mit der Erderwärmung«, der die These unterstützt, dass die angenommene anthropoge globale Erwärmung durch CO₂ keine wissenschaftliche Basis hat [23].
- In seinem Aufsatz »CO₂: Der Größte Wissenschaftlicher Skandal Unserer Zeit« gab der bedeutende Atmosphärenwissenschaftler Jaworowski eine wohl begründete Erklärung ab [119].

Andererseits stellte Sir David King, der Wissenschaftsberater der britischen Regierung fest, dass die globale Erwärmung eine größere Bedrohung der Menschheit als Terrorismus ist (Singer)²⁴⁾, andere Personen stellten Leugner der anthropogenen Erderwärmung in dieselben Kategorie wie Holocaust-Leugner, und so weiter. In einer unzählbaren Zahl von Beiträgen in Zeitungen und TV-Shows in Deutschland setzt der populärer Klimaforscher Latif²⁵⁾ fort, die Öffentlichkeit vor den Folgen zu warnen, die sich ergeben, wenn die Treibhausgas-Emissionen (THG) weiter steigen [21]. Aber bis heute ist es unmöglich ein Buch über Nichtgleichgewichts-Thermodynamik oder Strahlungstransport zu finden, wo diese Wirkung aus den Prinzipien der ersten abgeleitet wird.

24) vgl. Singers Zusammenfassung der Stockholmer Konferenz von 2006 [164].

25) Some vor Zeit einer der Autoren (R.D.T). war der Hilfslehrer von Mojib Latif im Physik-Laboratorium.

Das Hauptziel dieses Aufsatzes ist es nicht eine Grenze zwischen Fehler und Betrug zu ziehen, sondern zu zeigen, wohin der Treibhauseffekt innerhalb des Rahmens der Physik hingehört oder nicht. Deshalb werden im Abschnitt 3.3, S. 35 mehrere verschiedenen Variationen der atmosphärischen Treibhaus-Hypothesen analysiert und widerlegt ([Wirklich?](#)). Die Autoren beschränken sich auf Erklärungen, die nach der Veröffentlichung von Lee in dem wohl bekannten *Journal of Applied Meteorology* 1973 erschienen sind, siehe Referenz [134] und die Referenzen darin.

Lee's Aufsatz von 1973 ist ein Meilenstein. Zu Beginn schreibt Lee:

Der so genannte Strahlen-'Treibhaus'-Effekt ist eine falsche Bezeichnung. Komischerweise, während Konzept nützlich ist um zu beschreiben, was in der Atmosphäre der Erde passiert, ist das ungültig für geschaffenen Kleinklimas, wenn z. B. ein Raum mit dem Glas wie in Gewächshäusern eingeschlossen wird und Solarkollektoren. Spezifisch können die beobachteten erhöhten Temperaturen unter dem Glas nicht mit spektralen Absorption des Glases erklärt werden.

Die Falschheit dieser Auffassung wurde experimentell vor mehr als 60 Jahren durch R. W. Wood demonstriert²⁶⁾ (Wood, 1909) [214] und kürzlich auf analytische Weise durch Businger (1963) [53]. Fleagle und Businger (1963) [82] widmeten diesem Punkt einen Abschnitt ihres Textes und schlugen vor, dass die Strahlung, die durch die Atmosphäre der Erde gefangen wird, sollte 'Atmosphären-Effekt' genannt werden, um den Gebrauch der falschen Bezeichnung zu vermeiden. Munn (1966) [152] hat ständig wiederholt, dass die Analogie zwischen 'Atmosphäre' und 'Treibhaus'-Wirkung nicht korrekt ist, weil ein Hauptfaktor im Gewächshaus-Klima ist, dass das Glas gegen turbulente Wärmeverluste Schutz gibt. Beispielsweise beobachtete Lee (1966) [133], dass sich der Nettofluß der Strahlungsenergie durch eine 6-mil Polyvinylumhüllung mit 10 % Poren wirklich verringert hat.

Trotz dieser Beweise wiederholen moderne Lehrbücher der Meteorologie und Klimatologie nicht nur die falsche Bezeichnung, sondern unterstützen oft den falschen Begriff daß 'das Verhalten der Atmosphäre Wärme zurückzuhalten ist dem analog dem, was in einem Treibhaus geschieht' (Müller, 1966) [149], oder dass 'die Funktion des [Treibhaus-]Glases dazu dient eine Strahlenfalle zu bilden' (Peterssen, 1958) [166]. (siehe auch Sellers, 1965, Chang, 1968, und Cole, 1970) [185], [65], [68]. Der Fehler ist offensichtlich subjektiv und beruht auf Ähnlichkeiten zwischen Atmosphäre und Glas, und auf der 'Brauchbarkeit' des Beispiels für den Unterricht. Das Problem kann berichtigt werden durch eine ehrliche Analyse, die passend für den Unterricht ist.

Lee setzt seine Analyse fort mit einer Berechnung, die auf den Gleichungen zur Strahlungsbilanz beruhend, welche physikalisch zweifelhaft sind. Dieses sagt auch ein Kommentar von Berry [46] zur Arbeit von Lee. Trotzdem ist der Aufsatz von Lee ein Meilenstein, da es seit diesem Tag jedem ernsthaften Wissenschaftler oder wissenschaftlichen Ausbilder nicht mehr erlaubt sein sollte, das Treibhaus mit der Atmosphäre zu vergleichen²⁷⁾, speziell sogar im Unterricht, auf den sich Lee ausführlich bezieht.

26) Anmerkung des Autors: siehe Abschnitt 2.5.1, S. 29

27) Ohne Randbedingungen zu nennen ist jeder Vergleich falsch, wenn aber explizit ausgeführt wird, was verglichen wird, sind beliebige Vergleiche zulässig und aussagefähig.

3.3 Unterschiedliche-Versionen der atmosphärischen Treibhaus-Vermutung

3.3.1 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Möller (1973)

In seinem populären Lehrbuch der Meteorologie [154], [153] erklärt Möller:

In einem realem Glashauss (d.h. ohne zusätzliche Heizung, d.h. kein Treibhaus) sind die Fensterscheiben für Sonnenschein durchsichtig, aber für die Oberflächenstrahlung undurchsichtig. Der Wärmeaustausch muss durch die Wärmeleitung innerhalb des Glases erfolgen, das verlangt einen bestimmten Temperaturanstieg. Denn nur die kältere Grenzoberfläche der Fensterscheibe kann Wärme abstrahlen. Im Falle der Atmosphäre spielen Wasserdampf und Wolken die Rolle des Glases.

Widerlegung: Für die Existenz des Treibhauseffekts wird der Wärmeleitwert als eine notwendige Bedingung betrachtet. Das ist ein physikalischer Unsinn. Außerdem wird angedeutet, dass die spektrale Transmission eines Mediums seinen Wärmeleitwert bestimmt. Das ist ebenfalls physikalischer Unsinn.

Die Tatsache, daß durch die Umhüllung beim Treibhaus und bei Solarkollektoren die Wärmeabgabe erschwert wird (mit der Folge höhere Innentemperatur), zeigen sowohl die erreichten Ergebnisse als auch die Folgen des Öffnens der Türen.

3.3.2 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach der Enzyklopädie von Meyer (1974)

In der Ausgabe von 1974 des Enzyklopädischem von Meyer Lexikon findet man unter dem Stichwort »Glashauseffekt« [18]:

Der Einfluß der Atmosphäre der Erde auf die Strahlung und das Wärmebudget der Erde ist vergleichbar mit der Wirkung eines Glashauses: Wasserdampf und das Kohlendioxid in der Atmosphäre lassen die kurzwellige Solarstrahlung nach unten zur Oberfläche der Erde durchgehen mit einer schwachen Dämpfung, jedoch reflektieren sie einen Teil der langwelligen (Wärme-)Strahlung, die von der Oberfläche der Erde ausgestrahlt wird (atmosphärische Gegenstrahlung).

Widerlegung: Erstens liegt der Hauptteil der Solarstrahlung außerhalb des sichtbaren Lichtes. Zweitens wird die Reflexion mit der Emission verwechselt. Drittens beruht das Konzept der atmosphärischen Gegenstrahlung auf einer unzulässigen Anwendung der Formeln der Hohlraumstrahlung. Das wird im Abschnitt 3.5, S. 43 besprochen.

Der Schnittpunkt etwa gleicher Leistung zwischen Solarstrahlung und Emission der Erdoberfläche liegt tatsächlich im infraroten Bereich – aber so liegt etwa auch die Wellenlängengrenze zwischen durchlässiger und absorbierender Atmosphäre, wobei diese Grenze nicht scharf ist. Reflexion und Emission werden tatsächlich verwechselt. Zur Gegenstrahlung: Die kann erstens gemessen werden und zweitens mit den Einsteingleichungen berechnet werden [78], wird aber oft falsch allein mit der Hohlraumstrahlung erklärt.

3.3.3 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Schönwiese (1987)

Der prominente Klimaforscher Schönwiese [184] stellt fest:

Wir verwenden das Bild eines Glasfensters, das zwischen die Sonne und die Oberfläche der Erde gestellt wird. Die Fensterscheibe lässt die Solarstrahlung ungehindert passieren, absorbiert aber einen Teil der Wärmestrahlung der Erde. Die Glasfensterscheibe emittiert entsprechend ihrer eigenen Temperatur, wärmt also in beiden Richtungen: Zur Erdoberfläche und zum interplanetarischen Raum. So wird das Strahlungsgleichgewicht an der Erdoberfläche höher. Die zusätzliche Energie, die aus der Glasfensterscheibe kommt, wird fast völlig durch die Oberfläche der Erde absorbiert, die sich solange erwärmt bis das Strahlungsgleichgewicht erreicht wird.

Widerlegung: Dass die Fensterscheibe die Solarstrahlung ungehindert passieren lässt ist einfach falsch. Natürlich geht etwas Strahlung seitwärts. Wie experimentell im Abschnitt 2.4, S. 25 gezeigt wird sind die Fensterscheiben des Autos relativ kalt. Das ist nur eine aus vielen Gründen, warum die Glasanalogie unbrauchbar ist. Folglich ist die Erklärung leer.

Die Erklärung ist ziemlich gut (auch die Atmosphäre ist kälter als die Erdoberfläche) - aber damit ist die Wirkung eines Anstiegs der CO₂-Konzentration schwer zu erklären. Außerdem sind die Wirkungen vertauscht: Auch ohne Solarstrahlung emittiert die Glasfläche entsprechend ihrer (ggf. niedrigen) Temperatur, die zusätzliche Energie ist die durchgelassene Solarstrahlung.

3.3.4 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Stichel (1995)

Stichel (der ehemalige Vizepräsident der deutschen Physikalischen Gesellschaft) stellte einst fest [193]:

Jetzt ist es allgemein akzeptiertes Lehrbuch-Wissen, dass die infrarote langwellige Strahlung, emittiert durch die aufgewärmte Oberfläche der Erde, durch das CO₂ und andere Spurengase in der Atmosphäre teilweise absorbiert und re-emittiert wird. Dieser Effekt führt zu einer Erwärmung der niedrigeren Atmosphäre und – aus Gründen der Gesamtstrahlungsbilanz – zu einem gleichzeitigem Abkühlen der Stratosphäre.

Widerlegung: Das würde ein *Perpetuum Mobile der Zweiten Art* sein. Eine ausführliche Diskussion wird in der Abschnitt 3.9, S. 75 gegeben. Außerdem gibt es keine Gesamtstrahlungsbilanz, da es keine einzelnen Erhaltungsgesetze für die unterschiedlichen Formen der Energie gibt, die an den Vorgängen beteiligt sind. Die fraglichen Strahlenenergien sind unbedeutend im Vergleich zu den relevanten geophysikalischen und astrophysikalischen Energien. Schließlich hängt die Strahlung von der Temperatur ab und nicht umgekehrt.

Es ist kein Perpetuum Mobile der Zweiten Art, selbst wenn es so wäre, hätte diese Behauptung schon im Abschnitt 3.3.3 (S. 35) stehen müssen. Bei den Autoren dieses Papers liegt noch eine Verwechslung vor: Eine Bilanz ist kein Erhaltungsgesetz: Bilanz bedeutet, daß sich solange etwas verändert, bis nach Erreichen eines gewissen Gleichgewichts die Änderungen aufhören bzw. minimal werden. Diese Veränderung bei der Strahlungsbilanz ist die Temperatur: Sie verändert sich so lange, bis der Energieverlust genau so groß wie der Energiegewinn ist – es bleibt keine Energie mehr übrig, um den betreffenden Körper zu erwärmen oder abzukühlen: die Temperatur bleibt also konstant. Dazu kommt eine Ungenauigkeit bei Stichel: Die Strahlungsbilanz ist die Folge der Vorgänge und nicht die Ursache. Die erste Folge der Erhöhung der CO₂-Konzentration ist: in großen Höhen erhöht sich die Emission, die zu einer Kühlung der Stratosphäre führt, wodurch deren Temperatur sinkt. Als weitere Folge steigt die Höhe der Tropopause: Oberhalb der Tropopause kompensieren sich

Absorption und Emission weitgehend, obgleich die abwärts gerichtete Strahlung von 0 an stark zunimmt. Unterhalb der Tropopause ist die Kompensation nicht mehr möglich und die Emission überwiegt. Da die Energiedifferenz zwischen Emission und Absorption nur durch konvektiven und latenten Wärmetransport zu decken ist und die Wärmeleitung dafür nicht ausreicht, entsteht zwingend eine vertikale Luftströmung. Mit vertikaler Luftströmung ist aber ein adiabatischer Temperaturverlauf verbunden, der auch näherungsweise beobachtet wird. Eine Differenztemperatur zwischen Adiabate und tatsächlicher Temperatur wird durch den Wärmeabgabe erzwungen, da eine rein adiabatische Temperaturänderung den Energieinhalt eines Luftpaketes nicht ändert. Der Wärmetransport (bzw. die Luftströmung) wird durch die Emission angetrieben: die durch die Emission gekühlte Luft sinkt ab und erzwingt das Aufsteigen warmer Luft.

3.3.5 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonym 1 (1995)

Das Kohlendioxid in der Atmosphäre lässt die Strahlung der Sonne, deren Maximum im sichtbaren Licht liegt, komplett passieren, während es andererseits einen Teil der Wärmestrahlung absorbiert, die von der Erde in den Raum emittiert wird. Das geschieht wegen der größeren Wellenlänge der Wärmestrahlung. Das führt zu höheren Lufttemperaturen nahe der Oberfläche.

Widerlegung: Die erste Erklärung ist offensichtlich unkorrekt, da ein nicht vernachlässigbarer Infrarotanteil der ankommenden Solarstrahlung absorbiert wird (vgl. Abschnitt 2.2, S. 20). Die zweite Erklärung ist widerlegt indem man sich auf ein jeder Hausfrau bekanntes Gegenbeispiel bezieht: Der Wassertopf auf Herd. Ohne Wasserfüllung wird der Boden des Topfes bald glühend rot werden. Wasser ist ein ausgezeichneter Absorber der Infrarotstrahlung. Jedoch, mit Wasser gefüllt wird der Boden Topfes wesentlich kälter sein. Ein anderes Beispiel würde der Ersatz von Vakuum oder Gas durch Glas im Raum zwischen zwei Fensterscheiben sein. Herkömmliches Glas absorbiert Infrarotstrahlung ziemlich gut, aber sein Wärmeleitwert verringert jede thermische Isolierung.

Die Widerlegung ist offensichtlich unkorrekt, da nichts über den Strahlungsanteil im Infraroten gesagt wird – daß das Strahlungsmaximum im sichtbaren Bereich liegt ist zutreffend. Zum Wassertopf siehe Kommentar in Abschnitt 3.8.3, S. 74

3.3.6 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonym 2 (1995)

Wenn sich die Konzentration des Kohlendioxids, das Infrarotlicht absorbiert und sichtbares Licht durch die Atmosphäre der Erde zum Boden durchläßt, erhöht, wird der Boden durch die Solarstrahlung stärker erwärmt, und/oder die Lufttemperaturen nahe der Oberfläche werden steigen, weil das Abkühlen der Erdoberfläche verlangsamt wird.

Widerlegung: Es ist bereits in der Abschnitt 1.1, S. 7 gezeigt worden, dass das Wärmeleitwert nur geringfügig geändert wird – sogar wenn sich die CO₂ Konzentration in der Atmosphäre der Erde verdoppelt.

Die Aussage in der Widerlegung hat keine Bedeutung, weil der Wärmeleitwert beim Treibhauseffekt keine wesentliche Bedeutung hat.

3.3.7 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Anonym 3 (1995)

Wenn man zur Atmosphäre der Erde ein Gas hinzufügt, das Teile der Strahlung der Erdoberfläche in der Atmosphäre absorbiert, werden die Oberflächentemperaturen und Lufttemperaturen nahe der Oberfläche größer.

Widerlegung: Wieder ist der Wassertopf auf dem Herd das Gegenbeispiel; siehe Abschnitt 3.3.5, S. 37.

Eine Atmosphäre ist kein Wassertopf und der Wassertopf bestätigt den Treibhauseffekt – siehe Kommentar in Abschnitt 3.8.3, S. 74

3.3.8 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach der deutschen Meteorologischen Gesellschaft (1995)

In ihrer Erklärung von 1995 sagt die Deutsche Meteorologische Gesellschaft [27]:

Als Ausgangspunkt wird zunächst der Strahlungshaushalt der Erde ohne Atmosphäre beschrieben. In diesem Fall wird die auf die Erdoberfläche ungeschwächt einfallende Sonnenstrahlung teilweise absorbiert und teilweise reflektiert. Der absorbierte Anteil wird in Wärme umgewandelt und muß im Gleichgewichtszustand im infraroten Spektralbereich wieder abgestrahlt werden. Unter diesen Umständen ergibt sich aus einfachen Modellrechnungen an der Erdoberfläche eine mittlere Temperatur von etwa -18 °C . Bei Hinzunahme der Atmosphäre wird die an der Erdoberfläche einfallende solare Strahlung nur wenig geschwächt, da die Atmosphäre im sichtbaren Spektralbereich weitgehend durchlässig ist. Im infraroten Spektralbereich dagegen wird die vom Boden emittierte Strahlung nun zu einem großen Teil von der Atmosphäre (insbesondere von Gasen wie H_2O , CO_2 , O_3) absorbiert und von dieser - allerdings entsprechend ihrer Temperatur - wieder in alle Richtungen abgestrahlt. Nur in sogenannten Fensterbereichen (insbesondere im großen atmosphärischen Fenster im Wellenlängenbereich von 8 bis $13\ \mu\text{m}$) kann die Infrarotstrahlung vom Boden teilweise direkt in den Weltraum entweichen. Die von der Atmosphäre nach unten emittierte Infrarotstrahlung (die sogenannte Gegenstrahlung) erhöht die Energiezufuhr der Erdoberfläche. Ein Gleichgewichtszustand kann sich nur einstellen, wenn die Bodentemperatur sich erhöht und damit durch das Plancksche Gesetz eine erhöhte Abstrahlung möglich wird. Dieser unbestrittene natürliche Treibhauseffekt führt zu einer mittleren Erdoberflächentemperatur von $+15\text{ °C}$.

Widerlegung: Das Konzept einer Strahlungsbilanz ist physikalisch falsch. Die durchschnittliche Temperatur wird falsch berechnet. Außerdem wird ein nicht vernachlässigbarer Anteil der Solarstrahlung von der Atmosphäre absorbiert. Wärme darf nicht mit der Wärmestrahlung verwechselt werden. Die Annahme, dass, wenn Gase Wärmestrahlung emittieren, sie nur abwärts emittieren werden, ist eher obskur. Der beschriebene Mechanismus der Wiedererreichung des Gleichgewichts hat keine physikalische Grundlage. Die Gesetze der Hohlraumstrahlung dürfen bei Flüssigkeiten und Gasen nicht angewendet werden.

Warum eine Strahlungsbilanz doch existiert ist auf Seite 73 genauer ausgeführt. Daß die Atmosphäre »nur« nach unten emittiert, steht nicht im Text. Für die Strahlungen von Gasen gelten die Einsteingleichungen [78].

3.3.9 Atmosphärischer Treibhauseffekt danach Graßl (1996)

Der ehemalige Direktor der Meteorologischen Weltorganisation (WMO) für das Klimaforschungsprogramm, Professor Hartmut Graßl, stellt fest [98]:

Insofern als die Gashülle [der Erde] die Fortpflanzung der Sonnenenergie nach unten zur Oberfläche des Planeten weniger versperrt, als die direkte Strahlung

der Wärme von der Oberfläche in den Raum, muss der Boden und die niedrigere Atmosphäre wärmer werden als *ohne diese Atmosphäre*, um soviel Energie, wie sie von der Sonne erhalten hat, wiederauszustrahlen.

Widerlegung: Diese Erklärung ist sogar in einem wörtlichen Sinn leer. Man darf die Temperatur der unteren Atmosphäre eines Planeten nicht vergleichen mit einer Situation, in der eine planetarische Atmosphäre überhaupt nicht existiert. Außerdem, wie im Abschnitt 2.2, S. 20 gezeigt, ist der Anteil des eingehenden Infrarot größer als der Anteil des eingehenden sichtbaren Lichtes. Grob gesagt, wir haben eine fifty-fifty-Relation. Deshalb muss die angenommene Erwärmung des Boden verglichen werden mit der analogen Erwärmung oben. Sogar innerhalb der Logik der von Graßl allzu sehr vereinfachten (und physikalisch falschen) Vermutung, dass man einen Temperaturgradienten von Null hat und das ist ein Nulleffekt.

Hier widersprechen die Autoren sogar ihrer Aussage an anderer Stelle in diesem Paper (Abschnitt 3.7.4, S. 58), wo stillschweigend atmosphärenlos gerechnet wird. Außerdem steht in der Aussage noch nicht mal das Wort »infrarot«, die Autoren widersprechen also nur ihrer eigenen Unterstellung.

3.3.10 atmosphärischer Treibhauseffekt nach Ahrens (2001)

In seinem Lehrbuch »Wesentliche Elemente in der Meteorologie, eine Untersuchung zur Atmosphäre« stellt der Autor Ahrens fest [12]:

Bezüglich der Absorptionseigenschaften von Wasserdampf, CO₂, und anderen Gasen wie Methan und Stickoxyd ... wurde früher gedacht, daß sie ähnlich sind wie das Glas eines Gärtner-Treibhauses. In einem Treibhaus erlaubt das Glas der sichtbaren Strahlung einzudringen, hemmt aber zu einem gewissen Grad den Durchgang der emittierten Infrarotstrahlung. Aus diesem Grund, wird das Verhalten von Wasserdampf und CO₂ in der Atmosphäre populär Treibhauseffekt genannt. Jedoch haben Studien gezeigt, dass die warme Luft im Inneren eines Treibhauses wahrscheinlich mehr verursacht wird durch die Unfähigkeit der Luft zu zirkulieren und sich mit der kühleren Außenluft zu vermischen, aber nicht durch das Einfangen der Infrarotenergie. Wegen dieses Sachverhalts bestehen einige Wissenschaftler darauf, dass der Treibhauseffekt Atmosphären-Effekt genannt werden sollte. Um jeden gerecht zu werden, verwenden wir gewöhnlich den Begriff atmosphärischer Treibhauseffekt, wenn die Rolle von Wasserdampf und CO₂ beschrieben wird und das bedeutet, dass die Erdoberflächentemperatur höher ist, als sie es sonst sein würde.

Widerlegung: Das Konzept der Mitteltemperatur der Erde ist schlecht definiert. Deshalb ist das Konzept eines Anstiegs der Mitteltemperatur ebenso schlecht definiert.

Kritik an Definitionen ist keine Widerlegung eines Sachverhalts.

3.3.11 atmosphärischer Treibhauseffekt nach dem Wörterbuch der Geophysik, Astrophysik, und Astronomie (2001)

Das Wörterbuch der Geophysik, Astrophysik, und Astronomie sagt [71]:

Der Treibhaus-Effekt: Die erhöhte Erwärmung der Planet-Oberflächentemperatur wird verursacht durch das Einfangen der Wärme in der Atmosphäre durch bestimmte Typen von Gasen (genannt Treibhausgase; hauptsächlich Kohlendioxid, Wasserdampf, Methan, und Chlorfluorkohlenstoffe). Das sichtbare Licht

von der Sonne passiert die meisten Atmosphären und wird von der Oberfläche des Körpers absorbiert. Die Oberfläche strahlt diese Energie als längerwellige Infrarotstrahlung (Wärme) wieder aus. Wenn in der Troposphäre des Körpers einige der Treibhausgase anwesend sind und die Atmosphäre im sichtbaren, aber undurchsichtig zum infraroten ist wird die Infrarotstrahlung in der Nähe der Oberfläche gefangen. Deshalb wird die Temperatur in der Nähe der Oberfläche höher sein, als sie es von der Sonnenheizung allein sein würde.

Widerlegung: Infrarotstrahlung wird mit der Wärme verwechselt. Es wird überhaupt nicht erklärt, was gemeint ist mit »die Infrarotstrahlung wird gefangen«. Ist es ein MASER, ist es »Superdämmung«, d.h. das Verschwinden des Wärmeleitwerts oder ist es einfache Thermalisierung?

[Das ist keine Widerlegung, sondern nur Aufzeigen einer schlechten Erklärung.](#)

3.3.12 atmosphärischer Treibhauseffekt nach der Enzyklopädie der Astronomie und Astrophysik (2001)

Die Enzyklopädie von Astronomie- und Astrophysik definiert den Treibhauseffekt wie folgt [1]:

Der Treibhauseffekt ist der Strahlungseinfluß, der durch die Atmosphäre eines Planeten ausgeübt wird und die Temperatur an der Oberfläche veranlasst, höher zu sein, als sie es normalerweise wäre, wenn die Oberfläche im direkten Gleichgewicht mit dem Sonnenlicht wäre (in die Rechnung wird der planetarische Albedo einbezogen). Dieser Effekt stammt von der Tatsache, dass bestimmte atmosphärische Gase in der Lage sind, den grössten Teil der Solarstrahlung passieren zu lassen, aber die Infrarotemission von der Oberfläche zu absorbieren. Die thermische (d.h. infrarote) durch die Atmosphäre abgefangene Strahlung wird dann teilweise re-emittiert zur Oberfläche, und trägt so zu einer zusätzlichen Erwärmung der Oberfläche bei. Obwohl die Analogie in Bezug auf die physikalischen Prozesse, die beteiligt sind, nicht völlig befriedigend ist, sind leicht Parallelen zwischen dem Treibhauseffekt bei dem System Atmosphäre - Oberfläche eines Planeten und einem Gartenbaugewächshaus zu zeigen: Die planetarische Atmosphäre spielt die Rolle des Glasdeckels, der sowohl den Sonnenschein durch lässt, um den Boden zu erwärmen als auch die Wärme festhält, die dem Boden entweicht. Die Analogie geht noch weiter, da eine Atmosphäre opake »Fenster« hat, die es erlauben, daß Infrarotstrahlung die Oberfläche verläßt, äquivalent zu wirklichen Fenstern, mit deren Hilfe die Temperatur innerhalb eines häuslichen Gewächshauses geregelt wird.

Widerlegung: Das Konzept des »direkten Gleichgewichts mit dem Sonnenlicht« ist physikalisch falsch, wie im Detail in der Abschnitt 3.7, S. 54 [nicht](#) gezeigt wird. Die Beschreibung der Physik eines Gartenbau- Treibhauses ist falsch. Diese Analogie ist widerlich. [Zur Analogie siehe Abschnitt 3.1.1, S. 32.](#)

3.3.13 atmosphärischer Treibhauseffekt nach der Enzyklopädie Britannica Online (2007)

Enzyklopädie Britannica erklärt Online den Treibhauseffekt folgendermaßen [20]:

Die Atmosphäre läßt den grössten Teil des sichtbaren Lichtes der Sonne zur Oberfläche der Erde passieren. Weil die Oberfläche der Erde durch das Sonnenlicht geheizt wird, strahlt es einen Teil dieser Energie zurück zum Raum als Infrarotstrahlung. Diese Strahlung neigt im Unterschied zum sichtbaren Licht dazu, von den Treibhausgasen in der Atmosphäre absorbiert zu werden und hebt deren Temperatur. Die erhitzte Atmosphäre strahlt anschließend Infrarotstrahlung zurück zur Oberfläche der Erde. (Trotz seines Namens ist der Treibhauseffekt unterschiedlich zur Erwärmung in einem Treibhaus, wo Glasfensterscheiben das sichtbare Sonnenlicht passieren lassen, aber die Wärme innerhalb des Gebäudes halten, d.h. die gewärmte Luft fangen.) Ohne die durch den Treibhauseffekt verursachte Erwärmung der Erde, würde die durchschnittliche Oberflächentemperatur nur ungefähr $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($0\text{ }^{\circ}\text{F}$) betragen.

Widerlegung: Das Konzept der durchschnittlichen Temperatur der Erde ist physikalisch und mathematisch schlecht definiert und ein nutzloses Konzept, was im Abschnitt 3.7, S. 54 gezeigt wird.

Auch vorstehende »Widerlegung« ist keine Widerlegung. Allerdings ist der Text der Enzyklopädie unsauber: nicht anschließend strahlen die Treibhausgase, sondern die Treibhausgase strahlen entsprechend ihrer Temperatur. Es kommt aber nach Einstellung des Gleichgewichts zu keiner Abkühlung, weil die abgestrahlte Energie durch Absorption und Wärmetransport ersetzt wird.

3.3.14 Atmosphärischer Treibhauseffekt nach Rahmstorf (2007)

Der berühmte deutschen Klimaforscher Rahmstorf behauptet [171]:

An der Erdoberfläche gilt eine etwas andere Energiebilanz - zur Sonnenstrahlung kommt der Anteil der langwelligen Strahlung noch dazu, der von den Molekülen weiter oben teilweise auch nach unten gestrahlt wird. Daher kommt unten mehr Strahlung an, und zum Ausgleich muß die Oberfläche mehr Energie abgeben, also wärmer sein ($+15\text{ }^{\circ}\text{C}$), um auch dort unten wieder ein Gleichgewicht zu erreichen. Ein Teil dieser Wärme wird von der Oberfläche auch durch atmosphärische Konvektion nach oben abgeleitet. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt wäre die Erde lebensfeindlich und völlig vereist. . . . Diese Störung der Strahlungsbilanz muß zu einer Erwärmung der Erdoberfläche führen, wie sie ja auch tatsächlich beobachtet wird.

Widerlegung: Offensichtlich ist Reflexion mit der Emission verwechselt. Das Konzept des Strahlungsgleichgewichts ist fehlerhaft. Das wird im Abschnitt 3.7, S. 54 erklärt.

In dem Zitat steht nichts von einer Reflexion. Die Strahlungsbilanz ist der Zustand nach Einstellung des Gleichgewichts. Siehe Kommentare im Abschnitt 3.7, S. 54

3.3.15 Schlußfolgerung

Es ist interessant zu beobachten,

- dass bis heute der »atmosphärische Treibhauseffekt« nicht erscheint
 - in irgendeiner grundsätzlichen Arbeit der Thermodynamik,
 - in irgendeiner grundsätzlichen Arbeit der physikalischen Kinetik,
 - in irgendeiner grundsätzlichen Arbeit der Strahlentheorie;
- dass in der Literatur Definitionen gegeben werden, die sich von der exakten Physik sehr unterscheiden und teilweise einander **widersprechen**.

Noch interessanter ist es, die »Widerlegungen« zu analysieren.

Both of these perspectives describe the process by which increases in the atmospheric abundance of *greenhouse gases* lead to warming at the Earth's surface. The term *greenhouse gases* refers to gases that are highly transparent to solar radiation but are relatively opaque to longwave radiation, similar to glass in a greenhouse. The process by which warming occurs in a greenhouse is different from that described above. In this regard the terms *greenhouse gas* and *greenhouse effect* are misnomers.

Abbildung 15: Ein Exzerpt von der Seite 28 des DOE-Berichts (1985).

3.4 Die Schlußfolgerung des US-Energieministeriums

Alle fiktiven Treibhauseffekte haben gemeinsam, dass es einen und nur einen Grund dafür geben soll: Von einem evtl. Anstieg der Konzentration von CO_2 in der Atmosphäre wird angenommen, dass das zu höheren Lufttemperaturen in der Nähe des Bodens führt. Im Zusammenhang dieses Aufsatzes erscheint es zweckmäßig, das als *CO₂-Treibhaus-Effekt* zu bezeichnen²⁸⁾. Lees Ergebnisse von 1973 [134], dass das Erwärmungsphänomen in einem Glashaushaus nicht vergleichbar ist mit dem angenommenen atmosphärischen Treibhauseffekt wird im Bericht des USA-Energieministeriums von 1985 abgesichert, der eine Prognose klimatischer Effekte des zunehmenden Kohlendioxids macht [4]. In dieser umfassenden Veröffentlichung vor dem IPCC-Bericht stellt MacCracken ausführlich fest, dass die Begriffe »Treibhausgas« und »Treibhauseffekt« falsche Bezeichnungen sind [4], [70]. Eine Kopie des letzten Paragraphen des entsprechenden Abschnitts auf der Seite 28, wird hier in der Abbildung 15, S. 42 gezeigt.

Es sollte betont werden:

- Das Erwärmungsphänomen in einem Glashaushaus und der angenommene atmosphärischen Treibhauseffekt haben dieselben Teilnehmer, aber im letzten Fall wird die Situation umgekehrt.
- Methodisch gibt es einen riesigen Unterschied: Für den physikalischen Treibhauseffekt kann man Messungen machen, schauen Sie auf die Differenzen der Instrument-Messungen und beobachten Sie die Wirkung ohne jede wissenschaftlicher Erklärung und ebenfalls ohne jedes Vorurteil.

Zu dem fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekt kann man **angeblich** nichts vorbringen und es werden nur Berechnungen miteinander verglichen: Früher äußerst einfache Berechnungen, sie wurden mehr und mehr intransparent. Heutzutage werden Computersimulationen benutzt, welche praktisch niemand reproduzieren kann [8].

Im Folgenden werden die verschiedenen Aspekte der Physik, die der atmosphärischen Situation unterliegen, im Detail besprochen.

28) Die Terminologie ist natürlich auf andere Spurengase ausgedehnt.

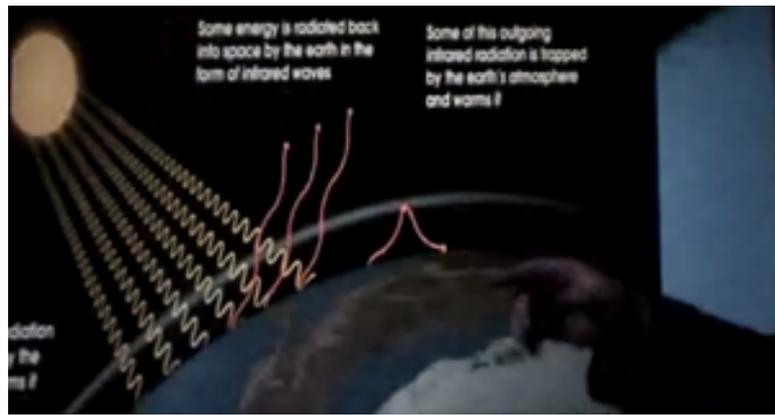


Abbildung 16: Ein sehr populärer physikalischer Fehler ist im Film »Eine Unbequeme Wahrheit« von Davis Guggenheim illustriert. Aufmachung von Al Gore (2006)

3.5 Absorption/Emission ist nicht Reflexion

3.5.1 Eine ungünstige Popularisierung der Physik

Abbildung 16, S. 43 ist ein Screenshot von einem umstrittenen preisgekrönten »Dokumentarfilm« über »Klimaänderungen«, speziell der »globalen Erwärmung« mit Al Gore, dem ehemaligen USA-Vizepräsidenten, in der Hauptrolle unter der Regie von Davis Guggenheim [96], [100]. Dieser Film wurde durch Manager und Politikmacher rund um die Welt unterstützt und in Schulen und in amtlichen Veranstaltungen gezeigt. Lewis schrieb einen interessanten »Führer eines Skeptikers zu einer unbequemen Wahrheit«, der Gores Arbeit im Detail auswertet [135].

Aus der Sicht eines ausgebildeten Physiker ist der Film Gores ziemlich grotesk, da er schockierend falsch ist. Jeder lizenzierte Radioamateur²⁹⁾ weiß, dass das, was in der Abbildung 16, S. 43 dargestellt ist, nur wahr sein würde,

- wenn die hier grafisch dargestellte Strahlung lang- oder kurzwellig wäre;
- wenn die reflektierende Sphäre eine bestimmte Schicht der Ionosphäre ist [52].

Kurzwellen (z. B. im 20 m/14MHz Band) werden durch die F-Schicht der Ionosphäre (sie befindet sich 120 - 400 km über der Oberfläche der Erde) reflektiert und das ermöglicht transatlantische Verbindungen (QSOs³⁰⁾). Die genauen Eigenschaften der F-Schicht hängen stark von der Sonnentätigkeit ab, d. h. vom Sonnenschein-Zyklus, wie jedem old man (OM)³¹⁾ gut bekannt ist. Die Reflexionseigenschaften³²⁾ der Ionosphäre vermindern sich oberhalb 30 MHz. Im sehr hohen Frequenzband (VHF) (z. B. 2 m/144MHz Band) entstehen so genannte Sporadische-E Wolken (90 - 120 km über der Oberfläche der Erde), welche z. B. noch QSOs³⁰⁾ von Deutschland nach Italien erlauben. Andererseits verhält sich die Atmosphäre der Erde bei äußerst niedrigen Frequenzen (ELF) (d.h. Radiofrequenzen 3 - 30 Hz) wie ein Hohlraum und man stößt auf so genannte Schumann-Resonanzen [182]. Diese können verwendet werden, um eine untere Grenze der Masse der Photonen zu schätzen³³⁾ und erscheinen überraschend in der Diskussion zur Klimaänderung.

29) Rufzeichen des Autors R.D.T.: DK8HH

30) Abkürzung für »Gespräch über Funk tätigen«

31) old man = alter Mann, Bezeichnung der Funkamateure untereinander

32) Da in dieser Arbeit großer Wert auf Exaktheit gelegt wird, muß ergänzt werden, daß das, was der OM als Reflexion bezeichnet in der Regel eine Beugung ist. Die Bedingungen für Reflexion (Abschnitt 3.5.2, S. 44) sind nur bei der Bodenreflexion, aber nicht in der Ionosphäre erfüllt.

33) Ein Lehrassistent an der Universität Hamburg/DESY, R.D.T erfuhr das vom Professor Herwig Schopper.

Jedoch werden weder die Radiosignale des Autotelefon von Al Gore (innerhalb der Zentimeter-Bereichs) noch Bluetooth, Radar, Mikrowellen- und Infrarotstrahlung (d.h. elektromagnetische Wellen im Sub-Millimeter-Bereich) um die Welt reisen.

Ionosphären-Radare arbeiten normalerweise im 6 m Band, d.h. bei 50 MHz. Meteorologische Radare arbeiten in dem 0.1 - 20 cm Bereich (von 90 GHz bis 1.5 GHz), diejenigen, die zwischen 3 - 10 cm (von 10 GHz bis 3 GHz) arbeiten, werden für das Finden von Wind und die Wetterbeobachtung [2] verwendet. Offensichtlich verwechselt Al Gore die Ionosphäre mit der Tropopause, dem Gebiet in der Atmosphäre, wo die Grenze zwischen der Troposphäre und der Stratosphäre ist. Die Tropopause liegt zwischen 6 km (an den Polen) und 17 km (am Äquator) über der Oberfläche der Erde³⁴).

Außerdem verwechselt Al Gore Absorption/Emission mit Reflexion. Leider wird das auch implizit und ausführlich in vielen klimatologischen Artikeln gemacht, oft werden die vage definierten Ausdrücke »Re-Emission«, »Rückstrahlung« und »Gegenstrahlung« benutzt.

3.5.2 Reflexion

Wenn sich elektromagnetische Wellen von einem Medium eines gegebenen Brechungsindex n_1 in ein zweites Medium mit dem Brechungsindex n_2 bewegen, werden sowohl Reflexion als auch Brechung der Wellen vorkommen [49]. Insbesondere wenn ein Sprung des Brechungsindex innerhalb einer Länge von der Ordnung einer Wellenlänge vorkommt, wird es eine Reflexion geben. Der Bruchteil der Intensität der einfallenden elektromagnetischen Welle, die an der Schnittstelle reflektiert wird, ist durch den Reflexionskoeffizienten R gegeben, der Bruchteil der an der Schnittstelle gebrochen wird ist durch den Transmissionskoeffizienten T gegeben. Die Fresnelschen Gleichungen, die auf der Annahme beruhen, dass beide Materialien Dielektrika sind, können dazu verwendet werden, den Reflexionskoeffizienten R und den Transmissionskoeffizienten T einer gegebenen Situation zu berechnen.

Im Fall eines senkrechten Einfalls ist die Formel für den Reflexionskoeffizienten

$$R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad (44)$$

Im Fall von starker Absorption (große elektrische Leitfähigkeit σ) können einfache Formeln gegeben werden für größere Einfallswinkel, wie z. B. die Formel von Beer:

$$R_s = \frac{(n_2 - n_1 \cos \gamma)^2 + n_2^2 \sigma^2 \cos^2 \gamma}{(n_2 + n_1 \cos \gamma)^2 + n_2^2 \sigma^2 \cos^2 \gamma} \quad (45)$$

Und

$$R_p = \frac{(n_1 - n_2 \cos \gamma)^2 + n_2^2 \sigma^2 \cos^2 \gamma}{(n_1 + n_2 \cos \gamma)^2 + n_2^2 \sigma^2 \cos^2 \gamma} \quad (46)$$

Wenn der Sprung des Brechungsindex innerhalb einer Länge von der Ordnung einer Wellenlänge vorkommt, wird es eine Reflexion geben, welche bei großer Absorption groß ist. Im Fall von Gasen ist das nur möglich für Funkwellen mit einer verhältnismäßig großen Wellenlänge in der Ionosphäre, die eine elektrische Leitfähigkeit hat, bei einem diagonalen Einfallswinkel. Es gibt keine Reflexion in einem homogen absorbierenden Bereich. Wie bereits im Abschnitt 3.5.1, S. 43 aufgeheilt, ist gut bekannt, dass Radioamateure ihre Tätigkeit z. B. auf 15-m-Band konzentrieren, aber nie auf Mikrowellenbänder. Andererseits absorbieren die meisten Gläser das Infrarotlicht fast völlig bei etwa 1 μm und längeren Wellenlängen, deshalb ist die Reflexion der Infrarotwellen für normale Gläser sehr hoch.

34) Einige Klimaforscher behaupten, dass es eine CO₂ Schicht in der Troposphäre gibt, die die infrarote Strahlung, die vom Boden kommt, fängt oder reflektiert.

Für dielektrische Medien, deren elektrische Leitfähigkeit Null ist, kann man nicht die Formeln von Beer verwenden. Das ist ein strenges Problem der Maxwell'schen Theorie des Lichtes.

3.5.3 Absorption und Emission

Wenn ein Gebiet im thermodynamischen Gleichgewicht mit einem Strahlungsfeld ist, ist die Intensität E_ν (bzw. E_λ), die in den Einheitsraumwinkel pro Frequenzeinheit (bzw. Wellenlängeneinheit) ausgestrahlt wird dem gleich dem Absorptionskoeffizienten A_ν (bzw. A_λ) multipliziert mit einer universellen Frequenzfunktion $B_\nu(T)$ (bzw. Wellenlängenfunktion $B_\lambda(T)$) der absoluten Temperatur T . Man schreibt entsprechend:

$$E_\nu = A_\nu \cdot B_\nu(T) \quad (47)$$

$$E_\lambda = A_\lambda \cdot B_\lambda(T) \quad (48)$$

Das ist ein Lehrsatz durch Kirchhoff. Die Funktion $B_\nu(T)$ (bzw. $B_\lambda(T)$) wird Kirchhoff-Planck-Funktion genannt. Sie wurde bereits in der Abschnitt 2.1.4, S. 18 betrachtet.

Der Reflexionsfaktor ist entsprechend,

$$R_\nu = 1 - A_\nu \quad (49)$$

$$R_\lambda = 1 - A_\lambda \quad (50)$$

und liegt zwischen der Null und Eins, wie auch der Absorptionskoeffizient A_ν . Wenn R gleich Null ist, ist A gleich Eins und der Körper ist ein sogenannter idealer schwarzer Körper. Das Emissionsvermögen ist am größten für einen idealen schwarzen Körper. Die näherungsweise Realisierung eines idealen schwarzen Körper, ein Hohlraum mit einer kleinen Strahlungsöffnung, wurde bereits durch Kirchhoff gemacht und ist in der Abbildung 17, S. 45 dargestellt.



Abbildung 17: Ein Hohlraum stellt einen perfekten schwarzen Körper dar.

Deshalb wird die Emission eines schwarzen Körpers für $A_\nu = 1$ (bzw. $A_\lambda = 1$) auch Hohlraumstrahlung genannt. Die ausgestrahlte Energie kommt von den Wänden, die auf einer bestimmten Temperatur gehalten werden. Wenn das mit einem Teil einer Körperoberfläche realisiert wird, wird klar werden, dass diese Gesichtspunkte nur dann miteinander kompatibel sind, wenn die elektromagnetische Strahlung durch eine äußerst dünne Oberflächenschicht emittiert und absorbiert wird. Deshalb ist es unmöglich, die Volumina von Gasen mit dem Modell der schwarzen Hohlraumstrahlung zu beschreiben³⁵⁾. Da thermische Strahlung elektromagnetische Strahlung ist, würde diese Strahlung durch die Wärmebewegung im Falle der Gase verursacht werden müssen, die normalerweise bei Raumtemperaturen nicht effektiv sind. Bei den Temperaturen von Sternen ist die Situation verschiedenen: die Energieniveaus der Atome sind durch Stöße thermisch aufgeregt. **Die Situation ist nicht verschieden: Auch in der Atmosphäre sind die strahlenden Energieniveaus hauptsächlich durch Stöße angeregt und entsprechen weitgehend der Maxwell-Boltzmann-Verteilung.**

³⁵⁾ Ist auch nicht notwendig, da Einstein bereits 1916 die Strahlungseigenschaften von Gasen verstanden hat [78].

3.5.4 Re-Emission

Im Falle der Strahlentransportberechnungen ist das Kirchhoffsche Gesetz »verallgemeinert« zu der Situation, in der die entsprechende Formel für die Emission, oder entsprechend, für die Absorption (pro die Einheitslänge entlang der Richtung ds) anwendbar sein soll³⁶⁾

$$\varepsilon_\nu ds = \alpha_\nu ds \cdot B_\nu(T) \quad (51)$$

Die physikalische Bedeutung dieser »Verallgemeinerung« kann am leichtesten gesehen werden, wenn das oben erwähnte Kirchhoffsche Gesetz mathematisch aus dieser Formel herausgezogen wird. Dafür kann man einführen

$$\varepsilon_\nu ds = E_\nu \delta(s - s_0) \quad (52)$$

$$\alpha_\nu ds = A_\nu \delta(s - s_0) \quad (53)$$

mit der δ -Funktion an der Grenzfläche. Physikalisch bedeutet das, dass die ganze Absorption und Emission aus einer dünnen Oberflächenschicht kommt. Gerade wie mit dem richtigen Kirchhoffschen Gesetz, wird von der Tatsache Gebrauch gemacht, dass die ganze absorbierte Strahlung wieder emittiert wird, weil sich sonst die Temperatur im Volumen im thermischen Gleichgewicht erhöhen würde.

Diese Annahme wird lokales thermodynamisches Gleichgewichts (LTE) genannt. Re-Emission bedeutet Reflexion, aber eher nicht, dass die Absorption keinen Anstieg der Temperatur im Gas verursacht. **Diese Interpretation des LTE ist falsch, das LTE bedeutet, daß die Verteilung der angeregten Zustände fast der Maxwell-Boltzmann-Verteilung entspricht. Dabei ist in der Regel die Emission höher als die Absorption, der Energieverlust wird durch Wärmetransport infolge Luftströmung gedeckt.**

Ein wichtiger physikalischer Unterschied zum richtigen Kirchhoffschen Gesetz liegt in der Tatsache, das dort in keiner Formel für die Absorption pro Längeneinheit analog dem

$$R_\nu = 1 - A_\nu \quad (54)$$

Mit ρ als Dichte des Mediums kann man einen Absorptionskoeffizienten κ_ν bzw. Emissionskoeffizienten j_ν definieren

$$\alpha_\nu ds = \kappa_\nu \rho \quad (55)$$

$$\varepsilon_\nu ds = j_\nu \rho \quad (56)$$

Das Verhältnis von Emissions- und Absorptions-Koeffizient

$$S_n u = \frac{j_\nu}{\kappa_\nu} \quad (57)$$

beschreibt die Re-Emission der Strahlung und wird Quellfunktion genannt. **Die Emission und Absorption hängen ganz eng zusammen und aus diesem engen Zusammenhang wird sowohl die Hohlraumstrahlung [78] als auch der Quellterm richtig beschrieben. Dieser enge Zusammenhang wird physikalisch durch die Energieerhaltung und den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik beschrieben. Insofern ist die enge Verwandtschaft der Strahlungstransportgleichung und der Kirchhoffschen Gesetze nicht verwunderlich.**

36) Vielleicht gibt es solche Herleitungen, aber sie dürften unzutreffend sein, denn richtig wird die Strahlungstransportgleichung aus den Einsteingleichungen [78] und dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik hergeleitet - siehe Abschnitt 4.4.3, S. 92. Insofern haben die nachfolgenden Ausführungen, die auf einer falschen Herleitung der Strahlungstransportgleichung beruhen, keine Relevanz.

3.5.5 Zwei Näherungen des Strahlungstransfers

In einem Gas ändert sich die Strahlenintensität eines Gebiets in der Richtung auf das Pfad-Element ds gemäß

$$-\frac{I_\nu}{ds} = \alpha_\nu I_\nu - \varepsilon_\nu \quad (58)$$

Mithilfe von den Funktionen, die mit den Gleichungen (55) - 57) eingeführt wurden, kann das ausgedrückt werden als

$$\frac{1}{\kappa_\nu \rho} \frac{dI_\nu}{ds} = I_\nu - S_\nu \quad (59)$$

Diese Gleichung wird die Strahlungsübertragungsgleichung genannt. Zwei völlig verschiedene Ansätze zeigen, dass diese Emissionsfunktion nicht bestimmt wird nach physikalischen Gesetzen [64],

1. Der übliche, d.h. derjenige im Falle des LTE, wird durch den Ansatz gegeben

$$S(x, y, z; l, m, n) = B_\nu(T(x, y, z; l, m, n)) \quad (60)$$

wobei die (x, y, z) die Koordinaten und die (l, m, n) die Richtungskosinusse definieren als Ort und Richtung bezüglich S_ν und B_ν (bzw. T). Dieser Ansatz wird justiert mit Hilfe des Kirchhoff-Planck-Funktion B_ν und des »verallgemeinerten« Kirchhoffschen Gesetzes in der Gleichung (51). Diese Annahme des lokalen thermodynamischen Gleichgewichts (LTE) wird von vielen Wissenschaftlern sogar für die äußerst heißen Atmosphären von Sternen ausgeschlossen. Der Leser wird auf das klassische Buch von Chandrasekhar des Strahlungstransfers [64] verwiesen. Das LTE hat wirklich nur einen bestimmten Stellenwert für die Strahlentransportberechnungen, wenn der Absorptionskoeffizient nicht von der Temperatur abhängt, bei niedrige Temperaturen ist das nicht der Fall. Die Temperaturabhängigkeit ist so gering, daß diese Abhängigkeit fast vernachlässigt werden kann - siehe die aus Meßwerten gewonnene Tabelle der Temperaturkoeffizienten (ergänzt durch Berechnungen), die in der HITRAN-Datenbank allgemein zugänglich sind [172]. Was sich ändert ist der durchschnittliche Absorptionsfaktor, weil sich bei Temperaturänderungen mit der Änderung der Wellenlängenverteilung die Wichtung ändert – siehe Diagramm [131, S. 41ff]. (Parameter dieser Diagramme ist leider nicht eine konstante Teilchenmenge, sondern die Drucklänge.) Trotzdem wird in modernen Klima-Modell-Rechnungen dieser Ansatz skrupellos verwendet [4].

2. Eine andere Näherung³⁷⁾ ist die streuende Atmosphäre, die beschrieben wird durch

$$S_\nu = \frac{1}{4\pi} \int_0^\pi \int_0^{2\pi} p(\delta, \varphi; \delta', \varphi') I_\nu(\delta', \varphi') \sin \delta' d\delta' d\varphi' \quad (61)$$

Diese äußerst verschiedenen Ansätze zeigen, daß sogar die physikalische wohl begründeten Strahlungs-Übertragungsberechnungen etwas willkürlich sind. Formell kann die Strah-

37) Beide Näherungen beschreiben verschiedene Sachverhalte und müssen addiert werden. Beide Terme sind bei unterschiedlichen Wellenlängen relevant: Der Streuterm bei kurzen Wellenlängen (weil die Wellenlänge in die Größe der Teilchen kommt), der Emissionsterm bei langen Wellenlängen (weil die Besetzung der angeregten Zustände hoch ist).

lungübertragungsgleichung (59) integriert werden und ergibt

$$I_\nu(s) = I_\nu(0) e^{-\tau(s,0)} + \int_0^s S_\nu(s') e^{-\tau(s,s')} \kappa_\nu \rho ds' \quad (62)$$

mit der optischen Dicke

$$\tau(s, s') = \int_0^s \kappa_\nu \rho ds'' \quad (63)$$

Die Integrationen für die getrennten Richtungen sind voneinander unabhängig. Insbesondere haben diejenigen nach oben nichts mit denjenigen nach unten zu tun. **Das ist richtig, leider findet man oft etwas anderes.** Es kann nicht genug betont werden, daß die Differentialgleichungen nur die Berechnung von Änderungen auf der Grundlage von bekannten Parametern erlauben. Die Anfangswerte (oder Randbedingungen) können nicht aus den zu lösenden Differentialgleichungen abgeleitet werden.

Insbesondere gilt das sogar für dieses einfache Integral. **Das ist richtig.** Zur Lösung ist hier sogar die Strahlungstransportgleichung nicht ausreichend, je nach angenommenen Temperaturverlauf ist der Energieinhalt der Atmosphäre unterschiedlich. Durch Variationsrechnung ist der Temperaturverlauf für einen minimalen Energieinhalt zu bestimmen. Als Randbedingungen liegen vor:

Strahlung nach unten: Wert Null am oberen Rand der Atmosphäre.

Strahlung nach oben: Temperatur an der Erdoberfläche.

Die Variationsrechnung ergibt eine Tropopause und eine isotherme Temperatur oberhalb dieser und einen adiabatischen Temperaturverlauf unterhalb. Siehe auch Kommentar im Abschnitt 3.3.4 (S. 36).

Wenn man annimmt, dass die Temperatur eines Volumen-Elements konstant sein sollte, kann man keine steigende Temperatur berechnen.

3.6 Die Hypothesen von Fourier, Tyndall und Arrhenius

3.6.1 Die traditionellen Arbeiten

In ihrer Forschung und Übersichten beziehen sich die Klimaforscher auf die legendäre Veröffentlichung von Svante August Arrhenius (19. Febr 1859 - 2. Okt 1927), einem Nobelpreisträger für Chemie. Arrhenius veröffentlichte 1896 eine der frühesten, äußerst einfachen Berechnungen, die sofort - und berechtigt - bezweifelt wurden und viele Jahrzehnte lang vergessen wurden [33], [32] und [31]. Es ist ein Aufsatz über den Einfluß von Kohlensäure in der Atmosphäre auf die Erdoberflächentemperatur. In diesen ziemlich langen Paper stellte Arrhenius die Hypothese zur Diskussion, dass die Ereignisse der Warm- und Eiszeiten durch bestimmtes Gase in der Atmosphäre erklärbar sind, welche thermische Strahlung absorbieren.

In diesem Zusammenhang zitierte Arrhenius die 1824-Veröffentlichung von Fourier³⁸⁾, betitelt »Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires« [84], [83] (**»Abhandlung zur Temperatur der Erdkugel und der planetaren Räume«**).

38) In der Arbeit von Arrhenius ist ein Druckfehler. Das Jahr der Veröffentlichung von Fouriers Aufsatz ist 1824, nicht 1827 wie in vielen gegenwärtigen Artikeln geschrieben wird, deren Autoren anscheinend die Originalarbeit von Fourier nicht lasen. Es ist zweifelhaft, ob Arrhenius die Originalarbeit las.

Arrhenius stellt falsch fest, dass Fourier als Erster behauptete, dass die Atmosphäre wie das Glas eines Treibhauses arbeite, weil sie die Sonnenstrahlen durchlässt, aber die so genannte dunkle Wärme vom Boden im Inneren behält.

Die deutsche Übersetzung des relevanten Abschnitts (p. 585) lautet:

Wir schulden dem berühmten Reisenden M. de Saussure ein Experiment, das sehr wichtig erscheint um diese Frage zu beleuchten. Es besteht darin, eine Vase den Strahlen der Sonne auszusetzen, die mit einem oder mehreren Schichten eines gut transparenten Glases bedeckt ist, die in einem bestimmten Abstand angeordnet sind. Das Innere der Vase wird mit einer dicken Schicht geschwärzten Korks bedeckt, um die Wärme zu empfangen und zu bewahren. Die erhitzte Luft wird abgedichtet in allen Teilen, sowohl der Kasten als auch jeder Zwischenraum zwischen den Gläsern. Die Thermometer, die sich in der Vase und in den Zwischenräumen befinden, kennzeichnen den Grad der Wärme an ihren Orten. Diese Anordnung wurde nahe der Mittagszeit der Sonne ausgesetzt, und man sah in verschiedenen Experimenten, dass die Thermometer in der Vase 70, 80, 100, 110 Grade und mehr erreichen (80°-Teilung³⁹⁾). In den Zwischenräumen befindliche Thermometer erreichten einen kleineren Grad der Wärme, der von der Tiefe des Kastens zur Außenseite abnahm.

Der Arbeit von Arrhenius war eine Arbeit von Tyndall vorangegangen, der entdeckte, dass einige Gase Infrarotstrahlung absorbieren. Er schlug auch vor, dass Änderungen in der Konzentration der Gase Klimaänderungen bringen könnten [204], [202], [203], [200], [201]. Faksimile der Titelseiten von Fourier und Arrhenius, die oft zitiert, aber anscheinend selten wirklich gelesen werden, sind in der Abbildung 18, S. 50 und in der Abbildung 19, S. 51 gezeigt.

Die phantastische Art, wie Arrhenius das Stefan-Boltzmann-Gesetz benutzte, um diesen »Effekt« zu berechnen, kann besser in einer anderen Veröffentlichung gesehen werden, in der er seine Eiszeithypothese [31] verteidigte, siehe Abbildung 20, S. 52.

Zuerst schätzt Arrhenius ein, dass 18,7 % der Infrarotstrahlung der Erde nicht in den Raum ausgestrahlt würden wegen ihrer Absorption durch Kohlensäure. Dadurch konnte in Betracht gezogen werden, dass das Reduzieren der effektiven Strahlungstemperatur der Erde T_{eff} zu einer reduzierten $T_{reduziert}$ führt⁴⁰⁾. Arrhenius nahm an⁴¹⁾,

$$T_{eff} = 15 \text{ } ^\circ\text{C} = 288\text{K} \quad (64)$$

und – indem er die Gültigkeit des Stefan-Boltzmann-Gesetzes annahm – machte er den Ansatz

$$\frac{\sigma \cdot T_{reduziert}^4}{\sigma \cdot T_{eff}^4} = \frac{(1 - 0,187) \cdot I_0}{I_0} \quad (65)$$

das führt zu

$$T_{reduziert} = T_{eff} \cdot \sqrt[4]{1 - 0,187} \quad (66)$$

39) Reaumur-Skala: Die Reaumur-Skala wurde im Jahr 1730 von R.A. Ferchault de Reaumur eingeführt. Dabei wird der Abstand zwischen dem Siedepunkt des Wassers (80°R) und dem Schmelzpunkt des Eises (0°R) in 80 gleiche Teile unterteilt. Einer Temperaturdifferenz von 1°C (Grad Celsius) entspricht eine Temperaturdifferenz von 4/5°R. Die angegebenen Temperaturen sind also 88°C, 100°C, 125°C, 138°C.

40) Bei einer Atmosphäre ohne CO₂.

41) Mit T_{eff} als mittlere Temperatur der Erde bei dem damaligen CO₂-Gehalt der Atmosphäre.

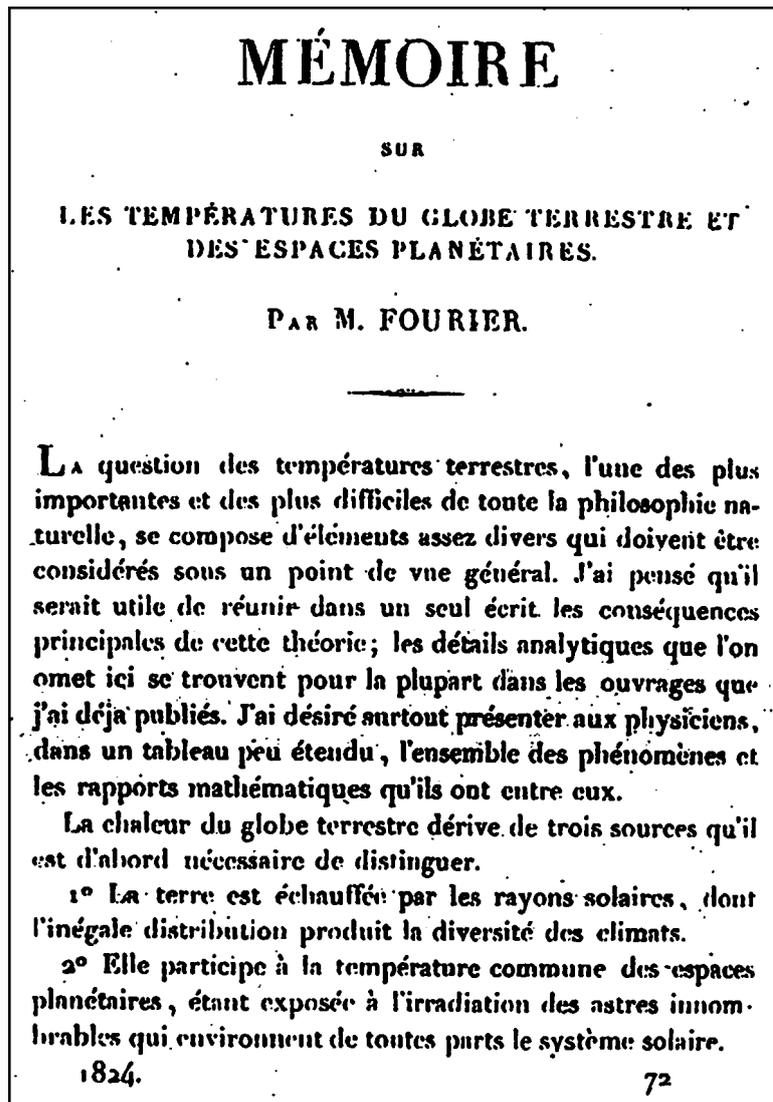


Abbildung 18: Die Titelseite von 1824-Aufsatz von Fourier.

und

$$T_{\text{reduziert}} = \sqrt[4]{0,813} \cdot 288 \text{ K} = 273,47 \text{ K} \quad (67)$$

was eine niedrigere Erdtemperatur als 14,5 °C ergibt.

Weil man wahrscheinlich nicht denken könnte, dass solch ein absurde Aussage möglich ist, sind hier zwei Faksimilies zum Ansehen gezeigt in Abbildung 21, S. 53 und 22, S. 53.

Die englische Übersetzung lautet, ..., kann entfallen, da der deutsche Originaltext lesbar ist, nur die Formeln werden wiederholt:

$$T^4 : (288 \text{ K})^4 = (1 - 0,187) : 1 \quad (68)$$

woraus folgt

$$T = 273,4 \text{ K} = 0,4 \text{ °C} \quad (69)$$

Es ist ein interessanter Punkt, dass es eine **Umkehrung der Beweislast** in Arrhenius Aufsatz gibt, (Der Satz: Die Ansicht, dass ...), wobei die Schrift verstärkt wurde, weil sich

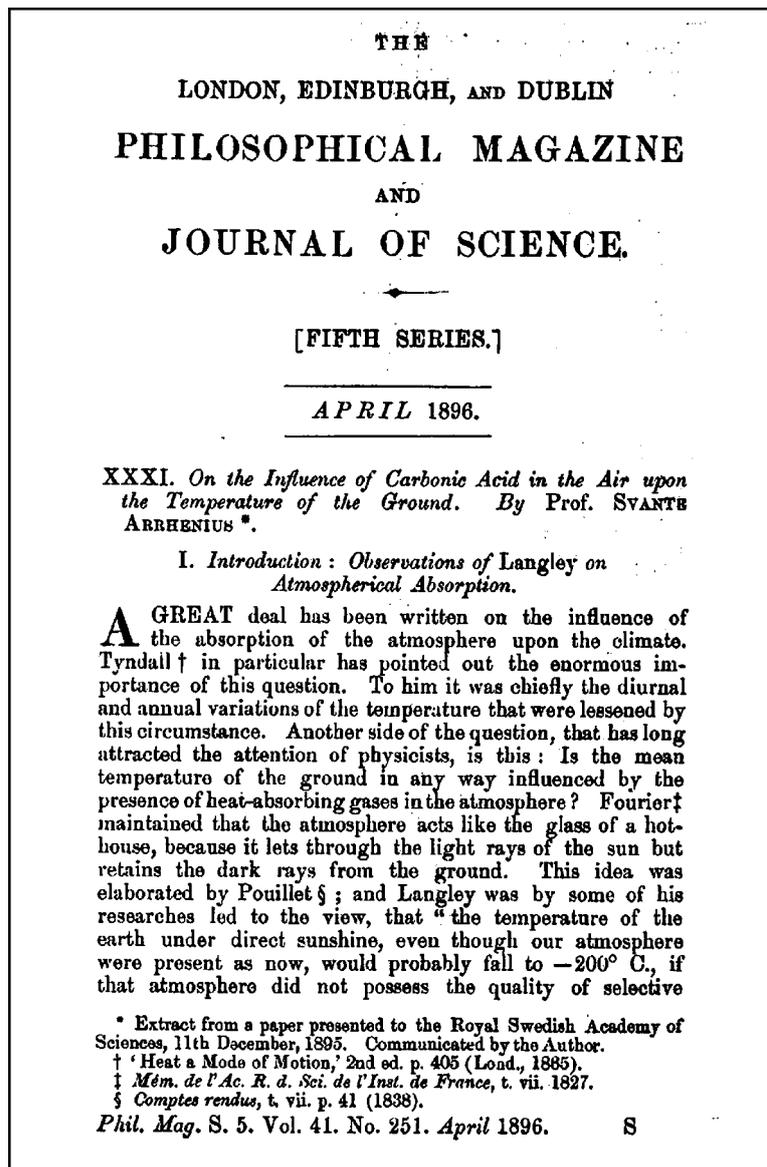


Abbildung 19: Die Titelseite von 1896-Aufsatz von Arrhenius.

diese Umkehrung wie ein roter Faden durch fast alle zeitgenössischen Arbeiten windet, die sich mit dem Einfluß des CO_2 auf das sogenannte globale Klima beschäftigen.

Diese Beweisrichtung ist der Forschung eigen. Bis zur Gewinnung neuer Erkenntnisse gilt das alte Wissen uneingeschränkt – Arrhenius hat das nur explizit genannt. Beispiele: Newtonsche Mechanik → Relativitätstheorie; Newtonsche Korpuskeltheorie des Lichts verworfen, Hyugenssche Wellentheorie → Quantentheorie

3.6.2 Moderne Arbeiten zur Klimatologie

Callendar [62], [61], [60], [59], [58], [57], [56] und Keeling [125], [123], [128], [122], [126], [127], [124], die Begründer der modernen Treibhaus-Hypothese, holten Arrhenius mit dieser »Diskussion von gestern und vorgestern«⁴²⁾ wieder hervor, setzen die Fehler der Vergangenheit fort und fügten viele neue hinzu.

42) Ein Ausdruck der von Storch in Referenz [164] verwendet wird.

MEDDELANDEN

FRÅN

K. VETENSKAPSAKADEMIENS NOBELINSTITUT

BAND 1. N:o 2.

Die vermutliche Ursache der Klimaschwankungen

von

SVANTE ARRHENIUS.

In seiner Bakerian Lecture vom 7. Febr. 1861¹ gab Tyndall die Resultate einiger Untersuchungen über die relativ kräftige Absorption von Wärmestrahlen durch Wasserdampf und Kohlensäure. Auf Grund dieser Untersuchungen sprach er die Ansicht aus, dass Veränderungen im Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure und Wasserdampf »alle die Klimaschwankungen, welche durch die Untersuchungen der Geologen konstatiert sind, erklären könnten.«

Später habe ich versucht diese Idée über den thermischen Einfluss der atmosphärischen Absorption, welche von De Saussure, Fourier und Pouillet vor etwa hundert Jahren entwickelt wurde, weiter quantitativ zu entwickeln, indem ich zu berechnen versuchte, wie viele Grade Temperatursteigerung der Erdoberfläche einer bestimmten Schwankung des Kohlensäuregehalts der Atmosphäre entsprechen. Seitdem ich meine letzte Berechnung ausführte, sind einige Untersuchungen erschienen, welche diese interessante Frage berühren und welche ich nicht unerwähnt lassen möchte, da sie teilweise zu unrichtigen Schlussfolgerungen veranlassen könnten.

Die erste dieser Untersuchungen stammt von Hrn Koch.² Er beobachtete die Strahlung von einer 100° warmen Quelle,

¹ Neugedruckt in John Tyndall: Contributions to molecular physics London 1872. Die citierte Stelle findet sich auf S. 40.

² S. Arrhenius: Phil. Mag. (5) 41. 237, April 1896. Bihang der Stockh. Ak. d. Wiss. Bd. 22, Abth. 1 N:o 1, 1896, Drudes Annalen d. Phys. Bd. 4, 690, 1901, Öfversigt d. Stockh. Ak. 1901, N:o 1. p. 55 und 56.

³ J. Koch: Öfversigt der Stockh. Ak. 1901. 475.

Abbildung 20: Exzerpt (a) der 1906-Arbeit von Arrhenius.

In den 70er Jahren und 80er Jahren fielen zwei Entwicklungen zusammen, ein sich beschleunigender Fortschritt in der Computertechnologie und ein Beginn von zwei gegensätzlichen Vorlieben der Politik, die eine unterstützte die Entwicklung der zivilen Kernkraft, die andere unterstützte die politischen Bewegungen der Grünen. Plötzlich wurde das CO₂-Thema das Thema und führte zu Computersimulationen des Klimas. Die Forschungsergebnisse sind vage:

- In den 70er Jahren sagten die Computersimulationen des globalen Klimas voraus, dass bei einer Verdoppelung der CO₂-Konzentration die globale Temperatur ungefähr 0.7 - 9.6 K ansteigt [181].
- Später tendierten die Computersimulationen zu einem Nulleffekt⁴³⁾,
 - Im IPCC-Bericht von 1992, sagen die Computersimulationen des »globalen Kli-

43) G.G. schuldet diese wertvolle Information dem verstorbenen Wissenschaftsjournalisten Holger Heuserler [105].

Diese Äusserung kann wohl die Vorstellung erwecken, als ob von mir geäussert worden wäre, dass eine Verminderung des Kohlensäuregehalts der Atmosphäre um 20 Prozent genügend wäre, um die Temperatur der Eiszeit hervorzurufen, d. h. um die mittlere Temperatur Europas, um vier bis fünf Grad C. zu erniedrigen. Um zu verhindern dass eine solche Vorstellung um sich greife, möchte ich hervorheben, dass nach der alten Berechnung eine Abnahme der Kohlensäuremenge um 50 Prozent eine Temperaturabnahme von 4 (1897) bzw. 3,2 (1901) Grad hervorrufen würde.

Die Ansicht, dass eine Kohlensäureabnahme der Luft die Temperatur einer Eiszeit erklären kann, wird nicht eher als unhaltbar erwiesen, als bis man zeigt, dass das vollkommene Verschwinden der Kohlensäure aus der Atmosphäre nicht genügend wäre, um eine Temperaturabnahme von vier bis fünf Grad hervorzurufen. Es ist nun leicht eine Schätzung auszuführen wie tief die Temperatur sinken würde, wenn die Strahlung der Erde im Verhältniss 1 zu 0,775, d. h. um 29 Prozent, steigen würde, was einigermaßen den Daten von Hrn. Rubens und Ladenburg entspricht. Ein Steigen der Ausstrahlung um 1 Proz. entspricht einer Temperatursenkung von $0,72^{\circ}\text{C.}$ ($=\frac{1}{100} \cdot 288$, da die mittlere absolute Temperatur der Erdoberfläche zu $15^{\circ}\text{C.} = 288^{\circ}\text{abs.}$ angenommen wird). Man könnte demnach eine Temperatursenkung von etwa $20,9^{\circ}$ als Folge des Verschwindens der Kohlensäure aus der Atmosphäre vermuten.

Abbildung 21: Exzerpt (b) der 1906-Arbeit von Arrhenius.

Eine genauere Rechnung, wobei die geringe Strahlung der Kohlensäure berücksichtigt wird, und wovon ich die Details in meiner Untersuchung von 1901 gegeben habe,¹ führt zu etwas niedrigeren Zahlen. Nach derselben würde von den 22,5 Prozent der Erdstrahlung, welche durch die Kohlensäure der Atmosphäre in ihrem jetzigen Zustand absorbiert werden, 3,8 Prozent wieder von der Kohlensäure in den Weltraum ausgestrahlt werden, so dass die wirkliche Verminderung der Erdstrahlung 18,7 Prozent betragen würde. Anstatt der jetzigen Temperatur von $15^{\circ}\text{C.} = 288^{\circ}\text{abs.}$ hätte man also nach Verschwinden der Kohlensäure eine absolute Temperatur T, für welche gilt:

$$T^4 : 288^4 = (1 - 0,187) : 1$$

woraus $T = 273,4$ abs. $= 0,4^{\circ}\text{C.}$

Die jetzige Kohlensäuremenge würde demnach die Temperatur der Erdoberfläche um $14,6^{\circ}\text{C.}$ erhöhen; ihr Verschwinden aus der Atmosphäre würde infolgedessen eine etwa drei mal so starke Temperaturniedrigung als diejenige, welche für die Eiszeit charakteristisch war, hervorrufen.

In ähnlicher Weise berechne ich, dass eine Verminderung des Kohlensäuregehalts zur Hälfte oder eine Zunahme desselben auf den doppelten Betrag Temperaturänderungen von $-1,5^{\circ}\text{C.}$ bzw. $+1,6^{\circ}\text{C.}$ entsprechen würde.

Abbildung 22: Exzerpt (c) des 1906-Arbeit von Arrhenius.

mas« einen globalen Temperaturanstieg von ungefähr 0.27 - 0.82 K pro Jahrzehnt voraus [110].

- Im IPCC-Bericht von 1995, sagen die Computersimulationen des »globalen Klimas« einen globalen Temperaturanstieg von ungefähr 0.08 - 0.33 K pro Jahrzehnt voraus [108].
- Vor zwei Jahren (2005), sagen die Computersimulationen des »globalen Klimas« bei einer Verdoppelung der CO₂-Konzentration einen globalen Temperaturanstieg von ungefähr 2 - 12 K voraus, wobei sechs so genannte Szenarien, die ein globales Abkühlen [191] prognostizieren, weggelassen wurden.

Der Stand der Technik in der Klimamodellierung im Jahr 1995, wird in Referenz [205] im Detail beschrieben. Heute ist jeder Homeserver größer, als ein Großrechner in dieser Zeit und jeder Amateur kann die alten Programme testen und modifizieren [147]. Natürlich bestehen dort keine realistisch lösbaren Gleichungen für die Wetterparameter. Inzwischen sind Computer-Modelle entwickelt worden, die auf fast jedem PC [191], [147] oder sogar im Internet [30] laufen.

Eine Klimakatastrophe von diesen Computerspielen abzuleiten und die Menschheit zu Tode zu erschrecken ist ein Verbrechen.

3.7 Die Annahme der Strahlungsbilanz

3.7.1 Einführung

Der Vergleich der physikalische Mechanismen zwischen Glashäusern und dem CO₂-Treibhauseffekt zeigt zwei verschiedene physikalische Situationen⁴⁴⁾. Leider, wechselt die genaue Definition des atmosphärischen Treibhauseffekts von Zielgruppe zu Zielgruppe, d.h. gibt es viele Variationen des Themas. Dennoch ist ein allgemeiner verlogener Aspekt in der Methode, dass eine fiktive Berechnung einen Himmelskörper modelliert *ohne* eine Atmosphäre im Vergleich zu einer anderen fiktiven Berechnung für Modell einen Himmelskörper *mit* einer Atmosphäre⁴⁵⁾. Zum Beispiel wird eine »mittlere« Temperatur für eine Erde ohne eine Atmosphäre und für eine Erde mit einer Atmosphäre berechnet⁴⁶⁾. Amüsant ist, dass es zutreffend scheint, dass es keine Berechnungen für eine Erde ohne Ozean und entgegengesetzte Berechnungen für eine Erde mit Ozeanen gibt. Jedoch sind in vielen Studien Modelle für ozeanische Strömungen enthalten und werden in die Rahmenbedingungen der Strahlungs»transports«berechnungen einbezogen. Nicht alle dieser Verfeinerungen können hier im Detail besprochen werden. Der Leser wird auf Referenz [147] und weitere Referenzen darin verwiesen. Obwohl dort eine riesige Familie von Verallgemeinerungen besteht, ist ein allgemeiner Aspekt die Annahme eines Strahlungsgleichgewichts, die eine Hauptrolle spielt in den Veröffentlichungen des IPCC und folglich auch in der öffentlichen Propaganda. Im Folgenden wird bewiesen, dass diese Annahme physikalisch falsch ist.

3.7.2 Eine Anmerkung zu »Bilanz«-Diagrammen

Vorbemerkung: Eine Bilanzgröße unterscheidet sich grundsätzlich von einer Erhaltungsgröße, in vorliegender Paper ist dieser Unterschied selten gemacht worden. Eine Erhaltungs-

44) Jeder Vergleich, der global kommt ist falsch, zu einem Vergleich gehört immer dazu, was tatsächlich verglichen wird – und da ist schon Einiges vergleichbar – siehe Abschnitt 3.1.1, S. 32.

45) Das trifft nicht ganz zu: Es wird ein Himmelskörper mit einer Atmosphäre ohne Treibhausgas mit einem Himmelskörper mit einer Atmosphäre mit Treibhausgasen verglichen

46) Das trifft nicht ganz zu: Die mittlere Temperatur der Erde kann benutzt werden, weil implizit voraus gesetzt wird, daß die Erde ohne Treibhausgas eine Atmosphäre hat, die durch konvektiven Wärmetransport (Stürme) die Temperaturen in hohem Maße mittelt.

größe ist zu jeder Zeit exakt die Gleiche, sonst wäre es keine Erhaltungsgröße. Eine Bilanzgröße braucht sogar nie exakt erfüllt zu sein (und wird am Anfang sogar selten erfüllt sein). Nach genügend langer Zeit sollte allerdings der Mittelwert der Bilanzabweichungen gegen Null tendieren. Beispiel hierfür ist in diesen Paper die Bemerkung nach der Gleichung (43), S. 28

Aus der Definition, die im Abschnitt 2.1.2, S. 15 gegeben wurde, ist sofort offensichtlich, dass eine Strahlenintensität I_ν keine gegenwärtige Dichte ist, die durch ein Vektorfeld $j(x, t)$ beschrieben werden kann. Das bedeutet das Erhaltungssätze für Intensitäten nicht niedergeschrieben werden können⁴⁷⁾. Leider wird in den meisten Klimaartikeln dieser **grundsätzliche Fehler der globalen Klimatologie** gemacht, so dass das tatsächliche Weltproblem übersehen wird und die übertriebene Vereinfachung quasi zu einem eindimensionalen Problem führt. Mit den populären Diagrammen der »Strahlungsbilanz« des Klimas beschreiben die Wissenschaftler folglich eine quasiaendimensionale Situation (vgl. Abbildung 23, S. 55) und begehen folglich ein Amtsvergehen, da sie die mathematischen und physikalischen Grundlagen nicht richtig darstellen.

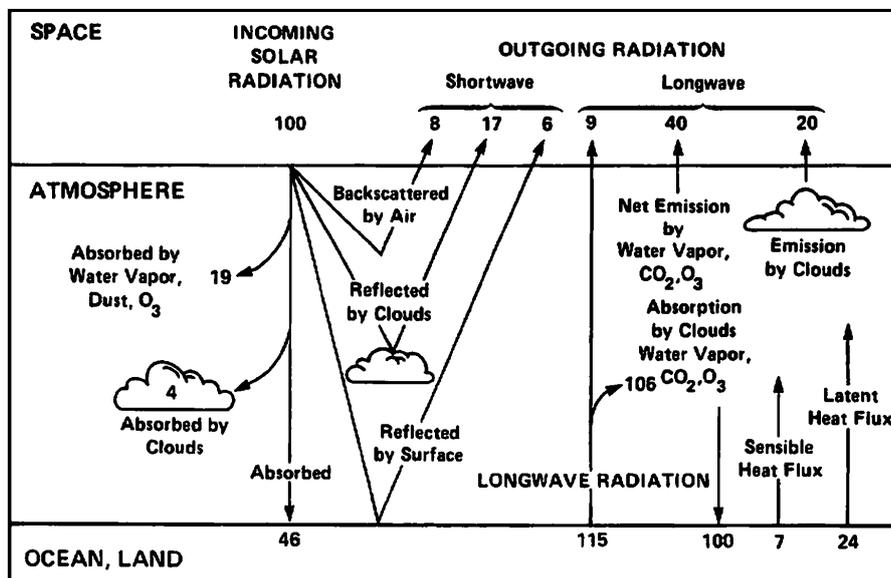


Abbildung 23: Ein schematisches Diagramm, das beansprucht, die globalen durchschnittlichen Bestandteile des Energiegleichgewichts der Erde zu beschreiben. Diagramme dieser Art **widersprechen nicht der Physik und brauchen zu keiner Zeit exakt erfüllt zu sein, sondern sind nur im Zeitmittel weitgehend gültig.**

Diagramme von der Art der Abbildung 23, S. 55 sind die Ecksteine der »Klimabeweise« des angenommenen Treibhauseffekts in der Atmosphäre [70]. Sie sind hoch suggestiv, weil sie eine Ähnlichkeit mit den Kirchhoff-Regeln der Elektrotechnik, insbesondere der Knotenregel zum Beschreiben der Erhaltung der Ladung besitzen [165]. Leider wird in der Literatur der globalen Klimatologie nicht erklärt, was die Pfeile in den »Strahlungsbilanz«-Diagrammen physikalisch bedeuten. Es ist leicht zu verifizieren, dass sie innerhalb des Rahmens der Physik nichts bedeuten können.

Klima-Strahlungsbilanz-Diagramme sind Unsinn, weil sie

47) Das wird auch nicht gemacht. Strahlungsbilanzen sind keine Erhaltungsgrößen, sondern das Ergebnis, nachdem über viele Änderungsvorgänge eine gewisse Stationarität erreicht haben. Das ist der Unterschied zu Erhaltungssätzen (z. B. Energieerhaltungssatz) beim dem die Erhaltung zu jeder Zeit zutrifft.

1. die Strahlenintensitäten, die natürlichste Interpretation der Pfeile, die in der Abbildung 23, S. 55 gezeichnet sind, nicht vertreten können, wie bereits in den Abschnitten 2.1.2, S. 15 und 2.1.5, S. 19 erklärt wurde;
2. keine quellenfreie Flüsse, d.h. ein divergenzfreies Vektorfelds in drei Dimensionen darstellen, da eine verschwindende dreidimensionale Divergenz noch erlaubt, dass ein Teil des Feldes seitwärts geht;
3. auch nicht angepaßt sind im Rahmen von Feynman-Diagrammen, die mathematische Ausdrücke darstellen, die in der Quantenfeldtheorie klar definiert sind [117].
4. auch nicht der Standardsprache der Systemtheorie oder Projektplanung angepaßt sind [22].

Knotenregeln vom Kirchhoff-Typ treffen nur in Fällen zu, wo es eine Erhaltungsgröße gibt (siehe [Vorbemerkung am Anfang dieses Abschnitts, S. 54](#)) und der zu Grunde liegende Raum durch einen topologischen Raum beschrieben werden kann, wo eine eindimensionale Mannigfaltigkeit fast überall ist, eine Eigenschaft, die für Netzknoten, d.h. für herkömmliche elektrische Schaltsystem [165], für mesoscopischen Netzen [36], und für elektromagnetische Wellen in Wellenleiternetzwerken zutreffen⁴⁸⁾ [151], [145]. Jedoch, obwohl die Kirchhoffsche Maschen-Analyse erfolgreich in Mikrowellennetzen angewandt werden kann, sind Details hoch beteiligt und brechen zusammen, wenn Dissipation berücksichtigt wird [151], [145].

Es ist klar, dass weder das Mikroklima eines Glashauses noch die Atmosphäre der Erde mit einem Wellenleiter-Netz vergleichbar sind, die z. B. zur Speisung von Teilchenbeschleunigern benutzt werden. Deshalb sind klimatologische Strahlungsgleichgewicht-Diagramme unpassend und sogar irreführend, wenn sie den Durchschnitt von Größen beschreiben sollen.

3.7.3 Der Fall des reinen Strahlungsgleichgewichts

Wenn nur thermische Strahlung für die Wärmeübertragung zu strahlenausgesetzten Körpern möglich ist, ist das Stefan-Boltzmann-Gesetz zu verwenden

$$S(T) = \sigma T^4 \quad (70)$$

um die durch dieses Gleichgewicht bestimmte Bodentemperatur zu berechnen. Die Emission S hat Dimensionen einer Leistungsdichte und σ ist die Stefan-Boltzmann-Konstante, die bestimmt ist durch

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} = 5,670400 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} \approx 5,67 \left(\frac{T}{100} \right)^4 \frac{W}{m^2 K^4} \cdot \frac{1}{T^4} \quad (71)$$

Zum Beispiel ist die Energie-Fluß-Dichte eines schwarzen Körpers bei Raumtemperatur (300 K) ungefähr

$$S(T = 300K) = 459 W/m^2 \quad (72)$$

Ein Wort der Warnung ist hier nötig: Wie bereits im Abschnitt 2.1.5, S. 19 betont ist die Konstante eine Erscheinung des T^4 -Gesetzes und keine allgemeine Konstante der Physik. Außerdem, ein grauer Strahler muss mit einem temperaturabhängigen $\sigma(T)$ beschrieben werden, das verdirbt das T^4 -Gesetz⁴⁹⁾.

48) Der zweite und dritte Typ sind schön durch die Ähnlichkeit des v. Klitzing Widerstandes verbunden $R_{vK} \approx 25,813 \text{ k}\Omega$ mit dem charakteristischen Scheinwiderstand $Z_0 \approx 376,73 \text{ }\Omega$ – und zwar über den Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante $\alpha = Z_0/2R_{vK} \approx 1/137,036$ [170].

49) Wie in Abschnitt 3.5.3, S. 45 geschrieben wurde, wird in der Physik σ eine universelle Konstante behandelt. Um den realen Körper zu berücksichtigen wird Gleichung (70) mit einem temperaturabhängigem Emissionsfaktor $\varepsilon(T)$ ergänzt, der immer zwischen 0 (ideal weißer Körper) und 1 (ideal schwarzer Körper) liegt:

Streng genommen ist Gleichung (70) für reale Gegenstände ungültig. Deshalb müssen alle simplen Näherungen, die sich auf T^4 Ausdrücke verlassen, mit großer Aufmerksamkeit betrachtet werden. Tatsächlich, obwohl populär, beweisen sie in der globalen Klimatologie nichts!

In der Bilanz-Gleichung

$$\sigma \cdot T_{\text{Erdboden}}^4 = \sigma \cdot T_{\text{Sonne}}^4 \cdot \frac{R_{\text{Sonne}}^2}{R_{\text{Erdbahn}}^2} \quad (73)$$

kann man einen allgemeinen phänomenologischen Normalisierungsfaktor ϵ auf der rechten Seite einfügen, das schafft Platz für eine Feinabstimmung und schließt geometrische Faktoren ein⁵⁰⁾ So kann man schreiben

$$\sigma \cdot T_{\text{Erdboden}}^4 = \epsilon \cdot \sigma \cdot 5780^4 \cdot \frac{1}{46225} = \epsilon \cdot 1368 \text{ W/m}^2 = \epsilon \cdot S \quad (74)$$

was führt auf

$$T_{\text{Erdboden}} = \sqrt[4]{\epsilon} \cdot \frac{5780}{\sqrt{215}} \text{ K} = \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394,2 \text{ K} \quad (75)$$

S ist die Solarkonstante. Mithilfe von der Gleichung (75) berechnet man die Werte, die in Tabelle 10, S. 57 gezeigt sind.

ϵ	$T_{\text{Erdboden}} \text{ [K]}$	$T_{\text{Erdboden}} \text{ [}^\circ\text{C]}$
1,00	394,2	121,2
0,70	360,6	87,6
0,62	349,8	76,8

Tabelle 10: Effektive Temperatur T_{Erdboden} der Erdoberfläche in Abhängigkeit des phänomenologischen Parameters ϵ

Nur die Temperatur, die innerhalb des Autos in der Sonne gemessen wird, hat eine Ähnlichkeit mit den drei in Tabelle 10, S. 57 berechneten Temperaturen. Deshalb bestimmt das Strahlungsgleichgewicht nicht Temperatur außerhalb des Autos! Im Gegensatz dazu zeigt Tabelle 11, S. 58 die »mittlere effektive« Temperaturen der Erdoberfläche, die gemäß dem klimatologischen Konsens als »Erklärung« für den atmosphärischen Treibhauseffekt verwendet werden. Der Faktor ein Viertel wird für die »Verteilung« der ankommenden Solarstrahlung eingeführt, die einen Erdquerschnitt σ_{Erde} über der globalen Oberfläche Ω_{Erde} sieht

$$\frac{\sigma_{\text{Erde}}}{\Omega_{\text{Erde}}} = \frac{\pi \cdot R_{\text{Erde}}^2}{4\pi \cdot R_{\text{Erde}}^2} = \frac{1}{4} \quad (76)$$

Der fiktive natürliche Treibhauseffekt ist die Differenz zwischen der »mittleren effektiven« Temperatur von $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ und der auf der Erde »beobachteten« durchschnittlichen Temperatur von $+15 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$S(T) = \varepsilon(T) \cdot \sigma T^4$$

Das $\varepsilon(T)$ ist das über alle Wellenlängen gemittelte A_λ (Gleichung (48), S. 45) bzw. das über alle Frequenzen gemittelte A_ν (Gleichung (47), S. 45). Wichtungsfaktor für die Mittelung sind die $B(T)$ (siehe [38, Abb. 4], [9] und [183, Abb. 3.10, S. 61]). Als Mittelwert unterliegt $\varepsilon(T)$ den gleichen Grenzen wie die A .

50) Der Faktor ϵ bezieht sich auf das Rückstrahlvermögen (Albedo) A der Erde: $A = 1 - \epsilon$. In früherer Literatur ist häufig $A = 0,5$ für die Erde, in gegenwärtigen Veröffentlichungen $A = 0,3$. Der letzte Wert wird hier verwendet.

ϵ	$T_{\text{Erdboden}} \text{ [K]}$	$T_{\text{Erdboden}} \text{ [}^\circ\text{C]}$
$0,25 \cdot 1,00$	278,7	5,7
$0,25 \cdot 0,70$	255,0	-18,0
$0,25 \cdot 0,62$	247,4	-25,6

Tabelle 11: Effektive »mittlere« Temperatur T_{Erdboden} der Erdoberfläche in der Abhängigkeit des phänomenologischen Parameter ϵ einschließlich des Geometriefaktors von 0,25

Zusammengefasst geht in die Gleichungen der Faktor 0.7 ein, wenn man annimmt, dass gegen die Gesetze der Physik ein grauer absorbierender Körper ein Schwarzerkörperstrahler ist⁵¹⁾. Andere Wahlen sind möglich, das Ergebnis ist willkürlich. Zweifellos hat solch ein durchschnittlicher Wert überhaupt keine physikalische Bedeutung. Das wird im folgenden Paragraph aufgehellt.

3.7.4 Die durchschnittliche Temperatur eines bestrahlten Erdballs

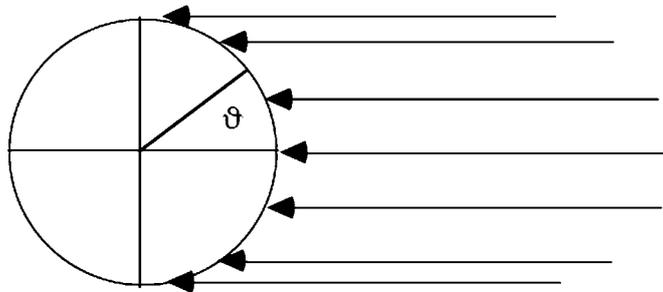


Abbildung 24: Ein bestrahlter statischer Erdball

Für einen bestrahlten statischen Erdball⁵²⁾ (vgl. Abbildung 24, S. 58) muss die entsprechende Bilanz-Gleichung einen geometrischen Faktor enthalten und lautet deshalb

$$\sigma \cdot T^4 = \begin{cases} \epsilon \cdot S \cdot \cos \vartheta = \epsilon \cdot \sigma \cdot 5780^4 / 215^2 \cdot \cos \vartheta & \text{wenn } 0 \leq \vartheta \leq \pi/2 \\ 0 & \text{wenn } \pi/2 \leq \vartheta \leq \pi \end{cases} \quad (77)$$

Es ist offensichtlich, dass man die tatsächlichen Temperaturen erhält, wenn die rechte Seite durch σ geteilt wird.

Damit wird – wie früher erwähnt – die »mittlere« effektive Temperatur über der globalen Oberfläche bestimmt.

51) Es liegt kein Verstoß gegen die Physik vor: Die wellenlängenabhängigen Emissionsfaktoren werden zu einem mittleren Emissionsfaktor mit der Wellenlängenverteilung der Strahlung gewichtet. Die Solarstrahlung und die Abstrahlung von der Erdoberfläche haben entsprechend den unterschiedlichen Temperaturen eine unterschiedliche Wellenlängenverteilung. Entsprechend Fußnote ⁴⁹⁾ (S. 56) gelten damit für beide Strahlungen unterschiedliche $\epsilon(T)$. Bestimmt die Sonnentemperatur die Wichtung ist $\epsilon(5780 \text{ K}) \approx 0,7$, bestimmt die Erdbodentemperatur die Wichtung ist $\epsilon(300 \text{ K}) > 0,9$ – das ist fast ein Schwarzkörper. Die Bedeutung der Wichtung bei unterschiedlichen Temperaturen ist sehr gut bei TiNOX zu sehen [7] zu sehen: $\epsilon(\text{Solar}) = 0,947$, $\epsilon(100 \text{ }^\circ\text{C}) = 0,030$

52) Der Erdball darf keine Atmosphäre haben, der Wärmeleitkoeffizient muß 0 sein – denn nur unter diesen nicht genannten Bedingungen gelten die nachfolgenden Herleitungen. Nur unter diesen Bedingungen gilt eine lokale Erhaltung der Leistung, die diesen Herleitungen zu Grunde liegt. Das bedeutet z. B. , dass auf der sonnenabgewandten Seite die Temperatur immer 0 ist. Derartige Verhältnisse treffen näherungsweise auf den Mond zu, aber nicht für die Erde.

$$T_{eff}^4 = \frac{1}{4\pi} \iint_{\text{Oberfläche}} T^4 d\Omega = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi T^4 \sin \vartheta d\vartheta d\varphi \quad (78)$$

Wird definiert

$$\begin{aligned} \mu &:= \cos \vartheta \\ d\mu &:= -\sin \vartheta d\vartheta \end{aligned} \quad (79)$$

bekommt man (auch mit Gleichung (77))

$$\begin{aligned} T_{eff}^4 &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 T^4 d\mu d\varphi = \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 T^4 d\mu d\varphi \\ &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \epsilon \cdot \frac{S}{\sigma} \cdot \mu d\mu d\varphi \\ &= \frac{1}{2} \cdot \epsilon \cdot \frac{S}{\sigma} \cdot \int_0^1 \mu d\mu d\varphi = \frac{1}{4} \cdot \epsilon \cdot \frac{S}{\sigma} \\ &= \frac{1}{4} \cdot \epsilon \cdot (394,2)^4 K^4 \end{aligned} \quad (80)$$

Das ist die korrekte Herleitung des Faktor-Viertels, das in in der Gleichung (76) erscheint. Schließlich wird die vierte Wurzel aus dem resultierenden Ausdruck gezogen

$$\begin{aligned} T_{eff}^4 &= \sqrt[4]{\frac{\epsilon}{4} \cdot \frac{S}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{\epsilon}{4}} \cdot 394,2 K \\ &= (1/\sqrt{2}) \cdot \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394,2 K \\ &= 0,707 \cdot \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394,2 K \end{aligned} \quad (81)$$

Solch eine Berechnung, obwohl Standard in der globalen Klimatologie, ist einfach falsch. Nämlich, wenn man die durchschnittliche Temperatur ([einer ruhenden atmosphärenlosen Kugel](#)) berechnen will, muss man erst die vierte Wurzel ziehen und dann den Durchschnitt bestimmen, also:

$$\begin{aligned} T_{phys} &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_{-1}^1 T d\mu d\varphi \\ &= \frac{1}{4\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 \sqrt[4]{\epsilon \cdot \frac{S}{\sigma}} \cdot \mu d\mu d\varphi = \frac{1}{2} \cdot \sqrt[4]{\epsilon \cdot \frac{S}{\sigma}} \cdot \int_0^1 \mu d\mu d\varphi \\ &= \frac{1}{2} \cdot \sqrt[4]{\epsilon \cdot \frac{S}{\sigma}} \cdot \frac{4}{5} \\ &= \frac{2}{5} \cdot \sqrt[4]{\epsilon \cdot \frac{S}{\sigma}} \end{aligned} \quad (82)$$

führt letztlich zu

$$\begin{aligned} T_{phys} &= \frac{2}{5} \cdot \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394,2 K \\ &= 0,4 \cdot \sqrt[4]{\epsilon} \cdot 394,2 K \end{aligned} \quad (83)$$

Jetzt sind im Durchschnitt die mittleren Temperaturen T_{phys} beträchtlich niedriger als die Temperatur T_{eff} als vierte Wurzel des Durchschnitts der mittleren vierten Potenz (vgl. Tabelle 12, S. 60).

ϵ	T_{eff} [°C]	T_{phys} [°C]
1,00	5,7	-115
0,70	-18,0	-129
0,62	-25,6	-133

Tabelle 12: Vergleich von zwei Arten der »mittleren« Temperaturen T_{eff} und T_{phys} in der Abhängigkeit des Emissionsvermögens, dem Parameter ϵ .

Das ist kein Zufall, sondern eine Konsequenz der Hölderschen Ungleichung [116], [102], [45], [132]

$$\int_X fg d\mu \leq \left\{ \int_X f^p d\mu \right\}^{1/p} \cdot \left\{ \int_X g^q d\mu \right\}^{1/q} \quad (84)$$

für zwei nichtnegative messbare Funktionen f , g und natürliche Zahlen p , q für die gilt

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = 1 \quad (85)$$

Im hier besprochenen Fall hat man

$$p = 4, \quad q = 4/3, \quad g(x) \equiv 1 \quad (86)$$

und

$$f = T \quad (87)$$

Zusammenhang der Mittelwerte

Der arithmetische Mittelwert aller Temperaturen ist so definiert:

$$\bar{T} = \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} T d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega}$$

Die Temperatur an jedem Ort kann mit diesem Mittelwert (\bar{T}) und der Abweichung davon (ΔT) ausgedrückt werden:

$$T = \bar{T} + \Delta T$$

Damit wird der Mittelwert der vierten Potenz bestimmt:

$$\begin{aligned} \bar{T}^4 &= \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} T^4 d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} = \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} (\bar{T} + \Delta T)^4 d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} \\ &= \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \left(\bar{T}^4 + 4\bar{T}^3 \Delta T + 6\bar{T}^2 \Delta T^2 + 4\bar{T} \Delta T^3 + \Delta T^4 \right) d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\overline{T^4} &= \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \overline{T^4} d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} + 4 \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \overline{T^3} \Delta T d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} + 6 \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \overline{T^2} \Delta T^2 d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} + \\
&\quad + 4 \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \overline{T} \Delta T^3 d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} + \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \Delta T^4 d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} \\
&= \overline{T^4} \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} + 4 \overline{T^3} \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \Delta T d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} + 6 \overline{T^2} \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \Delta T^2 d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} + \\
&\quad + 4 \overline{T} \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \Delta T^3 d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega} + \frac{\iint_{\text{Oberfläche}} \Delta T^4 d\Omega}{\iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega}
\end{aligned}$$

Die Integrale sind wieder Mittelwerte:

$$\overline{T^4} = \overline{T^4} + 4 \overline{T^3} \overline{\Delta T} + 6 \overline{T^2} \overline{\Delta T^2} + 4 \overline{T} \overline{\Delta T^3} + \overline{\Delta T^4}$$

Nach der Definition des Mittelwertes gilt immer $\overline{\Delta T} = 0$ und meistens gilt auch $\overline{\Delta T^3} \approx 0$.
Damit wird:

$$\begin{aligned}
\overline{T^4} &= \overline{T^4} + 6 \overline{T^2} \overline{\Delta T^2} + 4 \overline{T} \overline{\Delta T^3} + \overline{\Delta T^4} \approx \overline{T^4} + 6 \overline{T^2} \overline{\Delta T^2} + \overline{\Delta T^4} \\
\frac{\overline{T^4}}{\overline{T^4}} &= 1 + 6 \frac{\overline{\Delta T^2}}{\overline{T^2}} + 4 \frac{\overline{\Delta T^3}}{\overline{T^3}} + \frac{\overline{\Delta T^4}}{\overline{T^4}} \approx 1 + 6 \frac{\overline{\Delta T^2}}{\overline{T^2}} + \frac{\overline{\Delta T^4}}{\overline{T^4}}
\end{aligned}$$

Bei den typischen Verhältnissen der Erdoberfläche (die Erde hat ja eine Atmosphäre, so daß Gleichung (82) nicht angewandt werden kann), gilt ($210 \text{ K} \leq T \leq 310 \text{ K}$ oder $-63^\circ\text{C} \leq T \leq 37^\circ\text{C}$):

$$\overline{T} > 260 \text{ K} \quad \text{und} \quad |\Delta T|_{max} < 50 \text{ K}$$

Damit wird (selbst wenn immer nur Extremwerte wären):

$$\frac{\overline{T^4}}{\overline{T^4}} < 1.15$$

Wegen der Wurzeln ist der Temperaturunterschied noch kleiner:

$$\sqrt[4]{\frac{\overline{T^4}}{\overline{T^4}}} < \sqrt[4]{1.15} < 1.04$$

Die Herleitungen der Gleichungen (81) und (83) gelten für einen Erdball ohne Atmosphäre. Bei einem Erdball mit Atmosphäre erzeugen Temperaturunterschiede Luftströmungen, die die Temperaturunterschiede verkleinern (die an warmen Stellen erwärmte Luft transportiert konvektiv Wärme an kühlere Stellen). Im Extremfall sind die Temperaturen T_{atmo} auf der ganzen Oberfläche gleich. Damit wird ist die Ausstrahlung an allen Stellen der Erde gleich, die Einstrahlung hängt natürlich vom Winkel zur Sonne ab. Da die Atmosphäre die Energie über die ganze Oberfläche verteilt, müssen die Gesamtenergien gleich gesetzt werden (Bilanz). Außerdem werden die verschieden gewichteten Mittelwerte des Emissionsfaktors benutzt (siehe Fußnote ⁴⁹), S. 56 – Solarstrahlung: ε_S und Erdabstrahlung: ε_E):

$$\begin{aligned}
\varepsilon_E \iint_{\text{Oberfläche}} T_{atmo}^4 d\Omega &= \varepsilon_S \iint_{\text{Oberfläche}} S^*(Ort) d\Omega \\
T_{atmo}^4 \varepsilon_E \iint_{\text{Oberfläche}} d\Omega &= \varepsilon_S \iint_{\text{Oberfläche}} S^*(Ort) d\Omega \\
T_{atmo}^4 \varepsilon_E 4\pi &= \varepsilon_S \iint_{\text{Oberfläche}} S^*(Ort) d\Omega = \varepsilon_S \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \frac{S}{\sigma} \cdot \cos \vartheta d\vartheta d\varphi \\
2 \varepsilon_E T_{atmo}^4 &= \varepsilon_S \frac{S}{\sigma} \cdot \int_0^{\pi/2} \cos \vartheta d\vartheta
\end{aligned}$$

Das letzte Integral wird analog den Gleichungen (79) und (80) gelöst:

$$T_{atmo}^4 = \frac{1}{4} \cdot \frac{\varepsilon_S}{\varepsilon_E} \cdot \frac{S}{\sigma}$$

Wegen dem großen ε_E gilt etwa:

$$\frac{\varepsilon_S}{\varepsilon_E} \approx \epsilon$$

Damit wird mit den vorstehenden Gleichungen und Gleichung (80):

$$T_{atmo} \approx T_{eff}$$

Die Lösung hätte man einfacher haben können: Der Erdquerschnitt »stanzt« aus der Solarstrahlung den Erdschatten heraus. Die Energie, die im Erdschatten fehlt, ist von der Erde teilweise reflektiert worden und hat damit nichts zum Wärmehaushalt der Erde beigetragen. Der Rest ist absorbiert worden und muß im Wärmehaushalt der Erde richtig berücksichtigt werden.

3.7.5 Das **angebliche** Nichtvorhandensein des natürlichen Treibhauseffekts

Gemäß dem Konsens unter den globalen Klimaforschern nimmt an, dass die mittlere Temperatur der Erde $-18\text{ }^\circ\text{C}$ betragen würde – berechnet vom T^4 Mittelwert und vergleicht diese mit einer fiktiven durchschnittlichen Temperatur der Erde von $+15\text{ }^\circ\text{C}$. Der Differenz von $33\text{ }^\circ\text{C}$ wird dem *natürlichen Treibhauseffekt* zugeschrieben. Wie in der Gleichung (83) zu sehen ist, ergibt die richtige Mittelwertbildung (*einer Erde ohne Lufthülle*) eine Temperatur von $-129\text{ }^\circ\text{C}$. Zweifellos muss hier etwas Wesentliches falsch sein – nämlich *eine Erde ohne Atmosphäre zu betrachten*.

In der globalen Klimatologie werden Temperaturen aus gegebenen Strahlenintensitäten berechnet, und das tauscht Ursache und Wirkung aus. Die gegenwärtigen *lokalen* Temperaturen bestimmen die Strahlungsintensitäten und nicht umgekehrt. *Das ist richtig, aber welche Temperatur sich einstellt, hängt davon ab, wann die Temperaturänderung gestoppt wird – siehe die Bemerkung nach der Gleichung (43), S. 28.* Wenn der Boden durch die Solarstrahlung aufgewärmt wird, werden viele verschiedene lokale Prozesse ausgelöst, die von der lokalen Bewegung der Luft, dem Regen, der Verdunstung, der Feuchtigkeit, und den lokalen Bodenbedingungen wie Wasser, Eis, Felsen, Sand, Wälder, Wiesen usw. abhängen⁵³⁾ Ein Quadratmeter einer Wiese weiß nichts über den Rest der Oberfläche der Erde, die den globalen Mittelwert bestimmt. So wird die lokale Abstrahlung durch die lokale Temperatur bestimmt. Weder es gibt ein globales Strahlungsgleichgewicht, noch eine globale Strahlungsbilanz sogar bei Berücksichtigung von Wechselwirkungen.

53) Umgekehrt bestimmen auch die lokalen Bedingungen die Höhe der Strahlungsintensität.

Während es falsch ist, eine Temperatur aus einer gegebenen Strahlenintensität zu bestimmen, ist es erlaubt, aus dem T^4 Mittelwert eine effektive Strahlungstemperatur T_{effrad} zu berechnen, die die durchschnittliche Strahlung zeigt, die von der Erde emittiert wird und diese mit der angenommenen mittleren Erdtemperatur T_{mean} zu vergleichen. Die Höldersche Ungleichung sagt, dass erstere immer größer ist als letztere

$$T_{effrad} > T_{mean} \quad (88)$$

vorausgesetzt, dass Beispielauswahl und Mittelwertbildung (Wahrscheinlichkeitsraum) dasselbe bleiben.

Zum Beispiel, wenn n um den Erdball verteilte Wetterwarten n Temperaturen messen mit den Werten T_1, \dots, T_n , wird eine empirische Mitteltemperatur definiert als

$$T_{mean} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (89)$$

Für die entsprechende schwarze Körperstrahlenintensität kann man ungefähr untergehen

$$S_{mean} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sigma T_{effrad}^4 \quad (90)$$

definiert eine effektive Strahlungstemperatur

$$T_{effrad} = \sqrt[4]{\frac{1}{\sigma} S_{mean}} \quad (91)$$

Man kommt sofort auf

$$T_{effrad} = \sqrt[4]{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i^4} \quad (92)$$

Die Ungleichheit von Hölder zeigt, dass man immer gilt

$$T_{effrad} > T_{mean} \quad (93)$$

Aber das nachfolgende numerische Beispiel zeigt, dass bei einigermaßen realen Werten der Unterschied meistens vernachlässigbar ist. Siehe Kommentar Seite 60.

3.7.6 Ein numerisches Beispiel

Von der Gleichung (92) kann man numerische Beispiele konstruieren, wie z. B. dass einige hohe lokale Temperaturen in einer Folge von niedrigen Temperaturen den Durchschnitt verderben. Ein realistischere Verteilung ist in der Tabelle 13, S. 64 verzeichnet. Die effektive Strahlungstemperatur T_{effrad} ist etwas höher als der Durchschnitt T_{mean} der gemessenen Temperaturen. Gemäß der Ungleichheit von Hölder wird das immer der Fall sein.

So bleibt nicht mehr länger Raum für einen natürlichen Treibhauseffekt, sowohl mathematisch als auch physikalisch⁵⁴⁾:

54) Die Schlußfolgerung ist unbegründet: Die realistischen Temperaturen sind die Temperaturen mit Treibhauseffekt – und es zeigt sich, dass die bei realistischen Temperaturen der Unterschied zwischen T_{effrad} und T_{mean} ganz gering ist (0.48 K). Dem Treibhauseffekt wird aber eine Temperaturdifferenz von 33 K unterstellt.

Wetter-Station	abgelesene Temperatur T_i [°C]	absolute Temperatur T_i [K]	4. Potenz T_i^4	4. Wurzel des Mittelwertes der 4. Potenz T_{effrad} [K]	4. Wurzel des Mittelwertes der 4. Potenz T_{effrad} [°C]
1	0.00	273.15	5566789756		
2	10.00	283.15	6427857849		
3	10.00	283.15	6427857849		
4	20.00	293.15	7385154648		
5	20.00	293.15	7385154648		
6	30.00	303.15	8445595755		
Mittel	15.00	288.15	6939901750	288,63	15.48

Tabelle 13: Ein Beispiel für einen gemessenen Temperaturverteilung von der aus ihre damit verbundene effektive Strahlungstemperatur berechnet wird. Der letzte Spalte ist die vierte Wurzel des Mittelwertes der vierten Potenzen – **und ist nur wenig größer als der Mittelwert.**

- Wird statt der *physikalisch falschen* Annahme des Strahlungsgleichgewichts eine *mathematisch richtige* Berechnung der durchschnittlichen Temperatur durchgeführt, explodiert die Differenztemperatur, die den natürlichen Treibhauseffekt definiert.
- Wird statt des *mathematisch richtigen* Durchschnitts der *physikalisch richtigen* Temperaturen (d.h. der gemessenen Temperaturen) die entsprechende effektive Strahlungstemperatur bestimmt, so wird diese höher sein als der Durchschnitt der gemessenen Temperaturen.

3.7.7 Nichtexistenz einer globalen Temperatur

In den vorhergehenden Abschnitten sind mathematische und physikalische Argumente präsentiert worden, die zeigen, dass der Begriff einer globalen Temperatur sinnlos ist. Kürzlich haben Essex, McKittrick und Andresen gezeigt [54],

daß es keine physikalisch bedeutsame globale Temperatur für die Erde in Zusammenhang mit dem Problems der Erderwärmung gibt. Während es immer möglich ist, eine Statistik für jeden gegebenen Satz von lokalen Temperaturdaten zu konstruieren, ist eine unbegrenzte Reihe von solchen Statistiken mathematisch erlaubt, wenn physikalische Grundsätze keine explizite Basis zur Verfügung stellen, um unter ihnen zu wählen. Eindeutige und ebenso gültige statistische Regeln können und zeigen entgegengesetzte Tendenzen, wenn sie auf die Ergebnisse der Berechnung physikalischer Modelle und auf reale Daten in der Atmosphäre angewandt werden. Ein gegebenes Temperaturfeld kann sowohl als 'Erwärmen' als auch als 'Abkühlen' gleichzeitig interpretiert werden, das Konzept der Erwärmung im Zusammenhang des Problems der globalen Erderwärmung ist physikalisch schlecht aufgestellt.

Unabhängig von irgendwelchen Zweideutigkeiten kann eine globale Mitteltemperatur nur als Ausweg aus vielen lokalen Temperaturen erscheinen. Ohne Kenntnisse jeder Wissenschaft kann jeder sehen, wie solch eine Änderung der durchschnittlichen Temperatur der nahen Erdoberfläche entsteht: Es gibt mehr oder weniger Sonnenschein auf den Boden wegen der Verteilung von Wolken. Das bestimmt ein Feld von lokalen bodennahen Temperaturen nach Änderung der Wolkenverteilung und folglich die Änderung des davon bestimmten

Temperaturdurchschnitts, der von der Kohlendioxid-Konzentration zweifellos unabhängig ist. Mathematisch wird die Evolution einer Temperaturverteilung phänomenologisch durch eine Differentialgleichung beschrieben. Die Durchschnitte werden nach der Lösung dieser Gleichung berechnet. Jedoch kann man keine Differentialgleichung direkt für Durchschnitte niederschreiben⁵⁵⁾.

3.7.8 Die rotierende Erdkugel

Seit der Zeit, als Fourier die Wärmeleitungsgleichung formulierte, gehörte die Beschreibung der Strahlungsübertragung des Erdballs (mit einer Sonnenseite und einer dunklen Seite) wegen der nichtlinearen Randbedingung nie zu der Familie von [elementar](#) lösbaren Wärmeleitungsproblemen, sogar im Fall von einem Nichtdrehen der Erdkugel.

Unabhängig von der Lösbarkeit kann man die entsprechenden Gleichungen sowie ihre Randbedingungen niederschreiben. Wenn eine rotierende Erdkugel (Abb. 25, S. 18) der Strahlung ausgesetzt wird und Wärme nur durch Strahlung zu ihrer Umgebung übertragen werden kann, muß das Anfangsproblem der Wärmeleitungsgleichung mit folgender Randbedingung gelöst werden

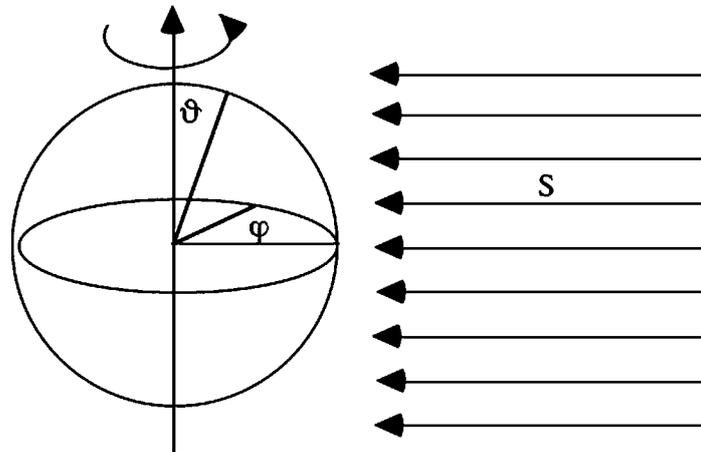


Abbildung 25: Der rotierende Erdkugel

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = \begin{cases} \sigma T^4 - S \cdot \sin \vartheta \cos(\varphi - \omega_d t) & \text{wenn } -\pi/2 \leq \varphi - \omega_d t \leq \pi/2 \\ \sigma T^4 & \text{wenn } \pi/2 \leq \varphi - \omega_d t \leq 3\pi/2 \end{cases} \quad (94)$$

wobei mit

$$\frac{\partial}{\partial n} = n \cdot \nabla \quad (95)$$

die übliche normale Ableitung an der Oberfläche der Kugel bezeichnet und mit ω_d als Kreisfrequenz der Tagesnachtzyklus beschrieben wird. Durch Definieren eines passenden Geometrie-Faktors

$$\zeta(\vartheta, \varphi, \omega_d, t) = \sin \vartheta \cos(\varphi - \omega_d t) \quad (96)$$

55) In dieser Allgemeinheit ist die Aussage unzutreffend. Beispielsweise wird die Teilchenbewegung in einem Gas durch die mechanischen Bewegungsgesetze beschrieben. Als Durchschnittswerte der Impulsänderungen an der Gefäßwand ergibt sich z. B. der Druck. Es ist sogar sinnvoller bestimmte Fragen mit Differentialgleichungen für den Durchschnitt zu lösen.

und der entsprechenden Fläche der Sonnenseite

$$A = \{(\varphi, \vartheta) | \zeta(\vartheta, \varphi, \omega_d, t) \geq 0\} \quad (97)$$

man kann den Ausdruck umschreiben als

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = \begin{cases} \sigma T^4 - S \cdot \zeta(\vartheta, \varphi, \omega_d, t) & \text{wenn } (\varphi, \vartheta) \in A \\ \sigma T^4 & \text{wenn } (\varphi, \vartheta) \notin A \end{cases} \quad (98)$$

3.7.9 Die schief rotierende Erdkugel

Das oben erhaltene Ergebnis kann zum Fall einer schief rotierenden Erdkugel verallgemeinert werden.

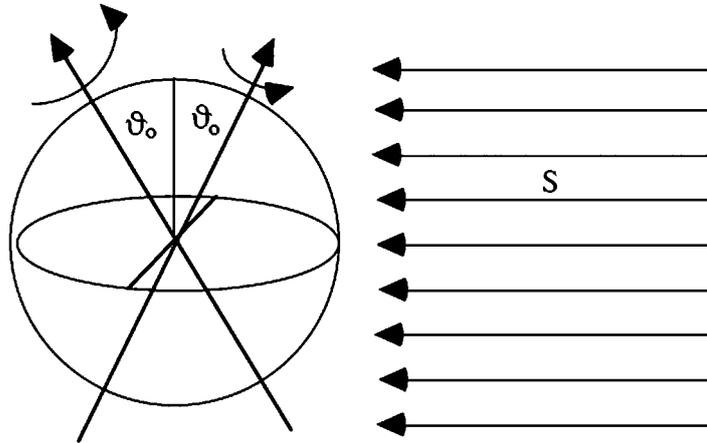


Abbildung 26: Eine schief rotierende Erdkugel

Für eine schief rotierenden Erdkugel (Abb. 26) hat man

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = \begin{cases} \sigma T^4 - S \cdot \xi(\vartheta_0, \vartheta, \varphi, \omega_y, \omega_d, t) & \text{wenn } (\varphi, \vartheta) \in A \\ \sigma T^4 & \text{wenn } (\varphi, \vartheta) \notin A \end{cases} \quad (99)$$

wobei $\partial/\partial n$ die normale Ableitung auf der Oberfläche der Sphäre bezeichnet und ω_y, ω_d die Kreisfrequenzen für den Jahreszyklus bzw. den Tagesnachtzyklus sind⁵⁶⁾. Der Geometrie Faktor lautet jetzt

$$\begin{aligned} \xi(\vartheta_0, \vartheta, \varphi, \omega_y, \omega_d, t) = & \left[\sin(\omega_y t) \cos(\omega_d t) + \cos(\omega_y t) \sin(\omega_d t) \cos \vartheta_0 \right] \sin \vartheta \cos \varphi \\ & + \left[-\sin(\omega_y t) \sin(\omega_d t) + \cos(\omega_y t) \cos(\omega_d t) \cos \vartheta_0 \right] \sin \vartheta \sin \varphi \\ & - \left[\cos(\omega_y t) \sin \vartheta_0 \right] \cos \vartheta \end{aligned} \quad (100)$$

und der Ausdruck für die Oberfläche der Sonnenseite ist gegeben durch

$$A = \{(\varphi, \vartheta) | \xi(\vartheta_0, \vartheta, \varphi, \omega_y, \omega_d, t) \geq 0\} \quad (101)$$

Bereits das erste unrealistische Problem wird zu viel für jeden Computer sein. Die letztere mehr realistische Modell kann überhaupt nicht angepackt werden. Die Gründe dafür sind nicht nur die äußerst verschiedenen Frequenzen ω_y und ω_d sondern auch eine sehr nicht-physikalische Eigenschaft, welche auch die Numerik berührt: Gemäß einem durch Wiener

⁵⁶⁾ Here wird Sternzeit [71], [1] verwendet.

formulierten berühmten Hauptsatz bewegen sich fast alle Partikel in dem mathematischen Modell der Diffusion mit unendlich hoher Geschwindigkeit [39], [40].

Überschlagsrechnungen zeigen, dass sogar diese übermäßig vereinfachten Probleme nicht mit jedem Computer angepackt werden können. Nimmt einen Bereich mit Dimensionen der Erde, wird es sogar in der weiten Zukunft unmöglich sein dieses Problem numerisch zu lösen. Der Computer würde nicht nur lange Zeit arbeiten, bevor eine »bilanzierte« Temperaturverteilung erreicht würde, sondern auch die richtige anfängliche Temperaturverteilung könnte dabei überhaupt nicht bestimmt werden.

ω_y und ω_d können in der Regel als Oberwellen eines 4-Jahre-Zyklus (genauer als Schaltjahre dürfte unnötig sein) aufgefaßt werden. Die Anfangsbedingungen dürften auch unwesentlich sein, weil die bald abgeklungen sind. Interessant ist nur der eingeschwungene Zustand. Damit kann das Problem prinzipiell numerisch mit vernünftigen Zeitaufwand gelöst werden. Aber warum sollte so ein unrealistisches Problem gelöst werden? Die Wirkung der Atmosphäre verursacht viel größere Änderungen.

3.7.10 Die strahlende Masse

Die physikalische Situation eines strahlenden Volumens mit der Strahlungsdichte

$$S(T) = \sigma T^4 \quad (102)$$

die durch die Oberflächenschale emittiert wird und aus dem Wärmeinhalt des Volumens kommt, kann nicht leicht verstanden werden, wenn überhaupt. Jedoch ist es interessant, solch ein Spielmodell zu studieren, um ein Gefühl zu bekommen über Strahlungsgleichgewichtsprozesse, von denen angenommen wird, dass sie innerhalb eines angemessenen Zeitabstandes stattfinden.

Bei Missachtung der balancierenden Prozesse im Inneren erhält man als Differentialgleichung

$$V \rho c_V \frac{dT}{dt} = - \Omega \sigma T^4 \quad (103)$$

wobei V das Volumen bezeichnet, ρ die Dichte, c_V der isochore spezifische Wärme, Ω die Oberfläche Körpers. Durch Definition

$$\eta = \frac{\Omega}{V} \quad (104)$$

kann die obengenannte Gleichung umgeschrieben werden als

$$\frac{dT}{dt} = - \frac{\eta \sigma}{\rho c_V} \cdot T^4 \quad (105)$$

Für einen Würfel mit einer Kantenlänge a wird $\eta = 6/a$, für eine Kugel mit dem Radius r wird $\eta = 3/r$. Bei dem Einheitsvolumen wird für diese Körper $\eta = 6$ bzw. $\eta = 4, 8$.

Diese Differentialgleichung ist leicht lösbar. Die Lösung lautet

$$T(t) = T_0 / \sqrt[3]{1 + \frac{3\eta\sigma T_0^3}{\rho c_V} t} \quad (106)$$

Bei einer Anfangstemperatur von 300 K mit den Werten von ρ und c_V für Luft fällt die Temperatur auf die Hälfte innerhalb von drei Sekunden beim Standardwürfel (vgl. Abbildung 27, S. 68) Für Eisen ist die isochore thermische Wärmekapazität

$$a_v = \rho c_V \quad (107)$$

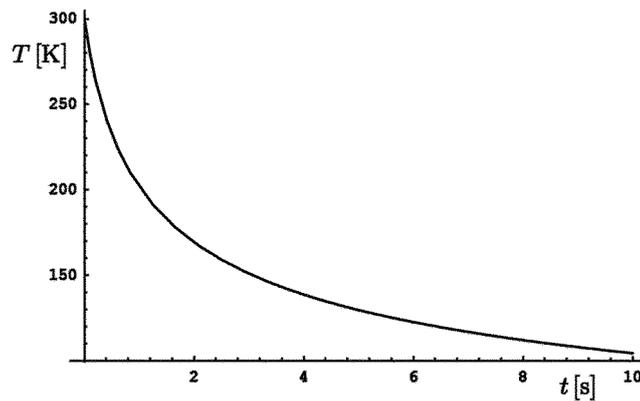


Abbildung 27: Die Abkühlungskurve eines emittierenden Standardwürfels

ungefähr 3000 mal höher als für Luft, die Halbwertszeit für die Temperaturabnahme ist ungefähr drei Stunden. Bei Luft, selbst wenn nur einer Ebenen des Würfels erlaubt würde zu emittieren, würde die Temperatur um siebenzig Grad innerhalb der ersten drei Sekunden fallen, und fast um 290 Grade innerhalb von zehn Stunden - ein völlig unrealistischer Kühlprozess.

Diese einfache Bewertung beweist folglich, dass man äußerst sorgfältig arbeiten muss, wenn man die Strahlungsgesetze für die Schwarzkörperstrahlung, wo die Energie aus den erhitzten Wänden des Hohlraum kommt, für Gase verwenden will, wo die ausgestrahlte elektromagnetische Strahlung aus der Bewegungen der Gasmoleküle stammt (vgl. Abschnitt 3.5, S. 43).

3.7.11 Die umfassende Arbeit von Schack

Professor Alfred Schack, der Autor eines Standardlehrbuches für Industriewärmeübertragung [177], war der erste Wissenschaftler, der in den zwanziger Jahren des letzten Jahrhunderts auf das infrarote Licht hinwies, dass von den im Brenngas enthaltenen Bestandteilen Kohlendioxid (CO_2) und Wasserdampf (H_2O) absorbiert wird, und das verantwortlich für eine höhere Wärmeübertragung im Verbrennungsraum bei hohen Brenntemperaturen sein kann durch eine vergrößerte Emission im Infraroten. Er bestimmte die Emissionen, indem er das spektrale Absorptionsvermögen des Kohlendioxids und Wasserdampfs maß. **Bemerkenswert ist hier, daß die Autoren hier ohne weiteres die Herleitung des Quelltermes akzeptieren, was sie in Abschnitt 3.5.5 (S. 47) bestreiten.**

Im Jahr 1972 veröffentlichte Schack einen Aufsatz in den Physikalischen Blättern unter dem Titel »Der Einfluß des Kohlendioxid-Gehaltes der Luft auf das Klima der Welt«. Mit seinem Artikel beteiligt er sich an der Klimadiskussion und betonte die wichtige Rolle des Wasserdampfes [178].

Zuerst bestimmte Schack die Menge der verbrauchten fossilen Brennstoffe

$$m_{\text{verbraucht}} = 5 \cdot 10^{12} \text{ kg} = 5 \text{ Gt C} \quad (108)$$

pro Jahr. 1 kg produziert 10 m^3 Abgas mit 15 % CO_2 , einem Volumen von

$$V_{\text{CO}_2} = 7.5 \cdot 10^{12} \text{ m}^3 \quad (109)$$

das in die Atmosphäre der Erde geblasen wird, deren Gesamtvolumen ist unter üblichen Zuständen ($0 \text{ }^\circ\text{C}$ und 760 mm Hg)

$$V_{\text{atmosphäre}} = 4 \cdot 10^{18} \text{ m}^3 \quad (110)$$

Daraus folgt sofort, dass die CO₂-Konzentration ungefähr $1,9 \cdot 10^{-6}$ pro Jahr zunimmt. Ungefähr eine Hälfte davon absorbieren die Ozeane, folglich reduziert sich die Zunahme von CO₂ auf

$$\frac{\Delta V_{CO_2}}{V_{CO_2}} = 0,95 \cdot 10^{-6} \quad (111)$$

pro Jahr.

Mit der »gegenwärtigen« (1972) atmosphärischen CO₂ Volumen-Konzentration

$$0,03 \% = 300 \cdot 10^{-6} \quad (112)$$

und einer relativen jährlichen Steigerung des Verhältnisses

$$0,32 \% = \frac{0,95 \cdot 10^{-6}}{300 \cdot 10^{-6}} \quad (113)$$

würde die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre innerhalb von 100 Jahren um ein Drittel der gegenwärtigen Konzentration zunehmen, wenn angenommen wird, dass der Verbrauch der fossilen Brennstoffe unverändert bleibt.

Schack zeigt dann, dass CO₂ höchstens nur ein Siebentel⁵⁷⁾ der Wärmestrahlung des Erdoberfläche absorbieren würde, wenn nicht der Wasserdampf das Infrarotlicht in den meisten Situationen bereits absorbiert hätte. Außerdem würde eine Verdoppelung des CO₂-Inhalts in der Atmosphäre nur die Absorptionslänge (eine charakteristische Eigenschaft der Strahlung) halbieren, d.h. z. B. , dass die Strahlung auf einer Länge von 5 km absorbiert würde statt auf einer Länge 10 km. *Das ist aber ganz wesentlich, weil die Atmosphärentemperatur mit der Höhe abnimmt und der Treibhauseffekt hauptsächlich ein Emissionseffekt ist. Die Intensität der Gegenstrahlung auf den Erdboden wird deshalb durch die mittlere Temperatur über einen Höhenbereich bestimmt, der gleich der Absorptionslänge ist. Bei einer Halbierung der Absorptionslänge steigt also wegen der Höhenabnahme die mittlere Temperatur und damit die Intensität der Gegenstrahlung (siehe Abschnitt 4.4.4, S. 94).*

Schack besprach den Beitrag des CO₂ nur unter dem Aspekt, dass CO₂ als ein Absorptionsmittel wirkt. Er kam nicht auf die absurde Idee, den wärmeren Boden durch die Strahlung zu heizen, die durch das Gas absorbiert und re-emittiert wird. *Hier sind in mir zwei unverständliche Brüche in den Betrachtungen der Autoren.*

- Am Anfang dieses Abschnittes (S. 68) akzeptieren die Autoren die Bestimmung der Emission aus der Absorption.
- Im Abschnitt 3.7.5, S. 62 schrieben die Autoren richtig »*Ein Quadratmeter einer Wiese weiß nichts über den Rest der Oberfläche der Erde*« - aber jetzt soll das CO₂ »wissen«, dass es nicht in Richtung Erdboden strahlen darf, weil der Erdboden wärmer ist. Wenn das CO₂ aber doch auch in Richtung Erdboden strahlt, erhebt sich die Frage, wie denn die Strahlung in Richtung Erdboden verschwindet, wenn doch aus Höhen unterhalb der Absorptionslänge Strahlung kaum noch absorbiert wird.

In einem Kommentar zu einem Artikel des Wissenschaftsjournalisten Rudzinski [173] wandte der Klimaforscher Oeschger gegen die Analyse von Schack ein, dass Schack den Einfluß der CO₂-Konzentration auf das Klima nicht gründlich genug [163] berechnet habe. Insbesondere er bezog er sich auf die Strahlungstransportberechnungen. Jedoch sind solche Berechnungen früher nur für die Atmosphären von Sternen durchgeführt worden, weil die Prozesse in Planetenatmosphären zu kompliziert sind für solche einfachen Modelle.

57) $1/7 = 14,3 \%$ – man beachte die Übereinstimmung mit den 18,7 % von Arrhenius 1906 (im Abschnitt 3.6.1, S. 49)

Der Zweck der astrophysikalischen Strahlungstransportberechnungen ist es zu berechnen wie stark die Absorptionslinien die Dichte und den Verlauf der Temperatur in Abhängigkeit von der Höhe bestimmen mit der Gleichung von Saha und vielen andere zusätzlichen Hypothesen [206]. Jedoch kann die Randdichte der Strahlenintensität nicht aus diesen Berechnungen abgeleitet werden.

Man sollte betonen, dass Schack der ersten Wissenschaftler war, der die selektive Emission durch Infrarotlicht absorbierende Feuerungsgase für Verbrennungsräume in Betracht zog.

Wesentlich für den Treibhauseffekt ist dabei die implizite Feststellung, daß die Thermalisierung in den Verbrennungsräumen noch stärker als in der Atmosphäre ist⁵⁸⁾ Trotzdem ist die Thermalisierung offensichtlich kein Hindernis für die temperaturgerechte Emission. Die Dichte der Zusammenstöße beeinflusst nur die Linienform der Absorptionslinien, so daß bei Gasgemischen eine gegenseitige Abhängigkeit besteht. Siehe auch [131, S. 40(38) - 55(53)]. Deshalb ist es an den Rand der Verärgerung getrieben, wenn globale Klimaforscher ihn blamieren wollen, weil er nicht kompliziert genug gerechnet habe, weil er die einfachen physikalischen Konzepte hinter den Gleichungen für die Strahlenübertragung sah.

3.8 Wärmeleitwert gegenüber der Strahlungsübertragung

3.8.1 Die Wärmeleitungsgleichung

In vielen klimatologischen Texten scheint implizit angenommen zu werden, dass es bei thermischer Strahlung nicht nötig ist, sich mit der Wärmeleitungsgleichung zu befassen – das ist falsch [210]. Eher muss immer die komplette Wärmeflußdichte q in Betracht gezogen werden. Diese ist durch die Gleichung

$$q = - \lambda \cdot \text{grad } T \quad (114)$$

hinsichtlich des Gradienten der Temperatur T gegeben. Es ist unzulässig, den Strahlungstransport von der Wärmeleitung zu trennen, wenn Gleichgewichte berechnet werden. Anmerkung: Bei den Ausmaßen in der Atmosphäre entstehen schon bei geringsten Dichte- (Temperatur-)differenzen so hohe Luftgeschwindigkeiten, daß der konvektive Wärmetransport weit über der ruhenden Wärmeleitfähigkeit liegt. Daran ändert sich auch nichts, obwohl die Strömung fast immer turbulent wird (hohe Reynoldszahlen [217, S. 118f]): Der konvektive (insbesondere turbulente) Wärmetransport übersteigt die Wärmeleitung um Größenordnungen ($\lambda_{turbulent} \approx \dots 10^7 \cdot \lambda_{ruhend}$ [217, S. 49ff]), deshalb ist bei Längen über mm praktisch immer die Wärmeleitung zu vernachlässigen. In der DIN EN ISO 1946 [220, Anhang B] ist das richtig behandelt, wo Strahlung, Wärmeleitung und Konvektion berücksichtigt werden, weil die Längen im Übergangsbereich liegen. Außerdem ist für T nicht die tatsächliche Temperatur, sondern die Temperaturabweichung von der Adiabate einzusetzen.

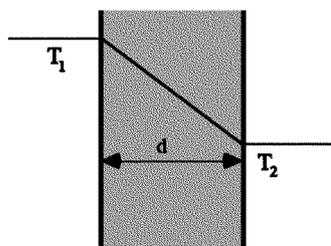


Abbildung 28: Ein einfaches Wärmetransportproblem.

58) Die Gasdichte und Temperatur sind höher als in der Atmosphäre: deshalb ist die Zeit zwischen zwei Stößen der Gasteilchen noch erheblich kürzer als in der Atmosphäre.

Im Folgenden wird eine experimentelle quasi eindimensionale Situation für die Bestimmung des Wärmeleitwerts (Abb. 28, S. 70) betrachtet. F bedeutet dabei den Querschnitt, d ist der Abstand zwischen den zwei Oberflächen und Q die Wärme, die pro Zeiteinheit von 1 nach 2 transportiert wird, so dass wir im Falle einer stationären Temperaturverteilung mit

$$q_x = \frac{Q}{F} \quad (115)$$

erhalten:

$$Q = F \cdot q_x = -\lambda \cdot F \cdot \frac{\partial T}{\partial x} = -\lambda \cdot F \cdot \frac{T_2 - T_1}{d} = \lambda \cdot F \cdot \frac{T_1 - T_2}{d} \quad (116)$$

In einer stationären Situation wird Q produziert und in Joule (d.h. bei elektrischer Heizung) bei der höheren Temperatur gemessen. Die Wärmeübertragung durch die Strahlung darf nicht getrennt werden von der Wärmeübertragung durch kinetische Energie. Natürlich versucht man, die Wärmekonvektion zu vermeiden durch den experimentellen Aufbau⁵⁹⁾. Folglich sind irgendwelche Effekte der thermische Strahlung (der langwelligen atmosphärischen Strahlung zur Erde) schon in den stationären Temperaturen und der gemessenen Wärmemenge enthalten.

Im nichtstationären Fall verschwindet die Speicherung der Wärme nicht mehr, und wir haben bei konstantem Wärmeleitwert

$$\operatorname{div} q = -\lambda \cdot \operatorname{div} \operatorname{grad} T = -\lambda \cdot \Delta T = -\rho c_V \frac{\partial T}{\partial t} \quad (117)$$

wobei ΔT der Laplace-Operator auf die Temperatur (siehe Gleichung (2), S. 7) und ρc_V die spezifische Wärme des Einheitsvolumens ist. Wir erhalten letztlich

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c_V} \Delta T \quad (118)$$

Es ist wichtig zur Kenntnis zu nehmen, dass der Wärmeleitwert durch ρc_V geteilt wird, was als isochore Temperaturleitfähigkeit definiert ist⁶⁰⁾

$$a_v = \frac{\lambda}{\rho c_V} \quad (119)$$

und bei Gasen und Metallen in derselben Größenordnung sein kann, selbst wenn die Wärmeleitwerte völlig verschieden sind.

Aus den Gleichungen (118) und (119) folgt die Gleichung (2), S. 7

Leider benötigt die Bearbeitung sogar einfachster Beispiele von Wärmeleitungsproblemen Techniken der mathematischen Physik, die weit oberhalb des Studentenniveaus sind. Weil eine kurze Behandlung von partiellen Differentialgleichungen sogar außerhalb des Umfangs dieses Aufsatz liegt, sollen die folgenden Erklärungen genügen: Unter bestimmten Verhältnissen ist es möglich, die Raum-Zeit Abhängigkeit der Temperaturverteilung bei gegebenen Anfangswerten und Randbedingungen zu berechnen. Wenn die Temperaturänderungen die charakteristische Länge L_{char} , dann ist die charakteristische Zeit für Wärmeausgleichsprozesse

$$\frac{1}{t_{char}} = \frac{\lambda}{\rho c_V} \cdot \frac{1}{L_{char}^2} \quad (120)$$

Wenn der Radius des Mondes als die charakteristische Länge und typischen Werte für die anderen Variablen verwendet werden, würde die Ausgleichszeit gleichwertig zu dem *mehr-fachen Alter des Weltalls* sein. Deshalb ist eine durchschnittliche Bodentemperatur (über Hunderte von Jahren) **kein Hinweis dafür**, dass die gesamte einstrahlte Sonnenenergie ausgestrahlt wird. Wenn es eine Differenz gäbe, würde es unmöglich sein, das wegen der großen

59) Damit hat diese Messung nur für den massiven Erdkörper Relevanz, denn in der Realität der Atmosphäre übersteigt der konvektive Wärmetransport den ruhenden Wärmetransport bei Weitem.

60) (Wiederholung der Gleichung (1), S. 7)

Ausgleichszeiten zu messen ⁶¹⁾. Die lange Ausgleichszeit des Wärmeflusses vom Erdkern **zur Oberfläche** ist ein wichtiger Faktor für die langfristigen Reaktionen der durchschnittlichen Temperatur der Erdoberfläche; schließlich sollen gemäß bestimmten Hypothesen die Oberflächen der planetarischen Körper sehr heiß gewesen sein und sich abgekühlt haben. Diese Temperaturänderungen können experimentell nie von denjenigen getrennt werden, die durch die Solarstrahlung verursacht wurden.

Was sollen solche Aussagen? Die lange Ausgleichszeit wird (richtig) aus der Gültigkeit der Wärmeleitungsgleichung gefolgert, aber wenn die Wärmeleitungsgleichung gültig ist, dann sind auch die anderen Aussagen, die sich aus der Wärmeleitungsgleichung ergeben, ebenfalls gültig. Die Aussage für die großen Ausgleichszeiten bei Temperaturänderungen an der Erdoberfläche trifft nur für den Erdkern (der sowieso heißer ist) zu, aber es geht nicht um die Erdkerntemperaturen, sondern um die Oberflächentemperaturen. Wegen der im Vergleich zum Erdradius dünnen Oberflächenschicht reicht es die Gleichung (118) (bzw. (2), S. 7) eindimensional zu rechnen:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_v \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

Dies Gleichung ist aus der Gültigkeit der Gleichung (114) abgeleitet worden, die in eindimensionaler Schreibweise lautet:

$$q = -\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x}$$

Bei einer Temperaturänderung der Erdoberfläche ändert sich dieser Wärmestrom, der als Restdifferenz zwischen ankommender (z. B. durch einfallende Strahlung) und abgehender Wärmeleistung (z. B. Emission, konvektiver Wärmeübergang usw.) in den Erdkörper eindringt. Siehe auch den Abschnitt 3.8.2, S. 73, wo genannt ist, daß die Übergangswerte gut gemessen worden sind. Da es sich in der Regel um kleine Änderungen handelt, reicht es, einen linearen Zusammenhang anzunehmen ⁶²⁾.

Der lineare Zusammenhang wird mit einem konstanten Koeffizienten α ausgedrückt:

$$q = \alpha \cdot T \quad \text{bzw.} \quad T = \frac{q}{\alpha} \quad \text{bzw.} \quad \Delta q = \alpha \cdot \Delta T$$

Das Gleichsetzen beider q ergibt:

$$-\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha \cdot T$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = -\frac{\alpha}{\lambda} \cdot T$$

Durch Differentiation dieser Gleichung nach x wird bei konstantem λ (was angenommen wird zur Herleitung der Gleichung (118)):

61) siehe Kommentar am Schluß dieses Abschnitts

62) Denn selbst bei einem so nichtlinearen Zusammenhang wie der Strahlung, wo etwa Gl. (70) (S. 56) gilt, wird:

$$\begin{aligned} \Delta q &= \sigma(T + \Delta T)^4 - \sigma T^4 = \sigma[T^4 + 4T^3\Delta T + 6T^2(\Delta T)^2 + 4T(\Delta T)^3 + (\Delta T)^4 - T^4] \\ &= \sigma[4T^3\Delta T + 6T^2(\Delta T)^2 + 4T(\Delta T)^3 + (\Delta T)^4] = 4\sigma T^3\Delta T \left[1 + 1.5\frac{\Delta T}{T} + \frac{(\Delta T)^2}{T^2} + \frac{(\Delta T)^3}{T^3} \right] \end{aligned}$$

Bei kleinen Temperaturänderungen sind in der eckigen Klammer alle Terme klein gegen 1, so daß der lineare Teil reicht.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = - \frac{\alpha}{\lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial x}$$

In diese Gleichung werden die zwei Gleichungen davor eingesetzt und es ergibt sich:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \left(\frac{\alpha}{\lambda}\right)^2 \cdot T = \frac{\alpha}{\lambda^2} \cdot q$$

Diese Gleichung wird in die rechte Seite der Wärmeleitungsgleichung eingesetzt und die Zusammenfassung a_v berücksichtigt:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a_v \cdot \frac{\alpha}{\lambda^2} \cdot q = \frac{\alpha}{\lambda \rho c_v} \cdot q$$

Die typischen Werte von $\lambda \rho c_v$ liegen um $10^6 \text{ W}^2 \text{s}/(\text{K}^2 \text{m}^4)$ ($= b^2$ in [99, S. 145]) und $\alpha > 4 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{K})$ [220] (Wind würde das verschlimmern, aber wegen allgemein ansteigender Temperaturen kann der Wind unberücksichtigt bleiben). Wenn die Restdifferenz zwischen ankommender und abgehender Wärmeleistung nur $0.1 \text{ W}/\text{m}^2$ wäre, wird für den Betrag:

$$\frac{\partial T}{\partial t} > \frac{4}{10^6} \cdot 0.1 \text{ K/s} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ K/s} = 0,03 \text{ K/Tag} = 12,6 \text{ K/Jahr}$$

Diese schnellen Änderungen werden zwar pro Tag erreicht bzw. überschritten, d.h. die Pufferwirkung der Erdoberfläche ist wesentlich, aber über das Jahr muß die Bilanz erheblich besser sein als $0.1 \text{ W}/\text{m}^2$. Da die solare Einstrahlung durchschnittlich über $300 \text{ W}/\text{m}^2$ liegt, also dem 3000-fachen, kann man getrost von einer Bilanz ausgehen.

Aus den Gleichungen ergibt sich auch, dass die Änderung des Wärmestroms an jeder Stelle aus der zeitlichen Temperaturänderung folgt. An der Oberfläche ist das besonders augenfällig: die Änderungen der Temperatur sind sehr viel größer als die Temperaturänderungen in der Tiefe, was schon etwas im häuslichen Keller festgestellt werden kann und erst Recht in Höhlen, wobei es reicht, dass diese schon einige Meter unter der Erdoberfläche sind. Die Temperaturänderungen durch die Änderung des oberflächlichen Wärmestroms nehmen mit der Tiefe ab - es ist also an der Größe der Temperaturänderungen zu sehen wie langfristig die Änderungen des oberflächlichen Wärmestroms sind. Tägliche Änderungen reichen nur wenige dm in die Tiefe, jährliche Änderungen einige m. Damit ist auch eine Größe für die Bilanzzeit gegeben: für die tägliche Änderung der Wärmespeicherung dient die Wärmekapazität einer Schicht die bestenfalls nur einige dm dick ist (meistens sogar darunter) für die jährlichen Änderungen bestenfalls nur einige Meter. In größeren Tiefen ist die Temperaturänderung so langsam, das man selbst für charakteristische Längen von Dutzenden Metern L_{char} (Gleichung (120)) die Wärmeströme als stationär betrachten kann. Mit dem typischen Temperaturanstieg zum Erdinnern von $1 \text{ K}/30 \text{ m}$ (mit großer Schwankungsbreite) ergibt sich bei den typischen λ -Werten eine Wärmestrom von unter $0.1 \text{ W}/\text{m}^2$ im Vergleich zum durchschnittlichem solaren Wärmestrom von über $300 \text{ W}/\text{m}^2$, also dem 3000-fachen.

3.8.2 Wärmeübertragung über Übergänge

In den realen Welt wird es noch komplizierter durch die Existenz von Übergängen, nämlich

- Festkörper-Gas-Übergänge
- Festkörper-Flüssigkeit-Übergänge
- Flüssigkeit-Gas-Übergänge
- Festkörper-All-Übergänge
- usw.

für die eine allgemeine Theorie des Wärmetransports noch nicht besteht. Die Mechanismen der Luftkühlung und der Wasserabkühlung und der Einfluß der Strahlung sind in der technischen Thermodynamik studiert worden [177], [81], [218] und sind von praktischem Interesse z. B. in Solarkollektoren, Verbrennungsforschung, Chemie, Kerntechnik, Kühlung der Elektronik und im Konstruieren zuverlässiger Computerhardware [50], [175]. Offensichtlich ist es auch von höchster Wichtigkeit in der Geophysik und der Atmosphärenphysik. Da sie einen zusätzlichen Grad der Kompliziertheit zum besprochenen Problem hinzufügen, werden sie hier in diesem Zusammenhang nicht weiter besprochen.

3.8.3 In der Küche: Physikbesessene Hausfrau gegen das IPCC

In der Abschnitt 3.3.5, S. 37 wurde es gezeigt, wie einfach es ist die atmosphärischen Treibhaus-Hypothesen zu widerlegen: nämlich, indem ein Wassertopf auf dem Herd beobachtet wird: Ohne Wasserfüllung wird der Boden des Topfes bald rot glühen. Jedoch, mit Wasser gefüllt, wird der Boden des Topfes wesentlich kälter sein.

Insbesondere kann solch ein Experiment auf einem glaskeramischen Herd durchgeführt werden. Die Rolle der Sonne spielt die elektrische Heizung oder Infrarothalogen-Lampen, die als Heizelemente verwendet werden. Glas-Keramik hat einen sehr niedrigen Wärmeleitkoeffizienten, aber lässt infrarote Strahlen sehr gut passieren. Das Wasser im Topf spielt nicht nur die Rolle des »Treibhausgases«, sondern realisiert auch eine sehr dichte Phase solch einer magischen Substanz, die das Infrarote extrem gut absorbiert. Dennoch gibt es keinen zusätzlichen Rückerwärmungseffekt auf den Boden des Topfes. Im Gegenteil – der Boden wird kälter. Da über die Art des Topfes nichts gesagt wird, wäre das Experiment schon sinnlos, wenn Wasser und Infrarotstrahlung gar nicht zusammenkommen, falls z. B. ein Metalltopf gewählt wird. Um etwas realer zu werden, muß der Topf schon auch ein Glas-Keramik-Topf sein. Und die Wirkung der Gegenstrahlung ist dann auch gut zu sehen: Am Anfang, wenn das Wasser noch kalt ist, ist die Heizung dunkelrot glühend, weil vom kalten Wasser wenig Gegenstrahlung kommt, mit der Erwärmung des Wassers steigt die Gegenstrahlung, was sich so auswirkt, daß die Heizung heller leuchtet, also die Temperatur der Heizung steigt (obwohl weiterhin die Heizung eine höhere Temperatur als das Wasser hat). In der Regel ist die Temperatursteigerung der Heizung geringer als die Steigerung der Gegenstrahlung weil die elektrische Heizleistung bei zunehmender Temperatur abnimmt (die Heizung ist oft ein Kaltleiter).

Aber das Experiment geht noch genauer: Man nehme ein Infrarotthermometer (siehe Bild 32, S. 78) und halte es über eine Wasserfläche. Da sind dann absolut keine Trennflächen, die die Infrarotstrahlung beeinflussen – und trotzdem wird die Temperatur richtig angezeigt, ganz gleich ob die Wassertemperatur höher oder niedriger als die Temperatur des Infrarotthermometers ist.

Es gibt unzählige ähnliche mögliche Experimente, die sofort zeigen, dass das atmosphärische Treibhaus-Bild vom Gesichtspunkt eines gebildeten Physikers absolut lächerlich ist oder aus der Perspektive eines gut ausgebildeten Verkäufers, der leistungsstarkes gefärbtes Glas anbietet, dass den solaren Wärmegewinn hauptsächlich im Infraroten reduziert [19]:

Tageslicht und Sicht sind zwei der grundsätzlichen Eigenschaften eines Fensters. Leider sind die Fenster auch während der Zeiten, wenn das unerwünscht ist, Quelle eines signifikanten solaren Wärmegewinns. Traditionelle Lösungen zum Reduzieren des solaren Wärmegewinns wie leicht gefärbt Gläser oder Beschattung bedeutet, dass auch die Menge des Lichtes reduziert wird. Neue Gläser mit der niedrig-Solargewinn Low-E-Beschichtungen (spektral selektiv) bieten eine bessere Verminderung des Solargewinns als leicht gefärbtes Glas bei einem minimalen

Verlust des sichtbaren Lichtes. Das ist auch das Mittel, dass eine deutliche und uneingeschränkte Sicht ermöglicht.

Nach Tabelle 8, S. 20 entfällt etwa je die Hälfte der Solarstrahlung auf den sichtbaren und infraroten Teil. Damit reduziert sich die solare Wärme in beiden Fällen: sowohl bei Reduktion im sichtbaren als auch infraroten Wellenlängenbereich.

Komischerweise geschieht das bereits im Fall von Wasser. Solche Experimente können leicht auf jedem Overheadprojektor durchgeführt werden und zeigen, dass die Absorption des Infrarotanteils der ankommenden Strahlung durch Wasser nicht vernachlässigbar ist und zu einem Fall der Temperatur einer beleuchteten Oberfläche führt, die mit einer Schicht bedeckt ist, die Infrarot absorbiert und durchsichtig im sichtbaren Licht ist.

3.9 Die Gesetze der Thermodynamik

3.9.1 Einführung

Zur Zeit der Veröffentlichung von Fourier [84], [83] waren die zwei grundsätzlichen Gesetze der klassischen Thermodynamik noch nicht bekannt. In der Formulierung von Rudolf Clausius (2. Januar 1822 – 24. August 1888), dem Begründer der axiomatischen Thermodynamik, lauten die Sätze [66], [67]:

- **Der erste Hauptsatz der Thermodynamik:** In allen Fällen, wenn Arbeit in die Wärme umgewandelt wird, ist der Betrag der Wärme im Verhältnis zur verbrauchten Arbeit und umgekehrt, der selbe Betrag der Wärme kann in einen gleichen Betrag an Arbeit umgewandelt werden.
- **Folge:** Arbeit kann in die Wärme und umgekehrt umgewandelt werden, wobei der Betrag des einen ist im Verhältnis zum Betrag des anderen.

Das ist die Definition des mechanischen Wärmeäquivalents.

- **Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik:** Wärme kann sich nicht von selbst von einem kühleren Körper zu einem wärmeren bewegen. Eine Wärmeübertragung von einem kühleren Körper zu einem wärmeren kann nicht ohne Kompensation geschehen.
- **Folge:** Eine Wärmeübertragung von einem kühleren Körper zu einem wärmeren kann ohne Kompensation nicht geschehen.

Ein fiktiver Wärmemotor, der auf diese Weise arbeitet, wird ein perpetuum Mobile zweiter Art genannt.

Clausius untersuchte gründlich, dass der zweite Hauptsatz auch für die Strahlung relevant ist – auch wenn Aufbauten mit Spiegeln und Linsen [66], [67] in Betracht gezogen werden.

3.9.2 Diagramme

Es ist ziemlich nützlich, den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik mit Hilfe von Diagrammen zu erklären.

- Eine Dampfmaschine arbeitet und wandelt Wärme in mechanische Energie um, dabei wird auch Wärme vom Wärmereservoir zum Kältereservoir übertragen (siehe Abbildung 29, S. 76).
- Eine Wärmepumpe (z.B ein Kühlschrank) arbeitet, weil externe Arbeit zugeführt wird, dadurch wird Wärme vom kühleren zum wärmeren übertragen (siehe Abbildung 30, S. 76).
- In einem perpetuum Mobile der zweiten Art wird Wärme von dem kühleren zum wärmeren Reservoir übertragen ohne das externe Arbeit zugeführt wird (siehe Abbildung 31, S. 76).

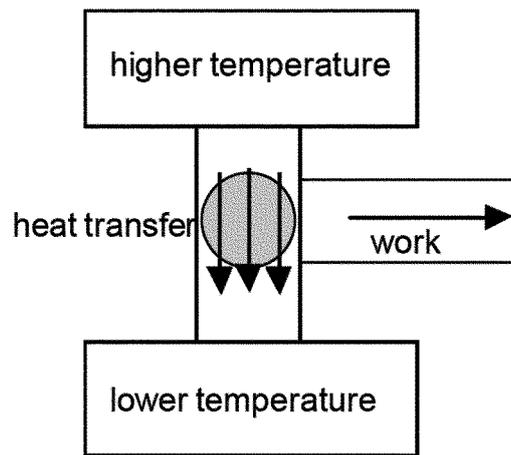


Abbildung 29: Eine Dampfmaschine arbeitet und Wärme wird in die mechanische Energie umgewandelt.

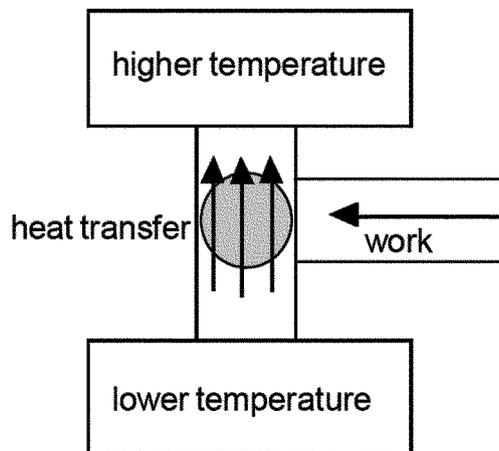


Abbildung 30: Eine Wärmepumpe (z. B. ein Kühlschrank) arbeitet, weil externe Arbeit zugeführt wird.

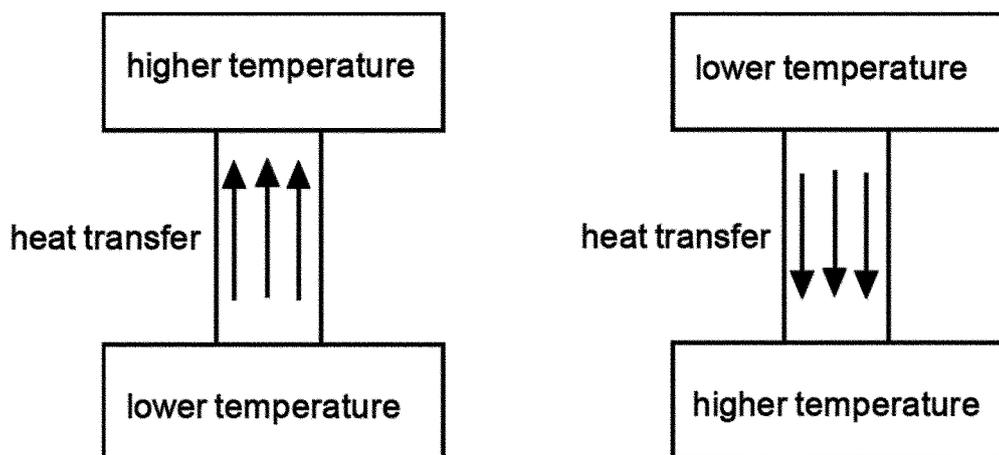


Abbildung 31: Jede Maschine, die Wärme von einem Reservoir mit niedriger Temperatur in ein Reservoir mit hoher Temperatur überträgt ohne Zuführung externer Arbeit kann nicht funktionieren, ein perpetuum Mobile zweiter Art ist unmöglich.

3.9.3 Ein Paradox

Der Gebrauch eines perpetuum Mobile der zweiten Art kann in vielen modernen Pseudoerklärungen des CO₂-Treibhauseffekts gefunden werden. Sogar prominente Physiker haben sich auf diese Beweisführung verlassen. Ein Beispiel war die Hypothese von Stichel, die bereits im Abschnitt 3.3.4, S. 36 besprochen wurde [193].

Der berühmte deutsche Klimaforscher Rahmstorf hat behauptet, dass Treibhauseffekt würde dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik nicht widersprechen [171]:

Einige 'Skeptiker' behaupten, dass der Treibhauseffekt nicht funktionieren kann (entsprechend dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik) weil keine Strahlungsenergie von einem kälteren Körper (der Atmosphäre) zu einem wärmeren Körper (der Erdoberfläche) übertragen werden kann. Jedoch wird der zweite Hauptsatz durch den Treibhauseffekt natürlich nicht verletzt, da durch den Strahlungsaustausch in beide Richtungen der Nettoenergiefluß von der Wärme zur Kälte geht.

Der Verweis von Rahmstorf auf den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ist einfach falsch. Der zweite Hauptsatz ist eine Erklärung zur Wärme, nicht zur Energie. Außerdem führt der Autor den dunklen Begriff des »Netto-Energieflusses« ein. Die relevante Größe ist der »Netto-Wärmefluß«, welcher selbstverständlich die Summe des nach oben und nach unten gerichteten Wärmeflusses innerhalb eines festen Systems, hier des atmosphärischen Systems. Es ist unzulässig den zweiten Hauptsatz für die nach oben und nach unten gerichteten Wärme getrennt neu zu definieren für den Fluß in einem thermodynamischen System.

Der zweite Hauptsatz wird mit Rahmstorf Ausführungen nicht neu definiert. In Gleichung (70), S. 56 ist die Emission eines Körpers (richtig!) genannt - und zwar implizit als unabhängig von der Umgebung. Die Umgebung kann auch wärmer sein. Wo soll denn z. B. die Strahlung einer kühleren Kugel bleiben, wenn sie in einer Hohlkugel höherer Temperatur ist? Wieso kühlt sich die äußere Kugel schneller ab, wenn die innere Kugel kälter ist? Woher weiß die äußere Kugel, daß sie aufhören muß, die innere Kugel zu heizen, wenn das Temperaturgleichgewicht erreicht ist? Die Erklärung wird ganz einfach, wenn man berücksichtigt, daß auch die innere Kugel emittiert: Wenn die innere Kugel sehr kalt ist, emittiert sie kaum, so daß die starke Abstrahlung der äußeren Hohlkugel kaum durch eine Gegenstrahlung kompensiert wird, mit zunehmender Temperatur emittiert die innere Kugel immer stärker bis bei Temperaturgleichgewicht die innere Kugel genau so viel Leistung emittiert, wie sie von der äußeren Hohlkugel absorbiert. Das wußte schon Prevost schon vor über 200 Jahren [169]. Wenn zwei entgegengesetzte Wärmestrahlungen betrachtet werden, ist die Differenz beider Wärmen eben die Nettowärmeübertragung.

Eine ähnliche Verwirrung ist zur Zeit in der deutschen Version der Wikipedia [28] zu sehen:

Einige haben Probleme mit der Energie, die durch die Treibhausgase zur Oberfläche der Erde ausgestrahlt wird (150 W/m² - wie oben gezeigt) weil dieser Energiefluß von einem kälteren Körper (etwa -40 °C) zu einem wärmeren (der Erdoberfläche etwa +15 °C), anscheinend den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik verletzen würde. Das ist eine falsche Interpretation, da es die Strahlung der Sonne (sogar 6000 K) ignoriert. In Bezug auf das Gesamtgleichgewicht wird dem zweiten Hauptsatz tatsächlich gefolgt.

Offensichtlich sind die Autoren verwirrt bezüglich Energie und Wärme. Wärme ist eine Form der Energie. Dazu kommt noch, dass Wärme oft nicht eindeutig gebraucht wird: als Energie und als Leistung. Außerdem, das fragliche System ist hier das atmosphärische

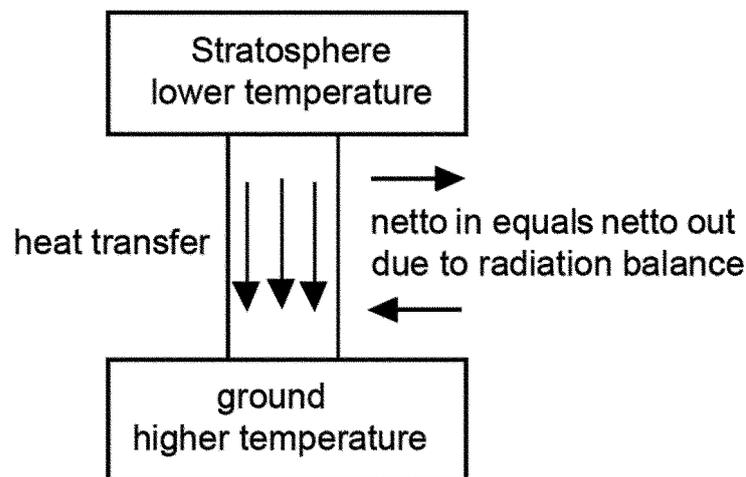


Abbildung 32: Eine Maschine, die Wärme von einem Reservoir mit niedriger Temperatur (z. B. der Stratosphäre) überträgt zu einem Reservoir mit hoher Temperatur (z. B. der Atmosphäre) ohne externe Arbeit anzuwenden, kann nicht funktionieren - selbst wenn sie strahlungsmäßig mit einer Umgebung gekoppelt wird, welche sie strahlungsmäßig bilanziert. Ein modernes Klimamodell soll solch eine Variante eines perpetuum Mobiles des zweiten sein Art. **Wirklich?** Beispiel zum Strahlungsnachweis: Die »ground higher temperature« sei ein Infrarotthermometer (Strahlungs-pyrometer) bei Zimmertemperatur (ist auch handelsüblich), »Stratosphere lower temperature« sei da Innere eines gerade geöffneten Kühlschranks. Das Strahlungs-pyrometer wird die richtige Temperatur anzeigen, obwohl die Temperatur des Kühlschranks niedriger als die Temperatur des Strahlungs-pyrometers ist.

System der Erde einschließlich der Erdoberfläche. Da dieses System vermeintlich im Strahlungsgleichgewicht mit seiner Umgebung ist, und irgendwelche andere Formen des Energie- und Masseaustauschs mit seiner Umgebung streng verboten sind, wird es definiert als ein System im Sinne der Thermodynamik, in dem der zweite Hauptsatz streng eingehalten ist, selbst wenn es ein Subsystem des größeren Gesamtsystems betrachtet wird. **Unzutreffend mit zwei Betrachtungen:**

- Wenn nur das Subsystem betrachtet wird, ist die Solarstrahlung als externer Antrieb auf das Subsystem zu betrachten (»work« in Abbildung 30, S. 76)
- Die Formulierung des zweiten Hauptsatzes mit der Temperatur ist eine eingeschränkte populäre Darstellung. Allgemeiner ist die Darstellung mit der Entropie – siehe Abschnitt 4.2.10, S. 84. In einem Subsystem kann die Entropie abnehmen. Die Entropieabnahme in einem Subsystem ändert nichts daran, daß im isolierten Gesamtsystem die Entropie immer zunehmen muß. »Die Entropie einzelner Untersysteme kann in beiden Arten von Prozessen durchaus abnehmen [121, S. 44(48)].

Die Unterschiede zwischen Wärme, Energie und Arbeit ist für das Verstehen der Thermodynamik entscheidend. Der zweite Hauptsatz ist eine Erklärung zu diesen Unterschieden.

Eine ganz klare Beispiel für die Strahlungswirkung unabhängig von der Temperaturdifferenz ist die drahtlose Kommunikation. Da für alle selbstverständlich ist, daß die Verbindungen unabhängig von Temperaturunterschieden der beteiligten Geräte funktionieren, bestreiten einige, daß auch bei dieser Kommunikation der zweite Hauptsatz der Thermodynamik gültig und erfüllt ist – obwohl die Sätze der Thermodynamik universell gültig sind.

3.9.4 Mögliche Schlußfolgerung des Paradoxes

Es kann in der folgenden Näherung sein, dass etwas in Klimamodellen möglich ist, was dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik widerspricht. Im Feld der theoretischen Beschreibung der irreversiblen Thermodynamik wird der zweite Hauptsatz in der Erklärung gefunden, dass die Wärmeflußdichte und der Temperaturgradient entgegengesetzte Richtungen haben

$$q = - \lambda \cdot \text{grad } T \quad (121)$$

In dieser Formel ist die Wärmeleitung notwendigerweise ein positiver definitiver Tensor. In Klimamodellen es ist üblich, den Wärmeleitwert der Atmosphäre zu vernachlässigen, was bedeutet, ihn auf Null zu setzen [101].

$$\lambda = 0 \quad (122)$$

Das könnte erklären, warum die numerischen Simulationen kleine Effekte im Widerspruch zum zweiten Hauptsatz der Thermodynamik produzieren konnten. Die Wärmeleitung auf die Null zu setzen, würde nicht eine wirkliche Übertretung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik sein, weil es der Näherung eines idealen Systems entspricht: Trotz der Temperaturdifferenz kann kein Wärmefluß von einem wärmerem Gebiet zu einem kälteren entstehen. Das würde in die Übereinstimmung mit dem zweiten Hauptsatz sein, wenn es keinen Temperaturanstieg gäbe. In der Vergangenheit wiesen die »Vorhersagen« der Klimamodelle manchmal hin in diese Richtung, wie das detailliert im Abschnitt 3.6.2, S. 51 gezeigt wurde.

4 Physikalische Fundamente der Klimawissenschaft

4.1 Einführung

Eine grundsätzliche Theorie des Wetters und seiner lokalen Durchschnitte, dem Klima, muss auf einer angemessenen physikalischen Theorie aufgebaut sein. Unter der Prämisse, dass solch eine Theorie bereits formuliert ist, gibt es zwei grundlegende Probleme, die noch ungelöst sind, nämlich

- das Einbetten der rein physikalischen Theorie in einen viel breiteren Rahmen einschließlich der chemischen und biologischen Wechselwirkungen innerhalb des geophysikalischen Bereichs,
- die korrekte physikalische Berechnung eines möglichen nichttrivialen Strahlungseffekts, die weiter gehen muss als die berühmte Schwarzkörpernäherung, die suggestiv ist, aber nicht für Gase gilt. [Diese Theorie der Wechselwirkung Strahlung ./ Gas existiert und wurde bereits 1916 von Einstein formuliert \[78\].](#)

Ein Bericht über die Aussagen von Chemie und Biologie zum Kohlenstoffkreislauf liegt außerhalb der Perspektive dieses Aufsatzes, darf aber nicht vernachlässigt werden. In seinen kritischen Studien zur Erderwärmung mittels Computermodellen stellte den bedeutenden theoretische Physiker Freeman J. Dyson fest [75],

Die Modelle lösen die Gleichungen der Fluiddynamik, und sie tun einen sehr guten Job zur Beschreibung der Fluidbewegungen der Atmosphäre und der Ozeane. Sie tun sehr einen schlechten Job zur Beschreibung der Wolken, dem Staub, der Chemie und der Biologie von Feldern, Farmen und Wäldern. Sie beginnen nicht, die reale Welt zu beschreiben, in der wir leben. Die reale Welt ist schlampig und unordentlich und mit Dingen voll, die wir noch nicht verstehen. Es ist für

einen Wissenschaftler viel leichter, in einem klimatisierten Gebäude zu sitzen und Computermodelle laufen zu lassen, als draußen in Winterkleidung zu messen, was wirklich in den Sümpfen und den Wolken geschieht. Deshalb enden die Klimamodellexperten damit, an ihre eigenen Modelle zu glauben.

Jedoch es kann gezeigt werden, dass sogar innerhalb der Grenzen der theoretischen Physik mit oder ohne Strahlung die Dinge äußerst kompliziert sind, so dass man sehr schnell einen Punkt erreicht, wo brauchbare Vorhersagen nicht mehr gemacht werden können. Das Bilden solcher Vorhersagen kann dennoch interpretiert werden als eine Flucht aus dem Gebiet der Wissenschaften, um nicht zu sagen als ein wissenschaftlicher Betrug.

Im folgenden wird über die Erhaltungsgesetze der Magnetohydrodynamik berichtet. Das ist allgemein akzeptiert, dass Näherung vom Navier-Stokes-Type oder vereinfachte Magnetohydrodynamik das Rückgrat der klimatologischen Computersimulationen stellt [147], [176], [189]. In diesem Rahmen können weder die Strahlungsbilanzgleichungen hergeleitet werden, noch es ist möglich die Strahlungswechselwirkungen auf eine konsistente Weise zu integrieren. Deshalb würde es konzeptionell notwendig sein in ein mikroskopisches Regime zu gehen, das durch die Nichtgleichgewicht Mehrart Quantenelektrodynamik der Teilchen beschrieben wird, die die Randbedingungen mit inneren Freiheitsgraden verbindet, wobei die reichen Strukturen und die Koexistenz von Phasen in Betracht gezogen werden müssen bei Diskussion von natürlichen Situationen. Von diesen nur formell skizzierbaren, von Anfang an mikroskopischen Näherungen ist dabei kein Weg bekannt, der zu einer Familie realistischer phänomenologischer Klimamodelle führt [216].

4.2 Die Erhaltungsgesetze der Magnetohydrodynamik

4.2.1 Übersicht

Der Kern eines Klimamodells muss ein Satz von Gleichungen sein, der die Gleichungen der Fluidflüsse beschreibt, nämlich die Navier-Stokes-Gleichungen [176], [189]. Die Navier-Stokes-Gleichungen sind nichtlineare partielle Differentialgleichungen, die analytisch zu lösen im Allgemeinen unmöglich ist. In sehr speziellen Fällen führen numerische Methoden zu brauchbaren Ergebnissen, aber es gibt keine Systematik für den allgemeinen Fall. Außerdem muss die Navier-Stokes-Näherung zum Multikomponenten-Problem erweitert werden, was die Analyse nicht vereinfacht.

Klimamodellierer akzeptieren oft nicht, dass »Klimamodelle zu kompliziert und unsicher sind um brauchbare Voraussagen der Klimaänderung zu erstellen« [150]. Eher behaupten sie, dass die »heutigen Modelle es ermöglichen den vergangenen Klimaänderung die Ursachen zuzuordnen und die Hauptcharakteristiken des zukünftigen Klimas vorauszusagen mit einem hohen Grad an Vertrauen« [150]. Es ist offensichtlich, dass dieser Anspruch (ohne das bemerkenswerte Thema der Vorhersage zu spezifizieren) dem widerspricht, was darüber theoretischen Meteorologie gut bekannt ist, nämlich, dass die Genauigkeit der Wetterprognosemodelle eher beschränkt ist (und sein muss) (d.h. beschränkt auf ein paar Tage) [215]. [Aus der Beschränktheit der Wettervorhersagemodelle folgt nicht automatisch die Unbrauchbarkeit der Klimamodelle. Dafür ein Beispiel aus der Physik: Druck, Temperatur eines Gases \(äquivalent dem Klima\) lassen sich sehr gut aus den Gasgleichungen berechnen. Diese Daten sind das Ergebnis der Teilchenbewegungen im Gas, die den Gesetzen der Mechanik und Quantentheorie gehorchen. Nach diesen Gesetzen ist es prinzipiell unmöglich die Entwicklung der Teilchenverteilung \(äquivalent dem Wetter\) längere Zeit vorherzusagen – aber Druck usw. lassen sich doch gut berechnen.](#)

Die Nichtlösbarkeit von Gleichungen des Navier-Stokes-Type ist verbunden (aber nicht eingeschränkt) mit dem chaotischen Charakter der Turbulenz. Aber das ist nicht der einzige Grund, warum Klimamodelle nicht auf einer sicheren Basis erstellt werden können. Ebenso wichtig ist es, dass sogar der volle Satz von Gleichungen, die für ein korrektes Modell des atmosphärischen Systems (um nicht zu sagen des atmosphärisch-ozeanografischen Systems) zur Verfügung zu stellen sind, im vollen Ausmaß nicht bekannt ist (und wird es niemals sein). Alle Modelle, die für die »Simulation« verwendet werden, sind vereinfacht (und müssen das sein). Jedoch stellt im Allgemeinen ein Satz vereinfachter nichtlinearer partieller Differentialgleichungen ein völlig verschiedenes Verhalten dar als das realistische, kompliziertere System. Weil es dabei keine Strategie für eine schrittweisen Verbesserung innerhalb des Rahmens der renormalisierten (halb-) Gruppe besteht, kann man keine brauchbaren Vorhersagen machen. Die reale Welt ist dazu zu komplex, um sie korrekt durch ein umsetzbares Gleichungssystem für die Bearbeitung zu vertreten [216]. Das einzige sichere Behauptung, die gemacht werden kann, ist die, dass die Dynamik des Wetters wahrscheinlich durch eine verallgemeinerte Navier-Stokes-type Dynamik bestimmt wird.

Offensichtlich müssen die elektromagnetischen Wechselwirkungen eingeschlossen werden, was gerade zum Fachgebiet der Magnetohydrodynamik (MHD) führt [73], [93], [187], [186]. Das kann als ein Satz von Gleichungen betrachtet werden, der die ganze notwendige Physik von Flüssigkeiten, Gasen und/oder Plasmen ausdrückt.

Im folgenden werden diese notwendigen Gleichungen aufgeführt. Die Absicht ist zweifach,

- Erstens sollte ein Überblick darüber gemacht werden, welche Bilanzrelationen im Fall atmosphärischer physikalischer Systeme wirklich bestehen.
- Zweitens sollte die Frage besprochen werden an welchen Punkten der angenommene Treibhaus-Mechanismus wirklich in die Gleichungen eingeht und wo die Kohlendioxid-Konzentration erscheint.

Leider scheint der letzte Aspekt in den Mainstream-Näherungen der Klimatologie verschleiert zu werden.

4.2.2 Erhaltung der elektrischen Ladung

Gewöhnlich wird die Erhaltung der elektrischen Ladung durch die Kontinuitätsgleichung beschrieben

$$\frac{\partial \rho_e}{\partial t} + \nabla \cdot j = 0 \quad (123)$$

wo ρ_e die elektrische (Überschuss) Ladungsdichte und j die elektrische (äußerliche) Stromdichte ist.

4.2.3 Massenerhaltung

Die Erhaltung der Masse wird durch eine andere Sorte der Kontinuitätsgleichung beschrieben

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = 0 \quad (124)$$

wobei ρ die Massendichte und ρv die Dichte der Massenströmung ist.

4.2.4 Die Maxwell'schen Gleichungen

Das elektromagnetische Feld wird durch die Maxwell'schen Feldgleichungen beschrieben, die lauten

$$\nabla \cdot D = \rho_e \quad (125)$$

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t} \quad (126)$$

$$(127)$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (128)$$

$$\nabla \times H = j + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (129)$$

wobei die Standardnotationen verwendet werden. Sie müssen durch die Materialgleichungen ergänzt werden

$$D = \varepsilon \varepsilon_0 E \quad (130)$$

$$B = \mu \mu_0 H \quad (131)$$

wobei angenommen wird, dass ε und μ konstant in Raum und Zeit sind, eine Annahme, die bereits von Maxwell gemacht war.

4.2.5 Das Ohmsche Gesetz für bewegte Medien

Der elektrischer Transport wird mit dem Ohmschen Gesetz für bewegte Medien beschrieben

$$j - \rho_e v = \sigma(E + v \times B) \quad (132)$$

wobei σ der elektrische Leitfähigkeits-Tensor ist. Ausgedrückt in Bezug auf den Tensor des spezifischen Widerstands ρ lautet das

$$\rho(j - \rho_e v) = E + v \times B \quad (133)$$

4.2.6 Momenten-Gleichgewichts-Gleichung

Die Erhaltung des Moments wird durch eine Moment-Gleichgewicht-Gleichung beschrieben, auch bekannt als Navier-Stokes-Gleichung,

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho v) + \nabla \cdot (\rho v \otimes v) = - \nabla p - \rho \nabla \Phi + \rho_e E + j \times B + \nabla \cdot R + F_{ext} \quad (134)$$

wo v das Geschwindigkeitsvektorfeld, p das Druckfeld, Φ das Gravitationspotenzial, R ist Reibungstensor, und F_{ext} die externen Kraft-Dichten sind, welche Corioliskräfte und Zentrifugalbeschleunigungen beschreiben können.

4.2.7 Gesamtenergie-Gleichgewicht-Gleichung

Die Erhaltung der Energie wird dadurch beschrieben

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\rho}{2} |v|^2 + \frac{1}{2} H \cdot B + \frac{1}{2} E \cdot D + \rho \Phi + \rho u \right) + \\ & + \nabla \cdot \left(\frac{\rho}{2} |v|^2 v + E \times H + \rho \Phi v + \rho u v + p v - r \cdot R + \lambda \cdot \nabla T \right) = \\ & = \rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} + F_{ext} \cdot v + Q \end{aligned} \quad (135)$$

wobei u die Dichte der inneren Energie, T das Temperaturfeld und λ der thermische Leitfähigkeits-Tensor ist. Außerdem ist der Term Q hinzugefügt worden, der eine Quellen-Senken-Verteilung der Wärmedichte beschreiben könnte.

4.2.8 Der Lehrsatz von Poynting

Von den Maxwell'schen Gleichungen mit Raum-Zeit-unabhängigen ε und μ erhält man die Beziehung

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{2} H \cdot B + \frac{1}{2} E \cdot D \right) + \nabla \cdot (E \times H) = - j \cdot E \quad (136)$$

Diese Beziehung ist eine Bilanz-Gleichung. Das Poynting Vektorfeld $E \times H$ kann als eine Energiestrom-Dichte des elektromagnetischen Feldes interpretiert werden.

4.2.9 Konsequenzen der Erhaltungsgesetze

Multipliziert man das Ohmsche Gesetz für bewegte Medien (Gleichung (133), S. 82) mit $j - \rho_e v$, erhält man

$$\begin{aligned} (j - \rho_e v) \sigma (j - \rho_e v) &= j \cdot E + j \cdot (v \times B) - \rho_e v \cdot E \\ &= j \cdot E - v \cdot (j \times B) - \rho_e v \cdot E \end{aligned} \quad (137)$$

Die Gleichung kann umsortiert werden zu

$$j \cdot E = (j - \rho_e v) \sigma (j - \rho_e v) + v \cdot (j \times B) + \rho_e v \cdot E \quad (138)$$

Wird das in den Lehrsatz von Poynting (Gleichung (136), S. 83) eingefügt, erhält man

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{1}{2} H \cdot B + \frac{1}{2} E \cdot D \right) + \nabla \cdot (E \times H) &= \\ &= - (j - \rho_e v) \sigma (j - \rho_e v) - v \cdot (\rho_e E + j \times B) \end{aligned} \quad (139)$$

Andererseits, wenn man das Skalarprodukt mit v auf die Moment-Gleichgewicht-Gleichung anwendet Gleichung (134), S. 82 erhält man

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\rho}{2} |v|^2 \right) + \nabla \cdot \left(\frac{\rho}{2} |v|^2 v \right) &= \\ &= - v \cdot \nabla p - \rho v \cdot \nabla \Phi + v \cdot (\rho_e E + j \times B) + v \cdot (\nabla \cdot R) + v \cdot F_{ext} \end{aligned} \quad (140)$$

Ersetzt man $v \cdot (\rho_e E + j \times B)$ mit der Gleichung (139) und führt einige elementare Manipulationen aus, erhält man letztlich

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\rho}{2} |v|^2 + \frac{1}{2} H \cdot B + \frac{1}{2} E \cdot D + \rho \Phi \right) + \\ + \nabla \cdot \left(\frac{\rho}{2} |v|^2 v + E \times H - v \cdot R + p v + \rho \Phi v \right) &= \\ = p \nabla \cdot v + \rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} - \text{Spur}((\nabla \otimes v) \cdot R) - (j - \rho_e v) \sigma (j - \rho_e v) + F_{ext} \cdot v \end{aligned} \quad (141)$$

Diese Beziehung ist eine Folge der grundsätzlichen Gleichungen der Magnetohydrodynamik. Der Term Q , der die Quellen der Wärmedichte nennt, die innere Energiedichte u , und die Divergenz der Wärmestromdichte q fehlen.

4.2.10 Die allgemeine Wärmeleitungsgleichung

Mit

$$du = \frac{p}{\rho^2} d\rho + T ds \quad (142)$$

für reversible Prozesse kann man die Dichte der inneren Energie u durch die Entropiedichte s ersetzen.

Mithilfe der Gleichungen (135) und (136) (S. 82) leitet man eine Differentialgleichung für die Entropiedichte s ab:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho s}{\partial t} + \nabla(\rho s v) &= \\ &= \frac{1}{T} \text{Spur}((\nabla \otimes v) \cdot R) + \frac{1}{T} (j - \rho_e v) \sigma (j - \rho_e v) \\ &\quad - \frac{1}{T} \nabla \cdot (\lambda \cdot \nabla T) + \frac{Q}{T} \end{aligned} \quad (143)$$

Das ist die verallgemeinerte Form der Wärmeleitungsgleichung.

Nur mit der künstlichen Wärmedichte Q in der Gleichung (143) kann man eine hypothetische Erwärmung durch Strahlung einbeziehen. Es gibt keinen Term, der von der Kohlendioxid-Konzentration abhängt.

4.2.11 Diskussion

Die oben besprochenen Gleichungen umfassen nur ein System von Ein-Fluid-Gleichungen. Man kann (und muss) Mehr-Fluid-Gleichungen niederschreiben und außerdem die Mittelwertgleichungen, die die Turbulenz beschreiben. Um ein realistisches Modell der realen Welt zu erhalten, *müssen* die obengenannten Gleichungen verallgemeinert werden, damit Folgendes in Betracht gezogen wird

- die Abhängigkeit von allen relevanten Koeffizienten in Raum und Zeit;
- die Anwesenheit und Koexistenz der verschiedenen Arten von Flüssigkeiten und Gasen;
- die Inhomogenitäten der Medien, die Mischung und Trennung von Phasen.

Im Prinzip wird solch eine Generalisation machbar sein, indem man Definitionsgebiete in Stücke schneidet und die Gleichungen behandelt durch Methode der Zusammenführung. So wird der letzte Grad der Komplexität viel größer sein als das ursprünglich erwartete Erreichen eines Systems von Tausenden von phänomenologisch Gleichungen, die eine nichtlineare dreidimensionale Dynamik und Wärmeübertragung definieren [92] [94], [10].

Es kann nicht genug betont werden, dass – selbst wenn diese Gleichungen erheblich vereinfacht werden – man keine numerische Lösungen erhalten kann – weder für kleine Raumgebiete und noch für kleine Zeitintervalle. Diese Situation wird sich in den nächsten 1000 Jahren unabhängig von bei der Computerhardware gemachten Fortschritten nicht ändern. Deshalb können es globale Klimaforscher *endlos* fortsetzen aktualisierte Vorschläge für Forschungsbewilligungen für anspruchsvolle Supercomputer der folgenden Generation zu schreiben. Bereits die äußerst vereinfachten Ein-Fluid Gleichungen sind unlösbar, deshalb sind die Mehr-Fluid-Gleichungen erst recht unlösbar, die Gleichungen, die die Mittelwertgleichungen, die die Turbulenz beschreiben, einbeziehen würden noch mehr unlösbar sein, wenn es für »unlösbar« eine Steigerung gäbe.

Unabhängig vom gewählten Niveau der Komplexität sollen diese Gleichungen das Rückgrat Klimasimulationen sein, oder mit anderen Worten, die Fundamente von Modellen der Natur. Aber sogar das ist nicht wahr: In den Computersimulationen sind Wärmeleitung und Reibung völlig vernachlässigt, da sie durch partiellen Ableitungen zweiter Ordnung mathematisch

beschrieben werden und die können nicht durch ein Gitter mit weiten Maschen dargestellt werden. Daraus folgt, dass die Computersimulationen der globalen Klimatologie **nicht auf physikalischen Gesetzen beruhen**.

Dasselbe gilt für die Spekulationen über den Einfluß des Kohlendioxids:

- Obwohl das elektromagnetische Feld in den MHD-Typ globaler klimatologischer Gleichungen einbezogen wird, gibt es keine Terme, die der Absorption elektromagnetischer Strahlung entsprechen. **Da aber zweifellos elektromagnetische Strahlung absorbiert wird, fehlt also diesen Gleichungen Wesentliches – nämlich z. B. die Einbeziehung der Einsteingleichungen.**
- Es ist schwer, wenn nicht sogar unmöglich, einen Punkt in globale klimatologische Gleichungen vom MHD-Typ einzubringen, bei dem die Konzentration des Kohlendioxids ins Spiel kommt. **Da den Gleichungen Wesentliches fehlt (siehe erster Punkt) ist das nicht verwunderlich.**
- Es ist unmöglich, die Strahlungsübertragungsgleichung (59), S. 47, in den MHD-Typ der klimatologischen Gleichungen einzubeziehen. **Da den Gleichungen Wesentliches fehlt (siehe erster Punkt) ist das nicht verwunderlich.**
- Anscheinend gibt es in der Literatur keine Referenz, wo die Kohlendioxid-Konzentration in klimatologische Gleichungen vom MHD-Typ eingeführt wird. **Warum auch? Siehe erster Punkt.**

Da Wesentliches vernachlässigt wurde, ist die folgende Schlußfolgerung nicht überraschend.

Folglich bleibt nur eine Möglichkeit: ein hypothetisches Erwärmen durch Strahlung eigenmächtig einzubeziehen als Term einer künstlichen Heizdichte Q in die Gleichung (143), S. 84. Aber das würde gleichwertig sein dem achtungsgebietenden »politisch korrekt« erforderlichen anthropogenen Anstieg der Temperatur, der sogar von Anfang an die zusätzliche triviale Berechnung rettet.

Im Falle partieller Differentialgleichungen bestimmen mehr die Randbedingungen als die Gleichungen selbst die Lösungen. Es gibt so viele unterschiedliche Übertragungsphänomene: Strahlungstransfer, Wärmeübertragung, Momenten-Übertragung, Massenübertragung, Energieübertragung usw. und viele Typen von Übergängen, statisch oder bewegt zwischen Festkörpern, Flüssigkeiten, Gasen, Plasmas usw. für die keine anwendbare Theorie besteht, so daß man keine Randbedingungen niederschreiben kann [50], [175].

In den »geschätzten« diskretisierten Gleichungen sind künstliche unphysikalische Randbedingungen eingeführt, um zu verhindern, das System in unphysikalische Zustände laufen kann. Solch eine »Berechnung«, welche zu einem beliebigem Ergebnis führt, ist keine Berechnung im Sinne der Physik, und folglich im Sinne der Wissenschaft. Es gibt keinen Grund zu glauben, dass globale Klimaforscher diese grundsätzlichen wissenschaftlichen Tatsachen nicht kennen. Dennoch behaupten die globalen Klimaforscher in ihren Zusammenfassungen für Politikmacher, dass sie den Einfluß des Kohlendioxids auf das Klimas schätzen können.

Die aufgestellten Gleichungen sind teilweise unnötig komplex, andererseits fehlen wesentliche Zusammenhänge. Z. B. sind die Einsteingleichungen nicht einbezogen, die wesentlich für die Wechselwirkung Gas ./ Strahlung sind und deswegen entsteht z. B. die Künstlichkeit der Einführung von Q . Insofern bringen diese Gleichungen kaum einen Beitrag für die Klimauntersuchung.

4.3 Wissenschaft und die Globale Klimamodellierung

4.3.1 Wissenschaft und das Problem der Abgrenzung

Wissenschaft bezieht sich auf jedes System von objektiven Kenntnissen, die insbesondere auf Kenntnissen beruhen, die sowohl mit wissenschaftlichen Methoden als auch mit einer

organisierten Gesamtheit von Kenntnissen durch die Forschung gewonnen wurden [5], [24].

Es gibt im Wesentlichen drei Kategorien von Wissenschaften nämlich

- formelle Wissenschaften (Mathematik),
- Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie)
- Sozialwissenschaften

In Naturwissenschaften muss man unterscheiden zwischen

Theorie: Ein logisch konsequenter Rahmen, um das Verhalten bestimmter Naturphänomene auf Basis fundamentaler Prinzipien zu beschreiben;

Modell: Ein ähnliches, aber schwächeres Konzept als eine Theorie, das nur bestimmte Aspekte der Naturphänomene beschreibt und sich normalerweise auf eine vereinfachte Arbeitshypothese stützt;

Naturgesetz: Eine wissenschaftliche Verallgemeinerung, die auf einer ausreichend großen Zahl empirischer Beobachtungen beruht, so dass es als völlig verifiziert genommen wird;

Hypothese: Eine Behauptung, die weder bewiesen, noch durch das Experiment ausgeschlossen worden ist oder widerlegt wird durch einen Widerspruch zu feststehenden Naturgesetzen.

Ein *Konsens* genauer gesagt ein *Konsens über eine Hypothese* ist ein Begriff, der außerhalb der Naturwissenschaft liegt, da das für die objektive Wahrheit eines physikalischen Gesetzes völlig irrelevant ist:

Wissenschaftlicher Konsens ist wissenschaftlicher Unsinn.

Das *Problem der Abgrenzung* besteht darin wie und wo die Grenzlinie zur Wissenschaft zu ziehen ist, d.h. die Wissenschaft von der Religion zu unterscheiden, von der Pseudowissenschaft, d.h. betrügerischen Systemen, die fein angezogen werden als Wissenschaft und im Allgemeinen Nichtwissenschaft sind [5], [25].

In der Philosophie der Wissenschaft werden mehrere Annäherungen an eine Definition der Wissenschaft besprochen [5], [24]:

Empirismus⁶³ (Wiener Kreis): Nur Erklärungen von empirischen Beobachtungen sind bedeutsam, d.h. wenn eine Theorie bestätigbar ist, dann wird sie wissenschaftlich sein;

Widerlegbarkeit (Popper): Wenn eine Theorie widerlegbar ist, dann wird es eine wissenschaftliche sein;

Paradigma-Verschiebung (Kuhn): Innerhalb des Prozesses der normalen Wissenschaft entstehen Anomalien, welche schließlich zu einer Krise und letztlich zum Schaffen eines neuen Paradigmas führen; die Annahme eines neuen Paradigmas durch die wissenschaftliche Gemeinschaft zeigt eine neue Abgrenzung zwischen der Wissenschaft und Pseudowissenschaft;

demokratische und anarchistische Näherung an die Wissenschaft (Feyerabend):

Wissenschaft ist keine autonome Form des Denkens, aber untrennbar vom größeren Körper des menschlichen Denkens und Untersuchens, »erlaubt ist, was gefällt«.

Oberflächlich stellt der letzte Punkt ein nettes Argument für Computermodellierer im Rahmen der globalen Klimatologie dar. Jedoch ist es hoch zweifelhaft, ob das an den Rahmen der Physik angepasst ist. Svozil bemerkte, dass von Feyerabend das Verstehen der Physik oberflächlich war [196]. Svozil betont,

63) auch logischer Positivismus oder Bestätigung

Ganz allgemein, teilweise wegen der Komplexität des Formalismus und den neuen Herausforderungen ihrer Resultate, welche die Philosophie nicht kennt, haben die Physiker versucht eine eigene Bedeutung ihrer Themen zu entwickeln.

Physik stellt ein Fundament für die Technik und folglich für die Produktion und die moderne Volkswirtschaft zur Verfügung. So wird dem Bürger die Alternative gelassen (im Sinne einer Wahl zwischen zwei Optionen)

- (a) entweder politischen und wirtschaftliche Entscheidungen zu akzeptieren, die aus einem anarchischen Standpunkt folgen, der schließlich behauptet, dass es eine Verbindung gibt, zwischen Experiment und Beobachtung, und folglich mit der realen Welt, auch wenn es keine solche Verbindung gibt;
- (b) oder politische und wirtschaftliche Entscheidungen zu verlangen, die aus Ergebnissen der nachprüfaren Forschung innerhalb des Rahmen der Physik folgen, wo es eine Verbindung zwischen Experiment und Beobachtung gibt, und folglich mit der realen Welt.

Zweifellos definiert die Option (b) eine pragmatische Näherung an die Wissenschaft, definiert ein solches Minimum der allgemeinen Eigenschaften, dass Ingenieure, Betriebsleiter und Politikmacher etwas haben, auf das sie sich zu verlassen können: Innerhalb des Rahmens der exakten Wissenschaften sollte eine Theorie

- (a) logisch konsistent sein;
- (b) mit Beobachtungen übereinstimmen;
- (c) ein Fundament in empirischen Beweisen haben;
- (d) ökonomisch in der Zahl ihrer Annahmen sein;
- (e) die Phänomene erklären;
- (f) im Stande sein, Vorhersagen zu machen;
- (g) widerlegbar und prüfbar sein;
- (h) reproduzierbar sein, zumindest für die Kollegen;
- (i) korrigierbar sein;
- (j) abgrenzbar sein;
- (k) provisorisch sein;
- (l) für andere Wissenschaftler verständlich sein.

Kann diesen Kriterien jemals durch eine Computermodellnäherung der globalen Klimatologie entsprochen werden? [Jein: Das Vierfarbenproblem wurde mit einem Computerprogramm gelöst, die Vielzahl der Spektrallinien dürfte immer einen Computer benötigen, die grundsätzlichen Probleme sollten aber nachvollziehbar sein.](#) Außerdem sollte der Zugang vom Klima herkommen und nicht vom Wetter, obwohl auch über eine Wetterrechnung brauchbare Ergebnisse zu erhalten sind. Als Vergleich nimmt der Autor immer die Gasgesetze: Man kann die Druckentwicklung über die Molekülbahnen der Gasteilchen mit ihren Zusammenstößen (Impulsänderung) berechnen. Obwohl die Bahnkurven schon nach kurzer Zeit nicht mehr mit den realen Teilchenbahnen übereinstimmen dürften (analog Wetterentwicklung), sind doch die Mittelwerte Druck usw. (analog Klima) hinreichend in der Übereinstimmung. Trotzdem wird kaum jemand so die Druckentwicklung ausrechnen, sondern direkt auf die Gasgesetze zugreifen.

4.3.2 Einschätzung des Klimatologie und der Klimamodellierung

Im Gegensatz zur Meteorologie studiert die Klimatologie das durchschnittliche Verhalten des lokalen Wetters. Es gibt mehrere Zweige, wie Paläoklimatologie, historische Klimatologie und Klimatologie, die statistische Methoden benutzt, welche mehr oder weniger in den Bereich von Wissenschaften passen. Das Problem ist, welches Klimamodell ist besonders

zu empfehlen, wenn es sich einerseits auf die chaotische Dynamik und andererseits auf die Treibhaus-Hypothese bezieht.

Die in der Abschnitt 4.2 (S. 80) besprochenen Gleichungen können eine Idee geben, wie letztlich Gleichungen aussehen könnten, die dem atmosphärischen und/oder ozeanischen System ähnlich sein können. Es wurde betont, dass der Realismus für das System der relevanten Gleichungen riesig sein kann, obgleich es eine phänomenologische Beschreibung der Natur ist. Aber selbst bei Vereinfachungen der Struktur der Gleichungen kann man keine numerischen Lösungen bestimmen, und das wird sich nicht ändern, wenn man sich auf kleine Raum-Zeit-Gebiete einschränkt.

Es gibt ernsthafte Lösbarkeitsfragen in der Theorie von nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen und eine Knappheit an numerischen Rezepten, die zu genügend genauen Ergebnissen führen und das wird auch in näherer oder fernerer Zukunft so bleiben - aus grundsätzlichen mathematischen Gründen. Die Navier-Stokes-Gleichungen sind so etwas wie der heilige Gral der theoretischen Physik, und eine rohe Gewalt der Diskretisierung mithilfe von Gittern mit sehr weiten Maschen führt zu Modellen, die nichts mit dem zu tun haben, was die ursprüngliche Aufgabe war und haben so keinen Voraussagbarkeitswert.

Bei Problemen mit partiellen Differentialgleichungen sind die Randbedingungen eingeschlossen, diese bestimmen die Lösungen viel mehr als die Differentialgleichungen selbst. Die Einführung einer Diskretisierung ist äquivalent einer Einführung von künstlichen Randbedingungen, einem Verfahren, das Storch mit dem Statement charakterisiert »Die Diskretisierung *ist* das Modell [194]. In diesem Zusammenhang würde ein korrektes Statement eines mathematischen oder theoretischen Physikers sein: »Eine Diskretisierung ist ein Modell mit unphysikalischen Randbedingungen«. Die Diskretisierung von kontinuierlichen Problemen ist erlaubt, wenn es eine Strategie gibt, schrittweise Verfeinerungen zu berechnen. Ohne eine solche Renormalisierungs Gruppenanalyse führt eine endliche Näherung zu keiner physikalischen Schlussfolgerung. Jedoch in Referenz [194] betonte von Storch, dass das keineswegs die Strategie ist, der er folgt, eher nimmt er endliche Differenzgleichungen so wie sie sind. Offensichtlich würde das eine groteske Einstellung sein, wenn man die Wärmeleitungsgleichung betrachtet, die von höchster Relevanz für das Problem ist und eine partielle Differentialgleichung zweiter Ordnung ist, die nicht durch ein endliches Differenzenmodell ersetzt werden kann mit einer Gitterkonstante in der Größe von Kilometern.

Im allgemeinen ist es unmöglich, Differentialgleichungen für Mittelwert-Funktionen herzuleiten und besonders für den Durchschnitt einer nichtlinearen Dynamik. [Beispiel für oft gebrauchte Mittelwertfunktionen: die Gasgesetze \(einschließlich der Navier-Stokes-Gleichungen\), die betrifft der Molekülbahnen der Gasteilchen Mittelwertgleichungen sind.](#)

So gibt es einfach kein physikalisches Fundament für globale Klimacomputermodelle, wer sich dennoch an das Chaos hält, für den ein Paradigma: Sogar im Fall von einer gut bekannten deterministischen Dynamik nichts ist voraussagbar [137]. Die Diskretisierung hat weder eine physikalische noch eine mathematischen Basis in nichtlinearen Systemen, das ist eine Lehre, die in der Diskussion von logistischen Differentialgleichung gelehrt worden ist, deren Kontinuum-Lösungen sich grundsätzlich von den diskreten Lösungen unterscheiden [74], [190].

Die moderne globale Klimatologie ist etwas verwirrt und setzt das fort, indem Tatsachen mit Fantasien verwechselt werden durch das Einführen des Konzepts des Szenarios, das das Konzept eines Modells ersetzt. In Referenz [162] wird eine deutliche Definition dessen gegeben, was Szenarien sind:

Zukünftige Treibhausgas (THG) Emissionen sind das Produkt der sehr komplexen dynamischen Systeme, bestimmt durch treibende Kräfte wie demografische Entwicklung, die sozioökonomische Entwicklung und technologische Änderun-

gen. Ihre zukünftige Evolution ist hoch unsicher und so sind Szenarien alternative Bilder dessen, wie sich die Zukunft entfalten könnte und sind ein passendes Werkzeug um zu analysieren, wie treibende Kräfte Einfluß nehmen können auf zukünftige Emissionsergebnisse und auf deren Unsicherheiten. Sie helfen bei der Klimaänderungsanalyse, einschließlich der Klimamodellierung und der Bewertung von Einflüssen, Anpassung und Milderung. Die Möglichkeit, dass jeder einzelne Emissionspfad kommt wie in den Szenarien beschrieben ist hoch unsicher.

Szenario bedeutet keine Unsicherheit in der Auswirkung (die wird mit dem Modell erfaßt), sondern die Unsicherheit, welche Mengen an CO₂ in die Modelle einzugeben sind, weil diese Mengen politikabhängig sind. Das ist das gleiche Problem wie bei einer Bevölkerungsprognose, da arbeitet man auch mit Szenarien [219] wegen der Politik. Das Szenario ersetzt nicht das Modell, sondern liefert Eingabewerte für das Modell.

Zweifellos ist das eine Beschreibung einer pseudowissenschaftlichen (d.h. nichtwissenschaftlicher) Methode durch die Experten im IPCC. Die folgende Stufe wurde (außer der Physik) mit einem Fragebogen unter Wissenschaftlern bereits durchgeführt durch von Storch [51] und wäre schließlich eine demokratische Abstimmung über die Gültigkeit eines physikalischen Gesetzes. Exakte Wissenschaft ist dabei, durch eine soziologische Methodik ersetzt zu werden, die eine statistische Feldanalyse und durch »demokratische« Regeln Ordnung einschließt. Im vorhergehenden Text werden zwei Aspekte nicht sauber getrennt: die Unsicherheit der Eingabewerte in die Modelle als Folge politischer Entscheidungen und die Qualität der Modelle, die wissenschaftlichen Kriterien zu genügen haben. Das ist in Übereinstimmung mit der Definition von Wissenschaft, die durch die »wissenschaftliche« Website RealClimate.org verteidigt wird: mit aufreizenden Behauptungen, persönlichen Attacken und Angriffen gegen Autoren, die das offenbar als Teil ihres »wissenschaftlichen« Arbeitsablaufs betrachten.

4.3.3 Schlußfolgerung

Eine statistische Analyse, egal wie verfälscht, vertraut auf die zu Grunde liegende Modelle und wenn die letzteren einfach falsch sind, dann führt die Analyse zu nichts.

Man kann nicht etwas entdecken und zu dem schreiben, was aus Verstandesgrundsätzen wie der CO₂ Treibhauseffekt nicht existiert. Der Treibhauseffekt existiert – nur für die Autoren existiert er nicht, weil sie auf Grundlagenwissen wie die Einsteingleichungen verzichten [78]. Es gibt so viele ungelöste und unlösbare Probleme in der Nichtlinearität und die Klimaforschern glauben sie alle zu schlagen, indem sie mit groben Näherungen arbeiten, die zu unphysikalischen Ergebnissen führen was danach durch mystische Methoden korrigiert wird: Flußkontrolle in der Vergangenheit, obskure Ensemblemittelwerte über verschiedenen Klimainstitute heute, durch das Ausschließen zufälliger globaler Abkühlungsergebnisse mit der Hand [191], womit die vom Gewächshaus inspirierte globale klimatologische Tradition mit *physikalisch sinnlosen* Durchschnitten und *physikalisch sinnloser* Anwendungen mathematischer Statistik fortgesetzt wird.

Schließlich liegt es außerhalb jeder Wissenschaft Erklärungen zu der mit anthropogen CO₂ veranlassten globalen Erwärmung aus den Computersimulationen herzuleiten.

4.4 Pyrgeometer und Gegenstrahlung, Treibhauseffekt

4.4.1 Das Pyrgeometer und die Gegenstrahlung

Bei den Betrachtungen zum Treibhauseffekt spielt die Existenz oder Nichtexistenz einer Gegenstrahlung, d.h. die Strahlung, die von der Atmosphäre in Richtung Erde ausgestrahlt wird, eine große Rolle. Ehe zur theoretischen Erklärung übergegangen wird, die praktische Beobachtung der Autoren (siehe Fußnote ¹⁸), Seite 28): »...für ein Abkühlen der Erdoberfläche

durch die Emission der Infrarotstrahlung.«. Die Beobachtung ist noch mehr zu ergänzen: Während sich der Erdboden wegen der Speicherwirkung der Erde nur minimal abkühlt, kühlen sich z. B. darüber befindliche Grashalme bedeutend schneller und stärker ab, weil diesen Speichermasse fehlt – was man bei entsprechendem Wetter an der Reifbildung sieht. Siehe Gleichung (43), S. 28 bei kleinem d . Für die Endtemperatur der Grashalme ist die Bemerkung, die der Gleichung (43), S. 28 folgt, wichtig: »Der Temperaturanstieg wird durch Wärmeübertragung vom Körpers zu seiner Umgebung gestoppt.« Das bedeutet, daß sich bei einem dünnen Körper nach kurzer Zeit eine solche Temperatur einstellt, bei der der Körper genau so viel Wärme abgibt, wie er erhält. Wenn eine konvektive Wärmeabgabe unterbunden wird, muß das Wärmegleichgewicht ein Strahlungsgleichgewicht sein – anders geht es nicht. Das ist genau das Prinzip des Pyrgeometers, allerdings nimmt man als dünne Fläche keinen Grashalm, sondern eine Folie. Um konvektive Wärmeabgabe zu unterbinden kann die dünne Fläche in Vakuum eingeschlossen werden. Die Temperatur der dünnen Fläche (bzw. deren Temperaturdifferenz zur Umgebung) sagt dadurch etwas zum Strahlungsgleichgewicht aus.

Die dünne Fläche und den Boden darunter kann man im Infrarotbereich (und dort ist bei den in Frage kommenden Temperaturen fast alle Strahlung konzentriert) fast ideal schwarz ausführen. Da die Berücksichtigung des genauen Emissionsfaktors die Rechnung nur umfangreicher macht, ohne neue Kenntnisse zu bringen kann man ohne Einschränkung der Allgemeinheit vom Schwarzkörper ausgehen, d.h. von der Gültigkeit des Stefan-Boltzmann-Gesetzes (Gleichung (70), S. 56). Weil die Temperatur der dünnen Fläche zwischen der Temperatur des Erdbodens und der des Weltraums liegt, ist selbst bei falscher Interpretation des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik dieser zweite Hauptsatz erfüllt. Damit kann man für die dünne Fläche die Temperatur T_F berechnen, bei der die Temperaturentwicklung stoppt, wenn man berücksichtigt, daß von unten der Erdboden entsprechend seiner Temperatur T_E strahlt und von oben nichts oder evtl. eine Gegenstrahlung S_G kommt.

Die dünne Fläche strahlt entsprechend ihrer Temperatur nach oben und unten (daher kommt der Faktor 2). Ein Vernachlässigen der Strahlung nach unten (die ja angeblich den zweiten Hauptsatz verletzt) würde – wenn man das Pyrgeometer mit einer Hülle bedeckt, die fast die Bodentemperatur erreicht – zu einer rechnerischen Temperatur der Folie führen, die höher wäre als die höchste Temperatur (hier die Bodentemperatur) und das ist nicht real und würde den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik verletzen. Auch dürfte es nachts keine Reifbildungen an Grashalmen geben, wenn der Boden wärmer als die Grashalme ist: Der Boden strahlt entsprechend seiner Temperatur, die Abstrahlung der Grashalme in Richtung Weltraum muß dann genau so groß sein (sonst würde ja mehr auf den Grashalm eingestrahlt, als er abgibt, d.h. seine Temperatur müßte steigen). Aber er kann nur soviel abstrahlen, wie der Boden, wenn er die Bodentemperatur hat. Mit der Berücksichtigung der Strahlung nach unten wird die beobachtete Reifbildung erklärbar: Die Strahlung vom Boden wird absorbiert und nach oben und unten aufgeteilt. Da die Strahlung vom Boden nur von einer Seite absorbiert wird, aber von zwei Seiten abgestrahlt wird, muß die Temperatur des Grashalm unter der Bodentemperatur liegen und das führt ggf. zur nächtlichen Reifbildung, die fast jeder schon an manchen frühen Morgen beobachtet hat.

Die Größe der Fläche selbst fällt wie in Gleichung (43), S. 28 heraus. Damit gilt bei der Gleichgewichtstemperatur (die sich bei einer dünnen Fläche schnell einstellt, weil dann die Temperaturänderung gestoppt wird):

$$\sigma T_E^4 + S_G = 2\sigma T_F^4 \quad \rightarrow \quad T_F^4 = T_E^4 \left(\frac{1}{2} + \frac{S_G}{2\sigma T_E^4} \right) \quad \rightarrow \quad T_F = T_E \sqrt[4]{\frac{1}{2} + \frac{S_G}{2\sigma T_E^4}}$$

oder

$$S_G = 2\sigma T_F^4 - \sigma T_E^4 = \sigma T_E^4 \left(\frac{2T_F^4}{T_E^4} - 1 \right)$$

Nun stellt es kein Problem dar, die Temperaturen sehr genau zu messen, womit man die Größe der Gegenstrahlung erhält. Ohne Gegenstrahlung müßte man bei $T_E = 293 \text{ K} \approx 20^\circ \text{C}$ eine Temperaturdifferenz von 46,6 K beobachten – die beobachtet man aber nicht, also muß eine Gegenstrahlung existieren, deren Höhe man aus der Gleichung berechnen kann. Anmerkung: Technische Geräte sind immer etwas von der reinen Theorie entfernt und haben deshalb Eichfaktoren. So wird durch passende Wahl des infrarotdurchlässigen Fensters nach oben der Wellenlängenbereich so eingeschränkt, daß die Solarstrahlung in diesem Wellenlängenbereich kaum noch Anteile hat, so daß man auch am Tage messen kann. Die Flächen sind nicht ideal schwarz usw. Wer selbst einmal die Funktion eines Pyrgeometers überprüfen will, kann verschieden warme Körper über ein Pyrgeometer halten: dann mißt das Pyrgeometer deren Abstrahlung. Da viele Flächen im infraroten fast schwarz und die Temperatur bekannt ist, kann die Pyrgeometeranzeige mit dem theoretischen Wert verglichen werden, d.h. ob das Pyrgeometer richtig anzeigt – bzw. kein Schummeln vorliegt, was viele Skeptiker gern Klimatologen unterstellen, denn das Pyrgeometer »weiß« nicht, ob ein Skeptiker oder jemand anders damit hantiert. An der Universität sollte es auch für einen Skeptiker nicht schwer sein ein Pyrgeometer zu bekommen und eine Fläche mit flüssigen Stickstoff zu kühlen, um die Strahlungsanzeige eines Pyrgeometers zu überprüfen.

Wenn die Gegenstrahlungsanzeige mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz übereinstimmt – und das wäre unabhängig davon, wie das Pyrgeometer tatsächlich arbeitet, dann sollte es auch die atmosphärische Gegenstrahlung richtig anzeigen, denn analog »*Ein Quadratmeter einer Wiese weiß nichts über den Rest der Oberfläche der Erde*« (Abschnitt 3.7.5, S. 62) »weiß« das Pyrgeometer nicht, ob die Gegenstrahlung von einer mehr oder weniger gekühlten Fläche oder von der Atmosphäre kommt.

Ein Skeptikerproblem sehe ich aber noch: Wenn die Existenz einer Gegenstrahlung komplett bestritten wird, dann stimmt auch nicht der Abschnitt 2.1 (S. 14) und insbesondere Abb. 3 (S. 19). Sogar das Poynting-Theorem wäre falsch, denn wenn die Randbedingungen dazu genommen werden (die fehlen in Abschnitt 4.2.8, S. 83 und in Abschnitt 4.2.11, S. 84 steht: *Im Falle partieller Differentialgleichungen bestimmen mehr die Randbedingungen als die Gleichungen selbst die Lösungen.*) kommt nicht Wesentlich anderes heraus: Es wird Leistung von dem wärmeren zum kühleren Reservoir befördert - wieviel hängt auch vom kühleren Körper ab. Besonders deutlich wird das, wenn man zeitveränderliche Temperaturen des kühleren Teils benutzt: die Energiedichte des Feldes (*Das Poynting Vektorfeld $E \times H$ kann als eine Energiestrom-Dichte des elektromagnetischen Feldes interpretiert werden.* Abschnitt 4.2.8, S. 83) ist dann auch zeitabhängig und die Änderung läuft vom kühleren Rand zum wärmeren Rand - also genau mit der Eigenschaft der Gegenstrahlung. Nun soll aber das Poynting-Theorem stimmen – also gibt es auch die Gegenstrahlung und die ist meßbar. Auch die Relativitätstheorie unterstreicht das: Eine Information über die Temperaturänderung des kühleren Oberfläche kann frühestens mit Vakuumlichtgeschwindigkeit die wärmere Oberfläche erreichen.

Diese Gegenstrahlung kann man auch mit einer Infrarotkamera »sehen«, die nachts himmelwärts gerichtet wird. Allerdings muß man beachten, daß die Auswertesoftware der Kameras oft so ausgelegt ist, daß die Eigenstrahlung der Atmosphäre zwischen Meßobjekt und Kamera aus dem Bild entfernt wird – zu diesem Zweck muß man die Entfernung und weitere Parameter der Kamerasoftware mitteilen. Gibt man also eine große Entfernung ein und richtet die Kamera nach oben, eliminiert die Kamerasoftware also gerade das, was man eigentlich messen will [38, Abb. 5] und [183, Tab. 3.8, S. 64].

4.4.2 Der zweite Hauptsatz und die Entropie

Da experimentell gesichert ist, dass die Gegenstrahlung existiert, ist der Zusammenhang mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik zu untersuchen.

In der populären Form sagt er etwas über den Energiefluß zwischen zwei Temperaturniveaus aus. In der physikalisch exakten Formulierung sagt er aus, daß die Entropie in einem abgeschlossenen System nie abnehmen kann. Über die Temperaturen sagt das nichts aus - man kann also z.B. das Reservoir mit der höheren Temperatur stellenweise (nicht insgesamt!!) auf eine noch höhere Temperatur bringen. Beispiel: In dem Reservoir mit der niedrigen Temperatur sind Photovoltaikmodule eingebaut.

Bei entsprechenden Temperaturverhältnissen produzieren diese elektrische Energie, die einen Laser mit Energie versorgen. Der Laserstrahl wird auf das Reservoir mit der höheren Temperatur gerichtet und heizt es stellenweise auf eine höhere Temperatur. Die Leistung, die vom höheren Reservoir zum Betrieb der Photovoltaikmodule benötigt wird, ist natürlich höher als die vom niedrigeren zum höheren Niveau transportierte Laserleistung – der zweite Hauptsatz ist also erfüllt.

Mit der Entropie sagt der zweite Hauptsatz nur etwas zu Wahrscheinlichkeiten aus: um so kleiner ein System ist, um so größer können Abweichungen sein. Z. B. repräsentiert die mittlere Geschwindigkeit der Teilchen in einem Gasvolumen die Temperatur dieses Gases. Wegen der chaotischen Bewegung der Teilchen kann in einer Volumenhälfte die mittlere Geschwindigkeit der Teilchen etwas höher sein als in der anderen Hälfte, d.h. die Temperatur der einen Hälfte ist etwas höher als die der anderen Hälfte – um so größer die Teilchenzahlen sind, um so geringer ist der mögliche Unterschied. Wegen der großen Teilchenzahlen spielt deshalb in den meisten betrachteten Volumen dieser Aspekt keine Rolle.

Aus allem ergibt sich: Der zweite Hauptsatz ist nicht selbständig, seine Gültigkeit ergibt sich aus allen anderen Gesetzen der Physik und ist nicht über diese gestellt. Wenn also kein Fehler in anderen Herleitungen gefunden werden kann, muß der Fehler in der falschen Anwendung des zweiten Hauptsatzes liegen.

4.4.3 Einstein und die Strahlungstransportgleichung

Zur Berechnung der Abstrahlung und der Wechselwirkung zwischen Gas und Strahlung ist von den Einsteingleichungen auszugehen, die auch die wesentliche physikalische Grundlage der Laser sind, die bei beliebigen Temperaturen funktionieren. Wegen der Wellenlängenabhängigkeit der Koeffizienten sind die Einsteingleichungen für jede Wellenlänge anders:

$$\frac{dN_1}{dt} = N_2 \cdot A_{21} - N_1 \cdot B_{12} \cdot u + N_2 \cdot B_{21} \cdot u$$

Die verwendeten Formelzeichen haben dabei folgende Bedeutung:

- N_0 : Dichte aller absorbierenden Moleküle = $N_1 + N_2$
- N_1 : Dichte der Moleküle im Grundzustand
- N_2 : Dichte der Moleküle im angeregten Zustand
- A_{21} : Einsteinkoeffizient spontane Emission
- B_{12} : Einsteinkoeffizient induzierte Absorption
- B_{21} : Einsteinkoeffizient induzierte Emission
- u : Energiedichte der Strahlung (im Raum und Frequenz- oder Wellenlängenbereich)

Die linke Seite der Gleichung beschreibt die zeitliche Änderung der Dichte des Grundzustandes infolge der Vorgänge auf der rechten Seite: Der

1. Term steht für die spontane Emission (Ausstrahlung): $N_2 \rightarrow N_1$
2. Term steht für die induzierte Absorption: $N_1 \rightarrow N_2$ z. B. durch Wärmestrahlung.
3. Term steht für die induzierte Emission: $N_2 \rightarrow N_1$ z. B. durch Wärmestrahlung.

Die Einsteingleichungen sind bei beliebigen Temperaturen gültig, daß zeigen sowohl die Laser, die bei beliebigen Temperaturen funktionieren, als auch die Temperaturunabhängigkeit der Einsteinkoeffizienten – was auch dadurch begründet ist, daß die Temperatur »nur« eine Vielteilcheneigenschaft ist. Ein Einzelteilchen hat keine Temperatur bzw. der Temperaturbegriff verliert beim Einzelteilchen seinen Sinn.

In seiner Arbeit von 1916 [78] schrieb Einstein außerdem:

Der Mittelwert $\overline{v^2}$, welchen die Strahlung von der Temperatur T bei unseren Molekülen durch ihre Wechselwirkung mit ihnen erzeugt, muß ebenso groß sein, wie derjenige Mittelwert $\overline{v^2}$, welcher dem Gasmolekül nach den Gasgesetzen bei der Temperatur T nach der kinetischen Gastheorie zukommt. Denn die Anwesenheit unserer Moleküle würde sonst das thermische Gleichgewicht zwischen Temperaturstrahlung und einem beliebigen Gase derselben Temperatur stören.

Das bedeutet, die Strahlenergiedichte darf sich nicht ändern, wenn eine Strahlrichtung in einem thermodynamischen Gleichgewicht verfolgt wird: wenn eine Änderung eintreten würde, wäre das eine Temperaturänderung – und das verbietet der zweite Hauptsatz bei Vorliegen eines thermodynamischen Gleichgewichts.

Da aber die einzelnen Teilchen nicht »wissen« können, was um sie herum passiert, absorbieren die unangeregten Teilchen unabhängig davon, ob die Strahlung, mit der sie wechselwirken, den Wert der Temperaturstrahlung hat oder einen anderen – der Absorptionskoeffizient κ ist also unabhängig von der Strahlstärke. Da aber andererseits die Strahlstärke S_T , wenn ihre Stärke der jeweiligen Temperatur entspricht, erhalten bleiben muß (siehe Einstein und zweiter Hauptsatz der Thermodynamik), muß das Gas entsprechend eine Stärke j_T emittieren:

$$\frac{dS_T}{dz} = -\kappa \cdot S_T + j_T = 0$$

Da die Stärke einer Temperaturstrahlung vom Planckschen Gesetz zu $B_\nu(T)$ vorgegeben ist, muß gelten:

$$0 = -\kappa \cdot B_\nu(T) + j_T \quad \Rightarrow \quad j_T = \kappa \cdot B_\nu(T)$$

Damit ist die Strahlungstransportgleichung für beliebige Stärken S :

$$\frac{dS}{dz} = -\kappa \cdot S + \kappa \cdot B_\nu(T)$$

Bei den in der Atmosphäre vorkommenden Strahlstärken ist sowohl κ noch nicht gesättigt als auch B nahezu wirklich nur von der Temperatur abhängig (LTE - wegen der Thermalisierung). Das »nahezu« bedeutet, daß eine kleine Abweichung dazu vorhanden ist, aber die Abweichung klein ist. Das hat zwei Gründe:

1. Bei den betrachteten Temperaturen und Wellenlängen ist auch im thermischen Gleichgewicht die Dichte der durch induzierte Absorption angeregten Zustände klein gegenüber den durch Stöße produzierten angeregten Zuständen.
2. Bei der Häufigkeit der Stöße ist die Abklingzeit einer zu hohen Dichte angeregter Zustände als Folge der induzierten Absorption sehr klein (Thermalisierung).

4.4.4 Die Stärke der Gegenstrahlung

Wenn S oberhalb des thermischen Wertes liegt, muß sich das Gas durch Überwiegen der Absorption erwärmen, wenn S unterhalb des thermischen Wertes liegt, muß sich das Gas durch Überwiegen der Emission abkühlen. Dabei geht es um die Gesamtwirkung über alle Wellenlängen (bzw. Frequenzen) und Richtungen. Wenn also die Abkühlung überwiegt, muß das abgekühlte Gas nach unten sinken. Am Boden erwärmt sich das Gas und steigt wieder auf. Durch diese Luftbewegung wird der adiabatische Temperaturverlauf in der Atmosphäre aufrecht erhalten. Deswegen ist die Strahlung nicht aus einer Strahlungsbilanz zu berechnen, sondern die Temperatur wird adiabatisch vorgegeben und die Strahlungstransportgleichung wird:

$$\frac{dS(z)}{dz} = -\kappa \cdot S(z) + \kappa \cdot B_\nu(T(z))$$

Wenn wachsendes z die Richtung nach oben bedeutet, lautet die Gleichung für die bodenwärts gehende Strahlung S_B :

$$\frac{dS_B}{dz} = \kappa \cdot S_B - \kappa \cdot B_\nu(T(z))$$

Für die Temperaturabhängigkeit von B gilt aus dem Planckschen Gesetz:

$$B_\nu(T) = B_\nu(T_0) \frac{e^{\frac{T_\lambda}{T_0}} - 1}{e^{\frac{T_\lambda}{T}} - 1}$$

Dabei ist $B_\nu(T_0)$ die Schwarzkörperstrahlung bei der Temperatur T_0 , also beispielsweise an der Erdoberfläche und T_λ die Boltzmann-temperatur:

$$T_\lambda = \frac{h\nu}{k_B} = \frac{hc}{k_B\lambda}$$

Durch Einsetzen der Zahlenwerte wird:

$$T_\lambda = \frac{hc}{k_B\lambda} = \frac{6,626 \cdot 10^{-34} \text{ W s}^2 \cdot 2,998 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{1,381 \cdot 10^{-23} \text{ W s/K} \cdot \lambda} = \frac{0,01438 \text{ K} \cdot \text{m}}{\lambda} = \frac{14380 \text{ K} \cdot \mu\text{m}}{\lambda}$$

und das ergibt die Werte:

λ	T_λ
$4,3 \mu\text{m}$	3344 K
$15,0 \mu\text{m}$	959 K

Bei einer adiabatischen Atmosphäre fällt die Temperatur linear mit der Höhe ($\alpha \approx 6 \text{ K/km}$):

$$T(z) = T_0 - \alpha z$$

Damit entsteht folgende Differentialgleichung für S_B :

$$\frac{dS_B}{dz} = \kappa \cdot S_B - \kappa \cdot B_\nu(T_0) \frac{e^{\frac{T_\lambda}{T_0}} - 1}{e^{\frac{T_\lambda}{T_0 - \alpha z}} - 1} \approx \kappa \cdot S_B - \kappa \cdot B_\nu(T_0) e^{-\frac{T_\lambda \alpha z}{T_0^2}}$$

Die Lösung der Differentialgleichung für die Näherung lautet:

$$S_B = \frac{B_\nu(T_0) e^{-\frac{T_\lambda \alpha z}{T_0^2}}}{1 + \frac{T_\lambda \alpha}{T_0^2 \kappa}}$$

Für $z = 0$, also in der Höhe der Temperatur T_0 (z. B. am Boden), wird ganz einfach (und analog für die himmelwärtsgerichtete Strahlung S_H , Emissionsfaktor des Erdbodens ε):

$$S_B = \frac{B_\nu(T_0)}{1 + \frac{T_\lambda \alpha}{T_0^2 \kappa}} \quad \text{bzw.} \quad S_H = B_\nu(T_0) \left(\frac{1 - e^{-\kappa z}}{1 - \frac{T_\lambda \alpha}{T_0^2 \kappa}} + \varepsilon e^{-\kappa z} \right)$$

Damit ist ohne alle Simulationen gezeigt, daß bei Vergrößerung der Absorption (Erhöhung der CO_2 -Konzentration – κ wird größer) die Gegenstrahlung zunimmt – ganz gleich welche Kapriolen das Wetter macht, die Gegenstrahlung ist bei erhöhter CO_2 -Konzentration auch erhöht und die erhöhte Gegenstrahlung führt dazu, daß die Bodentemperatur auch erhöht ist gegenüber den Werten ohne erhöhte CO_2 -Konzentration – auch wieder ganz gleich welche Kapriolen das Wetter mit T_0 macht. (Anmerkung: die exakte Ableitung ist etwas komplizierter, da auch die Schrägstrahlen entsprechend zu berücksichtigen sind.)

4.4.5 Die Tropopause

Aus der Strahlung ergibt sich auch ganz einfach die Tropopause. Da die Erde im Infraroten nur näherungsweise ein Schwarzkörper ist, ist die Abstrahlung nach oben geringer, also ist also $S_H(z = 0)$ – obige Gleichung – nur

$$S_H(z = 0) = \varepsilon \cdot B_\nu(T_0)$$

Damit Absorption und Emission im thermischen Gleichgewicht stehen, müßte sein:

$$S_B + S_H \stackrel{!}{=} 2 \cdot B_\nu(T_0)$$

In Erdbodennähe ist das nicht erfüllt, weil sowohl S_B als auch S_H kleiner als $B_\nu(T_0)$ sind, d.h. die Emission ist größer als die Absorption und daraus folgt weiter: die Luft wird abgekühlt und sinkt nach unten. Das ist nicht weiter tragisch, die abgesunkene Luft wird am Erdboden erwärmt und steigt auf, dadurch entsteht die adiabatische Temperaturschichtung. Anders sieht es in großen Höhen aus. S_H wird immer größer und $S_B + S_H$ wäre bei allen Wellenlängen immer größer als $2 \cdot B_\nu(T_0)$ (ausgenommen α wäre 0), d.h. die Absorption ist größer als die Emission, die Luft wird erwärmt und steigt nach oben. Da aber oben ein dem Erwärmungsmechanismus am Boden äquivalenter Kühlmechanismus nicht existiert, kann auch kein adiabatischer Temperaturverlauf mehr existieren und es kommt zur isothermen Atmosphäre, d.h. $\alpha = 0$ – und das wird auch beobachtet, ehe die UV-Absorption wirksam wird. Die Grenze zwischen adiabatischem und isothermen Temperaturverlauf ist die Tropopause.

Ohne die starke Emission unterhalb der Tropopause ist die Existenz der Tropopause nicht zu erklären (noch weniger zu bestimmen) und deshalb auch ein starkes Indiz für den Treibhauseffekt.

5 Die Zusammenfassung vom Physiker

Eine gründliche Diskussion des planetarischen Wärmeübertragungsproblems im Rahmen der theoretischen Physik und technischen Thermodynamik führt zu den folgenden Schlußfolgerungen:

1. Es gibt keine gemeinsamen physikalischen Gesetze zwischen dem Erwärmungsphänomen in Glashäusern und dem fiktiven atmosphärischen Treibhauseffekt, welche die relevanten physikalischen Phänomene erklärt. Die Begriffe »Treibhauseffekt« und »Treibhausgase« sind absichtlich falsche Benennungen. Doch, wegen der Strahlungsdurchlässigkeit der Umhüllung (Glasfläche bzw. Atmosphäre wirkt die eintreffende Strahlung wie eine Heizung, ohne diese Heizung kühlt sich sowohl das Glashausinnere als auch die Atmosphäre auf Umgebungstemperatur ab. Dabei unterscheiden sich nur die Umgebungstemperaturen: bei Glashaus die Atmosphärentemperatur, beim Treibhauseffekt die Weltraumtemperatur (nicht ganz, weil die Erdoberfläche noch vom Erdinnern geheizt wird).
2. Es gibt keine Berechnungen um eine durchschnittliche Oberflächentemperatur eines Planeten zu bestimmen. Doch, wenn – wie zutreffend – vorausgesetzt wird, daß infolge des konvektiven Wärmetransports die Abweichungen von der durchschnittlichen Oberflächentemperatur klein sind gegenüber dieser Oberflächentemperatur (siehe nach Gleichung (87), S. 60).
 - mit oder ohne Atmosphäre,
 - mit oder ohne Rotation,
 - mit oder ohne Infrarotlicht absorbierende Gase.
 Der oft erwähnte Differenz von 33 °C für den fiktiven Treibhauseffekt Atmosphäre ist deshalb eine sinnlose Größe. Nein
3. Irgendein Strahlungsgleichgewicht für den durchschnittlichen Strahlungsfluß ist völlig irrelevant zur Bestimmung des Ausgangsniveaus der Lufttemperaturen und so auch für den durchschnittlichen Wert. Es geht nicht um das Ausgangsniveau, sondern um das Endniveau.
4. Durchschnittliche Temperaturwerte können nicht mit der vierten Wurzel von durchschnittlichen Werten der vierten Potenz der absoluten Temperatur identifiziert werden. Das trifft nur weitgehend für große Abweichungen vom Mittelwert zu, bei den Verhältnissen auf der Erde sind die Abweichungen gering genug (siehe nach Gleichung (87), S. 60).
5. Strahlung und Wärmefluß bestimmen nicht die Temperatur und ihre durchschnittliche Werte. Doch.
6. Re-emission ist nicht Reflexion und kann das Grund-Niveaus der Atmosphäre nicht gegen den aktuellen Wärmefluß anheizen ohne mechanische Arbeit. Re-emission ist tatsächlich nicht Reflexion und spielt erst mal keine Rolle, weil die Emission aus allen Umhüllungen – auch den Treibhausgasen – der normale Zustand in einem warmen Raum ist. Die Erwärmung kommt durch die zusätzliche Solarheizung zu Stande.
7. Die Temperaturanstiege der Klimamusterberechnung werden plausibel gemacht durch einen perpetuum Mobile der zweiten Art. Das ist möglich, weil der Wärmeleitwert in den atmosphärischen Modellen zu Null gesetzt wird, einer unphysikalischen Annahme. Es würde nicht länger ein perpetuum Mobile der zweiten Art sein, wenn der »Durchschnitt« fiktivens Strahlungsgleichgewicht, der keine irgendwelche physikalischen Berechtigung hat, aufgegeben würde. Nein. Die Emission aus allen Umhüllungen – auch den Treibhausgasen – ist der normale Zustand in einem warmen Raum. Die Erwärmung kommt durch die zusätzliche Solarheizung zu Stande.
8. Nachdem Schack 1972 ist Wasserdampf für den grössten Teil der Absorption der Infrarotstrahlung in der Atmosphäre der Erde verantwortlich. Die Wellenlänge des Teils der Strahlung, die vom Kohlendioxid absorbiert wird ist nur ein kleiner Teil des vollen Infrarotspektrums und ändern sich nicht bedeutend wenn sein Partialdruck ansteigt. Die Absorption ist so gut wie unwesentlich für den Treibhauseffekt.

9. Die Infrarotabsorption impliziert keine »Rückerwärmung«. Eher kann es zu einem Temperaturabfall auf der bestrahlten Oberfläche führen. Die Absorption tatsächlich nicht, aber die Emission – die führt zum Erhalt der Atmosphärentemperatur. Je nach Absorptionslänge ist die mittlere Temperatur niedriger bzw. höher, weil wegen der Transparenz die Umhüllung des Raumes nicht scharf abgegrenzt ist.
10. In Strahlentransportmodellen mit der Annahme des lokalen thermischen Gleichgewichts ist angenommen, dass die absorbierte Strahlung in die thermische Bewegung von allen Gasmoleküle übertragen wird. Es gibt keine vergrößerte selektive Re-Emission der Infrarotstrahlung aus den niedrigen Temperaturen der Atmosphäre der Erde. Das ist richtig, aber die Verkürzung der Absorptionslänge führt zu einer höheren Gegenstrahlung an der Erdoberfläche (siehe Abschnitt 4.4.4, S. 94).
11. In Klimamodellen werden planetarische oder astrophysikalische Mechanismen nicht korrekt erklärt. Die Zeitabhängigkeit der gravitativen Beschleunigung durch Mond und Sonne (Ebbe und Flut) und lokale geografische Situationen, welche für das lokale Klima wichtig sind, dürfen nicht in Betracht gezogen werden.
12. Feststellungen und zuweisende Studien, Vorhersagen aus Computermodellen in chaotischen Systemen, und das Konzept der Szenario-Analyse liegt außerhalb des Rahmens von genauen Wissenschaften, insbesondere der theoretische Physik. Aber die Erhöhung der Gegenstrahlung infolge der Verkürzung der Absorptionslänge liegt im Rahmen der Physik.
13. Die Wahl einer passenden Methode der Diskretisierung und der Definition passender dynamischer Einschränkungen (Flußkontrolle), die Teil des Computermodellierens sind, sind nichts als eine andere Form von Datenanpassung. Der mathematische Physiker v. Neumann sagte einmal zu seinen jungen Mitarbeitern:

Wenn Sie mir vier freie Parameter erlauben, dann kann ich ein mathematisches Modell bauen, das genau alles beschreibt, was ein Elefant tun kann. Wenn Sie Sie mir einen fünften freier Parameter erlauben, wird das Modell, das ich baue, voraussagen, dass der Elefant fliegen kann. (vgl. Referenz [216].)
14. Höhere Ableitungsoperatoren (z. B. der Laplac-Operator) können niemals durch Gitter mit weiten Maschen richtig beschrieben werden. Deshalb ist eine Beschreibung der Wärmeleitung in globalen Computermodellen unmöglich. Die Wärmeleitungsgleichung ist nicht und kann nicht mit einem Gitter mit weiten Maschen korrekt modelliert werden. Der Wärmetransport durch Wärmeleitung ist bei den hohen Windgeschwindigkeiten in der Atmosphäre gegenüber dem konvektiven Wärmetransport durch die Winde vernachlässigbar. Die Nichtberücksichtigung einer vernachlässigbaren Größe verursacht eine zu vernachlässigende Abweichung.
15. Computermodelle von höher dimensional chaoticen Systemen, die am besten durch nichtlinear partielle Differentialgleichungen (z. B. die Navier-Stokes-Gleichung) beschrieben werden, unterscheiden sich grundsätzlich von Berechnungen mit der Störungs-Theorie, bei der anwendbare und aufeinander folgende Verbesserungen der Vorhersagen – bei Ansteigen der Rechenleistung – möglich sind. Bestenfalls können diese Computermodelle als ein heuristisches Spiel betrachtet werden.
16. Die Klimatologie fehlinterpretiert die Unvorhersehbarkeit von Chaos, das als Schmetterlingsphänomen bekannt ist, als eine andere Bedrohung gegen den Zustand der Erde.
17. Es existiert eine Gegenstrahlung, die bei Verkürzung der Absorptionslänge ansteigt. Dadurch ist – unabhängig von den Wetterkapriolen – die Gegenstrahlung wegen der Verkürzung der Absorptionslänge immer höher als ohne Verkürzung der Absorptionslänge (siehe Abschnitt 4.4.4, S. 94)

Mit anderen Worten: Bereits der natürliche Treibhauseffekt ist ein Mythos ohne irgendeine physikalische Realität.⁶⁴⁾ Der CO₂-Treibhauseffekt, ist jedoch eine »Illusion« [197]. **Nein, denn er ist mit den Einsteingleichungen [78] physikalisch exakt zu erklären.** Die Horrorvisionen eines gestiegenen Meeresspiegel, schmelzende Eisschilde an den Polen und Wüsten in Nordamerika und in Europa entwickelnd, sind eine fiktive Konsequenz von fiktiven physikalischen Mechanismen, weil sie sogar noch nicht einmal in Klimamusterberechnung gesehen werden können. Das Erscheinen von Orkanen und Tornados kann nicht durch Klimamodelle vorausgesagt werden, weil alle diese Abweichungen ausgeschlossen werden. Die Hauptstrategie der modernen CO₂-Treibhausgas-Verteidiger scheinen sich immer mehr hinter Pseudoerklärungen zu verbergen, die nicht ein Teil der akademischen Ausbildung oder sogar der Physik-Ausbildung sind. Ein gutes Beispiel sind die Strahlentransportberechnungen, die wahrscheinlich vielen nicht bekannt sind. Ein anderes Beispiel ist die so genannten Feedback-Mechanismen, die eingeführt werden, um eine Wirkung zu verstärken von Effekten zu verstärken, die entweder geringfügig sind, bzw. überhaupt nicht bestehen. Offensichtlich weigern sich die Verteidiger CO₂-Treibhaus-These, irgendeine reproduzierbare Berechnung als eine Erklärung zu akzeptieren, und haben stattdessen unreproduzierbare gesucht. Ein theoretischer Physiker muss sich hier über einen Mangel an Durchsichtigkeit beklagen und er muss sich auch über den Stil der wissenschaftlicher Diskussion beklagen, wo Verfechter der Treibhaus-These beanspruchen, dass die Diskussion geschlossen wird, und andere berechnete Argumente diskreditieren als eine Diskussion von »Fragen von gestern und vorgestern«⁶⁵⁾. In den exakten Wissenschaften, insbesondere in der theoretischen Physik, ist eine Diskussion niemals geschlossen und wird *unbegrenzt* fortgesetzt, selbst wenn es Beweise für die verfügbaren Lehrsätze gibt. Unabhängig von der spezifischen Studienrichtung sollte eine minimale Grundregel in den Naturwissenschaften erfüllt sein, aber selbst wenn die wissenschaftlichen Felder einzelner Zweige methodisch weit auseinander liegen wie Physik und Meteorologie: Es sollten wenigstens unter den Experten die Ergebnisse und Schlußfolgerungen verständlich sein oder reproduzierbar. Und es sollte streng unterschieden werden zwischen einer Theorie, einem Modell und einem Szenario, wie es in der Philosophie der Wissenschaft geklärt ist.

Das bedeutet: wenn Schlußfolgerungen aus Computersimulationen mehr als einfache Spekulationen sein sollen, dann muß zusätzlich zur Untersuchung der numerischen Stabilität und der Bewertung der Effekte die vielen unbestimmten Eingangsparameter, wenigstens die Vereinfachungen der physikalischen Originalgleichungen sollten kritisch dargestellt werden. Nicht die Kritiker haben die Effekte der Annäherung zu schätzen, sondern die Wissenschaftler, die die Computersimulation machen. **Das tun sie doch, indem sie Spannweiten der Voraussagen angeben. Ohne Rückkopplungseffekte sind die Reaktionen des Klimasystems auf Konzentrationsänderungen ganz exakt anzugeben, welche Konzentrationsänderungen auftreten ist politikabhängig und mögliche Politik wird durch Szenarien erfaßt. Unsicherheit entsteht durch die Rückkopplungseffekte, die noch nicht in allen Einzelheiten erfaßt sind.**

Dazu kommt Chaossystem ist nicht gleich Chaossystem. Es gibt Chaossysteme mit einem oder mehreren Fixpunkten und Chaossysteme ohne Fixpunkte. Die Atmosphäre scheint zu den Chaossystemen mit einem Fixpunkt zu gehören, analog dem Chaos der Teilchenbewegung in einem Gasvolumen.

64) Die mögliche Übersetzung des englischen Textes (Already the natural greenhouse effect is a myth albeit any physical reality.) ist nicht ganz eindeutig. Es könnte auch heißen: Bereits der natürliche Treibhauseffekt ist ein Mythos obgleich physikalische Realität. Wenn er physikalische Realität ist, muß er auch physikalisch erklärbar sein und kann kein Mythos sein. Aber auch die verwendete Übersetzung trifft nicht zu: Eine Atmosphäre ohne natürlichen Treibhauseffekt steht im Gegensatz zur Realität (siehe Kommentar S. 61 im Abschnitt 3.7.4).

65) Ein Ausdruck verwendet durch von Storch in Referenz [164]

»Die globale Erwärmung ist gut... Die Nettowirkung einer moderaten Erderwärmung ist positiv.« (Singer).⁶⁶⁾ Jedenfalls ist es äußerst interessant, die Dynamik und Ursachen der langfristige Schwankungen des Klimas zu verstehen. Jedoch war es nicht die Absicht dieses Aufsatzes in alle Aspekte der Debatte zu Klimaänderungen einzugreifen. [Bei Laien, die nicht zwischen den Zeilen lesen können, kommt aber an, das der Treibhauseffekt grundsätzlich bestritten wird.](#)

Hier sollte nur die Frage besprochen werden, ob der angenommene atmosphärische Effekt tatsächlich eine physikalische Basis hat. Das ist nicht der Fall. [Doch, die physikalische Basis geht aus den Kommentaren hervor.](#) Insgesamt gibt es keinen atmosphärischen Treibhauseffekt, insbesondere keinen CO₂-Treibhauseffekt, weder in der theoretischen Physik noch in der technischen Thermodynamik. So ist es unzulässig Vorhersagen abzuleiten, welche eine beratende Lösung für die Volkswirtschaft und internationale Politik zur Verfügung stellen.

6 Anerkennung

Diese Arbeit wird

- (a) dem verstorbenen Professor S. Chandrasekhar gewidmet, den R.D.T. (der zweite Autor) 1991 in Chicago traf,
- (b) dem verstorbenen Professor C. F. v. Weizsäcker, ein respektierter Diskussionspartner beider Autoren, und
- (c) dem verstorbenen recherchierenden Wissenschaftsjournalisten H. Heuseler, dem G.G. wertvolle Information zum Thema schuldet.

Beide Autoren würden sich gern bei vielen Menschen für Diskussionen, E-Mail-Austausch bedanken, und Unterstützung auf verschiedenen Stadien dieser Arbeit, in besonderem StD Dipl.-Biol. Ernst-Georg-Beck, H. J. Labohm, Professor B. Peiser, H. Thieme, Dr.phil. Wolfgang Thüne und Professor A. Zichichi, der das Manuskript seines auf Vortrages sandte, den er auf der Vatikan-Konferenz hielt zu senden. Frau S. Feldhusen's erste Übersetzung von Referenz [91] wird außerordentlich geschätzt.

Gerhard Gerlich würde gern seine Dankbarkeit zu allen diejenigen ausdrücken, die zu dieser Studie beitrugen sowohl direkt als auch indirekt: Studenten, Mitarbeiter, Forschungs- und Lehrassistenten, sogar Kollegen, die seinen Vorträgen und Gesprächen zuhörten, die seine Texte kritisch lasen, die erfolgreich die Literatursuche unterstützten. Insbesondere ist er Diplomphysiker Dr. V. Blahnik, Dr. T. Dietert, Dr. M. Guthmann, Dr. G. Linke, Dr. K. Pahlke, Dr. U. Schomäcker, H. Bade, M. Behrens, C. Bollmann, R. Flögel, StR D. Harms, J. Hauschildt, F. Hoffmann, C. Mangelsdorf, D. Osten, M. Schmelzer, A. Söhn, und G. Törö, der Architekten P. Bossart und Dipl.-Ing. K. Fischer dankbar. Gerhard Gerlich erweitert seine besondere Dankbarkeit Dr. G.-R. Weber, der sehr früh seine Aufmerksamkeit auf die bemerkenswerte DOE-Bericht von 1985 lenkte [4], zu dem fast kein deutscher Autor beitrug. Schließlich ist er zufrieden für das Interesse der vielen wissenschaftlichen Laien, die seine Gespräche, seine Briefe, und seine Anmerkungen fanden.

Ralf D. Tscheuschner bedankt sich bei allen seinen Studenten, die Fragen über die Klimaphysik formulierten und ein Menge davon zusammenstellten, insbesondere Elvir Dončić. Er bedankt sich auch bei Professor A. Bunde für die E-Mail-Korrespondenz. Schließlich dankt er Dr. M. Dinter, C. Kloeß, M. Köck, R. Schulz für interessante Diskussionen, und Professor H. Graßl für eine aufschlussreiche Diskussion nach seinem Gespräch am 2. Febr 2007 am Planetarium Hamburg. Ein kritisches Lesen durch die M. Mross und Dr. M. Dinter und eine Übersetzung des Aufsatz von Fourier von 1824 teilweise durch M. Willers Team und durch

66) vgl. Singers Zusammenfassung auf der Stockholmer Konferenz von 2006 [164].

Dr. M. Dinter werden besonders anerkannt.

Die Autoren drücken ihre Hoffnung aus, daß in den Schulen rund um die Welt die Grundlagen der Physik richtig gelehrt werden und nicht der preisgekrönte Film von »Al Gore«, der jeden ernsthaften Physiker schockt, weil Absorption/Emission mit Reflexion verwechselt wird, weil die Tropopause mit der Ionosphäre verwechselt wird, und weil Mikrowellen mit Kurzwellen verwechselt werden.

6.1 Kommentar zu Personen

Die genannten Architekten Paul Bossert und Konrad Fischer bilden eigentlich ein Trio, zu dem noch Prof. Claus Meier gehört, die gesichertes physikalisches Wissen abstreiten. Paul Bossert hat eine Untersuchung der Physik der Außenwände bei der schweizerischen Materialprüfungsanstalt (EMPA) veranlaßt, an der er selbst beteiligt war [85]. Da die Untersuchung die Physik bestätigt hat, bezeichnet er heute die Untersuchung als verfälscht. Mit Konrad Fischer und Prof. Meier fand eine mehrjährige Diskussion in der Zeitschrift »Bauen im Bestand« statt, bei nach Widerlegung aller »fachlichen« Argumente Prof. Meier versuchte, durch ein Papst-Zitat seine »Wissenschaft« zu retten [77].

Abbildungsverzeichnis

1	Die Geometrie der klassischen Strahlung: Eine strahlende infinitesimale Fläche dF_1 und bestrahlt eine infinitesimale Fläche dF_2 in der Entfernung r	15
2	Zwei parallele Gebiete mit der Entfernung a	17
3	Die Geometrie der klassischen Strahlung: Zwei Oberflächen, die gegen einander ausstrahlen	19
4	Die Schwarzkörperstrahlung im Vergleich zur Strahlung eines gefärbten Körpers. Die nicht-universale Konstante σ wird so normalisiert, dass beide Kurven bei $T = 290$ K übereinstimmen. Das T^4 Stefan-Boltzmann-Gesetz gilt im letzteren Fall nicht, wo nur über zwei Bereiche integriert wird, nämlich über den des sichtbaren Lichtes und über den der Infrarotstrahlung von $3 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$ integriert, dabei ergibt sich eine steilere Kurve.	19
5	Das Spektrum des Sonnenlichtes, bei dem angenommen ist, daß die Sonne ein schwarzer Körper mit $T = 5780$ K ist	20
6	Die ungefilterte spektrale Verteilung des Sonnenscheins auf der Erde unter der Annahme dass die Sonne ein schwarzer Körper mit der Temperatur $T = 5780$ K ist (links: über der Wellenlänge, rechts über der Frequenz).	22
7	Die genaue Position der Null der partiellen Ableitungen der Strahlenintensitäten des Sonnenscheins auf der Erde (links: über der Wellenlänge, rechts über der Frequenz).	22
8	Die ungefilterte spektrale Verteilung der Strahlung des Erdoberfläche unter der Annahme, daß die Erde ein schwarzer Körper mit der Temperatur $T = 290$ K ist (links: über der Wellenlänge, rechts über der Frequenz).	23
9	Die Strahlenintensität des Erdoberfläche und ihre partielle Ableitung als Funktion Wellenlänge λ (linke Spalte) bzw. der Frequenz ν (rechte Spalte) .	24
10	Drei Versionen der Strahlungskurve der Erdoberfläche (als Funktion der Wellenzahl k , der Frequenz ν , der Wellenlänge λ) mit der Temperatur als Parameter unter der Annahme, dass die Erde ein Schwarzkörperstrahler ist.	24
11	... Diagramm (links: normal, rechts: künstlich überhöht durch einen Faktor 10 für die Strahlung des Erdoberfläche).	26

12	...halblogarithmischem Diagramm(links: so normalisiert, dass gleichen Flächen gleiche Intensitäten entsprechen, rechts: künstlich überhöht durch einen Faktor 10 für die Strahlung der Erdoberfläche).	26
13	...halblogarithmischem Diagramm (links: so normalisiert, daß gleichen Flächen gleichen Intensitäten entsprechen mit einem zusätzlichen Eichfaktor von 1/3,5 bei der Solarkurve, rechts: künstlich überhöht mit einen Faktor 68 für Strahlung des Erdoberfläche).	26
14	Ein fester Quader der Dicke d und der quer liegenden Fläche F , auf den die Solarstrahlung einwirkt	27
15	Ein Exzerpt von der Seite 28 des DOE-Berichts (1985).	42
16	Ein sehr populärer physikalischer Fehler ist im Film »Eine Unbequeme Wahrheit« von Davis Guggenheim illustriert. Aufmachung von Al Gore (2006) . .	43
17	Ein Hohlraum stellt einen perfekten schwarzen Körper dar.	45
18	Die Titelseite von 1824-Aufsatz von Fourier.	50
19	Die Titelseite von 1896-Aufsatz von Arrhenius.	51
20	Exzerpt (a) der 1906-Arbeit von Arrhenius.	52
21	Exzerpt (b) der 1906-Arbeit von Arrhenius.	53
22	Exzerpt (c) des 1906-Arbeit von Arrhenius.	53
23	Ein schematisches Diagramm, das beansprucht, die globalen durchschnittlichen Bestandteile des Energiegleichgewicht der Erde zu beschreiben. Diagramme dieser Art widersprechen nicht der Physik und brauchen zu keiner Zeit exakt erfüllt zu sein, sondern sind nur im Zeitmittel weitgehend gültig. . . .	55
24	Ein bestrahlter statischer Erdball	58
25	Der rotierende Erdkugel	65
26	Eine schief rotierende Erdkugel	66
27	Die Abkühlungskurve eines emittierenden Standardwürfels	68
28	Ein einfaches Wärmetransportproblem.	70
29	Eine Dampfmaschine arbeitet und Wärme wird in die mechanische Energie umgewandelt.	76
30	Eine Wärmepumpe (z. B. ein Kühlschranks) arbeitet, weil externe Arbeit zugeführt wird.	76
31	Jede Maschine, die Wärme von einem Reservoir mit niedriger Temperatur in ein Reservoir mit hoher Temperatur überträgt ohne Zuführung externer Arbeit kann nicht funktionieren, ein perpetuum Mobile zweiter Art ist unmöglich. 76	
32	Eine Maschine, die Wärme von einem Reservoir mit niedriger Temperatur (z. B. der Stratosphäre) überträgt zu einem Reservoir mit hoher Temperatur (z. B. der Atmosphäre) ohne externe Arbeit anzuwenden, kann nicht funktionieren - selbst wenn sie strahlungsmäßig mit einer Umgebung gekoppelt wird, welche sie strahlungsmäßig bilanziert. Ein modernes Klimamodell soll solch eine Variante eines perpetuum Mobiles des zweiten sein Art. Wirklich? Beispiel zum Strahlungsnachweis: Die »ground higher temperatur« sei ein Infrarotthermometer (Strahlungspyrometer) bei Zimmertemperatur (ist auch handelsüblich), »Stratosphere lower temperature« sei da Innere eines gerade geöffneten Kühlschranks. Das Strahlungspyrometer wird die richtige Temperatur anzeigen, obwohl die Temperatur des Kühlschranksinneren niedriger als die Temperatur des Strahlungspyrometers ist.	78

Tabellenverzeichnis

1	Atmosphärische Konzentration des Kohlendioxids in Volumen-Teilen pro Million (1958- 2007)	7
2	Drei Versionen einer Atmosphäre einer idealisierten Erde und des verbundenen Gasvolumens Konzentrationen, einschließlich der für dieses Aufsatz gewählten Arbeitshypothese	8
3	Massendichten von Gasen bei normalen atmosphärischen Druck (101.325 kPa) und Normal-Temperatur (298 K)	8
4	Volumen-Prozente gegenüber Massen-Prozenten: Die Volumen-Konzentration x_v und die Massen-Konzentration x_m der Gasanteile der Atmosphäre einer idealisierten Erde	8
5	Wärmeleitwert der Gasbestandteile der Atmosphäre der Erde bei normalem Druck (101,325 kPa)	9
6	Isobare Wärmekapazität c_p , relative Molmasse M_r , isochore Wärmekapazität $c_V \approx c_p - R/M_r$ mit der universalen Gaskonstanten $R = 8,314472 \text{ J}/(\text{mol K})$, Massendichte ρ , thermische Leitfähigkeit λ und isochore Temperaturleitfähigkeit a_v der Gasbestandteile bei normalen Druck der Erdatmosphäre (101,325 kPa)	9
7	Die Berechnung des isochoren Temperaturleitfähigkeit $a_v = \lambda/(\rho - c_V)$ der Luft und ihrer Bestandteile für die gegenwärtige CO_2 -Konzentration (0,06 Massen%) und für einen fiktive verdoppelte CO_2 -Konzentration (0,12 Massen%) bei normalen Druck (101,325 kPa)	10
8	Die ultravioletten, sichtbaren und infraroten Anteile im Sonnenlichtes	20
9	Gemessene Temperaturen innerhalb und außerhalb eines Autos an einem heißen Sommertag.	25
10	Effektive Temperatur T_{Erdboden} der Erdoberfläche in Abhängigkeit des phänomenologischen Parameters ϵ	57
11	Effektive »mittlere« Temperatur T_{Erdboden} der Erdoberfläche in der Abhängigkeit des phänomenologischen Parameter ϵ einschließlich des Geometriefaktors von 0,25	58
12	Vergleich von zwei Arten der »mittleren« Temperaturen T_{eff} und T_{phys} in der Abhängigkeit des Emissionsvermögens, dem Parameter ϵ	60
13	Ein Beispiel für einen gemessenen Temperaturverteilung von der aus ihre damit verbundene effektive Strahlungstemperatur berechnet wird. Der letzte Spalte ist die vierte Wurzel des Mittelwertes der vierten Potenzen – und ist nur wenig größer als der Mittelwert.	64

Literatur

- [1] P. MURDIN (ED.): *Encyclopaedia of Astronomy and Astrophysics [Enzyklopädie der Astronomie und Astrophysik]*. New York : Nature Publishing Group, 2001
- [2] . . . : Radar in Meteorology [Radar in der Meteorologie]. In: D. ATLAS (Hrsg.): *AMS Battan Memorial Volume*, American Meteorological Society, 1990
- [3] . . . ; J. GRIBBIN (Hrsg.): *Climatic Change [Klimaänderung]*. Cambridge : University Press, 1978

- [4] . . . ; MACCRACKEN, M. C. (Hrsg.) ; LUTHER, F. M. (Hrsg.): *Projecting the Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide [Prognose der Klimaeffekte bei Ansteigen des Kohlendioxids]*. United States Department of Energy, DOE/ER 0237, Dec. 1985
- [5] . . . ; CRAIG, E. (Hrsg.): *Routledge Encyclopedia of Philosophy [Routledge Enzyklopädie der Philosophie]*. New York : Routledge/Taylor & Francis, 2007. – <http://www.rep.routledge.com>
- [6] . . . : *Pontifical Council for Justice and Peace, Climate Change and Development. International Conference [Päpstlicher Rat für Gerechtigkeit und Frieden, Internationale Konferenz. Klimaveränderung und Entwicklung]*. The Vatican. 26. - 27. April 2007. – http://www.justpax.it/eng/home_eng.html
- [7] . . . : *Absorption TiNOX*. 2000. – <http://www.solar4ever.de/Tinox.htm>
- [8] *Journal of Irreproducible Results* . – <http://www.jir.com/>
- [9] . . . : *Emissionsfaktoren*. – <http://www.omega.de/pdf/ir-book/ti1008.pdf>
- [10] A. EMMERICH, H. K.: Particle motion in stochastic force fields [Partikelbewegung in stochastischen Kraftfeldern]. In: *Physica* 92A (1978), S. 262 – 378
- [11] AAAS: *AAAS Board Statement on Climate Change [AAAS Vorstandserklärung zur Klimaveränderung]*. – <http://www.aaas.org/climate>
- [12] AHRENS, C.D.: *Essentials of Meteorology [Unverzichtbares der Meteorologie]*. In: *Invitation to the Atmosphere. 3rd Edition [Texte zur Atmosphäre]*. Belmont, CA : Thomson Books / Cole, 2001
- [13] ALBERT, H.: *Treatise on Critical Reason [Abhandlung aus kritischer Einsicht]*. Princeton : Princeton University Press, 1985
- [14] ALBRECHT, F.: Strahlungsumsatz in Wolken. In: *Meteorologische Zeitschrift* 50 (1988), S. 478–486
- [15] ALBRECHT, F.: Intensität und Spektralverteilung der Globalstrahlung bei klarem Himmel. In: *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklima* B3 (1951), S. 220–243
- [16] ALBRECHT, F.: Untersuchungen über die spektrale Verteilung der Himmelsstrahlung und die Strahlungsbilanz der Atmosphäre. In: *Meteorologische Zeitschrift* 52 (1935), S. 454–452
- [17] ALLEY, R. [u. a.]: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis - Summary for Policymakers Intergovernmental Panel of Climate Change 2007) [Klimaveränderung 2007: Die Physikalische Wissenschaftsbasis - Zusammenfassung für Politikmacher]*. – <http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>
- [18] ANONYMOUS: *Meyer's Enzyklopädisches Lexikon Bd. 10*. Mannheim : Bibliographisches Institut, 1974
- [19] ANONYMOUS: *Efficient Windows Collaborative - Your Gateway to Information on How to choose Energy-Efficient Windows [Die Gesellschaft für effiziente Fenster - Ihr Tor für energieeffiziente Fenster]*. – <http://www.efficientwindows.org>

- [20] ANONYMOUS: *The Greenhouse Effect [Der Treibhauseffekt]*. – <http://www.britannica.com/eb/article-9037976/greenhouse-effect>
- [21] ANONYMOUS: *Mojib Latif*. – <http://www.mopo.de/info/suche/web/index.html?keyword=Mojib%20Latif>
- [22] ANONYMOUS: *SysML - Open Source Specification Project*. – <http://www.sysml.org/>
- [23] ANONYMOUS. *The great global warming swindle [Der große globale Treibhausschwindel]*. Thursday 8 March, 9pm 2007
- [24] ANONYMOUS: *Science*. – <http://en.wikipedia.org/wiki/Science>
- [25] ANONYMOUS: *Demarcation Problem [Das Abgrenzungsproblem]*. – http://en.wikipedia.org/wiki/Demarcation_problem
- [26] ANONYMOUS. *The greenhouse conspiracy [Das Treibhauskomplott]*. 1990
- [27] ANONYMOUS: *Stellungnahme der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft zu den Grundlagen des Treibhauseffektes*. – <http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/aktivitaeten/pdf/treibhauseffekt.pdf>
- [28] ANONYMOUS: *Der Treibhauseffekt*. – <http://de.wikipedia.org/wiki/Treibhauseffekt> access 23.03.2007
- [29] ANONYMOUS: *The Engineering Toolbox [Die Werkzeuge des Ingenieurs]*. – http://www.engineeringtoolbox.com/air-properties-d_156.html
- [30] ANONYMOUS: *Climate Change Experiment Results [Ergebnisse von Experimenten zur Klimaänderung]*. – <http://www.bbc.co.uk/sn/climateexperiment/>
- [31] ARRHENIUS, S.: Die vermutliche Ursache der Klimaschwankungen. In: *Meddelanden fran K.Vetenskapsakademiens Nobelinstitut* 1 (1906), Nr. 2
- [32] ARRHENIUS, S.: Über die Wärmeabsorption durch Kohlensäure und ihren Einfluss auf die Temperatur der Erdoberfläche. In: *Förhandlingar Svenska Vetenskapsakademiens* 58 (1901), S. 25 – 58
- [33] ARRHENIUS, S.: On the Influence of Carbonic Acid in the Air Upon the Temperature of the Ground [Über den Einfluß der Kohlensäure in der Atmosphäre auf die Temperatur der Erdoberfläche]. In: *Philosophical Magazine* 41 (1896), S. 237–276
- [34] AVERY, D. T. ; SINGER, S. F.: *Unstoppable Global Warming - Every 1500 Years [Unaufhaltsame Erderwärmung - Alle 1500 Jahre]*. Lanham MD : Rowman & Littlefield Publishers, Inc., 2006
- [35] BAKAN, S. ; RASCHKE, E.: Der natürliche Treibhauseffekt. In: *Promet (Deutscher Wetterdienst)* 28 (2002), Nr. 3/4, S. 85–94. – http://dmg-ev.de/gesellschaft/publikationen/pdf/promet/pdf_gross/promet_28_34.pdf
- [36] BALACHANDRAN, A. P. ; ERCOLESSI, E.: Statistics on Networks [Statistik in Netzen]. In: *Int. J. Mod. Phys. A* 7 (1992), S. 4633 – 4654
- [37] BARKER, E.F. ; ADEL, A.: Resolution of the Two Difference Bands of CO₂ Near 10 μm [Auflösung von Zwei Differenz-Banden des CO₂ In der Nähe von 10 μm]. In: *Phys. Rev.* 44 (1933), S. 185 – 187

- [38] BARRON, W. R.: *Grundlagen der Infrarot-Temperaturmessung*. – <http://www.omega.de/pdf/ir-book/ti1002.pdf>
- [39] BAUER, H.: *Wahrscheinlichkeitstheorie und Grundzüge der Maßtheorie [Measure and Integration Theory]*. Berlin : Walter De Gruyter, 1964
- [40] BAUER, H. ; BUCKEL, R. B.: *Measure and Integration Theory, [Maß und Integrationstheorie]*. Berlin : Walter De Gruyter, 2002 (Studies in Mathematics 26)
- [41] BAUR, F. ; PHILIPS, H.: Der Wärmehaushalt der Lufthülle der Nordhalbkugel im Januar und Juli und zur Zeit der Äquinoktien und Solstitien. 1. Mitteilung: Die Einstrahlung bei normaler Solarkonstante. In: *(Gerlands) Beiträge zur Geophysik* 42 (1934), S. 159–207
- [42] BAUR, F. ; PHILIPS, H. *Der Wärmehaushalt der Lufthülle der Nordhalbkugel im Januar und Juli und zur Zeit der Äquinoktien und Solstitien. 2. Mitteilung: Ausstrahlung, Gegenstrahlung und meridionaler Wärmetransport bei normaler Solarkonstante*
- [43] BECK, E.-G.: 180 Years of atmospheric CO₂ Gas Analysis by Chemical Methods [180 Jahre atmosphärische CO₂ Gasanalysen mit Chemischen Methoden]. In: *Energy & Environment* 18 (2007), S. 259 – 282
- [44] BECK, E.-G.: *180 Years of atmospheric CO₂ Gas Analysis by Chemical Methods, Erratum [180 Jahre der atmosphärischen CO₂ Gasanalyse durch Chemische Methoden, Korrektur]*. – <http://www.biokurs.de/treibhaus/180CO2/erratum.doc>
- [45] BECKENBACH, E. F. ; BELLMAN, R.: *Inequalities [Ungleichungen]*. Berlin : Springer, 1983
- [46] BERRY, E. X.: Comment on ‘greenhouse’ effect [Kommentar zum ‘Treibhaus’-Effekt]. In: *J. Appl. Meteor.* 13 (1974), S. 603 – 604
- [47] BLASING, T. J. ; SMITH, K.: *Recent Greenhouse Gas Concentrations [Gegenwärtige Konzentrationen Treibhausgase]*. – http://cdiac.esd.ornl.gov/pns/current_ghg.html
- [48] BOLTZMANN, L.: Ableitung des Stefan’schen Gesetzes, betreffend die Abhängigkeit der Wärmestrahlung von der Temperatur aus der electromagnetischen Lichttheorie. In: *Annalen der Physik und Chemie* 22 (1884), S. 291 – 294
- [49] BORN, M. ; WOLF, E.: *Principles of Optics: Electromagnetic Theory of Propagation, Interference and Diffraction of Light [Grundsätze der Optik: Elektromagnetische Theorie der Ausbreitung, Interferenz und Brechung des Lichtes]*. Bd. 6th Edition. Cambridge, UK : Cambridge University Press, 1997
- [50] BOUALI, H.: Combined radiative and convective heat transfer in a divided channel [Kombinierte Wärmeübertragung durch Konvektion und Strahlung in einem geteilten Kanal]. In: *Int. J. Numerical Methods Heat & Fluid Flow* 16 (2006), S. 84–106
- [51] BRAY, D. ; VON STORCH, H.: *Climate Scientists: Perceptions of Climate Change Science [Wahrnehmungen der Wissenschaft der Klimaveränderungen]*. 2007. – <http://coast.gkss.de/staff/storch/pdf/070511.bray.GKSS.pdf>

- [52] BUDDEN, K. G.: *Radio Waves in the Ionosphere [Funkwellen in der Ionosphäre]*. Cambridge University Press, 1966
- [53] BUSINGER, J. A.: The glasshouse (greenhouse) climate [Das Klima des Glashauses (Treibhauses)]. In: WIJK, W. R. V. (Hrsg.): *Physics of Plant Environment [Physik der Pflanzenumgebung]*. Amsterdam : North Holland Publishing Co., 1963
- [54] C. ESSEX, B. A.: Does a Global Temperature Exist? [Existiert eine Globale Temperatur?]. In: *J. Non- Equil. Thermod.* 32 (2007), S. 1 – 27
- [55] CALLEN, H. B.: *Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics. Second edition [Thermodynamik und eine Einführung in die Thermostatik.]*. New York : John Wiley & Sons, 1985
- [56] CALLENDAR, G. S.: Temperature Fluctuations and Trends over the Earth [Temperaturschwankungen und Tendenzen über die Erde]. In: *Quarterly J. Royal Meteorological Society* 87 (1961), S. 1 – 12
- [57] CALLENDAR, G. S.: On the Amount of Carbon Dioxide in the Atmosphere [Die Menge des Kohlendioxids in der Atmosphäre]. In: *Tellus* 10 (1958), S. 243 – 248
- [58] CALLENDAR, G. S.: Can Carbon Dioxide Influence Climate? [Kann Kohlendioxyd das Klima beeinflussen?]. In: *Weather* 4 (1949), S. 310 – 314
- [59] CALLENDAR, G. S.: Infra-Red Absorption by Carbon Dioxide, with Special Reference to Atmospheric Radiation [Infrarotabsorption durch Kohlendioxid, mit Spezieller Beziehung zur Atmosphärischen Strahlung]. In: *Quarterly J. Royal Meteorological Society* 67 (1941), S. 263–275
- [60] CALLENDAR, G. S.: Variations in the Amount of Carbon Dioxide in Different Air Currents [Schwankungen in der Menge des Kohlendioxids in Unterschiedlichen Luftströmen]. In: *Quarterly J. Royal Meteorological Society* 66 (1940), S. 395–400
- [61] CALLENDAR, G. S.: The Composition of the Atmosphere through the Ages [Die Zusammensetzung der Atmosphäre in der Vergangenheit]. In: *Meteorological Magazine* 74 (1939), S. 33–39
- [62] CALLENDAR, G. S.: The Articial Production of Carbon Dioxide and Its Influence on Climate [Die Künstliche Produktion von Kohlendioxids und Ihre Einflüsse auf das Klima]. In: *Quarterly J. Royal Meteorological Society* 64 (1938), S. 223–240
- [63] CESS, R. D.: Intercomparison and Interpretation of Climate Feedback Processes in 19 Atmospheric General Circulation Models [Vergleich und Interpretation von Klimarückkopplungs-Prozessen in 19 Allgemeinen Atmosphärischen Zirkulationsmodellen]. In: *J. Geophysical Research* 95 (1990), S. 16601 – 16615
- [64] CHANDRASEKHAR, S.: *Radiative Transfer [Strahlungsübertragung]*. New York : Dover Publications, Inc., 1960
- [65] CHANG, J.-H.: *Climate and Agriculture [Klima und Landwirtschaft]*. Chicago : Aldine Puhl, 1968
- [66] CLAUDIUS, R.: *Die Mechanische Wärmetheorie*. Bd. 3. Auflage. Vieweg, 1887

- [67] CLAUSIUS, R.: *Mechanical Theory of Heat [Die Mechanische Wärmetheorie]*. 1887. – <http://www.humanthermodynamics.com/Clausius.html>
- [68] COLE, F.-W.: *Introduction to Meteorology [Einführung in die Meteorologie]*. New York : Wiley, 1970
- [69] CONNOLLEY, W. M.: *Science (related to climate change) [Wissenschaft (bezogen auf die Klimaänderung)]*. – http://www.wmconnolley.org.uk/sci/wood_rw.1909.html
- [70] CRACKEN, M. C. M.: Carbon Dioxide and Climate Change: Background and Overview [Kohlenoxid und Klimaänderung: Hintergrund und Übersicht]. In: UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY, DOE/ER 0. (Hrsg.): *Projecting the Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide [Prognose der Klimaeffekte des Zunehmenden Kohlendioxids]*, 1985, S. 25 – 55
- [71] CRC PRESSE(DRUCK), 2001: *D. Basu, Dictionary of Geophysics, Astrophysics, and Astronomy [Wörterbuch der Geophysik, Astrophysik und Astronomie]*. Boca Raton : CRC Press, 2001
- [72] CURTIS, A.R. ; GOODY, R.M.: Thermal Radiation in the upper atmosphere [Thermische Strahlung in der oberen Atmosphäre]. In: *Proc. Roy. Soc. London A236* (1956), S. 193 – 206
- [73] DAVIDSON, P. A.: *An Introduction to Magnetohydrodynamics [Eine Einführung in die Magnetohydrodynamik]*. Cambridge University Press, 2003
- [74] DRAPER, N. R. ; SMITH, H.: *Applied Regression Analysis [Angewandte Regressionsanalyse]*. New Jersey : Wiley, Hoboken, 1998
- [75] DYSON, F.: *University of Michigan 2005: Winter Commencement Address [Ansprache anlässlich des Winteranfangs]*. 2005. – <http://www.umich.edu/news/index.html?DysonWinCom05>
- [76] E. DE BARY, K. B. ; MÖLLER, F.: Beiträge zur Erklärung von Himmelsfarbe und Helligkeit. In: *Zeitschrift für Meteorologie* 8 (1954), S. 303 – 309
- [77] EBEL, J.: Strahlungsheizung. In: *B+B (Bauen im Bestand)* (2006), Nr. 5
- [78] EINSTEIN, Albert: Zur Quantentheorie der Strahlung. In: *Physikalische Zeitschrift bzw. Physikalische Gesellschaft Zürich - Mitteilungen* 18 (1916 bzw. 1917), S. 47 – 62 bzw. 121 – 128
- [79] ELSAESSER, H. W.: The Climate Effect of CO₂: A Different View [Die Klimawirkung von CO₂: Eine Unterschiedliche Sicht]. In: *Atmos. Env.* 18 (1984), S. 431 – 434
- [80] EVANS, E. V. ; KENNEY, C. N.: A Flow Method for Determining the Thermal Conductivity of Gas Mixtures [Eine Fluss-Methode zur Bestimmung des Thermischen Leitvermögens von Gasmischungen]. In: *Nature* 203 (1964), S. 184 – 185
- [81] F. KREITH, R. F. B. [u. a.]: Heat and Mass Transfer [Wärme- und Massenübertragung]. In: KREITH, Frank (Hrsg.): *Mechanical Engineering Handbook [Handbuch des Maschinenbaus]*. Boca Raton : CRC Press LLC, 1999
- [82] FLEAGLE, R. G. ; BUSINGER, J. A.: *An Introduction to Atmospheric Physics [Eine Einführung in die Atmosphärenphysik]*. New York : Academic Press, 1963

- [83] FOURIER, J.: Remarques générales sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires [Generelle Bemerkungen zu den Temperaturen auf der Erdkugel und der planetaren Räume]. In: *Annales de Chemie et de Physique* 27 (1824), S. 136–167
- [84] FOURIER, J.: Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires [Denkschrift zu den Temperaturen auf der Erdkugel und der planetaren Räume]. In: *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* 7 (1824), S. 569 – 604
- [85] FRANK, T. ; BOSSERT, Paul [u. a.] ; 788, Untersuchungsbericht Nr. 1. (Hrsg.): *Energiebilanz von Außenwänden unter realen Randbedingungen*. Dübendorf, Schweiz : Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA), 1994
- [86] FULLEKRUG, M.: Atmospheric electromagnetics and climate change [Atmosphärischer Elektromagnetismus und Klimaänderung]. In: (ED.), C. B. (Hrsg.): *From Regional Climate Modelling to the Exploration of Venus [Von der Modellierung von Regionalklimas zur Erforschung der Venus]* Bd. ERCA 7. Grenoble, France, 2. November 2006, S. 157 – 166
- [87] GERLICH, G.: Über die Physik und Mathematik globaler Klimamodelle. In: GESPRÄCH (Hrsg.): *Kolloquium der Deutschen Chemischen Gesellschaft*. Münster, 21. 05. 2007
- [88] GERLICH, G.: Klima, Energie und Katastrophen. Erkrath : MIT Mittelstands- und Wirtschaftsvereinigung der CDU, Stadtverband Erkrath, 19. 10. 2005
- [89] GERLICH, G.: Physikalische und mathematische Gesetze in der globalen Klimatologie. In: GESPRÄCH (Hrsg.): *Klimawandel - menschlich bedingt oder aufgebauscht?* Göttingen : Friedrich Naumann Stiftung und Rudolf von Bennigsen Stiftung, 15. 5. 2004
- [90] GERLICH, G.: On the physics and mathematics of global climate models [Über die Physik und Mathematik globaler Klimamodelle - Gespräch in Deutsch]. In: *Gespräch, Kyoto - Klimaprognosen - Aussagekraft der Modelle und Handlungsstrategien*. Theodor-Heuss-Akademie, Gummersbach, 20. 2. 2005
- [91] GERLICH, G.: Physical foundations of the greenhouse effect and fictitious greenhouse effects [Physikalische Grundlagen des Treibhauseffekts und der fiktiven Treibhauseffekte - Gespräch in Deutsch]. In: *Gespräch auf dem Herbstkongress der Europäischen Akademie für Umweltfragen: Die Treibhaus-Kontroverse, 1995*. Leipzig, 9. - 10. 11. 1995
- [92] GERLICH, G.: Eine Verallgemeinerung des Stratonovich-Verfahrens für Anwendungen in der statistischen Mechanik. In: *Physica* 82A (1976), S. 477 – 499
- [93] GERLICH, G.: *Tensorpotentiale in der Magnetohydrodynamik und das Dynamoproblem, Thesen*. TU Braunschweig, 1970
- [94] GERLICH, G. ; KAGERMANN, H.: Herleitung kinetischer Gleichungen mit dem verallgemeinerten Stratonovich-Verfahren. In: *Physica* 88A (1977), S. 283 – 304
- [95] GOLD, E.: The Isothermal Layer of the Atmosphere and Atmospheric Radiation [Die Isothermischen Schichten der Atmosphäre und die Atmosphärische Strahlung]. In: *Proc. Roy. Soc. London* A82 (1909), S. 43–70

- [96] GORE, Al: *An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do About It [Eine Unbequeme Wahrheit: Der Planetarische Notfall der Erderwärmung und Was Wir Darüber wissen können]*. New York : Melcher Media/Rodale Publishing, 2006
- [97] GRASSL, H.: Zwischen Eiszeit und globaler Erderwärmung. In: *Gespräch*. Planetarium Hamburg, 02. Feb. 2007
- [98] GRASSL, H.: 'Treibhausgase' haben deutlichen Einfluss. In: *Handelsblatt* 3.1. (1996)
- [99] GRIGULL, Ulrich ; SANDNER, Heinrich: *Wärmeleitung*. Berlin Heidelberg New York : Springer-Verlag, 1979
- [100] GUGGENHEIM, D.: *An Inconvenient Truth [Eine unbequeme Wahrheit]*. – <http://www.climatecrisis.net>
- [101] HANSEN, J. [u. a.]: Efficient Three-Dimensional Global Models for Climate Studies: Models I and II [Effiziente Dreidimensionale Globale Modelle für Klimastudien: Modelle I und II]. In: *Monthly Weather Review* 111 (1983), S. 609 – 662
- [102] HARDY, G. H. ; LITTLEWOOD, J. E. ; POLYA, G.: *Inequalities [Ungleichungen]*. Cambridge, UK : Cambridge University Press, 1934
- [103] HARDY, J. P.: *Climate Change. Causes, Effects, and Solutions [Klimawandel. Ursachen, Effekte und Lösungen]*. West Sussex, England : John Wiley & Sons Ltd., 2003
- [104] HEISS, K. P.: *Globale Erwärmung - Globaler Winter: was sagen die Daten?*. – <mailto:Klaus-p-heiss@msn.com>
- [105] HEUSELER, W. *Private Communication [Private Kommunikation]*. 1996
- [106] HOFMANN, G.: Zur Darstellung der spektralen Verteilung der Strahlungsenergie. In: *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklima* B6 (1955), S. 274 – 279
- [107] HOUGHTON, J.T. [u. a.]: *Climate Change 2001: The Scientific Basis - Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report [Klimaänderung 2001: Die wissenschaftliche Grundlage - Der Beitrag der Arbeitsgruppe I zum dritten Bericht zur Beurteilung]*. Cambridge : University Press, 2001
- [108] HOUGHTON, J.T. [u. a.]: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change - Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report [Klimaveränderung 1995: Die Wissenschaft der Klimaänderung - Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Zweiten Bewertungsbericht]*. Cambridge : University Press, 1996
- [109] HOUGHTON, J.T. [u. a.]: Radiative Forcing of Climate Change: Summary for Policymakers [Strahlungstrieb der Klimaänderung: Zusammenfassung für Politikmacher]. WHO, IPCC, UNEP : Report of the Scientific Assessment Working Group of IPCC, 1994
- [110] HOUGHTON, J.T. [u. a.]: *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment - Report Prepared for IPCC by Working Group I [Klimaänderung 1992: Der ergänzende Bericht für die wissenschaftliche Bewertung durch das IPCC - Bericht aufbereitet für das IPCC durch die Arbeitsgruppe I]*. Cambridge : University Press, 1992

- [111] HOUGHTON, J.T. [u. a.]: *Scientific Assessment of Climate Change - The Policymakers' Summary of the Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel of Climate Change [Wissenschaftliche Bewertung der Klimaänderung - Die Zusammenfassung für Politikmacher des Berichts der Arbeitsgruppe I des IPCC]*. WHO, IPCC, UNEP, 1990
- [112] HOUGHTON, J.T. [u. a.]: *Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IS92 Emission Scenarios [Klimaänderung 1994: Strahlungstrieb der Klimaänderung und eine Einschätzung der IS92 der Emissionsszenarios]*. Report of Working Groups I and III of the IPCC [Bericht der Arbeitsgruppen I und III des IPCC]. Cambridge : University Press, 1990
- [113] HOUGHTON, J.T. [u. a.]: *Climate Change 1990: The IPCC Scientific Assessment - Report Prepared for IPCC by Working Group I [Klimaänderung 1990: Die wissenschaftliche Bewertung durch das IPCC - Bericht aufbereitet für das IPCC durch die Arbeitsgruppe I]*. Cambridge : University Press, 1990
- [114] HUANG, K.: *Statistical Mechanics [Statistische Mechanik]*. New York : John Wiley & Sons, 1987
- [115] HUG, H.: *Die Angsttrompeter*. München : Signum Verlag, 2006
- [116] HÖLDER, O.: Über einen Mittelwertsatz. In: *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen* (1889), S. 38 – 47
- [117] ITZYKSON, C. ; ZUBER, J.-B.: *Quantum Field Theory [Quantenfeldtheorie]*. New York : McGraw-Hill Education, 1980
- [118] JACKSON, J. D.: *Classical Electrodynamics [Klassische Elektrodynamik]*. New York : John Wiley & Sons, 1962
- [119] JAWOROWSKI, Z.: CO₂: The Greatest Scientific Scandal of Our Time [CO₂: Der Größte Wissenschaftliche Skandal Unserer Zeit]. In: *EIR Science* March 16 (2007), S. 38 – 53
- [120] JONES, M. D. H. ; HENDERSON-SELLERS, A.: History of the greenhouse effect [Die Historie des Treibhauseffekts]. In: *Progress in physical geography* 14 (1) (1990), S. 1 – 18
- [121] KASSNER, K.: *Theoretische Physik IV, Vorlesungsskript zur Statistik*. – http://wase.urz.uni-magdeburg.de/kassner/itp2/thermoscript_orig.pdf
- [122] KEELING, C. D.: The Influence of Mauna Loa Observatory on the Development of Atmospheric CO₂ Research [Der Einfluß Mauna Loa Sternwarte auf die Entwicklung der atmosphärisch CO₂-Forschung]. In: MILLER, John (Hrsg.): *In Mauna Loa Observatory. A 20th Anniversary Report*. NOAA Environmental Research Laboratories, Boulder, CO : National Oceanic and Atmospheric Administration Special Report, September 1978, S. 36 – 54
- [123] KEELING, C. D.: The Carbon Dioxide Cycle: Reservoir Models to Depict the Exchange of Atmospheric Carbon Dioxide with the Ocean and Land Plants [Der Kohlendioxyd-Zyklus: Reservoir-Modelle, um den Austausch des Atmosphärischen Kohlendioxyds mit den Ozean- und Landpflanzen darzustellen]. In: *Chemistry of the Lower Atmosphere* (1973), S. 251 – 329

- [124] KEELING, C. D.: Rewards and Penalties of Monitoring the Earth [Jährliche Bewertung der Erde]. In: *Annual Review of Energy and the Environment* 23 (1998), S. 25 – 8225
- [125] KEELING, C. D.: The Concentration and Isotopic Abundances of Carbon Dioxide in the Atmosphere [Die Konzentration und Menge der Isotope des Kohlendioxids in Atmosphäre]. In: *Tellus* 12 (1960), S. 200 – 2003
- [126] KEELING, C. D. [u. a.]: A Three-Dimensional Model of Atmospheric CO₂ Transport Based on Observed Winds [Ein Dreidimensionales Modell des Atmosphärischen CO₂-Transports, das auf den Beobachteten Winden basiert]. In: PETERSON, David H. (Hrsg.): *Aspects of Climate Variability in the Pacific and the Western Americas [Aspekte der Klimaveränderlichkeit im Pazifik und der Westen Amerikas]*. American Geophysical Union, Washington DC : AGU Monograph 55, 1989, S. 165 – 363
- [127] KEELING, C. D. [u. a.]: Increased Activity of Northern Vegetation Inferred from Atmospheric CO₂ Measurements [Vermehrte Aktivität der Nördlichen Vegetation - abgeleitet aus Atmosphärischen CO₂-Messungen]. In: *Nature* 382 (1996), S. 146 – 149
- [128] KEELING, C. D. [u. a.]: Atmospheric Carbon Dioxide Variations at Mauna Loa Observatory [Schwankungen der Kohlendioxid-Konzentration beim Mauna Loa Observatorium]. In: *Tellus* 28 (1976), S. 538 – 551
- [129] KHILYUK, L. F. ; CHILINGAR, G. V.: On global forces of nature driving the Earths climate. Are humans involved? [Über die globalen Kräfte der Natur, die das Erdklima antreiben. Ist der Mensch daran beteiligt?]. In: *Environ. Geol.* 50 50 (2006), S. 899 – 910
- [130] KITTEL, C.: *Thermal Physics [Thermische Physik]*. Bd. 21st Printing. New York, 1980 : W.H. Freeman and Company, 2000
- [131] KNEER, R.: *FEUERUNGSTECHNIK*. Lehrstuhl für Wärme- und Stoffübertragung. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen. 2006. – http://www.wsa.rwth-aachen.de/uploads/tx_lnetfiles/skript_ft_komplett_20-11-06.pdf
- [132] KUPTSOV, L.P.: Hölder inequality [Höldersche Ungleichungen]. In: *Encyclopaedia of Mathematics (SpringerLink)*, 2001. – <http://eom.springer.de/H/h047514.htm>
- [133] LEE, B.: Effects of tent-type enclosures on the microclimate and vaporization of plant cover [Effekte von Einschließungen des Zelt-Typs auf dem Mikroklima und die Verdunstungen der Pflanze]. In: *Oecologica Plantarum* 1 (1966), S. 301 – 326
- [134] LEE, R.: The 'greenhouse' effect [Der Treibhauseffekt]. In: *J. Appl. Meteor.* 12 (1973), S. 556 – 557
- [135] LEWIS, M.: *A Skeptic's Guide to An Inconvenient Truth [Führer von einem Skeptiker zu einer Unbequemen Wahrheit]*. Washington : Competitive Enterprise Institute, 2006. – http://www.cei.org/pages/ait_response.cfm
- [136] LIDE, D. R.: *CRC Handbook of Chemistry and Physics [CRC Handbuch der Chemie und Physik]*. Bd. 83th Edition. Boca Raton : CRC Press LLC, 2002
- [137] LORENZ, E. N.: Deterministic Nonperiodic Flow [Deterministischer Nichtperiodischer Fluss]. In: *J. Atmospheric Sciences* 20 (1963), S. 130 – 141

- [138] LUTHER, F. M. ; ELLINGSON, R. G.: Carbon Dioxide and the Radiation Budget [Kohlendioxid und Strahlensbilanz]. In: *Projecting the Climatic Effects of Increasing Carbon Dioxide [Prognose der Klimaefekte des Ansteigenden Kohlendioxids]*, United States Department of Energy, DOE/ER 0237, Dec. 1985, S. 25 – 55
- [139] MANABE, S.: Climate and the Ocean Circulation: I. The Atmospheric Circulation and the Hydrology of the Earth's Surface [Die Atmosphärische Zirkulation und die Hydrologie der Oberfläche der Erde]. In: *Monthly Weather Review* 97 (1969), S. 739 – 774
- [140] MANABE, S.: Climate and the Ocean Circulation: II. The Atmospheric Circulation and the Effect of Heat Transfer by Ocean Currents [Die Atmosphärische Zirkulation und die Wirkung der Wärmeübertragung durch Ozeanströmungen]. In: *Monthly Weather Review* 97 (1969), S. 775 – 805
- [141] MANABE, S. ; STRICKLER, R.F.: Thermal Equilibrium of the Atmosphere with Convective Adjustment [Das Thermische Gleichgewicht der Atmosphäre mit Konvektiver Anpassung]. In: *J. Atmosph. Sciences* 21 (1964), S. 361 – 385
- [142] MANABE, S. ; WETHERALD, R.T.: On the Distribution of Climate Change Resulting from an Increase in CO₂ Content of the Atmosphere [Über die Verteilung der Resultierenden Klimaänderung als Folge der Steigerung des CO₂-Inhalts der Atmosphäre]. In: *J. Atmosph. Sciences* 37 (1980), S. 99 – 118
- [143] MANABE, S. ; WETHERALD, R.T.: Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity [Das Thermische Gleichgewicht der Atmosphäre bei einer Gegebenen Verteilung der Relativen Feuchtigkeit]. In: *J. Atmosph. Sciences* 24 (1967), S. 241 – 259
- [144] MANN, M. E. ; JONES, P. D.: Global surface temperatures over the past two millennia [Die Globalen Oberflächentemperaturen der vergangenen zwei Jahrtausende]. In: *Geophysical Research Letters* 30 (2003), S. 5–1 – 5–4
- [145] MARCUVITZ, N.: *Waveguide Handbook [Wellenleiter-Handbuch]*. London : Peter Peregrinus Ltd., 1986
- [146] MARTIN, P.E. ; BARKER, E.F.: The Infrared Absorption Spectrum of Carbon Dioxide [Das Infrarotabsorptionsspektrum des Kohlendioxids]. In: *Phys. Rev.* 37 (1932), S. 291 – 303
- [147] MCGUFFIE, K. ; HENDERSON-SELLERS, A.: *A Climate Modelling Primer [Anstoß für ein Klimamodell]*. West Sussex, England : John Wiley & Sons, 2006
- [148] MECKE, R.: Über Zerstreung und Beugung des Lichtes durch Nebel und Wolken. In: *Ann. d. Physik* 65 (1921), S. 257 – 273
- [149] MILLER, A.: *Meteorology [Meteorologie]*. Ohio, Columbus : Merrill Books, 1966
- [150] MITCHELL, J.: *Climate Change Myths [Klimaänderungsmythen]*. – <http://www.metoffice.gov.uk/corporate/pressoffice/myths/index.html>
- [151] MONTGOMERY, C. G. ; DICKE, R. H. ; PURCELL, E. M.: *Principles of Microwave Engineering [Grundsätze der Mikrowellentechnik]*. New York : McGraw-Hill, 1948

- [152] MUNN, R. E.: *Descriptive Micrometeorology [Beschreibende Mikrometeorologie]*. New York : Academic Press, 1966
- [153] MÖLLER, F.: *Einführung in die Meteorologie: Physik der Atmosphäre II*. Mannheim : Bibliographisches Institut, 1973
- [154] MÖLLER, F.: *Einführung in die Meteorologie: Physik der Atmosphäre I*. Mannheim : Bibliographisches Institut, 1973
- [155] MÖLLER, F.: Strahlung der unteren Atmosphäre. In: *Handbuch der Physik* 48 (1959), S. 155 – 253
- [156] MÖLLER, F.: Ein Kurzverfahren zur Bestimmung der langwelligen Ausstrahlung dicker Atmosphärenschichten. In: *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklima* A7 (1954), S. 158 – 169
- [157] MÖLLER, F.: Labilisierung von Schichtwolken durch Strahlung. In: *Meteorologische Zeitschrift* 60 (1948), S. 212 – 213
- [158] MÖLLER, F.: Zur Erklärung der Stratosphärentemperatur. In: *Die Naturwissenschaften* 31 (1943)
- [159] MÖLLER, F. ; MANNABE, S.: Über das Strahlungsgleichgewicht der Atmosphäre. In: *Z. f. Meteorologie* 15 (1961), S. 3 – 8
- [160] MÖLLER, F. ; MÜGGE, R.: Gesamte und zonale nächtliche Gegenstrahlung als Mittel zur Gewinnung aerologischer Aufschlüsse. In: *Beiträge zur Physik der (freien) Atmosphäre* 20 (1933), S. 220 – 233
- [161] MÜGGE, R. ; MÖLLER, F.: Zur Berechnung von Strahlungsströmen und Temperaturänderungen in Atmosphären von beliebigem Aufbau. In: *Zeitschrift für Geophysik* 8 (1932), S. 53 – 64
- [162] NAKIĆENOVIĆ, N. [u. a.]: *Emission Scenarios - A Special Report of Working Group III of the IPCC [Emissionsszenarien - Ein Eigenbericht der Arbeitsgruppe III des IPCC]*. Cambridge : University Press, 2000
- [163] OESCHGER, H.: Treibhauseffekt durch Kohlensäure - Ja oder Nein? In: *Neue Züricher Zeitung* 28 (1976), Nr. 9.11.
- [164] P. STILBS, Organizing chairman [.: Global Warming - Scientific Controversies in Climate Variability [Erderwärmung - Wissenschaftliche Kontroversen zu den Klimaschwankungen]. In: *International seminar meeting at The Royal Institute of Technology (KTH), [Internationales Treffen am Königlichen Institut für die Technologie (KTH)]*. Stockholm, Schweden, 11. - 12. September 2006. – <http://gamma.physchem.kth.se/~climate/>
- [165] PAUL, C R.: *Fundamentals of Electric Circuit Analysis [Grundlagen der Elektrischen Schaltkreis-Analyse]*. Mississauga, Ontario : John Wiley & Sons Canada Ltd., 2001
- [166] PETERSEN, S.: *Introduction to Meteorology [Einführung in die Meteorologie]*. New York : McGraw-Hill, 1958
- [167] PLANCK, M.: Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum. In: *Annalen der Physik* 4 (1901), S. 553 – 563

- [168] PLANCK, M.: Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum. In: *Verhandlungen Deutsche Physikalische Gesellschaft* 2 (1900), S. 202 – 204 and 237 – 239
- [169] PRÉVOST, Pierre: *Du Calorique rayonnant [Über strahlende Wärme]*. Paris : J.J. Paschoud, 1809
- [170] R. D. TSCHESCHNER, E. Leschinsky C. Meier S. T. ; WIECK, A. D.: Robustness of the quantum Hall effect, sample size versus sample topology, and quality control management of III-V molecular beam epitaxy [Robustheit des Quanten-Hall-Effekts, Probengröße gegen Proben-topologie und die Qualität des Steuer-managements der III-V molekularen Epitaxie]. In: *Int. J. Mod. Phys.* B12 (1998), S. 1147 – 1170
- [171] RAHMSTORF, S.: *Antworten auf Leserbriefe*. – http://www.pik-potsdam.de/~stefan/leser_antworten.html access 23.03.2007
- [172] ROTHMAN, L. S. [u. a.]: The HITRAN molecular spectroscopic database and HAWKS. In: *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer* 60 (1998), S. 665 – 710. – <http://cfa-www.harvard.edu/hitran/Download/HITRAN96.pdf>
- [173] RUDZINSKI, K.: Kein Treibhauseffekt durch Kohlensäure. In: *Frankfurter Allgemeine Zeitung* (1976), Nr. 15.09.
- [174] RYBICKI, G.B. ; LIGHTMAN, A. P.: *Radiative Processes in Astrophysics [Strahlungsprozesse in der Astrophysik]*. New York : John Wiley & Sons, 1979
- [175] SAFRAN, S. A.: *Statistical Thermodynamics of Surfaces, Interfaces, and Membranes [Statistische Thermodynamik von Oberflächen, Schnittstellen und Membranen]*. Reading, Massachusetts : Addison-Wesley, 1994
- [176] SCAIFE, A. ; FOLLAND, C. ; MITCHELL, J.: A model approach to climate change [Eine Modellnäherung der Klimaveränderung]. In: *Physics World* 2 (2007). – <http://physicsweb.org/articles/world/20/2/3/1>
- [177] SCHACK, A.: *Der industrielle Wärmeübergang*. Bd. 1. Auflage 1929, 8. Auflage. Düsseldorf : Verlag Stahleisen m.b.H., 1983
- [178] SCHACK, A.: Der Einfluß des Kohlendioxid-Gehaltes der Luft auf das Klima der Welt. In: *Physikalische Blätter* 28 (1972), S. 26 – 28
- [179] SCHAEFER, C. ; PHILIPPS, B.: Das Absorptionsspektrum der Kohlensäure und die Gestalt der CO₂-Molekel. In: *Z. für Physik* 36 (1926), S. 641 – 656
- [180] SCHLOERER, J.: *Climate change: some basics [Klimaänderung: einige Grundlagen]*. – <http://www.faqs.org/faqs/sci/climate-change/basics/>
- [181] SCHNEIDER, S.H.: On the Carbon Dioxide Climate Confusion [Über die Kohlendioxid-Klimaverwirrung]. In: *J. Atmospheric Sciences* 32 (1975), S. 2060 – 2066
- [182] SCHUMANN, W. O.: Über die strahlungslosen Eigenschwingungen einer leitenden Kugel, die von einer Luftschicht und einer Ionosphärenhülle umgeben ist. In: *Zeitschrift und Naturforschung* 7a (1952), S. 149 – 154
- [183] SCHUSTER, Norbert ; KOLOBRODOV, Valentin G.: *Infrarotthermographie*. Weilheim [u.a.] : Wiley - VCH, 2000

- [184] SCHÖNWIESE, C.-D. ; DIEKMANN, B.: *Der Treibhauseffekt*. Stuttgart : Deutsche Verlags-Anstalt, 1987
- [185] SELLERS, W. D.: *Physical Climatology [Physikalische Klimatologie]*. Chicago : The University of Chicago Press, 1965
- [186] SHU, F. H.: *The Physics of Astrophysics. Volume II: Gas Dynamics [Die Physik der Astrophysik. Band II: Gasdynamik]*. Mill Valley, California : University Science Books, 1992
- [187] SHU, F. H.: *The Physics of Astrophysics. Volume I: Radiation [Die Physik der Astrophysik. Band I: Strahlung]*. Mill Valley, California : University Science Books, 1991
- [188] SOON, W. ; BALIUNAS, S.: *Lessons & Limits of Climate History: Was the 20th Century Climate Unusual? [Lehren & Grenzen der Klimageschichte: War das 20. Jahrhundert ein Ungewöhnliches Klima?]*. Washington D.C. : The George C. Marshall Institute, 2003
- [189] CHORIN, A. J. ; MARSDEN, J. E.: *A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics [Eine Mathematische Einführung in die Fluid-Mechanik]*. Bd. Third Edition. New York : Springer, 1993
- [190] SPROTT, J. C.: *Chaos and Time-Series Analysis [Chaos und Zeitreihen-Analyse]*. Oxford University Press, 2003
- [191] STAINFORTH, D.A. [u. a.]: Uncertainty in predictions of the climate responses to rising levels of greenhouse gases [Unbestimmtheiten in Vorhersagen der Klimaantworten auf das Ansteigen Niveaus der Treibhausgase]. In: *Nature* 433 (2005), S. 403 – 406
- [192] STEFAN, J.: Über die Beziehung zwischen der Wärmestrahlung und der Temperatur. In: *Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften* 79 (1879), S. 391 – 428. – Faksimile auf <http://www.ing-buero-ebel.de/strahlung/Original/Stefan1879.pdf>
- [193] STICHEL, P.C. *Leserbrief an das Westfahlenblatt (unveröffentlicht)*. 1995
- [194] VON STORCH, H.: Die Diskretisierung ist das Modell. In: H. HAGEDORN, H. Röck (. (Hrsg.): *Klimawandel im 20. und 21. Jahrhundert: Welche Rolle spielen Kohlendioxid Wasser und Treibhausgase wirklich?* Bd. 28. München : Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 2005
- [195] SVENSMARK, H. ; FRIIS-CHRISTENSEN, E.: Variation of Cosmic Ray Flux and Global Cloud Coverage: A Missing Link in Solar-Climate Relationships [Schwankungen des Kosmischen Strahlungsflusses und der Globale Wolkenzusammenhang: Ein Fehlendes Glied zum Zusammenhang zwischen Sonne und Klima]. In: *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 59 (1997), S. 1225 – 1232
- [196] SVOZIL, Karl: Feyerabend and physics [Feyerabend und die Physik]. In: *International Symposium Paul Feyerabend 1924-1994. A philosopher from Vienna [Ein Philosoph von Wien]*, University of Vienna, June 18-19 2004. – <http://arxiv.org/abs/physics/0406079>

- [197] THIEME, H.: *On the Phenomenon of Atmospheric Backradiation [Über das Phänomen der Atmosphärischem Gegenstrahlung]*. – <http://www.geocities.com/atmosco2/backrad.htm>
- [198] THÜNE, W.: *Freispruch für CO₂*. Saarbrücken : Edition Steinherz, Discovery Press, 2002
- [199] THÜNE, W.: *Der Treibhaus-Schwindel*. Saarbrücken : Edition Steinherz, Discovery Press, 1998
- [200] TYNDALL, J.: *Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat [Beiträge zur Molekularen Physik im Bereich der Strahlenden Wärme]*. New York : Appleton, 1873
- [201] TYNDALL, J.: Further Researches on the Absorption and Radiation of Heat by Gaseous Matter (1862) [Weitere Forschungen über die Absorption und Strahlung der Wärme durch Gase (1862)]. In: *Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat [Beiträge zur Molekularen Physik im Bereich der Strahlenden Wärme]*. Appleton, New York, 1873, S. 69 – 121
- [202] TYNDALL, J.: On Radiation through the Earth's Atmosphere [Über die Strahlung durch die Erdatmosphäre]. In: *Philosophical Magazine* 25 (1863), S. 200 – 206
- [203] TYNDALL, J.: On the Relation of Radiant Heat to Aqueous Vapor [Über die Beziehung der Strahlenden Wärme zum Wasserdampf]. In: *Philosophical Magazine* 26 (1863), S. 30 – 54
- [204] TYNDALL, J.: On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours ... [Über die Absorption und Strahlung von Wärme durch Gase und Dämpfe ...]. In: *Philosophical Magazine* 22 (1861), S. 169 – 194
- [205] U. CUBASCH, B.D. S. ; HEGEL, G.C.: Klimamodelle - Wo stehen wir? In: *Phys. Blätter* 4 (1995), S. 269 – 276
- [206] UNSÖLD, A.: *Physik der Sternatmosphären*. Berlin - Göttingen - Heidelberg : Springer-Verlag, 1955
- [207] VIRGO, S. E.: Loschmidt's Number [Die Loschmidtsche Zahl]. In: *Science Progress* 27 (1933), S. 634 – 649
- [208] WEART, S. R.: *The Discovery of Global Warming [Die Entdeckung der Erderwärmung]*. Cambridge, Massachusetts : Harvard University Press, 2004. – <http://www.aip.org/history/climate/>
- [209] WEGMAN, E. J. [u. a.]: Ad Hoc Committee Report on the 'Hockey Stick' Global Climate Reonstruction [Bericht des Ad-Hoc-Komitees über die 'Hockeyschläger-Kurve' in der Globalen Klimarekonstruktion]. (1996). – http://republicans.energycommerce.house.gov/108/home/07142006_Wegman_Report.pdf
- [210] WEISE, K.: *Differentialgleichungen*. Göttingen : Vandenhoeck & Ruprecht, 1966
- [211] WEIZEL, W.: *Lehrbuch der Theoretischen Physik*. Berlin : Springer, 1963
- [212] WIEDEMANN, Uwe: *experimentum crucis (on-line-Lexikon der Philosophie) [Experiment des Kreuzes]*. – <http://www.phillex.de/expcruc.htm>

- [213] WIMMER, M.: Über die Beeinflussung der ultraroten Kohlensäureabsorptionsbande bei $4,27 \mu\text{m}$ durch fremde Gase und ihre Anwendung zur Gasanalyse. In: *Annalen der Physik* 81 (1926), S. 1091 – 1112
- [214] WOOD, R. W.: Note on the Theory of the Greenhouse [Note zur der Theorie des Gewächshauses]. In: *Philosophical magazine* 17 (1909), S. 319 – 320
- [215] ZDUNKOWSKI, Z. ; BOTT, A.: *Dynamics of the Atmosphere: A course in theoretical Meteorology [Dynamik der Atmosphäre: Ein Kurs in theoretischer Meteorologie]*. Cambridge University Press, 2003
- [216] ZICHICHI, A.: Meteorology and Climate: Problems and Expectations, Pontifical Council for Justice and Peace [Meteorologie und Klima: Probleme und Erwartungen, Päpstlicher Rat für Gerechtigkeit und Frieden]. In: *Climate Change and Development. International Conference*, The Vatican, 26. - 27. April 2007. – http://www.justpax.it/eng/home_eng.html
- [217] ZMARSLY, Ewald ; KUTTLER, Wilhelm ; PETHE, Hermann: *Meteorologisch-klimatisches Grundwissen*. Ulmer, 2007 (Uni-Taschenbücher M). – ISBN 978-3-8252-2281-9 http://www.utb.de/katalog_suchen_detailseite.jsp?buchid=949
- [218] C. E. BAUKAL, JR.: *Heat Transfer in Industrial Combustion [Wärmeübertragung bei industriellen Verbrennungen]*. Boca Raton : CRC Press LLC, 1999
- [219] STATISTISCHES BUNDESAMT: *Bevölkerung Deutschlands bis 2050. 11. koordinierte Bevölkerungs-Vorausberechnung*. Wiesbaden. 2007. – <https://www-ec.destatis.de/csp/shop/sfg/bpm.html.cms.cBroker.cls?cmspath=struktur,vollanzeige.csp\&ID=1019439>
- [220] *DIN EN ISO 6946: 2003-10; Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient*. Beuth-Verlag Berlin. Oktober 2003
- [221] GERLICH, Gerhard ; TSCHUSCHNER, Ralf D.: *Falsification Of The Atmospheric CO₂ Greenhouse Effects Within The Frame Of Physics*. Internet. 2007. – http://www.arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0707/0707.1161v2.pdf