

Der Gasalarm – Warum hält die Regierung daran fest?

geschrieben von Admin | 3. April 2024

Am 23. Juni 2022 gab es den Gasalarm. Grund waren die Befürchtungen vor einer drohenden Gasmangellage. Die Gefahr ist zunächst gebannt. Den Alarm gibt es weiter.

Von **Frank Hennig**

Unter großer medialer Beachtung wurde im vergangenen Sommer der Gasalarm ausgerufen. Nicht der ganz große, der Notfall, sondern die im „Notfallplan Gas für die Bundesrepublik Deutschland“ (basierend auf der Verordnung (EU) 2017/1938 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Oktober 2017 über Maßnahmen zur Gewährleistung der sicheren Gasversorgung und zur Aufhebung der Verordnung (EU) Nr. 994/2010) festgelegte Stufe b:

„b) Alarmstufe: Es liegt eine Störung der Gasversorgung oder eine außergewöhnlich hohe Nachfrage nach Gas vor, die zu einer erheblichen Verschlechterung der Gasversorgungslage führt, der Markt ist aber noch in der Lage, diese Störung oder Nachfrage zu bewältigen, ohne dass nicht marktbasierende Maßnahmen ergriffen werden müssen.“

Damals waren die Speicher nur zu 58 Prozent gefüllt, wann LNG-Terminals fertig sein würden und ob dann Tanker anlegen würden, wusste zu dieser Zeit niemand. Auch nicht, ob das Sparverhalten der Bevölkerung den Forderungen entspricht und ob die Industrie voll weiter produziert oder eher runterfährt. Auch das Wetter im jetzigen Winter war unbekannt, trotz behaupteter Erderhitzung hielt man Frost für möglich. Der Weihnachtswünsche des Klimaministers Habeck gab es eigentlich nur zwei: eine sparsame Bevölkerung und mildes Wetter.

Damals und heute

Beides ist nun, mehr oder weniger, eingetreten. Und natürlich war die Regierung nicht untätig. Viele Flugmeilen der Regierungsstaffel führten nach Katar, Kanada und Namibia, um nur einige Stationen zu nennen. Dort gab es den Kotau vor den Repräsentanten möglicher künftiger Lieferländer für verflüssigtes Erdgas (LNG) und noch künftigerer Lieferungen von grünem Wasserstoff.

Die Erkenntnis nebenbei ist, dass die Frackingtechnologie im Ausland vertretbar und akzeptabel ist, in Deutschland aber nicht. Ebenso spielte

die Tatsache keine Rolle, dass die Emissionen des LNG insgesamt das Niveau der deutschen Kohle erreichen. Das weiß sogar ein Grüner wie der klimavorreitende ehemalige Bundestagsabgeordnete Hans-Josef Fell.

Weiterhin gab es ein Ersatzkraftwerkebereithaltungsgesetz (EKBG), es wurden Kraftwerke aus der Sicherheitsbereitschaft (Braunkohle) und solche, die bereits den Zuschlag zur Stilllegung bekommen hatten (Steinkohle), wieder aktiviert. Nie gekannte Strompreise am Markt machten den Aufwand der Unternehmen zur Reaktivierung lässig wett.

Eine dreieinhalbmonatige Laufzeitverlängerung der letzten drei verbliebenen Kernkraftwerke (KKW) blieb einem Machtwörtchen des Kanzlers vorbehalten. Dieses war sorgsam mit der grünen Führung austariert hinsichtlich der Frage, was man der grasfarbenen Basis und den Altkommunisten unter den Funktionären zumuten kann.

Die Verstaatlichung des Gaskonzerns Uniper ist vollzogen (in Finnland knallten die Champagnerkorken), er wird jetzt mit Steuergeld zwangsbeatmet ob seiner immensen Verluste, liefert aber weiter Gas.

Die Industrie fuhr aus wirtschaftlichen Gründen die Produktion teilweise zurück, die Bevölkerung sparte heftig, weniger aus Folgsamkeit, sondern durch den immensen Preisdruck. Die Drohung der Gasumlage drehte sich über Nacht um 180 Grad zur Gaspreisbremse. Dann kam ein milder Herbst und von Weihnachten bis mindestens Mitte Januar mildes und windiges Wetter.

Die Gasspeicher sind nun immer noch zu über 90 Prozent gefüllt, zwei LNG-Terminals sind in Betrieb und vor Westeuropa stauen sich die LNG-Tanker. Der Gaspreis hat fast das Vorkriegsniveau wieder erreicht. Es gibt derzeit keinen Mangel an Gas, die Versorgungslage ist nicht gestört, sondern entgegen den Erwartungen außerordentlich entspannt.

Die nicht gestellte Frage

Den Gasalarm gibt es immer noch. Warum? Und warum stellt niemand diese Frage? Weder die anderen Ampelparteien noch die Opposition haken nach. Die Medien auch nicht, obwohl sie doch die kritische Begleitung sein sollen. Hier wird deutlich, warum es bei uns kein „Miniwahr“ zu geben braucht. Wir erinnern uns an das „Ministerium für Wahrheit“ aus Orwells „1984“, in dem Geschichte umgeschrieben wurde, damit sie zur Gegenwart passt. Die ach so investigativen Journalisten der „Qualitätsmedien“ vergessen einfach die Geschichte, selbst die von vor einem halben Jahr und fragen nicht nach. Es könnte die Bevölkerung verunsichern. Es könnte die Regierung verunsichern. Noch schlimmer: Es könnte das Vertrauensverhältnis der Medien zur Regierung verunsichern.

Das Festhalten am Gasalarm könnte symptomatisch sein für eine überforderte Bundesregierung, die ihre eigenen und die EUSpielregeln

nicht mehr überblickt. Es könnte auch Absicht sein, denn wem nutzt es?

Der Paragraph 31k des Bundesimmissionsschutzgesetzes (BImSchG) enthält eine Klausel, die im Falle dieser ausgerufenen Notfallstufe festgelegte Einschränkungen des Betriebs von Windkraftanlagen aufhebt. So kann die Abschaltung zu Nachtzeiten oder zur Vermeidung von Schattenwurf entfallen. Mit Aufheben der Alarmstufe würde der Normalbetrieb nach Genehmigungsbescheid wieder einsetzen, Produktion und Gewinn würden wieder sinken. Da die energiepolitischen Entscheidungen der vergangenen Jahre immer im Sinne der Erneuerbaren-Branche erfolgten, würde dies das Festhalten am Gasalarm zwecks Gewinnsteigerung der Windkraftbetreiber erklären.

Idealerweise Krieg

An anderer Stelle sind die Grünen deutlich flexibler. Auch wenn eine Kohlekommission über zwei Jahre tagte und sie ein Ausstiegsgesetz mit Zieltermin 2038 beschlossen, hat das nicht viel zu bedeuten. Keine drei Jahre nach dem Beschluss wird kräftig dagegen angearbeitet. Die Klausel im Koalitionsvertrag, wonach ein Kohleausstieg „idealerweise“ auf 2030 vorgezogen werden kann, wird nun mit Verve verfolgt.

Fassen wir die gerade herrschenden Bedingungen zusammen: Es gibt eine Gasmangellage, jedenfalls den Alarm, es ist Krieg in Europa – das größte Land hat das zweitgrößte überfallen –, wir haben eine latente Strommangellage, erkennbar an noch nie gesehenen Börsenpreisen, es herrscht Inflation und der Atomausstieg geht weiter. Der im Kohleausstiegsgesetz vorgeschriebene Zwischenbericht zum Stand des Kohleausstiegs ist überfällig, man hat entweder keinen Überblick oder will die Rückschritte beim Kohleausstieg nicht eingestehen. Aus grüner Sicht sind die Bedingungen aber so „ideal“, dass man den Kohleausstieg nun auf 2030 vorziehen könne.

Wenn dann schon ein Kompromiss entsteht, wie im Fall Lützerath, wird auch das instrumentalisiert. NRW-Umweltminister Krischer fordert im *Deutschlandfunk* die gewalttätige Basis zum Marsch in die Lausitz auf, um dort den Braunkohleausstieg „vorzuziehen“. Was kümmert mich mein Gesetz von gestern?

Auch hier gibt es kaum Echo. Die drei Ministerpräsidenten der Ost-Kohleländer und einige Landräte wiesen das Vorziehen des Termins zurück. Von ihren Parteien, den Gewerkschaften und Medien gibt es nichts als dröhnendes Schweigen zu der offen versuchten Aushebelung eines lange beratenen Gesetzes. Wie in NRW soll die Kohle eher raus, ohne das dazugehörige Strukturstärkungsgesetz, das den Ausstieg wirtschaftlich und sozial begleitet, zu ändern. Das Land wird nicht bedroht von den Grünen, sondern von jenen, die ihre Politik zulassen.

Die Folgerung aus der bigotten grünen Politik kann nur lauten, ihren

Zusagen und selbst Unterschriften nicht zu trauen. Kompromisse mit ihnen sind wertlos. Sie maßen sich an, „fürs Klima“ alle anderen Regelungen über den Haufen werfen zu können und sich wie ihr militantes Fußvolk nicht an bestehende Gesetze und Regelungen halten zu müssen. „Dem Klima“ helfen Gasalarm und LNG wie auch die Grünen nicht – im Gegenteil.

EIKE wünscht allen Lesern frohe Ostern!

geschrieben von Admin | 3. April 2024

EIKE wünscht allen Leser ein frohes Osterfest und viele glückliche Gedanken. Es wird alles gut werden. Das ist die Osterbotschaft.

Gibt es einen Atmosphärischen Treibhauseffekt? – Teil 2

geschrieben von Admin | 3. April 2024

Hermann Harde, Michael Schnell

Experimente mit Treibhausgasen

1. Versuchsaufbau für Messung mit Treibhausgasen

Im Ersten Teil des Artikels „Gibt es einen Atmosphärischen Treibhauseffekt“ wurde eine einfache Apparatur vorgestellt, die sich von einem Styroporblock in einen Strahlungskanal mit verschiedenen Oberflächenbeschichtungen umwandeln lässt. Mittelpunkt der Untersuchungen war eine heizbare, warme Platte, die gleichzeitig als Wärmequelle und Sensor fungierte. Es konnte nachgewiesen werden, dass rund 70 % der elektrischen Heizleistung durch Strahlungsaustausch und 30 % durch Wärmeleitung von der warmen Platte abgeführt werden.

Der neue Versuchsaufbau besitzt einen wesentlich größeren

Strahlungskanal aus poliertem Aluminium als Behälter für die untersuchten Gase. Ähnlich wie beim vorherigen Aufbau befinden sich zwei Platten an beiden Enden des Strahlungskanals, eine obere Platte mit der Fläche A_E , im weiteren als Erdplatte bezeichnet, die auf 30 °C erwärmt wird, und eine gekühlte Platte am Boden (Atmosphärenplatte, Atm-Platte), die auf $-11,4\text{ °C}$ stabilisiert ist. Die Erdplatte befindet sich in einer Kuppel, die von außen mit warmen Wasser auf 30 °C erwärmt wird, wodurch Wärmeleitungsverluste weitgehend ausgeschlossen werden. Der Abstand der Platten beträgt 111 cm . Es werden keine zusätzlichen Lichtquellen im sichtbaren oder IR-Bereich verwendet, sondern nur die von den beiden Platten emittierte und mit den Gasen interagierende Strahlung untersucht (Abb. 1). Für weitere Details, siehe Harde & Schnell 2022 [1, 2].

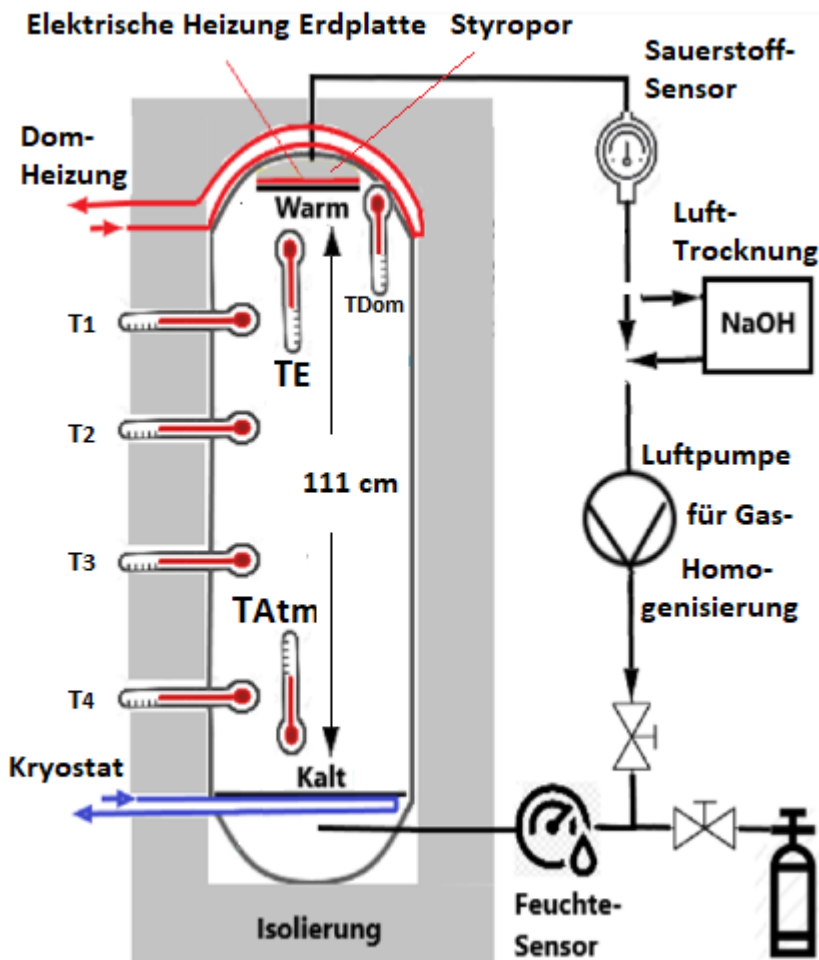


Abb. 1: Versuchsanordnung für die Messung mit Treibhausgasen.

Damit werden Bedingungen für den Strahlungsaustausch ähnlich dem Erde-Atmosphären-System (EASy) mit der wärmeren Erdoberfläche und der kälteren Atmosphäre simuliert. Es werden auch Probleme vermieden, die durch einen unpassenden Spektralbereich einer externen Quelle verursacht werden, durch die viel Abwärme im Behälter und an Fenstern erzeugt wird, die aber nur schlecht an die Absorptionsbanden der Treibhaus-Gase (TH-Gase) angepasst ist und hierdurch die Messempfindlichkeit deutlich

verringert.

Für ein Probegas im Behälter ist die beheizte Erdplatte gleichzeitig IR-Strahlungsquelle und empfindlicher Detektor für die Rückstrahlung von TH-Gasen. Auf diese Weise wird die reine Strahlungswirkung der Gase als direkte Temperaturerhöhung ΔT_E der Erdplatte oder alternativ, bei stabilisierter (konstanter) Temperatur T_E , die Leistungseinsparung der Plattenheizung ΔH_E bzw. die zugehörige Heizintensität $\Delta I_H = \Delta H_E/A_E$ gemessen.

Dieser Aufbau ermöglicht weitgehend, Konvektion oder Wärmeleitung zu eliminieren und damit den direkten Einfluss von TH-Gasen unter ähnlichen Bedingungen wie in der unteren Troposphäre reproduzierbar zu untersuchen. Eine spürbare Beeinflussung durch Wärmeleitung kann durch Kontrollexperimente mit Edelgasen ausgeschlossen werden [1, 2].

2. Einige physikalische Grundlagen

2.1 Spektrale Absorption und Emission

In guter Näherung kann angenommen werden, dass die Erdoberfläche, oder hier die geschwärzte Erdplatte und auch die Atm-Platte, als schwarze Körper mit einer Planck-Verteilung strahlen, die nur durch die Temperatur des Körpers bestimmt wird. Auf einer Wellenlängenskala erstreckt sich das jeweilige Spektrum von etwa 4 μm bis in den cm-Bereich, in reziproken Wellenlängen $1/\lambda$ als Wellenzahlen (Einheiten: cm^{-1}) von 10 bis 2.500 cm^{-1} .

a) Strahlung von Warm nach Kalt (Vorwärts-Strahlung)

Abb. 2 zeigt das emittierte Spektrum der Erdplatte für $T_E = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ (Rot). Anders als Stickstoff, Sauerstoff oder Edelgase können die TH-Gase Strahlung in diesem Spektralbereich absorbieren, aber bei ausreichender Temperatur des Gases auch emittieren. Für CO_2 z. B. findet die dominierende Wechselwirkung auf den Rotations-Vibrations-Übergängen der Knickschwingung um 670 cm^{-1} statt (15 μm).

Radiation transfer from Earth plate (303.15 K) for 20% CO₂ over 111 cm, c_T= 0.373 K/cm

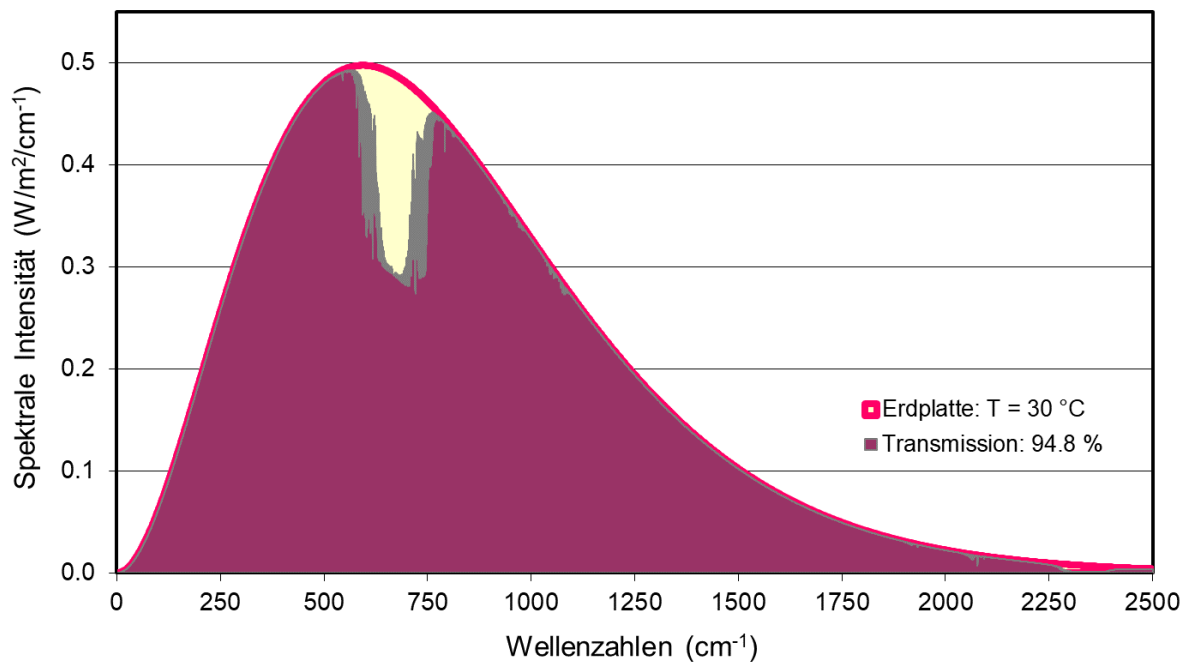


Abb. 2: Strahlungs-Transfer-Rechnung für 20 % CO₂ in trockener Luft über 111 cm bei einem Temperaturgradienten von -0,373 °C/cm. Schwarzkörperstrahlung der Platte P_E (T_E = 30 °C) (Rot Gelb), durchgelassene spektrale Intensität (Dunkelrot u. Grau).

Aufgrund dieser Wechselwirkung zeigt sich als Nettoeffekt, dass die spektrale Intensität auf dem Weg von der warmen zur kalten Platte über die Absorptionsbande kontinuierlich abgeschwächt wird (Gelb), in den Flanken der Bande durch schwächere Linien entsprechend geringere Verluste erleidet (Grau), dabei aber längst nicht so stark abklingt, wie für eine reine Absorption über diese Länge zu erwarten wäre. Für 20% CO₂ in trockener Luft ergibt sich dabei für die von der Erd-Platte emittierte Strahlung mit einer Gesamtintensität von 479 W/m² (Integral über spektrale Intensität) über den Ausbreitungsweg von 111 cm zur Atm-Platte und bei einem Temperaturgefälle von 0,373 °C/cm (T_E = 30 °C, T_A = -11,4 °C) eine Abschwächung um 25,1 W/m² oder relativ um 5,2 %. Absorption allein würde zu einer Abnahme um 73,6 W/m² (15,2 %) führen.

Solch eine Rechnung erfolgt in der Form, dass die Absorption und Emission in jeweils dünnen Schichten von Δz = 1 cm ermittelt wird (Strahlungstransfer-(ST)-Rechnung, Schwarzschild-Gleichung). Für jede Schicht müssen hierzu die spektralen Änderungen, in diesem Fall von mehr als 12.000 Linien, mit ihren druck- und temperaturabhängigen Linienbreiten und Absorptions- bzw. Emissionskoeffizienten berechnet werden, um schließlich nach 111 Berechnungsschritten die transmittierte Intensität zu erhalten.

Dieser Strahlungstransfer entspricht Verhältnissen, wie sie von

Satelliten-Messungen bekannt sind, die die ins All abgegebene Strahlung aufzeichnen und die durch den typischen Trichter um 670 cm^{-1} gekennzeichnet sind. In diesem Spektralbereich wird die einfallende Strahlung unter den gegebenen Bedingungen, in der Atmosphäre ebenso wie hier im Laborexperiment, fast vollständig absorbiert, und die beobachtete Intensität resultiert nur aus der thermischen Emission des Gases, das in größeren Höhen oder hier in der Nähe der Atm-Platte bei reduzierter Temperatur entsprechend schwächer strahlt. In diesem Fall absorbiert CO_2 von der Strahlung der P_E -Platte zunächst $73,6\text{ W/m}^2$ und emittiert wieder $48,5\text{ W/m}^2$, während im Gasvolumen eine Differenz von $25,1\text{ W/m}^2$ verbleibt.

b) Strahlung von Kalt nach Warm (Rückstrahlung)

Für eine vollständige Strahlungsbilanz ist aber auch die Strahlung in Rückwärtsrichtung von der Atm-Platte zur Erdplatte zu berücksichtigen, die für die hier durchgeführten Untersuchungen zum Treibhaus-Effekt (TH-Effekt) von besonderem Interesse ist. Dies ist in Abb. 3 dargestellt.

Aufgrund des positiven Temperaturgradienten über den Ausbreitungsweg wird jetzt beim Durchqueren der Gasschicht die Strahlung mit einer Anfangsintensität von 266 W/m^2 (Blaue Linie, $T_A = -11,4\text{ °C}$) um $24,2\text{ W/m}^2$ 'verstärkt', die dem Gasvolumen entnommen werden. Die Eigenstrahlung des Gases in Richtung der wärmeren Erdplatte kann klar als Peak um 670 cm^{-1} (Dunkelrot mit grauen Flanken) über dem breiteren Spektrum der Atmosphärenplatte identifiziert werden. Auf den stärkeren Linien in der Bandenmitte erreicht die Gasemission bereits volle Sättigung mit spektralen Intensitäten vergleichbar zu der spektralen Emission der Erdplatte (rote Linie) in diesem Spektralbereich. Die Emission auf den schwächeren Linien ist in Grau dargestellt.

Radiation transfer from cold plate (261.75K) for 20% CO₂ over 111 cm, $c_T = -0.373$ K/cm

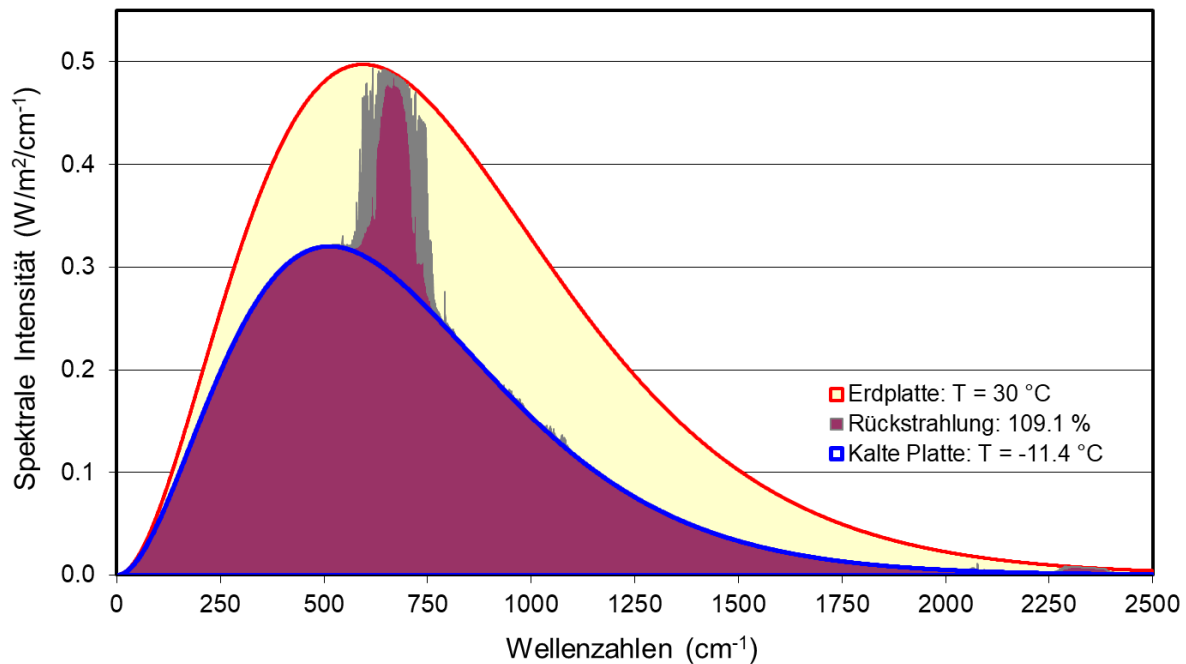


Abb. 3: Strahlungs-Transfer-Rechnung für 20 % CO₂ in Luft über 111 cm für einen Temperaturanstieg von 0,373 °C/cm: Rückstrahlung von Atmosphärenplatte und Gas (Dunkelrot und Grau), Strahlung nur von Atmosphärenplatte (Blaue Linie) und spektrale Intensität der Erdplatte (Rot-Gelb).

Die erhöhte Rückstrahlung ist nahezu identisch mit den Verlusten in Vorwärtsrichtung, so dass innerhalb der Beobachtungsgenauigkeit die Gesamtbilanz aus Absorption und Emission des Gases Null ist.

Dies ist ein wichtiger Aspekt, der gegen die Messung der Gastemperatur zum Nachweis des TH-Effektes spricht. Dagegen kann mit dem vorgestellten Aufbau die Rückstrahlung der TH-Gase durchaus als Temperaturanstieg ΔT_E der Erdplatte klar erfasst werden.

3. Einwände gegen den Treibhauseffekt

3.1 Molekülstöße

Einer der häufigsten Einwände gegen den TH-Effekt ist, dass TH-Gase nicht in der unteren Atmosphäre emittieren würden, während sie in der Tropopause und Stratosphäre gute Emittenten sind. Als Erklärung geben Kritiker an, dass in der unteren Troposphäre Kollisionsprozesse mit Stickstoff und Sauerstoff jede spontane Emission unterdrücken und die absorbierte Energie nur in kinetische Energie und damit in Wärme umgewandelt wird.

Leider wird bei dieser Interpretation übersehen, dass die typischen

Stoßraten von mehreren GHz, wie sie in der unteren Atmosphäre beobachtet werden, sich in einer Höhe von 11 km nur um den Faktor 4–5 verringern und daher immer noch etwa 100 Millionen Mal größer als die spontane Übergangsrate von etwa 1 Hz auf der CO₂-Biegeschwingung sind. Wenn eine solche Interpretation wahr wäre, gäbe es auch keine Emission in der höheren Atmosphäre.

Vielmehr kommt es auch ohne vorherige Absorption eines IR-Lichtquants zu einer kontinuierlichen Emission, da neben superelastischen Stößen (stoßbedingte Übergänge von einem höheren zu einem tieferen molekularen Zustand) auch inelastische Stöße stattfinden, die dem Gasgemisch kinetische Energie entziehen und diese wieder umwandeln, um die TH-Gasmoleküle anzuregen (Harde 2013 [3], Unterabschnitt 2.3). Dadurch werden tiefer liegende Energieniveaus bei ausreichender thermischer Energie kontinuierlich neu besetzt und die spontane Emission erfolgt weitgehend unabhängig – parallel zu den superelastischen Stößen – als thermische Hintergrundstrahlung (Harde 2013 [3], Abs. 2.5). Diese Emission wird durch die Lufttemperatur vorgegeben und ist der Hauptgrund dafür, dass mit zunehmender Höhe die Strahlungsintensität deutlich abnimmt. So beträgt sie in 11 km Höhe für CO₂ beispielsweise nur 12 % der Intensität, die in einer 100 m dicken Gasschicht in Bodennähe beobachtet wird.

Stöße (adiabatisch und diabatisch) machen sich vor allem als spektrale Verbreiterung der Linien bemerkbar. Aber auf diesen Frequenzen und über längere Weglängen kann die Strahlung die gleiche Stärke wie ein Schwarzkörperstrahler erreichen, und im thermischen Gleichgewicht wird dies hauptsächlich durch die Gastemperatur T_g gesteuert.

Würden TH-Gase in der unteren Troposphäre nur absorbieren, nicht aber emittieren, würde nicht nur die Rückstrahlung, sondern auch die Aufwärtsstrahlung und damit ein effizienter Wärmetransport nach oben unterdrückt werden. Als Konsequenz könnte sich noch mehr Wärme in den unteren Schichten ansammeln und die Oberfläche stärker aufheizen als jede Rückstrahlung.

3.2 Zweiter Hauptsatz der Thermodynamik

Ein weiterer Einwand ist, dass die Strahlung eines kühleren Körpers nicht von einem wärmeren Körper absorbiert werden kann, da dies gegen den 2. Hauptsatz der Thermodynamik verstoßen würde. Wie bereits in Teil 1 gezeigt [4], wird dies durch die Messungen mit veränderter Temperatur und Oberfläche der kühleren Platte, ebenso wie durch den Demonstrationsversuch mit der Zwischenplatte im Strahlengang klar widerlegt.

Auch Messungen mit dem neuen Aufbau, bei denen die Temperatur der Atm-Platte sukzessive erhöht und die verringerte Heizintensität gemessen wird, bestätigen eindeutig den „gleichzeitigen doppelten Wärmeaustausch durch Strahlung“ (Clausius). In einem geschlossenen System „erfährt der

kältere Körper einen Wärmeanstieg auf Kosten des wärmeren Körpers, der wiederum eine langsamere Abkühlungsrate erfährt“. In einem offenen System mit externer Heizung führt die Rückstrahlung des kälteren Körpers klar zu einer höheren Temperatur des wärmeren Körpers als ohne diese Rückstrahlung.

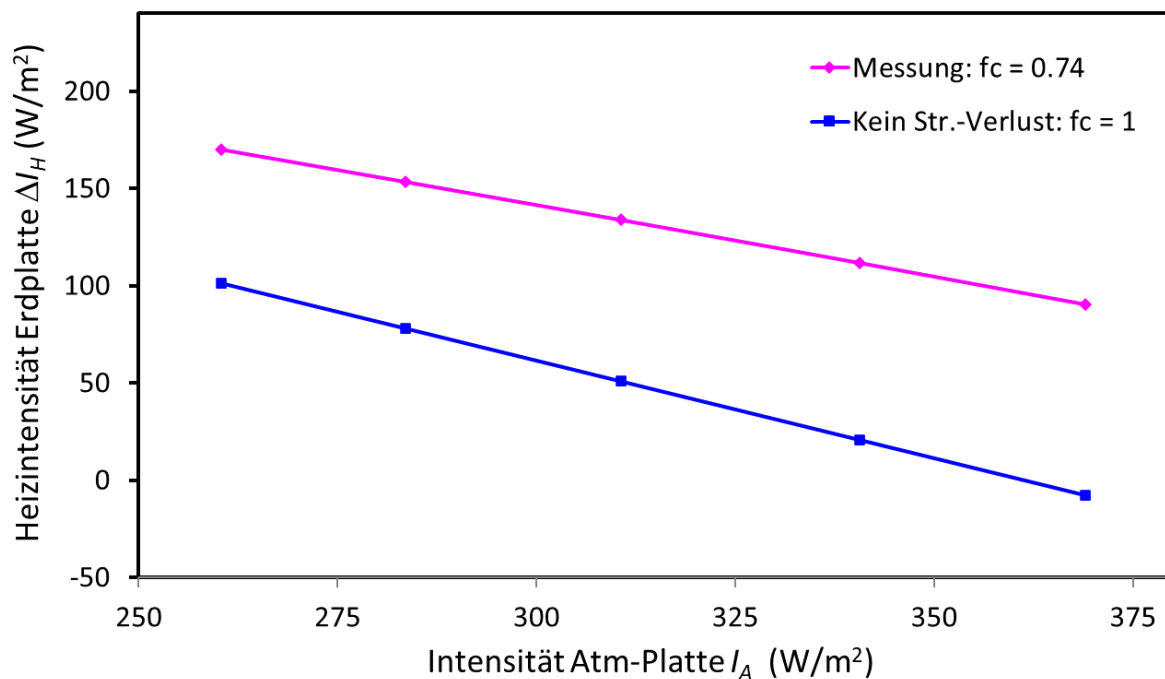


Abb. 4: Gemessene Heizintensität der Erdplatte für eine feste Temperatur $T_E = 30 \text{ °C}$ als Funktion der Strahlungsintensität I_A der Atm-Platte (Magenta Rhomben). Ebenfalls aufgetragen ist die theoretische Heizintensität für 100 %-ge Strahlungsübertragung (Blaue Quadrate).

Abb. 4 zeigt die Abnahme der Heizintensität ΔI_H , wenn die Temperatur der Atm-Platte von $-12,9$ auf $+10,9 \text{ °C}$ schrittweise erhöht wird. Bei diesen Temperaturerhöhungen steigt zunächst auch die Temperatur der Erdplatte an, was durch eine Verringerung der Heizintensität ausgeglichen wird, bis T_E wieder 30 °C beträgt. Auf der Abszisse wird nicht die Temperatur, sondern die Strahlungsintensität I_A der Atm-Platte (Magenta) gemäß der Stefan-Boltzmann-Gleichung ($\epsilon = 1$) aufgetragen, wodurch eine Korrelation von Heiz- mit Strahlungsleistung ermöglicht wird. Der lineare Verlauf bestätigt einen Wärmetransport fast ausschließlich durch Strahlungstransfer entsprechend dem Stefan-Boltzmann-Gesetz, wobei Konvektion (durch die senkrechte Aufstellung) und Wärmeleitungsverluste (durch den beheizten Dom) weitgehend ausgeschlossen werden.

Mit einer solchen Messung lassen sich auch die Verluste beim Strahlungsaustausch zwischen Erd- und Atm-Platte direkt bestimmen. Im

Idealfall, wenn die Heizintensität nur von der Rückstrahlung der Atm-Platte abhängen würde, müsste der Anstieg der Geraden $f_c = 1$ sein. Gemessen wird aber ein Anstieg, ein Transmissionsgrad f_c von 0,74, wodurch nachgewiesen wird, dass die Rückstrahlung nicht nur von der kalten Atm-Platte, sondern auch von der wärmeren Wand des Strahlungskanals verursacht wird. Das ist ein grundsätzliches Problem bei Strahlungskanälen, worauf schon im ersten Teil hingewiesen wurde [4].

Zum Vergleich ist der theoretische Verlauf mit dem Anstieg $f_c = 1$ dargestellt (Blau), wenn es keine Strahlungsverluste gäbe. Gleichzeitig liefert die reduzierte Heizleistung bei einer beobachteten Temperaturerhöhung eine Eichung für die Temperaturempfindlichkeit der Erdplatte mit $\lambda_E = 0,083 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}\cdot\text{m}^2$.

4. Messungen mit Treibhausgasen

Es wurden die TH-Gase CO_2 , CH_4 und N_2O über einen weiten Bereich mit Konzentrationsänderungen bis zum 16-fachen der Ausgangskonzentration untersucht. Unsere Messungen zeigen eine deutliche Reaktion auf die TH-Gase, aber auch eine starke Sättigung im Temperaturanstieg mit zunehmender Konzentration. Und sie stimmen hervorragend mit detaillierten Strahlungstransfer-(ST)-Rechnungen überein.

4.1 CO_2 -Messungen

Abb. 5a zeigt den gemessenen Temperaturanstieg ΔT_E an der Erdplatte als Funktion der CO_2 -Konzentration in trockener Luft. Die Konzentration wurde schrittweise von 1,25 % auf 20 % erhöht (Blaue Rauten).

Als direkter Vergleich ist der berechnete Temperaturanstieg $\Delta T_c = \lambda_E \cdot f_{\text{CO}_2} \cdot \Delta I_{\text{CO}_2}$ (Magenta-Quadrate) aufgetragen, basierend auf einer ST-Rechnung der CO_2 -Rückstrahlung ΔI_{CO_2} (Grüne Dreiecke), multipliziert mit einem Kalibrierungsfaktor, dem Transmissionsgrad f_{CO_2} der von P_w absorbierten Strahlung, und der separat gemessenen Temperaturempfindlichkeit λ_E der Erdplatte (siehe 3.3.2)

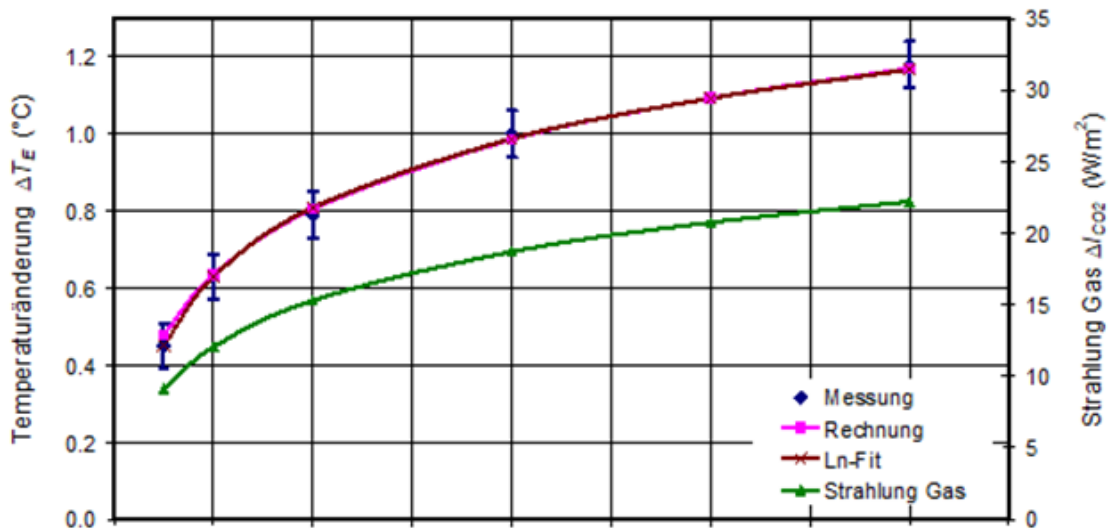


Abb. 5: a) Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der CO₂-Konzentration (Blaue Rauten) und Rechnung (Magenta Quadrate) mit logarithmischem Fit (Braune Kreuze). ST-Rechnung der Rückstrahlung ΔI_{CO2} (Grün).

Abb. 5: a) Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der CO₂-Konzentration (Blaue Rauten) und Rechnung (Magenta Quadrate) mit logarithmischem Fit (Braune Kreuze). ST-Rechnung der Rückstrahlung ΔI_{CO2} (Grün).

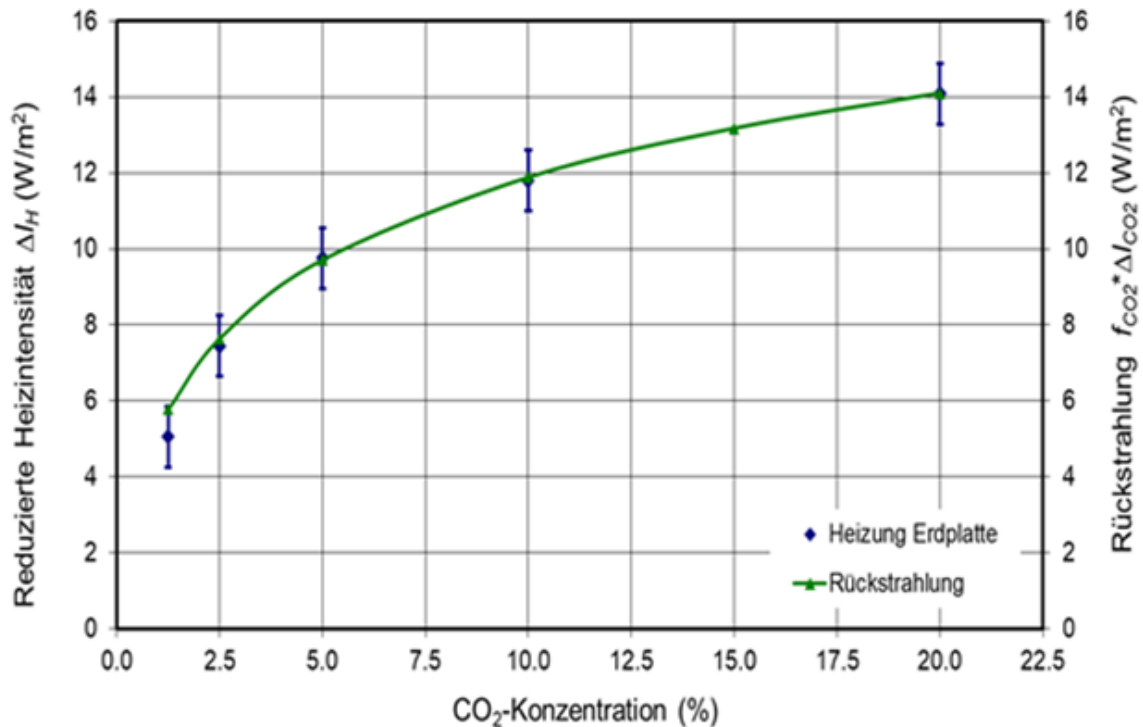


Abb. 5: b) Gemessene Plattenintensität ΔI_H (Blaue Rauten) und berechnete Rückstrahlung

b) Gemessene Plattenintensität ΔI_H (Blaue Rauten) und berechnete Rückstrahlung unter Berücksichtigung der Strahlungsverluste mit $f_{CO_2} \cdot \Delta I_{CO_2}$ für $f_{CO_2} = 0,59$

(Grün).

Messung und Berechnung werden gut durch eine logarithmische Darstellung der Form als Funktion der Konzentration C_{CO_2} in trockener Luft dargestellt (Braune Kreuze). Daraus leitet sich ein CO_2 -Strahlungsantrieb bei Verdopplung der CO_2 -Konzentration von $\Delta F_{2 \times CO_2} = 3,7 \text{ W/m}^2$ ab.

$$\Delta T_E = \lambda_E \cdot f_{CO_2} \cdot \Delta F_{CO_2} \cdot \ln(C_{CO_2}/C_0)/\ln 2 \quad (1)$$

Eine unabhängige Messmethode zur Erfassung der Rückstrahlung ergibt sich, wenn mit steigender CO_2 -Konzentration die P_E -Platte auf $30 \text{ }^\circ\text{C}$ stabilisiert und die eingesparte Heizintensität ΔI_H , wie in Kap. 3.2 beschrieben, ermittelt wird.

Abb. 5b zeigt die eingesparte Heizintensität ΔI_H für die Erdplatte (blaue Rauten), die erforderlich ist, um mit steigender CO_2 -Konzentration diese Platte auf $30 \text{ }^\circ\text{C}$ zu stabilisieren. Die eingesparte Heizintensität ΔI_H kann gut durch die berechnete Rückstrahlung ΔI_{CO_2} bei einem Transmissionsgrad von $f_{CO_2} = 59 \text{ } \%$ reproduziert werden (Grün). Der Anteil f_{CO_2} ergibt sich aus einer Anpassung an die eingesparte Heizintensität ΔI_H . Aufgrund der volumenförmigen Absorption und Abstrahlung unterscheidet sich dieser Transmissionsfaktor leicht für die verschiedenen Gase und auch von dem Wert f_c , der die Übertragungseigenschaften des Strahlungskanal ohne TH-Gase charakterisiert.

4.2 CH_4 -Messung

Messungen für CH_4 wurden bei Konzentrationsänderungen von 1,25 bis 10 % in trockener Luft durchgeführt (Abb. 6). Der beobachtete Temperaturanstieg ΔT_E der Erdplatte als Funktion der CH_4 -Konzentration (blaue Rauten) zeigt erneut eine hervorragende Übereinstimmung mit dem berechneten Temperaturanstieg (Magenta Quadrate) basierend auf der berechneten Rückstrahlung ΔI_{CH_4} (grüne Dreiecke). Mit Ausnahme der niedrigsten Konzentration weist auch dieses TH-Gas bei diesen Konzentrationsniveaus eine starke Sättigung auf und kann recht gut durch eine logarithmische Kurve (braune Kreuze) mit einem Strahlungsantrieb bei verdoppelter CH_4 -Konzentration von $\Delta F_{2 \times CH_4} = 2,75 \text{ W/m}^2$ dargestellt werden. Unter ansonsten vergleichbaren Bedingungen sind dies nur 74 % des CO_2 -Antriebs. Obwohl die atmosphärische Konzentration von CH_4 mit 1,8 ppm mehr als 200-mal kleiner als die von CO_2 ist, zeigt auch CH_4 über den optischen Weg, der proportional zur Konzentration \times Ausbreitungslänge ist, eine stärkere Sättigung in der Atmosphäre (siehe auch: <http://hharde.de/climate %20c.htm>).

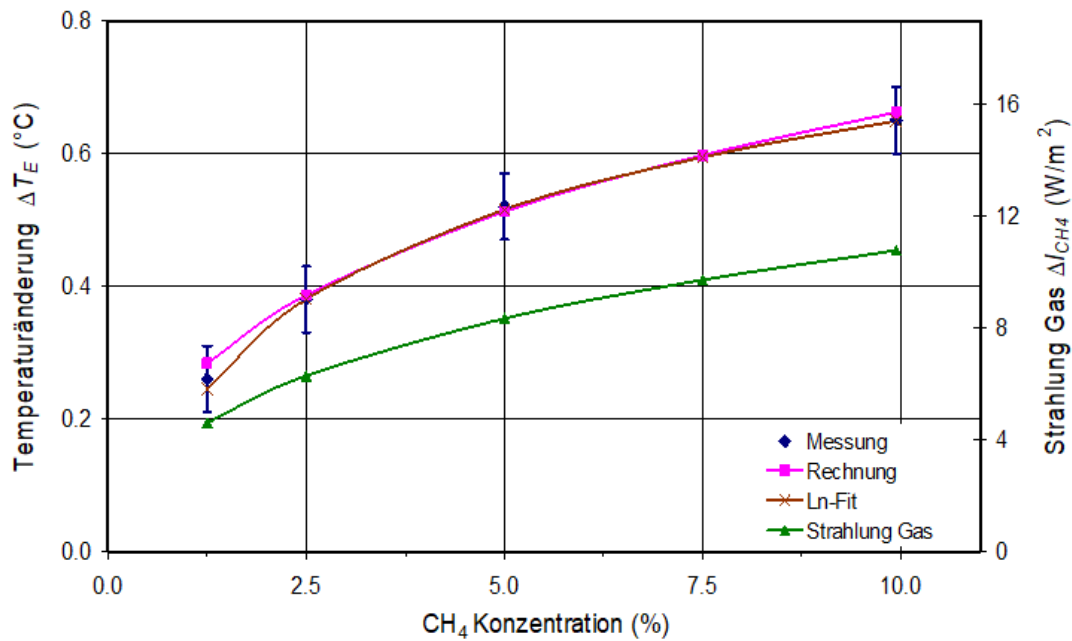


Abb. 6: Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der CH₄-Konzentration in trockener Luft (Blaue Rauten) und entsprechende Berechnung (Magenta). Überlagert ist ein logarithmischer Fit (Braun) und die ST-Rechnung der rückgestrahlten Intensität ΔI_{CH_4} (Grün).

Abb. 6: Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der CH₄-Konzentration in trockener Luft (Blaue Rauten) und entsprechende Berechnung (Magenta). Überlagert ist ein logarithmischer Fit (Braun) und die ST-Rechnung der rückgestrahlten Intensität ΔI_{CH_4} (Grün).

4.3 N₂O-Messung

Die N₂O-Messungen wurden für Konzentrationen von 1,25 % bis 15 % durchgeführt (Abb. 7).

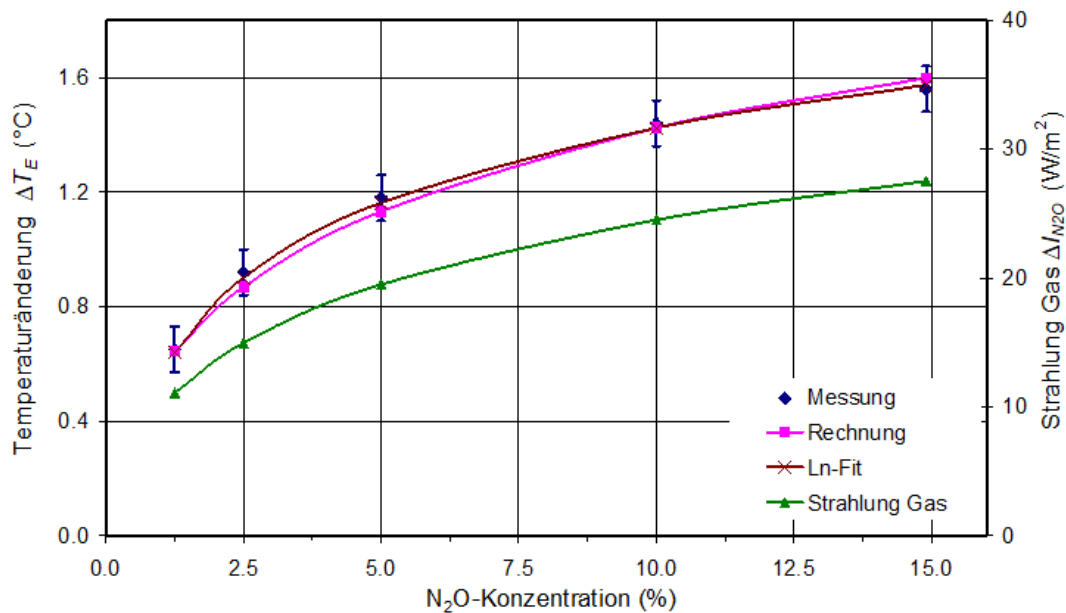


Abb. 7: Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der N₂O-Konzentration in trockener Luft (Blaue Rauten) und entsprechende Berechnung (Magenta). Überlagert ist ein logarithmischer Fit (Braun) und die ST-Rechnung der rückgestrahlten Intensität ΔI_{N_2O} (Grün).

Abb. 7: Gemessene Temperaturänderung der Erdplatte als Funktion der N₂O-Konzentration in trockener Luft (Blaue Rauten) und entsprechende Berechnung (Magenta). Überlagert ist ein logarithmischer Fit (Braun) und die ST-Rechnung der rückgestrahlten Intensität ΔI_{N_2O} (Grün).

Die gemessene Temperaturänderung ΔT_E der Erdplatte (blaue Rauten) lässt sich wiederum für ansteigende N₂O-Konzentration gut durch die berechnete Änderung $\Delta T_C = \lambda_E \cdot f_{N_2O} \cdot \Delta I_{N_2O}$ (Magenta Quadrate) reproduzieren. Die berechnete N₂O-Emission ΔI_{N_2O} wird durch grüne Dreiecke wiedergegeben. Bei Anpassung der gemessenen Temperatur durch eine logarithmische Kurve (braune Kreuze) ergibt sich ein N₂O-Strahlungsantrieb bei doppelter Konzentration von $\Delta F_{2 \times N_2O} = 5,0 \text{ W/m}^2$. Dies ist 35 % größer als der CO₂-Strahlungsantrieb.

5. Diskussion der Ergebnisse

5.1 Unterschiede zur Atmosphäre

Der vorgestellte Versuchsaufbau hat sich als geeignet erwiesen, den atmosphärischen TH-Effekt nachzuweisen und im Labor zu demonstrieren. Obwohl die Weglänge durch die Atmosphäre etwa um den Faktor 80.000 größer ist als die Messkammer, wird dies durch eine 500-fach höhere Konzentration für CO₂ und eine 50.000-fach höhere CH₄-Konzentration teilweise kompensiert und für N₂O mit einer fast 500.000-mal höheren Konzentration im Vergleich zu den Meeresspiegelwerten sogar deutlich überkompensiert. Nicht so sehr die absoluten Werte sind dabei relevant, wichtiger ist der optische Weg als Produkt von Absorptionskoeffizient

und Weglänge.

Andererseits ist der Temperaturgradient (Lapse-Rate) über die Troposphäre mit $6,5 \text{ °C/km}$ 5.700-mal kleiner als in dem hier verwendeten Aufbau, während die absolute Temperaturdifferenz fast vergleichbar ist.

Am wichtigsten für den Nachweis des TH-Effektes und der Rückstrahlung von IR-aktiven Gasen ist jedoch deren Emission bei gleichzeitigen Stoßprozessen und dies unter Bedingungen, wie sie in der unteren Troposphäre anzutreffen sind. Die Experimente bestätigen damit definitiv, dass TH-Gase auf ihren Übergängen strahlen und innerhalb einer optisch dicken Schicht sogar vergleichbar zu einem Schwarzkörperstrahler mit gleicher Temperatur wie das Gas emittieren.

Unter realen atmosphärischen Bedingungen wird die Rückstrahlung der TH-Gase durch die spektral viel breitere Strahlung von Wolken überlagert, die in erster Näherung als graue Emitter mit einer durch ihre Unterseite gegebenen Temperatur beschrieben werden können. In den mit den TH-Gasen durchgeführten Experimenten werden Wolken durch die Atm-Platte und Kanalwände ersetzt. Ihre Strahlung ändert sich stark mit der Temperatur T_A der Atm-Platte und simuliert auf diese Weise den Einfluss von Wolken in unterschiedlichen Höhen. Dies bestimmt aber auch die Größe des TH-Gasbeitrags, der vom Temperaturunterschied zwischen den Platten und damit von der Temperaturdifferenz abhängt. Auf die Atmosphäre übertragen bedeutet dies, dass bei Wolken die Rückstrahlung größer ist als bei klarem Himmel, der relative Beitrag durch TH-Gase jedoch abnimmt.

5.2 Reproduzierbarkeit und Genauigkeit

Die Reproduzierbarkeit der Messungen hängt stark von den Gleichgewichtsbedingungen des Aufbaus vor dem Befüllen der Messkammer mit dem TH-Gas ab, und dies gilt auch für die weitere Aufzeichnung von Daten. Die Temperaturanzeige ist auf $\pm 0,13 \text{ °C}$ begrenzt und bestimmt somit wesentlich die Genauigkeit der Messungen. Auch die elektrische Plattenheizung wird durch die Temperaturablesung beeinflusst, da jede Anfangs- und Endaufzeichnung zur Ermittlung der Differenz ΔH_E zwei Temperaturmessungen erfordert. Dies ist der Hauptgrund für kleinere Abweichungen von einem Messdurchlauf zum nächsten. Zusätzliche Störungen gehen auf geringfügige Schwankungen der Raumtemperatur zurück, die innerhalb von $\pm 0,2 \text{ °C}$ geregelt werden kann.

Der Fehler für eine Einzelmessung der Temperaturänderung ΔT_E und der reduzierten Heizleistung ΔH_E wird bei den niedrigeren Konzentrationen auf $\pm 20 \%$ und bei den höheren Konzentrationen auf etwa $\pm 10 \%$ geschätzt. Die Gesamtgenauigkeit wird jedoch durch mehrmaliges Wiederholen der Messungen weiter verbessert. Alle Daten stellen das Mittel aus 5 Durchläufen dar. Dies ermöglicht es, den allgemeinen Trend einer Serie innerhalb von $\pm 5 \%$ zu bestimmen.

5.3 Vergleich mit der Literatur

Es zeigt sich für alle drei Gase eine gute Übereinstimmung zwischen Messung und Berechnung, sowohl für die Temperaturdaten als auch für die Plattenheizung. Insbesondere die zunehmende Sättigung und die charakteristische Abflachung mit steigender Gaskonzentration werden durch die Berechnungen gut bestätigt und schließen einen größeren Einfluss durch Wärmeleitung aus. Gleichzeitig zeigen diese Untersuchungen die nur geringe weitere Auswirkung auf die globale Erwärmung bei steigenden Treibhausgaskonzentrationen.

Während sich die Übereinstimmung in den Absolutwerten von gemessenen und berechneten Daten z.T. daraus erklärt, dass zur Ermittlung der Transmissionsgrade f_{Gas} – und damit für die entsprechende Skalierung der gemessenen Rückstrahlung und der Temperaturdaten – die Rechnungen als Referenz herangezogen werden, stellt die nahezu exakte Übereinstimmung des abgeleiteten Strahlungsantriebs für CO_2 mit $\Delta F_{2\times\text{CO}_2} = 3,70 \text{ W/m}^2$ eher eine zufällige Übereinstimmung mit der Literatur dar (siehe AR6 [5]), da die Messungen hier unter deutlich anderen Bedingungen durchgeführt wurden.

Dennoch ermöglicht dies einen direkten Vergleich untereinander, hierzu müssen allerdings die verschiedenen Auswirkungen berücksichtigt werden, wie z. B. eine sich ändernde Druckverbreiterung der Absorptionslinien über die Weglänge in der Atmosphäre, die Interferenz mit anderen TH-Gasen wie Wasserdampf, die unterschiedliche Bodentemperatur, und die sich ändernde Rückstrahlung mit unterschiedlicher Wolkenhöhe, Bewölkung und Emissionsgraden. Daraus lässt sich ein Strahlungsantrieb von $\Delta F_{2\times\text{CO}_2} = 3,4 \text{ W/m}^2$ berechnen, und zusammen mit einer Planck-Sensitivität von $\lambda_p = 0,31 \text{ }^\circ\text{C}/(\text{W/m}^2)$ (siehe AR6 [5]) ergibt dies eine Basis-Gleichgewichts-Klimasensitivität (Temperaturanstieg bei verdoppelter CO_2 -Konzentration, ohne Rückkopplungen) von $\text{ECS}_B = \lambda_p \cdot \Delta F_{2\times\text{CO}_2} = 1,05 \text{ }^\circ\text{C}$. Dieses Ergebnis stimmt hervorragend mit dem Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5) überein.

Allerdings zeigen eigene Berechnungen unter Einbeziehung von Rückkopplungen, dass Wasserdampf im Gegensatz zu den Annahmen des IPCC nur noch zu einer marginalen positiven Rückkopplung beiträgt und die Verdunstung an der Erdoberfläche sogar zu einer deutlichen weiteren Reduzierung der Klimasensitivität auf nur noch $\text{ECS} = 0,68 \text{ }^\circ\text{C}$ führt (Harde 2017 [6], Harde 2022 [7]). Dies ist weniger als ein Viertel des IPCC-Wertes mit $\text{ECS} = 3 \text{ }^\circ\text{C}$ (AR6 [5]) und 5,4-mal kleiner als der Mittelwert von CMIP6 mit $\text{ECS} = 3,78 \text{ }^\circ\text{C}$.

Entsprechende Werte für CH_4 und N_2O können nur indirekt mit der Literatur verglichen werden, da hierfür nur Werte für den ppb-Bereich (parts per billion) angegeben werden, bevor Sättigungseffekte auftreten. Dennoch erlauben ihre relativen Werte zu CO_2 durchaus eine Abschätzung ihrer Beiträge zur globalen Erwärmung, die für CH_4 nicht mehr als 2 % und für

N₂O weniger als 1 % betragen.

Eine faustdicke Überraschung ist Methan, das tatsächlich einen geringeren Strahlungsantrieb als CO₂ hat und angesichts seiner derzeitigen Konzentration von nur 1,89 ppm eindeutig kein Super-Treibhausgas ist, das Anlass zur Sorge geben sollte, wie uns manche Medien oder Klimaforscher glauben machen wollen.

6. Zusammenfassung

Die vorgestellten Messungen und Berechnungen bestätigen eindeutig die Existenz eines atmosphärischen TH-Effektes und zeigen entgegen dem oft falsch interpretierten zweiten Hauptsatz der Thermodynamik, dass ein wärmerer Körper durch die Strahlung eines kälteren Körpers, hier die Strahlung der gekühlten Platte und/oder eines TH-Gases, weiter erwärmt werden kann (siehe auch EIKE, Teil 1 [4]).

Sie bestätigen auch, dass TH-Gase unter Bedingungen, wie sie in der unteren Atmosphäre herrschen, auch IR-Strahlung in „Rückwärtsrichtung“ aussenden. Gleichzeitig offenbaren die theoretischen Untersuchungen die prinzipiellen Schwierigkeiten, den TH-Effekt als steigende Temperatur des Gases zu messen. Solche Versuche zeigen hauptsächlich eine Erwärmung durch Absorption von NIR oder IR-Licht über die Gefäßwände, während nur zu einem geringeren Grad Absorption durch die Gase erfolgt.

Solche Experimente übersehen oft auch, dass der Treibhauseffekt hauptsächlich das Ergebnis einer Temperaturdifferenz über den Ausbreitungsweg der Strahlung und damit der ‚Lapse-Rate‘ in der Atmosphäre ist.

Ein verminderter TH-Effekt bei reduzierter Temperaturdifferenz zwischen den Platten, wie dies analog auch durch Wolken in der Atmosphäre erfolgen kann, lässt sich klar nachweisen.

Unsere Ergebnisse zeigen nur einen geringen Einfluss von TH-Gasen auf die globale Erwärmung, die offensichtlich viel stärker von natürlichen Einflüssen wie dem solaren Strahlungsantrieb und Ozeanischen Oszillationen dominiert wird (siehe z. B. Connolly et al. 2021 [8]; Harde 2022 [7]). Es gibt also keinen Grund für Panik und Klimanotstand, vielmehr ist es höchste Zeit, zu einer konsolidierten Klimadiskussion zurückzukehren, die sich auf Fakten konzentriert und auch die Vorteile von Treibhausgasen einbezieht.

7. Referenzen

1. H. Harde, M. Schnell, 2022: *Verification of the Greenhouse Effect in the Laboratory*, Science of Climate Change, Vol. 2.1, pp. 1-33, <https://doi.org/10.53234/scc202203/10>.
2. H. Harde, M. Schnell, 2022: *Nachweis des Treibhauseffekts im Labor*, PDF-Datei

3. H. Harde, 2013: *Radiation and Heat Transfer in the Atmosphere: A Comprehensive Approach on a Molecular Basis*, International Journal of Atmospheric Sciences (Open Access), vol. 2013, <http://dx.doi.org/10.1155/2013/503727>
4. M. Schnell, H. Harde, 2024: *Gibt es einen Atmosphärischen Treibhaus-Effekt? -Teil 1*, EIKE 2024
5. Sixth Assessment Report (AR6) of the IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V. et al. (eds.)]. Cambridge University Press., https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf
6. H. Harde, 2017: *Radiation Transfer Calculations and Assessment of Global Warming by CO₂*, International Journal of Atmospheric Sciences, Volume 2017, Article ID 9251034, pp. 1-30, <https://www.hindawi.com/journals/ijas/2017/9251034/>, <https://doi.org/10.1155/2017/9251034>.
7. H. Harde, 2022: *How Much CO₂ and the Sun Contribute to Global Warming: Comparison of Simulated Temperature Trends with Last Century Observations*, Science of Climate Change, vol. 2, no 1, pp 105 -133, <https://doi.org/10.53234/scc202206/10>
8. R. Connolly, W. Soon, M. Connolly, S. Baliunas, J. Berglund, C. J. Butler, R. G. Cionco, A. G. Elias, V. M. Fedorov, H. Harde, G. W. Henry, D. V. Hoyt, O. Humlum, D. R. Legates, S. Lüning, N. Scafetta, J.-E. Solheim, L. Szarka, H. van Loon, V. M. V. Herrera, R. C. Willson, H. Yan and W. Zhang, 2021: *How much has the Sun influenced Northern Hemisphere temperature trends? An ongoing debate*, Research in Astronomy and Astrophysics 2021 Vol. 21 No. 6, 131(68pp), <http://www.raa-journal.org/raa/index.php/raa/article/view/4906>

Zur Sicherstellung sämtlicher Indizes und anderer evtl.

Buchstabendarstellung zwischen Word und dieser Darstellung hier nochmal
Gibt es einen Atmosphärischen Treibhauseffekt Teil 2 Vollständig

Der Beweis: Stromnetz 2006 Vs 2024 – Instabil wie niemals zuvor! Blackout voraus – Netzbetreiber

geschrieben von Admin | 3. April 2024

Bild aus der Studie mit einer Darstellung der Stunden in den die Netzfrequenz um 1 Hz/s überschritten wird. Bild Übertragungsnetzbetreiber

Gibt es einen Atmosphärischen Treibhauseffekt? – Teil 1

geschrieben von Admin | 3. April 2024

Michael Schnell, Hermann Harde

1. Vorbemerkungen

Die Emissionen fossiler Brennstoffe werden für einen Klimanotstand mit katastrophalen Folgen für unseren Planeten verantwortlich gemacht, wenn die weltweiten anthropogenen Emissionen nicht rasch gestoppt werden. Grundlage dieser Vorhersagen ist der atmosphärische Treibhauseffekt (TH-Effekt), der auf Jean-Baptiste Joseph Fourier im Jahr 1824 zurückgeht [1]. Er untersuchte den Energiehaushalt der Erde, um die Oberflächentemperatur zu erklären. Dabei ging er davon aus, dass sich die Atmosphäre ähnlich wie ein Glasfenster verhält, das für die Sonnenstrahlung transparent ist, aber die vom Boden emittierte Infrarotstrahlung (IR) blockiert. Der Wärmeaustausch durch Konvektion oder Wärmeleitung mit der Umgebung wurde in diesem Modell weitgehend vernachlässigt.

Weiter ist festzustellen, dass selbst viele Klimaexperten nicht wirklich zur Kenntnis nehmen, wie sich Treibhausgase (TH-Gase) tatsächlich auf unser Klima auswirken. Dies führt häufig zu dramatischen Fehlinterpretationen in populärwissenschaftlichen Veröffentlichungen, sogar in der Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger (6. Sachstandsbericht AR6 des IPCC [2]). Andererseits führen diese Übertreibungen bei Menschen mit klarem Gespür und Verständnis für reale physikalische Sachverhalte zu starken Zweifeln an einem vom Menschen verursachten Klimawandel und der Existenz des Treibhauseffekts, der fast ausschließlich auf theoretischen Überlegungen beruht.

Der Hauptgrund für diese Zweifel ist ein fehlender, nachvollziehbarer Nachweis des TH-Effektes, obwohl es in den letzten 120 Jahren viele Versuche gab, diesen Effekt durch mehr oder weniger einfache Laborexperimente zu bestätigen oder zu widerlegen. Direkte Messungen an der Atmosphäre werden zu stark durch Konvektions-, Turbulenz- oder Streueffekte beeinflusst, um den relativ geringen Beitrag von Treibhausgasmolekülen zu einer lokalen Erwärmung der Luft oder der Erdoberfläche zu quantifizieren, dies bei lokalen Tag-Nacht-Schwankungen bis zu 60 °C und durch saisonale Zyklen sogar bis zu 100 °C.

1.1 Historische Anmerkungen

Eine der wesentlichen experimentellen Untersuchungen geht auf R. W. Wood (1909) [3] zurück, der zwei Kästen mit normaler Luft verwendete. Eine Box war mit einem Glasfenster abgedeckt, das für Sonnenlicht transparent war, aber IR-Strahlung blockierte, die andere war mit einem NaCl-Fenster abgedeckt, das ebenfalls für IR-Licht transparent war. Seine Messungen zeigten eine deutliche Erwärmung des Innenraums, jedoch keinen oder nur einen vernachlässigbaren Temperaturunterschied zwischen den Boxen.

Daraus schlossen Wood und andere Autoren bei der Wiederholung dieses Experiments (z. B. Allmendinger 2006 [4], Nahle 2011 [5]), dass Infrarotstrahlung, die durch das NaCl-Fenster entweichen kann, nicht oder nur vernachlässigbar zur Erwärmung beiträgt, während der beobachtete Temperaturanstieg in beiden Boxen – anders als Fouriers Interpretation – ausschließlich durch einen unterdrückten konvektiven Wärmeaustausch mit der Umgebung erklärt wird und nicht mit irgendeiner Form von eingeschlossener Strahlung zusammenhängt.

Aber Experimente, die nicht nur eine einzige Temperatur für jede Box messen, sondern die Temperatur am Boden und der Oberseite des Innenraums aufzeichnen, finden bei der Box mit NaCl-Fenster einen um 5°C größeren Temperaturabfall vom Boden bis zur Decke als bei der Glasbox. Die Temperatur am Boden ist dagegen bei beiden Boxen nahezu identisch (V. R. Pratt 2020 [6]). Diese Ergebnisse werden grundsätzlich mit einem etwas anderen Aufbau bestätigt, der eine interne elektrische Heizung anstelle externer Lichtquellen verwendet (E. Loock 2008 [7]). Eine solche Erwärmung vermeidet Unterschiede in der einfallenden Strahlung, die sonst Fenster aus unterschiedlichen Materialien mit unterschiedlichen Verlusten passieren muss. Für den Glaskasten konnte eine höhere Temperatur von 2,5 – 3°C gefunden werden, und beim Austausch des Glases durch eine polierte Aluminiumfolie steigt die Temperatur sogar um weitere $\approx 3^\circ\text{C}$.

Während die Wood'schen Experimente die Frage beantworten können, ob und inwieweit eine verringerte IR-Transmission zur Erwärmung eines Behälters, oder entsprechend der Troposphäre, beitragen kann, geben sie keine Auskunft über die Wechselwirkung von Treibhausgasen mit IR-Strahlung. Es blieb also weiterhin die Frage, inwieweit solche Gase die IR-Strahlung zumindest teilweise zurückhalten können und inwieweit die einfache Absorption durch TH-Gase oder die umstrittene Rückstrahlung zu einer zusätzlichen Erwärmung des Bodens beitragen könnten. Für solche Untersuchungen ist es erforderlich, einen Behälter mit dem zu untersuchenden Gas zu füllen und dieses mit einer Referenzmessung mit Luft oder einem Edelgas zu vergleichen.

Mittlerweile wurden unterschiedliche Ansätze verfolgt, teils mit äußerer Bestrahlung oder mit innerer Erwärmung (siehe z. B. Loock [7]), teils mit Messung der Gastemperatur oder der IR-Strahlung in Vorwärts- und Rückwärtsrichtung (Seim & Olsen 2020 [8]). Aber entweder konnte keine

Erwärmung festgestellt werden oder der beobachtete Temperaturanstieg konnte bei näherer Betrachtung nicht auf einen IR-Strahlungseffekt zurückgeführt werden.

Leider wurden im Internet einige fehlerhafte Demonstrationen mit angeblichen Temperaturunterschieden von mehr als 10°C präsentiert, die die starke Wirkung der Treibhausgase beweisen sollten (siehe z. B. Ditfurth 1978 [9]). Bei näherer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass die höhere Temperatur hauptsächlich durch einen Schichtungseffekt, verbunden mit einer erhöhten Isolation, verursacht wird, wenn schwereres CO₂ von unten in ein Gefäß eingefüllt wird (Schnell 2020 [10]). Bei diesen angeblichen Demonstrationen des Treibhauseffektes wird übersehen, dass reines CO₂ trotz Erwärmung eine höhere Dichte als die darüber befindliche Luft hat und dadurch keinen thermischen Auftrieb verursacht. Ohne anschließende Homogenisierung führt dies zu einem erhöhten Temperaturanstieg in der CO₂-Schicht. Solche Experimente zeigen lediglich, dass CO₂ IR-Strahlung absorbieren kann, was eigentlich nicht überraschen sollte.

Und wirklich problematisch ist es, wenn einer der Preisträger des Friedensnobelpreises 2007 eine Web-basierte Kampagne mit mehreren Werbespots im Fernsehen initiiert, die darauf abzielt, das Bewusstsein für eine Klimakrise zu schärfen. Als „Beweis“ wird ein völlig unrealistisches und nicht reproduzierbares Video-Experiment des TH-Effektes präsentiert (Al Gore's Climate 101 Video Experiment 2001 [11]), das mittlerweile durch mehrere Überprüfungen als fehlerhaft entlarvt wurde (Watts 2011 [12], Solheim 2016 [13]).

Solche Experimente werden leider weiter genutzt, um weltweit Angst zu verbreiten und unsere Gesellschaft mit der Botschaft zu indoktrinieren, dass wir unsere Erde nur retten können, indem wir künftig alle Treibhausgasemissionen stoppen. Solche Experimente untergraben alle ernsthaften Versuche, den erwarteten Einfluss von Treibhausgasen auf unser Klima zu diskutieren und zu analysieren. Politische Vorstellungen, Spekulationen oder religiöser Glaube sind keine ernsthaften Berater, um eine erfolgreiche Zukunft zu sichern. Unser Wissen und unser technischer Fortschritt basieren auf seriösen wissenschaftlichen Grundlagen.

1.2 Ziel der Untersuchungen

Es ist höchste Zeit, die endlosen Spekulationen über die katastrophalen Auswirkungen oder die Nichtexistenz eines atmosphärischen TH-Effektes zu beenden und sich auf verlässliche Untersuchungen zu konzentrieren, die es ermöglichen, die Größe und den begrenzenden Einfluss von Treibhausgasen durch anthropogene Emissionen fossiler Brennstoffe auf die globale Erwärmung zu quantifizieren. In einer aktuellen Arbeit (Harde & Schnell 2022 [14]) wird der theoretische Hintergrund des TH-Effektes zusammengefasst, und es werden erstmals quantitative Messungen für die Treibhausgase CO₂, CH₄ und N₂O unter ähnlichen Bedingungen wie in

der unteren Troposphäre vorgestellt. Eine gekürzte, weniger technische Version steht als PDF zur Verfügung [15] und wird in komprimierter Form im zweiten Teil dieses Artikels wiedergegeben.

Um den Strahlungsaustausch zwischen Körpern unterschiedlicher Temperatur aufzuzeigen und die Besonderheiten des TH-Effektes hervorzuheben, wurden detaillierte Modell-Untersuchungen durchgeführt, bei denen die TH-Gase durch eine geschwärzte Metallplatte in einem Strahlungskanal ersetzt werden (Schnell & Harde 2023 [16]). Als Einführung in das grundlegende Prinzip des atmosphärischen TH-Effektes werden im ersten Teil dieses Artikels zunächst diese Untersuchungen vorgestellt, bevor im zweiten Teil auf die TH-Gase eingegangen wird.

2. Demo-Experiment mit Metallplatte

2.1 Der Strahlungskanal

Der Versuchsaufbau zur Demonstration des Strahlungsaustausches und des TH-Effektes besteht aus einem vertikalen Hohlzylinder aus Styropor. Er ist als modularer Aufbau konzipiert und kann daher leicht für verschiedene Experimente umgebaut werden (Abb. 1, Details siehe: Schnell & Harde 2023 [16]).

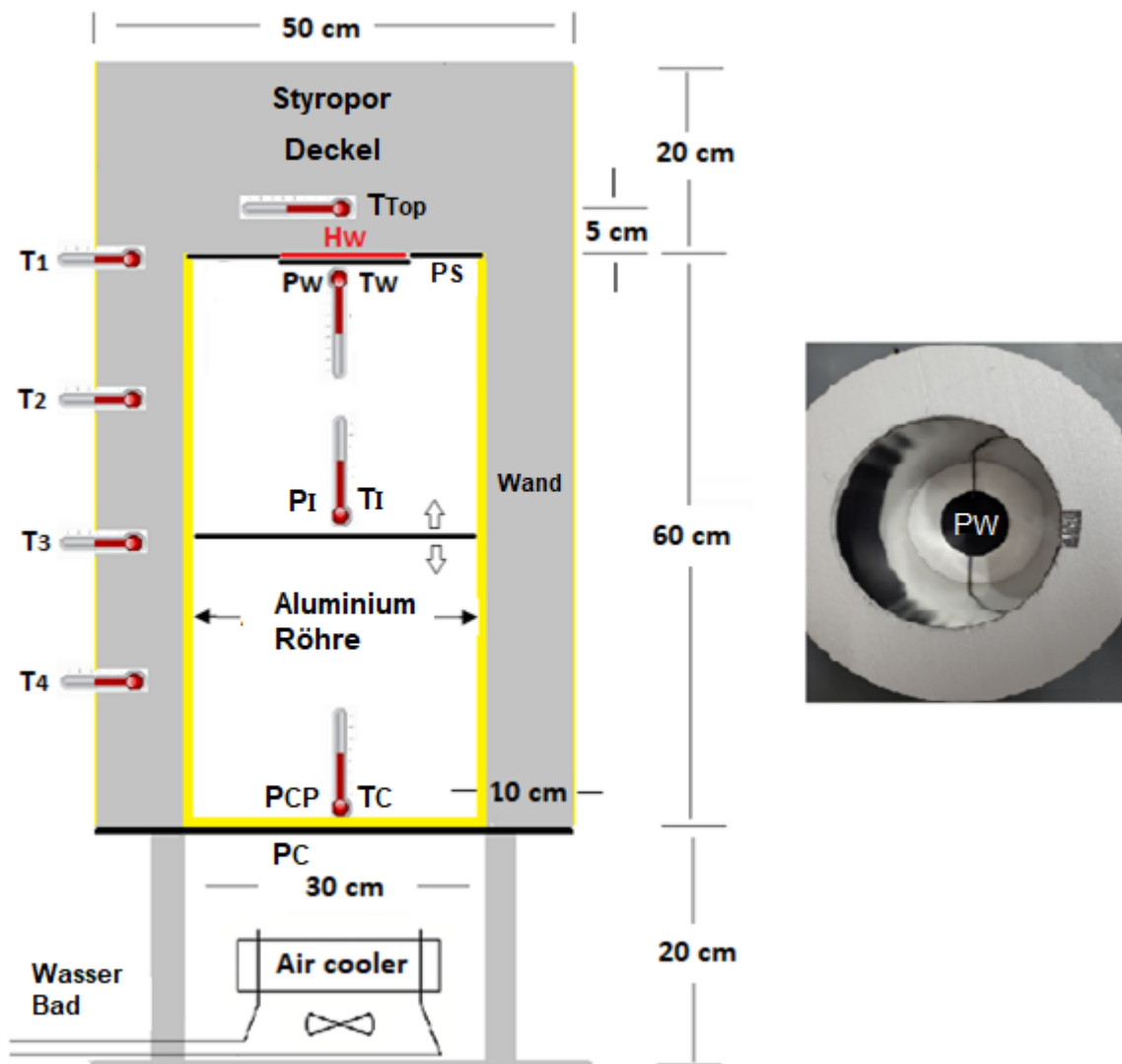


Abb. 1: Schematischer Versuchsaufbau. Die Indizes stehen für: W = warm, C = cold, CP = cold polished und I = Intermediate.

Im Styropor-Behälter befinden sich zwei parallele Metallplatten P_w und P_c im Abstand von 60 cm und zur Simulation des TH-Effektes eine Zwischenplatte P_i . Die obere Platte P_w ist geschwärzt und kann durch eine elektrische Heizung der Leistung H_w beheizt werden. Die untere Platte P_c ist ebenfalls geschwärzt und wird durch einen Luftkühler in ihrer Temperatur stabilisiert. Sie ist CPC kälter als die Raumtemperatur T_{Raum} . Für ein Kontrollexperiment kann diese untere Platte durch eine polierte P_{CP} -Scheibe mit sehr geringem Absorptionsvermögen und damit geringem Emissionsvermögen ersetzt werden, um die Intensität der Gegenstrahlung durch Reflektion zu erhöhen.

Die Innenseite des Styroporbehälters (als Strahlungskanal bezeichnet) kann mit einem Aluminiumrohr oder einer dünnen Al-Folie ausgekleidet werden, wodurch IR-Strahlung durch Mehrfachreflexion und Streuung effizient von einer Platte zur anderen geleitet wird. Dies ermöglicht einen intensiven Strahlungsaustausch zwischen den Platten, und trotz teilweise leichter Absorptionsverluste an der Innenwand werden ohne Zwischenplatte im Kanal mehr als 70 % der zugeführten Heizleistung H_w

durch IR-Strahlung abgeführt.

Ein kleinerer Teil der über die Platte P_w zugeführten Heizleistung H_w fließt durch einen mechanischen Wärmefluss über die Styroporisolierung nach außen ab (siehe hierzu Tabelle 2).

Temperatur-Sensoren rund um den Strahlungskanal detektieren diese Wärmeströme.

Durch die senkrechte Anordnung des Strahlungskanals stellt sich eine stabile Luft-Schichtung (oben warm, unten kalt) ein, die Konvektion als Wärmetransport ausschließt.

Die wichtigsten Informationen für die Untersuchungen liefern aber die Temperatur T_w und die Heizleistung H_w der warmen Platte P_w . Diese Platte fungiert gleichzeitig als Wärmequelle und Sensor.

2.2 Gegenstrahlung

Ziemlich kontrovers diskutiert wird die These, dass ein erhitzter Körper durch die Strahlung eines kälteren Körpers oder Gases weiter erwärmt werden kann. Dies wird als Verletzung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik angesehen, obwohl Clausius als einer der Väter dieses Gesetzes einen gegenseitigen Wärmeaustausch durch Strahlung nie in Frage gestellt hat.

Während die IR-Emission der beheizten Platte P_w eindeutig durch ihre Temperatur T_w und den Emissionsgrad $\varepsilon_w \approx 1$ der Platte definiert wird, ist die Strahlung aus der Umgebung, die sogenannte Rückstrahlung, naturgemäß deutlich komplexer. Diese Strahlung resultiert aus einer Überlagerung von Emissionen, Reflexionen und Strahlungsverlusten, die von der gekühlten Platte und der Kanalwand des Hohlzylinders verursacht werden. Die Auswirkung der Rückstrahlung kann durch Variation der Oberfläche und der Temperatur der Grundplatte demonstriert werden. Für diese Messungen wird die Zwischenplatte P_I entfernt und das Aluminiumrohr im Strahlungskanal verwendet

Die folgenden Untersuchungen verdeutlichen, wie die Temperatur der konstant beheizten Platte P_w durch die Rückstrahlung beeinflusst wird.

a) Grundplatte P_c auf beiden Seiten schwarz beschichtet:

Die ersten 100 Minuten zeigen ein thermisches Gleichgewicht, wobei Platte P_w eine Temperatur $T_w = 24,0$ °C erreicht. Die schwarz beschichtete P_c -Grundplatte wird dann langsam von den vorherigen 17 °C auf 11 °C abgekühlt (Abb. 2a, blaue Linie), wodurch ihre IR-Emission S_c nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz abnimmt. Für die P_w -Platte vergrößert sich dadurch der Strahlungsaustausch als Differenz aus abgegebener (S_w) und empfangener Leistung (S_c):

$$\Delta S_{WC} = S_W - S_C, \quad S_{W,C} = \varepsilon_{W,C} \cdot \sigma \cdot A_{W,C} \cdot T_{W,C}^4. \quad (1)$$

Dabei ist σ die Stefan-Boltzmann-Konstante mit $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2/\text{K}^4$ und $A_{W,C}$ die Fläche der warmen bzw. kalten Platte. Wegen der stärkeren Wärmeabfuhr muss die Temperatur T_W entsprechend sinken, wodurch abgeführte und zugeführte Leistung wieder gleich groß werden (Abb. 2a).

Der Strahlungsaustausch, die Strahlungsbilanz zweier unabhängiger Strahler nach Gl. (1), wurde erstmals von Josef Stefan (1879) [17] formuliert und kann mit diesem Experiment auf einfache Weise gezeigt werden.

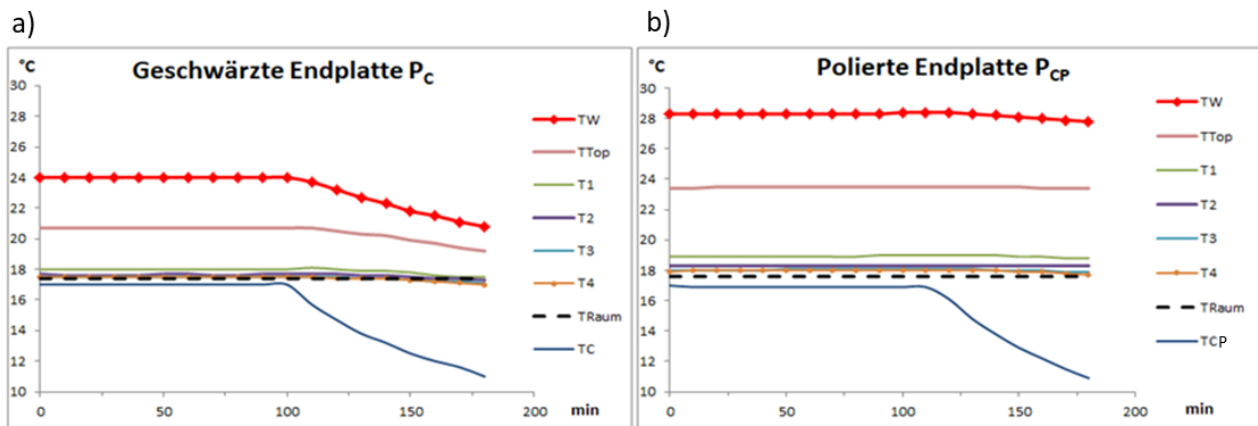


Abb. 2: Auswirkung der Gegenstrahlung auf die Temperatur T_W der beheizten Platte P_W , a) durch eine geschwärzte Grundplatte P_C , b) durch eine polierte Platte P_{CP} .

b) Grundplatte P_{CP} außen geschwärzt und innen auf Hochglanz poliert: Im thermisches Gleichgewicht wird unter ansonsten gleichen Bedingungen eine $4,9 \text{ }^\circ\text{C}$ höhere Temperatur $T_W = 28,9 \text{ }^\circ\text{C}$ erreicht. Ursache ist der deutlich verringerte Absorptionsgrad α_{CP} der polierten Platte, der eine Zunahme des Reflexionsgrades entsprechend $r_{CP} = 1 - \alpha_{CP}$ bedingt. Anstelle der IR-Emission der Platte P_{CP} wird die Rückstrahlung S_C jetzt weitgehend durch die reflektierte, intensivere Strahlung der warmen Platte erzeugt, was nach Gleichung (1) eine geringere Wärmeabfuhr und damit eine höhere T_W -Temperatur bedeutet (Abb. 2b).

Im Gegensatz zur geschwärzten Platte zeigt sich beim Abkühlen der P_{CP} -Platte kaum eine Rückwirkung auf die Temperatur T_W der oberen Platte. Dies lässt sich durch den geringeren Emissionsgrad $\varepsilon_{CP} \approx \alpha_{CP}$ der polierten Platte und die Temperaturunabhängigkeit der Reflexion an der Platte P_{CP} erklären.

Für den Fall von reflektierenden Oberflächen und einer geringen Strahlungsbilanz hat Stefan den Strahlungsaustauschgrad $E < \varepsilon_W, \varepsilon_C \ll 1$ eingeführt, der mit dem Experiment b) demonstriert werden kann.

Um es noch einmal zu betonen: Die Grundplatten sind 60 cm von der

geheizten Platte P_w entfernt und eine Variation ihrer Oberflächengestaltung reicht aus, um starke Temperaturunterschiede der Platte P_w zu bewirken, die nur durch Veränderungen der IR-Rückstrahlung erklärbar sind. Eine Veränderung der Wärmeleitung als mögliche Ursache für diese Effekte kann bei diesen Experimenten ausgeschlossen werden, da der grundlegende Versuchsaufbau bei diesen Experimenten nicht verändert wurde und die Temperaturen des Strahlungskanals T_1 bis T_4 annähernd konstant blieben.

2.3 Quantifizierung der Wärmeströme

Die der P_w -Platte zugeführte Heizleistung H_w wird sowohl durch IR-Strahlung als auch durch einen mechanischen Wärmestrom J_Q abgeführt. Da im thermischen Gleichgewicht nur so viel Wärme abfließen kann, wie durch die Heizung zugeführt wird, addieren sich Strahlungstransport ΔS_{WC} und Wärmeleitung J_Q zur Heizleistung H_w

$$H_w = \Delta S_{WC} + J_Q. \quad (2)$$

Das Verhältnis der beiden Wärmeströme lässt sich bestimmen, wenn eine der beiden Größen ermittelt werden kann, da die andere Größe dann die Differenz zu H_w ist.

Der mechanische Wärmestrom J_Q ergibt sich nach Fourier in guter Näherung aus der Wärmeleitfähigkeit λ_s der Styroporisolierung, ihrer Dicke d und Oberfläche A_s sowie der Temperaturdifferenz ΔT zur Umgebung:

$$J_Q = \lambda_s \cdot \frac{A_s}{d} \Delta T. \quad (3)$$

Dieser Ansatz ist jedoch nicht hilfreich, da unterschiedliche Temperaturen, Dicken und Oberflächen der Styroporisolierung der Versuchsanordnung berücksichtigt werden müssten.

Der Wärmestrom J_Q kann jedoch direkt gemessen werden, indem der Strahlungskanal vollständig mit zwölf 5 cm dicken Styroporscheiben gefüllt wird. Es entsteht ein Styroporblock (ohne Strahlungskanal) mit den gleichen Außenabmessungen und den zwei Platten. In diesem Fall kann die zugeführte Wärme H_w nur durch den mechanischen Wärmestrom J_Q abgeführt werden, wodurch Gl. (2) übergeht in:

$$H_w = J_Q. \quad (4)$$

Die Berechnungsgrundlage für die Bewertung der Wärmeströme ist der

Temperaturanstieg ΔT_w , die Temperaturdifferenz vor und nach dem Einschalten der Heizung H_w . Mit der Kenntnis von H_w und ΔT_w kann der Wärmewiderstand ϑ (auch als thermischer Widerstand bezeichnet) der Versuchsapparatur, als Verhältnis von ΔT_w zu H_w , bestimmt werden als (Einheit $^{\circ}\text{C}/\text{W}$):

$$\vartheta = \frac{\Delta T_w}{H_w}. \quad (5)$$

Da sich die Beschichtung des Strahlungskanals auf den mechanischen Wärmestrom J_0 auswirkt, ergeben sich auch verschiedene Wärmewiderstände, die zur besseren Unterscheidung zur Strahlung hier als Leitungswiderstände ϑ_j bezeichnet werden. Dabei zeigt sich, dass eine Beschichtung mit einer Aluminium-Folie eine optimale Lösung darstellt, die die Reflektion im Strahlungskanal verbessert, aber den Leitungswiderstand im Vergleich zum reinen Styropor (ohne Beschichtung) nur unwesentlich verringert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Ermittlung der Leitungswiderstände ϑ_j in einem Styroporblock

Beschichtung des Strahlungskanals	H_w W	T_w $^{\circ}\text{C}$	ΔT_w $^{\circ}\text{C}$	ϑ_j $^{\circ}\text{C}/\text{W}$
ohne	1,16	41,6	24,2	21,0
Aluminium-Folie	1,15	40,5	22,9	20,0
Aluminium -Rohr	1,16	38,0	20,5	17,7

Durch schrittweises Entfernen der inneren Styroporscheiben zeigt sich, dass der mechanische Wärmestrom hauptsächlich über den oberen Styropordeckel und die obere Wandisolierung nach außen abfließen, während die Füllung des Strahlungskanals mit Styropor eine vernachlässigbare Veränderung bewirkt. Dadurch lässt sich der Leitungswiderstand des Styroporblocks auch auf den Strahlungskanal übertragen (siehe: Schnell & Harde 2023 [16]). Außerdem hat ruhende Luft eine geringere Wärmeleitfähigkeit als Styropor, und schon aus diesem Grund kann die Wärmeleitfähigkeit des Strahlungskanals nicht größer sein als die des Styroporblocks.

So ergibt sich für den Strahlungskanal mit Aluminium-Folie mit $\vartheta_j = 20,0$ $^{\circ}\text{C}/\text{W}$, $H_w = 1,2$ W und $\Delta T_w = 6,5$ $^{\circ}\text{C}$ entsprechend Gl. (4) und (5) ein mechanischer Wärmeverluststrom von

$$J_Q = \frac{\Delta T_w}{\vartheta_j} = 0,33 \text{ W}. \quad (6)$$

Damit wird die durch IR-Strahlung abgeführte Leistung entsprechend Gl.

(2) $\Delta S_{WC} = 0,87 \text{ W}$ und stellt mit 73 % den klar dominanten Anteil an der Wärmeabfuhr dar. Das Aluminium-Rohr hat aufgrund seiner glatten, polierten Oberfläche den höchsten Reflexionsgrad, verliert aber zu viel Wärme durch Wärmeleitung und steht daher nur an zweiter Stelle (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anteil der Wärme H_w , die durch IR-Strahlung abgeführt wird.

Beschichtung des Strahlungskanals	H_w W	ΔT_w °C	ϑ_j °C/W	J_0 W	ΔS_{WC} W	ΔS_{WC} %
ohne	1,20	8,2	21,0	0,39	0,81	67,4
Alu-Rohr	1,20	6,5	17,7	0,37	0,83	69,3
Alu-Folie	1,20	6,5	20,0	0,33	0,87	72,9

2.4 Einfluss paralleler Wärmeströme auf den Treibhauseffekt

Wird die Wärme durch zwei parallele Wärmeströme abgeführt, addieren sich die Wärmewiderstände wie die parallelgeschalteten Widerstände in einer elektrischen Schaltung (Abb. 3):

$$\frac{1}{\vartheta_G} = \frac{1}{\vartheta_1} + \frac{1}{\vartheta_2} \quad (7)$$

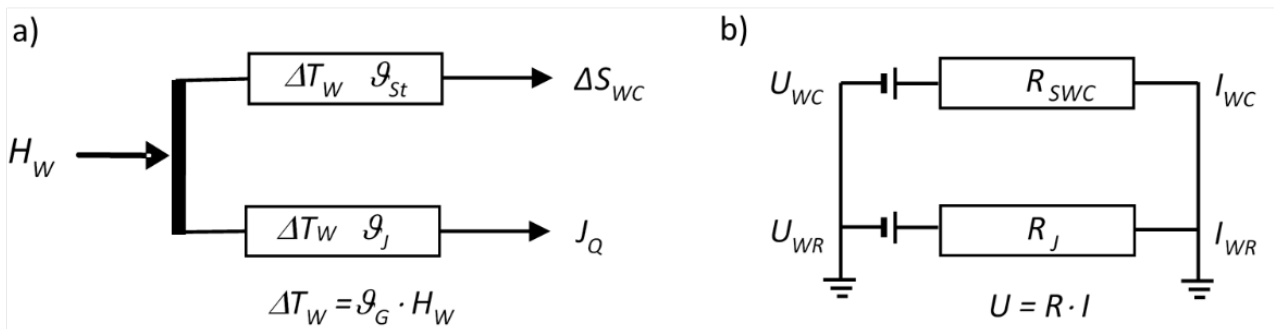


Abb. 3: a) Wärmeflüsse durch Strahlung und Wärmeleitung, b) elektrisches Ersatzschaltbild.

Der Gesamt-Wärmewiderstand ϑ_G ist damit immer kleiner als jeder Teilwiderstand, was durch einen Vergleich der Wärmebilanzen eines Styroporblocks und eines Strahlungskanals (in beiden Fällen ohne Beschichtung) gezeigt werden kann (Abb. 4).

Im Falle des Styroporblocks (Fall a) ist die Wärmeleitung J_0 der einzige Wärmefluss. Die Temperatur der warmen Platte P_w erhöht sich um $\Delta T_w = 24,2$ °C, was einem Leitungswiderstand $\vartheta_j = 21$ °C/W entspricht und gleichzeitig den Gesamt-Wärmewiderstand ϑ_G darstellt.

Im Falle des Strahlungskanal (Fall b ohne Styroporscheiben) wird die Wärme der Platte P_w parallel durch Wärmeleitung und Strahlungsaustausch abgeführt, wodurch sich die Temperatur nur um $\Delta T_w = 8,8 \text{ °C}$ erhöht, was den Gesamt-Wärmewiderstand auf $\theta_G = 7,3 \text{ °C/W}$ verringert. Da, wie oben dargelegt, die inneren Styroporscheiben praktisch keinen Einfluss auf den Leitungswiderstand haben, errechnet sich mit $\theta_J = 21 \text{ °C/W}$ und $\theta_G = 7,3 \text{ °C/W}$ ein Strahlungswiderstand $\theta_{St} = 11,1 \text{ °C/W}$ nach Gl. (7).

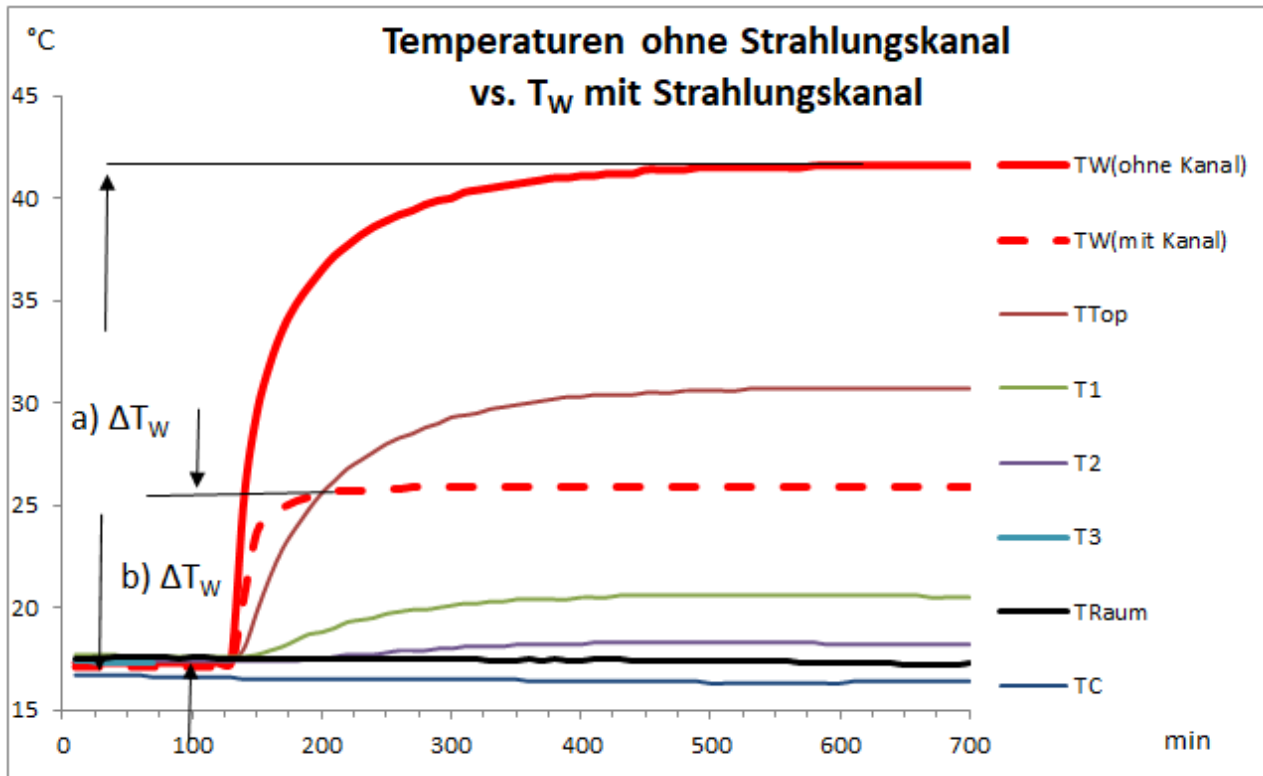


Abb. 4: a) Temperatur T_w ohne Strahlungskanal, b) zum Vergleich Temperatur T_w mit Strahlungskanal.

Dieser Vergleich zeigt das große Potenzial der IR-Strahlung zur Energieübertragung, wodurch wesentlich mehr Wärme abgeführt wird als durch reine Wärmeleitung.

Die Erdoberfläche, die zu mehr als 70 % aus Wasser besteht, wird i. W. durch drei parallele Wärmeströme, Konvektion, Evapotranspiration und Strahlungsaustausch, gekühlt. Durch den Anstieg der CO_2 -Konzentration steigt der Strahlungswiderstand θ_{St} , wodurch sich die Erdoberfläche leicht erwärmt. Eine Erderwärmung verursacht aber auch eine Zunahme der Wasserverdampfung mit dem Wärmewiderstand θ_{Eva} , wodurch die Erdoberfläche eine zusätzliche Kühlung erfährt und nach Gl. (7) der Wärmewiderstand θ_G wieder sinkt.

Ein solcher Mechanismus ist eine negative Temperatur-Rückkopplung (siehe Harde 2017 [18]), die leider vom IPCC und den dort referierten Klimamodellen nicht berücksichtigt wird und dadurch zu deutlich höheren Prognosen für eine durch CO_2 verursachte Erwärmung führt.

Die durch Verdunstung abgeführte Wärme und die daraus resultierende Wolkenbildung erklären, warum Ozeane auch in den Tropen nur eine maximale Oberflächen-Temperatur von rund 32 °C erreichen. Im Gegensatz dazu werden in den Wüsten der Subtropen, die sich nicht durch Wasserverdampfung kühlen können, Rekordtemperaturen erreicht, wie z.B. im Death Valley mit 56,7 °C in zwei Meter Höhe [19] oder sogar Bodentemperaturen von 94 °C im Furnace Creek bzw. 78,2 °C in der Dascht-e Lut-Wüste. [20].

2.5 Simulation des Treibhauseffekts

Wird eine geschwärzte, dünne Al-Platte als Zwischenscheibe P_I in den Strahlungskanal eingebracht, unterbricht diese den Strahlungsaustausch durch einen Absorptions-Emissions-Zyklus, wobei die der Platte zugeführte Energie beidseitig durch Infrarotstrahlung wieder abgegeben wird. Dieser Vorgang entspricht im Prinzip der Wirkung von Treibhausgasen in der Atmosphäre, mit dem Unterschied, dass in der schwarzen Scheibe alle verfügbaren Wellenlängen eines Planck-Strahlers von der Absorptions-Emissions-Unterbrechung betroffen sind. In diesem Modellversuch ist die gekühlte Platte P_C die Energiesenke, der Ort, an dem die durch IR-Strahlung übertragene Nettoenergie abgeführt wird.

Der Modellversuch kann auch als Simulation des Einflusses von Wolken auf den Strahlungsaustausch angesehen werden. In diesem Sinne simuliert die Scheibe P_I eine vollständige Wolkenbedeckung und P_W die Erdoberfläche. Ein weiterer Sensor auf der Scheibe P_I liefert Informationen über die an diesem Ort auftretende Temperatur T_I , die der Temperatur der Gase bzw. Wolken entsprechen würde.

Definitionsgemäß ist das Maß für den Treibhauseffekt die Temperaturerhöhung ΔT_G der warmen Platte im Vergleich zu einer Messung ohne die Platte P_I bei sonst gleicher Heizleistung H_W . In drei Versuchen, die sich lediglich im Abstand zwischen der Scheibe P_I und der warmen Platte unterscheiden, führt die Existenz dieser Platte im Strahlungskanal zu gut beobachtbaren Temperaturunterschieden von bis zu 2,0 °C (Abb. 5, Tab. 3).

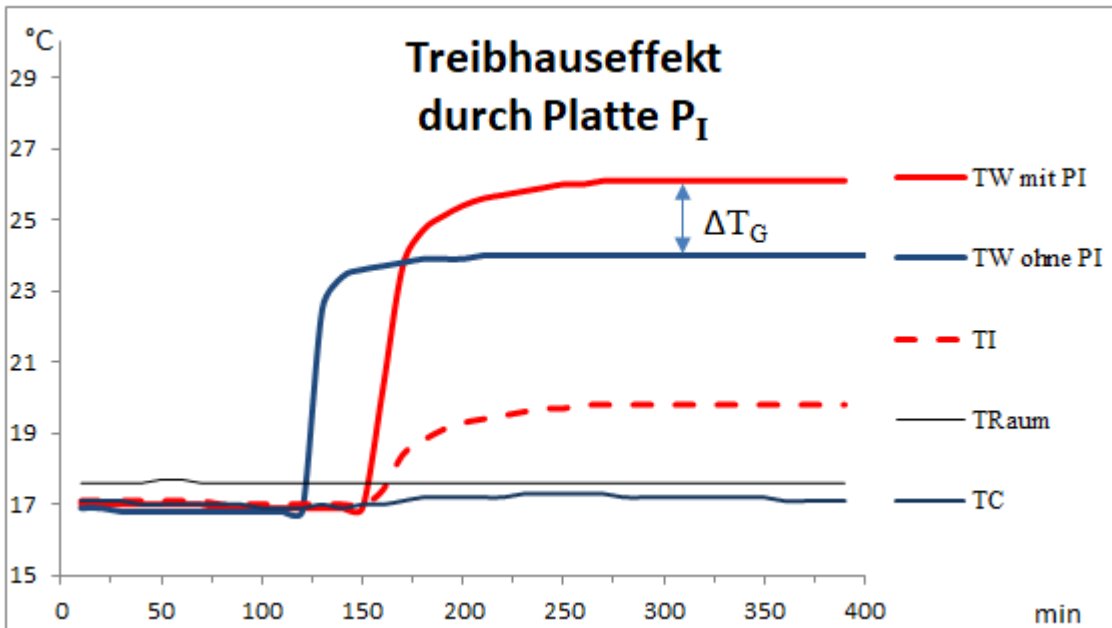


Abb. 5: Temperaturverlauf von T_w (Rot) und T_I (Gestrichelt) mit Zwischenscheibe P_I (5 cm Abstand zu Platte P_w). Zum Vergleich die Temperatur T_w ohne Scheibe P_I (Blau).

Für die Platte P_w ist jetzt die Quelle der Rückstrahlung nicht mehr die Platte P_c , sondern die wärmere Platte P_I mit der Temperatur T_I (Rot gestrichelt). Dies führt zu einem Anstieg der Temperatur T_w (Rot). Zum Vergleich ist die Temperatur T_w ohne die Scheibe P_I dargestellt (Blau).

Tabelle 3: Treibhauseffekt einer Aluminiumscheibe

Aluminiumscheibe P_I Abstand zu P_w (cm)	H_w W	T_c °C	T_w °C	T_I °C	ΔT_w °C	ΔT_G °C	ϵ_G °C/W
5	1,20	17,1	26,1	19,8	9,2	2,00	7,7
30	1,20	16,9	25,7	19,0	8,8	1,60	7,3
55	1,20	16,9	25,3	18,5	8,4	1,20	7,0
ohne Scheibe	1,20	16,8	24,0	–	7,2	0,00	6,0

Damit wird erneut bestätigt: Die Temperatur eines beheizten Körpers hängt eindeutig von der Intensität der Gegenstrahlung seiner Umgebung ab, auch wenn diese kälter ist.

Übertragen auf die Atmosphäre lässt sich hieraus ableiten, dass der Treibhauseffekt durch TH-Gase vor allem bei klarem Himmel in Erscheinung tritt. Niedrige Wolken mit ihren vergleichsweise hohen Temperaturen erzeugen dagegen eine so starke Gegenstrahlung, dass die Beiträge durch die Treibhausgase überdeckt und deutlich abgeschwächt erscheinen.

Referenzen

1. J. B. Fourier, 1824: *Remarques Générales Sur Les Températures Du Globe Terrestre Et Des Espaces Planétaires*. In: *Annales de Chimie et de Physique*, Vol. 27, 1824, S. 136–167, https://books.google.co.uk/books?id=1Jg5AAAACAAJ&pg=PA136&hl=pt-BR&source=gbs_selected_pages#v=onepage&q&f=false
2. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani et al. (eds.)]. Cambridge University Press, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
3. R. W. Wood, 1909: *Note on the Theory of the Greenhouse*, London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine, Vol. 17, pp. 319-320. <https://zenodo.org/record/1430650#.Yoo9kPTP1EY>
4. T. Allmendinger, 2006: *The thermal behaviour of gases under the influence of infrared-radiation*, *Int. J. Phys. Sci.* 11: 183-205. <https://academicjournals.org/journal/IJPS/article-full-text-pdf/E00ABB60017>
5. N. S. Nahle, 2011: *Repeatability of Professor Robert W. Wood's 1909 experiment on the Theory of the Greenhouse*, Biology Cabinet Online-Academic Resources and Principia Scientific International, Monterrey, N. L. https://principia-scientific.org/publications/Experiment_on_Greenhouse_Effect.pdf
6. V. R. Pratt, 2020: *Wood's 1909 greenhouse experiment, performed more carefully*, <http://clim.stanford.edu/WoodExpt/>
7. E. Loock, 2008: *Der Treibhauseffekt – Messungen an einem Wood'schen Treibhaus*, <https://docplayer.org/30841290-Der-treibhauseffekt-messungen-an-einem-wood-schen-treibhaus-von-ehrenfried-loock-version.html>
8. T. O. Seim, B. T. Olsen, 2020: *The Influence of IR Absorption and Backscatter Radiation from CO₂ on Air Temperature during Heating in a Simulated Earth/Atmosphere Experiment*, *Atmospheric and Climate Sciences*, 10, pp. 168-185, <https://doi.org/10.4236/acs.2020.102009>.
9. H. v. Ditfurth, 1978: *Studio-Demonstration in Deutschem TV, ZDF TV-Series „Querschnitte“*.
10. M. Schnell, 2020: *Die falschen Klimaexperimente*, <https://www.eike-klima-energie.eu/2020/11/06/die-falschen-klima-experimente/>
11. A. Gore, D. Guggenheim, 2006: *An Inconvenient Truth*, Movie, <https://www.imdb.com/title/tt0497116/>
12. A. Watts, 2011: *Replicating Al Gore's Climate 101 video experiment shows that his „high school physics“ could never work as advertised*, <https://wattsupwiththat.com/2011/10/18/replicating-al-gores-climate-101-video-experiment-shows-that-his-high-school-physics-could-never-work-as-advertised/?cn-reloaded=1>
13. J.-E. Solheim, 2016: *Start des zweitägigen „Al Gore-Experiments“*,

10. Internationale Klima- und Energie-Konferenz (10. IKEK), EIKE, Berlin,
<https://www.eike-klima-energie.eu/2017/02/04/10-ikek-prof-em-jan-erik-solheim-start-des-zweitaegigen-al-gore-experiments/>.
14. H. Harde, M. Schnell, 2022: *Verification of the Greenhouse Effect in the Laboratory*, Science of Climate Change, Vol. 2.1, pp. 1-33,
<https://doi.org/10.53234/scc202203/10>.
15. H. Harde, M. Schnell, 2022: *Nachweis des Treibhauseffekts im Labor*,
http://hharde.de/index_htm_files/Harde-Schnell-THE-m.pdf
16. M. Schnell, H. Harde, 2023: *Model-Experiment of the Greenhouse Effect*, Science of Climate Change, Vol. 3.5, pp. 445 – 462,
<https://doi.org/10.53234/scc202310/27>
17. J. Stefan, 1879: *Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, 79, S. 391 – 428
18. H. Harde, 2017: *Radiation Transfer Calculations and Assessment of Global Warming by CO₂*, International Journal of Atmospheric Sciences, Volume 2017, Article ID 9251034, pp. 1-30,
<https://doi.org/10.1155/2017/9251034>.
19. Wikipedia, *Temperaturextrema*,
<https://de.wikipedia.org/wiki/Temperaturextrema>
20. Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Dasht-e_Lut

Wegen der nicht genauen Darstellung von Indizes und Sonderzeichen, hier nochmal der Teil 1 als pdf
 Gibt es einen Atmosphärischen Treibhauseffekt
 Teil 1 Vollständig