

Experimentelle Verifikation des Treibhauseffektes



Dieser Treibhauseffekt wird vor allem von der Temperatur der Aerosol-Platte, die stellvertretend für Wolken oder Aerosole steht, gesteuert. Dabei muss die Aerosol-Platte mindestens 5 °C kälter als die Erd-Platte sein, um einen messbaren Temperatur-Anstieg zu erreichen. Die Experimente präsentieren eine Fülle von überraschenden und z.T. unbekanntem Facetten des Treibhauseffektes. Wenn keine zusätzliche Wärme von außen einwirkt, verursacht CO₂ eine Erwärmung der Erd-Platte, ohne den Wärmetransport zur Aerosol-Platte oder die Lufttemperatur zu verändern. Der Treibhauseffekt wird überwiegend durch die natürlichen CO₂-Konzentrationen bestimmt, wobei CO₂ in unmittelbarer Nähe zur Erd-Platte die größte Wirksamkeit zeigt. Eine möglicherweise vom Menschen verursachte Zunahme der atmosphärischen CO₂-Konzentration kann daher nur noch im geringen Umfang zur Erderwärmung beitragen.

Einführung

In der ersten Mitteilung (1) wurde eine neuartige Apparatur vorgestellt, die flexibel einsetzbar ist und unterschiedliche Aspekte des Treibhauseffektes experimentell überprüfen kann. In den ersten beiden Publikationen ging es um die wechselseitige Beeinflussung von Wolken, Aerosolen und Treibhausgasen. Es konnte nachgewiesen werden, dass es einen eigenständigen Treibhauseffekt gar nicht gibt, sondern dass die Auswirkung der Treibhausgase von den sichtbaren und unsichtbaren Aerosolen des Himmels abhängt. Mit den Formeln von Ångström und anderen Forschern wurde errechnet, dass Wasserdampf (als stärkstes Treibhausgas) bei klarem Himmel rund 30 % und bei Bewölkung sogar nur 5 % zum Treibhauseffekt beiträgt (2). Diese Befunde sind eine ernstzunehmende Kritik an der in Deutschland betriebenen CO₂-Hysterie und erklären, warum diese Mitteilungsreihe bei EIKE publiziert wird.

Die vorliegende Mitteilung beschäftigt sich mit der Frage, ob die Temperaturerhöhung der Erde durch CO₂ experimentell nachweisbar ist und eventuell als Demonstrationsversuch für Schüler oder Studenten verwendet werden kann.

Im Internet findet man eine ganze Reihe von Schülerexperimenten zur Demonstration des Treibhauseffektes. Wozu also noch ein weiterer Vorschlag? Kein vom Autor analysiertes Experiment entsprach den natürlichen Bedingungen einer Erde mit einer Durchschnittstemperatur von 15 °C und Atmosphäre, die von einem Temperatur-Gradienten charakterisiert ist. Vor allem Versuche, den Treibhauseffekt anhand einer Erwärmung der

CO₂-haltigen Luft zu demonstrieren erwies sich ein Missverständnis, dieses Effektes (3), (4). Auch wurden die Messungen nicht vor einem kalten Hintergrund durchgeführt. So wurde auch nicht die Beeinflussung des Treibhauseffektes durch Wolken und Aerosole erkannt. Die eigene Konzeption, die sich an den natürlichen Temperaturen von Erde und Atmosphäre orientiert, führte zu Labor-Experimenten, die wahrscheinlich zum ersten Mal den wahren, erdnahen CO₂-Treibhauseffekt sichtbar und begreifbar macht. Da sich diese Mitteilung an die breite Öffentlichkeit wendet, wird im Folgenden der umgangssprachliche Ausdruck „Wärmestrahlung“ mit infraroter (IR) Strahlung gleichgesetzt.

In der ersten Mitteilung (1) wurde eine Apparatur vorgestellt, die die erdnahe Atmosphäre als Modell nachahmt. Sie enthält anstelle der Erdoberfläche eine sogenannte Erd-Platte und in einem großen Abstand eine Aerosol-Platte, die stellvertretend für eine Wolkenschicht unterschiedlicher Temperatur (Höhe) steht. Die wichtigste Erkenntnis war, dass der Treibhauseffekt von der Temperatur der weit entfernten Aerosol-Platte abhängt (2). Es konnte gezeigt werden, dass Treibhausgase und Wolken/Aerosole Strahlungskonkurrenten sind, die sich gegenseitig beim Treibhauseffekt behindern. Diese Zusammenhänge wurden durch schrittweise Abkühlung der Aerosol-Platte gewonnen („Abkühlungs-Modus“).

Um eine mögliche Erwärmung der Erd-Platte nach Zugabe von CO₂ zu erkennen, sollten die anderen Flächen der Apparatur (Wand und Aerosol-Platte) während eines Versuches eine möglichst konstante Temperatur haben. Für diese Aufgabe bietet sich der „Konzentrations-Modus“ an, bei dem nur die Konzentration des CO₂ variiert wird. Insbesondere ist für eine konstante elektrische Heizung der Erd-Platte (Q_E) zu sorgen, die durch ein spezielles Labornetzgerät (Korad KA3005D) erreicht wird.

Die Luft-Temperatur zwischen Erd- und Aerosol-Platte ist bei diesen Experimenten von besonderer Bedeutung. Geht es doch um die Frage, ob die grundsätzliche These eines angeblichen „CO₂-Treibhauseffektes“ eine Verletzung physikalischer Gesetze ist. Nach den Vorstellungen einiger Fundamental-Skeptiker sollte CO₂ nicht zur Erderwärmung beitragen können, da das CO₂ der Atmosphäre kälter als die Erdoberfläche ist und Wärme grundsätzlich nur von einem warmen zu einem kalten Körper fließt. Zur Überprüfung dieser These ist die flexible Einsetzbarkeit der Apparatur von großem Nutzen, da auch solche Szenarien simuliert werden können. Die Lufttemperatur im Inneren der Röhre lässt sich unabhängig von der Temperatur der Erd-Platte durch die thermostatisierte Wasserheizung der Aluminium-Röhre regulieren. Dadurch wird ein Versuchsaufbau realisiert, der durch drei Temperatur-Zonen charakterisiert ist. Die Erd-Platte hat die höchste Temperatur, gefolgt von dem Luftraum für die potentielle CO₂-Zugabe, der 0 – 15 °C kälter ist, und am Ende befindet sich als kältester Pol die Aerosol-Platte, 20 °C kälter als die Erd-Platte.

Sollten die Skeptiker Recht behalten, würde die Erd-Platte sich nicht erwärmen, wenn CO₂ zu einem Luftraum gegeben wird, der kälter als die Erd-Platte ist. Hierzu wurden zwei Versuchsreihen mit einer 40 °C bzw. 20 °C warmen Erd-Platte durchgeführt, vergleichbar mit einer tropischen bzw. gemäßigten Klimazone der Erde. Bei beiden Versuchsreihen wurde CO₂ in 7 bis 10 Schritten (bis maximal 55 Vol.-%) zu der vorher getrockneten und CO₂-armen Innenluft der Apparatur zugesetzt. Nach jeder CO₂-Zugabe wurde die Temperatur an sieben Stellen der Apparatur abgelesen (Abb. 4) und protokolliert. Bei der ersten Versuchsreihe (Erd-Platte = 40 °C) wurde das CO₂ bei vier

verschiedenen Temperaturen des Luftraumes ≤ 40 °C zugegeben um festzustellen, ob die Erd-Platte auch durch kälteres CO₂ erwärmt wird.

Bei der zweiten Versuchsreihe (Erd-Platte = 20 °C) wurden vier Experimente mit verschiedenen Temperaturen der Aerosol-Platte durchgeführt, um den möglichen Einfluss der Wolken-Temperatur nachzuweisen (In dieser Reihe wurde CO₂ bis maximal 12 Vol.-% zugegeben).

Bei allen acht Experimenten wurde bei schrittweiser Zugabe von CO₂ eine fortschreitende Erwärmung der Erd-Platte beobachtet, selbst wenn das CO₂ deutlich kälter als die Erd-Platte war (Abb. 1 und 2). Die Experimente zeigen, dass CO₂ grundsätzlich, unter bestimmten Voraussetzungen, die Erd-Temperatur erhöhen kann! Der Mechanismus dieses sogenannten Treibhauseffektes wird in Kapitel 2 ausführlich erläutert. Soviel sei bereits verraten, mit einem Wärmefluss vom kalten CO₂ zur warmen Erde hat der Treibhauseffekt nichts zu tun.

CO₂ und Luft haben unterschiedliche spezifische Wärmeleitfähigkeiten (Kap. 4, Tab. 1). Um auszuschließen, dass die gemessenen Temperatur-Erhöhungen der Erd-Platte tatsächlich durch den Treibhauseffekt und nicht durch Veränderungen der Wärmeleitung verursacht werden, wurden zwei weitere Experimente mit Helium und Argon anstelle von CO₂ durchgeführt. Diese Edelgase zeichnen sich ebenfalls durch unterschiedliche Wärmeleitfähigkeiten gegenüber Luft aus. Da sie IR-inaktiv sind, d.h. sie erzeugen keine Wärmestrahlung, beeinflussen sie in der Apparatur nur die Wärmeleitung. Eine denkbare Verfälschung der Ergebnisse der o.g. acht Experimente durch Wärmeleitung lässt sich eindeutig ausschließen, da bei beiden Kontroll-Versuchen die Temperatur der Erd-Platte unverändert blieb. Eine ausführliche Beschreibung dieser Versuche findet sich im Kap. 4.

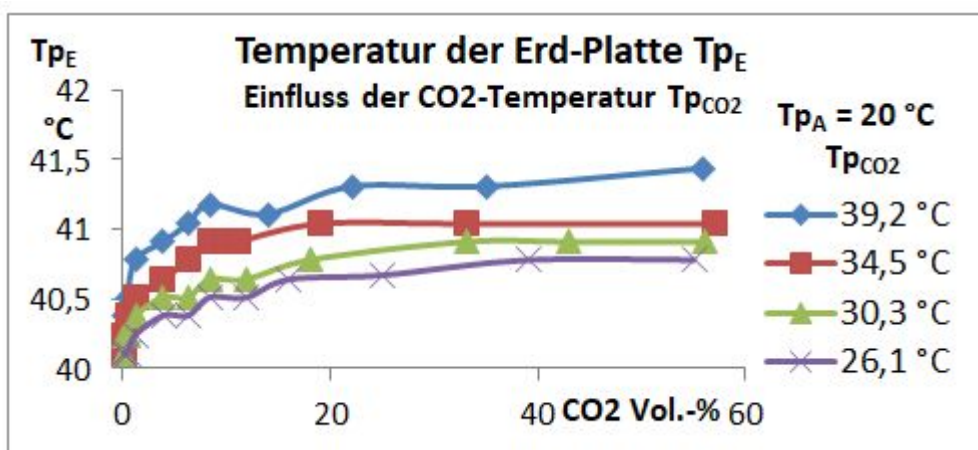


Abbildung 1: Erwärmung der 40°C warmen Erd-Platte nach Zugabe von CO₂ bei unterschiedlichen Lufttemperaturen Tp_{CO₂}. Tp_E = Temperatur der Erd-Platte, Tp_A = Temperatur der Aerosol-Platte, Tp_{CO₂} = Temperatur der CO₂-haltigen Luft

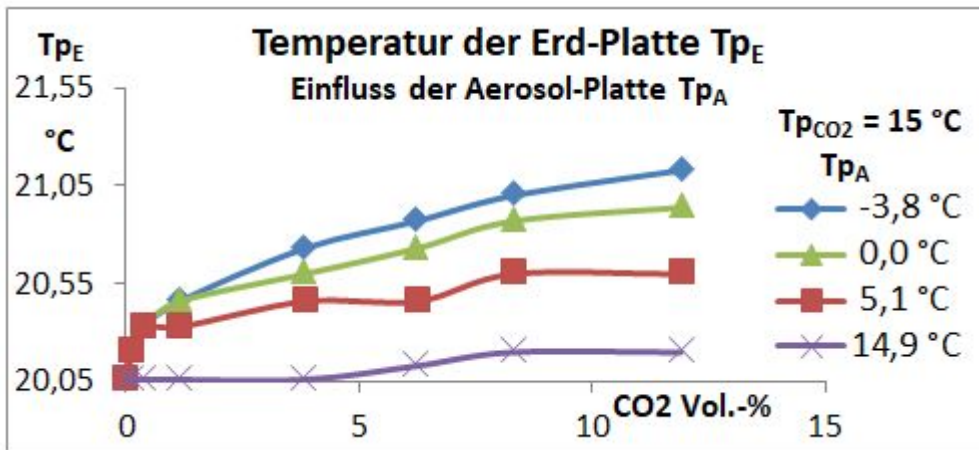


Abbildung 2: Erwärmung der 20°C warmen Erd-Platte T_{pE} nach Zugabe von CO_2 bei unterschiedlichen Temperaturen der Aerosol-Platte T_{pA}

Beide Versuchsreihen (Abb. 1 und 2) zeigen unterschiedliche Temperatur-Erhöhrungen der Erd-Platte und lassen folgende Schlüsse zu: Demnach hängt der Treibhauseffekt sowohl von der Temperatur der CO_2 -Schicht (Abb. 1) als auch von der Temperatur der Aerosol-Platte ab (Abb. 2).

Umso wärmer das CO_2 und umso kälter die Aerosol-Platte desto stärker die Erwärmung der Erd-Platte.

Der Einfluss der CO_2 -Temperatur (Abb. 1) spiegelt sich in den Ergebnissen der Satelliten-Messungen wieder, die über dem Äquator den größten Treibhauseffekt feststellen. Über dem Südpol wurde jedoch gefunden, dass CO_2 , wegen einer Temperatur-Inversion, die Antarktis sogar abkühlt, also einen negativen Treibhauseffekt hat (5). Ein in der Öffentlichkeit wenig bekannter Fakt, der erklärt, warum es in der Antarktis keine Erd-Erwärmung gibt. Die nachweisliche Erwärmung des Nordpols wird demnach nicht von CO_2 sondern vom Ruß der Schifffahrt verursacht.

Anmerkung: Wasser und Eis beanspruchen nach dem Gesetz von Gewicht und Auftrieb das gleiche Volumen in einem beliebigen Gefäß (beliebte Frage im Schulunterricht, schmelzendes Eis erhöht nicht den Wasserspiegel). Dadurch hat das Abschmelzen des Eises auf dem Nordpol keinen Einfluss auf den Meeresspiegel, da es sich hier um schwimmendes Eis handelt.

Die eigentliche Kritik an der offiziellen Klima-Hysterie leitet sich vom Einfluss der Aerosol-Platte auf den Treibhauseffekt ab (Abb. 2). Die Versuchsreihe zeigt, dass der CO_2 -Treibhauseffekt maßgeblich von der Temperatur der Aerosol-Platte (die für Wolken/Aerosole steht) gesteuert wird! Die Temperatur-Erhöhrung der Erd-Platte (Treibhauseffekt) kann sogar ganz ausbleiben, wenn sich die Temperaturen von Aerosol- und Erd-Platte annähern, wie in Abb. 2 ($T_{pA} = 14,9$ °C) zu sehen ist. Die 20°C-Versuchsreihe simuliert Temperaturen, die typisch für die Erde unter tief liegenden Wolken sind. Damit wird experimentell ein weiteres Mal die Abhängigkeit des Treibhauseffektes von der Temperatur der Wolken und Aerosole nachgewiesen (1), (2).

2. Der Mechanismus des erdnahen CO₂-Treibhauseffektes

Man kann nicht behaupten, dass der Treibhauseffekt leicht zu verstehen ist. Allein schon der erbitterte Streit gestandener Wissenschaftler zeigt, dass es hier um ein komplexes Thema mit vielen Wendungen und Einflüssen geht. Die verwendete Apparatur von rund 1 m Länge imitiert nur die ersten rund 3000 m der Atmosphäre. Es wird angenommen, dass sich in dieser Höhe eine geschlossene Wolkendecke befindet. In 3 km Höhe ist die Luft im Durchschnitt 18 °C kälter als die Erdoberfläche (0,6 °C pro 100 m), wonach die Temperatur der Aerosol-Platte ausgewählt wurde. Bezüglich der CO₂-Menge ist die imitierte Schichtdicke der Atmosphäre jedoch viel kleiner und hängt von der Konzentration des zugesetzten CO₂ ab. Man erhält die imitierte Schichtdicke einer Atmosphäre mit 400 ppm CO₂, indem die CO₂-Versuchskonzentration (in Vol.-%) durch 0,04 geteilt wird. Bei einer Konzentration von 12 Vol.-% werden demnach 300 m und bei 55 Vol.-% 1375 m einer Atmosphäre mit 400 ppm CO₂ nachgebildet.

Sämtliche Betrachtungen zu den Wärmeströmen beim Treibhauseffekt beziehen sich auf den Energietransport ausschließlich durch Wärmestrahlung. Der Treibhauseffekt wird deshalb als ein idealisiertes, abgeschlossenes System behandelt. Beeinflussung des Treibhauseffektes durch andere Energieströme der Atmosphäre würde sich grundsätzlich mit der Apparatur realisieren lassen, war aber kein geplantes Ziel der vorliegenden Untersuchungen.

Im genannten Abschnitt der Atmosphäre wird neben der Wärmestrahlung auch noch Energie durch den Wasserkreislauf und durch Luftbewegungen transportiert. Diese Wärmeströme beeinflussen die Temperatur dieser Luftschichten und damit auch den CO₂-Treibhauseffekt. Ein einfaches Schüler-Experiment wird durch diese Komplikationen überfordert. Auch die Relativierung der CO₂-Strahlung durch die Wasserdampf-Strahlung kann wegen des hohen Siedepunktes von Wasser nicht untersucht werden.

Um den Treibhauseffekt zu verstehen, muss man sich zunächst klarmachen, dass jeder (feste und flüssige) Körper unserer natürlichen Umgebung (auch die Aerosole der Atmosphäre) ständig Wärmestrahlen, ein unsichtbares Licht, aussendet. Wie auch bei einer Glühlampe wird hierzu Energie benötigt. Im Gegensatz zur Glühlampe ist aber eine äußere Energiequelle nicht zwingend notwendig. Die Energie für die Wärmestrahlung kann auch aus der inneren Energie des Körpers, aus der kinetischen und potentiellen Energie seiner Atome oder Moleküle, ihren inneren Schwingungen und Rotationen entnommen werden. In diesem Falle müsste sich der Körper durch ständigen Verbrauch von Energie abkühlen. Das passiert i.d.R. aber nicht, da der Körper auch Wärmestrahlung aus seiner Umgebung empfängt, so dass (nach einiger Zeit) alle Körper in einem geschlossenen Raum die gleiche Temperatur haben (Gesetz nach Kirchhoff).

Wir können diesen Austausch an Wärmestrahlung nicht sehen, da dieses infrarote Licht (IR-Strahlung) für unsere Augen unsichtbar ist. Die fehlende Wahrnehmung dieser Strahlung ist wahrscheinlich der Grund, dass viele Menschen allein schon mit dem Begriff „Strahlung“ Probleme haben und eher an Fukushima oder Tschernobyl als an ihre natürliche Umwelt denken.

Wärmestrahlung lässt sich aber erfahren, wenn man z.B. seine Hand einem sehr

heißen Gegenstand nähert oder eine Wärmebild-Kamera nutzt. Die Größe dieser Strahlung (Strahlungsdichte = Energie pro Fläche) wird nach der Gleichung von Stefan und Boltzmann anhand der Temperatur (T hoch 4 Gesetz) für einen idealen, sogenannten „schwarzen“ Körper berechnet. Die warme Erd-Platte erzeugt danach bei 20 °C eine Wärmestrahlung von 419 W/m^2 und bei 40 °C sind es 545 W/m^2 . Wäre die Erd-Platte isoliert im Weltall, weit weg von anderen Himmelskörpern, würde sie sich abkühlen und ihre Temperatur würde sich nach einiger Zeit dem absoluten Nullpunkt ($-273,15\text{ °C}$) nähern und zwar ausschließlich nur durch Strahlungskühlung (Abgabe von Energie durch Wärmestrahlung).

In der Apparatur ist das anders, da die Erd-Platte auch Empfänger einer Wärmestrahlung ihrer Umgebung ist. Diese sogenannte Gegenstrahlung wird hauptsächlich von der Aerosol-Platte erzeugt. Wegen der geringeren Temperatur der Aerosol-Platte ist die Gegenstrahlung jedoch kleiner als die Wärmestrahlung der Erd-Platte. Unterm Strich bleibt also eine gewisse Differenz von gesendeter und empfangener Strahlung übrig, die den Wärmeverlust (Strahlungskühlung) der Erd-Platte definiert. Genau diese Menge an Wärmeverlust wird im Experiment durch die elektrische Heizung Q_E geliefert, wodurch Energie-Abgabe und -Aufnahme der Erd-Platte gleich groß sind und ihre Temperatur konstant bleibt.

Im Gegensatz zu festen und flüssigen Körpern können nur bestimmte, sogenannte IR-aktive Gase, wie z.B. CO_2 , eine Gasstrahlung erzeugen (6). Dabei ist die CO_2 -Strahlung keine thermische Strahlung (Wärmestrahlung) sondern eine Linien-Strahlung ausgewählter Wellenlängen. Füllt man CO_2 in die Apparatur, nimmt das Gas die Temperatur der warmen Aluminiumwand an und erzeugt eine Gasstrahlung, die (im Wellenlängen-Bereich der CO_2 -Emissionsbanden) größer ist als die der (kälteren) Aerosol-Platte. Die Gegenstrahlung wird dadurch erhöht, wodurch sich die Strahlungskühlung der Erd-Platte verringert. Strahlungskühlung und Heizung der Erd-Platte Q_E sind nicht mehr im Gleichgewicht, wenn die Heizung Q_E konstant blieb. Es kommt zu einem Wärmestau, wodurch sich die Erd-Platte erwärmt. Durch die höhere Temperatur kann nun die Erd-Platte (nach dem Gesetz von Stefan-Boltzmann) mehr Wärme ausstrahlen, wodurch auch wieder die Strahlungskühlung ansteigt bis letztendlich Wärmeverlust und Heizung der Erd-Platte wieder gleich sind, d.h. die Strahlungskühlung erreicht wieder ihren alten Wert.

Solange keine äußere Energie in den Austausch von Strahlungswärme eingreift ist der Wärmeverlust der Erd-Platte identisch mit dem Wärmetransport von der Erd- zur Aerosol-Platte. Mit anderen Worten, die Heizwärme Q_E wird unverändert durch Wärmestrahlung auf die Aerosol-Platte übertragen. Andere denkbare Wärmeströme zwischen Erd- und Aerosol-Platte wie z.B. Konvektion oder Diffusion sind durch die Art der Konstruktion der Apparatur ausgeschlossen (1). Somit lässt sich für den „reinen“ Treibhauseffekt formulieren:

In einem geschlossenen System bewirkt CO_2 eine Erwärmung der Erd-Platte ohne den Wärmetransport zur Aerosol-Platte zu verändern.

CO_2 verliert zwar Energie durch den Strahlungsaustausch mit der kälteren Aerosol-Platte, aber gewinnt auf der anderen Seite eine gleich große Menge an Energie von der Erd-Platte durch ihre, von CO_2 verursachte, gesteigerte

Wärmeausstrahlung. In einem geschlossenen System sind Absorption und Emission der CO₂-Moleküle gleich groß. Alles andere wäre eine Verletzung des Energieerhaltungssatzes von Julius Robert Mayer. In Übereinstimmung damit wurde bei den oben genannten Experimenten gefunden, dass die Lufttemperatur bei einem konstanten Wärmetransport durch CO₂ nicht verändert wird. Somit lässt sich ein weiterer Lehrsatz formulieren:

Die Lufttemperatur zeigt nicht den Treibhauseffekt, sondern Veränderungen des Wärmetransportes an.

Diese Anpassung der Luft-Temperatur an den Wärmestrom wird durch die stärkere Temperatur-Abhängigkeit der CO₂-Emission gegenüber seiner Absorption ermöglicht. Für diese These gibt es experimentelle Beweise. Wird z.B. die Erd-Platte durch eine Rotlichtlampe ersetzt, steigt die Luft-Temperatur bei Zugabe von CO₂ an, da hier der Wärmestrom zunimmt und CO₂ eine höhere Temperatur für eine adäquate Emission benötigt (3). Beispiele für einen konstanten Wärmestrom und konstante Lufttemperaturen sind die hier vorgestellten Experimente, insbesondere Versuch Nr. 5/3 (Tab. 12, ohne Wandheizung). Bei anderen Experimenten, die demnächst publiziert werden sollen, wurde die Heizung Q_E während eines Versuches gesenkt, um eine konstante Temperatur der Erd-Platte zu bekommen. Hier wurde sogar eine Abkühlung der Luft nach Zugabe von CO₂ beobachtet.

Diese Erkenntnis erklärt, dass alle bisherigen, angeblichen Demonstrations-Versuche des Treibhauseffektes den falschen Effekt untersucht haben. Ob sich die Luft-Temperatur nach Zugabe von CO₂ ändert, hängt in erste Linie von den Prozessparametern ab. Damit lässt sich erklären, warum beim bekannten Al-Gore-Experiment eine Erwärmung der Luft auftrat, aber bei einer Überprüfung durch Anthony Watts eine Abkühlung gefunden wurde.

Al Gore hatte keine detaillierten Angaben zu den Versuchsbedingungen gemacht, so dass Watts nur auf Vermutungen angewiesen war. Je nach Versuchsbedingungen wurde von Watts entweder keine Erwärmung oder sogar eine Abkühlung festgestellt (4).

3. Der von CO₂ beeinflusste Wärmetransport

Bei den o.g. Experimenten wird der Wärmetransport in der Apparatur von Peltier-Elementen registriert. Die Peltier-Elemente sind fest mit der Aerosol-Platte verbunden. Sie messen sowohl Wärmestrahlung als auch Wärmeleitung, die auf die Aerosol-Platte einwirken.

Bei Zugabe von CO₂ im Bereich kleiner CO₂-Konzentrationen kam es zu einem starken Anstieg des Wärmetransportes, um bei hohen Konzentrationen zu stagnieren (Abb. 3). Ist damit die These eines konstanten Wärmetransportes widerlegt? Nein, diese Regel gilt nur für sehr kleine CO₂-Konzentrationen (wie in der Atmosphäre) und für geschlossene Systeme (ohne äußere Energieeinwirkung). Das sind Voraussetzungen, die bei den o.g. Experimenten nicht erfüllt waren, da hohe CO₂-Konzentrationen eingesetzt werden müssen, um eine Atmosphäre von rund 1500 m simulieren zu können. Auch durch die Wandheizungen wurde unbeabsichtigt Energie zugeführt, so dass kein

geschlossenes System vorlag.

Peltier-Elemente erzeugen eine Spannung im millivolt-Bereich wenn ihre Oberseite wärmer als ihre Unterseite ist. Da ihre Unterseiten fest mit der kalten Aerosol-Platte verbunden sind, zeigen die in Reihe geschalteten Peltier-Elemente bereits vor Zugabe von CO₂ den Wärmetransport innerhalb der „leeren“ Apparatur durch eine Spannung bis zu 100 mV an. Setzt man diesen Anfangswert gleich null, lässt sich so der Einfluss von CO₂ auf den Wärmetransport anhand der veränderten Spannungen der Peltier-Elemente dU_A erkennen. Im Folgenden wird der Einfachheit halber der Wärmetransport mit der Spannungsänderung dU_A gleichgesetzt.

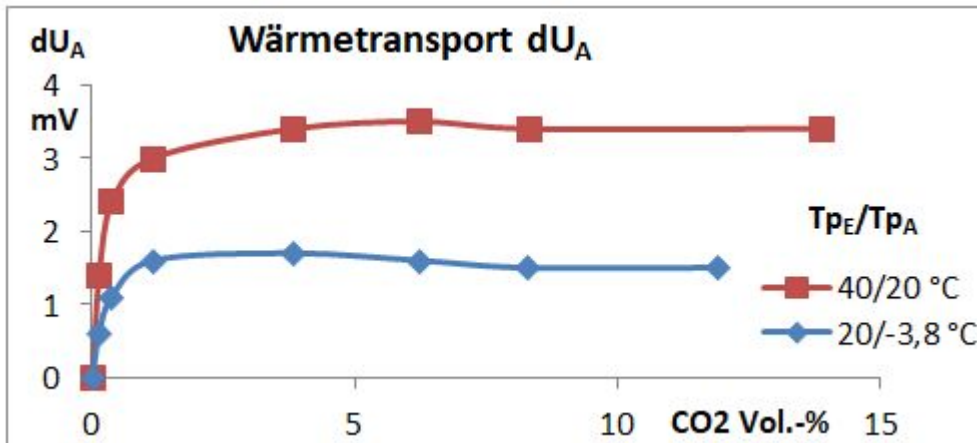


Abbildung 3: Zunahme des Wärmetransportes bei den Versuchen Nr. 8/3 und 34/3

Der Wärmestrom der kalten Aerosol-Platte zur angrenzenden warmen Luft (im Bereich von T_{p_4}) wird auch von der Wärmeleitfähigkeit der Luft-CO₂-Mischungen beeinflusst. Da CO₂ eine kleinere spezifische Wärmeleitfähigkeit als Luft hat (Tab. 1), verringert sich die Wärmeleitung der CO₂-haltigen Luft nach jeder Zugabe von CO₂. Damit müsste sich die Spannung der Peltier-Elemente dU_A verringern. Tatsächlich wurde ein Anstieg von dU_A gefunden, der also nicht von der CO₂-Wärmeleitfähigkeit, sondern nur von der CO₂-Gasstrahlung verursacht sein kann. Die dU_A -Werte wären sogar noch größer, wenn man den Einfluss der CO₂-Wärmeleitung beachten würde.

Die CO₂-Gasstrahlung weist eine logarithmische Abhängigkeit von der CO₂-Konzentration auf. Die Wärmeleitung für CO₂-Luft-Mischungen verringert sich aber linear bei steigenden CO₂-Konzentrationen. Ab einer bestimmten CO₂-Konzentration erreichen die entgegengesetzten Effekte die gleiche Wirkung, so dass der Wärmetransport dU_A stagniert (Abb. 3). Diese Erklärungen konnten durch Zugabe von Helium und Argon (anstelle von CO₂) experimentell bestätigt werden (Kap. 4).

Die von der Wärmeleitung verursachte Mess-Störung lässt sich durch einen experimentellen Trick zumindest teilweise umgehen. Hierzu wird die Apparatur vor Zugabe von CO₂ vollständig mit Argon, das eine ähnliche Wärmeleitfähigkeit wie CO₂ hat, gefüllt. Bei Zugabe von CO₂ verändert sich jetzt die Wärmeleitung der Gasphase nur noch geringfügig, was einen deutlichen Einfluss auf den Wärmetransport hat. In der nächsten Mitteilung soll hierzu ein Beispiel gegeben werden.

Die Zunahme des Wärmetransportes bedeutet, dass durch CO₂ mehr Wärme auf die Aerosol-Platte übertragen wird. Wo ist aber diese zusätzliche Energie hergekommen? Die Antwort findet man in der wassertemperierten Aluminiumwand,

die nach folgendem Mechanismus die CO₂-haltige Luft mit zusätzlicher Wärme versorgt:

CO₂ strahlt in Richtung Aerosol-Platte mehr Energie ab, als es von dieser kalten Platte zurückbekommt. Also müsste sich die CO₂-haltige Luft abkühlen, was die Seitenwand jedoch verhindert. Durch die gut wärmeleitende Aluminiumwand fließt der Innenluft Wärme aus der Wandheizung zu. Dieser versteckte und variable Wärmefluss erklärt die Zunahme des Wärmetransportes dU_A bei den acht Experimenten (Abb. 3, Kap. 5 und Tabellen 2 bis 9).

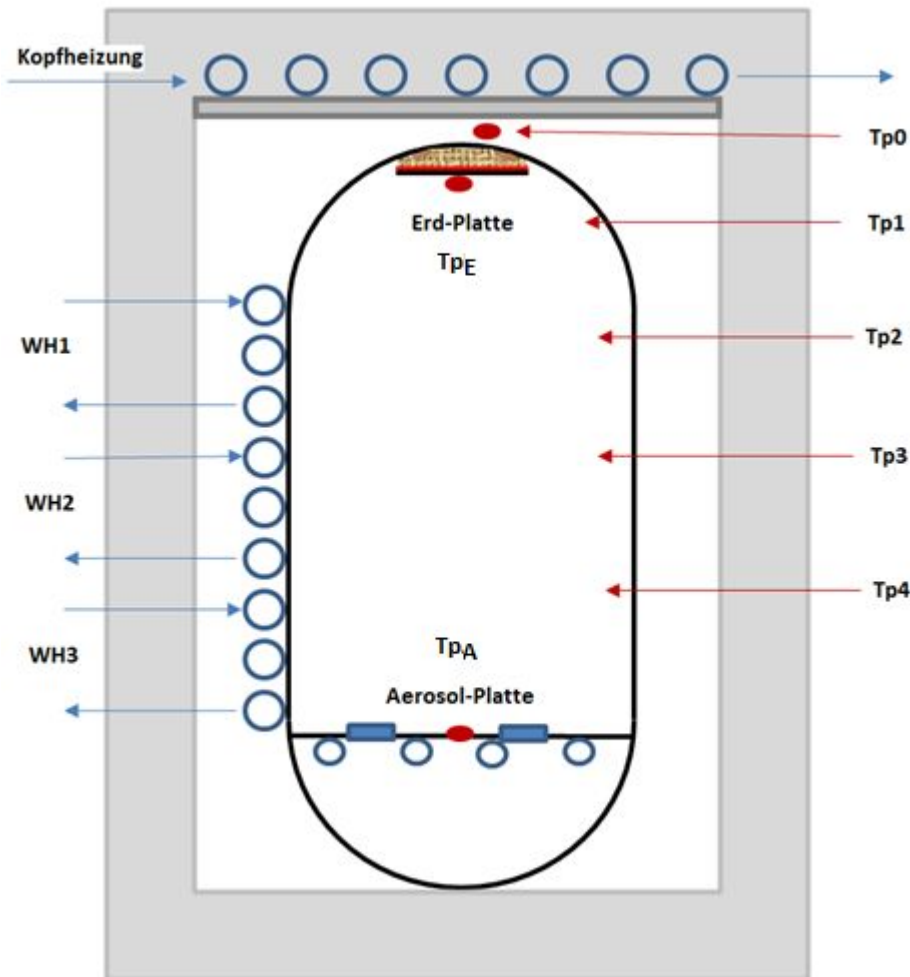


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Messstellen T_{PE} , T_{PA} , T_{p0} bis T_{p4} , der Kopfheizung und der Wandheizung WH_1 bis WH_3

Diese These konnte experimentell durch schrittweises Abschalten der Wandheizungen 1 – 3 nachgewiesen werden. Um die Versuche zu verstehen, muss man sich zunächst mit den konstruktiven Details der Apparatur vertraut machen (1). Abb. 4 zeigt schematisch die Anordnungen der drei Wandheizungen WH_1 bis WH_3 und den Sitz der Temperatur-Messstellen T_{p0} bis T_{p4} .

Die drei Wandheizungen lassen sich unabhängig mit Wasser definierter Temperatur versorgen. Dabei bedeutet „WH=nil“, dass keine Wandheizung angeschaltet war und „WH1-3“, dass alle drei Heizbereiche mit dem 40 °C warmen Thermostaten verbunden waren (Abb. 5).

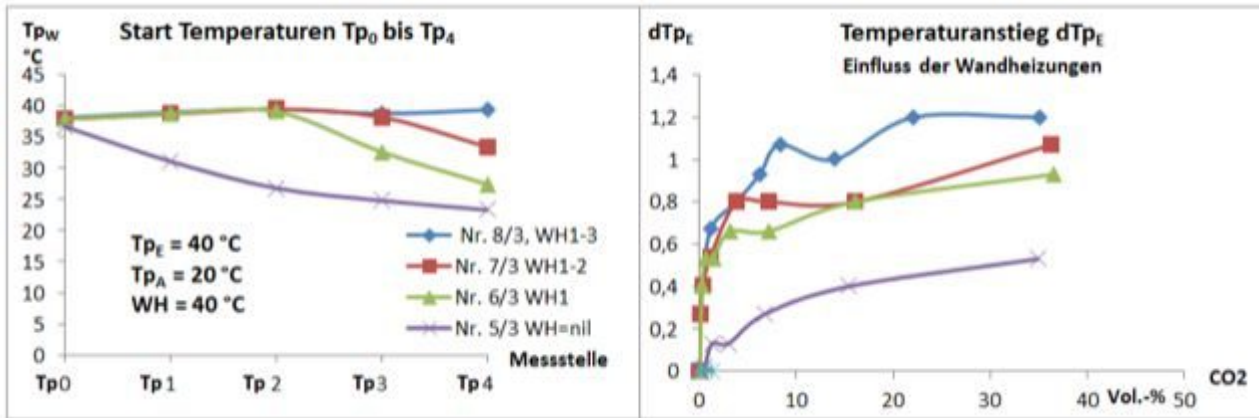


Abbildung 5: Einfluss der Wandheizungen auf die Luft-Temperaturen (T_{p_0} – T_{p_4}) und Temperaturanstieg der Erd-Platte dT_{p_E}

In Abb. 5 (linkes Bild) sind die Start-Temperaturen der Messstellen T_{p_0} bis T_{p_4} angegeben. Die Abbildung zeigt, wie die Luft-Temperaturen durch die Wandheizungen beeinflusst werden. Eine nahezu gleiche Temperatur aller Messstellen T_{p_0} bis T_{p_4} lässt sich erreichen, wenn alle drei Segmente geheizt werden (blaue Linie).

Die sukzessive Abschaltung der Wandheizungen (beginnend mit WH_3) führt zu einer Abkühlung in den entsprechenden Heizbereichen. Versuch 5/3 ohne Wandheizung ($WH=nil$) widerlegt die weitverbreitete Auffassung, dass CO_2 zu einer Erwärmung der Luft führt. Weder die Durchschnitts-Temperatur der Luft ($\bar{\theta}$ von T_{p_1} bis T_{p_4}) noch die Temperatur am Messpunkt T_{p_4} zeigte eine signifikante Temperatur-Änderung nach Zugabe von CO_2 (Abb. 6, linkes Bild und Kap. 5.3, Tab. 12).

Da die CO_2 -Gasstrahlung auch von der CO_2 -Temperatur abhängt (Kap. 1, Abb. 1), verringert die sukzessive Abschaltung der Wandheizungen auch den CO_2 -Treibhauseffekt (die Erwärmung der Erd-Platte). Die letzte Abschaltung ($WH=nil$) verursacht jedoch einen deutlich größeren Temperatur-Sprung (violette Linie) als die ersten Abschaltungen (Abb. 5, rechtes Bild).

Eine sehr wichtige Beobachtung, die zeigt, dass der CO_2 -Treibhauseffekt eine sehr kurze Reichweite hat. Der CO_2 -Treibhauseffekt hängt nicht nur von der CO_2 -Temperatur und -Konzentration sondern auch vom Abstand zur Erd-Platte ab. Dabei hat das, in der Nähe zur Erd-Platte befindliche CO_2 hat den größten Anteil an ihrer Erwärmung.

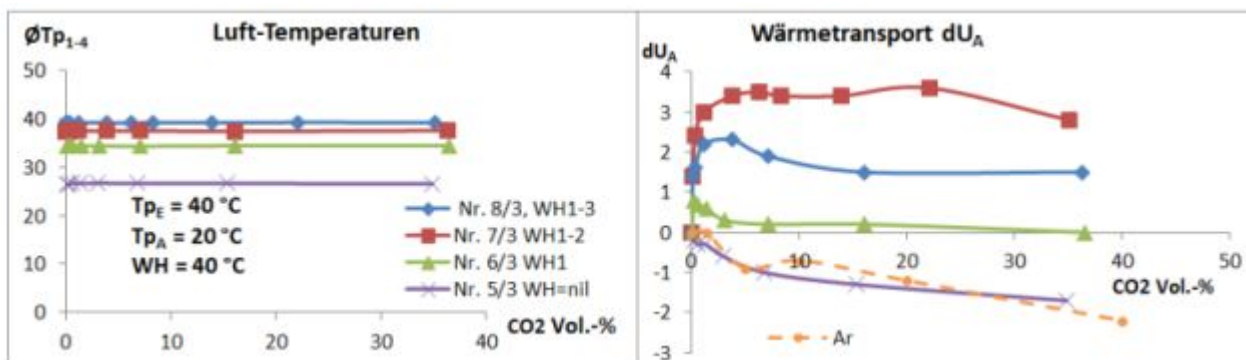


Abbildung 6: Konstante Luft-Temperaturen ($\bar{\theta}_{T_{p_{1-4}}}$) und Veränderungen des Wärmetransportes dU_A in Abhängigkeit von der Wandheizung

Jede weitere Abschaltung eines Heizbereiches verringerte den Wärmetransport dU_A und führte tendenziell zu den erwarteten konstanten Wärmetransport (Abb. 6, rechtes Bild).

Von besonderer Bedeutung ist das Experiment 5/3 „WH=nil“ (ohne Wandheizung), das einem geschlossenen System sehr nahe kommt. Hier zeigt der Wärmetransport einen leicht negativen Verlauf (Abb. 6, violette Linie). Ein Kontroll-Versuch mit Argon anstelle von CO_2 (Kap. 5.4.2.) hat einen fast identischen negativen Trend (Abb. 6, gelbe Linie). Da Argon keine Wärmestrahlung erzeugt, sondern nur die Wärmeleitung beeinflusst, wird hiermit nachgewiesen, dass der negative Verlauf ausschließlich durch Wärmeleitung und nicht durch Wärmestrahlung verursacht wird.

Wird die von CO_2 veränderte Wärmeleitung berücksichtigt, könnte das Experiment als Beweis für einen konstanten Wärmetransport beim CO_2 -Treibhauseffekt gewertet werden. Diese These birgt eine gewaltige Brisanz, denn seit den Wetterbeobachtungen durch Satelliten wird behauptet, dass CO_2 die Wärmeabstrahlung in das Weltall reduziert! (6). Ließe sich diese These experimentell eindeutig widerlegen, hätte das IPCC große Probleme, „Global Warming“ mit CO_2 gleichzusetzen.

Hier stößt das Experiment in seiner jetzigen Ausführungsform jedoch an die Grenzen einer experimentellen Beweisführung. Auch wenn es keinen Zweifel an einem konstanten Wärmetransport in einem geschlossenen System geben kann, so lässt sich zu Recht anführen, dass das Experiment nicht eindeutig ist. Zum einen werden hier nur Temperaturen der erdnahen Atmosphäre untersucht und zum anderen hat die Erd-Platte einen kleineren Durchmesser als die Aluminiumröhre (mit ihren Treibhausgasen). Dadurch verringert sich die Strahlungsdichte der Wärmestrahlung der Erd-Platte bei ihrer Ausbreitung in Richtung Aerosol-Platte. Dadurch kann das CO_2 durch seine größere Strahlungsfläche überhaupt eine Zunahme des Wärmetransportes zur Aerosol-Platte bewirken, obwohl CO_2 etwas kälter als die Erd-Platte war. Allerdings sind das auch glückliche Umstände, denn sonst hätte man eine CO_2 -bedingte Zunahme des Wärmetransportes gar nicht gesehen.

Die kleinere Erd-Platte war eine Konsequenz der damals größten, kommerziell verfügbaren Heizfolie. Sollten die Experimente einmal professionell wiederholt werden, wäre eine gleichgroße Erd- und Aerosol-Platte zur Klärung des fraglichen Wärmetransportes empfehlenswert. Der Treibhauseffekt ist von den ungleichen Plattengrößen nicht betroffen, da es hier um Bestrahlung und nicht um Ausstrahlung der Erd-Platte geht.

Die Experimente mit der vorgestellten Apparatur werden deshalb nur als Demonstrations-Versuche vorgeschlagen. Hiermit können die genannten Phänomene und Zusammenhänge des CO_2 -Treibhauseffektes Schülern und Studenten vorgeführt werden und den einen oder anderen CO_2 -Mythos als Irrtum entlarven. Darüber hinaus lässt sich demonstrieren, dass es einen eigenständigen CO_2 -Treibhauseffekt gar nicht gibt, da zu viele andere Faktoren die Wirkung von CO_2 relativieren.

3. Der Einfluss von Helium und Argon auf die Wärmeleitung

Es sollte festgestellt werden, ob die gefundenen Ergebnisse zum CO_2 -

Treibhauseffekt von der CO₂-Wärmeleitfähigkeit beeinflusst wurden. Hierzu wurden, wie im Kap. 1. angeben, zur „leeren“ Apparatur die IR-inaktiven Edelgase Helium und Argon zugesetzt. Diese Edelgase können keine Wärmestrahlung erzeugen, aber zeichnen sich durch sehr unterschiedliche spezifische Wärmeleitfähigkeiten im Vergleich zu Luft aus (Tab. 1).

| Gas | $10^{-3} \cdot W / (m \cdot K)$ |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Helium | 156,7 |
| Methan | 30,2 |
| Luft | 24,4 |
| Argon | 16,3 |
| Propan | 15,1 |
| CO ₂ | 14,2 |
| Butan | 13,4 |
| CH ₂ Cl ₂ | 9,2 |

Tabelle 1: Spezifische Wärmeleitfähigkeit einiger Gase

Die Erd-Platte hatte bei diesen Experimenten eine Temperatur von 25 °C. Die Aerosol-Platte wurde auf -10 °C abgekühlt, um einen möglichst hohen Wärmestrom durch Wärmeleitung zu ermöglichen. Die Wandheizungen WH₁₋₂ wurden mit 25 °C warmen Wasser aus einem Thermostaten versorgt. WH₃ wurde nicht benutzt, um den Einfluss der Edelgase auf die Luft-Temperatur und Wärmetransport im Messbereich von Tp₄ zu erkennen.

Die Edelgase hatten keinen Einfluss auf die Temperatur der Erd-Platte Tp_E (Abb. 7, linkes Bild). Damit wurde nachgewiesen, dass die Temperatur-Erhöhungen dTp_E nach Zugabe von CO₂ ausschließlich durch den Treibhauseffekt und nicht durch Wärmeleitung verursacht wurden!

Die Temperatur-Konstanz der Erd-Platte ist ein typisches Merkmal der Versuchs-Apparatur. Die Erd-Platte befindet sich in einer Art Wärmeglocke, gebildet von der Kopfheizung und der Wand-Heizung WH₁, wodurch eine Umgebung ähnlicher Temperaturen entsteht. Die unterschiedliche spezifische Wärmeleitfähigkeit der Test-Gase macht sich hier nicht bemerkbar, da letztlich der körperliche Wärmestrom (Wärmeleitung) auch von der Temperatur-Differenz der Erd-Platte und ihrer unmittelbaren Umgebung abhängig ist, die hier sehr klein ist.

Allerdings hatten die Edelgase einen großen Einfluss auf den Wärmetransport zur Aerosol-Platte, wie an der Spannungsänderung dU_A der Peltier-Elemente zu erkennen war (Abb. 7, rechtes Bild). Wie schon in Kap. 3 erklärt, registrieren diese Sensoren nicht nur die Wärmestrahlung sondern auch die Wärmeleitung. Es ist zu beachten, dass die Aerosol-Platte wesentlich kälter als die benachbarte Aluminiumwand ist. Durch die große Temperatur-Differenz gibt es hier einen starken Wärmestrom von der warmen Wand (im Bereich von Tp₄) zur kalten Aerosol-Platte, der von den Edelgasen beeinflusst wird. Da Argon (genau wie CO₂) ein schlechterer Wärmeleiter als Luft ist, wird bei Zugabe von Argon weniger Wärme auf die Peltier-Elemente übertragen, wodurch diese Elemente eine geringere Spannung erzeugen. In Abb. 7 zeigt sich dieser „Argon-Effekt“ durch einen negativen, fast linearen Rückgang des Wärmetransportes dU_A (rechtes Bild, grüne Linie). Theoretisch müsste dadurch

die Temperatur T_{p4} bei Zugabe von Argon leicht ansteigen (linkes Bild, grüne Linie), was von den Thermometern aber nicht angezeigt wurde. Die geringe Genauigkeit der Thermometer für die Wand-Temperatur von $\pm 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ ist hierfür die Ursache.

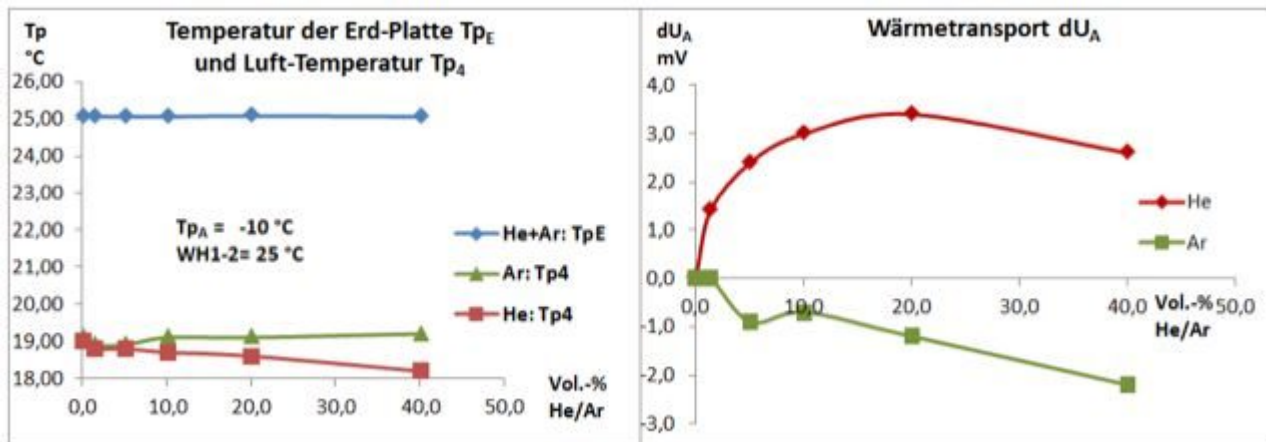


Abbildung 7: Temperatur- und Wärmetransport-Änderungen durch Helium und Argon.

Die Differenz der spezifischen Wärmeleitfähigkeit zu Luft ist beim Helium viel größer als beim Argon. Dadurch verändert sich die Wärmeleitung beim Versuch mit Helium viel stärker als beim Argon. Dazu hat Helium noch einen umgekehrten Effekt. Die Zugabe von Helium vergrößert die Wärmeleitung der Luft, wodurch der Wärmetransport dU_A ansteigt (Abb. 7, rote Linie). Dabei wird dem nicht beheizten Bereich (T_{p4}) so viel Wärme entzogen, dass hier sogar ein Temperatur-Rückgang von 19,0 auf 18,2 $^\circ\text{C}$ bei Zugabe von Helium entsteht. Dieser Temperatur-Rückgang ist der Grund, dass der Wärmetransport dU_A beim Helium nicht linear verläuft und bei hohen Helium-Konzentrationen sogar rückläufig ist.

3. Experimenteller Teil

Die äußeren Teile der Apparatur (Wärmeisolierung, Kopfheizung und Kühlaggregat) wurden im Verlauf der Untersuchungen zur experimentellen Verifikation des Treibhauseffektes mehrfach geändert. Bis April 2018 wurden insgesamt 495 Experimenten durchgeführt. Das mag übertrieben sein, aber neue Wege brauchen eben ihre Zeit. Ein umfangreicher Datenvorrat erschien notwendig, Vertrauen aufzubauen, dass die sehr kleinen Treibhauseffekte real sind und ausreichend genau und reproduzierbar bestimmt wurden.

Die in diesem Bericht vorgestellten Experimente stammen hauptsächlich aus dem Jahre 2015. In dieser Zeit befanden sich die Schläuche für die Kopfheizung, anders als in (1) angegeben, auf einer Styroporplatte oberhalb des Doms (Abb. 4).

Um den Einfluss von CO_2 studieren zu können, muss vor Beginn eines Experimentes die Treibhausgase Wasserdampf und CO_2 aus dem Innenraum der Apparatur fast vollständig entfernt werden, um einen definierten Anfangswert zu bekommen. Hierzu wird die Innenluft der Apparatur mit einer Luftpumpe für

Aquarien bis zu 24 Stunden über feste Natronlauge geleitet, bis eine CO_2 -Konzentration $\ll 100$ ppm erreicht ist. Die Heizung Q_E der Erd-Platte wird solange variiert bis die gewünschte Temperatur dieser Platte erreicht ist. Danach wurde die Spannung für eine konstante Heizung Q_E nur noch geringfügig verändert (der ohmsche Widerstand der Heizdrähte ist von der Temperatur der Erd-Platte abhängig!). Die Heizleistung Q_E wird aus dem Produkt der gemessenen Spannung und Stromstärke, bezogen auf eine fiktive Erd-Platte von 1 m^2 , errechnet.

Die Aerosol-Platte wird an ein Glykol/Wasser Bad angeschlossen, das von einem Kühlaggregat auf die entsprechend Temperatur abgekühlt wird. Ein elektrischer Heizstab in diesem Bad erlaubt eine Feinregulierung für eine konstante Temperatur der Aerosol-Platte während eines Versuches. Die Heizung der Seitenwand ist in drei gleichgroße Segmente WH 1 – 3 eingeteilt, die unabhängig voneinander mit temperierten Wasser aus einem Thermostaten bedient werden können (Abb. 4). Unabhängig von der Wandheizung ist die Aluminiumröhre noch mit einer 9,5 cm dicken Schicht aus Styroporkugeln als Isolierung gegenüber dem Versuchsraum umgeben.

T_{p_0} ist die von außen gemessene Oberflächen-Temperatur des Doms, T_{p_1} bis T_{p_4} sind die Lufttemperaturen im Dom bzw. der Aluminiumröhre in rund 25 cm Abständen (Abb. 4) bzw. (1).

Die Temperaturänderungen der Erd-Platte dT_{p_E} und die Spannungsveränderungen der Peltier-Elemente dU_A sind die Differenz zum jeweils ersten Wert ohne CO_2 . Sie charakterisieren die Wirkung von CO_2 und sind das wichtigste Ergebnis der Experimente.

1. Der Einfluss der Hintergrundstrahlung der Aerosol-Platte

Es wurden vier Versuche bei unterschiedlichen Temperaturen (von + 15 bis – 3,8 °C) der Aerosol-Platte durchgeführt. Die Spannung für die elektrische Heizung der Erd-Platte Q_E wurde vor CO_2 -Zugabe solange variiert bis diese Platte eine Temperatur von 20,06 °C hatte. Danach wurde Q_E nicht mehr verändert und in sieben Schritten die CO_2 -Konzentration bis auf 11,9 Vol.-% erhöht und nach jeder CO_2 -Zugabe alle Temperaturen registriert (Tab. 2 bis 5). Die Temperatur-Werte für die Erd-Platte sind in Abb. 2. grafisch dargestellt.

Die Wandsegmente WH_1 und WH_2 wurden von einem Thermostaten mit 15,0 °C warmen Wasser versorgt. Das dritte Segment WH_3 , im Messbereich von T_{p_4} , wurde nicht an den Thermostat angeschlossen, um eventuelle Veränderungen der CO_2 -Temperaturen ohne äußere Beeinflussung erkennen zu können. Es wurden jedoch keine signifikanten Beeinflussungen der T_{p_4} -Daten durch CO_2 festgestellt. Erwartungsgemäß verringerte sich bei den einzelnen Versuchen jedoch die Start-Temperatur von T_{p_4} von 15,5 °C (Tab. 2) bis auf 12,5 °C (Tab. 5) durch ihre Nähe zur Aerosol-Platte und ihre abnehmende Temperatur T_{p_A} . Die Wassertemperatur der Kopfheizung betrug 20 °C. T_{p_0} zeigte bei Zugabe von CO_2 einen ähnlichen Temperatur-Anstieg wie die Erd-Platte, da auch der Dom der ansteigenden Wärmestrahlung des CO_2 ausgesetzt ist.

| TP _E °C | TP _A °C | TP ₀ °C | TP ₁ °C | TP ₂ °C | TP ₃ °C | ∅ TP ₁ - TP ₃ | TP ₄ °C | U _A mV | Q _E W/m ² | CO ₂ Vol.-% | dU _A mV | dTP _E °C |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| 20,06 | 14,85 | 20,87 | 16,2 | 14,8 | 14,8 | 15,3 | 15,5 | 4,9 | 29,3 | 0,004 | 0,0 | 0,00 |
| 20,06 | 14,94 | 20,87 | 16,3 | 15,0 | 15,0 | 15,4 | 15,6 | 5,3 | 29,1 | 0,13 | 0,4 | 0,00 |
| 20,06 | 14,94 | 20,87 | 16,3 | 15,0 | 15,1 | 15,5 | 15,6 | 5,4 | 29,1 | 0,37 | 0,5 | 0,00 |
| 20,06 | 14,94 | 20,87 | 16,4 | 15,0 | 15,1 | 15,5 | 15,6 | 5,3 | 29,3 | 1,15 | 0,4 | 0,00 |
| 20,06 | 14,94 | 20,87 | 16,4 | 15,0 | 15,1 | 15,5 | 15,6 | 5,4 | 29,3 | 3,82 | 0,5 | 0,00 |
| 20,13 | 14,94 | 20,95 | 16,5 | 15,0 | 15,1 | 15,5 | 15,7 | 5,5 | 29,3 | 6,23 | 0,6 | 0,07 |
| 20,20 | 14,94 | 21,02 | 16,5 | 15,1 | 15,1 | 15,6 | 15,6 | 5,4 | 29,3 | 8,3 | 0,5 | 0,14 |
| 20,20 | 14,94 | 21,12 | 16,5 | 15,1 | 15,2 | 15,6 | 15,7 | 5,0 | 29,3 | 11,9 | 0,1 | 0,14 |

Tabelle 2: Versuch Nr. 36/3, Temperatur der Aerosol-Platte = 15 °C

| TP _E °C | TP _A °C | TP ₀ °C | TP ₁ °C | TP ₂ °C | TP ₃ °C | ∅ TP ₁ - TP ₃ | TP ₄ °C | U _A mV | Q _E W/m ² | CO ₂ Vol.-% | dU _A mV | dTP _E °C |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| 20,06 | 5,06 | 20,12 | 15,6 | 14,8 | 14,7 | 15,0 | 13,6 | 29,5 | 70,4 | 0,001 | 0,0 | 0,00 |
| 20,20 | 5,06 | 20,38 | 15,8 | 15,0 | 14,8 | 15,2 | 13,9 | 30,0 | 70,4 | 0,13 | 0,5 | 0,14 |
| 20,33 | 5,06 | 20,38 | 15,8 | 15,0 | 14,9 | 15,2 | 13,9 | 30,2 | 70,4 | 0,38 | 0,7 | 0,27 |
| 20,33 | 5,06 | 20,38 | 15,7 | 14,8 | 14,7 | 15,1 | 13,8 | 30,1 | 70,4 | 1,16 | 0,6 | 0,27 |
| 20,46 | 5,06 | 20,38 | 15,7 | 14,9 | 14,8 | 15,1 | 13,9 | 30,1 | 70,4 | 3,83 | 0,6 | 0,40 |
| 20,46 | 5,06 | 20,38 | 15,7 | 14,9 | 14,8 | 15,1 | 13,9 | 30,1 | 70,4 | 6,24 | 0,6 | 0,40 |
| 20,60 | 5,06 | 20,38 | 15,8 | 15,0 | 14,8 | 15,2 | 13,9 | 30,0 | 70,4 | 8,31 | 0,5 | 0,54 |
| 20,60 | 5,06 | 20,38 | 15,8 | 15,0 | 14,8 | 15,2 | 13,9 | 30,0 | 70,4 | 11,9 | 0,5 | 0,54 |

Tabelle 3: Versuch Nr. 32/3, Temperatur der Aerosol-Platte = 5 °C

| TP _E °C | TP _A °C | TP ₀ °C | TP ₁ °C | TP ₂ °C | TP ₃ °C | ∅ TP ₁ - TP ₃ | TP ₄ °C | U _A mV | Q _E W/m ² | CO ₂ Vol.-% | dU _A mV | dTP _E °C |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| 20,06 | -0,03 | 19,89 | 15,6 | 15,0 | 14,8 | 15,1 | 13,1 | 40,2 | 94,3 | 0,002 | 0,0 | 0,00 |
| 20,20 | -0,03 | 19,89 | 15,6 | 15,1 | 14,9 | 15,2 | 13,0 | 41,4 | 94,3 | 0,12 | 1,2 | 0,14 |
| 20,33 | 0,1 | 20,13 | 15,7 | 15,1 | 15,0 | 15,3 | 13,1 | 41,7 | 94,3 | 0,37 | 1,5 | 0,27 |
| 20,46 | -0,03 | 20,13 | 15,6 | 15,0 | 14,8 | 15,1 | 13,1 | 42,3 | 94,3 | 1,15 | 2,1 | 0,40 |
| 20,60 | -0,03 | 20,13 | 15,6 | 15,0 | 14,9 | 15,2 | 13,1 | 42,4 | 94,3 | 3,82 | 2,2 | 0,54 |
| 20,73 | -0,03 | 20,38 | 15,6 | 15,0 | 14,9 | 15,2 | 13,1 | 42,5 | 94,3 | 6,23 | 2,3 | 0,67 |
| 20,87 | -0,03 | 20,38 | 15,7 | 15,0 | 15,0 | 15,2 | 13,1 | 42,5 | 94,3 | 8,3 | 2,3 | 0,81 |
| 20,94 | -0,03 | 20,38 | 15,7 | 15,0 | 15,0 | 15,2 | 13,1 | 42,6 | 94,3 | 11,9 | 2,4 | 0,88 |

Tabelle 4: Versuch Nr. 33/3, Temperatur der Aerosol-Platte = 0 °C

| TP _E °C | TP _A °C | TP ₀ °C | TP ₁ °C | TP ₂ °C | TP ₃ °C | ∅ TP ₁ - TP ₃ | TP ₄ °C | U _A mV | Q _E W/m ² | CO ₂ Vol.-% | dU _A mV | dTP _E °C |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| 20,06 | -3,81 | 20,13 | 15,4 | 15,0 | 14,9 | 15,1 | 12,5 | 49,7 | 109,8 | 0,003 | 0,0 | 0,00 |
| 20,20 | -3,81 | 20,13 | 15,4 | 15,0 | 14,9 | 15,1 | 12,5 | 50,3 | 109,8 | 0,13 | 0,6 | 0,14 |
| 20,33 | -3,81 | 20,13 | 15,4 | 15,0 | 14,8 | 15,1 | 12,4 | 50,8 | 109,8 | 0,37 | 1,1 | 0,27 |
| 20,46 | -3,81 | 20,38 | 15,5 | 15,0 | 14,8 | 15,1 | 12,4 | 51,3 | 109,8 | 1,15 | 1,6 | 0,40 |
| 20,73 | -3,81 | 20,38 | 15,6 | 15,0 | 14,9 | 15,2 | 12,4 | 51,4 | 109,8 | 3,82 | 1,7 | 0,67 |
| 20,87 | -3,81 | 20,38 | 15,6 | 15,1 | 14,9 | 15,2 | 12,4 | 51,3 | 109,8 | 6,23 | 1,6 | 0,81 |
| 21,00 | -3,81 | 20,58 | 15,6 | 15,1 | 14,9 | 15,2 | 12,4 | 51,2 | 109,8 | 8,31 | 1,5 | 0,94 |
| 21,13 | -3,81 | 20,63 | 15,6 | 15,0 | 15,0 | 15,2 | 12,5 | 51,2 | 109,8 | 11,9 | 1,5 | 1,07 |

Tabelle 5: Versuch Nr. 34/3, Temperatur der Aerosol-Platte = - 3,8 °C

2. Der Einfluss der CO₂-Temperatur

Alle drei Wandsegmente WH₁ bis WH₃ wurden vom gleichen Thermostaten mit warmem Wasser versorgt. Es wurden vier Versuche bei unterschiedlicher Thermostaten-Temperatur (von 20 bis 40 °C) durchgeführt. Die Temperatur-Messstellen TP₂ bis TP₄ werden von diesen Wandheizungen gesteuert und zeigen annähernd gleiche Werte. Die Messstelle TP₁ befindet sich im oberen Dom und

zeigt eine Misch-Temperatur von Dom und Wandheizung an. Die CO₂-Temperatur wird als Durchschnitt von Tp₁ bis Tp₄ definiert. Im Messbereich Tp₁ wird ein leichter Temperatur-Anstieg bei hohen CO₂-Konzentrationen registriert, der durch die steigenden Temperaturen von Erd-Platte und Dom verursacht wird. Die Durchschnitts-Temperaturen von Tp₁ bis Tp₄ zeigten keine signifikante Änderung bei Erhöhung der CO₂-Konzentration.

Die Spannung für die elektrische Heizung der Erd-Platte Q_E wurde vor CO₂-Zugabe solange variiert bis diese Platte eine Temperatur von 40,11 °C hatte. Danach wurde Q_E nicht mehr verändert und in 11 Schritten die CO₂-Konzentration bis auf rund 55 Vol.-% erhöht und nach jeder CO₂-Zugabe alle Temperaturen registriert (Tab. 6 bis 9). Die Temperaturen der Erd-Platte sind in Abb. 1 grafisch dargestellt. Eine grafische Darstellung für die Veränderungen des Wärmetransportes findet sich in Abb. 3.

| Tp _E °C | Tp _A °C | Tp _D °C | Tp ₁ °C | Tp ₂ °C | Tp ₃ °C | Tp ₄ °C | Ø Tp ₁ - Tp ₄ | U _A mV | Q _E W/m ² | CO ₂ Vol.-% | dU _A mV | dTp _E °C |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| 40,11 | 20,02 | 37,40 | 29,1 | 25,1 | 24,8 | 25,0 | 26,0 | 36,1 | 132,3 | 0,0095 | 0,0 | 0,00 |
| 40,11 | 20,02 | 37,40 | 29,1 | 25,2 | 24,9 | 25,0 | 26,1 | 35,9 | 132,3 | 0,14 | -0,2 | 0,00 |
| 40,11 | 20,02 | 37,40 | 29,1 | 25,3 | 24,9 | 25,0 | 26,1 | 35,6 | 132,3 | 0,38 | -0,5 | 0,00 |
| 40,24 | 20,02 | 37,40 | 29,2 | 25,3 | 24,9 | 25,1 | 26,1 | 35,6 | 132,3 | 1,16 | -0,5 | 0,13 |
| 40,38 | 20,02 | 37,40 | 29,1 | 25,3 | 24,9 | 25,1 | 26,1 | 34,8 | 132,3 | 3,86 | -1,3 | 0,27 |
| 40,38 | 20,02 | 37,40 | 29,1 | 25,3 | 24,9 | 25,0 | 26,1 | 34,7 | 132,3 | 6,26 | -1,4 | 0,27 |
| 40,51 | 20,02 | 37,64 | 29,2 | 25,3 | 25,0 | 25,0 | 26,1 | 34,6 | 132,3 | 8,33 | -1,5 | 0,40 |
| 40,51 | 20,02 | 37,40 | 29,2 | 25,3 | 24,9 | 25,1 | 26,1 | 34,4 | 132,3 | 11,9 | -1,7 | 0,40 |
| 40,64 | 20,02 | 37,89 | 29,3 | 25,3 | 24,9 | 25,0 | 26,1 | 34,6 | 132,7 | 16,0 | -1,5 | 0,53 |
| 40,67 | 20,02 | 37,64 | 29,3 | 25,3 | 24,9 | 25,1 | 26,2 | 34,4 | 132,3 | 25,0 | -1,7 | 0,56 |
| 40,78 | 20,02 | 37,64 | 29,2 | 25,1 | 24,9 | 25,0 | 26,1 | 34,3 | 132,3 | 39,0 | -1,8 | 0,67 |
| 40,78 | 20,02 | 37,64 | 29,3 | 25,2 | 24,9 | 25,0 | 26,1 | 33,6 | 132,3 | 55,0 | -2,5 | 0,67 |

Tabelle 6: Versuch Nr. 11/3, Wandheizung WH1 – 3 = 25 °C, CO₂-Temperatur (Ø Tp₁-Tp₄) = 26,1 °C

| Tp _E °C | Tp _A °C | Tp _D °C | Tp ₁ °C | Tp ₂ °C | Tp ₃ °C | Tp ₄ °C | Ø Tp ₁ - Tp ₄ | U _A mV | Q _E W/m ² | CO ₂ Vol.-% | dU _A mV | dTp _E °C |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| 40,11 | 20,02 | 37,64 | 32,2 | 29,8 | 29,4 | 29,6 | 30,3 | 46,6 | 120,5 | 0,0037 | 0,0 | 0,00 |
| 40,24 | 20,02 | 37,64 | 32,2 | 29,9 | 29,5 | 29,6 | 30,3 | 46,8 | 120,1 | 0,14 | 0,2 | 0,13 |
| 40,24 | 20,02 | 37,64 | 32,2 | 29,9 | 29,5 | 29,6 | 30,3 | 47,0 | 120,1 | 0,38 | 0,4 | 0,13 |
| 40,38 | 20,02 | 37,64 | 32,3 | 29,9 | 29,5 | 29,6 | 30,3 | 46,9 | 120,1 | 1,16 | 0,3 | 0,27 |
| 40,51 | 20,02 | 37,64 | 32,2 | 29,9 | 29,4 | 29,6 | 30,3 | 46,8 | 120,1 | 3,83 | 0,2 | 0,40 |
| 40,51 | 20,02 | 37,64 | 32,3 | 29,9 | 29,4 | 29,6 | 30,3 | 46,6 | 120,1 | 6,24 | 0,0 | 0,40 |
| 40,64 | 20,02 | 37,64 | 32,3 | 29,9 | 29,5 | 29,6 | 30,3 | 46,5 | 120,1 | 8,31 | -0,1 | 0,53 |
| 40,64 | 20,02 | 37,64 | 32,3 | 29,9 | 29,4 | 29,6 | 30,3 | 46,3 | 120,1 | 11,9 | -0,3 | 0,53 |
| 40,78 | 20,02 | 37,89 | 32,3 | 29,9 | 29,5 | 29,6 | 30,3 | 46,6 | 120,1 | 18,0 | 0,0 | 0,67 |
| 40,91 | 20,02 | 37,89 | 32,4 | 29,8 | 29,4 | 29,6 | 30,3 | 46,1 | 120,1 | 33,0 | -0,5 | 0,80 |
| 40,91 | 20,02 | 37,89 | 32,4 | 30,0 | 29,5 | 29,7 | 30,4 | 46,1 | 120,1 | 43,0 | -0,5 | 0,80 |
| 40,91 | 20,02 | 37,89 | 32,3 | 29,9 | 29,5 | 29,6 | 30,3 | 45,7 | 120,1 | 56,0 | -0,9 | 0,80 |

Tabelle 7: Versuch Nr. 10/3, Wandheizung WH1 – 3 = 30 °C, CO₂-Temperatur (Ø Tp₁-Tp₄) = 30,3 °C

| TP _E °C | TP _A °C | TP ₀ °C | TP ₁ °C | TP ₂ °C | TP ₃ °C | TP ₄ °C | ∅ TP ₁ - TP ₄ | U _A mV | Q _E W/m ² | CO ₂ Vol.-% | dU _A mV | dTP _E °C |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| 40,11 | 20,17 | 37,76 | 35,3 | 34,4 | 33,8 | 34,3 | 34,5 | 57,9 | 108,9 | 0,001 | 0,0 | 0,00 |
| 40,24 | 20,17 | 37,89 | 35,3 | 34,5 | 33,8 | 34,3 | 34,5 | 58,8 | 108,9 | 0,13 | 0,9 | 0,13 |
| 40,38 | 20,16 | 37,89 | 35,3 | 34,4 | 33,8 | 34,2 | 34,4 | 59,0 | 108,9 | 0,38 | 1,1 | 0,27 |
| 40,51 | 20,17 | 37,89 | 35,3 | 34,5 | 33,9 | 34,3 | 34,5 | 59,2 | 108,9 | 1,16 | 1,3 | 0,40 |
| 40,64 | 20,17 | 37,89 | 35,3 | 34,4 | 33,8 | 34,2 | 34,4 | 59,1 | 108,9 | 3,83 | 1,2 | 0,53 |
| 40,78 | 20,17 | 37,89 | 35,4 | 34,5 | 33,8 | 34,3 | 34,5 | 59,1 | 108,9 | 6,24 | 1,2 | 0,67 |
| 40,91 | 20,17 | 37,89 | 35,4 | 34,4 | 33,8 | 34,2 | 34,5 | 58,9 | 108,9 | 8,31 | 1,0 | 0,80 |
| 40,91 | 20,17 | 37,89 | 35,5 | 34,5 | 33,9 | 34,2 | 34,5 | 58,9 | 108,9 | 10,0 | 1,0 | 0,80 |
| 40,91 | 20,17 | 38,14 | 35,4 | 34,5 | 33,9 | 34,3 | 34,5 | 59,4 | 108,9 | 11,0 | 1,5 | 0,80 |
| 41,04 | 20,17 | 38,14 | 35,6 | 34,5 | 33,9 | 34,4 | 34,6 | 59,4 | 108,9 | 19,0 | 1,5 | 0,93 |
| 41,04 | 20,17 | 38,14 | 35,5 | 34,5 | 33,9 | 34,2 | 34,5 | 59,2 | 108,9 | 33,0 | 1,3 | 0,93 |
| 41,04 | 20,17 | 37,89 | 35,5 | 34,5 | 33,9 | 34,2 | 34,5 | 58,5 | 108,9 | 57,0 | 0,6 | 0,93 |

Tabelle 8: Versuch Nr. 9/3, Wandheizung WH1 – 3 = 35 °C, CO₂-Temperatur (∅ TP1-TP4) = 34,5 °C

| TP _E °C | TP _A °C | TP ₀ °C | TP ₁ °C | TP ₂ °C | TP ₃ °C | TP ₄ °C | ∅ TP ₁ - TP ₄ | U _A mV | Q _E W/m ² | CO ₂ Vol.-% | dU _A mV | dTP _E °C |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| 40,11 | 20,17 | 38,14 | 39,0 | 39,5 | 38,8 | 39,4 | 39,2 | 71,6 | 93,9 | 0,003 | 0,0 | 0,00 |
| 40,38 | 20,17 | 38,14 | 39,0 | 39,7 | 38,8 | 39,4 | 39,2 | 73,0 | 93,9 | 0,14 | 1,4 | 0,27 |
| 40,51 | 20,17 | 38,14 | 39,1 | 39,6 | 38,8 | 39,4 | 39,2 | 74,0 | 93,9 | 0,38 | 2,4 | 0,40 |
| 40,78 | 20,17 | 38,14 | 39,1 | 39,7 | 38,8 | 39,4 | 39,3 | 74,6 | 93,9 | 1,16 | 3,0 | 0,67 |
| 40,91 | 20,17 | 38,14 | 39,1 | 39,6 | 38,8 | 39,3 | 39,2 | 75,0 | 93,9 | 3,83 | 3,4 | 0,80 |
| 41,04 | 20,17 | 38,38 | 39,1 | 39,6 | 38,8 | 39,3 | 39,2 | 75,1 | 93,9 | 6,24 | 3,5 | 0,93 |
| 41,18 | 20,17 | 38,38 | 39,2 | 39,6 | 38,8 | 39,3 | 39,2 | 75,0 | 93,9 | 8,31 | 3,4 | 1,07 |
| 41,11 | 20,17 | 38,38 | 39,1 | 39,6 | 38,8 | 39,4 | 39,2 | 75,0 | 93,9 | 13,9 | 3,4 | 1,00 |
| 41,31 | 20,17 | 38,38 | 39,2 | 39,7 | 38,8 | 39,4 | 39,3 | 75,2 | 93,9 | 22,1 | 3,6 | 1,20 |
| 41,31 | 20,17 | 38,38 | 39,2 | 39,6 | 38,8 | 39,4 | 39,3 | 74,4 | 93,9 | 35,1 | 2,8 | 1,20 |
| 41,44 | 20,17 | 38,38 | 39,2 | 39,6 | 38,8 | 39,4 | 39,3 | 74,2 | 93,9 | 55,9 | 2,6 | 1,33 |

Tabelle 9: Versuch Nr. 8/3, Wandheizung WH₁₋₃ = 40 °C, CO₂-Temperatur (∅ TP1-TP4) = 39,2 °C

3. Der Einfluss der Wandheizung

Bei dem Kontrollversuch handelt es sich um eine Wiederholung von Versuch 8/3 (Tab. 9), jedoch wurden die Wandheizungen nacheinander abgeschaltet. Je nach Anzahl der Heizzonen bilden sich unterschiedliche Temperaturen in der Röhre aus.

| TP _E °C | TP _A °C | TP ₀ °C | TP ₁ °C | TP ₂ °C | TP ₃ °C | TP ₄ °C | ∅ TP ₁ - TP ₄ | U _A mV | Q _E W/m ² | CO ₂ Vol.-% | dU _A mV | dTP _E °C |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--|----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|
| 39,84 | 20,07 | 37,89 | 38,7 | 39,5 | 38,2 | 33,4 | 37,5 | 52,0 | 93,5 | 0,003 | 0,0 | 0,00 |
| 40,11 | 20,17 | 37,89 | 38,8 | 39,5 | 38,2 | 33,5 | 37,5 | 53,4 | 93,5 | 0,13 | 1,4 | 0,27 |
| 40,24 | 20,17 | 37,89 | 38,8 | 39,4 | 38,1 | 33,3 | 37,4 | 53,6 | 93,5 | 0,38 | 1,6 | 0,40 |
| 40,38 | 20,17 | 37,89 | 39,0 | 39,5 | 38,2 | 33,4 | 37,5 | 54,2 | 93,5 | 1,16 | 2,2 | 0,54 |
| 40,64 | 20,17 | 38,14 | 39,0 | 39,5 | 38,2 | 33,4 | 37,5 | 54,3 | 93,5 | 3,83 | 2,3 | 0,80 |
| 40,64 | 20,17 | 38,14 | 39,1 | 39,5 | 38,2 | 33,4 | 37,6 | 53,9 | 93,9 | 7,10 | 1,9 | 0,80 |
| 40,64 | 20,17 | 37,97 | 38,9 | 39,4 | 38,1 | 33,4 | 37,5 | 53,5 | 93,9 | 16,10 | 1,5 | 0,80 |
| 40,91 | 20,17 | 38,14 | 39,1 | 39,5 | 38,3 | 33,5 | 37,6 | 53,5 | 93,9 | 36,3 | 1,5 | 1,07 |

Tabelle 10: Versuch Nr. 7/3, WH1 + 2 = 40 °C ; Temperaturgradient: TP1 = 38,9 , TP2 = 39,5, TP3 = 38,2, TP4 = 33,4 °C (∅)

| T_{PE} °C | T_{PA} °C | T_{p0} °C | T_{p1} °C | T_{p2} °C | T_{p3} °C | T_{p4} °C | $\varnothing T_{p1}-$ T_{p4} | U_A mV | Q_E W/m ² | CO2 Vol.-% | dU_A mV | dT_{PE} °C |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------|---------------|--------------|-----------------|
| 40,38 | 20,02 | 37,89 | 38,8 | 39,1 | 32,6 | 27,4 | 34,5 | 44,9 | 105,2 | 0,06 | 0,0 | 0,00 |
| 40,78 | 20,02 | 37,89 | 38,8 | 39,0 | 32,5 | 27,4 | 34,4 | 45,7 | 105,2 | 0,26 | 0,8 | 0,40 |
| 40,91 | 20,02 | 37,89 | 38,8 | 39,0 | 32,5 | 27,4 | 34,4 | 45,6 | 105,2 | 0,61 | 0,7 | 0,53 |
| 40,91 | 20,02 | 37,89 | 38,8 | 39,0 | 32,6 | 27,4 | 34,5 | 45,5 | 105,2 | 1,38 | 0,6 | 0,53 |
| 41,04 | 20,02 | 37,89 | 38,8 | 39,0 | 32,5 | 27,3 | 34,4 | 45,2 | 105,2 | 3,14 | 0,3 | 0,66 |
| 41,04 | 20,02 | 37,89 | 38,7 | 38,9 | 32,5 | 27,4 | 34,4 | 45,1 | 105,2 | 7,10 | 0,2 | 0,66 |
| 41,18 | 20,02 | 37,89 | 38,8 | 39,0 | 32,6 | 27,4 | 34,5 | 45,1 | 105,2 | 16,10 | 0,2 | 0,80 |
| 41,31 | 20,02 | 37,89 | 38,8 | 39,0 | 32,6 | 27,5 | 34,5 | 44,9 | 105,2 | 36,5 | 0,0 | 0,93 |

Tabelle 11: Versuch Nr. 6/3, $WH_1 = 40$ °C ; Temperaturgradient: $T_{p1} = 38,8$, $T_{p2} = 39,0$, $T_{p3} = 32,5$, $T_{p4} = 27,4$ °C (\varnothing)

| T_{PE} °C | T_{PA} °C | T_{p0} °C | T_{p1} °C | T_{p2} °C | T_{p3} °C | T_{p4} °C | $\varnothing T_{p1}-$ T_{p4} | U_A mV | Q_E W/m ² | CO2 Vol.-% | dU_A mV | dT_{PE} °C |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------------------------|-------------|---------------------------|---------------|--------------|-----------------|
| 40,38 | 20,02 | 36,69 | 31,1 | 26,8 | 24,8 | 23,3 | 26,5 | 33,3 | 134,7 | 0,07 | 0,0 | 0,00 |
| 40,38 | 20,02 | 36,66 | 31,1 | 26,9 | 24,8 | 23,4 | 26,6 | 33,1 | 134,7 | 0,24 | -0,2 | 0,00 |
| 40,40 | 20,03 | 36,66 | 31,2 | 27,0 | 25,0 | 23,5 | 26,7 | 33,0 | 134,7 | 0,58 | -0,3 | 0,02 |
| 40,51 | 20,02 | 36,66 | 31,2 | 27,0 | 25,1 | 23,5 | 26,7 | 33,0 | 134,7 | 1,32 | -0,3 | 0,13 |
| 40,51 | 20,02 | 36,66 | 31,2 | 27,1 | 25,1 | 23,5 | 26,7 | 32,7 | 134,7 | 3,00 | -0,6 | 0,13 |
| 40,65 | 20,02 | 36,41 | 31,2 | 27,0 | 25,1 | 23,5 | 26,7 | 32,3 | 134,7 | 6,80 | -1,0 | 0,27 |
| 40,78 | 20,02 | 36,68 | 31,2 | 27,0 | 25,0 | 23,5 | 26,7 | 32,0 | 134,7 | 15,40 | -1,3 | 0,40 |
| 40,91 | 20,02 | 36,90 | 31,2 | 26,9 | 24,9 | 23,4 | 26,6 | 31,6 | 134,7 | 34,9 | -1,7 | 0,53 |

Tabelle 12: Versuch Nr. 5/3, ohne Wandheizung; Temperaturgradient: $T_{p1} = 31,2$, $T_{p2} = 27,0$, $T_{p3} = 25,0$, $T_{p4} = 23,4$ °C (\varnothing)

5.4. Der Einfluss der Wärmeleitung

Die Wandsegmente WH_1 und WH_2 und die Kopfheizung wurden von einem Thermostaten mit 25,0 °C warmen Wasser versorgt. Das dritte Segment WH_3 , im Messbereich von T_{p4} , wurde nicht an den Thermostat angeschlossen, um eventuelle Veränderungen durch Zugabe der Edelgase erkennen zu können. Die Spannung für die elektrische Heizung der Erd-Platte Q_E wurde vor Zugabe der Edelgase solange variiert bis diese Platte eine Temperatur von 25,06 °C hatte. Danach wurde Q_E nicht mehr verändert und in 5 Schritten die Konzentration der Edelgase bis auf 40 Vol.-% erhöht und nach jeder Konzentration-Erhöhung alle Temperaturen registriert. Die Veränderungen des Wärmetransportes dU_A sind in Abb. 7 grafisch dargestellt.

1. Der Einfluss von Helium

Helium hat eine extrem hohe spezifische Wärmeleitfähigkeit von 156,7 W/(m • K). Durch die steigende Wärmeleitung bei der Zugabe von Helium steigt auch der Wärmetransport dU_A stark an und führt sogar zu einer Abkühlung an der Messstelle T_{p4} von anfangs 19,0 bis 18,2 °C. Die Temperatur der Erd-Platte wird durch Helium jedoch nicht beeinflusst ($dT_{PE} = 0$).

| T_{p_E} °C | T_{p_A} °C | T_{p_0} °C | T_{p_1} °C | T_{p_2} °C | T_{p_3} °C | $\varnothing T_{p_1}$ - T_{p_3} | T_{p_4} °C | U_A mV | Q_E W/m ² | He Vol.-% | dU_A mV | dT_{p_E} °C |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|-------------|---------------------------|--------------|--------------|------------------|
| 25,06 | -10,15 | 25,03 | 24,6 | 25,1 | 25,1 | 24,9 | 19,0 | 101,6 | 125,43 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| 25,06 | -10,15 | 25,2 | 24,6 | 25,1 | 25,0 | 24,9 | 18,8 | 101,7 | 125,43 | 1,4 | 1,4 | 0,00 |
| 25,06 | -10,14 | 25,03 | 24,7 | 25,1 | 25,1 | 25,0 | 18,8 | 102,8 | 125,43 | 5,0 | 2,4 | 0,00 |
| 25,06 | -10,15 | 25,03 | 24,6 | 25,1 | 25,1 | 24,9 | 18,7 | 103,0 | 125,43 | 10,1 | 3,0 | 0,00 |
| 25,08 | -10,15 | 25,03 | 24,7 | 25,1 | 25,1 | 25,0 | 18,6 | 104,0 | 125,43 | 20,0 | 3,4 | 0,02 |
| 25,06 | -10,15 | 25,03 | 24,7 | 25,2 | 25,3 | 25,1 | 18,2 | 104,2 | 124,04 | 40,1 | 2,6 | 0,00 |

Tabelle 13: Versuch 19/6: Einfluss von Helium auf die Temperatur der Erd-Platte T_{p_E} und dem Wärmetransport dU_A .

2. Der Einfluss von Argon

Argon hat mit $0,0163 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$, ähnlich wie CO_2 ($0,0142$), eine geringere spezifische Wärmeleitfähigkeit als Luft ($0,0244$). Durch die sinkende Wärmeleitung bei der Zugabe von Argon verringert sich auch der Wärmetransport dU_A . Die Wärmeleitung von Gasgemischen ist eine lineare Funktion ihrer Zusammensetzung. Diese Abhängigkeit konnte im Falle von Argon sogar festgestellt werden, da sich in diesem Fall die Temperatur der Messstelle T_{p_4} kaum änderte. Die Temperatur der Erd-Platte wird durch Argon nicht beeinflusst ($dT_{p_E} = 0$).

| T_{p_E} °C | T_{p_A} °C | T_{p_0} °C | T_{p_1} °C | T_{p_2} °C | T_{p_3} °C | $\varnothing T_{p_1}$ - T_{p_3} | T_{p_4} °C | U_A mV | Q_E W/m ² | Ar Vol.-% | dU_A mV | dT_{p_E} °C |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|-------------|---------------------------|--------------|--------------|------------------|
| 25,06 | -10,15 | 25,29 | 24,7 | 25,0 | 25,0 | 24,9 | 19,1 | 102,1 | 124,48 | 0,0 | 0,0 | 0,00 |
| 25,06 | -10,15 | 25,29 | 24,7 | 25,1 | 25,0 | 24,9 | 18,9 | 102,1 | 124,48 | 1,4 | 0,0 | 0,00 |
| 25,06 | -10,15 | 25,29 | 24,6 | 25,0 | 25,0 | 24,9 | 18,9 | 101,2 | 124,48 | 5,0 | -0,9 | 0,00 |
| 25,06 | -10,15 | 25,29 | 24,7 | 25,1 | 25,0 | 24,9 | 19,1 | 101,4 | 124,48 | 10,1 | -0,7 | 0,00 |
| 25,06 | -10,15 | 25,29 | 24,7 | 25,1 | 25,0 | 24,9 | 19,1 | 100,9 | 124,94 | 20,0 | -1,2 | 0,00 |
| 25,06 | -10,15 | 25,29 | 24,7 | 25,1 | 25,1 | 25,0 | 19,2 | 99,9 | 125,4 | 40,1 | -2,2 | 0,00 |

Tabelle 14: Versuch 21/6: Einfluss von Argon auf die Temperatur der Erd-Platte T_{p_E} und dem Wärmetransport dU_A .

Literaturverzeichnis

- Schnell, Michael.** Experimentelle Verifikation des Treibhauseffektes Teil 1: Die gegenseitige Beeinflussung von Wolken und Treibhausgasen. [Online] 25. März 2018. <https://eike.institute/2018/03/25/experimentelle-verifikation-des-treibhauseffektes-teil-1-die-gegenseitige-beeinflussung-von-wolken-und-treibhausgasen/>.
- . 2.Mitteilung: Die Hintergrundstrahlung der Wolken und Aerosole. [Online] <https://eike.institute/2018/06/03/experimentelle-verifikation-des-treibhauseffektes/>.
- Stephan Sirtl.** Absorption thermischer Strahlung durch atmosphärische Gase. [Online] 12. 11 2010. [Zitat vom: 15. 01 2018.] http://hpfr03.physik.uni-freiburg.de/arbeiten/diplomarbeiten/sirtl_staatsexamen_2010.pdf.
- Anthony Watts.** Anthony Watts Thrashes Al Gore's Climate Change Experiment.

[Online] 20. 11 2011. [Zitat vom: 12. 01 2018.]

<https://shortlittlerebel.com/2011/10/20/anthony-watts-thrashes-al-gores-climate-change/>.

5. *Naturwissenschaftliche Anmerkungen zu Argumenten der Treibhausdiskussion*. Volz, Hans. 9, s.l. : Erdöl-Erdgas-Kohle, 2015, Bd. 116.

6. Gasstrahlung. [Online] 2018. Juni 2018.
<https://de.wikipedia.org/wiki/Gasstrahlung>.

Anmerkung: Dieser Beitrag liegt als PDF auch auf Englisch vor:

[3. Communication – Experimental verification of the greenhouse effect_EN](#)

Aktualisierung: Reaktion auf Kommentare

Werte Kommentatoren!

Eine pauschale Ablehnung der vorgestellten Ergebnisse ist wenig hilfreich und führt zu keinem Erkenntnisgewinn. Wer sich wirklich konstruktiv an einer Diskussion zur experimentellen Überprüfung des Treibhauseffektes beteiligen möchte, sollte auf konkrete Fehler hinweisen oder sich eventuell über dem Admin meine Email-Adresse geben lassen. Die Schwäche einer Opposition ist ihre Zerstrittenheit und das ist, zur Freude der Klima-Alarmisten, bei Ihren Kommentaren leider auch nicht anders.

Die gefundenen Temperaturen sind Werte, die nur das Experiment charakterisieren. Sie dürfen nicht und schon gar nicht 1:1 auf die reale Erde übertragen werden, da die Temperatur der Erde nicht nur vom CO₂-Treibhauseffekt, sondern auch noch von einer Vielzahl anderer Wärmeströme beeinflusst wird. Die Temperatur-Bestimmung der Erde ist eine Aufgabe, die die Apparatur nicht leisten kann und die auch nie geplant war. Die Frage, kann die Temperatur einer warmen Erd-Platte durch eine kältere, CO₂-haltige Gasphase erhöht werden, wurde jedoch eindeutig bejaht. Das ist zwar kein endgültiger Beweis des Treibhauseffektes, aber auch keine Widerlegung. Es ist, wie so oft in der Wissenschaft, nur ein kleiner Baustein, der in diesem Falle zeigt, dass von CO₂ auch bei den Temperaturen der erdnahen Atmosphäre eine Wärmestrahlung ausgehen kann, die sich in allen Richtungen ausbreitet und zur Erwärmung der Erde einen Beitrag leisten kann.

Es gab zwei fachliche Einwendungen/Fragen, auf die ich eingehen möchte.

Die Apparatur steht auf dem Kopf!

Das Konzept des CO₂-Treibhauseffektes beinhaltet ausschließlich die Wirkung der Wärmestrahlungen. (Nicht zu verwechseln mit dem Glashauseffekt, hier spielt auch das sichtbare Licht eine Rolle). Wenn man also den CO₂-Effekt überprüfen will, muss man alle anderen Wärmeströme entweder kontrollieren oder ausschalten. In der Apparatur wurde Wärme von der Erd-Platte auf die 1,10 m entfernte Aerosol-Platte durch eine Gasphase übertragen. Dabei gibt es drei Möglichkeiten des Wärmetransportes: 1. Wärmestrahlung, 2. Konvektion, 3. Wärmeleitung bzw. Diffusion. Der 3. Punkt lässt sich nicht verhindern, hat aber zum Glück eine kurze Reichweite. Die Kontrollversuche mit Argon/Helium haben gezeigt, dass die Wärmeleitung keinen Einfluss auf die Temperatur der

Erd-Platte hatte. Punkt 3 kann also ignoriert werden. Die Konvektion ist eine ernstzunehmende Konkurrenz zur Wärmestrahlung. Hätte sich die warme Erd-Platte „unten“ befunden, wäre warme Luft, der Gravitation folgend, zur kalten Aerosol-Platte aufgestiegen und man hätte immer zwei Effekte gemessen. Die umgekehrte Anordnung der Platten löst das Problem, da die kalte Luft über der „unten“ befindlichen Aerosol-Platte nicht aufsteigen kann. Für die Wärmestrahlung spielt die Gravitation jedoch keine Rolle. Wärmestrahlung breitet sich in alle Richtungen gleichmäßig aus. Die Apparatur simuliert hinsichtlich der Wärmestrahlung die erdnahe Atmosphäre, auch wenn sie quasi auf dem Kopf steht. Wichtig sind nur die Temperaturen der Erd- und Aerosol-Platte, die die erdnahe Atmosphäre charakterisieren.

Spezifische Wärme der Gasphase

Die spezifische Wärme der Gasphase würde eine Rolle spielen, wenn man eine zeitlich abhängige Erwärmung untersuchen würde. Die Versuche waren aber genau das Gegenteil. Nach jeder CO₂-Zugabe wurde solange gewartet, bis sich keine Temperaturänderungen mehr feststellen ließen. In der Regel vergingen zwischen zwei Messungen etwa 1,5 – 2 Stunden.