Antwort auf eine Rezension der Arbeit von Seim und Olsen: „Der Einfluss von IR-Absorption und Rück-Streustrahlung von CO_2“

geschrieben von Chris Frey | 19. Mai 2021

Das Experiment

Der Zweck des simulierten Erde/Atmosphäre-Experiments war es, a) die IR-Strahlung messen zu können, b) die thermischen Energieverluste an die Umgebung zu reduzieren und c) die Temperatur genauer zu messen.

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 1 dargestellt: Die vordere Wölbung wurde hinzugefügt, um das CO_2-Gas von der Luft in der hinteren Kammer zu trennen. Dies reduziert den Wärmeverlust aus der hinteren Kammer durch die beiden Fenster aufgrund von Wärmeleitung.

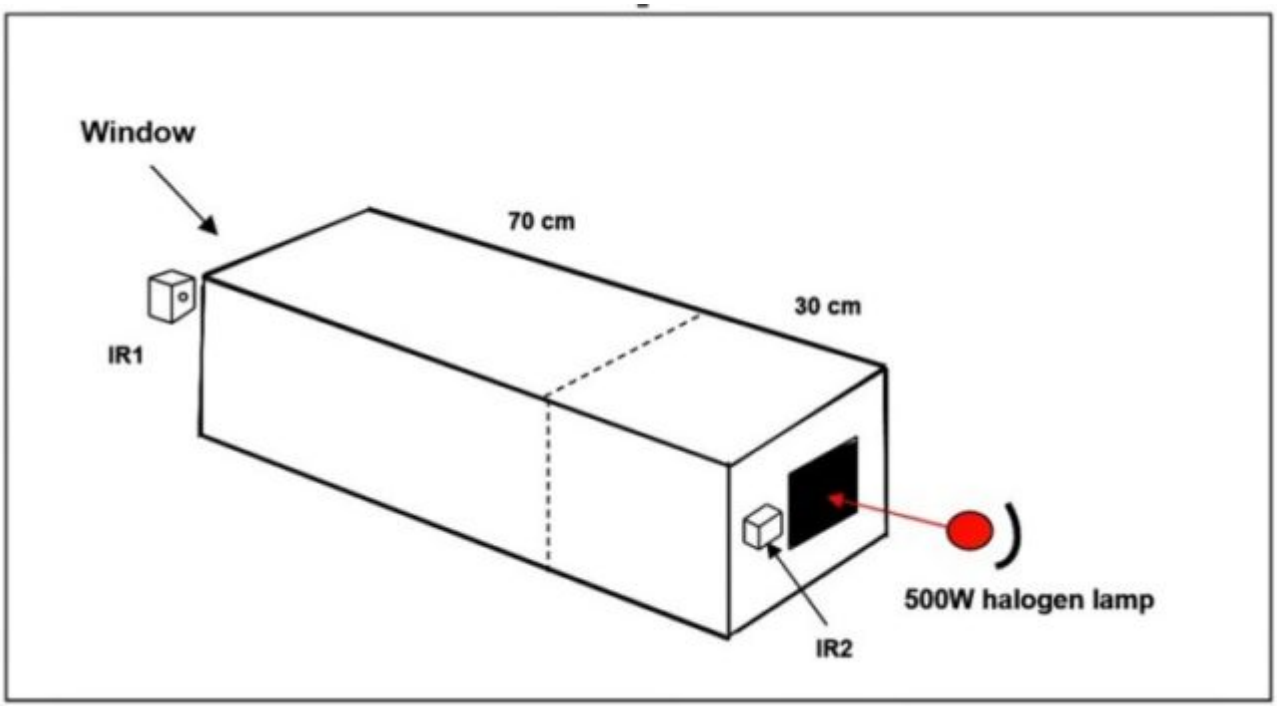

Abbildung 1: Der Experiment-Aufbau

Die einen Meter lange, 50 cm breite und 30 cm hohe Box mit einem Volumen von 150 Litern besteht aus isolierenden 5 cm dicken Styroporplatten. Die beiden Kammern sind durch eine 0,03 mm dünne transparente Kunststofffolie getrennt. Das Fenster an der Vorderseite der Box wurde ebenfalls aus dieser Folie gefertigt. Die Innenwände der Kammern (außer der Rückwand) sind mit dünner, polierter Al-Folie verkleidet. Die Al-

Folie reflektiert den größten Teil der IR-Strahlung und reduziert dadurch den Wärmeverlust durch die Wände. Die Länge der hinteren und vorderen Kammer beträgt 30 bzw. 70 cm. Die IR-Strahlung wurde durch Erhitzen einer schwarz lackierten Metallplatte (oder einer dünnen, schwarz lackierten Al-Folie) auf 100°C durch eine 500-W-Halogenlampe erzeugt. Ein Thermometer, das die Gastemperatur misst, wurde in jeder Kammer in der Nähe des Daches platziert und von der direkten Strahlung der Heizplatte abgeschirmt.

Ein IR-Strahlungsdetektor befindet sich vor dem Fenster an der Box (IR1). Ein weiterer Detektor befindet sich hinter der Box (IR2) und misst die IR-Rückstreustrahlung über ein 6×6 cm großes Fenster in der Rückwand. Um die Erwärmung der Innenseite der Styroporrückwand mit hoher Genauigkeit zu messen, wurden acht in Reihe geschaltete und schwarz lackierte Thermoelemente an der Rückwand angebracht.

Um lokale Konvektion und Temperaturgradienten in den beiden Kammern zu vermeiden, wurde in jeder Kammer ein kleiner Ventilator mit reduzierter Drehzahl angebracht. Die Energiezufuhr zu den Ventilatoren war gering, nur 0,6 Watt. Da sich das Gas während der Erwärmung ausdehnt, hat jede Kammer eine kleine 5 mm große Öffnung (abgedeckt mit einem Stück Kunststoff) im „Dach“, um eine Druckerhöhung zu vermeiden. Um zu überprüfen, ob die Infiltration aus der Umgebungsluft die CO_2-Menge in der Front verändert, wurde der CO_2-Pegel nach dem Experiment kontrolliert. Die Kammer war noch mit CO_2 gefüllt.

Konstruktion, Kalibrierung und Anwendung der IR-Sensoren

Zur Messung der IR-Strahlung und der von CO_2 erzeugten Rückstreuung haben wir zwei IR-Detektoren konstruiert, die breitbandige (3 bis 24 µm) Thermopil-Schaltungen mit einem nahezu flachen Frequenzgang verwenden.

Kalibrierung: Um ein Strahlungsspektrum zu erhalten, das dem eines schwarzen Heizkörpers nahe kommt, verwendeten wir eine schwarze Eisenpfanne, die mit 100°C heißem Wasser gefüllt war, und ließen die Temperatur auf 15°C fallen. Die gemessene Beziehung zwischen der Temperatur der Strahlungsquelle und dem Ausgang des Detektors (in mV), ist in Abbildung 2 dargestellt:

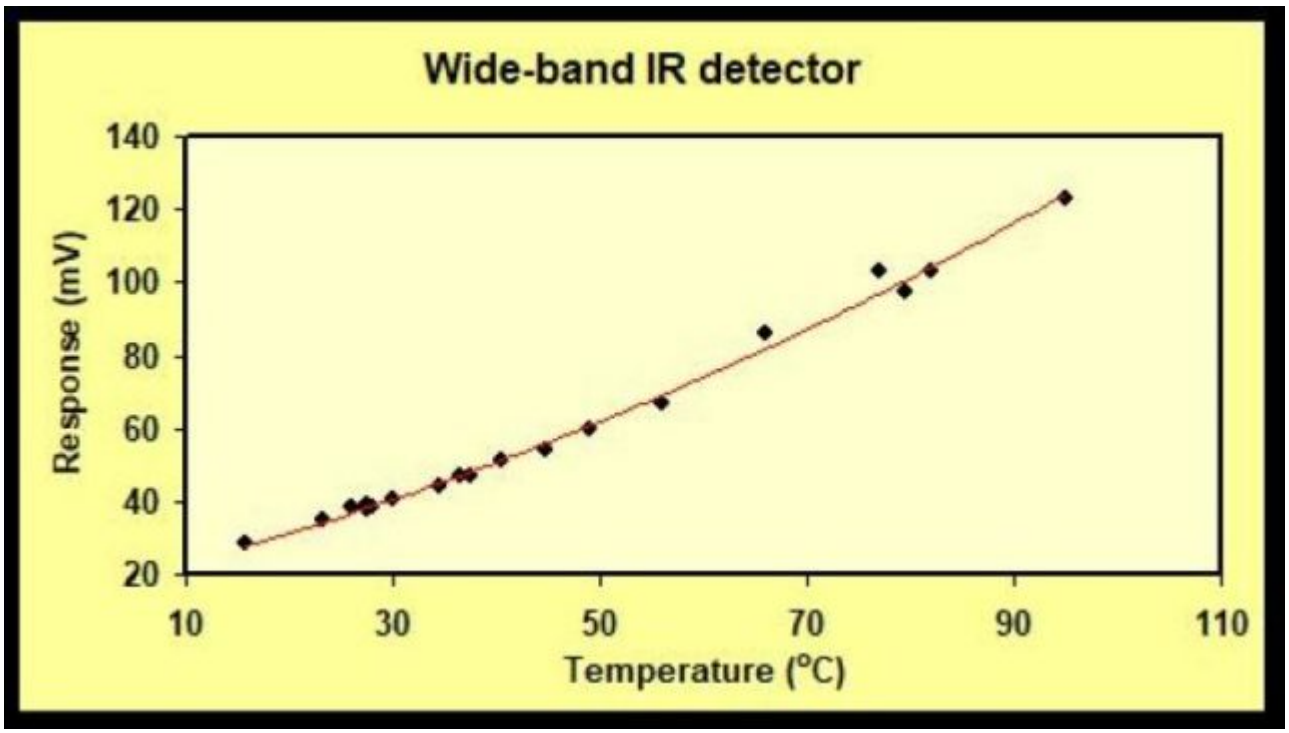

Abbildung 2: Temperatur-Kalibrierung

Wir sehen, dass die Beziehung nicht linear ist, wie vom Seebeck-Effekt erwartet. Stattdessen stellen wir fest, dass die Spannungsantwort linear von der Energiedichte der Strahlung der IR-Quelle abhängt. Wir berechneten die von der Pfanne abgegebene IR-Energiedichte E (W/m^2) unter Verwendung der Gleichung $E = \sigma T^4$ (das Stefan-Boltzmann-Gesetz), wobei σ = 5,67 *10-8 $W/(m^2K^4)$ und T die Temperatur in Kelvin ist. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 dargestellt.

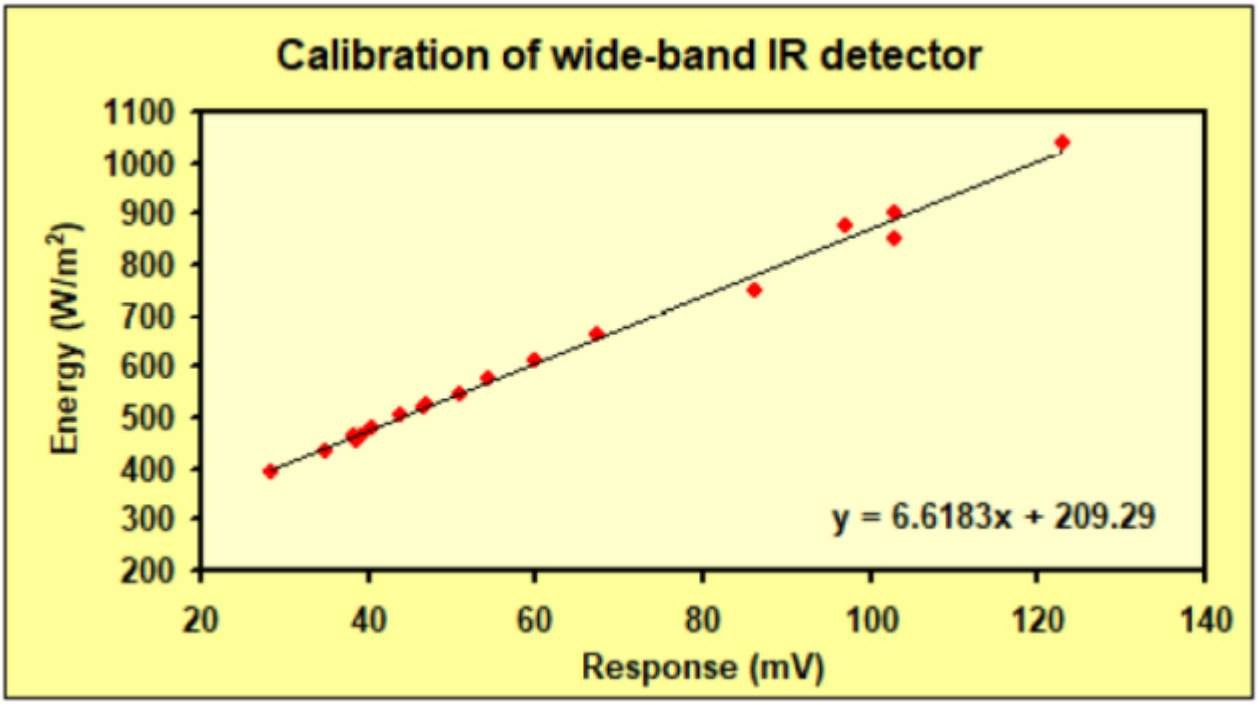

Abbildung 3: Kalibrierung der IR-Strahlung

Eine lineare Beziehung zu erhalten unterstützt die Annahme, dass wir die S-B-Gleichung verwenden können, um die IR-Strahlung mit dem Detektor zu quantifizieren. Der Gutachter wies jedoch darauf hin, dass die IR-Quelle kein perfekter schwarzer Körper ist und die emittierte IR-Strahlung dann etwas geringer sein könnte als durch das S-B-Gesetz angegeben (wahrscheinlich um ca. 5 % reduziert).

Der Gutachter wies auch darauf hin, dass es einen Spannungsoffset von ca. 20 – 30 mV im Ausgang der Detektorschaltung gibt. Dieser Offset ist sehr klein, verglichen mit dem Arbeitsbereich des IR-Detektors von mehr als ± 5 Volt. Die verwendete Schaltung ist bekannte, z. B. von Hamamatsu.

Der Rezensent schreibt: „*Der Sensor enthält zusätzlich zu einer Thermosäule einen hochgenauen NTC-Thermistor (negativer Temperaturkoeffizient) zur Unterstützung beim Aufbau einer Temperatur-Kompensationsschaltung*“.

Wir wurden davor gewarnt, den NTC- und den Thermopile-Schaltkreis zu kombinieren, um Schwankungen der Gerätetemperatur zu kompensieren. Es ist viel besser, separate Schaltungen für die Thermosäule zu erstellen und dann die Temperaturkorrektur im Rechenverfahren durchzuführen.

Blickfeld

Das Blickfeld des Detektors ist in Abbildung 4 dargestellt. Eine gängige Methode zur Definition des Blickfeld ist die Verwendung des Halbwinkels, d. h. des Wertes, bei dem die Empfindlichkeit auf 50 % des Maximalwertes reduziert wird. Abbildung 4 zeigt, dass der Halbwinkel nahe bei ±5 Grad liegt. Bei ±10 Grad sind ca. 98% des Blickfeldes eingeschlossen.

Bei einer Länge der Box von einem Meter „sieht“ der Detektor IR1 einen kreisförmigen Bereich mit einem Durchmesser von 35 cm, der die Heizplatte und den größten Teil der Rückwand abdeckt. Wenn der Detektor vor das Fenster gestellt wird, „sieht“ er dann einen 35 cm großen kreisförmigen Bereich der 30 x 50 cm großen Rückwand. Die komplette Metallplatte wird innerhalb des halbwinkligen Blickfeldes „gesehen“.

Wenn der Detektor IR2 die IR-Strahlung aus dem Inneren der Box misst, „sieht“ er hauptsächlich die vordere Kammer, in der das beheizte Gas und die Fenster strahlen. Die Strahlung ist homogen über die beiden Kammern verteilt, so dass die Messsituation ähnlich wie bei der Kalibrierung ist.

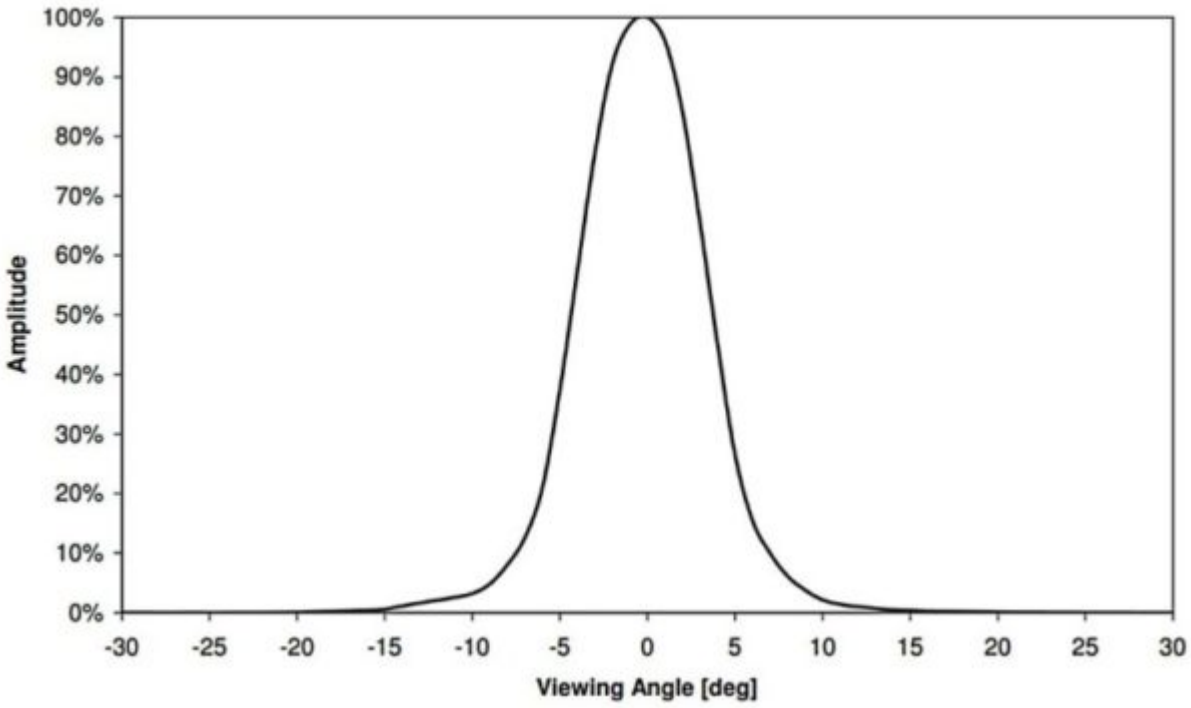

Abbildung 4

Wie der Rezensent anmerkt, „sieht“ der IR1-Detektor mehr als die Heizplatte, aber die Platte deckt den Hauptteil dessen ab, was das FOV misst.

Temperatur-Messungen

Der Temperaturanstieg in den beiden Kammern während der Erwärmung war gleich (innerhalb der Messgenauigkeit) mit Luft oder CO_2 in der vorderen Kammer. Siehe Abbildung 5. Dies ist das wichtigste Ergebnis in unserer Studie.

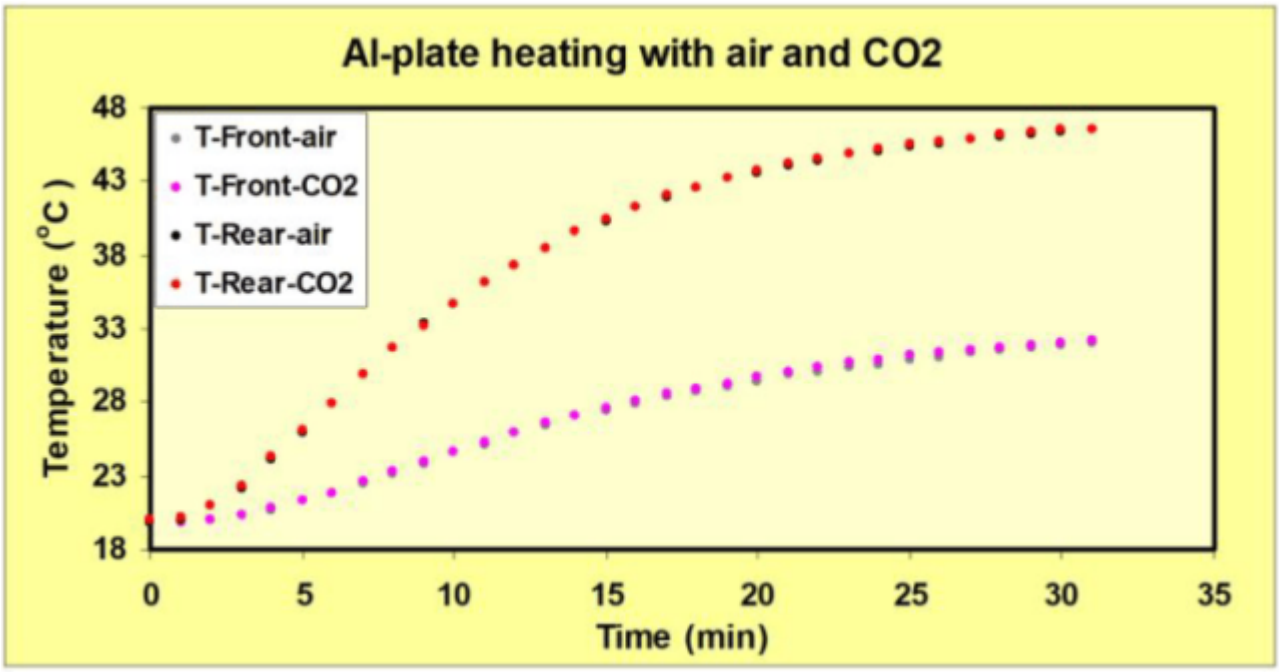

Abbildung 5: Dargestellt ist die Erwärmung der Luft (mit ca. 400 ppm CO_2) in der hinteren Kammer (obere Kurve). Die Kurve ist nahezu identisch, wenn Luft (schwarze Punkte) durch nahezu 100 % CO_2 (rote Punkte) in der vorderen Kammer ersetzt wird. Die Erwärmung von Luft (graue Punkte) und CO_2 (lila Punkte) in der vorderen Kammer folgt ebenfalls einer gemeinsamen Erwärmungskurve für beide Gase. Dargestellt sind Durchschnittswerte aus fünf Messungen.

Der Rezensent scheint Abbildung 5 falsch zu interpretieren:

„Dieses Experiment wird nun wiederholt, wobei die vordere Kammer mit 100% CO_2 gefüllt ist. Nun wird die von der Aluminiumplatte emittierte IR-Strahlung teilweise von CO_2 absorbiert, wodurch die Temperatur des vorderen Fachs auf etwa 33 °C ansteigt. Dadurch sinkt die Strahlung, die durch die Frontscheibe hindurchgeht, vorübergehend“.

Dies ist definitiv nicht das, was wir sagen. Die hintere Kammer erwärmt sich von 20°C auf 46°C (obere zwei Kurven) und in der vorderen Kammer von 20°C auf 32°C (untere zwei Kurven). Der Punkt ist, dass die Kurven für reine Luft und für 100% CO_2 in der vorderen Kammer identisch sind. Dies war für uns überraschend, da die NASA (und Al Gore) behaupteten, dass wir eine zusätzliche Erwärmung durch 100 % CO_2 haben sollten. Auch die Strahlung, die durch das vordere Fenster hindurchgeht, fällt nicht vorübergehend ab, sondern nähert sich einem konstanten Wert. Siehe Abbildung 6.

„Es wird vermutet, dass die fehlende IR-Strahlung in Richtung des hinteren Bereichs umgeleitet oder reflektiert wird“.

Wir messen und vermuten nicht, dass die CO_2-IR-Strahlung in den hinteren Innenraum umgeleitet oder reflektiert wird.

IR-Messungen

Der IR1-Detektor misst die reduzierte IR-Leistung durch das Frontfenster mit CO_2 in der vorderen Kammer.

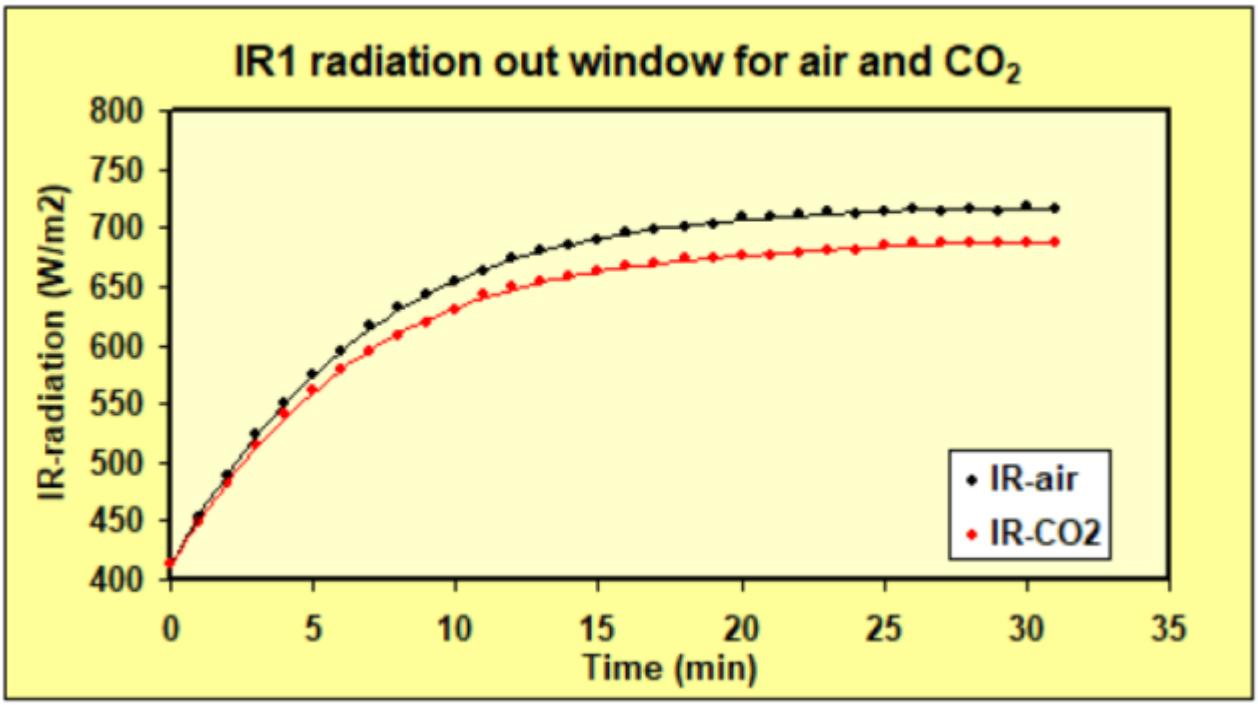

Abbildung 6: Absorption von IR-Strahlung. Bereich: 2,5 – 20 µm. Die Heizung erfolgt mit der Al-Platte.

Der Detektor ist auf die Mitte der 100 oC Heizplatte gerichtet. Mit CO_2 in der Vorkammer nahm die IR-Strahlung um 29,8 W/m² oder ca. 10% ab. Dies liegt nahe an den Werten aus der HITRAN-Datenbank, d.h. 11,6% für eine 70 cm lange Röhre. Die etwas geringere gemessene IR-Wert könnte darauf zurückzuführen sein, dass das Sichtfeld des Detektors etwas größer als die Heizplatte ist. Wie auch immer, ein Fehler von ein paar % wird unsere Ergebnisse und Schlussfolgerungen nicht wesentlich beeinflussen.

Um herauszufinden, wie viel IR-Strahlung durch das Frontfenster austritt, müssen wir wissen, wie stark sie an verschiedenen Positionen variiert. Hierfür haben wir einen Thermopile-Detektor ohne Linse verwendet, der ein breites Sichtfeld hat. Der Detektor wurde verwendet, um die IR-Leistung entlang des 50 cm breiten Frontfensters zu messen. Die spektrale Empfindlichkeit ist ein schmales Band im 4 µm-Bereich, in dem CO_2 IR-Strahlung absorbiert/emittiert. Das Ergebnis ist in Abbildung 7 zu sehen. Es zeigt, dass die Leistung nahezu konstant ist, mit einer Abweichung von etwa ±4 %.

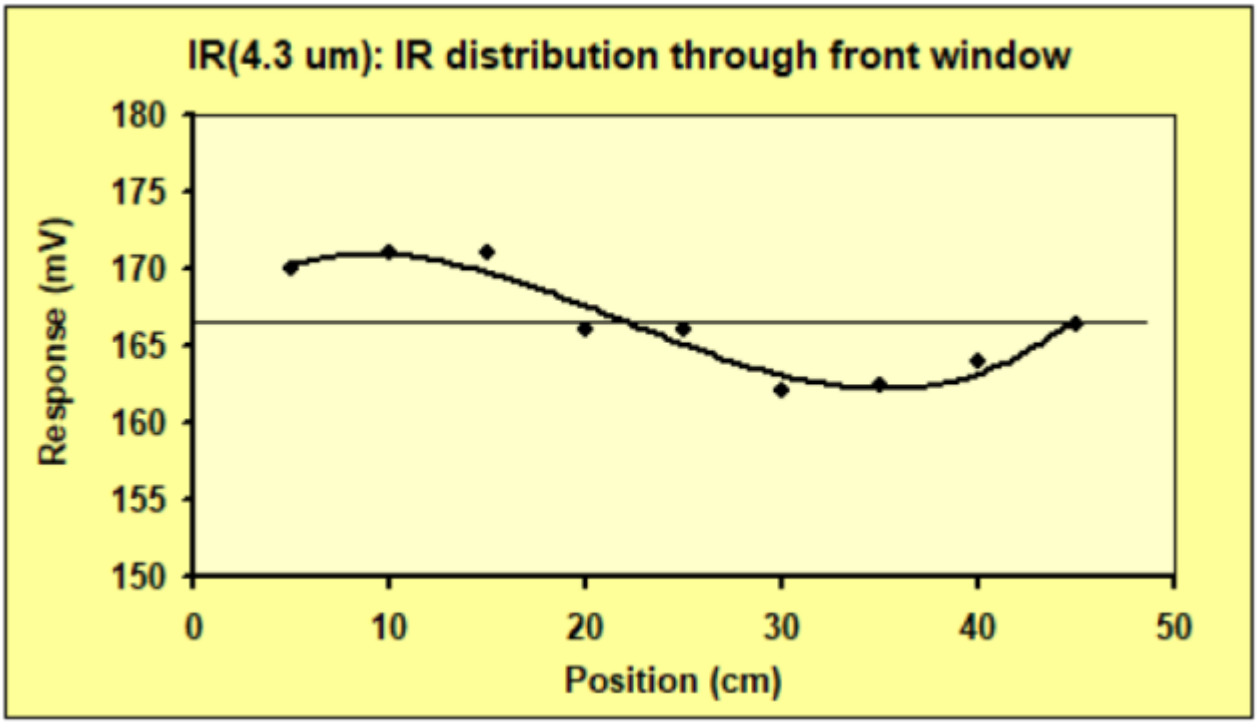

Abbildung 7: IR-Ausgangsverteilung entlang der Frontscheibe.

Der IR2-Detektor misst erhöhte IR-Strahlung, die auf die Rückwand mit CO_2 in der vorderen Kammer trifft. Siehe Abbildung 8.

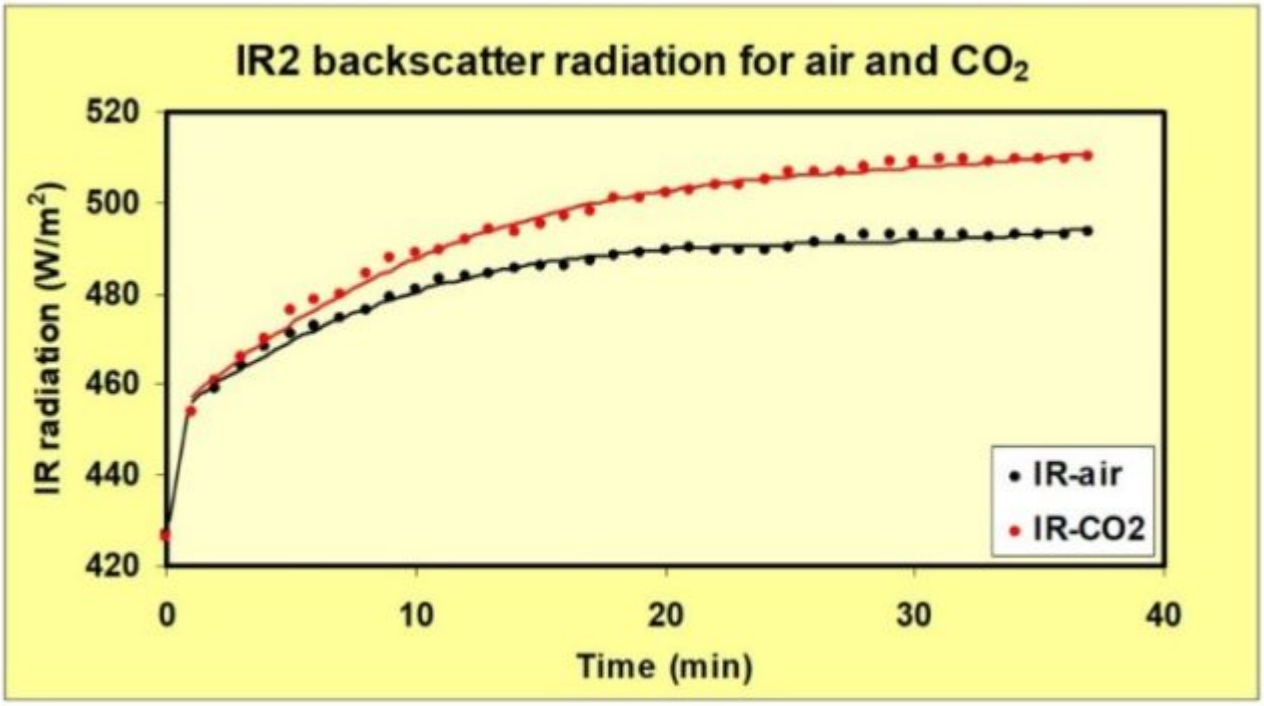

Abbildung 8: Die Rückstreuung (erhöhte IR-Strahlung, gemessen mit IR2), die von der Rückwand der Box empfangen wird, stieg um 17 W/m² mit CO_2 in der vorderen Box. Die Erwärmung erfolgt über die Al-Folie.

Der IR2-Detektor „sieht“ hauptsächlich das von den beiden Fenstern und dem Gas innerhalb der beiden Kammern reflektierte IR. Die Verteilung des reflektierten IR ist relativ homogen in den Kammern verteilt, was durch Abbildung 7 bestätigt wird. Die Messsituation unterscheidet sich also nicht wesentlich von der, die zur Kalibrierung des Detektors verwendet wurde.

Die Begutachter haben einige Einwände:

„Wenn die Apparatur in Betrieb ist, strahlt die Aluminiumplatte bei 100C IR ab und bewirkt, dass die Rückwand eine konstante Temperatur von etwa 46C erreicht. Die Autoren ‚berechnen‘ die Bestrahlungsstärke der Rückwand mit dem Stefan-Boltzmann-Gesetz. Wenn die vordere Kammer mit Luft gefüllt ist, soll die gesamte „berechnete“ IR-Leistung aus dem vorderen Fenster austreten“.

Was wir tun: Wir verwenden den kalibrierten IR-Detektor IR1, um die IR-Menge zu messen, die durch das Frontfenster austritt, mit Luft und dann mit CO_2 in der vorderen Kammer. Wir stellen fest, dass mehr IR-Energie in der Box mit CO_2 in der vorderen Kammer absorbiert wird. Wir verwenden den kalibrierten IR-Detektor IR2, um die IR-Menge zu messen, die auf die Rückwand trifft. Wir stellen fest, dass mehr IR-Energie von der Rückwand mit CO_2 in der vorderen Kammer empfangen wird.

Falsche Anwendung von Stefan-Boltzmann?

Kommentar des Begutachters:

„Der Apparat hier ist kein Hohlraum. Es ist transparent an einem Ende und teilweise auch am anderen. Da ein wesentlicher Teil der Oberfläche transparent ist, kommt es auf die Anordnung der Materialien und ihre detaillierten Strahlungseigenschaften an.“[2] Die erste Annäherung an die IR-Strahlung von etwas, das kein Hohlraum und nicht isotherm ist, besteht darin, das Stefan-Boltzmann-Gesetz zu verwenden, aber den verschiedenen Materialien geeignete Emissionsgrade von weniger als 1,0 zuzuweisen. Der geschwärzte Aluminiumstrahler hat einen Emissionsgrad nahe bei 1,0. Er liegt vielleicht bei 0,96, aber das blanke Styropor ist bei IR-Wellenlängen bei weitem nicht schwarz. Eine akzeptierte Schätzung des Emissionsgrades dieses Materials ist 0,60; d.h. bei jeder Temperatur strahlt es nur 60% so stark, wie das Stefan-Boltzmann-Gesetz vorhersagt“.

Der Rezensent stellt fest, dass wir den Emissionsgrad ε in die S-B-Gleichung einbeziehen müssen, um die richtige Beziehung zwischen Temperatur T und IR-Energiefluss E zu erhalten:

$E = \varepsilon\sigma T^4$

Wir sind in einer vorteilhaften Situation, da wir die IR-Strahlung und die Temperatur von Styropor messen können, wenn es erwärmt wird! Dies wurde getan und wir fanden heraus, dass in unserem Versuchsaufbau der

Wert von ε mit 1,0 ± 0,025 gemessen wurde, nicht mit 0,6! Vielleicht verhalten sich die Kammern also doch ein wenig wie ein Hohlraum… Dieses Ergebnis negiert auch die Kritik an der Verwendung der S-B-Gleichung bei der Kalibrierung.

Energiebilanz

Unter **Energiebilanz** behauptet der Gutachter, dass wir Energieverluste haben. Ja, das stimmt natürlich. Die Strahlungs- und Wärmeenergie fließt von der Rückwand durch das vordere Fenster (wie IR von der Erdoberfläche in den Raum). Nach 30 Minuten hat sich ein annähernd stationärer Zustand eingestellt. Die IR-Energie vom CO_2 in der vorderen Kammer geht teilweise durch das vordere Fenster verloren, teilweise wird sie in die hintere Kammer zurückgeführt. Der Punkt ist, dass wir keine zusätzliche Erwärmung in der hinteren Kammer beobachten, trotz der dort gemessenen erhöhten IR-Strahlung. Deshalb sagen wir, dass die Theorie der Erderwärmung durch Rückstreuung falsch sein könnte.

Energiegehalt in Gasen

Der Rezensent präsentiert eine alternative Theorie:

„Eine Atmosphäre, die 70 cm von 100% CO_2 bei einem Druck von 100kPa enthält, hat einen effektiven Emissionsgrad von etwa 14%. Sobald dieses Gas seinen Grenzwert von 14% der IR-Strahlung aus der hinteren Kammer absorbiert (d.h. 14% von 80 Watt) und eine Gleichgewichtstemperatur erreicht hat, strahlt es diese nicht nach hinten ab, sondern in alle Richtungen. Es wird viele Male von der Aluminiumfolie reflektiert, wobei bei jeder Reflexion 4 % absorbiert werden, ein Teil geht durch das vordere EDTA-Fenster, ein Teil durch das dazwischen liegende EDTA-Fenster und erreicht den hinteren Raum. Dies könnte leicht nur 10% dessen sein, was im vorderen Fach absorbiert wurde“.

Es scheint, dass der Gutachter glaubt, dass die Energie einfach durch die Wände und Fenster verschwindet. Er suggeriert, dass nur 10 % des Energiestroms, der von CO_2 in der vorderen Kammer absorbiert wurde, die hintere Kammer erreicht, das sind ca. 2W/m² von 20W/m². Wir messen jedoch einen erhöhten Energiestrom von 17 W/m², nicht 2 W/m², der in die hintere Kammer zurückkehrt.

„Das Gas in der hinteren Kammer enthält so wenig CO_2, dass sein Emissionsgrad (der seinem Absorptionsgrad entspricht) wahrscheinlich in der Nähe von nur 1% liegt. Daher sollte das Nullergebnis dieses Experiments, anstatt eine Überraschung zu sein, völlig erwartet werden“.

Es ist richtig, dass die Luft (wie auch die Fenster) IR-Strahlung absorbiert (und emittiert), aber die Absorption in Luft ist viel größer als 1%. Dies wurde von uns in einer 30 cm langen Styroporbox mit einem einzelnen Fenster getestet. Die IR-Emission aus der Luft in der Box stieg linear mit der Temperatur im Bereich von 15 – 35°C an. Der Anstieg

der von der Luft emittierten IR-Strahlung war signifikant, etwa 30% der erhöhten Strahlung von den Styroporwänden. (Die relative Luftfeuchtigkeit betrug ca. 30 – 35%).

Bei der Messung der IR-Emission mit/ohne Fenster stellten wir fest, dass etwa 30% des Anstiegs der gemessenen IR-Strahlung vom Fenster emittiert wurde. Da die Temperatur der Fenster mit Luft und CO_2 gleich ist, ist auch der IR-Beitrag von ihnen gleich.

In Abbildung 8 ist die Menge an IR-Strahlung dargestellt, die zurück zur Rückwand abgestrahlt wird, wobei sich in beiden Kammern Luft befindet (schwarze Kreise). Dies ist die IR-Strahlung, die von der erwärmten Luft und den beheizten Fenstern empfangen wird. Der gemessene IR-Zuwachs beträgt ca. 65 W/m², während der Zuwachs mit CO_2 in der vorderen Kammer 17 W/m² beträgt, was einer Steigerung von ca. 25 % entspricht. Die von der Luft absorbierte Strahlung wird in alle Richtungen zurückgestrahlt und von den Al-Folienwänden reflektiert, wobei ein Teil der Strahlung absorbiert wird. Durch die Zugabe von CO_2 in der vorderen Kammer verlässt weniger IR von der Heizplatte die Box durch das Frontfenster. Der IR2-Detektor zeigt, dass der IR-Pegel in der hinteren Kammer deutlich ansteigt – und hoch bleibt!

Ein abschließender entscheidender Kommentar:

„*Ein weiterer Fehler bei der Anwendung des Stefan-Boltzmann-Gesetzes tritt bei der Übersetzung der Kalibrierungsübertragungsfunktion in einen Bestrahlungsstärke-Wert auf. Die im Zitat erwähnte Berechnung über das Kalibrierverfahren impliziert eine einseitige Übertragung von der geschwärzten Pfanne zum Sensor, während die Übertragung in Wirklichkeit in beide Richtungen zwischen Sensor und Pfanne erfolgt*“.

Theoretisch könnte dies zu einem Fehler führen, aber er ist zu klein, um messbar zu sein. Die mit Wasser gefüllte Pfanne wiegt 7 Kilo, während der kleine Detektor ca. 200 Gramm wiegt. Er wird nur wenige Sekunden vor die Pfanne gestellt und nach der IR-Messung wieder entfernt. Die Temperatur des Detektors liegt nahe an der des umgebenden Raumes. Die Detektorbox ist aus Aluminium gefertigt. Bei den Messungen reflektiert die Box hauptsächlich IR aus dem Raum, was die schwarze Pfanne zwischen den Messungen „sieht“!

Lektionen gelernt

Alle Aussagen des Gutachters zum Missbrauch des S-B-Gesetzes wurden widerlegt.

Wir waren in der Lage, die IR-Strahlung mit einer Genauigkeit von ±2,5 % zu messen.

Die IR-Rückstreuung von CO_2 in der vorderen Kammer in die hintere Kammer erhöht nicht die Temperatur der Rückwand und der Luft in der Kammer, anders als von den Klimamodellen angenommen.

Link:
https://wattsupwiththat.com/2021/05/15/answer-to-a-review-of-seim-and-olsen-paper-the-influence-of-ir-absorption-and-backscatter-radiation-from-co2/

Übersetzt von Chris Frey EIKE