

Scientists for Future

Die Grundlagen des Klimawandels

Das Zusammenspiel von Sonne und Erdatmosphäre

Die Sonneneinstrahlung bestimmt im Wesentlichen das Klima auf der Erde. Allerdings wird die Strahlungsbilanz, also gewissermaßen der Energiehaushalt der Erde ganz wesentlich von der Atmosphäre bestimmt. In diesem Zusammenhang sind die sogenannten Treibhausgase wie Wasserdampf, CO₂ und Methan von herausragender Bedeutung.

Sie sind in natürlicher Weise in der Atmosphäre vorhanden und sind für den natürlichen Treibhauseffekt verantwortlich. Ohne diesen natürlichen Treibhauseffekt gäbe es wohl kein Leben auf der Erde, denn die globale Durchschnittstemperatur läge bei -18°C.

Der menschengemachte Treibhauseffekt, der im wissenschaftlichen Zusammenhang meist als *anthropogener* Treibhauseffekt bezeichnet wird und für den Klimawandel verantwortlich ist, entsteht durch eine Anreicherung von Treibhausgasen in der Atmosphäre aufgrund menschlicher Aktivitäten und ist im Prinzip eine Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts. In Abb. 1 wird deutlich, dass die Konzentration der wichtigsten Treibhausgase seit der Industrialisierung sehr stark zunimmt.

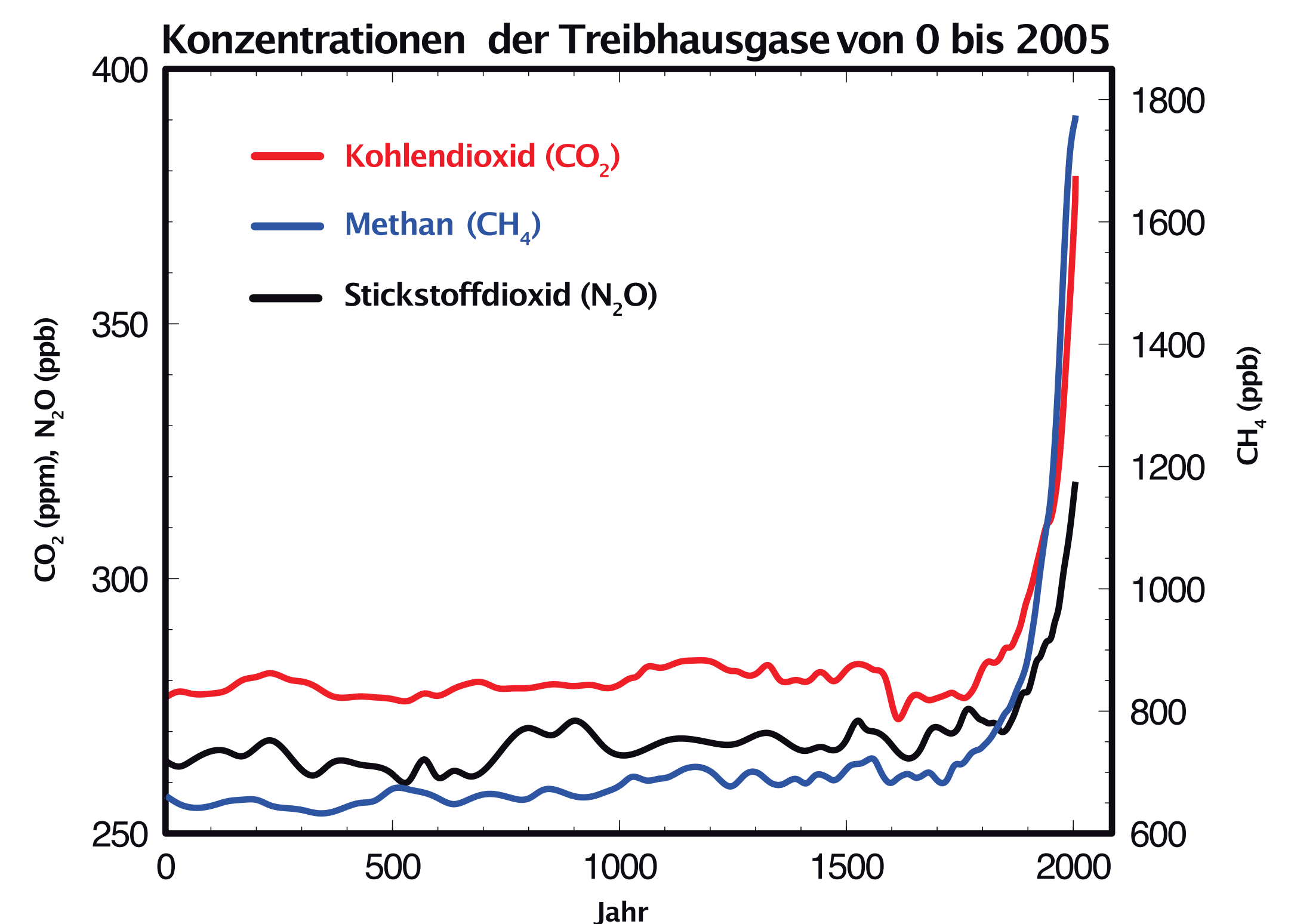


Abb. 1: Atmosphärische Konzentrationen wichtiger langlebiger Treibhausgase über die letzten 2.000 Jahre. Anstiege seit etwa 1750 sind auf menschliche Aktivitäten im Industriezeitalter zurückzuführen. [1]

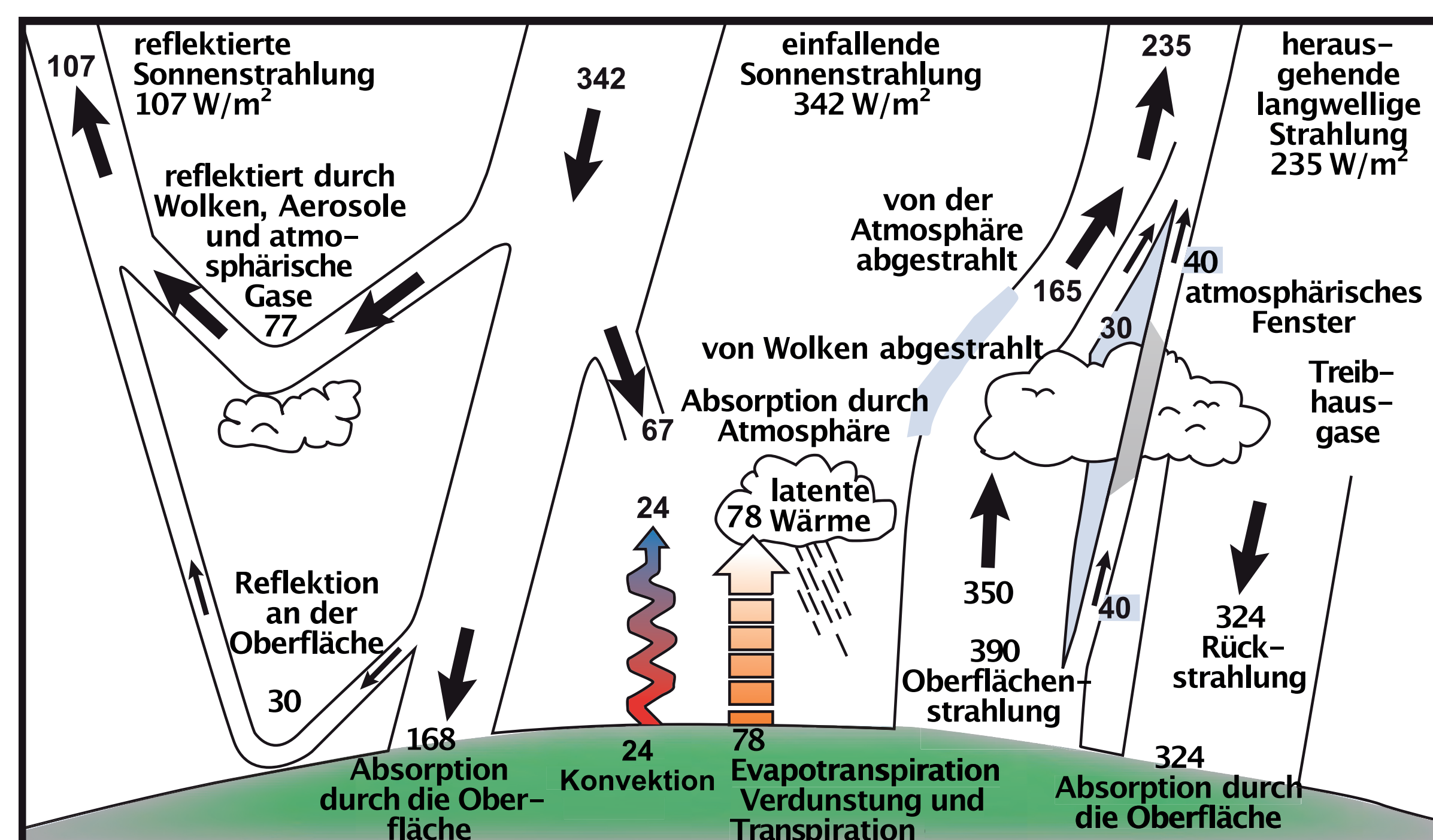


Abb. 2: Abschätzung der jährlich und global gemittelten Energiebilanz der Erde. Langfristig wird die Menge an einfallender Sonnenstrahlung, die von der Erde und der Atmosphäre absorbiert wird, dadurch kompensiert, dass Erde und Atmosphäre die gleiche Menge langwelliger Strahlung wieder freisetzen. Ungefähr die Hälfte der einfallenden Sonnenstrahlung wird von der Erdoberfläche absorbiert. Die Energie gelangt von dort zurück in die Atmosphäre, wenn sich die Luft im Kontakt mit der Oberfläche erwärmt, sowie durch Verdunstung von Wasser und durch langwellige Strahlung, die durch Wolken und Treibhausgase absorbiert wird. Die Atmosphäre wiederum strahlt langwellige Energie sowohl auf die Erde zurück, wie auch in den Weltraum hinaus. [1]

Der menschengemachte Treibhauseffekt

Durch menschliche Aktivitäten, vor allem durch die Verbrennung von fossilen Energieträgern, werden große Mengen Treibhausgase – insbesondere CO₂ – freigesetzt und akkumulieren sich in der Atmosphäre. Diese Treibhausgase verstärken den natürlichen Treibhauseffekt, da mehr Strahlung zur Erde zurückgeworfen wird.

Verglichen mit CO₂ haben andere Treibhausgase pro emittiertem Molekül eine wesentlich stärkere Wirkung. Ein Molekül CH₄ (Methan) hat beispielsweise ein 25-mal stärkeres Treibhausgaspotential als ein CO₂-Molekül. Obwohl die anderen Treibhausgase teilweise sehr viel höhere Treibhausgaspotentiale haben, ist der Strahlungsantrieb, der durch CO₂ hervorgerufen wird, wesentlich höher als bei den anderen Treibhausgasen. Dies liegt daran, dass im Vergleich sehr viel größere Mengen an CO₂ emittiert werden.

Neben den Treibhausgasen beeinflussen auch Aerosole, Veränderungen der Landnutzung (Albedo, also Reflexionsvermögen der Erdoberfläche) und die natürliche Variabilität der Sonnenstrahlung die Strahlungsbilanz und damit auch das Klima. Die natürliche Änderung durch die sich verändernde Sonneneinstrahlung ist jedoch mit ca. 0,05 W/m² im Vergleich zu dem menschengemachten Anteil sehr gering. Ohne den menschengemachten Anteil ist der zu beobachtende Klimawandel wissenschaftlich nicht zu erklären. [1]

Der natürliche Treibhauseffekt

Abb. 2 zeigt die Strahlungsbilanz der Erde. Die Sonne strahlt Energie in Form von kurzwelliger Strahlung (sichtbarem Licht) ab. Ein Teil der einfallenden Strahlung wird durch Reflexion an der Atmosphäre und der Erdoberfläche unmittelbar wieder an den Weltraum abgegeben. Die restliche Energie wird zum Teil von der Atmosphäre und zum Teil von der Erde absorbiert. Hierdurch erwärmen sich Atmosphäre und Erde und geben ihrerseits diese Energie wieder in Form von langwelliger Wärmestrahlung ab.

An dieser Stelle kommen die Treibhausgase ins Spiel. Im Gegensatz zu den kurzwelligen Sonnenstrahlen, die zu einem großen Teil ungehindert die Atmosphäre passieren, wird die langwellige Wärmestrahlung von den Treibhausgasen fast vollständig absorbiert und dann teilweise zur Erde zurückgestrahlt. Die Strahlung wird dadurch gewissermaßen von der Atmosphäre gefangen und mehrmals zwischen Erde und Atmosphäre hin und her geschickt, bevor sie wieder ins Weltall entweicht. Durch diese Rückstrahlung von 324 W/m² erhält die Erde insgesamt 492 W/m² statt nur die 168 W/m², die direkt von der Sonne kommen (Abb. 2).

Klimawirksamer Strahlungsantrieb zwischen 1750 und 2005

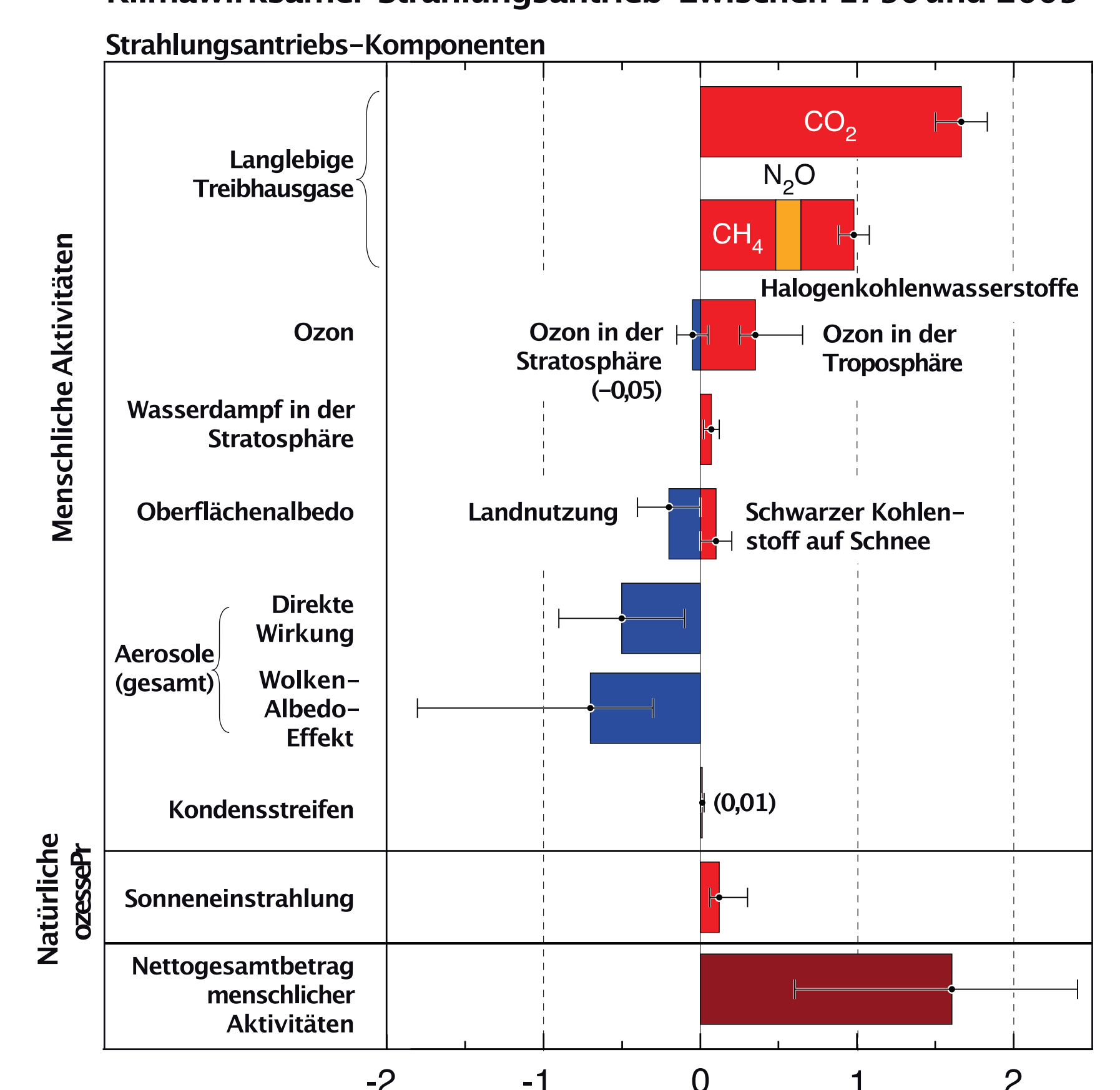


Abb. 3: Zusammenfassung der wichtigsten Komponenten des Strahlungsantriebs des Klimawandels. Die Werte geben die Antriebe im Jahre 2005 relativ zum Beginn des Industriezeitalters (ca. 1750) wieder. Positive Antriebe führen zur Erwärmung, negative zur Abkühlung des Klimas. (Darstellung vereinfacht) [1]

Referenzen

[1] Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland (2007), *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing*, In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA Deutsche Übersetzung durch die deutsche IPCC-Koordinierungsstelle, Bonn, 2011



Link zum IPCC Report