



Helge Goessling, ein Biophysik-Absolvent der Humboldt-Universität zu Berlin, forscht seit 2008 an dem physikalischen Klimasystem und dessen Vorhersagbarkeit. Seine Doktorarbeit am MPI für Meteorologie konzentrierte sich auf den globalen Wasserkreislauf und Rückkopplungen zwischen Land und Atmosphäre. Nach seinem Wechsel zum Alfred-Wegener-Institut im Jahr 2012 verlagerte er seinen Schwerpunkt auf die Vorhersage von Meereis und Aspekte des Klimawandels. Von 2014 bis 2017 leitete Goessling das Büro des WMO-Jahres der Polarvorhersage am AWI. Anschließend leitete er eine vom BMBF finanzierte Forschungsgruppe zur Meereisvorhersage (2017-2023), die unter anderem ein Klima- und Meereisvorhersagesystem auf Basis des AWI-Klimamodells entwickelte. Seit 2022 leitet er ein Forschungsprojekt mit sieben Helmholtz-Zentren, das Extremereignisse unter verschiedenen Klimabedingungen simuliert, um die Auswirkungen des Klimawandels zu verstehen.

Titel: Der globale Klimawandel – Wo stehen wir und was erwartet uns?

Vortragender: Helge Gößling

Aktueller Arbeitgeber: Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven

Der Klimawandel ist eine der größten Herausforderungen, denen die Menschheit gegenübersteht. Er treibt eine allumfassende Transformation voran, die fast jeden Aspekt unseres Lebens berührt, und die Humus- und Erdenwirtschaft ist keine Ausnahme. Der VHE hat den Klimawandel offensichtlich bereits sehr hoch auf der Agenda, wie bereits an der prominenten Darstellung des Themas Klima auf der VHE-Homepage erkennbar. Deutliche Zusammenhänge bestehen in beiden Richtungen: Einerseits stellt der Klimawandel mit der Zunahme von Extremereignissen die Branche vor neue Herausforderungen. Andererseits ist die Humus- und Erdenwirtschaft eng mit der Emission aber auch der Aufnahme von CO₂ und andere Treibhausgasen verbunden. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit aber auch eine Notwendigkeit, die Klimabilanz die Humus- und Erdenwirtschaft ins Auge zu fassen. In meinem Vortrag gehe ich kurz auf diese Aspekte ein. Als Klimaphysiker, der sich in erster Linie mit globalen Zusammenhängen befasst, liegt der Schwerpunkt meines Beitrags jedoch darauf, die Grundlagen des Klimawandels zu rekapitulieren und ein Update zu geben, wo wir heute stehen.

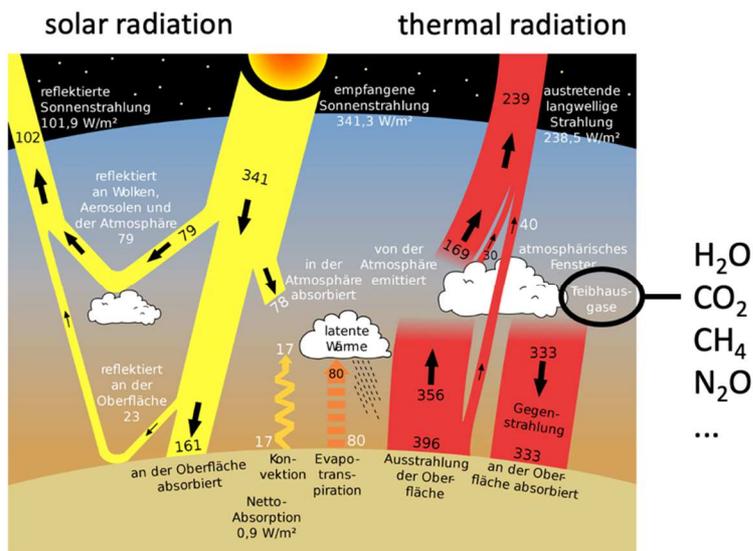


Abbildung 1. Die Energiebilanz der Erde und der Treibhauseffekt.

Der Treibhauseffekt ist ein natürlicher Prozess, der die Erdoberfläche erwärmt (Abbildung 1). Er tritt auf, wenn bestimmte Gase in der Erdatmosphäre die Wärme der Sonne einfangen, die sonst in den Weltraum entweichen würde. Diese Gase sind als Treibhausgase bekannt und umfassen Kohlendioxid (CO₂), Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O) und fluorierte Gase. Kohlendioxid (CO₂) ist das bedeutendste Treibhausgas und wird hauptsächlich durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Kohle, Öl und Erdgas freigesetzt. Methan (CH₄), ein noch stärkeres Treibhausgas, wird während der Produktion und des Transports von Kohle, Öl und Erdgas sowie in der Landwirtschaft freigesetzt. Distickstoffoxid (N₂O) wird bei landwirtschaftlichen und industriellen Aktivitäten sowie bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe und Biomasse emittiert. Die Gewinnung und Nutzung fossiler Brennstoffe sind bedeutende Beiträge zu den Treibhausgasemissionen. Wenn wir diese Brennstoffe zur Energiegewinnung verbrennen, setzen sie CO₂ in die Atmosphäre frei, verstärken den Treibhauseffekt und führen zur globalen Erwärmung.

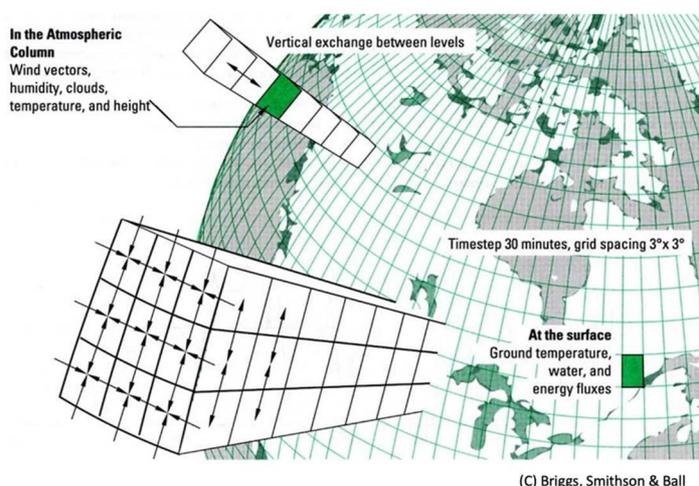


Abbildung 2. Funktionsweise eines Klimamodells.

Klimamodelle sind wesentliche Werkzeuge zum Verständnis des Klimasystems und zur Projektion zukünftiger Klimaszenarien. Indem sie die Atmosphäre und die Ozeane der Erde in Millionen von Gitterzellen aufteilen (Abbildung 2), simulieren sie die Wechselwirkungen der

Atmosphäre, der Ozeane, der Landoberfläche und des Eises, um vorherzusagen, wie das Klima auf Veränderungen der Treibhausgaskonzentrationen reagieren wird. Diese Modelle können zukünftige Klimabedingungen basierend auf verschiedenen Emissionsszenarien projizieren und helfen uns zu verstehen, welche potenziellen Auswirkungen unsere heutigen Handlungen auf das zukünftige Klima haben.

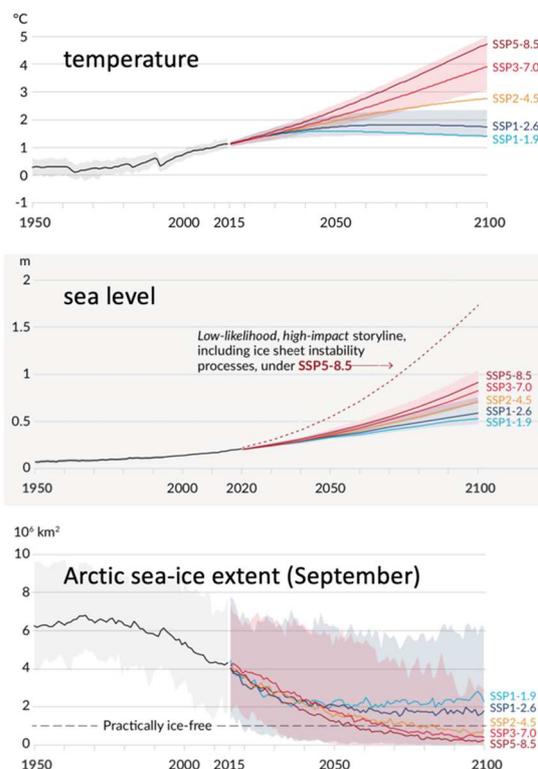


Figure 3. Mögliche zukünftige Entwicklung wichtiger Kenngrößen des Klimasystems gemäß des jüngsten Sachstandsberichts des Weltklimarates (IPCC-AR6).

Laut dem neuesten IPCC-Sachstandsbericht (AR6) haben menschliche Aktivitäten zu einem Anstieg der globalen durchschnittlichen Oberflächentemperatur um etwa 1,1°C seit 1850-1900 geführt, und dieser könnte bis Ende des Jahrhunderts etwa 4°C Erwärmung erreichen, wenn die Emissionen nicht signifikant reduziert werden (Abbildung 3). Der Bericht führt auch ein neues Hochrisikoszenario für den Meeresspiegelanstieg ein, das besagt, dass ein globaler Anstieg von nahezu 2m bis 2100 und 5m bis 2150 unter einem sehr hohen Treibhausgasemissionsszenario nicht ausgeschlossen werden kann. Darüber hinaus wird prognostiziert, dass die Arktis um die Jahrhundertmitte bei hohen Emissionen praktisch eisfrei sein wird, was bestätigt, dass die verstärkte Erwärmung in der Arktis zu einem signifikanten Rückgang der Meereisausdehnung im September geführt hat.

Der Bericht bestätigt auch, dass der vom Menschen verursachte Klimawandel extreme Wetter- und Klimaereignisse – wie Hitzewellen, Starkregen und Dürren – häufiger und schwerwiegender macht, wobei selbst relativ kleine inkrementelle Erhöhungen der globalen Erwärmung (wie +0,5°C) statistisch signifikante Veränderungen der Extreme auf globaler Ebene und für große Regionen verursachen. Um ein greifbares Beispiel zu geben, zeigen sogenannte Storyline-Simulationen (Klima-Zwillinge) mit dem AWI-Klimamodell, dass in einer Welt mit 4°C globaler Erwärmung Hitzewellen wie die, die Mitteleuropa im Juli 2019 trafen,

zusätzliche 7°C auf die bereits erreichten 40°C in Westdeutschland bringen könnten (Abbildung 4).

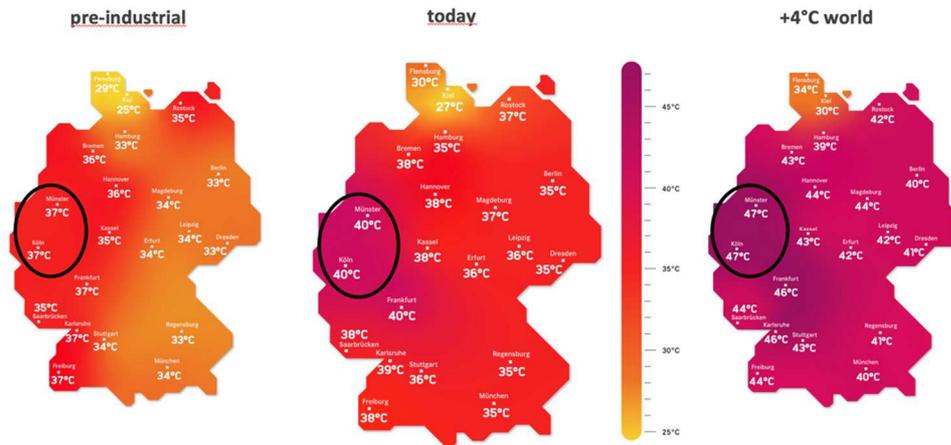


Abbildung 4. Klima-Zwillinge der Hitzewelle im Juli 2019 in Deutschland versetzt in andere Klimazustände, basierend auf dem Alfred-Wegener-Institut (AWI) Klimamodell (Sanchez-Benitez et al. 2022).

Die im IPCC-Bericht betrachteten Projektionen basieren auf verschiedenen Emissionsszenarien und unterstreichen die dringende Notwendigkeit von Klimaschutzmaßnahmen, um diese Auswirkungen zu mildern. Wichtig ist, dass die beiden Szenarien mit niedrigen Emissionen, die noch die in Paris vereinbarten 1,5°C- oder 2°C-Erwärmungsniveaus vermeiden könnten, in der zweiten Hälfte des 21. Jahrhunderts auf signifikante netto-negative Kohlenstoffemissionen setzen, für die Technologien wie die Kohlenstoffabscheidung und -speicherung (CCS) in absehbarer Zukunft nicht im erforderlichen Maßstab und zu akzeptablen Kosten existieren (Abbildung 5).

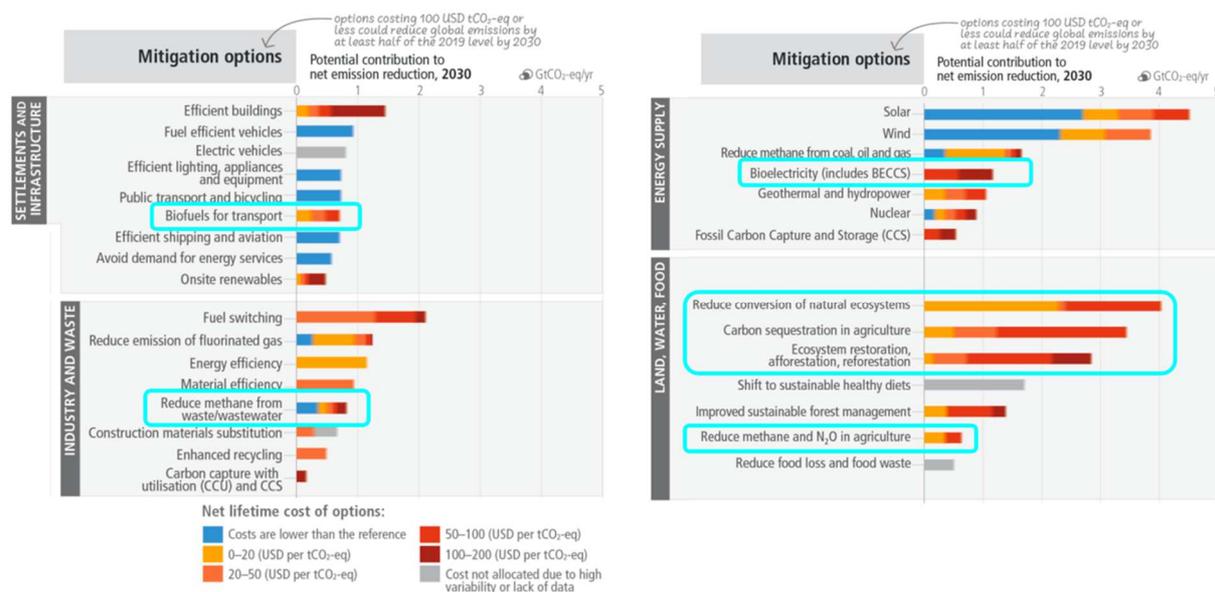


Figure 5: Emissionsminderungspotenziale und -kosten laut dem jüngsten IPCC-Sachstandsbericht (AR6). Für die Humus- und Erdenwirtschaft besonders relevante Aspekte sind mit cyan-farbenen Kästen hervorgehoben.

Was neueste Entwicklungen betrifft, so stieg die globale Durchschnittstemperatur im Jahr 2023 auf 1,48°C über dem vorindustriellen Niveau an und übertraf den bisherigen Rekord um 0,17°C. Frühere bestmögliche Schätzungen bekannter Ursachen, einschließlich menschengemachter Erwärmung und El Niño, liegen etwa 0,2°C unter der beobachteten Temperatur. Satelliten- und Reanalyse-Daten deuten darauf hin, dass eine rekordniedrige planetare Albedo der Hauptfaktor ist, der diese Erklärungslücke schließt (Abbildung 6). Der Rückgang wird größtenteils durch eine verringerte Bedeckung mit niedrigen Wolken in Fortsetzung eines mehrjährigen Trends verursacht. Der Trend könnte zumindest teilweise auf reduzierte Schwefelemissionen aus der Schifffahrt oder eine sich abzeichnende Rückkopplung mit niedrigen Wolken zurückzuführen sein. Verschiedene Klimamodelle liefern unterschiedliche Antworten darauf, wie stark die zukünftige Erwärmung sein wird, je nachdem, ob niedrige Wolken zurückgehen oder nicht, was zu erheblicher Unsicherheit führt. Der jüngste Verlust von Wolken und der Anstieg der Erwärmung deuten darauf hin, dass die stärkeren Erwärmungsprojektionen realistischer sein könnten, was Klimaschutzmaßnahmen noch dringlicher macht. Details zu diesen aktuellen Entwicklungen sind zu finden in Goessling et al. (2024).

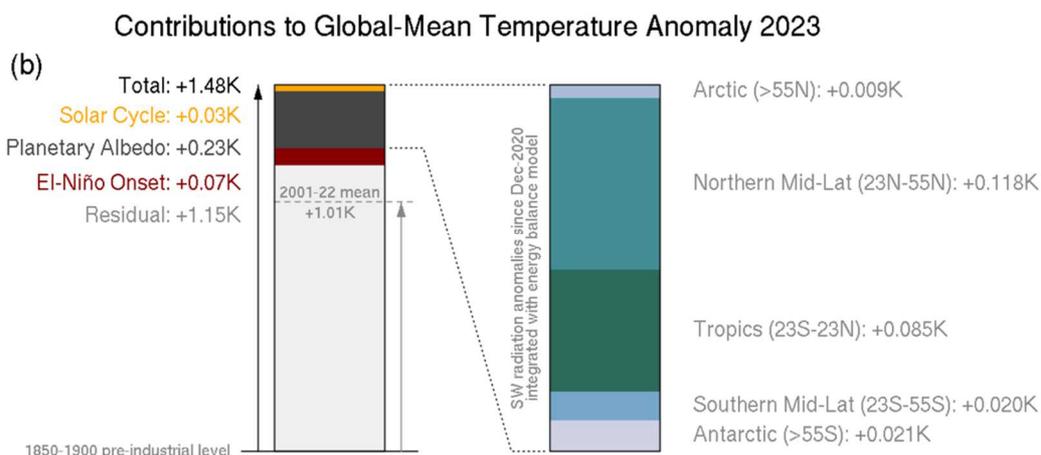


Figure 6. Beiträge zur Rekordtemperatur von +1,48°C über dem vorindustriellen Niveau im Jahr 2023 gemäß Goessling et al. (2024). Der größte Teil der Erwärmung aufgrund von Treibhausgasen ist Teil des „Residuals“ (Restes), aber ein unbekannter Teil des Beitrags der planetaren Albedo könnte ebenfalls aus den erhöhten Treibhausgaskonzentrationen resultieren und somit dauerhaft bestehen bleiben.

Referenzen

Sánchez-Benítez, A., Goessling, H.F., F. Pithan, T. Semmler, and T. Jung: The July 2019 European Heat Wave in a Warmer Climate: Storyline Scenarios with a Coupled Model Using Spectral Nudging. *J. Climate*, 35, 2373–2390, <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-21-0573.1>, 2022

Goessling, H.F., Rackow, T., Jung, T.: Recent global temperature surge amplified by record-low planetary albedo, Preprint, <https://doi.org/10.48550/arxiv.2405.19986>, 2024