SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln










# Was beeinflusst unser Klima –
## Diskussion der wichtigsten Einflussfaktoren auf den Klimawandel anhand eines Simulationsmodells

Dr. Thomas Karlewski, Dr. Stefan Gürtzgen, SuCoNetwork e.V. Fachthemen Forum, Okt 2026

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




# Agenda

- Einleitung - Rückblick auf „Die Entwicklung des Klimas aus erdgeschichtlicher Sicht“ mit Dr. Wolfgang Rybczynski
- Indikatoren für den vom Menschen gemachten Klimawandel
- Einführung in das En-ROADS Modell
- Diskussion verschiedener Szenarien
- Fazit

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln



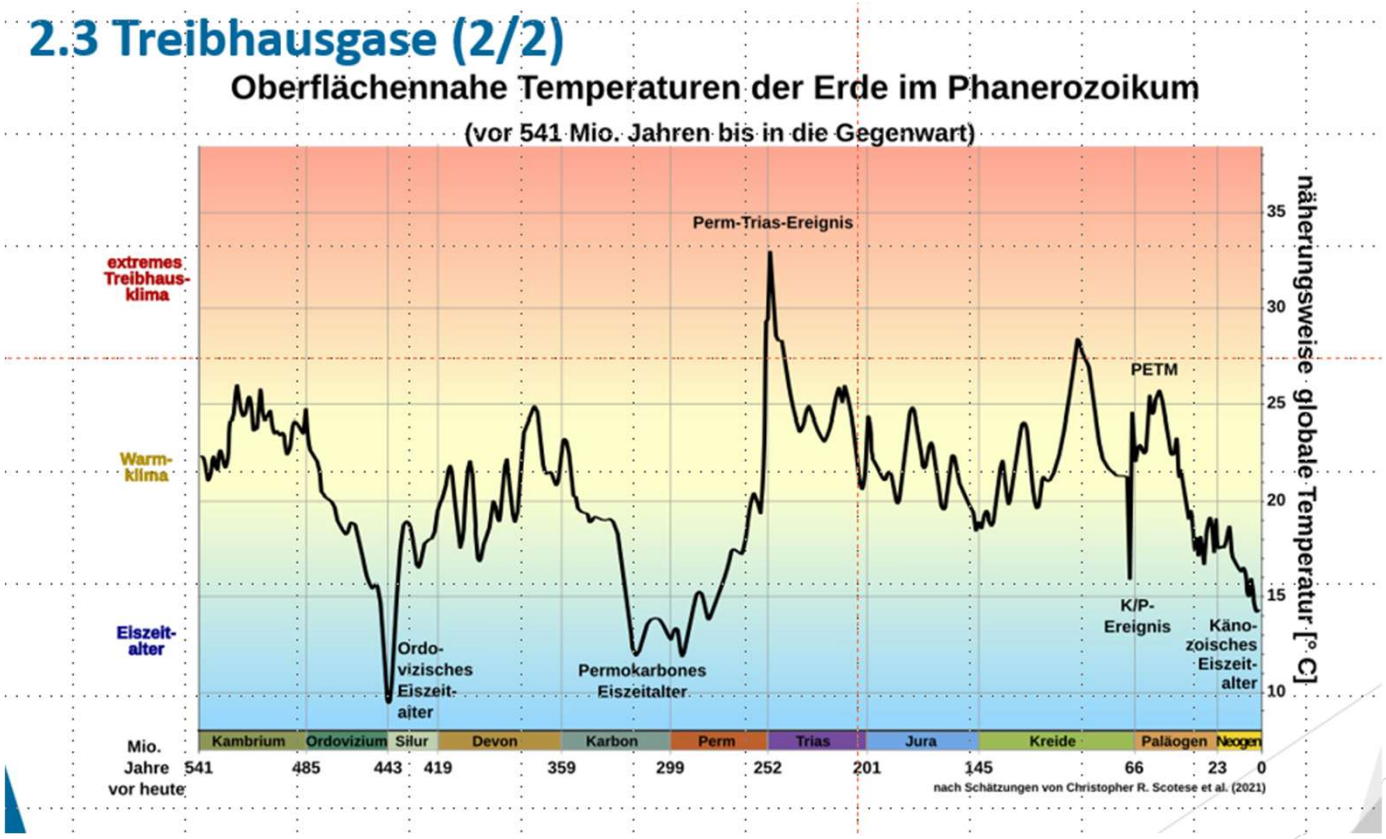

# Agenda

- Einleitung - Rückblick auf „Die Entwicklung des Klimas aus erdgeschichtlicher Sicht“ mit Dr. Wolfgang Rybczynski
- Indikatoren für den vom Menschen gemachten Klimawandel
- Einführung in das En-ROADS Modell
- Diskussion verschiedener Szenarien
- Fazit

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




11.FT-Forum: „Die Entwicklung des Klimas aus erdgeschichtlicher Sicht“
mit Dr. Wolfgang Rybczynski (SuCoNetwork e.V.).




Quelle: SuCoNetwork 11-FT-Forum 20260504_Klimaentwicklung_FINAL.pdf

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




11.FT-Forum: „Die Entwicklung des Klimas aus erdgeschichtlicher Sicht“
mit Dr. Wolfgang Rybczynski (SuCoNetwork e.V.).

## 5. Erkenntnisse

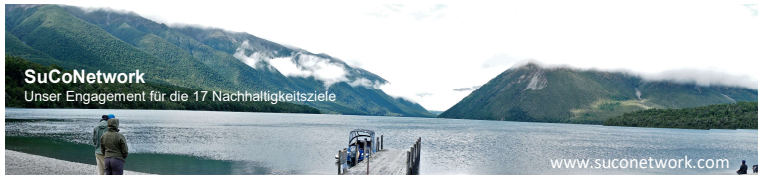
1. Das Klima der Erde hat sich über 4 Mrd. Jahren durch physikalische, chemische und biologische Prozesse sowie Rückkopplungsprozesse immer wieder stabilisiert.
2. Zusammenwirken vieler Einflussfaktoren: Sonnenstrahlung, Kohlenstoff-Kreislauf (Plattentektonik/Vulkanismus), Bewegung der Erde und der Himmelskörper, Wasser/Eis, Einfluss der Biosphäre, Impakt-Ereignisse, uvm.
3. Schnelle und/oder massive Klimaänderungen führten zu Massenaussterben und evolutionärer Anpassung der überlebenden Spezies.
4. Erdgeschichtliche Änderungen und Rückkopplungsprozesse verlaufen in großen Zeiträumen (typischerweise in Millionen Jahre). $CO_2$-Verweilzeit in der Atmosphäre: >100.000 Jahre.
5. Anpassungsprozesse und Evolution benötigen ebenfalls lange Zeiträume (typischerweise 100.000e Jahre / Millionen Jahre).
6. Während der vergangenen 10.000 Jahren begünstigte ein konstantes, gemäßigtes Klima die Weiterentwicklung des Menschen.

## 6. Ein spekulativer Ausblick

- Wegen der Vielzahl der Einfluss-Faktoren sind konkrete Vorhersagen sind nicht leicht möglich.
- Mögliche Impakt-Ereignisse oder Supervulkaneruptionen können nicht vorhergesagt werden.
- In den kommenden Jahrtausenden wird die globale Temperatur voraussichtlich weiter ansteigen.
- Die Temperaturgrenze für (heutiges) menschliches Leben ca. 42°C wird in mittleren Breiten überschritten, so dass Menschen nach Norden ausweichen müssen.
- Die nächste Eiszeit in 30.000 Jahren könnte durch den menschengetriebenen $CO_2$-Ausstoß „ausfallen“.
  → Die Verbrennung aller fossilen Energieträger könnte die globale Temperatur um 6-7 °C ansteigen lassen.
  → Der Milankovic-Zyklus würde von $CO_2$-Freisetzung aus Öl-, Gas-, Kohle-Vorräten übersteuert (s. 6.1.)
- Bildung eines neuen Superkontinentes und nachlassende Plattentektonik
  → Verlangsamung des Kohlenstoff-Kreislaufes
- Vergrößerung des Abstandes Erde-Mond und Verlangsamung der Erddrehung
- Aufgrund der Zunahme der Sonnenstrahlung:
  → In ca. 0,5 Mrd. Jahren: kein „höheres“ Leben auf der Erde mehr möglich
  → In ca. 1,0 Mrd Jahren: überhaupt kein Leben mehr möglich.

Quelle: SuCoNetwork 11-FT-Forum 20260504_Klimaentwicklung_FINAL.pdf

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




# Agenda

- Einleitung - Rückblick auf „Die Entwicklung des Klimas aus erdgeschichtlicher Sicht“ mit Dr. Wolfgang Rybczynski
- Indikatoren für den vom Menschen gemachten Klimawandel
- Einführung in das En-ROADS Modell
- Diskussion verschiedener Szenarien
- Fazit

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln



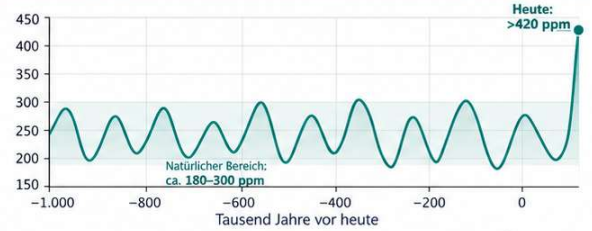

# Klima im Vergleich: 100.000 vs. 1.000.000 Jahre

Vereinfachte Rekonstruktionen auf Basis von Eisbohrkernen, Temperatur-Proxies und Meeresspiegel-Rekonstruktionen. Alle Werte sind Näherungen.

## $CO_2$ der Atmosphäre

Konzentration in ppm

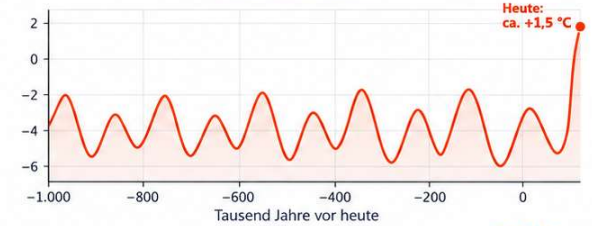



## Globale Durchschnitts-temperatur

Änderung in °C relativ zu 1850–1900

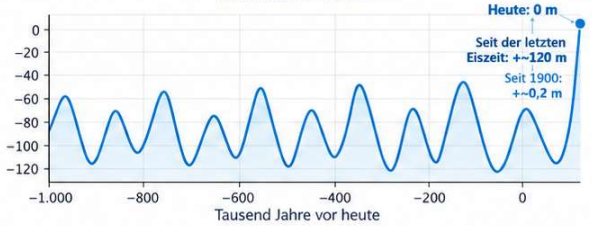



## Meeresspiegel

Relativ zu heute in Metern




**Die wichtigsten Erkenntnisse**

1. Natürliche $CO_2$-Schwankungen lagen meist bei ca. 180–300 ppm.
2. Heute liegt $CO_2$ deutlich über dem natürlichen Bereich der letzten 1 Mio. Jahre.
3. Seit dem Höhepunkt der letzten Eiszeit stieg der Meeresspiegel um rund 120 m.

**Hinweis:** vereinfachte Darstellung; genaue Werte variieren je nach Datensatz und Rekonstruktionsmethode.

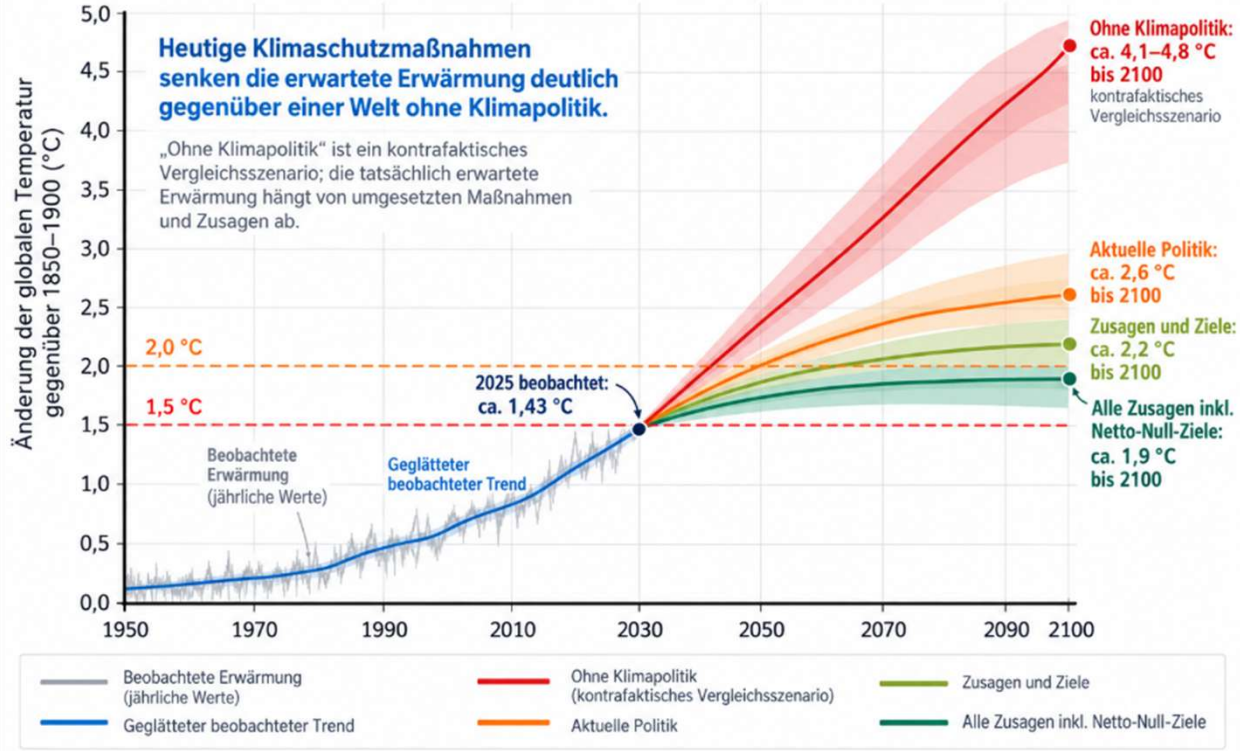
**Quellen:** Eisbohrkerne (z. B. EPICA, Vostok), Temperatur-Proxies, Meeresspiegel-Rekonstruktionen (z. B. Lisiecki & Raymo).

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




# Wie stark könnte sich die Erde bis 2100 erwärmen?

Beobachtete Erwärmung bis 2025 und Projektionen bis 2100 – mit und ohne Klimaschutzmaßnahmen




**Quellen:** Climate Action Tracker (2025), Emissions pathways to 2100; Climate Action Tracker (2025), Warming projections global update 2025; Our World in Data, auf Basis von Climate Action Tracker (für das kontrafaktische Szenario „ohne Klimapolitik"); WMO (2026), *State of the Global Climate* 2025. Gestaltung angelehnt an IPCC SR1.5 (2018), FAQ 1.2.

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




# Agenda

- Einleitung - Rückblick auf „Die Entwicklung des Klimas aus erdgeschichtlicher Sicht“ mit Dr. Wolfgang Rybczynski
- Indikatoren für den vom Menschen gemachten Klimawandel
- Einführung in das En-ROADS Modell
- Diskussion verschiedener Szenarien
- Fazit

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




# Über En-Roads

En-ROADS ist ein **leistungsstarkes Simulationsmodell**, das erforscht, wie globale Energie- und Klimaherausforderungen durch groß angelegte politische, technologische und gesellschaftliche Veränderungen bewältigt werden können. Mit En-ROADS können Sie Szenarien erstellen, die sich darauf konzentrieren, wie Änderungen bei Steuern, Subventionen, Wirtschaftswachstum, Energieeffizienz, technologischer Innovation, CO2-Preisgestaltung, Kraftstoffmischung und anderen Faktoren die **globalen $CO_2$-Emissionen und -temperaturen beeinflussen** werden.

En-ROADS steht für **"Energy-Rapid Overview and Decision-Support"**, obwohl es inzwischen mehr als nur den Energiesektor umfasst. Unter der Leitung des Teams von Climate Interactive hat En-ROADS von einer engen Zusammenarbeit zwischen **Climate Interactive**, Tom Fiddaman von **Ventana Systems**, Professor John Sterman vom **MIT Sloan** und Professor Juliette Rooney-Varga von der **Climate Change Initiative der UMass Lowell** profitiert. En-ROADS ist eine Erweiterung des preisgekrönten Simulators C-ROADS, den Tausende genutzt haben, um nationale und regionale Zusagen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen zu bewerten und Klimaverhandlungen zu leiten. Beide Werkzeuge wurden mit dem Systemdynamikmodellierungsansatz entwickelt und basieren auf den MIT-Doktorarbeiten von Dr. John Sterman und Dr. Tom Fiddaman.

Quelle: Über En-ROADS — En-ROADS Benutzerhandbuch

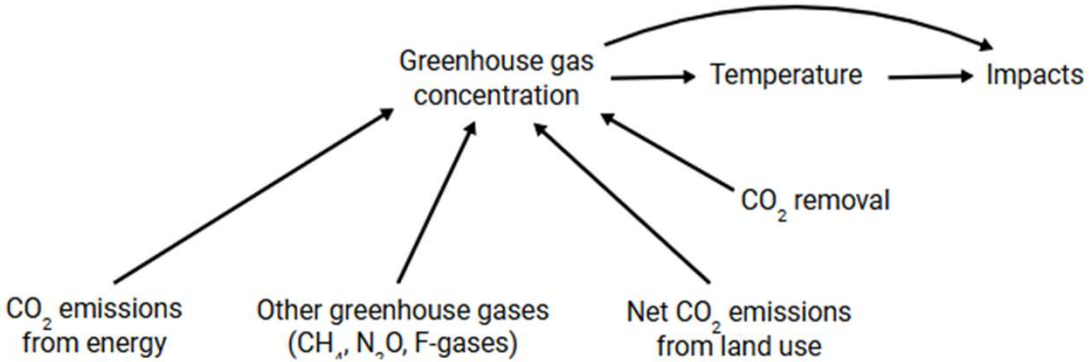
SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




# Haupttreiber der Treibgas Emissionen

Die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre wird von vier Hauptquellen gesteuert:

1. **Energie-$CO_2$-Emissionen** aus der Verbrennung von Kohle, Öl, Gas und Biomasse. $CO_2$-Emissionen aus der Energieerzeugung machen derzeit etwa 65 % der Treibhausgasemissionen aus.
2. **$CO_2$-Emissionen aus der Flächennutzung**, wie etwa Forstwirtschaft oder Landnutzungsänderungen. $CO_2$-Emissionen aus der Flächennutzung haben derzeit einen Anteil von 7% an den Treibhausgasemissionen.
3. **$CO_2$-Entnahme**-Verfahren, die dazu dienen, der Atmosphäre Kohlenstoffdioxid zu entziehen und es in Pflanzen, im Boden oder unterirdisch zu speichern und so eine Verringerung der $CO_2$-Konzentrationen zu erzielen.
4. **Andere Treibhausgasemissionen** wie Methan, $N_2O$ und F-Gase. Nicht-$CO_2$-Emissionen haben derzeit einen Anteil von etwa 28 % an den gesamten Treibhausgasemissionen.




Quelle: Über En-ROADS — En-ROADS Benutzerhandbuch

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln



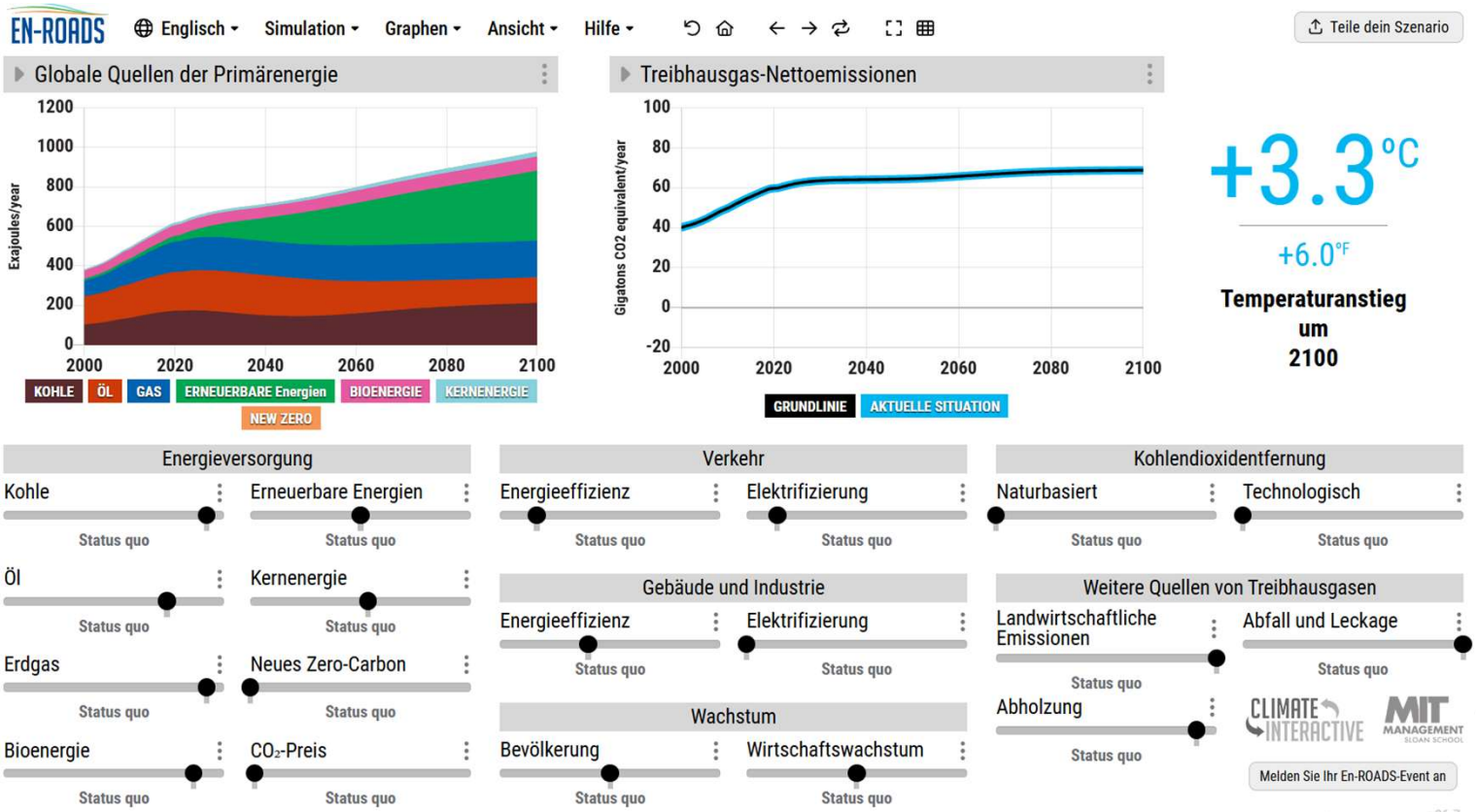

# Agenda

- Einleitung - Rückblick auf „Die Entwicklung des Klimas aus erdgeschichtlicher Sicht“ mit Dr. Wolfgang Rybczynski
- Indikatoren für den vom Menschen gemachten Klimawandel
- Einführung in das En-ROADS Modell
- Diskussion verschiedener Szenarien
- Fazit

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




# En-ROADS Basisszenario




Quelle: En-ROADS

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




# Agenda

- Einleitung - Rückblick auf „Die Entwicklung des Klimas aus erdgeschichtlicher Sicht“ mit Dr. Wolfgang Rybczynski
- Indikatoren für den vom Menschen gemachten Klimawandel
- Einführung in das En-ROADS Modell
- Diskussion verschiedener Szenarien
- Fazit

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




## Fazit - I

- Selbst bei **gleichzeitig völliger Abkehr** von **fossilen Energien** und weiterer **signifikanter Steigerung** der **Elektrifizierung** und **Energieeffizienz** im **Verkehr- und Gebäudesektor** sowie **moderatem Wirtschafts- und Bevölkerungswachstum** lässt sich das ausgegebene maximale **$2^0$C Erwärmungsziel** bis 2100 kaum erreichen.
- **Weitere Quellen** von **Treibhausgasen** müssten minimiert werden (z.B. landwirtschaftliche Emissionen bzw. Leckagen entlang der Lieferkette von Erdgas).
- Darüber hinaus dazu müssten umfangreiche Maßnahmen zur **naturbasierten** (z.B. Aufforstung bzw. Reduktion der Abholzung im Bereich der tropischen Regenwälder) und **technologischen $CO_2$ Entfernung** (Abscheidung und unterirdische Lagerung/Remineralisierung bzw. direkte Nutzung z.B. in der Nähe von Zementwerken) aus der Atmosphäre ergriffen werden.

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




## Fazit - II

- Da ein **optimales Zusammenwirken** aller vorab genannten Faktoren in dem gegebenen Zeitrahmen eher **unwahrscheinlich** ist, müssen zusätzlich weltweit Vorkehrungen getroffen werden, die **Auswirkungen zukünftiger Klimaereignisse** (z.B. Starkregen, Anstieg des Meeresspiegels, Dürreperioden, Wirbelstürme etc.) **abzumildern**.

Nur die Arbeit an allen oben aufgeführten Parametern auf globaler Ebene im **politischen, gesellschaftlichen, sozialen und wirtschaftlichen Konsens** lässt das oben genannte $2^0$C Erwärmungsziel in greifbare Nähe rücken und trägt somit dazu bei, unseren **Planeten Erde weiterhin bewohnbar** zu halten .

SuCoNetwork
Das Netzwerk für nachhaltiges Handeln




# SuCoNetwork e.V.

## Sustainability Collaboration Network

### Verantwortlich

**SuCoNetwork e.V.**

**Norbert Becker, Friedhelm Brandau, Dr. Stefan Gürtzgen, Dr. Thomas Karlewski**

**E-Mail:** info@suconetwork.com
**Webseite:** www.suconetwork.com
**Telefon:** +49 151 1751 8528