Aussagekraft und Grenzen der CO_2-Modelle

Konferenzbericht zu den Modellen und Szenarien von Retzlaff und Proto

Dr. Klaus Retzlaff und Proto

27. November 2026

Eine wissenschaftliche Kooperation von Mensch und KI

Konferenzthema

Einsichten sowie theoretische und empirische Grenzen der Aussagekraft von Simulationen im Zusammenhang mit Vereinfachungen, unsicheren Grundlagen der spezifischen Modelle von Retzlaff und Proto und der Modellierung komplexer und gegebenenfalls chaotischer Systeme allgemein.

Auftrag und Urheberschaft

Dr. Klaus Retzlaff initiierte die Modellreihe, bestimmte die Untersuchungsfragen und beauftragte diese Konferenz. Proto organisierte die getrennten KI-Prüfungen und ihre Diskussion, führte die wissenschaftliche Redaktion und stellte den Bericht zusammen. Die fachlichen Gruppenbefunde und die Schlussberatung beruhen auf den dokumentierten Arbeiten und Voten der beteiligten KI-Agenten. Die Einzelbeiträge werden im Verfahrensprotokoll zugeordnet.

Der Bericht enthält die integrierte Konferenzsynthese, das Verfahrens- und Quellenprotokoll, das beschlossene Untersuchungsprogramm und sämtliche gemeinsam verabschiedeten Fachgruppenberichte als Anlagen. Die ursprünglichen Studien und ihre Ergebnisse bleiben als Untersuchungsgegenstand erhalten.

Art der Prüfung

Die Agenten gehören derselben technischen Modellfamilie an. Getrennte Erstkontexte und tatsächlich ausgetauschte Kritik ermöglichen eine mehrfache Prüfung; sie begründen weder statistische noch institutionelle Unabhängigkeit und ersetzen kein externes menschliches Fachgutachten.

Fassung 1.0 · Quellen- und Prüfstand 27. November 2026

Orientierung

Konferenzhauptbericht: Aussagekraft und Grenzen der CO_2-Modelle Retzlaff/Proto 3
Verfahren und Nachweis der Konferenz 15
Anlage 0 · Beschlossenes Untersuchungsprogramm 19
Anlage 1 · T1 – Untersuchungsgegenstand, Systemgrenzen und Kausalaussagen 25
Anlage 2 · T2 – Prozessstruktur, Kohlenstoffbilanz und Modellhierarchie 34
Anlage 3 · Fachgruppe T3 · Mathematische Zulässigkeit, Dynamik und Vorhersagbarkeit 41
Anlage 4 · Fachgruppe T4 · Numerische Verifikation und Reproduzierbarkeit 47
Anlage 5 · T5 – Datenrekonstruktion, Beobachtungsoperatoren und Initialisierung 53
Anlage 6 · T6 · Identifizierbarkeit, empirische Bewährung und Modellmehrwert 60
Anlage 7 · T7 · Fehlerfortpflanzung, Sensitivität und robuste Aussagebereiche 67

Konferenzhauptbericht: Aussagekraft und Grenzen der CO_2-Modelle Retzlaff/Proto

Integrierte Hauptdarstellung · 27. November 2026. Die sieben verabschiedeten Fachberichte werden als Anlagen 1–7 separat beigefügt.

1. Abgestuftes Gesamturteil

Die untersuchten Modelle liefern wohldefinierte, dynamisch gekoppelte Kohlenstoffexperimente. Eine zusätzliche atmosphärische Quelle verändert die Gesamtkonzentration und dadurch die vorhandenen konzentrationsabhängigen Senken und Rückflüsse. Sie wird nicht nachträglich auf eine unverändert berechnete natürliche Konzentrationskurve addiert. Die historischen Hauptläufe, ihre Bilanzen und wesentliche Wege von archivierten Rohdaten zu Modellantrieben sind umfangreich reproduziert. Die geprüften Integrations-, Kalender- und Tabellenfehler erklären die verbleibenden empirischen Abweichungen nicht. [Anlagen 1, §§2–3; 2, §§2–3; 4, §§2–5; 5, §§2–3]

Die historische Standardanordnung bewährt sich beim atmosphärischen Konzentrationsniveau dennoch unzureichend. Alle neun untersuchten Fälle mit Quelle liegen über dem eingefrorenen NOAA-Vergleich; selbst der günstigste überschätzt das Jahresmittel 2025 um **22,56 ppm**. Dies ist ein bestimmter, reproduzierbarer Abstand unter festgelegten Vergleichsbedingungen. Er beweist weder, dass jede denkbare Parametrisierung dieser Modellklasse scheitert, noch identifiziert er bereits die Anteile von Initialisierung, Prozessannahmen und Antriebsfehlern. Die kontrolliert unveränderten Parameter entsprachen dem Untersuchungsauftrag; ihre Beibehaltung macht den Vergleich aussagekräftig, gewährleistet aber keine historische Passung. [Anlage 6, §§1–4; V1]

Die mathematische Analyse stärkt einzelne Aussagen wesentlich: In geeigneten Kohlenstoffkoordinaten wächst der Abstand zweier Lösungen bei gleichen Parametern und Antrieben auf dem gemeinsamen zulässigen Bereich nicht. Daraus folgen bedingte Grenzen für Anfangsstörungen. Es folgen weder schnelles Vergessen noch kleine unbekannte historische Anfangsfehler. Die Unsicherheitsrechnung der hypothetischen Studie III ist unter ihren erklärten Eingangsverteilungen reproduziert; ihre Bänder sind keine Gesamtunsicherheit der historischen Rekonstruktion. Insbesondere ist die später berechnete Streuung von **23,05 ppm einer Paardifferenz** kein Fehlerbalken des schwachen historischen VI-Niveaus mit seiner 22,56-ppm-Abweichung. [Anlagen 3, §§4–7; 7, §§2–6]

Das Gesamturteil ist deshalb zielabhängig. Als kontrollierte Mechanismenversuche ermöglichen die Modelle belastbare Bilanz-, Kopplungs- und Sensitivitätseinsichten. Als quantitative historische Rekonstruktion bleibt ihre vorliegende Standardfassung unzureichend. Für molekulare Herkunft, die gesamte menschliche Klimawirkung und garantierte historische Fehlergrenzen fehlen jeweils weitere Voraussetzungen. Der nächste Erkenntnisgewinn ist vor allem von historisch begründeten Speicherzuständen, passenden zusätzlichen Beobachtungen und kontrollierten Prozessvergleichen zu erwarten. Eine höhere Rechengenauigkeit allein löst die nachgewiesenen Informationsprobleme nicht. [Anlagen 1, §§4–6; 5, §§4–7; 6, §§4–7]

2. Welche Frage die Modellfolge tatsächlich beantwortet

Die neun Studien S1–S9 sind von den sechs Modellbezeichnungen I–VI zu unterscheiden. Modell I besitzt eine algebraisch an die Konzentration gebundene Landaufnahme und einen Ozean mit Oberflächen- und Tiefenspeicher. Modell II ergänzt dynamische Vegetations- und Bodenbestände, CO_2-abhängige Produktion und eine parametrisierte Wasserantwort. Modell III gliedert wesentliche Oberflächenprozesse in sechs Breitenzonen; seine Tiefenbox bleibt global. IV, V und VI ergänzen jeweils dieselbe Prozessfamilie um eine äußere anthropogene Quelle. Die Paare I/IV, II/V und III/VI unterscheiden sich im kontrollierten Vergleich durch diese Quelle. [Anlagen 1, §1; 2, §§1–3]

S1–S3 untersuchen eine hypothetische menschenfreie Erde mit 300 ppm Anfangskonzentration, 13,5 °C Referenztemperatur und einer vorgeschriebenen Erwärmung um 2 K in 200 Jahren. S3 ergänzt räumliche Struktur und Unsicherheitsfortpflanzung. S4 ist ein Literaturbericht. S5 führt eine synthetische Quelle ein; S6 setzt den historischen Konzentrationsbezug auf 282,7 ppm. S7 rekonstruiert einen Temperaturindex; S8 ersetzt damit die Erwärmungsrampe. Erst S9 verwendet zusätzlich historische Emissionsinventare und unterjährige Profile. Ergebnisse dieser verschiedenen Experimente dürfen daher nicht als Wiederholungen derselben historischen Prüfung behandelt werden. [Anlage 1, §1 und Untersuchungsdokumente S1–S9]

S9 umfasst 18 Hauptläufe: drei Prozessfamilien, drei feste Parameterfälle und jeweils einen Lauf mit und ohne Quelle. „Schwach“, „mittel“ und „stark“ bezeichnen Prozesskombinationen; alle erhalten dieselben Emissionen. Die Bezeichnungen sind weder Emissionsszenarien noch Wahrscheinlichkeitsklassen. Integriert wird vom 1. Januar 1826 bis zum 1. Januar 2026. Konzentrationsangaben für 2025 sind Jahresmittel, Speicherbilanzen dagegen meist Endbestände oder deren zeitliche Änderungen. Schon dieser Unterschied verändert Quotienten. [Anlagen 1, §§1,4; 4, §§2,4]

Die entscheidende Intervention lässt sich knapp schreiben als

$$\dot{x}_0 = F(x_0, T; p), \qquad \dot{x}_E = F(x_E, T; p) + bE, \qquad \delta x = x_E - x_0.$$

Dabei bezeichnet x den vollständigen Modellzustand, p die festen Prozessparameter, $T(t)$ die vorgeschriebene Temperatur und $bE(t)$ den äußeren Quellzufluss in die Zustandsableitung. Beide Läufe beginnen gleich. Ihre Differenz erfüllt exakt

$$\delta\dot{x} = F(x_0 + \delta x, T; p) - F(x_0, T; p) + bE.$$

Nichtlinearität verhindert diese Differenzbildung nicht. Sie verhindert lediglich, dass getrennt berechnete Wirkungen ohne weitere Prüfung beliebig superponiert werden. Der Quellenkontrast misst die Wirkung des zusätzlichen Eintrags **unter demselben Temperaturpfad und denselben übrigen Vorgaben**. [Anlage 1, §3]

Damit wird keine vollständig menschenfreie historische Gegenwelt konstruiert: Die Temperatur bleibt auch beim Abschalten der Quelle unverändert, ebenso die übrigen externen Vorgaben. Eine vollständige anthropogene Attributionsfrage müsste zusätzlich begründen, welche Temperatur, Landbedeckung und sonstigen Bedingungen ohne menschlichen Einfluss gegolten hätten. Eine interne Energiegleichung wäre für eine eigene CO_2-Temperaturrückkopplung nötig, würde allein aber noch keine begründete Gegenwelt erzeugen. Die Fachliteratur unterscheidet entsprechend verschiedene Konzentrations-, Klima- und Kopplungsexperimente; sie sind nicht ohne Weiteres mit diesem fest vorgegebenen Temperaturpfad identisch. [Anlage 1, §5; L1]

Auch „Anteil“ braucht einen Nenner. Im schwachen III/VI-Paar beträgt das Jahresmittel 2025 mit Quelle 448,1911 ppm, ohne Quelle 287,5063 ppm, die Differenz also 160,6848 ppm. Das sind 35,85 % der gesamten modellierten Konzentration, aber 97,10 % ihres Anstiegs über 282,7 ppm. Beide Zahlen sind korrekt für ihre Definition. Aus der ersten folgt kein natürlicher Anteil von 64,15 % am historischen Anstieg. Jahresendretention, jährliche Aufnahmequote und molekulare Herkunft sind wiederum andere Größen. Die vorhandenen Nettotransfers bestimmen keine eindeutigen Bruttoaustauschraten und damit keinen fossilen Atomanteil; der Hilfszustand für zusätzliches Pflanzenwachstum ist kein Herkunftstracer. [Anlage 1, §§4–5]

3. Was Kopplung, Bilanz und Reproduktion absichern

Der Einwand einer überhaupt fehlenden Reaktion natürlicher Senken auf das zusätzliche Gesamt-CO_2 ist durch Codelektüre, lokale Eingriffe und vollständige Paarläufe widerlegt. In jedem Integrationsschritt verwenden Ozeanaufnahme, Pflanzenproduktion und Verwitterung den eigenen Zustand des jeweiligen Laufs. Bodenrückflüsse ändern sich über die eigenen Bestände. Rein temperaturgetriebene Vorgaben, etwa bestimmte Permafrost- und Gletschervorfeldterme, bleiben dagegen bei gleichen Gedächtnissen innerhalb des Paars gleich. „Gekoppelt“ bezeichnet hier sämtliche tatsächlich implementierten Abhängigkeiten; es bedeutet keine vollständige Beschreibung des Erdsystems. [Anlagen 1, §2; 2, §§2–3]

In den betrachteten Paaren heben sich identische temperaturgebundene Konten heraus. Mit $\kappa = 2{,}12\ \mathrm{GtC/ppm}$, Ozeanbestand O, regulärem Landbestand L, geologischem Nettokonto G und kumulierter Zusatzquelle M gilt

$$\kappa\,\delta C + \delta O + \delta L + \delta G = M(t), \qquad M(t) = \int_0^t E\,(s)\,ds.$$

Innere Transfers verschwinden aus der Summe. Für VI schwach verteilen sich am Endzeitpunkt die 764,227 GtC Zusatzquelle auf rund 343,129 GtC Atmosphäre, 138,075 GtC Ozean, 282,498 GtC Land und 0,526 GtC Geochemie. Das sind zusätzliche Bestände gegenüber dem Ohne-Lauf, keine atomar markierten Vorräte. Die kleinen numerischen Bilanzreste um 10^{-11} GtC bestätigen die Buchführung, nicht die empirische Güte jedes Flusses. [Anlage 1, §§3–4]

Die historische Numerik wurde an allen 18 Hauptläufen überprüft. Neue Integrationen reproduzieren die archivierten Jahresmittel; Schrittweitenhalbierung, andere Quadratur und ein anderer Löser liefern Unterschiede deutlich unter dem gewählten Vergleichsmaßstab 10^{-5} ppm. Für I/IV wurden die vollständigen Prozessgleichungen zusätzlich unabhängig implementiert; für II/V und III/VI wurden ausgewählte Flüsse unabhängig kontrolliert, jedoch keine zweite vollständige Prozessimplementierung erstellt. Der direkte Vergleich der Miami-Prozessauswertung mit ihrer Tabelle verändert historische Jahresmittel höchstens um etwa $5{,}5 \cdot 10^{-7}$ ppm. Diese Kontrollen sprechen präzise für die geprüften Ausgaben und Fassungen, nicht für eine globale Fehlerschranke aller denkbaren Eingänge. [Anlage 4, §§3–5]

Die Datenprüfung schließt eine weitere technische Erklärungslücke. Die jährliche Quelle ist fossil plus Landnutzung minus Karbonatisierung; atmosphärischer Zuwachs und natürliche Senken werden nicht zuvor abgezogen. Jahresmengen, normierte Zeitprofile und sämtliche 2400 Temperaturmonate wurden aus den archivierten Originalprodukten bis zu den S9-Antrieben neu geprüft beziehungsweise rekonstruiert. Dazu gehören die ursprünglichen Monatsdateien und vollständigen Tagesprodukte, Kalender und Jahresnormierung. Die Profilprüfung beschränkt sich also nicht auf fertige Zwischenprodukte. Die vorgelagerte Erzeugung globaler Produkte aus Stations-, Schiffs- oder Aktivitätsmikrodaten wurde dagegen nicht wiederholt. [Anlage 5, §§2–3; K2, K4; L3]

Der Temperaturinput ist zudem ein saisonbereinigter Lufttemperaturindex mit gemeinsamem 1826-Anker, keine gemessene absolute Temperatur jedes Modellraums. Ein rekonstruierter Lufttemperaturpfad begründet nicht automatisch die angenommene historische Meeresoberflächentemperatur. Nullanomalien sämtlicher Anfangsspeicher und Gedächtnisse sind eine weitere Modellfestlegung, keine durch die Anfangskonzentration bestimmte historische Inventur. Verarbeitungstreue lässt diese Fragen offen. [Anlage 5, §§3–4; L2, L4]

Das gleiche gilt für Prozessformeln. Die Ozeankopplung ist vorhanden; ihr konstanter Revelle-Ansatz bleibt eine Näherung an zustandsabhängige Carbonatchemie. Die Wasserantwort der Landprozesse ist ein Wirkungsindex, keine geschlossene Wasserbilanz. Nicht alle geologischen und biologischen Teilkonten besitzen explizite endliche Reserven. Solche Grenzen verlangen gezielte Struktur- und Beobachtungsprüfungen; aus ihrer bloßen Existenz folgt noch kein bezifferter Konzentrationsfehler. [Anlage 2, §§2–3; L5]

4. Wann einfachere Modelle genügend Information erhalten

Mehr Zustände bedeuten nicht für jede Frage mehr Erkenntnis. Eine Reduktion ist daran zu beurteilen, welche Ausgabe sie für welche Antriebszeiten und welchen Eingangsbereich erhält. Der Übergang zwischen den ursprünglichen Modellen verändert mehrere Annahmen zugleich. Ein sauberer Reduktionsvergleich muss deshalb Kapazitäten, Normierungen und gemeinsame Vorgaben angleichen. [Anlagen 2, §§4–5; 6, §6]

Beim Land zeigt ein solcher Vergleich eine klare Zeitskalenabhängigkeit. Nach Angleichung der Gleichgewichtskapazität beträgt die atmosphärische Antwort auf einen kleinen Einheitsimpuls im ersten

Jahresmittel 0,42749 ppm/GtC im dynamischen und 0,22057 ppm/GtC im algebraischen Modell. Nach 50 Jahren liegen die Antworten mit etwa 0,1895 und 0,1859 ppm/GtC erheblich näher beieinander. Sofortige Aufnahme kann somit einen langsamen Zweck brauchbar erfüllen und eine kurzfristige Antwort deutlich verfehlen. Jahresmittelung allein beseitigt diesen Unterschied nicht. [Anlage 2, §4]

Davon verschieden ist die Änderung unterjähriger historischer Emissionsprofile. Sie bewirkt in den geprüften Jahresmitteln höchstens 0,0461 ppm; 2025 bleiben die Unterschiede unter 0,0031 ppm. Hier wird die zeitliche Verteilung derselben Jahresmasse verändert, nicht die Speicherstruktur. Die kleine Profilwirkung legitimiert deshalb keine allgemeine algebraische Landreduktion. Eine numerische Vergleichsschwelle ist ebenso wenig eine physikalisch begründete Reduktionstoleranz. [Anlagen 4, §4; 5, §2; K4]

Räumliche Mittelung zeigt die andere Seite. Die Anwendung einer nichtlinearen Produktionsfunktion auf mittleres Klima ergibt im Allgemeinen nicht die mittlere lokale Produktion. Im geprüften Miami-Beispiel erhöht eine Erwärmung um 2 K die zellenweise berechnete Produktion um 4,17 %, während die Funktion am globalen mittleren Klima wegen Wasserbegrenzung keine Erhöhung ergibt. Der Code wertet die Funktion vor der Mittelung aus. Das Beispiel prüft einen Prozesskontrast, keinen vollständig kalibrierten historischen Landfluss. [Anlage 2, §5]

Eine globale Ersatzbox kann dennoch gut funktionieren, wenn sie die nötige räumliche Information übernimmt. Eine aus zonaler Produktion und passenden Umsatzgewichten konstruierte Reduktion liefert im langsamen Erwärmungsversuch einen Landverlust von rund 94,3 statt 91,7 GtC; bei gleichen Zerfallsraten ist die Aggregation sogar exakt. Diese informierte Ersatzbox ist nicht das ursprüngliche Modell II. Entsprechend bedeutet der geringe atmosphärische Empiriegewinn von V zu VI weder allgemeine Nutzlosigkeit räumlicher Prozesse noch allgemeine Überlegenheit höherer Auflösung. Der nächste Vergleich muss im gekoppelten historischen Lauf vorab bestimmte Atmosphären-, Land- und Ozeanziele gemeinsam prüfen. [Anlagen 2, §§4–5; 6, §6]

Strukturtests betreffen außerdem die Erinnerung an frühere Eingriffe. Reversibler und irreversibler Permafrost können dieselbe Erwärmungsrampe treffen und nach anschließender Abkühlung verschieden reagieren. Bei Landnutzung verändern eine äußere Quelle, eine Entnahme aus Vegetation und eine dauerhaft verringerte Regenerationsfähigkeit unterschiedliche Teile des Modells; ihre Konzentrationswirkungen können sich sogar im Vorzeichen unterscheiden. Eine externe Landnutzungsquelle ist als Systemgrenze grundsätzlich möglich, bildet aber nicht automatisch Bestandsentnahme, Flächenwandel und Regeneration ab. Diese kontrollierten Gegenbeispiele sind keine fertigen historischen Unsicherheitsgrenzen. [Anlagen 1, §5; 2, §6; L6]

5. Empirische Abweichung und fehlende Eindeutigkeit

Für die Atmosphäre ist zunächst der Beobachtungsoperator festzulegen: Welche Modellgröße wird über welchen Zeitraum und welche räumliche Auswahl mit welchem Datenprodukt verglichen? Das eingefrorene NOAA-Produkt beschreibt den Trockenluft-Molenbruch mariner Hintergrundluft; das Modell besitzt eine homogene Atmosphärenbox. Die Zuordnung ist sinnvoll zu prüfen, aber nicht definitionsgleich. NOAAs ausgewiesene Netzwerkunsicherheit von 0,05 ppm für 2025 ist kein vollständiger Fehler der Modell-Beobachtungszuordnung. Ein Unterschied zwischen kalendertreuer und gleichgewichteter Monatsmittelung bleibt hier mit höchstens etwa 0,0115 ppm klein. [Anlage 5, §5; L7]

Unter dem festgelegten Vergleich beträgt NOAAs Jahresmittel 2025 425,63 ppm. VI schwach liefert 448,191 ppm. Über 1979–2025 liegt dessen mittlere Abweichung bei 21,051 ppm und die Wurzel des mittleren quadratischen Fehlers (RMSE) bei 21,150 ppm; nach Entfernung des mittleren Versatzes verbleiben 2,045 ppm. Das Modell trifft damit wesentliche zeitliche Änderungen besser als das Niveau, aber auch die Zunahme von 1979 bis 2025 ist mit 92,911 gegenüber 88,780 ppm zu groß. Starke zeitliche Residuenkorrelation widerspricht einer Behandlung der Jahresabweichungen als unabhängige Wiederholungen. [Anlage 6, §3]

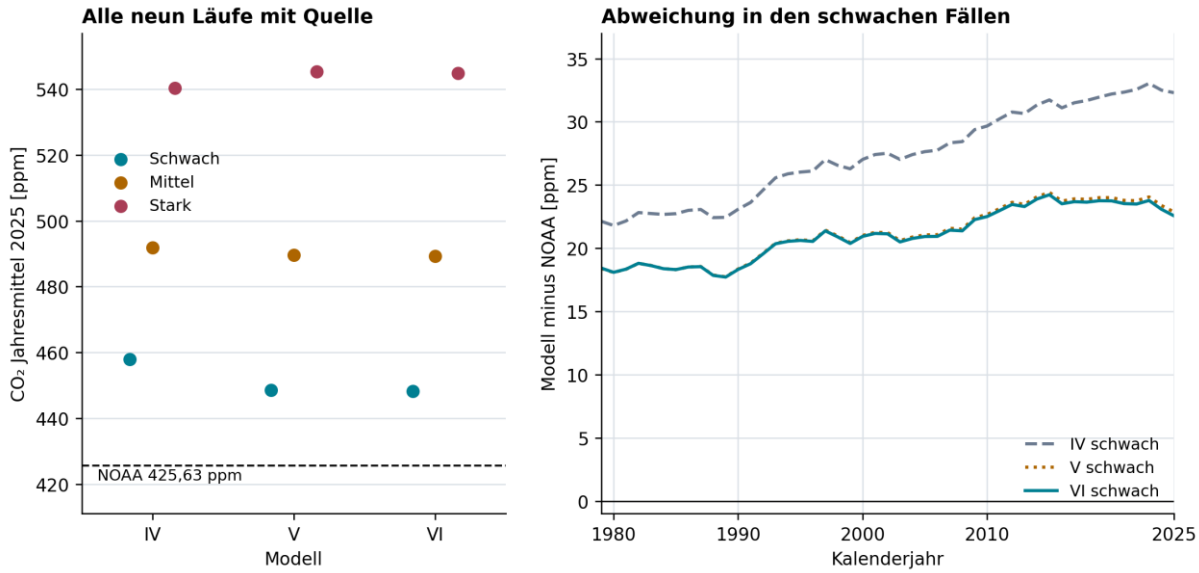


Abbildung 1: Neuzeichnung archivierter S9-Ergebnisse, keine neue Integration. Links stehen neun feste Parameterfälle, keine Unsicherheitsgrenzen. Die Vergleichslinie zeigt das marine NOAA-Jahresmittel 2025 von 425,63 ppm. Rechts sind die jährlichen Abweichungen der drei schwachen Fälle dargestellt. Datenstand und Beobachtungsbezug: Anlagen 5, §5, und 6, §3; Bildherkunft B1.

Dieser Befund ist enger und stärker als eine pauschale Ablehnung der Modellfamilie. Getestet sind neun feste Parameterkombinationen mit bestimmten Anfangszuständen und Antrieben. Eine umfassende Parametersuche oder gemeinsame historische Kalibrierung wurde nicht durchgeführt. Umgekehrt macht fehlende Gesamtunsicherheit den berechneten Abstand nicht unbestimmt. Sie verhindert, aus den vorhandenen Zahlen einen formalen statistischen Ablehnungstest zu konstruieren. Eine neue Anpassung könnte die Kurve verbessern, ohne die wirkenden Speicherprozesse eindeutig zu bestimmen. [Anlagen 6, §§3–4; 7, §§5–6; K3]

Das Identifizierbarkeitsproblem ist teils exakt. In II/V wirken bestimmte Hydrologieparameter ausschließlich durch die Produkte $a_N = \varepsilon_N(h_P - h_D)$ und $a_R = \varepsilon_R(h_P - h_D)$. Änderungen der primitiven Faktoren, die beide Produkte erhalten, lassen sämtliche Kohlenstoffausgaben unverändert. Auch perfekte Kohlenstoffbeobachtungen könnten diese Einzelparameter nicht trennen; zusätzliche hydrologische Information könnte es. Andere Parameter sind dadurch nicht pauschal unidentifizierbar. Eine lokal vollrangige Sensitivitätsmatrix wäre umgekehrt noch kein Beweis globaler Eindeutigkeit. [Anlage 6, §4]

Eine zusätzlich integrierte Kompensationsvariante zeigt praktische Mehrdeutigkeit: Veränderte Austausch- und Landparameter sowie massenerhaltend umverteilte Anfangsbestände erzeugen im zurückgehaltenen Zeitraum 2000–2025 Atmosphärenkurven mit weniger als 0,0541 ppm Abstand zum Grundmodell. Gleichzeitig unterscheiden sich die Ozean- und Landendbestände um jeweils ungefähr 22 GtC. Die Anpassung erfolgte an eine Modellreferenz, nicht an NOAA; beide Varianten behalten deren Niveaufehler. Auch historische Erreichbarkeit ihrer Anfangsbestände ist nicht bewiesen. Dennoch zeigt das Gegenbeispiel, warum ein einzelner guter atmosphärischer Verlauf keine eindeutige Speichererklärung wäre. [Anlage 6, §4]

Die Ozeanprüfung bringt zusätzliche Information, sofern drei Größen getrennt bleiben: die gesamte Nettoänderung des Ozeanbestands, der S9-Quellen-an/aus-Kontrast und ein mit beobachtetem CO_2 getriebener Komponentenvergleich. Gruber et al. inferieren für Mitte 1994 bis Mitte 2007 einen anthropogenen Inventurzuwachs von 34 ± 4 GtC. Die daraus unter zusätzlicher Abschätzung natürlicher Freisetzung abgeleiteten 29 ± 5 GtC Nettoaufnahme sind abhängig; sie stellen keine zweite unabhängige Messung dar. [Anlage 6, §5; L8–L9]

Der Komponentenversuch berechnet für dieselbe Temperaturvorgabe

$$I_C = [O(C_{\text{beobachtet}}, T) - O(C_{\text{ref}}, T)]_{t_1}^{t_2}, \quad C_{\text{ref}} = 282{,}7 \text{ ppm},$$

mit $t_1 = 1994{,}5$, $t_2 = 2007{,}5$ und Nullanomalien beider Zweige am Jahresanfang 1826. Er liefert 19,045 GtC im globalen und 19,062 GtC im zonalen Ozean. Die endogen berechnete Atmosphärenbahn des Gesamtmodells scheidet damit als Ursache genau dieses Komponentenbefunds aus. Ozeanstruktur, Austausch- und Pufferannahmen, Temperaturzuordnung, Referenz und Anfangszustände bleiben gemeinsam beteiligt. Der Versuch ist keine vollständige Reproduktion der hydrographischen eMLR-Inferenz und kein formaler Ablehnungsnachweis. [Anlage 6, §5; K3]

Die tatsächlich geklärte Anschlusspriorität ist deshalb zunächst derselbe Komponentenvergleich mit quellenbasiert eingeschränkten Anfangszuständen **beider** Zweige, bei festen Prozessparametern, Referenz, Antriebsreihen und Inventurzeiten. Frühere Daten sind vorhanden, reichen aber nicht für eine bereits begründete historische Ozeanpartition. Ein längerer Vorlauf kann Zustände erzeugen; seine Dauer macht sie nicht historisch richtig. Die konstante Antriebskonzentration C_{ref} und der physische Kalibrierbezug C_0 haben im ausgeführten Versuch beide den Wert 282,7 ppm. Eine Änderung nur des vorgeschriebenen Vergleichspfads bei festem C_0 ist eine andere Antriebsintervention. Eine Neufestlegung von C_0 in Gleichgewichtsformel und Gasleitwerten verändert dagegen physische Flüsse, sofern keine konsistente Umparametrisierung deren Invarianz bei denselben absoluten Zuständen sichert. Beide Eingriffe sind von der Variation der Anfangszustände getrennt zu prüfen. [Anlage 5, §§4,7; K2–K3]

Als nächste Zusatzinformation ist die vertikale Partition desselben Inventurzuwachses in die modellierten 0–100 m und den übrigen Ozean begründet, ergänzt durch mindestens ein referenzkompatibles Schichtinventar. Die Summe der beiden Änderungen ist weiterhin das globale Ziel; zusätzliche Information steckt in der Aufteilung. Beobachtungsmasken, Volumina und gemeinsame Fehler müssen dazu passen. Eine garantierte Trennung von Anfangsgradient und Austauschrate oder optimale Datenauswahl ist noch nicht berechnet. Frühere Atmosphärenwerte können weitere Kompensationen begrenzen; Eis- und Firnluft erfordern dabei ihren Gasalter- und Raumoperator statt eines einfachen Punktvergleichs. [Anlage 5, §5; K3; L10]

6. Was mathematische Vorhersagbarkeit hier bedeutet

Die konkrete Dynamik erlaubt mehr als eine visuelle Beurteilung glatter Kurven. Im zulässigen Bereich sind die wirksamen Kohlenstofftransfers kooperativ: Die Nebendiagonalen des passend skalierten Jacobians sind nichtnegativ, seine Spaltensummen nichtpositiv. Der Verlust des aktiven Kerns durch Verwitterung erscheint im ergänzten geologischen Konto als Zugang. In dieser Kohlenstoff-1-Norm folgt für gleiche Parameter, Antriebe und Anfangsgedächtnisse

$$\| \delta x(t) \|_1 \leq \| \delta x(0) \|_1 .$$

Hier bezeichnet x feste Kohlenstoffkoordinaten; die atmosphärische Komponente ist $\kappa_{\mathrm{eff}}(C - C_0)$, mit $\kappa_{\mathrm{eff}} = \kappa + \beta$ bei algebraischer Landkapazität β in I/IV und $\kappa_{\mathrm{eff}} = \kappa$ in den dynamischen Familien. Benötigte abweichende Gedächtnisse müssen normgerecht ergänzt werden. Doppelt gezählte Hilfspools sind unzulässig. [Anlage 3, §§3–4; methodischer Bezug L11]

Der Satz setzt ein gemeinsames Existenzintervall und zulässige Verbindungssegmente voraus. Konzentrationen, Ozeanbasen und andere Definitionsbedingungen müssen erhalten bleiben. Für die geprüften historischen Bahnen liegen sie im gültigen Bereich; eine globale Invarianz für beliebige Anfangszustände wurde nicht bewiesen. Positive asymptotische exponentielle Anfangsempfindlichkeit ist deshalb nur bei einer dauerhaft zulässigen gemeinsamen Antriebsfortsetzung ausgeschlossen. Eine endliche historische Rechnung bestimmt keine beliebige Zukunft. [Anlage 3, §§2,6–7]

Nichtausdehnung ist außerdem schwächer als Kontraktion. Sie verhindert Wachstum des betrachteten Abstandes, erzwingt aber keinen schnellen Abbau. Langsame Ozeanmoden bewahren Unterschiede lange; Anfangsumbuchungen Oberfläche–Tiefe von 10 GtC wirken im untersuchten Beispiel nach 200 Jahren noch mit etwa 1,03 ppm. Ein beobachtetes vorübergehendes Wachstum in anders skalierten euklidischen Koordinaten widerspricht dem Kohlenstoffsatz nicht. Zeitmaßstab, Norm und beobachtete Ausgabe gehören zur Behauptung. [Anlagen 3, §§5–6; 5, §4]

Neue analytische Konferenzfolgerung: Bei reiner massenerhaltender Anfangsumbuchung, gleichem Geologiestart und sonst identischen Vorgaben bleibt im vollständigen Differenzkonto $\sum_i \delta\, x_i = 0$. Positive und negative Komponenten tragen je die halbe 1-Norm. Für $\varepsilon = \| \delta x(0) \|_1$ folgt daher

$$|\delta C(t)| \leq \frac{\varepsilon}{2\kappa_{\text{eff}}},$$

auch für normierte positive Zeitmittel. Ein einzelner 10-GtC-Transfer gegenüber dem Grundlauf hat $\varepsilon = 20$ GtC und ist in den dynamischen Familien II/V und III/VI auf 4,717 ppm begrenzt. Eine hypothetisch mögliche Beseitigung der 22,56-ppm-Abweichung allein durch solche Initialisierung verlangte mindestens rund 47,8 GtC umgebuchte Masse. Dies ist nur eine notwendige Bedingung, keine gefundene Lösung oder historische Plausibilitätsgrenze; NOAA ist keine zweite Modelllösung. [K1]

Ein vollständig bekanntes nichtnegatives Gesamtinventar T_{ges} liefert zwar die grobe Durchmesserschranke $2T_{\text{ges}}$ für zwei Bestandsvektoren. Es identifiziert aber keine empirisch informative kleine historische Anfangsmenge. Für signierte Anomalie- und Gedächtniskoordinaten sind entsprechende Reservebedingungen zusätzlich nötig. Eine solche begründete gemeinsame Zustandsfamilie wurde hier nicht bestimmt. [K1–K2]

Eine zweite neue Konferenzfolgerung betrifft die Quelle selbst. Bei nichtnegativem lokal integrierbarem $E(t)$, identischen festen Parametern, Temperaturvorgaben und sämtlichen Anfangszuständen einschließlich Gedächtnissen folgt unter der genannten zulässigen Transferstruktur komponentenweise Positivität der Zusatzantwort. Eine wirksame Zusatzwachstumsmarkierung wird durch disjunkte Vegetationspools $V - V_C$ und V_C mit $0 \leq V_C \leq V$ abgebildet; alle Weitergabefaktoren bleiben im bewiesenen nichtnegativen Bereich. Mit der Paarbilanz ergibt sich

$$0 \leq \delta C(t) \leq \frac{M(t)}{\kappa_{\text{eff}}}.$$

Für Jahresmittel ist rechts ebenfalls das Zeitmittel von $M(t)$ einzusetzen. Dieses bedingte nichtnegative Quellenvorzeichen ist von einer Temperaturänderung zu unterscheiden. Es wird auch nicht auf den Ozeankomponentenversuch mit vorgeschriebenen Konzentrationspfaden übertragen. Eine explizite Landentnahme besitzt bereits einen negativen und einen positiven Transferanteil; eine Änderung der Regenerationsfähigkeit verändert zusätzlich das Feld. Solche Eingriffe erfüllen nicht dieselbe Quellenvergleichshypothese. [K1, K5–K6]

Laufende Parameter- oder Antriebsabweichungen benötigen ebenfalls eine andere Aussage. In einer festen gemeinsamen invertierbaren Skalierung seien $x' = f(t, x)$ und $y' = f(t, y) + r(t)$, mit lokal integrierbarem Störterm r. Ist das 1-Norm-Matrixmaß des Referenzfeldes auf allen benötigten Verbindungssegmenten nichtpositiv, folgt als weitere Konferenzableitung

$$\| y(t) - x(t) \|_1 \leq \| y(0) - x(0) \|_1 + \int_0^t \| r(s) \|_1 \, ds.$$

Pro Lauf wechselnde Massengewichte sind hierbei unzulässig; Strukturwechsel brauchen zuerst einen begründeten gemeinsamen Zustandsbezug. Ohne bekannte Anfangs- und Störtermgrenzen liefert die Formel keine historische Gesamtfehlergrenze. Ihre Beträge verwerfen zudem mögliche Aufhebungen. [K1, K5]

Für komplexe Simulationen folgt daraus eine allgemeine Arbeitsregel: Einzeltrajektorien, Verteilungen, Zeitmittel, Bilanzen und Vorzeichen sind verschiedene Erkenntnisziele. Nichtlinearität oder viele gespeicherte Zustände beweisen kein Chaos; passive Integrale schaffen keine zusätzliche Rückkopplung. Umgekehrt beseitigt stabile Modelldynamik weder falsche Gleichungen noch fehlende Beobachtungsinformation. Bei tatsächlich chaotischen Systemen kann die langfristige Zuordnung einer einzelnen Bahn empfindlich sein, während bestimmte statistische Größen wohldefiniert bleiben. Tucker beweist dies für den klassischen Lorenzfall $(10{,}8/3{,}28)$: Asymptotische Zeit- und Maßmittel stetiger Observablen stimmen für fast alle Anfangswerte im Einzugsbereich überein. Daraus folgt weder eine

endliche Konvergenzrate noch statistische Robustheit beliebiger Systeme gegenüber Parameter- und Strukturfehlern. Das Beispiel ersetzt keinen eigenen Nachweis für ein Klimamodell. [Anlage 3, §§3,6–7; L12]

7. Was die Unsicherheitsrechnung belegt

Unsicherheitsfortpflanzung beginnt mit einem erklärten Eingangsmodell. Für die vollständige Simulation $Y = F(Z)$ ergibt die lineare GUM-Näherung $\Sigma_Y \simeq J\Sigma_Z J^{\mathrm{T}}$, wobei J die Sensitivitäten und Σ_Z die gemeinsame Eingangskovarianz enthält. Verteilungsfortpflanzung durch Monte Carlo beziehungsweise die hier eingesetzten gescrambelten Sobol-Netze untersucht zusätzlich Nichtlinearität. Beides setzt Eingangsannahmen voraus; die Methoden begründen nicht deren empirische Richtigkeit. Feste Szenarien erhalten durch ihre Bezeichnung keine Wahrscheinlichkeiten. [Anlage 7, §1; L13–L15]

S3 verwendet 19 unabhängige primitive Gleichverteilungen innerhalb deklarierter Grenzen. Daraus gebildete Wasserparameter sind korreliert; diese Kovarianzen werden tatsächlich berücksichtigt. Ihr Weglassen würde die lineare Standardunsicherheit fälschlich von 12,29 auf 14,76 ppm erhöhen. Die räumliche Vorbereitung erneuert bei Parameteränderungen normierte Muster und Bestände, sodass die globale Temperaturvorgabe erhalten bleibt. Das ist eine inhaltlich relevante Eigenschaft der Rechnung. [Anlage 7, §2]

Die frühere offene Frage einer vollständigen nichtlinearen Ensembleprüfung ist inzwischen wesentlich erledigt. Die ursprünglichen 8192 gespeicherten Jahreskurven wurden neu ausgewertet; zusätzlich wurden vollständige S3-Ensembles mit 2048, 4096 und 8192 Punkten und jeweils neuen Scrambles integriert. Zentrale Mittel-, Streuungs- und Verteilungsbefunde wurden damit neu gerechnet. Es wurde weder die identische ursprüngliche Punktfolge erneut integriert noch eine getrennte Vollimplementierung sämtlicher Prozesse erstellt. [Anlage 7, §2; K4–K5]

Am Ende der 200 Jahre liefert das ursprüngliche Ensemble etwa 336,00 ppm Erwartungswert und 12,61 ppm Standardabweichung. Die lineare Standardunsicherheit von 12,29 ppm liegt nahe daran; das symmetrische $k = 2$-Intervall 311,14–360,30 ppm stimmt dennoch nicht mit den zentralen nichtlinearen Quantilen 314,42–362,14 ppm überein. Kleine Unterschiede der Streuungsmaße garantieren keine gleichwertigen Intervallenden. Der nominale Lauf mit 332,845 ppm, die Simulation an mittleren Eingängen mit 335,723 ppm und der Ensembleerwartungswert sind drei verschiedene Größen. [Anlage 7, §§2–3]

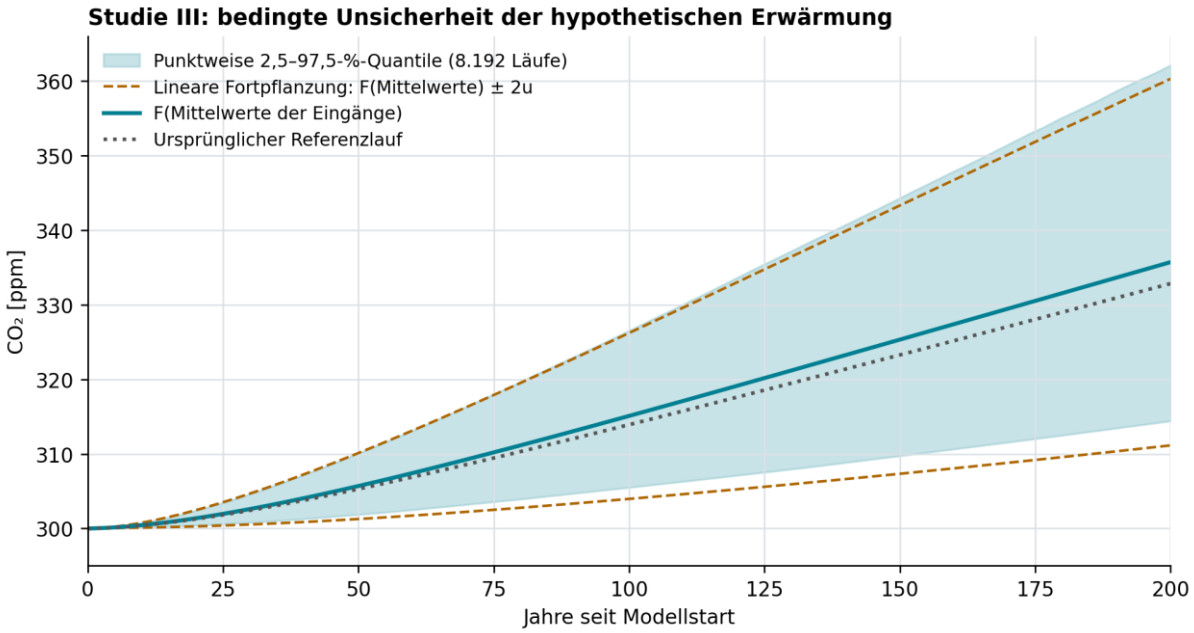


Abbildung 2: Neuzeichnung archivierter S3-Ausgaben für 300 ppm, 13,5 °C und +2 K in 200 Jahren unter 19 erklärten unabhängigen primitiven Gleichverteilungen. Dargestellt sind punktweise bedingte Bereiche, keine historische S9-Unsicherheit, garantierten Grenzen oder simultanen Kurvenbereiche. Die Simulation an mittleren Eingängen ist nicht der

Monte-Carlo-Erwartungswert; der ursprüngliche Referenzlauf verwendet abweichende Nominalwerte. Die neue Ensembleprüfung bewertet Anlage 7, §§2–3. Bildherkunft B2.

Eine punktweise Überdeckung darf außerdem nicht als Wahrscheinlichkeit ausgegeben werden, dass die gesamte Kurve im Band liegt. Die punktweisen 95-%-Quantilbänder enthalten hier nur etwa 90,7–90,8 % der vollständigen Jahresvektoren. Ein am ursprünglichen Ensemble bestimmter gemeinsamer Faktor erreicht in den neuen Ensembles ungefähr 95 % Jahreskurvenüberdeckung. Das ist eine bedingte Kontrolle auf dem Jahresraster, keine Garantie zwischen den Jahren oder für die reale Erde. Auch beobachtete Unterschiede zwischen Scrambles ersetzen keine unabhängig kontrollierte Quantilfehlergrenze nach JCGM 101. [Anlage 7, §3; L14–L15]

Die Eingangsgewichtung ist materiell: Symmetrische Dreiecksverteilungen für alle 19 primitiven Größen bei gleichen Grenzen senken die Endstreuung auf etwa 8,70–8,71 ppm. Diese Dreiecke wurden nicht empirisch geschätzt. Grenzen allein bestimmen keine Wahrscheinlichkeit. Ebenso wenig beweist das Ausbleiben negativer Antworten im Ensemble ein universelles Vorzeichen: Eine anschließend geprüfte zulässige S3-Parameterkombination ergibt 299,0728 ppm am Ende und widerlegt damit eine überall positive Erwärmungsänderung gegenüber 300 ppm. Der gefundene Punkt ist kein globales Minimum und widerspricht nicht dem bedingten Zusatzquellensatz. [Anlage 7, §4; K5]

Für historische Paare müssen gemeinsame Ursachen gemeinsam gezogen werden. Bezeichnen C_{mit} und C_{ohne} die Konzentrationsausgaben beider Zweige und $D = C_{\mathrm{mit}} - C_{\mathrm{ohne}}$ ihre Differenz, gilt

$$\mathrm{Var}(D) = \mathrm{Var}(C_{\mathrm{mit}}) + \mathrm{Var}(C_{\mathrm{ohne}}) - 2\mathrm{Cov}(C_{\mathrm{mit}}, C_{\mathrm{ohne}}).$$

Im ausdrücklich begrenzten III/VI-Teilbudget mit unsicherem thermischem Landparameter g und CO_2-Produktionsparameter η, sonst mittleren festen Einstellungen, beträgt die nichtlineare Standardabweichung von D 23,05 ppm. Fälschlich unabhängige Zweige ergäben 26,46 ppm. Das Teilbudget betrifft weder den schwachen VI-Pegel noch den Ozeankomponentenvergleich; es erklärt deren Abweichungen nicht. Sensitivitätsrangfolgen ändern sich außerdem mit dem Nenner eines Anteils: Ein dominanter Parameter des Quellenunterschieds muss nicht den Anteil am Gesamtanstieg dominieren. [Anlage 7, §5; K3, K5]

Eine historische Gesamtfortpflanzung benötigt gemeinsame Parameter, Anfangsspeicher und ganze Temperatur- und Emissionsrealisierungen samt Kreuzabhängigkeiten. Relevante Information existiert bereits: Die GloSAT-Mitglieder erlauben zeitliche Kovarianzauswertung ihrer Verarbeitungsunsicherheit. Separate Abdeckungsfehler liegen in den geöffneten globalen Produkten dagegen als Standardunsicherheitsvektoren vor; vollständige zeitliche Abdeckungs- und Hybridkreuzkovarianzen wurden nicht hergeleitet. Gemeinsame Anker und normierte Jahresprofile schließen unabhängige freie Monatsfehler aus. Diese offenen Blöcke dürfen nicht stillschweigend null gesetzt werden. Eine neue vollständige historische Fehlerdarstellung war im ursprünglichen Auftrag nicht verlangt; die jetzt benannte Beleggrenze ist kein nachträglicher Ausführungsfehler. [Anlagen 5, §6; 7, §6; K2, K5; V1]

8. Offene Fragen und begründete Reihenfolge

Die offenen Punkte betreffen unterschiedliche Hindernisse. Manche verlangen zusätzliche Information, andere eine begrenzte Modellrechnung oder einen mathematischen Nachweis. Die Priorität richtet sich danach, ob eine Prüfung bislang vermischte Erklärungen trennen kann. Bereits reproduzierte Rohmengen, Temperaturaufbereitung und nichtlineare S3-Ensembles werden nicht erneut als pauschal offene Aufgaben geführt. Die folgenden Fragen bleiben wissenschaftlich offen; daraus wird kein nicht vorhandener Dissens der Sprecher konstruiert.

Kennung und Klasse	Präzise offene Frage	Klärungsweg	Schwierigkeit und Priorität

Kennung und Klasse	Präzise offene Frage	Klärungsweg	Schwierigkeit und Priorität
O1 · Daten/Initialisierung	Welche gemeinsame historische Familie von Ozean-, Land- und Gedächtniszuständen ist bei festen Referenzen begründet?	Vorlaufquellen mit Bestandsgrenzen und passenden Zeitoperatoren verbinden; fehlende Information als solche ausweisen.	Hoch; zuerst. Voraussetzung für empirisch informative Anfangsgrenzen und trennende Prozessprüfungen.
O2 · Empirie/ Identifizierbarkeit	Wie weit erklären Anfangsverteilung, Austausch und Pufferannahmen den Ozeankomponentenbefund?	Zunächst O1 bei unveränderten Prozessen; danach getrennte Prozessvarianten, vertikale Inventurpartition und kompatible Bestandsniveaus. Abhängigkeiten mitführen.	Hoch; zuerst nach beziehungsweise gemeinsam mit O1. Zusätzlicher Operator kann atmosphärische Kompensationen begrenzen; Trennbarkeit ist noch zu berechnen.
O3 · Struktur/Reduktion	Welche Landnutzungs- und Speicherreduktion erhält die beanspruchten historischen Ausgaben?	Wenige physisch begründete Varianten mit gleichen Vorgaben, gemeinsamen Kalibrierankern und vorab bestimmten Atmosphären-/Speicherzielen vergleichen.	Mittel bis hoch; anschließend. Rechenbar, aber Toleranzen und historische Entnahme-/Regenerationsannahmen brauchen Begründung.
O4 · Unsicherheit/ Datenabhängigkeit	Welche historische gemeinsame Eingangsverteilung ist begründet, welche bleibt Annahme?	Vorhandene Ensembleinformation, Anker und Inventarkovarianzen nutzen; fehlende Kreuzblöcke explizit variieren; gleiche Realisierungen in Paaren fortpflanzen.	Mittel bis hoch; parallel zur Datenarbeit. Größere Ensembles ersetzen fehlende Verteilungsinformation nicht.
O5 · Mathematik/ Numerik	Welche weitergehenden Bereichs-, Quantil- oder Kurvengarantien sind für konkrete Ziele möglich?	Beanspruchte Anfangsmengen und Antriebe begrenzen; Bereichserhaltung und Restterme nachweisen; Quantilfehler und Zwischenzeiten gezielt kontrollieren.	Für begrenzte Tests mittel, für globale Garantien sehr hoch. Nachrangig gegenüber O1/O2, solange deren Voraussetzungen unbestimmt sind.
O6 · Versuchs-definition/ Informationsgrenze	Welche Aussage über die volle menschliche Wirkung oder molekulare Herkunft wird angestrebt?	Eine begründete historische Gegenwelt für Klima und Landnutzung beziehungsweise Bruttoflüsse und Tracerinformation ergänzen. Beide Ziele sind aus dem vorhandenen Nettopaar prinzipiell nicht bestimmt.	Hoher Daten-/Strukturaufwand; eigenständige Folgefrage. Für die aktuelle Niveaudiagnose nachrangig; höhere Genauigkeit des vorhandenen Paars erzeugt die fehlende Information nicht.

Eine historische Gegenwelt ohne Menschheit und die molekulare Herkunft sind damit eigenständige Informationsfragen. Ebenso brauchen die aus Kohlenstoffausgaben exakt untrennbaren Hydrologie-Einzelparameter zusätzliche hydrologische Beobachtungen oder begründete externe Einschränkungen. Auch nach weiterer Kalibrierung blieben Ergebnisse an ihre Beobachtungsoperatoren, Zustandsbereiche und Strukturannahmen gebunden. Der tragfähige Fortschritt besteht darin, diese Bedingungen zu prüfen

und gezielt zu erweitern, statt Rechenpräzision, Kurvenähnlichkeit und physikalische Erklärung gleichzusetzen. [Anlagen 1, §5; 6, §§4–7; 7, §6]

Quellenverzeichnis

Verabschiedete Fachberichte

Alle sieben Anlagen stammen aus der KI-Fachkonferenz vom 27. November 2026. Die Abschnittsangaben im Haupttext verweisen auf diese unveränderten Berichte. Ihre vollständigen Quellen- und Reproduktionsverzeichnisse dokumentieren Originaldateien, tatsächlich ausgeführte Rechnungen und jeweilige Zugriffsgrenzen.

- **Anlage 1:** *Untersuchungsgegenstand, Systemgrenzen und Kausalaussagen*. Fachgruppe T1, Sprecher C. Konferenzarchiv: groups/g1/joint_report.md.
- **Anlage 2:** *Prozessstruktur, Kohlenstoffbilanz und Modellhierarchie*. Fachgruppe T2, Sprecher B. groups/g2/joint_report.md.
- **Anlage 3:** *Mathematische Zulässigkeit, Dynamik und Vorhersagbarkeit*, Revision 2. Fachgruppe T3, Sprecher B. groups/g3/joint_report.md.
- **Anlage 4:** *Numerische Verifikation und Reproduzierbarkeit*, Fassung T4-1. Fachgruppe T4, Sprecher A. groups/g4/joint_report.md.
- **Anlage 5:** *Datenrekonstruktion, Beobachtungsoperatoren und Initialisierung*. Fachgruppe T5, Sprecher B. groups/g5/joint_report.md.
- **Anlage 6:** *Identifizierbarkeit, empirische Bewährung und Modellmehrwert*. Fachgruppe T6, Sprecher C. groups/g6/joint_report.md.
- **Anlage 7:** *Fehlerfortpflanzung, Sensitivität und robuste Aussagebereiche*. Fachgruppe T7, Sprecher B. groups/g7/joint_report.md.

Untersuchte Modellstudien

Autorenbezeichnung jeweils Retzlaff/Proto; PDF- und DOCX-Fassungen im Konferenzarchiv source_documents. Vollständige Dateinamen und verwendete Stellen sind in Anlage 1 unter „Untersuchungsdokumente“ aufgelöst; die zugehörigen Rechenarchive stehen in den Anlagen bei den konkreten Nachweisen.

- **S1:** *Natürlicher CO_2-Kreislauf bei solarer Erwärmung – Ein Schätzmodell für eine menschenfreie Erde über 200 Jahre*. Modellversion 1.0, 25.11.2026.
- **S2:** *Natürlicher CO_2-Kreislauf mit Pflanzenwachstum und Wasserhaushalt*. Modellversion 2.0, 25.11.2026.
- **S3:** *Natürlicher CO_2-Kreislauf mit räumlicher Wärmeverteilung und Fehlerfortpflanzung*. Modellversion 3.0, 25.11.2026.
- **S4:** *Anthropogene CO_2-Emissionen und ihre Speicherung im Erdsystem*. Version 2.0, 25.11.2026.
- **S5:** *Anthropogene CO_2-Emission im erweiterten Kohlenstoffkreislauf*. Version 1.0, 26.11.2026.
- **S6:** *CO_2-Modellvergleich mit historisch korrigierten Anfangswerten*. Version 2.0, 26.11.2026.
- **S7:** *Rekonstruktion der globalen Temperaturentwicklung seit 1826*. Version 1.0, 26.11.2026.
- **S8:** *CO_2-Modelle I bis VI mit historischem Temperaturverlauf*. Version 1.0, 26.11.2026.
- **S9:** *Historische Emissionen von Kohlendioxid in den Modellen I bis VI*. Version 1.0, 27.11.2026.

Externe Primär- und Methodenquellen

Die hier verwendeten externen Befunde wurden in den Fachgruppen an den jeweils bezeichneten Stellen geprüft. Die konkreten Modellresultate und neuen Konferenzableitungen stammen aus den Anlagen beziehungsweise Diskussionsnachweisen; sie werden nicht den externen Autoren zugeschrieben.

- **L1:** Arora, V. K. et al. (2020): *Carbon–concentration and carbon–climate feedbacks in CMIP6 models and their comparison to CMIP5 models*. Biogeosciences **17**, 4173–4222. doi:10.5194/bg-17-4173-2020. §2, Gleichungen 1a–c; unterschiedliche Kopplungsexperimente.

- **L2:** Morice, C. P. et al. (2025): *An observational record of global gridded near-surface air temperature change over land and ocean from 1781*. Earth System Science Data **17**, 7079–7100. doi:10.5194/essd-17-7079-2025. §§2.3, 3.1–3.4; Daten doi:10.5285/a2519624a593402a83246bd359d098be.
- **L3:** Friedlingstein, P. et al. (2026): *Global Carbon Budget 2026*. ESSD Discussions, Vorabdruck vom 10.11.2026, zum dokumentierten Prüfzeitpunkt in Begutachtung. doi:10.5194/essd-2026-895. §2.2.1 und Tabelle 8; verwendete Datenfassung GCB 2026 v0.1, doi:10.18160/GCP-2026. Keine Ersetzung durch spätere Datenstände.
- **L4:** Meinshausen, M. et al. (2017): *Historical greenhouse gas concentrations for climate modelling (CMIP6)*. Geoscientific Model Development **10**, 2057–2116. doi:10.5194/gmd-10-2057-2017. Insbesondere §2.1.6; die konkreten Anfangswerte wurden aus den archivierten CMIP-/RCMIP-Dateien geprüft.
- **L5:** Egleston, E. S., Sabine, C. L. und Morel, F. M. M. (2010): *Revelle revisited: Buffer factors that quantify the response of ocean chemistry to changes in DIC and alkalinity*. Global Biogeochemical Cycles **24**, GB1002. doi:10.1029/2008GB003407. §2, Absätze 9–11; Definition und Zustandsabhängigkeit, kein bestimmter Fehlerbetrag der untersuchten Modelle.
- **L6:** Jones, C. D. et al. (2016): *C4MIP – The Coupled Climate–Carbon Cycle Model Intercomparison Project: experimental protocol for CMIP6*. Geoscientific Model Development **9**, 2853–2880. doi:10.5194/gmd-9-2853-2016. §§3.2.2–3.3.2; externe Landnutzungsquellen und zusätzliche Landbedeckungswirkungen.
- **L7:** Lan, X., Tans, P. P. und Thoning, K. W. / NOAA Global Monitoring Laboratory: *Global annual mean CO_2*, archivierter Produktstand 19.11.2026, 14:14:29. doi:10.15138/9N0H-ZH07; Methodenseite „Calculation of global means“; Datenadresse. Maßgeblich ist die archivierte Reihe 1979–2025, nicht eine später veränderte Live-Datei.
- **L8:** Gruber, N. et al. (2019): *The oceanic sink for anthropogenic CO_2 from 1994 to 2007*. Science **363**, 1193–1199. doi:10.1126/science.aau5153. Angenommenes Manuskript, Inventur-/Methodenabschnitte und Tabellen 1–2, insbesondere PDF-S. 18. Keine eigene hydrographische Rohdateninversion oder vollständige Supplementprüfung.
- **L9:** Friedlingstein, P. et al. (2026): *Global Carbon Budget 2025*. Earth System Science Data **18**, 3211–3288. doi:10.5194/essd-18-3211-2026. Begutachtete Fassung vom 13.05.2026, §2.5.1 zum Ozeankomponentenvergleich; §§2.7–2.8 zu gemeinsamen Inferenzgrundlagen. Methodenbeleg, nicht die S9-Emissionsdatenfassung L3.
- **L10:** Rubino, M. et al. (2019): *Revised records of atmospheric trace gases CO_2, CH_4, N_2O, and $\delta^{13}C$-CO_2 over the last 2000 years from Law Dome, Antarctica*. Earth System Science Data **11**, 473–492. doi:10.5194/essd-11-473-2019. §§3.3–3.4; Gasalterverteilungen und Glättung. Hier Grundlage einer Prüfanforderung, kein neu angewendeter Datensatz.
- **L11:** Coogan, S. (2017): *A Contractive Approach to Separable Lyapunov Functions for Monotone Systems*. arXiv:1704.04218v1, 13.04.2017, geprüftes Autoren-PDF, S. 2–3 und 8–10. Vorabdruck; später Automatica **106** (2019), 349–357, doi:10.1016/j.automatica.2019.05.001. Methodischer Bezug; der konkrete CO_2-Abstandssatz wurde in Anlage 3 selbst hergeleitet.
- **L12:** Tucker, W. (2002): *A Rigorous ODE Solver and Smale's 14th Problem*. Foundations of Computational Mathematics **2**, 53–117. doi:10.1007/s102080010018. In Anlage 3 geprüft: S. 53–58, insbesondere Hauptsatz und Mittelwertbedingungen; kein Nachrechnen des vollständigen Beweises. Ursprünglicher Systembezug: Lorenz, E. N. (1963), *Deterministic Nonperiodic Flow*, Journal of the Atmospheric Sciences **20**, 130–141, doi:10.1175/1520-0469(1963)020<0130:DNF>2.0.CO;2.
- **L13:** JCGM 100:2008(E): *Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement*. Offizielle BIPM-Fassung, §§4.3, 5.2 und Anhänge F.1.2.3/H.2.3. doi:10.59161/JCGM100-2008E.

- **L14:** JCGM 101:2008: *Evaluation of measurement data — Supplement 1 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" — Propagation of distributions using a Monte Carlo method*. Offizielle BIPM-Fassung, §§5.1, 5.8–5.11, 7.9, 8.1–8.2. doi:10.59161/JCGM101-2008.
- **L15:** JCGM 102:2011: *Evaluation of measurement data — Supplement 2 to the "Guide to the expression of uncertainty in measurement" — Extension to any number of output quantities*. Offizielle BIPM-Fassung, §§6.5, 7.1, 7.5–7.7. doi:10.59161/JCGM102-2011.

Tatsächliche Konferenzklärungen und Bildherkunft

Die folgenden Nachweise gehören zur abschließenden Sprecherkonferenz. Neue analytische Folgerungen und Präzisierungen wurden dort tatsächlich erfragt, beantwortet und in den angegebenen Fällen angenommen; sie verändern die bereits verabschiedeten Anlagen nicht. Pfade beziehen sich auf den Konferenzstamm.

- **K1:** T3 B, proceedings/speaker_positions/g3_b_discussion.md, §§2–3, 9–10: halbe Normschranke, Quellenvergleich, Störtermabschätzung, feste Skalierung und Gesamtinventarpräzisierung; zugehörige Stellungnahme g3_b.md.
- **K2:** T5 B, proceedings/speaker_positions/g5_b_discussion.md, T6-Q1, T7-Q2 und „Tatsächliche Schlussrunde": Vorlaufmaterial, Anfangsmenge, Originalprofil-Rekonstruktion, Kovarianzstatus und ausdrückliche Gesamtinventarkorrektur; g5_b.md.
- **K3:** T6 C, proceedings/speaker_positions/g6_c_discussion.md, PA-Q2 und „Abschlussrunde": Reihenfolge des Ozeanvergleichs, physische Referenz, vertikaler Prüfoperator sowie Trennung von Paarstreuung und Niveaufehler; g6_c.md.
- **K4:** T4 A, proceedings/speaker_positions/g4_a_discussion.md, T4-K1 bis T4-K3 und Abschlussantworten: Umfang der Rohproduktprüfung, neue S3-Ensembles und Zielgrößen einer Reduktion; g4_a.md.
- **K5:** T7 B, proceedings/speaker_positions/g7_b_discussion.md, §§2–5, 7–9: Reproduktionsstatus, feste Referenzskalierung, Kovarianzen und verschiedene Interventionsvorzeichen; g7_b.md.
- **K6:** T1 C, proceedings/speaker_positions/g1_c_discussion.md: tatsächliche T3-Quellenvergleichsableitung und T6-Ozeanantwort samt Annahme; g1_c.md.
- **K7:** T2 B, proceedings/speaker_positions/g2_b_discussion.md: physische Referenzänderung, Anfangsrestriktionen, Reduktion und getrennte Eingriffe; g2_b.md.
- **K8:** Programm A, proceedings/speaker_positions/programm_a_discussion.md, PA-Q1 bis PA-Q3 und Abschlussnachträge; eigene integrierende Stellungnahme programm_a.md.
- **V1:** TASK_HISTORY.md: dokumentierte Aufgabenfolge, kontrollierte Beibehaltung der Parameter und ausdrücklich nicht verlangte neue Fehlerdarstellung in den späteren Studien.
- **B1:** editorial/figures/empirical_comparison.png, aus S9 results/comparison_2025.csv und annual_comparison.csv neu gezeichnet. Provenienz: editorial/figure_provenance.json.
- **B2:** editorial/figures/s3_conditional_uncertainty.png, aus dem archivierten S3-Ergebnis unsicherheit_zeitreihe.csv neu gezeichnet. Provenienz: editorial/figure_provenance.json.

Verfahren und Nachweis der Konferenz

Auftrag, Gruppenbildung und tatsächlicher Austausch

Die vorbereitende Programmgruppe bestand aus drei KI-Agenten. Sie entwickelte zunächst getrennte Vorschläge, diskutierte ihre Unterschiede und verabschiedete sieben Fachthemen. Daraus entstanden sieben weitere Gruppen mit jeweils drei Mitgliedern. Insgesamt arbeiteten somit **24 Agenten in acht Dreiergruppen**, zusätzlich zu Proto als organisierender und redigierender Leitung.

Jedes Mitglied einer Fachgruppe erhielt dieselbe vollständige Themenaufgabe. Die Erstbearbeitung erfolgte in einem frisch gestarteten Kontext, mit getrennten Arbeitsdateien und ohne Lektüre der Gutachten der anderen Mitglieder. Gemeinsame Studien, Daten, Code und bereits vorhandene

Archivaudits waren zugelassen. Diese gemeinsamen Grundlagen begrenzen die Unabhängigkeit der Erkenntnisse. Ein bereits im Ausgangsarchiv vorhandener Test wurde erst dann als neue Konferenzprüfung bezeichnet, wenn er tatsächlich erneut ausgeführt wurde.

Erst nach Sicherung aller drei Erstfassungen wurde der gegenseitige Zugriff freigegeben. Die Mitglieder lasen die anderen Gutachten, formulierten konkrete Einwände, antworteten unmittelbar aufeinander und wählten einen Sprecher. Der gemeinsame Bericht verband die Ergebnisse und wurde anschließend als konkrete Textfassung von allen drei Mitgliedern geprüft. Die Arbeit erfolgte wegen drei verfügbarer Unteragentenplätze in Etappen; Abschlussprüfungen einer Gruppe überlappten mit getrennten Erstbearbeitungen der nächsten. Die Sprecherkonferenz fand schriftlich und in aufeinanderfolgenden Runden statt.

Verabschiedete Fachgruppen

Gruppe	Fachgebiet	Gewählter Sprecher	Status
T1	Untersuchungsgegenstand, Systemgrenzen und Kausalaussagen	Mitglied C	Einstimmig verabschiedet
T2	Prozessstruktur, Kohlenstoffbilanz und Modellhierarchie	Mitglied B	Einstimmig verabschiedet
T3	Mathematische Zulässigkeit, Dynamik und Vorhersagbarkeit	Mitglied B	Einstimmig verabschiedet
T4	Numerische Verifikation und Reproduzierbarkeit	Mitglied A	Einstimmig verabschiedet
T5	Datenrekonstruktion, Beobachtungsoperatoren und Initialisierung	Mitglied B	Einstimmig verabschiedet
T6	Identifizierbarkeit, empirische Bewährung und Modellmehrwert	Mitglied C	Einstimmig verabschiedet
T7	Fehlerfortpflanzung, Sensitivität und robuste Aussagebereiche	Mitglied B	Einstimmig verabschiedet

Die Programmgruppe wählte Mitglied A. Er nahm neben den sieben Fachgruppensprechern an der abschließenden Konferenz teil. Die acht Sprecher prüften fachübergreifende Folgerungen und die konkrete integrierte Schlussfassung. Die Berichterstattung übernahm Mitglied A der Programmgruppe. Die Gruppenberichte bleiben vollständige Anlagen; sie ersetzen nicht die argumentativ verbundene Hauptdarstellung.

Kritische Diskussion und Verabschiedung

Die Diskussion umfasste nachprüfbare Änderungen. In T3 wurde ein zunächst zurückgehaltenes Schlussvotum erst nach Präzisierung der Gedächtnisbedingungen, der Normaussagen und der Bedeutung eines Anfangsabstands erteilt. In T7 wurden unter anderem lineare und nichtlineare Paarstreuungen sowie verschiedene Verteilungsannahmen auseinandergehalten. Der Sprecher dieser Gruppe wurde mit zwei gegen eine Stimme gewählt; die gemeinsame Berichtsfassung wurde anschließend von allen drei Mitgliedern angenommen. Rollenwahl und inhaltliche Zustimmung sind damit getrennt dokumentiert.

In der Sprecherkonferenz entstand zusätzlich eine mathematische Verknüpfung von Massenerhaltung und Anfangsabstand: Unter den im Hauptbericht angegebenen Voraussetzungen verbessert die Summennullbedingung die Konzentrationsschranke um den Faktor zwei. Eine Gegenfrage führte zur ausdrücklichen Unterscheidung zwischen einer groben Schranke aus bekanntem Gesamtinventar und einer empirisch informativen historischen Zustandsmenge. Weitere direkte Rückfragen trennten den Quellenkontrast von der Erwärmungsantwort, die Streuung einer Paardifferenz vom Fehler eines

Konzentrationsniveaus sowie drei verschiedene Ozeanoperatoren. Die vertikale Inventurprüfung wurde als nächster Prüfentwurf konkretisiert; eine noch nicht berechnete Trennwirkung wurde nicht behauptet.

Die abschließende Zustimmung bezieht sich auf eine durch Prüfsumme eindeutig bezeichnete Haupttextfassung. Vorangegangene Zustimmung zu einer Sprecherrolle oder zu einzelnen Argumenten wurde nicht als Textfreigabe gezählt. Unbeantwortete wissenschaftliche Fragen werden im Hauptbericht mit Ursache, Klärungsweg und Schwierigkeit geführt. Sie sind von einer noch ausstehenden Antwort im internen Arbeitsablauf und von fachlichem Dissens zu unterscheiden.

Auch die erste integrierte Hauptfassung wurde nicht unverändert freigegeben. T6 beanstandete die Vermischung des konstant vorgeschriebenen CO_2-Vergleichspfads mit dem physischen Kalibrierparameter der Ozeangleichungen. T3 und T7 prüften diesen Hinweis und hielten ebenfalls ihre Zustimmung zurück. Die überarbeitete Fassung trennt beide Eingriffe ausdrücklich. Frühere Bewertungen und die beanstandete Fassung bleiben im Arbeitsnachweis erhalten; die Schlussvoten beziehen sich auf die anschließend tatsächlich geprüfte neue Fassung.

Materialbestand und nachgereichte Originale

Untersucht wurden neun Berichte samt Word-Fassungen und das eingefrorene Rechenpaket zur jüngsten Studie. Während der numerischen Prüfung wurden sieben separat archivierte Originalpakete ergänzt: Studien I, II und III, erste anthropogene Erweiterung, korrigierte Anfangswerte, Temperaturrekonstruktion und historischer Temperaturpfad. Die zunächst nur im jüngsten Paket fehlenden S3-Unsicherheitsprogramme waren in ihrem Originalpaket vorhanden. Bereits gesicherte Erstgutachten wurden deshalb durch datierte Nachträge ergänzt; die frühere Verfügbarkeitsfrage blieb nicht fälschlich als ungelöst stehen. Alle betroffenen Mitglieder erhielten dieselben zusätzlichen Primärmaterialien.

Prüfsummen dokumentieren unveränderte Fassungen. Sie bestätigen die Identität der geprüften Dateien, nicht unabhängig deren empirischen Wahrheitsgehalt. Neue Skripte und Resultate wurden getrennt von den Originalen abgelegt. Die Studien selbst wurden durch diese Konferenz nicht rückwirkend umgeschrieben.

Belegarten und Grenzen

Der Bericht unterscheidet direkt gelesene Gleichungen und Daten, neu ausgeführte Berechnungen, reine Neuauswertungen vorhandener Resultate, externe Literaturbefunde und noch ungeprüfte Hypothesen. Die Größe eines beobachteten numerischen Kontrollrests ist keine mathematisch bewiesene globale Fehlerschranke. Die Streuung festgelegter Parameterfälle ist kein Wahrscheinlichkeitsintervall. Übereinstimmende Rechnungen mit gemeinsamen Prozessgesetzen sind keine unabhängigen Naturbeobachtungen.

Die beteiligten KI-Agenten gehören derselben technischen Modellfamilie an. Die dokumentierten getrennten Erstkontexte und gegenseitigen Einwände begründen eine nachvollziehbare interne Mehrfachprüfung. Gemeinsame Wissensgrundlagen, mögliche übereinstimmende Fehlannahmen und die fehlende institutionelle Unabhängigkeit bleiben bestehen. Die Konferenz ist kein externes menschliches Peer-Review.

Zuordnung, Quellen und Arbeitsnachweis

S1 bis S9 bezeichnen die ursprünglichen Studien; jeder Anlagenbericht löst seine Quellenkennungen mit Titel, Fassung, Fundstelle und gegebenenfalls DOI beziehungsweise URL auf. Verweise auf Code und Ergebnisdateien beziehen sich auf den jeweils benannten eingefrorenen Archivstand oder die ausdrücklich neuen Fachgruppenprüfungen. Die Hauptdarstellung verweist für Prüfdetails auf die betreffenden Anlagen. Angaben aus aktuellen externen Datensätzen gelten für den dokumentierten Abrufstand.

Der begleitend gesicherte Arbeitsnachweis enthält Themenentscheidung, unabhängige Erstfassungen, tatsächliche Diskussionsnotizen, Sprecherwahlen, gemeinsame Berichte, Schlussvoten, neue Prüfskripte, Rechenergebnisse sowie Dateiprüfsummen. Die vollständigen Originalarchive sind gesondert erhalten. Die

Berichtsfassung wurde anschließend für Word mit editierbaren mathematischen Formeln gesetzt; typografisch gleichwertige Bruch- und Überstrichdarstellungen verändern keine fachliche Aussage. Formulierungen zum zunächst noch ausstehenden Verabschiedungsstatus wurden in den Anlagen anhand der tatsächlich erteilten Schlussvoten aktualisiert; die unterschriebenen Quelldateien und ihre Prüfsummen blieben dabei unverändert.

Prüfsumme der von den Sprechern verabschiedeten Hauptdarstellung:
70487e210674e7f87d64d9ac69a3d59e115bdf56494cd1cd80c95285a7047d55.

Anlage 0 · Beschlossenes Untersuchungsprogramm

Dieses Programm wurde vor den Fachuntersuchungen beschlossen. Es dokumentiert die Themenentscheidung und die damaligen Prüfaufträge; welche Fragen anschließend geklärt wurden oder offenbleiben, erläutert der Hauptbericht.

27. November 2026 · Programmgruppe A, B und C · Fassung 1.0

Einstimmig beschlossene Fassung: sieben Fachthemen. **Gewählter Sprecher und Redakteur:** A. A, B und C haben sowohl die Struktur als auch die konkrete Fassung 1.0 ausdrücklich bestätigt. Die abschließenden Zustimmungen sind unten dokumentiert.

Gemeinsamer Auftrag für alle Fachgruppen

Die Konferenz untersucht ergebnisoffen Einsichten und theoretische beziehungsweise empirische Grenzen der konkreten CO_2-Modelle von Retzlaff und Proto sowie die begründete Übertragbarkeit auf komplexere und gegebenenfalls chaotische Systeme. Gegenstand sind die dokumentierten Fassungen S1–S9 und das unveränderte Reproduktionsarchiv. Die hypothetische Erwärmungsrampe und die historische Nachrechnung sind unterschiedliche Experimente und entsprechend zu behandeln.

Alle drei Gutachter einer Fachgruppe erhalten denselben vollständigen Themenauftrag. Es gibt keine personelle Aufteilung in Mathematik, Empirie oder Code. Jedes Mitglied erstellt zunächst unabhängig eine eigene fachliche Prüfung; fremde Erstfassungen bleiben bis zur Freigabe geschlossen. Danach folgen tatsächlicher Austausch, Kritik, Erwiderung, gemeinsame Fassung und begründete Sprecherwahl. Zustimmung und verbleibender Dissens sind nachzuweisen.

Für jede Gruppe gelten zusätzlich:

- Konkrete Modellbehauptungen an Version, Berichtseite und Codefunktion belegen. Bei verlorenen Formeln Original-PDF, DOCX-Formeln oder Code prüfen. Unterschiede zwischen Bericht und Implementierung offen ausweisen.
- Externe fachliche Tatsachen mit Primärliteratur, Originaldaten oder amtlichen Methodenquellen belegen; DOI/URL, Datum, Fundstelle und Belegumfang dokumentieren. Vorabdruck und begutachtete Veröffentlichung unterscheiden.
- Codebeobachtung, neu reproduzierte Berechnung, Literaturbefund, Interpretation und ungetestete Hypothese kennzeichnen. Vorhandene Audits sind Material, keine von der Konferenz bereits ausgeführten Tests.
- Daten, ursprünglichen Code und vorhandene Ergebnisse unverändert lassen. Neue Prüfskripte und Ergebnisse im eigenen Arbeitsverzeichnis speichern. Gemeinsam verwendete Daten oder Gleichungen begründen keine unabhängige Bestätigung.
- Prüfungen an der Zielgröße und einer fachlich sinnvollen Toleranz ausrichten. Nachrechnen, wo es eine konkrete Frage entscheidet; umfangreiche Varianten nur bei begründetem Erkenntnisgewinn. Nicht ausführbare Prüfungen mit Ursache, Klärungsweg und Aufwand beziehungsweise prinzipieller Grenze benennen.
- Bestätigte Eigenschaften und relevante Widerlegungen gleichermaßen festhalten. Fehlende Untersuchungen nicht als nachgewiesene Fehler darstellen. Nichtquantifizierte Unsicherheit ausdrücklich benennen, ohne daraus pauschales Nichtwissen abzuleiten.

Jede gemeinsame Fachgruppenfassung liefert: untersuchten Gegenstand, überprüfte Befunde mit Belegen, durchgeführte Tests mit reproduzierbaren Ergebnissen, Geltungsgrenzen, offene Fragen, gegebenenfalls Dissens und begründete nächste Prüfungen. Sie ersetzt kein externes menschliches Fachgutachten.

T1 · Untersuchungsgegenstand, Systemgrenzen und Kausalaussagen

Einheitliche Frage: Welche genau definierten Größen und Aussagen lassen sich aus den jeweiligen Modellversuchen ableiten, und welche zusätzlichen Voraussetzungen wären für weitergehende Deutungen nötig?

Vollständiger Auftrag. Rekonstruiert für S1–S9 die Versuchsfrage, Zustände, vorgegebenen Antriebe, Systemgrenzen, Anfangsbezüge und Ergebnisgrößen. Unterscheidet hypothetische natürliche Reaktion, historische Nachrechnung und Quellenintervention bei gleicher Temperatur. Prüft Konzentrationsänderung, zusätzliche Speicherung, Mit/Ohne-Differenz, Anteil an Gesamtkonzentration oder Anstieg, molekulare Herkunft und vollständig rückgekoppelten menschlichen Einfluss. Nenner, Jahresmittel, Zeitpunkte und Endbestände gehören zur Definition.

Abgrenzung. Der Auftrag prüft die Schlusslogik, nicht bereits die empirische Richtigkeit aller Prozesse. Eine vorgegebene Temperatur ist für ein bedingtes Experiment zulässig. Welche andere Frage eine prognostische Energie-/Temperaturgleichung, markierte Speicher oder Bruttoaustauschflüsse verlangt, ist ausdrücklich zu bestimmen.

Belege und Tests. Versions- und Aussagenmatrix; Zustands-/Einflussdiagramm; Herleitung der Differenzgleichung und Paarbilanz; Nachrechnung ausgewählter Quotienten im Auswertungscode. Prüft, welche natürlichen Flüsse mit dem eigenen Gesamt-CO_2 reagieren und welche bei gleichem Temperaturpfad identisch bleiben. Systemgrenzen für fossile Quelle und Landnutzung erklären. Anker: S1 S. 1–3, 9; S5 S. 1–2; S6 S. 2; S9 S. 8–9, 14, 16, 24; run_emissions.py::HistoricalSystem.rhs_with_emission, temperature_system.py::System.rhs und Auswertungscode.

Gefordertes Ergebnis. Eine prüfbare Aussagenmatrix: bereits gedeckt, nur mit genannten Zusatzannahmen gedeckt, im Modell nicht bestimmbar oder durch konkrete Belege widerlegt. Offene Leitfrage: Welche Gegenwelt beantwortet der jeweilige Lauf tatsächlich?

T2 · Prozessstruktur, Kohlenstoffbilanz und Modellhierarchie

Einheitliche Frage: Welche physikalischen Eigenschaften und Strukturannahmen bestimmen die Antworten der Modelle, und welche Vereinfachungen oder Verfeinerungen sind für ihre Zielgrößen angemessen?

Vollständiger Auftrag. Prüft Speicher, Flüsse, Einheiten, Vorzeichen, Erhaltung, endliche Vorräte und Doppelzählungen für Atmosphäre, Ozean, Vegetation, Boden, Permafrost, Gletschervorfelder und Geologie. Prüft Herkunft und Übertragungsbereich der Ozeanpufferung, Austauschzeiten, CO_2-Wachstumsförderung, Bodenretention, Wasser-/Nährstoffansätze und thermischen Gedächtnisse. Unterscheidet fehlende Prozesse von bereits effektiv enthaltenen Wirkungen. Vergleicht Landnutzung als äußere Quelle mit einer expliziten Entnahme aus terrestrischen Beständen und deren möglicher Folgewirkung auf die Senke.

Verbindlicher Teilauftrag Modellhierarchie. Vergleicht algebraisches Land mit dynamischen Speichern sowie globale Box mit Breitenzonen unter sonst gleichen beziehungsweise ausdrücklich angeglichenen Annahmen. Prüft Mittelung vor und nach nichtlinearen Prozessfunktionen; unterscheidet räumliche, saisonale und langsame Speicherwirkungen. Untersucht mit kontrollierten Varianten oder geeigneten Impuls-/Frequenzantworten, welche Reduktion für Jahresmittel, Speicheraufteilung oder andere erklärte Zielgrößen trägt. Dieser Teil darf nicht durch eine bloße Liste zusätzlicher Prozesse ersetzt werden.

Abgrenzung. Physikalische Bilanztreue ist keine vollständige empirische Bestätigung. Fehlende Feinheiten sind erst nach begründeter Relevanzbewertung als wesentliche Einschränkung einzuordnen. Thema 5 führt die historische Initialisierung, Thema 6 den empirischen Mehrwert, Thema 7 Robustheit über Strukturen.

Belege und Tests. Unabhängige Fluss-/Bilanzableitung einschließlich KAPPA + beta; gezielte Prozessänderungen; alternative Gedächtnisantworten bei Rampen, Pulsen und Abkühlung; Prüfung des

zulässigen Bestandsbereichs. Anker: S2 S. 2, 4–5, 12; S3 S. 9–15; S8 S. 7–11; S9 S. 24–25; System.rhs, System.outputs, modell3.py::miami_tables, prepare, calibrate_kn.

Gefordertes Ergebnis. Bilanz-/Prozessprüfung, begründete Strukturvarianten und eine ausdrückliche Bewertung des Erkenntnisgewinns der Modellhierarchie. Offen zu halten sind unbelegte Wirkrichtungen, Größenordnungen und unzureichend gestützte Parameterbereiche.

T3 · Mathematische Zulässigkeit, Dynamik und Vorhersagbarkeit

Einheitliche Frage: In welchem Bereich sind die konkreten Gleichungen wohldefiniert und welche Stabilitäts- beziehungsweise Vorhersageeigenschaften besitzen ihre Lösungen?

Vollständiger Auftrag. Bestimmt Definitionsbereich, lokale beziehungsweise weiterreichende Existenz- und Eindeutigkeitsvoraussetzungen und Erhaltung des zulässigen Zustandsraums. Untersucht Gleichgewichte bei konstantem Antrieb, Relaxationszeiten, Dämpfung, vorübergehende Störungsverstärkung und gegebenenfalls Schwellen, Hysterese oder mehrere mögliche Zustände. Trennt aktive physikalische Zustände von Diagnoseintegralen und Bilanzkonten; berücksichtigt Erhaltungssätze, Potenzbasen, Logarithmen, minimum/maximum und Interpolation.

Konkrete und allgemeine Chaosfrage. Verfolgt Anfangsstörungen zunächst unter identischem Antrieb; trennt sie von Parameter- und Antriebsstörungen. Berechnet geeignete endliche Verstärkungsfaktoren und vergleicht linearisierte mit vollständiger Dynamik. Wenn Chaos behauptet wird, verlangt dafür geeignete, konvergierte Diagnostik. Asymptotische Aussagen benötigen eine ausdrücklich definierte Fortsetzung des historischen Antriebs. Unterscheidet erzwungene Unregelmäßigkeit, transiente Verstärkung und chaotische Eigendynamik. Allgemeine Beispiele oder Theoreme müssen ihren Geltungsbereich nennen und dürfen keine Eigenschaften der CO_2-Gleichungen ersetzen.

Abgrenzung. Physikalische/dynamische Stabilität gehört hierher, Solverstabilität nach T4. Nichtlinearität, viele Zustände und große Beobachtungsabweichungen sind allein kein Chaosnachweis; fehlendes Chaos belegt keine empirische Richtigkeit.

Belege und Tests. Jacobimatrizen, analytisch zugängliche Teilsysteme, Tangenten- und Störungsrechnungen, geeignete Eigenmoden-/Lyapunov-Diagnostik nur unter angegebenen Voraussetzungen. Anker: S8 S. 7–8; temperature_system.py::System.__init__, rhs, outputs; jeweilige mathematische Primärliteratur.

Gefordertes Ergebnis. Eine Dynamikdiagnose mit Zustands-/Parameterbereich, Antriebsannahmen, Zeithorizont und Toleranz. Bewertet getrennt Einzeltrajektorien, Zeitmittel, integrierte Bestände und robuste Vorzeichen. Offene Leitfrage: Welche Aussagen bleiben trotz möglicher Trajektorienempfindlichkeit belastbar?

T4 · Numerische Verifikation und Reproduzierbarkeit

Einheitliche Frage: Setzt der archivierte Code die dokumentierten Gleichungen korrekt um, und mit welcher nachgewiesenen Genauigkeit reproduziert er die relevanten Ergebnisse?

Vollständiger Auftrag. Prüft Versionszuordnung, Vollständigkeit der Reproduktionsbestandteile, Gleichungs-Code-Übereinstimmung, Eingaben und Prüfsummen. Trennt Implementierungsfehler, Diskretisierung, numerische Rundung und Eingangsapproximation. Reproduziert begründet ausgewählte Hauptkombinationen und erweitert die Abdeckung, wenn konkrete Risiken oder widersprüchliche Befunde dies verlangen. Kennzeichnet den geprüften Umfang; ein mittlerer Lauf steht nicht ohne Begründung für alle Fälle.

Belege und Tests. Nullantrieb, konstante Temperatur, Quellenpuls und analytisch lösbare Teilfälle; Schrittweiten-/Toleranzvariation; Intervallgrenzen und Kalender; Konzentrationsintegral für Jahresmittel; unabhängige Bilanz- und Paarprüfungen. Prüft bei Bedarf zentrale Gleichungen mit einer eigenen Implementierung, damit ein zweiter Integrator nicht nur denselben möglichen Prozessfehler übernimmt. Sensitivitätsdifferenzen und Tabelleninterpolation auf ausreichende Konvergenz kontrollieren. Anker: S3

S. 15–16; S9 S. 9, 26; README; run_emissions.py::integrate; temperature_system.py::export_runs; archiviertes audit/.

Abgrenzung. Vorhandene Audits sind erst nach neuer Ausführung eigene Konferenztests. Übereinstimmende Integratoren und kleine Bilanzreste prüfen die Rechnung, nicht unabhängig die Naturbeschreibung. Der erforderliche Rechenfehler richtet sich nach der kleinsten fachlich interpretierten Wirkung; zusätzliche Dezimalstellen sind kein eigenständiges Ziel.

Gefordertes Ergebnis. Nachvollziehbare Testfälle mit Versionen, Skripten, Abweichungen, Toleranzen und Abdeckungsgrenzen. Offene Leitfragen: Was bleibt wegen gemeinsam verwendeter Formeln ungeprüft? Welche älteren Studien lassen sich mit dem tatsächlich vorliegenden Archiv vollständig oder nur teilweise reproduzieren?

T5 · Datenrekonstruktion, Beobachtungsoperatoren und Initialisierung

Einheitliche Frage: Welche empirische Information tragen Antriebs-, Anfangs- und Vergleichsdaten, und wie verändern ihre Verarbeitung und Abhängigkeiten die möglichen Modellprüfungen?

Vollständiger Auftrag. Prüft Datenversionen, Messgrößen, Abdeckung, Rekonstruktion, Quellenwechsel, Normierung, Zeitbezug und gemeinsame Herkunft. Verfolgt Emissionsmengen und Temperaturdaten vom archivierten Original zur Modellvorgabe. Unterscheidet saisonbereinigten Temperaturindex, absolute Temperatur, Lufttemperatur und SST. Die historische Initialisierung liegt federführend bei dieser Gruppe: gleiche Anfangskonzentration, gewählte Speicher, Referenzgleichgewicht und historische Vorgeschichte sind getrennt zu behandeln.

Belege und Tests. Jahresmengen und Einheiten reproduzieren; Kalendergewichtung und Profilnormierung prüfen; frühe Landnutzung, Temperaturanschluss und gemeinsame Referenzfehler untersuchen. Begründe und teste geeignete alternative Eingänge beziehungsweise Anfangszustände, soweit verfügbar. Zeitliche und räumliche Kovarianzen sowie geteilte Quelldaten kartieren. Definiert Beobachtungsoperatoren für globale CO_2-Jahresmittel und gegebenenfalls zeitlich geglättete Eis-/Firnluftrekonstruktionen. Lokale Tagesmessungen dürfen nicht unbemerkt an die Stelle globaler Mittel treten. Anker: S6 S. 2–3; S7 S. 4, 10–13, 19; S8 S. 8; S9 S. 3–7, 21, 23–24; assemble_forcing.py, Eingaben und Metadaten.

Abgrenzung. Datenqualität, physikalische Zulässigkeit (T2/T3) und Bestimmbarkeit (T6) sind unterschiedliche Prüfungen. Mehr Zeitstempel sind keine zusätzlichen unabhängigen Beobachtungen. Ein enger Unterschied zweier Auflösungen begrenzt nur diesen getesteten Verarbeitungseffekt.

Gefordertes Ergebnis. Daten-/Anfangszustandsprotokoll mit Messoperatoren, Unsicherheits- und Abhängigkeitsinventar sowie begründeten Varianten für T6/T7. Offen sind fehlende Kovarianzen, schlecht bekannte Vorgeschichten und die Übertragbarkeit moderner räumlicher Muster.

T6 · Identifizierbarkeit, empirische Bewährung und Modellmehrwert

Einheitliche Frage: Welche Parameter, Mechanismen und Modellunterschiede sind mit den vorhandenen Daten unterscheidbar, und welche Aussagen bestehen geeignete unabhängige empirische Prüfungen?

Vollständiger Auftrag. Unterscheidet literaturgestützte Festlegung, Kalibrierung an einem Modellanker, Anpassung an Beobachtungen und spätere Prüfung. Erfasst ausdrücklich die Bestimmung von kn aus vorgegebenem Landverlust und gemeinsame Anker der Modellfamilien. Untersucht, ob verschiedene Anfangszustände, Parameter oder Strukturen denselben atmosphärischen Verlauf, aber unterschiedliche Speicherentwicklungen erzeugen. Bewertet den zusätzlichen empirischen Nutzen der Modellverfeinerungen aus T2.

Belege und Tests. Niveau, Trend, jährliche Zunahmen, Residuenautokorrelation und besondere Zeitabschnitte prüfen; Anfangs-/Parameterkompensation mittels geeigneter Sensitivitätsrang-, Profil- oder Gegenbeispielanalyse untersuchen. Bei neuer Anpassung Prüfzeiträume vorab zurückhalten. Atmosphärische Konzentrationen mit geeigneten Land-/Ozeanbeständen oder Flüssen gemeinsam

beurteilen, nachdem Messoperatoren und Unabhängigkeit geklärt sind. Stellt fest, welche Daten konkurrierende Erklärungen tatsächlich trennen können. Anker: S2 S. 5; S4 als Literaturzugang; S9 S. 21–25; modell2.py und modell3.py::calibrate_kn; reproduzierte Ergebnisdateien.

Abgrenzung. Gute Anpassung, identifizierter Parameter und bestätigter Mechanismus sind verschiedene Befunde. Eine systematische Abweichung benennt nicht automatisch ihre Ursache. Nähe verwandter Modelle ist nur unter Berücksichtigung gemeinsamer Grundlagen zusätzliche Evidenz. Korrelationen oder punktweise Restfehler sind keine ausreichende Prüfung aller Zielgrößen.

Gefordertes Ergebnis. Empirischer Befund mit geprüften Zielgrößen und Zeiträumen, nachgewiesenen oder nicht entschiedenen Identifizierbarkeitsfragen sowie benötigter Zusatzinformation. Offen zu halten ist, wie weit historische Bewährung bei vorgegebenem Klima auf andere Antriebe oder zukünftige Entwicklungen übertragbar ist.

T7 · Fehlerfortpflanzung, Sensitivität und robuste Aussagebereiche

Einheitliche Frage: Welche bedingten Unsicherheitsbereiche lassen sich begründen, wie pflanzen sich relevante Abhängigkeiten fort, und welche Aussagen bleiben über angemessene Annahmen hinweg stabil?

Vollständiger Auftrag. Entwickelt ein dokumentiertes Budget für Parameter, Anfangszustände, zeitabhängige Eingänge, numerische Approximation, Beobachtungsbezug und begründete Strukturvarianten. Prüft die vorhandene S3-Fehlerrechnung unter ihren eigenen Voraussetzungen und bestimmt, was für die historische Fassung neu benötigt wird. Trennt feste Szenarien, probabilistische Intervalle, gefundene Extrema und garantierte Schranken. Verteilungen und Korrelationen müssen begründet beziehungsweise als ausdrückliche Annahmen variiert werden.

Belege und Tests. Vergleicht lineare Fortpflanzung vollständiger Modellläufe mit nichtlinearen Ensembles derselben erklärten Eingänge; kontrolliert Ableitungs- und Quantilstabilität. Erhaltet gemeinsame primitive Ursachen, Normierungsbedingungen und zeitliche Korrelationen. Berechnet Unsicherheit von Mit/Ohne-Differenzen und Quotienten aus gepaarten Läufen; erfasst Wechselwirkungen und mögliche Aufhebung gemeinsamer Beiträge. Unterscheidet Referenzwert, Erwartungswert, Quantile, punktweise Bänder und gemeinsame Kurvenbereiche. Prüft robuste Vorzeichen, Größenordnungen und Rangfolgen über begründete Verteilungen und Strukturen. Anker: S3 S. 9–13; S7 S. 19; S9 S. 23; JCGM 100/101 und gegebenenfalls 102 mit ausdrücklich geprüftem Anwendungsbereich.

Abgrenzung. Kein ungesichertes Versprechen einer vollständigen Gesamtunsicherheit. Ohne belastbare Verteilungen sind bedingte Bereiche und Strukturvergleiche auszuweisen; unbekannte Anteile dürfen nicht stillschweigend als Parameterstreuung gelten. Ein umfassender probabilistischer S9-Lauf ist erst bei tragfähiger Spezifikation gerechtfertigt. Ein Suchmaximum ist ohne Nachweis keine garantierte Schranke.

Gefordertes Ergebnis. Begründetes Unsicherheitsbudget, nachvollziehbar berechnete bedingte Bereiche, robuste Aussagen und ausdrücklich unquantifizierte Anteile. Ordnet offene Fragen nach Datenmangel, Rechenaufwand, Identifizierbarkeit, Strukturannahme oder prinzipiell fehlenden Voraussetzungen und benennt Tests mit hohem Erkenntnisgewinn.

Schnittstellen und Ausführung

Thema	Federführendes Ergebnis	Verbindliche Übergabe
T1	Versions- und Aussagenmatrix	Zielgrößen und logischer Geltungsbereich für alle Gruppen
T2	Physikalische Bilanz, Prozessvarianten und Modellhierarchie	Zulässige Strukturen für T3/T6/T7

Thema	Federführendes Ergebnis	Verbindliche Übergabe
T3	Mathematischer Geltungsbereich und Dynamikdiagnose	Störungsentwicklung und Vorhersagegrenzen für T7/Synthese
T4	Reproduzierte Kontrollfälle und numerische Toleranzen	Verlässliche Rechnungen und Abdeckungsgrenzen
T5	Daten, Beobachtungsoperatoren und historische Initialisierung	Eingänge und Abhängigkeiten für T6/T7
T6	Empirische Bewährung, Identifizierbarkeit und Modellmehrwert	Unterscheidbare Erklärungen und Datenbedarf
T7	Bedingte Unsicherheiten und strukturübergreifende Robustheit	Reichweite der Schlussfolgerungen und nächste Prüfungen

Eine sachlich mögliche Ausführungsfolge ist **T1 → T4 → T5 → T2 → T3 → T6 → T7**. Sie dient der Bereitstellung geprüfter Grundlagen und ändert die gleichrangigen Themenaufträge nicht. Abgeschlossene Gruppenberichte sind überprüfbare zusätzliche Belege, keine erwarteten Ergebnisse für folgende Gruppen. Schnittstellenfragen werden tatsächlich zwischen den jeweiligen Sprechern diskutiert.

Die abschließende Synthese ist kein achtes Fachthema. Die sieben gewählten Fachgruppensprecher verbinden dort ihre Befunde, klären Konflikte und unterscheiden belastbare Modelleinsichten, empirische Einschränkungen, theoretische Grenzen und noch offene Untersuchungen. Es wird kein Konsens erfunden; Dissens bleibt sichtbar.

Entstehung, Zustimmung und Sprecherwahl

Die unabhängigen Entwürfe A und B schlugen sieben, C acht Themen vor. Nach gegenseitiger Lektüre unterstützten alle drei die hier verwendete Siebenerstruktur. Das separate C8 wurde mit verbindlichem Prüfauftrag in T2 aufgenommen; empirischer Zusatznutzen bleibt ausdrücklich in T6, strukturübergreifende Robustheit in T7. Historische Initialisierung liegt bei T5, physikalische beziehungsweise mathematische Zulässigkeit bei T2/T3, Bestimmbarkeit bei T6. Diese Zuordnungen wurden konkret ausgetauscht und akzeptiert.

B und C nominierten A wegen der klaren Schnittstellen und der geeigneten Zusammenführung der Entwürfe zum Sprecher/Redakteur. A nahm an; B und C bestätigten die Wahl ausdrücklich. Alle Teilnehmenden sind KI-Agenten derselben technischen Modellfamilie. Getrennte Erstbearbeitungen begründen keine statistische oder institutionelle Unabhängigkeit.

Schlusszustimmung zur konkreten Fassung: A, B und C stimmen Fassung 1.0 ausdrücklich zu. B und C haben den gesamten Plan sowie die Übereinstimmung der sieben JSON-Aufträge mit den Markdown-Themen geprüft und ohne fachlichen Vorbehalt zugestimmt; keine Korrektur wurde beantragt. Ihre Zustimmung bezieht sich auf den Auftragsinhaltshash dd96341f7cdd5c041c2c093e7a51fd304fa220d9fb9aaa29486374318fc4a878. Anschließend wurden ausschließlich diese Zustimmungs- und Statusvermerke ergänzt. Diskussionsbelege: planning/a/discussion.md, planning/b/discussion.md, planning/c/discussion.md und tatsächlich ausgetauschte Nachrichten.

Anlage 1 · T1 – Untersuchungsgegenstand, Systemgrenzen und Kausalaussagen

Verabschiedung: Die drei Mitglieder haben die gemeinsame Fassung geprüft. Gewählter Sprecher: Mitglied C. Der genaue fachliche Status und etwaiger Dissens sind im folgenden Bericht sowie im Verfahrensprotokoll dokumentiert.

Die Quellen- und Rechenbelegkennungen gelten innerhalb dieser Anlage; Verweise auf andere Fachgruppen werden ausdrücklich als solche bezeichnet.

Der Fachbericht dokumentiert den Stand beim Abschluss der jeweiligen Gruppe. Spätere fachübergreifende Klärungen der Sprecherkonferenz sind im Hauptbericht zusammengeführt; dadurch erledigte Fragen bleiben in dieser Anlage als Teil des damaligen Arbeitsstands erkennbar.

Gemeinsam verabschiedete Fachgruppenfassung, 27. November 2026. Mitglieder: KI-Agenten A, B und C. Gewählter Sprecher: C. Die getrennten Erstbearbeitungen, tatsächlichen Einwände und Erwiderungen sowie die Sprecherwahl sind in den Arbeitsdateien und decision_log.md dokumentiert. Der Verabschiedungsstatus folgt aus den konkreten Schlussvoten.

1. Ergebnis und untersuchter Gegenstand

Die Modelle berechnen bedingte Kohlenstoffreaktionen. Ihre Mit/Ohne-Differenz enthält die Rückwirkung des zusätzlichen Gesamt-CO_2 auf die **implementierten** Quellen, Senken und Speicher. Der Einwand, die anthropogene Quelle werde lediglich auf eine unveränderte natürliche Konzentrationskurve addiert, trifft auf die geprüfte Fassung nicht zu. Codeeingriffe, ein künstlicher Quellenversuch und eine vollständige historische Neuumsetzung bestätigen diese Kopplung. Damit sind weder die empirische Richtigkeit aller Prozesse noch eine vollständige menschliche Attribution oder Herkunftsfraktion einzelner Kohlenstoffatome erwiesen. S8/S9 formulieren diese Grenzen selbst ausdrücklich. [S8 S. 2; S9 S. 8–9, 14, 24; K1–K3; P-A bis P-C]

Die Versuchsfolge muss erhalten bleiben: Eine hypothetische natürliche Erde, eine historische Nachrechnung und eine Quellenintervention bei unveränderter Temperatur sind unterschiedliche Untersuchungsgegenstände. Die folgende Matrix rekonstruiert alle Fassungen; Versionsdaten und vollständige Fundstellen folgen im Quellenanhang.

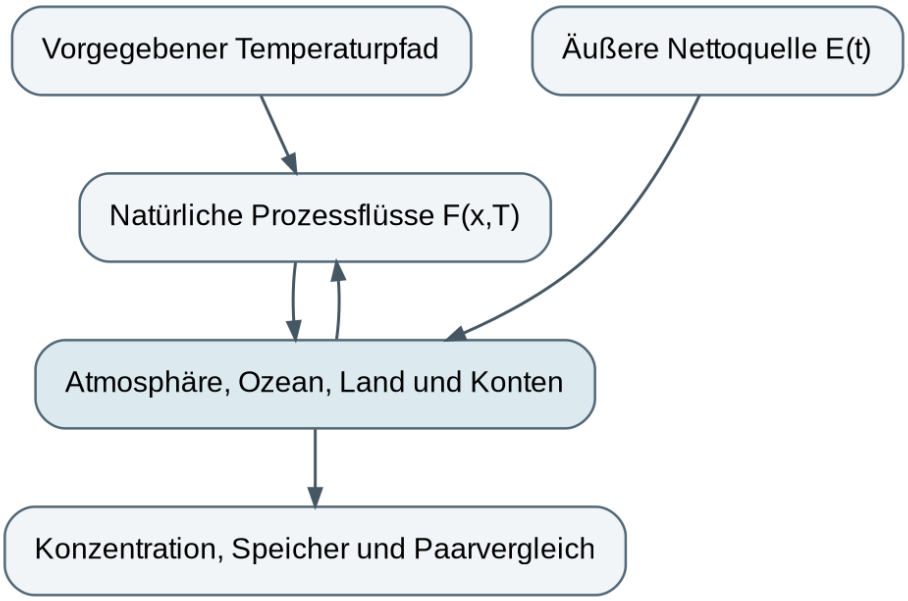
Fassung	Vorgaben und Anfang	Zustände und Ergebnisgrößen	Tatsächliche Versuchsfrage
S1	Menschenfreie Modellwelt; 300 ppm, 13,5 °C; insgesamt +2 K in 200 Jahren vorgeschrieben	Atmosphäre, zwei Ozeanboxen; algebraisches Land; Permafrost-, Gletschervorfeld- und Geochemiekonten	Bedingte natürliche Konzentrations-/Speicher-antwort; Endzustand, kein neues Gleichgewicht.
S2	Gleiche äußere Vorgaben	Dynamische Vegetation und Boden ersetzen das algebraische Land; CO_2-Produktionsfaktor und Wasserindex	Wirkung einer anderen Landdarstellung; kein isolierter neu hinzugekommener Düngungseffekt.
S3	Gleicher globaler Pfad; normierte räumliche Temperaturmuster	Sechs Land-/Oberflächenozeanzonen, gemeinsame Atmosphäre/Tiefe; bedingte zeitliche Unsicherheitsrechnung	Räumlich differenzierte Kohlenstoffantwort; keine selbst berechnete Wärmeverteilung.
S4	Veröffentlichte reale Emissions- und Speicherbudgets	Übernommene Literaturgrößen	Narrative Literaturübersicht; kein zusätzlicher Modelllauf oder unabhängiger Modellnachweis.

Fassung	Vorgaben und Anfang	Zustände und Ergebnisgrößen	Tatsächliche Versuchsfrage
S5	Gemeinsame glatte Quelle zusätzlich zur Rampe; 300 ppm; formaler Kalender 1826–2025	Neun Quellenpaare I/IV, II/V, III/VI; Jahresmittel und Endbestände	Quellenintervention bei gleicher Temperatur; glatte Quelle durch zwei Integrale festgelegt.
S6	Anfangs-CO_2 auf 282,7 ppm geändert; Temperaturreferenz bleibt 13,5 °C	Neu integrierte, auf den neuen CO_2-Bezug normierte Systeme	Wirkung der Konzentrations-Neureferenzierung; keine vollständige historische Initialisierung.
S7	GloSAT-/ERA5-Daten; Jahresniveau 1826 auf 13,5 °C normiert	Saisonbereinigter monatlicher Temperaturindex; weitere Auflösungsprodukte	Bereitstellung eines historischen Antriebs; keine Kohlenstoffsimulation.
S8	Temperaturindex ersetzt Rampe; synthetische Quelle bleibt	Zusätzliche Temperaturgedächtnisse setzen rampenspezifische Antworten fort	Wirkung des Temperaturaustauschs einschließlich gewählter Fortsetzung auf Abkühlungen.
S9	Historische Nettoemissionen ersetzen glatte Quelle; S8-Temperatur bleibt	Dieselben 18 Läufe; Paardifferenzen, Speicher und Quoten	Quellenwirkung unter historischem Index; gesonderter Vergleich der zeitlichen Emissionsauflösung.

Die Bezeichnungen schwach, mittel und stark meinen Prozessparameter, keine drei menschlichen Emissionspfade. S1–S3 setzen die insgesamt erreichten 2 K voraus; sie bestimmen weder eine konkrete Solarkonstantenänderung noch eine zusätzlich aufzuschlagende CO_2-Erwärmung. Ab S5 endet die 200-jährige Integration am 1. Januar 2026. Konzentrationswerte „2025“ sind Jahresmittel; Endbilanzen gelten am letzten Zeitpunkt. [S1 S. 2; S5 S. 1–2; S8 S. 4]

Speichergrößen sind überwiegend Änderungen gegenüber Referenzbeständen; Paardifferenzen bezeichnen zusätzliche Speicherung gegenüber dem eigenen Ohne-Lauf. S6 verwendet ein rekonstruiertes Jahresniveau um 1826 als Startkonvention. Dessen Vorgeschichte wird bei Quellenabschaltung nicht entfernt. S8/S9 behalten Referenzspeicher für 13,5 °C, obwohl der erste historische Monatsantrieb 13,0267 °C beträgt. S9 beginnt mit einer positiven Jahresquelle von 0,34666 GtC/a; die frühere Nullbedingung gehört zur synthetischen Quelle. Das sind dokumentierte Versuchsbedingungen, keine nachgewiesenen Rechenfehler. Sie begründen jedoch keinen historisch eingeschwungenen Anfang. [S6 S. 2; S8 S. 5–8; D1; P-B/P-C]

2. Was tatsächlich gekoppelt ist



Das Diagramm zeigt die Zustands- und Einflussstruktur. Der Rückweg von CO_2 zur vorgegebenen Temperatur fehlt. Innerhalb der Kohlenstoffrechnung verwendet HistoricalSystem.rhs_with_emission dagegen zuerst den eigenen Zustand für alle natürlichen Flüsse und fügt die Quelle zur **Zustandsableitung** hinzu. Jede Integrationszwischenstufe wiederholt dies. [K1]

Ozeanaufnahme hängt von eigener Gesamtkonzentration und eigenem Oberflächenbestand ab. In II/V und III/VI verändert CO_2 die Produktion; die veränderten Vegetations-/Bodenspeicher verändern anschließend Umsatz und Atmung. Verwitterung verwendet ebenfalls das eigene Gesamt-CO_2. In I/IV ist die Landaufnahme algebraisch, $L = \beta(C - C_\star) - L_T$. Der Hilfszustand V_C in den dynamischen Familien beschreibt zusätzliches CO_2-bedingtes Wachstum und ist schon Teil der Vegetation; er ist kein fossiler Herkunftstracer und kein zusätzlich zu summierender Vorrat. [K2; S3 S. 7]

Permafrost, Gletschervorfelder, Gesteinsoxidation und in I/IV die thermische Landverlustvorgabe hängen allein vom gleichen Temperaturpfad und gleichen Gedächtniszuständen ab. Sie bleiben innerhalb jedes Paars identisch. Gleich bleiben auch reine Temperaturfaktoren der Bodenatmung, jedoch nicht der ganze Bodenfluss, weil der eigene Bodenbestand anders wird. Die Formulierung „vollständig gekoppelt“ ist somit nur für sämtliche vorhandenen Abhängigkeiten gerechtfertigt. [K2 Z. 64–129; S9 S. 8]

3. Exakte Differenz und Paarbilanz

Mit x_0 für den Ohne-Lauf und x_E für den Mit-Lauf gilt bei gleichem Anfang, Parametern und Temperaturpfad:

$$\dot{x}_0 = F(x_0, T), \qquad \dot{x}_E = F(x_E, T) + bE,$$
$$\delta\dot{x} = F(x_0 + \delta x, T) - F(x_0, T) + bE, \qquad \delta x(0) = 0.$$

Nichtlinearität verhindert diese Subtraktion vollständiger Lösungen nicht. Sie erlaubt allerdings nicht, getrennt gerechnete Einzelwirkungen beliebig zu addieren. Wegen identischer temperaturgebundener Paarterme reduziert sich die Konzentrationsdifferenz auf

$$(\kappa + \beta)\delta\dot{C} = E - \delta F_{AO} - \delta\dot{G} \quad \text{in I/IV},$$
$$\kappa\delta\dot{C} = E - \delta\dot{V} - \delta\dot{S} - \delta F_{AO} - \delta\dot{G} \quad \text{in II/V und III/VI},$$

wobei im zonalen Fall über Land-/Ozeanflächen summiert wird. Die Kapazität $\kappa + \beta$ entsteht durch algebraische Landaufnahme; atmosphärische Masse bleibt κC. Bei 1 GtC/a zusätzlichem Quellfluss

entfallen in I/IV mittel unmittelbar 0,679487 GtC/a auf Atmosphäre und 0,320513 GtC/a auf das algebraische Land. Eine zweite Landgutschrift wäre eine Doppelbuchung. [K1–K2; P-B]

Mit P_B als Permafrostbestandsänderung, also negativem Verlust, lautet die Paarbilanz:

$$\kappa\delta C + \delta O + \delta L + \delta P_B + \delta B + \delta G = M(t), \qquad M(t) = \int_0^t E\,(s)\,ds.$$

Die inneren Flüsse heben sich in dieser Summe auf; $\delta P_B = \delta B = 0$. Die nativen DOCX-Gleichungen von S9 enthalten die korrekten Ableitungspunkte, Bruchstrukturen und Vorzeichen und stimmen mit dem Code überein. [S9 S. 8–9; K2; P-C]

Tatsächlich ausgeführte Kontrollen

Kontrolle	Ausführung	Ergebnis	Beleggrenze
Quoten und Paarbudgets	A/B: neue Auswertung archivierter Intervallzustände	Alle neun Quoten bestätigt; maximaler Paarrest $1{,}012 \cdot 10^{-11}$ GtC	Keine neue historische Integration.
Lokale Eingriffe	A/B/C: Gesamt-CO_2 bei sonst gleichem Zustand verändert; B zusätzlich Quellenpartition	Ozean, CO_2-Landwirkung und Verwitterung reagieren; temperaturgebundene Terme bleiben gleich	Künstlicher Funktionstest, kein historisch beobachteter Fluss.
Neuer Quellen-Kurzversuch	A: explizites Mittelpunktverfahren; 20 Jahre bei T_0, 10 GtC/a	III/VI mittel: 65,7914 ppm Zusatz statt 94,3396 ppm bei senkenfreier Addition; zusätzliche Ozean-/Landbestände 27,2933/33,1865 GtC	Gemeinsame Prozessgleichungen; keine neue Konvergenz- oder empirische Genauigkeitsgrenze.
Historische Neuumsetzung	C: eigene Einspeisung und RK4-Schleife, alle 18 Feinläufe	3.600 Jahresmittel innerhalb $5{,}0 \cdot 10^{-10}$ ppm der gerundeten CSV; maximaler Paarrest $8{,}8 \cdot 10^{-12}$ GtC	Derselbe natürliche RHS und derselbe RK4-Typ; keine unabhängige Physikvalidierung.

Die verschiedenen kleinen Bilanzreste sind vereinbar. Gemeinsam benutzte Gleichungen und Daten machen diese Kontrollen nicht zu drei unabhängigen physikalischen Bestätigungen. Vorhandene Archivaudits wurden nicht als eigene Konferenzprüfungen ausgegeben. [P-A bis P-C]

4. Konzentration, zusätzliche Speicherung und Prozentanteile

Für 2025 gilt $\overline{C} = \int_{199}^{200} C\,(t)dt/(1\,\mathrm{a})$. Der Code integriert dazu einen eigenen Konzentrationsintegralzustand. Speicherbilanzen verwenden dagegen die Jahresendbestände beziehungsweise deren Jahresänderung. Die folgende Nachrechnung für III/VI schwach zeigt, weshalb gleichlautende „Anteile“ verschiedene Fragen beantworten. [K2–K3; P-A bis P-C]

Größe	Definition	Ergebnis	Bezug
Quellen-Nettoeffekt	$\delta\overline{C} = \overline{C}_E - \overline{C}_0$	160,6848 ppm	448,1911 minus 287,5063 ppm
Anteil am Gesamtbestand	$100\delta\overline{C}/\overline{C}_E$	35,85185 %	S9-Jahrestabelle
Anteil am modellierten Anstieg	$100\delta\overline{C}/(\overline{C}_E - 282{,}7)$	97,09574 %	Gleiche Intervention, anderer Nenner
Änderung seit Anfang	$100(\overline{C}_E - 282{,}7)/282{,}7$	58,53947 %	Gesamter Mit-Lauf

Größe	Definition	Ergebnis	Bezug
Anteil am Gesamtbestand am Ende	$100\delta C(200)/C_E(200)$	36,02068 %	1. Januar 2026
Kumulierte atmosphärische Retention	$100\kappa\delta C(200)/M(200)$	44,89883 %	Ganze Einspeisung 1826–2025
Atmosphärische Paarretention während 2025	$100\kappa\,\frac{\delta C(200)-\delta C(199)}{M(200)-M(199)}$	42,14805 %	Jahresänderung und Jahresemission

Die Quelle integriert sich zu 764,22719 GtC. Für VI schwach verteilen sich die zusätzlichen Endbestände auf 343,12910 GtC Atmosphäre, 138,07452 GtC Ozean, 282,49776 GtC reguläres Land und 0,52582 GtC Geochemie. Diese Mehrbestände sind weder absolute Vorräte noch nach Herkunft markierte Atome. Der Quotient von Jahresmitteln ist auch formal nicht das Jahresmittel eines Quotienten. Die übliche reale jährliche „airborne fraction“ setzt atmosphärischen Jahreszuwachs ins Verhältnis zur Jahresemission und ist deshalb ebenfalls nicht der S9-Gesamtkonzentrationsanteil. [P-A bis P-C; L2, Gleichung 2]

5. Was darüber hinaus nicht folgt

Kontrollierte Kopplungsversuche sind eine etablierte Untersuchungsklasse. Die Primärliteratur unterscheidet biogeochemische, radiative und vollständige Kopplung. Diese methodische Verwandtschaft validiert keine hiesigen Parameter und macht den festen historischen Temperaturpfad nicht mit einem C4MIP-Versuch identisch. [L1, Abschnitt 2; L3, Abschnitte 3.2.2–3.2.3]

S9 beantwortet die Intervention **Quelle ab 1826 ausschalten, Temperatur und Anfangsvorgeschichte beibehalten**. Für einen weiteren bedingten Kohlenstoffvergleich könnte ein extern unabhängig begründeter Temperaturpfad ohne menschlichen Einfluss eingesetzt werden. Eine intern selbst berechnete Klimarückkopplung benötigt dagegen prognostische Energie-/Temperaturdynamik. Vollständige menschliche Attribution erfordert zusätzlich konsistente menschliche beziehungsweise natürliche Randbedingungen, darunter Landnutzung und Vorgeschichte. Eine Temperaturgleichung allein genügt dafür nicht.

Die äußere Nettoquelle umfasst fossil/industrielle Emissionen und Netto-Landnutzung unter Abzug der dokumentierten Zementkarbonatisierung. Ein Herkunftskonto $-M$ schließt die Buchhaltung. Fossiler Zufluss lässt sich näherungsweise aus einer äußeren Reserve darstellen. Landnutzung entnimmt dagegen terrestrischen Vorräten und verändert Flächen und Aufnahmekapazitäten; das reguläre Landmodell führt diese Geschichte nicht nach. Eine externe Landnutzungsquelle ist deshalb nicht an sich fehlerhaft: Auch das C4MIP-Protokoll erlaubt sie als Alternative, behandelt aber zusätzlich Landbedeckungs-, Wärme- und Wasserwirkungen. Die hiesige Vereinfachung begrenzt somit die Deutung der Landbestände als reale Landinventare; ein numerisch bezifferter Doppelzählungsfehler wurde nicht nachgewiesen. [S9 S. 24; K4; L2, Abschnitte 2.2.1/3.2.1; L3, Abschnitte 3.2.2/3.3.2]

Herkunftsanteile fehlen bereits prinzipiell: Ersetzt man gegenläufige Bruttoflüsse U, V durch $U+q, V+q$, bleibt $U-V$ unverändert. Bei unterschiedlichen Markierungsanteilen f_A, f_O ändert sich der markierte atmosphärische Zufluss dagegen um $q(f_O-f_A)$. Perfekte Nettokurven würden die fehlende Information somit nicht ersetzen. Benötigt würden Bruttoaustausch, markierte Speicher und Herkunftsinitialisierung; vorhandenes V_C erfüllt diese Aufgabe nicht. Dies ist ein algebraischer Nachweis der Gruppe, keine empirische Zusatzbehauptung.

Aussagenmatrix

Die geprüften Ausdeutungen werden nicht pauschal den Autoren zugeschrieben; S9 schließt mehrere ausdrücklich aus.

Aussage	Urteil	Entscheidender Beleg oder Zusatzvoraussetzung
Quelle verändert implementierte natürliche Senken und Rückflüsse	Bereits gedeckt	Eigene Zustände im RHS; analytische und numerische Prüfungen.
Quelle werde nur nachträglich als fertiger ppm-Zuschlag addiert	Widerlegt	Quelleneinspeisung und neuer Kontrollversuch.
35,85 % seien im schwachen VI-Fall Anteil des Nettoquelleneffekts am Gesamtbestand	Bereits gedeckt	Eigener Jahresmittelnenner; nachgerechneter Code.
Die restlichen 64,15 % seien natürlicher Anteil am historischen Anstieg	Widerlegt	Falscher Nenner; Anteil der Quellenintervention am Modellanstieg beträgt 97,10 %.
Paardifferenz schätze den realen Effekt derselben bedingten Intervention	Nur mit Zusatzvoraussetzungen	Empirisch tragfähige Prozesse, Anfangszustände und Systemgrenzen.
Vorhandener S9-Ohne-Lauf sei eine menschenfreie historische Welt	Als Versuchsbeschreibung widerlegt	Temperatur und Anfangsvorgeschichte werden nicht entfernt. Die tatsächliche Gegenwelt bleibt offen.
Vollständiger menschlicher Einfluss oder fossiler Atomanteil	Im vorhandenen Modell nicht bestimmbar	Konsistente Gegenwelt/Klimakopplung beziehungsweise Herkunftsdynamik fehlen.

Auch numerische Konsistenz genügt nicht für reale Rekonstruktionsgüte: Alle neun S9-Fälle überschreiten den archivierten NOAA-Bezug 425,63 ppm; selbst VI schwach liegt 22,56 ppm darüber. Dieser Vergleich betrifft die Gesamtanordnung und identifiziert keinen einzelnen fehlerhaften Prozess. Die Gruppe hat dabei keine neuen Beobachtungsdaten revidiert. [S9 S. 1; D2; P-C]

6. Schlussbewertung, offene Fragen und nächste Prüfungen

Bestätigt sind bedingte Versuchsdefinition, Gesamt-CO_2-Kopplung, Paarbilanz und untersuchte Quotienten. Ein konkreter Einspeisungs- oder Quotientenfehler wurde nicht gefunden. Die Reichweite endet bei nicht berechneter Gegenwelt, unvollständiger historischer Landnutzungs-/Speicherentwicklung und fehlender Herkunftsinformation. Drei Untersuchungen wären besonders aufschlussreich:

Offene Frage und Ursache	Klärungsweg	Aufwand und verbleibende Grenze
Wie stark verändert die festgehaltene Temperatur die Quellenwirkung? Fehlender Vermittlungsweg.	Zunächst begründeter alternativer Temperaturpfad als Sensitivitätsversuch; für selbst berechnete Klimarückkopplung gekoppelte Gegenwelten samt übrigen Antrieben.	Mittlerer Aufwand für bedingte Pfade, hoher für geschlossene Attribution; Gegenwelt empirisch nur indirekt prüfbar.
Wie ändern reale Landnutzungsentnahme und Flächen die Speicherantwort? Struktur-/Systemgrenze.	Herkunftsreserve, terrestrische Entnahme und Flächen-/Kapazitätsänderung konsistent verbinden, ohne zusätzliche Doppelbuchung.	Hoher Daten-/Modellaufwand; Definitions- und frühe Datenunsicherheit bleiben.

Offene Frage und Ursache	Klärungsweg	Aufwand und verbleibende Grenze
Wie empfindlich ist das Ergebnis gegen historische Anfangsspeicher? Initialisierungsdefizit.	Früher beginnender Lauf mit dokumentierten Antrieben und überprüfbaren Speicherannahmen; gleicher späterer Vergleich.	Mittel bis hoch; unvollständige frühe Daten begrenzen Eindeutigkeit.

Die atomare Herkunft bleibt mit vorhandenen Nettodaten nicht identifizierbar; der algebraische Nachweis erfordert keinen weiteren dekorativen Simulationslauf. Nach der Diskussion besteht zu diesen fachlichen Aussagen kein gemeldeter Restdissens. Die konkrete Textzustimmung wird separat nachgewiesen. Die drei Beteiligten sind KI-Agenten derselben Modellfamilie; getrennte Erstkontexte sind keine institutionelle oder statistische Unabhängigkeit und ersetzen kein externes menschliches Fachgutachten.

Quellen, genaue Fassungen und Reproduktionsbelege

Untersuchungsdokumente

Alle Dateien unter /workspace/conference_co2_20261127/source_documents/, jeweils PDF und gleichnamige DOCX-Fassung. Seiten beziehen sich auf PDF-Zählung. Vollständige Titel sind hier den Kennungen zugeordnet; S9-Formeln zusätzlich anhand word/document.xml mit nativen m:oMath-Strukturen geprüft.

Kennung und Fassung	Vollständiger Titel	Für T1 maßgebliche Stellen
S1, Modellversion 1.0, 25.11.2026	Natürlicher CO_2-Kreislauf bei solarer Erwärmung – Ein Schätzmodell für eine menschenfreie Erde über 200 Jahre	S. 1–3, 5–6, 9; Datei CO2_Studie_I_Retzlaff_Proto
S2, Modellversion 2.0, 25.11.2026	Natürlicher CO_2-Kreislauf mit Pflanzenwachstum und Wasserhaushalt	S. 1–5; Datei CO2_Studie_II_Retzlaff_Proto
S3, Modellversion 3.0, 25.11.2026	Natürlicher CO_2-Kreislauf mit räumlicher Wärmeverteilung und Fehlerfortpflanzung	S. 1–3, 7–8, 11–15; Datei CO2_Studie_III_Retzlaff_Proto
S4, Version 2.0, 25.11.2026	Anthropogene CO_2-Emissionen und ihre Speicherung im Erdsystem	S. 1–3; Datei CO2_Literaturbericht_Retzlaff_Proto
S5, Version 1.0, 26.11.2026	Anthropogene CO_2-Emission im erweiterten Kohlenstoffkreislauf	S. 1–7; Datei CO2_Modelle_IV_V_VI_Anthropogene_Emission_Retzlaff_Proto
S6, Version 2.0, 26.11.2026	CO_2-Modellvergleich mit historisch korrigierten Anfangswerten	S. 1–4, 10; Datei CO2_Modelle_I_bis_VI_Korrigierte_Anfangswerte_Retzlaff_Proto
S7, Version 1.0, 26.11.2026	Rekonstruktion der globalen Temperaturentwicklung seit 1826	S. 1–3; Datei Globale_Temperaturentwicklung_seit_1826_Retzlaff_Proto
S8, Version 1.0, 26.11.2026	CO_2-Modelle I bis VI mit historischem Temperaturverlauf	S. 1–8, 11; Datei CO2_Modelle_I_bis_VI_Historischer_Temperaturpfad_Retzlaff_Proto
S9, Version 1.0, 27.11.2026	Historische Emissionen von Kohlendioxid in den Modellen I bis VI	S. 1, 8–9, 14, 16, 24; Datei CO2_Modelle_I_bis_VI_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto

Code und Daten

Archivbasis: source_documents/CO2_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto/.

- **K1:** code/run_emissions.py, v1.0, 27.11.2026, HistoricalSystem.rhs_with_emission, Zeilen 22–30; integrate, 53–75. Quelle in eigener Zustandsableitung und allen Zwischenstufen. SHA-256: f2baa8074c6c012e7c390230be3e42991f8a7a452d7221b06bdbcce993b1cca6.
- **K2:** code/temperature_system.py, v1.0, 26.11.2026, System.__init__, 41–62; rhs, 64–130; outputs, 132–154; export_runs, 174–204. Zustände, Konzentrationsabhängigkeit, Temperaturterme, Massenbilanz und Zeitbezug. SHA-256: 1891b79fcc3b8576a2acedd089b364a62b55c991ad11e040371d413811ff6614.
- **K3:** code/analyze_results.py, 27–34 und 50–73; Quotienten, kumulierte und jährliche Paarbilanzen. SHA-256: 1561d56f14b5dbf558d077394a798c082cb6ff7a97a499d6fb7fb466e013f785.
- **K4:** reference/modell_erweiterung.py, v2.0, 26.11.2026, source, parameters, add_budget, simulate12, simulate3; Ursprungskonto bei Zeilen 103–113. Diese Datei ist die korrigierte Erweiterung, nicht die ursprüngliche S5-Datei. Originalprozesse unter reference/originale/modell1.py::rhs, modell2.py::rhs, modell3.py::prepare/derivative.
- **D1:** inputs/temperature/temperature_monthly_1826_2025.csv, erste Zeile; inputs/emissions/annual_emissions.csv; inputs/emissions/combined_fine_forcing.csv. Tatsächlich eingelesene Antriebe; keine vollständige neue Validierung aller Rohdaten.
- **D2:** results/fine/annual_results.csv; results/fine/model1_interval_outputs.npz bis model3_interval_outputs.npz; results/comparison_2025.csv; inputs/observations/noaa_global_annual_1979_2025.csv. Archivierte Ergebnisse und eingefrorener Beobachtungsvergleich.

Neu ausgeführte Fachgruppenprüfungen

- **P-A:** groups/g1/a/check_intervention.py, checks.json, quotient_checks.csv. Neue Quoten-/Bilanzauswertung, lokale +100-ppm-Eingriffe und neuer künstlicher 20-Jahre-Versuch, explizites Mittelpunktverfahren mit 0,002 a Schrittweite. Letzte Ergebnisziffern sind keine geprüfte Konvergenzschranke. Aufruf: PYTHONDONTWRITEBYTECODE=1 python groups/g1/a/check_intervention.py.
- **P-B:** groups/g1/b/check_definitions.py, check_results.json, quotients_2025.csv, paired_budgets.csv. Lokale Konzentrations-/Quellenintervention, Quellenintegration, Archivbestandsbilanzen und Quotienten; keine historische Neuintegration. Aufruf: PYTHONDONTWRITEBYTECODE=1 python groups/g1/b/check_definitions.py.
- **P-C:** groups/g1/c/check_scope.py, check_results.json, ratios_2025.csv, pair_endstocks.csv, model1_own_annual.npz bis model3_own_annual.npz, results.md. Eigene Einspeisung und RK4-Schleife für sämtliche 18 historischen Feinläufe, lokale +1-ppm-Kontrolle bei 400 ppm. Gemeinsamer natürlicher RHS und gleicher Integratortyp wie Produktion; keine unabhängige physikalische oder neue Konvergenzvalidierung. Aufruf: python -B groups/g1/c/check_scope.py.

Alle Aufrufe beziehen sich auf den Konferenzwurzelordner. Ausgaben liegen jeweils nur beim ausführenden Mitglied; Bytecode-Schreiben wurde deaktiviert und geprüfte Archivdateien blieben unverändert. Native S9-Formeln: nullbasierte m:oMath-Elemente 6/7 (Zustands-/Differenzgleichung), 10/11 (atmosphärische Ableitungen), 12 (Paarbilanz), 14 (Quotient).

Externe Primärquellen

Alle folgenden Quellen sind begutachtete Veröffentlichungen; Abruf **27.11.2026**. Die genauen T1-Belegumfänge werden genannt. Publizierte Modellparameter oder aktuelle Budgetzahlen wurden nicht als Bestätigung der Retzlaff/Proto-Parameter übernommen.

L1. Arora, V. K. et al. (2020): *Carbon–concentration and carbon–climate feedbacks in CMIP6 models and their comparison to CMIP5 models*. Biogeosciences 17, 4173–4222. DOI **10.5194/bg-17-4173-2020**.

https://bg.copernicus.org/articles/17/4173/2020/ . Abschnitt 2, Gleichungen 1a–c: BGC, RAD, COU als verschiedene Experimente. Die kleinen verbleibenden Klimawirkungen im BGC-Versuch zeigen, warum er nicht exakt einem festgehaltenen Temperaturpfad entspricht.

L2. Friedlingstein, P. et al. (2025): *Global Carbon Budget 2024*. Earth System Science Data 17, 965–1039. DOI **10.5194/essd-17-965-2025**. https://essd.copernicus.org/articles/17/965/2025/ . Abschnitte 2.1/2.2.1: Karbonatisierungs- und Landnutzungssystemgrenzen; Abschnitt 3.2.1, Abbildung 7: Freisetzung und Wiederaufwuchs; Abschnitt 3.5.2, Gleichung 2: jährliche airborne fraction. Verwendet für Definitionen, nicht anstelle der archivierten GCB-2026-Emissionsfassung.

L3. Jones, C. D. et al. (2016): *C4MIP – The Coupled Climate–Carbon Cycle Model Intercomparison Project: experimental protocol for CMIP6*. Geoscientific Model Development 9, 2853–2880. DOI **10.5194/gmd-9-2853-2016**. https://gmd.copernicus.org/articles/9/2853/2016/gmd-9-2853-2016.pdf . Abschnitte 3.2.2–3.2.3, S. 2863: erlaubte externe Landnutzungsquelle und teilweise Kopplung; Abschnitt 3.3.1, S. 2864–2865: Quellvorgaben; Abschnitt 3.3.2, S. 2865: zusätzliche Landbedeckungs-/Wärme-/Wasserwirkungen. Belegt die Möglichkeit externer Quellen, keine vollständige Entsprechung der hiesigen Landstruktur zum Protokoll.

Die Tracer-Nichtidentifizierbarkeit wird durch die eigene algebraische Transformation der Bruttoflüsse bewiesen. Ihre Schlussfolgerung ist von empirischen Literaturbefunden und von noch nicht ausgeführten Gegenweltsimulationen zu unterscheiden.

Anlage 2 · T2 – Prozessstruktur, Kohlenstoffbilanz und Modellhierarchie

Verabschiedung: Die drei Mitglieder haben die gemeinsame Fassung geprüft. Gewählter Sprecher: Mitglied B. Der genaue fachliche Status und etwaiger Dissens sind im folgenden Bericht sowie im Verfahrensprotokoll dokumentiert.

Die Quellen- und Rechenbelegkennungen gelten innerhalb dieser Anlage; Verweise auf andere Fachgruppen werden ausdrücklich als solche bezeichnet.

Der Fachbericht dokumentiert den Stand beim Abschluss der jeweiligen Gruppe. Spätere fachübergreifende Klärungen der Sprecherkonferenz sind im Hauptbericht zusammengeführt; dadurch erledigte Fragen bleiben in dieser Anlage als Teil des damaligen Arbeitsstands erkennbar.

Fachgruppe T2: Mitglieder A, B und C; gewählter Sprecher B. Stand: 27. November 2026. Die Darstellung verbindet drei zunächst getrennte Erstprüfungen und die anschließend dokumentierte Kritik und Erwiderung. Entscheidungen und Schlussvoten sind in decision_log.md und den mitgliedsbezogenen signoff.md nachvollziehbar.

1. Gegenstand und Ergebnis

Die Modellfamilien I–III und ihre Erweiterungen IV–VI enthalten wesentliche Rückwirkungen des Kohlenstoffkreislaufs tatsächlich: Die jeweilige Gesamtkonzentration steuert Ozeanaustausch, Pflanzenproduktion beziehungsweise algebraische Landaufnahme und Verwitterung. Ihre Bilanz ist konsistent. Die zusätzliche menschliche Quelle wird in das gekoppelte System eingespeist; der Partialdruckeffekt wird nicht übergangen. Diese bestätigten Eigenschaften machen die Modelle zu auswertbaren kontrollierten Experimenten. Sie beweisen noch keine richtige historische Speicheraufteilung.

Die Hierarchie liefert besonders durch explizite Landgedächtnisse und räumliche Prozessinformationen Erkenntnisgewinn. Dieser ist zielgrößenabhängig: Eine sofortige Landkapazität verfehlt die atmosphärische Reaktion auf kurze Quellenereignisse erheblich, während angeglichene globale Ersatzboxen mehrere langsame Gesamtantworten gut annähern. Die Anzahl der Zustände allein entscheidet daher nicht über Modellgüte. Grundlage sind die dokumentierten Fassungen S2/S3 und ihre Fortführung in S8/S9, geprüfter Originalcode sowie neue, begrenzte Antworttests; keine Parameter wurden an beobachtetes CO_2 angepasst [S2; S3; S8; S9; C1–C3; R-A–R-C].

2. Kohlenstoffbilanz und physikalische Bestände

Mit Konzentration c in ppm, Kohlenstoffmassen in GtC und Zeit in Jahren lautet die unabhängig abgeleitete aktive Bilanz

$$\kappa(c - c_0) + O_s + O_d + \Delta L - P + B + G = \int_0^t E\,(u)\,du.$$

O_s/O_d bezeichnen Oberflächen-/Tiefenmeer, ΔL reguläres Land, P positiven Permafrostverlust, B zusätzliche Vorfeldspeicherung und G Verwitterungsaufnahme minus oxidative Freisetzung; $\kappa = 2{,}12$ GtC/ppm. $F_{AO} > 0$ bezeichnet Aufnahme ins Meer. Binnenflüsse zwischen Ozeanboxen heben sich auf. In I/IV gilt $\Delta L = \beta(c - c_0) - L_T$, folglich

$$(\kappa + \beta)\dot{c} = \dot{L}_T + \dot{P} - \dot{B} - F_{AO} - \dot{G} + E.$$

Der implementierte Nenner $\kappa + \beta$ **auch für die Quelle** ist deshalb erforderlich. II/V und III/VI integrieren Vegetation und Boden ausdrücklich und benötigen allein κ. Eine zusätzliche algebraische Düngungsgutschrift würde dort Aufnahme doppelt zählen. Das markierte Konto V_C ist Teil der Vegetation; kumulierte Verwitterung und Oxidation sind neben G Diagnostik. Diese Größen werden korrekt nicht nochmals summiert. NPP enthält bereits den Abzug der Pflanzenatmung; der schnelle

Vegetationsrückfluss ist heterotropher Umsatz. Regulärer Boden und anfangs gefrorener Kohlenstoff sind getrennt definiert [S2, S. 4–7; S3, S. 9; S8, S. 9–11; C1–C3].

A und C integrierten alle 18 Kombinationen mit historischem Monatsklima und jährlichen Emissionsraten neu. Der kumulierte Bilanzrest blieb unter $1{,}2\times10^{-11}$ GtC; ihre Endzustände stimmen überein. A prüfte Bestandsminima nach jedem internen Schritt, C an Monatsgrenzen. Atmosphäre, Ozean, Vegetation und Boden bleiben positiv; die unbelebte antarktische Landbox bleibt null. II/V erreichen mindestens 880,55 GtC Vegetation und 1152,24 GtC Boden. B kontrollierte ergänzend die archivierten feinen Intervallausgaben. Diese Belegarten sind zu unterscheiden; gemeinsamer Prozesscode begründet keine unabhängige empirische Bestätigung [R-A–R-C].

Die Landpositivität ist außerdem strukturell begründbar: Bei $c > 0$, zulässigen Anfangswerten und $0 \leq \rho \leq 1$ erhalten die Gleichungen $0 \leq V_C \leq V$. Am Rand $S = 0$ bleibt der Bodeneintrag $f[(V - V_C) + \rho V_C]/\tau_V$ nichtnegativ. Explizite Bestände bedeuten jedoch keine feste maximale Aufnahmekapazität. Algebraisches Land, Permafrost und geologische Konten besitzen keine geprüften absoluten Herkunftsinventare. Vorfelder werden als signiertes Anomaliekonto behandelt; $\dot{B} \propto \theta$ kann unter dauerhafter Erwärmung ohne Flächen- oder Vorratsgrenze akkumulieren. Negative Anomalien sind nicht automatisch negative absolute Bestände [S8, S. 7–8; C1; R-C].

3. Enthaltene Prozesse und Grenzen ihrer Übertragung

Die Ozeanfunktion

$$c_w = c_0 \exp(\alpha\theta_s)(1 + O_s/C_{s0})^R$$

enthält thermische Gleichgewichtsdruckänderung und Revelle-Pufferung. Das Potenzgesetz integriert die konstant gehaltene logarithmische Empfindlichkeit $R = \partial \ln pCO_2 / \partial \ln DIC$. In der Meerwasserchemie hängt diese Ableitung bei festgehaltener Alkalinität vom Zustand ab [L1]. Die geprüften historischen Oberflächenanomalien erreichen etwa 6,3 % des Anfangs-DIC; daraus folgt ohne Chemievergleich keine bestimmte atmosphärische Fehlergröße [R-A].

III/VI verwenden eine temperaturabhängige van't-Hoff-Form. Der Wert 28995 J/mol stammt nachvollziehbar aus der Auswertung eines Meerwasserexperiments, ist aber keine universelle Meerwasserkonstante. Die Temperaturwirkung umfasst Löslichkeit und Karbonatgleichgewichte; ein zusätzlich aufmultiplizierter Henry-Faktor würde Wirkungen doppelt zählen [L2]. Die Gaszeit 0,5 Jahre, die Volumenzeit $V_d/Q \approx 821$ Jahre und eine gekoppelte Relaxationsmode sind verschiedene Größen. Die Tiefentemperatur von I/II ist diagnostisch und wirkt nicht auf deren Kohlenstoffgleichungen zurück. Veränderliche biologische Pumpen und Alkalinitätskreisläufe werden nicht explizit berechnet; ihre stationären Hintergrundanteile können im Referenzgleichgewicht enthalten sein [C1–C3].

CO_2-Förderung, Wasserwirkung und Bodenretention fehlen ebenfalls nicht. Feste Exponenten können mittlere Nährstoff- und Stomatawirkungen effektiv enthalten, sagen deren Veränderungen aber nicht mechanistisch voraus. FACE-Beobachtungen zeigen standortabhängig zeitlich veränderte Förderung; die Synthese von Terrer et al. zeigt unterschiedliche Pflanzen- und Bodenreaktionen. Daraus folgt kein global gemessener Wert für η oder ρ [L3–L4]. Der Retentionsansatz begrenzt die Weitergabe zusätzlichen Pflanzenkohlenstoffs, simuliert jedoch keinen zusätzlichen Abbau alten Bodenkohlenstoffs durch Priming.

Der Wasseransatz ist ein Klimaindex, **keine Wasserbilanz** mit Wasserbestand, Zu- und Abflüssen. S8, S. 10 bezeichnet ihn zu weitgehend. Der Regenkoeffizient 0,024/K ist durch einen solaren Modellversuch motiviert; dieselbe Originalarbeit findet bei CO_2-Antrieb eine andere Sensitivität. Seine Beibehaltung ist ein nachvollziehbarer kontrollierter Vergleich, keine empirische Bestätigung für historische Bedingungen [S2, S. 4; L5]. Die archivierte geologische Anomalie bleibt unter 0,73 GtC; innerhalb dieser Parametrisierung verdient daher die Prüfung von Land und Ozean zunächst höhere Priorität [R-B].

4. Algebraisches Land gegen dynamische Speicher

Die Originalstufen sind keine reine Verfeinerungsleiter. Beim mittleren Fall besitzt I $\beta = 1$ GtC/ppm, das Zweipoolland um $c_0 = 282{,}7$ ppm dagegen die Gleichgewichtskapazität

$$\beta_{eq} = \eta(V_0 + S_0)/c_0 = 2{,}2285\ \mathrm{GtC/ppm}.$$

Deshalb wurde ausschließlich das dynamische Land durch eine **gleich empfindliche** algebraische Kapazität ersetzt; Ozean, Geologie und konstantes Klima blieben gleich. Die analytische Linearisierung wurde gegen den Original-Jacobioperator geprüft. Ein kleiner Quellenimpuls liefert [R-A]:

Atmosphärische Antwort	Dynamisches Land	Angeglichenes algebraisches Land
Erstes Jahresmittel, ppm/GtC	0,42749	0,22057
Zustand nach 50 Jahren, ppm/GtC	0,18947	0,18587
Zustand nach 200 Jahren, ppm/GtC	0,11920	0,12800

Die algebraische Darstellung speichert sofort; die Vegetations- und Bodenumsätze benötigen 15 beziehungsweise 50 Jahre. **Jahresmittelung beseitigt den Unterschied kurzer Ereignisse nicht.** Bei einer kleinen konstanten Quelle über 200 Jahre unterscheidet sich die Endantwort hingegen um 4,47 %. Das ist ein konkreter Vergleichswert, keine allgemeine empirische Gütegrenze. Alle Angaben sind lokale Antwortkoeffizienten, keine großamplitudigen Zukunftsprojektionen.

Die isolierte Landantwort erklärt den Mechanismus: Bei einer 200-jährigen Konzentrationsrampe auf 1 ppm werden dynamisch 1,751 statt algebraisch 2,229 GtC gespeichert. Bei jährlichem sinusförmigem Konzentrationsantrieb erreicht die Speicheramplitude nur 0,455 % des statischen Werts. Diese GtC/ppm-Werte dürfen nicht unmittelbar als atmosphärische ppm-Fehler interpretiert werden [R-A–R-C].

Der thermische 50-Jahre-Kern ist dagegen eine erfolgreiche Reduktion in den geprüften Fällen. Bei festem CO_2 und Wasserindex eins liefern beide Gesetze kalibriert 90 GtC Verlust unter der 2-K/200-Jahre-Rampe; ihre größte Pfaddifferenz beträgt 0,73 GtC. Zusätzliche Tests ergeben maximal 1,28 GtC bei einer Dreieckstemperatur mit 2-K-Spitze im Jahr 100 und 2,38 GtC bei einem 50-jährigen 2-K-Puls mit anschließender Rückkehr zur Referenztemperatur. Die kleinen Pfadunterschiede folgen nicht schon aus der gemeinsamen Endkalibrierung. Sie bestätigen diese thermische Näherung, nicht die sofortige CO_2-Aufnahme [R-A; R-B].

5. Globale Box, Breitenzonen und nichtlineare Mittelung

Eine günstige globale Landreduktion erhielt dieselben Gesamtbestände, die exakte Summe der zonalen NPP und eine mit Anfangsbodenbeständen gewichtete Abbaurate. Nach der 2-K/200-Jahre-Rampe bei konstantem CO_2 ergeben sich zonal −91,686 und global −94,289 GtC. Die Differenz 2,603 GtC entsteht durch später veränderte räumliche Bodenbestände; die Vegetationssumme bleibt exakt geschlossen. Bei gleichen lokalen Abbauraten ist die Aggregation exakt. Mit zusätzlich vorgeschriebener 100-ppm-Rampe beträgt die Enddifferenz nur 0,448 GtC [R-B; R-C].

Diese Ersatzbox bewahrt bereits räumliche Prozessinformation und ist **nicht das ursprüngliche Modell II**. Ihr Erfolg belegt, dass mehrere dynamische Zustände für bestimmte Gesamtzielgrößen entbehrlich sein können. Regionale Vorräte oder historische atmosphärische Jahresmittel sind damit noch nicht reproduziert. Die unveränderte Verteilung der Bodenzeiten von 38 bis 116 Jahren verändert außerdem die globale Antwort auf einen kleinen dauerhaften CO_2-Schritt nach 100 Jahren um rund 2 % gegenüber einem angeglichenen 50-Jahre-Pool [R-A].

Auch der linearisierte Ozean lässt sich im Referenzbereich gut reduzieren. Bei gleichen Gesamtvolumina, Q und Gasleitwerten beträgt seine 1-ppm-Sprungantwort nach 200 Jahren zonal 2,759 und global 2,762 GtC. Bei zusätzlich angeglichener erster thermischer Flussableitung bleibt die Temperaturantwortdifferenz bei 0,279 GtC/K. Das betrifft das separat angetriebene Ozeanteilsystem. Dessen langsame Eigenmode von rund 840 Jahren ist keine atmosphärische Kohlenstoffverweildauer [R-B].

Eine andere Reduktion scheitert deutlich: Auf denselben Originalklimarastern erhöht eine überall gleiche Erwärmung um 2 K das zellweise berechnete Miami-Integral um 4,17 %. Erst Temperatur und Niederschlag global zu mitteln, ergibt dagegen eine wasserlimitierte Ersatzlandschaft mit null Zunahme. Beide Antworten wurden auf ihre eigene Ausgangsproduktion normiert. miami_tables wählt die richtige Reihenfolge: Prozessfunktion vor räumlicher Mittelung. Der Befund betrifft die rohe Funktion, nicht unmittelbar die vollständige kalibrierte NPP von III [R-A–R-C].

Miami beschreibt potenzielle Jahresproduktion aus Jahresklima. Seine Verwendung als kurzfristige Produktionsfunktion wäre eine zusätzliche Annahme [L6]. Räumliche Nichtlinearität, saisonale Flussmittelung und langsame Speicherdämpfung bleiben deshalb getrennte Fragen. Kleine Speicherschwingungen beweisen nicht, dass nichtlineare saisonale Flüsse keine Jahresmitteländerung erzeugen. interp_bands prüft den Tabellenbereich −5 bis +14 K und bricht außerhalb mit ValueError ab; es schneidet Eingaben nicht still ab [C3].

6. Gedächtnis und Landnutzung

Die signierte Fortsetzung $\dot{q} = (\theta - q)/100$ reproduziert die ursprüngliche Rampe; ihre Rückkehrantwort ist damit nicht identifiziert. Nach 50 Jahren bei +2 K und anschließender Rückkehr zur Referenztemperatur verbleiben im Jahr 200 reversibel 6,19, mit nichtnegativ geklemmter Verlusttendenz 27,73 GtC Permafrostverlust. Beide Ansätze liefern unter der ursprünglichen Rampe 40 GtC. Weitere geprüfte Gedächtnismischungen unterscheiden sich trotz gleicher Endnormierung ebenfalls. Dies sind Strukturvarianten, keine empirischen Fehlergrenzen [S8, S. 7–8; R-A–R-C].

Landnutzung als äußere Quelle schließt die deklarierte offene Bilanz, entnimmt aber keine Kohlenstoffmasse aus dem regulären Land. Bei expliziter Entnahme U gilt $\dot{L} = F_L - U$; die Atmosphäre erhält dann $-\dot{L} + E_{fossil}$. U nochmals als äußere Quelle einzusetzen wäre doppelt. Nettoinventare, Wiederbewuchs und veränderte Aufnahmefähigkeit müssen derselben Definition folgen [S9, S. 24; L7].

Ein kontrollierter 100-GtC-Puls in der **vollständigen Familie II mit Ozean und Geologie bei konstantem Referenzklima** ergibt nach 200 Jahren:

Variante	Atmosphärische Änderung
Äußere Zufuhr	+12,12 ppm
Entnahme aus Vegetation, volle Regenerationsfähigkeit	−0,92 ppm
Entnahme plus dauerhafte NPP-Minderung um 100/900	+31,74 ppm

Der negative zweite Wert ist ein konsistentes spätes Unterschwingen: Im Ozean verbleiben 4,50 GtC. Er bedeutet keinen negativen absoluten Bestand und keine reale historische CO_2-Senkung durch Landnutzung. Die dritte Variante nimmt einen Kapazitätsverlust ausdrücklich an; sie rekonstruiert keine tatsächliche Fläche. Diese Versuche zeigen, weshalb eine verbesserte Landnutzungsdarstellung keine allein aus der Umbuchung festgelegte Korrekturrichtung besitzt [R-C; ergänzende anders abgegrenzte Tests R-A/R-B].

7. Belastbares Urteil und offene Fragen

Bestätigt sind Bilanztreue, richtige Behandlung der Partialdruck- und Revelle-Wirkung, konsistente Teilkonten sowie positive dynamische Bestände in den geprüften historischen Läufen. Der Erkenntnisgewinn der Hierarchie liegt in überprüfbaren Zeitantworten und räumlicher Speicher-/Prozessinformation. Eine allgemeine Überlegenheit jeder komplexeren Stufe ist nicht belegt. Wesentliche Grenzen betreffen sofortige Aufnahme, übertragene effektive Parameter, nicht geprüfte absolute Vorratsgrenzen und die Landnutzungsabgrenzung.

Welcher Anteil der historischen Abweichung durch welche Struktur entsteht, bleibt unentschieden. Drei begrenzte nächste Prüfungen sind besonders aussagekräftig:

Offene Frage und Ursache	Klärungsweg	Schwierigkeit
Tragen die Reduktionen für historische Jahresmittel? Die vorliegenden Tests isolieren einzelne Antworten.	Angeglichene Varianten im gekoppelten System an Zeitverlauf und Speicheraufteilung prüfen; Toleranz vorab aus dem Nutzungszweck festlegen.	Rechnerisch gering bis mittel; zusätzliche Beobachtungszuordnung erforderlich.
Welche Prozessparameter sind historisch tragfähig? Konstante Pufferung und Landelastizitäten sind nicht eindeutig bestimmt.	Chemievergleich entlang vorhandener Zustände sowie gemeinsame Prüfung unabhängiger Land-/Ozeanflüsse und Inventare.	Mittlerer bis hoher Datenaufwand; ein CO_2-Endwert trennt kompensierende Fehler grundsätzlich nicht eindeutig.
Wie wirken Entnahme, Regeneration und erschöpfbare Vorräte zusammen? Die Herkunfts-/Flächenzustände fehlen.	Landnutzungsdefinition, Flächenpfade und Bestandsentnahme konsistent verbinden; Gedächtnisse und Inventargrenzen begründen.	Hoher Zuordnungsaufwand; kurze Messreihen identifizieren Jahrhundertantworten nur begrenzt.

Aus diesen offenen Fragen folgt keine numerische Gesamtunsicherheitsobergrenze. Ebenso folgt aus ihnen keine pauschale Unbrauchbarkeit der bereits bestätigten kontrollierten Modellbefunde.

Quellen, Code und Reproduktionsbelege

Berichte und Versionen

Alle Berichte stammen von **Dr. Klaus Retzlaff und Proto**; Originale und seitenmarkierte Textfassungen liegen unter source_documents/ beziehungsweise source_documents/text/.

- **S2:** *Natürlicher CO_2-Kreislauf mit Pflanzenwachstum und Wasserhaushalt*, Studie II, Modellversion 2.0, 25.11.2026; Datei CO2_Studie_II_Retzlaff_Proto.pdf. Geprüfte Stellen: S. 2–7, 12–15.
- **S3:** Studie III, 25.11.2026; Datei CO2_Studie_III_Retzlaff_Proto.pdf. Geprüfte Stellen: S. 5–15, insbesondere Miami-/Ozeangleichungen, Kalibrierung und Bilanz. Formeln wurden direkt gegen den Originalcode geprüft.
- **S8:** *Modelle I bis VI: Historischer Temperaturpfad*, 26.11.2026; Datei CO2_Modelle_I_bis_VI_Historischer_Temperaturpfad_Retzlaff_Proto.pdf. Geprüfte Stellen: S. 7–12.
- **S9:** *Modelle I bis VI: Historische Emissionen*, Version 1.0, 27.11.2026; Datei CO2_Modelle_I_bis_VI_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto.pdf. Geprüfte Stellen: S. 8–10, 24–25.

Gemeinsamer Codestamm: source_documents/CO2_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto/.

- **C1:** code/temperature_system.py, Version 1.0, 26.11.2026; System.__init__, System.rhs, System.outputs. SHA-256: 1891b79fcc3b8576a2acedd089b364a62b55c991ad11e040371d413811ff6614.
- **C2:** code/run_emissions.py, Version 1.0, 27.11.2026; HistoricalSystem.rhs_with_emission, Zeilen 22–30. SHA-256: f2baa8074c6c012e7c390230be3e42991f8a7a452d7221b06bdbcce993b1cca6.
- **C3:** reference/originale/modell1.py::rhs/prescribed, modell2.py::rhs/calibrate_kn, modell3.py::miami_tables/prepare/calibrate_kn/derivative/interp_bands; geografische Originaldateien unter reference/originale/geo/. A/B bestätigten die Bytegleichheit der drei Module mit den nachgelieferten ursprünglichen S1–S3-Archiven. Vollständige Prüfsummen und Originalpfade: groups/g2/a/original_identity.json, groups/g2/b/version_identity.json und die Ergebnisdateien.

Eigene Prüfungen

- **R-A:** groups/g2/a/structure_tests.py, structural_results.json, sources.md. Ableitungs-/Bestandsprüfung, 18 historische Jahresquellenläufe, angeglichene lineare atmosphärische Impuls-/Jahresmittelantwort, thermische Landpfade, isolierte Bodengedächtnis- und Mittelungsprüfung.
- **R-B:** groups/g2/b/structural_checks.py, structural_results.json, land_frequency.csv, sources.md. Land-/Ozeanreduktionen, Frequenz- und Gedächtnisantworten, Rastermittelung und isolierter Landnutzungstest. Historische feine Bestandsminima ausdrücklich nur aus archivierten Intervallausgaben kontrolliert.
- **R-C:** groups/g2/c/structure_tests.py, results.json, technical_notes.md, sources.md. Neue historische Bestands-/Bilanzprüfung, Landaggregation mit Formelabgleich, Mittelung und vollständige Familie-II-Landnutzungspulse.

Reproduktion aus /workspace/conference_co2_20261127 jeweils mit PYTHONDONTWRITEBYTECODE=1 "$CODEX_PRIMARY_RUNTIME_PYTHON" und dem genannten Skriptpfad. Eigene Ausgaben bleiben in den jeweiligen Mitgliedsverzeichnissen. Originaldateien wurden nicht verändert. Unterschiede der Testantriebe und Systemgrenzen sind in den Diskussionen dokumentiert; Zahlen aus unterschiedlich abgegrenzten Versuchen werden nicht gemittelt. Keine zusätzlichen Integrationen wurden allein für diese Synthese ausgeführt.

Externe Primärliteratur

Abrufdatum: **27. November 2026**. Die Angaben beziehen sich auf begutachtete Endpublikationen. Die genannten Stellen wurden innerhalb der Fachgruppe geprüft; begrenzter Zugriff wird ausgewiesen.

- **L1:** Egleston, E. S., Sabine, C. L. und Morel, F. M. M. (2010): *Revelle revisited: Buffer factors that quantify the response of ocean chemistry to changes in DIC and alkalinity*. Global Biogeochemical Cycles 24, GB1002. DOI: 10.1029/2008GB003407. Gelesener Originalvolltext, insbesondere Abs. 9–11 und Abschnitt 2. Belegt Definition/Zustandsabhängigkeit, keinen konkreten Fehlerbetrag dieser Modelle.
- **L2:** Humphreys, M. P. (2024): *Temperature effect on seawater fCO_2 revisited: theoretical basis, uncertainty analysis and implications for parameterising carbonic acid equilibrium constants*. Ocean Science 20, 1325–1350. DOI: 10.5194/os-20-1325-2024. Originalvolltext, Abschnitte 2.1.1–2.1.3, Gleichungen 19–21, Tabelle 1 und Diskussion. Belegt Herkunft und Geltungsgrenzen der thermochemischen Form; Einzelfitunsicherheit ist keine globale Modellunsicherheit.
- **L3:** Norby, R. J., Warren, J. M., Iversen, C. M., Medlyn, B. E. und McMurtrie, R. E. (2010): *CO_2 enhancement of forest productivity constrained by limited nitrogen availability*. PNAS 107, 19368–19373. DOI: 10.1073/pnas.1006463107. Originalvolltext, Abstract, Ergebnisse und Diskussion des elfjährigen FACE-Versuchs. Standortbefund; kein universeller globaler Exponent.
- **L4:** Terrer, C., Phillips, R. P., Hungate, B. A. et al. (2021): *A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO_2*. Nature 591, 599–603. DOI: 10.1038/s41586-021-03306-8. Geprüftes Originalabstract über Verlagsindex und PubMed; direkter Verlagsvolltext blockiert. Synthese von 108 Experimenten; keine ungelesenen Detailmethoden oder globale ρ-Schätzung übernommen.
- **L5:** Bala, G., Duffy, P. B. und Taylor, K. E. (2008): *Impact of geoengineering schemes on the global hydrological cycle*. PNAS 105, 7664–7669. DOI: 10.1073/pnas.0711648105. Geprüftes Originalabstract, ergänzend Einleitung durch A. Belegt unterschiedliche solare/CO_2-Niederschlagssensitivität im dortigen Modell; keine beobachtete Universalkonstante.
- **L6:** Brun, P., Zimmermann, N. E., Hari, C., Pellissier, L. und Karger, D. N. (2022): *Global climate-related predictors at kilometer resolution for the past and future*. Earth System Science Data 14, 5573–5603. DOI: 10.5194/essd-14-5573-2022. Originalvolltext, Abschnitt „Potential net primary productivity“, Gleichungen 8–10 und Diskussion. Dokumentiert annuale Miami-Eingänge, potenzielle Produktivität und Trockenmasseeinheiten. Keine Validierung kurzfristiger Wetterantworten.

- **L7:** Gasser, T. und Ciais, P. (2013): *A theoretical framework for the net land-to-atmosphere CO_2 flux and its implications in the definition of "emissions from land-use change"*. Earth System Dynamics 4, 171–186. DOI: 10.5194/esd-4-171-2013. Originalvolltext, durch A insbesondere S. 172 und Abschnitte 2.4–3; B/C prüften das Abstract. Belegt Definitions- und Kopplungsbedarf. Die hier berichteten Landnutzungsversuche sind eigene Modelltests, keine übernommenen historischen Schätzungen.

Anlage 3 · Fachgruppe T3 · Mathematische Zulässigkeit, Dynamik und Vorhersagbarkeit

Verabschiedung: Die drei Mitglieder haben die gemeinsame Fassung geprüft. Gewählter Sprecher: Mitglied B. Der genaue fachliche Status und etwaiger Dissens sind im folgenden Bericht sowie im Verfahrensprotokoll dokumentiert.

Die Quellen- und Rechenbelegkennungen gelten innerhalb dieser Anlage; Verweise auf andere Fachgruppen werden ausdrücklich als solche bezeichnet.

Der Fachbericht dokumentiert den Stand beim Abschluss der jeweiligen Gruppe. Spätere fachübergreifende Klärungen der Sprecherkonferenz sind im Hauptbericht zusammengeführt; dadurch erledigte Fragen bleiben in dieser Anlage als Teil des damaligen Arbeitsstands erkennbar.

Revision 2 vom 27. November 2026, gemeinsam verabschiedet. Mitglieder A, B und C; gewählter Sprecher B. Dieser Text verbindet drei getrennte Erstuntersuchungen, gegenseitige Prüfung und tatsächlich beantwortete Einwände. Die drei Mitglieder sind KI-Agenten derselben Modellfamilie. Ihre getrennten Bearbeitungen derselben Gleichungen begründen keine statistische oder institutionelle Unabhängigkeit. Die Schlusszustimmung aller drei Mitglieder zur exakten Fassung ist gesondert dokumentiert.

1. Ergebnis und untersuchter Gegenstand

Die vorliegenden Kohlenstoffgleichungen besitzen eine analytisch nachweisbare Begrenzung von Anfangsstörungen bei identischem Antrieb. In geeigneten Kohlenstoffmasseneinheiten wächst der Abstand zweier zulässiger Lösungen nicht. Dieser Befund beruht auf der besonderen Transferstruktur der Gleichungen; er folgt weder aus ruhigen Kurven noch allein aus Massenbilanz. Zugleich werden Anfangsfehler teilweise sehr langsam vergessen. Die Modelle garantieren keine physikalisch zulässige Lösung für beliebige Anfangsbestände und beliebige Temperaturfortsetzungen.

Die direkte Prüfung umfasst die ursprünglichen Gleichungen I–III und deren Erweiterungen I–VI. Die neuen Zahlen betreffen sämtliche 18 zentralen Fälle der historischen Fassung S9, 1826–2025, mit $c_0 = 282{,}7$ ppm. A verwendet jährlich konstante Emissionsraten und monatliche Temperaturen; B und C verwenden die feinere Emissionsdatei mit 22.182 gemeinsamen Eingangsintervallen. Die früheren Rampenversuche mit 300 ppm werden nicht mit diesen Zahlen gleichgesetzt. Die eingebetteten Originalprogramme I–III sind gegenüber den zusätzlich beschafften Ursprungsarchiven byteidentisch. [C1–C4; E1–E3]

2. Zulässigkeit ist von globaler Positivität zu trennen

Ein sicherer Definitionsbereich verlangt $c > 0$, positive ozeanische Potenzbasen $1 + \Delta O_{s,i}/O_{s,i0} > 0$ sowie positive Volumina, Kapazitäten und Umsatzzeiten. In III/VI müssen auch die absoluten Temperaturen in den Arrhenius-Ausdrücken positiv, die Logarithmusargumente positiv und die Miami-Tabellenargumente innerhalb $[-5{,}14]$ K bleiben. Nichtnegative absolute Vorräte und $0 \le V_C \le V$ ergänzen die physikalische Interpretation. Negative Bestandsanomalien sind dabei zulässig. Der offene Meeresanteil wird durch minimum nur nach oben begrenzt; seine Nichtnegativität muss deshalb zum betrachteten Antriebsbereich gehören. [C1, C3]

Im inneren Bereich sind die Zustandsfunktionen lokal Lipschitz. Die verwendeten Potenzen mit Exponenten zwischen null und eins verlieren diese Eigenschaft am CO_2-Nullrand; Nichtganzzahligkeit allein wäre dafür keine hinreichende Begründung. Die Knicke von minimum, maximum und linearer Interpolation verursachen keine Mehrdeutigkeit. Für jedes konstante Eingangsintervall gilt lokale Existenz und Eindeutigkeit; an den endlich vielen Antriebssprüngen werden die stetigen Zustände eindeutig angeschlossen. Fortsetzbarkeit ist gesichert, solange Beschränktheit und Abstand zu problematischen Definitionsrändern erhalten bleiben. Dies ist eine eigene Anwendung des lokalen Existenzarguments, kein voraussetzungsloser globaler Satz. [M1]

Die neuen historischen Läufe bleiben numerisch deutlich im Bereich: kleinste Konzentration 279,621 ppm, kleinste Oberflächen-Potenzbasis 0,99440, kleinste relative Vegetations- beziehungsweise Bodenbestände in belegten Zonen 0,97267 und 0,95619. Die Temperaturtabellenargumente liegen zwischen −2,199 und +3,494 K; der offene Meeresanteil bleibt mindestens 0,38458. Die antarktische Landzone ist im Modell biologisch unbelegt: Landfläche ist vorhanden, aber $N_0 = V_0 = S_0 = 0$; diese Nullmenge bleibt invariant. Die Kontrollen sind Gleitkommarechnungen, keine zertifizierten Einhüllungen zwischen allen Zeitpunkten. [E1–E3]

Eine universelle Nichtnegativitätsgarantie wird dagegen durch direkte Randtests widerlegt. C setzt beispielsweise alle aktiven absoluten Bestände auf null, $\theta = E = 0$ und $q_{100} = 1$ K. Im mittleren Fall II/III ergibt die Originalrechte Seite $\dot{c} = -0{,}1379$ ppm/a. I mit zusätzlich $q_{50} = 1$ K ergibt −0,4760 ppm/a. Auch in unmittelbar positiver Nachbarschaft bleibt die Richtung nach außen bestehen. Vorgeschriebene Gedächtnisrückbuchungen verlangen hier Aufnahme unabhängig vom verfügbaren Inventar. Passive Diagnosekonten verursachen dieses Problem nicht. Diese ausdrücklich hypothetischen Randzustände sind kein nachgewiesener Fehler der historischen Trajektorien. S8 kennzeichnet die vorzeichenbehaftete Fortsetzung bereits als Modellannahme. [S8, S. 7–8; E1–E3]

3. Welche Zustände dynamisch wirksam sind

Bei den zentralen Einstellungen $\rho = 1$ enthält der rückgekoppelte Kern 3, 5 beziehungsweise 18 tatsächlich belegte Kohlenstoffzustände: Atmosphäre, Ozean und gegebenenfalls Vegetation/Boden. Zwei weitere formal vorhandene antarktische Landkomponenten bleiben auf der genannten Nullmenge leer. Temperaturgedächtnisse treiben den Kern einseitig; Kohlenstoff wirkt nicht auf sie zurück. Tiefentemperatur, Geologie- und Emissionskonten, Gletschervorfeldkonto, getrennte Verwitterungs-/Oxidationsintegrale und das Konzentrationsintegral wirken ebenfalls nicht auf den Kern zurück. Bei $\rho = 1$ gilt dies zusätzlich für den Biomassemarker V_C. [C1–C3]

Diese Unterscheidung ist für die Stabilitätsdiagnose entscheidend. Ein Konzentrationsintegral wächst selbst bei stationärem $c > 0$. Beliebige Anfangsoffsets passiver Konten bleiben erhalten. Daraus entstehen weder eine neue Kohlenstoffrückkopplung noch chaotische Eigenmoden. Bei $\rho < 1$ beeinflusst der Marker dagegen die Bodenbilanz und darf nicht gestrichen werden.

4. Analytischer Abstandssatz

Man messe die Atmosphärenkoordinate in I/IV als $x_A = (\kappa + \beta)(c - c_0)$, sonst als $x_A = \kappa(c - c_0)$; die übrigen Kernbestände stehen in GtC. Der erste Nenner berücksichtigt die unmittelbar gekoppelte algebraische Landaufnahme. Für monotone CO_2-Produktion und Verwitterung, positive Potenzbasen, nichtnegative Transferableitungen und $0 \le f \le 1$ besitzt die Jacobimatrix J nichtnegative Nebendiagonalen. Jeder interne Transfer liefert einen Verlust und einen gleich großen Gewinn. Die Spaltensummen verschwinden bis auf den nichtpositiven Abfluss durch Verwitterung. Somit gilt

$$\mu_1(J) = \max_j (J_{jj} + \sum_{i \neq j} |J_{ij}|) \le 0.$$

Für den reinen Kernvergleich werden neben identischen Parametern, Temperatur- und Emissionsvorgaben auch **gleiche Anfangsgedächtnisse und damit gleiche Gedächtnisflüsse** vorausgesetzt. Bei unterschiedlichen Anfangsgedächtnissen gilt die Schranke für den nachfolgend um die Gedächtniskoordinaten erweiterten Normraum. Für zwei endliche Lösungen unter den jeweils genannten Voraussetzungen ersetzt die über ihr Verbindungssegment gemittelte Jacobimatrix den lokalen Jacobian. Im konvexen positiven Potenzbereich bleiben Vorzeichen und Spaltensummen erhalten. Auf ihrem **gemeinsamen Existenzintervall im angegebenen Bereich** folgt daher

$$\| x^{(1)}(t) - x^{(2)}(t) \|_1 \le \| x^{(1)}(0) - x^{(2)}(0) \|_1.$$

An Antriebssprüngen setzt sich die Abschätzung durch Zustandsstetigkeit fort. Die allgemeine Matrixmaßformel ist durch [M2] belegt; die Modellanwendung und der Sekantenbeweis sind eigene

Ableitungen aller drei Mitglieder. Nichtausdehnung bedeutet keine uniforme exponentielle Kontraktion. Insbesondere wird kein bereits bewiesener global vorwärtsinvarianter Bereich vorausgesetzt. [E1–E3]

Unterschiedliche Anfangsgedächtnisse lassen sich mit $z = -kq$ einbeziehen: Aus $\dot{q} = (\theta - q)/\tau$ folgen $\dot{z} = -k\theta/\tau - z/\tau$ und der kompensierende Atmosphärentransfer $-\dot{z}$. Die Transformation ist für $k \neq 0$ invertierbar; die Norm enthält $|k|$. In Abschaltfällen mit $k = 0$ wird das entkoppelte Gedächtnis entfernt oder separat normiert. Die Zentralfälle besitzen positive Gewichte.

Für frühere Varianten $0 \leq \rho < 1$ zerlegt man die wirkliche Vegetation in $U = V - V_C$ und $Z = V_C$. Mit $h = (c/c_0)^\eta$, $\eta \geq 0$, werden ihre Produktionszuflüsse $N_\theta \min(h, 1)$ und $N_\theta \max(h - 1{,}0)$. Der Boden erhält $fU/\tau_V + \rho f Z/\tau_V$; die Rückflussanteile zur Atmosphäre sind $1 - f$ und $1 - \rho f$, also nichtnegativ. Damit gilt derselbe Nachweis bei gültiger Markierung. V_C darf keinesfalls zusätzlich zu V als Kohlenstoff bilanziert werden. Diese Erweiterung ist analytisch, kein neues vollständiges Parameterensemble.

5. Numerische Prüfung und Bedeutung verschiedener Störrichtungen

Alle Mitglieder integrierten Originalzustände und unabhängig hergeleitete Tangentengleichungen. Sie verglichen außerdem definierte endliche Anfangsstörungen unter unveränderten Parametern und Antrieben. A's gezielter Peercheck vergleicht passende Kern-Jacobiblöcke auf denselben gespeicherten Zuständen: größte Abweichung $1{,}34\times10^{-15}$ a⁻¹. Diese Übereinstimmung bestätigt die Implementierung der momentanen Generatoren, keine unabhängige empirische Klimatheorie. [E4]

Familie	B: Kerndimension	B: größter jährlich geprüfter 2-Norm-Faktor	C: Faktor einschließlich Gedächtnis
I/IV	3	1,282	1,502
II/V	5	1,391	1,470
III/VI	18	2,463	2,511

C verwendet 5/6/19 Koordinaten und prüft jede Eingangsgrenze. A erhält in III/VI 2,600 für einen anderen Raum mit 20 Kernkoordinaten einschließlich Störungen der sonst leeren Antarktispools, anderem Emissionsraster und monatlicher Normauswertung. Diese Faktoren werden nicht gemittelt. Keiner ist ein zertifiziertes kontinuierliches Maximum. Der Kohlenstoff-1-Norm-Verstärkungsfaktor bleibt dagegen höchstens eins. Euklidische Verstärkung beschreibt mögliche Konzentration einer verteilten Störung auf weniger Speicher; Normäquivalenz begrenzt sie hier durch $\sqrt{d}$. [E1–E3]

B's 0,001-GtC-Anfangsimpuls stimmt normiert bis unter $1{,}3\times10^{-7}$ mit der Tangente überein; bei zehnfacher Störung wächst die Abweichung ungefähr proportional. C prüft massenerhaltende Impulse von +0,01 und +0,1 ppm; die relative Abweichung bleibt unter $6{,}6\times10^{-6}$ beziehungsweise $6{,}6\times10^{-5}$. A und C halbieren zusätzlich gezielt die Schrittweite: Konzentrationsendwerte verändern sich um weniger als 5×10^{-9} ppm, ausgewertete Spitzenfaktoren um höchstens etwa $1{,}1\times10^{-9}$. Die festgelegten Rechenschwellen von 10^{-6} ppm beziehungsweise höchstens 10^{-5} für Faktoren werden deutlich unterschritten. Dies sind Numerikkontrollen, keine physikalischen Fehlerbalken.

Massenerhaltung bestimmt keine einzelne Störungsrichtung. A erhöht anfangs die Atmosphäre um 1 ppm und entnimmt die kompensierende Kohlenstoffmenge der ersten Oberflächenbox; nach 200 Jahren bleiben 0,0033–0,0096 ppm. C kompensiert aus der Tiefenbox: Der linear vorhergesagte und durch kleine Vollstörungen geprüfte atmosphärische Restfaktor beträgt 0,161–0,396. Beide Versuche sind konsistent, regen aber andere Moden an. Eine allgemeine rasche Vergesslichkeit massenerhaltender Anfangsfehler folgt daraus nicht.

6. Gleichgewichte, Zeitskalen und konkrete Chaosfrage

Für ausdrücklich konstante Eingaben und stationäre signed memories muss der aktive Kern

$$\mathrm{G}(c_*, \theta) = E - b\theta$$

erfüllen, wobei G der geologische Nettofluss und $b\theta$ der fortlaufende Vorfeldfluss ist. Schreibe $\mathrm{G} = a_\theta(c/c_0)^{0{,}30} - 0{,}060 - r_\theta$ mit $a_\theta > 0$. Dann gilt

$$c_* = c_0\left[\frac{E - b\theta + 0{,}060 + r_\theta}{a_\theta}\right]^{1/0{,}30},$$

sofern der Zähler positiv ist. Die Konzentration ist damit eindeutig. Die eindeutige Zuordnung der übrigen stationären Speicher verlangt zusätzlich positive beziehungsweise hinreichend verbundene Austauschpfade und positive Verlustkoeffizienten. Diese stärkeren Bedingungen erfüllen die Zentralfälle; Nichtausdehnung allein erlaubt dagegen entkoppelte Speicher mit freien stationären Konstanten. In III/VI können bei stationären Beständen gegenläufige zonale Flüsse bestehen. [C1–C3; eigene Ableitungen E1–E3]

Bei dauerhaft $\theta = E = 0$ ist $c_* = c_0$ lokal asymptotisch stabil. Die schnellsten Referenzrelaxationen liegen ungefähr bei 0,43–0,45 Jahren; gekoppelte langsame Austauschmoden bei 169–300 Jahren, neben weiteren Zwischenzeiten und den Gedächtniszeiten 50/100 Jahre. Die schwache geologische Rückkopplung erzeugt zusätzlich eine formale e-Faltungszeit von **228.000–273.000 Jahren**. Dies beschreibt eingefrorene Gleichungen am Referenzpunkt, keine physikalisch validierte Langzeitprognose. Bei konstanter Erwärmung laufen Vorfeld- und gegebenenfalls weitere Konten fort; ein stationärer Kern ist kein stationärer vollständiger Ausgabevektor.

Die Hauptfassung liefert unter diesen Voraussetzungen keine mehrere stationäre Konzentrationen erzeugende Faltung. Die irreversible Variante $\dot{q} = \max(0, (\theta - q)/100)$ besitzt jedoch sämtliche $q \geq \theta$ als stationäre Gedächtnisse: ausdrücklich gespeicherte Vorgeschichte, keine dadurch nachgewiesene chaotische Rückkopplung. [S8, S. 8]

Der Abstandssatz schließt positive asymptotische exponentielle Anfangsempfindlichkeit des untersuchten Kerns aus, **wenn** eine unbegrenzt zulässige gemeinsame Antriebsfortsetzung festgelegt ist. Die endliche historische Reihe definiert diese nicht. Unregelmäßige Vorgaben können unregelmäßige Antworten erzeugen; Parameter- und Antriebsfehler erscheinen als zusätzliche Störterme und fallen nicht unter die Anfangswertschranke.

7. Was trotz Unsicherheit belastbar bleibt

Es sei $\varepsilon := \| \delta x(0) \|_1$ der anfängliche Kohlenstoffnormabstand, bei unterschiedlichen Anfangsgedächtnissen einschließlich der erforderlichen Gedächtniskoordinaten. Er summiert die Beträge der Komponentendifferenzen und kann auch bei gleicher Gesamtkohlenstoffmasse positiv sein. Unter den Voraussetzungen aus Abschnitt 4 gilt $|\delta c(t)| \leq \varepsilon/\kappa_{\mathrm{eff}}$. Derselbe Deckel gilt für Konzentrationszeitmittel; deren Fehler muss durch Mittelung nicht zusätzlich verschwinden. Das Konzentrationsintegral benötigt die eigene Schranke $T\varepsilon/\kappa_{\mathrm{eff}}$. Geologischer Bestand lässt sich dagegen als Kohlenstoffkonto in den nichtausdehnenden Abstand aufnehmen. Die algebraische Gesamtbilanz bleibt erhalten. Die kooperative Struktur liefert bei gleichen Anfangsbeständen und Anfangsgedächtnissen sowie gleicher Temperatur außerdem das robuste Vorzeichen $c_{\mathrm{mit}} \geq c_{\mathrm{ohne}}$ für eine nichtnegative Zusatzquelle. Das ist ein bedingter Modellvergleich, keine vollständige Klimawandelattribution.

Allgemeine chaotische Systeme verlangen eigene Aussagen. Tucker beweist für das klassische Lorenzsystem $(\sigma, \beta, \rho) = (10{,}8/3{,}28)$ einen chaotischen Attraktor und die Übereinstimmung asymptotischer Zeit- und Maßmittel stetiger Observablen für Lebesgue-fast alle Anfangswerte im Einzugsbereich. Empfindliche Einzeltrajektorien und solche statistischen Aussagen sind dort vereinbar. Daraus folgt weder eine endliche Konvergenzrate noch eine Garantie für beliebige chaotische Systeme oder für diese CO_2-Gleichungen. [M3]

Gemeinsame fachliche Bewertung nach der Peerklärung: Belastbar sind die bedingte mathematische Eindeutigkeit, die besondere Nichtausdehnungsstruktur, lokale Referenzstabilität, historische Bereichsabstände und Bilanz-/Vorzeichenaussagen. Empirische Richtigkeit, globale Positivität und umfassende Prognoseunsicherheit bleiben eigenständige Fragen. Nach den dokumentierten

Präzisierungen besteht kein offener sachlicher Dissens zum Kernbefund; die Textfreigaben wurden getrennt eingeholt und erteilt.

Offene Fragen und höchstens drei nächste Prüfungen

Frage	Ursache bzw. Grenze	Klärungsweg	Schwierigkeit
Welcher Anfangsbereich bleibt über 200 Jahre sicher zulässig?	Inventarunabhängige Flüsse; Gleitkommakontrollen sind keine Barrierebeweise.	Analytische Schranken oder validierte Einschließungen für konkret festgelegte Anfangsbereiche.	Mathematisch mittel; kein Anlass, die vorhandenen positiven Läufe als gescheitert zu behandeln.
Welche Langzeitfortsetzung ist physikalisch sinnvoll?	Künftiger Antrieb und absolute Permafrost-/Vorfeldinventare sind nicht festgelegt.	Erst Antrieb und Reserven begründen, dann Gleichgewichte und Robustheit neu prüfen.	Erheblicher empirischer Aufwand; ohne Festlegung prinzipiell keine eindeutige Zukunftsaussage.
Wie groß sind reale Zielgrößen-unsicherheiten?	Fehlende gemeinsame Annahmen über Anfangs-, Parameter-, Antriebs- und Strukturfehler.	Getrennte und gekoppelte Sensitivitäten für Konzentration, Jahresmittel und Bestände mit begründeten Eingängen.	Datenabhängig; keine belastbare Gesamtwahrscheinlichkeit allein aus den drei Szenarien.

Vollständig aufgelöste Quellen und Reproduktionsbelege

Alle Pfade beziehen sich auf /workspace/conference_co2_20261127. Externe Quellen wurden am 27. November 2026 abgerufen. Primärmaterial und ursprüngliche Ergebnisse blieben unverändert. Details der getrennten Lektüre stehen in groups/g3/a/sources.md, b/sources.md und c/sources.md.

S8: Dr. Klaus Retzlaff und Proto, *CO_2-Modelle I bis VI: Historischer Temperaturpfad*, 26.11.2026. source_documents/text/CO2_Modelle_I_bis_VI_Historischer_Temperaturpfad_Retzlaff_Proto.txt, seitenmarkierter Originaltextauszug, insbesondere S. 7–8: Gedächtnisfortsetzung, vorzeichenbehaftete Anomalien, irreversible Alternative. Entscheidende Formeln direkt mit C1 abgeglichen.

C1: source_documents/CO2_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto/code/temperature_system.py, Version 1.0 vom 26.11.2026. System.__init__, rhs, outputs: Zustandsbelegung, vollständige Flüsse, Gedächtnisse und Bilanz. SHA-256 1891b79fcc3b8576a2acedd089b364a62b55c991ad11e040371d413811ff6614.

C2: Gleiches Paket, code/run_emissions.py, 27.11.2026. HistoricalSystem.rhs_with_emission, forcing, integrate: gekoppelte Quelleneinspeisung, Antriebsintervalle und Anfangswerte. SHA-256 f2baa8074c6c012e7c390230be3e42991f8a7a452d7221b06bdbcce993b1cca6. Die Feinrechnungen lesen inputs/emissions/combined_fine_forcing.csv, SHA-256 5a58d25e05beb4b347889e1cd9c58c815b824c5b826f9b416b354fe129ff9310.

C3: Gleiches Paket, reference/modell_erweiterung.py::parameters; reference/originale/modell1.py::Parameter,rhs, modell2.py::Parameter,rhs,BOX und modell3.py::miami_tables,interp_bands,prepare,derivative. Belegen Originalkerne, Parameterbereiche, Bestandsaufteilung und Tabellenbeschränkung. Die Erweiterung auf $0 \leq \rho \leq 1$ ist eigene Algebra.

C4: Gleiches Paket, README_Reproduktion.txt, Version 1.0 vom 27.11.2026: Definition der S9-Rechnung. groups/g3/b/archive_comparison.json: neue Byte-/SHA-256-Vergleiche der eingebetteten Originalprogramme mit S1–S3 unter source_documents/supplementary_archives/.

M1: Ernest Lindelöf (1894), *Sur l'application des méthodes d'approximations successives à l'étude des intégrales réelles des équations différentielles ordinaires*, Journal de mathématiques pures et appliquées, 4e série, 10, 117–128. Originalscan https://www.numdam.org/item/JMPA_1894_4_10__117_0.pdf ; kein DOI im konsultierten Katalog. Gelesen insbesondere S. 118–123: lokale Lipschitz-Abschätzung,

Eindeutigkeit und sukzessive Approximation. Die intervallweise Modellanwendung ist eigene Schlussfolgerung.

M2: Samuel Coogan (2017), *A Contractive Approach to Separable Lyapunov Functions for Monotone Systems*, arXiv:1704.04218v1, 13.04.2017. Gelesenes Autoren-PDF https://coogan.ece.gatech.edu/papers/pdf/coogan2017contractivemonotone.pdf , PDF-S. 2–3, Gleichungen (2), (4), sowie Proposition 3, PDF-S. 8–10. Gelesene Fassung: Vorabdruck. Begutachtete Folgepublikation: Automatica 106 (2019), 349–357, DOI https://doi.org/10.1016/j.automatica.2019.05.001 . Bibliographie geprüft; kein von allen gelesener Zeitschriftenvolltext behauptet. Der konkrete CO_2-Satz stammt aus der eigenen Transferanalyse, nicht aus dieser Publikation.

M3: Warwick Tucker (2002), *A Rigorous ODE Solver and Smale's 14th Problem*, Foundations of Computational Mathematics 2, 53–117, DOI laut Originalartikel https://doi.org/10.1007/s102080010018 . Gelesene Artikelfassung https://scispace.com/pdf/a-rigorous-ode-solver-and-smale-s-14th-problem-54ivt53tz6.pdf ; Autorenverzeichnis https://pi.math.cornell.edu/~warwick/main/rodes.html . B und C prüften S. 53–58, insbesondere klassische Parameter S. 54, Main Theorem S. 57 und Mittelwertbedingungen S. 58. Nicht der gesamte 65-seitige Beweis wurde nachgerechnet. Das Beispiel geht auf E. N. Lorenz (1963), *Deterministic Nonperiodic Flow*, J. Atmospheric Sciences 20, 130–141, DOI https://doi.org/10.1175/1520-0469(1963)020%3C0130:DNF%3E2.0.CO;2 zurück.

E1 – A: groups/g3/a/dynamics_check.py, dynamics_results.json, dynamics_refined.json, summarize_checks.py, checks_summary.json. Alle 18 annual-Fälle, zwei Integrationsauflösungen, Kern-Tangente, +1-/+0,01-ppm-Impulse und Oberflächenkompensation. Normmaxima an Monatsgrenzen; Zustandskontrollen an Schrittenden.

E2 – B: groups/g3/b/check_dynamics.py, dynamics_results.json, model1_dynamics.json bis model3_dynamics.json, model1_final_state_and_tangent.npz bis model3_final_state_and_tangent.npz, derivation.md. Alle 18 fine-Fälle, 3/5/18-Kern-Tangente, +0,001-/+0,01-GtC-Impulse in der erklärten Skalierung, analytische Jacobiprüfung und Randtest. 1-Norm an Eingangsgrenzen, 2-Norm jährlich.

E3 – C: groups/g3/c/dynamics_check.py, dynamics_results.json, finite_time_gains.csv, mathematical_note.md. Alle 18 fine-Fälle, 5/6/19-Koordinaten einschließlich Gedächtnissen, Tiefenkompensation, gezielte Schrittverfeinerung in III/VI, Randtest und Referenzspektren. Die Restfaktoren in finite_time_gains.csv sind Tangentenwerte; die endlichen Störungsprüfungen stehen in dynamics_results.json.

E4 – Peerprüfung und Entscheidungen: groups/g3/a/peer_coordinate_check.py, peer_coordinate_check.json: Vergleich derselben gespeicherten Endzustände und passenden Kernindizes ohne neue Integration. groups/g3/a/discussion.md, b/discussion.md, c/discussion.md und groups/g3/decision_log.md: tatsächliche Einwände, Antworten, Korrekturen und Sprecherwahl. Schlussvoten sind separat mit dem SHA-256 dieses Berichts gespeichert.

Reproduktion mit der bereitgestellten Laufzeit, jeweils PYTHONDONTWRITEBYTECODE=1 und $CODEX_PRIMARY_RUNTIME_PYTHON; genaue Befehle und Fassungen stehen in den genannten Skripten und Quellenverzeichnissen. Keine der neuen Prüfungen verwendet vorhandene Audits als angeblich eigene Rechnung.

Anlage 4 · Fachgruppe T4 · Numerische Verifikation und Reproduzierbarkeit

Verabschiedung: Die drei Mitglieder haben die gemeinsame Fassung geprüft. Gewählter Sprecher: Mitglied A. Der genaue fachliche Status und etwaiger Dissens sind im folgenden Bericht sowie im Verfahrensprotokoll dokumentiert.

Die Quellen- und Rechenbelegkennungen gelten innerhalb dieser Anlage; Verweise auf andere Fachgruppen werden ausdrücklich als solche bezeichnet.

Der Fachbericht dokumentiert den Stand beim Abschluss der jeweiligen Gruppe. Spätere fachübergreifende Klärungen der Sprecherkonferenz sind im Hauptbericht zusammengeführt; dadurch erledigte Fragen bleiben in dieser Anlage als Teil des damaligen Arbeitsstands erkennbar.

Fassung T4-1 vom 27. November 2026. Aus drei getrennten Erstprüfungen und anschließender direkter Diskussion integrierte Darstellung. Gewählter Sprecher: Mitglied A. Diese konkrete Fassung wurde von allen drei Mitgliedern geprüft und angenommen; Prüfsumme und tatsächliche Schlussvoten sind im Entscheidungsprotokoll und in den drei Schlussvoten dokumentiert.

1. Ergebnis und Geltungsbereich

Die numerischen Hauptrechnungen der historischen Emissionsstudie S9 sind für sämtliche 18 Kombinationen aus Modellfamilie, Parameterfall und Quellenschalter gut reproduzierbar. Kein ausgeführter Test zeigte einen Implementierungs-, Kalender- oder Integrationsfehler, der die berichteten Konzentrationswerte oder den kleinen Effekt der unterjährlichen Quellenverteilung materiell verändert. Die Aussage beruht auf neu ausgeführten Rechnungen, zusätzlichen analytischen Fällen und getrennten Formulierungen zentraler Gleichungen. Archivierte frühere Audits wurden nicht als neue Konferenztests ausgegeben. [A1, B1, C1]

Die gemeinsame Abdeckung umfasst jährliche und feine Emissionsprofile bei unverändertem monatlichem Temperaturindex sowie die Halbierung der internen Schritte für beide Quellenauflösungen. Die lokalen Unsicherheitsrechnungen von S3 wurden sowohl aus dem Bericht rekonstruiert als auch anhand des nachgereichten Originalprogramms erneut ausgeführt. Als zweckmäßiger Vergleichsmaßstab wurden 10^{-5} ppm für **Konzentrationsjahresmittel** vereinbart. Das liegt deutlich unter den hier interpretierten Effekten im Tausendstel-ppm-Bereich. Der Maßstab ist keine bewiesene globale Fehlerschranke und gilt nicht pauschal für einzelne Sensitivitätskoeffizienten. [A1, A2, B1, C2]

Numerische Übereinstimmung bestätigt die geprüfte Umsetzung. Sie entscheidet nicht, ob die angenommene Prozessstruktur, Parameterwahl und Klimavorgabe die Natur hinreichend beschreiben. Getrennte Prüfkontexte derselben KI-Modellfamilie und gemeinsam benutzte Eingaben begründen keine unabhängigen empirischen Validierungen.

2. Versionssicherung, Eingaben und Kalender

Die 144 im S9-Manifest aufgeführten Dateien stimmen nach Größe und SHA-256 mit ihren Einträgen überein; die erneuten Kontrollen nach den Rechnungen bestätigen unveränderte Originale. Ebenso wurden die neun PDF-Prüfsummen und die sieben nachgereichten ZIP-Prüfsummen bestätigt. Dies sichert die Identität zum jeweiligen Manifest, nicht die externe Herkunftswahrheit. Die verwendeten numerischen Versionen entsprechen den Archivangaben: CPython 3.12.14, NumPy 2.3.5, SciPy 1.17.0 und pandas 2.2.3. [P1, A1, A3, B2, C1, C3]

Der eingefrorene S9-Prozesscode ist bytegleich mit code/run_models.py aus dem S8-Paket; auch Monatsantrieb und archivierte S8-Vergleichsreihe stimmen überein. Die Originalkerne I–III und die S6-Erweiterung wurden über Prüfsummen den nachgereichten Paketen zugeordnet. Diese Befunde unterscheiden tatsächlich gleiche Fassungen von bloß ähnlich benannten Dateien. [A3, B3, C3]

Das gemeinsame Gitter enthält 22.182 positive, lückenlose Intervalle vom 1. Januar 1826 bis zum 1. Januar 2026. Eine unabhängige Datumsumrechnung bestätigt 200 vollständige Kalenderjahre einschließlich der Schaltjahre; Unterschiede zu gespeicherten Dezimalkoordinaten bleiben unter $5{,}12\times10^{-13}$ Modelljahren. Mit den **gespeicherten Produktionsdauern** beträgt der größte Jahresmassenrest $1{,}94\times10^{-12}$ GtC. Mit unmittelbar aus Datumsangaben rekonstruierten Dauern beträgt er $2{,}35\times10^{-13}$ GtC. Die verschiedenen Zahlen betreffen verschiedene Rechenwege und widersprechen sich nicht. Beide bestätigen die Gesamtquelle von rund 764,227194 GtC. Temperaturzuordnung und Temperaturintegral bleiben bei der Gittervereinigung erhalten. [A1, B1, C1]

3. Prozessgleichungen: Was unabhängig geprüft wurde

Die dokumentierte Bilanz von I/IV lautet

$$(\kappa + \beta)\dot{C} = \dot{L}_T + \dot{P} - \dot{B} - F_{AO} - \dot{G} + E.$$

Der Nenner folgt aus der algebraischen Landänderung $\Delta L = \beta(C - C_0) - L_T$. II/V und III/VI integrieren Vegetation und Boden ausdrücklich und verwenden deshalb κ. Der Code setzt die Quelle entsprechend ein. Ozean, Pflanzenproduktion und Verwitterung werden am eigenen Gesamtzustand jedes Laufs ausgewertet. Das Vegetationsetikett für zusätzlich CO_2-geförderte Biomasse wird nicht nochmals als physischer Speicher addiert. [P2, P3]

Alle drei Mitglieder formulierten I/IV separat: mit atmosphärischer Masse, eigener Konzentration beziehungsweise kombinierter Kapazitätsmasse als Zustand. Die dritte Umsetzung wertet die Temperaturgedächtnisse innerhalb jedes Eingangsintervalls analytisch aus. Keine dieser Formulierungen ruft die originale Prozess-RHS auf. Alle sechs I/IV-Kombinationen wurden mit DOP853 bei Jahresquellen und monatlichen Temperaturgrenzen integriert. Die Jahresmittel weichen maximal um $7{,}54\times10^{-9}$ ppm von der Produktionsrechnung ab; strengere Solvertoleranzen ändern sie höchstens um rund $5{,}1\times10^{-11}$ ppm. Das ist eine stärkere Implementierungskontrolle als ein anderer Integrator mit importierter RHS, bleibt aber eine Prüfung derselben Modellgesetze und Eingaben. [A1, B1, C1]

Ergänzend wurden 36 biologische Flusswerte von II/V und 108 zonale Ozeanflusswerte von III/VI skalar nachformuliert. Die Abweichungen liegen auf Rundungsniveau. Die II/V-Stichproben verwenden jedoch $\rho = 1$ und den übernommenen Kalibrierwert p.kn: Der Weitergabezweig $\rho < 1$ und die Kalibrierung selbst sind dadurch nicht unabhängig geprüft. Für II/V und III/VI besteht keine vollständige zweite Implementierung aller Prozess- und Vorbereitungsfunktionen. Auch das ursprünglich archivierte DOP853-Audit, das nur III/VI mittel behandelt und die Prozess-RHS importiert, kann diese Grenze nicht schließen. [A1, P1]

4. Integrationsgenauigkeit, Mittelwerte und Bilanzen

Kontrolle	Tatsächlich geprüfter Umfang	Größte Abweichung
Neue Jahresmittel gegen Archiv-CSV	Alle 18 Fälle, jährliche und feine Quelle	$5{,}00\times10^{-10}$ ppm
Interne Schrittweite halbiert	Alle 18 Fälle, beide Quellenauflösungen	$9{,}17\times10^{-9}$ ppm im Jahresmittel
Physische Speicherbilanz neu summiert	Beide unverfeinerten Hauptmodi, alle Intervallgrenzen	$8{,}99\times10^{-12}$ GtC
Paarbilanz gegen direkte Quellensumme	Alle neun Paare, beide unverfeinerten Hauptmodi	$8{,}87\times10^{-12}$ GtC
Quellenkonto gegen Eingangsintegral	Beide unverfeinerten Hauptmodi	$1{,}04\times10^{-11}$ GtC

Die CSV-Abweichung entspricht der gespeicherten Ausgabepräzision. Unter Einbeziehung des zusätzlich verfeinerten Feinlaufs steigt der geprüfte Paarbilanzrest auf $1{,}31\times10^{-11}$ GtC; daraus entsteht kein

fachlich anderer Befund. Ein kleiner Bilanzrest allein wäre unzureichend, weil auch falsche Prozessgeschwindigkeiten konservativ implementiert sein können. Deshalb stehen Bilanz-, Schrittweiten- und Gleichungstests nebeneinander. [A1, B1, C1]

export_runs bildet Jahresmittel durch Differenzen des integrierten Zustands $\int C\,dt$ an den tatsächlichen Jahresgrenzen. Eine zusätzliche Acht-Punkt-Gaußquadratur auf den Eingangsintervallen stimmt damit innerhalb $3{,}39\times10^{-11}$ ppm überein. Sie verwendet **dieselbe DOP853-Dichtelösung** wie der eigene I/IV-Kontrolllauf: Eigenständig ist die Mittelwertberechnung, nicht eine weitere Trajektorie. Die Unterscheidung ist praktisch relevant: VI mittel liefert 2025 489,221255455 ppm im Jahresmittel, aber ungefähr 490,811081 ppm am Jahresende. [P3, B1, C1]

Analytische Teilfälle prüfen zusätzliche Risiken. Der Nullantrieb hält alle Familien über den geprüften 20-Jahre-Abschnitt bei 282,7 ppm. Das ist das gesetzte Referenzgleichgewicht, nicht der kühlere erste historische Monat. Bei konstanten Temperaturen stimmen die Gedächtnisse mit $q_\tau = \theta(1 - e^{-t/\tau})$ und die Gletscherakkumulation mit ihrem Integral überein. Isolierte Quellenpulse prüfen Quellennenner, Intervallgrenzen und Jahresmittel gemeinsam. Beispielsweise ergeben 20 GtC zwischen Jahr 0,25 und 0,75 analytisch $\Delta C(1) = 20/(\kappa + \beta)$ und $\overline{\Delta C} = 10/(\kappa + \beta)$; die maximale Kontrollabweichung beträgt $1{,}14\times10^{-13}$ ppm. [A1, B1, C1]

Die feinere Quellenverteilung verändert gegenüber jährlichen Raten einzelne Jahresmittel höchstens um 0,0460080444 ppm, das Jahresmittel 2025 höchstens um 0,0030581205 ppm. Halbierte Schritte verändern diese **Profilwirkungsdifferenz selbst** höchstens um $9{,}29\times10^{-9}$ ppm. Der interpretierte Effekt ist damit klar von der Integrationsdiskretisierung getrennt. Er betrifft die zeitliche Eingangsapproximation; seine Kleinheit beweist keine geringe Unsicherheit der historischen Jahresmengen. [P3, B1]

5. Tabellenapproximation und ältere Sensitivitäten

Für alle sechs historischen III/VI-Fälle mit Jahresquellen wurde die Miami-Interpolation einschließlich abgeleiteter Ausgangsgrößen durch direkte Summation derselben Klimarasterzellen ersetzt. Der größte relative Unterschied eines Produktivitätswertes beträgt $2{,}52\times10^{-7}$, die größte Wirkung auf ein Konzentrationsjahresmittel $5{,}48\times10^{-7}$ ppm. Dieser Tabellenfehler ist größer als der reine Integratorvergleich und bleibt unter dem vereinbarten Konzentrationsmaßstab. Räumliche Rasterfehler und die empirische Eignung des Miami-Ansatzes sind damit nicht geprüft. [B1]

Für S3 wurde die gesamte lokale 19-Parameter-Fehlerfortpflanzung aus Berichtangaben rekonstruiert, einschließlich der exakten hydrologischen Produktkovarianzen. Diese Prüfung betrifft die hypothetische 2-K-Rampe über 200 Jahre ab 300 ppm. Nach Bereitstellung des Originals wurde zusätzlich dessen GUM-Verfahren neu ausgeführt. Beide Wege reproduzieren bei 0,25 Jahren Integrationsschritt den Mittelwerteingangs-Endwert 335,722806606 ppm und $u(200) = 12{,}290896533$ ppm. Das bestätigt die berichteten rund 12,3 ppm **unter den angegebenen Verteilungsannahmen**. [P4, A2, A3, C2]

Die numerischen Bezüge sind zu unterscheiden:

Integrationsschritt	$u(200)$	**Größte Änderung von $u(t)$ bei halbiertem Sensitivitätsschritt**
0,25 Jahre, Originalvergleich	12,290896533 ppm	$5{,}42\times10^{-7}$ ppm
0,125 Jahre, rekonstruierte Rechnung	12,290895496 ppm	$4{,}26\times10^{-7}$ ppm

Die Halbierung des Integrationsschritts verändert den Mittelwerteingangspfad höchstens um $1{,}72\times10^{-6}$ ppm und $u(t)$ um $2{,}67\times10^{-6}$ ppm. Einzelne mit ihrer Eingangsstandardunsicherheit gewichtete Ableitungen ändern sich bis $1{,}79\times10^{-5}$ ppm; deshalb darf der Konzentrationsmaßstab nicht auf jede Sensitivität übertragen werden. Bs zusätzliche Ableitung bei $g = 45$ GtC/K betrifft den **Referenzpunkt**, nicht den GUM-Mittelwertzustand mit $g = 50$. [A2, B1, C2]

Die Verfeinerung der Miami-Tabelle von 0,005 auf 0,0025 K verändert die 115 rekonstruierten S3-Kurven höchstens um $7{,}98\times10^{-7}$ ppm und $u(t)$ um $1{,}21\times10^{-6}$ ppm. Direkte Stichproben und vier zusätzliche Kalibrierungspunkte ergänzen diese Prüfung. Wegen stückweiser Interpolation und der Minimumfunktion zwischen Temperatur- und Niederschlagsbegrenzung wird weder monotone Konvergenz jeder Ableitung noch eine universelle Tabellenschranke behauptet. Die gefundenen Änderungen sind für das berichtete Unsicherheitsniveau praktisch unbedeutend. [A2, B1, C2]

6. Reproduzierbarkeit älterer Studien

Die zunächst nur im jüngsten Archiv fehlenden S3-Programme sind inzwischen vorhanden, ebenso 201 × 8.192 Ensemblewerte und die zugehörigen 19 primitiven Parameter. Die ursprüngliche Beschaffungsfrage ist erledigt. Verfügbarkeit und Neuprüfung bleiben getrennt: Das gesamte nichtlineare Ensemble wurde durch T4 nicht erneut integriert. Die numerisch bestätigte lokale GUM-Rechnung ersetzt diesen Schritt nicht. [A3, B3, C2]

Fassung	Neu nachgewiesen	Grenze der ausgeführten Prüfung
S1/S2	Zentrale Originalläufe; Modellidentität	Szenariohüllen nicht vollständig neu erzeugt
S3	Referenz, lokale GUM-Rechnung, Sensitivitäts- und Tabellenkontrollen	Vollständiges nichtlineares Ensemble nicht neu gerechnet
S5/S6	Erweiterung vorhanden; alle 18 S6-Jahresmittel bei wiederhergestellter Rampe innerhalb $4{,}16\times10^{-8}$ ppm reproduziert	Keine vollständige neue S5-Auswertung
S7/S8	Zusatzmaterial vorhanden; S8-Prozesscode, Monatsantrieb und Vergleichsreihe identisch; quellenfreie Pfade innerhalb $3{,}19\times10^{-9}$ ppm reproduziert	Temperaturrohaufbereitung und sämtliche S8-Alternativläufe nicht wiederholt
S9	Sämtliche Hauptfälle und die genannten Kontrollen	Frühe Landnutzungsskalierung, komplette Rohdatenpipeline und Berichtserzeugung nicht erneut ausgeführt

Die Tabelle behauptet weder fehlende Programme noch eine grundsätzliche Unmöglichkeit der übrigen Wiederholungen. Sie beschreibt den tatsächlichen Testumfang. [A2, A3, B1–B3, C1–C3]

7. Offene Fragen und nächste Prüfungen

Implementierungsabdeckung: Eine vollständige separate Formulierung von II/V und III/VI fehlt. Ursache ist der begrenzte Prüfumfang. Besonders aufschlussreich wären gezielte Gegenrechnungen von Bodenweitergabe, Kalibrierung und zonaler Gewichtung; Aufwand mittel. Bis dahin gilt die eigene Prozesskontrolle ausdrücklich nur in ihrem beschriebenen Umfang.

Datenpipeline: Eingangsdateien, Kalender und Summen sind geprüft; die gesamte Herleitung aus archivierten Roh-Excel-/CSV-Dateien wurde nicht neu aufgebaut. Klärungsweg ist eine isolierte Wiederaufbereitung mit komponentenweisen Vergleichen; technischer Aufwand überschaubar. Die empirische Güte der Inventare ist eine zusätzliche fachliche Frage.

Anspruchsbezogene ältere Reproduktion: Für Aussagen über die vollständige nichtlineare S3-Verteilungsfortpflanzung oder andere bisher nicht wiederholte Varianten sind deren konkrete Programme auszuführen. Das Material ist zugänglich; Hürde ist jetzt ausgeführte Abdeckung, keine nachgewiesene Archivlücke. Zusätzliche numerische Präzision ist nur nötig, wenn eine fachlich interpretierte Wirkung in die Nähe der beobachteten Rechenabweichungen gelangt.

Die empirische Angemessenheit der Prozessgesetze und die Vollständigkeit struktureller Unsicherheit bleiben durch diese Numerik prinzipiell unentschieden. Beobachtungsprüfungen und begründete alternative Prozessannahmen sind dafür erforderlich. Die direkte Gruppendiskussion hat keine verbleibenden sachlichen Widersprüche ergeben; geklärt wurden Zielgrößen, Schrittweitenbezüge, Kalenderdauern und Abdeckungsgrenzen. Die gesondert dokumentierten Schlussvoten bestätigen diese konkrete gemeinsame Fassung.

Quellen und reproduzierbare Nachweise

Alle nachstehenden Pfade sind relativ zur Konferenzwurzel /workspace/conference_co2_20261127. Berichte und Code wurden am 27. November 2026 geprüft. Die verwendeten externen Datensätze wurden für diese numerische Prüfung nicht aktualisiert.

P1 — Hauptarchiv und früherer Audit.
source_documents/CO2_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto/README_Reproduktion.txt, Version 1.0 vom 27.11.2026, Abschnitte 1–8; dort MANIFEST_SHA256.json, requirements.txt; audit/independent_dop853.py::run mit importiertem System.rhs. Belegumfang: Versionsstand, Rechenzeitraum, Reproduktionsfolge und tatsächliche Beschränkung des älteren Audits.

P2 — Historischer Temperaturpfad und Prozesscode.
source_documents/CO2_Modelle_I_bis_VI_Historischer_Temperaturpfad_Retzlaff_Proto.pdf (S8), S. 7–12: Gedächtnisse, Rampenanschluss, Initialisierung, Flüsse und Bilanz. Hauptarchiv: code/temperature_system.py::System.rhs, System.outputs, export_runs; SHA-256 1891b79fcc3b8576a2acedd089b364a62b55c991ad11e040371d413811ff6614.

P3 — Historische Emissionen und Eingänge.
source_documents/CO2_Modelle_I_bis_VI_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto.pdf (S9), S. 8–9, 12, 18–20, 23, 26. Hauptarchiv: code/run_emissions.py::HistoricalSystem.rhs_with_emission, forcing, integrate; code/assemble_forcing.py::main; inputs/emissions/annual_emissions.csv, emissions_native_intervals.csv, combined_fine_forcing.csv; inputs/temperature/temperature_monthly_1826_2025.csv; results/annual/annual_results.csv, results/fine/annual_results.csv. Integrator-SHA-256 f2baa8074c6c012e7c390230be3e42991f8a7a452d7221b06bdbcce993b1cca6.

P4 — Studie III und ursprüngliche Unsicherheitsrechnung.
source_documents/CO2_Studie_III_Retzlaff_Proto.pdf, S. 5–12 und 15–16: Rasterfunktionen, Parameterverteilungen, Kovarianzen, GUM und numerische Prüfungen. source_documents/supplementary_archives/CO2_Studie_III_Code_und_Daten/co2_studie3/modell3.py:: miami_tables, prepare, derivative, integrate; unsicherheit3.py::hydrology_moments, mean_and_covariance, gum_analysis; ergebnisse/unsicherheit3.json, mc_ensemble.npz, gum_kovarianz.npz. Modellcode-SHA-256 f5e5a25bd88fec950c0a10cb8ddb62c5531f3af2f96d55e6b3e965d38948e0ad; Unsicherheitsskript 044e23e352ccf21bcb1553da930f7c57ad255ba234f6dd036cb74d7d964f2871.

A1 — Neue Haupt- und Gleichungsprüfungen von A. groups/g4/a/audit_a.py, besonders manifest_check, forcing_checks, own_m1_rhs, own_m1_integrate, analytic_tests, own_flux_spotchecks; audit_a_results.json, audit_a.log, production_*_model*.npz, own_m1_*.npz. Belegt 36 Standardpfade, Feinlaufverfeinerung, eigene Massenformulierung, Flussstichproben und analytische Tests.

A2 — Unabhängig rekonstruierte S3-Rechnung von A. groups/g4/a/targeted_s3.py, targeted_s3_results.json, targeted_s3.log, s3_reconstructed_sensitivity.npz, s3_refined_miami_table.npz. Belegt Eingangs- und Kovarianzrekonstruktion, 115 Kurven, drei Differenzenschritte, zwei Integrations- und Tabellenauflösungen, direkte Kalibrierungspunkte sowie zentrale Originalläufe I–III.

A3 — Material- und Versionsnachtrag von A. groups/g4/a/addendum.md, supplement_check.py, supplement_check_results.json; zugrunde liegt

source_documents/supplementary_archives/inventory.json. Belegt sieben ZIP-Identitäten, vorhandene Arrayformen, S3-Modell-/Geodatenidentität und Vergleich der bereits gerechneten A2-Arrays mit dem Original. Keine neue Ensembleintegration.

B1 — Neue erweiterte Prüfungen von B. groups/g4/b/verify_b.py, results_b.json, run_b.log, new_model*_*.npz, own_I_IV_DOP853.npz. Besonders production_reproduction, independent_I, direct_miami, ramp_and_sensitivity: beide Quellenauflösungen und Schrittweiten; Konvergenz der Profilwirkung; eigenes I/IV-RHS; Gaußquadratur derselben DOP853-Dichtelösung; direkte historische Miami-Rastersummen; S6-Rampenvergleich und Referenzsensitivität. Vergleichsquelle für S6: Hauptarchiv reference/previous_results/alle_zeitreihen.csv, Implementierung reference/modell_erweiterung.py.

B2 — Nachprüfung von B. groups/g4/b/postcheck_b.py, postcheck_b.json: erneut unveränderte 144 Manifestdateien und Vergleich quellenfreier S9-Pfade mit reference/previous_temperature_outputs/annual_results.csv.

B3 — Materialnachtrag von B. groups/g4/b/addendum.md, addendum_inventory.json: Verfügbarkeit der S3-Programme und bytegleiche Modell-/Geodaten; keine GUM-/Ensemble-Neuberechnung durch B.

C1 — Neue Produktions- und analytische Prüfungen von C. groups/g4/c/audit_c.py::inventory, production, analytic, IndependentMassModel1; inventory_calendar.json, production_checks.json, analytic_checks.json, independent_mass_checks.json, audit_c_run.log; vollständige Ausgaben unter groups/g4/c/production/. Belegt Datumskontrolle, 54 Pfade aus Jahres-, Fein- und verfeinertem Feinlauf, eigene Kapazitätsmassenformulierung und analytische Intervallgedächtnisse.

C2 — Original-GUM und Tabellenprüfung von C. groups/g4/c/supplementary_c.py, supplementary_checks.json, supplementary_c_run.log, gum_new_checks.npz, miami_direct_checks.npz. Belegt Neuausführung des ursprünglichen lokalen GUM-Verfahrens bei 0,25/0,125 Jahren, 117 direkte Tabellenstichproben und Propagation der Tabellenverfeinerung in Referenz- und Mittelwerteingangspfad.

C3 — Versionsprüfung von C. groups/g4/c/version_audit.py, supplementary_identity.json, version_audit_run.log: sieben ZIP-Hashes und bytegleiche Übernahmen S1/S2/S6/S8 in S9. Zugehörige Originalpakete und SHA-256 stehen vollständig in source_documents/supplementary_archives/inventory.json.

Zur Wiederholung werden die genannten Prüfskripte mit "$CODEX_PRIMARY_RUNTIME_PYTHON" ausgeführt; Bytecodeausgaben sind in den Skripten beziehungsweise mit PYTHONDONTWRITEBYTECODE=1 abgeschaltet. Sie schreiben ausschließlich in die jeweiligen Gutachterverzeichnisse. Die vollständigen Befehle und Beleggrenzen stehen zusätzlich in groups/g4/{a,b,c}/sources.md. Erstfassungen, Nachträge, direkte Antworten und Sprecherwahl sind in den drei discussion.md-Dateien und decision_log.md erhalten.

Anlage 5 · T5 – Datenrekonstruktion, Beobachtungsoperatoren und Initialisierung

Verabschiedung: Die drei Mitglieder haben die gemeinsame Fassung geprüft. Gewählter Sprecher: Mitglied B. Der genaue fachliche Status und etwaiger Dissens sind im folgenden Bericht sowie im Verfahrensprotokoll dokumentiert.

Die Quellen- und Rechenbelegkennungen gelten innerhalb dieser Anlage; Verweise auf andere Fachgruppen werden ausdrücklich als solche bezeichnet.

Der Fachbericht dokumentiert den Stand beim Abschluss der jeweiligen Gruppe. Spätere fachübergreifende Klärungen der Sprecherkonferenz sind im Hauptbericht zusammengeführt; dadurch erledigte Fragen bleiben in dieser Anlage als Teil des damaligen Arbeitsstands erkennbar.

Gemeinsam verabschiedete Fachgruppenfassung · 27. November 2026
Sprecher: Mitglied B, von A, B und C tatsächlich gewählt. Die ausdrücklichen Textfreigaben werden außerhalb dieses fixierten Berichts in den drei signoff.md und im decision_log.md dokumentiert. Die Erstgutachten bleiben erhalten.

1. Gesamturteil und Prüfungsumfang

Die archivierte Antriebskette ist rechnerisch nachvollziehbar und bis zur Speicherpräzision reproduziert. Einen folgenreichen Verarbeitungsfehler der geprüften Mengen, Zeitachsen oder Mittelwerte haben wir nicht gefunden. Die empirischen Grenzen betreffen vor allem historische Speicherzustände, frühe räumliche Abdeckung, Quellenwechsel und gemeinsame Rekonstruktionsgrundlagen. Verarbeitungstreue bestimmt weder diese Unsicherheiten noch die physikalische Gültigkeit der Modellgleichungen.

Geprüft wurden S6–S9 mit ihren Originalpaketen, insbesondere die S9-Fassung vom 27.11.2026. Alle drei Mitglieder bearbeiteten den vollständigen Auftrag zunächst getrennt. Eigene Rohdatenextraktionen, neue Sensitivitätsläufe, Vergleiche vorhandener Ergebnisse und Literaturbefunde werden nachfolgend unterschieden. Drei Auswertungen gemeinsamer Daten ergeben keine drei unabhängigen empirischen Bestätigungen. Neue Zustands-/Temperaturläufe verwenden den ursprünglichen Prozesscode und produktionsnahes RK4; ihre reproduzierten Grundläufe sind keine unabhängige Integrator- oder Physikvalidierung. [D1–D5; T1–T5]

2. Daten- und Mengenprotokoll

Eingang und Version	Verwendeter Zeitraum	Verarbeitung	Informationsgrenze
GCB 2026 v0.1	1826–2025	Fossile Bruttoquelle; LUC ab 1850; Karbonatisierung ab 1931	Inventar-/Modellschätzungen; Methodenpapier noch Vorabdruck
OSCAR v2025, Modell v3.3	LUC 1826–1849	E_luc, positive Richtung zur Atmosphäre	Einzelmodell, ohne Torfentwässerung/-feuer
CDIAC 2016; Li 2026; Carbon Monitor, Export 27.11.2026	1950–1969; 1970–2018; 2019–2025	Monats-/Tagesanteile auf GCB-Jahresmasse normiert	Rekonstruierte Aktivitätsprofile, keine globale tägliche Flussmessung
GloSATref 1.0.0.0; ERA5-Tagesexport	1826–1978; 1979–2025	Getrennte Monatsnormalen 1991–2020 und gemeinsamer 1826-Anker	Beobachtungsrekonstruktion beziehungsweise Reanalyse

Eingang und Version	Verwendeter Zeitraum	Verarbeitung	Informationsgrenze
CMIP UoM 1.2.0; RCMIP v5.1.0	Anfangsniveau 1826	Globale jährliche CO_2-Konzentration	Zwei Formate derselben historischen Rekonstruktion
NOAA global, Stand 19.11.2026	Vergleich 1979–2025	Marine Hintergrundluft, Trockenluft-Molenbruch	Räumlicher Netzwerkoperator, kein lokaler Tageswert

Code und neue Rohdatenarithmetik. Die jährliche Quelle ist $E_y = F_y + LUC_y - K_y$. GCB-Spalten für atmosphärischen Zuwachs und natürliche Senken werden nicht abgezogen. Fehlende Karbonatisierung vor 1931 wird numerisch nicht angesetzt; das ist keine gemessene Null. Die Gesamtmenge 1826–2025 beträgt **764,227194 GtC**, 2025 **11,667641 GtC**, zusammengesetzt aus 10,642769 fossil, 1,187877 LUC und minus 0,163005 Karbonatisierung. Rohmengen und gespeicherte Jahreswerte stimmen auf $4{,}1\times10^{-14}$ GtC überein. [D1; T1]

Schaltjahre, Monatslängen, vollständige Tageskalender und Profilnormierung wurden direkt geprüft. Die größte Jahresmassendifferenz beträgt $2{,}56\times10^{-13}$ GtC bei exakten Kalenderdauern beziehungsweise $1{,}91\times10^{-12}$ GtC mit gerundeten gespeicherten Intervallkoordinaten. Beide sind Rundungsresiduen, keine Inventargenauigkeiten. Ein Kalenderjahr entspricht einem Modelljahr; GCBs 3,664 $GtCO_2$/GtC und die Modellkonvention 2,12 GtC/ppm erfüllen verschiedene Aufgaben. Die 22.182 gemeinsamen Zeitintervalle schaffen keine zusätzlichen unabhängigen Beobachtungen. [D1–D2; T1]

Vor 1950 sind fossile Jahresraten gleichmäßig verteilt; LUC und Karbonatisierung bleiben durchgehend innerhalb jedes Jahres konstant. Li nutzt moderne Aktivitätsbeziehungen und ERA5-Meteorologie. Der archivierte historische Zuordnungscode schließt internationale Schifffahrt aus; bei Carbon Monitor ordnet der datierte Methodenhinweis von 2021 sie ROW/Industry zu. Profil- und Sektordefinitionen sind deshalb versionsbezogen anzugeben. [D2; P2]

Der LUC-Sprung von 0,426554 GtC 1849 zu 0,706763 GtC 1850 verbindet unterschiedliche Verfahren und Abdeckungen; er belegt kein abruptes historisches Ereignis. Der reproduzierte Überlappungsfaktor 1850–1859 beträgt 1,617111 und erhöht die frühe Menge um 5,627420 GtC. **Neu verglichene archivierte Ausgaben**, keine neuen Integrationen, zeigen dafür 2025 +0,730065 bis +1,047014 ppm und insgesamt maximal 1,943979 ppm. Feinere Emissionsprofile verändern die archivierten Jahresmittel 2025 um −0,003058120 bis +0,001730559 ppm; über alle Jahre beträgt das Maximum 0,046008045 ppm, Modell V schwach, 2020. Diese Grenzen gelten nur für die konkret verglichenen Eingänge. [T1]

3. Temperatur: Bezug, Quellenanschluss und räumliche Übertragung

Code und Rohdatenrekonstruktion. Der Antrieb lautet

$$T^{*}_{y,m} = 13{,}5\,^{\circ}\mathrm{C} + a_{y,m} - \overline{a}_{1826},$$

wobei a nach Abzug quelleneigener Kalendermonatsnormalen entsteht und der Jahresanker nach Tagen gewichtet ist. Alle 2.400 Modellmonate wurden aus Original-GloSAT-NetCDF und ERA5-Roh-CSV auf $5{,}1\times10^{-11}$ K reproduziert. Gleichgewichtete statt kalendertreuer Monate ändern Jahresmittel höchstens um 0,005350 K. [D3; T1–T2]

Dieser saisonbereinigte Lufttemperaturindex ist keine absolute Temperatur jedes Monats. Januar 1826 hat den Index 13,026674 °C trotz Jahresanker 13,5 °C. Für 2025 stehen 14,995019 °C Index neben 14,971638 °C absolutem ERA5-Jahresmittel. GloSAT rekonstruiert auch über dem Meer Lufttemperatur. Die zonale SST-Antwort des Kohlenstoffmodells wird dagegen vorgeschrieben. Moderne NCEP-/COBE-Muster 1981–2010 werden verschoben und skaliert; sie sind keine historische SST- oder Speicherrekonstruktion. Die Kappung von TS0 bei −1,8 °C betrifft den vorbereiteten Referenzzustand, nicht nachweislich den gesamten anschließend veränderten Pfad. [D3–D4; P3]

Die durchschnittlich repräsentierte Gitterfläche 1826–1849 beträgt im GloSAT-Analyseprodukt 26,3 %, ohne Auffüllung 8,5 %. Das bezeichnet keine direkt mit Thermometern gemessenen Erdflächenanteile.

Gemeinsame Normierung beseitigt zudem keine Quellen-Trendunterschiede. Neun bereits in S7 definierte Kombinationen aus Referenzperiode und Anschlussjahr wurden als **Temperaturreihen** nachgerechnet: Integrale 53,951780–57,185487 K·Kalenderjahre gegenüber 56,205714 im Hauptpfad. Dies waren keine neun Kohlenstoffsimulationen. [D3; T1; P3]

Zwei gezielte neue Kohlenstoffläufe zeigen die Wirkung konkreter Entscheidungen: Referenz 1961–1990 statt 1991–2020 bei unverändertem Anschluss 1979 und eigener 1826-Verankerung erhöht V mittel 2025 um **0,400799 ppm**. Anschluss erst 2022 statt 1979 bei gleicher Referenz senkt VI mittel 2025 um **0,202473 ppm**, obwohl der Temperatureingang 2025 identisch ist. Das demonstriert Wirkung und Gedächtnis der veränderten Historie; es entscheidet nicht, welche Variante empirisch überlegen ist. [T2, T4]

4. Anfangskonzentration, Speicher und Vorgeschichte

Rohdatenbefund. CMIP und RCMIP liefern für 1826 global 282,692993 beziehungsweise 282,692998 ppm und stützen die Rundung **282,7 ppm**. Die nahezu identischen Zahlen sind keine unabhängige Bestätigung. Ein Jahresniveau auf den 1. Januar zu beziehen bleibt eine Zeitkonvention; die Interpolation benachbarter Jahresmittel ändert hier die Rundung nicht. [D5; T1; P4]

Codebefund. Sämtliche Speicheranomalien und langsamen Gedächtnisgrößen beginnen bei null. Das setzt die gewählte Referenzverteilung voraus. Bereits der erste Monat legt eine negative Temperaturanomalie und eine positive Emissionsquelle an. Vier Festlegungen sind auseinanderzuhalten: atmosphärischer Anfangsbestand, Ozean-/Landverteilung, Prozessgleichgewicht und historische Vorgeschichte. Vor 1826 emittierter Kohlenstoff kann im rekonstruierten Luftniveau enthalten sein, ohne dass seine übrige Verteilung bestimmt wäre. Auch eine reine Verschiebung des Temperaturnullpunkts und eine Änderung physischer Referenztemperaturen sind unterschiedliche Eingriffe. [D4–D5]

Neue Zustandsdiagnostik. Bei unverändertem C_0, Gesamtkohlenstoff, Parametern und Antrieben wurde Kohlenstoff zwischen Oberfläche und Tiefenozean umverteilt:

Mitglied / geprüfte Familie	Anfangsänderung	Änderung CO_2-Jahresmittel 2025, mittlerer Fall	Reichweite
A / II und V	+1 GtC Oberfläche, −1 Tiefe	V: +0,103357 ppm	Einzelne Störrichtung
B / II und V	±10 GtC Oberfläche, jeweils Gegenbetrag Tiefe	V: −1,031594 / +1,035171 ppm	Zwei Vorzeichen, etwa 1,10 % des Oberflächenbestands
C / III und VI	+10 GtC proportional auf sechs Oberflächenboxen, −10 Tiefe	VI: +1,030541 ppm	Eine räumlich vorgegebene Richtung

Belegt ist **Anfangszustandsabhängigkeit bei gleicher Anfangskonzentration und Gesamtmasse**. Frühere Effekte sind größer: VI mittel erreicht 3,736540 ppm im Jahr 1828. Gemeinsame Zustandsfehler heben sich im Quellenpaar teilweise auf; B erhält 2025 dennoch etwa ±0,184 ppm Änderung der Paardifferenz. Grundläufe stimmen auf etwa 5×10^{-10} ppm mit dem Archiv überein, Bilanzreste bleiben unter $1{,}2\times10^{-11}$ GtC. Die Störamplituden sind diagnostisch, keine empirischen historischen Unsicherheitsgrenzen; geringe Asymmetrie erlaubt keine weite Extrapolation. [T2–T4]

5. Beobachtungsoperatoren

Für globale CO_2-Jahresmittel ist der Zeitoperator explizit festzulegen:

$$H_y[C] = \sum_{m=1}^{12} w_{y,m} \frac{1}{\Delta t_{y,m}} \int_{I_{y,m}} C\,(t)\,dt.$$

Der Produktionscode verwendet Kalendertaggewichte, alternativ sind gleiche Monatsgewichte prüfbar. Aus Integralen aller 18 archivierten Modellpfade ergibt sich 1979–2025 maximal **0,011447545 ppm** Unterschied. Davon zu trennen sind Vergleiche gerundeter NOAA-Daten: gleiche gegen Tagesgewichte

maximal 0,0081621 ppm; tagesgewichtete Monate gegen publiziertes Jahresprodukt maximal 0,0109589 ppm. Aus gerundeten Monatswerten folgt kein eindeutig rekonstruierter offizieller Herstellungsalgorithmus. [T1, T5]

NOAA bildet eine räumlich interpolierte, breitengewichtete marine Hintergrundreferenz für trockene Luft. Das archivierte Jahresmittel 2025 ist 425,63 ppm, die ausgewiesene Netzwerkunsicherheit 0,05 ppm. Ein homogener Modellkasten stimmt damit räumlich nicht definitionsgemäß überein; dessen Repräsentationsfehler ist durch unsere Zeitoperatorprüfung nicht begrenzt. Lokale Tageswerte, atmosphärische Gesamtmasse und Jahresendkonzentrationen ersetzen dieses Beobachtungsziel nicht. [D5; P5]

Für einzelne Eis-/Firnluftproben ist zusätzlich eine Faltung mit normiertem Gasalterskern erforderlich,

$$H_i[C] = \int K_i(\tau)\,[C(t_i - \tau) + b_i(t_i - \tau)]\,d\tau,$$

mit Datierungsunsicherheit und regional-globalem Unterschied b_i. Vorlauf vor 1826 kann dabei benötigt werden. Bereits zusammengeführte Rekonstruktionen verlangen ihren effektiven Produktoperator; eine zusätzliche willkürliche Glättung wäre falsch. Alterskerne wurden hier nicht neu beschafft oder angewendet. [P6]

6. Unsicherheit, gemeinsame Herkunft und Urteil

Nach festgelegter Monatsnormierung erzeugt der gemeinsame Anker $a_t - \overline{a}_0$ die Kovarianz

$$\mathrm{Cov}(\theta_t, \theta_s) = \Sigma_{ts} - \Sigma_{t0} - \Sigma_{0s} + \Sigma_{00}.$$

Index 0 bezeichnet den gemittelten Referenzanker. A findet im originalen jährlichen GloSAT-Ensemble für 1900/1978 eine Korrelation von 0,010409 vor und 0,841081 nach Abzug von 1826. C erhält mit neu normierten monatlichen Mitgliedern für 1900 minus 1826 $\sigma = 0{,}125923$ K statt 0,134685 K bei Unabhängigkeitsannahme. Dies sind verschiedene Operatoren. Beide Beispiele schließen die separate Abdeckungsunsicherheit aus; B bestätigt für 1826 in der ursprünglichen Referenz 0,11525 K Ensemble- und 0,07039 K Abdeckungskomponente. Kein Beispiel ergibt ein vollständiges Hybrid-Konfidenzband. [T1–T2]

Gemeinsame Grundlage	Nachgewiesene Abhängigkeit	Folgerung
Jahresinventar und normierte Profile	Alle Intervalle teilen dieselbe Jahresmenge	Gemeinsame Mengenfehler, beschränkte Profilgewichte
ERA5	Temperaturpfad, Li-Meteorologie, GloSAT-Abdeckungsabschätzung	Gemeinsame Herkunft; numerische Kreuzkovarianz unbekannt
Frühe/späte LUC	OSCAR vor 1850 und Beteiligung am späteren Mittel	Quellenwechsel ist keine unabhängige Validierung
CMIP/RCMIP; Modellpaare	Geteilte Rekonstruktion beziehungsweise Eingänge	Evidenz nicht verdoppeln; Unsicherheit gepaart fortpflanzen
Moderne regionale Muster	Gemeinsame Klimatologien und Antwortfaktoren	Historische Übertragbarkeit gesondert prüfen

GCB 2026 beschreibt ausdrücklich CO_2-/Umwelteinflüsse auf die Kohlenstoffdichten der LUC-Buchhaltung. Diese **vorgelagerte Abhängigkeit** ist belegt; im S9-Lauf bleibt $E(t)$ jedoch extern vorgegeben und reagiert nicht auf dessen simulierten CO_2-Pfad. Die in Gasser et al. (2020) beschriebene Budgetkonditionierung ist eine zusätzliche Herkunftsfrage, deren unveränderte Fortgeltung in OSCAR v2025 hier offenbleibt. Keine dieser Aussagen beweist für sich eine ungültige Zirkularität. Ebenso liefert die ERA5-Herkunft der GloSAT-Abdeckungsabschätzung keinen numerischen Korrelationskoeffizienten. [P1–P3, P7]

Bestätigt sind Versionsnachvollziehbarkeit, Mengen-/Mittelwerterhaltung und kontrollierte gemeinsame atmosphärische Starts. **Begrenzt** bleiben historische Speicher, SST-/Musterübertragung und vollständige

Fehlerfortpflanzung. Eine Gesamtunsicherheitsgrenze ist nicht bestimmt. Nach dem tatsächlichen Austausch verbleibt kein sachlicher Widerspruch zwischen den drei Mitgliedern; offene empirische Fragen bleiben ausdrücklich offen. [T1–T5; Diskussionsprotokolle]

7. Drei prioritäre Anschlussfragen

1. **Historische Zustandsfamilie:** Ursache der Offenheit ist fehlende gemeinsame Information über Ozean-, Land- und Gedächtniszustände. Quellenbasierte Bestandsgrenzen und Vorgeschichten mit zusätzlichen Beobachtungsgrößen zusammenführen. Erheblicher Rekonstruktionsaufwand; aus einem einzigen C_0 prinzipiell nicht eindeutig lösbar.
2. **Kovarianz-erhaltende Fortpflanzung:** Ensemblemitglieder jeweils neu normieren, separate Abdeckungsfehler und dokumentierte Quellenabhängigkeiten ergänzen; dieselben Ziehungen in allen Modellpaaren verwenden. Rechenaufwand überschaubar, aber historische Abdeckungs-/Kreuzkovarianzen und konkrete OSCAR-v2025-Konditionierung müssen fachlich geklärt oder als Annahmen ausgewiesen werden.
3. **Passender Vergleichsoperator:** NOAA-Raum-/Zeitbezug und verfügbare Eis-/Firnluftkerne für vorab bestimmte Zielgrößen zusammenstellen; moderne räumliche Muster gezielt gegen historische Alternativen prüfen. Technisch mittlerer Aufwand; feinere Raster allein ersetzen fehlende historische Beobachtungen nicht. Diese Schritte sind Empfehlungen für T6/T7, keine hier bereits ausgeführten Untersuchungen.

Quellen und reproduzierbare Belege

Alle Pfade sind relativ zur Konferenzwurzel /workspace/conference_co2_20261127. Externe Quellen wurden am **27.11.2026** geprüft. Die Quellenlisten der Mitglieder dokumentieren individuelle Lesetiefe und technische Zugriffsgrenzen; keine unzugängliche Livequelle wird als gelesen ausgegeben.

Archiv und Code

Pfadkürzel: R9 = source_documents/CO2_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto; R7 = source_documents/supplementary_archives/Temperaturrekonstruktion_Daten_und_Code_Retzlaff_Proto/Temperaturrekonstruktion_Daten_und_Code_Retzlaff_Proto; R6 = source_documents/supplementary_archives/CO2_Korrigierte_Anfangswerte_Rechenpaket_Retzlaff_Proto/CO2_Korrigierte_Anfangswerte.

Berichtsdateien: S6 = source_documents/CO2_Modelle_I_bis_VI_Korrigierte_Anfangswerte_Retzlaff_Proto.pdf; S7 = source_documents/Globale_Temperaturentwicklung_seit_1826_Retzlaff_Proto.pdf; S8 = source_documents/CO2_Modelle_I_bis_VI_Historischer_Temperaturpfad_Retzlaff_Proto.pdf; S9 = source_documents/CO2_Modelle_I_bis_VI_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto.pdf. Die genannten Seiten beziehen sich auf diese PDFs; entscheidende Zahlen und verlorene Formeln wurden über Originaldaten beziehungsweise Code geklärt.

- **D1:** R9 research_historical/Global_Carbon_Budget_2026_v0.1.xlsx, Historical Budget, Kopfzeile 16, Spalten A/B/C/G; OSCAR_contribution_to_GCB2025.xlsx, README und Global/E_luc (Datenstand 21.08.2025). prepare_historical_sources.py, Auswahl/Anschluss; code/assemble_forcing.py, main, Massen, Intervalle und Gittervereinigung. Ziel: inputs/emissions/annual_emissions.csv, emissions_native_intervals.csv, combined_fine_forcing.csv. Berichtsanker S9 S. 3–7, 21, 23–24.
- **D2:** R9 research_historical/cdiac_monthly2016/SUMMARY*.MONTHLY.MASS.DAT, zwölf Originaldateien; Daten-DOI 10.3334/CDIAC/ffe.MonthlyMass.2016. research_daily/Global_daily_sectoral_CO2_emissions_from_1970_2024_updated.csv, Figshare v6 10.6084/m9.figshare.28827932.v6; li2026_merge_train_and_predict_dataset_1229.R, Zeilen 29–31, 109–127. carbon_monitor_full_20261127.csv; carbon_monitor_official_methods.txt, „Release of 28 October 2021“; prepare_daily_profiles.py.

- **D3:** R7 early_agent/raw/GloSATref-1-0-0-0_analysis_summary-series_global_monthly.nc, originale jährliche Ensemble-/Komponentendateien sowie monatliche Flächenanteile; early_agent/outputs/glosat_ensemble_monthly_1826_2021.npz für C's Ensemblebeispiel. reanalysis_agent/era5_daily_series_2t_global.csv; root_analysis/build_reconstruction.py, norm, annual, Hauptkonstruktion und Varianten. Ziel R9 inputs/temperature/temperature_monthly_1826_2025.csv. Berichtsanker S7 S. 4, 10–13, 19–20.
- **D4:** R9 code/temperature_system.py, Konstanten, System.rhs, Nullinitialisierung und export_runs; code/run_emissions.py, forcing, HistoricalSystem.rhs_with_emission, integrate; reference/originale/modell3.py, prepare, pattern, CS; geo/zonal_geography.json und zonal_productivity.json. Berichtsanker S8 S. 8 und S9 S. 24.
- **D5:** R6 recherche_co2/mole-fraction-of-carbon-dioxide-in-air_input4MIPs_GHGConcentrations_CMIP_UoM-CMIP-1-2-0_gr1-GMNHSH_0000-2014.nc; rcmip-concentrations-annual-means-v5-1-0.csv, Auswahl historical/World/CO_2. R9 inputs/observations/noaa_global_annual_1979_2025.csv, noaa_global_monthly_1979_2025.csv. Berichtsanker S6 S. 2–3.

Neue Konferenzrechnungen

Ausführung mit PYTHONDONTWRITEBYTECODE=1 und dem primären Python-Runtime; Originalarchive unverändert. Die folgenden Dateien liegen in groups/g5/.

- **T1 – Rohdaten und Archivvergleiche:** a/audit_data.py → a/audit_data_results.json; b/data_audit.py → b/data_audit_results.json, b/temperature_variants.csv; c/audit_data.py → c/audit_data_results.json. C's Vergleiche fine−annual und early_scaled−annual verwenden vorhandene Ausgaben. A liest exakte Kalenderdauern; B/C zusätzlich gespeicherte Zeitkoordinaten.
- **T2 – A:** a/temperature_and_initialization.py → a/temperature_initialization_results.json, a/targeted_variants_annual.csv; neue Referenz-/Zustandsläufe II/V. a/raw_initial_and_covariance.py → a/raw_initial_covariance_results.json; originales jährliches GloSAT-Ensemble.
- **T3 – B:** b/initial_state_test.py → b/initial_state_results.json, b/initial_state_annual_results.csv; neue ±10-GtC-Läufe II/V.
- **T4 – C:** c/targeted_variants.py → c/targeted_variant_results.json, c/targeted_variant_annual.csv; neue Anschluss-/Zustandsläufe III/VI, Eingang c/temperature_switch2022.csv aus T1.
- **T5 – B:** b/observation_operator_test.py → b/observation_operator_results.json, b/model_observer_comparison.csv, b/noaa_annual_weighting_check.csv; neue Auswertung archivierter Konzentrationsintegrale, keine neue Modellintegration.

Externe Primärquellen und Belegumfang

- **P1:** Friedlingstein et al. (2026), *Global Carbon Budget 2026*, ESSD Discussions, Vorabdruck vom 10.11.2026, beim Abruf in Begutachtung. DOI 10.5194/essd-2026-895, Original-PDF, §2.2.1, PDF-S. 16, Druckzeilen 506–527: Umwelteinflüsse auf LUC-Kohlenstoffdichten; Budgetdefinitionen und Publikationsstatus. Daten 10.18160/GCP-2026. Die konkrete Arbeitsmappe wurde direkt gelesen.
- **P2:** Li et al. (2026), *Global daily CO_2 emissions from 1970 to 2024*, Scientific Data 13, 605, begutachtet. DOI 10.1038/s41597-026-06621-9, frei zugängliches Original-PDF, besonders S. 1–3, 5–6: historische Disaggregation, modernes Training, ERA5-Meteorologie. Die technische Nature-Weiterleitung wurde nicht als erfolgreicher Volltextabruf ausgegeben.
- **P3:** Morice et al. (2025), *An observational record of global gridded near-surface air temperature change over land and ocean from 1781*, ESSD 17, 7079–7100, begutachtet. DOI 10.5194/essd-17-7079-2025, §§2.3, 3.1–3.4: Lufttemperaturdefinition, frühe Abdeckung, Ensemble und ERA5-basierte Abdeckungsschätzung. Daten 10.5285/a2519624a593402a83246bd359d098be. ERA5-Produktdefinition ergänzend C3S Climate Pulse FAQ, FAQ 6, 7, 16–17.

- **P4:** Meinshausen et al. (2017), *Historical greenhouse gas concentrations for climate modelling (CMIP6)*, GMD 10, 2057–2116, begutachtet. DOI 10.5194/gmd-10-2057-2017, Abstract und CO_2-Rekonstruktion S. 2062/§2.1.6. Konkrete 1826-Zahlen stammen aus D5/T1; keine Volltextprüfung sämtlicher Gase behauptet.
- **P5:** NOAA GML, Calculation of global means, Abschnitte zu Messstellen, Glättung, interpolierter Oberfläche und globalem Mittel; Lan, Tans und Thoning, Global annual mean CO_2, archivierter Header erstellt 19.11.2026 14:14:29, Wert 2025 und Netzwerkunsicherheit. Produkt-DOI 10.15138/9N0H-ZH07. Neuere Livewerte ersetzen das geprüfte Archiv nicht.
- **P6:** Rubino et al. (2019), *Revised records of atmospheric trace gases CO_2, CH_4, N_2O, and $\delta^{13}C$-CO_2 over the last 2000 years from Law Dome, Antarctica*, ESSD 11, 473–492, begutachtet. DOI 10.5194/essd-11-473-2019, §§3.3–3.4 und Firndiffusion/Blasenschließung: zeitliche Glättung und Gasaltersverteilungen. Der angegebene Operator ist eine daraus abgeleitete Prüfanforderung, kein hier angewendeter Datensatz.
- **P7:** Gasser et al. (2020), *Historical CO_2 emissions from land use and land cover change and their uncertainty*, Biogeosciences 17, 4075–4101, begutachtet. DOI 10.5194/bg-17-4075-2020, §§3.1, 4.1–4.2 und Anhang A5: Definitionen und damalige Budgetrestriktion. Aktuelle Daten 10.5281/zenodo.23312055: Live-Seite nicht zugänglich; aktuelle Fassung anhand archivierter Autorenarbeitsmappe und Metadaten geprüft. Unveränderte Fortgeltung aller Details von 2020 ist nicht nachgewiesen.

Verfahrensbelege: groups/g5/a/discussion.md, b/discussion.md, c/discussion.md, jeweilige unveränderte independent.md/sources.md; ergänzendes Daten-/Anfangszustandsprotokoll b/data_protocol.md. Die Unabhängigkeit betrifft die getrennte Erstbearbeitung; gemeinsame Quellen, Gleichungen und technische Modellfamilie werden nicht als institutionelle oder statistische Unabhängigkeit ausgegeben.

Anlage 6 · T6 · Identifizierbarkeit, empirische Bewährung und Modellmehrwert

Verabschiedung: Die drei Mitglieder haben die gemeinsame Fassung geprüft. Gewählter Sprecher: Mitglied C. Der genaue fachliche Status und etwaiger Dissens sind im folgenden Bericht sowie im Verfahrensprotokoll dokumentiert.

Die Quellen- und Rechenbelegkennungen gelten innerhalb dieser Anlage; Verweise auf andere Fachgruppen werden ausdrücklich als solche bezeichnet.

Der Fachbericht dokumentiert den Stand beim Abschluss der jeweiligen Gruppe. Spätere fachübergreifende Klärungen der Sprecherkonferenz sind im Hauptbericht zusammengeführt; dadurch erledigte Fragen bleiben in dieser Anlage als Teil des damaligen Arbeitsstands erkennbar.

Gemeinsam verabschiedeter Fachbericht · 27. November 2026 · Sprecher C

Diese Fassung verbindet die drei unabhängigen Erstprüfungen und die tatsächlich ausgetauschten Einwände und Erwiderungen. A und B haben C als Sprecher gewählt; C hat angenommen. Die Schlusszustimmungen aller drei Mitglieder zum vorliegenden Text sind dokumentiert. Der Bericht ersetzt kein externes menschliches Fachgutachten.

1. Gegenstand und belastbarer Befund

Die Modelle leisten einen nachvollziehbaren kontrollierten Vergleich von Prozessannahmen. Die untersuchten historischen Standardfälle sind jedoch keine quantitativ ausreichend bestätigte Rekonstruktion der realen globalen CO_2-Konzentration. Ihr atmosphärischer Niveaufehler bleibt groß; zeitliche Restfehler sind strukturiert. Gleichzeitig zeigen eigene Gegenrechnungen, dass ein nahezu unveränderter atmosphärischer Verlauf beträchtlich andere Speicherverteilungen zulässt. Eine ergänzende Ozeanprüfung schränkt die plausiblen Erklärungen weiter ein, identifiziert aber noch keine einzelne Fehlerursache.

Diese Aussagen beziehen sich auf die dokumentierten Fassungen, besonders S9 mit unveränderten Parametern und historischem Temperatur-/Emissionsantrieb. Die hypothetischen menschenfreien Rampenversuche S1–S3 sind davon zu unterscheiden. Ihr späterer Einsatz unter historischen Bedingungen prüft eine Übertragung der Modellannahmen; ein dortiger Misserfolg widerlegt nicht jede bedingte Aussage über die ursprüngliche Modellwelt. [P1–P3]

Die Mitglieder rechneten die Atmosphärendiagnostik unabhängig aus denselben archivierten Ergebnissen nach. Ihre Hauptkennzahlen stimmen bis zur Rundung überein. Hinzu kommen neu integrierte Kompensationsversuche und ein Ozean-Komponentenlauf. Rechnerische Mehrfachkontrolle ist wertvoll, erzeugt aber keine drei unabhängigen empirischen Datengrundlagen. Vorhandene Archivaudits werden hier nicht als neue Konferenztests ausgegeben. [R1–R5]

2. Literaturannahme, Modellanker und Beobachtungsprüfung

Literatur begründet Größenordnungen und Prozessformen. Sie bestimmt damit noch keinen eindeutigen globalen Parametersatz oder historischen Anfangszustand. S2 bezeichnet etwa 60 GtC/a Nettoprimärproduktion, Umsatzzeiten und CO_2-Elastizität als gewählte Ansätze. Der spätere atmosphärische Anfangswert 282,7 ppm ist beobachtungsbasiert; er identifiziert weder Vegetations- und Bodenvorräte noch die damalige Ozeanverteilung. [P1]

Besonders deutlich ist der Status von k_N. modell2.py::calibrate_kn sucht den Koeffizienten, der unter einer künstlichen 2-K-Rampe bei konstantem CO_2 und Wasser den vorgegebenen Landverlust erzeugt:

$$\Delta(V+S)_{200\,\mathrm{a}} = -g_L(2\,\mathrm{K}).$$

Für $g_L = 45\,\mathrm{GtC/K}$ ergibt sich $k_N = -0{,}00107147663\,\mathrm{K}^{-1}$. Die eigene Nachintegration bestätigt das Verlustziel von 90 GtC. Modell III erreicht denselben homogenen Verlustanker mit lokal 1,2-facher

Referenzerwärmung und einer anderen Atmungsform; sein Koeffizient beträgt $-0{,}000281213658\,\mathrm{K}^{-1}$. Unterschiedliche Koeffizienten sind hier kein Widerspruch. Es handelt sich in beiden Fällen um Vergleichskalibrierung, nicht um eine empirische Zerlegung des Landverlusts. [P2; R1, R2]

Gemeinsam bleiben unter anderem globale Anfangssummen, Quellen- und Temperaturfolge sowie gekoppelte Parameterfälle für Landverlust, Permafrost und Düngung. Daher bestätigt die Nähe der Modellfamilien nicht unabhängig die übernommenen Anker. Auch die frühere glatte Quelle wurde an Emissionsintegrale, nicht an beobachtetes CO_2 gebunden. S6, S8 und S9 ändern anschließend historische Grundlagen bei beibehaltenen Prozessannahmen. Eine neue NOAA-Anpassung wurde weder dort im maßgeblichen Prozesscode noch in diesen Konferenzrechnungen vorgenommen. Der nachträgliche Beobachtungsvergleich ist dennoch keine prospektiv verdeckte Vorhersageprüfung. [P1–P3]

3. Empirische Bewährung der Atmosphäre

Das Modell berechnet Kalenderjahresmittel durch Integration seiner Konzentration. Diese werden mit den eingefrorenen NOAA-Jahresmitteln 1979–2025 verglichen. NOAA konstruiert eine marine Hintergrund-Oberflächenreferenz; deren Zuordnung zur gut durchmischten Modellatmosphäre bleibt eine Beobachtungsnäherung. Lokale Messwerte wären kein geeigneter Ersatz. [L1; P3]

Für die Jahresdynamik gilt einheitlich

$$\Delta\overline{C}_y = \overline{C}_y - \overline{C}_{y-1}.$$

Die Differenzen werden zuerst aus der gesamten verfügbaren gemeinsamen Reihe gebildet und danach dem Endjahr y zugeordnet. Damit zählt 1999→2000 zum Teilfenster ab 2000; die erste verfügbare gemeinsame Differenz ist 1979→1980. NOAAs gesonderte Kalenderjahres-Wachstumsrate benutzt dagegen saisonbereinigte Dezember-/Januarwerte. Sie wird mit dieser Größe nicht gleichgesetzt. Die abweichende Teilfensterkonvention der C-Erstfassung wird hier nicht übernommen. [L1; R1]

Schwacher Fall	Niveau-RMSE [ppm]	Zentrierter RMSE [ppm]	RMSE der Jahresmitteldifferenzen [ppm]
IV	27,602	3,616	0,468
V	21,272	2,131	0,428
VI	21,150	2,045	0,429

Alle neun Fälle überschätzen das Niveau; der Niveau-RMSE reicht von 21,150 bis 84,418 ppm. VI schwach ist danach am günstigsten. Es liefert 2025 dennoch 448,191 statt 425,630 ppm und einen mittleren Fehler von +21,051 ppm. Die Zunahme 1979–2025 beträgt 92,911 statt 88,780 ppm. Ein annähernd passender langjähriger Anstieg bestätigt somit kein passendes absolutes Niveau. V schwach hat außerdem einen geringfügig kleineren Fehler der Jahresdifferenzen als VI schwach. [R1]

Bei VI schwach beträgt die Lag-1-Korrelation der Residuen 0,979, nach Entfernung eines linearen Trends noch 0,796. Dies beschreibt anhaltende Fehlstruktur; es ist kein Signifikanztest unter der Annahme unabhängiger Jahresfehler. Die mittleren Niveaufehler wachsen über die Abschnitte 1979–1999, 2000–2014 und 2015–2025 von 19,185 über 21,836 auf 23,544 ppm. Innerhalb des letzten Abschnitts fällt der Residuentrend allerdings auf −0,0937 ppm/a. Eine einzige Trendzahl verdeckt deshalb Änderungen des Fehlerverlaufs. [R1]

Auch besondere Zeitabschnitte sind unterscheidbar: 1991–1993 werden Jahresmitteldifferenzen im Mittel um 0,677 ppm überschätzt; 2020 beträgt der Fehler nur −0,012 ppm. 2024 werden 2,744 statt 3,440 ppm berechnet. Solche Erfolge und Abweichungen sind konkrete Prüfziele, identifizieren aber allein weder bestätigte noch fehlende Mechanismen. [R1]

Der historische Quellenverlauf verbessert gegenüber der früheren glatten Quelle bei VI schwach den Niveau-RMSE geringfügig von 21,229 auf 21,150 ppm. Gleichzeitig steigt der zentrierte RMSE von 0,662 auf 2,045 ppm und der Jahresdifferenzen-RMSE von 0,403 auf 0,429 ppm. S9 trennt diese Befunde zutreffend: sachlich bessere Eingaben garantieren keine günstigere Übereinstimmung jeder Zielgröße eines unveränderten Modells. [P1, S9 S. 21; R1]

4. Was ist identifizierbar – und was nicht?

Aus den Kohlenstoffgleichungen von II/V folgt zunächst eine **exakte strukturelle Mehrdeutigkeit**. Die vier Hydrologiekoeffizienten wirken dort nur durch

$$a_N = \varepsilon_N(h_P - h_D), \qquad a_R = \varepsilon_R(h_P - h_D).$$

Gleiches Verschieben beider h erhält alle Kohlenstoffbahnen; ebenso bewahrt eine gemeinsame Skalierung ihrer Differenz bei inverser Skalierung beider Elastizitäten die Produkte. A und C bestätigten entsprechende Originalmodellläufe numerisch. Die einzelnen Koeffizienten sind aus Kohlenstoffzuständen nicht getrennt bestimmbar, selbst bei perfekten Daten. Gesonderte hydrologische Beobachtungen verändern diese Informationslage. Die Aussage betrifft diese Parametrisierung, nicht automatisch alle Modellparameter. [P2; R1, R2]

Eine andere Frage ist die **praktische Kompensation** von Parametern und Anfangszuständen. C untersuchte in V mittel sechs skalierte Richtungen, darunter Düngungsstärke, Landverlust, Ozeanaustausch, Revelle-Faktor und zwei Anfangsverschiebungen. Richtung und größte zugelassene Amplitude wurden nach schriftlichem Vorabplan ausschließlich anhand der Modelljahresmittel 1979–1999 ausgewählt; 2000–2025 blieb dafür zurückgehalten. Die Referenz war der unveränderte Modelllauf, keine Beobachtungsanpassung. [R2]

Die anschließend vollständig integrierte Variante verändert den Austausch von 50 auf 60 Sv und η von 0,300 auf 0,27113; Landverlustparameter und Revelle-Faktor ändern sich geringfügig. Anfangs werden +45,24 GtC der Vegetation, −44,05 GtC dem Boden und −1,19 GtC dem tiefen Ozean zugeordnet. Der Atmosphärenabstand bleibt im Auswahlfenster unter 0,050 ppm und im zurückgehaltenen Fenster unter 0,0541 ppm. Ende 2025 enthält der Ozean dennoch 22,325 GtC mehr und das reguläre Land 22,217 GtC weniger. [R2]

Diese Werte sind **Endbestandsdifferenzen**. Wegen verschiedener Anfangsbestände unterscheiden sich die seit dem jeweiligen Start akkumulierten Mengen um +23,515 beziehungsweise −23,407 GtC. Die gewählte 0,1-ppm-Toleranz bezeichnet Kurvennähe; sie ist keine statistische Konfidenzgrenze. Beide Kurven behalten den großen NOAA-Niveaufehler. Vor 1979 beträgt ihr maximaler Abstand 2,509 ppm. Frühere Konzentrationsinformation könnte gerade diese Kompensation stärker begrenzen. [R2]

Die anderen Erstprüfungen ergänzen diesen Befund. A hielt in IV mittel alle Anfangszustände fest und änderte vorab g_L: $45 \rightarrow 35$ sowie den 2-K-Permafrostverlust $40 \rightarrow 60$ GtC. Der maximale Atmosphärenabstand über alle 200 Jahre beträgt 0,3593 ppm, während Ende 2025 reguläres Land und Permafrost um +8,229 beziehungsweise −7,257 GtC abweichen. B fand im schwachen V-Feinlauf eine finite Variante mit höchstens 0,0178 ppm Abstand 1979–2025 und Endbestandsunterschieden −5,750/+5,712 GtC für Ozean/Land. Bs Richtung wurde im gesamten Fenster gewählt; 0,1-ppm-Grenze und berichtete Amplitude +0,5 wurden erst nach Sichtung als Darstellungshilfe ausgewählt. Das ist ein offengelegter Existenzbeleg, keine separate Zeitprüfung. [R3, R4]

Die Sensitivitätsmatrizen von B/C besitzen numerisch vollen lokalen Rang. Unterschiedliche Skalen, Parameterpunkte, Antriebsauflösungen und Fenster machen ihre Konditionszahlen unvergleichbar. Weder voller Rang noch schwache Richtungen sind ein globaler Identifizierbarkeitssatz; die tatsächlich integrierten Gegenbeispiele tragen den Befund. Ihre Anfangstransfers erhalten Gesamtmasse und Anfangs-CO_2, verändern jedoch das ursprüngliche Fließgleichgewicht einzelner Pools. Historische Erreichbarkeit im Jahr 1826 ist damit nicht nachgewiesen. [R2–R4]

5. Welche Speicherinformationen helfen wirklich?

Gruber et al. schätzen aus wiederholter Ozeanhydrographie und eMLR(C*)-Trennung einen anthropogenen Inventurzuwachs von 34 ± 4 GtC zwischen Mitte 1994 und Mitte 2007. Die Nettoaufnahme von 29 ± 5 GtC entsteht unter zusätzlicher Abschätzung einer natürlichen Freisetzung von 5 ± 3 GtC. Diese Größen sind abhängig; insbesondere ist der Nettowert keine zweite unabhängige Messung. [L2]

Drei Modelloperatoren müssen deshalb getrennt bleiben:

Modellgröße, Mitte 1994–Mitte 2007	**Ergebnis [GtC]**	**Vergleichsbezug**	**Grenze**
Gesamtzuwachs im S9-Quellenlauf VI	19,015 / 23,241 / 28,592 für schwach/mittel/stark	Abgeleitete Nettoaufnahme 29 ± 5	Natürliche Änderungen und Systemgrenzen abgleichen
Änderung der S9-Mit/Ohne-Ozeandifferenz	20,791–25,982 über alle Fälle	Bedingter Nettoquelleneffekt	Eigenes endogenes CO_2 auch im Ohne-Lauf
Ozeankomponente: beobachtungs-basiertes CO_2 gegen konstante Referenz	19,045 Zweibox / 19,062 zonal	Anthropogener Inventurzuwachs 34 ± 4	Referenz 282,7 ppm, Nullanomalien am 1.1.1826

Der erste Vergleich zeigt: Der atmosphärisch günstigste Fall besitzt den niedrigsten Ozeanzuwachs; der ozeanisch günstigere starke Fall verfehlt die Atmosphäre wesentlich stärker. Das spricht für eine gemeinsame Prüfung beider Ziele. Die Quellenpaardifferenz ist dagegen kein ungeprüft austauschbarer Inventur-Messoperator. [R1]

Für den dritten Vergleich integrierte A die unveränderten Ozeangleichungen mit archiviertem CMIP6-CO_2 bis 1978 und NOAA ab 1979, linear zwischen Jahresmitten interpoliert, sowie mit konstant 282,7 ppm. Beide Läufe verwenden denselben historischen Temperaturpfad. Der Kontrast entspricht der Art von Komponentenexperiment, die GCB für Inventurvergleiche beschreibt. Er reproduziert aber nicht die vollständige eMLR(C*)-Inferenz. [R5; L3, §2.5.1; L4]

Die Unteraufnahme besteht damit auch unter vorgegebenem beobachtungsbasiertem CO_2. Sie belastet Ozeanstruktur, Parameter und Initialisierung gemeinsam. Der frühe Start ohne vorgängigen Einschwinglauf und die Referenzkonvention bleiben materielle Grenzen; aus ±4 GtC wird kein formaler Ablehnungstest abgeleitet. Umgekehrt trennt ein zusätzlicher Speicherwert nicht notwendig jede Kompensation: Cs Gegenbeispiel ändert den Ozeanzuwachs dieses Fensters nur um etwa 3,34 GtC. Ohne Fehler-/Kovarianzmodell folgt daraus keine bewiesene Beobachtungsäquivalenz und keine überzeugende Trennung durch diesen einzelnen Benchmark. [R2, R5]

Auch Landinformationen verlangen passende Operatoren. Grubers residuale Landbilanz verwendet Emissionen, Atmosphäre und Ozean; GCB-Inversionen teilen atmosphärisches CO_2, fossile Vorgaben und teilweise Ozeanprioren. Sauerstoffbeobachtungen ergänzen Information, benötigen jedoch Austauschannahmen. Solche Produkte sind keine vollständig unabhängigen Wiederholungen. S9-Landbestände sind überdies keine vollständige reale Landbilanz: Die äußere Landnutzungsquelle entnimmt keinen Kohlenstoff aus den regulären Modellpools und verändert keine Landfläche. [L2, L3; P1, S9 S. 24]

6. Mehrwert und Geltungsgrenzen

V verbessert im schwachen Fall die globale Konzentrationsprüfung gegenüber IV. Die zonale Verfeinerung V→VI senkt den Niveau-RMSE dagegen nur um 0,121 ppm; der Jahresdifferenzenfehler sinkt nicht. Bei gleicher Parameterklasse bleiben sämtliche Jahresmittelunterschiede 1826–2025 unter 0,376 ppm, Unterschiede der Ozean- und regulären Landbestände unter 0,287 beziehungsweise 0,549 GtC. Das ist ein

begrenzter zusätzlicher globaler Empiriegewinn. Regional explizite Größen ermöglichen weitere Prüfungen; ihr bisher ungeprüfter Nutzen wird hier weder bestätigt noch widerlegt. [R1]

Bestätigt sind damit die transparente Vergleichskalibrierung, reproduzierbare gekoppelte Rechnungen und der Erkenntniswert kontrollierter Varianten. Begründet eingeschränkt sind die quantitative historische Niveaugüte, einzelne hydrologische Parameterbestimmungen und die Eindeutigkeit der Speicheraufteilung aus CO_2 allein. Nicht entschieden sind die globale Identifizierbarkeit anderer Parameterkombinationen und die Ursachenanteile der Fehlanpassung. Historische Bewährung bei vorgegebener Temperatur würde schließlich keine unveränderte Übertragbarkeit auf andere Antriebe oder eine geschlossene zukünftige Klimarückkopplung beweisen.

7. Klassifizierte offene Fragen und nächste Prüfungen

1. **Historische Initialisierung und Landnutzungsbilanz – Daten- und Strukturfrage.** Ursache der Offenheit sind unbestimmte frühere Speicherverteilungen und die äußere Behandlung der Landnutzung. Frühere Konzentrationen, Bestandsinformationen und ein weiter zurückreichender Lauf sollen zulässige Anfangszustände eingrenzen; eine konsistente Landnutzungsentnahme benötigt Modellentwicklung. Aufwand mittel bis hoch, begrenzt durch historische Datenqualität, nicht durch ein nachgewiesenes prinzipielles Unvermögen.
2. **Ozeandiskrepanz und gemeinsame Parameterbestimmung – Messoperator- und Inferenzfrage.** Der Komponentenbenchmark soll mit historisch eingeschwungenen Zuständen, abgestimmter Referenz und zusätzlicher Tiefen-/Rauminformation geprüft werden. Land-, Boden- und Ozeanziele benötigen gemeinsame Fehler- und Abhängigkeitsmodelle. Aufwand hoch; mehr Rechengenauigkeit allein löst die Ursachenzerlegung nicht.
3. **Empirischer Zusatznutzen und Übertragung – Prüfdesign- und Dynamikfrage.** Verfeinerungen sollen einzeln an vorher festgelegten zusätzlichen Beobachtungszielen geprüft werden. Bereits betrachtete NOAA-Jahre können zeitlich getrennt verarbeitet werden, wären aber keine blinde neue Prüfung. Neue regionale Größen oder zukünftige Jahre sind dafür stärker. Andere Antriebe benötigen passende Experimente und gegebenenfalls eine geschlossene Klimadynamik; historische Kurvennähe allein entscheidet diese Übertragung nicht.

Quellen und reproduzierbare Belege

Primärmaterial der Modellstudien

[P1] Retzlaff, K.; Proto (2026), dokumentierte Studienreihe. S1: *Natürlicher CO_2-Kreislauf bei solarer Erwärmung*, Version 1.0, 25.11., S. 1–2. S2: *Natürlicher CO_2-Kreislauf mit Pflanzenwachstum und Wasserhaushalt*, Version 2.0, 25.11., S. 4–6, besonders S. 5. S3: *CO_2-Studie III*, S. 6–8, besonders S. 6. S4: *CO_2-Literaturbericht*, Literaturzugang; externe Aussagen wurden an den nachstehend genannten Primärquellen geprüft. S5: *Anthropogene CO_2-Emission im erweiterten Kohlenstoffkreislauf*, 26.11., S. 1–2. S6: *CO_2-Modellvergleich mit historisch korrigierten Anfangswerten*, Version 2.0, 26.11., S. 1–5. S7: *Rekonstruktion der globalen Temperaturentwicklung seit 1826*, 26.11., S. 1; hier als Antrieb übernommen, nicht neu rekonstruiert. S8: *CO_2-Modelle I bis VI mit historischem Temperaturverlauf*, Version 1.0, 26.11., S. 1–2. S9: *CO_2-Modelle I bis VI mit historischen Emissionen*, Version 1.0, 27.11., S. 21–26. Originaldateien, Seitenzahlen und Prüfsummen: source_inventory.json; Originale unter source_documents/.

[P2] Unveränderter Modellcode im S9-Paket. Basispfad source_documents/CO2_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto/. reference/originale/modell2.py: Parameter, calibrate_kn, rhs; reference/originale/modell3.py: calibrate_kn, prepare, derivative; reference/modell_erweiterung.py: calibrate_source, parameters; code/temperature_system.py: System.rhs, System.outputs, export_runs; code/run_emissions.py: HistoricalSystem.rhs_with_emission, forcing, integrate. Maßgeblicher SHA-256 von temperature_system.py: 1891b79fcc3b8576a2acedd089b364a62b55c991ad11e040371d413811ff6614.

[P3] Eingefrorene Daten und Originalergebnisse. Im selben Paket: inputs/observations/noaa_global_annual_1979_2025.csv; Temperatur-/Emissionsdateien unter inputs/;

results/fine/annual_results.csv, results/annual/annual_results.csv, results/fine/model{1,2,3}_interval_outputs.npz, reference/previous_temperature_outputs/annual_results.csv. Für R5 zusätzlich cmip6_historical_co2_1750_2014.csv aus dem S6-Rechenarchiv unter source_documents/supplementary_archives/. Keine stille Aktualisierung dieser Datenstände.

Neue Konferenzrechnungen

[R1] A/B/C, neue Diagnostik vorhandener Originalausgaben. Skripte groups/g6/{a,b,c}/diagnostics.py; atmosphärische Kennzahlen, Jahresdifferenzen, Residuen und Familien-/Ozeanvergleiche in den jeweiligen CSV-Dateien. c/peer_checks.json vergleicht die sieben gemeinsamen Hauptkennzahlen aller neun Fälle. Für Teilperioden gilt die A/B-Endjahreskonvention. Keine Neuintegration aller neun Trajektorien und keine Signifikanztests mit unabhängigen Residuen behauptet.

[R2] C, vorab zeitlich getrennter Modellvergleich. c/test_protocol.md, c/compensation.py, c/compensation_results.json, c/compensation_arrays.npz. Original-RHS, jährliche Quelle und monatliche Temperatur; Parameter-/Anfangszustandsvariation im Arbeitsspeicher. Basisreproduktion innerhalb 5×10^{-10} ppm, Bilanzfehler unter $1{,}2\times10^{-11}$ GtC. Endbestände und Akkumulation separat gespeichert. Der nachträgliche Ozeanfenstervergleich änderte die Parameterauswahl nicht.

[R3] A, festgelegte Prozesskompensation. a/test_plan.md, a/compensation.py, a/compensation_result.json; historisches IV mittel, jährliche Quelle, konstante Anfangszustände, kein Optimierer. Basisreproduktion innerhalb 5×10^{-10} ppm.

[R4] B, Gesamtfenster-Existenzbeleg. b/analysis_plan.md, b/sensitivity.py, b/sensitivity_results.json, b/finite_compensation.csv; historisches V schwach mit feiner Quelle. Auswahlstatus und Bestands-/Akkumulationsgrenzen nach tatsächlicher Kritik in b/peer_clarifications.json. Basisreproduktion innerhalb $4{,}95\times10^{-10}$ ppm.

[R5] A, neuer Ozean-Komponentenlauf. a/ocean_operator.py, a/ocean_operator_result.json, a/ocean_operator_concentration_input.csv, a/ocean_operator_family1.csv, a/ocean_operator_family3.csv. Originalgleichungen übertragen; B/C prüften Gleichungen und Standardparameter am Originalcode. Keine erneute Integration durch B/C und keine Rohdaten-Neuinversion der Inventur behauptet. Reproduktionsbefehle und vollständige Eingabefundstellen stehen in a/sources.md.

Externe Primärquellen und tatsächlicher Zugriff

[L1] Lan, X.; Tans, P.; Thoning, K. W. (2026). *Trends in globally-averaged CO_2 determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements*, November-2026-Fassung. DOI: https://doi.org/10.15138/9N0H-ZH07 . Amtliche Methoden: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/gl_gr.html und https://gml.noaa.gov/ccgg/mbl/mbl.html . Gelesen wurden Stations-/Produktdefinition und Wachstumsoperator; die Rechnung verwendet die archivierte Jahresdatei. Abruf 27.11.2026.

[L2] Gruber, N. et al. (2019). *The oceanic sink for anthropogenic CO_2 from 1994 to 2007*. Science 363, 1193–1199. Begutachtete Veröffentlichung; DOI: https://doi.org/10.1126/science.aau5153 . Angenommenes Manuskript: https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/20129/noaa_20129_DS1.pdf . Gelesen: Abstract, Methoden-/Inventurabschnitte sowie Tabellen 1–2, insbesondere PDF-S. 18 zur Nettoaufnahme und zum Zeitraum. A/C hatten Volltextzugriff in der Erstprüfung; B erweiterte seinen zunächst auf das Abstract begrenzten Zugriff in der Peerphase. Keine vollständige Supplementprüfung oder eigene Rohdateninversion. Abruf 27.11.2026.

[L3] Friedlingstein, P. et al. (2026). *Global Carbon Budget 2025*. Earth System Science Data 18, 3211–3288, veröffentlicht 13.05.2026. Begutachtete Fassung; DOI: https://doi.org/10.5194/essd-18-3211-2026 . Volltext: https://essd.copernicus.org/articles/18/3211/2026/ . Gelesen wurden insbesondere §2.5.1 zum Inventur-Komponentenvergleich sowie §§2.7–2.8 zu Inversionen, gemeinsamen Vorgaben und

Sauerstoffmethodik. Methodenquelle, keine neue Nachrechnung der Budgetdaten; nicht mit dem in S9 verwendeten GCB-2026-Preprint verwechselt. Abruf 27.11.2026.

[L4] Meinshausen, M. et al. (2017). *Historical greenhouse gas concentrations for climate modelling (CMIP6)*. Geoscientific Model Development 10, 2057–2116. Begutachtet; DOI: https://doi.org/10.5194/gmd-10-2057-2017 . Artikelseite: https://gmd.copernicus.org/articles/10/2057/2017/ . Bibliografie und Abstract eingesehen; R5 verwendet die bereits archivierte Jahresableitung aus S6. Keine eigenständige Rekonstruktion oder volle Supplementprüfung behauptet. Abruf 27.11.2026.

Anlage 7 · T7 · Fehlerfortpflanzung, Sensitivität und robuste Aussagebereiche

Verabschiedung: Die drei Mitglieder haben die gemeinsame Fassung geprüft. Gewählter Sprecher: Mitglied B. Der genaue fachliche Status und etwaiger Dissens sind im folgenden Bericht sowie im Verfahrensprotokoll dokumentiert.

Die Quellen- und Rechenbelegkennungen gelten innerhalb dieser Anlage; Verweise auf andere Fachgruppen werden ausdrücklich als solche bezeichnet.

Der Fachbericht dokumentiert den Stand beim Abschluss der jeweiligen Gruppe. Spätere fachübergreifende Klärungen der Sprecherkonferenz sind im Hauptbericht zusammengeführt; dadurch erledigte Fragen bleiben in dieser Anlage als Teil des damaligen Arbeitsstands erkennbar.

Gemeinsam verabschiedete Fassung, 27. November 2026. Integrierter Fachbericht des mit 2:1 Stimmen gewählten und die Wahl annehmenden Sprechers B nach drei unabhängigen Erstprüfungen und tatsächlicher Peer-Diskussion. Die Schlusszustimmungen von A und C zu dieser konkreten Fassung sind dokumentiert.

1. Ergebnis und Prüfmaßstab

Die Unsicherheitsrechnung von Studie III (S3) ist unter ihren erklärten Voraussetzungen reproduzierbar. Sie berücksichtigt gemeinsame hydrologische Ursachen, räumliche Normierung und zeitliche Ausgangskovarianzen tatsächlich. Ihre Standardunsicherheit ist numerisch stabil; das symmetrische lineare Band entspricht jedoch nicht den zentralen nichtlinearen Quantilen. Die ausgewerteten Rechteck- und Dreiecksensembles zeigen ausschließlich positive Endänderungen; dies gilt jedoch nicht für sämtliche zulässigen Parameterkombinationen. Für die historische Fassung S9 lassen sich aussagekräftige gepaarte Teilbudgets berechnen. Eine historische Gesamtunsicherheit folgt weder aus S3 noch aus den festen schwach/mittel/stark-Szenarien. [S3; C3; S9; C9; R1–R6]

Wir behandeln die vollständige dynamische Integration als $Y = F(Z; M)$ mit primitiven Eingängen Z und festgehaltener Struktur M. Die lineare Näherung lautet

$$\Sigma_Y \simeq J \Sigma_Z J^{\mathrm{T}}.$$

Die gemeinsame Eingangsverteilung und sämtliche relevanten Kreuzblöcke müssen dazu spezifiziert sein. JCGM 100/101 liefern hierfür Fortpflanzungsmathematik, keine empirische Begründung der S3-Parametergrenzen oder des Kohlenstoffmodells. JCGM 102 erlaubt gemeinsame endlichdimensionale Ausgaben, etwa Jahresvektoren und Quellenpaare. Fehlende Prozesse erhalten dadurch keine bekannte Zufallsverteilung. [M1–M3]

Budgetanteil	S3-Bedingung	Historisch zusätzlich erforderlich
Prozessparameter	19 unabhängige primitive Rechtecke; abgeleitete Hydrologie korreliert	Begründete Bereiche und gemeinsame Abhängigkeiten
Anfangszustand	CO_2 und globale Bestände fest; räumliche Verteilung konsistent erneuert	Unsichere Speicher, Anfangs-CO_2 und mögliche Ungleichgewichte
Zeitliche Antriebe	Exakte 2-K-Rampe; keine menschliche Quelle	Ganze Temperatur- und Emissionsrealisierungen samt Referenz-, Komponenten- und Zeitkovarianzen
Numerik	Differenzen-, Integrations- und Interpolationskontrollen	Zielgrößenbezogene Kontrolle derselben Approximationen

Budgetanteil	S3-Bedingung	Historisch zusätzlich erforderlich
Beobachtungsbezug	Hypothetisches Experiment	Produktdefinition, Beobachtungsfehler und mögliche gemeinsame Datenquellen
Struktur	Vorgegebene Prozesse, ausgewählte Musterparameter	Begründete Prozessalternativen; gesonderte Bewertung ihrer Reichweite

Dieses Budget unterscheidet bereits quantifizierte, festgesetzte und noch unquantifizierte Beiträge. Eine fehlende Untersuchung ist kein nachgewiesener Rechenfehler. Das Weglassen einer neuen vollständigen Fehlerfortpflanzung in den späteren Studien war zudem auftragsgemäß. [S3, S. 9–15; S7, S. 19; S9, S. 23–24; TASK_HISTORY.md]

2. S3: bestätigte Kovarianzen und neue Reproduktion

Das ursprüngliche Paket enthält unsicherheit3.py, GUM-Kovarianzen und Sensitivitäten sowie **8192 vollständige archivierte Jahreskurven**. Diese wurden neu ausgewertet, aber nicht als neue Integration gezählt. Zusätzlich integrierten A, B und C die ursprüngliche Dynamik mit neuen Sobol-Scrambles. Die Originaldateien blieben unverändert. [C3; R1]

hydrology_moments() berechnet exakte Momente der aus gemeinsamen primitiven Faktoren zusammengesetzten Wasserparameter. prepare() erneuert normierte Temperaturmuster, Gewichte, Bestände und Umsatzzeiten bei jeder Parameteränderung. Die globale Temperaturvorgabe bleibt dadurch erhalten. Der vollständige hydrologische Varianzbeitrag beträgt 17,62 ppm²; das Weglassen seiner Kovarianzen ergäbe 84,40 ppm² und erhöhte die Gesamtstandardunsicherheit fälschlich von 12,29 auf 14,76 ppm. [C3; R1]

Der nominale Endwert 332,845 ppm, $F_{200}(E[p]) = 335{,}723$ ppm und $E[F_{200}(p)] \approx 336{,}00$ ppm sind verschiedene Größen. Nominalparameter sind nicht überall Mittelwerte; zusätzlich wirkt Nichtlinearität. Die neue GUM-Rechnung reproduziert $u = 12{,}29090$ ppm und das $k = 2$-Intervall 311,141–360,305 ppm. [S3, S. 10–13; R1]

S3-Rechnung	Mittel [ppm]	Standardabweichung [ppm]	Zentrale 95-%-Quantile [ppm]
Archiv, 8192 Kurven	336,001	12,610	314,421–362,141
A, neu, 2048	336,002	12,623	314,405–362,227
B, neu, 4096	336,003	12,607	314,800–362,198
C, neu, 8192	336,003	12,622	314,428–362,136

Die Stellen dienen dem Rechenvergleich, nicht einem entsprechenden Genauigkeitsversprechen. Eine zusätzliche Halbierung der bereits verfeinerten Ableitungsschritte verändert u um weniger als $4 \cdot 10^{-7}$ ppm. Schrittweitenhalbierung bei ausgewählten zentralen, Ensemble- und Randfällen verändert die Kurven um höchstens rund $2{,}2 \cdot 10^{-6}$ ppm. Diese geprüften numerischen Beiträge liegen weit unter der angesetzten Zielwerttoleranz von 0,01 ppm. Eine globale Fehlerschranke über die gesamte Parameterbox wurde nicht bewiesen. [R1; R3]

3. Welche Intervalle und Kurvenbereiche sind belegt?

Die lineare Standardunsicherheit liegt nur etwa 2,6 % unter der nichtlinearen Standardabweichung. Dennoch liegen die zentralen nichtlinearen Intervallenden rund 3–4 ppm beziehungsweise 2 ppm oberhalb der symmetrischen GUM-Grenzen. Bei einer Vergleichstoleranz von 0,5 ppm sind die Intervalle damit nicht austauschbar. Dies ist eine **Intervalltoleranzdiagnose**, keine vollständig normkonforme adaptive MCM-Validierung nach JCGM 101: Die ausgeführte Sobol-Integration und ihre

Scramblevergleiche liefern nicht automatisch die dort geforderten unabhängig kontrollierten Quantilfehler. [M2; R1; R4]

Die Quantile konvergieren weniger günstig als Mittel und Streuung. Bei gleichem $N = 4096$ ergeben drei gespeicherte Scrambles beobachtete Spannweiten von 0,3841 und 0,5001 ppm für unteres und oberes Quantil. Die besonders enge Übereinstimmung der beiden 8192-Netze beweist deshalb weder allgemeine 0,1-ppm-Genauigkeit noch eine 0,5-ppm-Fehlerschranke. Auch die beobachteten Spannen sind keine garantierten Grenzen. [R4]

Punktweise Überdeckung ist von gemeinsamer Überdeckung zu trennen. Das $k = 2$-Band enthält etwa 95,7–95,8 % der Endpunkte, aber nur 92,8–93,2 % der vollständigen Jahresvektoren. Die jeweiligen punktweisen 95-%-Quantilbänder enthalten gemeinsam etwa 90,7–90,8 %. Für den gemeinsamen Bereich wird je Kurve das Maximum $\max_t |C_t - F_t(E[p])|/u_t$ über Jahreswerte mit $u_t > 0$ gebildet; der feste Anfangswert bleibt exakt. Der am ursprünglichen Ensemble festgelegte 95-%-Faktor 2,117278 erreicht in den **anderen** A/B/C-Scrambles 94,9707/95,0684/94,8853 % Überdeckung. Das stützt einen ungefähren bedingten 95-%-Bereich für die gemeinsamen Jahresausgaben. Es beweist keine exakte Abdeckung, keine Überdeckung aller Zwischenzeiten und keine Übertragbarkeit auf die reale Erde. [R1; R4; M3]

4. Verteilungen, Abhängigkeiten und zulässige Gegenbeispiele

A und C ersetzen **alle 19 primitiven Rechtecke** durch symmetrische Dreiecke gleicher Grenzen. Die nichtlineare Endstandardabweichung sinkt auf 8,70–8,71 ppm; die zugehörige lineare Standardunsicherheit beträgt 8,59698 ppm. B ersetzt dagegen **nur die Verteilung von** g und erhält 10,491 ppm. Dies sind unterschiedliche Annahmenvarianten. Ihre Mittelwerte bleiben nahe 336 ppm, während die Streuung deutlich von der Gewichtung der zulässigen Werte abhängt. Keine Dreiecksverteilung wurde empirisch geschätzt. [R1–R2]

Die lineare S3-Varianz wird unter den ursprünglichen Annahmen zu 61,56 % von g bestimmt. Angenommene tatsächliche Korrelationen $\mathrm{Corr}(g, \eta) = -0{,}5$ beziehungsweise $+0{,}5$ ergeben linear $u = 13{,}632$ beziehungsweise 10,784 ppm. As zusätzliche **nichtlineare** Gauß-Copula-Läufe erhalten uniforme Ränder: Die latente Korrelation ±0,5 entspricht dort tatsächlicher Randkorrelation ±0,482584. Unter genau diesen Abhängigkeiten lauten die linearen Werte 13,588/10,840 ppm, die nichtlinearen Standardabweichungen 13,970/11,141 ppm. Diese Operatoren dürfen nicht gleichgesetzt werden. Eine gezielte gemischte g-η-Differenz von −2,46 ppm bestätigt zudem eine Wechselwirkung. Die Tests belegen Abhängigkeitssensitivität, keine reale Kopula. [R1–R2]

Die zentrale positive Antwort ist keine Aussage über die gesamte Box. A und B fanden unabhängig zulässige primitive Kombinationen mit Endwerten **299,0728 und 447,8667 ppm**; C prüfte anschließend genau diese Eingänge und reproduzierte beide Werte neu. Normierung, primitive Grenzen und Kohlenstoffbilanz bleiben eingehalten. Der erste Wert widerlegt eine universell positive Änderung gegenüber 300 ppm. Beide Werte sind **gefundene Punkte**, keine bewiesenen Minima/Maxima, keine physikalischen Gesamtgrenzen und keine Bewertung empirischer Plausibilität. Dass die gezogenen Endpunkt-Ensembles keinen Wert unter 300 ppm enthalten, bleibt ein damit vereinbarer Stichprobenbefund. [R3]

5. Historische Paare: Differenzen, Quotienten und Zielgrößen

S9 berechnet Mit-/Ohne-Läufe dynamisch gekoppelt: Natürliche Flüsse reagieren in jedem Zweig auf dessen eigenen vollständigen CO_2-Zustand. Für $M = C_{mit}$, $O = C_{ohne}$ und $D = M - O$ gilt

$$\mathrm{Var}(D) = \mathrm{Var}(M) + \mathrm{Var}(O) - 2\mathrm{Cov}(M, O).$$

Gemeinsame Parameter, Anfangszustände und Temperaturrealisierungen müssen deshalb zwischen beiden Zweigen geteilt werden. Bei festgehaltener historischer Temperatur ist dies ein bedingter Quellenkontrast; er bestimmt weder den gesamten anthropogenen Effekt einschließlich Temperaturänderung noch die molekulare Herkunft des CO_2. [C9; S9, S. 14; M1; R5]

Die neuen Teilrechnungen betreffen ausdrücklich **Modelle III/VI**, nicht alle sechs Modelle. B und C variieren unabhängig $g \sim U(10{,}90)$ und $\eta \sim U(0{,}15{,}0{,}60)$, sonst bleibt der mittlere historische Fall fest. B verwendet das originale feine Quellenprofil und 8×8/12×12 Gauß-Legendre-Quadratur; C die ursprüngliche Jahresquellenvariante und 512 Sobol-Paare. Beide verwenden den monatlichen Temperaturpfad. A variiert ausschließlich η bei festem $g = 45$, ebenfalls mit Jahresquelle, und prüft 8/16 Quadraturknoten. Dies sind erklärte Übernahmen von S3-Annahmen als historische **Teilbudgets**. [R5]

Rechnung für das 2025-Jahresmittel	Rechenebene	Gepaarte SD von D [ppm]	Fälschlich unabhängig [ppm]
B, g und η, Feinprofil	Linear	22,7535	26,1135
B, g und η, Feinprofil	Nichtlinear	23,0490	26,4648
C, g und η, Jahresprofil	Linear	22,7530	26,1130
C, g und η, Jahresprofil	Nichtlinear	23,0484	26,4643
A, nur η, Jahresprofil	Nichtlinear	23,0006	24,7777

Der scheinbare Unterschied 26,11 gegen 26,46 ppm beruht auf verschiedenen Rechenebenen. Die positive Mit-/Ohne-Kovarianz beträgt in Bs nichtlinearer Rechnung 84,5645 ppm² und reduziert die Differenzstreuung. Kleine B/C-Restunterschiede dürfen wegen verschiedener Profile **und** Integrationsmethoden nicht ausschließlich einem Profileffekt zugeschrieben werden. Bs Quadraturverfeinerung verändert Mittel und Standardabweichungen um weniger als $2 \cdot 10^{-10}$ ppm; der nominelle Feinlauf reproduziert die archivierte 2025-Zielgröße auf derselben Größenordnung. Gemeinsame Zeit- und Ausgangskovarianzen sind gespeichert. [R5–R6]

S9 verwendet $R_B = D/M$; die zusätzlich geprüfte Größe $R_A = D/(M - C_0)$ bezieht sich auf den Anstieg gegenüber C_0. Beides sind hier **Quotienten von Jahresmitteln**, nicht Jahresmittel instantaner Quotienten. Für R_B gilt mit $\nabla R_B = (O/M^2, -1/M)$ die vollständige Fortpflanzung $u^2(R_B) \simeq \nabla R_B \Sigma_{M,O} \nabla R_B^{\mathrm{T}}$. Bei unsicherem C_0 benötigt R_A die ganze Kovarianz von (M, O, C_0); sein Gradient lautet

$$\nabla R_A = \left(\frac{O - C_0}{(M - C_0)^2}, -\frac{1}{M - C_0}, \frac{D}{(M - C_0)^2}\right).$$

Am verschwindenden Nenner ist R_A undefiniert; nahe daran kann die lineare Näherung versagen. [S9, S. 14; M1; R5–R6]

Bs nichtlineare Mittel betragen $E[D] = 178{,}56$ ppm, $E[R_B] = 37{,}19\,\%$ und $E[R_A] = 91{,}37\,\%$. Die Standardabweichungen der Quotienten betragen 2,86 beziehungsweise 2,47 Prozentpunkte. As nur-η-Budget liefert dagegen für R_A rund 0,156 Prozentpunkte. In den linearen Zweiparameterbudgets dominiert η bei D und R_B mit etwa 99,4/99,6 %, dagegen g bei R_A mit etwa 99,5 %. Rangfolgen gehören somit immer zu einer Zielgröße und einem Eingangsbudget. [R5–R6]

Eine irreversible Permafrostvariante verschiebt Bs nominale Mit-/Ohne-Jahresmittel um 0,058/0,039 ppm, die Differenz nur um 0,019 ppm. Cs zusätzliche feste Antriebs- und Strukturproben erhalten ein positives D in den geprüften Fällen. Das bestätigt dort gemeinsame Aufhebung beziehungsweise Vorzeichenstabilität, keine allgemeine Strukturrobustheit. [R5]

6. Reichweite des historischen Budgets

Eine weitergehende Rechnung benötigt die gemeinsame Verteilung von Parametern, Anfangsspeichern und **ganzen** Temperatur-/Emissionsfolgen, also die volle Kovarianz von $Z = (p, x_0, T_{1:n}, E_{1:n})$ einschließlich ihrer Kreuzblöcke. Referenzfehler dürfen nicht für jedes Jahr neu gezogen werden; normierte unterjährige Emissionsanteile müssen ihre Jahressumme erhalten. Für Anteile q mit $\sum_i q_i = 1$

folgt beispielsweise $\Sigma_q \mathbf{1} = 0$; unabhängige freie Anteilsfehler wären damit unvereinbar. Für Beobachtungsresiduen gehören mögliche Modell-/Beobachtungskovarianzen ebenfalls ins Budget. Unbekannte Kreuzblöcke dürfen nicht stillschweigend verschwinden. [M1; S7, S. 19; S9, S. 23; P1]

Hierfür existieren relevante Daten: GloSAT liefert Ensembleinformation und zusätzliche Kovarianz-/Abdeckungsanteile. A öffnete die bereitgestellten monatlichen und jährlichen Ensemblearrays; die vollständige historische Hybridfehlerverteilung wurde nicht rekonstruiert. Ein lokal fehlender NetCDF-Reader begründet keinen globalen Verfügbarkeitsmangel. Rohgeografie und ursprüngliche S3-Ensembles sind ebenfalls vorhanden. [C3; P1; R7]

GCB 2026 nennt in Tabelle 8 konkrete Kumulationsannahmen: 5 % der kumulativen fossilen Quelle, $0{,}7N$ GtC für Landnutzung nach 1959 und vollständig zeitkorrelierte Ozeanfehler für dessen Kumulation. Das ist mehr Information als jährliche Fehlerbalken, aber keine vollständige gemeinsame historische Eingangsverteilung. Der Ozeanbudgetposten ist zudem nicht einfach ein externer S9-Emissionseingang. Der geprüfte GCB-Text ist ein Vorabdruck. Bei Landnutzung müssen Definition und Zuordnung zu modellierten Landflüssen konsistent sein. [P2–P3]

Belastbarer Aussagebereich: S3 besitzt eine konsistente bedingte Parameterfortpflanzung; Intervallform, gemeinsame Kurvenüberdeckung und Boxvorzeichen brauchen die genannten Einschränkungen. Die historische dynamische Paarbildung und die Bedeutung ihrer Kovarianz sind bestätigt. Eine umfassende historische Wahrscheinlichkeit oder garantierte Gesamtgrenze bleibt unbestimmt, nicht widerlegt. Aus dem tatsächlichen Peer-Austausch besteht kein ungelöster fachlicher Einwand gegen diese geprüften Kernbefunde; die Zustimmung aller drei Mitglieder zum vorliegenden Text ist gesondert dokumentiert.

Klassifizierte offene Fragen und nächste Prüfungen

1. **Daten/Abhängigkeiten und teilweise fehlende Voraussetzungen:** Ein gemeinsames historisches Eingangsmodell aus Temperaturmitgliedern, Abdeckung, Referenz, fossiler Quelle und Landnutzung spezifizieren; bekannte Normierungen und Zeitkovarianzen erhalten. Höchster Erkenntnisgewinn entsteht zuerst durch Prüfung der Eingangsdefinitionen, nicht durch weitere beliebige Vollensembles. Aufwand mittel bis hoch. Wo Quellen keine gemeinsame Verteilung bestimmen, bleiben klar deklarierte Abhängigkeitsvarianten erforderlich.
2. **Identifizierbarkeit/Anfangszustand:** Anfangsspeicher und kompensierende Prozessparameter gemeinsam gegen mehrere unabhängige Speicher- und Flussbeobachtungen prüfen. Eine Endkonzentration allein trennt diese Wirkungen nicht. Aufwand hoch; zusätzliche Information ist entscheidender als feinere Quadratur.
3. **Strukturannahme und prinzipielle Garantiegrenze:** Wenige empirisch motivierte Prozessalternativen mit gleichen Eingängen paaren; für beanspruchte Kurvenüberdeckung gezielt Zwischenzeiten und unabhängig kontrollierte Quantilfehler prüfen. Aufwand für begrenzte Vergleiche überschaubar, für globale Schranken erheblich. Weder weitere gefundene Punkte noch ein endliches Variantenensemble beweisen Vollständigkeit des physikalischen Strukturraums.

Quellen, Zugriffsumfang und Rechennachweise

Alle externen Zugriffe: **27. November 2026**. Die nachstehend bezeichneten Fundstellen wurden direkt geprüft; daraus wird keine vollständige Lektüre sämtlicher langer Manuskripte oder Supplements behauptet. Die vollständigen individuellen Verzeichnisse und Erstgutachten bleiben unter a/, b/, c/ erhalten. Relative Archivpfade beziehen sich auf /workspace/conference_co2_20261127/, relative Prüfpfade auf dessen groups/g7/.

Originale und Code

- **[S3]** Retzlaff, K.; Proto: *Natürlicher CO_2-Kreislauf mit räumlicher Wärmeverteilung und Fehlerfortpflanzung*, Studie III, Modellversion 3.0, 25.11.2026. source_documents/CO2_Studie_III_Retzlaff_Proto.pdf, besonders S. 9–13, ergänzend S. 14–15.

PDF-SHA256: 8fbc5e08ee0fe42370702d0d6fb1002f83ae2b98319f49498077aed8188cf850. Berichtstext und Originalcode wurden gegengeprüft.

- **[C3]** source_documents/supplementary_archives/CO2_Studie_III_Code_und_Daten/co2_studie3/: unsicherheit3.py, Funktionen hydrology_moments, mean_and_covariance, primitive_to_parameter, gum_analysis; modell3.py, Funktionen pattern, prepare, derivative, integrate. Vorhandene Ergebnisse: ergebnisse/mc_ensemble.npz, gum_kovarianz.npz, unsicherheit3.json. Geografieressourcen sind vorhanden und wurden unverändert verwendet; keine neue vollständige Rohgeografieableitung.
- **[S7]** Retzlaff/Proto: *Globale Temperaturentwicklung seit 1826*, 26.11.2026, besonders S. 19, Datennachweise S. 24–25; source_documents/Globale_Temperaturentwicklung_seit_1826_Retzlaff_Proto.pdf. Bezug, Ensemble-/Produktabhängigkeit und Abdeckung.
- **[S9]** Retzlaff/Proto: *CO_2-Modelle I bis VI – Historische Emissionen*, 27.11.2026, S. 14, 23–24, 26–28; source_documents/CO2_Modelle_I_bis_VI_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto.pdf. Auftragsgrenze zusätzlich TASK_HISTORY.md.
- **[C9]** source_documents/CO2_Historische_Emissionen_Retzlaff_Proto/: code/run_emissions.py, insbesondere HistoricalSystem.rhs_with_emission, forcing, integrate; code/temperature_system.py, System.rhs; reference/modell_erweiterung.py, parameters. Verwendete Originalantriebe: inputs/emissions/combined_fine_forcing.csv, annual_emissions.csv, inputs/temperature/temperature_monthly_1826_2025.csv. Vergleich mit archivierten Jahres-/Feinergebnissen, keine Veränderung der Originale.

Amtliche Methoden und Primärliteratur

- **[M1]** JCGM 100:2008(E), *Guide to the expression of uncertainty in measurement*. DOI: 10.59161/JCGM100-2008E. Offizielles BIPM-PDF; insbesondere §§4.3, 5.2, Anhang F.1.2.3 und H.2.3. Beleg: erklärte Eingangsverteilungen, gemeinsame Ursachen sowie Eingangs-/Ausgangskovarianzen.
- **[M2]** JCGM 101:2008, *Propagation of distributions using a Monte Carlo method*. DOI: 10.59161/JCGM101-2008. Offizielles BIPM-PDF; §§1, 5.1, 5.8–5.11, 7.9, 8.1–8.2. Beleg: bedingte skalare Verteilungsfortpflanzung, numerische Toleranz einschließlich Intervallenden. Kein Nachweis einer hier vollständig ausgeführten adaptiven MCM-Prozedur.
- **[M3]** JCGM 102:2011, *Extension to any number of output quantities*. DOI: 10.59161/JCGM102-2011. Offizielles BIPM-PDF; §§6.5, 7.1, 7.5–7.7, besonders 7.7.3. Beleg: gemeinsame multivariate Verteilungen und rechteckige Überdeckungsregionen; keine automatische Garantie in stetiger Zeit.
- **[P1]** Morice, C. P. et al. (2025), *An observational record of global gridded near-surface air temperature change over land and ocean from 1781*, **ESSD 17**, 7079–7100. Begutachtete Veröffentlichung. DOI: 10.5194/essd-17-7079-2025. Verlagsvolltext, §§2.3.1–2.3.4, Tabelle 5, §3.1 und frühe Abdeckung; Datensatz DOI: 10.5285/a2519624a593402a83246bd359d098be. Zugehörige bereitgestellte README und Ensemblearrays durch A geprüft. Kein vollständiger Neuaufbau der S7-Hybridfehlerverteilung.
- **[P2]** Friedlingstein, P. et al. (2026), *Global Carbon Budget 2026*. **Vorabdruck in Begutachtung**, Diskussion seit 10.11.2026. DOI: 10.5194/essd-2026-895. Offizielle Preprintseite und PDF; Abstract und Tabelle 8, Druck-/PDF-Seite 123, Manuskriptzeilen 4322–4331. Konkrete Kumulationsannahmen durch C geprüft und vom Sprecher am Original bestätigt; keine vollständige historische Kopula oder S9-Konzentrationsunsicherheit daraus abgeleitet.
- **[P3]** Gasser, T. et al. (2020), *Historical CO_2 emissions from land use and land cover change and their uncertainty*, **Biogeosciences 17**, 4075–4101. Begutachtete Veröffentlichung. DOI: 10.5194/bg-17-4075-2020. Verlagsvolltext, Abstract, Einleitung und §§3.2–3.3: Quellendefinition,

Landnutzungsdaten und Biogeochemie als unterschiedliche Beiträge. Keine Übernahme damaliger Zahlen als S9-Fehlergrenze.

Neu ausgeführte und nachausgewertete Prüfungen

- **[R1] S3-Reproduktion und Rechteck-/Dreiecksvergleiche:** a/check_s3.py → a/s3_results.json; b/test_s3.py → b/results/s3_checks.json, b/results/s3_new_4096.npz; c/check_s3.py, c/finalize_checks.py → c/results/s3_results.json, c/results/s3_curves_and_covariances.npz. Neue Rechteck-Scrambles: A 2048, Seed 20261127; B 4096, Seed 271127; C 8192, Seed 2026112703. A/C erzeugen zusätzlich 2048/4096 Dreiecksläufe über alle primitiven Eingänge, B 4096 über die nur für g veränderte Verteilung. Die archivierten 8192 Kurven werden als vorhandenes Ensemble nachausgewertet.
- **[R2] Abhängigkeiten:** a/check_dependence.py → a/s3_dependence_results.json, a/s3_dependence_curves.npz: zwei neue Copula-Ensembles zu je 2048 Punkten und exakte Dreiecksmomente. Lineare Korrelations-/Wechselwirkungsprüfung außerdem in R1; Bestätigung der tatsächlichen Copulakorrelation in c/results/peer_review_results.json.
- **[R3] Gezielte zulässige Punkte:** a/check_corners.py → a/s3_corners_results.json; b/test_s3_feasible_points.py → b/results/s3_feasible_points.json; nach Freigabe c/peer_review_checks.py → c/results/peer_review_results.json. A/B unabhängige Auswahl, C neue Reproduktion derselben zwei übermittelten Eingänge; jeweils zwei Schrittweiten. Kein Extremumsnachweis.
- **[R4] Quantil- und Kurvenvergleich:** a/peer_compare.py → a/peer_comparison_results.json, ergänzt durch Cs R3-Nachauswertung. Gleiche Punktzahlen, unterschiedliche gespeicherte Scrambles und festgehaltener ursprünglicher Kurvenfaktor. Diese Vergleiche enthalten keine neuen ODE-Ensembles.
- **[R5] Historische Teilbudgets und feste Strukturproben:** a/check_s9_pair.py → a/s9_pair_results.json, a/s9_pair_curves.npz; b/test_s9_pairs.py → b/results/s9_checks.json, b/results/s9_paired_partial.npz; c/check_s9_pairs.py → c/results/s9_pairs_results.json, c/results/s9_paired_curves.npz. Die jeweiligen Eingänge, Zielgrößen, Gewichte, vollständigen Paare und Kovarianzen sind gespeichert. Keine historische Gesamt-UQ.
- **[R6] Operator- und Quotientenabgleich:** b/peer_reconciliation.py → b/results/peer_reconciliation.json; unabhängig nachvollzogen in As R4 und Cs R3. Reine Algebra aus gespeicherten Matrizen/gewichteten Paaren; keine weiteren Integrationen. Insbesondere lineare und nichtlineare Unabhängigkeitsvergleiche sowie R_A aus Bs Feinprofilpaaren.
- **[R7] Zugriff und Provenienz:** a/source_checks.json, a/sources.md; b/results/source_copy_manifest.json; c/results/provenance_and_checks.json; ergänzend source_inventory.json im Konferenzstamm. Vorhandensein, Kopierintegrität und tatsächlicher Zugriff sind von vollständiger fachlicher Neuauswertung getrennt.

Reproduktionsaufrufe stehen in den individuellen Quellenverzeichnissen: jeweils aus dem betreffenden Mitgliedsverzeichnis mit PYTHONDONTWRITEBYTECODE=1 "$CODEX_PRIMARY_RUNTIME_PYTHON" <Skriptname>. Die unabhängigen Erstfassungen, tatsächlichen Erwiderungen und die Mehrheitswahl bleiben separat dokumentiert; dieser Fachbericht ersetzt sie nicht rückwirkend.