



KLIMAMODELLE: Wunsch und Wirklichkeit

Johann Feichter

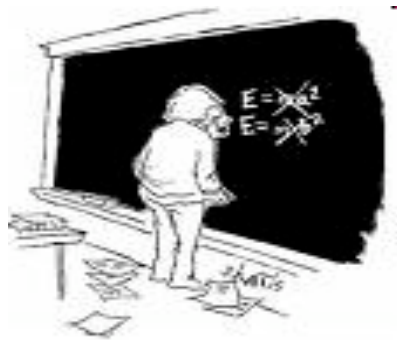
Max Planck Institut für Meteorologie, Hamburg



Klimamodelle - Wunsch

„limited yield, unlimited dream“

Blick in die Zukunft

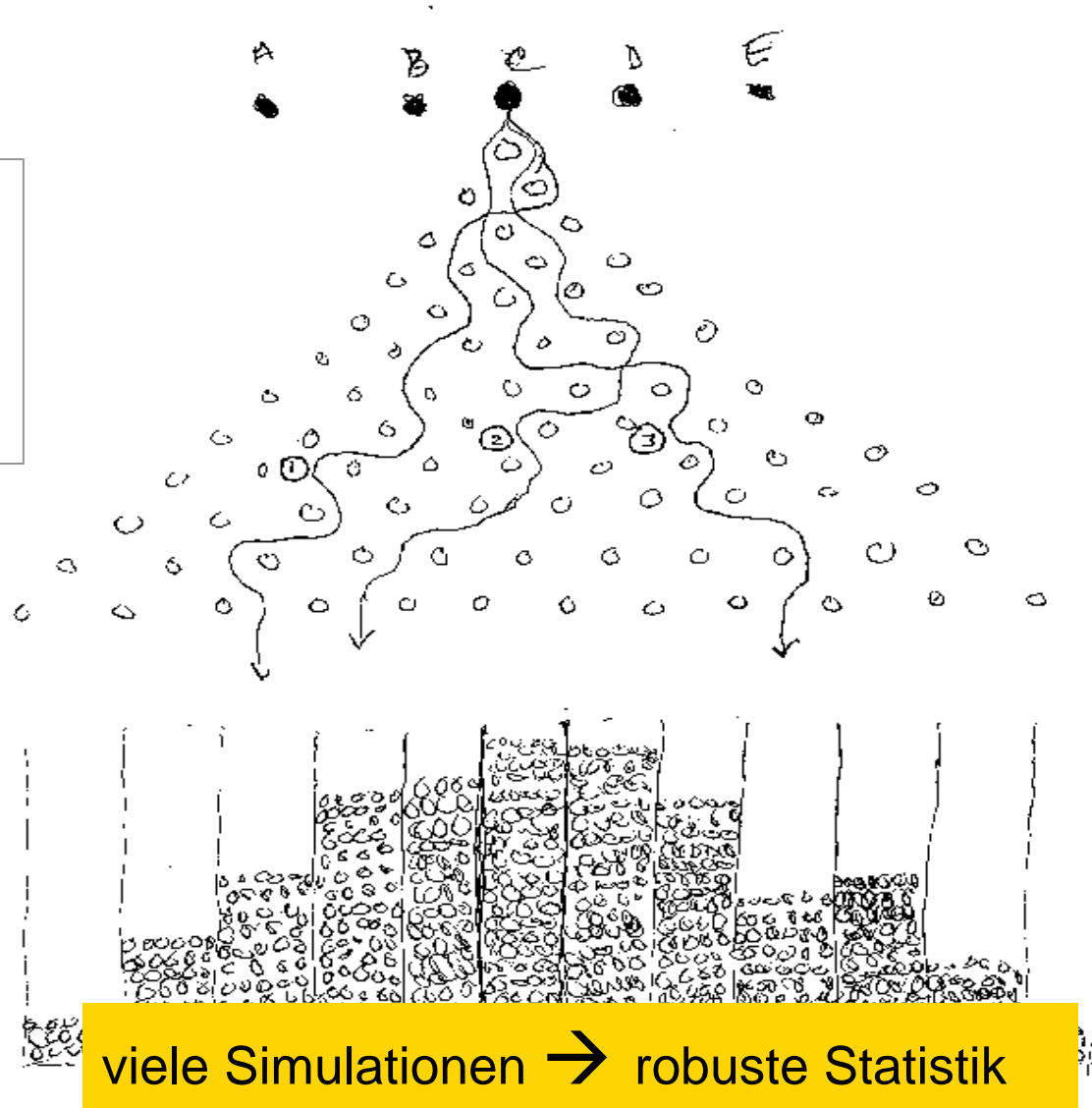


Naturwissenschaften sind exakt

Eindeutiger Nachweis von Ursache und Wirkung

Wettervorhersage

Für einige Tage Verlauf der
Trajektorie vorhersagbar
soferne
Anfangsbedingungen
bekannt



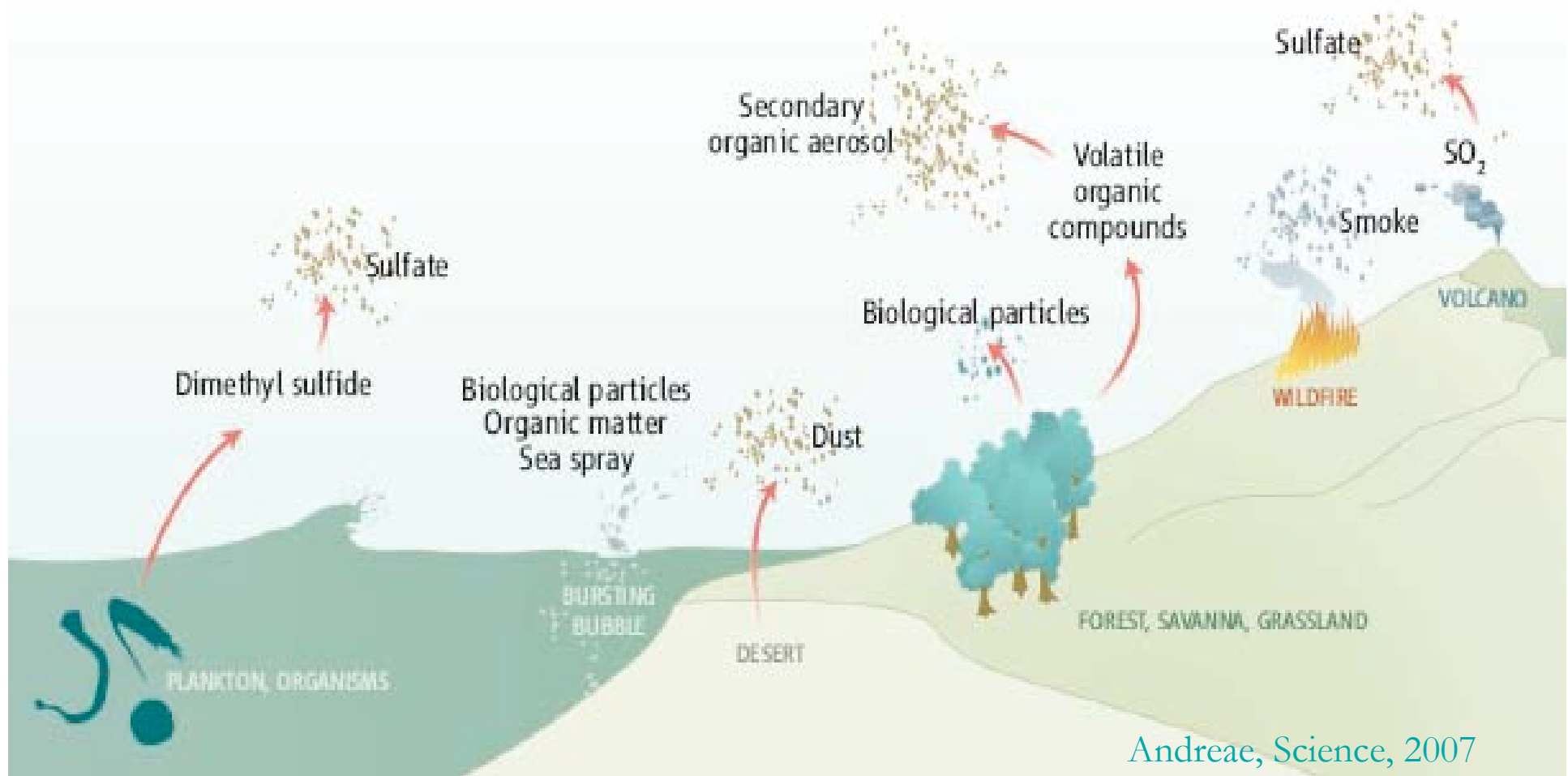
Klimavorhersage

Verteilung der Kugeln
vorhersagbar soferne
Dicke und Abstand der
Hindernisse bekannt
(= Randwertproblem)

(pinball machine analogy by Takle, G.S., 1995)

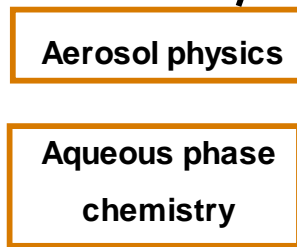
Komponenten des Klimasystems

Anthroposphere

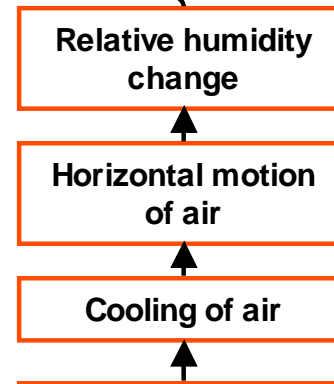
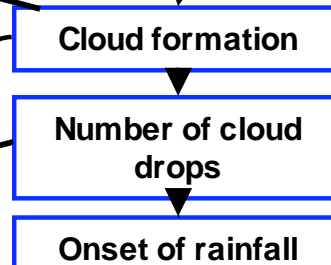


Andreae, Science, 2007

Cycling of trace species



Clouds



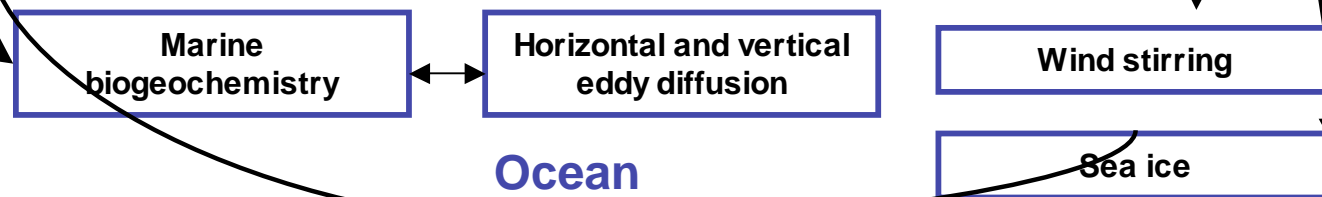
Dynamics and mic

Modelle beinhalten eine große Zahl an Prozessen, von denen jeder einzelne einen Vorgang stark vereinfacht beschreibt. Die Komplexität ergibt sich aus den zahlreichen Verknüpfungen und Rückkopplungen zwischen den einzelnen Prozessen.

Radiation



Ocean and Land Surface



Ocean

Unsicherheiten von Modellergebnissen

- **Kenngößenunsicherheit** (Value uncertainty)
 - Diskretisierung
 - nicht adäquate numerische Methoden
 - Kodierungsfehler
- **Strukturelle Unsicherheit**
 - mangelndes Prozessverständnis
 - Parameterunsicherheit
 - fehlende Prozesse

*and everybody believes an experiment
except the person who did it."*

Johann Feichter

Beobachtungsdaten

- Messfehler und Messungenauigkeit
- Repräsentativität

Messdaten müssen für Volumina von 1000 – 10.000 km³ repräsentativ sein

→ Satelliten Retrievals

→ assimilierte Daten

Zur Evaluierung von Klimamodellen verfügbare Daten stellen entweder einen Mix aus Messung und Modell dar oder sie sind nicht repräsentativ

IPCC Modellevaluierung

Getestet werden Modell-Sensitivität und die Fähigkeit, das gegenwärtige Klima zu simulieren

Definition verschiedener Szenarios

Datenprozessierung und Verteilung aller Modellergebnisse

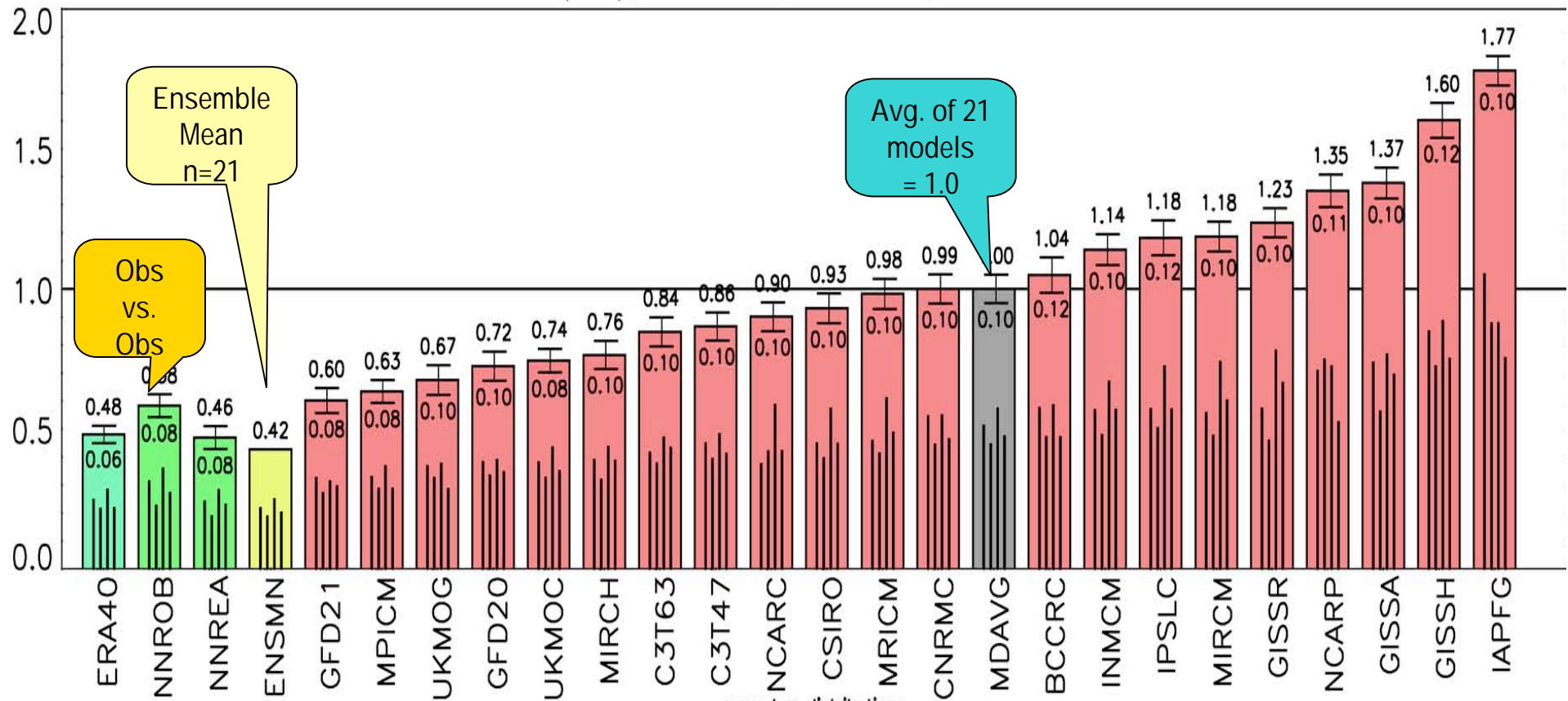
Auf Anfrage freier Zugriff auf alle Daten

PCMDI - Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison

→ > 550 Projekte

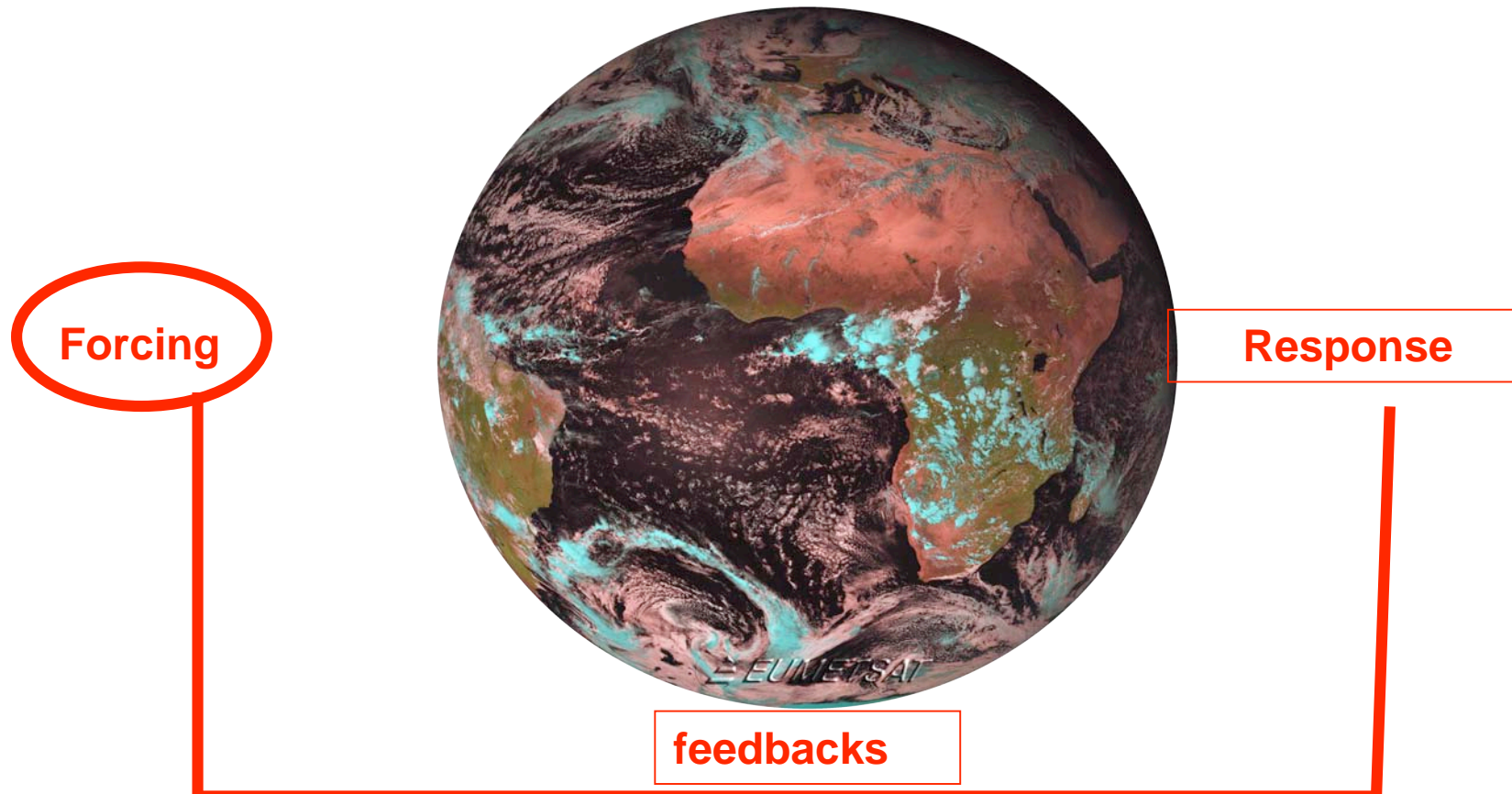
Overall Performance Index

courtesy Thomas Reichler & Junsu Kim, Univ. of Utah



Feedbacks

Rückkopplungen zwischen verschiedenen Komponenten des Klimasystems



Bei einer Verdopplung der atmosphärischen CO₂ Konzentrationen sind 40% der Temperaturerhöhung auf direkte Änderungen der langwelligen Strahlungsflüsse zurückzuführen, 60% aber auf Rückkopplungen mit dem Wasserkreislauf

Können wir die Zukunft vorhersagen?

Nehmen wir an, unsere Modelle wären perfekt,

so wäre die Vorhersage trotzdem eingeschränkt

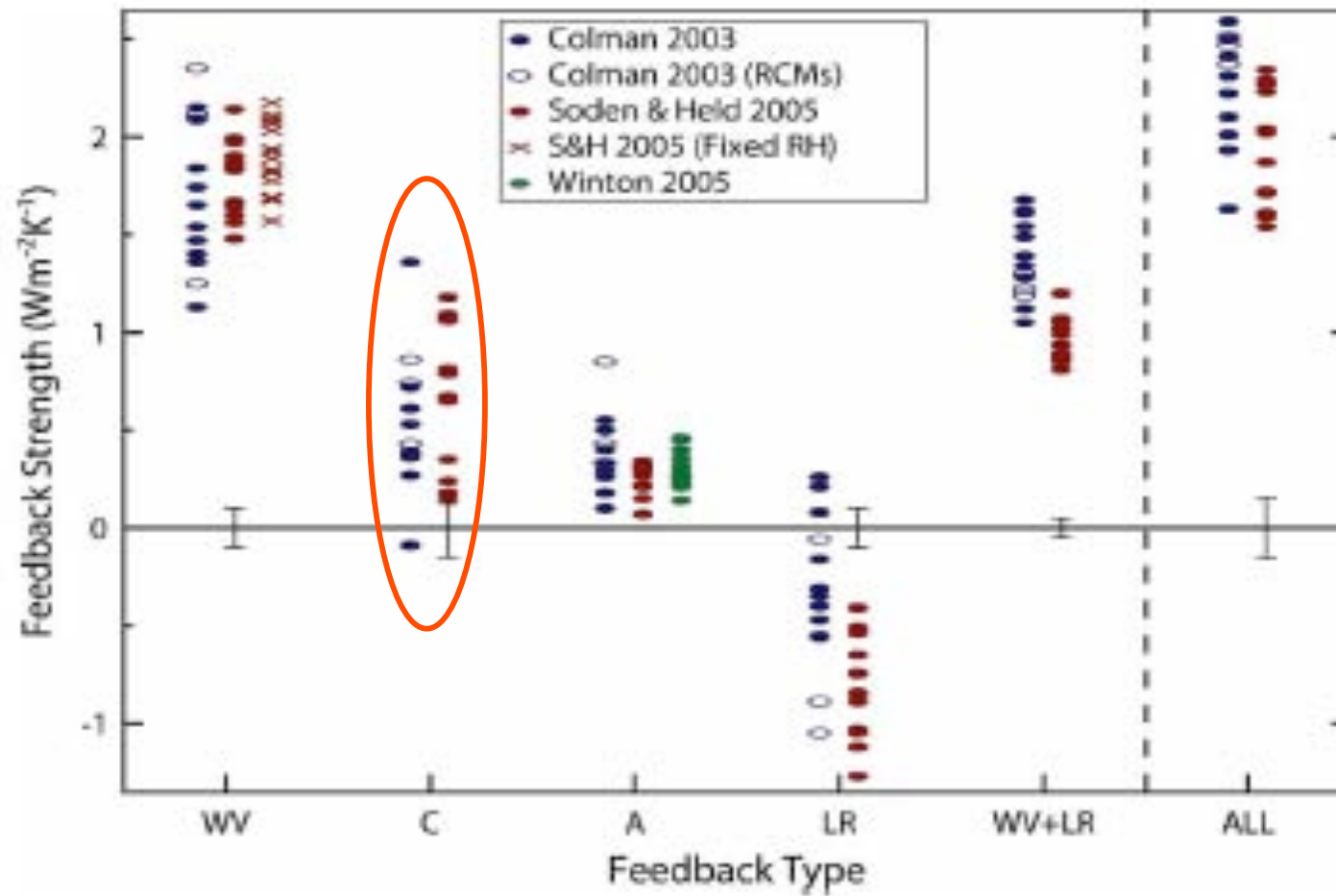
1. Weil wir die Randbedingungen z.B. den Anfangszustand des Ozeans nicht kennen
2. Weil die Natur nur einen aller möglichen Zustände realisiert; wir wissen aber nicht welchen
3. Weil zukünftige Wirtschaftsentwicklungen und daraus abgeleitete Emissionsszenarien politische Optionen darstellen aber keine Vorhersagen

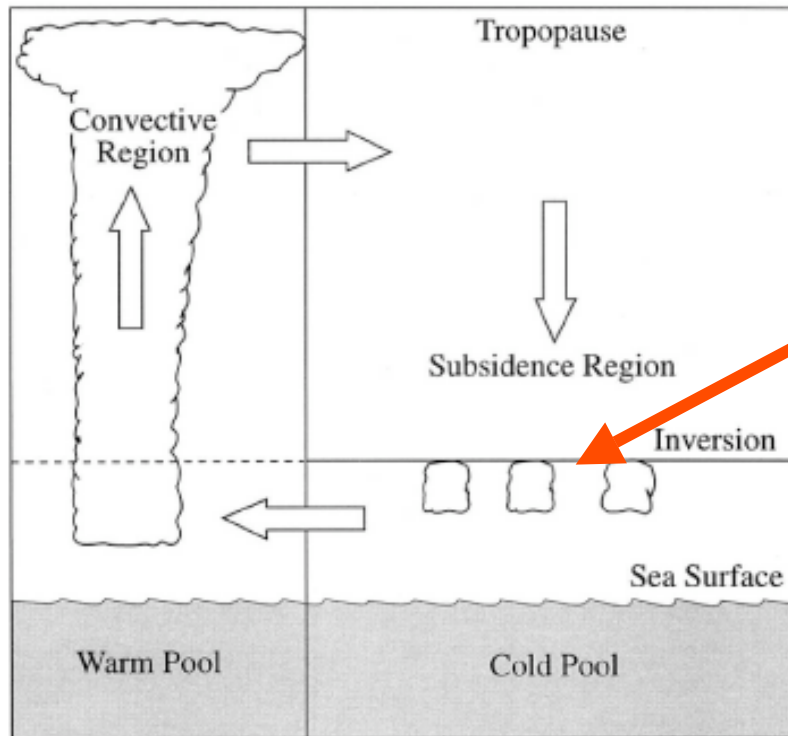
Neuere Entwicklungen

- Landnutzung, Anbaumethoden
- Biosphären Feedbacks
- C-N Kreislauf
- Verbesserung der Wolkenphysik mithilfe neuer Messdaten (e.g. A-train)

- Wolken-Klima Feedback
- Biosphäre-Klima Feedbacks
 - Vegetation
 - marine Biosphäre
- Biomassenverbrennung

Modellbasierte Abschätzungen von Vorzeichen und Stärke verschiedener Feedbacks





Persistente Stratocumulus
Wolken in den
Absinkgebieten reflektieren
Sonnenstrahlung

Welche Prozesse kontrollieren
den Bedeckungsgrad und die
optische Dicke dieser Wolken?



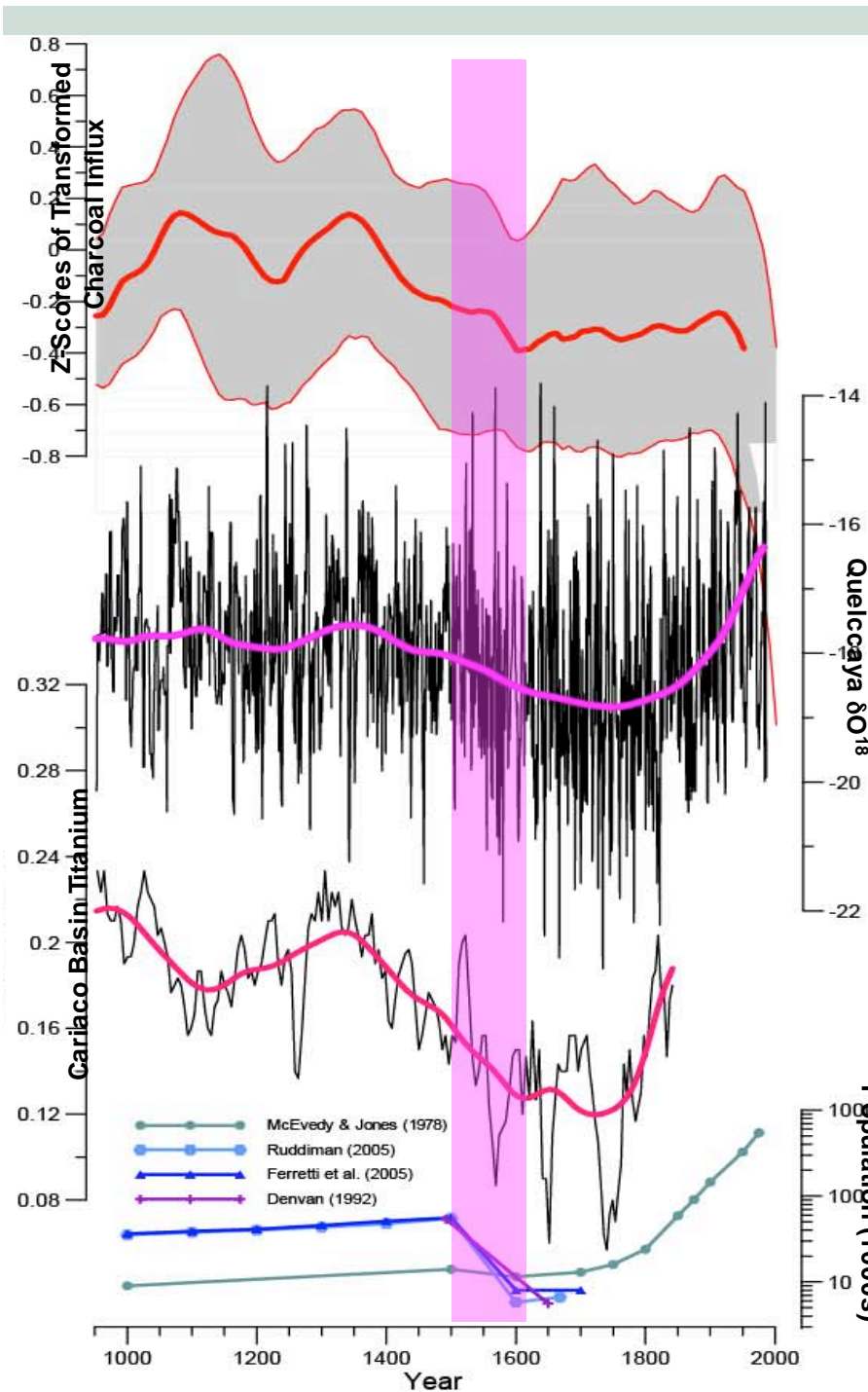
Biomass Burning Emissions

Why is fire important ?

- Surface albedo and roughness => small effect on climate BUT fundamental part of disturbance regime affecting vegetation structure
- CO_2 emissions (2-4 PgC/yr; 2-3 PgC natural vegetation) => only ca 20% of fossil fuel emissions so small term in the global carbon cycle BUT important in year-to-year variability
- Emissions of reactive chemical species (CO , NO_x , CH_4 , N_2O , H_2 ...), black carbon, CCN means potentially large impact on atmospheric chemistry and aerosol load
- O_3 , visibility, particulates, health hazard

by courtesy of Sandy Harrison

Are we really sure it isn't people – Tropical Americas

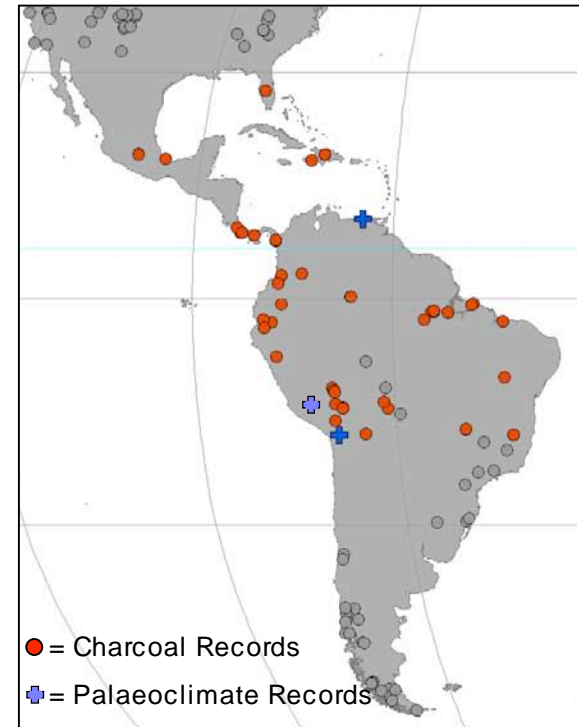


← Tropical Charcoal

← Quelccaya Ice Core

← Cariaco Basin Marine Core

← Population Estimates



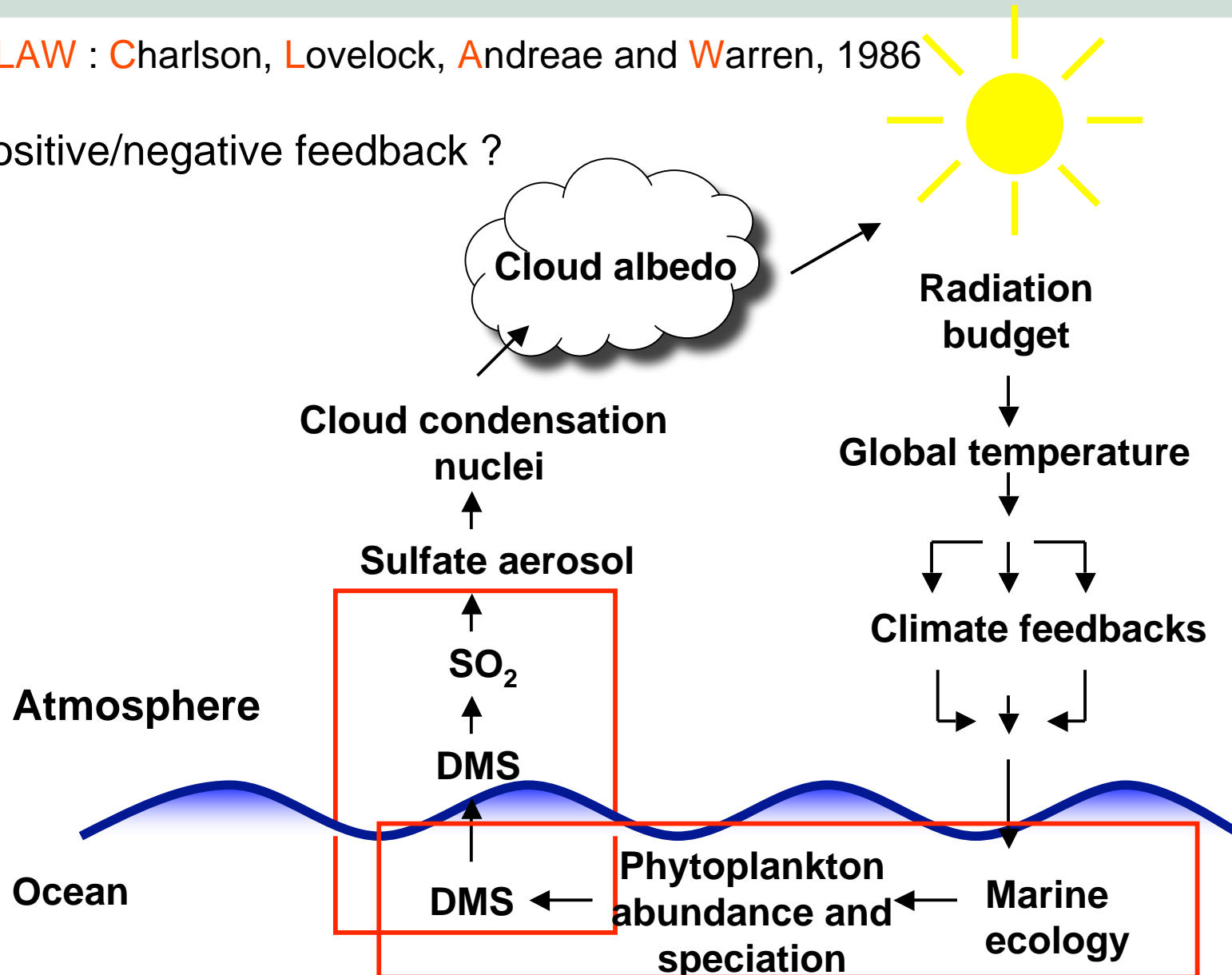
by courtesy of Sandy Harrison

CLAW Hypothesis

Johann Feichter

CLAW : Charlson, Lovelock, Andreae and Warren, 1986

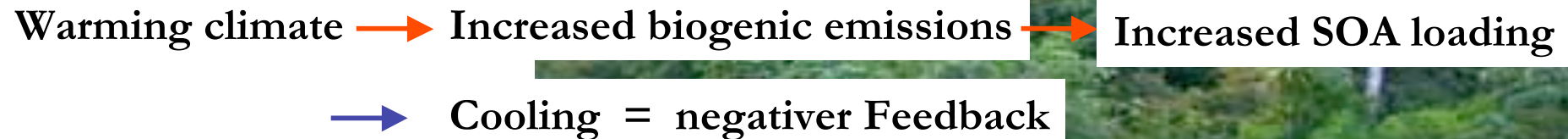
positive/negative feedback ?



Biogenic emission response to climate change

The hypothesis that the **biosphere** operates a **negative feedback** mechanism in a warming climate through the emission of SOA precursors has been advanced by Kulmala *et al.* (*Atmos. Chem. Phys.* 2004)

- Biogenic precursor emissions are known to increase sharply with temperature
- So the proposed mechanism is:



BUT...

- CO₂ Sättigung

Arneeth et al (*Geophys. Res. Letters*, 2007)

Sind Klimamodelle nützlich?

Dynamischer Prozess

formulieren, testen, revidieren

→ Systemverständnis - unser Lebensraum

→ anthropogener Fingerabdruck

→ Interpretation von Messungen

Da Fehler sich auf komplexe, nicht-lineare Weise fortpflanzen und da unsere Messungen unvollständig sind, ist eine Überprüfung der Modelle auf Richtigkeit und damit auch eine Falsifizierung im Popper'schen Sinne nicht möglich

Frage: Sind Modelle hinreichend genau für eine spezifische Anwendung?



**Danke
für's Zuhören**