

Michael Hantel¹⁾ and Leopold Haimberger¹⁾

Carbon in the climate system²⁾

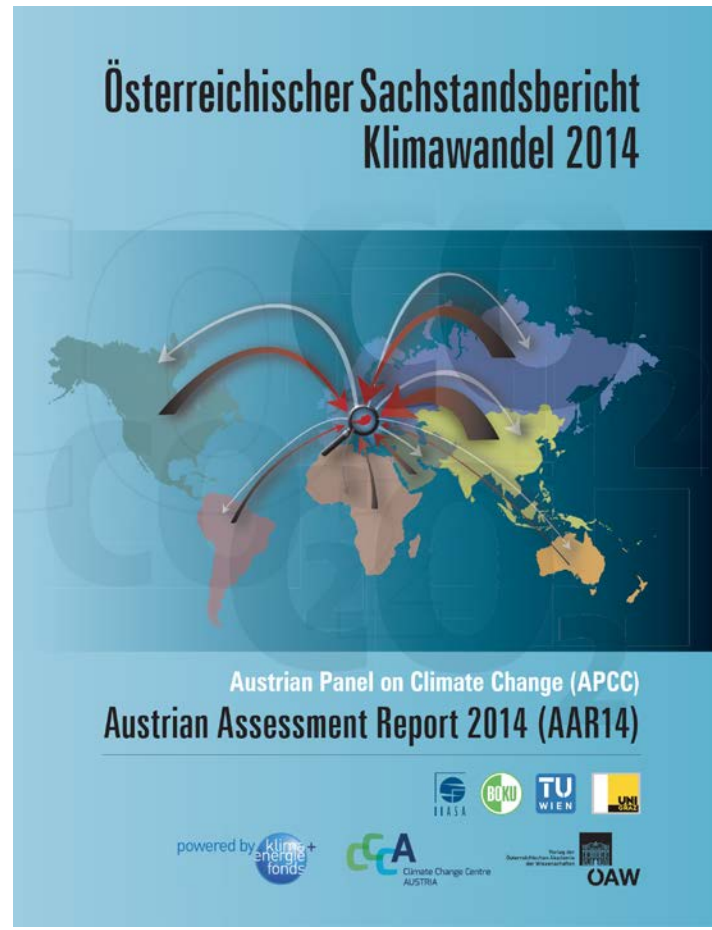
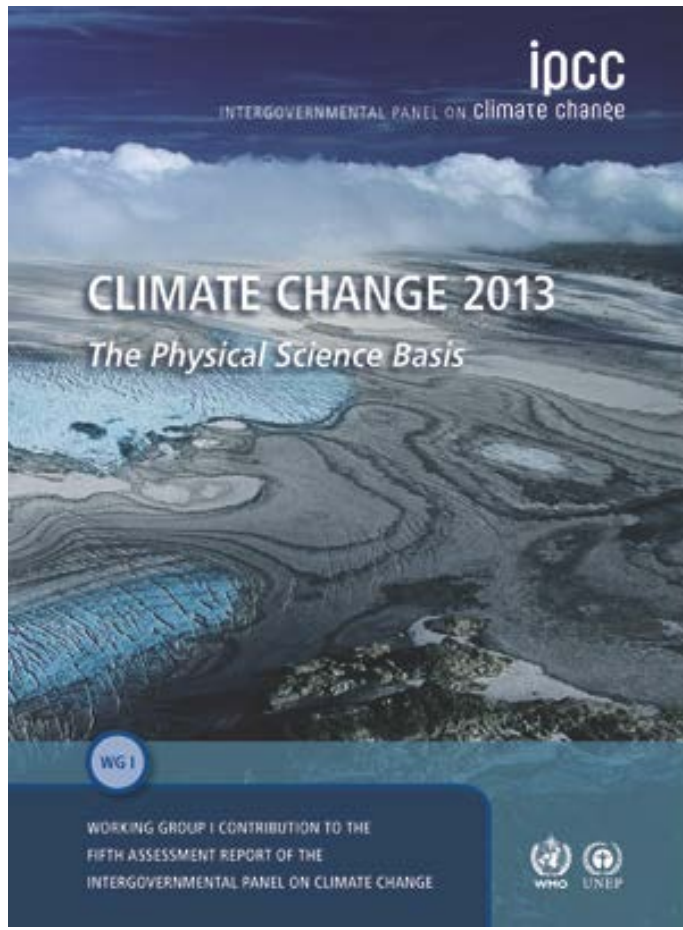
¹⁾ÖAW & University of Vienna (IMGW)

²⁾Presentation, given at *Commission for Interdisciplinary Ecological Studies (ÖAW)*,
21 Nov. 2016

Demonstrate the CO₂-Problem with an animation on YouTube:

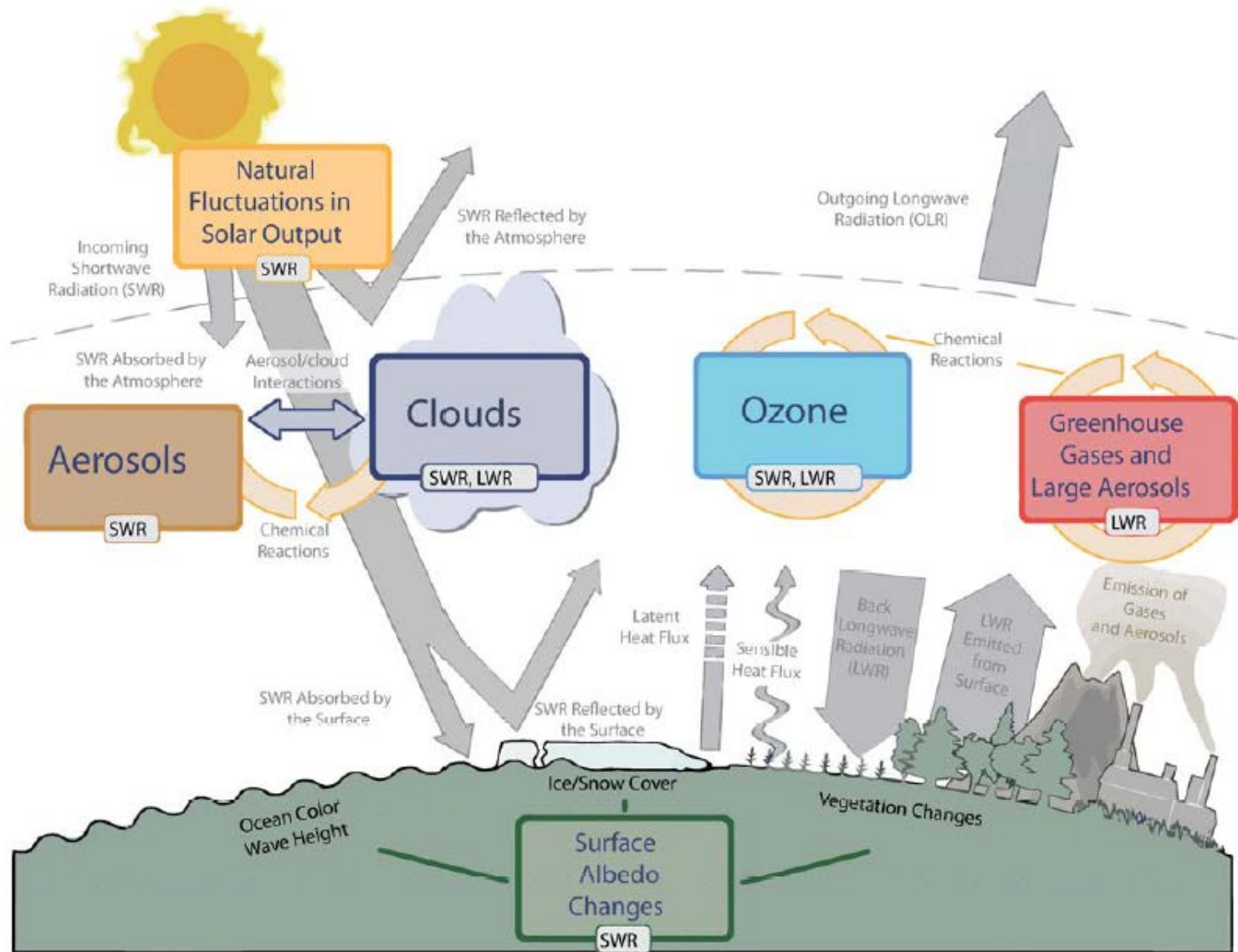
Go to <https://www.youtube.com/watch?v=t0dXjmoA0dw>

Relevance of carbon in the climate system?

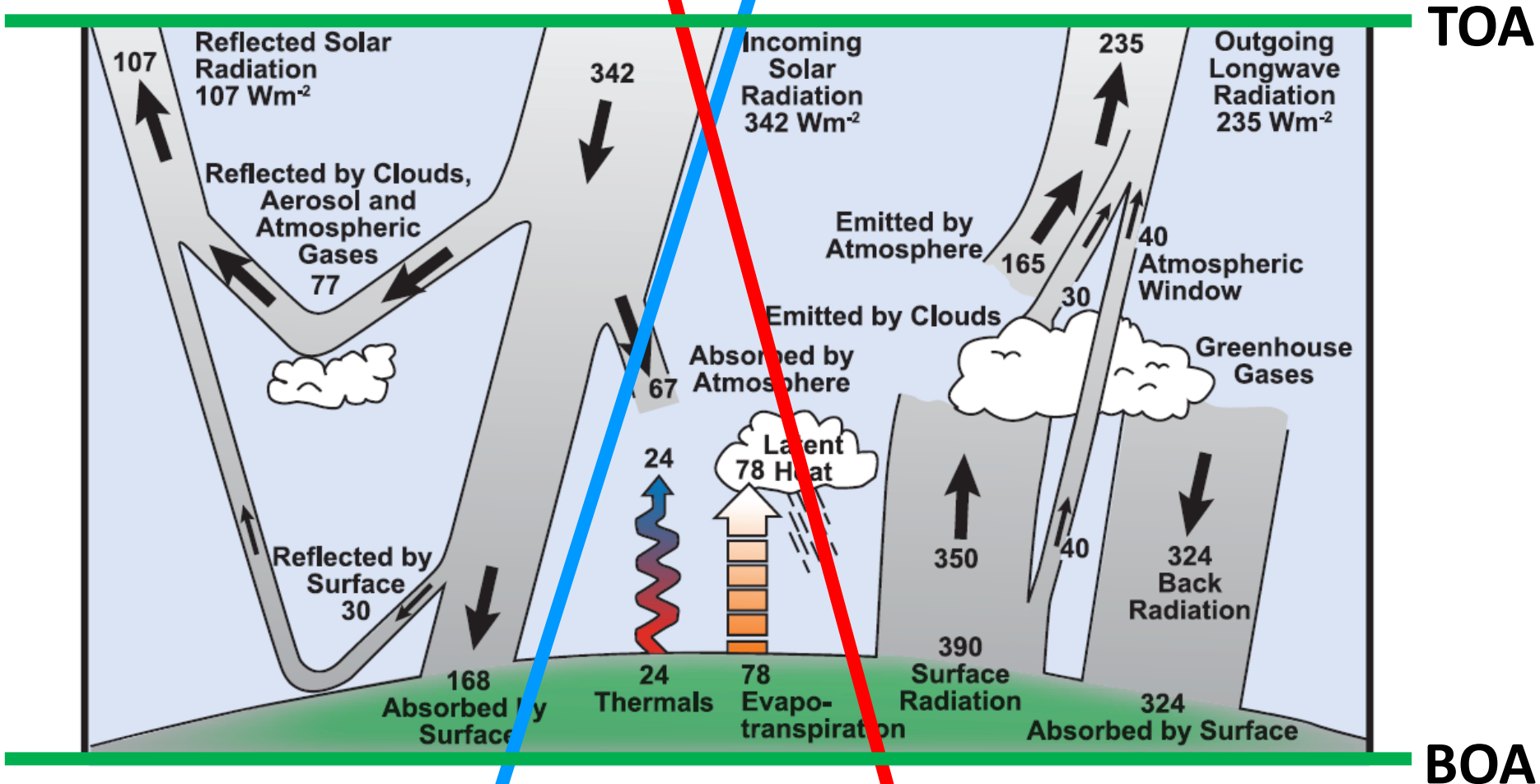


Carbon in the climate system

- **Carbon characteristics**
- **Budget**
- **Results**



Vertical energy fluxes in the climate system



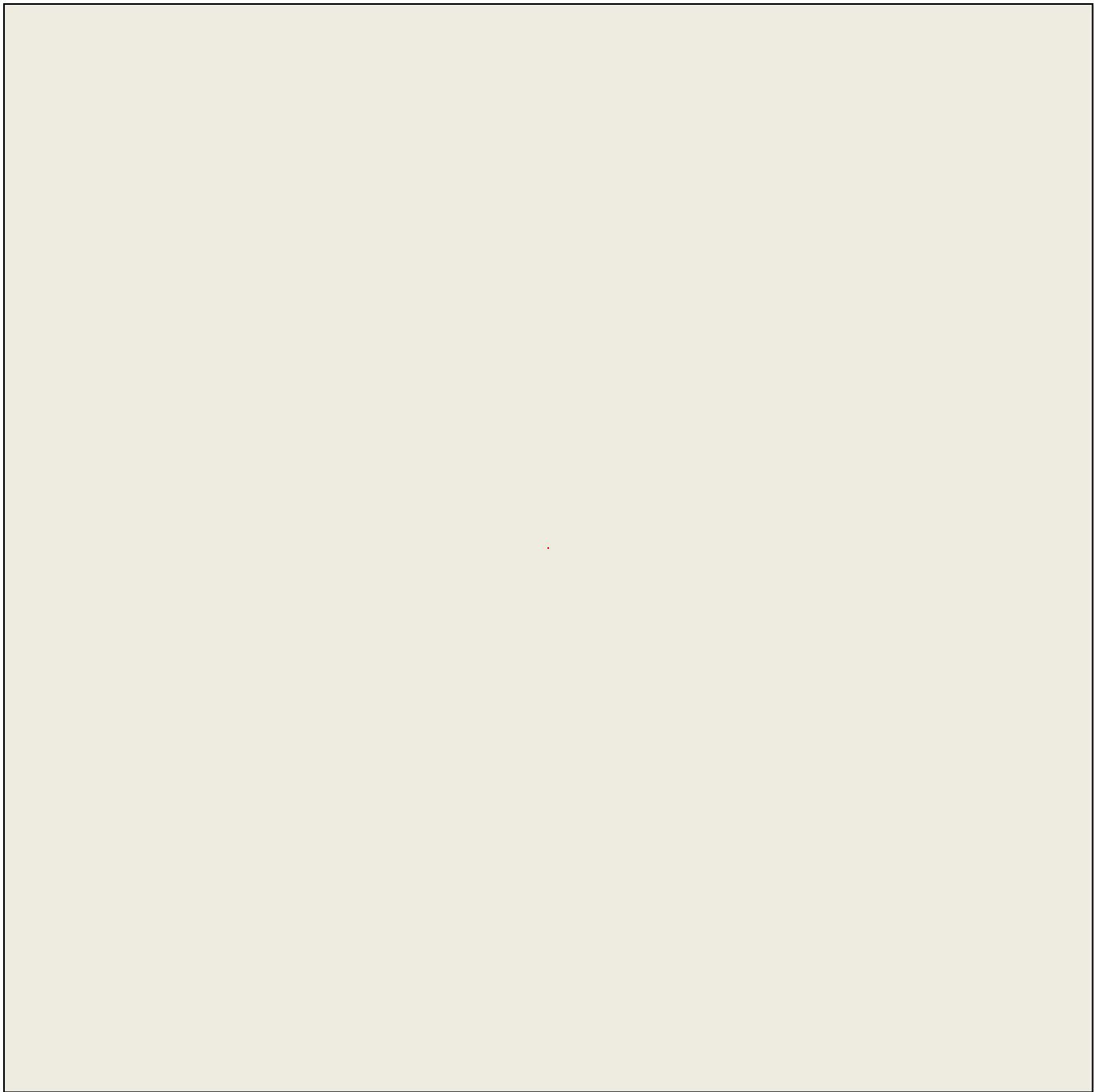
Solar radiation

Heat flux
Moisture flux

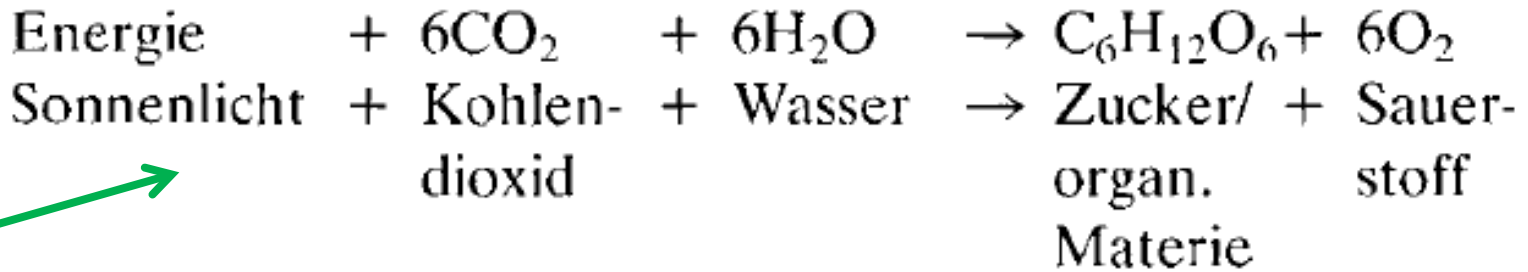
Terrestr. radiation

Global greenhouse effect: 33°C

• Oxygen	21%	0°C
• Nitrogen	78%	0°C
• Argon	1%	0°C
• Water vapor H ₂ O	(0-4%)	21°C
• Ozone O ₃	(0.03 ppm)	2°C
• Carbon dioxide CO ₂	(280-400 ppm)	8°C
• Methane CH ₄	(600-1800 ppb)	<u>1°C</u>
		33°C




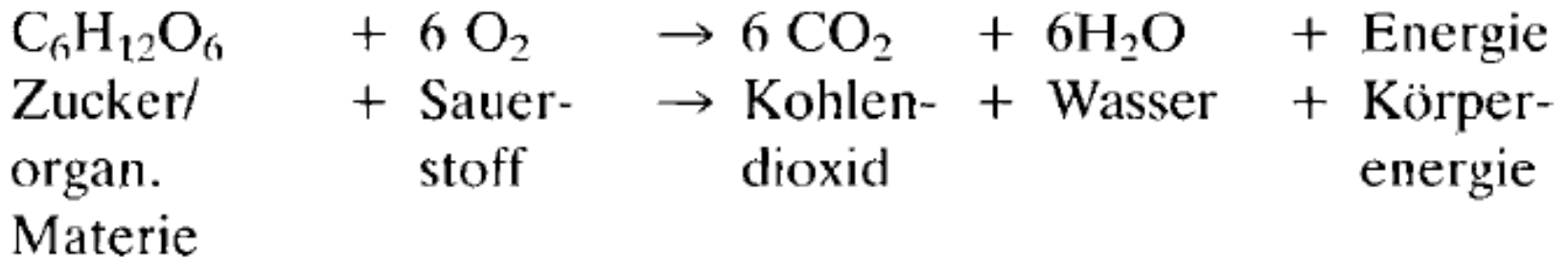
Biological energy storage




Spring

Biological energy use


Fall



The budget perspective of the climate system

Concept: A state quantity like CO_2 is subject to three possible change mechanisms:

- *Time* change: Storage **S**
- *Space* change: Outflow **A**
- *Matter* change: Phase flux **U**

Fundamental budget formula

$$S + A + U = 0$$

Grundkurs Klima

Wenn Sie wissen wollen, wie Klima funktioniert, müssen Sie fragen: Was ist der Klimazustand? Wie beobachtet man ihn? Wie macht man Haushalte daraus? Das Buch zeigt, warum Sie diese drei Aspekte als Grundlage für ein Klimaverständnis brauchen.

Die Autoren stellen dazu das bewährte Haushaltsgesetz in neuem Gewand vor: Speicherung, Abfluss und Umwandlung jeder einzelnen Zustandsgröße wie der Energie ergeben zusammen Null. Wie man diese Formel zusammen mit den Messungen, beispielsweise vom Satelliten aus, und modernen Schätzverfahren optimal nutzt und zu einem konsistenten Bild des irdischen Klimas zusammenführt, ist das Anliegen des Buches.

Daraus ergibt sich eine globale Haushaltsklimatologie aus re-analysierten Daten 1979 bis 2013, komplett mit Trends, Flüssen und Umwandlungsraten. Sie zeigt unter anderem, dass das klimatische Fließgleichgewicht heute gestört ist, besonders deutlich beim Kohlenstoff.

Damit stellt dieser Grundkurs den Begriffshintergrund bereit, mit dem man sich vom Bachelorstudium aufwärts in der Flut moderner Klimaberichte zurechtfinden kann.

Der Inhalt

- Das Haushaltskonzept
- Prototyp der Klimahaushaltsgleichung
- Von Messungen über Analysen zu Haushalten
- Der Massenhaushalt der Geofluide
- Der globale Impulshaushalt
- Der globale Energiezyklus
- Der hydrologische Zyklus
- Globale chemische Kreisläufe
- Partikelkreisläufe
- Der Klimabegriff im Wandel
- Anhänge

Die Autoren

Michael Hantel (emeritiert, von Haus aus Experimentalphysiker) betreut den Schwerpunkt der Haushaltsgesetze, **Leopold Haimberger** (Meteorologe, auch IPCC-2013-Beitragsautor), spezialisiert auf globale Analysen des Klimasystems, ist für die Daten verantwortlich.

Beide Autoren gehören als Professoren der Universität Wien an und lehren theoretische Meteorologie und Klimatologie.

ISBN 978-3-662-68192-9



► springer-spektrum.de

Hantel · Haimberger



Grundkurs
Klima



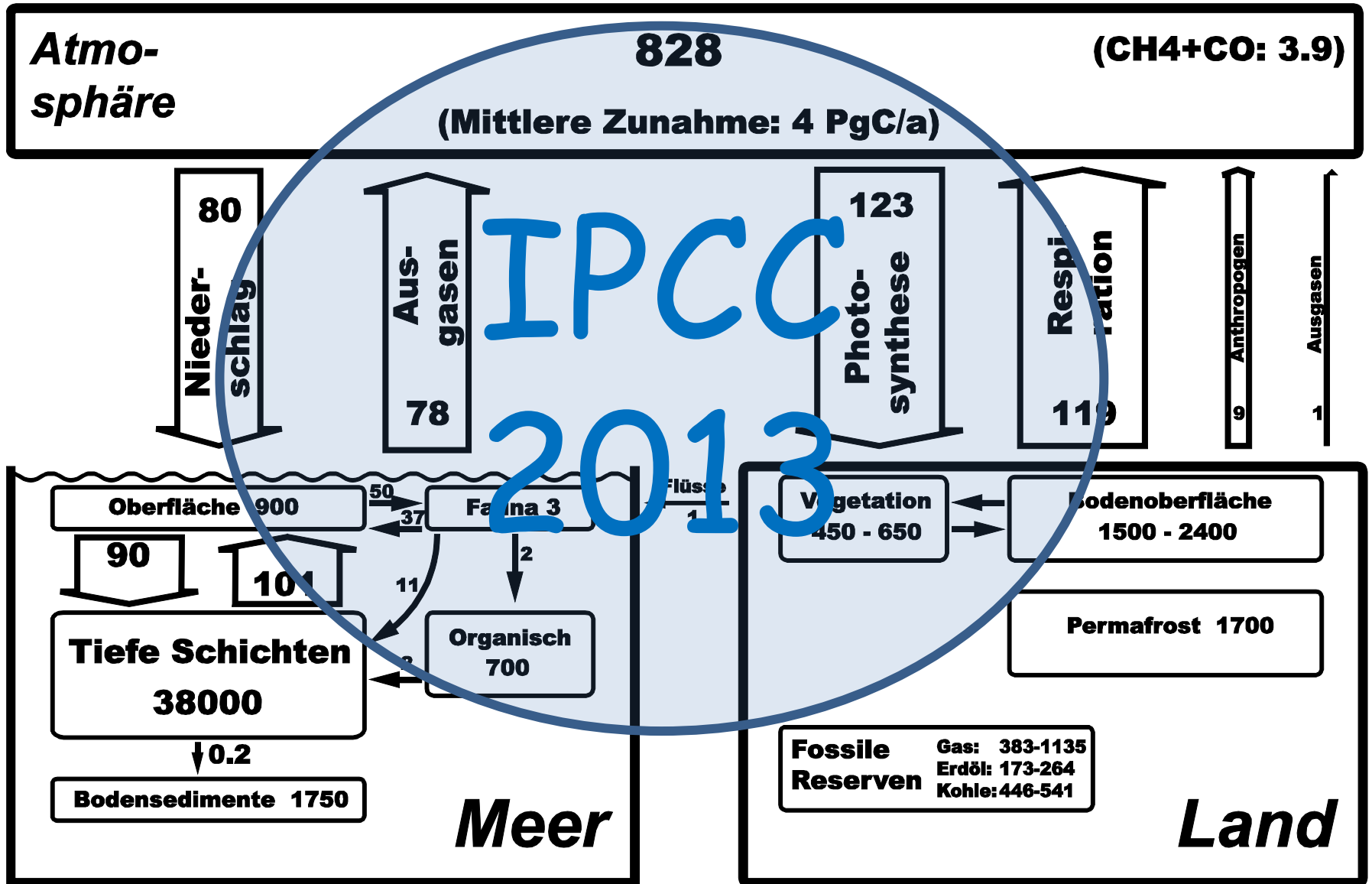
LEHRBUCH

Michael Hantel
Leopold Haimberger

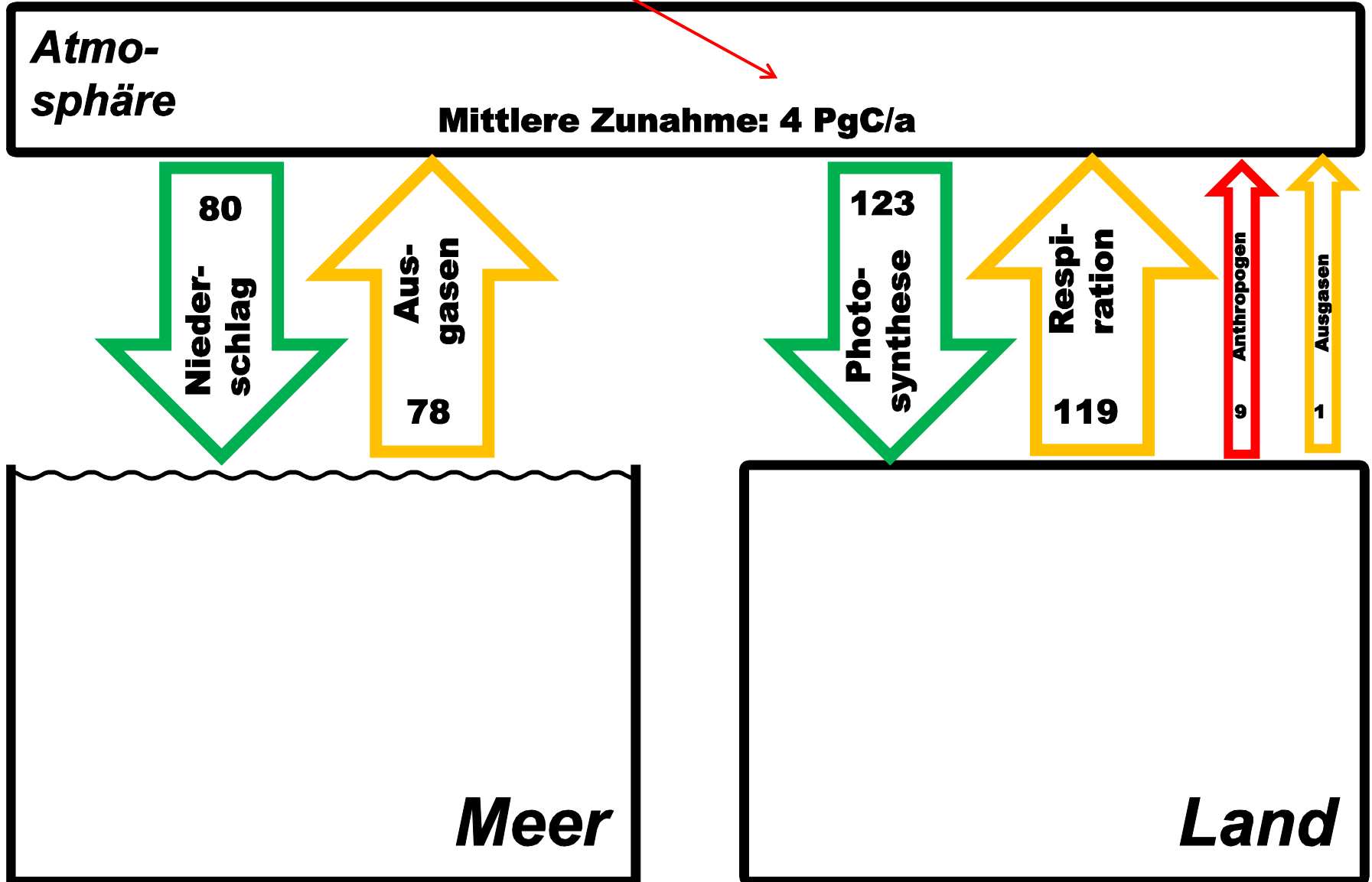
Grundkurs Klima

 Springer Spektrum

Fig. 8.2 from Hantel & Haimberger 2016



Annual increase of CO₂



CO2 budget equation for an atmospheric column

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{C} + U_{\text{ap}} + U_{\text{nb}} + U_{\text{o}} = 0$$

Storage
S

+

Outflow
A

+

Phase flux
U

= 0



North pole

Equator

South pole

180°

0°

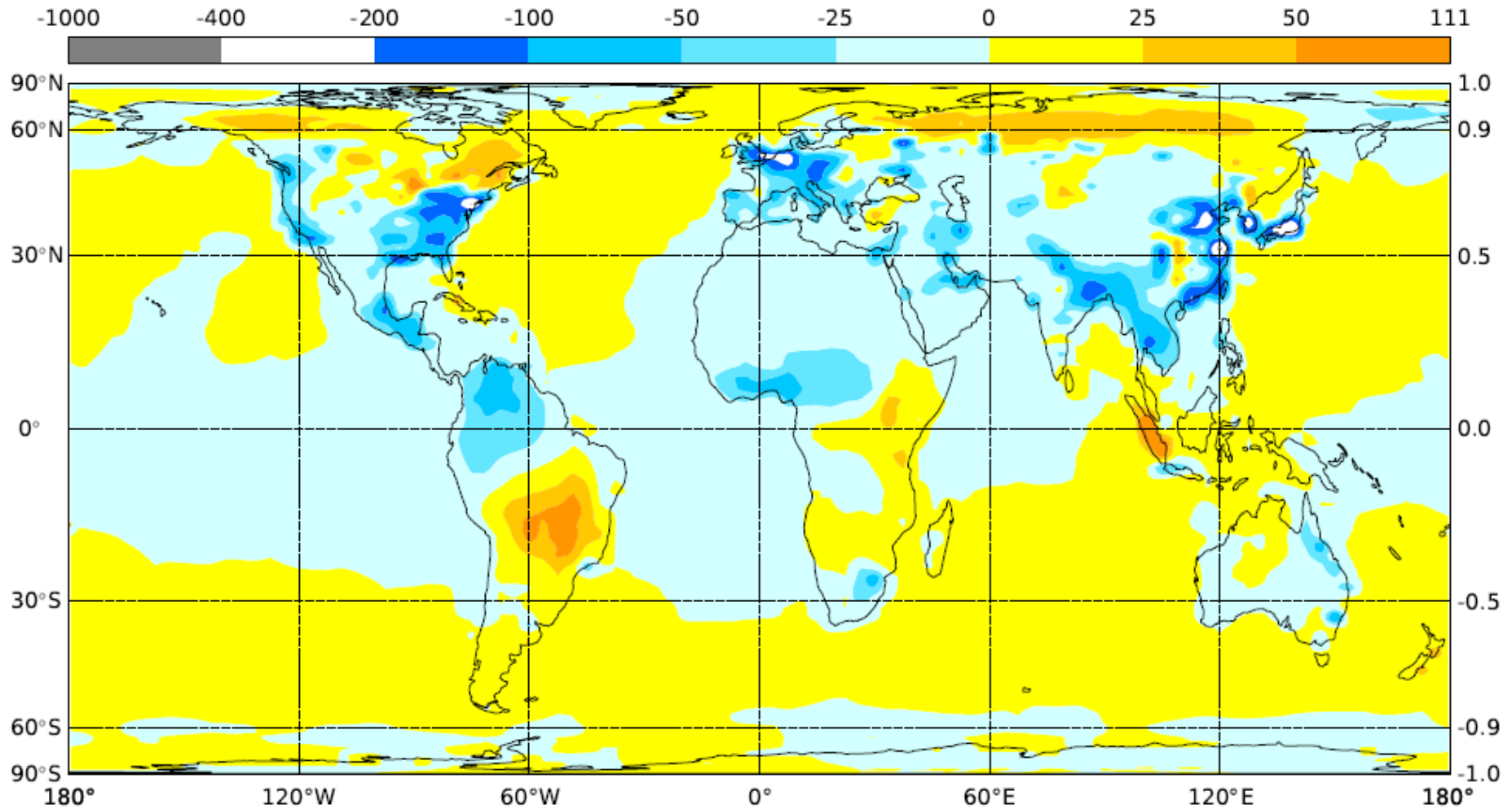
180°

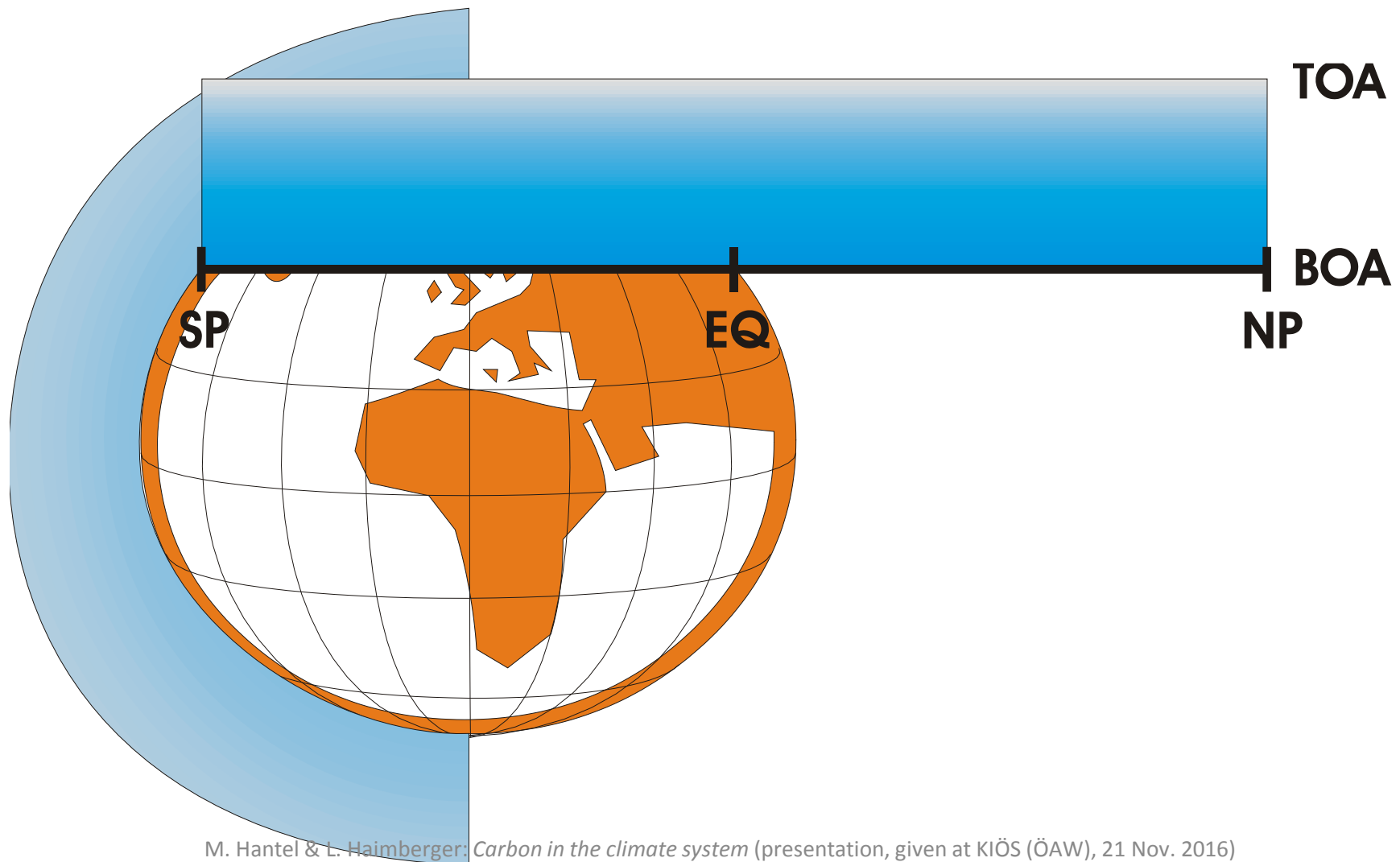
CO2 Nettostrom an der Erdoberfläche [$10^{-10} \text{kgCm}^{-2}\text{s}^{-1}$]

Quelle: MACC_LSCE_CO2SFC_NET_s

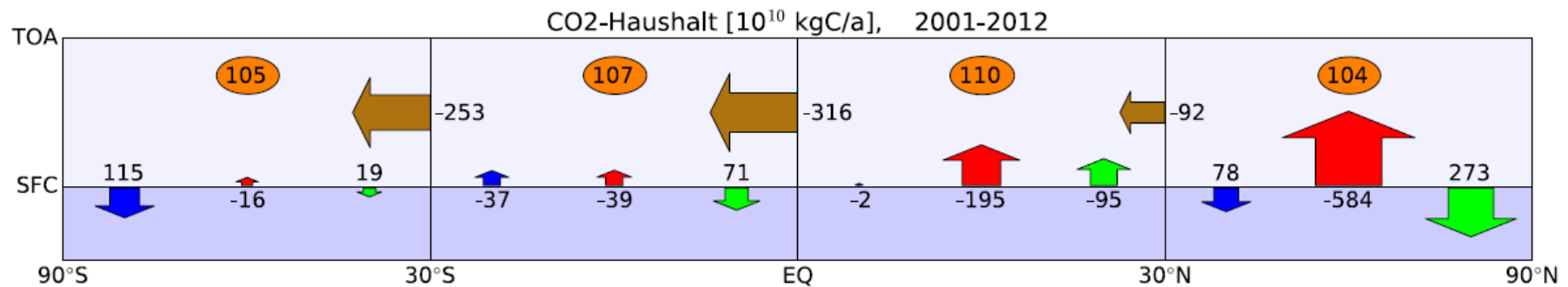
2001-2012

Mittel: -3, RMS: 21, Sig: 20

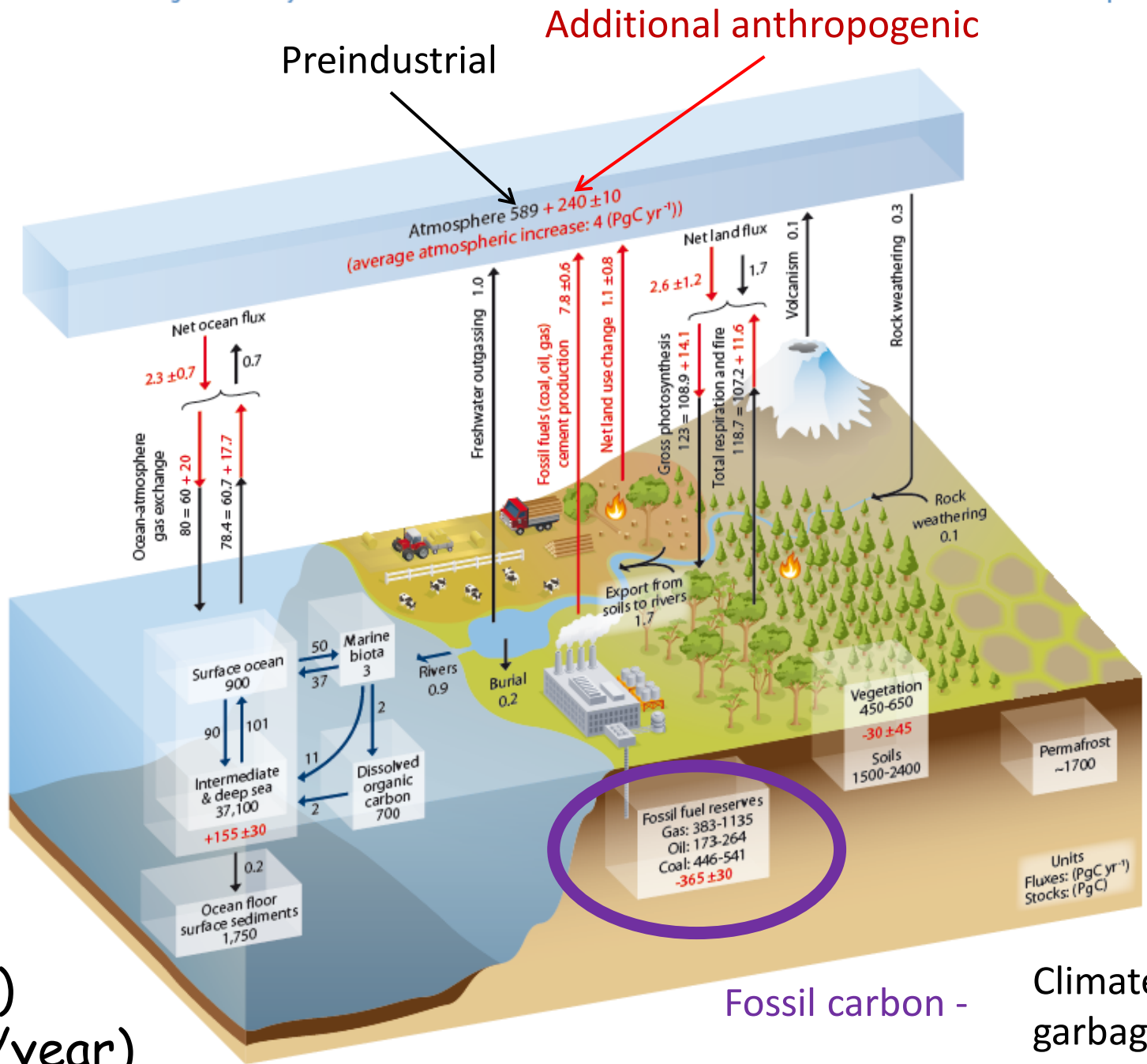




CO₂-budget 2001-2012



IPCC 2013^{*)}



^{*)} Stocks (PgC)
Fluxes (PgC/year)

Fossil carbon -

Climate
garbage

