

Wintersemester 2023/2024

Physische Geographie 1

(Grundkursvorlesung PG 1 – Vorlesungsteil Klimatologie)

Prof. Dr. Christoph Beck

Lehrstuhl für Physische Geographie mit Schwerpunkt Klimaforschung

Institut für Geographie

Universität Augsburg

Klimaelemente

Klimaelement:

- physikalisch meßbare Erscheinung in der Atmosphäre

z.B.

- **Strahlung**
- **Temperatur**
- **Luftfeuchtigkeit**
- **Niederschlag**
- **Luftdruck**
- **Wind**
- **etc.**

Klimafaktoren

6

Klimafaktor:

- eine das Klima beeinflussende Größe

z.B.

- **geogr. Breitenlage**
- **Höhenlage**
- **Kontinentalität**
- **Relief (z.B. Exposition)**
- **Erdoberflächenbeschaffenheit (Vegetation, Boden)**
- **etc.**

Die Solarkonstante

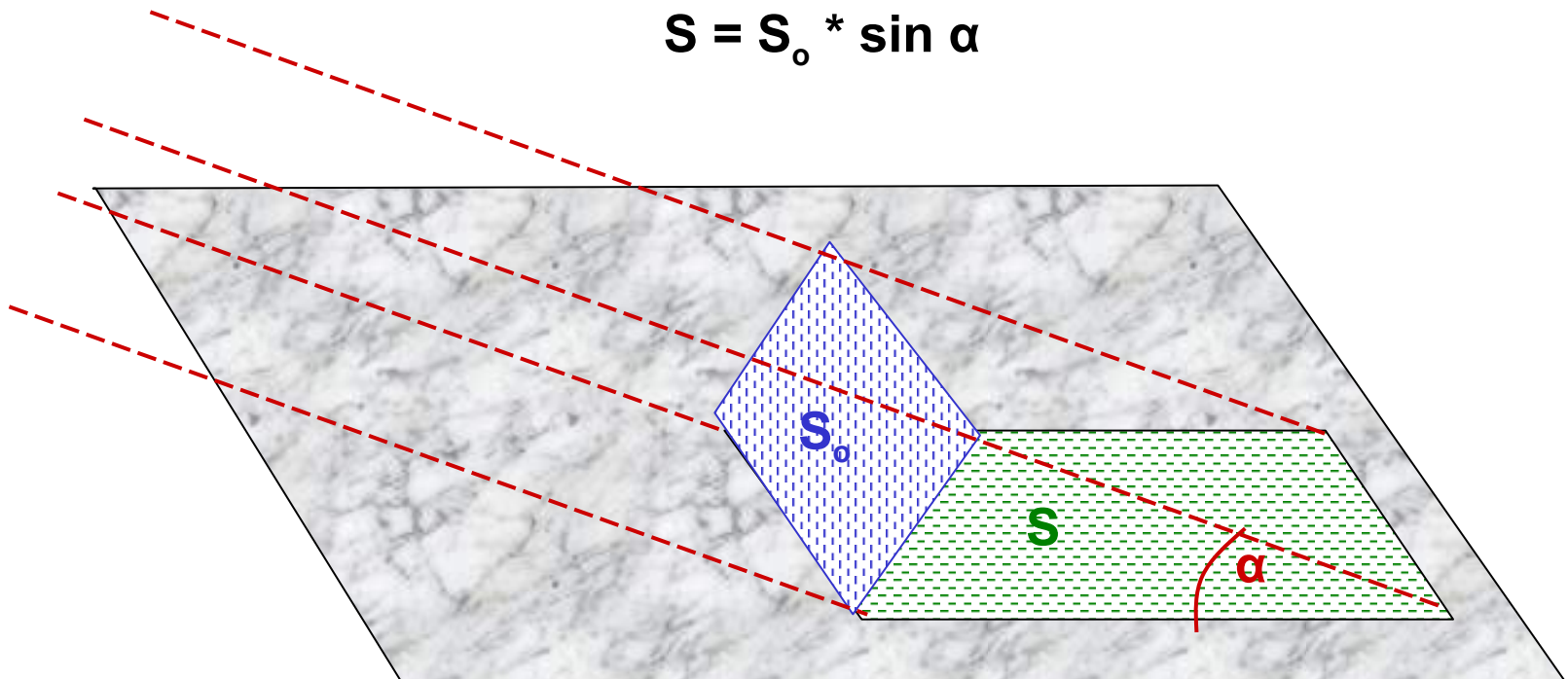
Sonnenstrahlung an der Obergrenze der Erdatmosphäre
(für eine senkrecht zum Strahlungsgang orientierte Fläche)

$$S_0 = 1367 \text{ W*m}^{-2}$$

- 342 W*m^{-2} pro m^2 Erdkugeloberfläche im Mittel (← Verteilung der Strahlungsleistung für Querschnittsfläche auf Kugeloberfläche)
- „Solarkonstante“ schwankt, z.B. in Abhängigkeit von der Distanz Erde-Sonne
- „Gesamtstrahlungsgenuss“ einer Flächeneinheit hängt ab von:
 - Strahlungsintensität (abh. vom Einfallswinkel der Strahlung)
 - Dauer der Bestrahlung (abh. von Tageslänge)

Strahlungsintensität und Einfallswinkel

$$S = S_o \cdot \sin \alpha$$

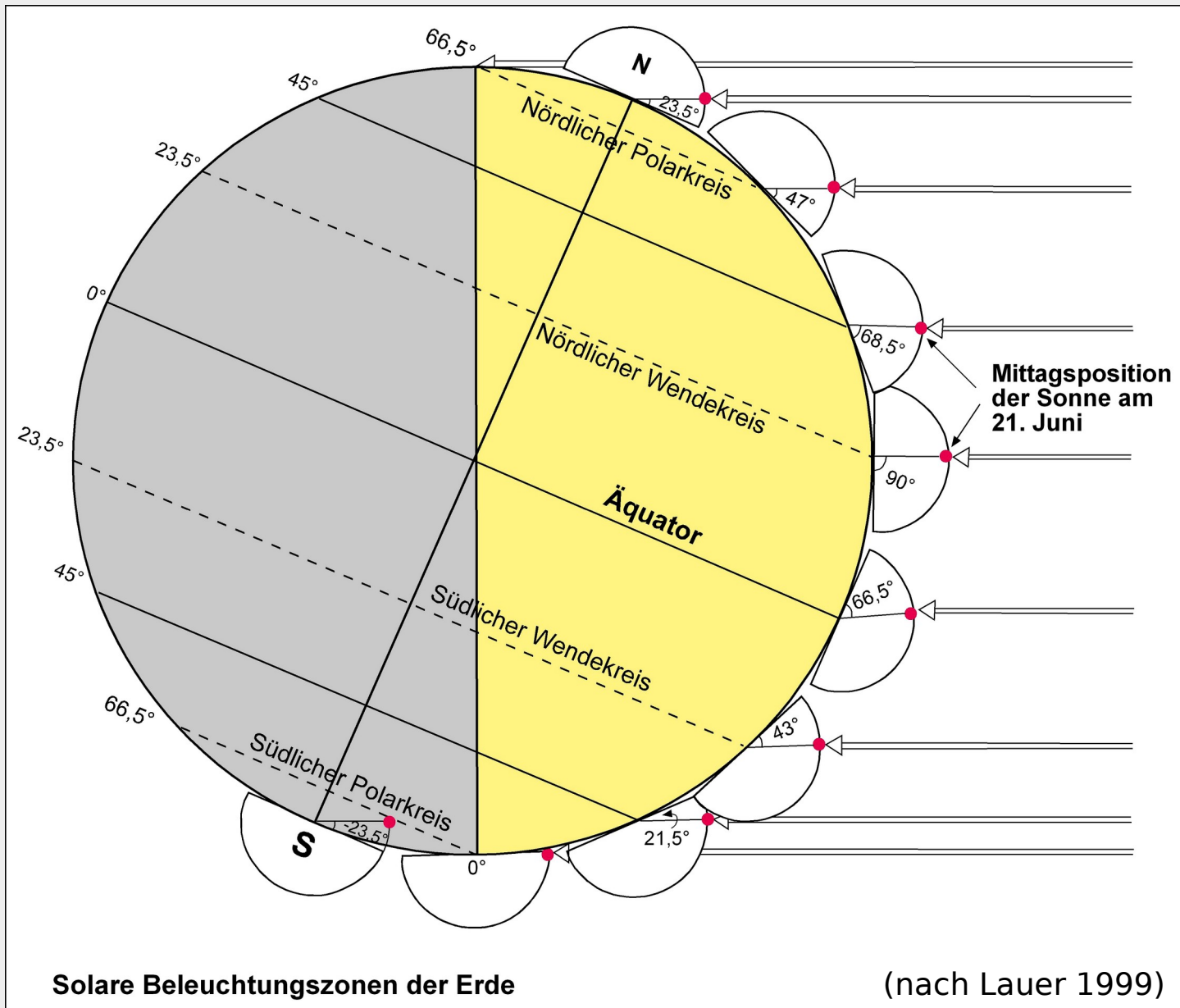




Variation des Eintrittszeitpunkts von Aphel und Perihel der Erdumlaufbahn aufgrund der **Präzessionsbewegung** der Erdachse mit einer Periode von 20 000 Jahren variierend

Aus Gebhardt/Glaser/Radtke/Reuber: *Geographie*. 1. Aufl., © 2007 Elsevier GmbH

Astronomische Grundlagen



Astronomische Grundlagen

- Erdrotation bewirkt Beleuchtungstageszeiten
- Erdrevolution und Ekliptikschiefe bewirken Beleuchtungsjahreszeiten

→ **Solarklimatische Zonierung** der EOF

Solarklimatische Zonierung

Solarklimatische Tropen	Gebiet zwischen den Wendekreisen	1-2 maliger Zenitstand der Sonne pro Jahr
Solarklimatische Mittelbreiten	Gebiet zw. Wend- und Polarkreisen	weder Zenitstand noch Polartag/Polarnacht
Solarklimatisches Polargebiet	Gebiet polwärts der Polarkreise	Polartag und Polarnacht

am Polarkreis: jeweils einmal im Jahr Polartag und Polarnacht

am Pol: jeweils für ein halbes Jahr Polartag bzw. Polarnacht

Solarklimatische Zonierung

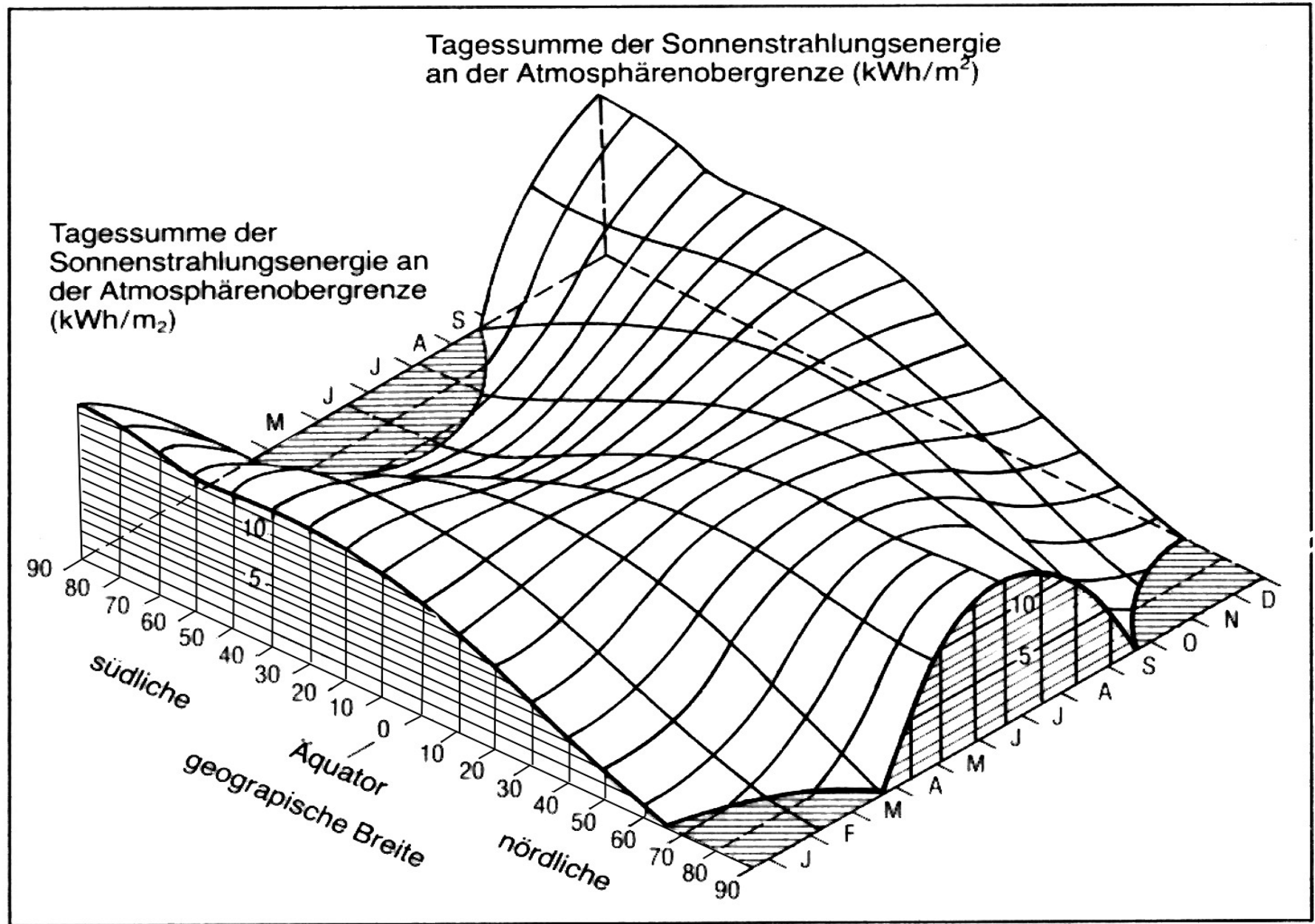
Differenzierung der solarklimatischen Mittelbreiten

Hohe Mittelbreiten:

- Hochsommer u. Hochwinter mit ausgeprägten Übergangsjahreszeiten
- Hochsommer mit sehr langen Tagen und hoher Mittagssonne
- Hochwinter mit sehr kurzen Tagen und niedriger Mittagssonne

Niedere Mittelbreiten:

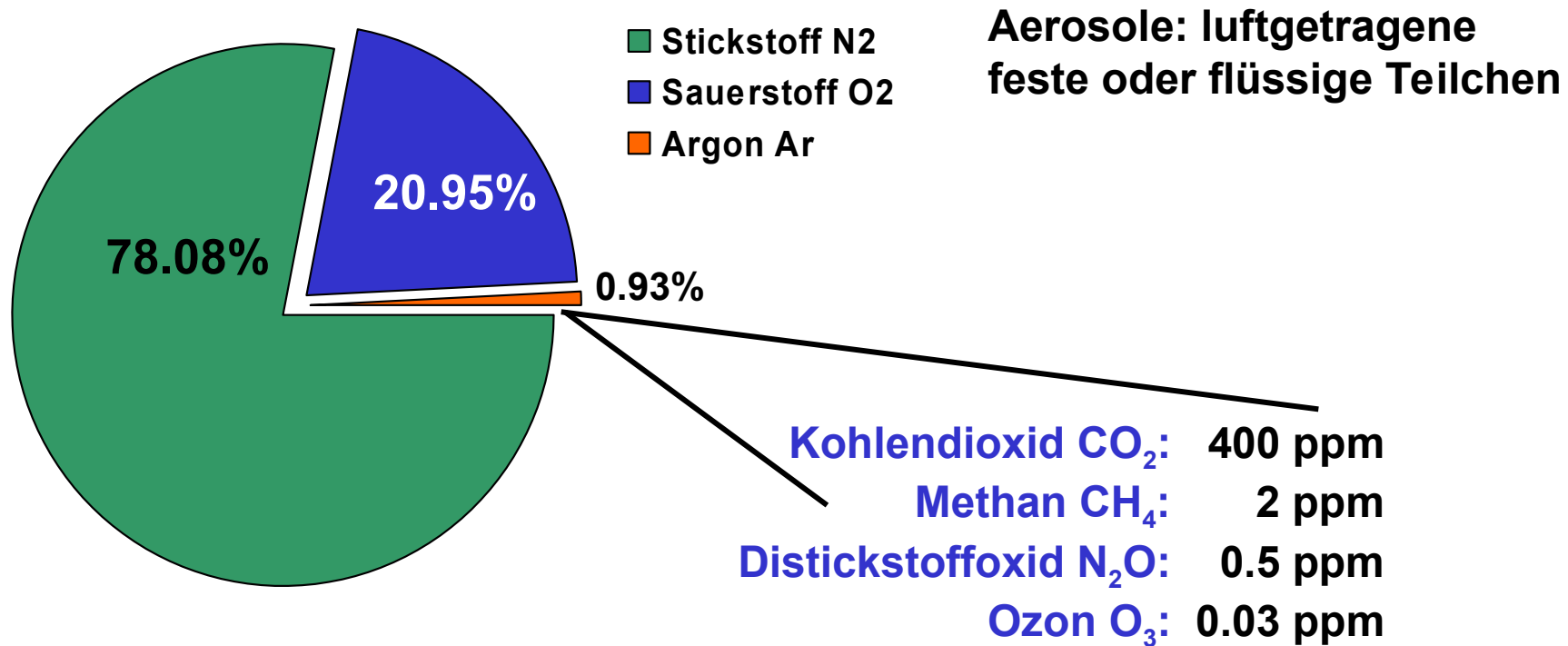
- Hochwinter fehlt
- Winter mit relativ langen Tagen und gemäßigt niedriger Mittagssonne
- Sommer mit sehr hoher Mittagssonne, aber relativ langer Nacht



Tagessummen der Sonnenenergie (KWh/m^2) in verschiedenen Breiten und Jahreszeiten (Atmosphärenobergrenze) (nach W.M. DAVIS, aus FRANKENBERG 1989)
 (Lauer 1995)

Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre

(in Bodennähe, bei trockener, aerosolfreier Luft)



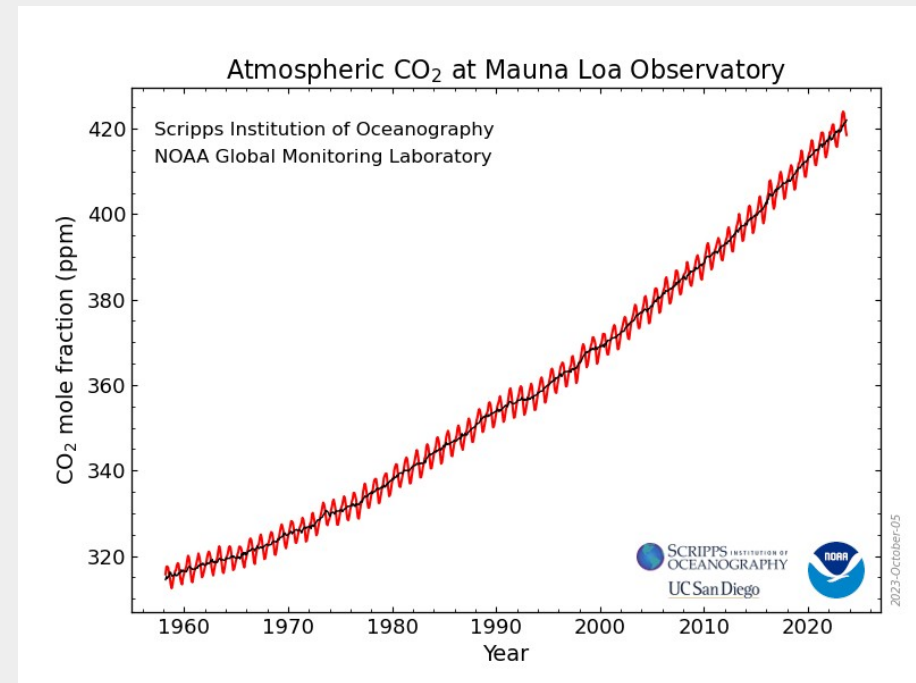
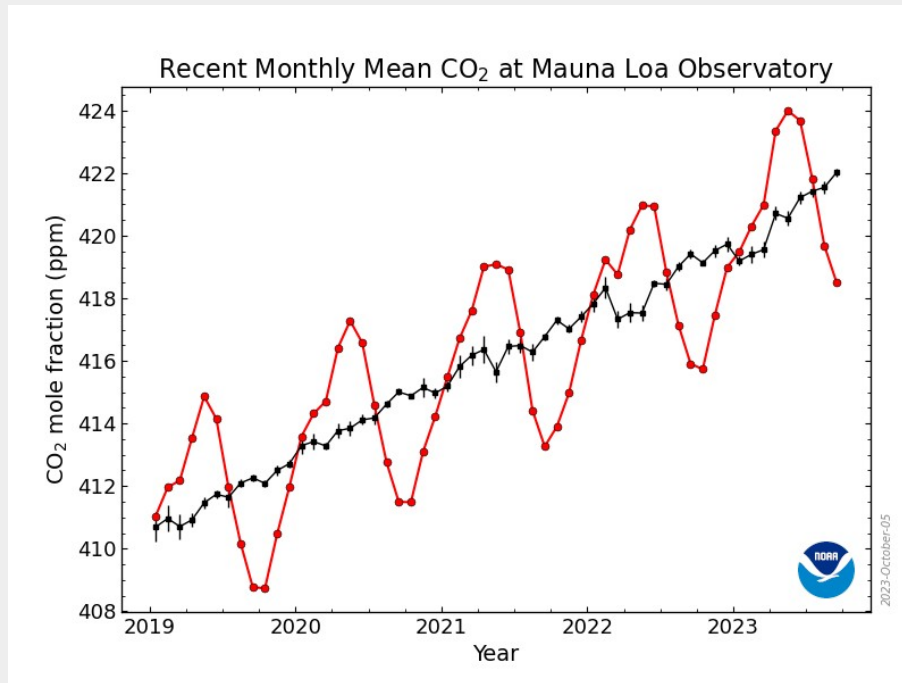
ppm: parts per million

Ozon in 20-30 km Höhe:
Wasserdampf in feuchter Luft:
Aerosole:

10 ppm
bis 4 Vol. % (∅ bei 2.6%)
(∅ bei 1.6 ppm)

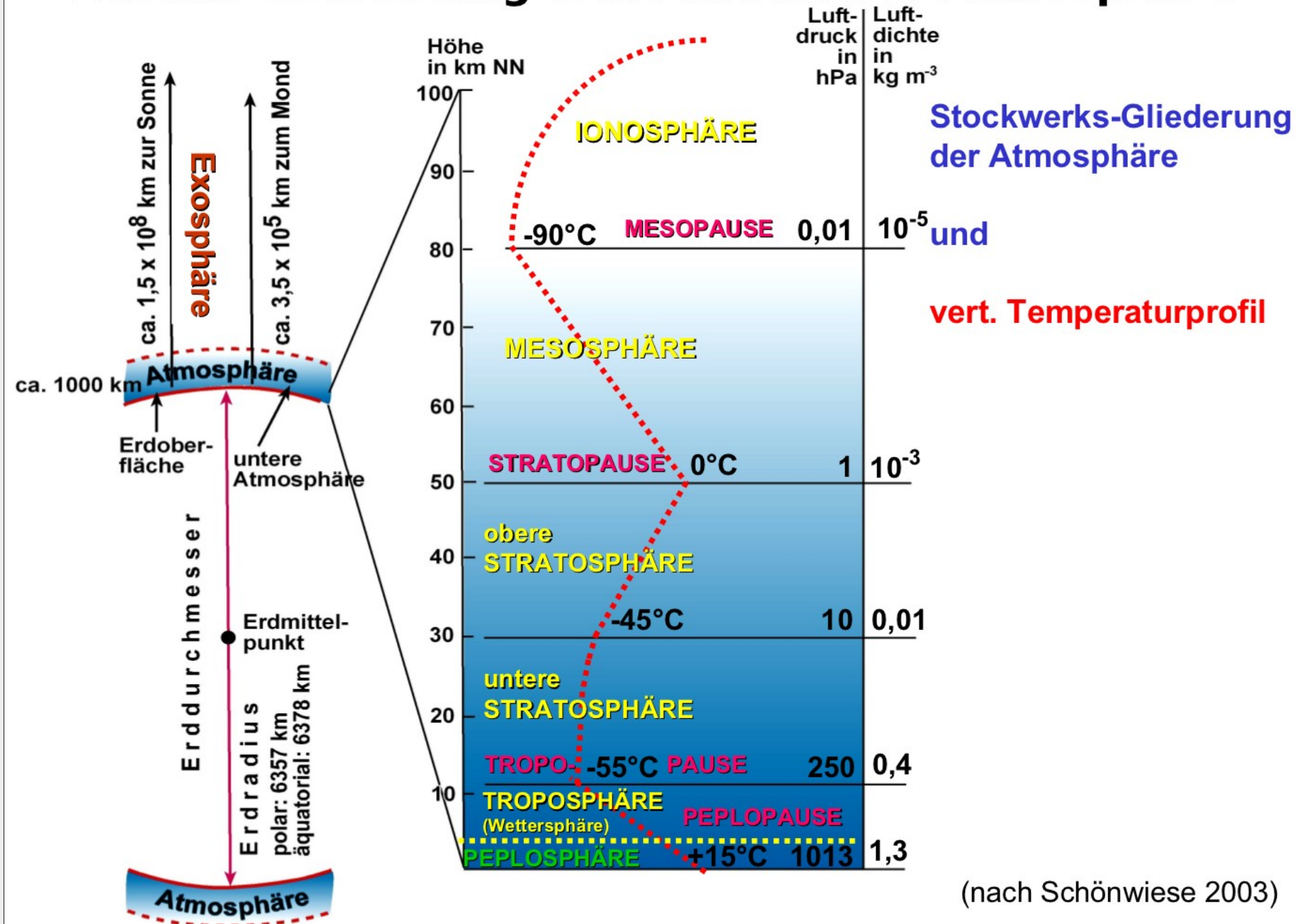
Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre

Aktuelle Version der „Keeling-Kurve“



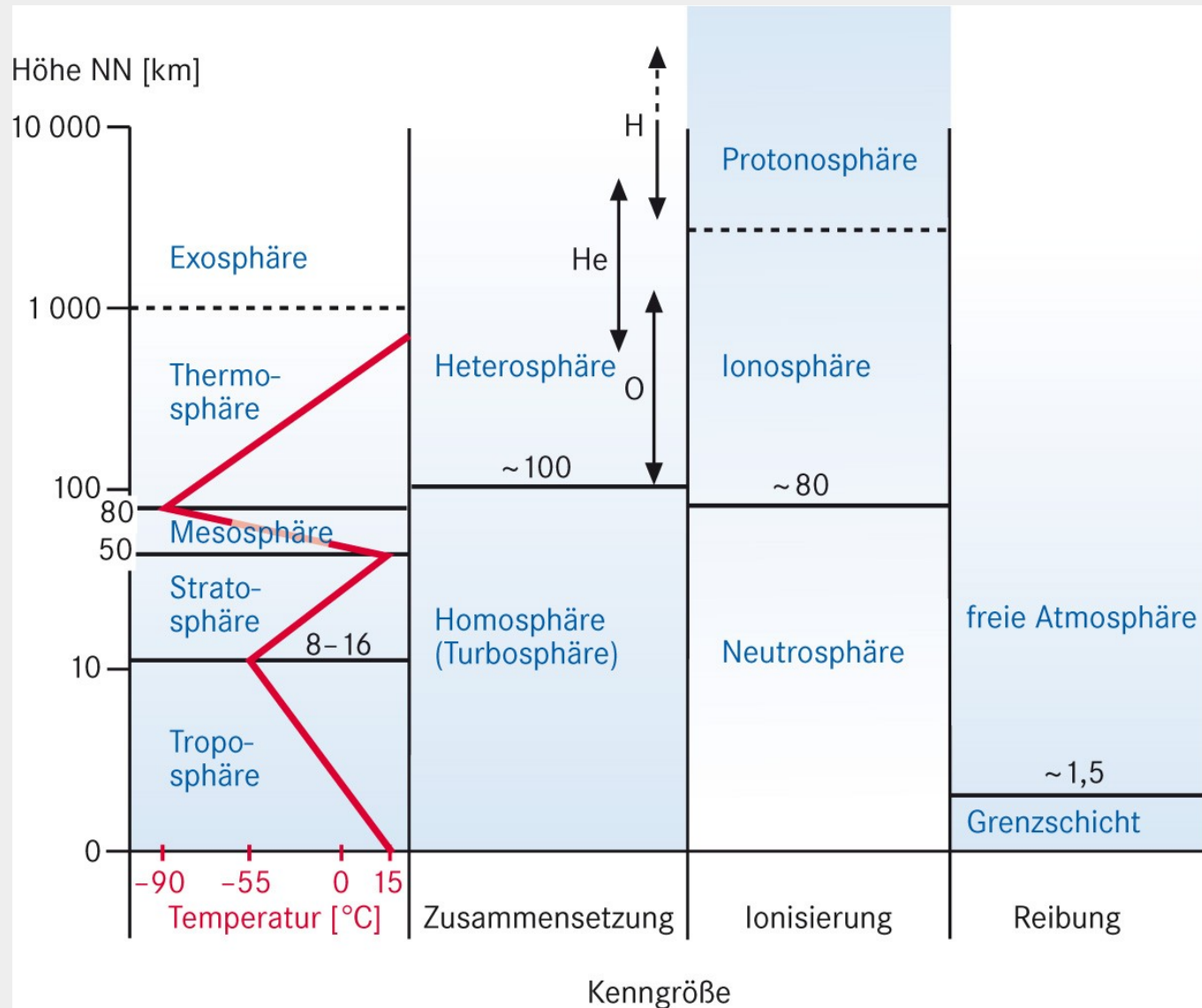
The red lines and symbols represent the monthly mean values, centered on the middle of each month. The black lines and symbols represent the same, after correction for the average seasonal cycle.

Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre



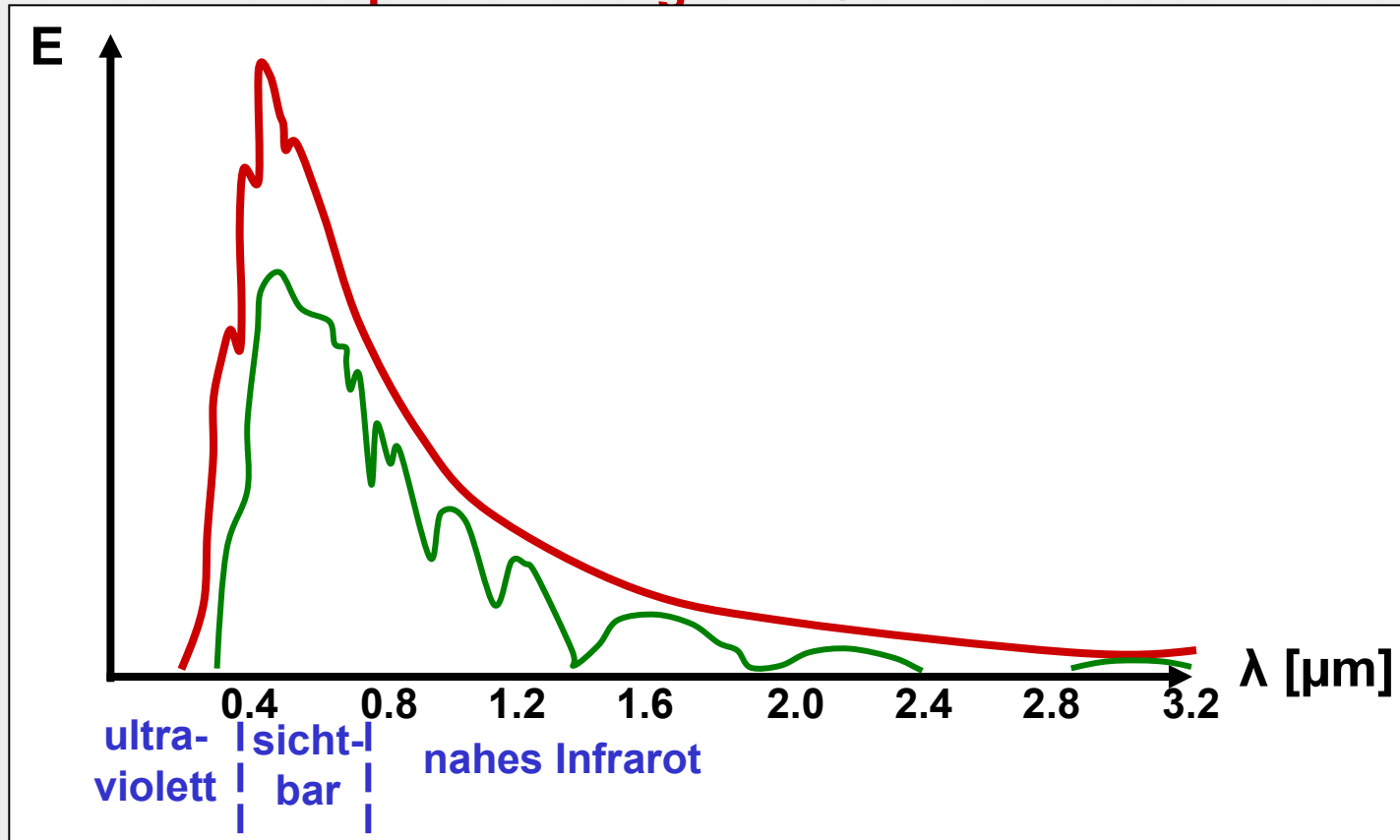
(nach Schönwiese 2003)

Zusammensetzung und Aufbau der Atmosphäre



Strahlung und Atmosphäreneinfluss

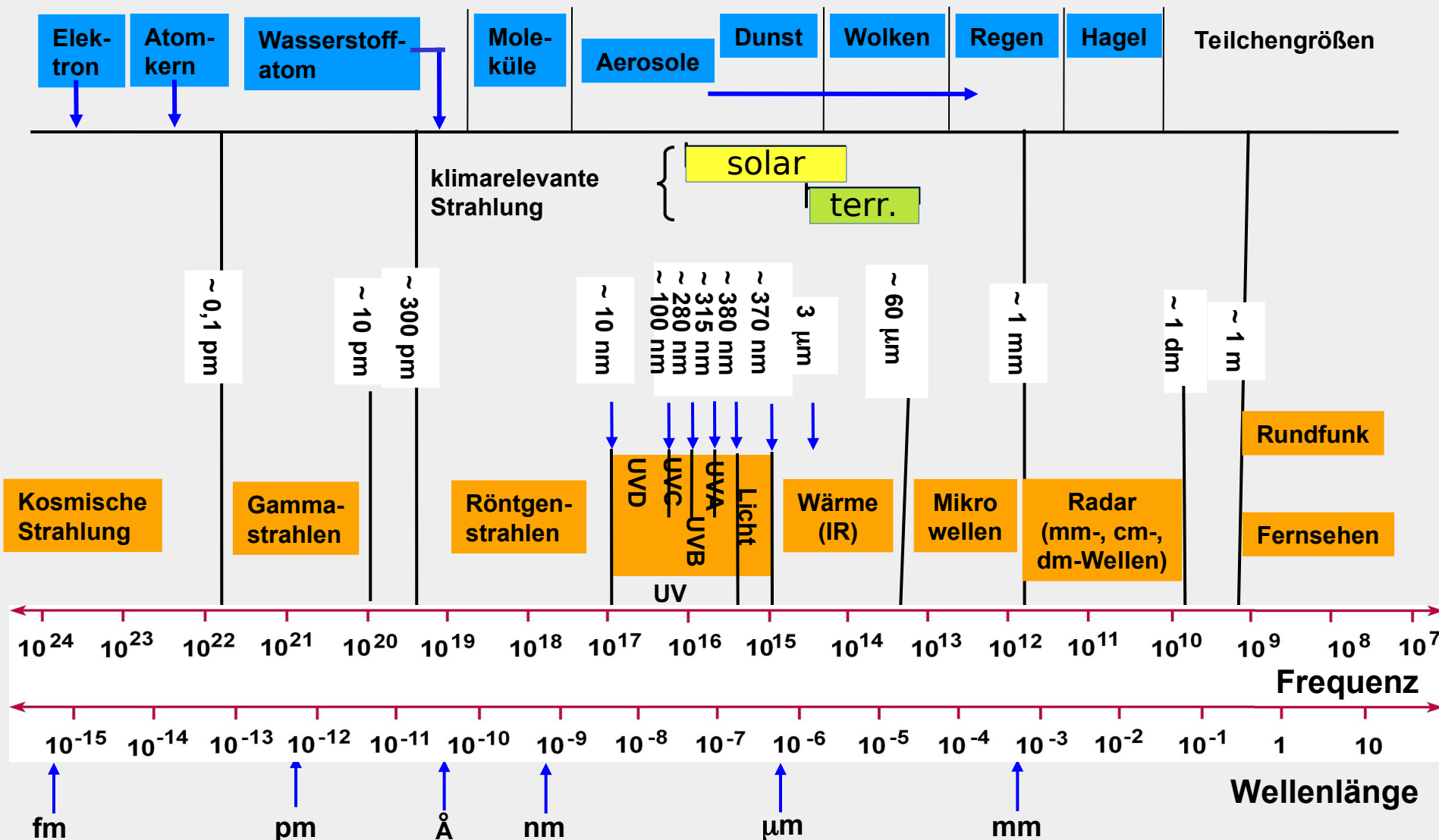
Energieverteilungsspektrum der Sonnenstrahlung
 an der Atmosphärenobergrenze / an der Erdoberfläche



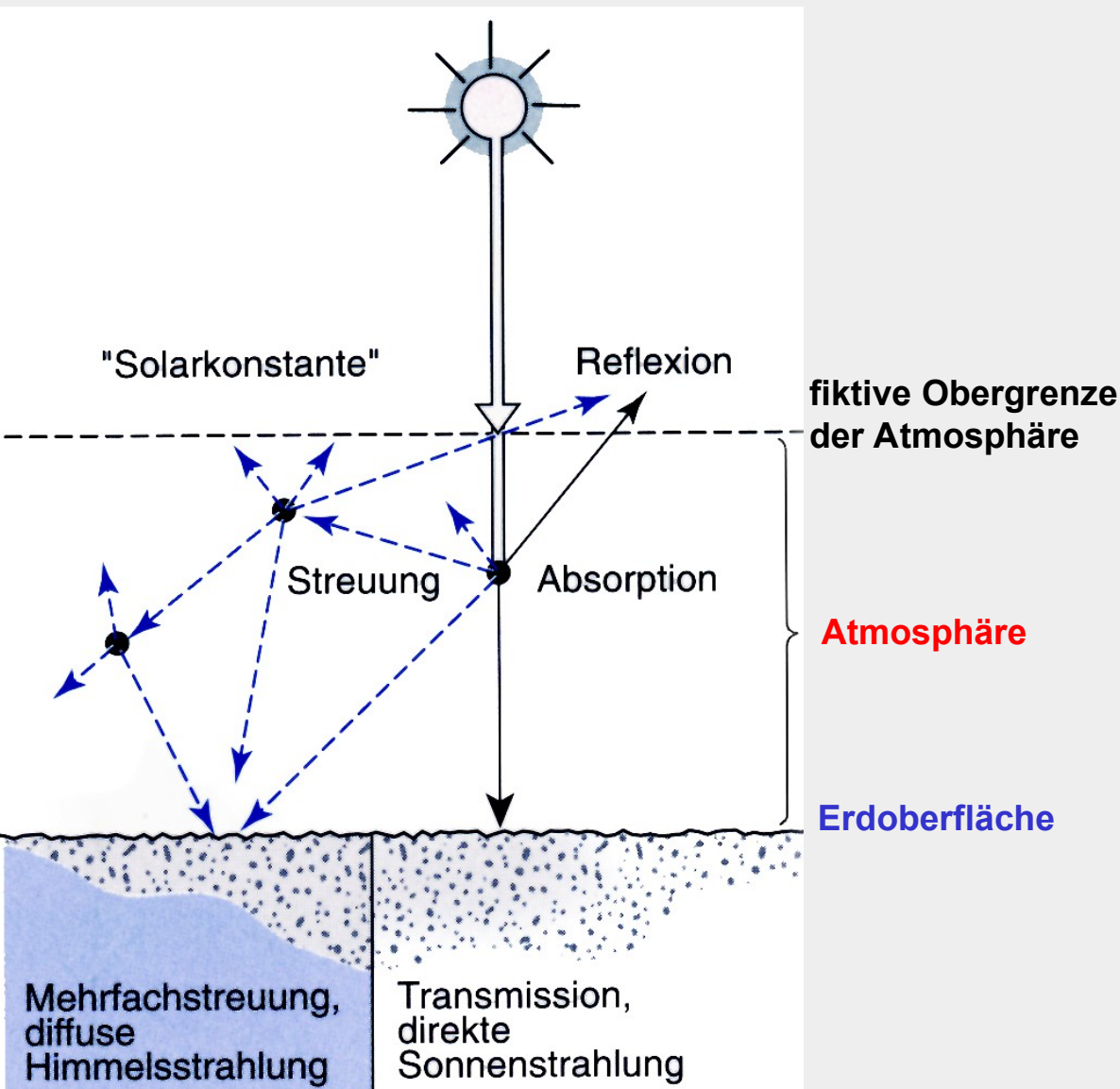
$\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$

Sonnenstrahlung:	0.1 – 5.0
Erdausstrahlung:	3.0 – 60
Sichtbares Licht:	0.38 – 0.76

Übersicht des elektromagnetischen Spektrums und Vergleich mit atmosphärischen Teilchengrößen



Strahlung und Atmosphäreneinfluss



⇐ Strahlungsextinktion durch
Selektive Absorption
 (vergl. Absorptionsbanden)
Streuung / Reflexion als
 Spezialfall der Streuung
 (⇒ **diffuse Himmelsstrahlung** –
 zur EOF gerichtete
 Streustrahlungskompo-
 nente)

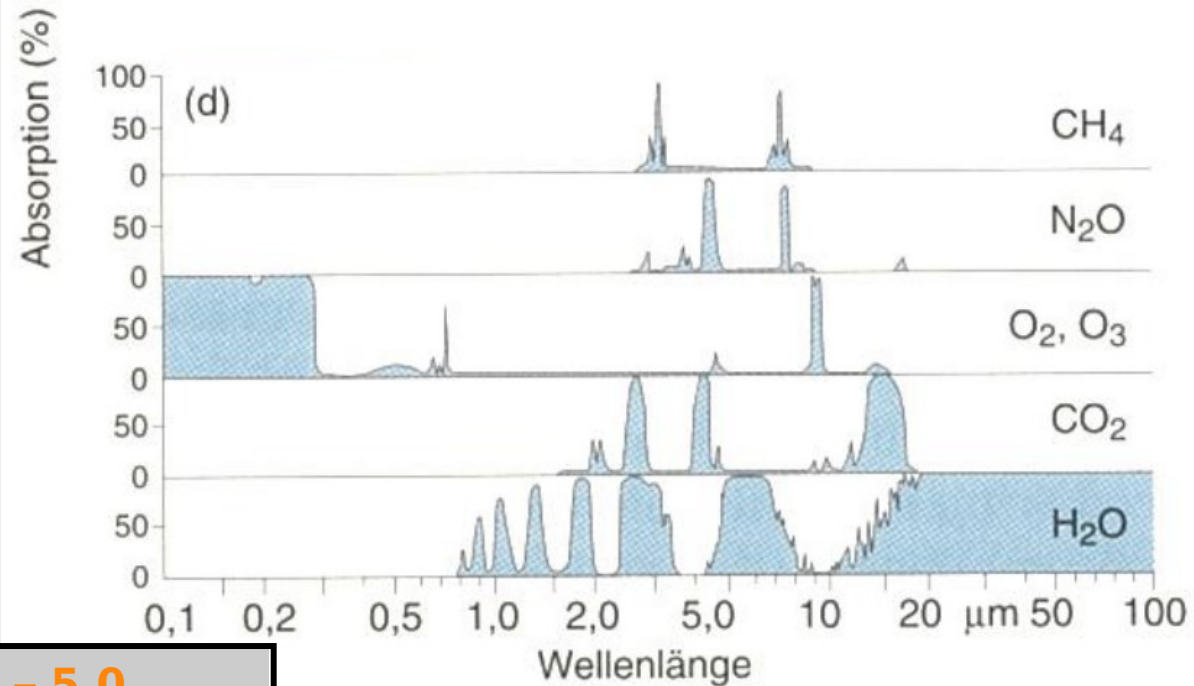
⇐ **Transmission** (⇒ **direkte
 Sonnenstrahlung**)

$$\begin{aligned}
 &\text{direkte Sonnenstrahlung (S)} \\
 &+ \\
 &\text{diffuse Himmelsstrahlung (H)} \\
 &= \\
 &\text{Globalstrahlung}
 \end{aligned}$$

Strahlung und Atmosphäreneinfluss

selektive Absorption:
→ Absorptionsbanden

Ozon	0.2 - 0.31	bei 9.6	
H₂O	2.5-3.0	5.0 – 8.0	> 14
CO₂	bei 2.5	bei 4.2	bei 15
CH₄	bei 3.0	bei 7.5	
N₂O	bei 4.5	bei 7.5	



Sonnenstrahlung:	0.1 – 5.0
Erdausstrahlung:	3.0 – 60
Sichtbares Licht:	0.38 – 0.76

Absorptionsbanden
[in $\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$] (Schönwiese 2003)

Strahlung und Atmosphäreneinfluss

Streuung in der Atmosphäre

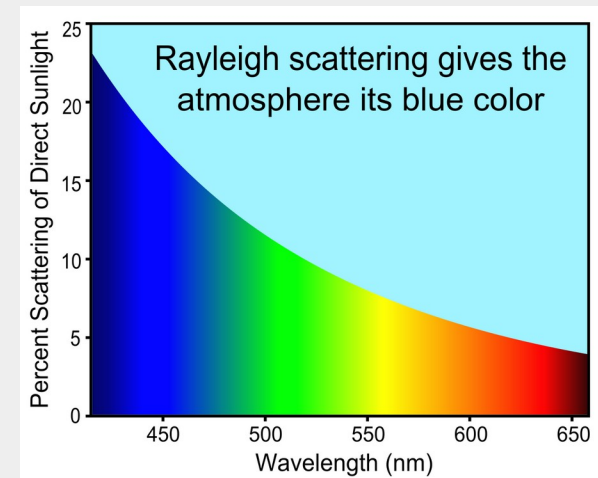
in „reiner“ Luft, bevorzugt Streuung der kurzwelligen Strahlung durch **Rayleigh-Streuung** an Luftmolekülen (mit Durchmesser ca. 1/100-1/20 der Wellenlänge)

diffuse Reflexion (nach RAYLEIGH):
$$Str = \frac{k}{\lambda^4}$$

Str: molekularer Streukoeffizient

λ : Wellenlänge

k: Proportionalitätskonstante



Strahlung und Atmosphäreneinfluss

Streuung in der Atmosphäre

in „reiner“ Luft, bevorzugt Streuung der kurzwelligen Strahlung durch **Rayleigh-Streuung** an Luftmolekülen (mit Durchmesser ca. 1/100-1/20 der Wellenlänge)

diffuse Reflexion (nach RAYLEIGH):
$$Str = \frac{k}{\lambda^4}$$

Str: molekularer Streukoeffizient

λ : Wellenlänge

k: Proportionalitätskonstante

bei Anwesenheit von Beimengungen (Aerosole, Wassertropfen) größeren Durchmessers, **Mie-Streuung** mit geringerer Wellenlängenabhängigkeit der Streustrahlung (an Teilchen mit Durchmesser etwa gleich der Wellenlänge).

Strahlung und Atmosphäreneinfluss

Absorption und Streuung in der Atmosphäre

etwa **50%** der kurzwelligen Einstrahlung am oberen Rand der Atmosphäre erreichen die EOF (**direkte Sonnenstrahlung** und **diffuse Himmelsstrahlung**)

= **Globalstrahlung**

Räumliche Differenzierung der **Globalstrahlung**

