

Wintersemester 2023/2024

Physische Geographie 1

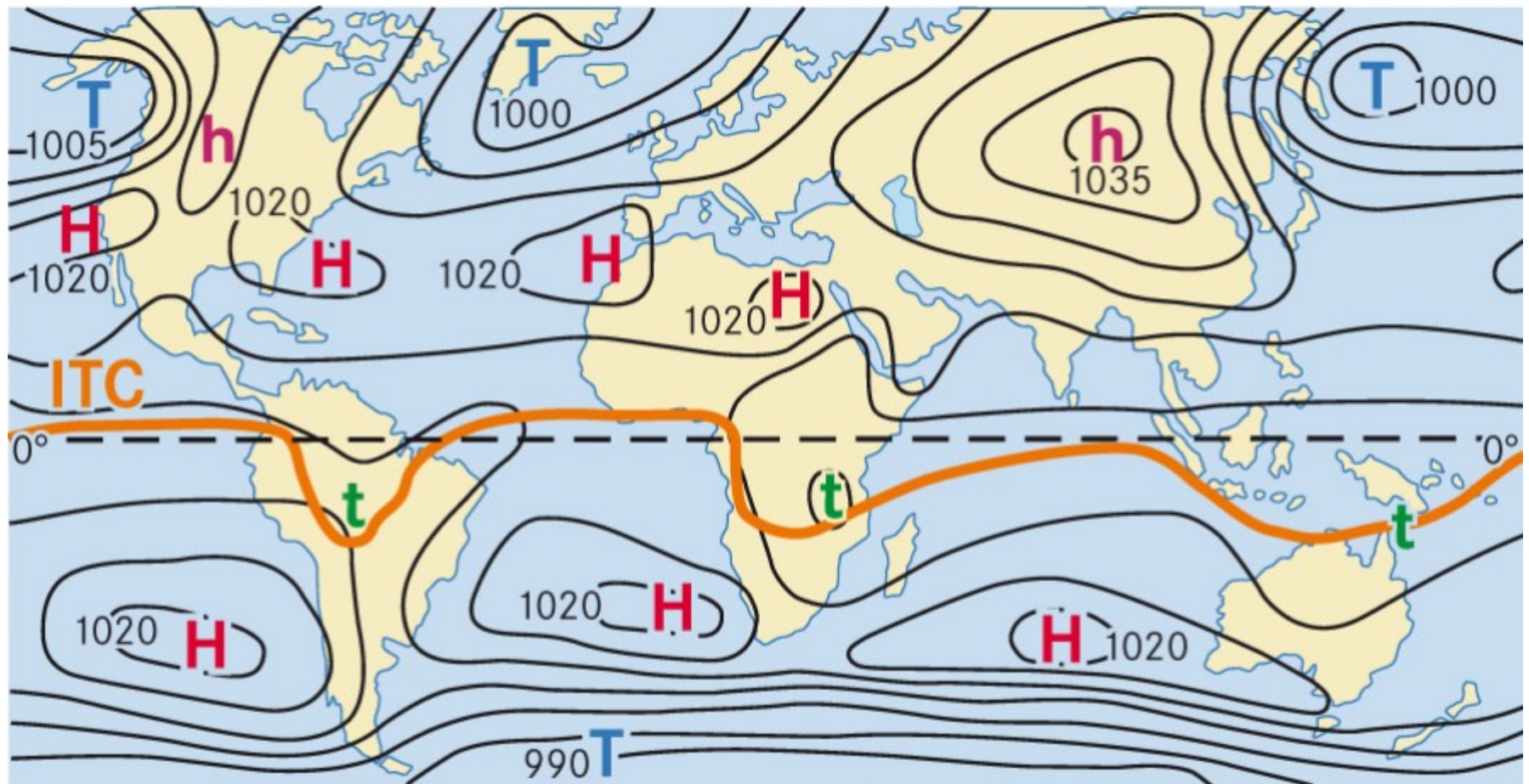
(Grundkursvorlesung PG 1 – Vorlesungsteil Klimatologie)

Prof. Dr. Christoph Beck

Lehrstuhl für Physische Geographie mit Schwerpunkt Klimaforschung

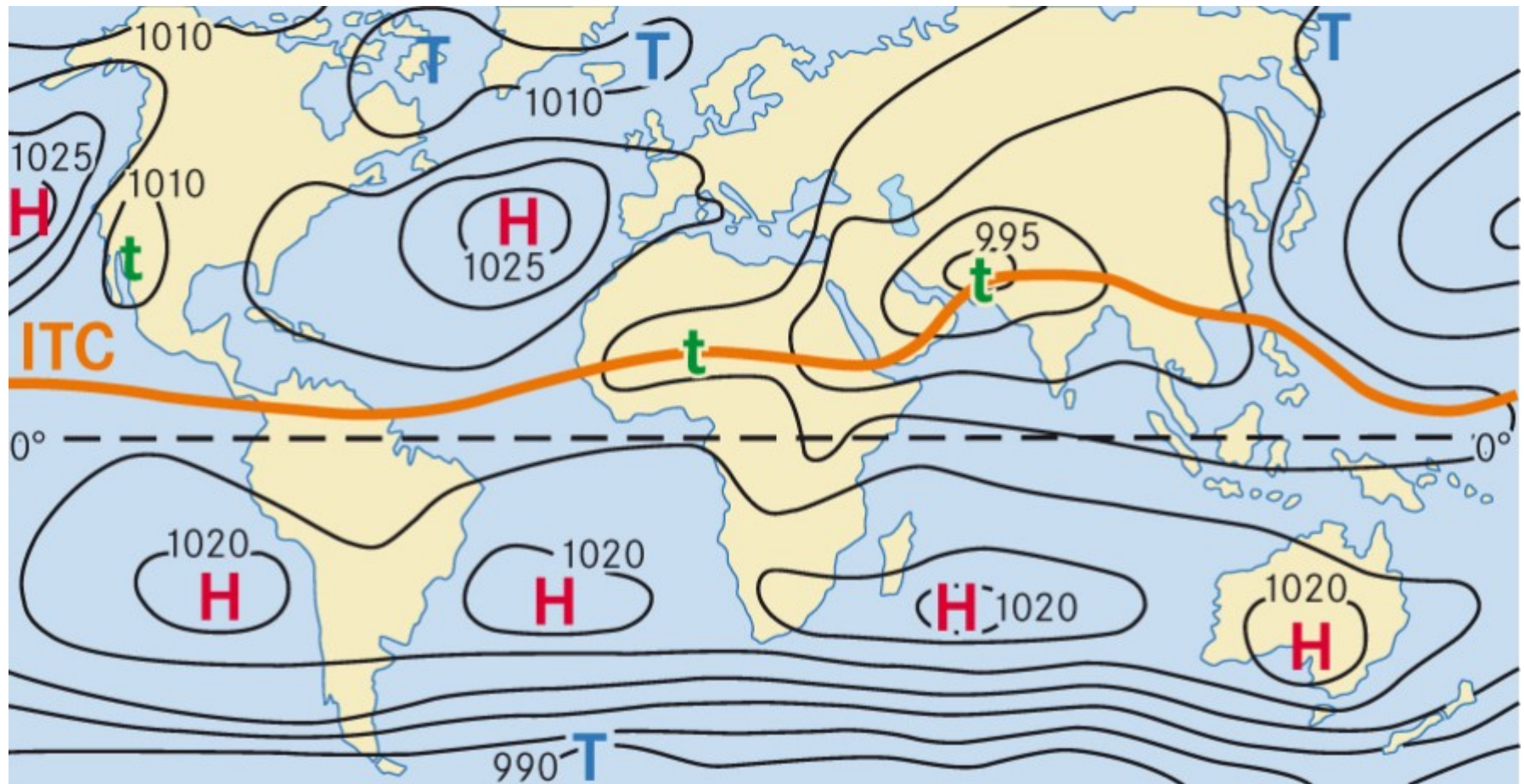
Institut für Geographie

Universität Augsburg



**Luftdruckverteilung und Luftströmung im Mittel für die bodennahe Reibungszone
Januar**

(Jacobeit 2007)



Luftdruckverteilung und Luftströmung im Mittel für die bodennahe Reibungszone
Juli

Alternieren der Niederschlagszonen

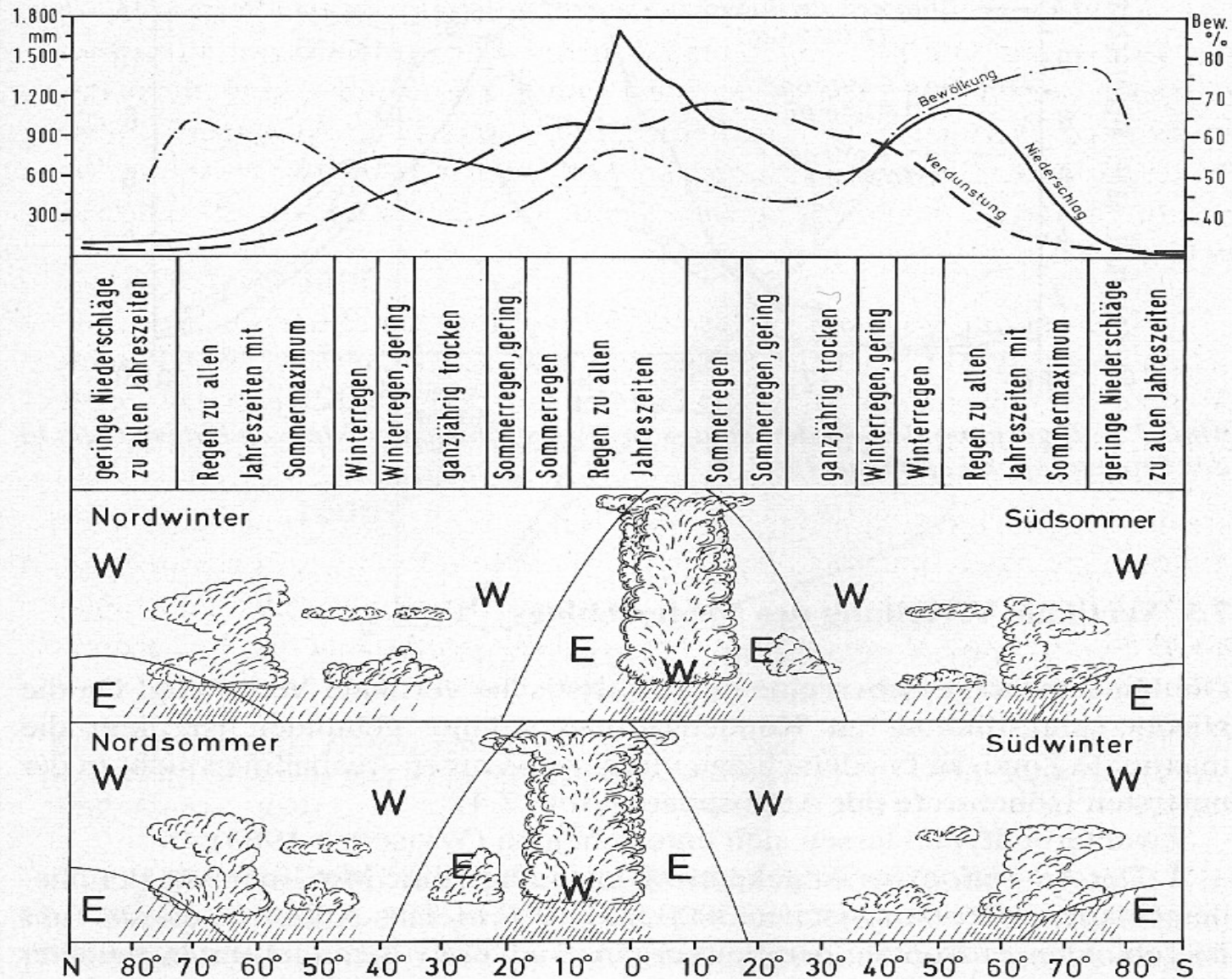


Abb. 7.2: Das Alternieren der Niederschlagszonen auf der Erde (verändert nach Flohn 1960 und Pleiß 1977) (Lauer, 1996)

Jahresgangtypen des Niederschlags

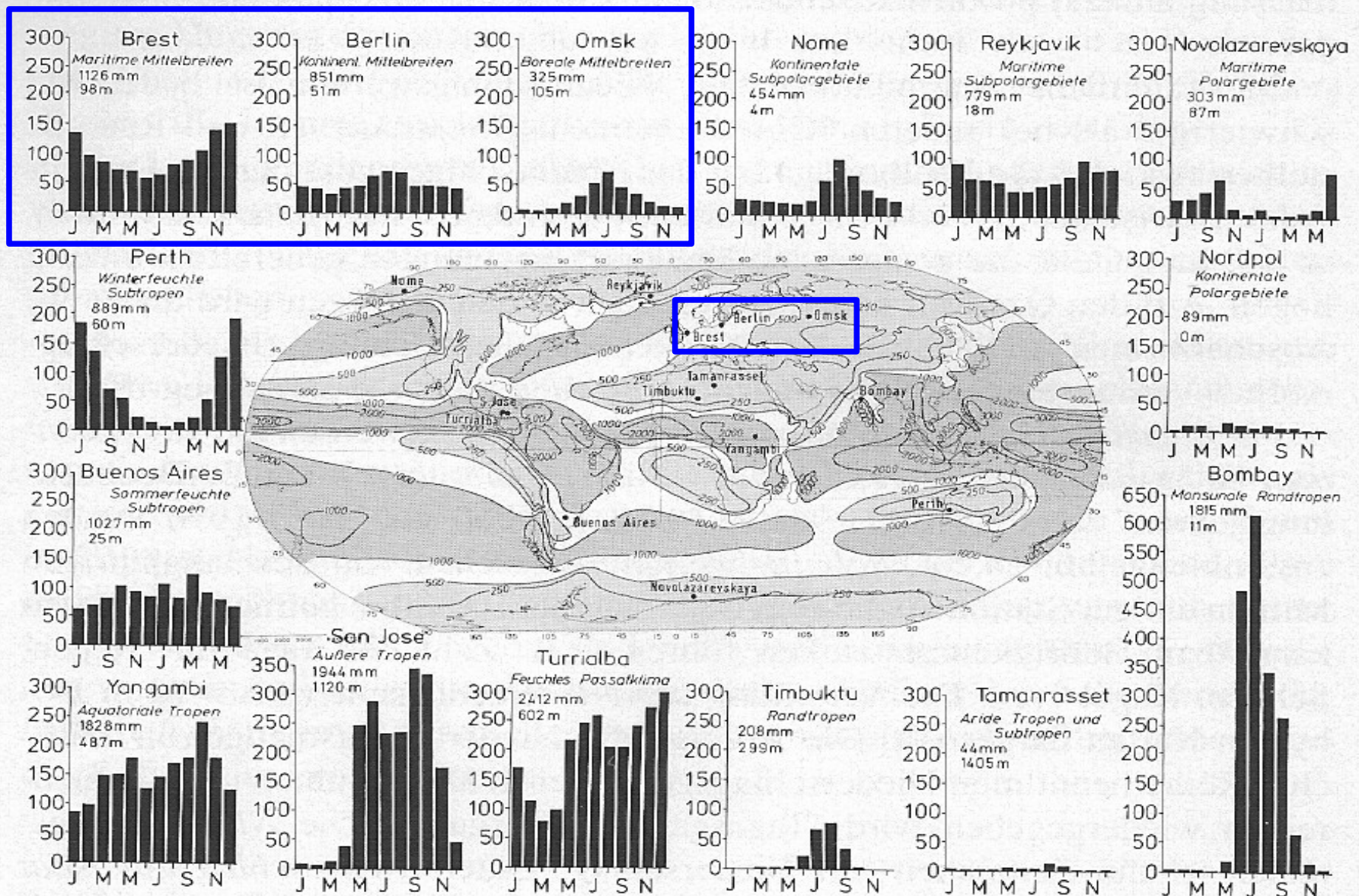


Abb. 7.1: Mittlere jährliche Niederschlagsmengen und Typen des Jahresgangs

(Lauer, 1996)

Jahresgangtypen des Niederschlags

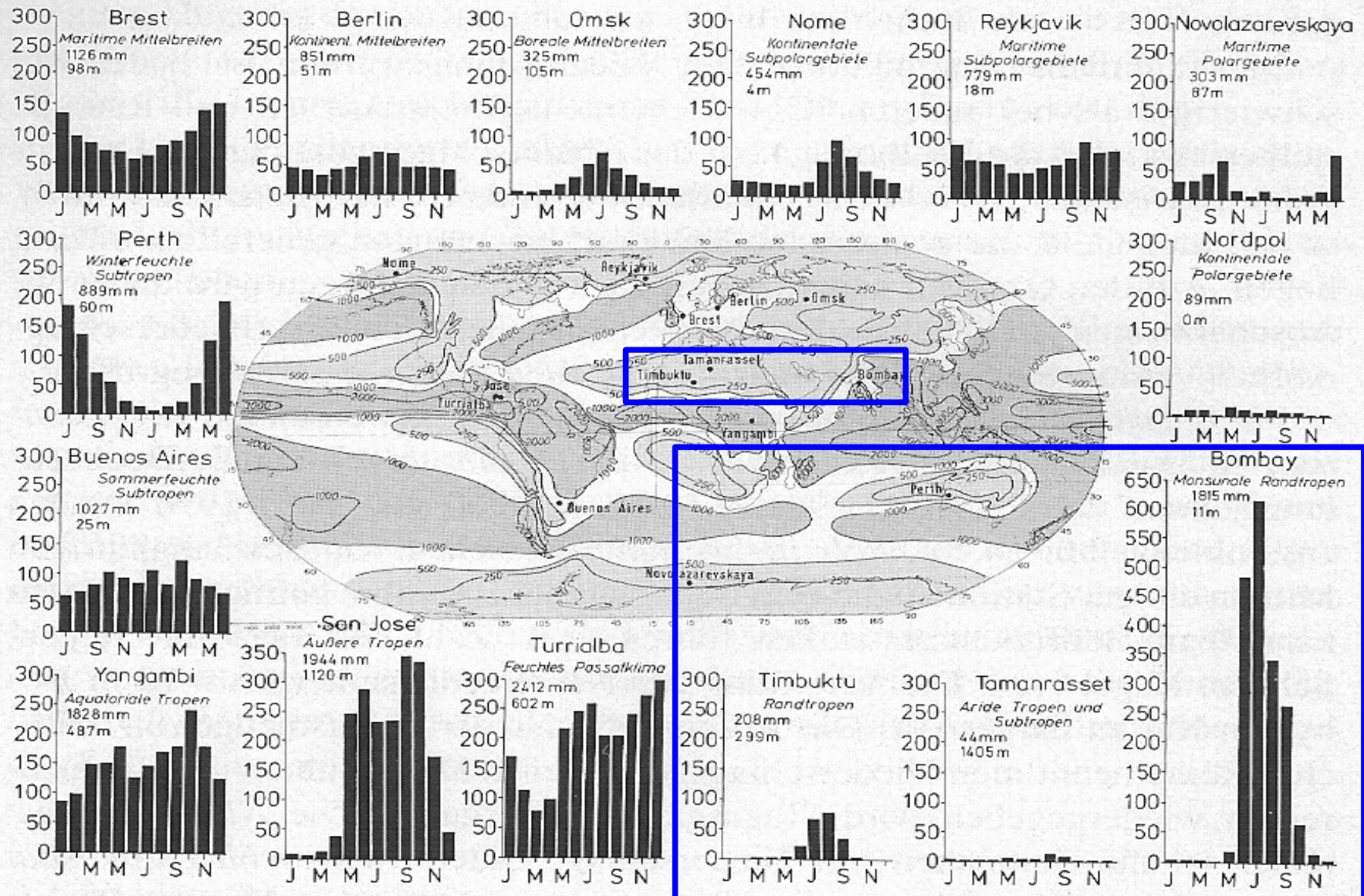


Abb. 7.1: Mittlere jährliche Niederschlagsmengen und Typen des Jahresgangs

(Lauer, 1996)

Jahresgangtypen des Niederschlags

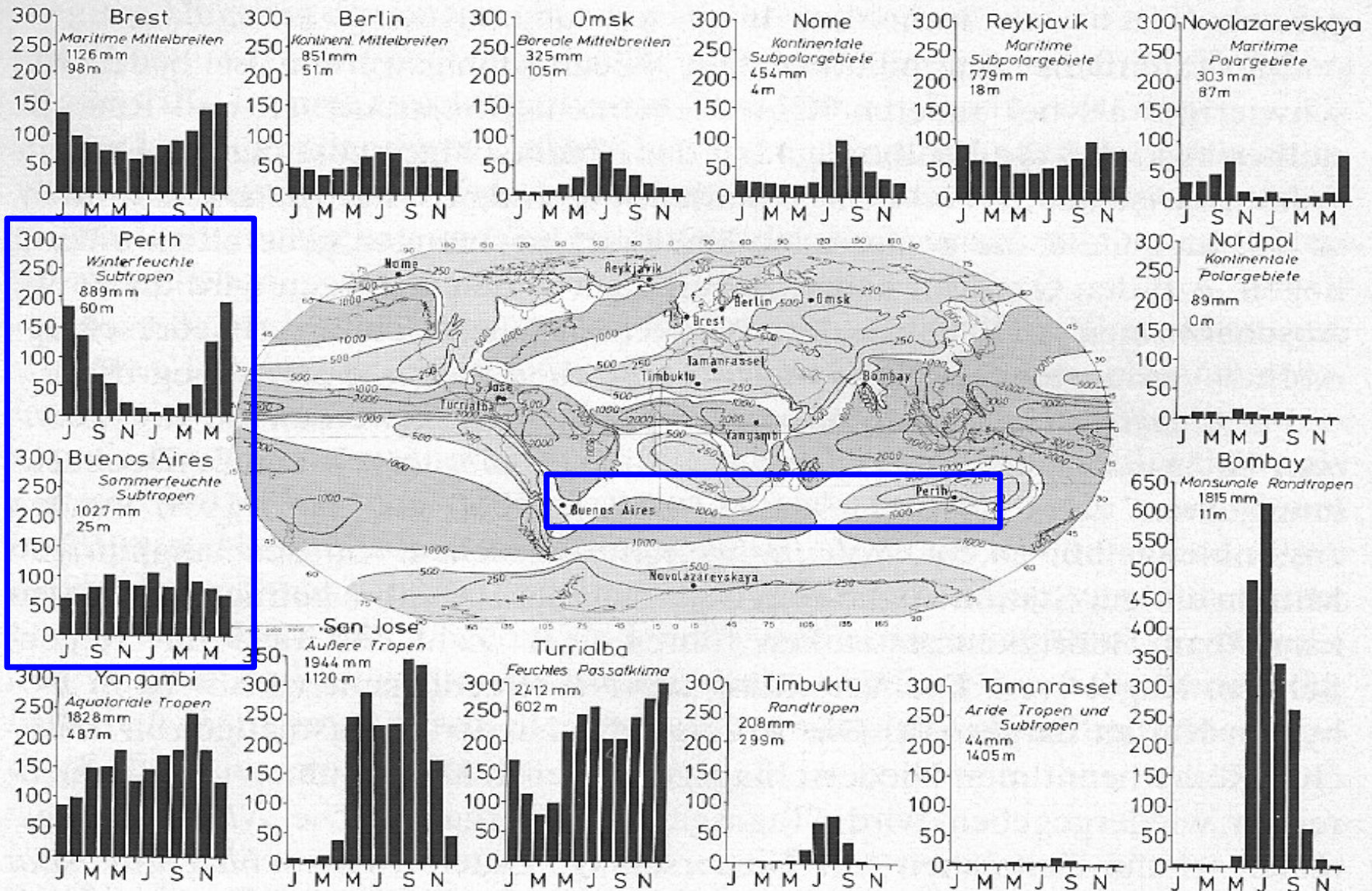


Abb. 7.1: Mittlere jährliche Niederschlagsmengen und Typen des Jahresgangs

(Lauer, 1996)

Jahresgangtypen der Temperatur

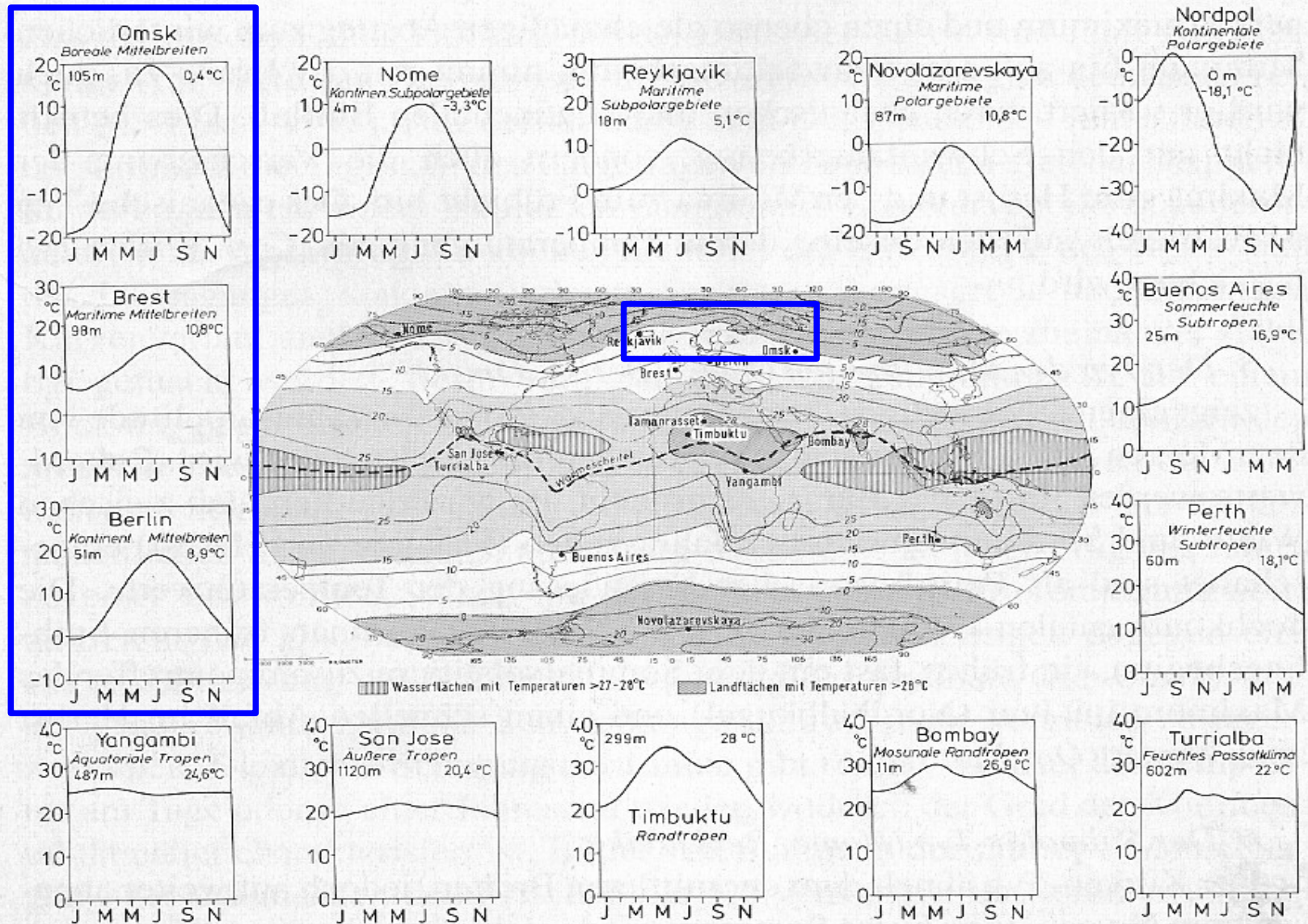


Abb. 5.3: Mittlere reduzierte jährliche Temperaturen sowie Typen des jährlichen Temperaturgangs

(Lauer, 1996)

Jahresgangtypen der Temperatur

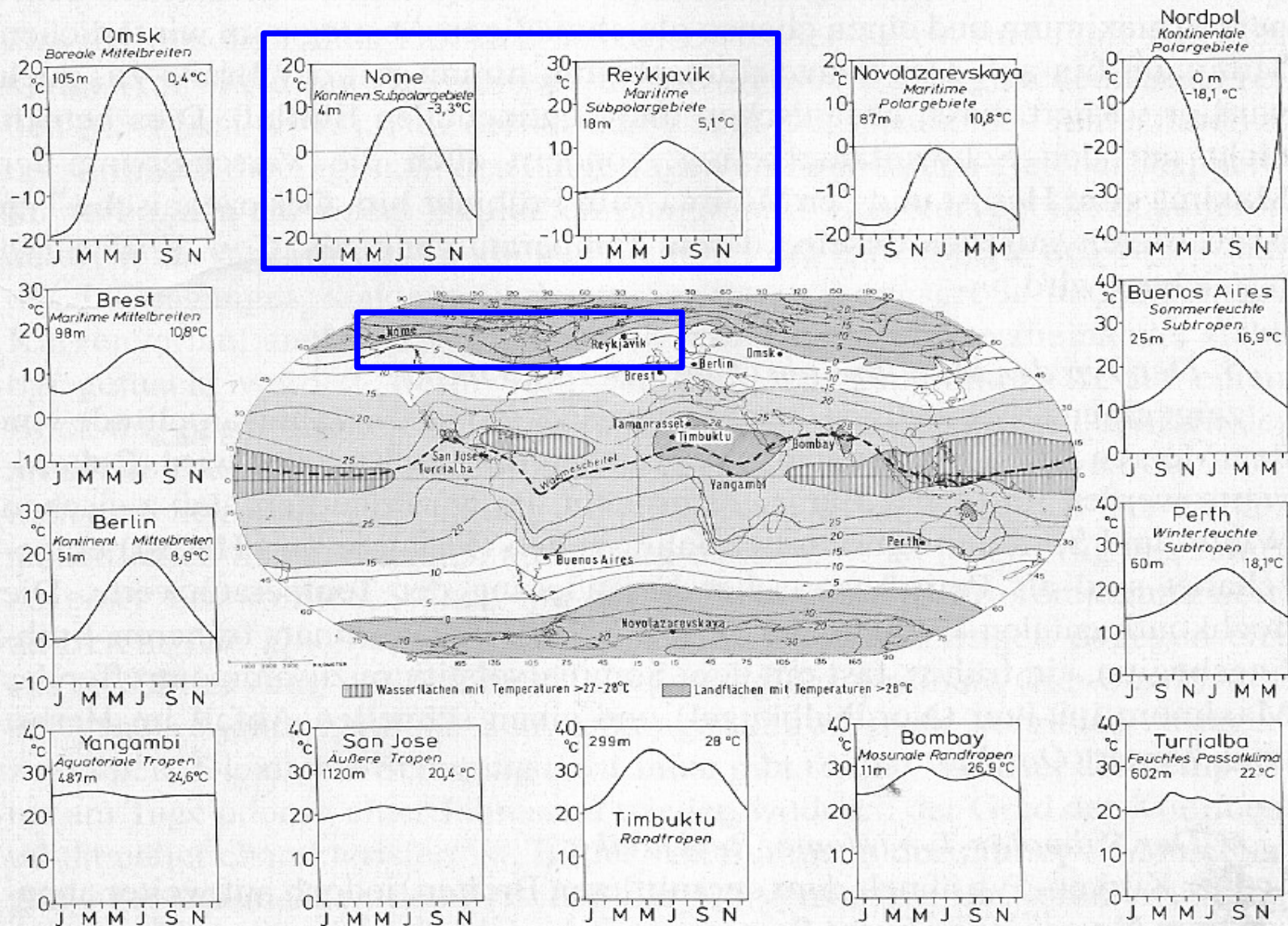


Abb. 5.3: Mittlere reduzierte jährliche Temperaturen sowie Typen des jährlichen Temperaturgangs

(Lauer, 1996)

Jahresgangtypen der Temperatur

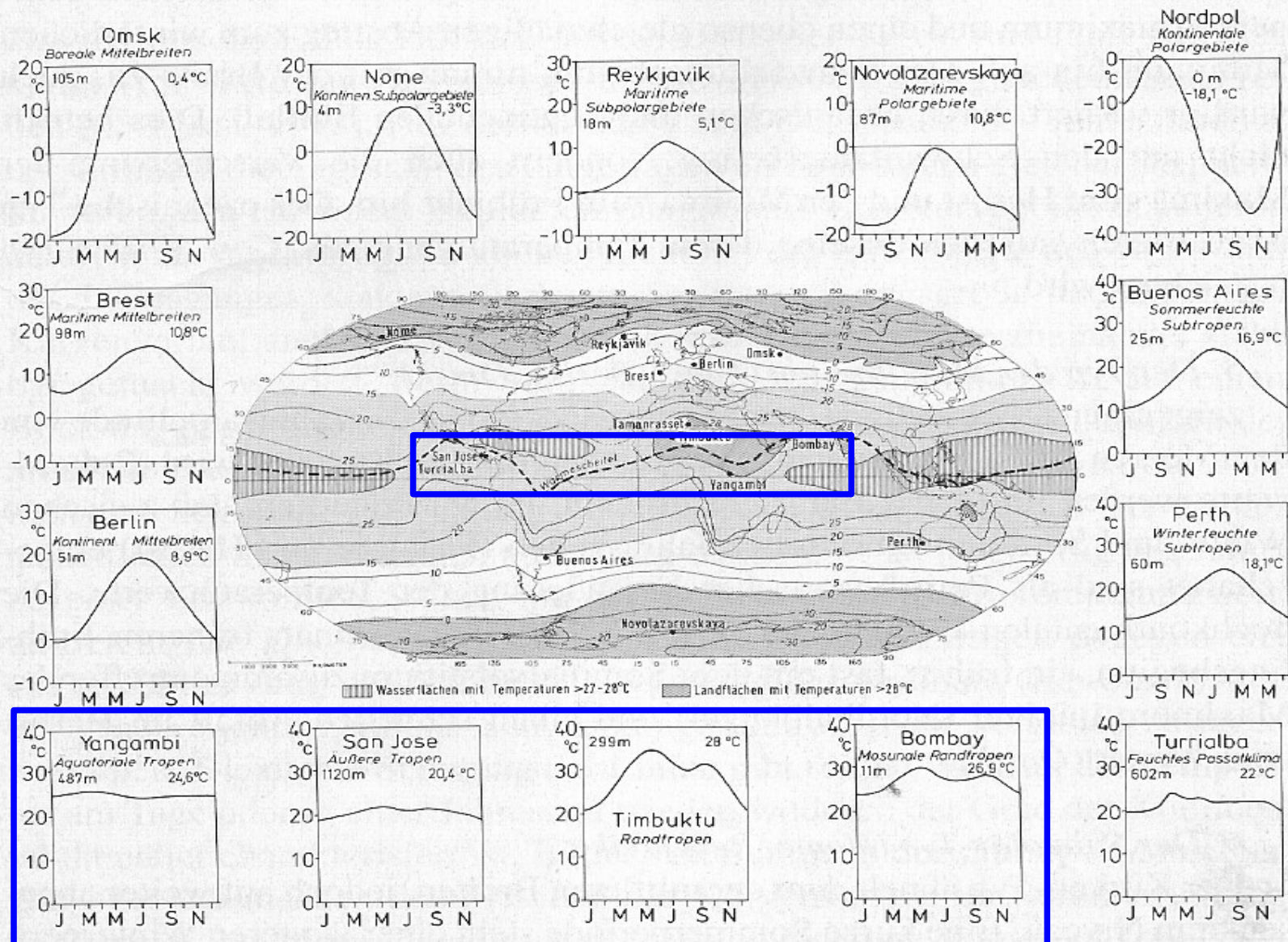


Abb. 5.3: Mittlere reduzierte jährliche Temperaturen sowie Typen des jährlichen Temperaturgangs

(Lauer, 1996)

Klimaklassifikationen

Grundidee:

Zusammenfassung lokal ausgeprägter Einzelklimate

- auf der Grundlage von Ähnlichkeitskriterien
- zu möglichst eindeutig abgrenzbaren Klimatypen
- und Ermittlung und Darstellung der räumlichen Lage und Ausdehnung der Klimatypen

Effektive Klimaklassifikationen:

- nach charakteristischen Werten meßbarer Klimaelemente
- ausgehend von den Ergebnissen klimatischer Vorgänge u. ihren Auswirkungen

Klimaklassifikationen

Grundidee:

Zusammenfassung lokal ausgeprägter Einzelklimate

- auf der Grundlage von Ähnlichkeitskriterien
- zu möglichst eindeutig abgrenzbaren Klimatypen
- und Ermittlung und Darstellung der räumlichen Lage und Ausdehnung der Klimatypen

Effektive Klimaklassifikationen:

- nach charakteristischen Werten meßbarer Klimaelemente
- ausgehend von den Ergebnissen klimatischer Vorgänge u. ihren Auswirkungen

Genetische Klimaklassifikationen:

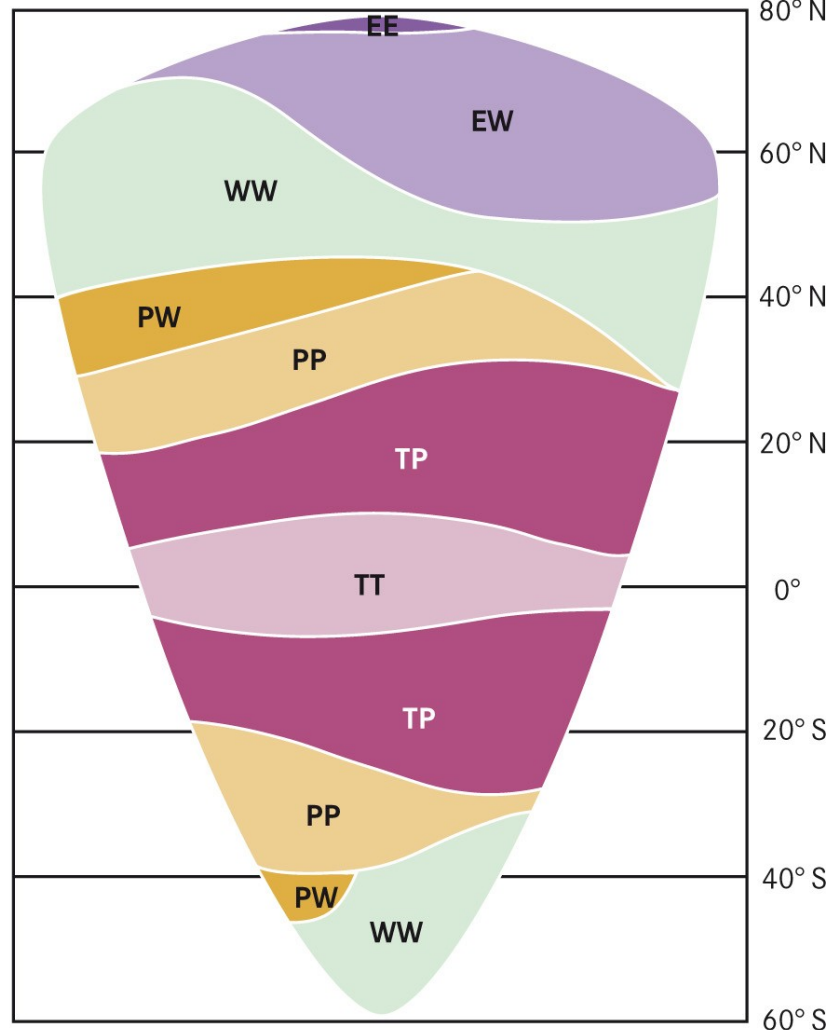
- nach dynamischen Vorgängen in der Atmosphäre
- ausgehend vom Zustandekommen der Klimate

Klimaklassifikationen

Genetische Klimaklassifikation nach Flohn:

im Mittel vorherrschende zonale Stromungsrichtung als klimabestimmender Faktor

vier **stetige** und drei **alternierende** Zonenklimate



Zonenklima Windsystem (Beck 2007)

1. Innertropisches Klima	TT	Äquatoriale Westwinde
2. Randtropisches Klima	TP	Äquatoriale Westwinde/Passate
3. Subtropisches Trockenklima	PP	Passatwinde
4. Subtropisches Winterregenklima	PW	Passate/Westwinde der mittleren Breiten
5. Feucht-gemäßigtes Klima	WW	Westwinde der mittleren Breiten
6. Subpolares Klima	EW	Polare Ostwinde/Westwinde der mittleren Breiten
7. Hochpolares Klima	EE	Polare Ostwinde

Klimaklassifikationen

Effektive Klimaklassifikation nach Köppen/Geiger:

- Klassendefinition in Anlehnung an Vegetationsverbreitung
- Auf der Grundlage monatlicher und jährlicher Temperatur- und Niederschlagsdaten
- Bezeichnung der Klimatypen mit Buchstabencodes
- 5 Hauptklimatypen (Klimazonen)

A

**Tropische
Klimate**

B

**Trocken-
klimate**

C

**Warm-
gemäßigte
Klimate**

D

**Boreale
Klimate**

E

**Eis-/Schnee
Klimate**

Klimaklassifikationen

Effektive Klimaklassifikation nach Köppen/Geiger:

A

**Tropische
Klimate**

B

**Trocken-
klimate**

C

**Warm-
gemäßigte
Klimate**

D

**Boreale
Klimate**

E

**Eis-/Schnee
Klimate**

Kältester Monat ($T_{\min} [^{\circ}\text{C}]$)

$$T_{\min} \geq 18^{\circ}\text{C}$$

$$-3^{\circ}\text{C} < T_{\min} < 18^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\min} \leq -3^{\circ}\text{C}$$

Wärmster Monat ($T_{\max} [^{\circ}\text{C}]$)

$$T_{\max} \geq 10^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} < 10^{\circ}\text{C}$$

Jahresniederschlag ($N[\text{cm}]$) / Jahresmitteltemperatur ($T[^{\circ}\text{C}]$)

$$N < 2T + 28 \quad (\text{Sommerniederschlag})$$

$$N < 2T + 14 \quad (\text{ganzjährig Niederschlag})$$

$$N < 2T \quad (\text{Winterniederschlag})$$

Klimaklassifikationen

Effektive Klimaklassifikation nach Köppen/Geiger:

A

**Tropische
Klimate**

B

**Trocken-
klimate**

C

**Warm-
gemäßigte
Klimate**

D

**Boreale
Klimate**

E

**Eis-/Schnee
Klimate**

„Palmen Grenze“

$$T_{\min} \geq 18^{\circ}\text{C}$$

Kältester Monat ($T_{\min}[^{\circ}\text{C}]$)

$$-3^{\circ}\text{C} < T_{\min} < 18^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\min} \leq -3^{\circ}\text{C}$$

„Buchen-/Eichen Grenze“

Wärmster Monat ($T_{\max}[^{\circ}\text{C}]$)

„Baumgrenze“

$$T_{\max} \geq 10^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\max} < 10^{\circ}\text{C}$$

Jahresniederschlag ($N[\text{cm}]$) / Jahresmitteltemperatur ($T[^{\circ}\text{C}]$)

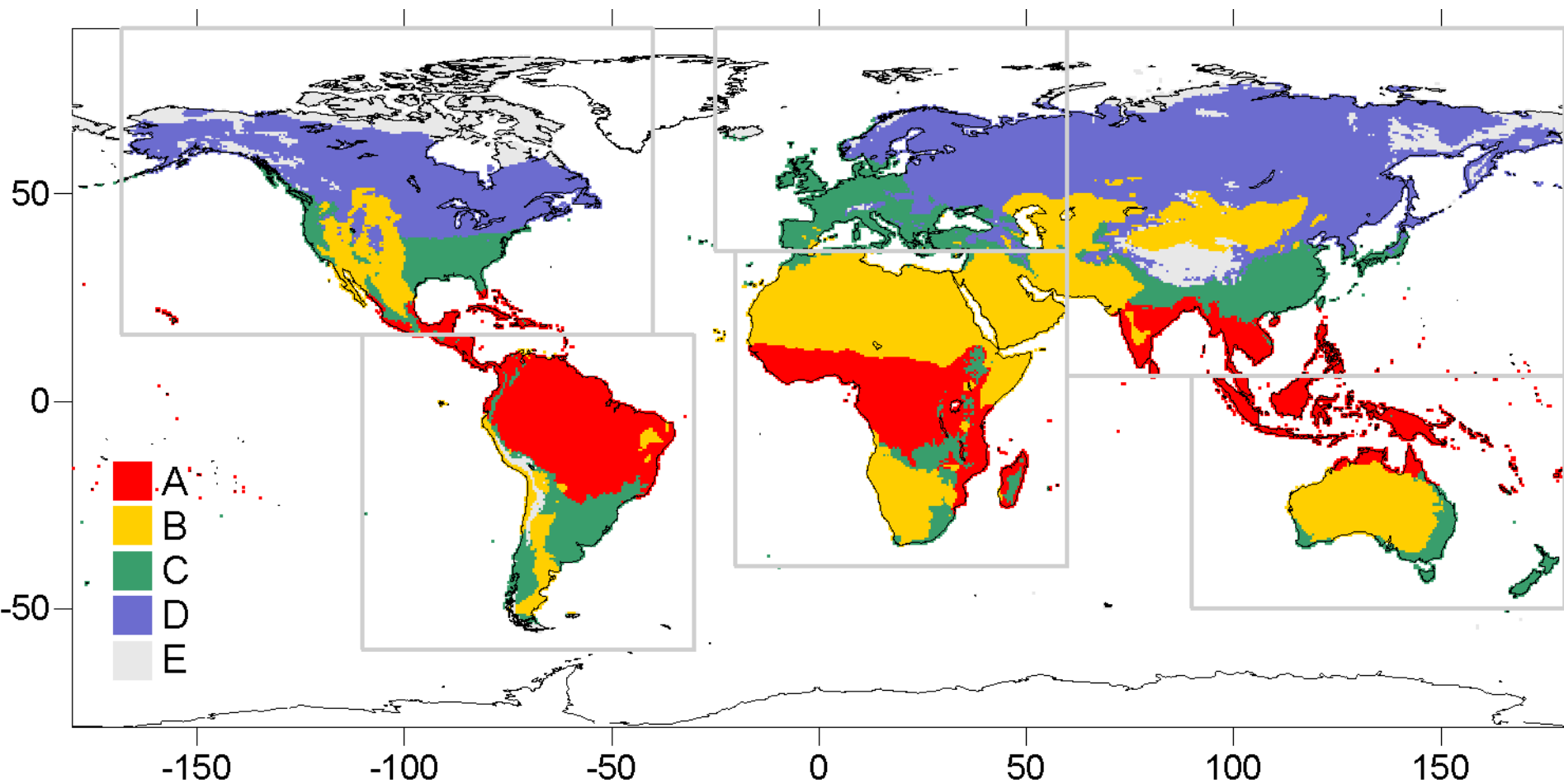
$$N < 2T + 28 \quad (\text{Sommerniederschlag})$$

$$N < 2T + 14 \quad (\text{ganzjährig Niederschlag})$$

$$N < 2T \quad (\text{Winterniederschlag})$$

Klimaklassifikationen

Effektive Klimaklassifikation nach Köppen/Geiger:



(Beck et al. 2005)

Klimaklassifikationen

Effektive Klimaklassifikation nach Köppen/Geiger:

C

warmgemäßigt

Kältester Monat ($T_{\min} [^{\circ}\text{C}]$)

$$-3^{\circ}\text{C} < T_{\min} < 18^{\circ}\text{C}$$

Cf

warmgemäßigt
immerfeucht

N-Summe des trockensten Sommermonats $\geq 1/3$ N-Summe des feuchtesten Wintermonats (and $> 40\text{mm}$)

oder

N-Summe des trockensten Wintermonats $\geq 1/10$ N-Summe des feuchtesten Sommermonats

Cfb

warmgemäßigt
immerfeucht
warme Sommer

Anzahl Monate mit Mitteltemperatur $\geq 10^{\circ}\text{C}$

$$\geq 4$$

Klimaklassifikationen

Effektive Klimaklassifikation nach Köppen/Geiger:

Type	Description	Criterion
A	Equatorial climates	$T_{\min} \geq +18\text{ °C}$
Af	Equatorial rainforest, fully humid	$P_{\min} \geq 60\text{ mm}$
Am	Equatorial monsoon	$P_{\text{ann}} \geq 25(100 - P_{\min})$
As	Equatorial savannah with dry summer	$P_{\min} < 60\text{ mm in summer}$
Aw	Equatorial savannah with dry winter	$P_{\min} < 60\text{ mm in winter}$
B	Arid climates	$P_{\text{ann}} < 10 P_{\text{th}}$
BS	Steppe climate	$P_{\text{ann}} > 5 P_{\text{th}}$
BW	Desert climate	$P_{\text{ann}} \leq 5 P_{\text{th}}$
C	Warm temperate climates	$-3\text{ °C} < T_{\min} < +18\text{ °C}$
Cs	Warm temperate climate with dry summer	$P_{\text{smin}} < P_{\text{wmin}}, P_{\text{wmax}} > 3 P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smin}} < 40\text{ mm}$
Cw	Warm temperate climate with dry winter	$P_{\text{wmin}} < P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smax}} > 10 P_{\text{wmin}}$
Cf	Warm temperate climate, fully humid	neither Cs nor Cw
D	Snow climates	$T_{\min} \leq -3\text{ °C}$
Ds	Snow climate with dry summer	$P_{\text{smin}} < P_{\text{wmin}}, P_{\text{wmax}} > 3 P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smin}} < 40\text{ mm}$
Dw	Snow climate with dry winter	$P_{\text{wmin}} < P_{\text{smin}}$ and $P_{\text{smax}} > 10 P_{\text{wmin}}$
Df	Snow climate, fully humid	neither Ds nor Dw
E	Polar climates	$T_{\text{max}} < +10\text{ °C}$
ET	Tundra climate	$0\text{ °C} \leq T_{\text{max}} < +10\text{ °C}$
EF	Frost climate	$T_{\text{max}} < 0\text{ °C}$

Klimaklassifikationen

Effektive Klimaklassifikation nach Köppen/Geiger:

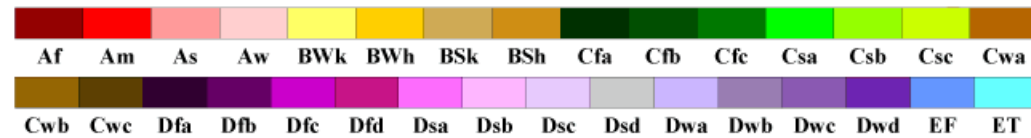
Type	Description	Criterion
h	Hot steppe / desert	$T_{\text{ann}} \geq +18\text{ °C}$
k	Cold steppe /desert	$T_{\text{ann}} < +18\text{ °C}$
a	Hot summer	$T_{\text{max}} \geq +22\text{ °C}$
b	Warm summer	not (a) and at least 4 $T_{\text{mon}} \geq +10\text{ °C}$
c	Cool summer and cold winter	not (b) and $T_{\text{min}} > -38\text{ °C}$
d	extremely continental	like (c) but $T_{\text{min}} \leq -38\text{ °C}$

Klimaklassifikationen

Effektive Klimaklassifikation nach Köppen/Geiger:

World Map of Köppen–Geiger Climate Classification

updated with CRU TS 2.1 temperature and VASclimO v1.1 precipitation data 1951 to 2000



Main climates

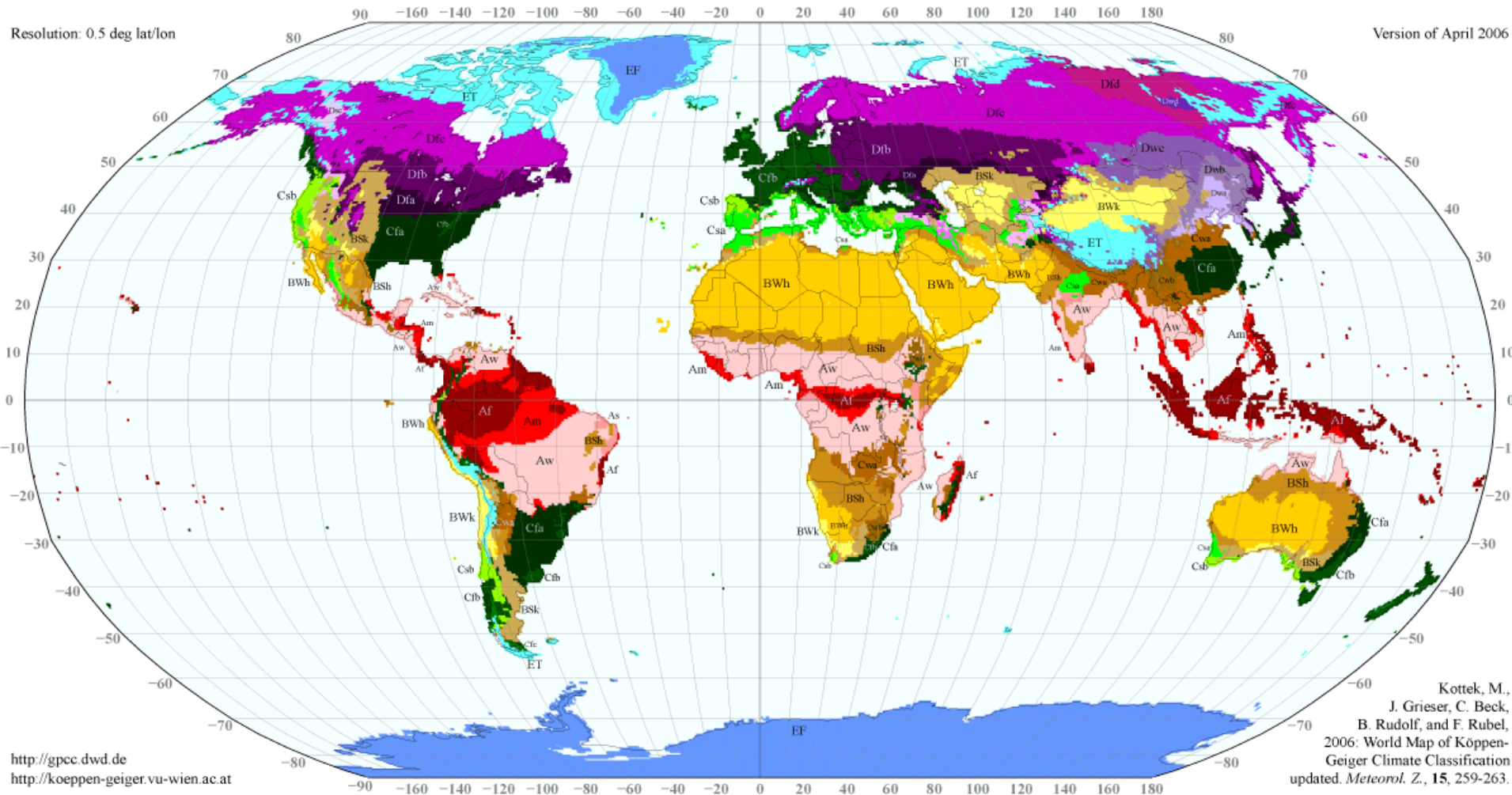
A: equatorial
B: arid
C: warm temperate
D: snow
E: polar

Precipitation

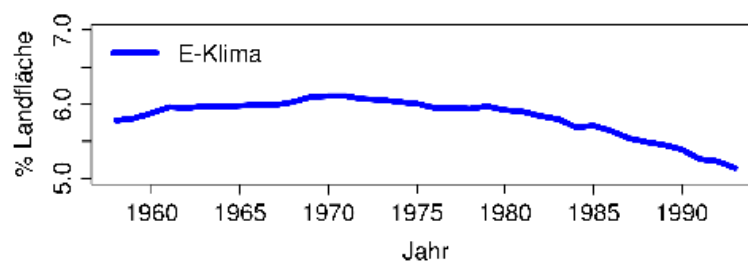
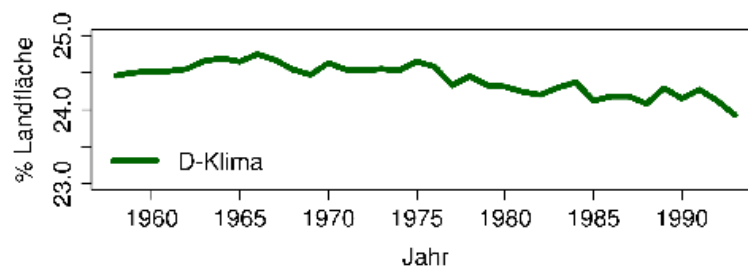
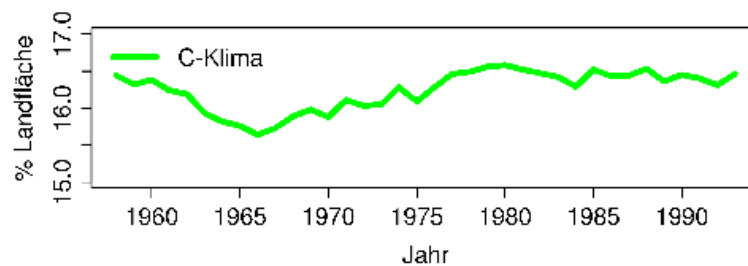
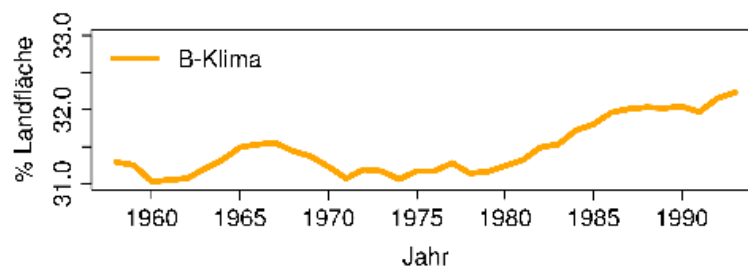
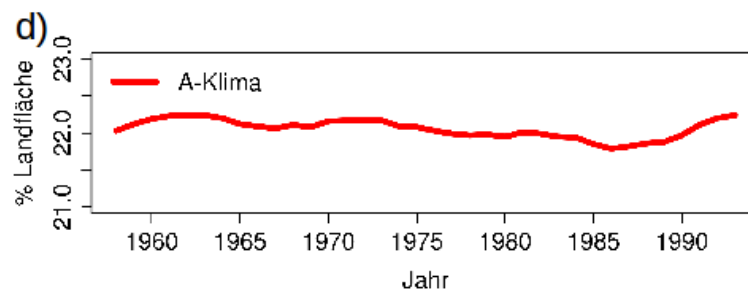
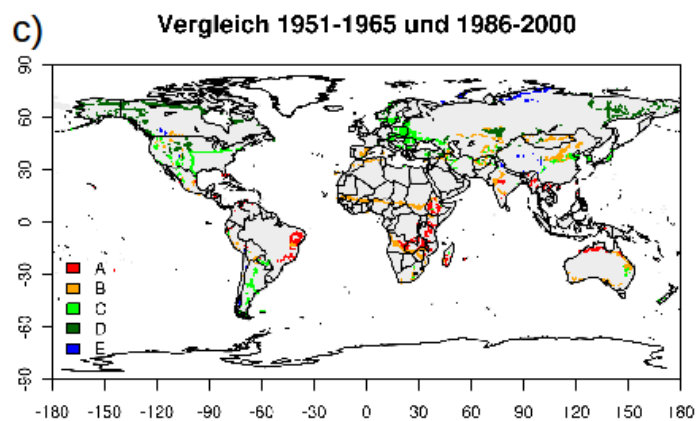
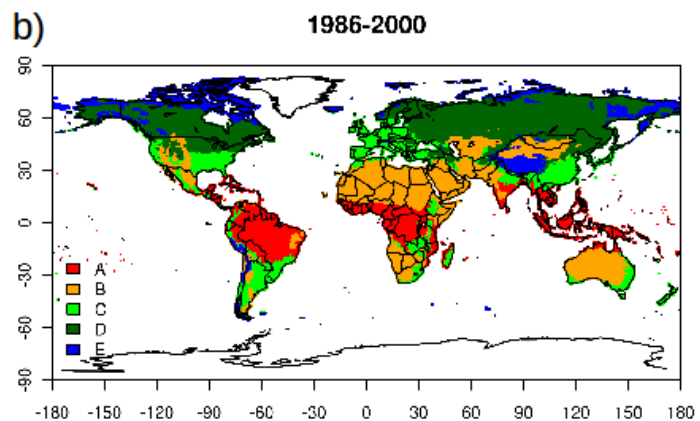
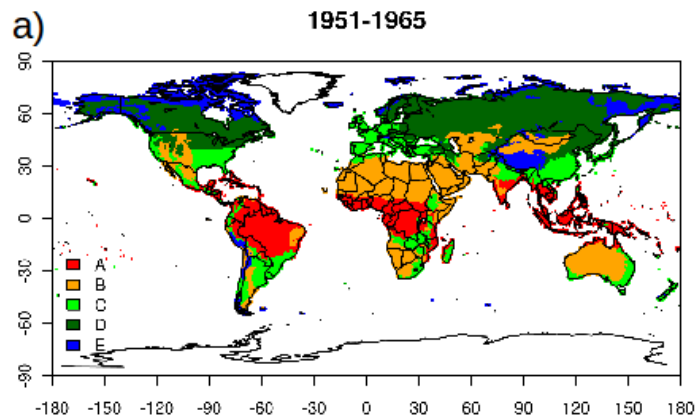
W: desert
S: steppe
f: fully humid
s: summer dry
w: winter dry
m: monsoonal

Temperature

h: hot arid
k: cold arid
a: hot summer
b: warm summer
c: cool summer
d: extremely continental
F: polar frost
T: polar tundra



Kottek, M.,
J. Grieser, C. Beck,
B. Rudolf, and F. Rubel,
2006: World Map of Köppen–
Geiger Climate Classification
updated. *Meteorol. Z.*, 15, 259-263.

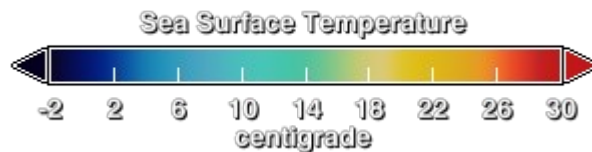
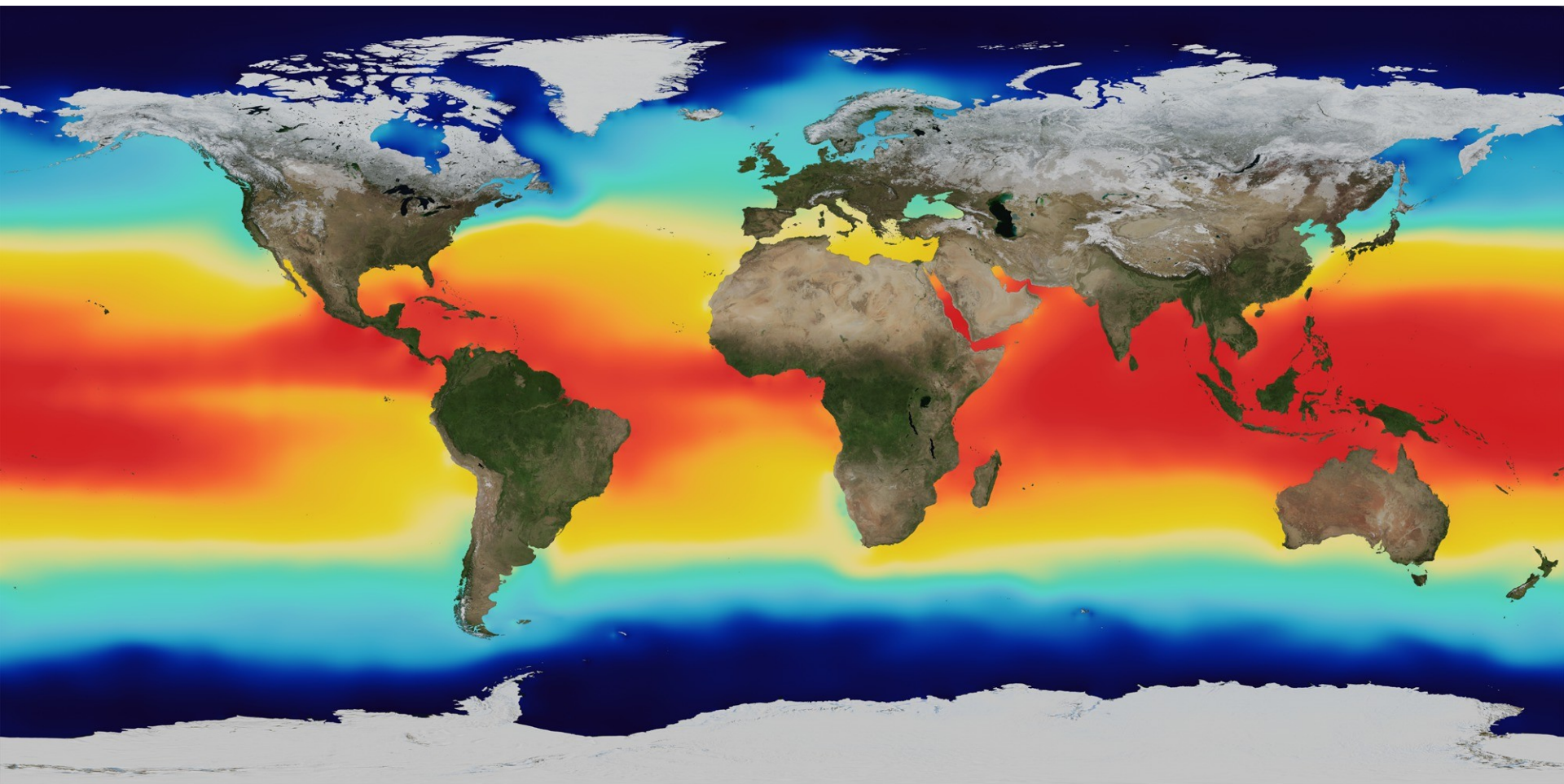


Kopplungen zwischen Atmosphäre und Ozean

- **Meeresoberflächentemperaturen (SST)**
- **Meeresoberflächenströmungen + Zirkulation der Ozeane**
- **ENSO (El-Nino-Southern-Oscillation)**

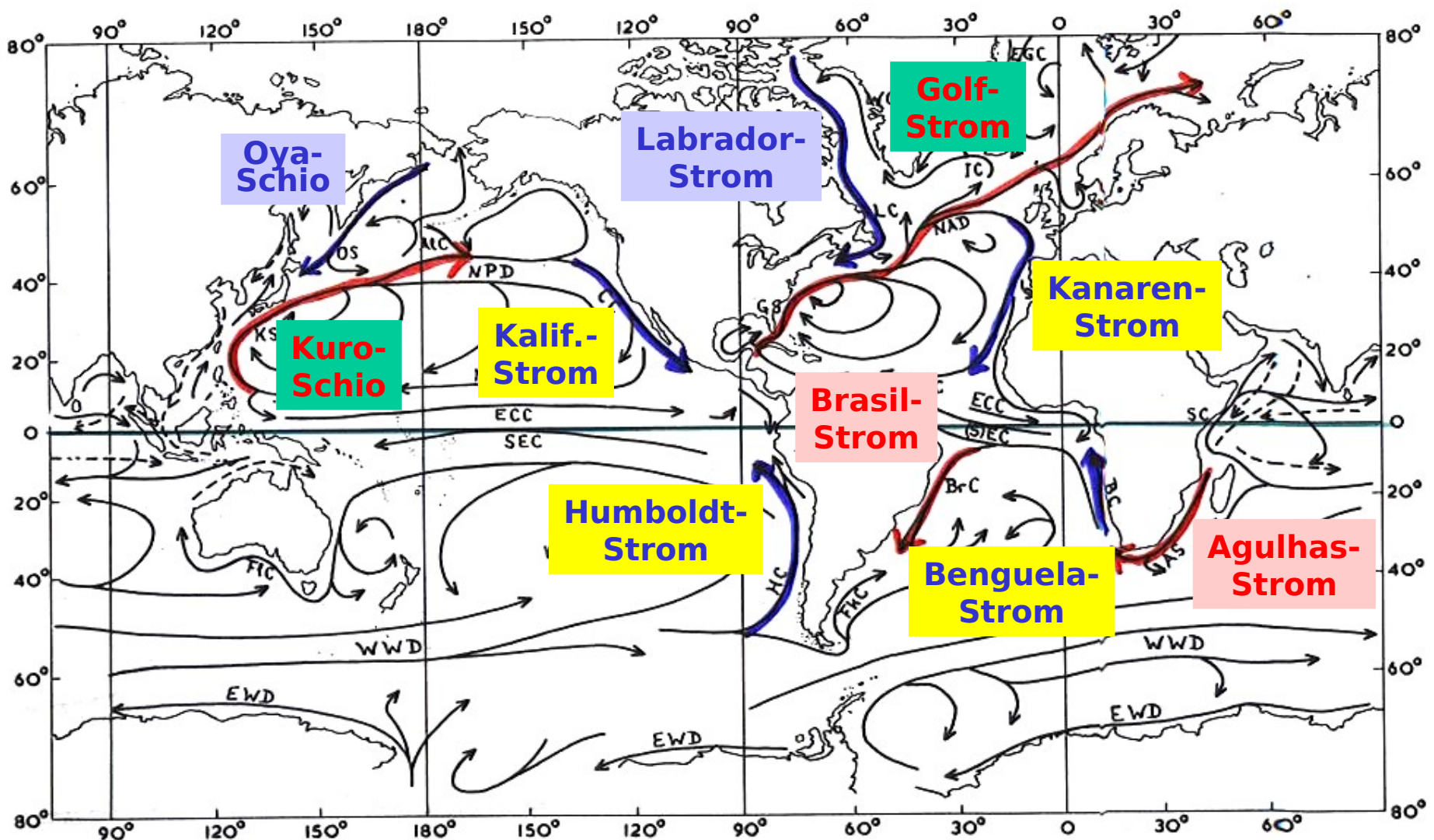
Sea Surface Temperatures (SST)

Global map of average Sea Surface Temperature (SST)



(<https://svs.gsfc.nasa.gov/3652>)

Meeresoberflächenströmungen – ausgelöst durch Windstress

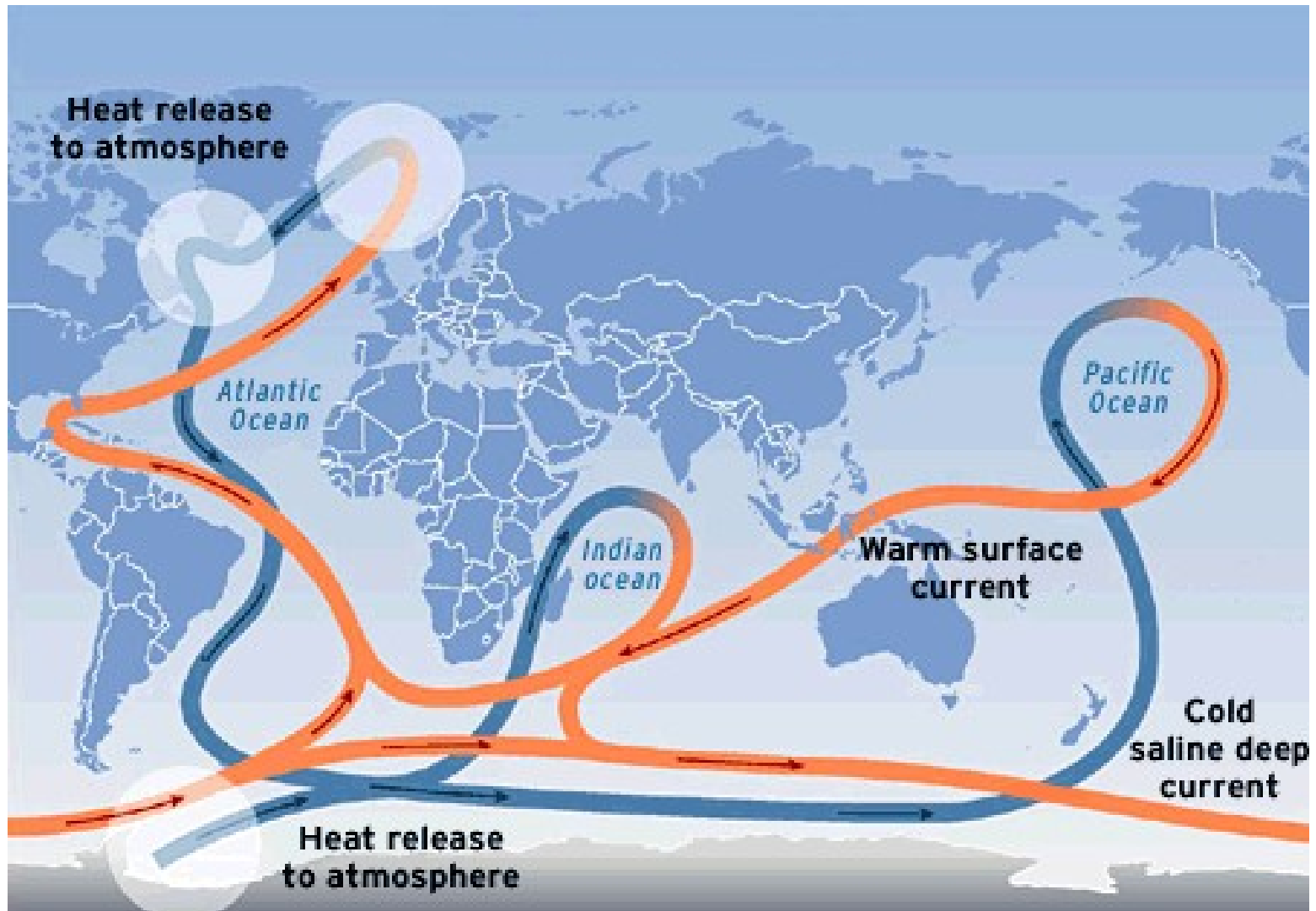


Meeresoberflächenströmungen

warm kalt

Dichteunterschiede (Temp., Salzgehalt) → Thermohaline Ozeanische Zirkulation

Oceanic Conveyor Belt (s. Vorlesungsteil Hydrogeographie)



ENSO (El Nino / Southern Oscillation)

- als global bedeutsamste Zirkulationsschwankung
- als Beispiel einer Atmosphäre / Ozean-Kopplung

ozeanische
Komponente

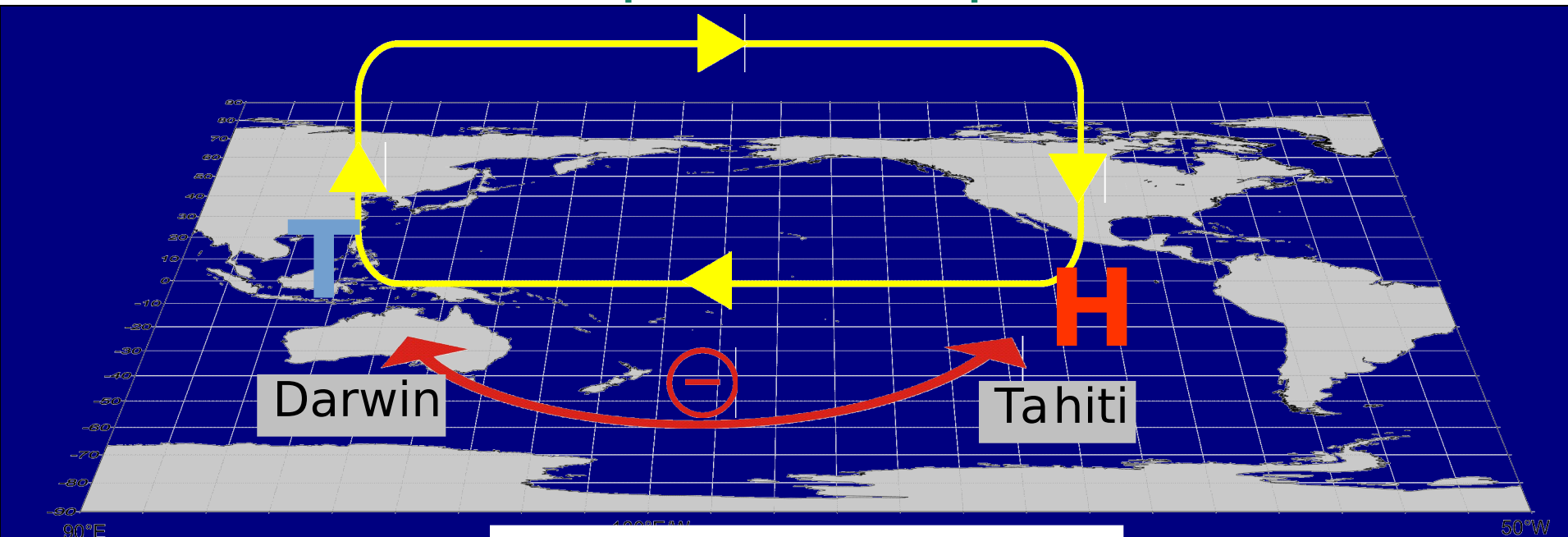
atmosphärische
Komponente

Southern Oscillation

Zirkulationsschwankung der pazifischen Walkerzelle

Schwankung des Luftdruckgefälles zwischen

Ostpazifik und Westpazifik

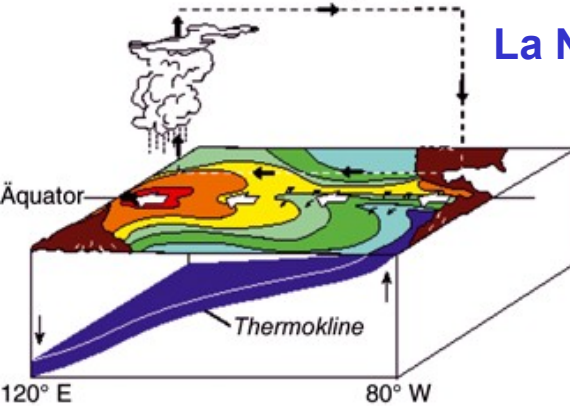


SOI (Southern Oscillation Index)

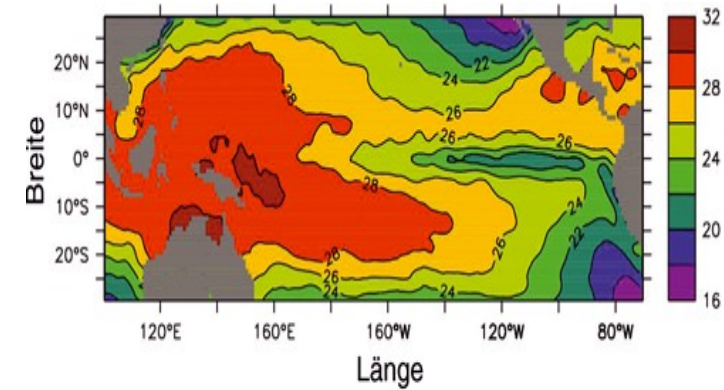
ENSO (El Niño / Southern Oscillation)

La Niña Bedingungen

La Nina (1998)

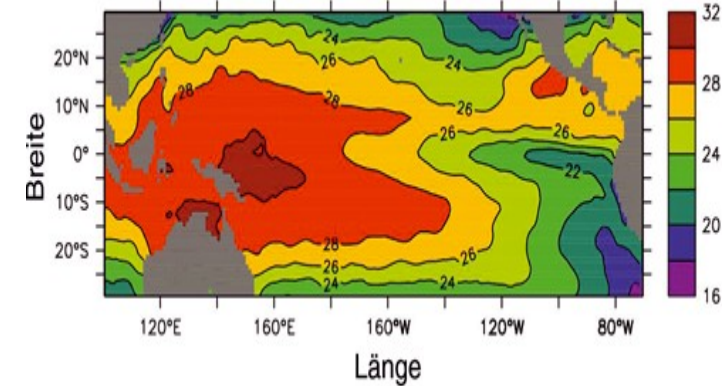
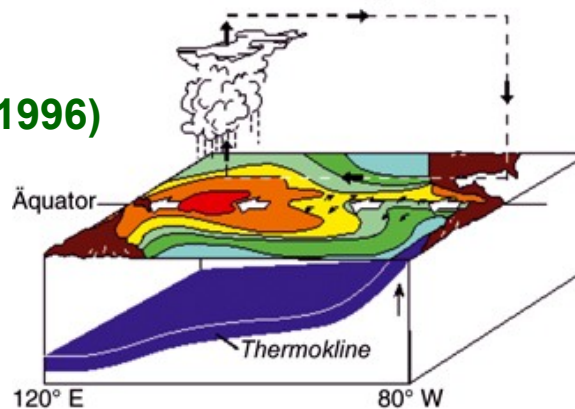


SST



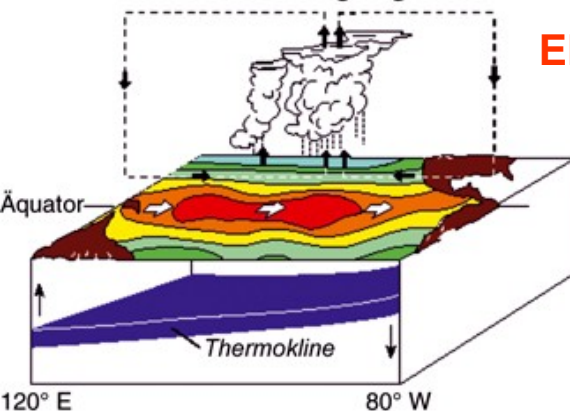
Normalbedingungen (1996)

Normale Bedingungen

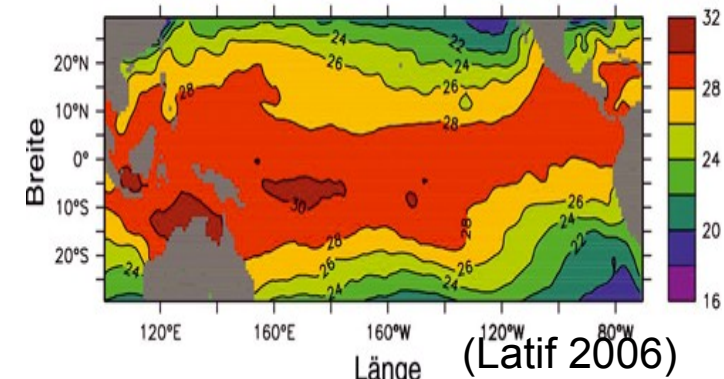


El Niño Bedingungen

El Nino (1997)

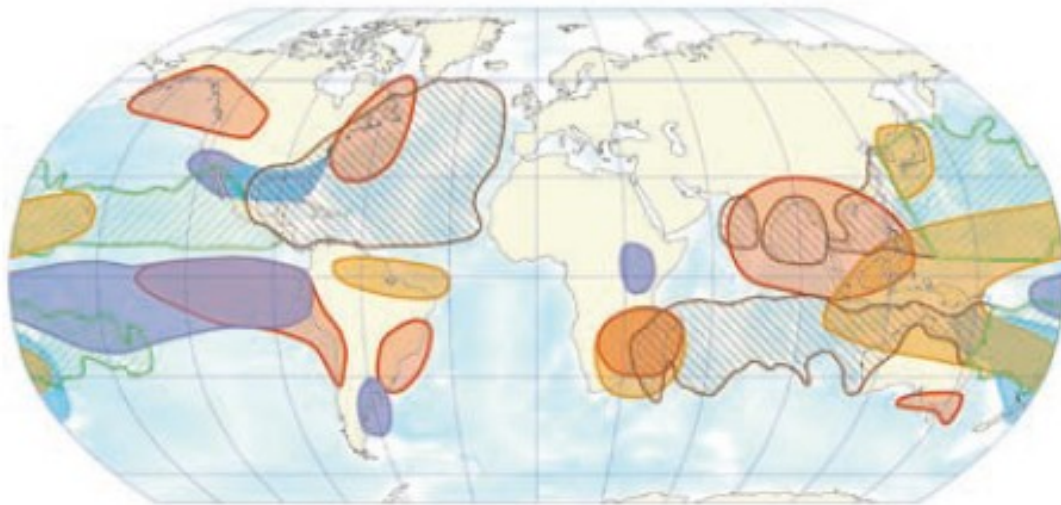


Thermokline = Grenzfläche zwischen warmem Oberflächenwasser und kaltem Tiefenwasser



(Latif 2006)

Auswirkungen von ENSO Ereignissen



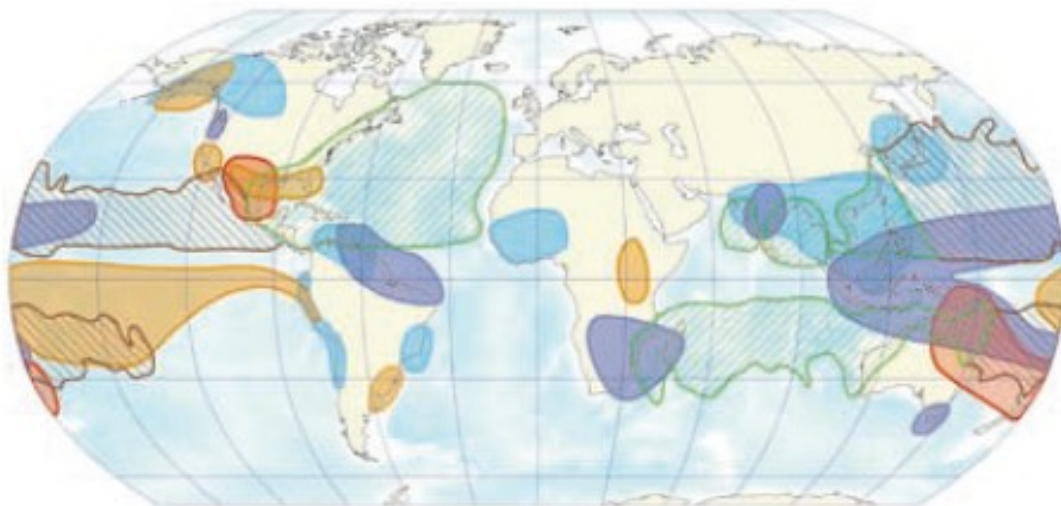
ANOMALIEN WÄHREND EL NIÑO

Witterung

Tropische Sturmaktivität

- feuchter
- trockener
- kälter
- wärmer

- weniger Stürme
- mehr Stürme



ANOMALIEN WÄHREND LA NIÑA

Witterung

Tropische Sturmaktivität

- feuchter
- trockener
- kälter
- wärmer

- weniger Stürme
- mehr Stürme

ENSO (El Nino / Southern Oscillation)

Zeitliche Variabilität des ENSO-Phänomens

