

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

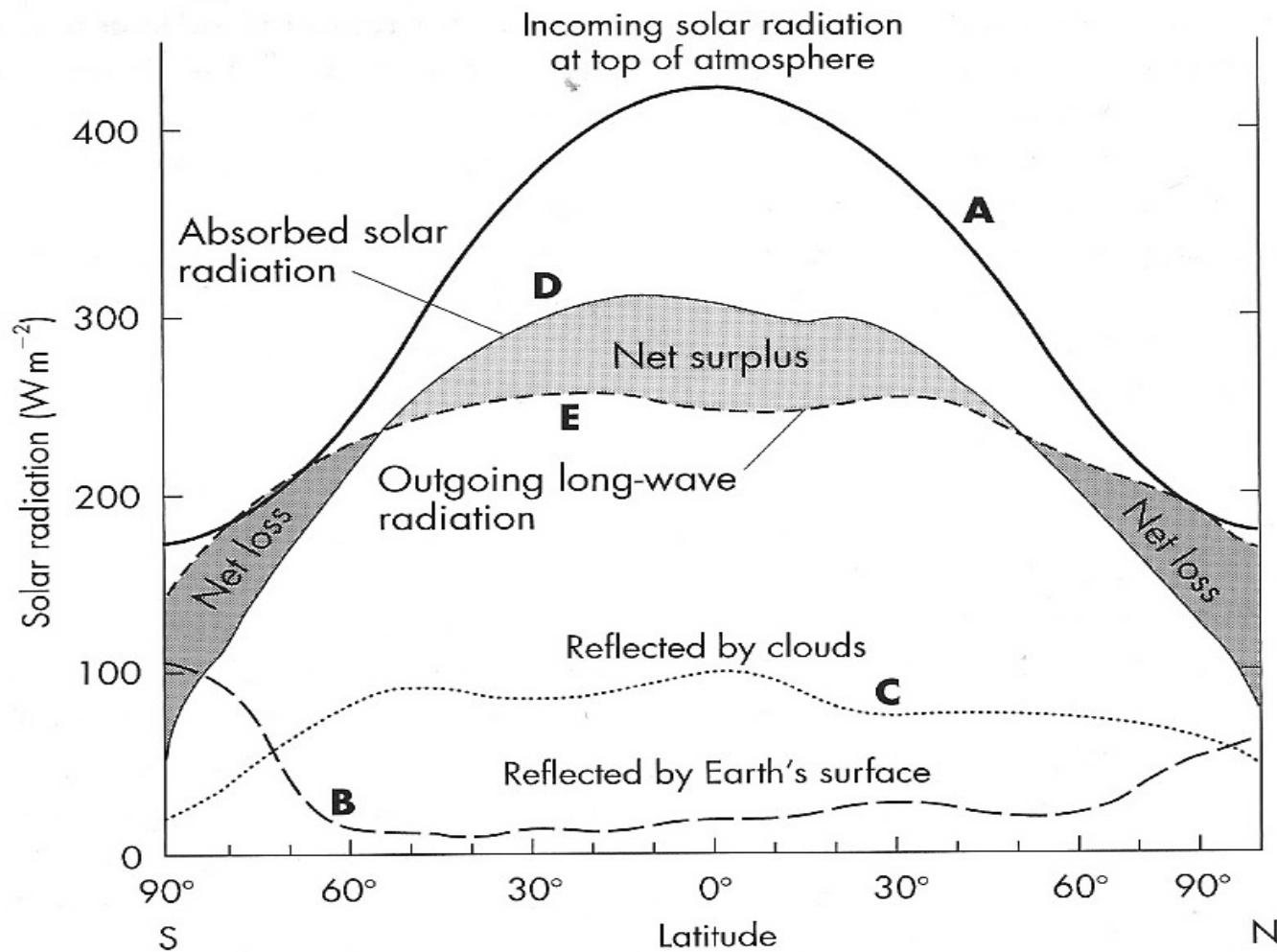
Universität Augsburg

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

- Mittlerer atmosphärischer Bewegungsmechanismus zum großräumigen Austausch von Masse, Wärme und Bewegungsenergie
- ← Großräumige Temperatur- und Luftdruckunterschiede zwischen niederen und höheren Breiten

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

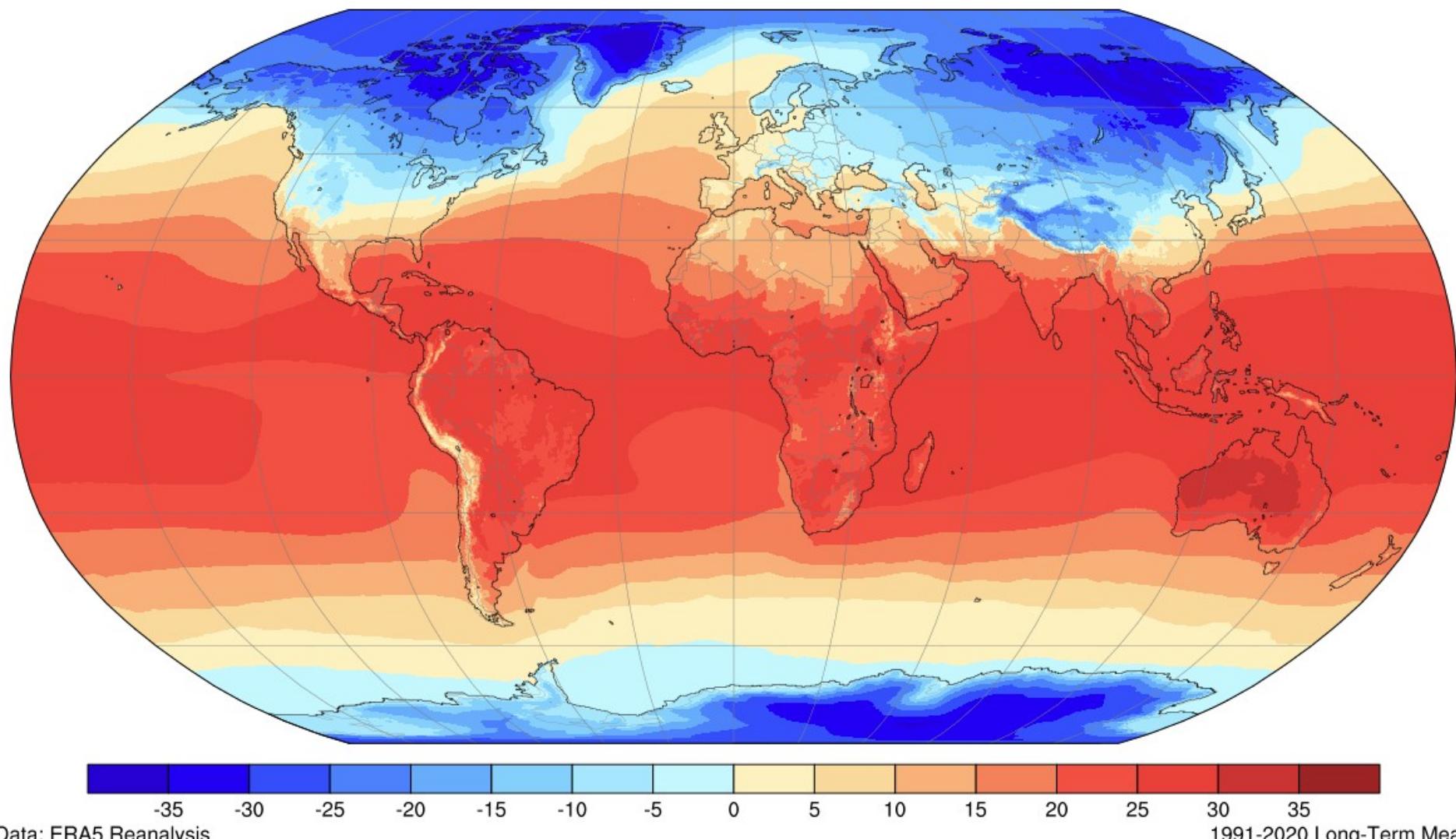
← Großräumige Temperatur- und Luftdruckunterschiede zwischen niederen und höheren Breiten



Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

2 m Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

Jan

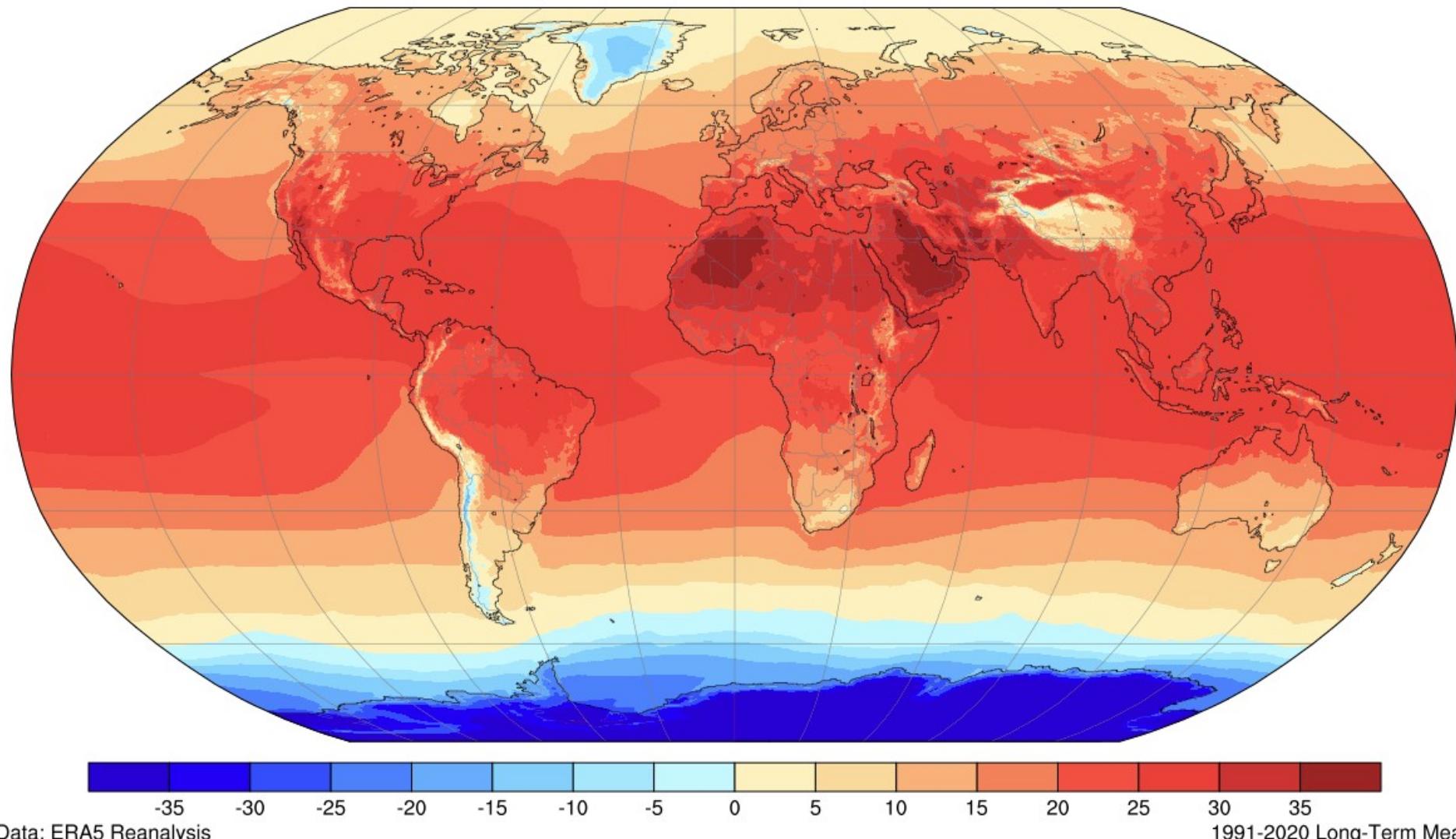


Temperaturverteilung - Januar

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

2 m Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)

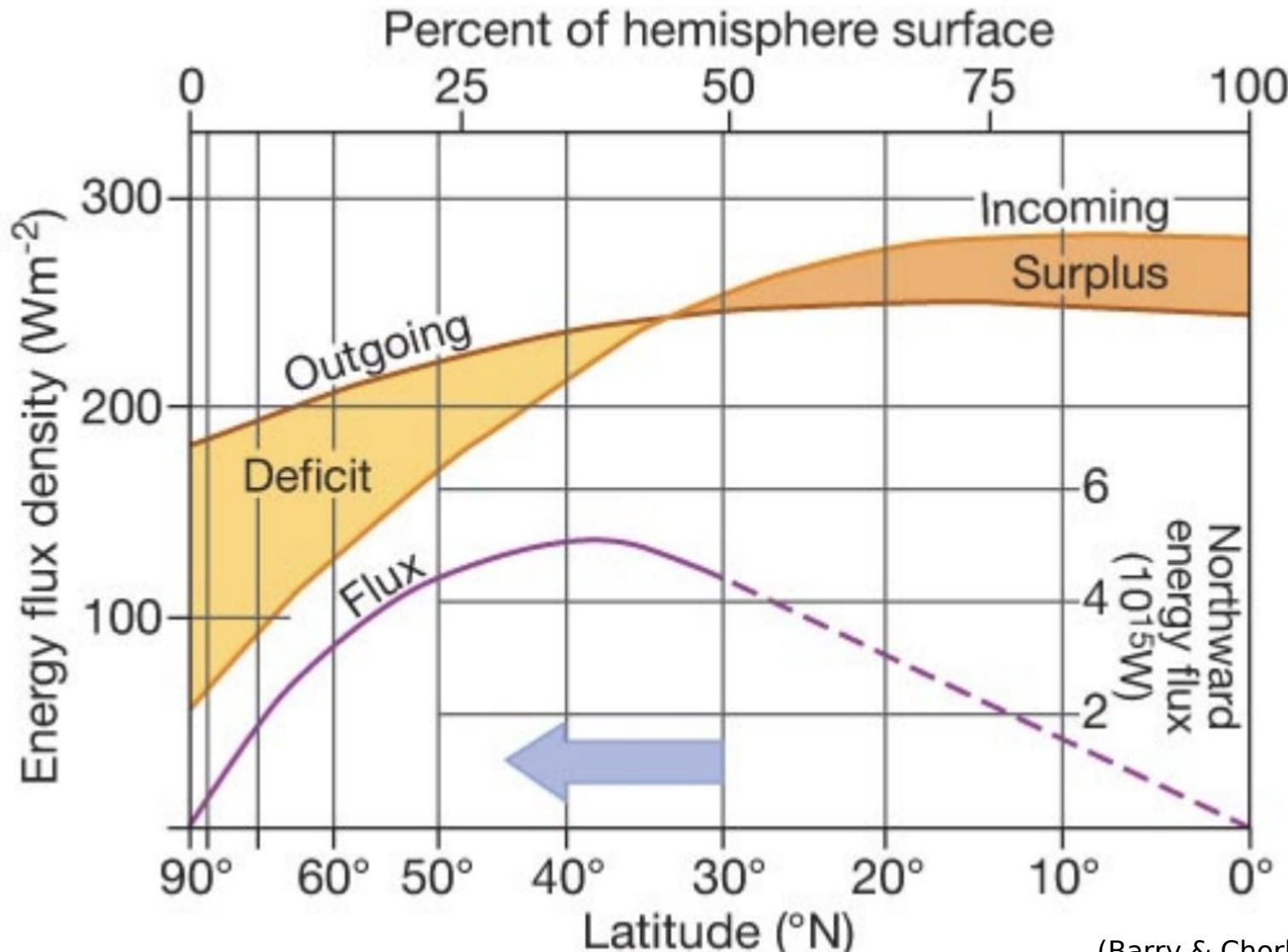
Jul



Temperaturverteilung - Juli

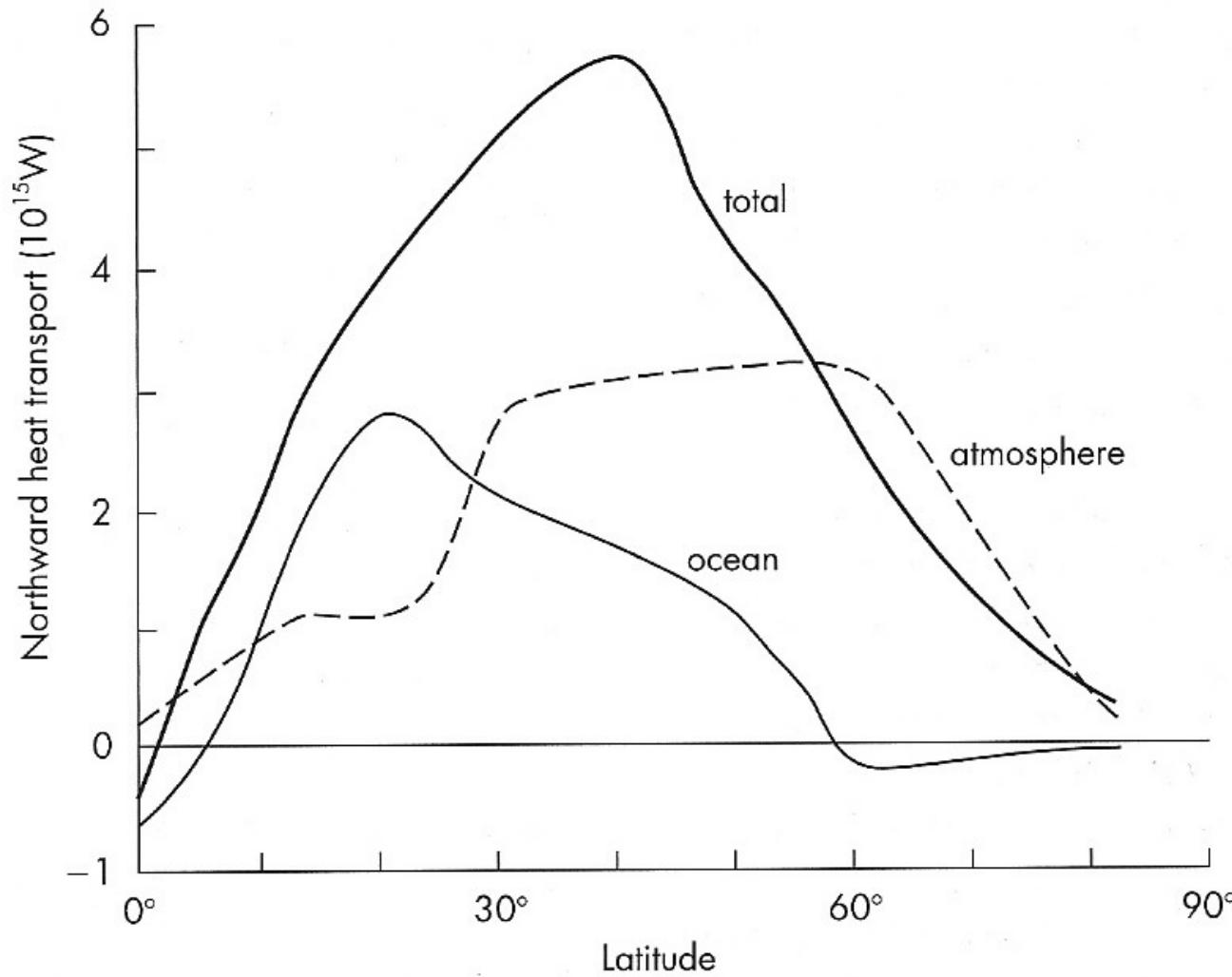
Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

← Großräumige Temperatur- und Luftdruckunterschiede zwischen niederen und höheren Breiten



Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

← Großeräumige Temperatur- und Luftdruckunterschiede zwischen



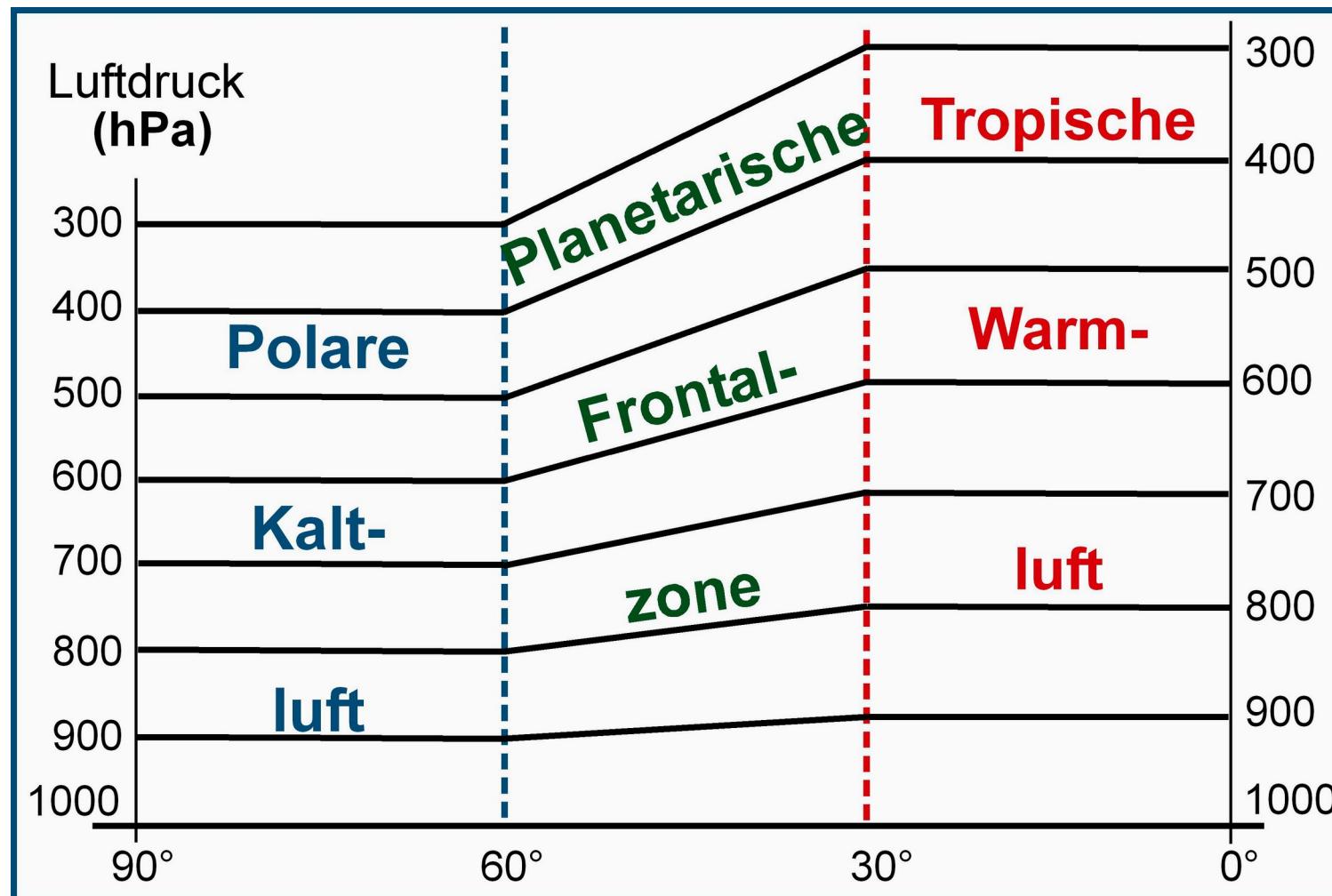
Polwärtige Wärmetransporte - Nordhemisphäre

(Wilson et al., 2000)

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

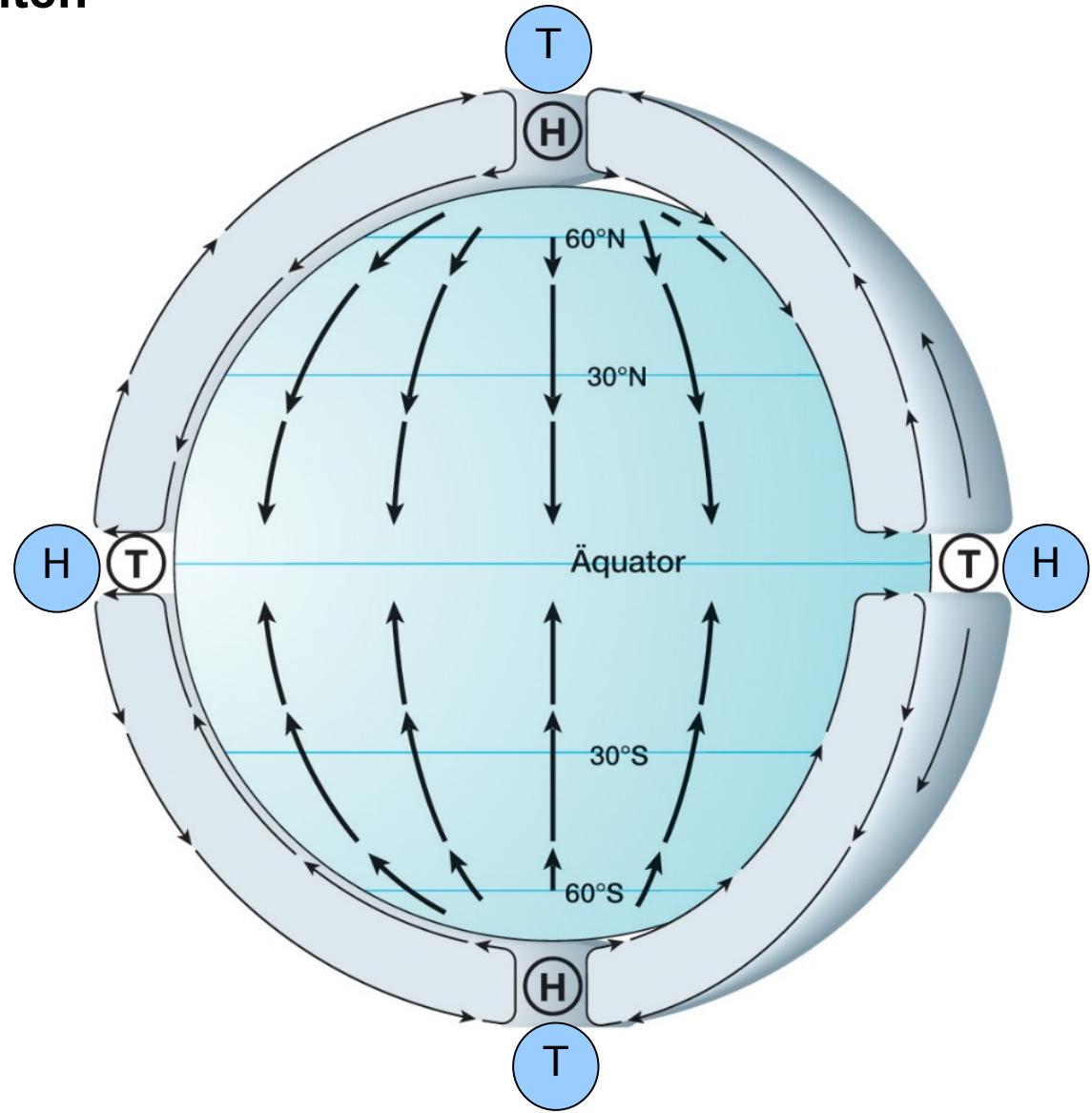
← Großeräumige Temperatur- und Luftdruckunterschiede zwischen niederen und höheren Breiten

Schematische Darstellung der großräumigen Luftdruckverteilung



Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

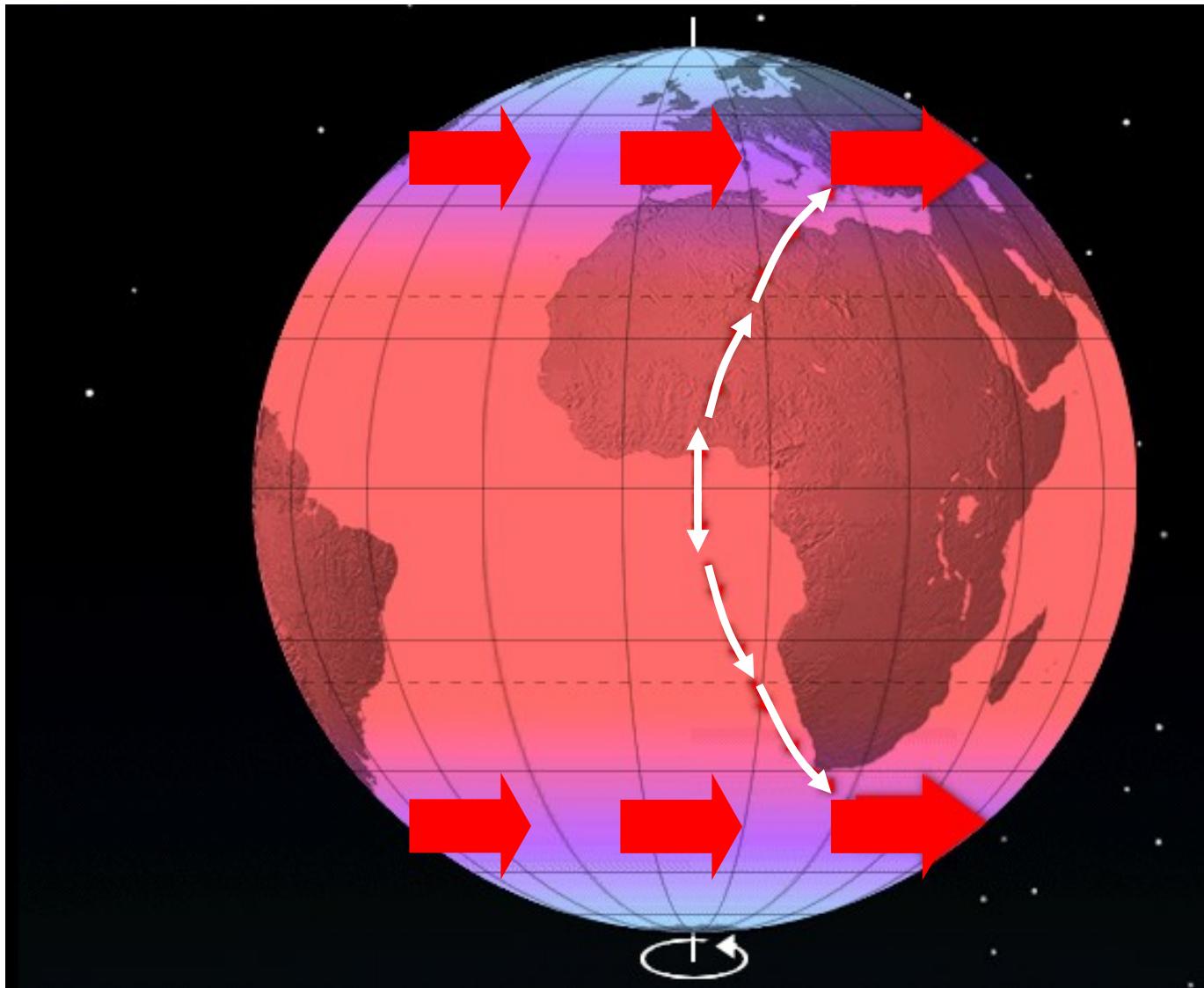
← Großräumige Temperatur- und Luftdruckunterschiede zwischen niederen und höheren Breiten



(McKnight & Hess 2009)

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Außertropische Westwinddrift



Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Konzentration der Temperatur- und Luftdruckgegensätze im Bereich der Planetarischen Frontalzone



Aussertropische Westwinddrift:

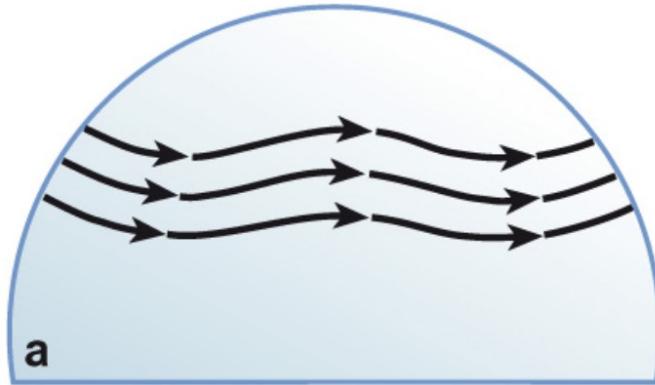
Reine Zonalzirkulation ermöglicht keinen meridionalen Druck- und Temperaturausgleich!

Übergang der zonalen Strömung in eine Wellenzirkulation
(Temperaturgradienten in 500hPa > 6°C/1000km)

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Außertropische Westwinddrift – Zirkulationsformen (Index cycle)

zonal



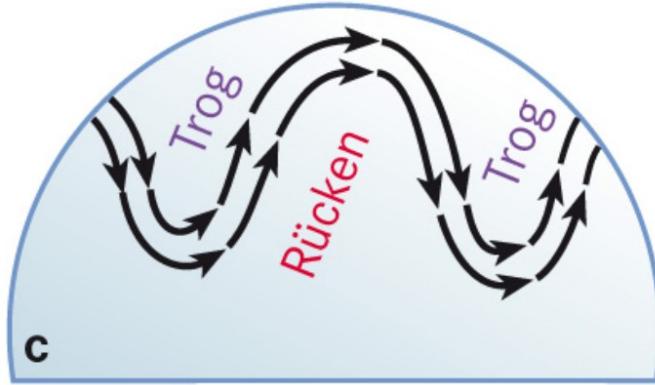
a

gemischt



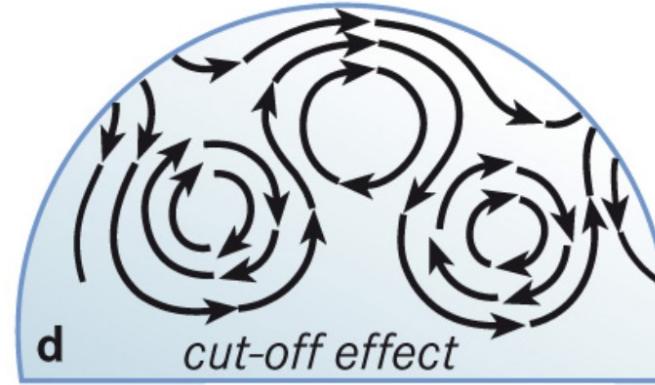
b

meridional



c

zellulär



d

a: High (zonal) index b: transitional c, d: Low (zonal) index

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Außertropische Westwinddrift – Entwicklung von Rossby-Wellen (langen Wellen) in der Höhenströmung

Erhaltung der absoluten Vorticity

$$f + \zeta = \text{const.}$$

↑
für großräumige
Luftbewegungen
(ohne Scherungsanteile
und ohne variierende
Vertikalerstreckung)

$$f = 2\omega * \sin\Phi$$

(Coriolisparameter)

ζ : relative Vorticity (Eigenrotation)

(beschreibt horizontale Drehbewegungen
um vertikale Rotationsachsen)

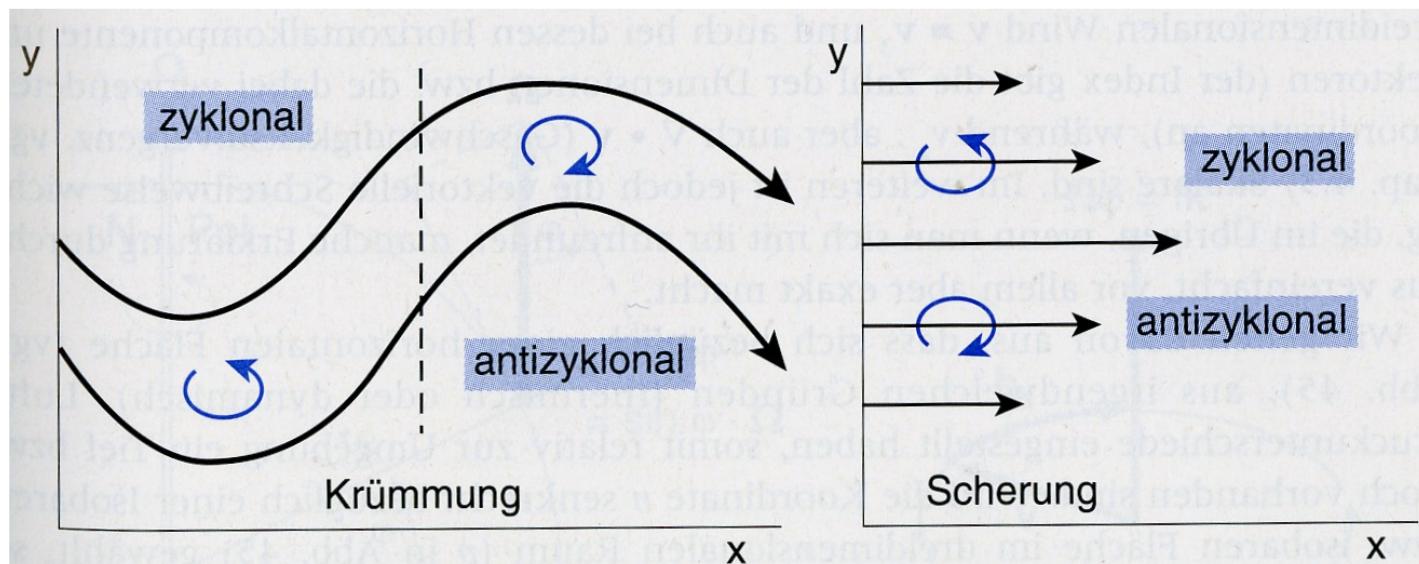
(positiv für zyklonale, negativ für
antizyklonale Rotation,

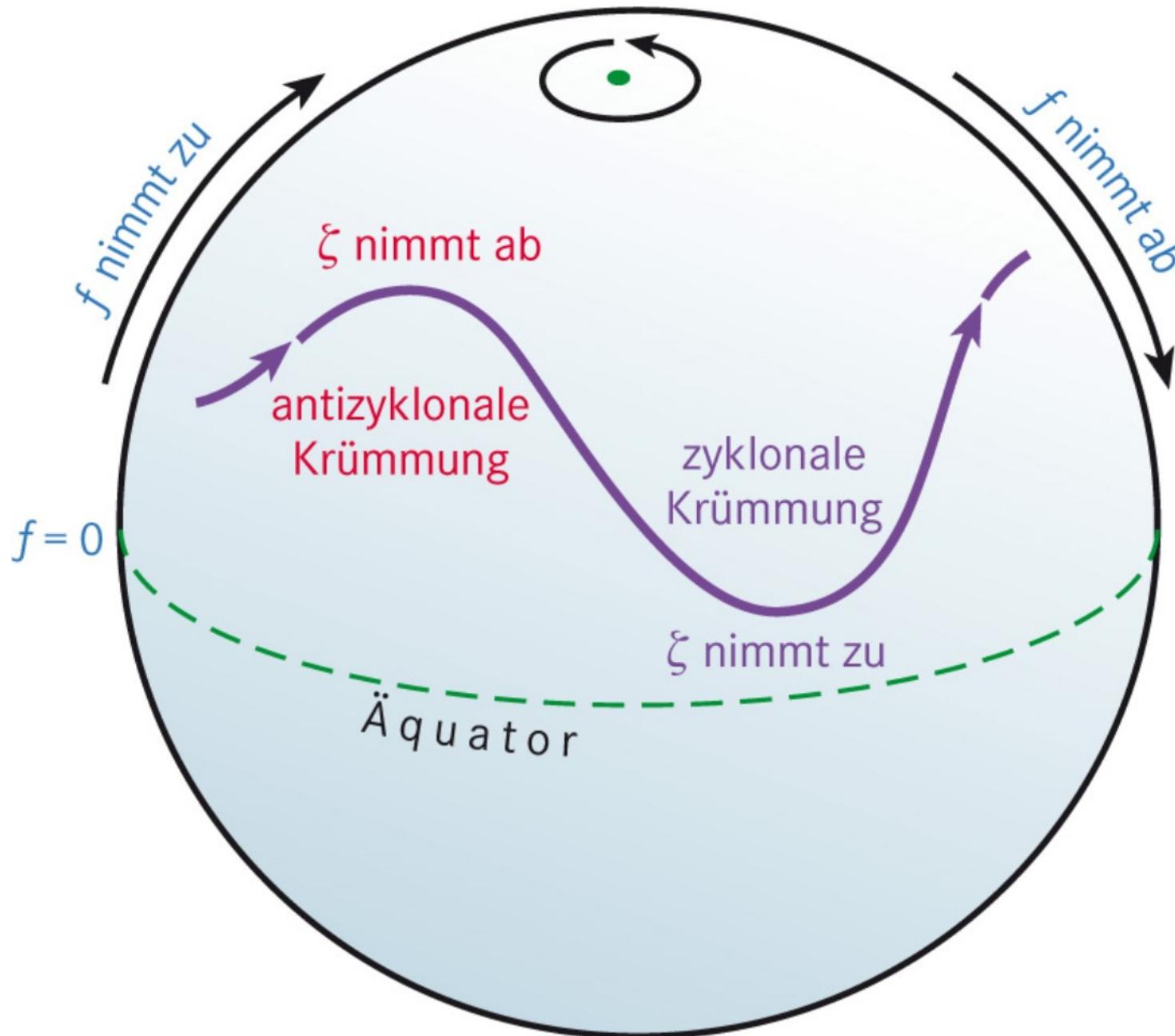
enthält einen Krümmungs- und einen
Scherungsterm)

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Außertropische Westwinddrift – Entwicklung von Rossby-Wellen (langen Wellen) in der Höhenströmung

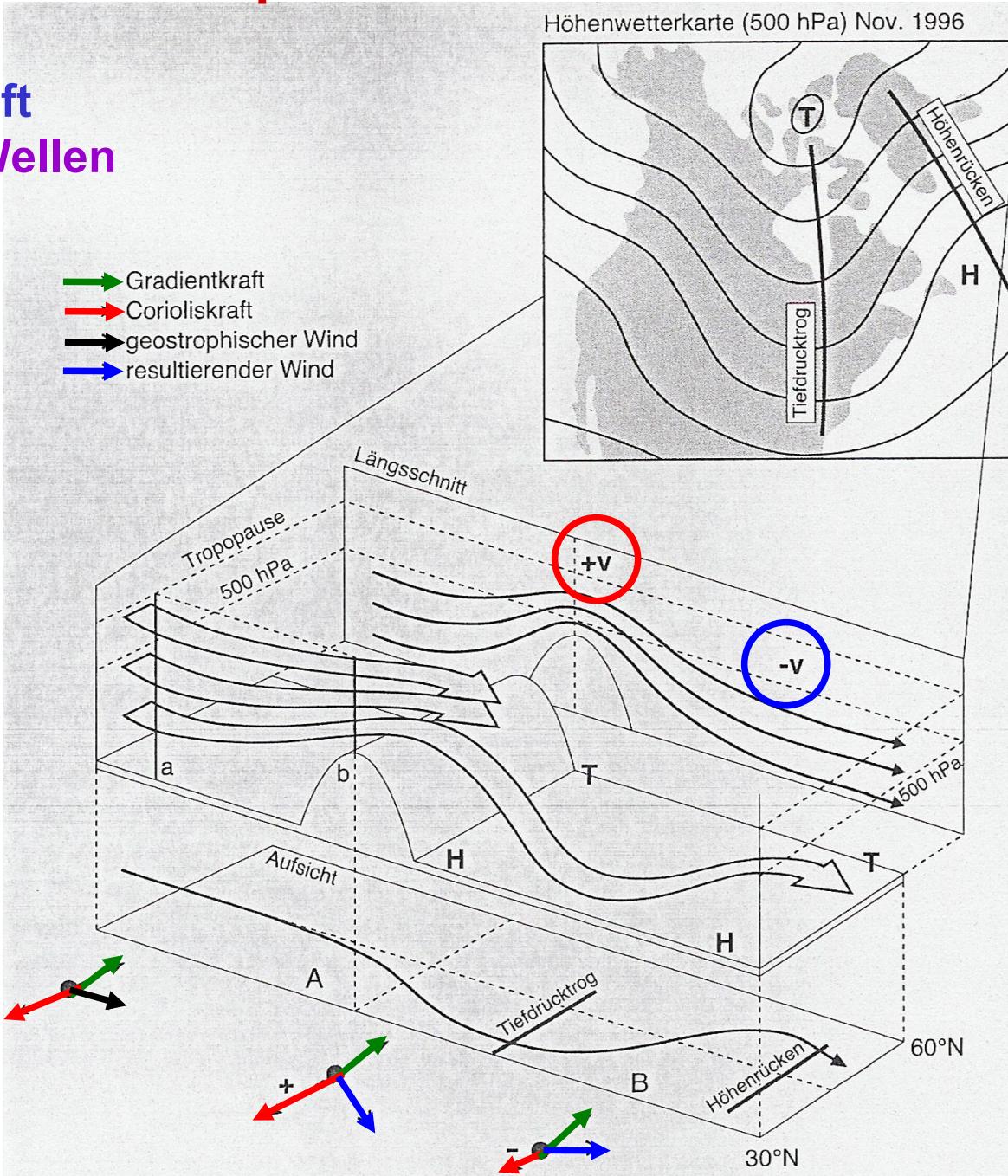
Krümmungs- und Scherungsvorticity





Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Außertropische Westwinddrift – Entstehung von Rossby-Wellen in der Höhenströmung (Einfluß orographischer Hindernisse)

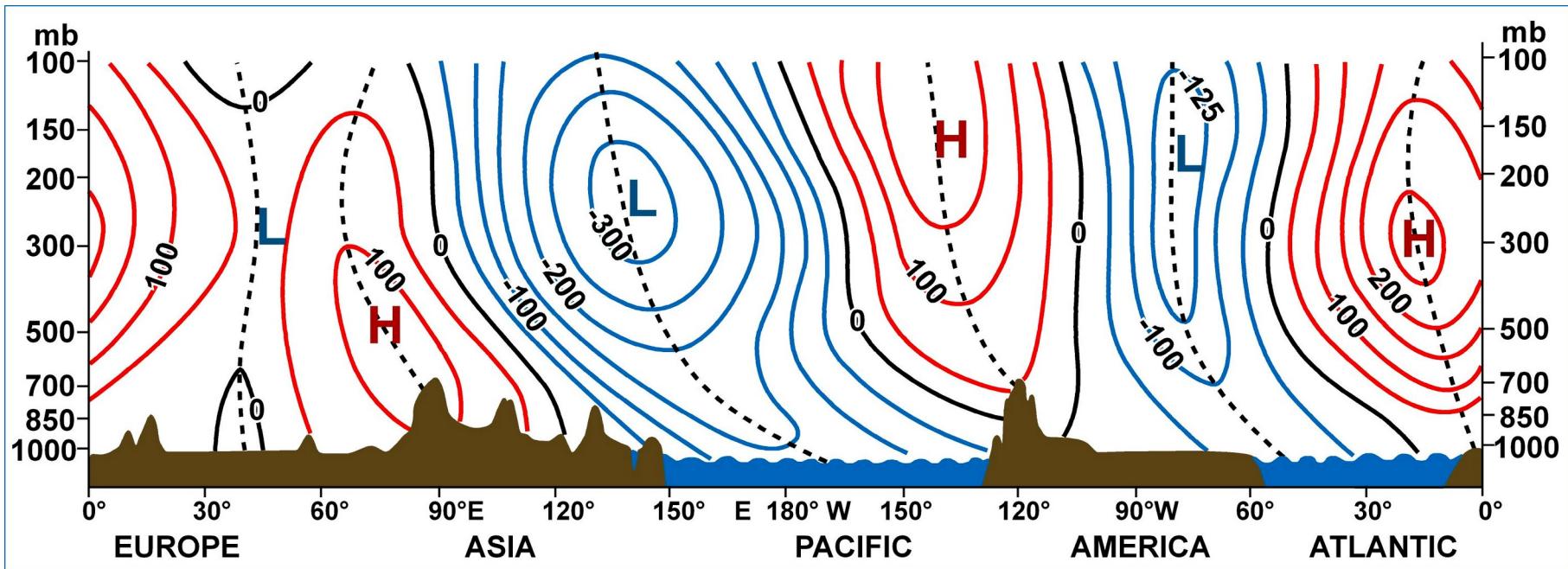


(Lauer & Bendix 2003)

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Außertropische Westwinddrift – Entstehung von Rossby-Wellen
in der Höhenströmung (Einfluß orographischer Hindernisse)

(nach Flohn 1975)



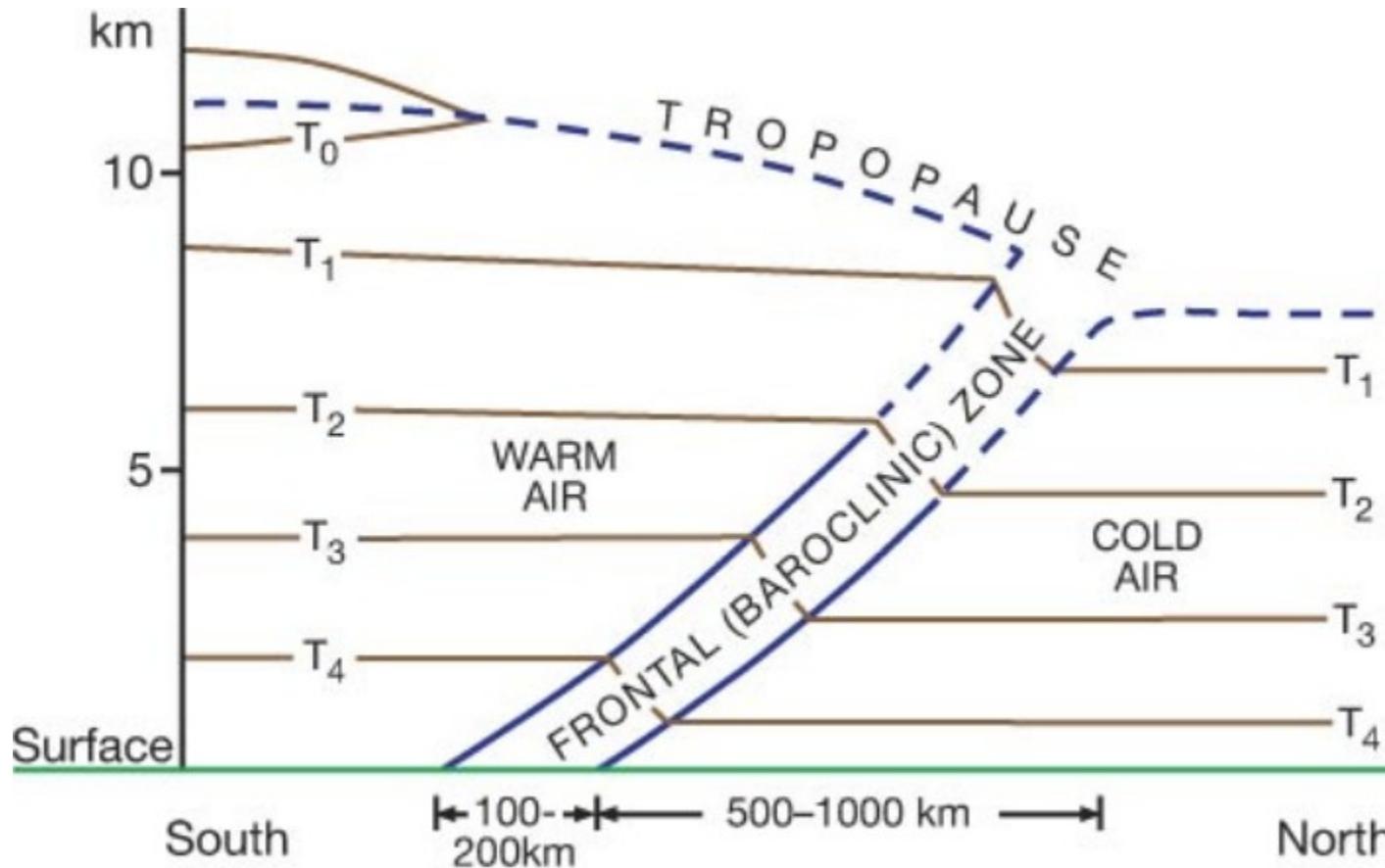
Abweichungen der geopotentiellen Höhen vom zonalen langzeitlichen Mittelwert
(Vertikalschnitt über dem Breitenkreis 50°N auf der Nordhalbkugel, Winter)

→ stehende lange Wellen

(im Mittel 5 bis 7)

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Konzentration der Temperatur- und Luftdruckgegensätze im Bereich der Planetarischen Frontalzone → Polarfront-Jetstream



(Barry and Chorley 2009)

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Konzentration der Temperatur- und Luftdruckgegensätze im Bereich der Planetarischen Frontalzone → Polarfront-Jetstream



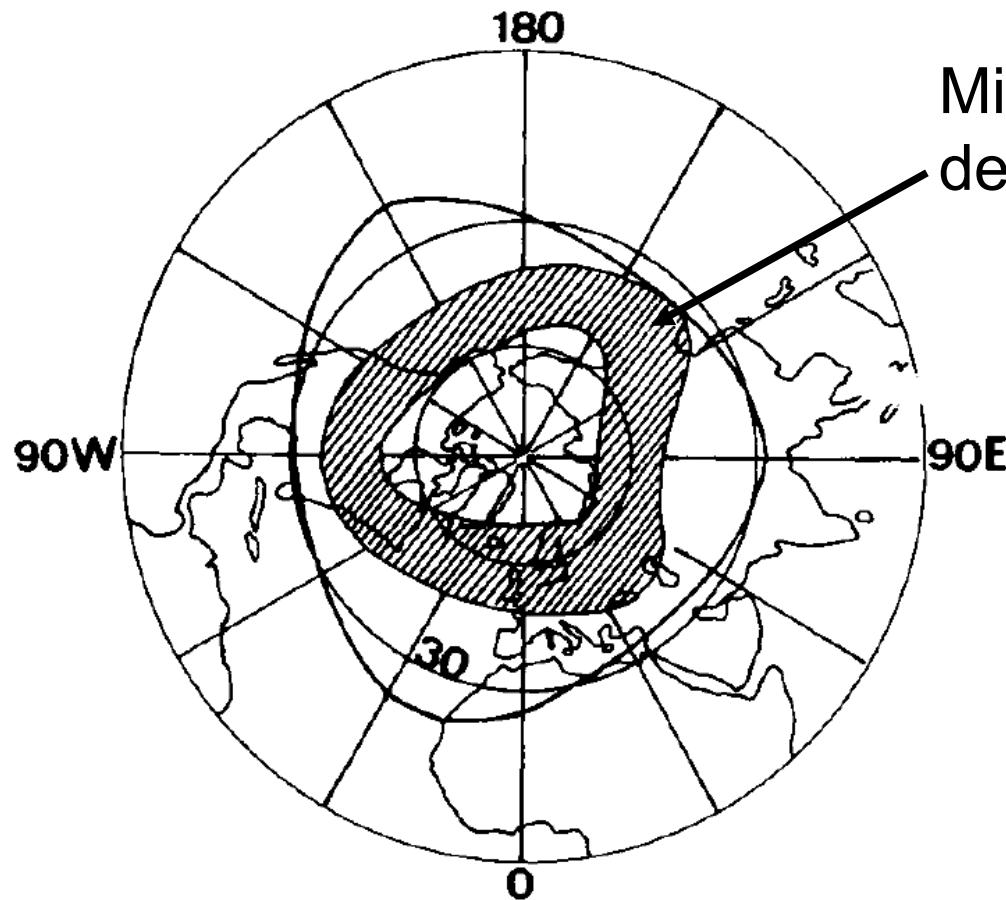
Polarfront - Jetstream:

Hochtroposphärische Starkwindzone aufgrund des verschärften Temperatur- und Druckgefälles im Bereich der Polarfront.

Strahlstrom mit Maximum der Windgeschwindigkeit (bis zu 500km/h) bei ca. 300hPa (etwa 10km).

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Konzentration der Temperatur- und Luftdruckgegensätze im Bereich der **Planetarischen Frontalzone** → **Polarfront-Jetstream**

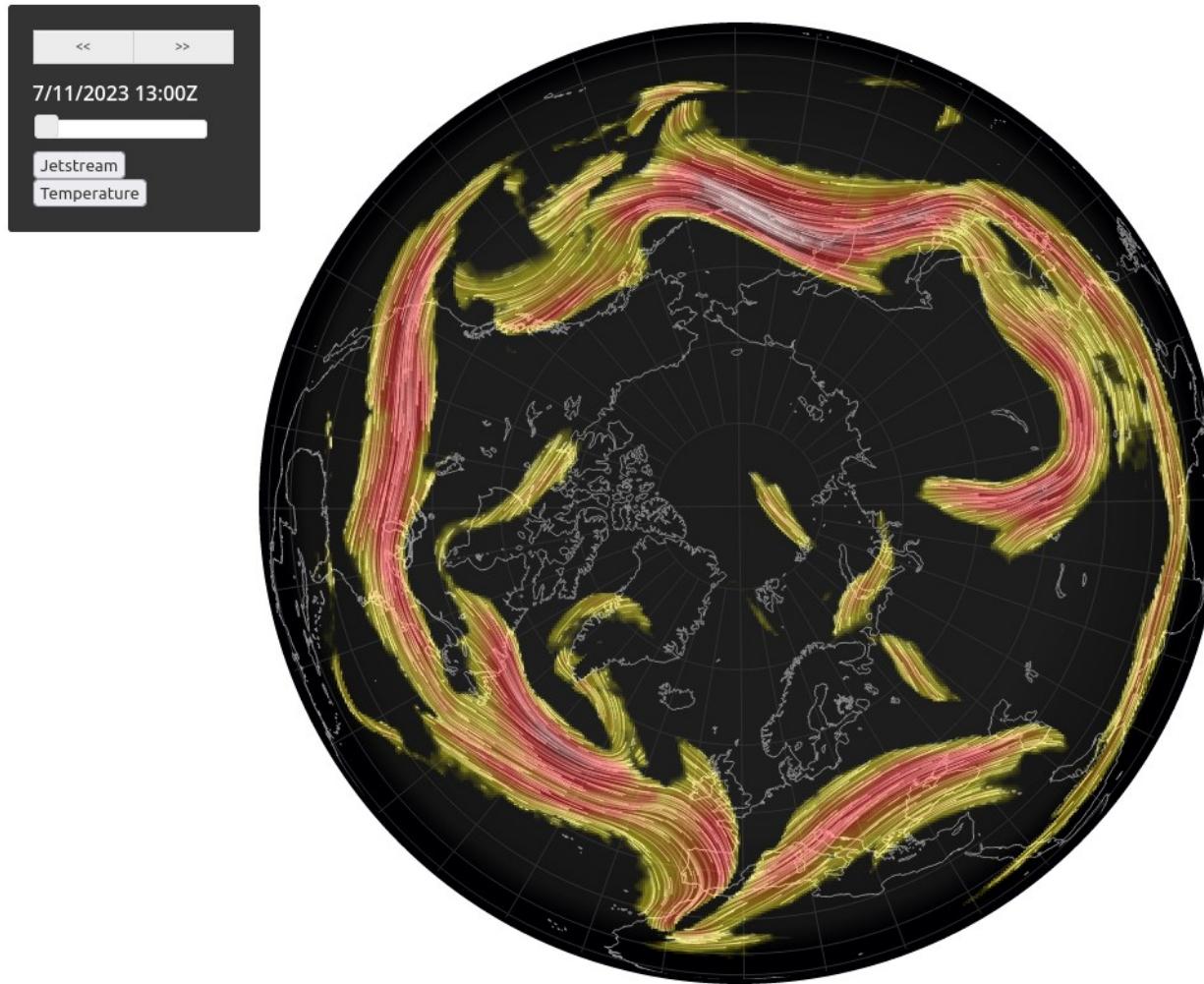


Mittlere geographische Lage
des Polarfront-Jetstreams

(Malberg 2007)

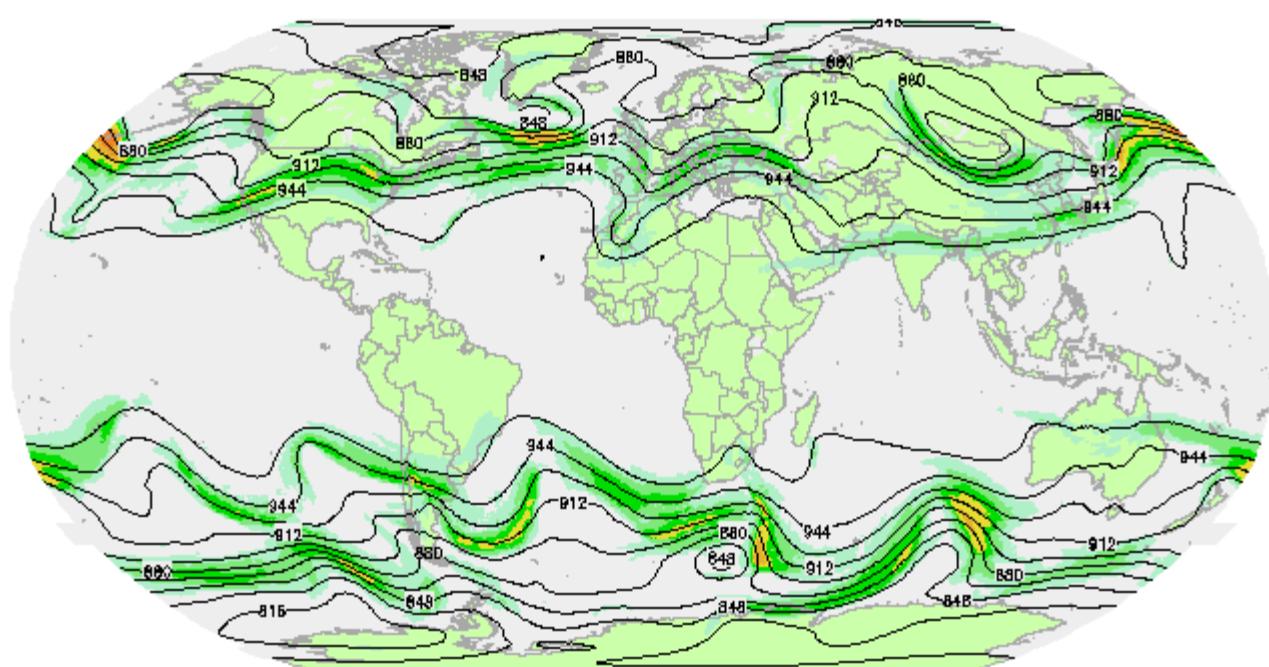
Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Konzentration der Temperatur- und Luftdruckgegensätze im Bereich der Planetarischen Frontalzone → Polarfront-Jetstream



Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Konzentration der Temperatur- und Luftdruckgegensätze im Bereich der Planetarischen Frontalzone → Polarfront-Jetstream



Jet stream/Height 300 hPa [kts] GFS
60 80 100 120 140 160 180

Tu 07-11-2023 18:00 UTC (12+06)
©weatheronline.co.uk

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Entwicklung dynamischer Drucksysteme im Bereich des PFJ

Ursachen:

**Beschleunigungen und Abbremsungen
in der Höhenströmung:**

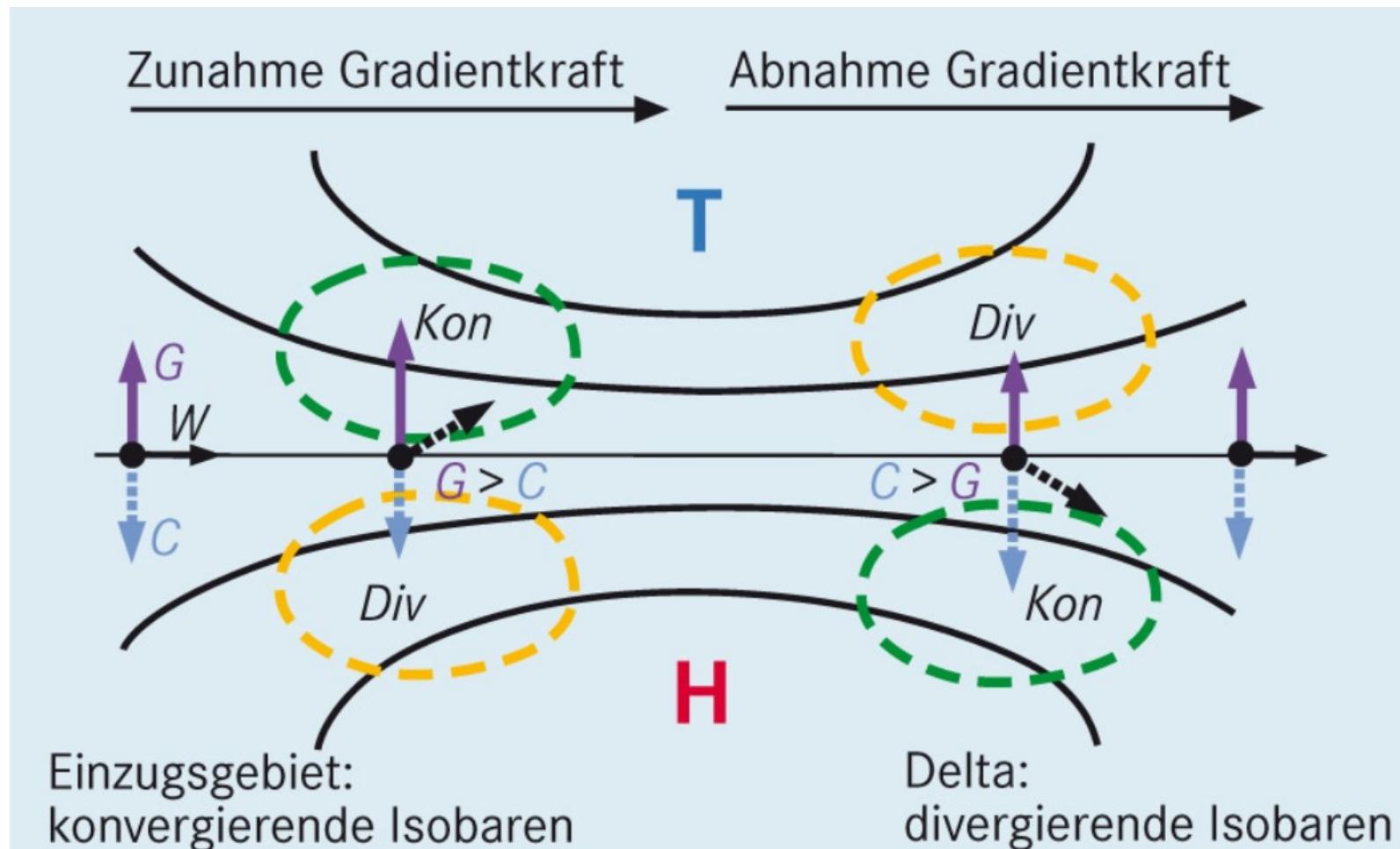
- ← im Bereich konvergierender / divergierender Isobaren
dabei wirksame Massenträgheiten
- ageostrophische Massenverlagerungen und Luftdruckänderungen

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Entwicklung dynamischer Drucksysteme im Bereich des PFJ

Divergenztheorie nach Ryd-Scherhag

G: Gradientenkraft
C: Corioliskraft



Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Entwicklung dynamischer Drucksysteme im Bereich des PFJ

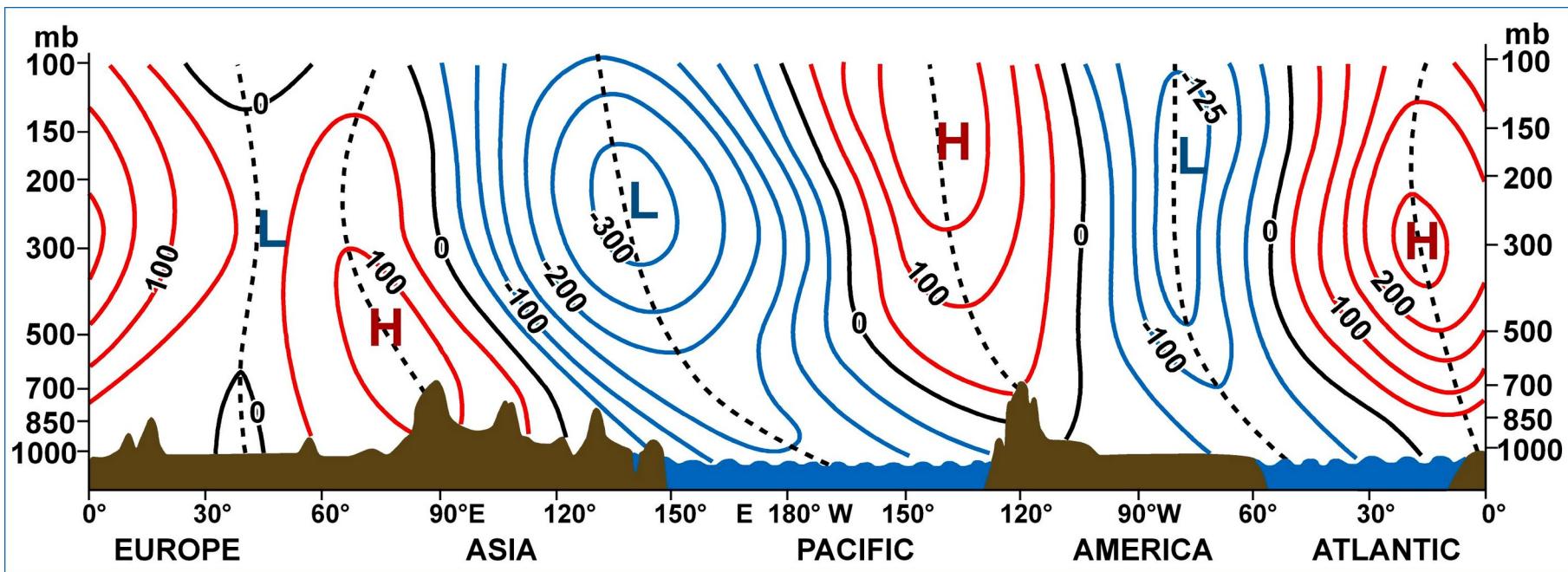
Divergenz in der Höhe erzeugt dynamisches Tief

Konvergenz in der Höhe erzeugt dynamisches Hoch

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Außertropische Westwinddrift – Entstehung von Rossby-Wellen
in der Höhenströmung (Einfluß orographischer Hindernisse)

(nach Flohn 1975)



Abweichungen der geopotentiellen Höhen vom zonalen langzeitlichen Mittelwert
(Vertikalschnitt über dem Breitenkreis 50°N auf der Nordhalbkugel, Winter)

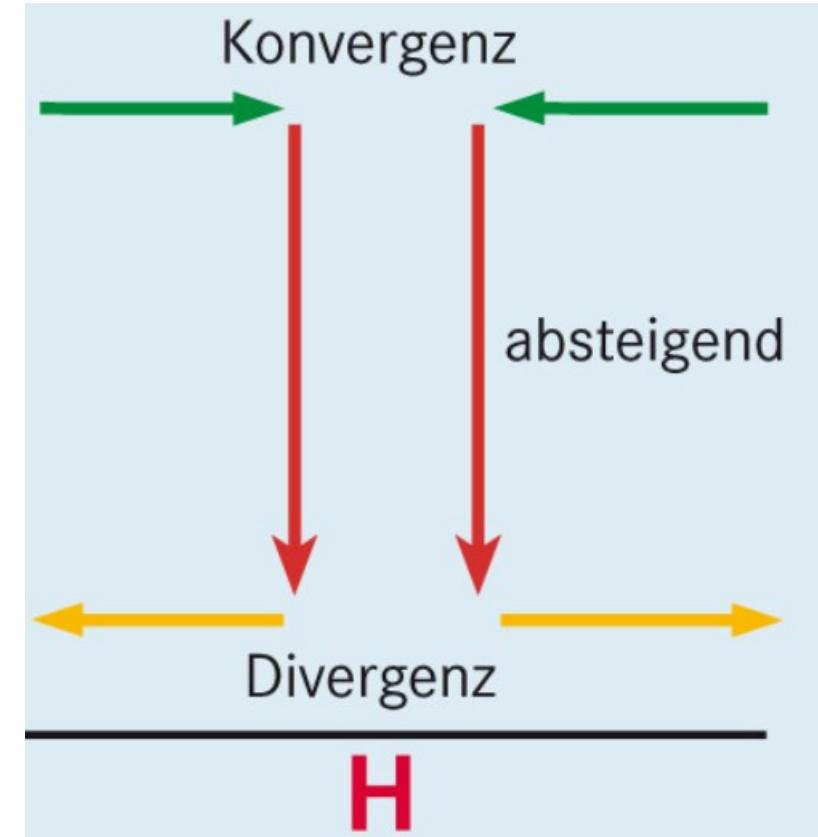
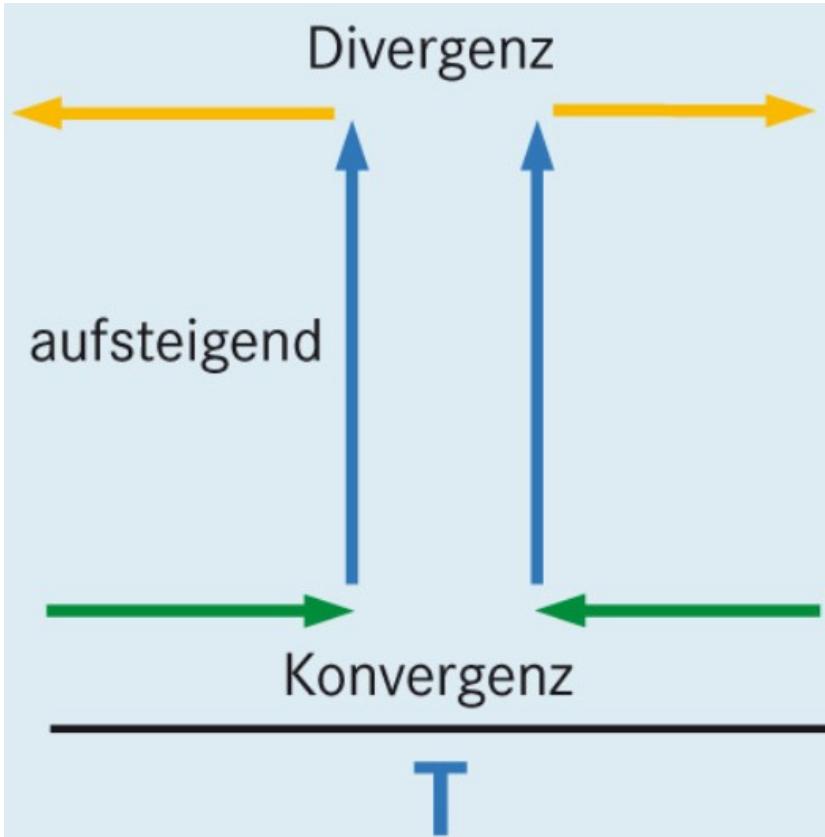
→ stehende lange Wellen

→ Aktionszentren im Luftdruckfeld: z.B.
Aleuten-, Island-T ; Hawaii-, Azoren-H

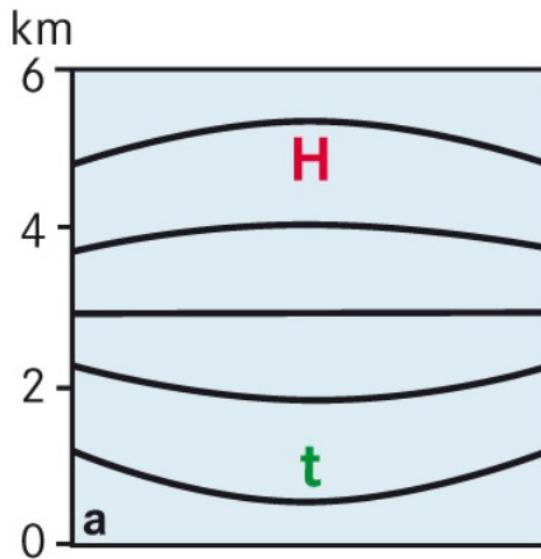
	HOCH	TIEF
Rotation	antizyklonal	zyklonal
bodennahe Strömung	divergentes Ausströmen	konvergentes Einströmen
Vertikalbewegung	absinkend	aufsteigend
Bewölkung	gering	stark
aber:	Nebelbildung	Hitzetiefs
bei dyn. Druckgebilden	Höhenkonvergenz	Höhendifferenz

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

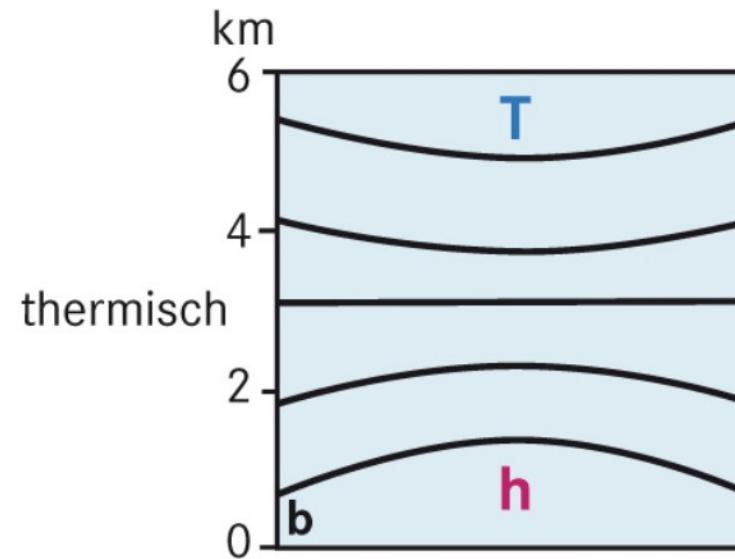
Entwicklung dynamischer Drucksysteme im Bereich des PFJ



Unterschiedliche Druckgebilde in verschiedenen Luftmassen⁴⁴

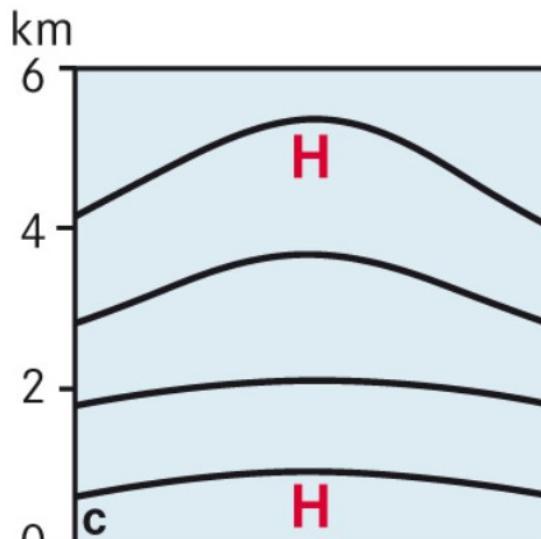


Hitzetief in Warmluft

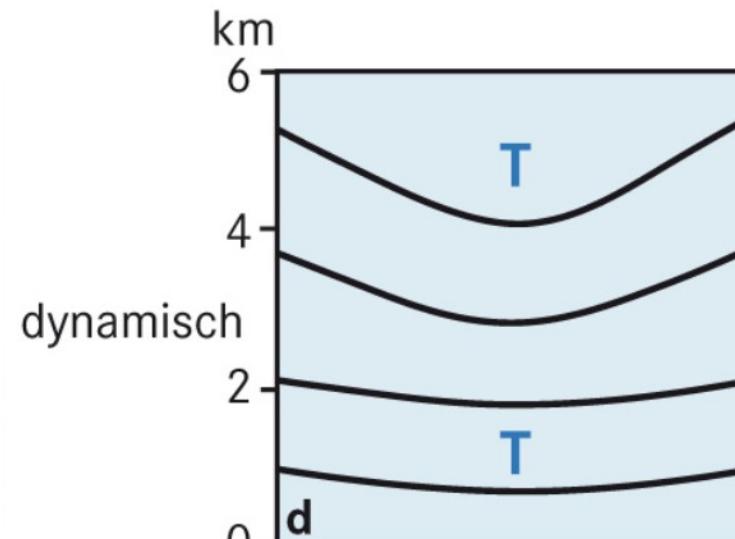


thermisch

Kältehoch in Kaltluft



Zentralhoch in Warmluft

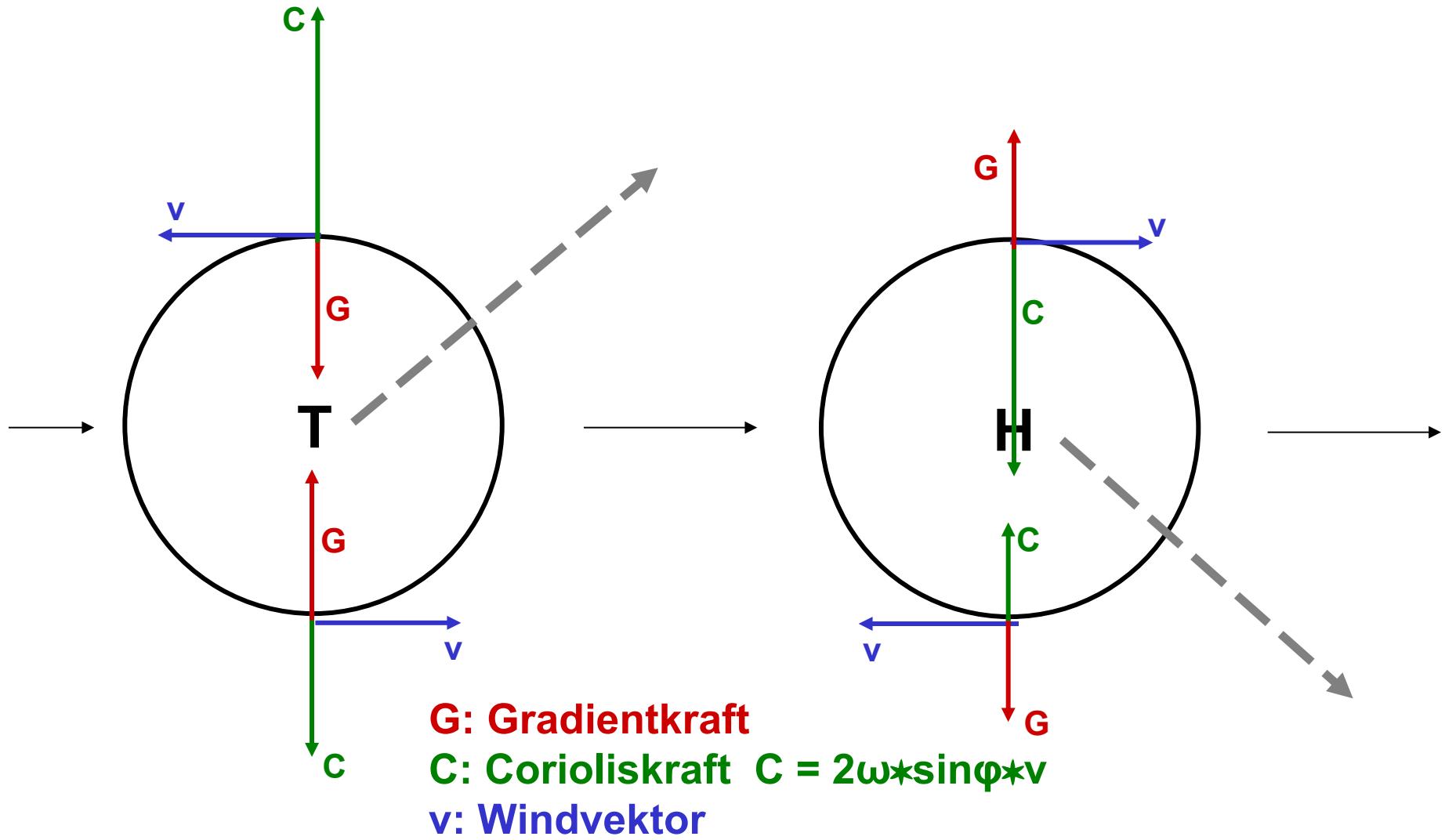


dynamisch

Zentraleltief in Kaltluft

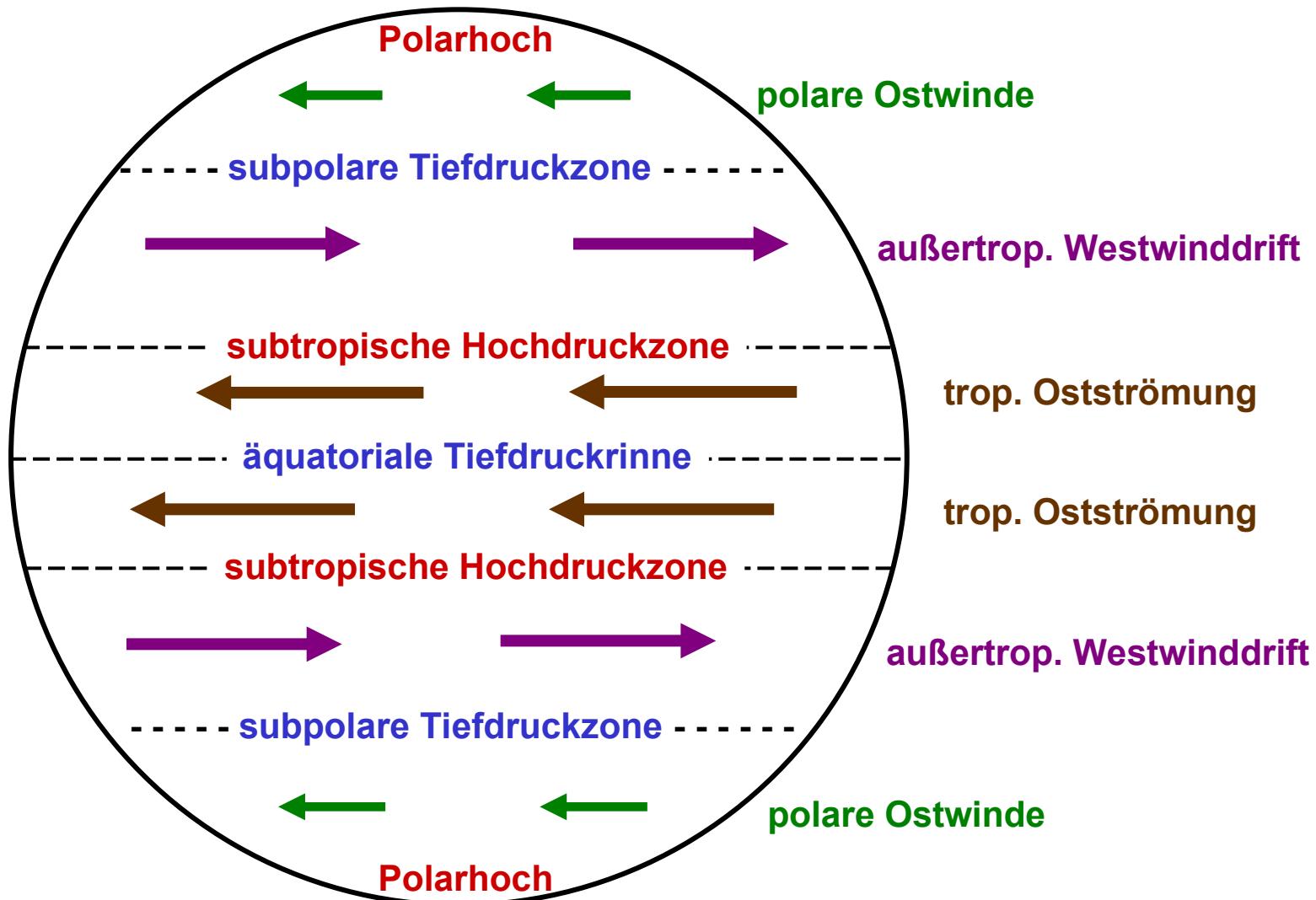
Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Außertropische Westwinddrift – Ausscheren von Drucksystemen aus der Westdrift



Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Luftdruck- und Windgürtel der Erde



für reibungsfreie Verhältnisse !

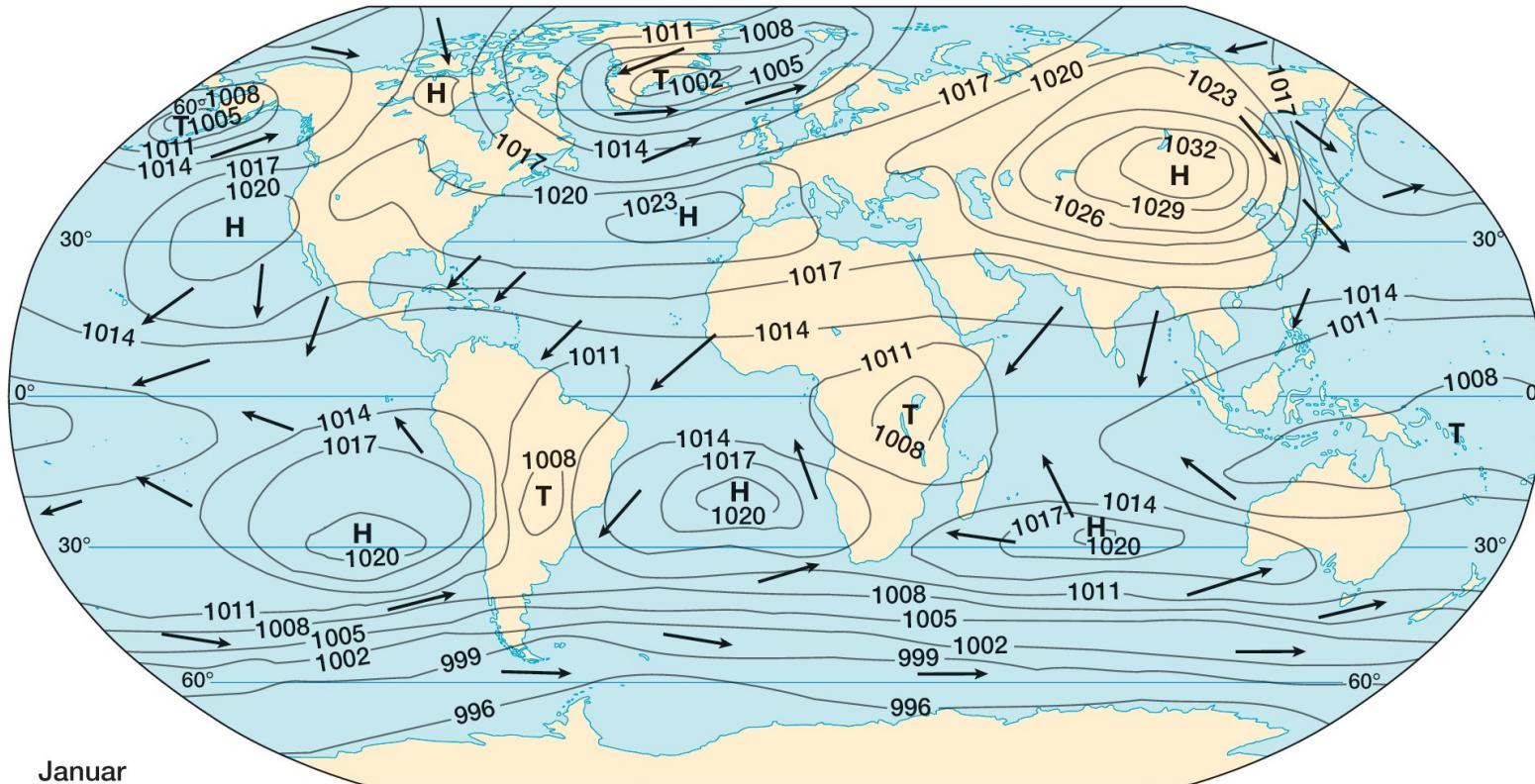
Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Luftdruck- und Windgürtel der Erde

- **jahreszeitliche Intensitätsschwankungen**
 - stärkere Gradienten im jeweiligen Winter
- **jahreszeitliche Breitenverlagerungen**
 - wesentlich ausgeprägter in kontinentalen als in maritimen Bereichen
 - Stetige und alternierende Klima
- **planetarische Asymmetrie**
 - stärkere Gradienten auf der Südhalbkugel

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

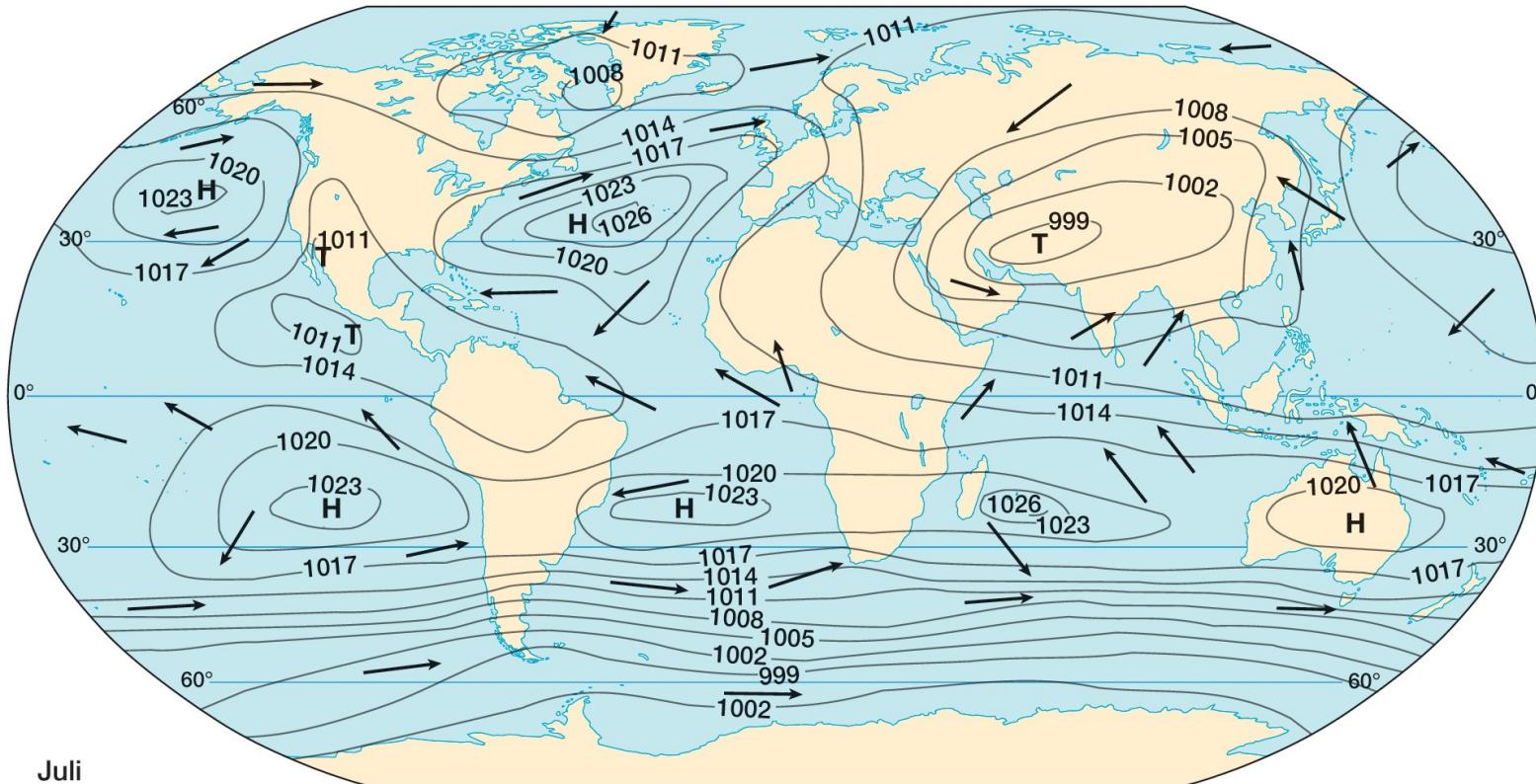
Luftdruck- und Windgürtel der Erde



Mittlere Luftdruckverteilung und Windrichtung im Januar

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Luftdruck- und Windgürtel der Erde



Mittlere Luftdruckverteilung und Windrichtung im Juli

Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Aktionszentren im Luftdruckfeld der Nordhemisphäre

