

Wintersemester 2023/2024

# **Physische Geographie 1**

**(Grundkursvorlesung PG 1 – Vorlesungsteil Klimatologie)**

**Prof. Dr. Christoph Beck**

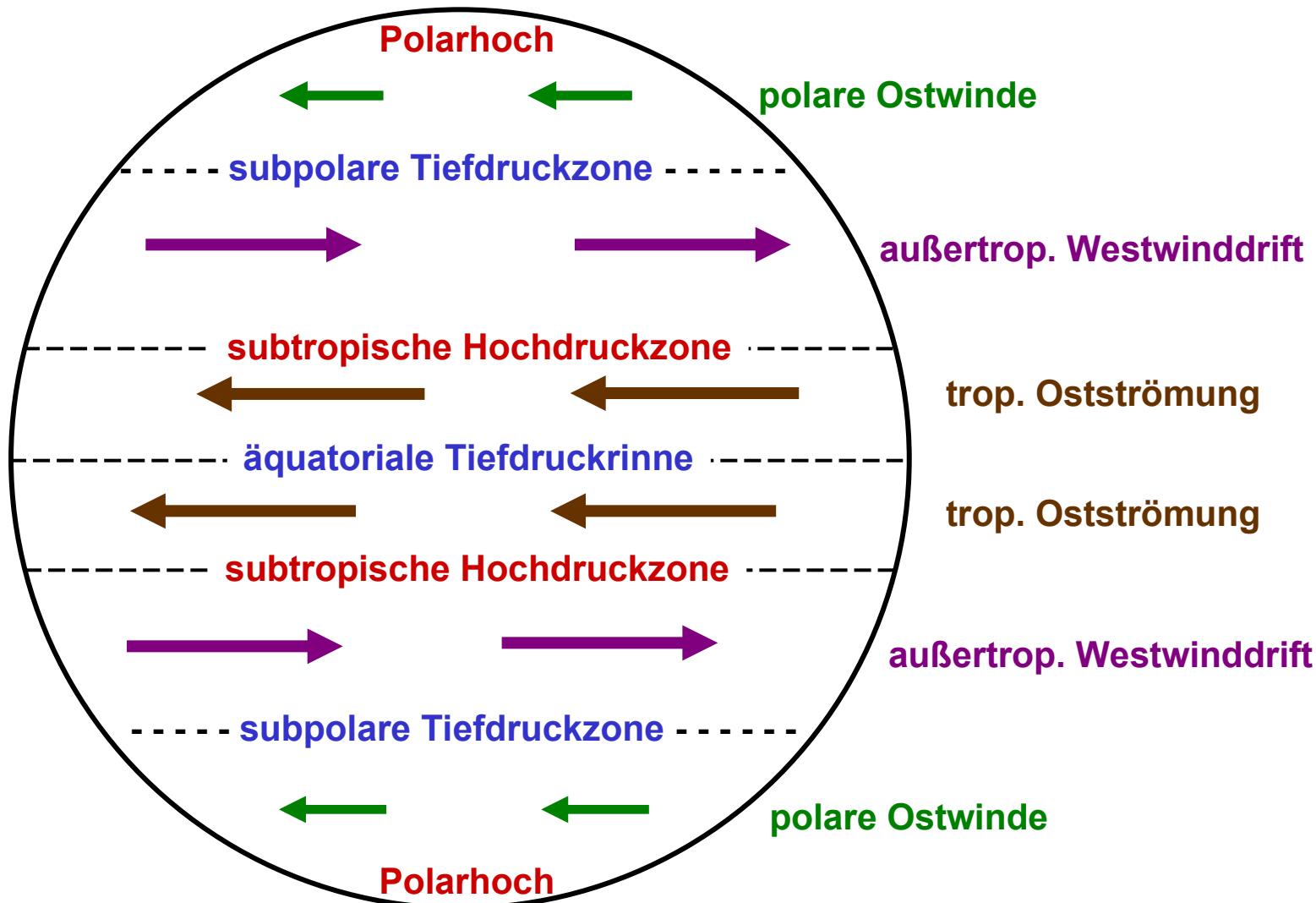
Lehrstuhl für Physische Geographie mit Schwerpunkt Klimaforschung

Institut für Geographie

Universität Augsburg

# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Luftdruck- und Windgürtel der Erde



für reibungsfreie Verhältnisse !

# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Zone der Polaren Ostwinde:

Im Bereich der Pole flache, stark variierende Hochdruckzellen

← starke Abkühlung

→ polare Ostwinde der unteren Troposphäre,  
gehen im Bereich der Arktik- bzw. Polarfront in wandernde Zyklonen über

→ Polare Ostwinde als Teil der außertropischen Westwindzirkulation

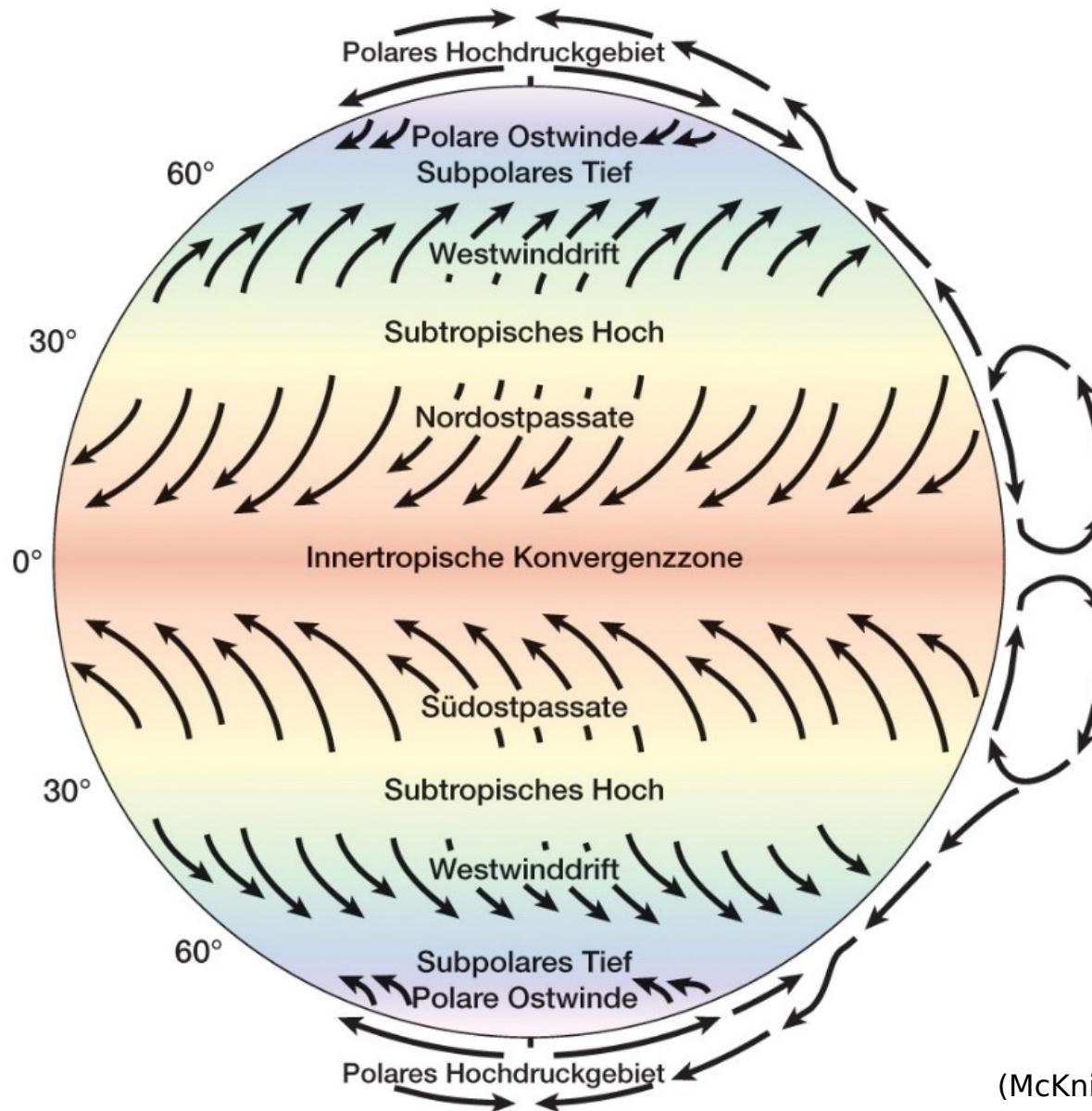
# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

- ← ausgebildet zwischen den **subtropischen Hochdruckzonen** beider Hemisphären und der **äquatorialen Tiefdruckrinne**
- zonaler Grundstrom nach Westen  
in der reibungsfreien höheren Troposphäre (**Trop. Ostwindzone**)
- unter Reibungseinfluss (Peplosphäre)  
geotriptischer Wind mit äquatorwärtiger Komponente
  - NE-Passat** der N-Hemisphäre
  - SE-Passat** der S-Hemisphäre
- zwischen den Passatzonen bildet sich die  
**Innertropische Konvergenzzone (ITC)**

# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

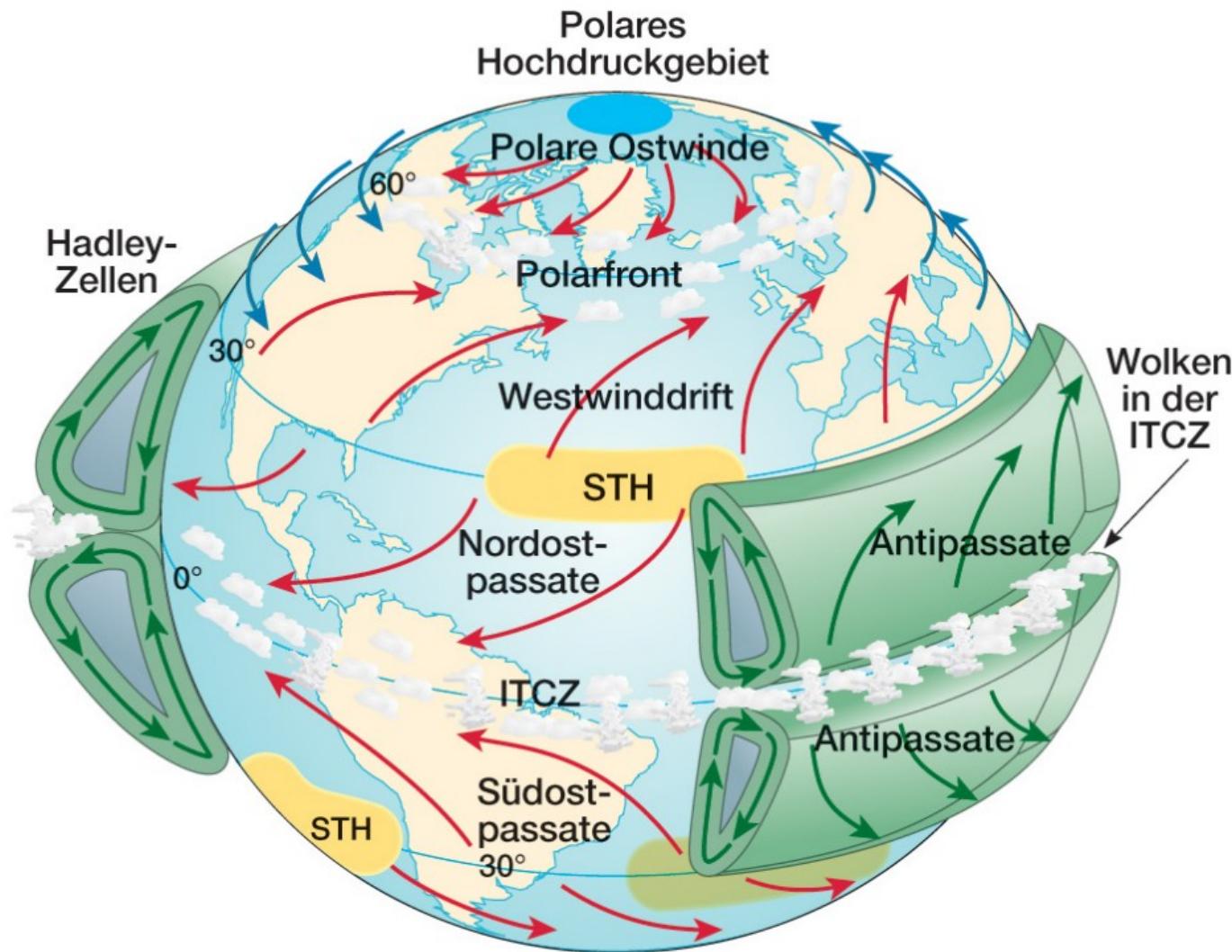
## Luftdruck- und Windgürtel der Erde



(McKnight & Hess 2009)

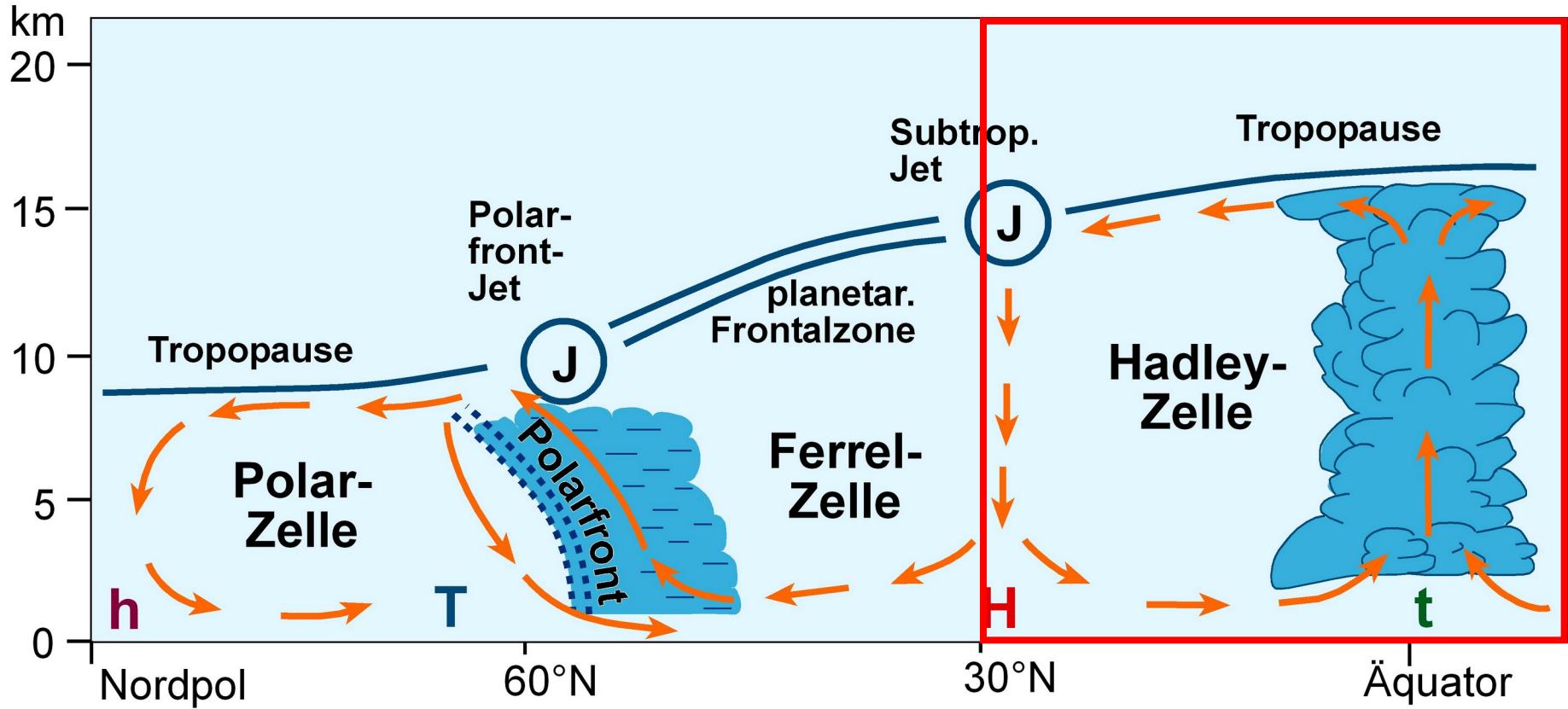
# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Luftdruck- und Windgürtel der Erde



# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

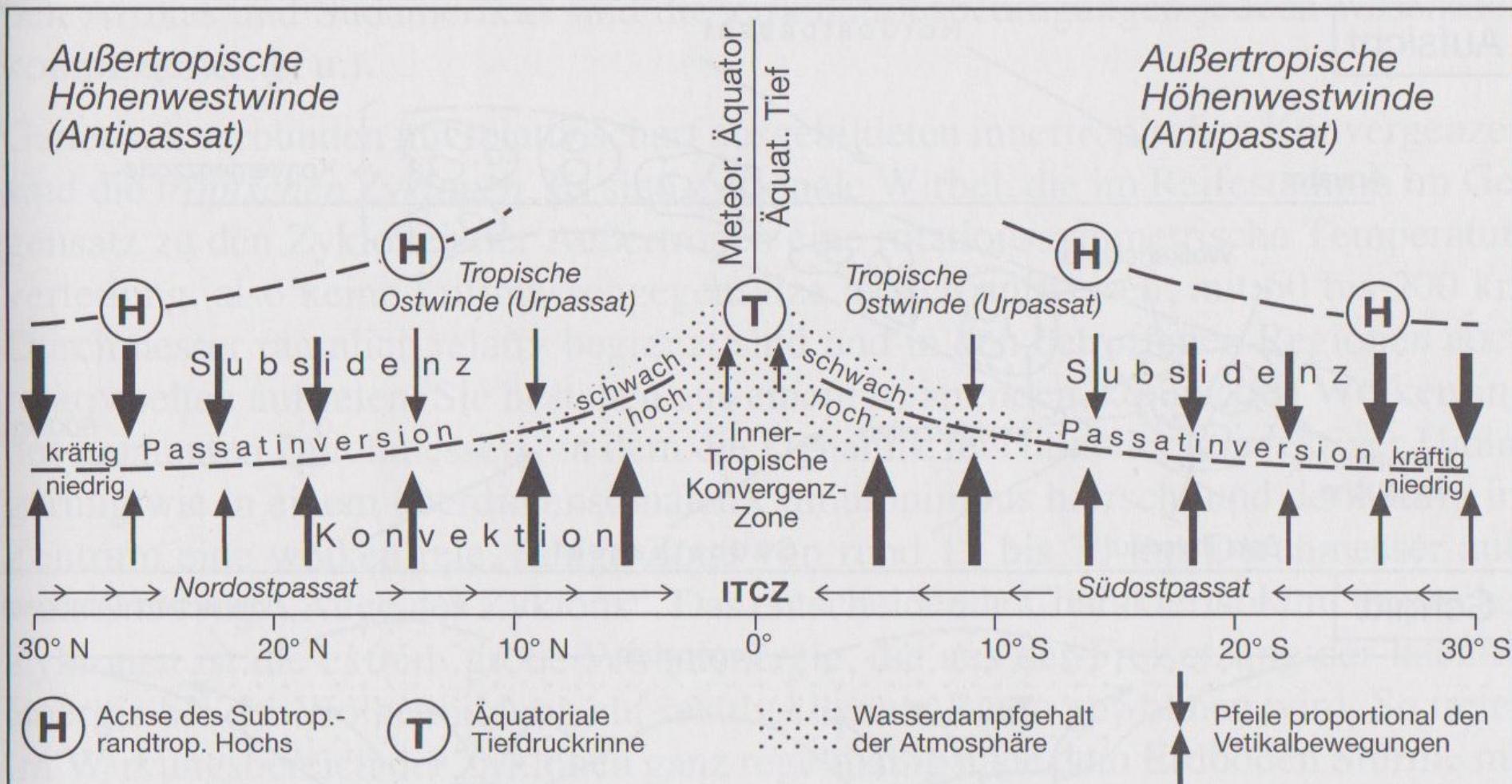


# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

Nach dem Prinzip einer<sup>10</sup>  
dynamischen  
Absinkinversion  
bildet sich die  
**Passatinversion**

## Die Tropische Zirkulation:

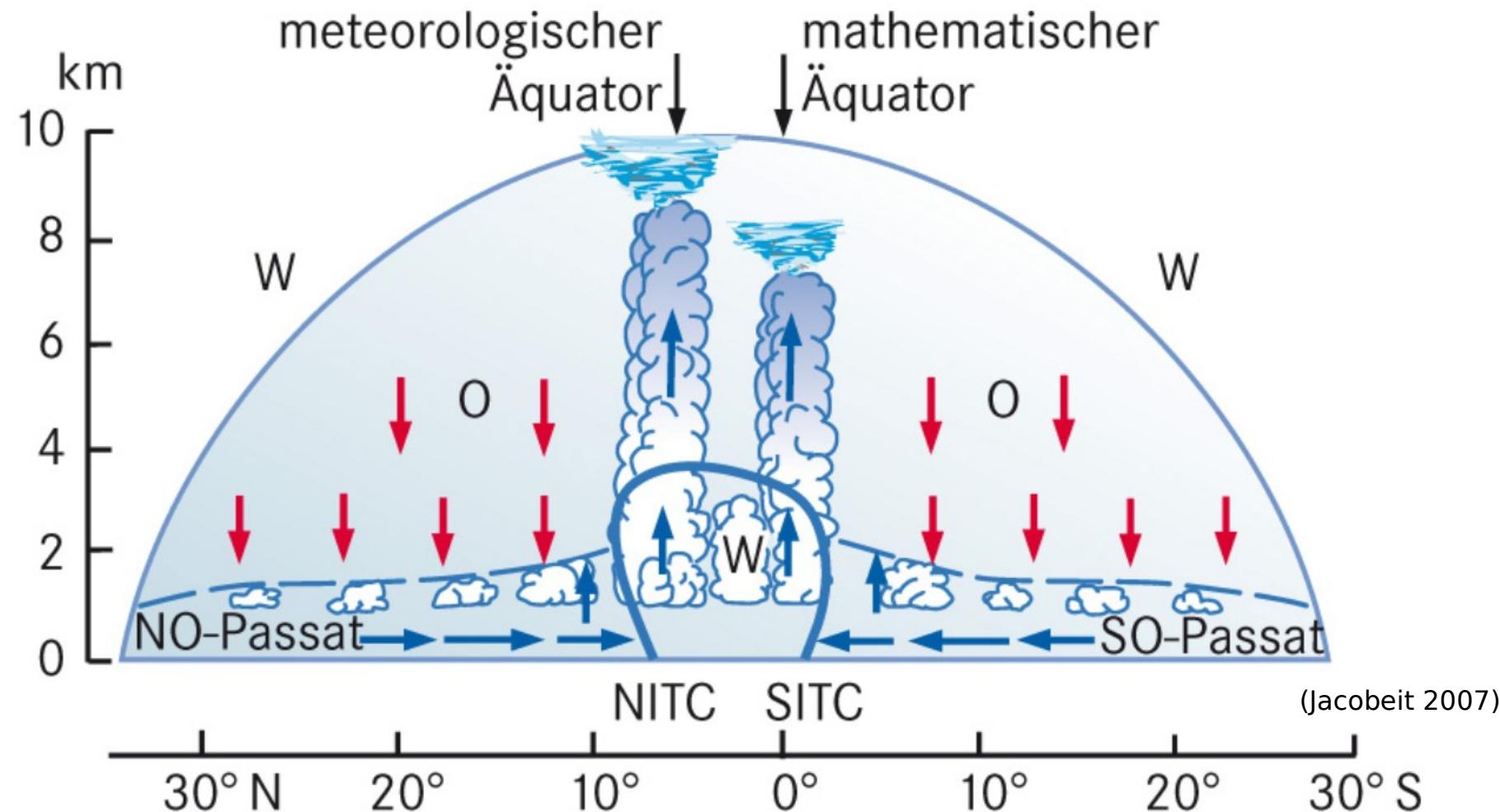
### Charakteristika innerhalb der Passatzone



# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

## **Charakteristika innerhalb der Passatzone**



# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

### Zone Tropischer Westwinde:

← ITC selten aus direktem Aufeinandertreffen der hemisphärischen Passate resultierend

insbes. in kontinentalen Bereichen:

Aufspaltung der ITC in nördlichen und südlichen Ast

← jahreszeitliche Verlagerungen der großräumigen Druck- und Windsysteme

- Druckgefälle zu randtropischen kontinentalen Hitzetiefs  
(← Zenitstand der Sonne)

und Übertritt der Passatströmung auf die andere Halbkugel

→ geringmächtige tropische WW-Zone  
(bodennah SW- bzw. NW-Monsune)

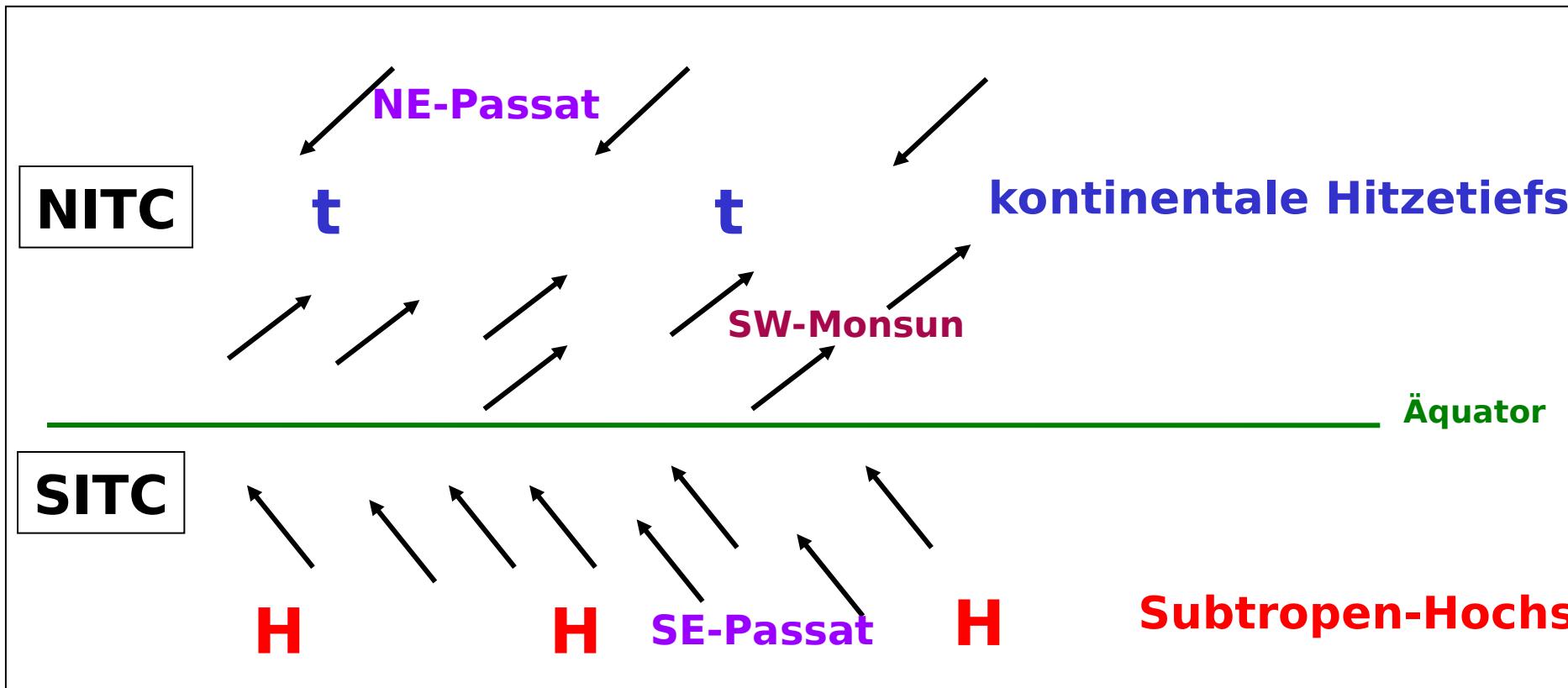
→ Konvergenzzonen an den Rändern der trop. WW-Zone

# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

### Tropische Monsunzirkulation:

Nordsommer



**NITC:** nördlicher Ast der ITC; Konfluenz zw. NE-Passat u. innertrop. Westwinden

**SITC:** südlicher Ast der ITC; Konfluenz zw. SE-Passat u. innertrop. Westwinden

# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

### Tropische Monsunzirkulation:

#### Definition:

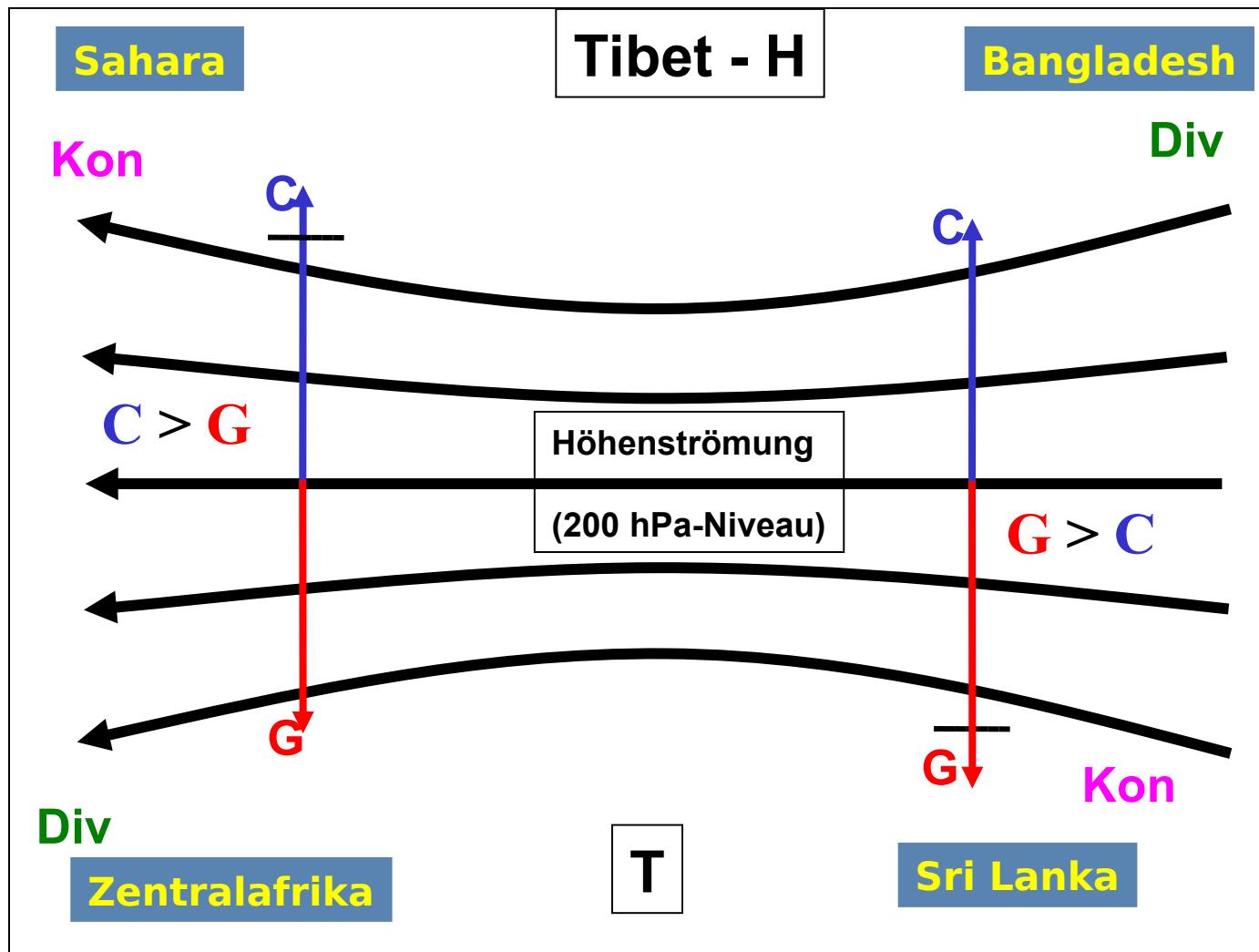
System mit jahreszeitlichem Wechsel in vorherrschender Windrichtung (um mind.  $120^\circ$ ) und allgemeinem Witterungscharakter.

**Kein kontinental vergrößertes Land-Meer-Windsystem!**

Neben Hitzetiefs:

- Bedeutung dynamischer Prozesse innerhalb der überlagernden Ostströmung  
etwa: konvektionsfördernde / -hemmende Divergenzen / Konvergenzen innerhalb des Tropical Easterly Jet (TEJ)

## Tropical Easterly Jet (TEJ)

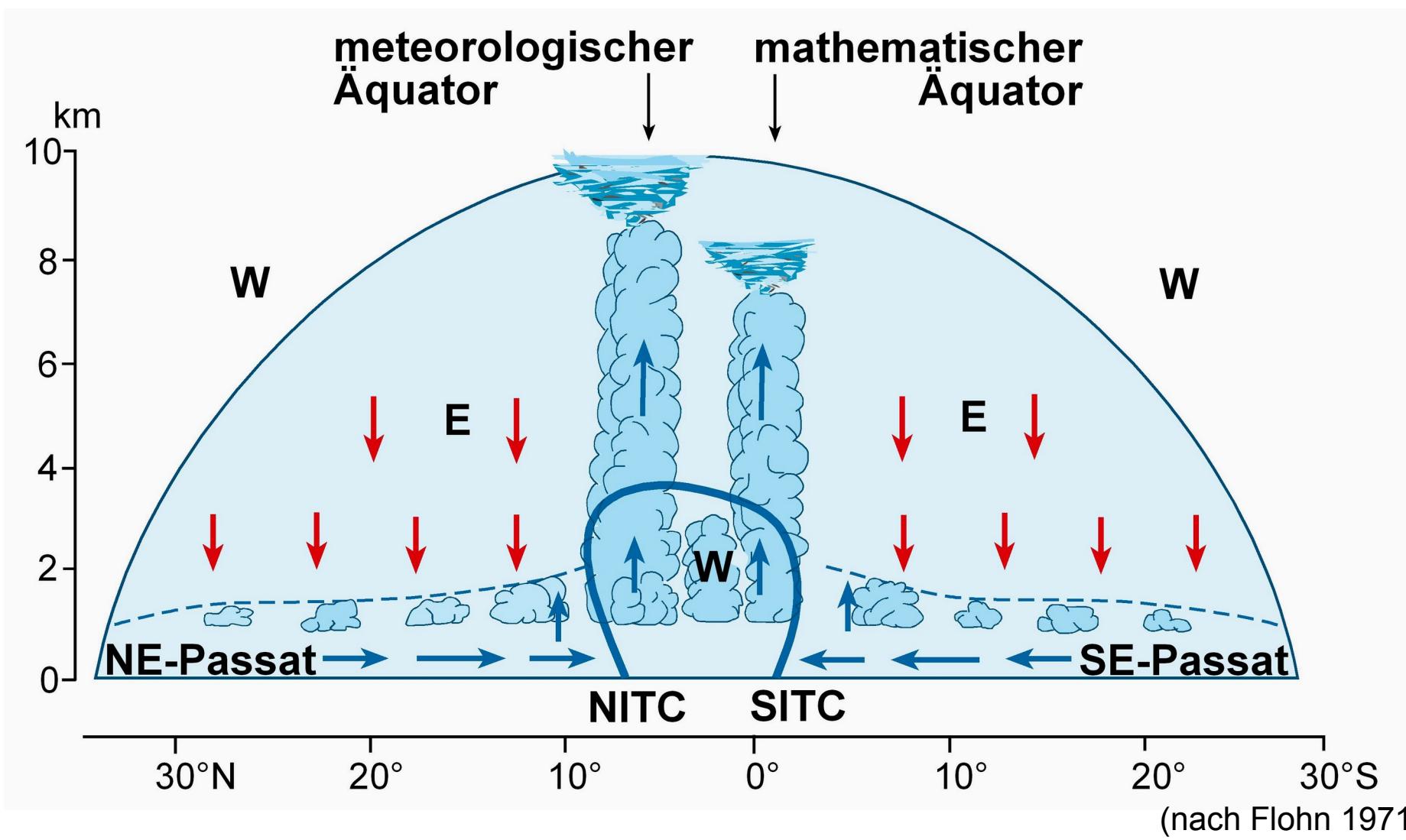


**G: Gradientkraft    C: Corioliskraft**

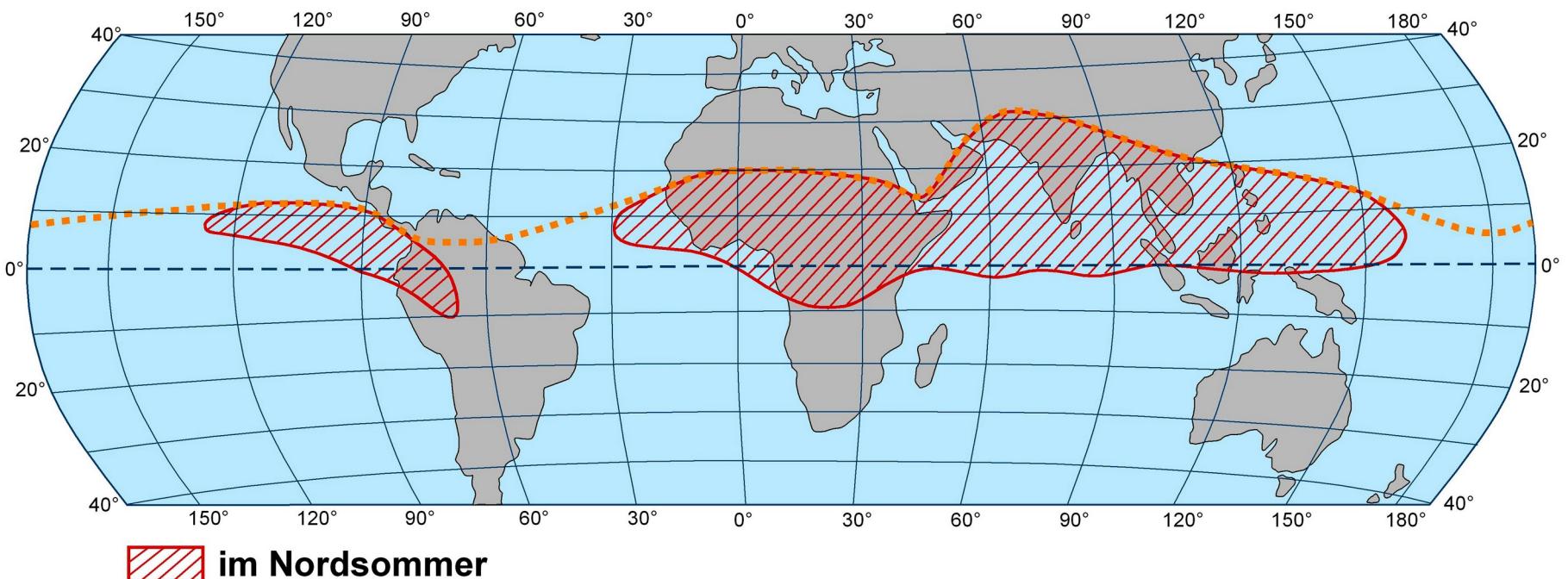
# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

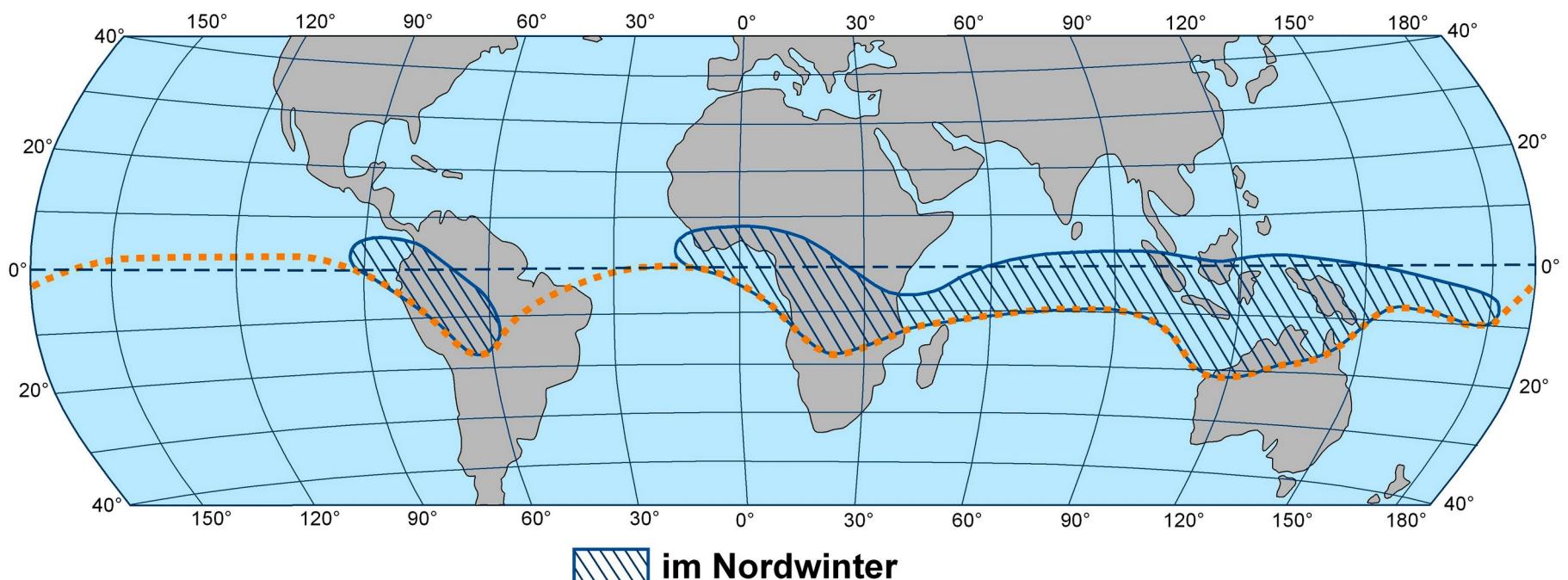
Nordsommer



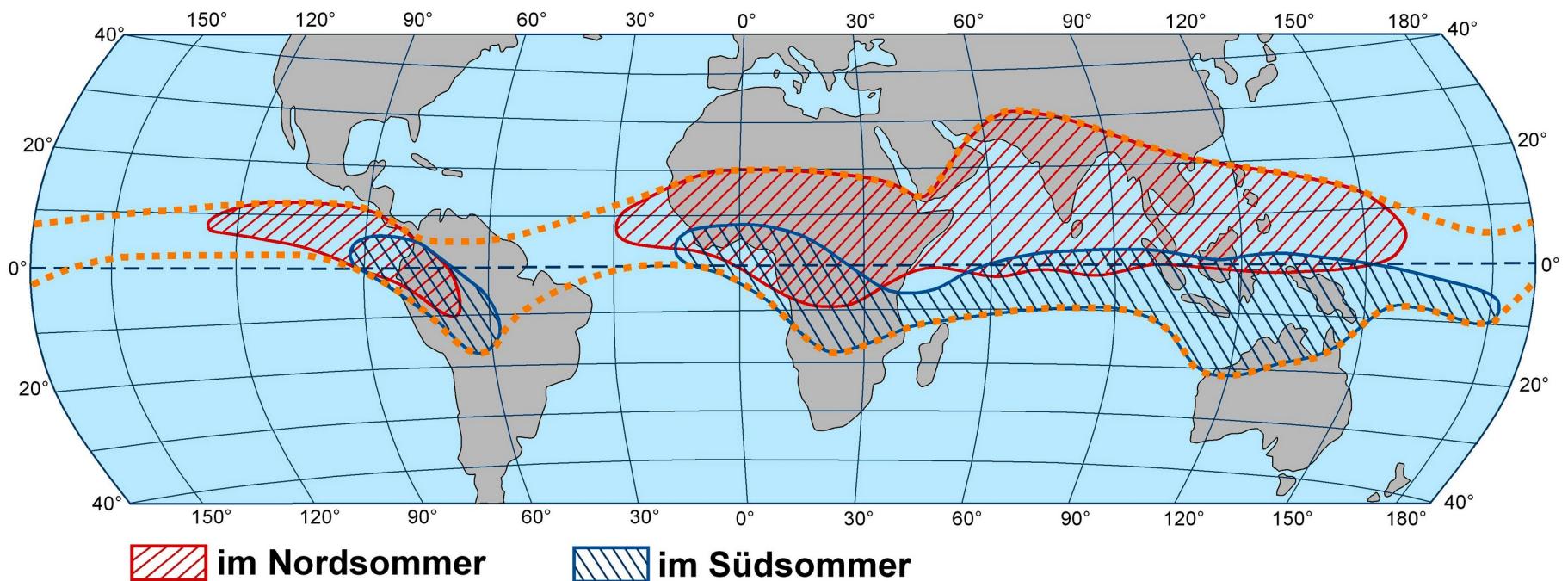
# Ausdehnung der Tropischen Westwindzone



# Ausdehnung der Tropischen Westwindzone



## Ausdehnung der Tropischen Westwindzone



# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

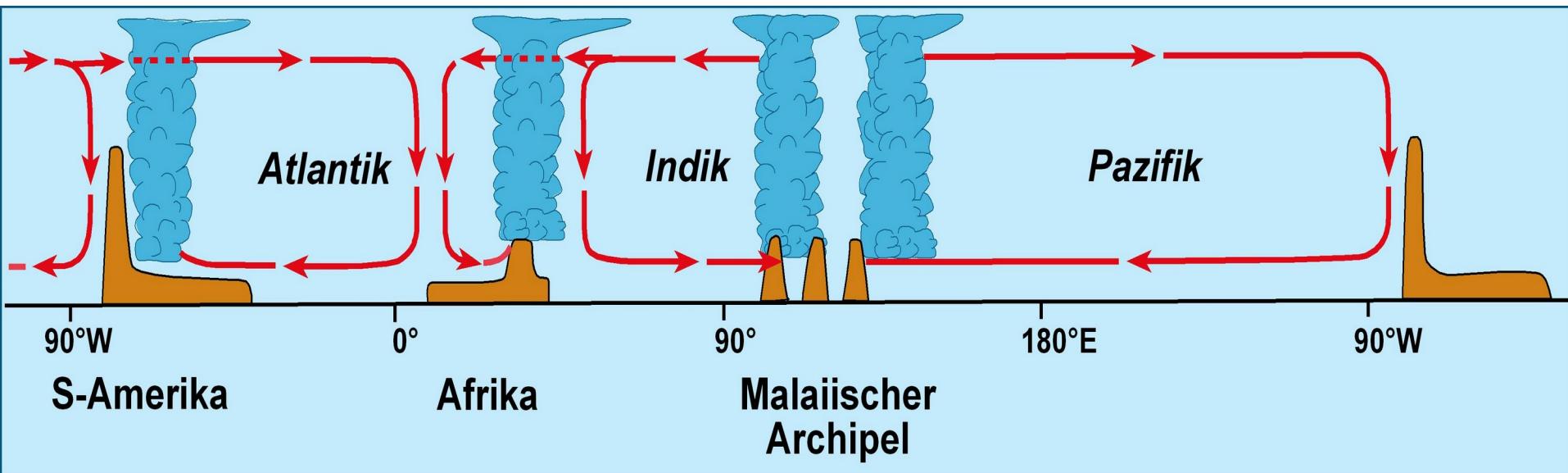
**Hadley-Zirkulation als (mittlere) meridionale Komponente  
der Tropischen Zirkulation**

**Walker-Zirkulation als (mittlere) zonale Komponente  
der Tropischen Zirkulation**

# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

### Mittlere zonale Walker-Zirkulation (nach Flohn):



**Aufstieg über Wärmequellen (kontinentale Hitzetiefs)**

**Abstieg über Kältesenken (ozeanische Kaltwassergebiete)**

entgegengerichtete **Horizontalkomponenten**

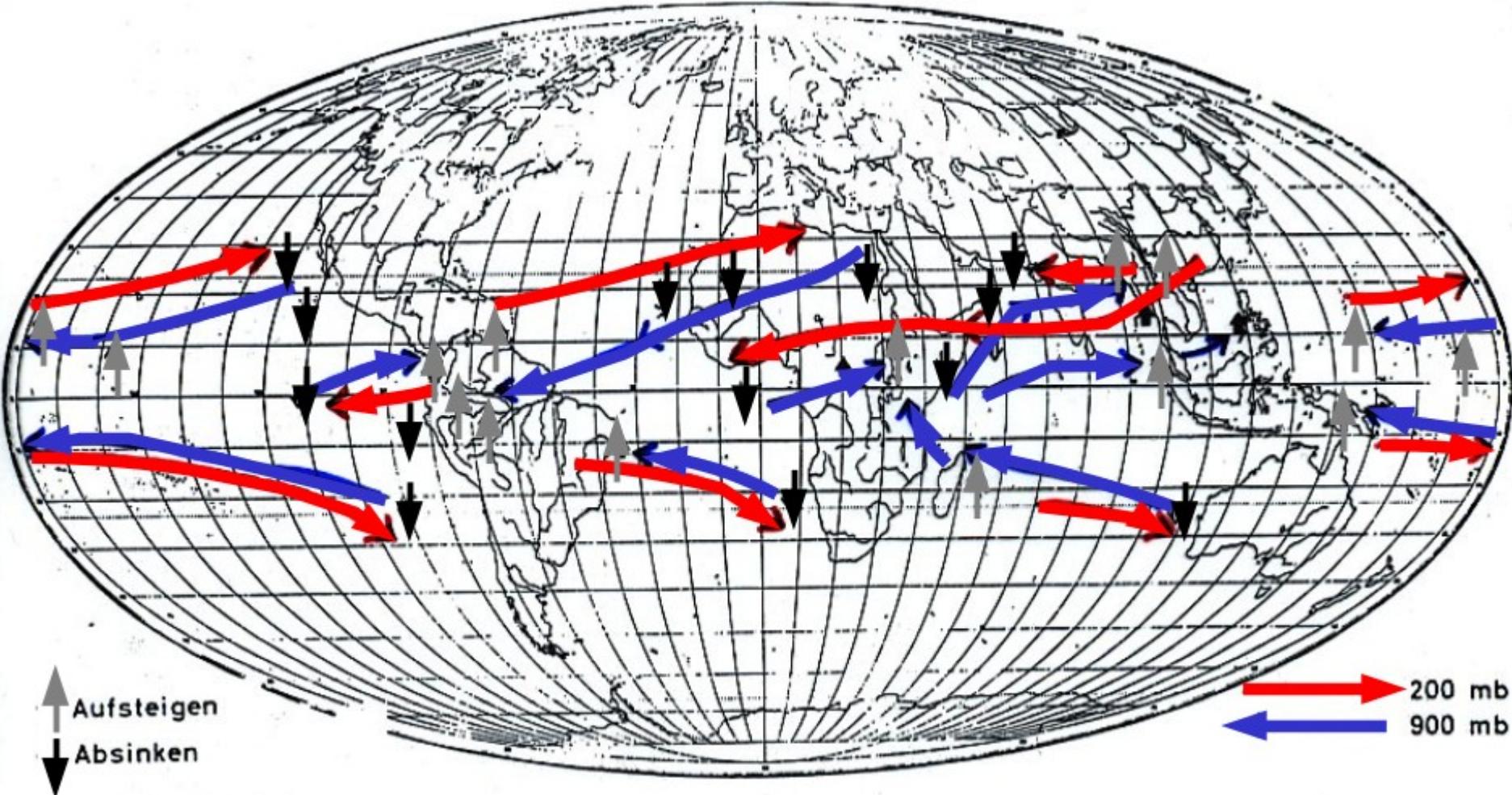
in **bodennaher** (Monsune bzw. Passate) und in **Höhenströmung** (Tropische Ostströmung bzw. Ausläufer der außertrop. Westdrift)

# Überlagerung von Hadley- und Walker-Zirkulation

28

untere Troposphäre

obere Troposphäre



Juli-Situation (nach KRISHNAMURTI 1970)

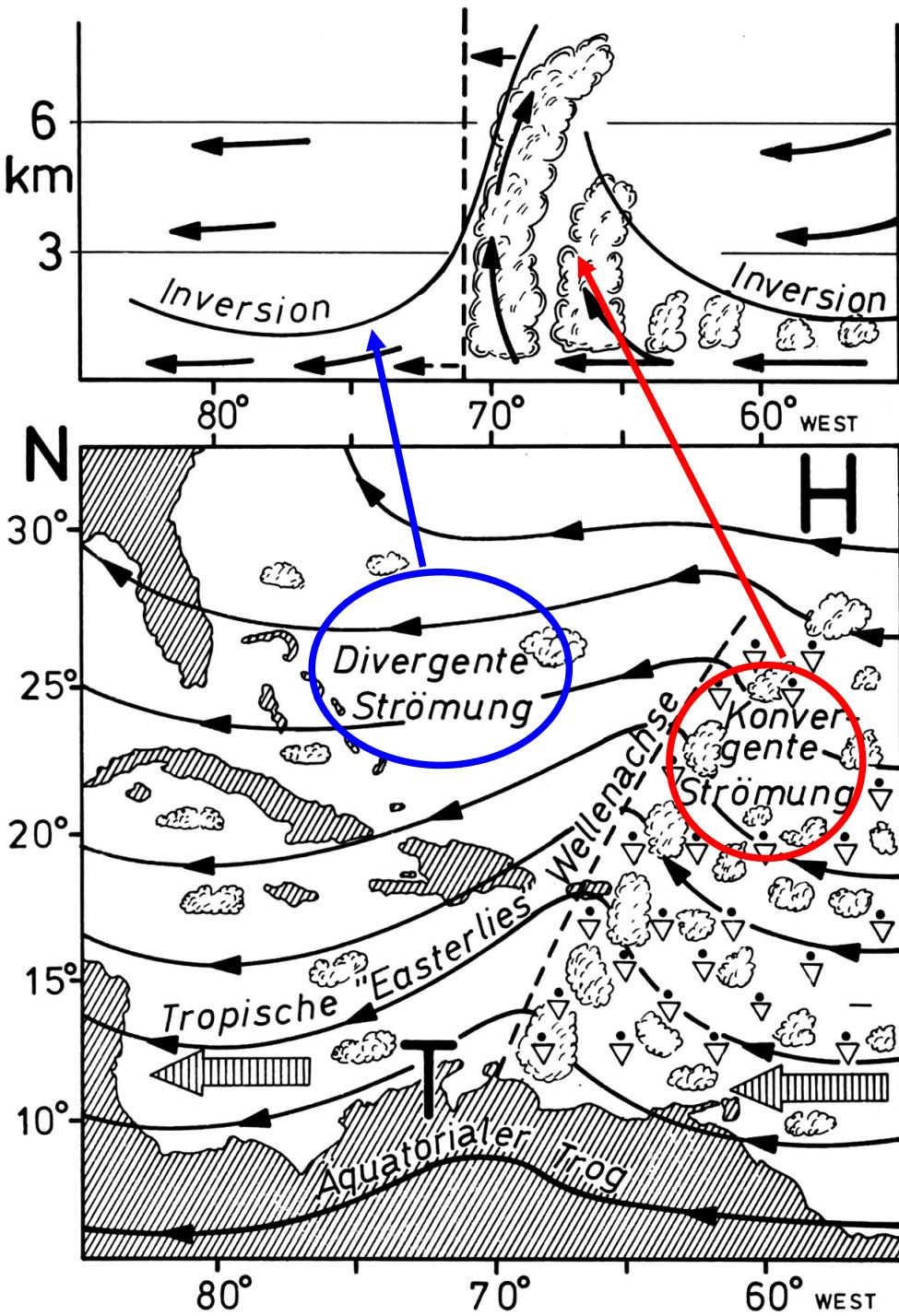
Hadley-Zirkulation umfasst v-Komponente, Walker-Zirk. u-Komp.

# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

### Tropische Störungen:

- easterly waves
  - östliche Wellenstörungen in der unteren Troposphäre (700hPa)
  - Konvektionsbelebung durch bodennahe Konvergenz vor der Wellenachse
  - Konvektionshemmung durch bodennahe Divergenz hinter der Wellenachse



**Schematische Darstellung eines Easterly- Wave-Vertikalprofils**

Durchzug einer easterly wave über der Karibik

Windgeschwindigkeit  
>  
Phasengeschwindigkeit

(aus Lauer 1999  
verändert nach Riehl 1979)

# Allgemeine Zirkulation der Atmosphäre

## Die Tropische Zirkulation:

### Tropische Störungen:

#### ➤ **easterly waves**

(verschiedene Varianten abh. vom Verhältnis von Windgeschwindigkeit zu Phasengeschwindigkeit der Welle)

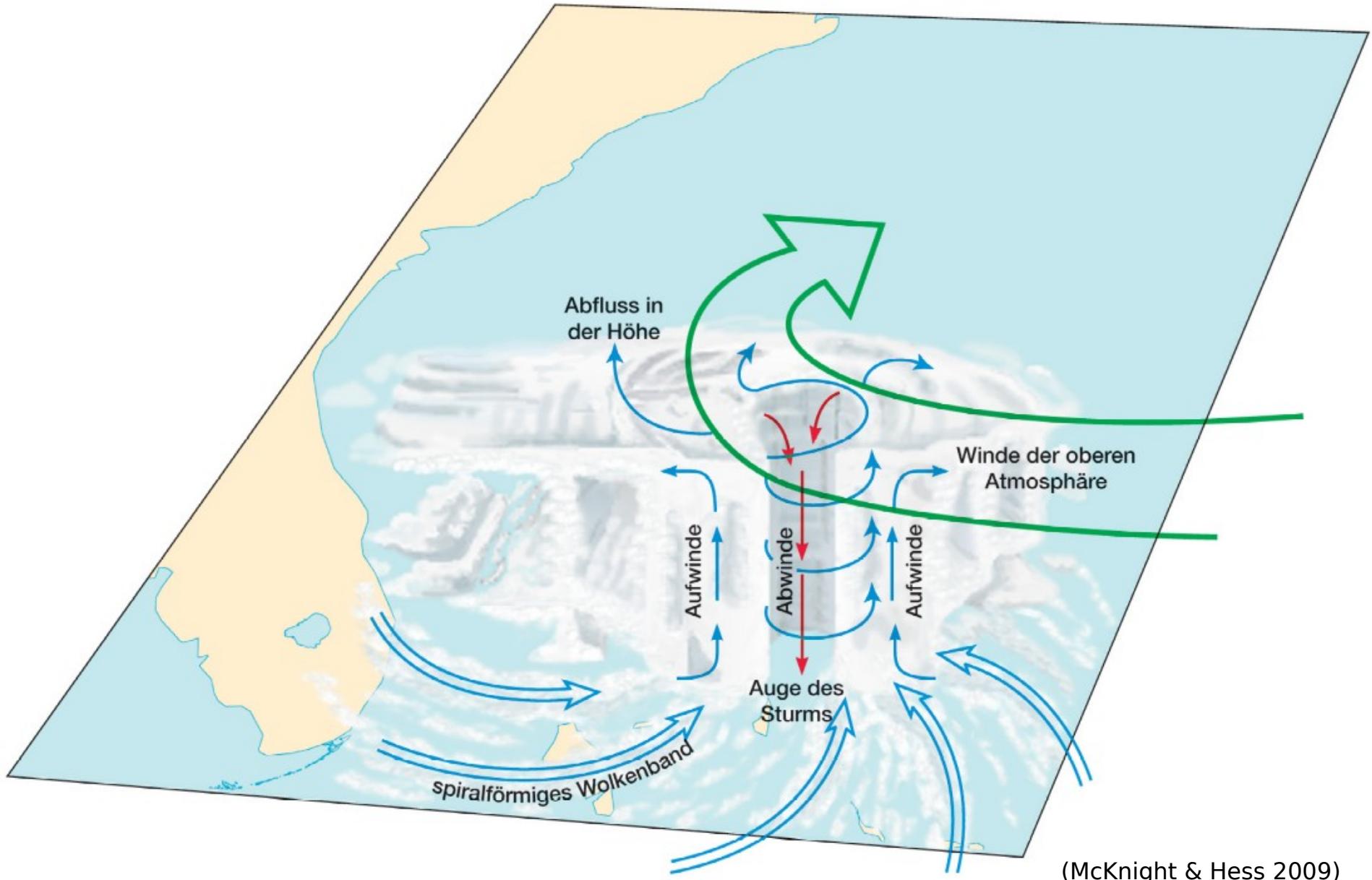
#### **Weiterentwicklung zu geschlossenen Störungssystemen**

(etwa: Monsunddepressionen, tropische Zyklonen)

### Tropische Wirbelstürme:

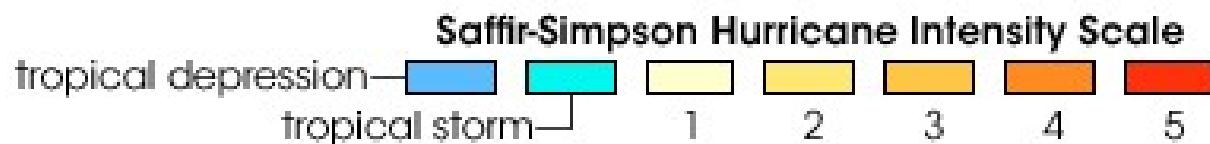
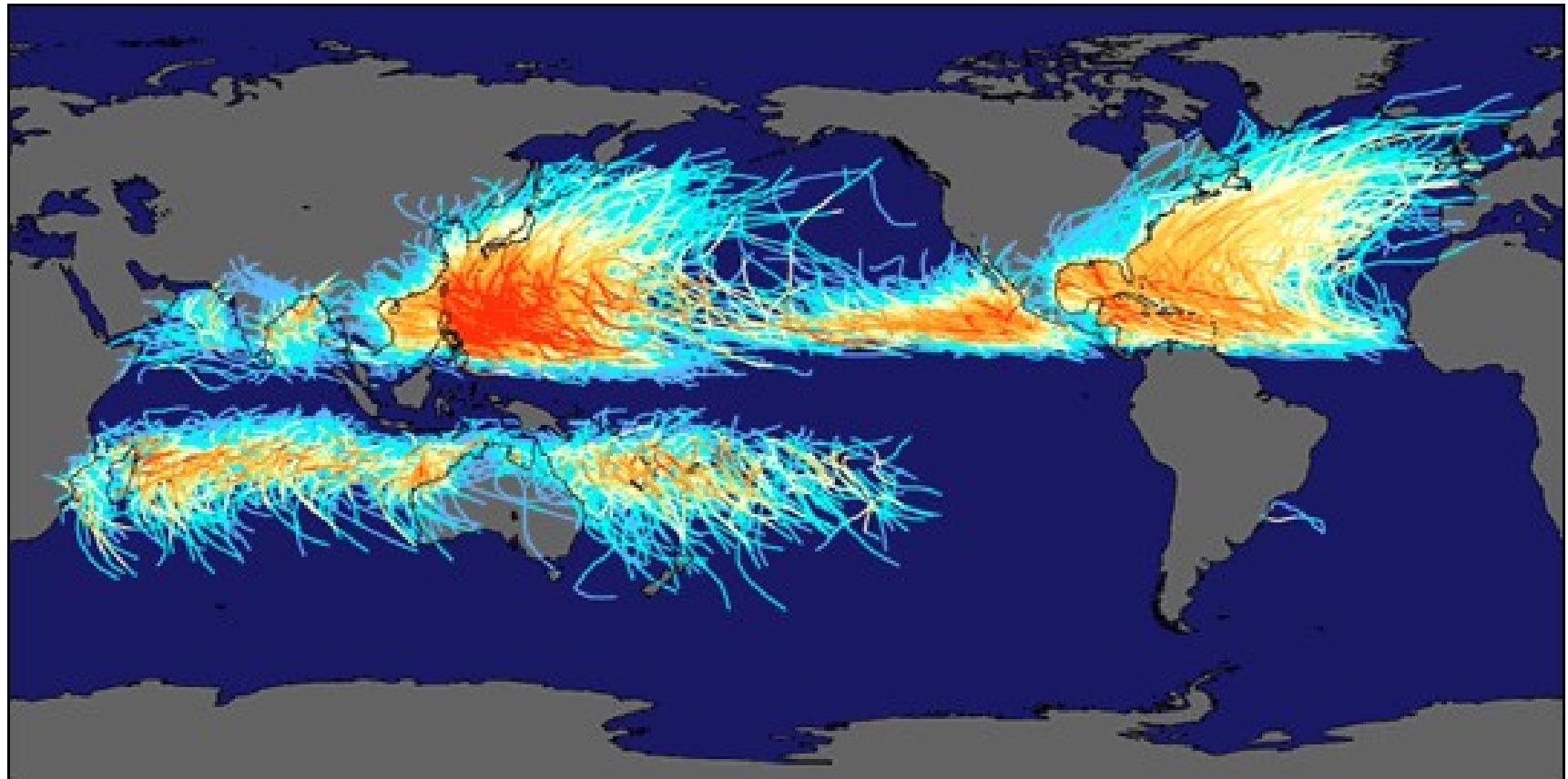
- nur bei hohen SST ( $\geq 27^{\circ}\text{C}$ )
- nicht zu kleiner Coriolisablenkung ( $\varphi > 3^{\circ}$  Breite)
- starker Höhendifferenz oder markanten Luftmassenunterschieden
- wenig ausgeprägter vertikaler Windscherung

# Aufbau eines tropischen Wirbelsturms



(McKnight & Hess 2009)

# Auftreten tropischer Wirbelstürme im 20. Jahrhundert



# Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale

<b>Category</b>	<b>Sustained Winds</b>	<b>Types of Damage Due to Hurricane Winds</b>
1	74-95 mph 64-82 kt 119-153 km/h	<p><b>Very dangerous winds will produce some damage:</b></p> <p>Well-constructed frame homes could have damage to roof, shingles, vinyl siding and gutters. Large branches of trees will snap and shallowly rooted trees may be toppled. Extensive damage to power lines and poles likely will result in power outages that could last a few to several days.</p>
2	96-110 mph 83-95 kt 154-177 km/h	<p><b>Extremely dangerous winds will cause extensive damage:</b></p> <p>Well-constructed frame homes could sustain major roof and siding damage. Many shallowly rooted trees will be snapped or uprooted and block numerous roads. Near-total power loss is expected with outages that could last from several days to weeks.</p>
3 (major)	111-129 mph 96-112 kt 178-208 km/h	<p><b>Devastating damage will occur:</b> Well-built framed homes may incur major damage or removal of roof decking and gable ends. Many trees will be snapped or uprooted, blocking numerous roads. Electricity and water will be unavailable for several days to weeks after the storm passes.</p>
4 (major)	130-156 mph 113-136 kt 209-251 km/h	<p><b>Catastrophic damage will occur:</b> Well-built framed homes can sustain severe damage with loss of most of the roof structure and/or some exterior walls. Most trees will be snapped or uprooted and power poles downed. Fallen trees and power poles will isolate residential areas. Power outages will last weeks to possibly months. Most of the area will be uninhabitable for weeks or months.</p>
5 (major)	157 mph or higher 137 kt or higher 252 km/h or higher	<p><b>Catastrophic damage will occur:</b> A high percentage of framed homes will be destroyed, with total roof failure and wall collapse. Fallen trees and power poles will isolate residential areas. Power outages will last for weeks to possibly months. Most of the area will be uninhabitable for weeks or months.</p>