



# Zertifikat C

---

## 1. WETTERKUNDE

# Inhaltsverzeichnis

---

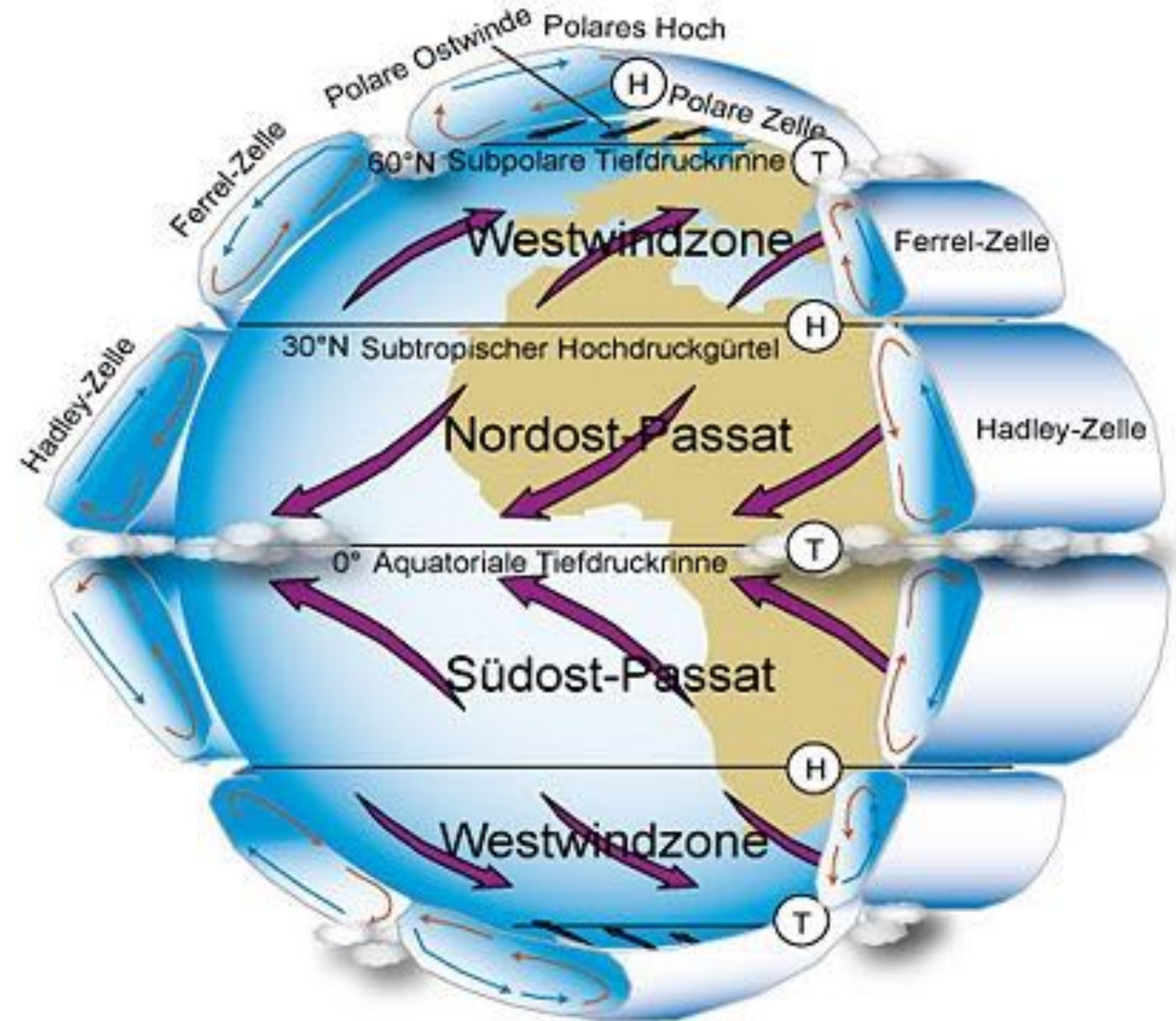
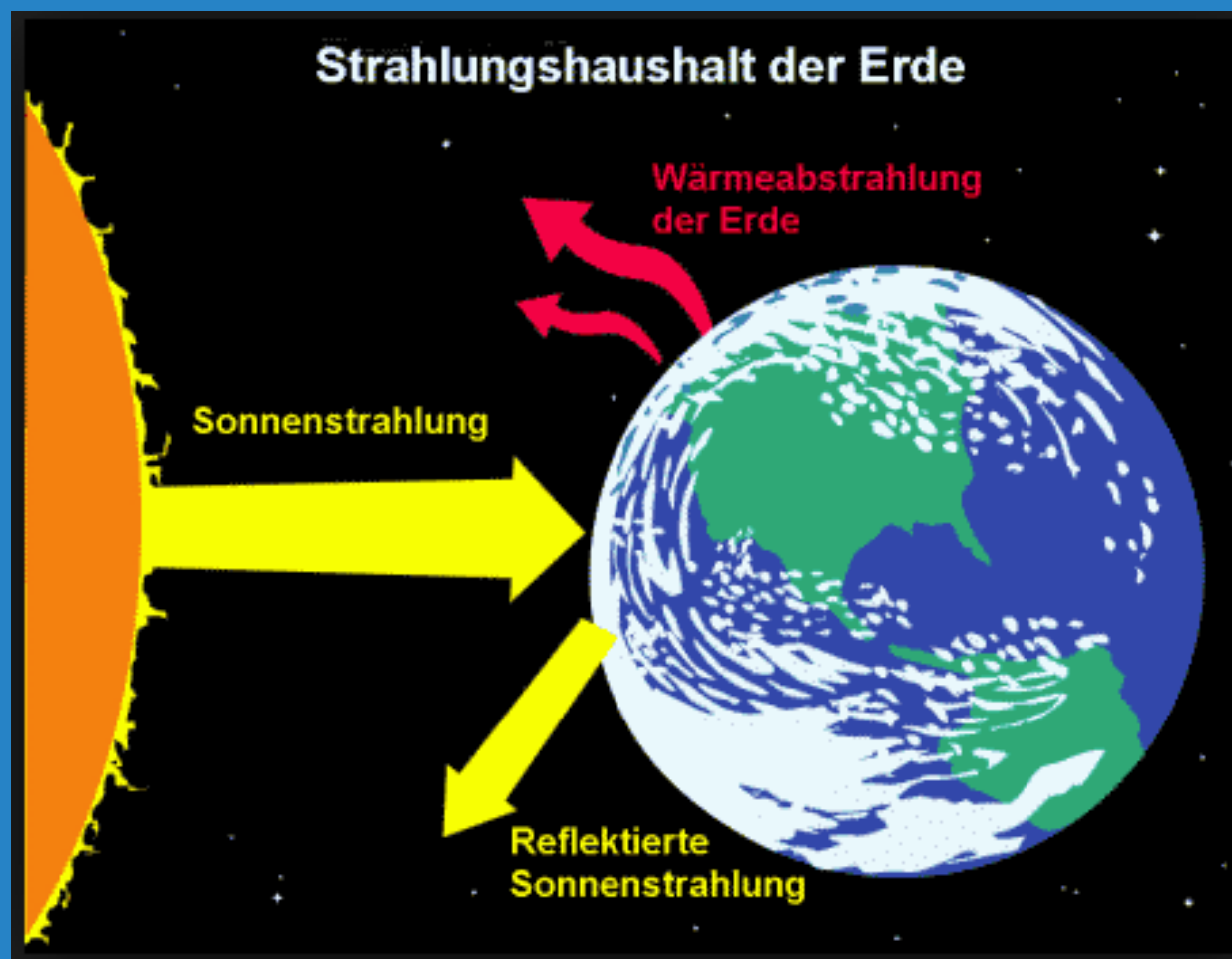
1. Grundlagen, Begriffe
2. Wolken
3. Seegang
4. Planetarische Windsystem und Klimazonen
5. Meeresströmungen
6. Tropische Wirbelstürme
7. Meteorologische Messgeräte
8. iMeteo



# Planetarischer Wärmeausgleich

$\frac{1}{3}$  Meeresströme

$\frac{2}{3}$  Luftzirkulation





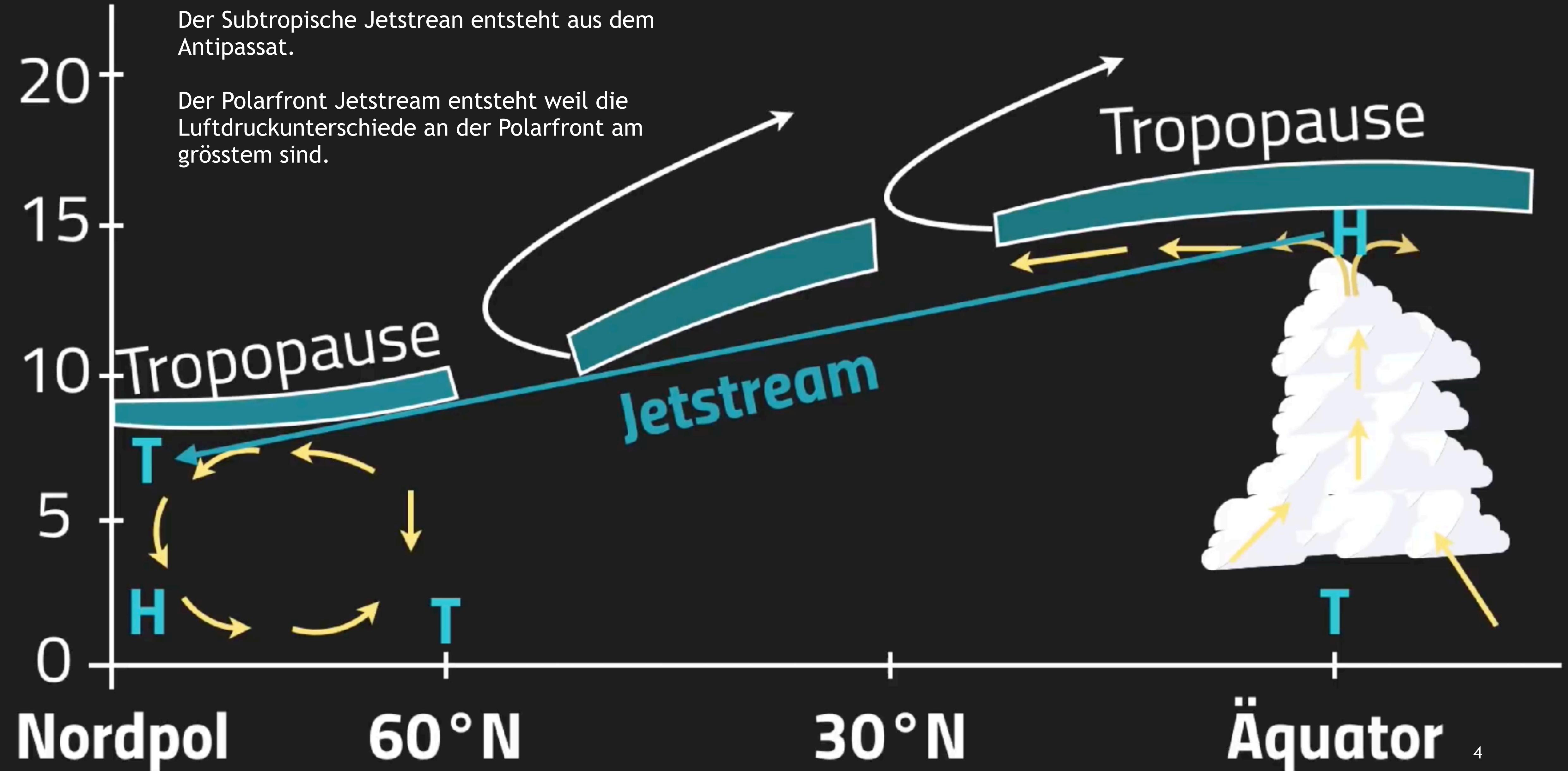
# Höhenhoch und Höhentief

km

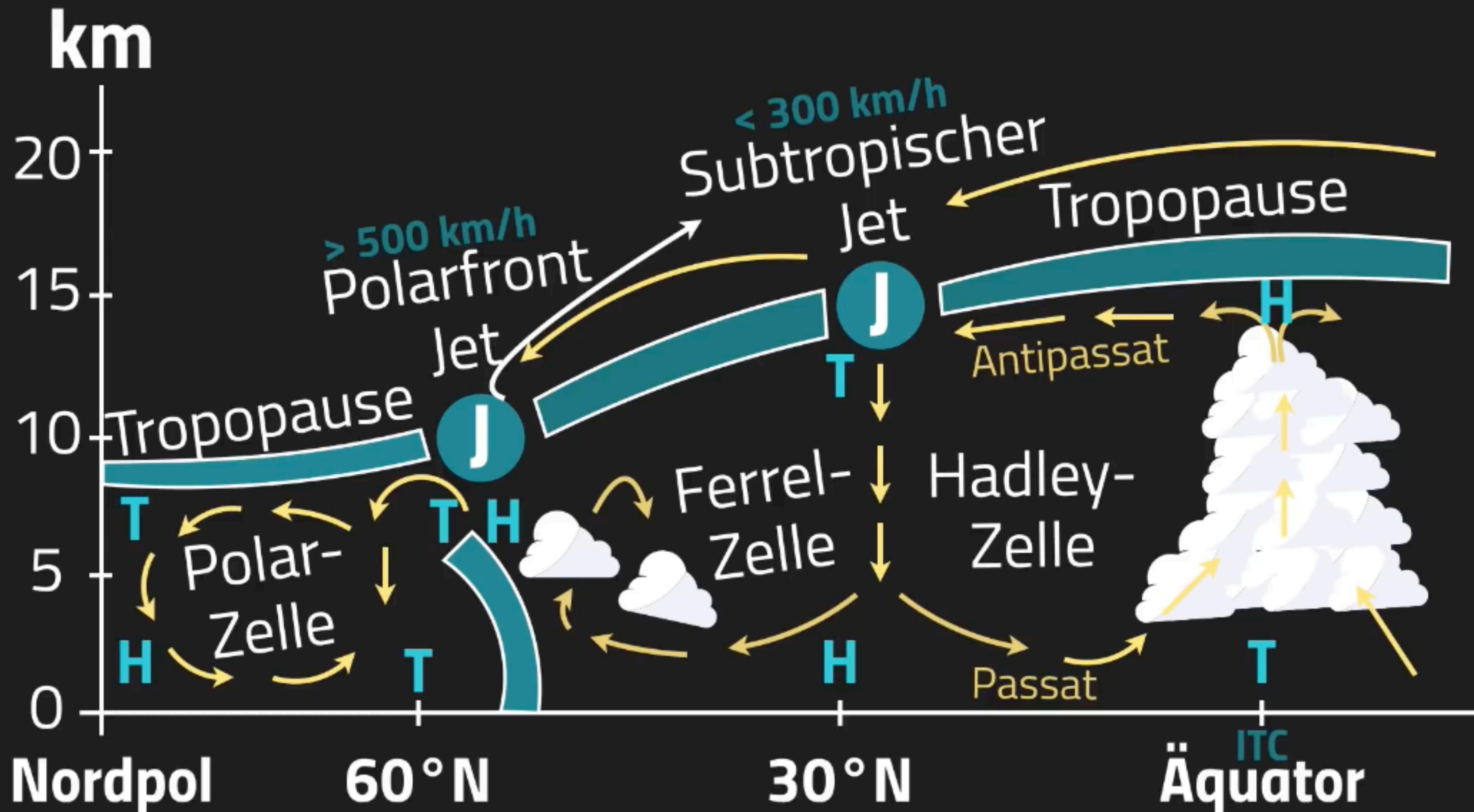
Die Höhenluft bewegt sich, der Gradientkraft folgend, vom Äquator zum Pol. Horizontale Corioliskraft lenkt Luftmassen ab.

Der Subtropische Jetstream entsteht aus dem Antipassat.

Der Polarfront Jetstream entsteht weil die Luftdruckunterschiede an der Polarfront am grössten sind.





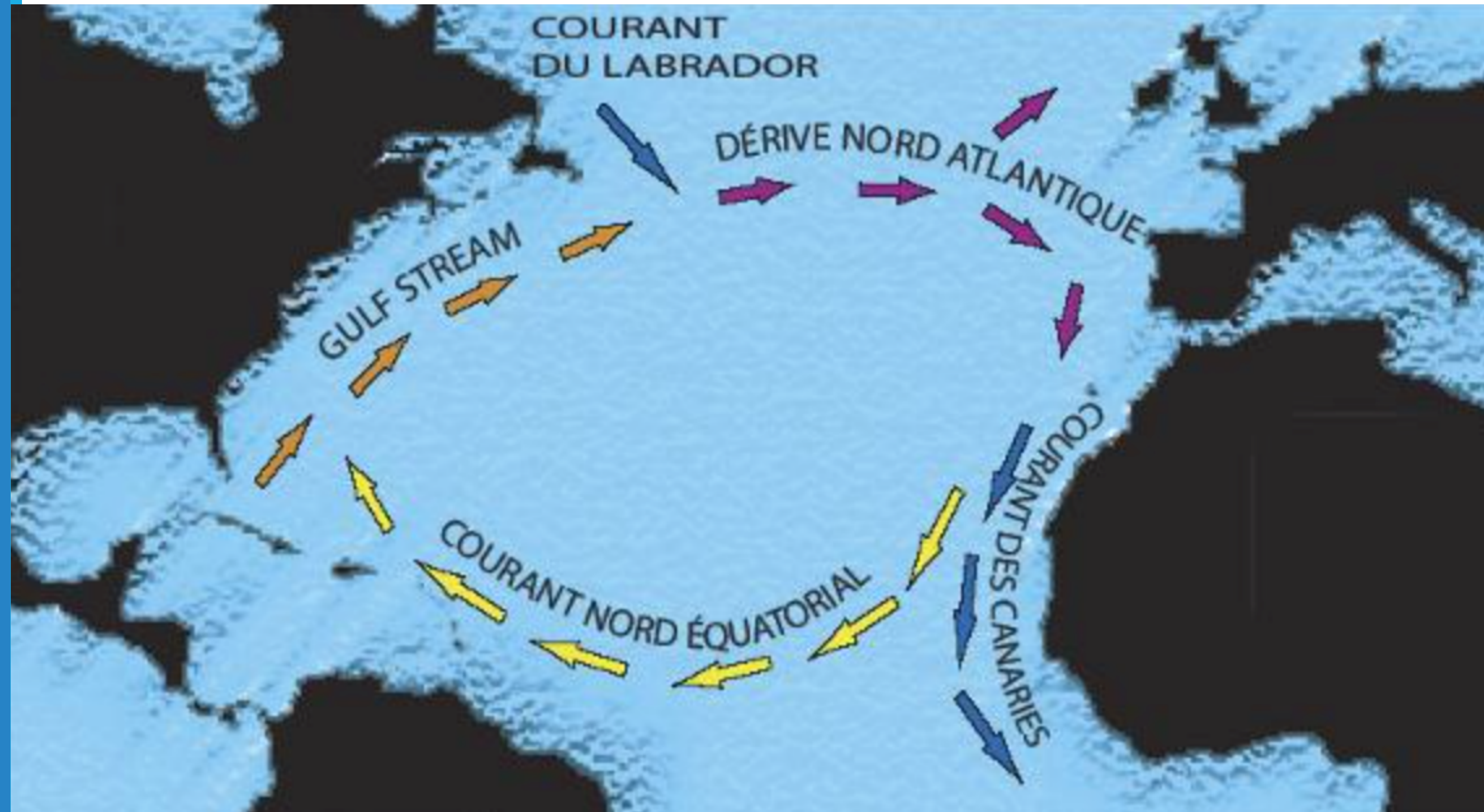




# Zyklogenese

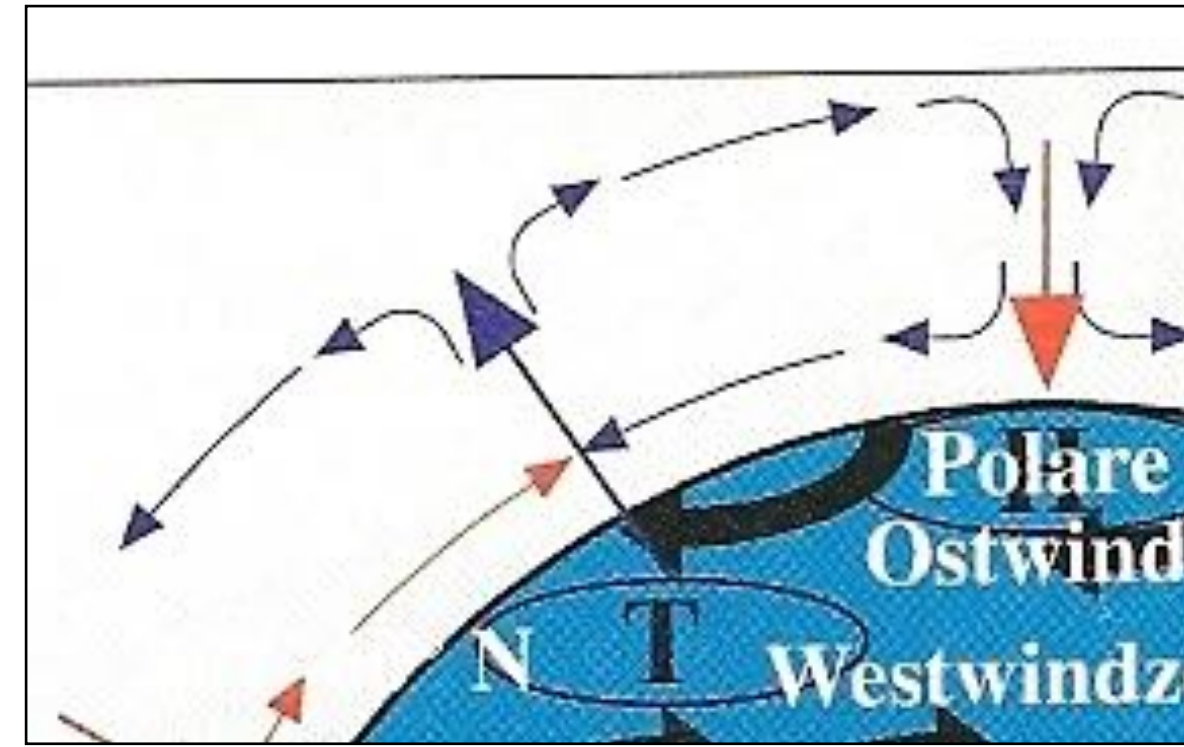


**Wellenstörung:** warmer Golfstrom trifft auf kalten Labradorstrom im Nord-Atlantik.





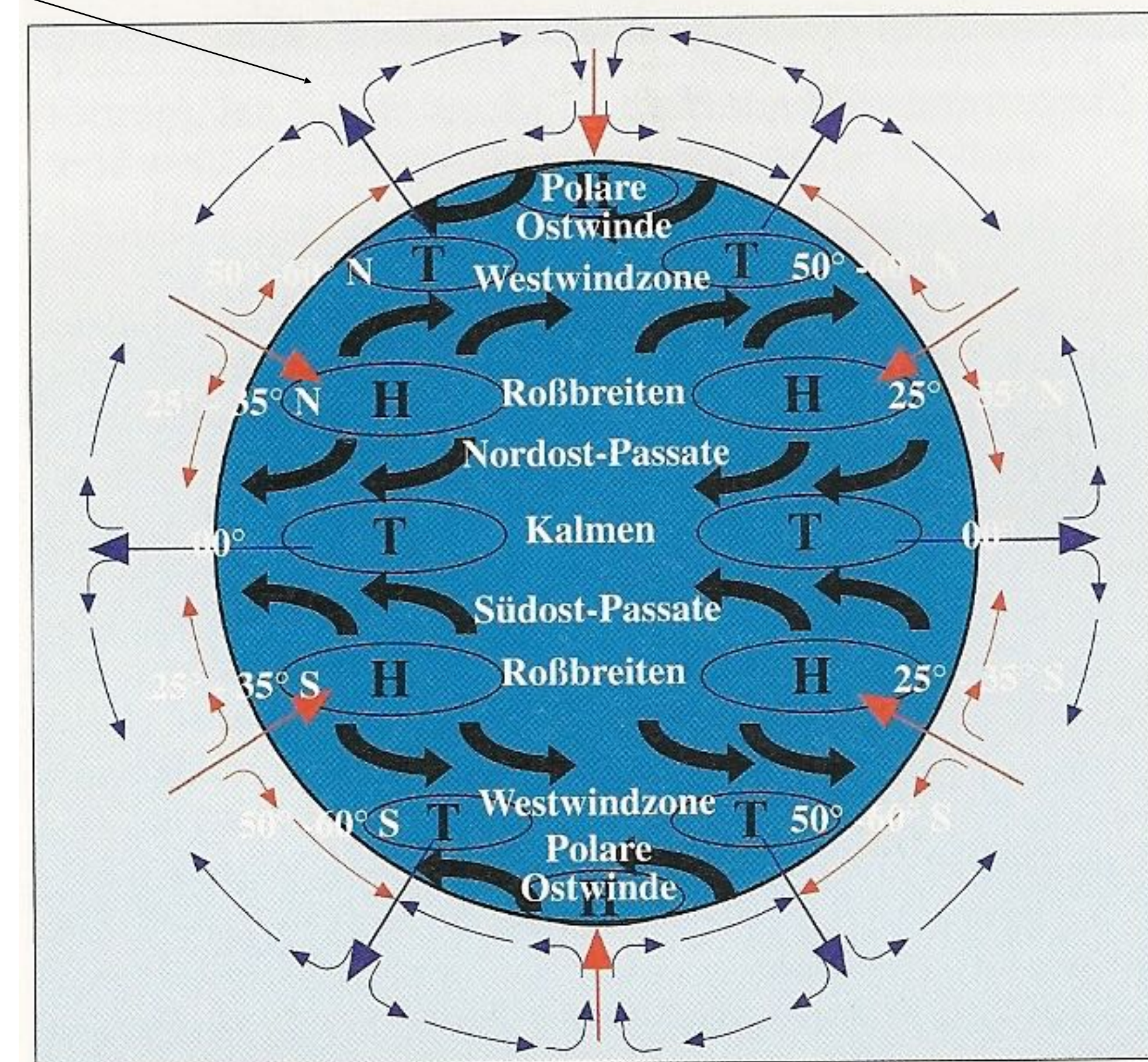
# Planetarischer Wärmeausgleich



## Zyklogenese

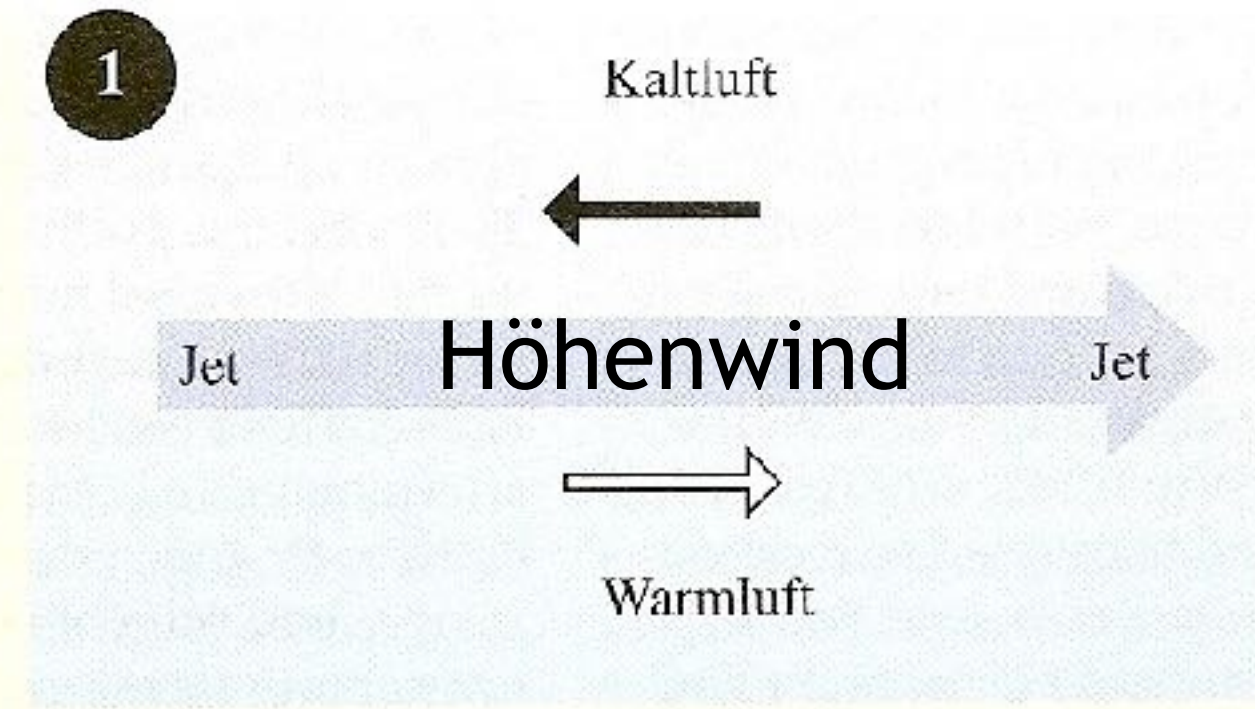
Feucht- warme Luft  
(energiereich) aus dem  
subtropischen  
Hochdruckgebiet  
wird polwärts transportiert.

Trockene- kalte Luft  
(energiearm) wird aus den  
polaren Hochdruckgebieten  
zurückgeführt.

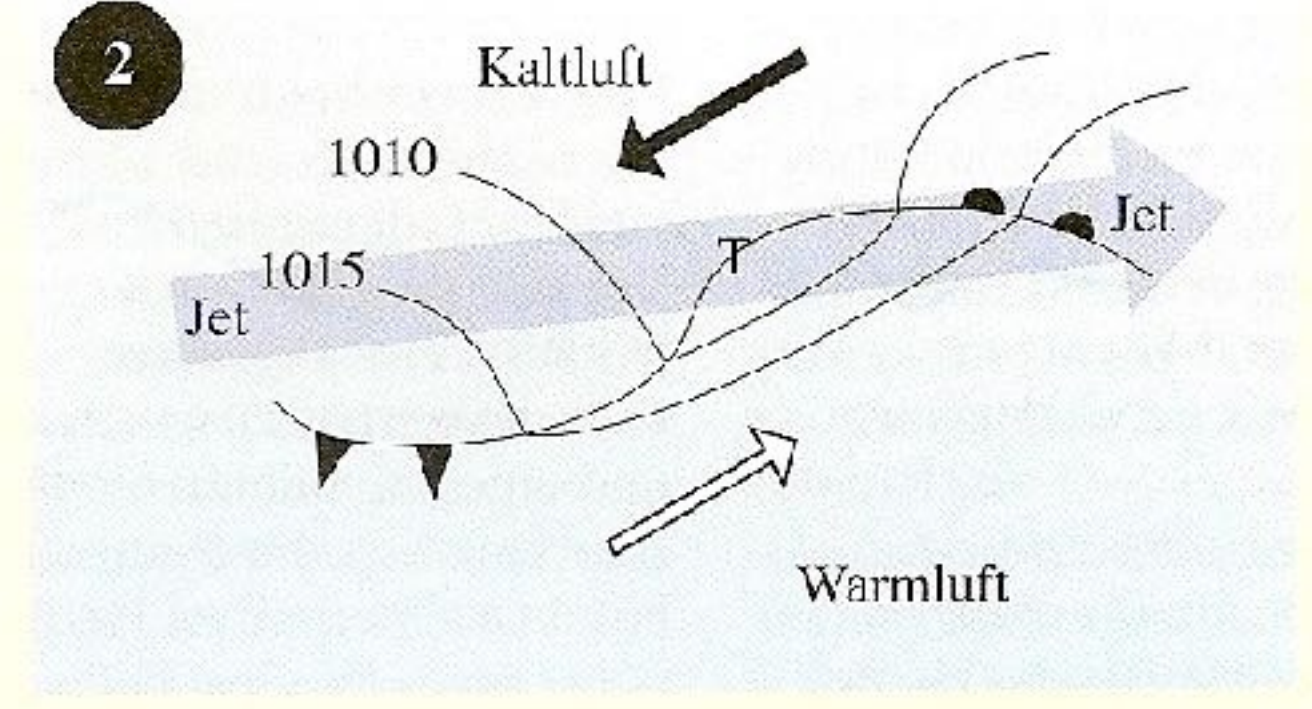




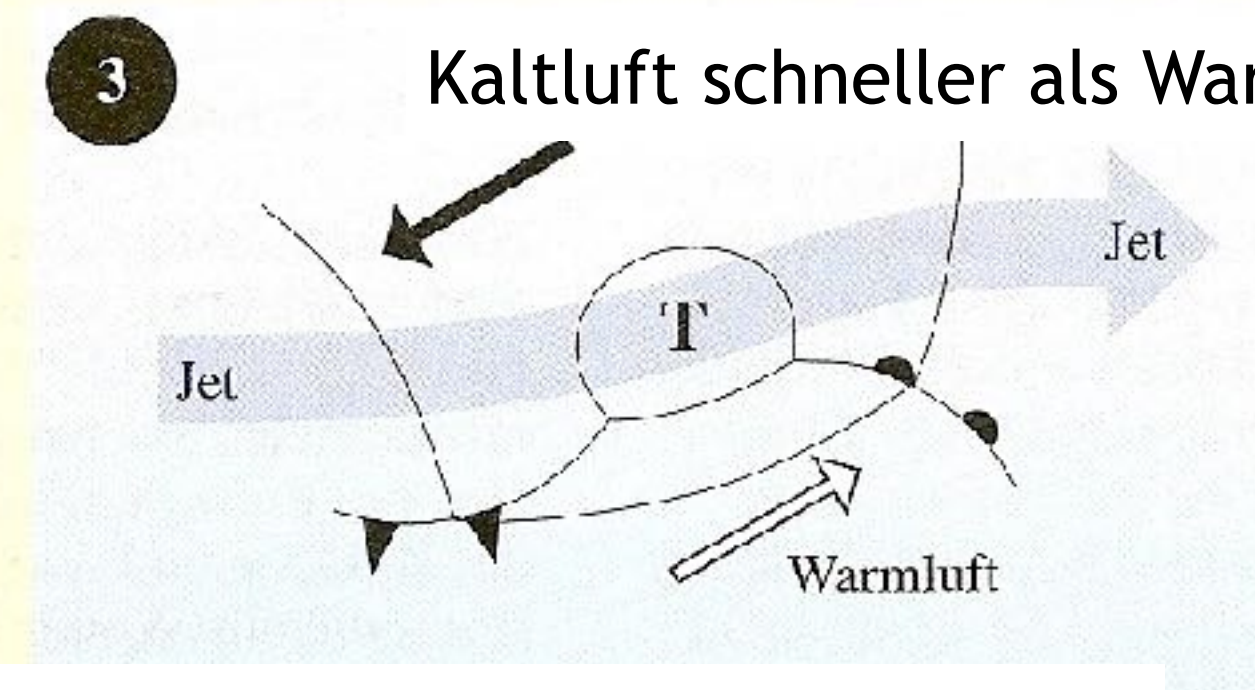
# Zyklogenese



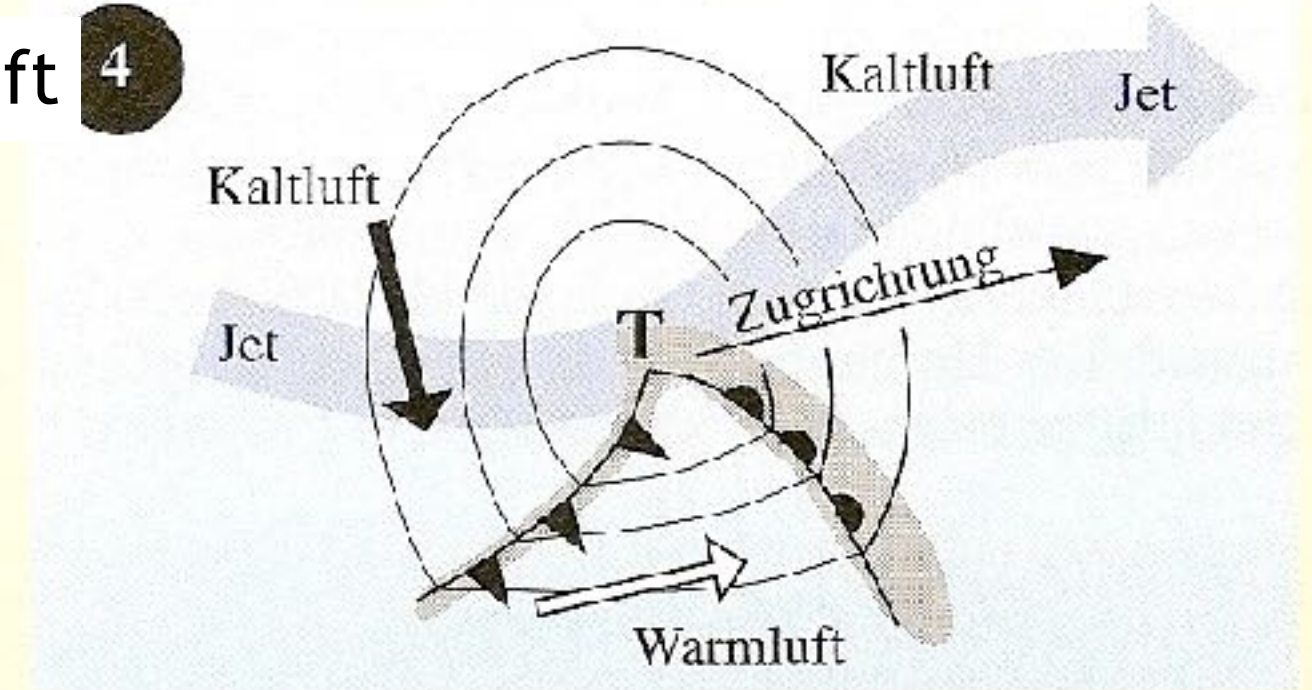
*Polar- und Subtropikluft strömen ungestört.*



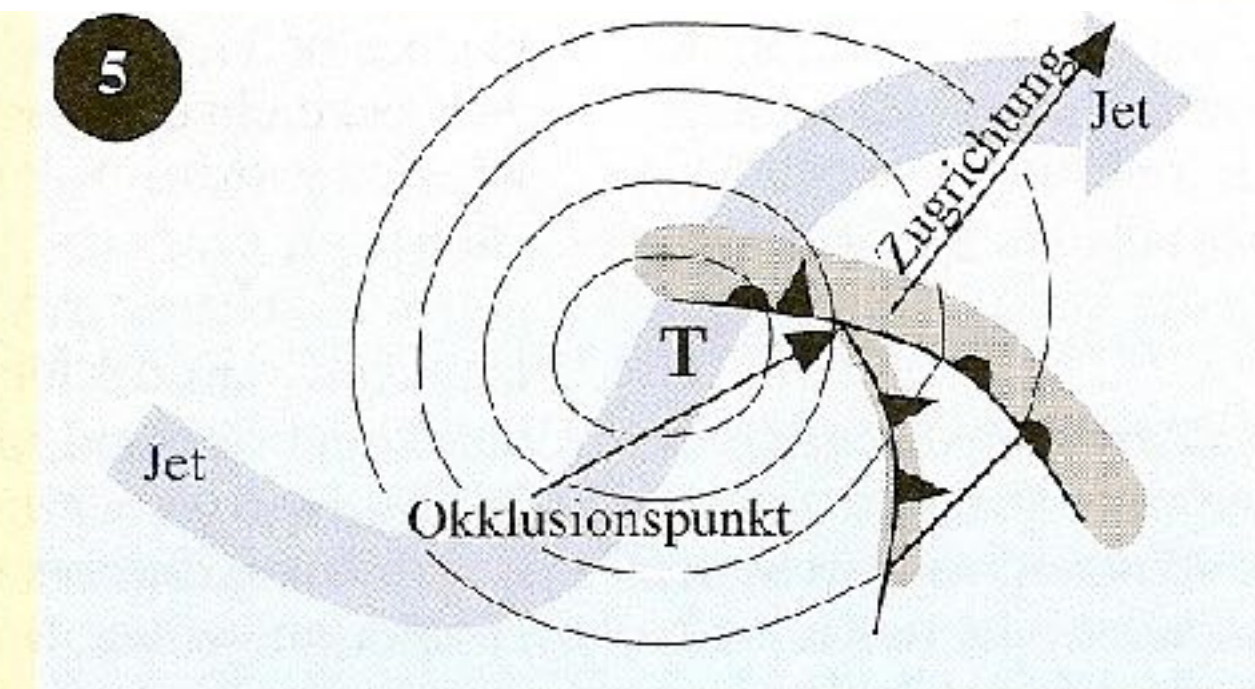
*Wellenstörung.*



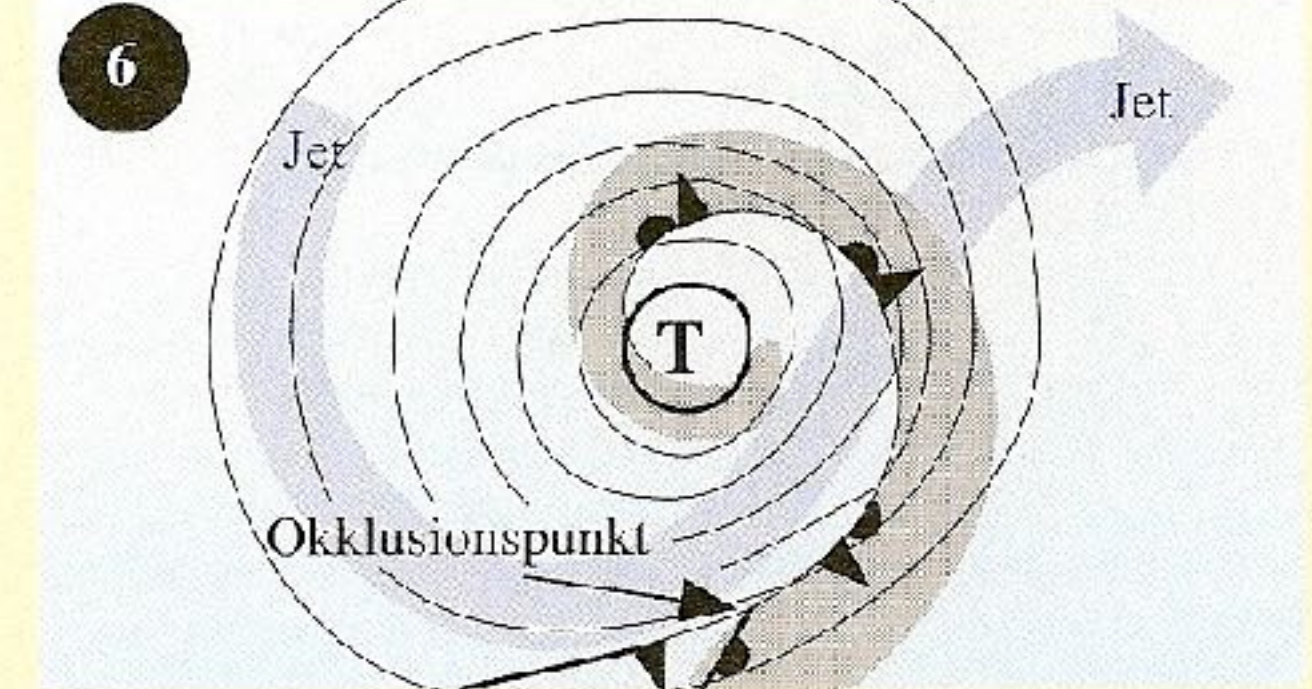
*Jetstream reißt die subtropische Warmluft mit nach oben -> flaches Tief*



*Junge Zyklone mit umfangreichem Warmsektor.*



*Beginn des Okklusionsprozesses.*

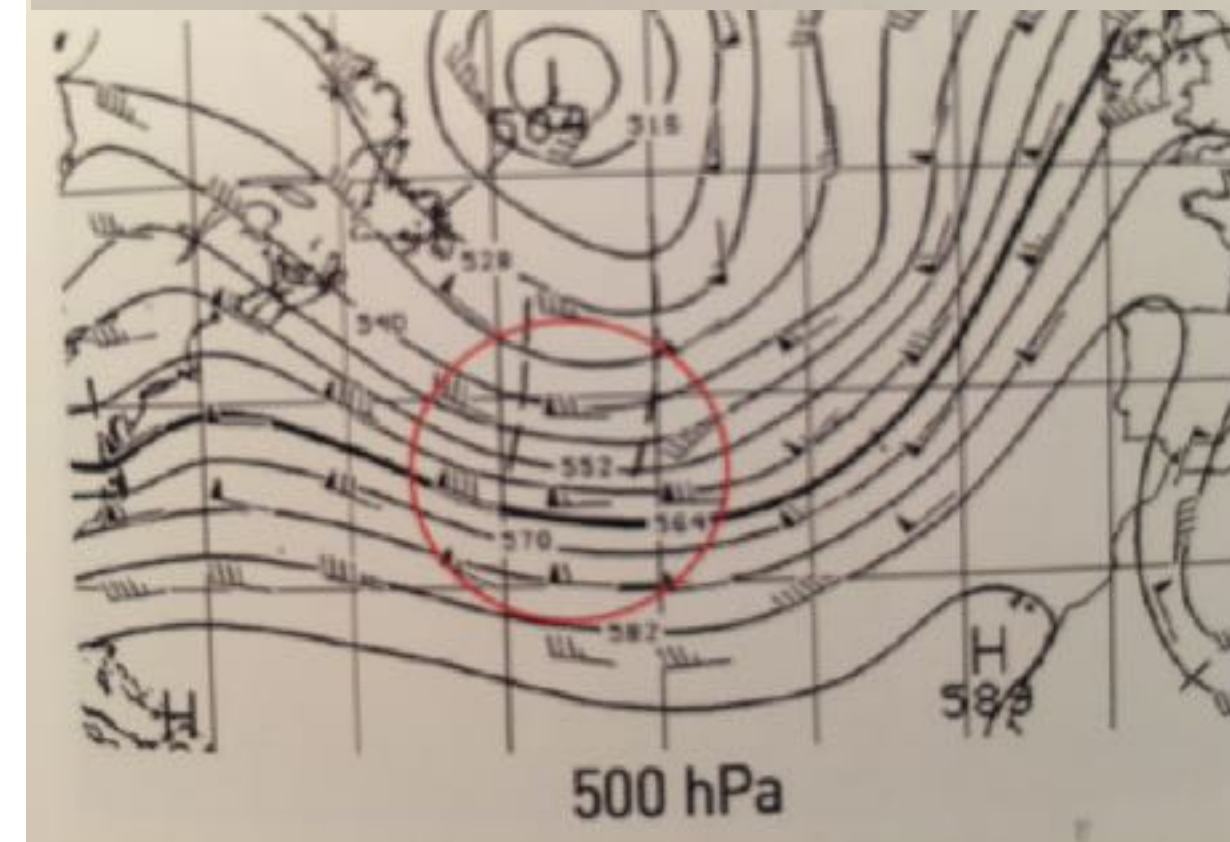
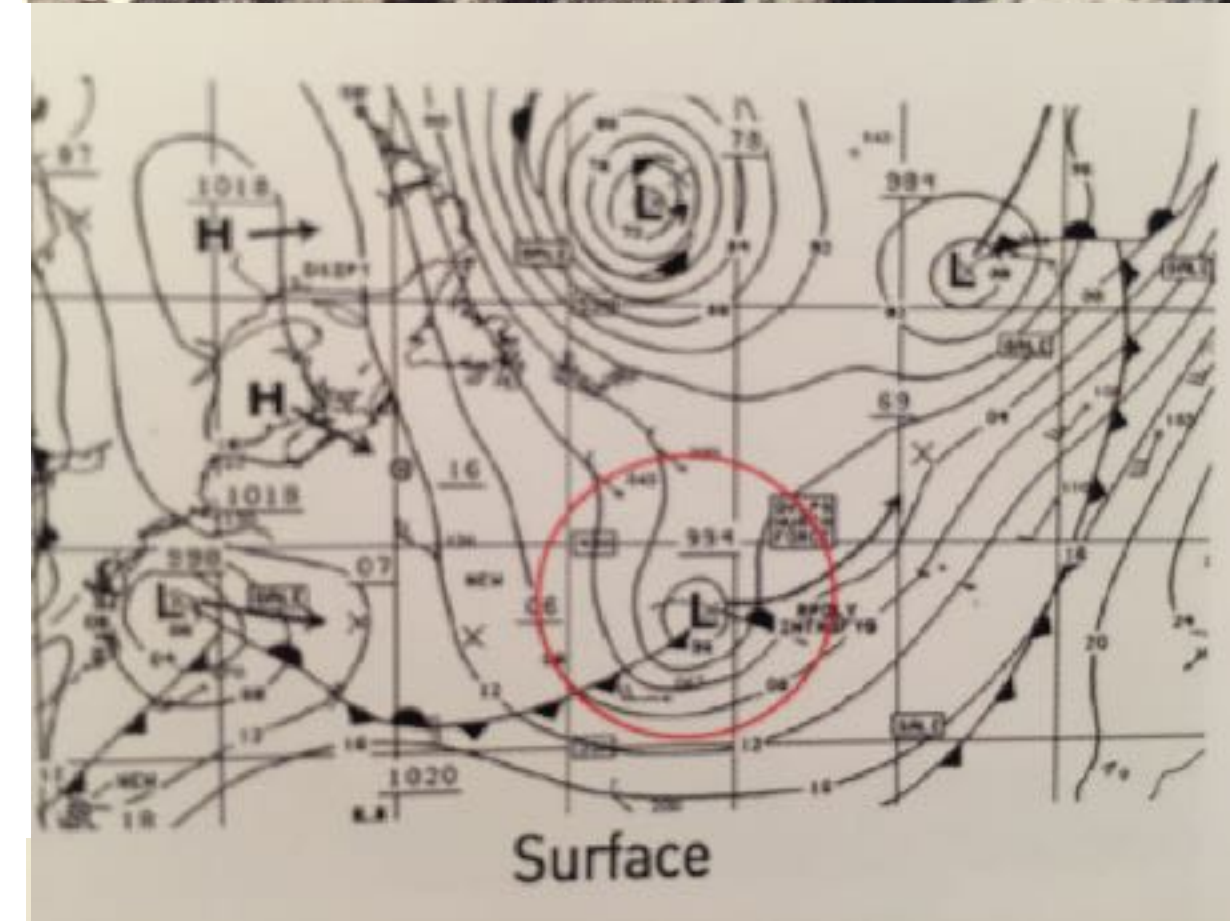
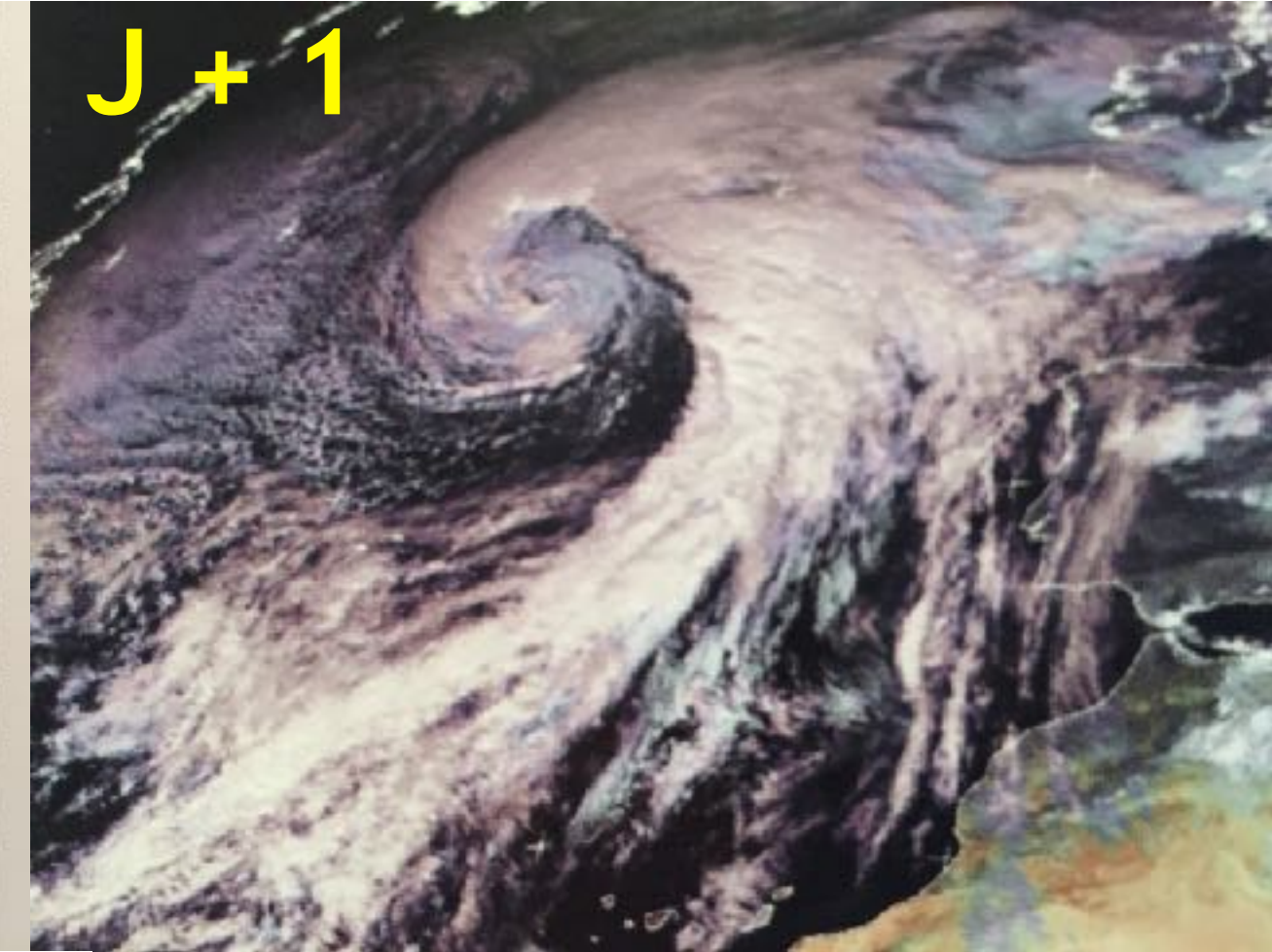
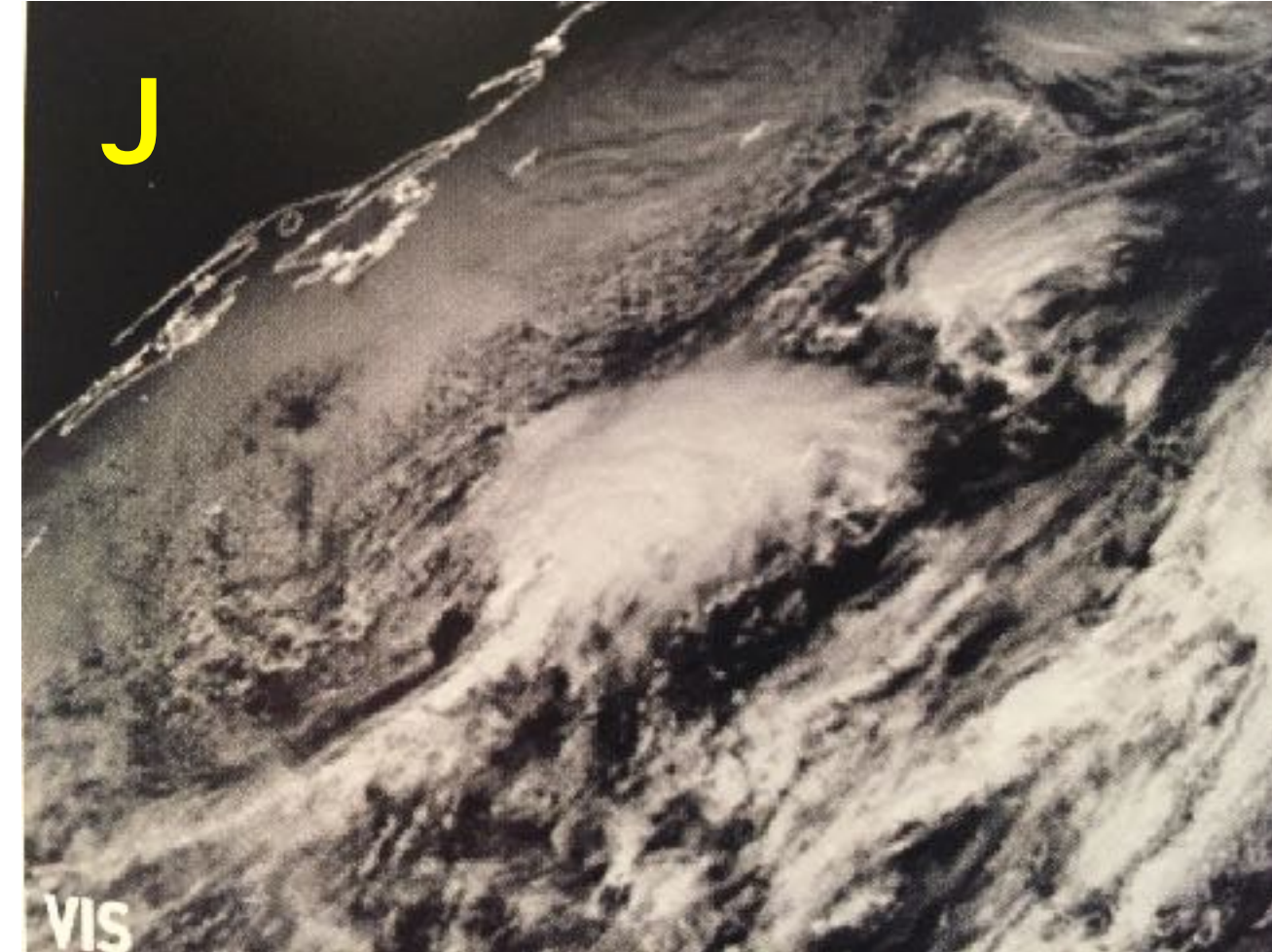


*Umfangreiches, steuerndes Tief mit Wolkenspirale.*

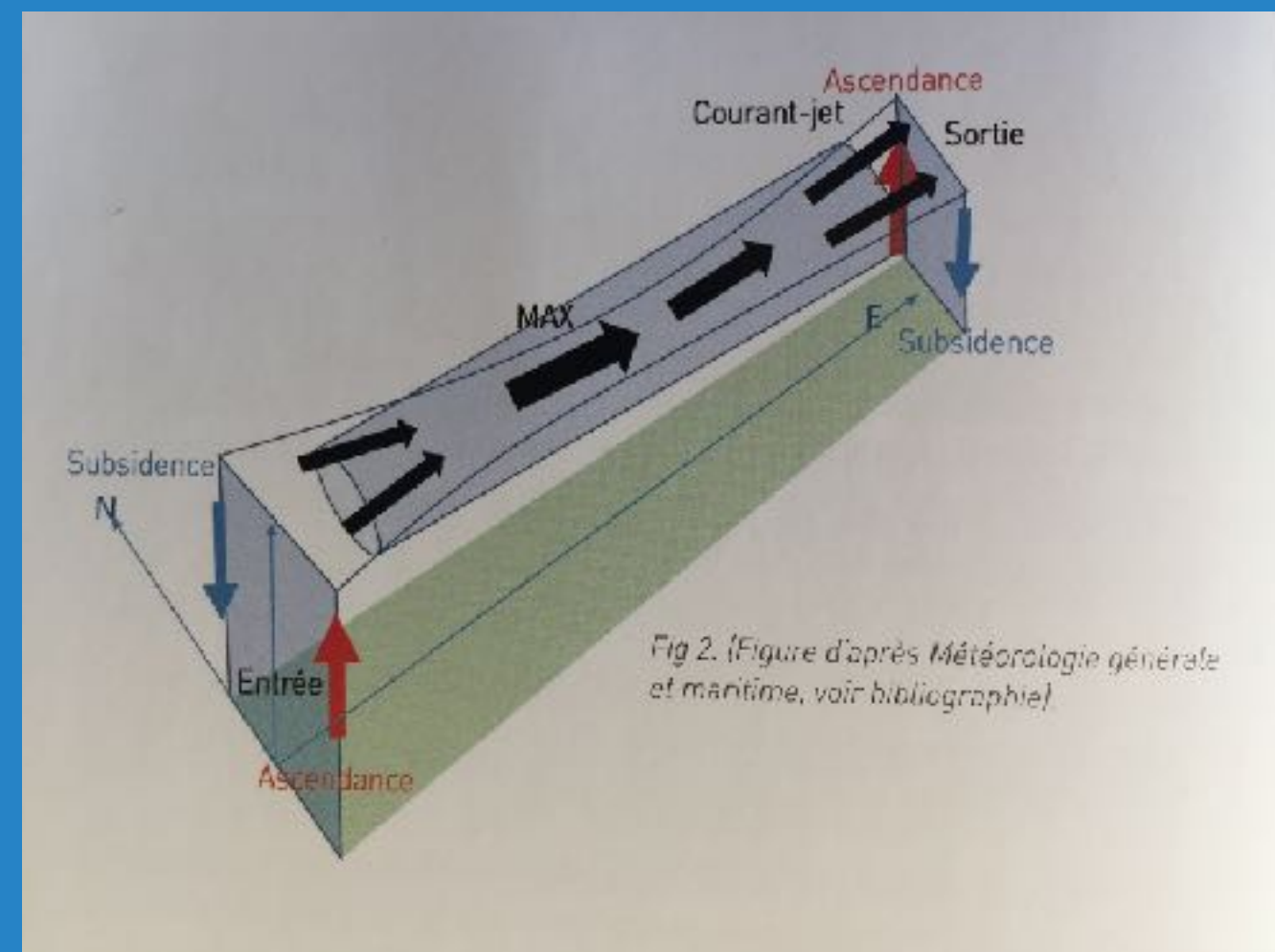
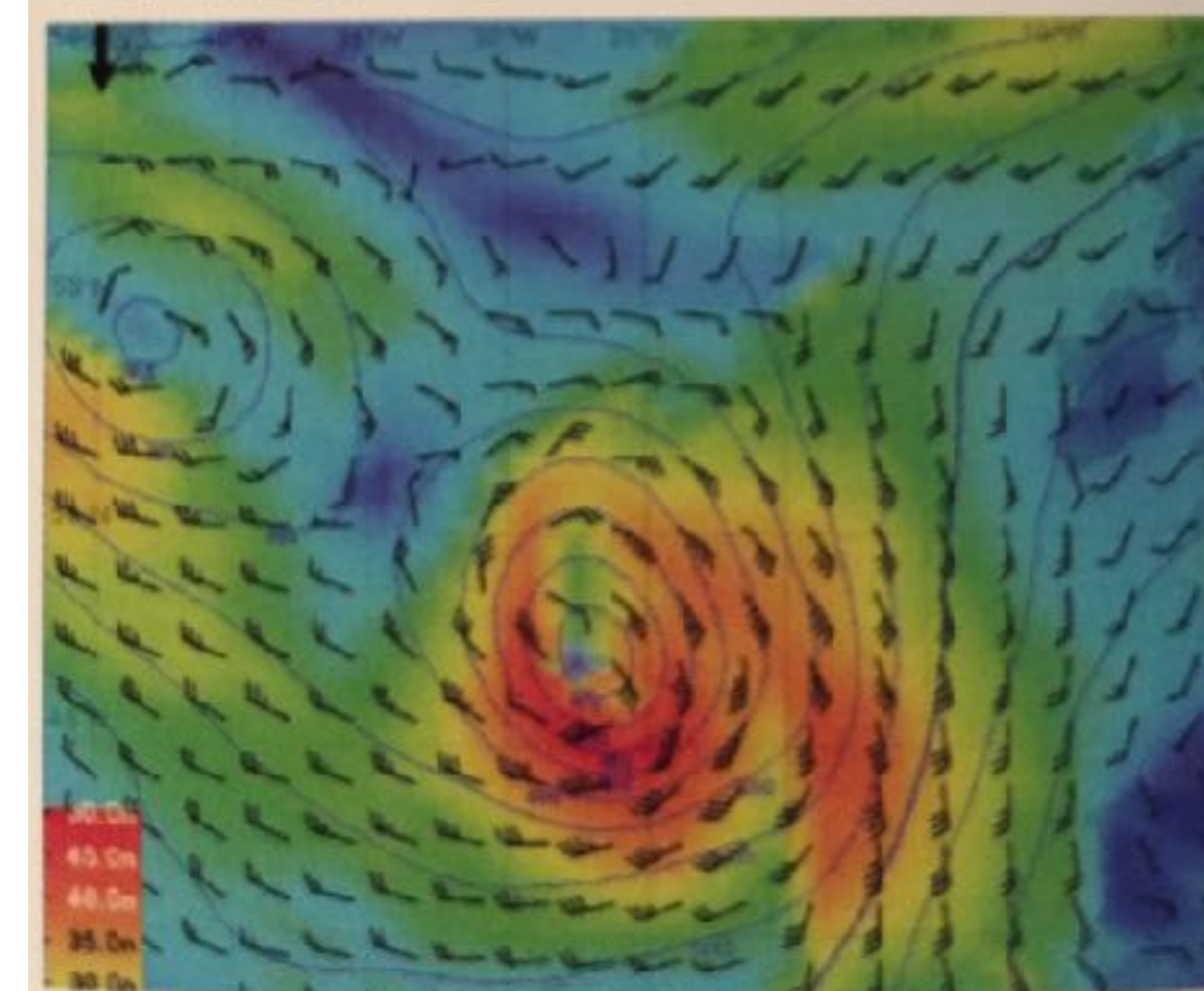
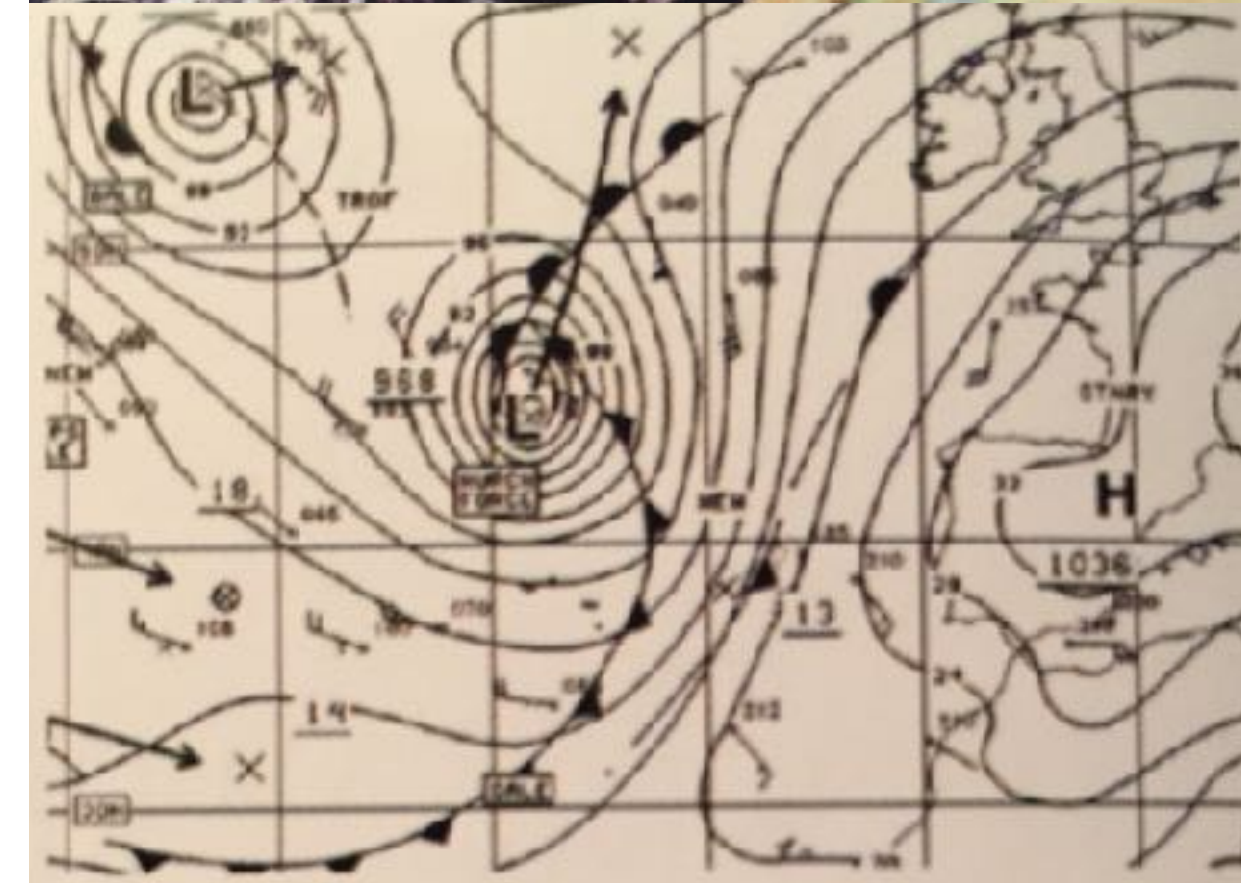
Wellenstörung: warmer Golfstrom trieft auf kalten Labradorstrom im Nord-Atlantik.



# Zyklogenese



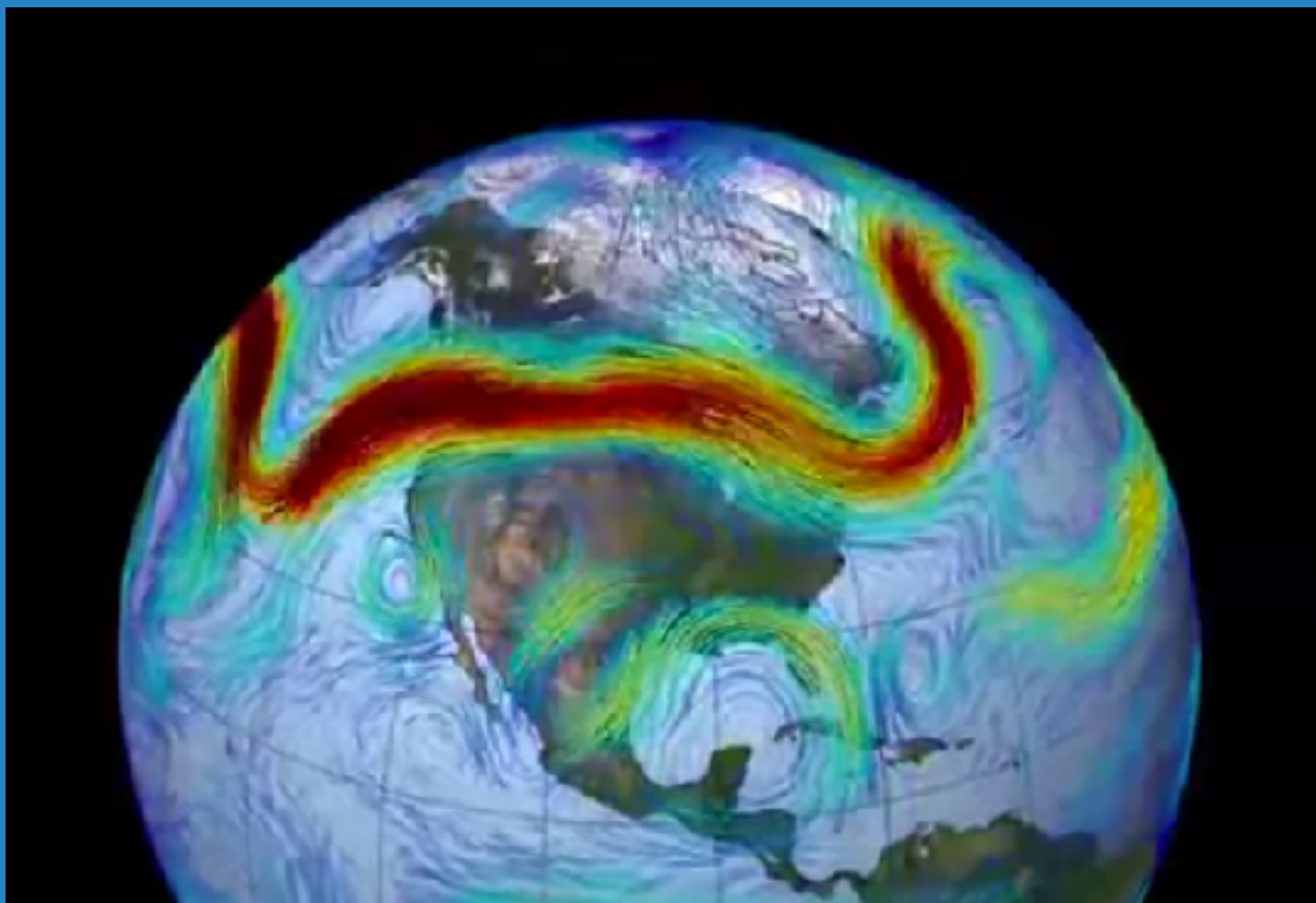
Luftdruck-  
abfall von  
20hPa in 24  
Stunden ->  
>50 Kn Wind



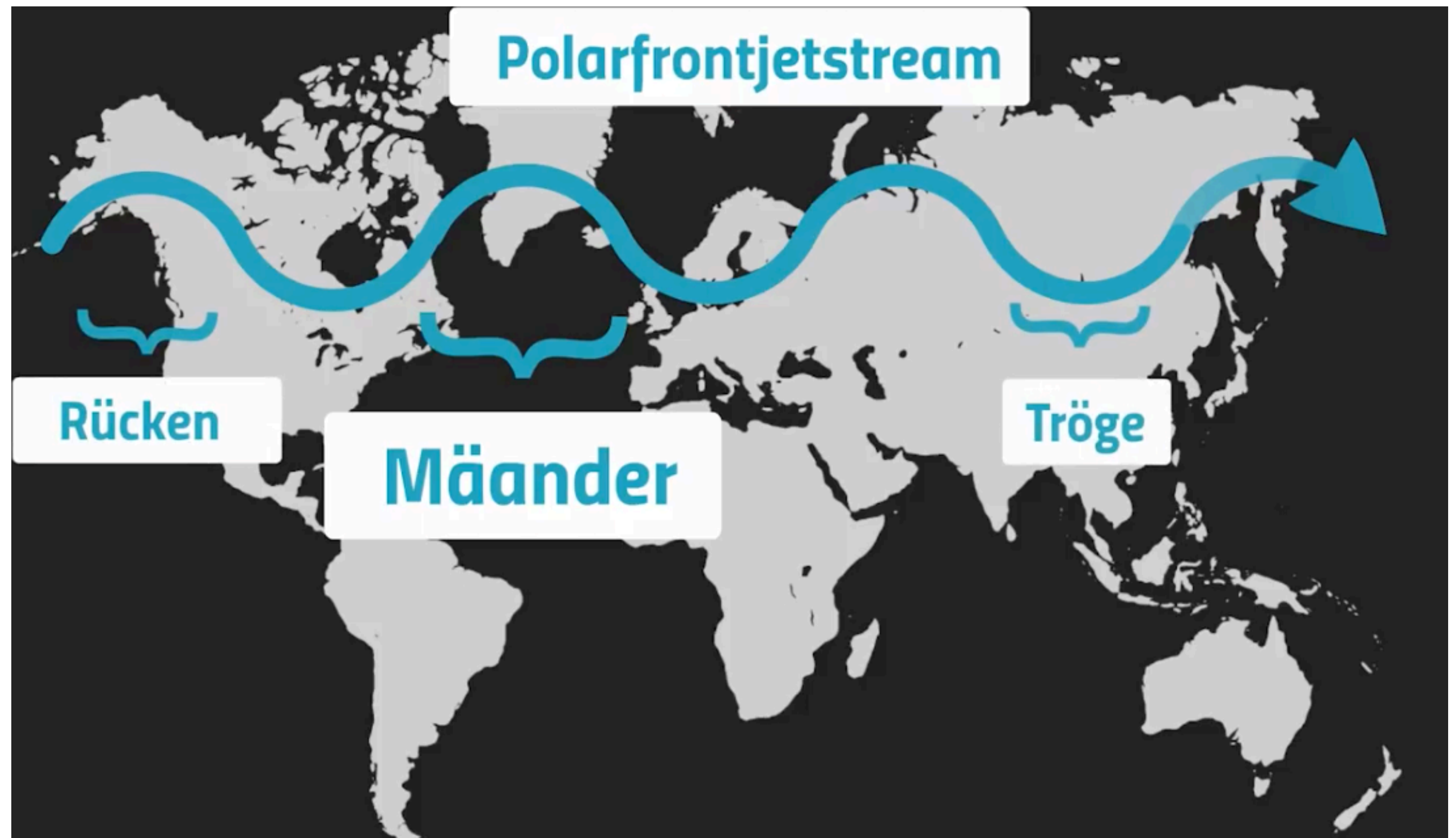
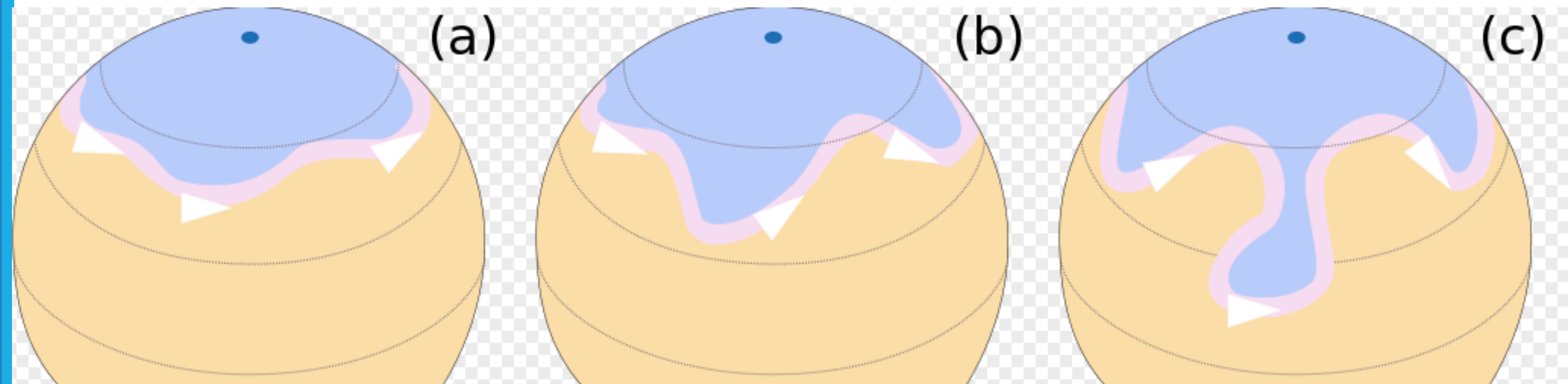


Luftmassengrenze zwischen warmer Subtropen- und kalter Polarluft nicht geradlinig sondern mäandriert -> Rossby-Wellen im Jetstream

Höhenrücken und Höhenträgen

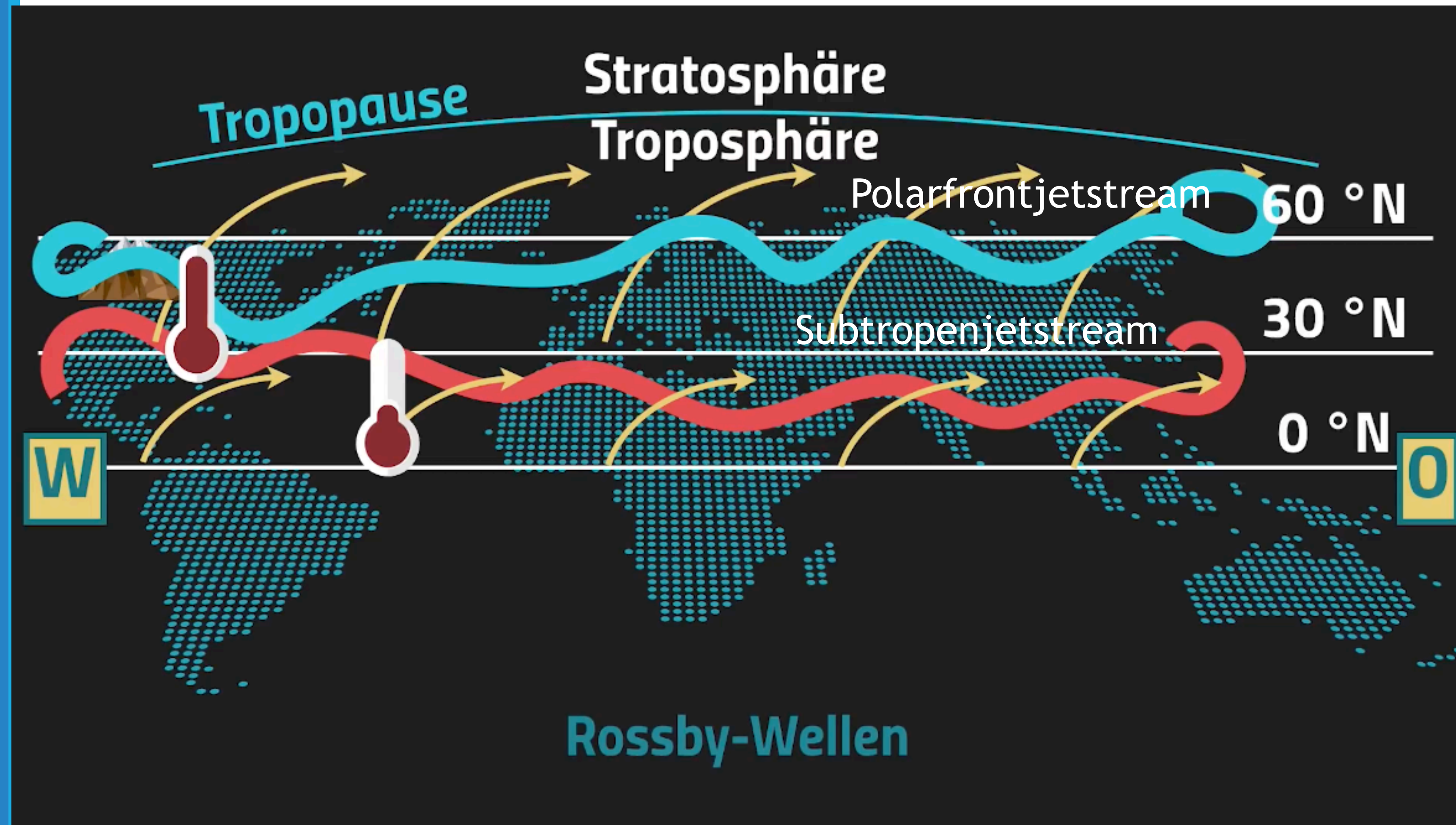


Polarfrontjetstream



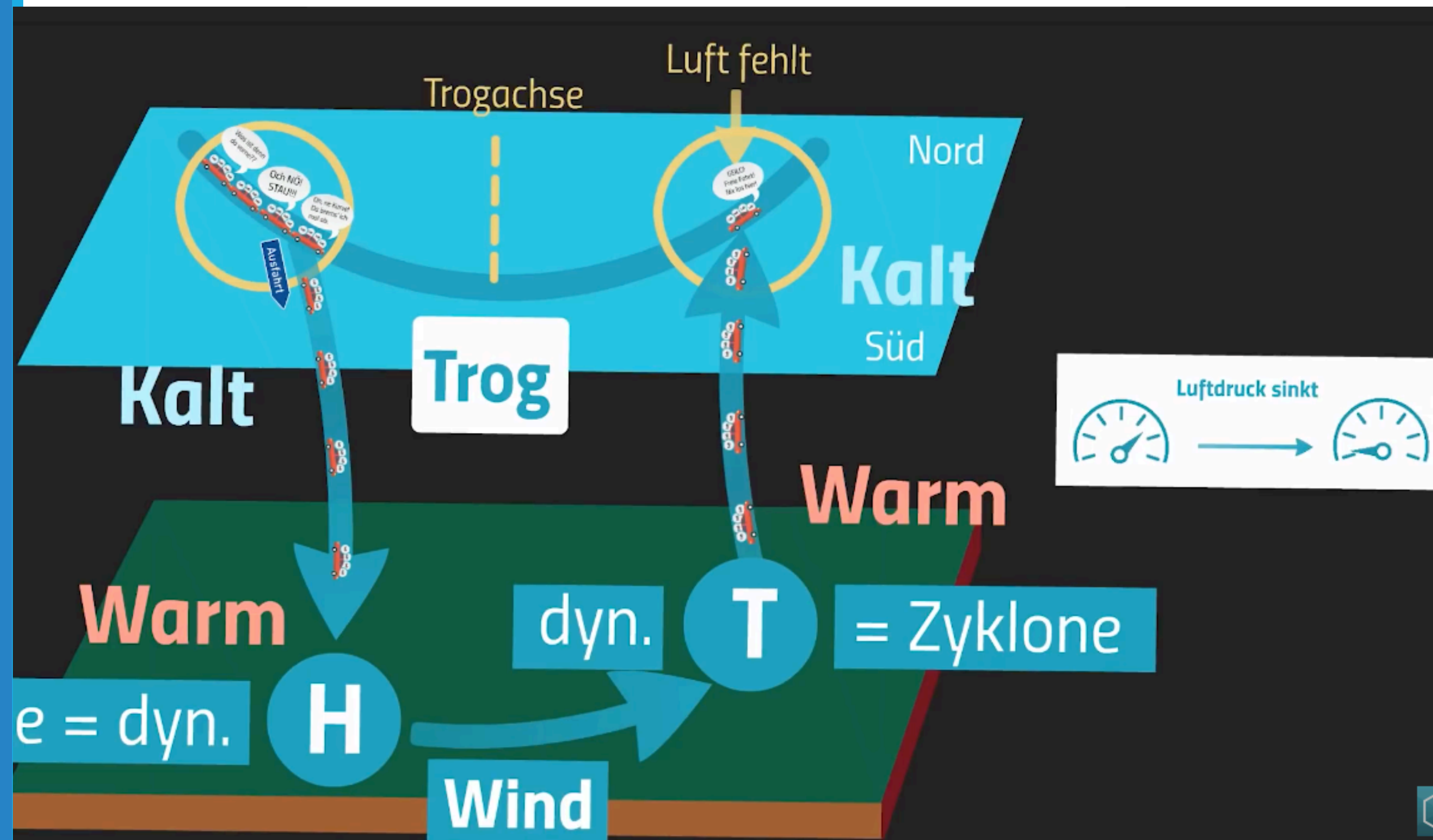


Rossby-Wellen im Jetstream entstehen durch den Temperaturunterschied zwischen Land und Meer sowie wegen den Bergmassen die im Wege sind



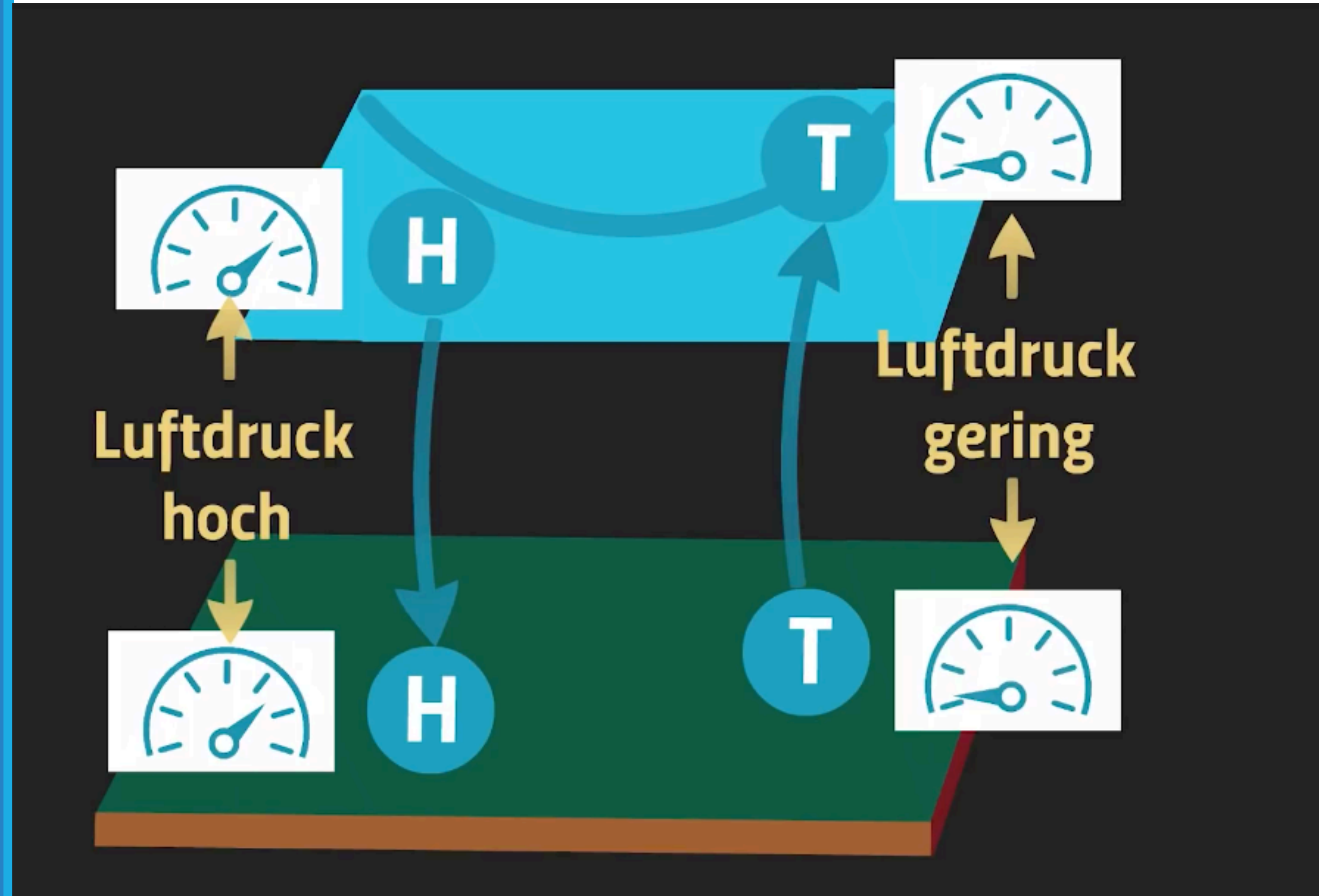
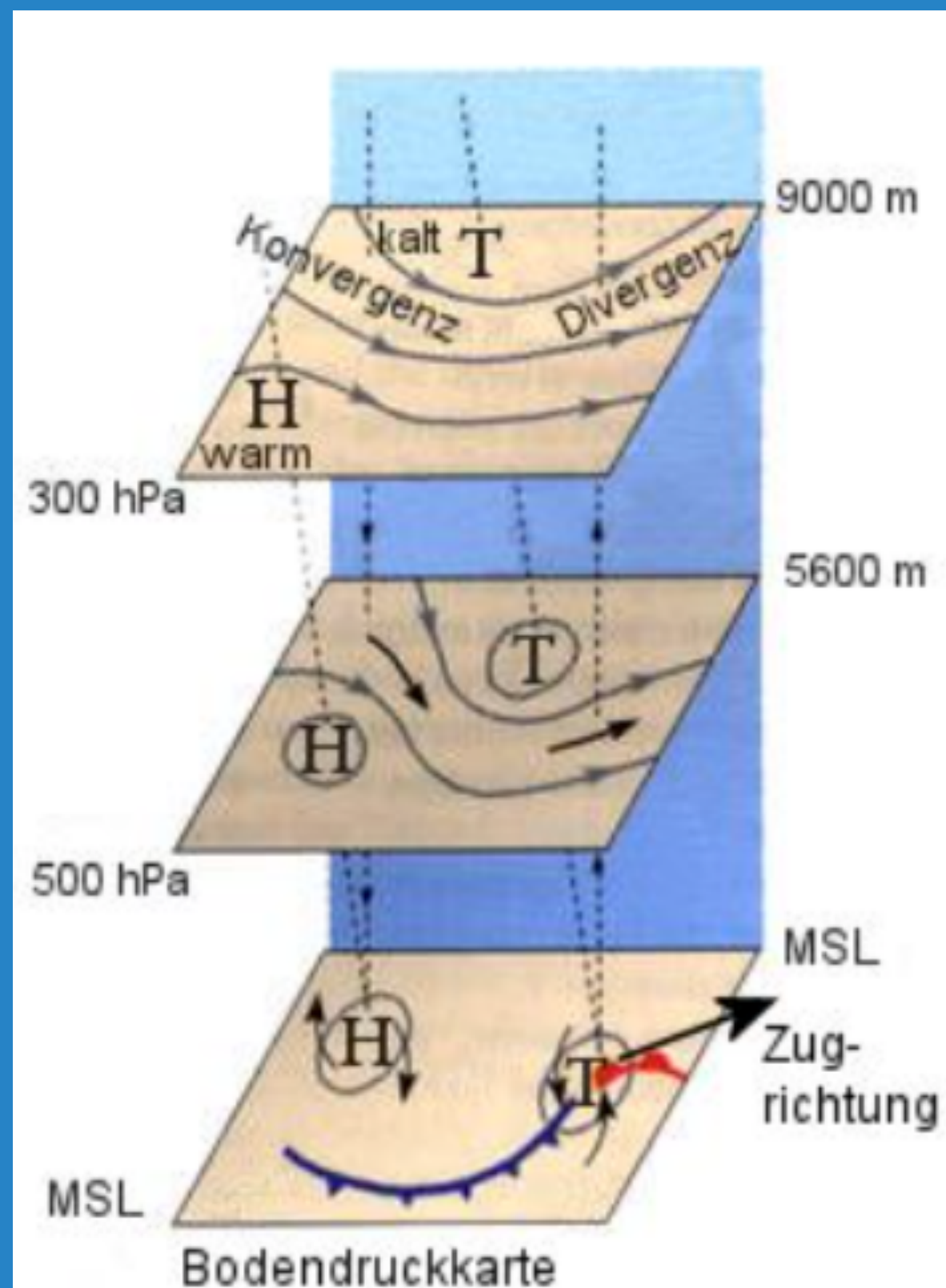


# Dynamische Hoch- und Tiefdruckgebiete





# Dynamische Hoch- und Tiefdruckgebiete



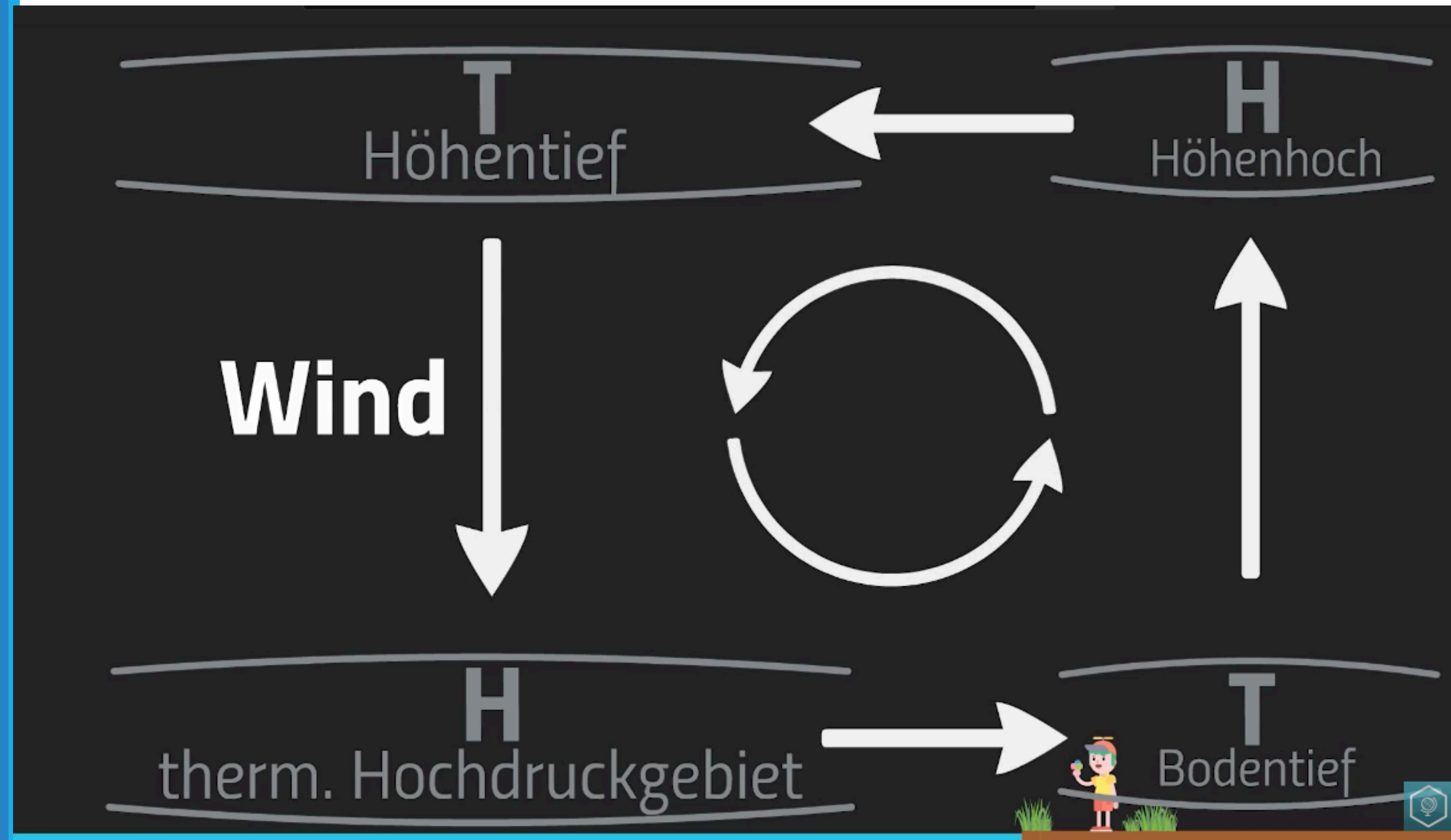


# Thermische Hoch- und Tiefdruckgebiete

Konvergenz:  $\rightarrow T \leftarrow$   
Divergenz:  $\leftarrow H \rightarrow$

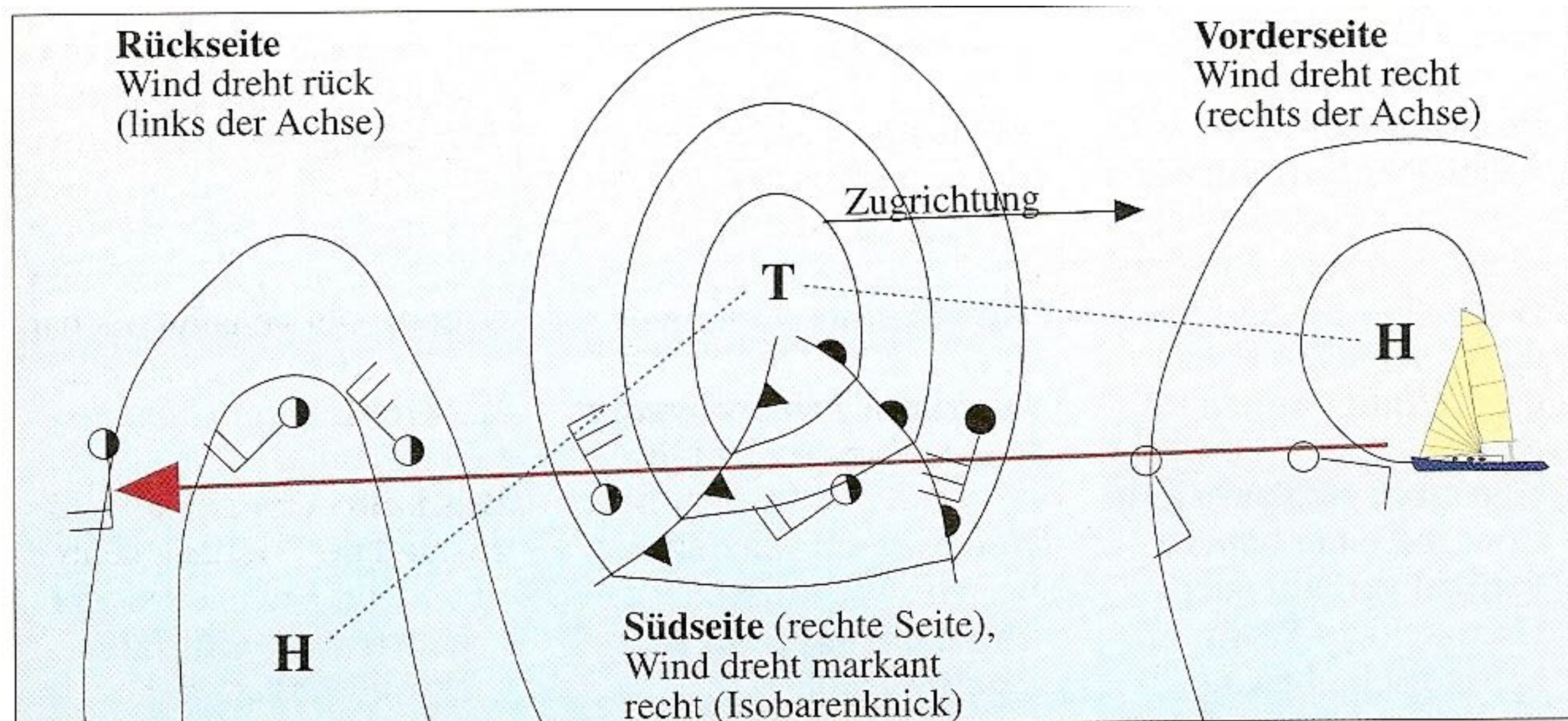
## Grosswetterlage = Hochdruckgebiet

Im Sommer entstehen an der Küste Thermikwinde = terrestrischen Winde





# Tief mit Zwischenhochs





# Warmfront und Kaltfront

Luftmassen unterschiedlicher Temperatur bleiben lange getrennt durch **Fronten**

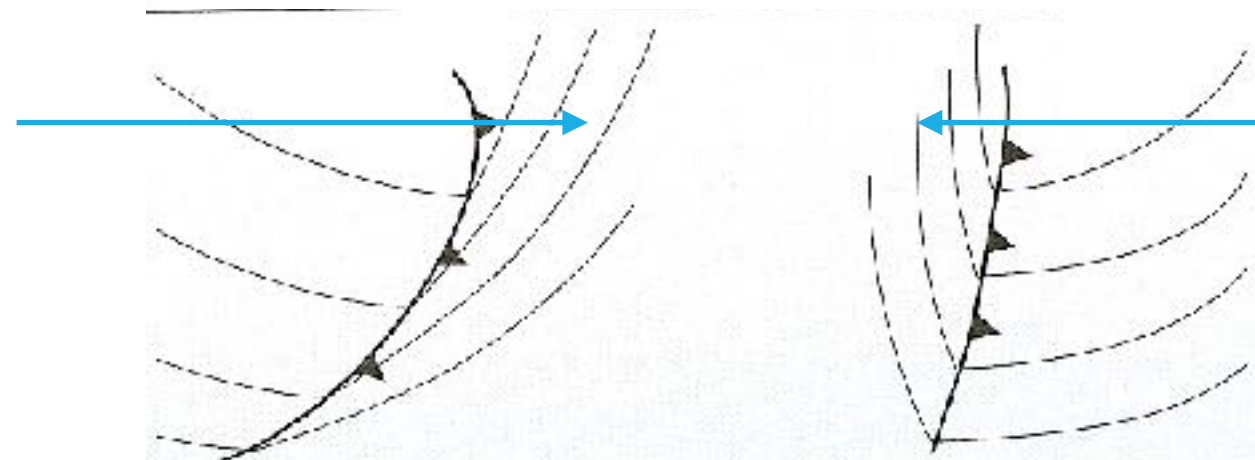
Kaltluft verdrängt Warmluft -> **Kaltfront (KF)**  
cumulusförmige Bewölkung, starke Böen und Schauer

Warmluft verdrängt Kaltluft -> **Warmfront (WF)**  
stratusförmige Bewölkung, keine Böen aber ergiebiger Regen

**Okklusionsfront:** Mischfront

## Isobarenknick bei der KF

Nach der KF  
dreht der Wind  
recht mit  
Sturmböen.

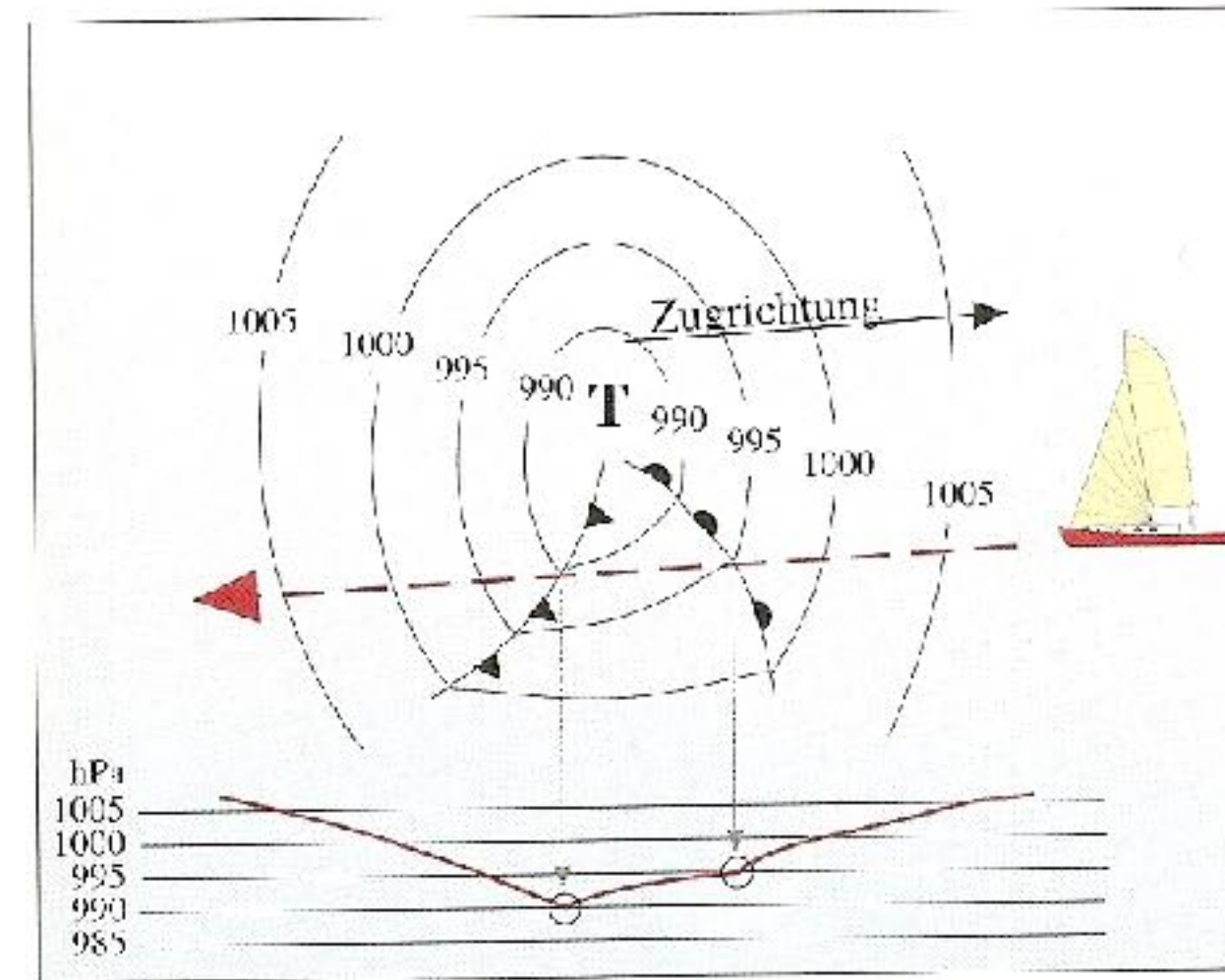


Vor der KF weht der  
Wind frontparallel,  
frischt auf.



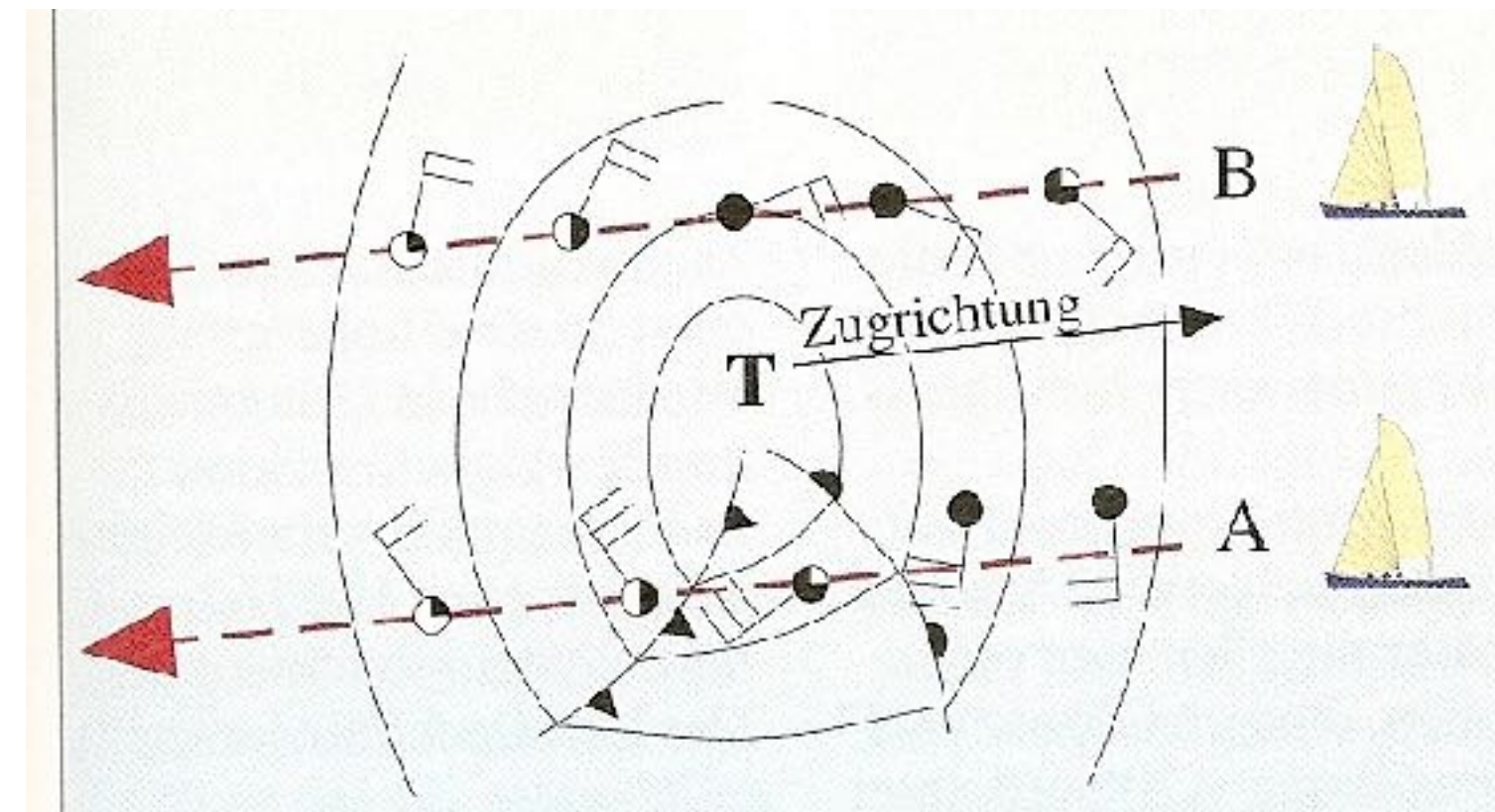
# Warmfront und Kaltfront

Luftdruck:



Luftdruck bei KF und WF

Windrichtungen:



Linke Seite

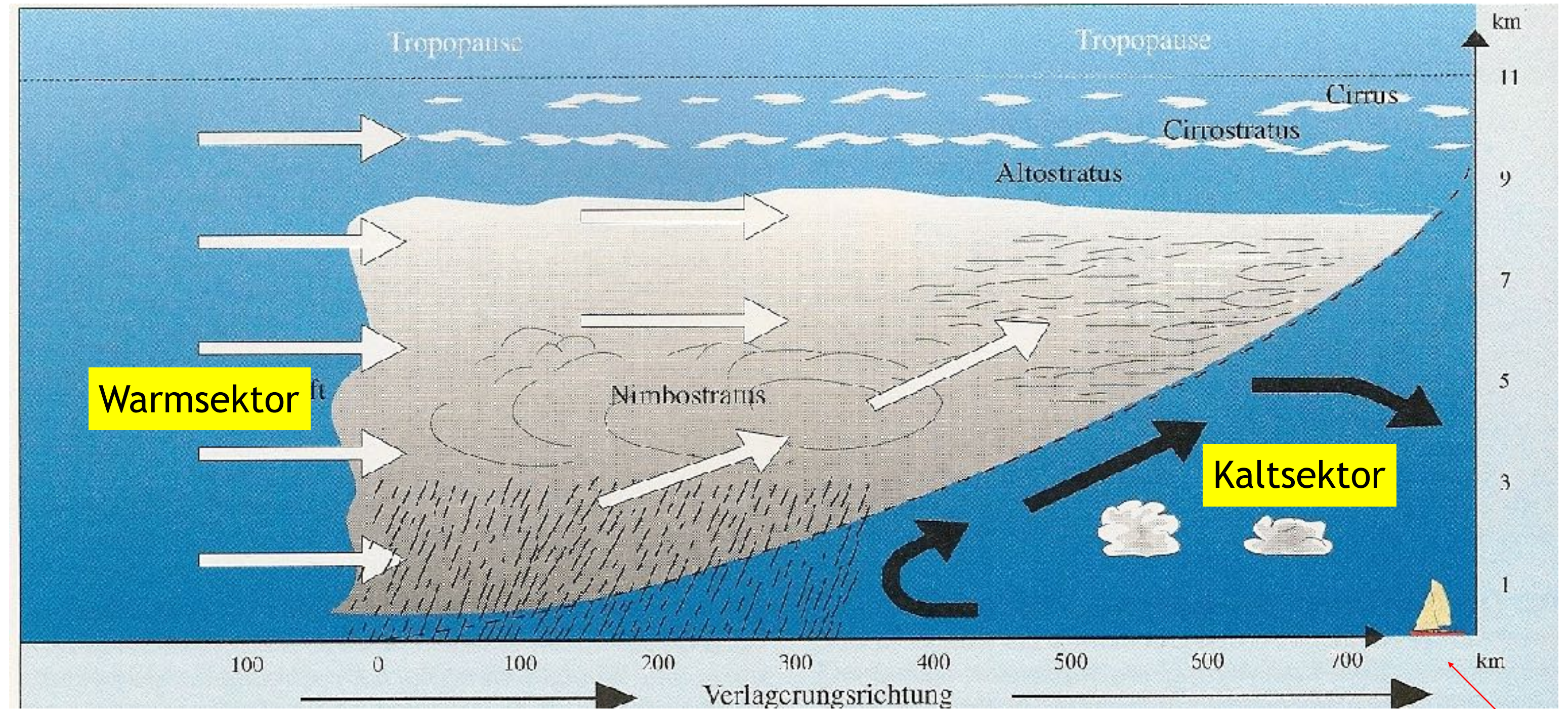
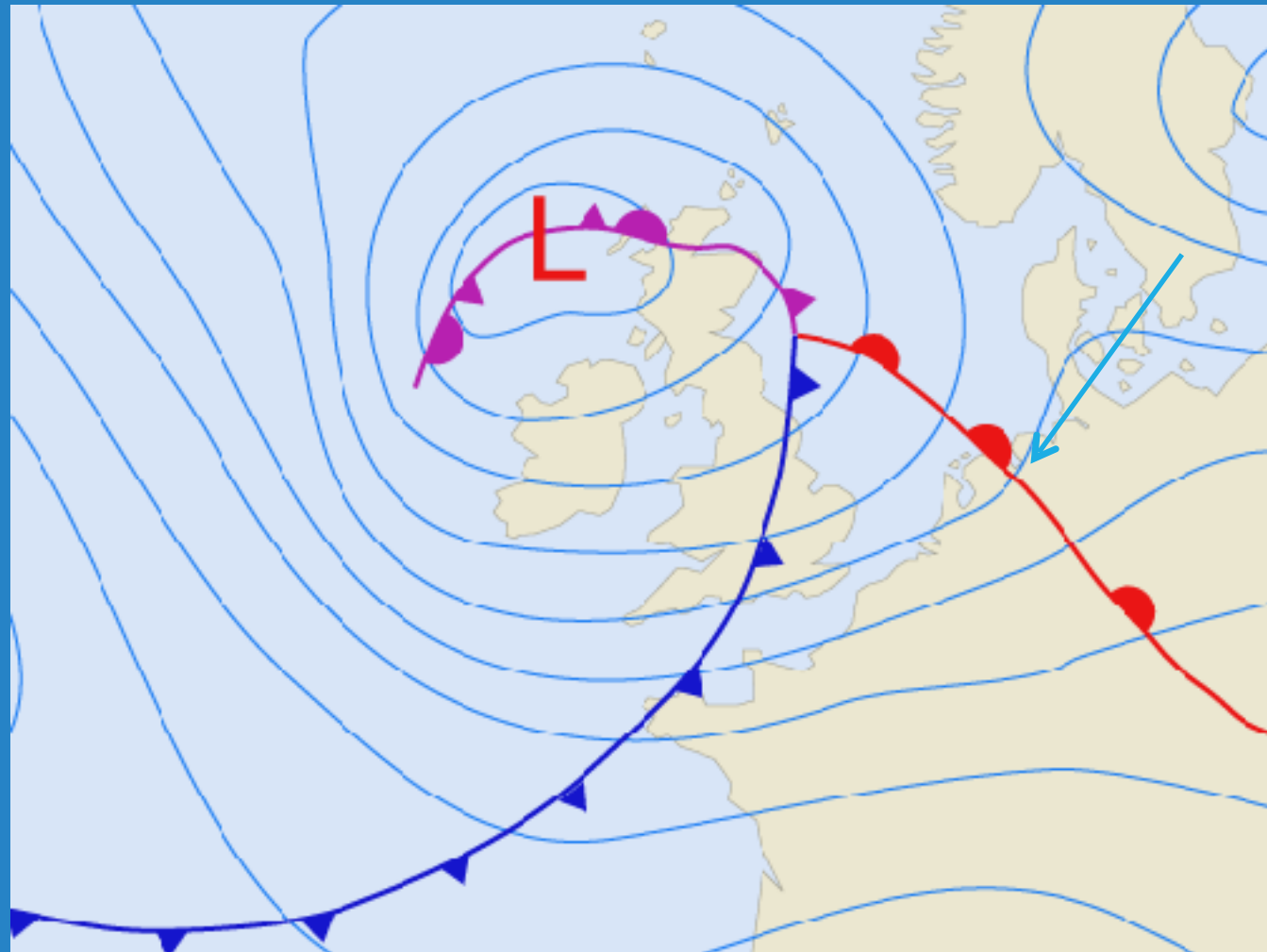
Rechte Seite  
=  
gefährliche Seite

-A) Rechts vom T dreht der Wind rechts,  
-Wind und Zugrichtung sind gleich ->  
-gefährliche Seite

-B) Links vom T dreht der Wind rück (links).  
-Im Zentrum -> umlaufenden Wind



# Warmfront (WF)

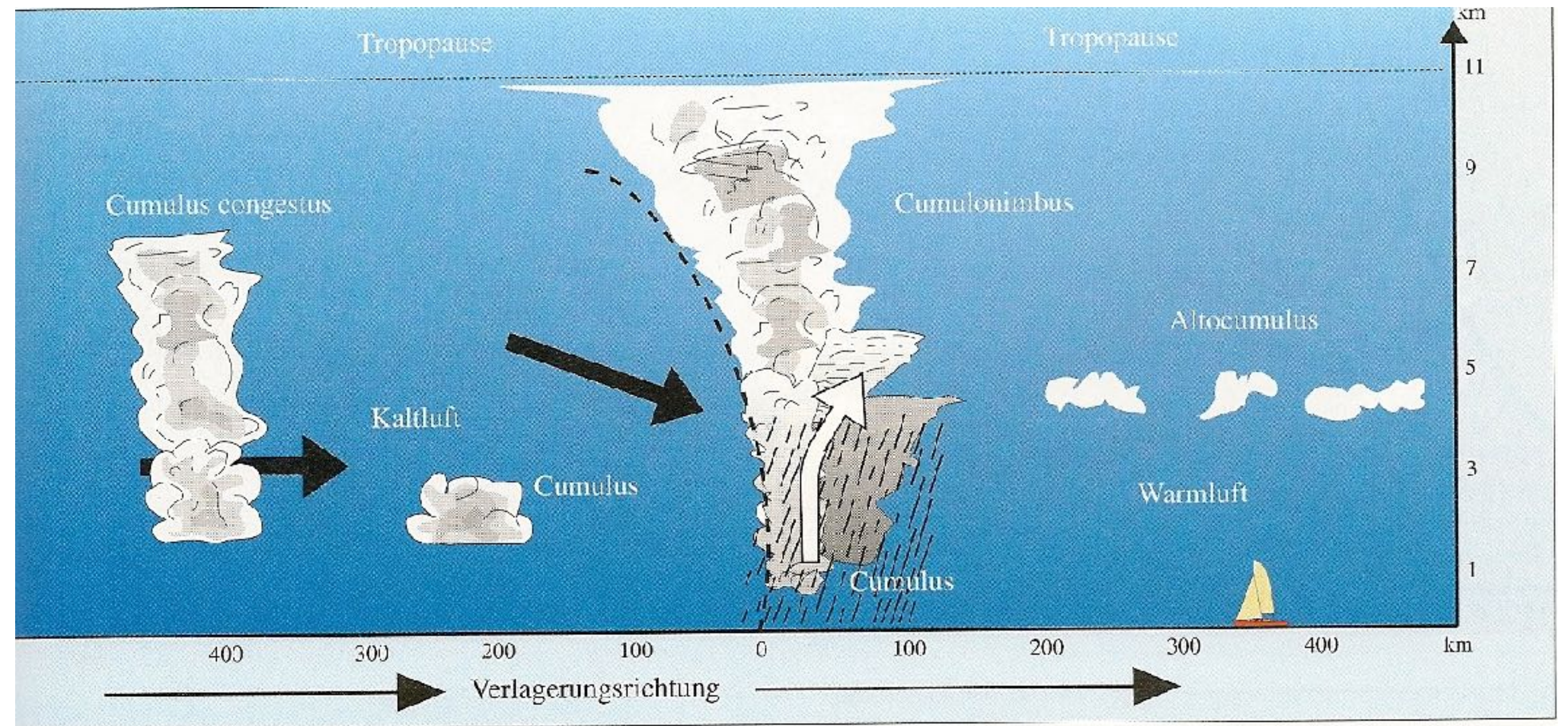
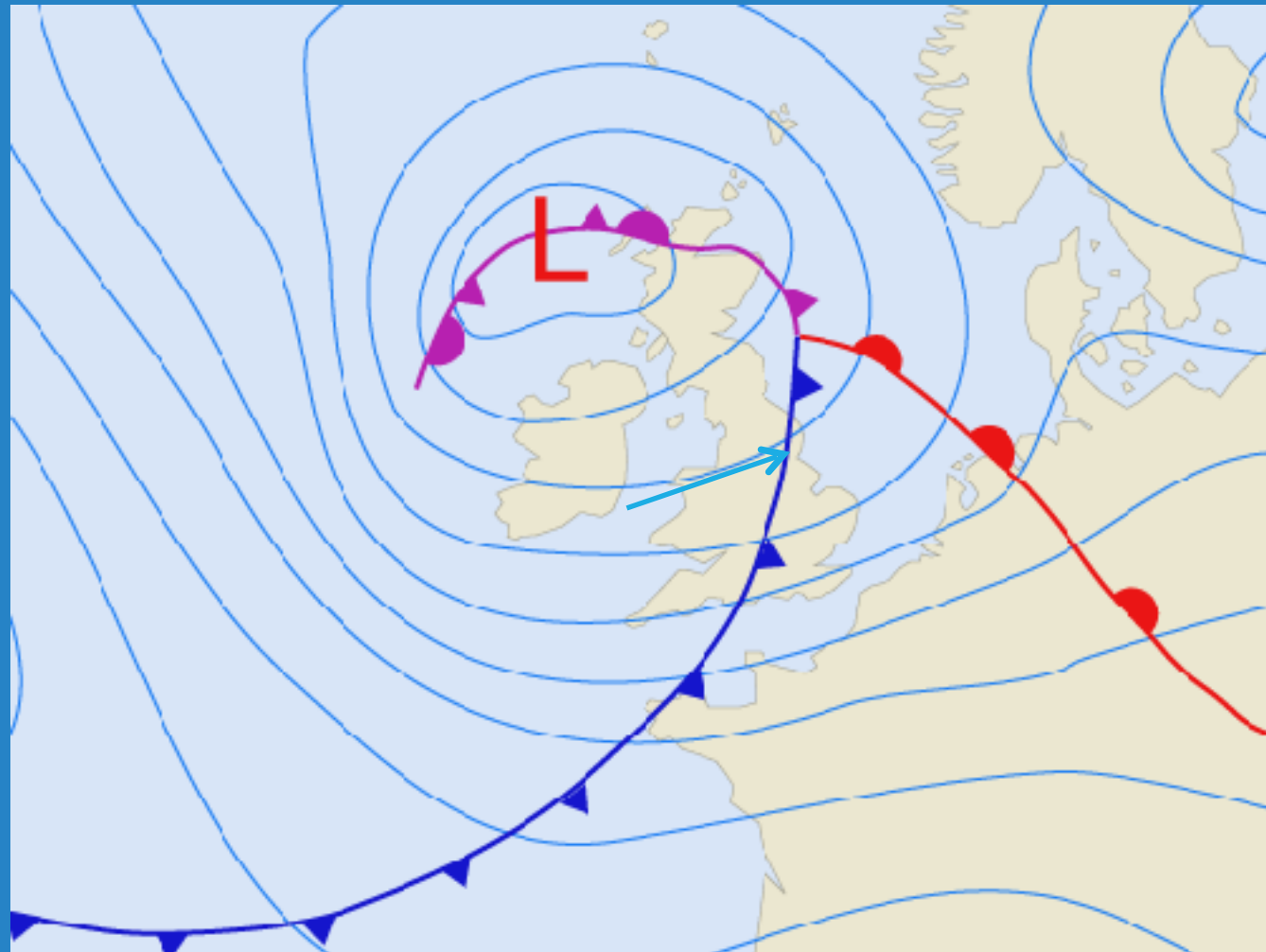


Segelboot (A)

- Die WF wird durch den Jetstream angesaugt, erste Anzeichen:
- Cirrus Wolken, die Locken zeigen die Richtung des Jetstreams
- Nach 2 Stunden: Cirrostratus, Sonne -> Halo
- Altostratus, kein Halo, Sonne erscheint verwaschen
- Luftdruck \ und Wind / Windrichtung bleibt konstant, meistens SE
- Nach 3 - 5 Stunden: Nimbostratus mit Regen
- Nach 4 - 6 Stunden: Durchgang der Front, Wind dreht recht und \
- Luftdruck stabilisiert sich, nach ½ bis 1 Stunde endet der Regen
- Lufttemperatur / Bewölkung lockert sich auf



# Die aktive Kaltfront (KF)

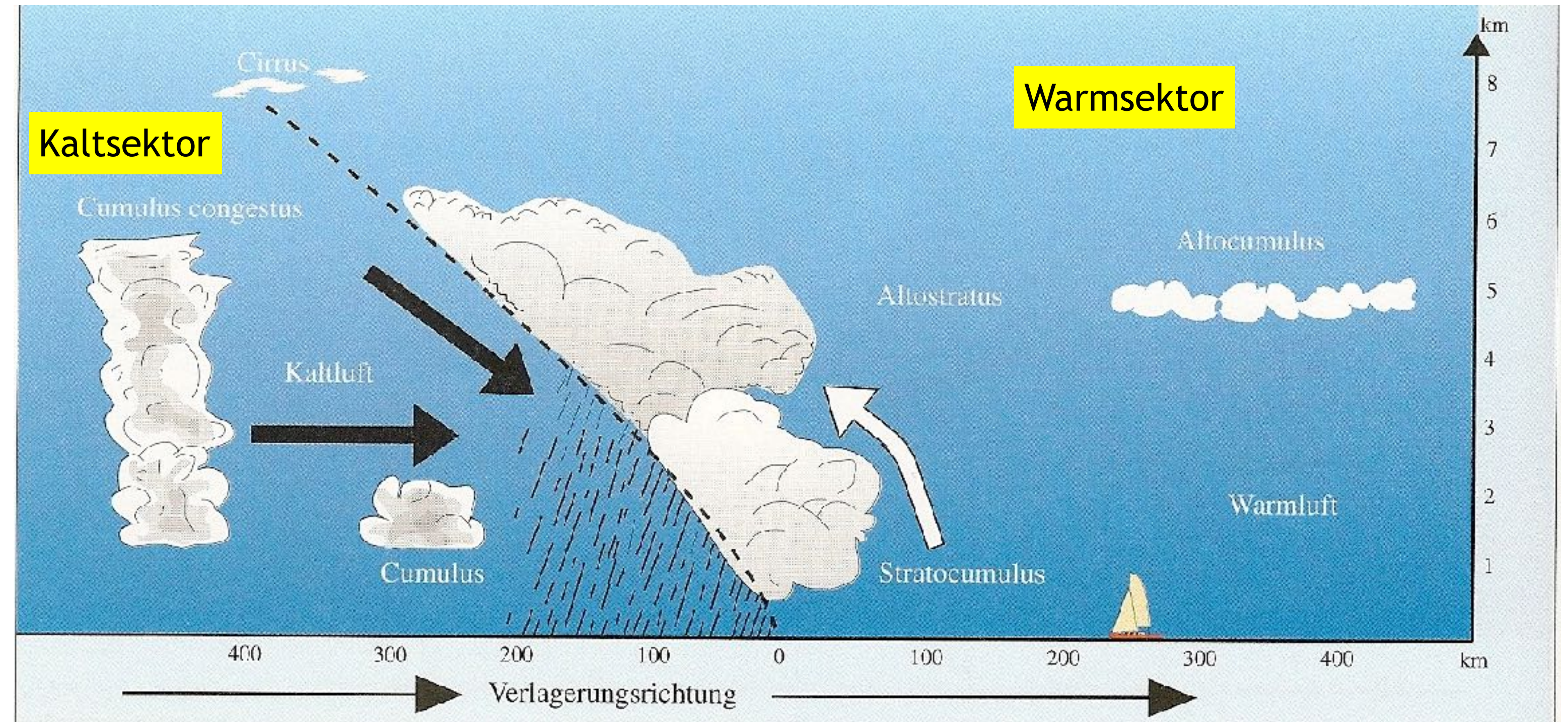
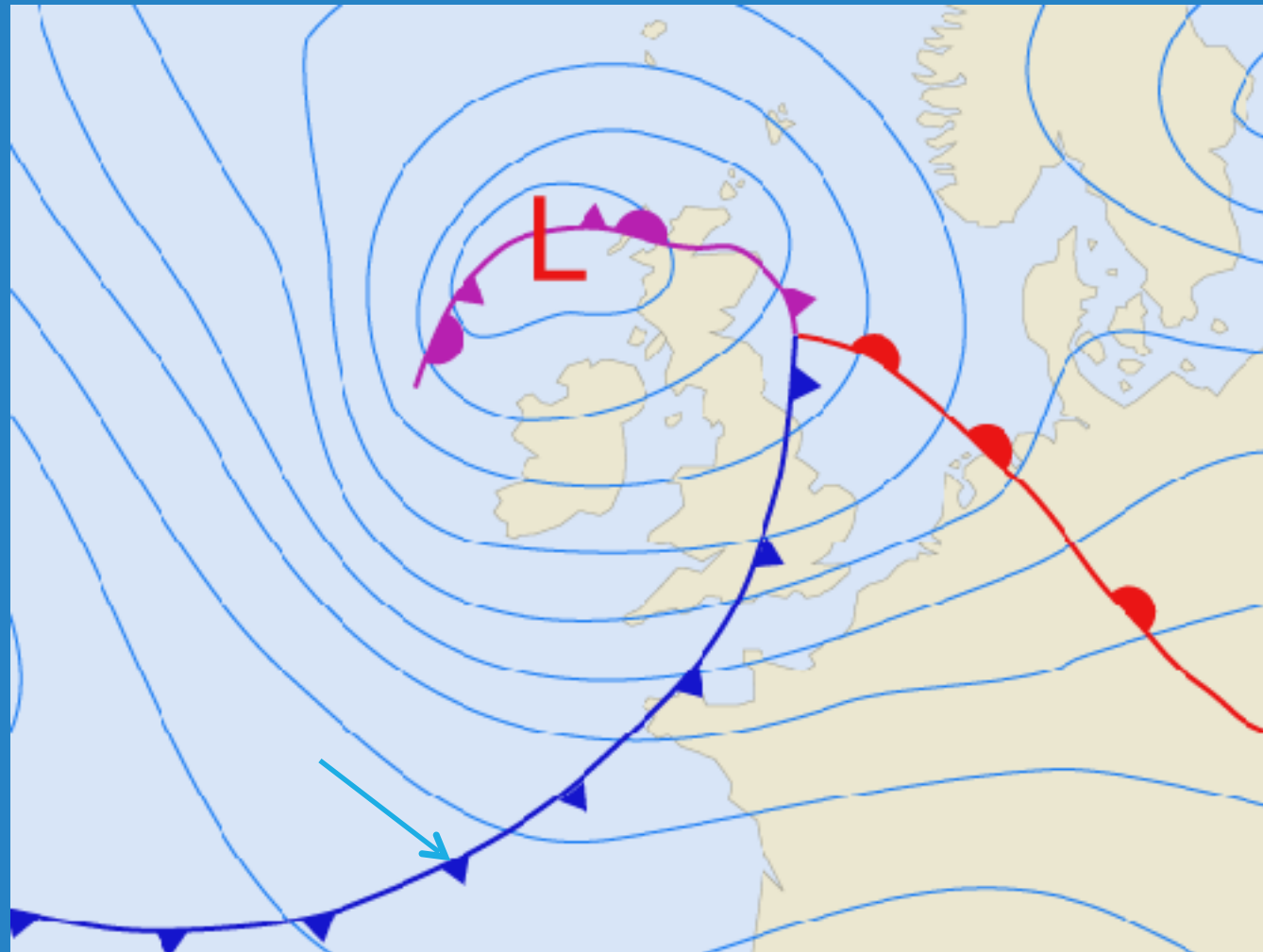


- Die aktive KF (= gefährlich) liegt nahe am Tiefkern und bewegt sich schnell
- Die Wolken entstehen vor dem steilen vertikalem Frontverlauf
- Cumuli verdichten sich zu Cumulonimbus oder Nimbostratus -> 2 Stunden starken Regen
- Nach dem Durchzug der KF -> Aufklärung, Luftdruck ↗, Temperatur ↘, Wind dreht recht ↗
- Aktive KF: Erst Wolken, dann Regen, dann Front

- Bodenreibung kann die Front bodennah verlangsamen und die Kaltluft eilt hoch oben voraus
- Kaltluft legt sich über Warmluft -> **Gewitterfront**, mächtige Cumulonimben mit heftigen Böen

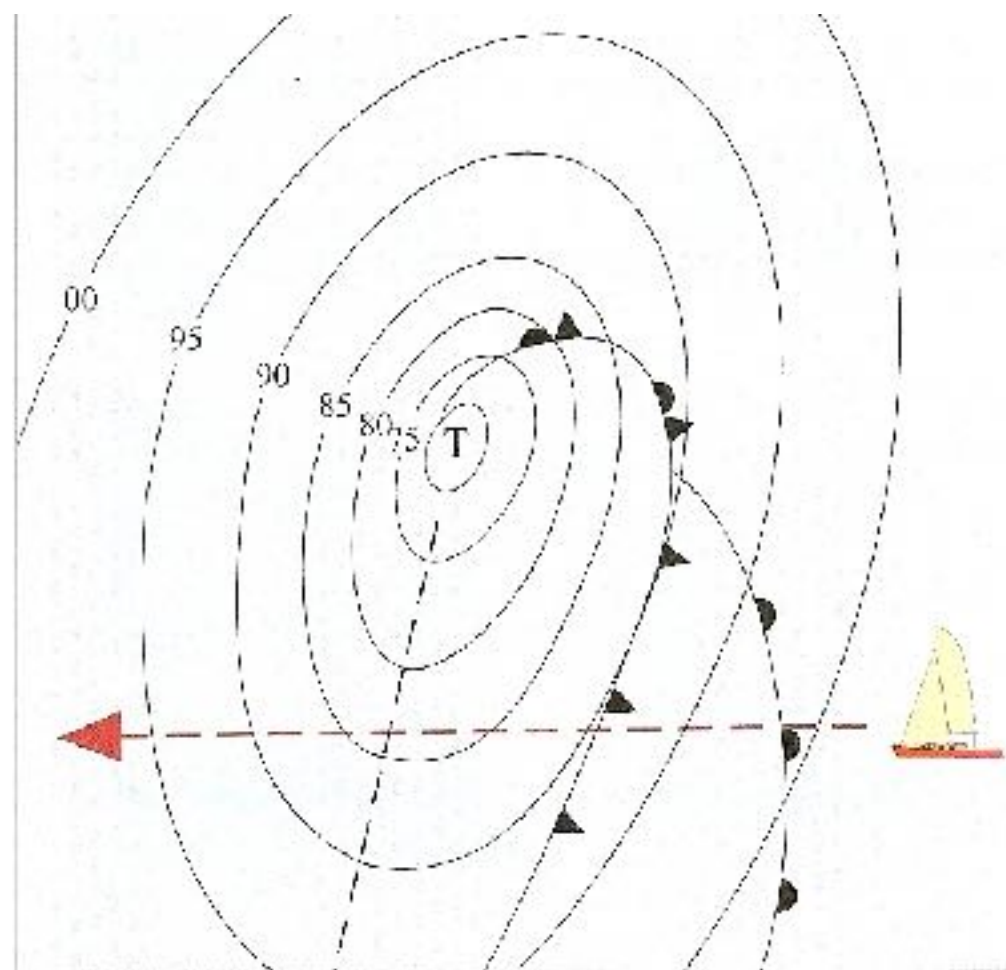


# Die passive Kaltfront (KF)

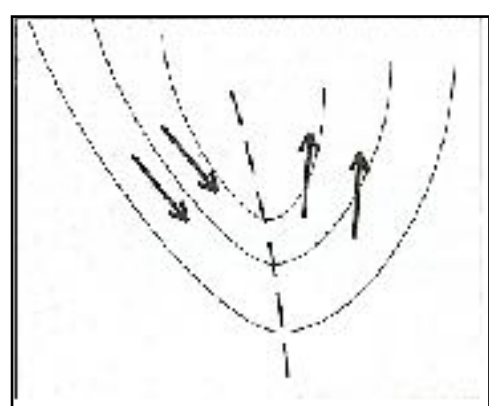
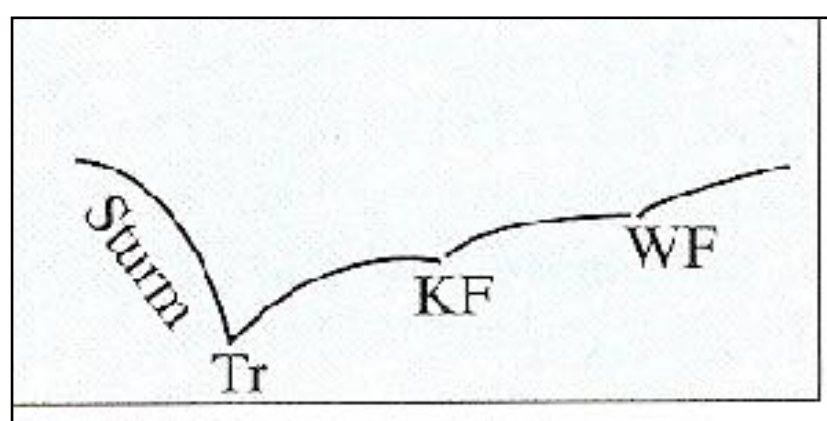


- Die passive KF liegt im Randbereich oder ausserhalb von Zyklonen und bewegt sich langsam.
- Die kalte Luft schiebt sich in Form eines flachen Keiles unter die Warmluft.
- Die Warmluft steigt passiv auf -> Bewölkung hinter der Front
- Nach dem Durchzug der KF, starker Regen, Luftdruck  $\nearrow$ , Temperatur  $\searrow$ , Wind dreht stark recht
- Passive Kaltfront: Erst Front, dann Wolken und Regen





Troglage, die Trogachse ist gestrichelt dargestellt.

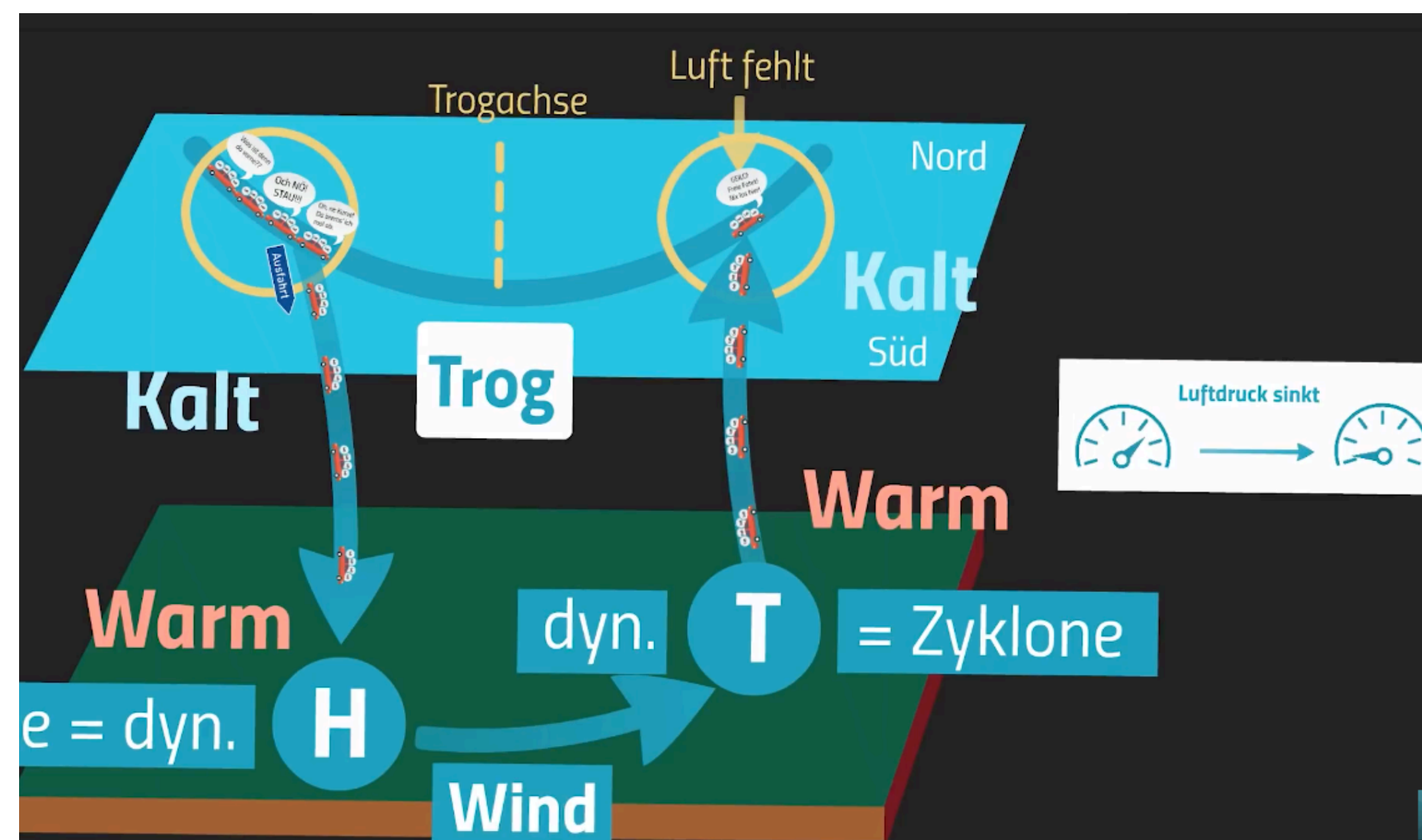


Windrichtung  
Kreuzseen

TROGORKAN: Kann auf der Rückseite einer gut entwickelten, okkludierten Zyklone entstehen

Die Okklusionsfront hat bereits den Tiefkern umrundet -> Rückseitentrog

Nach der KF fällt weiter der Luftdruck, kein stärkeren Wind, kein Drehen auf recht



12 Stunden später -> Trogachse mit weniger Wind dann Winddreher auf NW mit Böen in Orkanstärke, Luftdruck

Hochreichende rückseitige Kaltluft fließt wie eine Fallbö auf bereits vorhandene bodennahe Kaltluft

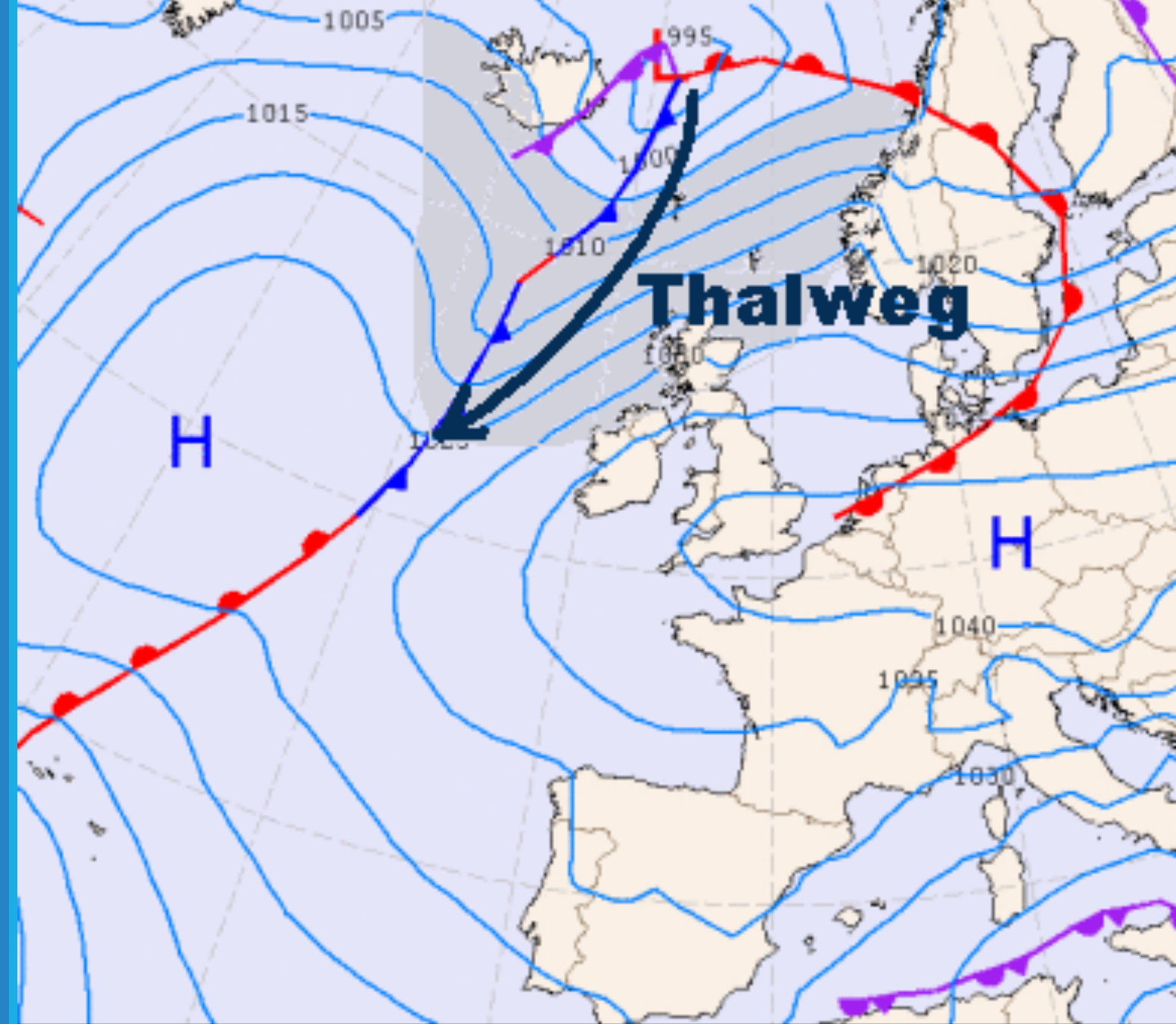
Zwei Wellensysteme mit gefährlichen Kreuzseen

# Trog

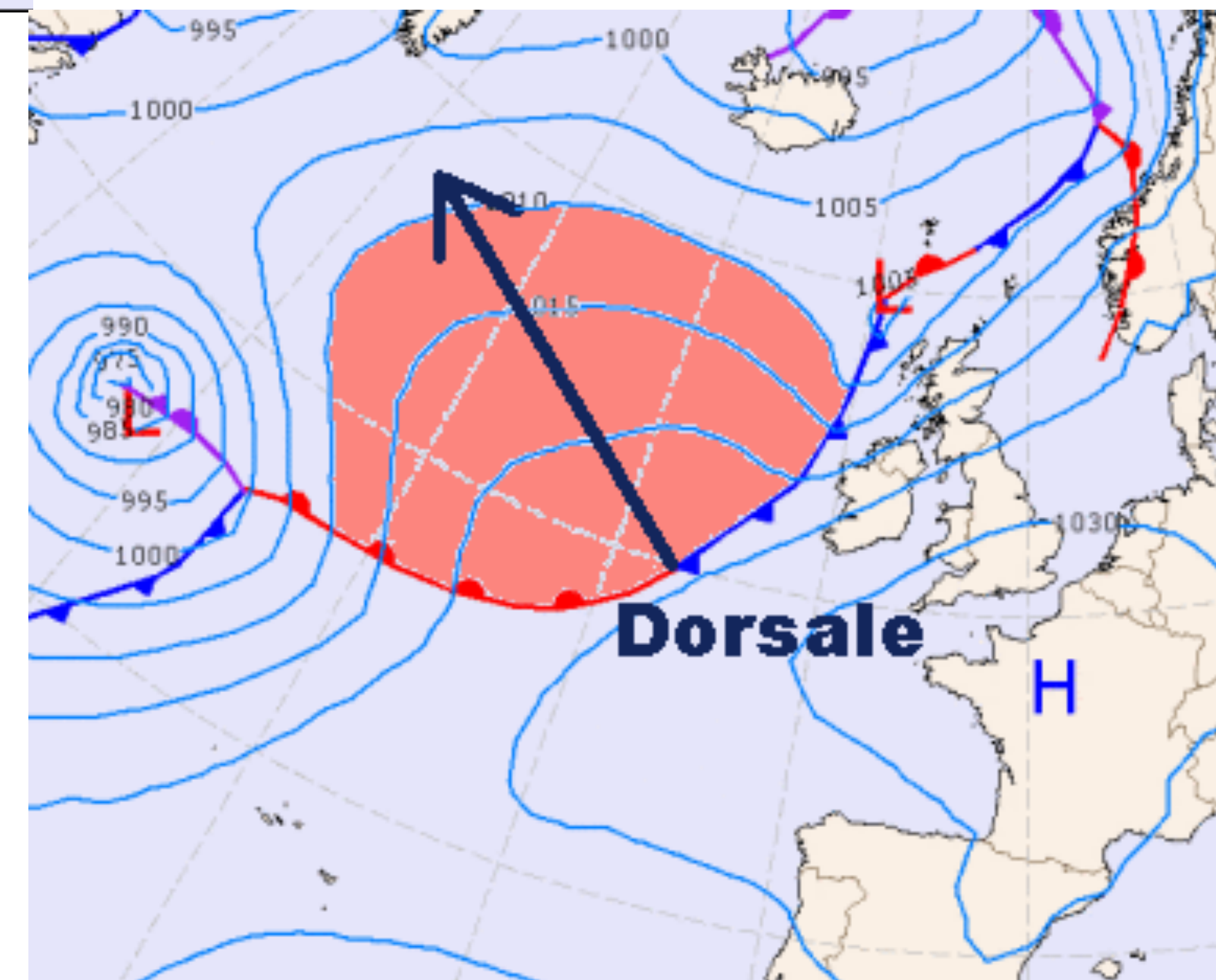
Trogorkan = gefährlicher Sturm



Das V vom Talweg  
(Trough)



Hochdruckkeil





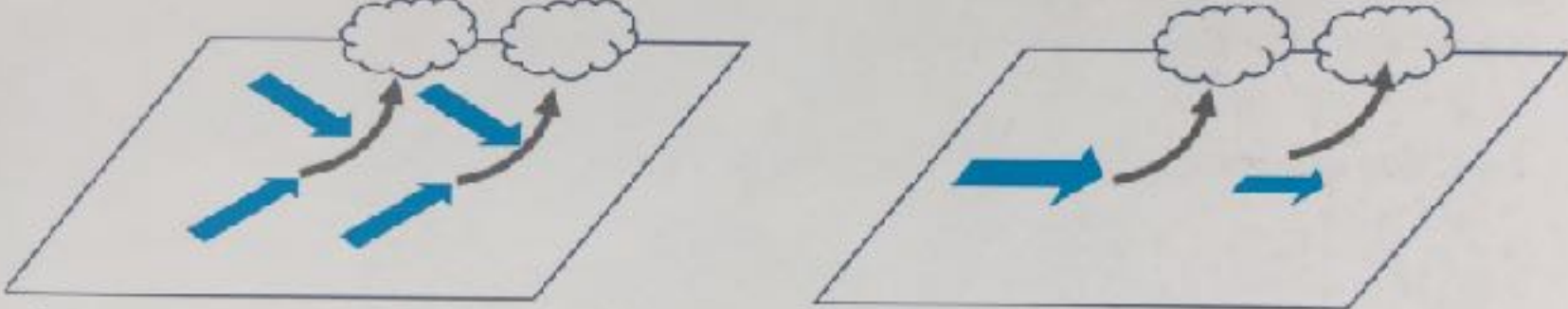
# Konvergenz

# Divergenz

**E**n météorologie, on utilise les termes convergence et divergence dans leur sens mathématique, comme en mécanique des fluides.

- Le flux est convergent lorsqu'il y a accumulation de masse dans un volume donné. Ceci peut s'effectuer de plusieurs manières :

- Les lignes de flux se resserrent. On dit qu'il y a confluence des lignes de flux.
- Le flux ralentit dans le sens du mouvement.
- Une combinaison des deux.



**Convergence par confluence**      **Convergence par ralentissement**

*Fig A. Les différents modes de convergence*

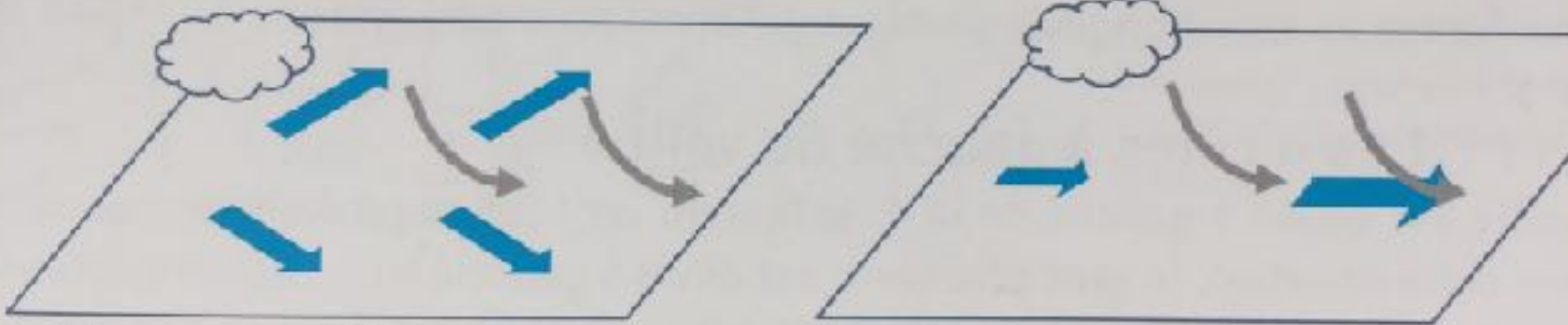
Dans tous les cas, au voisinage de la surface une partie de l'air « accumulée » s'échappe vers le haut donnant lieu à une ascendance qui peut conduire à la formation de nuages avec éventuellement des précipitations.

- Le flux est divergent lorsqu'il y a diminution de masse dans un volume donné. Ceci peut

Dans tous les cas, au voisinage de la surface une partie de l'air « accumulée » vers le haut donnant lieu à une ascendance qui peut conduire à la formation de nuages avec éventuellement des précipitations.

- Le flux est divergent lorsqu'il y a diminution de masse dans un volume donné. Ceci peut s'effectuer de plusieurs manières :

- Les lignes de flux s'écartent. On dit qu'il y a diffluence des lignes de flux.
- Le flux accélère dans le sens du mouvement.
- Une combinaison des deux.

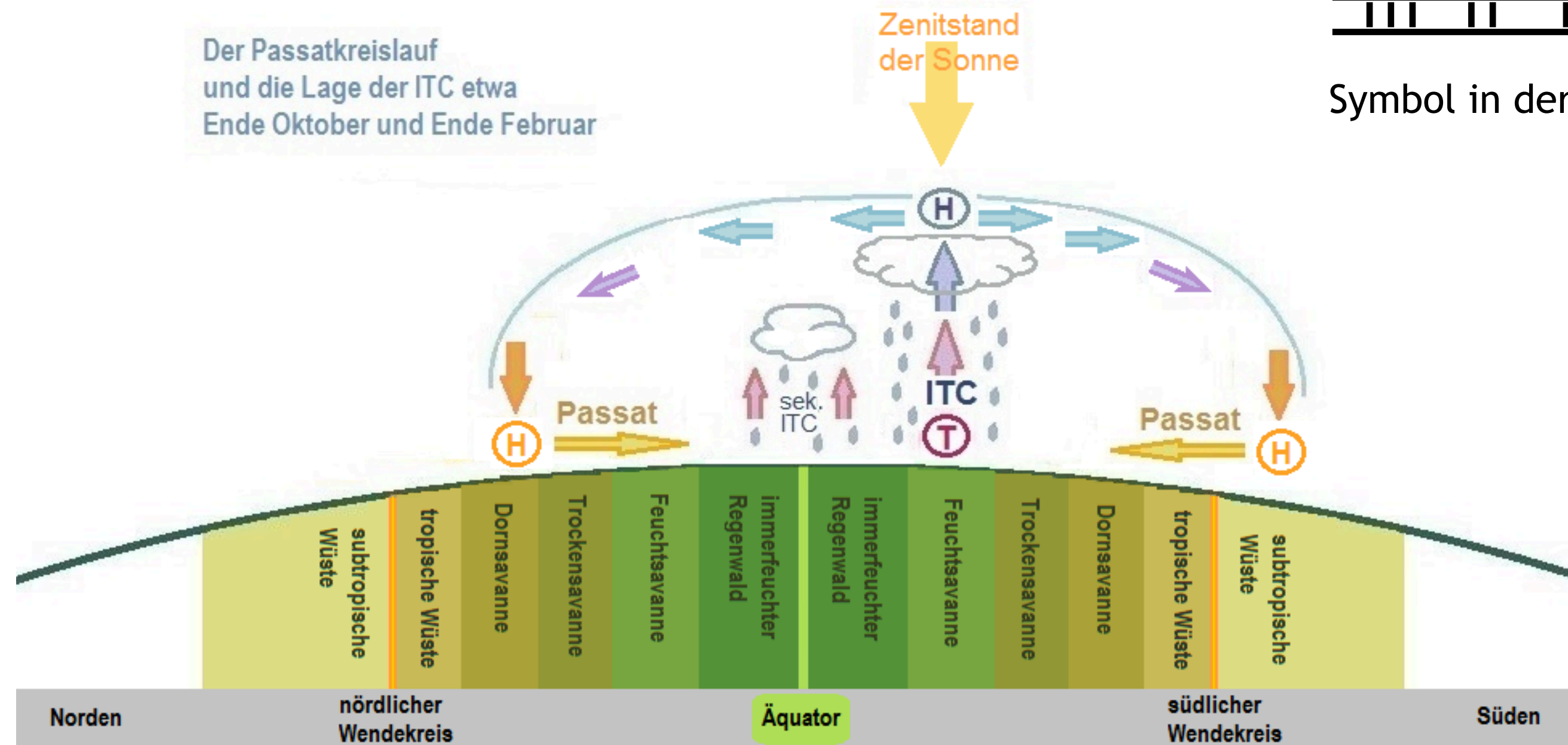
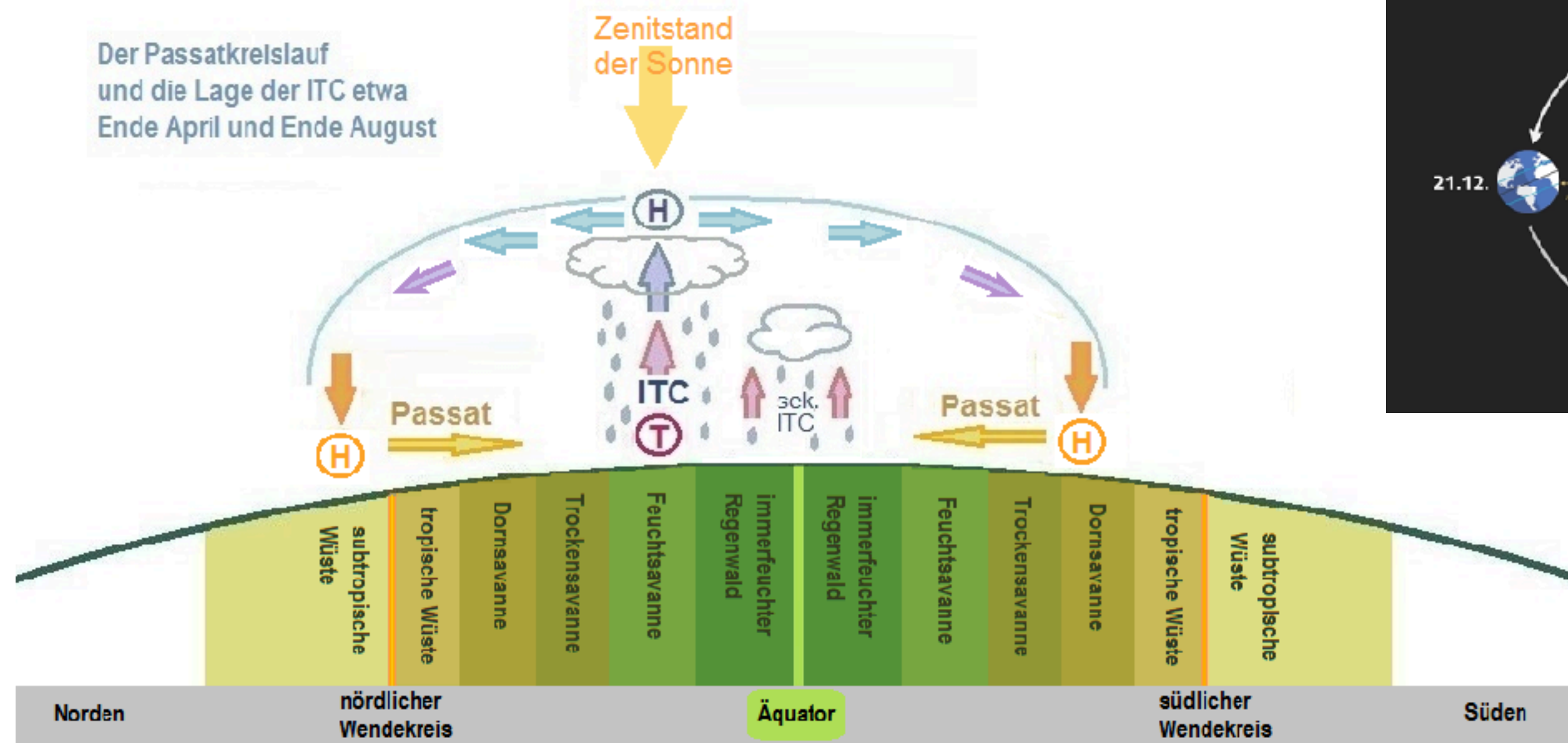
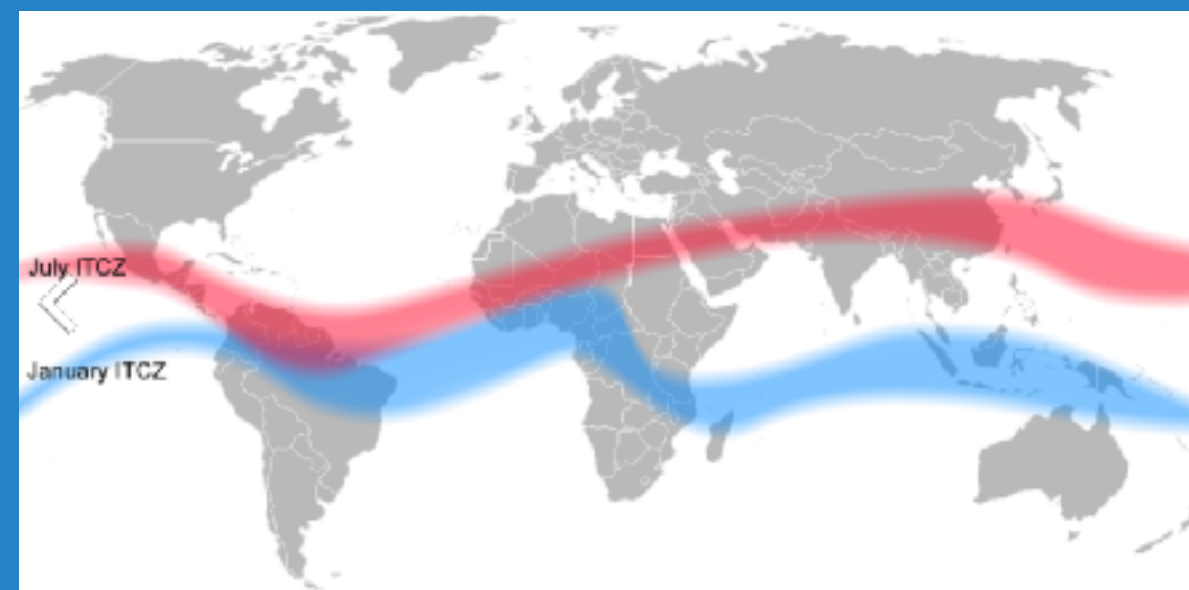
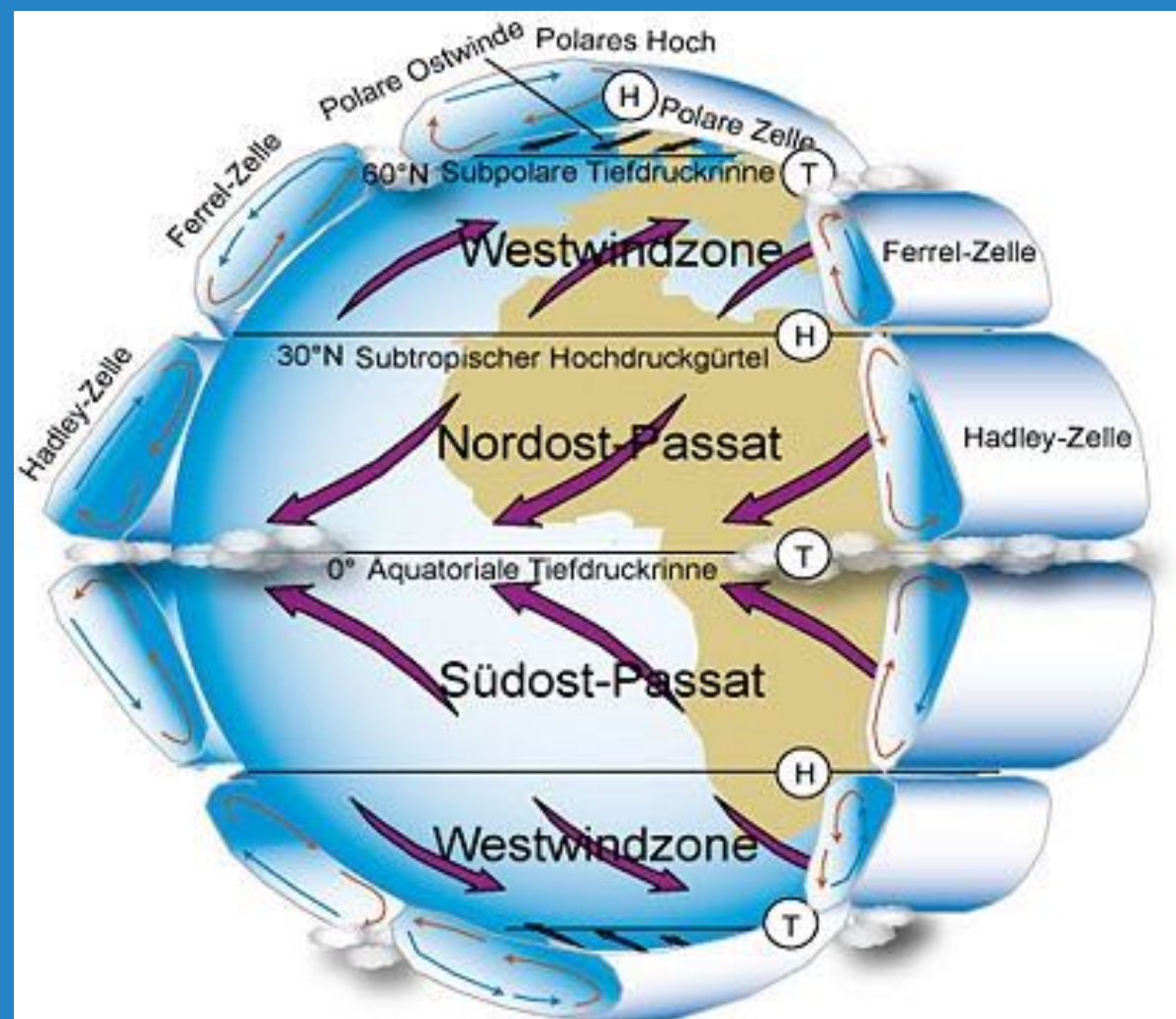


**Divergence par diffluence**      **Divergence par accélération**

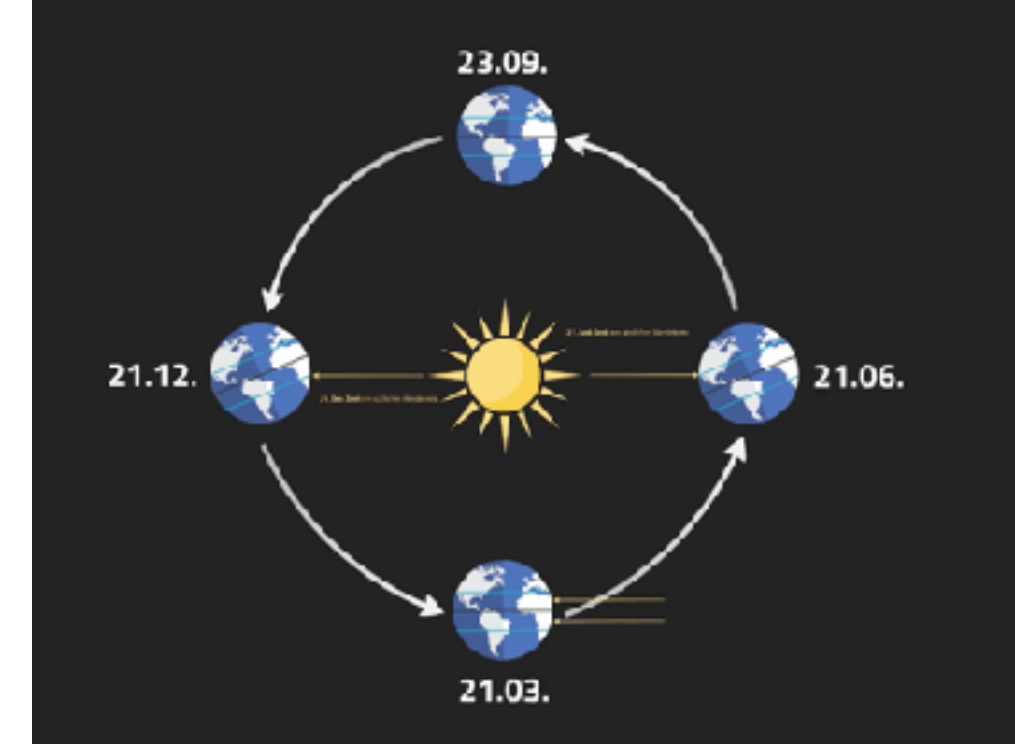
*Fig B. Les différents modes de divergence*



# Passat Windsystem und intertropische Konvergenzzone ITC



Symbol in der Wetterkarte

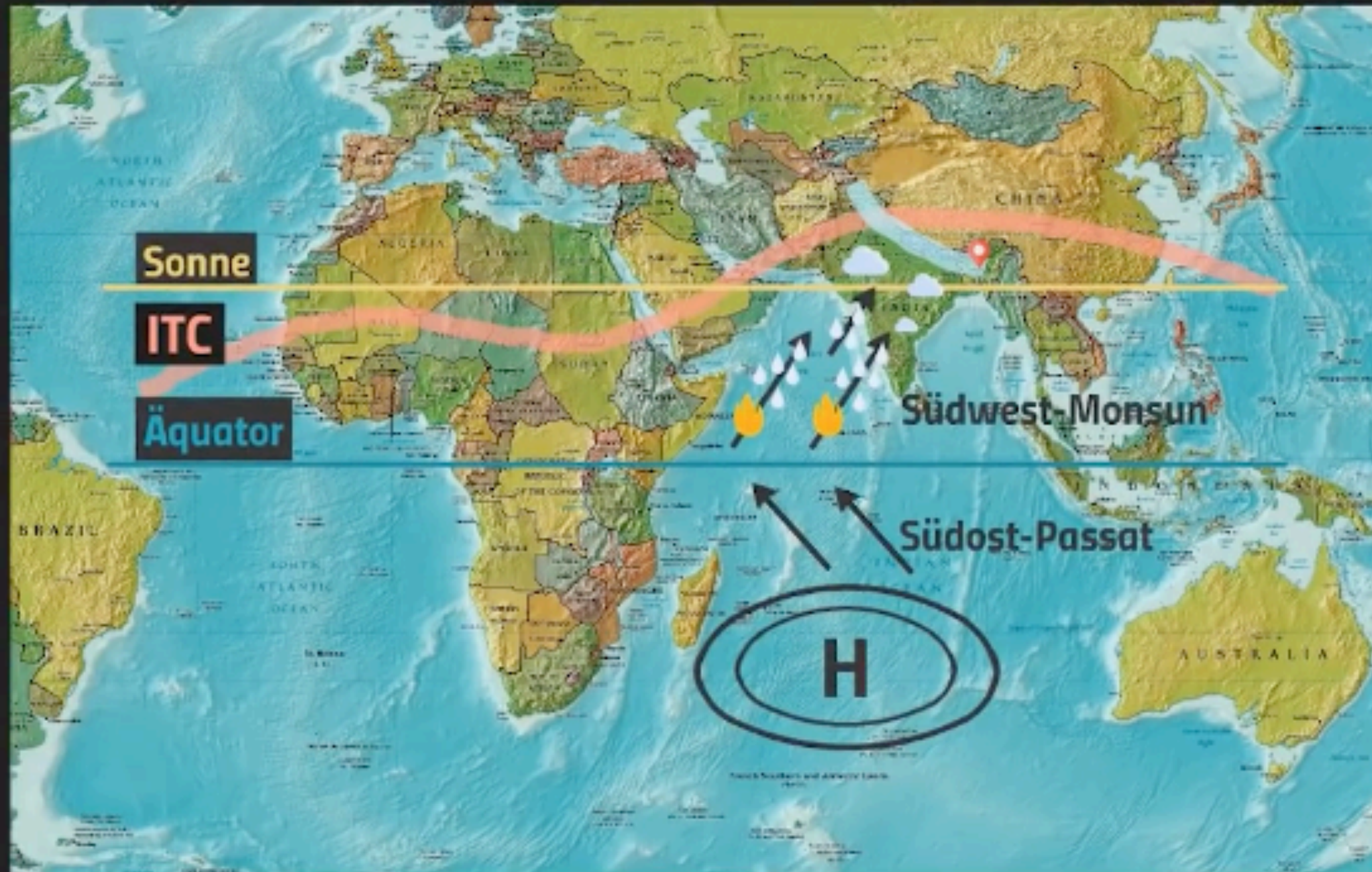






# Monsun erklärt

**Juli/Sommer**



**Regenzeit**

**Januar/Winter**



**Trockenzeit**

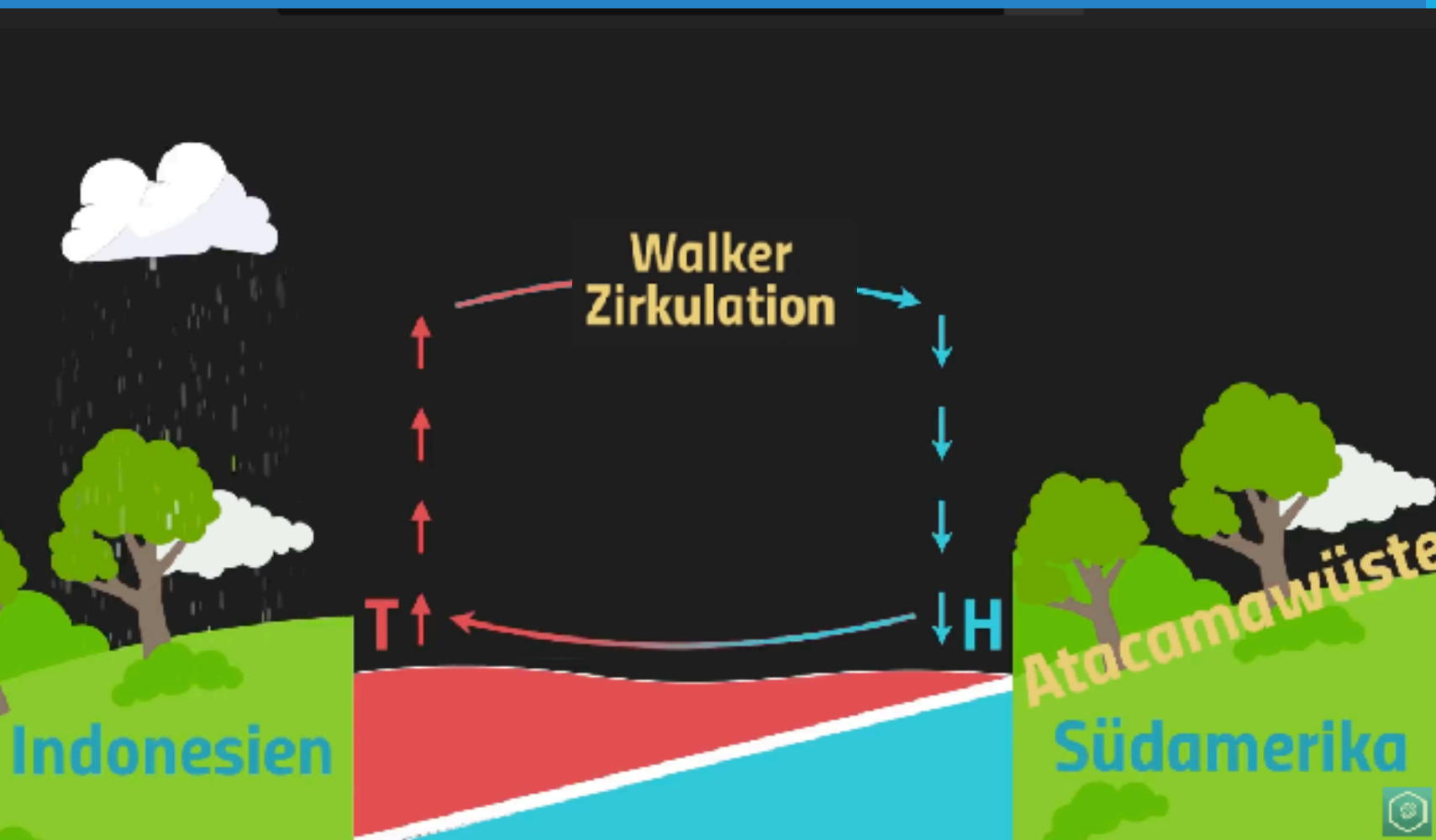




Pazifik

Walker Zirkulation

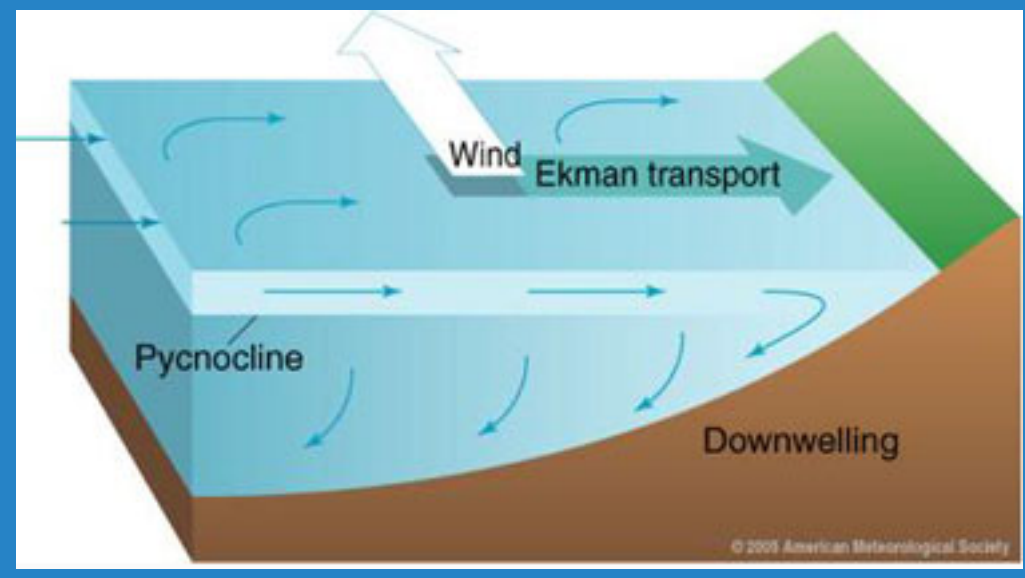
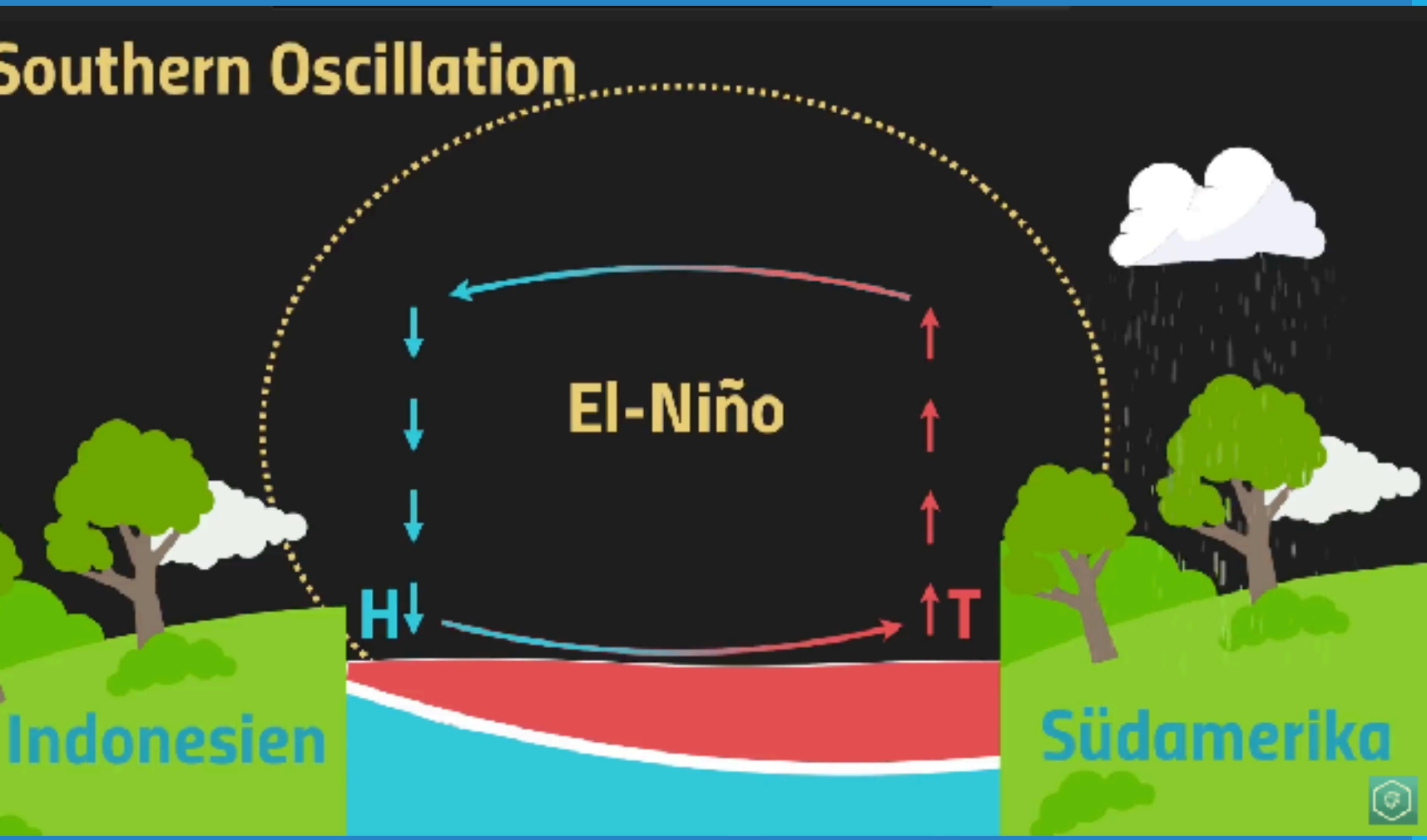
Atacamawüste



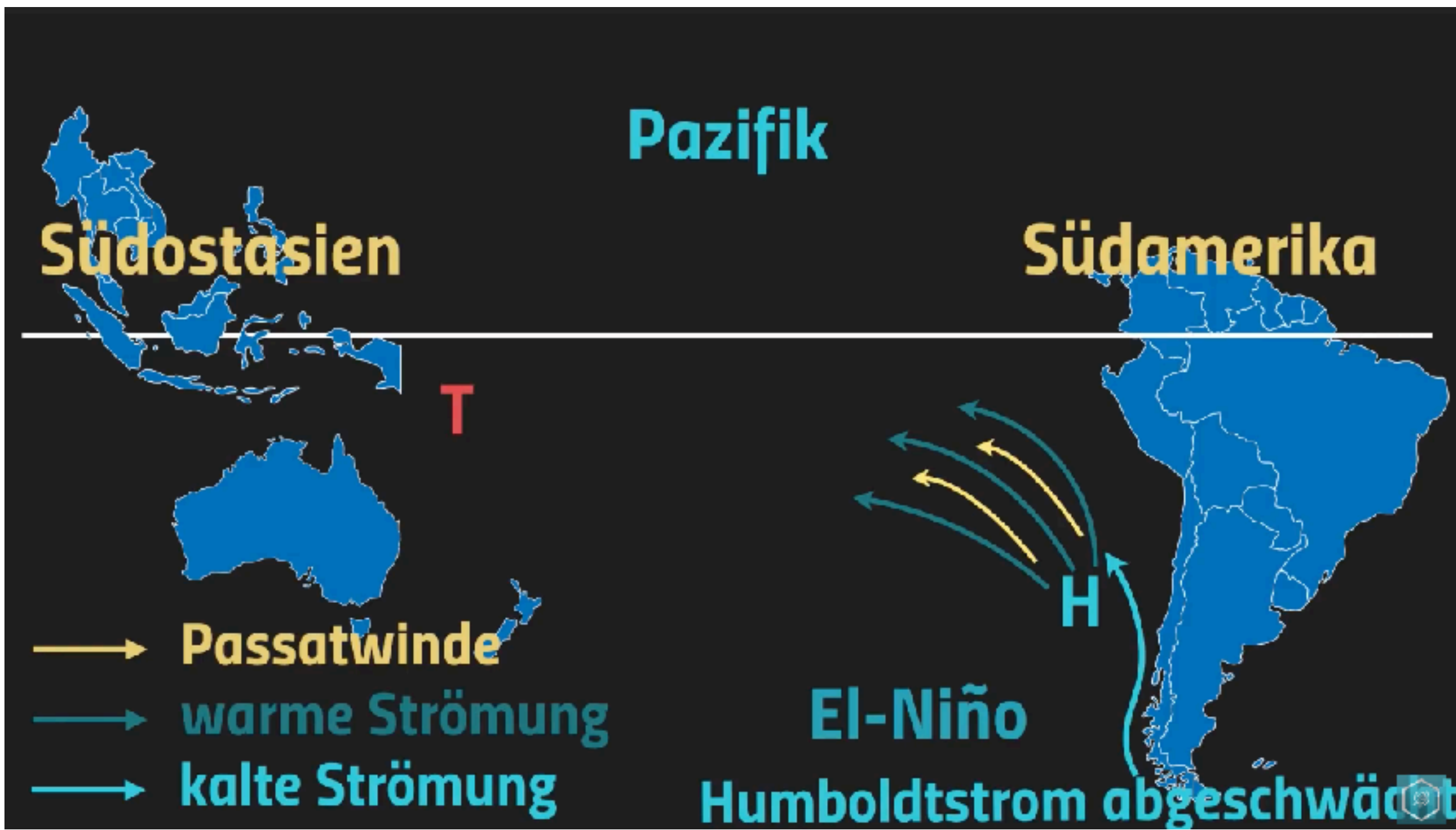
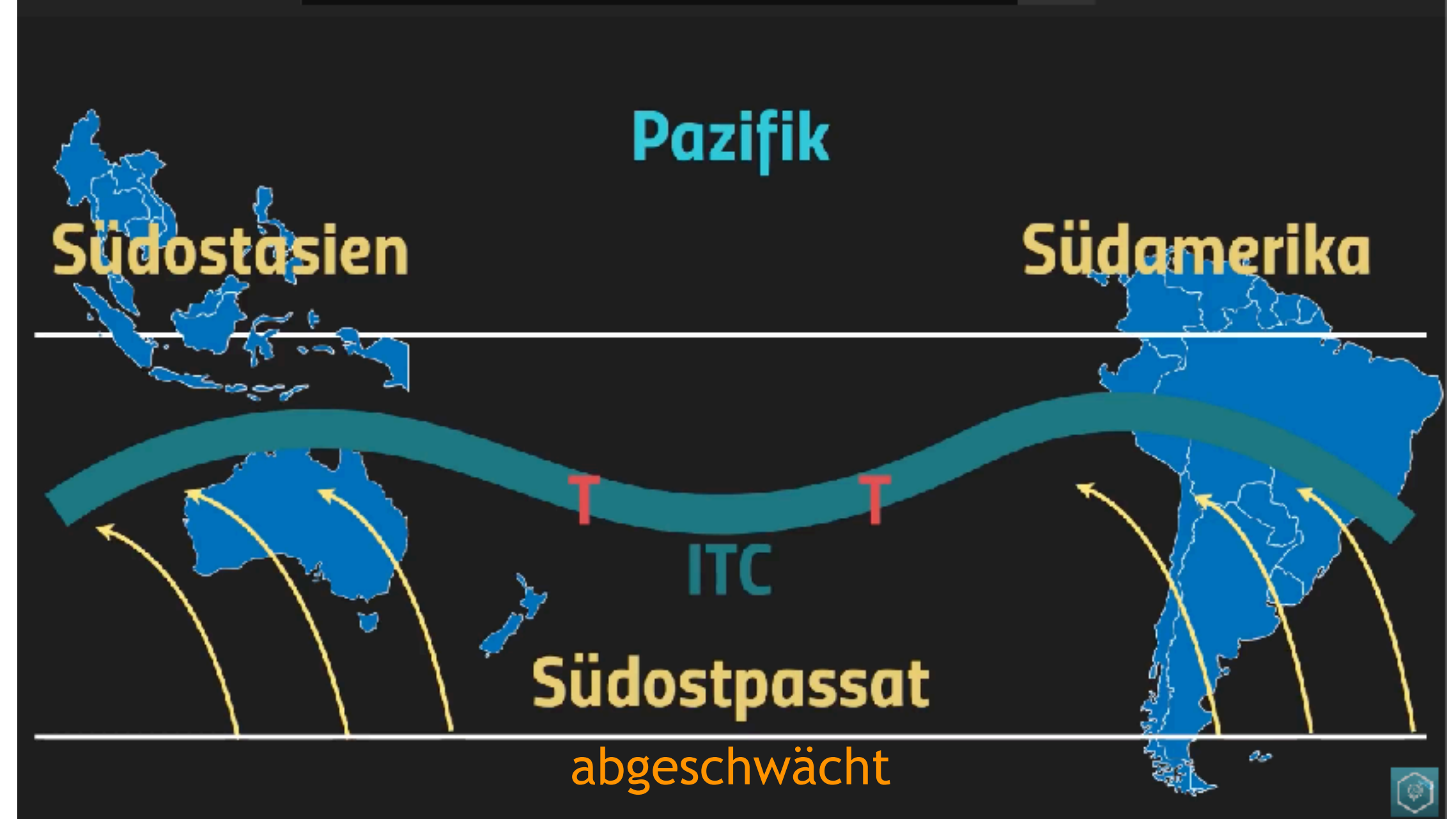


El Niño  
Umgedrehte Walker Zirkulation  
Entstehungszeit Dezember bis Februar

Winter 2014/15 bis ins Frühjahr 2016



Downwelling: Abtrieb vom kaltem Tiefenwasser

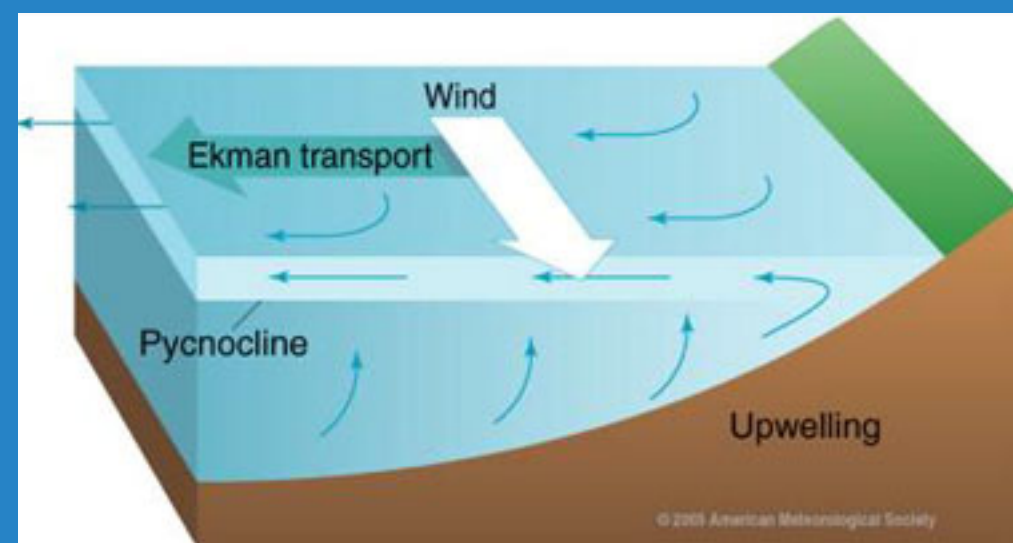




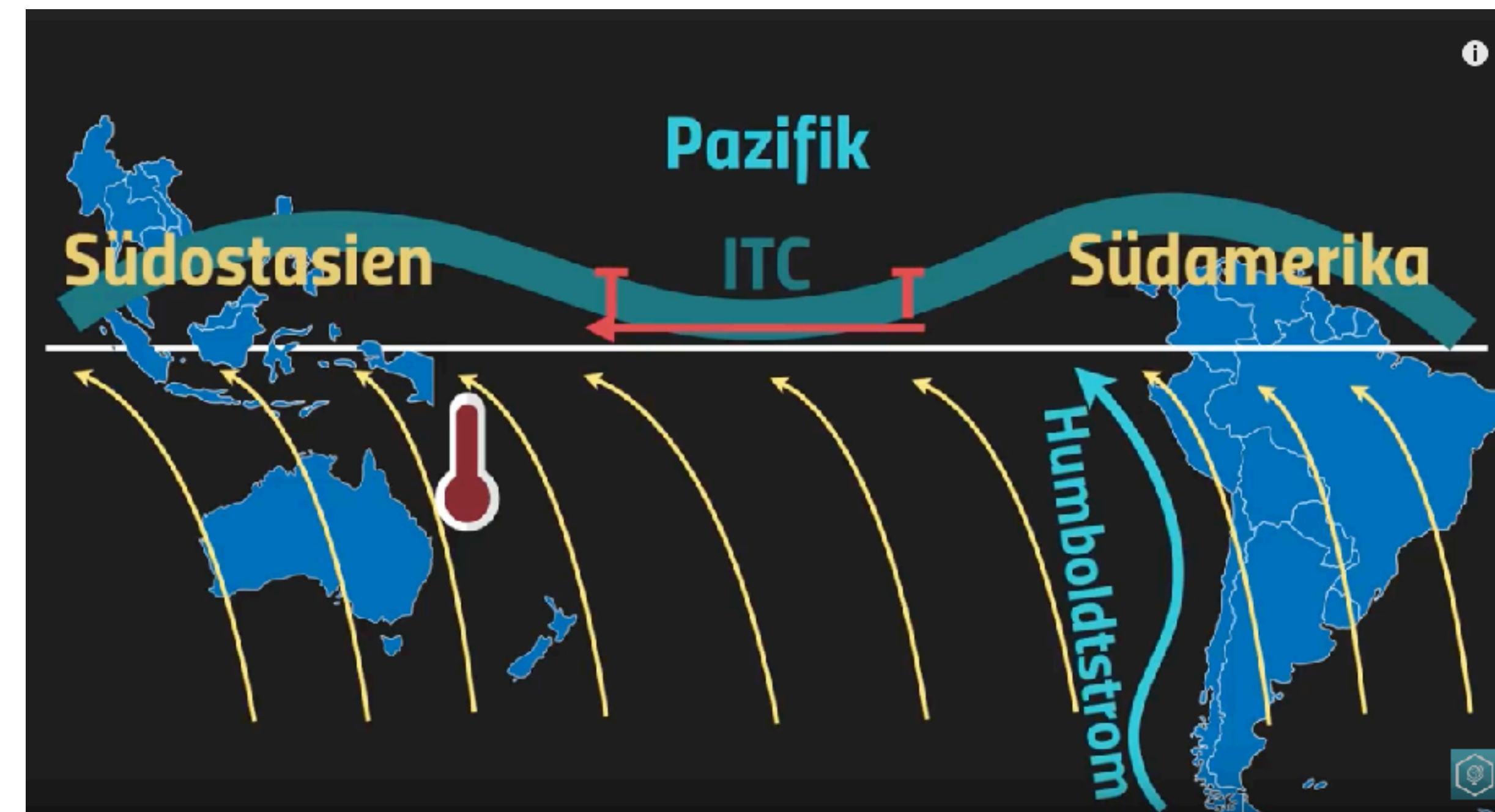
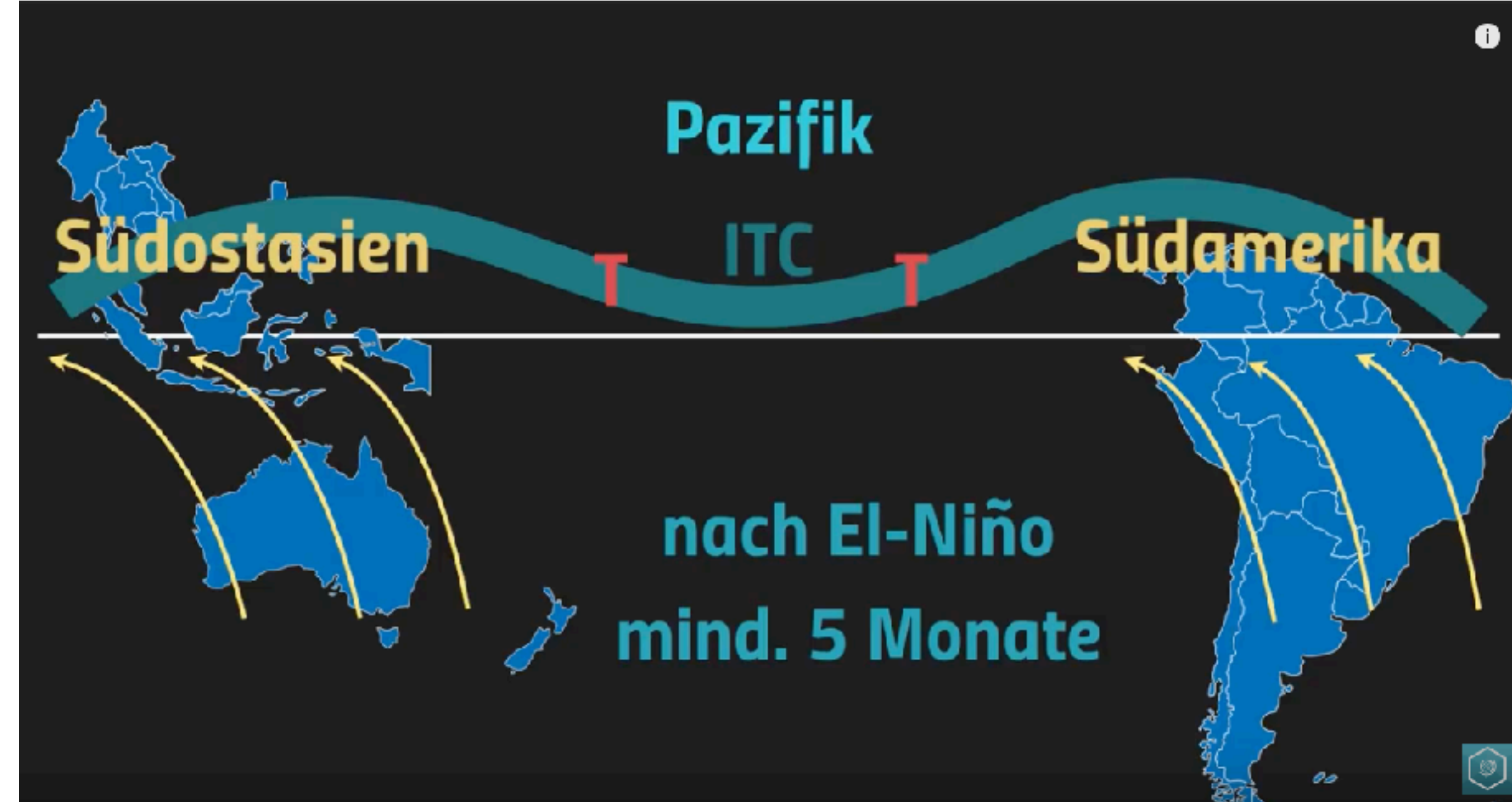
La Niña

Verstärkte Walker Zirkulation

Winter 2017-18



Upwelling: Auftrieb vom kaltem Tiefenwasser





# El-Niño

# La-Niña

Beginn April bis Juni - Voll ausgeprägt Dezember bis Februar  
Dauer 5-12 Monate bis 2 Jahre

Südostpassat **schwach** - weit **südlich**

Südostpassat **stark** - weit **nördlich**

Wassertemperaturen **gleich** sich aus

Wassertemperaturen **unterschiedlich**

Starke Regenfälle **Ostpazifikgebiet**

Starke Regenfälle **Westpazifikgebiet**

Dürre **Westpazifikgebiet**

Dürre **Ostpazifikgebiet**

Humboldtstrom **schwach**

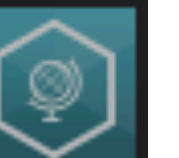
Humboldtstrom **stark**

**Kleine** Fischbestände

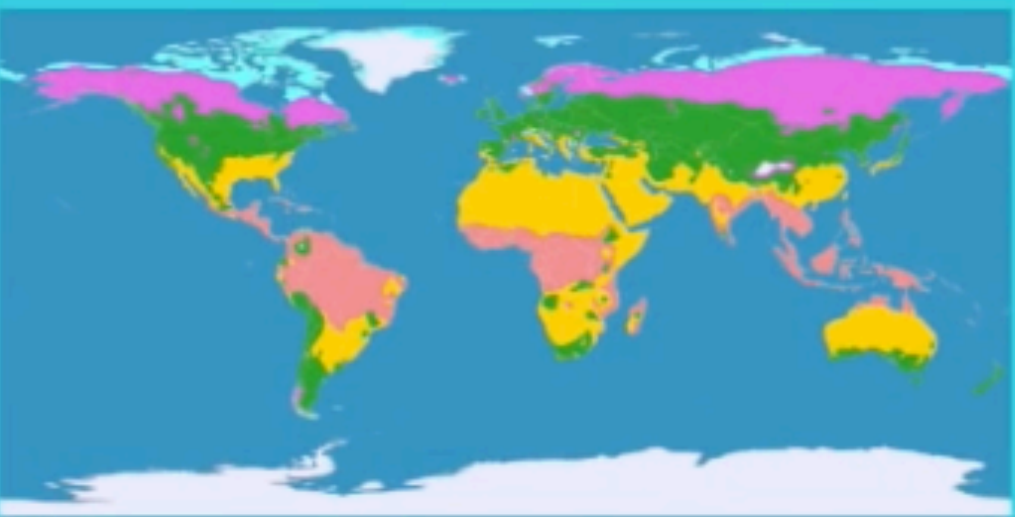
**Große** Fischbestände

Viele Hurrikans im **östlichen Pazifik**

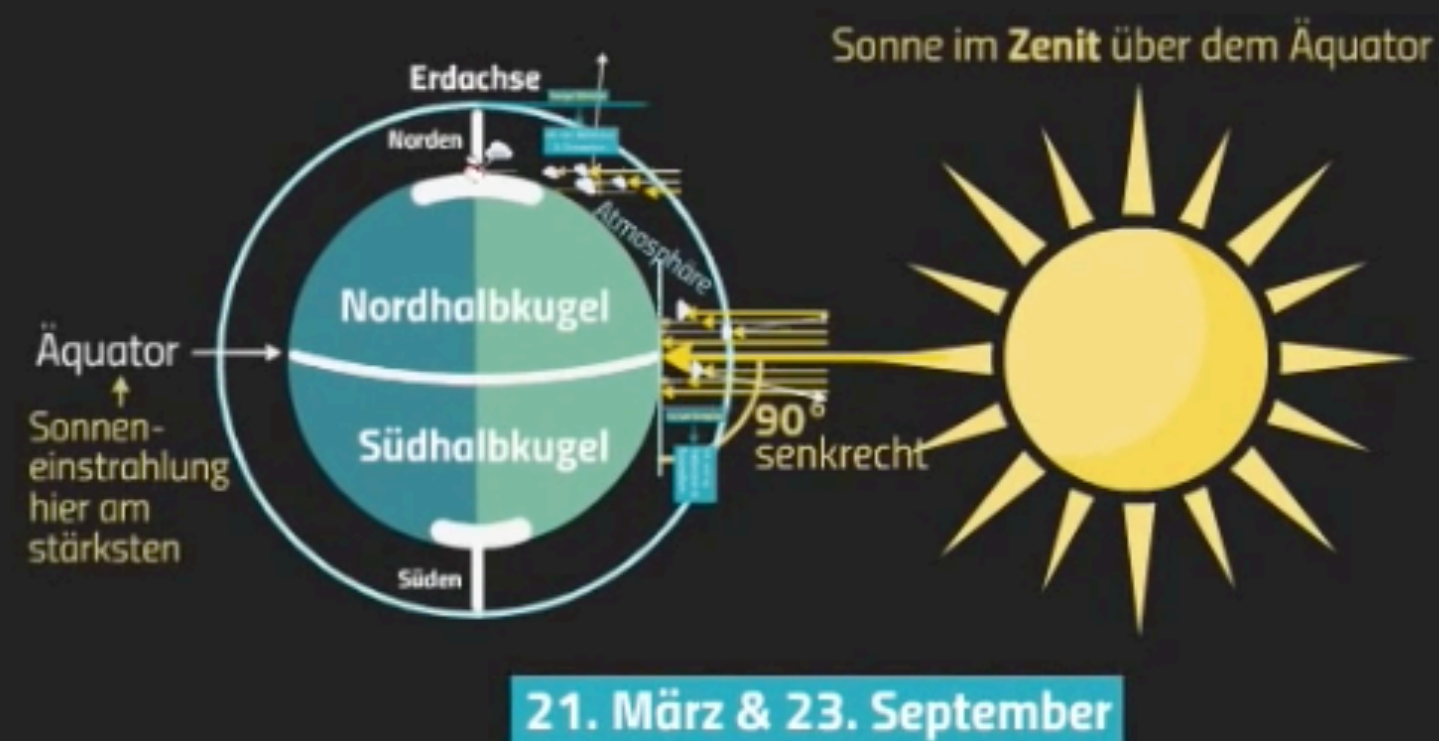
Mehr Hurrikans im **Atlantik**







# WAS SIND KLIMAZONEN?



## KLIMAZONEN

Gebiete mit ähnlichem Klima

Klimaelemente über das Jahr gesehen ähnlich:



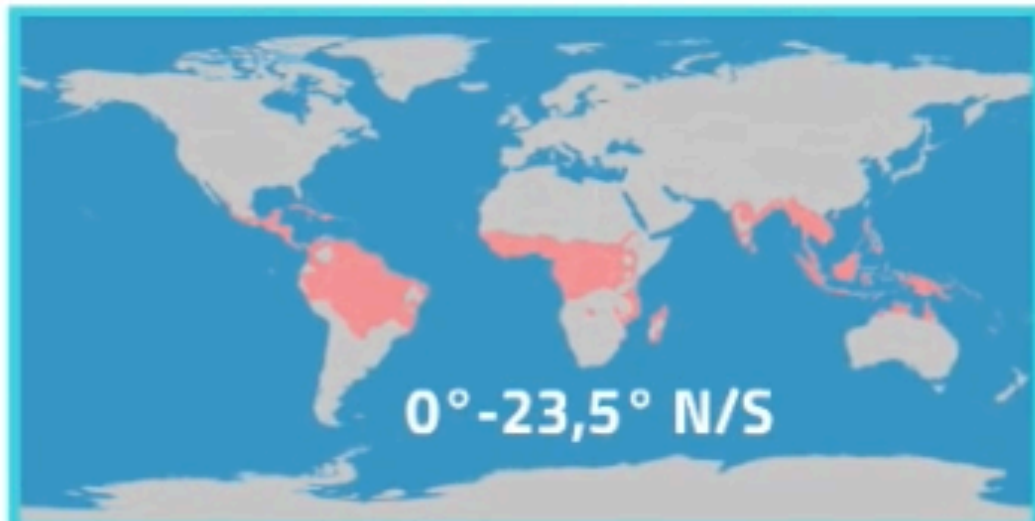
größter Einfluss  
auf's Klima



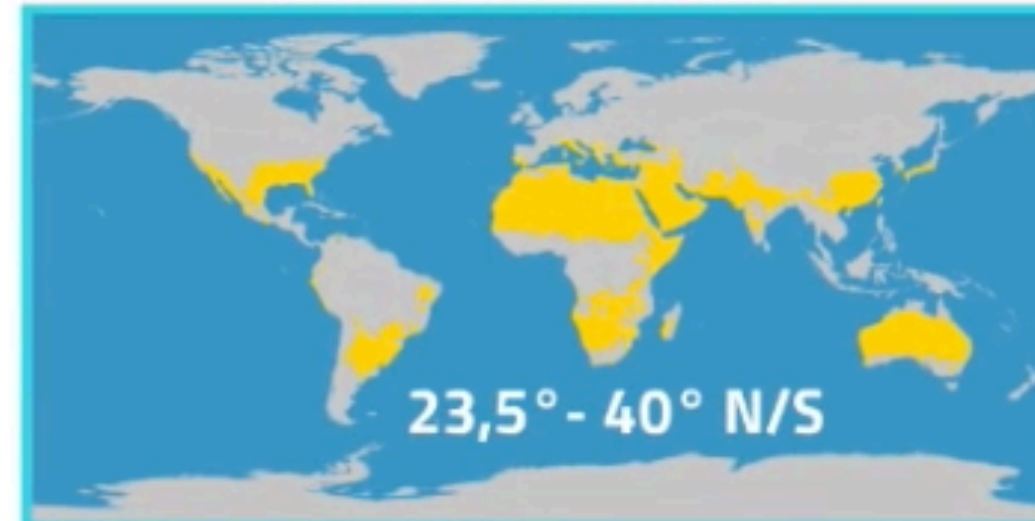
Zwei Orte in **einer** Klimazone können  
unterschiedliches **Wetter** haben.



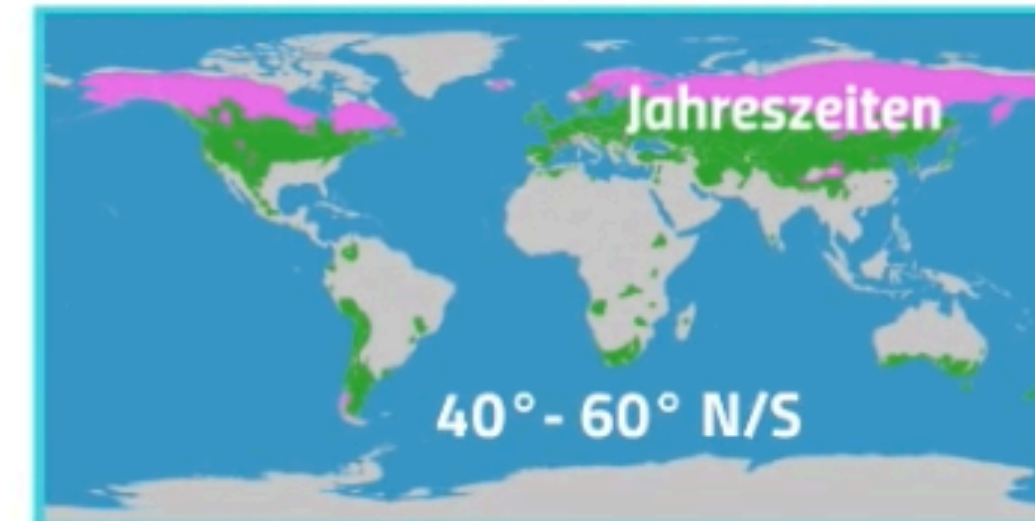
### TROPEN



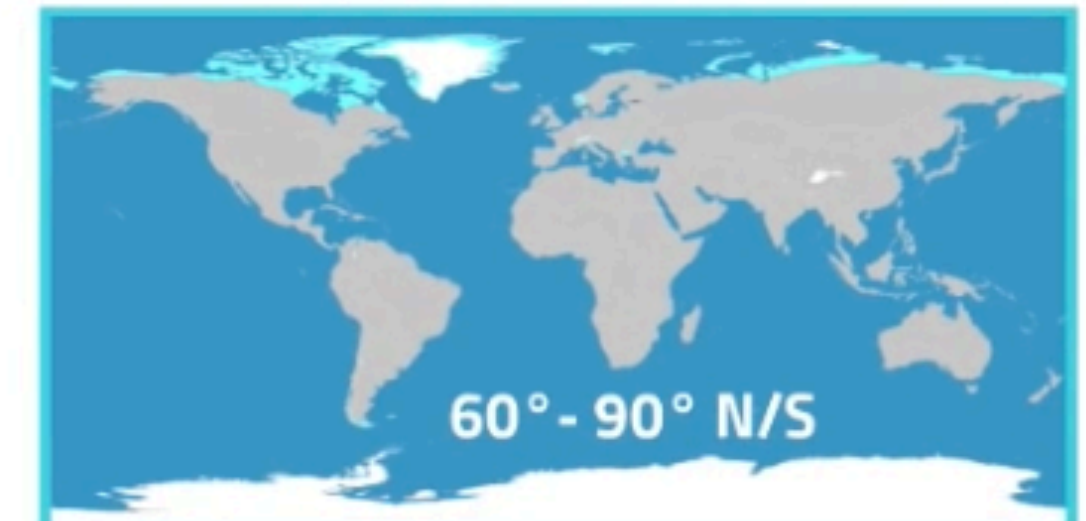
### SUBTROPEN



### GEMÄßIGTE ZONE



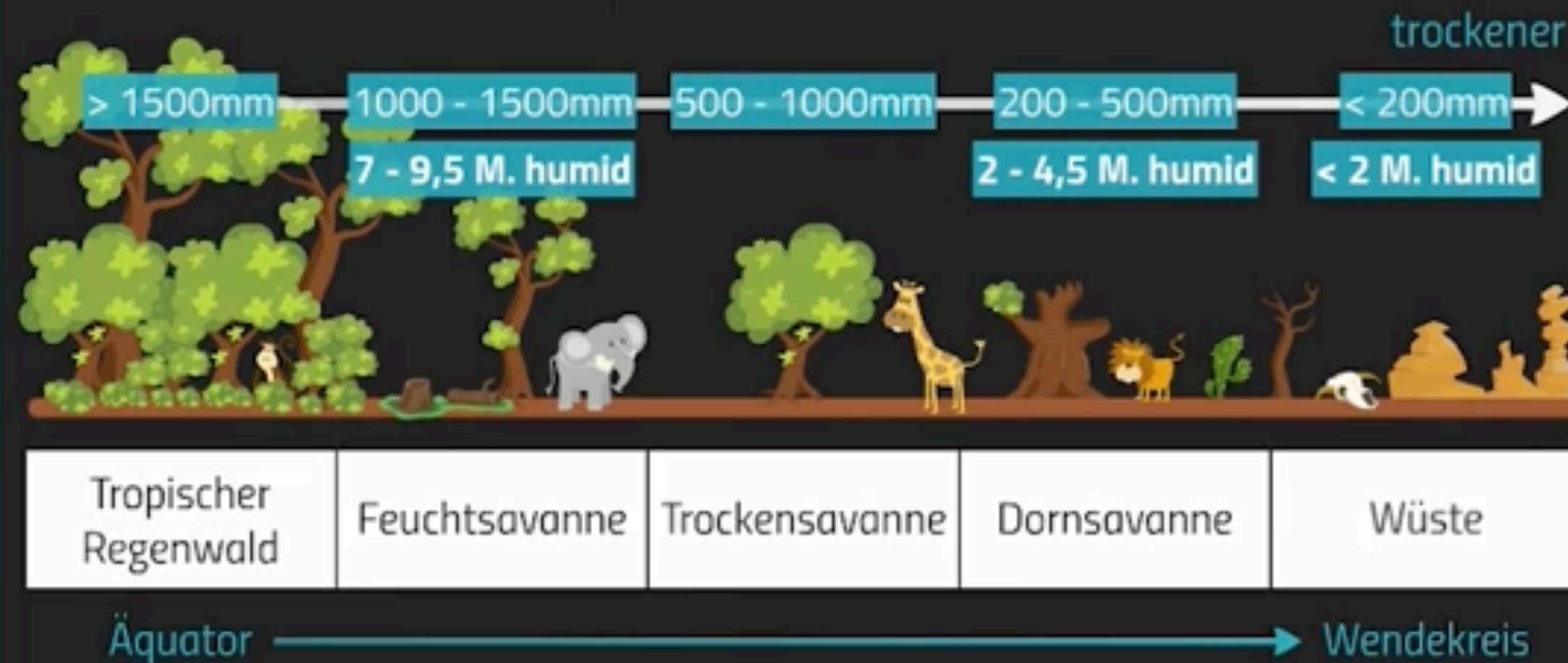
### KALTE ZONE



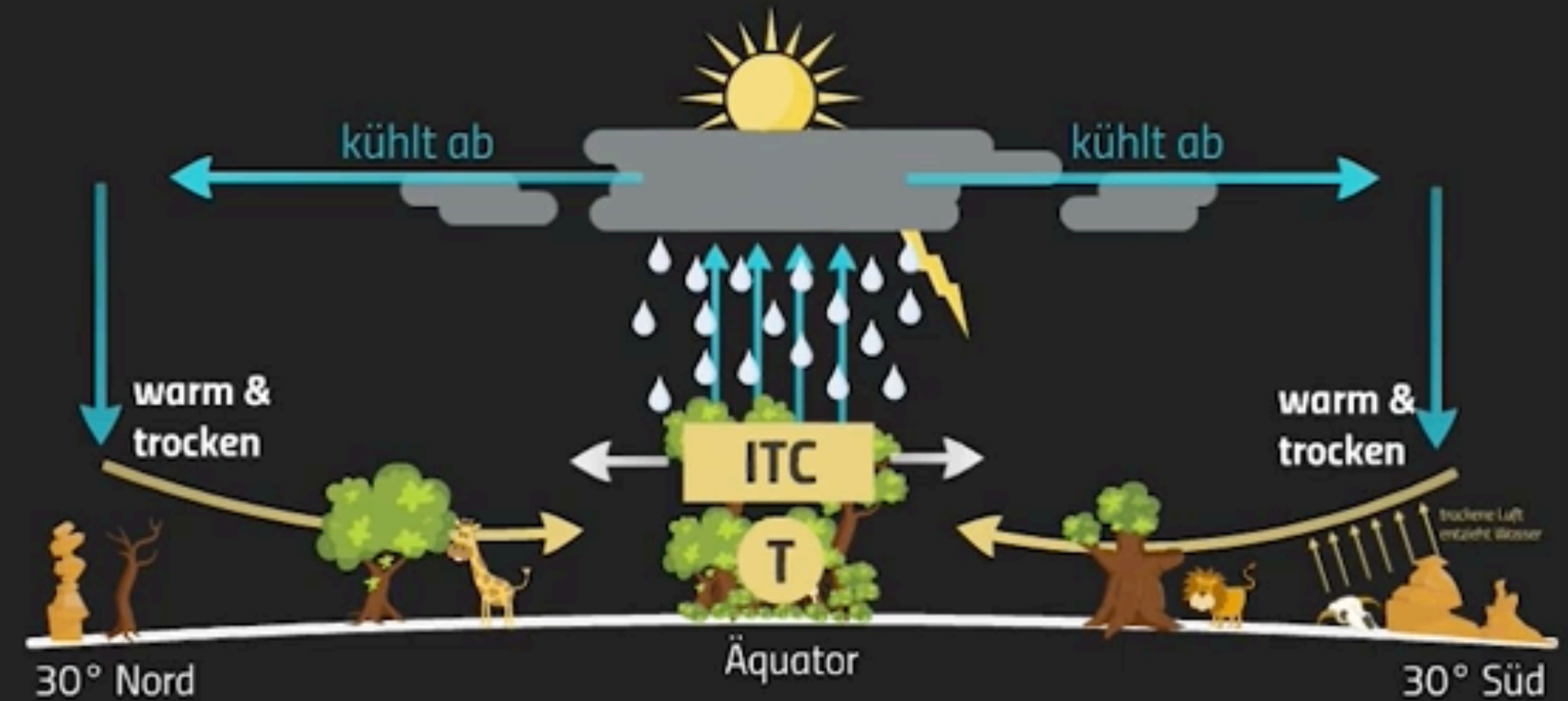


# DIE TROPEN

## VEGETATIONSZONEN



## PASSATWINDE



### FEUCHTSAVANNE

1000 - 1500mm (7 - 9,5 Monate humid) wenig Trockenzeit  
Tageszeitenklima



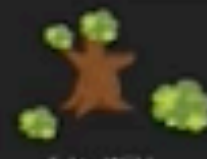
Grasland  
lichte Wälder



gut für Landwirtschaft  
geringer Düngedruck

### TROCKENSAVANNE

500 - 1000mm (4,5 - 7 Monate humid) etwas Hälfte im Jahr arid  
Tageszeitenklima



lichte Wälder  
Büsche



hohe Dürrgefahr  
nur eine Ernte / Jahr

### WÜSTE

< 200mm (nur 2 Monate humid) ziemlich mehr trocken  
Tageszeitenklima



erwärmen schnell



abkühlen schnell

### DORNSAVANNE

200 - 500mm (2 - 4,5 Monate humid) ziemlich trocken  
Tageszeitenklima (nicht mehr so ausgeprägt)



müssen Wasser speichern  
viele Dornenwälder



Hier  
Schafe, Ziegen, Rinder

## VERSCHIEBUNG DER ITC

JUNI: Norden Regenzeit, Süden Trockenzeit



AUGUST: Norden Trockenzeit, Süden Regenzeit



## MERKEN

1. Passatwinde nehmen nahe der Wendekreise Wasser auf wie Schwämme.
2. Der Niederschlag fällt hauptsächlich in der Nähe des Äquators.
3. Während des Jahres verschiebt sich die ITC und damit der Niederschlag. (Wechsel Trockenzeit & Regenzeit)





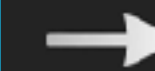
Über das Jahr gesehen verändern sich die Temperaturen kaum.

Über den Tag gesehen verändern sie sich aber stark!

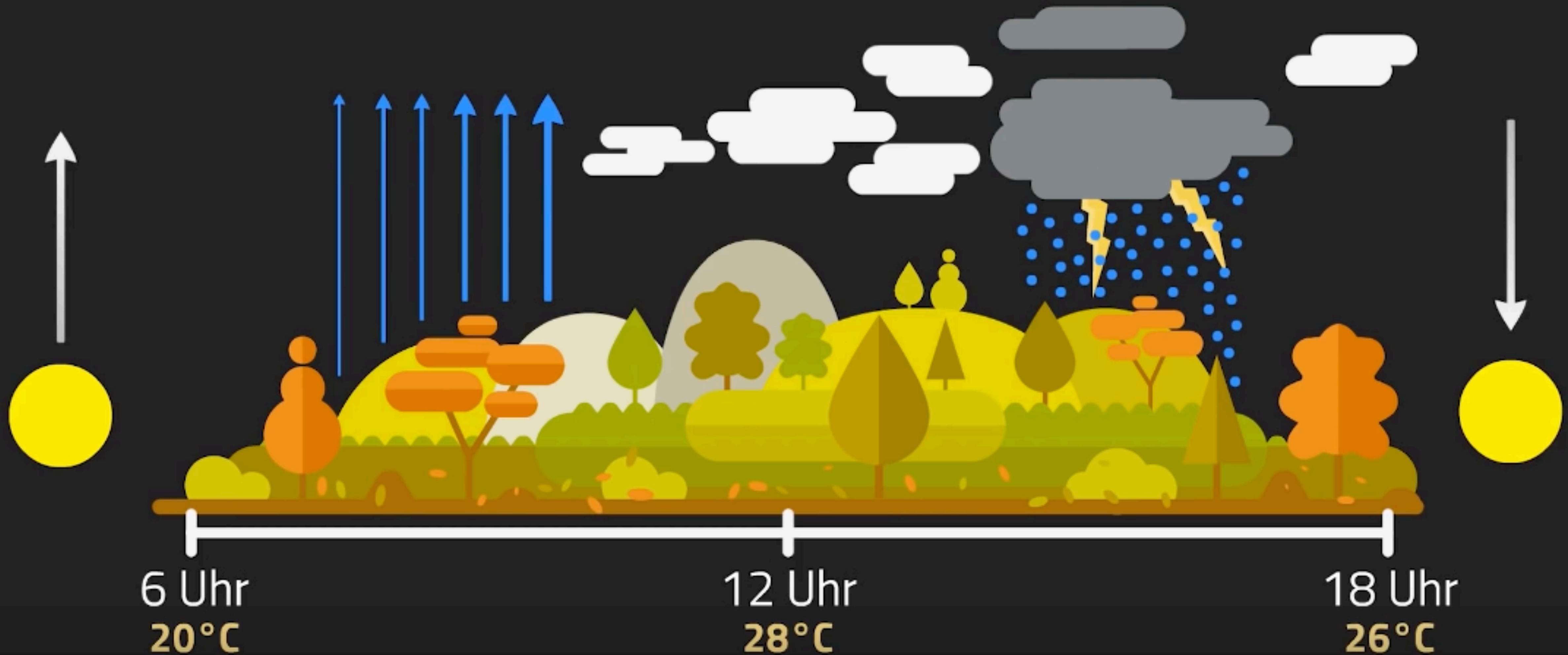
# TROPENTAG



Je näher wir zum Äquator kommen, desto geringer sind die Temperaturschwankungen in einem Jahr.



**Am Äquator gibt es keine Jahreszeiten!**





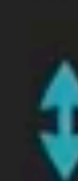
# DIE SUBTROPEN

## KLIMAZONE



## JAHRESZEITENKLIMA

- an einem Tag:
- in einem Jahr:



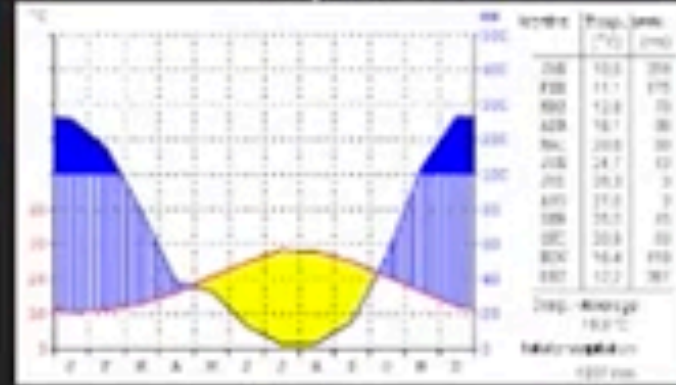
## WINTERFEUCHTE SUBTROPEN (MITTELMEERKLIMA) (ZONE DER HARTLAUBGEWÄCHSE)

Im Mittelmeerraum:



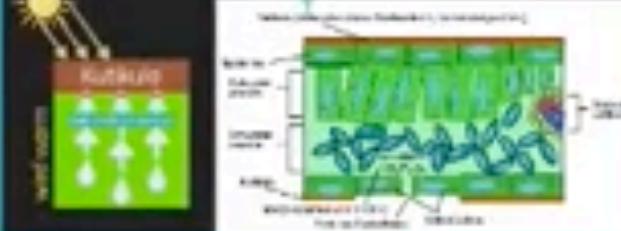
- im Winter kalt
- im Sommer warm
- regnet im Winter
- im Sommer trocken

Antalya (Türkei)



## VEGETATION IM MITTELMEERRAUM

dicke Kutikula → Hartlaubgewächse



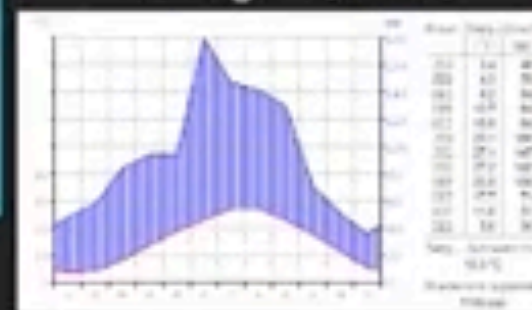
## OSTSEITENKLIMA

Immer an Ostküste



- im Winter kalt
- im Sommer warm
- ganzes Jahr über feucht
- im Winter weniger Regen als im Sommer

Shanghai (China)



## VEGETATION OSTSEITENKLIMA

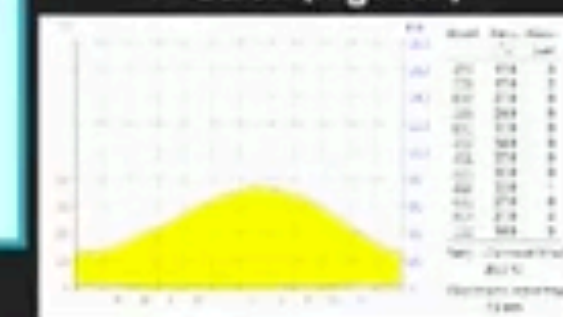


## TROCKENE SUBTROPEN



- ganzes Jahr über trocken
- Wüsten/Halbwüsten

In-Salah (Algerien)



## VEGETATION IN TROCKENEN SUBTROPEN

- Wüstenvegetation:
- Pflanzen, die Wasser speichern können
  - Dornengewächse



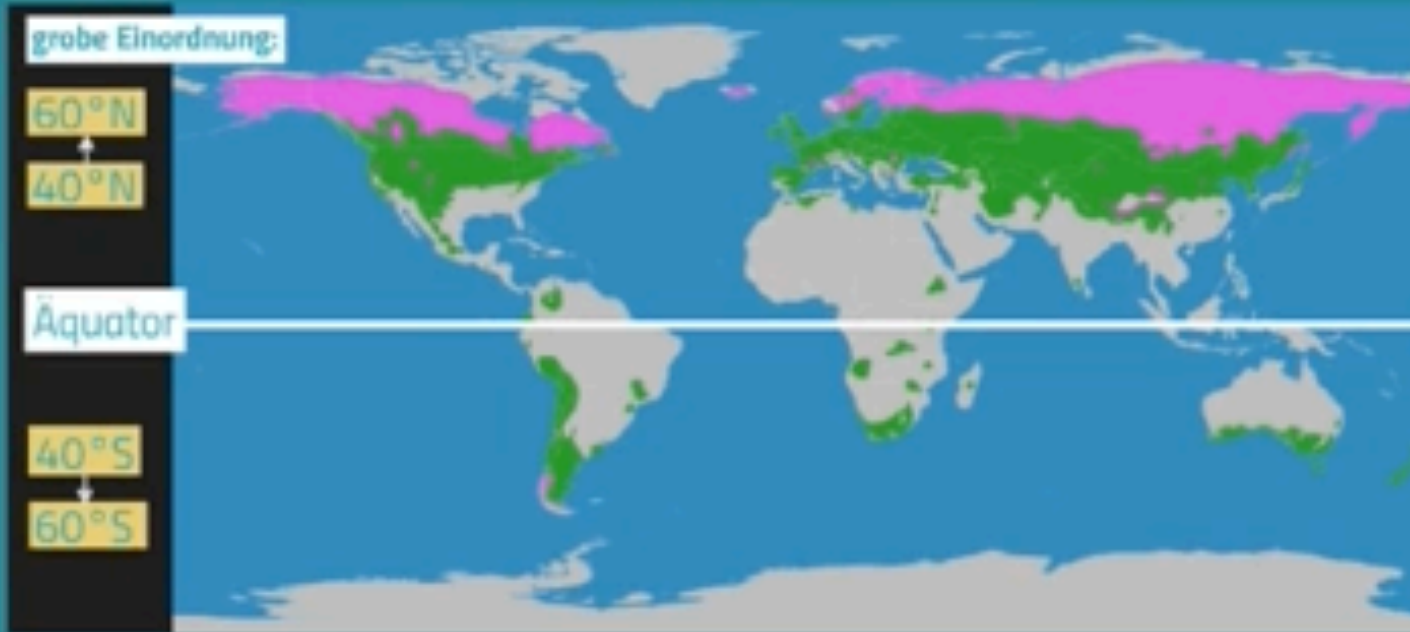


# DIE GEMÄßIGTE ZONE

## Welche Klimazone?

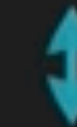


## KLIMAZONE



## JAHRESZEITENKLIMA

• an einem Tag:



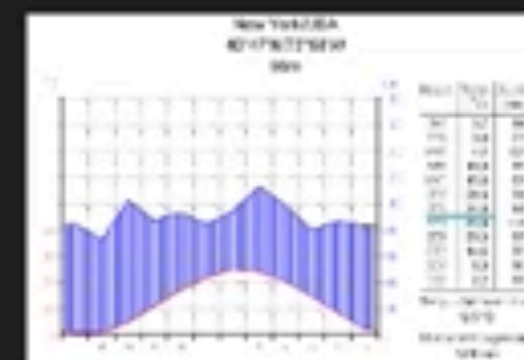
• in einem Jahr:

Sommer  
Winter

## KÜHLGEMÄßIGTES KLIMA (NEMORALES KLIMA)



• wärmste Monate  $\geq 20^{\circ}\text{C}$

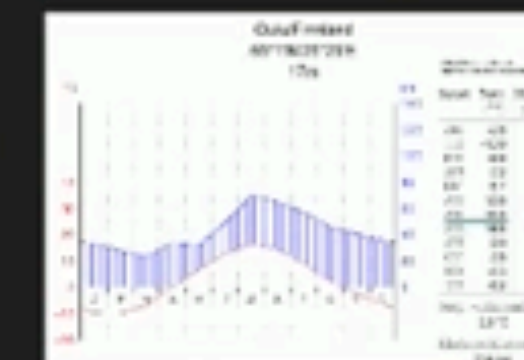


• im Winter kalt  
• im Sommer warm  
• ganzes Jahr über feucht

## KALTGEMÄßIGTES KLIMA (BOREALES KLIMA)



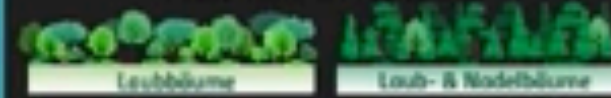
• wärmste Monate  $< 20^{\circ}\text{C}$



• im Winter kalt  
• im Sommer warm  
• ganzes Jahr über feucht

## FLORA & FAUNA - KÜHLGEMÄßIGT

• Laubwälder & Mischwälder



## FLORA & FAUNA - KALTGEMÄßIGT

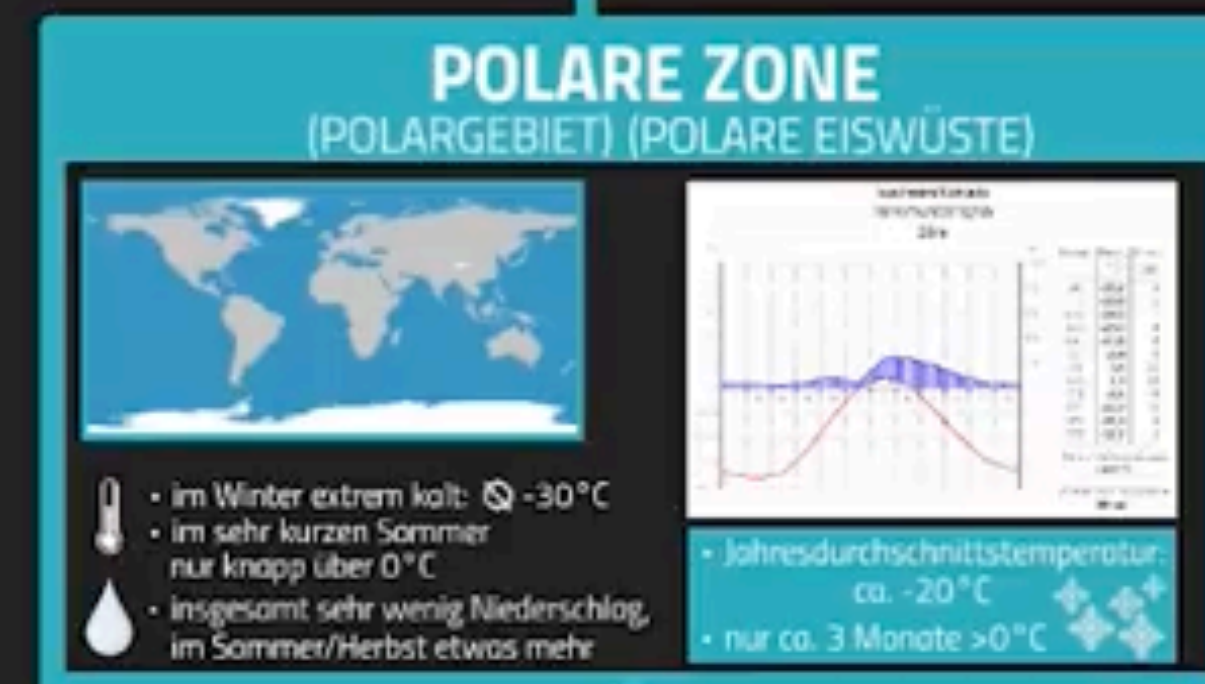
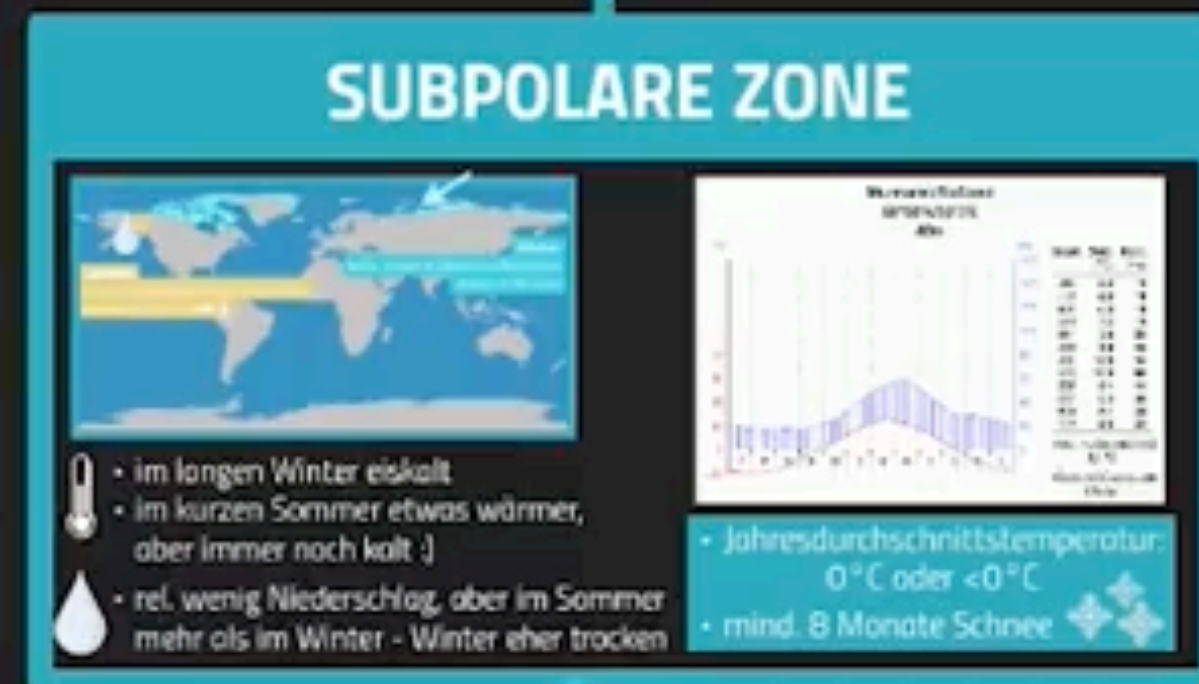
• Nadelwälder (Boreale Nadelwälder)





# DIE KALTE ZONE

## (POLARE ZONE)





# Inhaltsverzeichnis

---

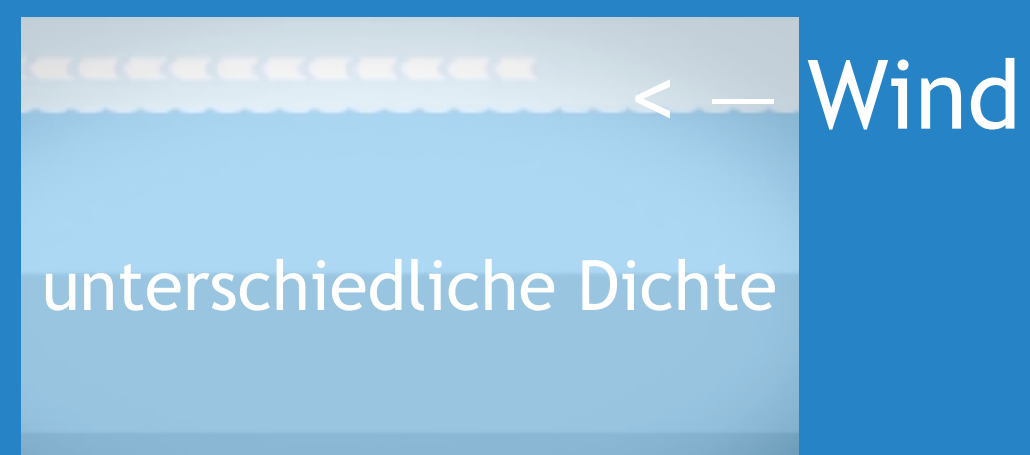
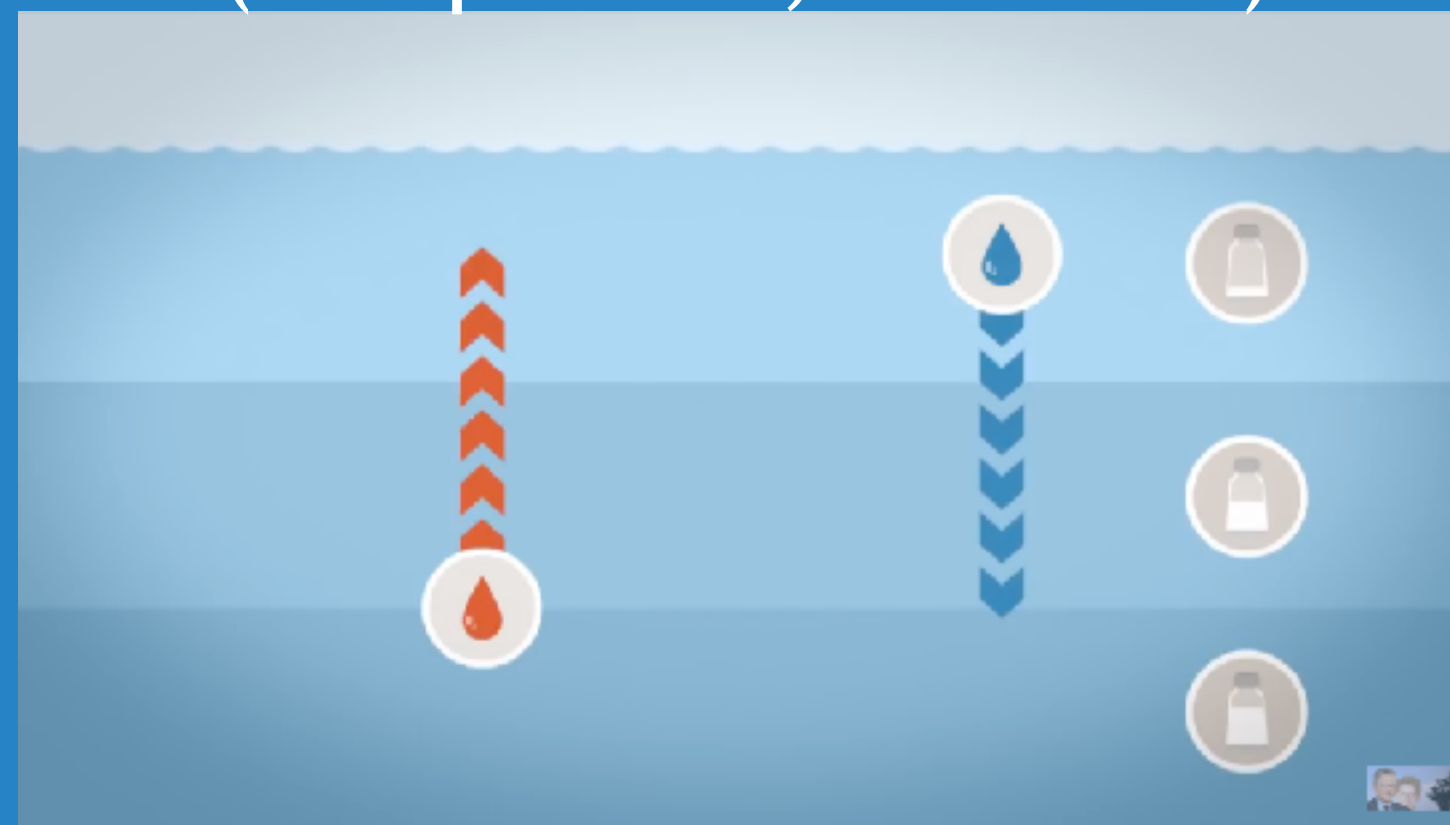
1. Grundlagen, Begriffe
2. Wolken
3. Seegang
4. Planetarische Windsystem und Klimazonen
5. **Meeresströmungen**
6. Tropische Wirbelstürme
7. Meteorologische Messgeräte
8. iMeteo



# Thermohaline Zirkulation



Gradientenkräften  
(Temperatur, Salinität)



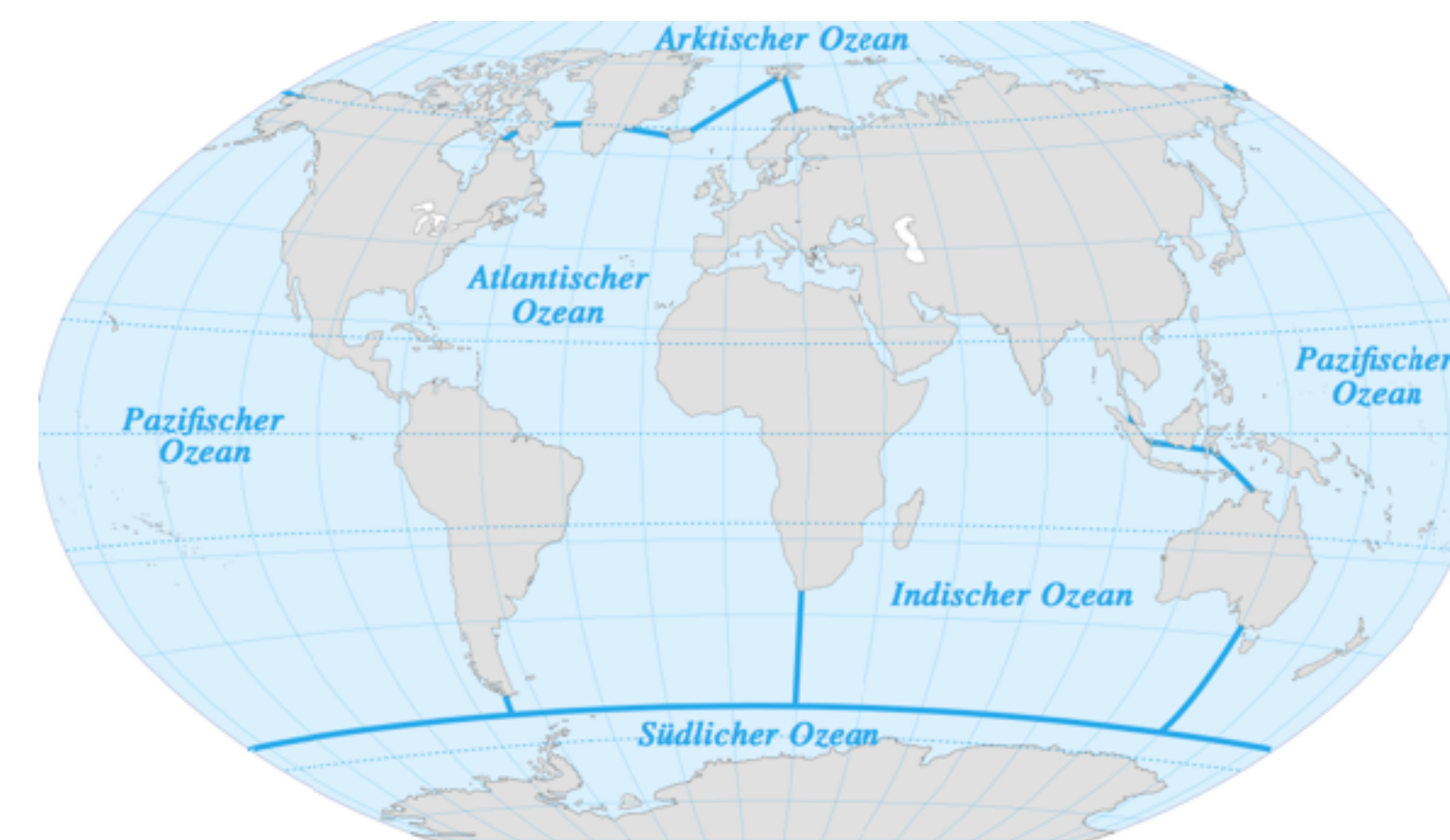
Wind

unterschiedliche Dichte

# Planetarischer Wärmeausgleich

$\frac{1}{3}$  Meeresströme  
 $\frac{2}{3}$  Luftzirkulation

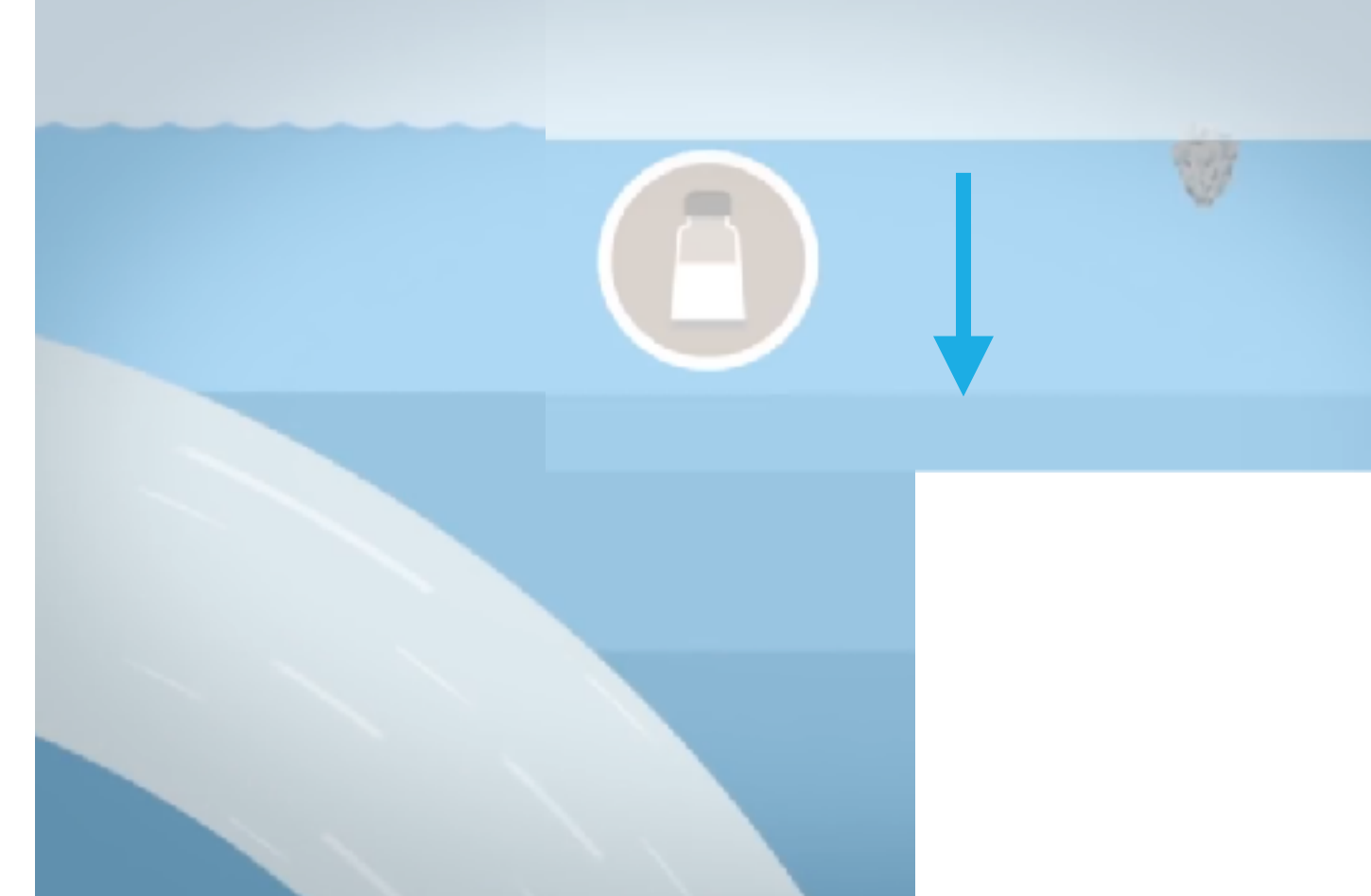
Globales Förderband





Chimneys, hier unterirdischer Wasserfall

- 15km breit
- 4000 m tief
- 17 000 000 m<sup>3</sup>/s
- Sogeffekt



# Golfstrom

- 10 000 km lang
  - 2 Meter/Sekunde
  - 100 000 000 m<sup>3</sup>/s
  - 300 000 000 kWh/s
- > Wärmepumpe

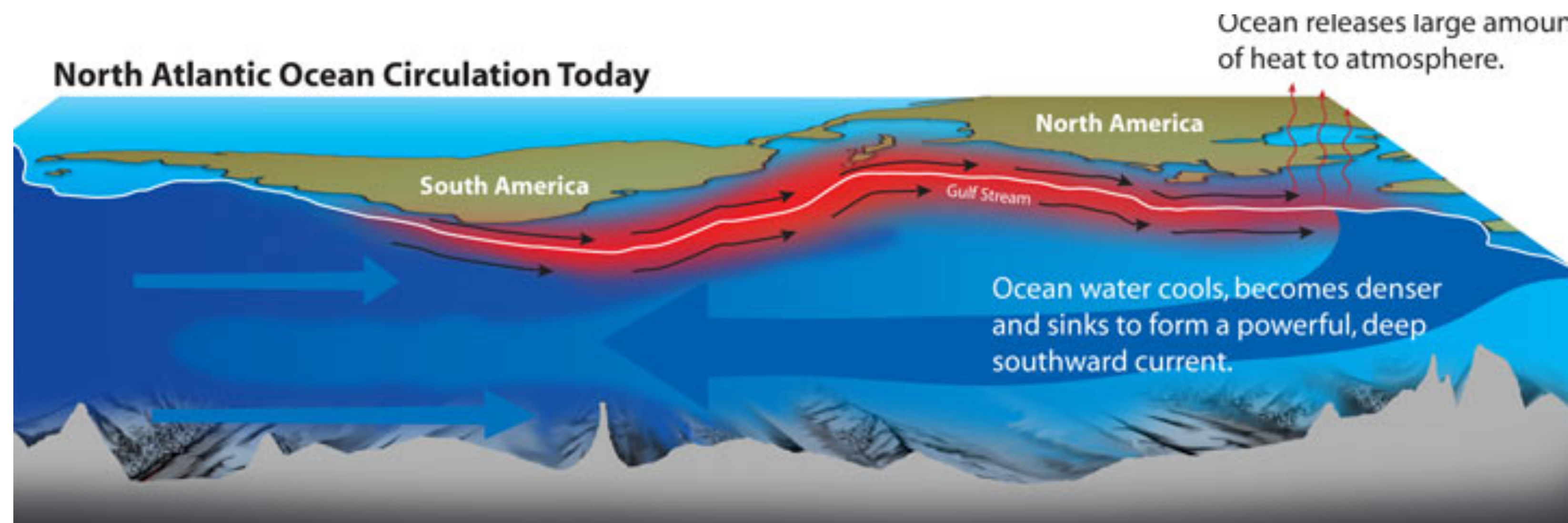




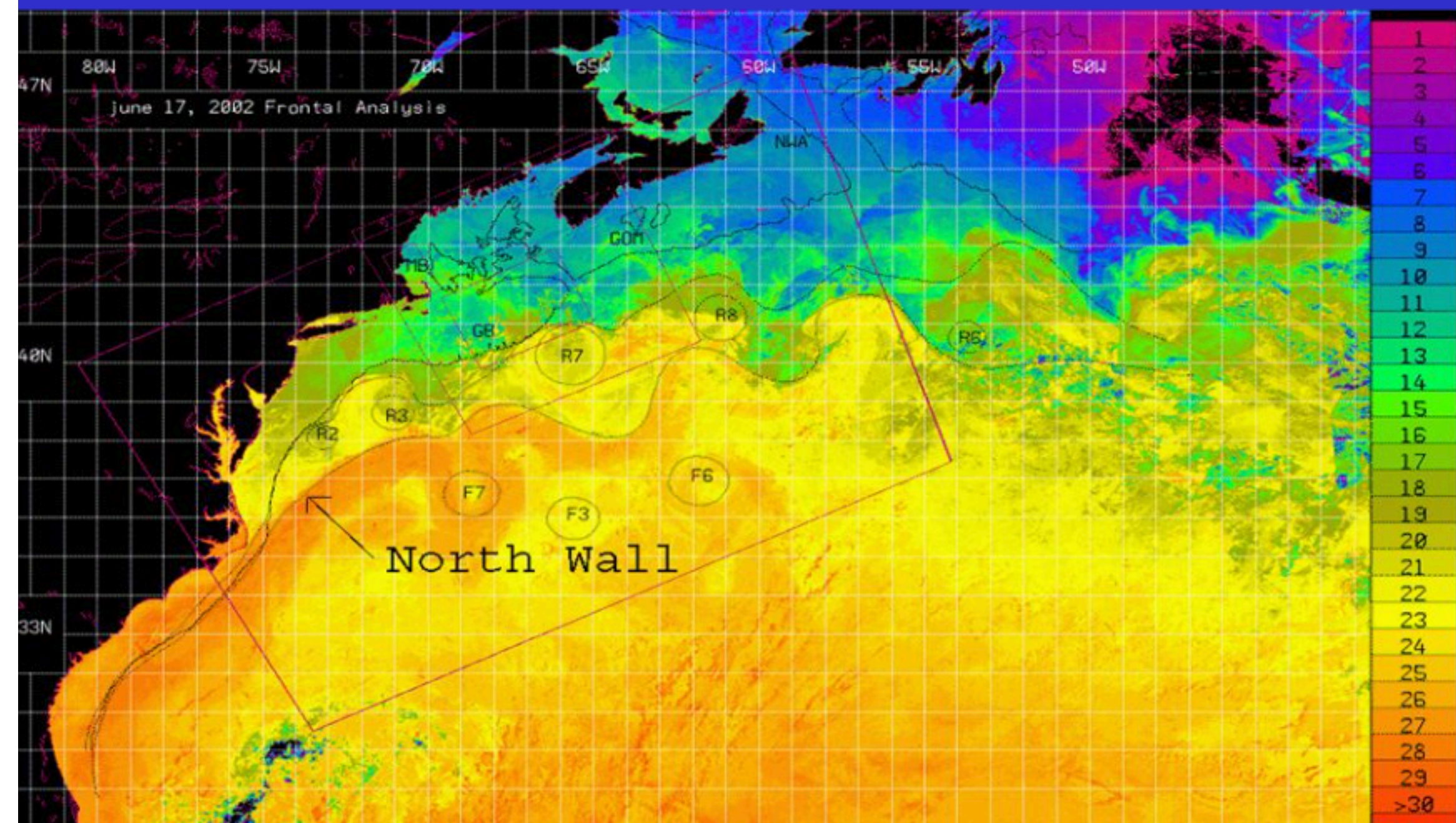
# Golfstrom

**North Wall =**  
Übergangsbereich zwischen  
den kalten polaren, nördlichen  
Wassermassen und den  
wärmeren südlicheren  
Wassermassen des Golfstrom

-> höchste Golfstrom -  
Geschwindigkeiten (3 kn) +  
Turbulenzen und Tiefs



## The Gulf Stream North Wall



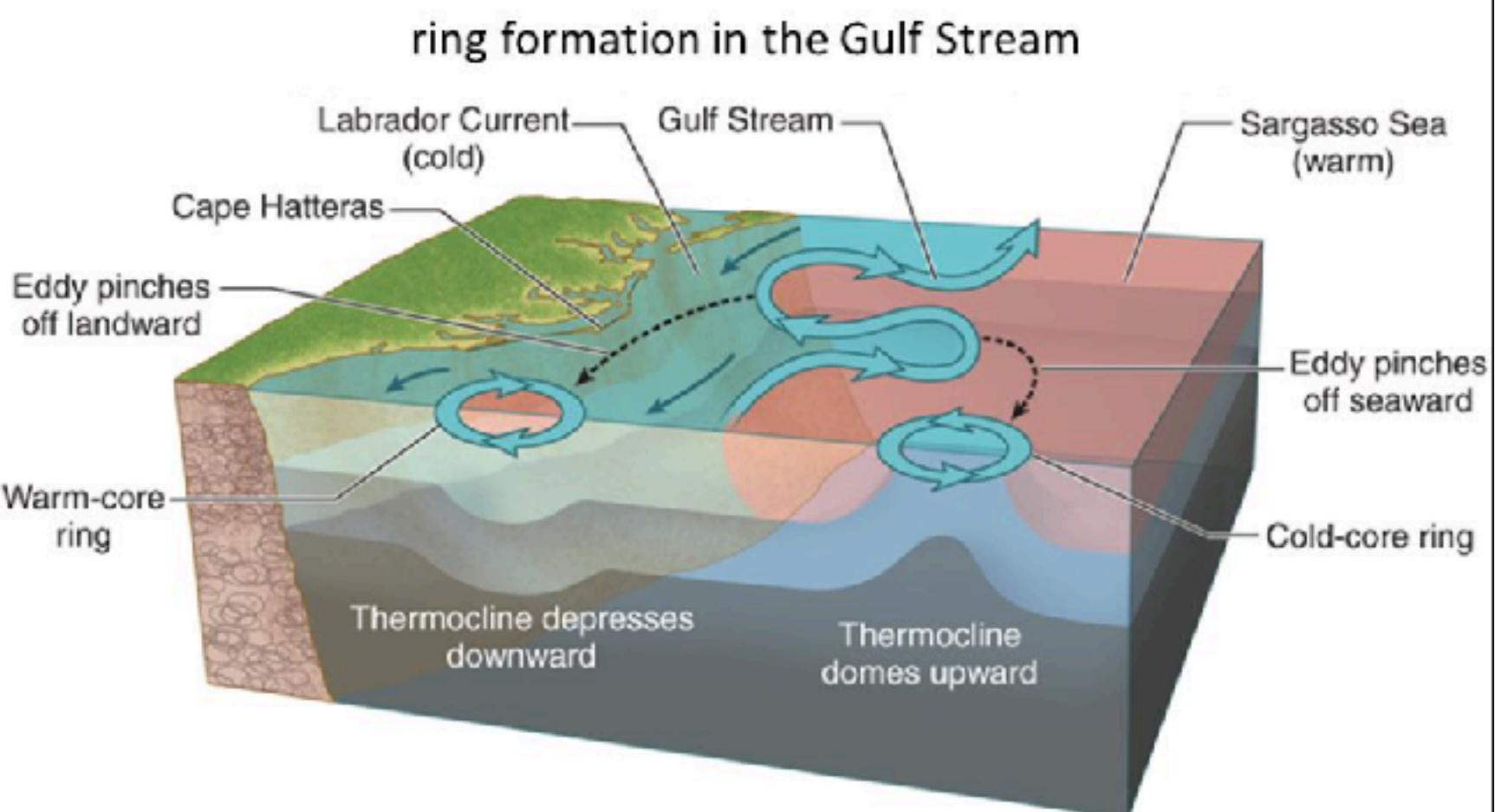


# Golfstrom

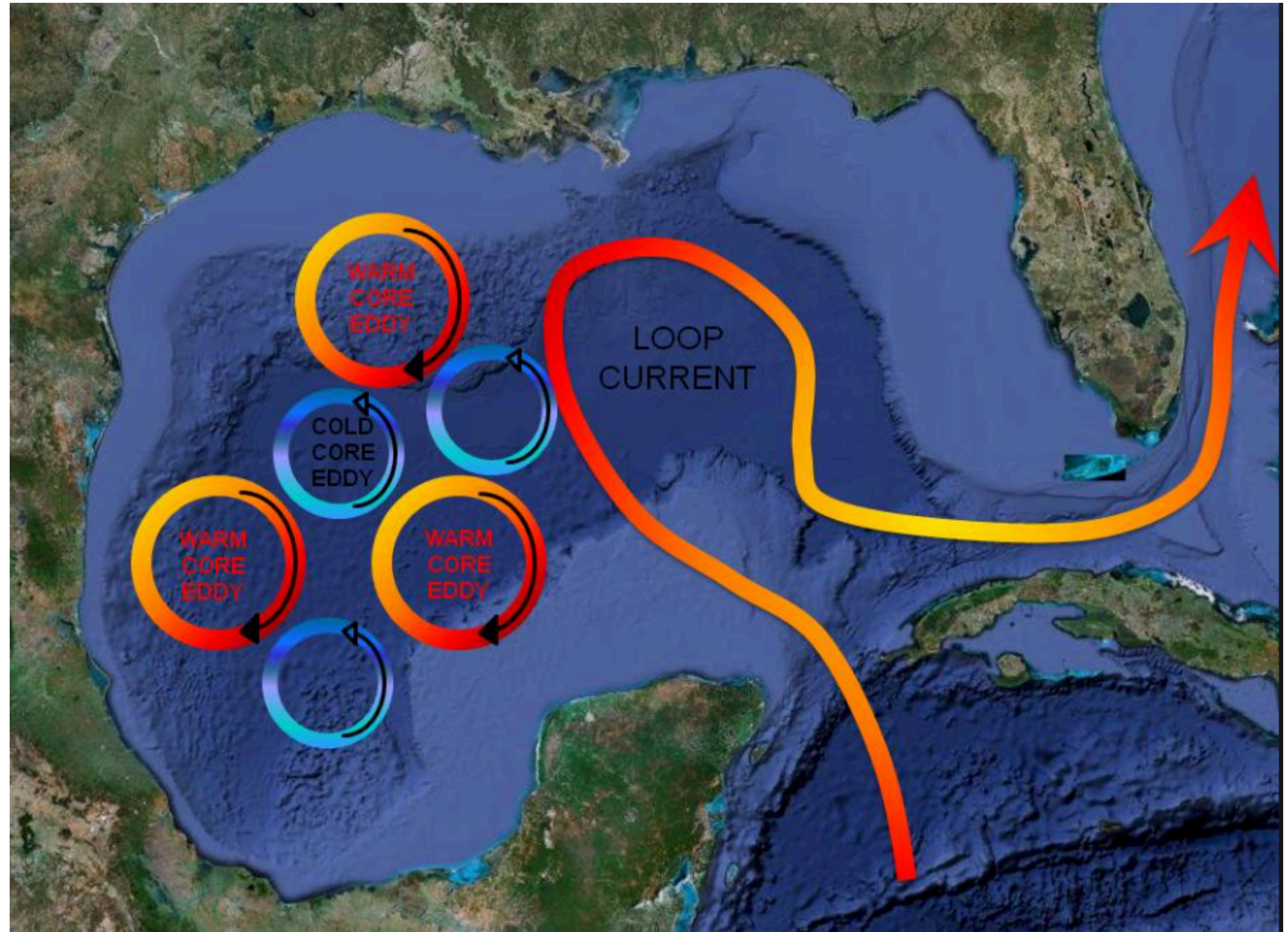
Warm Eddies

Cold Eddies

Stromgeschwindigkeiten  
> 3 kn



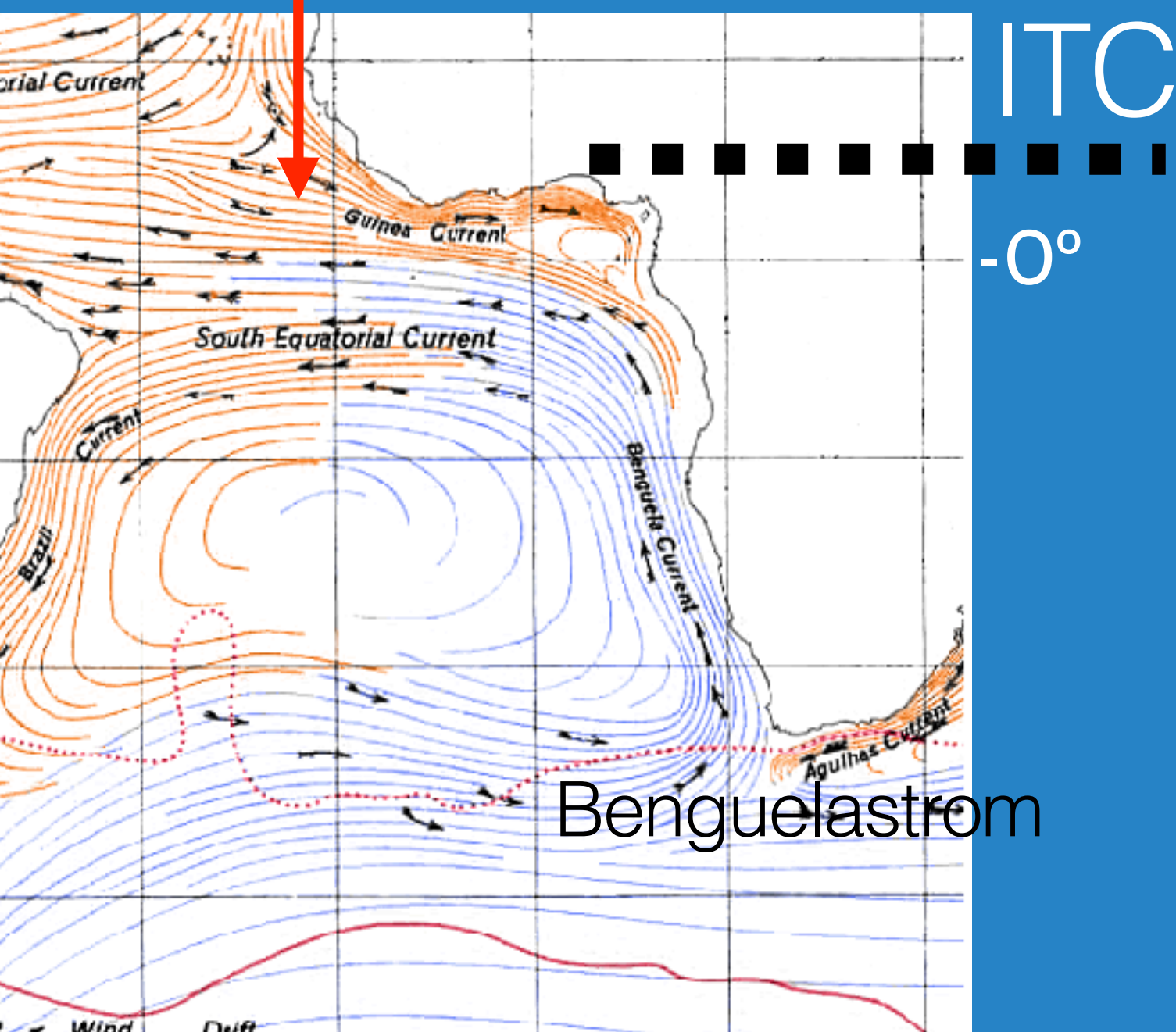
- warm core eddies are anti-cyclonic
- cold core eddies are cyclonic



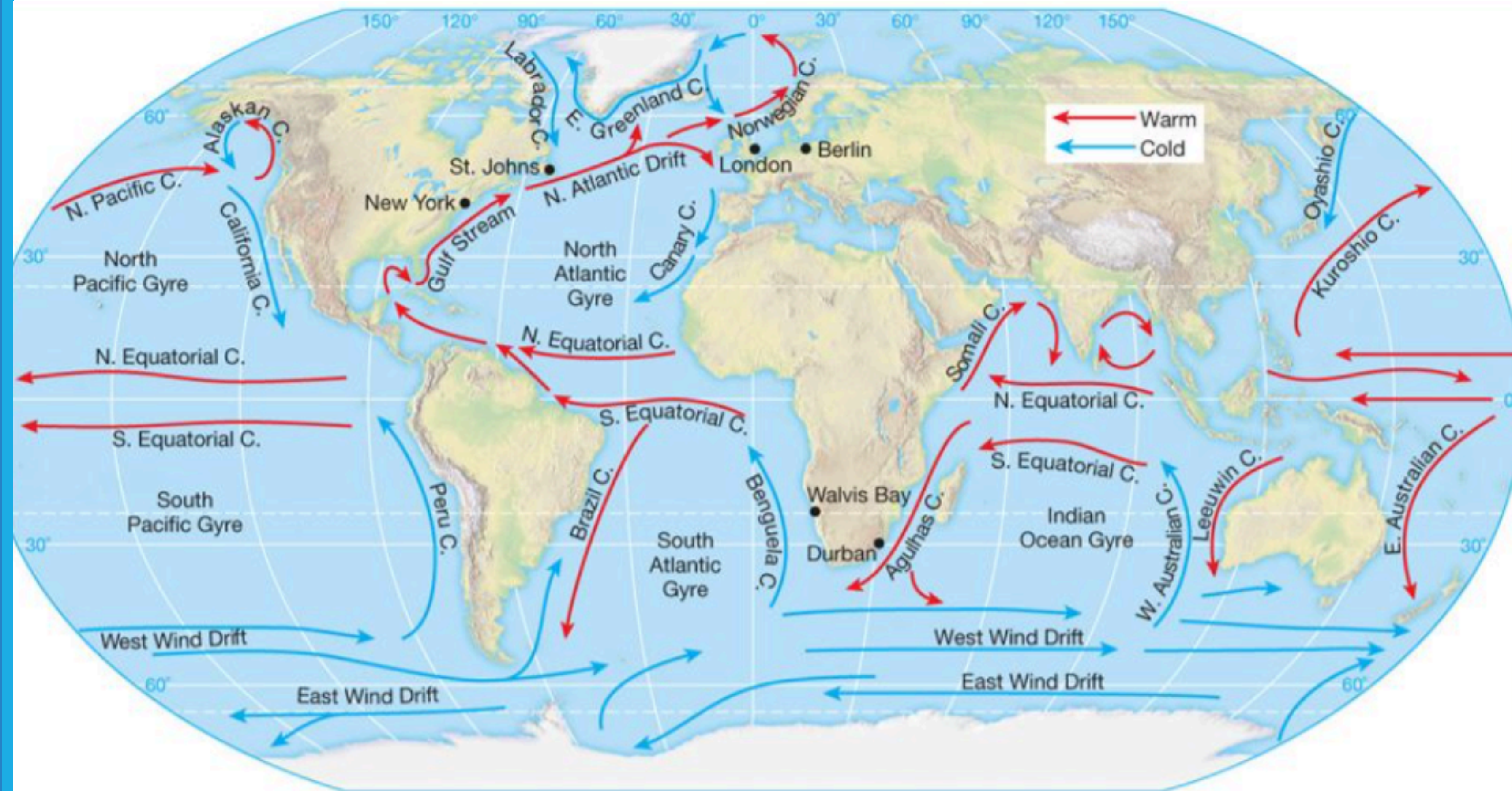


# Meeresströmungen

Guineastrom  
äquatorialer  
Gegenstrom



Benguelastrom

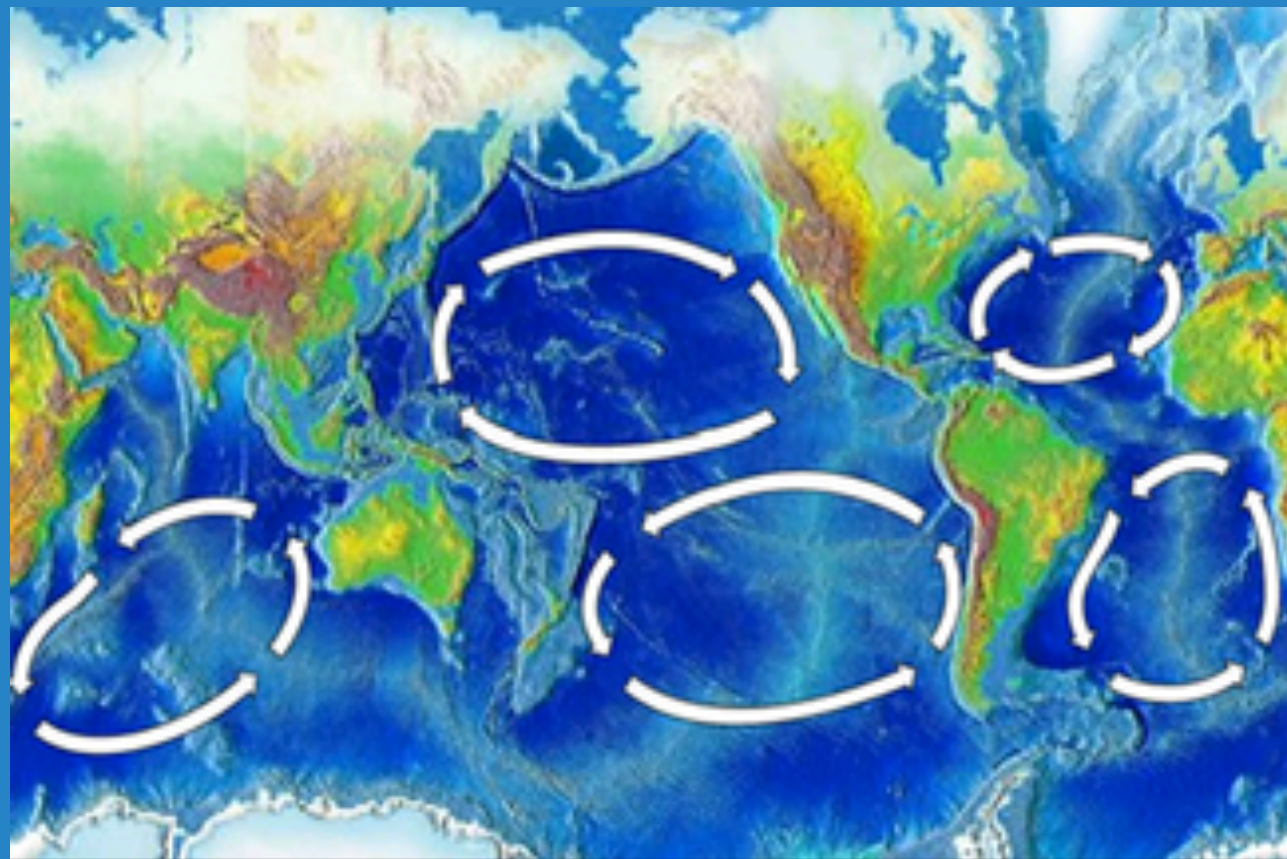


Kuroshiostrom  
Agulhasstrom  
-> 2 - 5 kn



## Driftströme

- verursacht von der Reibung an der Grenzschicht Wasser/Luft
- betrifft die obersten Wasserschichten (etwa 200-300 m) -> Oberflächenströmungen
- In der Nähe großer Landmassen verlaufen die meisten dieser Ströme annähernd parallel zu den Küsten der Kontinente.

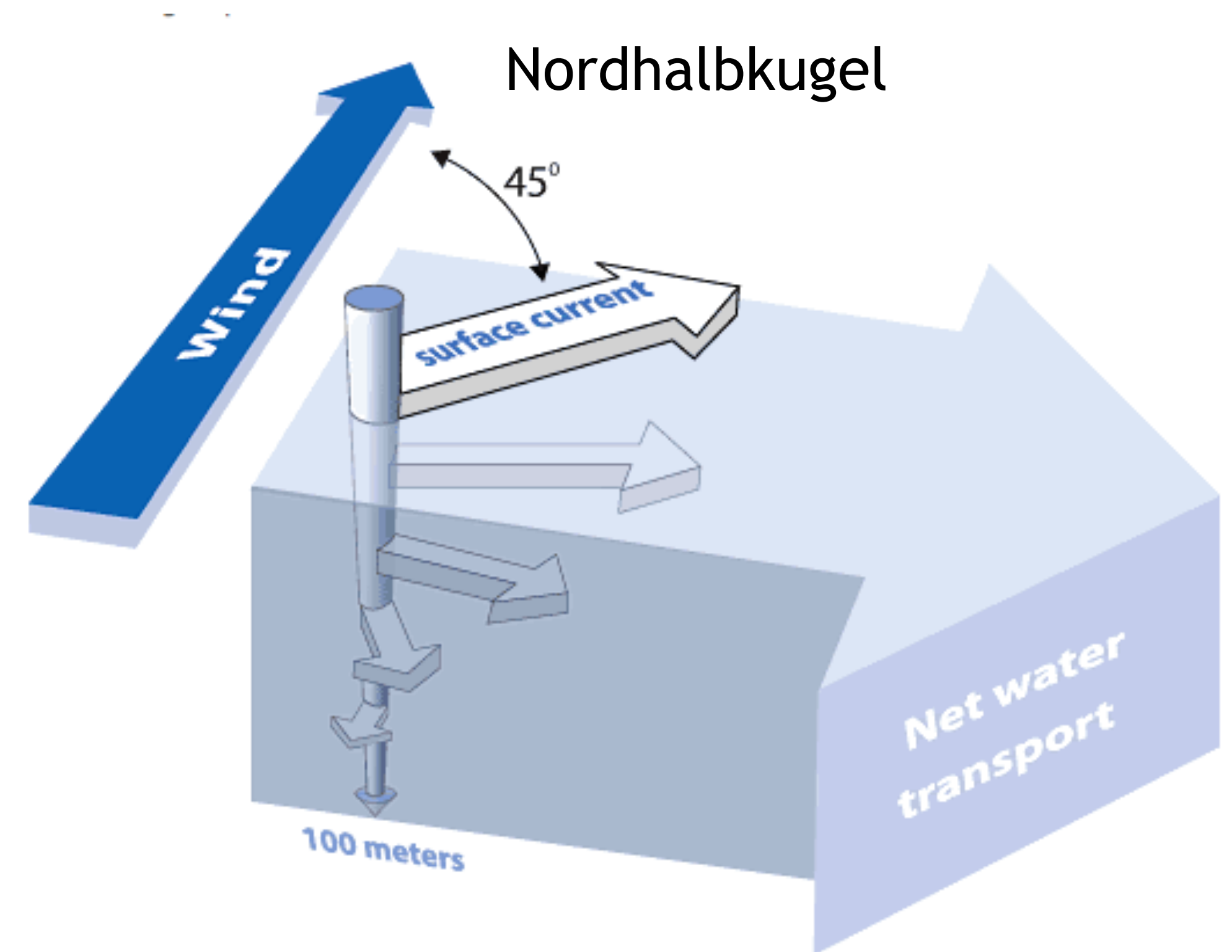


## Korkenzieherströmung Ekman-Spirale

Die Oberflächenströmung ist um 45° zur Windrichtung gedreht und erreicht etwa 3 % der Windgeschwindigkeit.

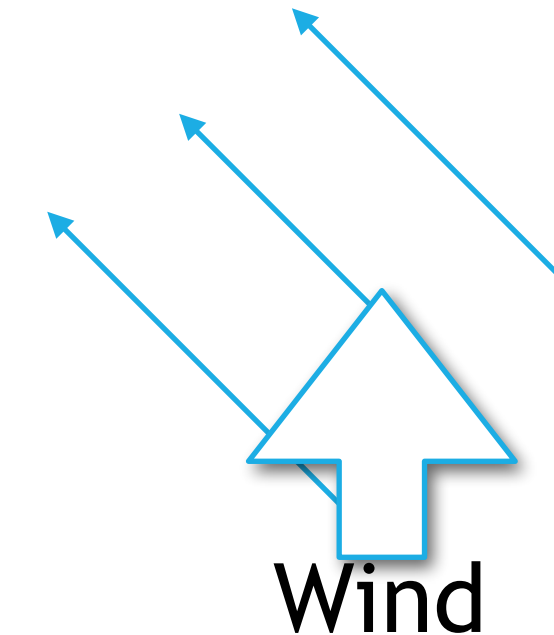
$$v \text{ (Strom)} = 0,0126 \times u \text{ (Wind)} / \sqrt{\sin \varphi \text{ (Breite)}}$$

In mittleren geografischen Breiten bei etwa fünfzig Metern fließt das Wasser entgegengesetzt zur Windrichtung. Dies wird als Grenze des Einflusses der Windreibung betrachtet.



## Südhalbkugel

### Drift



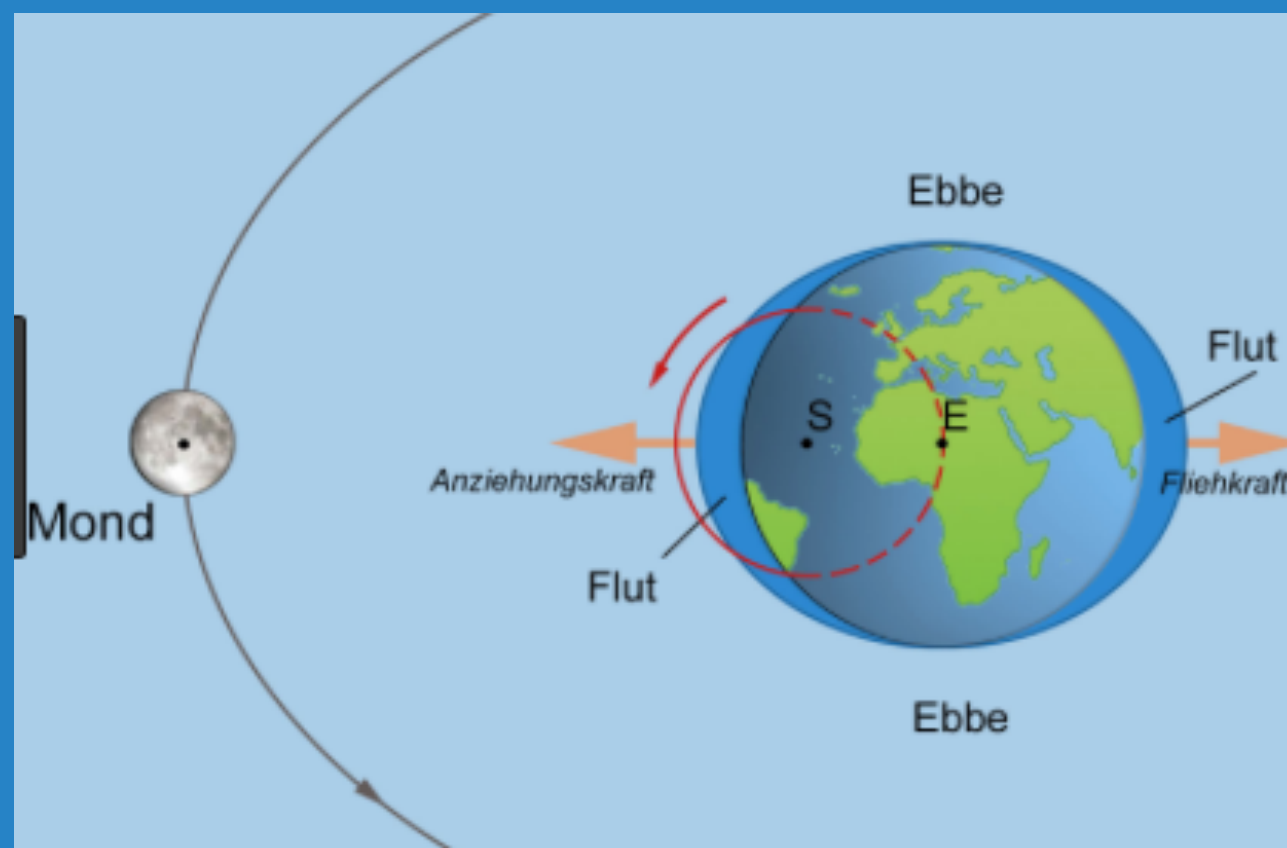


# Meeresströmungen

Die meisten großräumigen Meeresströmungen werden von den globalen Windsystemen wie den Passaten, den Monsunen und der zonalen Westdrift angetrieben, aber auch vom regionalen Wettergeschehen beeinflusst. Länger anhaltende Winddrift führt schließlich zu einem Gleichgewicht zwischen der Drift, den Gradientenkräften (Temperatur, Salinität), der Topografie von Küste und Meeresboden und der Corioliskraft.

## Gezeitenströmungen

sind vor allem küstennahe Meeres-Ausgleichsströmungen, bedingt durch die Gezeiten, den Wechsel von Ebbe und Flut.





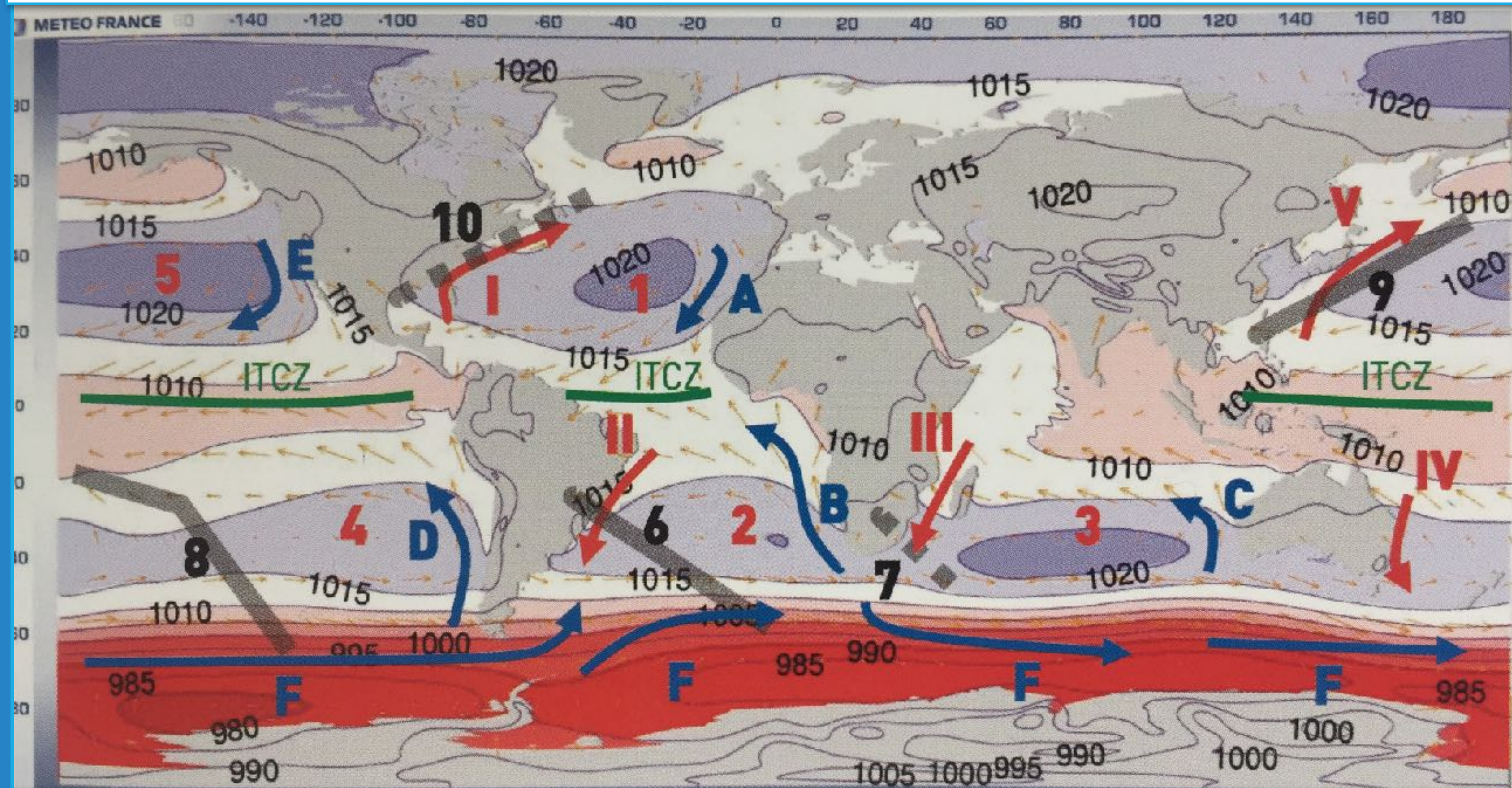
Les anticyclones subtropicaux et leurs extension (chiffres rouges):

1. Anticyclone des Açores
2. Anticyclone de Sainte-Hélène
3. Anticyclone des Mascareignes
4. Anticyclone de l'Île de Pâques (souvent 2 ou 3 cellules)
5. Anticyclone du Pacifique Nord

Les zones météorologiques subtropicales de convergence (zones grises, chiffres noirs), fin printemps et début d'été de leur hémisphère respective:

6. South Atlantic Convergence Zone
7. South Indian Convergence Zone
8. South Pacific Convergence Zone
9. Baiu/Meiyu frontal zone
10. North American Convergence Zone

Valeurs moyennes sur l'océan mondial suivant Meteo France



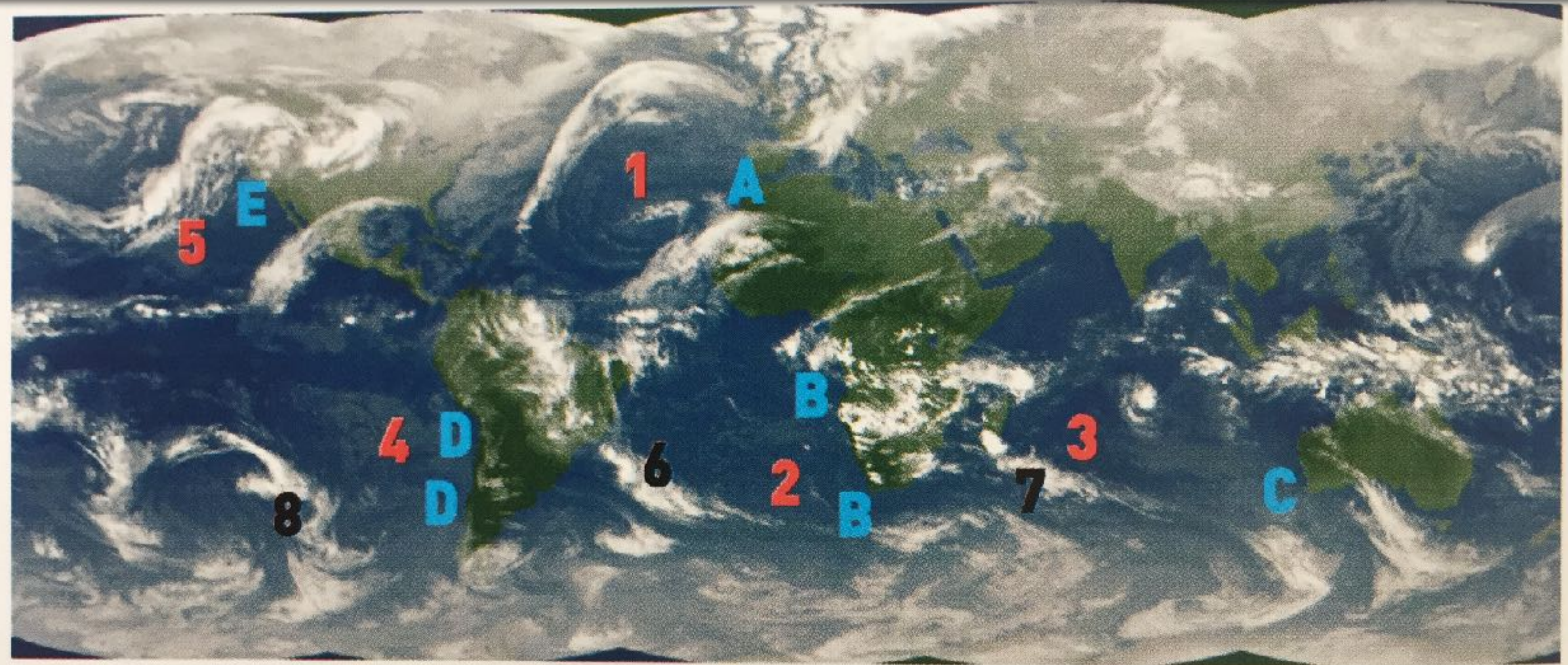


Les anticyclones subtropicaux et leurs extension (chiffres rouges):

1. Anticyclone des Açores
2. Anticyclone de Sainte-Hélène
3. Anticyclone des Mascareignes
4. Anticyclone de l'Île de Pâques (souvent 2 ou 3 cellules)
5. Anticyclone du Pacifique Nord

Les zones météorologiques subtropicales de convergence (zones grises, chiffres noirs), fin printemps et début d'été de leur hémisphère respective:

6. South Atlantic Convergence Zone
7. South Indian Convergence Zone
8. South Pacific Convergence Zone
9. Baiu/Meiyu frontal zone
10. North American Convergence Zone





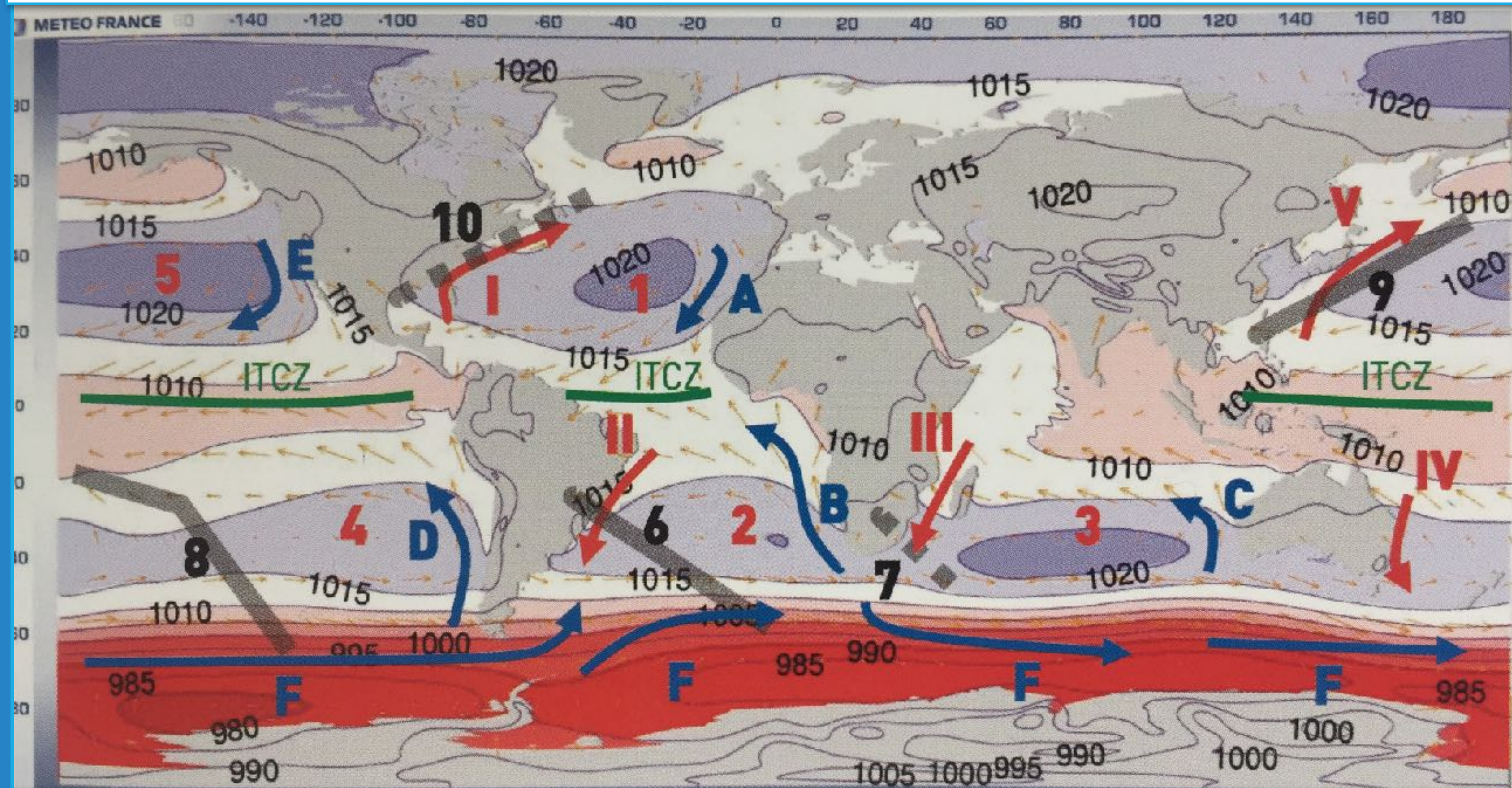
Les courants froids de bord Est (flèches et lettres bleues)

- A. Courant des Canaries
- B. Courant de Benguela
- C. Courant Ouest australien
- D. Courant de Humboldt
- E. Courant de californie
- F. Courant circumpolaire

Les courants chauds de bord Ouest (flèches et chiffres romains rouges)

- I. Gulf Stream
- II. Courant du Brésil
- III. Courant du Mozambique
- IV. Courant Est Australien
- V. Kuroshio

Valeurs moyennes sur l'océan mondial suivant Meteo France



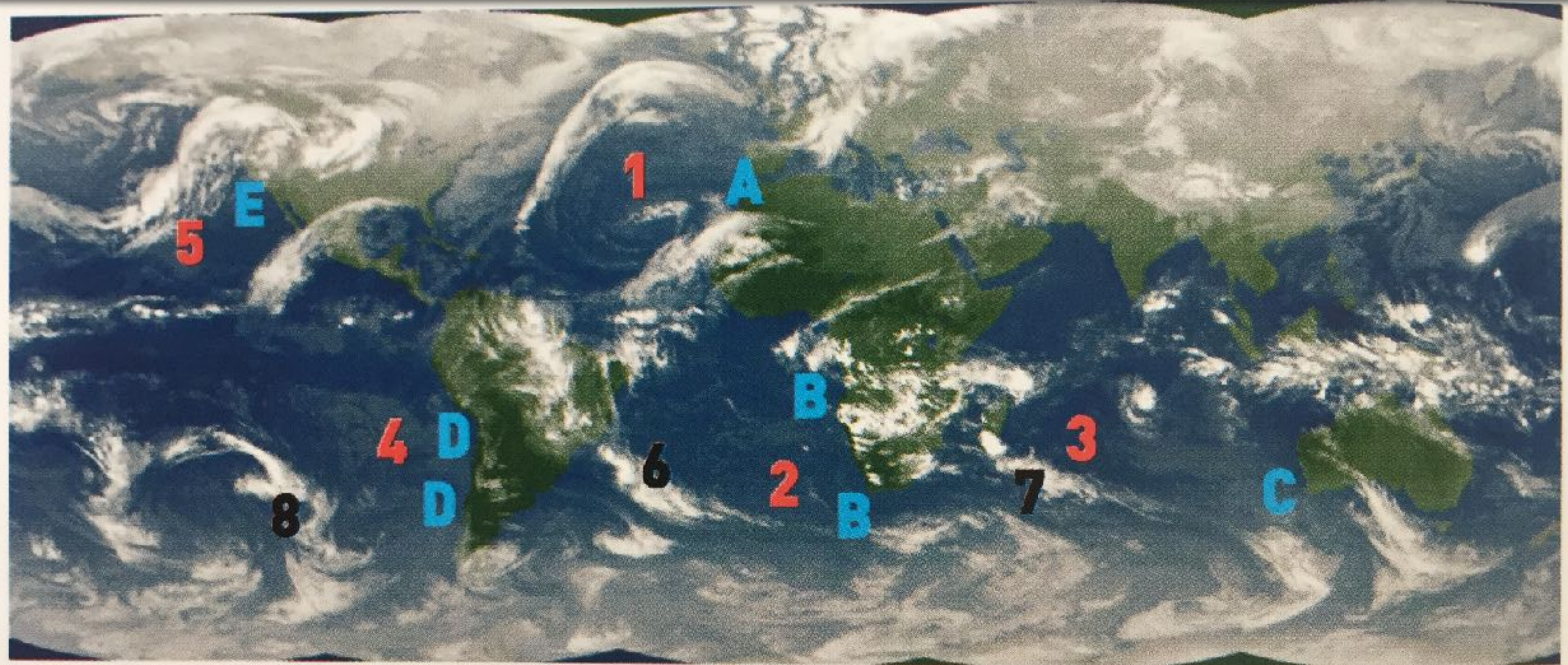


Les courants froids de bord Est (flèches et lettres bleues)

- A. Courant des Canaries
- B. Courant de Benguela
- C. Courant Ouest australien
- D. Courant de Humboldt
- E. Courant de californie
- F. Courant circumpolaire

Les courants chauds de bord Ouest (flèches et chiffres romains rouges):

- I. Gulf Stream
- II. Courant du Brésil
- III. Courant du Mozambique
- IV. Courant Est Australien
- V. Kuroshio





# Die größte Müllhalde der Welt: Unser Meer.



Wissenschaftler der Universität Hawaii und der Wood Hole Oceanographic Institution entdeckten einen zweiten Müllstrudel 2010 im Nordatlantik. Die Größe des Müllteppichs soll ca. 110.000 Quadratkilometer betragen. Dies entspricht der Fläche Kubas.