

## 3. Vorlesung

# Grundlagen der Atmosphärischen Zirkulation und die Außertropische Zirkulation

## 3.1. Luftdruck

### 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

#### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

#### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

#### 3.2.3. Wirbelstürme

### 3.3. Die Corioliskraft

### 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

#### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone

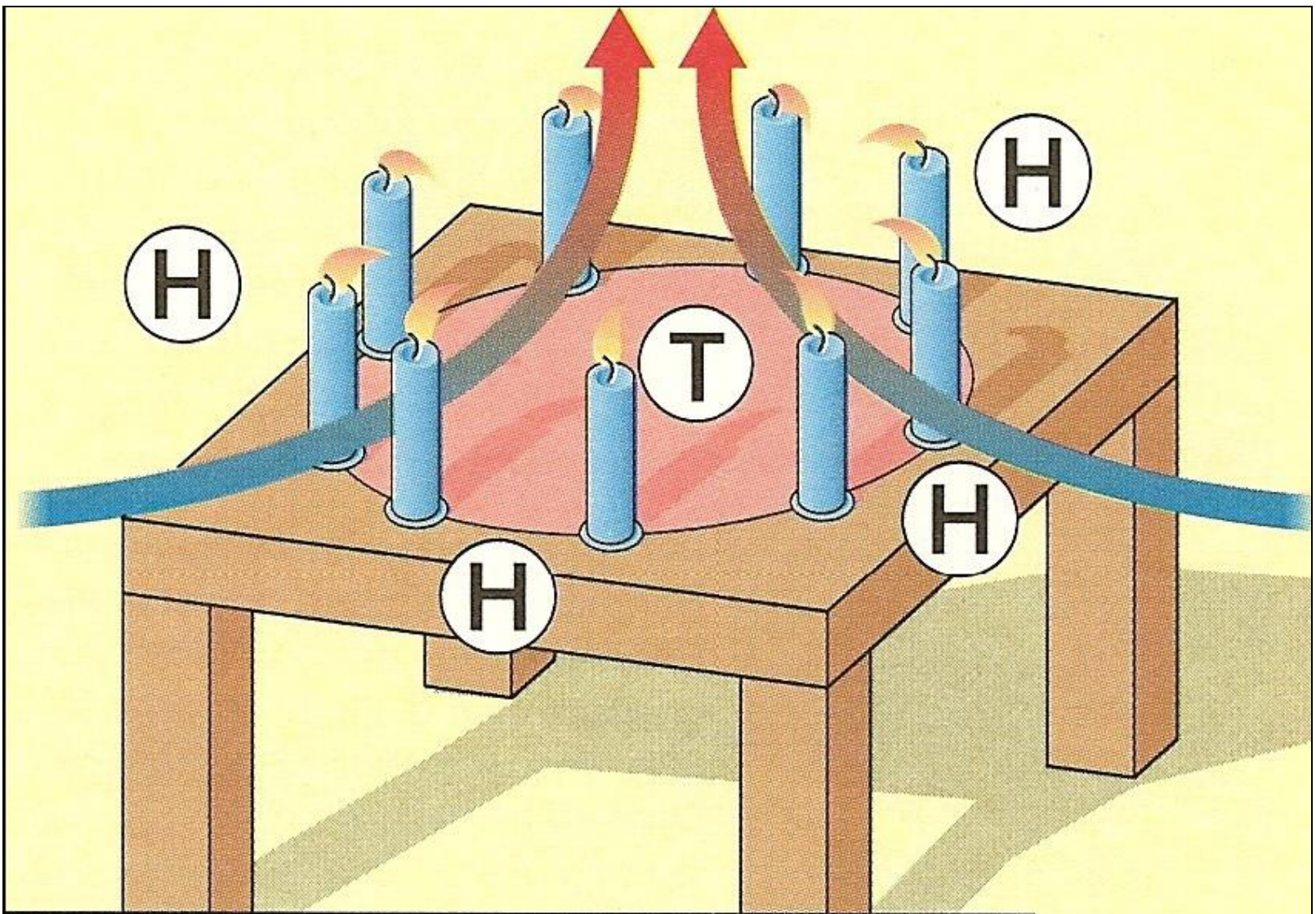
#### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

### 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

beeinflussen das Wetter

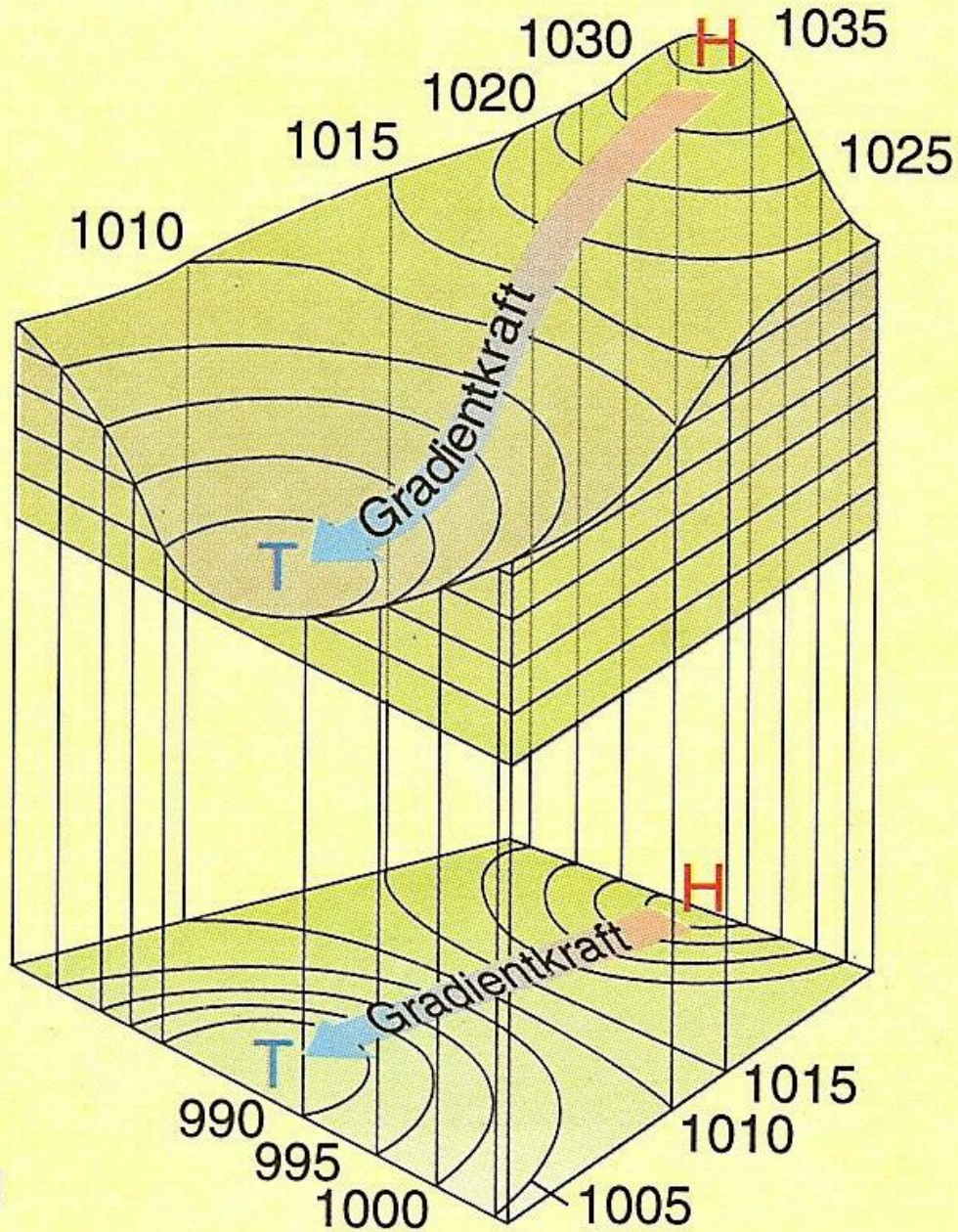
#### 3.5.1. Großwetterlagen

#### 3.5.2. Wetterkarten



**T** tiefer Luftdruck      **H** hoher Luftdruck

[h Pa]



Windrichtung

Kräfte, die auf ein Luftpaket wirken können:

**1. Gravitationskraft**

**2. Druckkraft** des Luftdrucks der umliegenden Luftpakete auf das betrachtete Luftpaket.

$$p(h) = 1013,25 \left( 1 - \frac{0,0065 \cdot h}{288,15} \right)^{5,255} \text{ hPa}$$

**3. Gradientkraft:** zwei Orte unterschiedlichen Luftdrucks; die Gradientkraft wirkt vom Ort höheren Drucks zum Ort niedrigeren Drucks

Sie ist der entscheidende Motor für Bewegung von Luft in der Atmosphäre und damit von **Wind**.

*Dichteunterschiede* hervorgerufen durch *Temperaturunterschiede* können zu Druckunterschieden führen



Admiral Sir Francis  
Beaufort (1774– 1857)

Windstärken				
Beaufort-Skala	Kennzeichen im Lande und auf See	Bezeichnung	Geschwindigkeit bis m/sec	Beaufort-Skala
0	vollkommene Windstille, der Rauch steigt fast gerade empor – spiegelglatte See	Windstille	0,2	
1	für das Hautgefühl eben bemerkbar – kleine Kräuselwellen ohne Schaumkrone	leiser Windzug	1,5	
2	die Blätter der Bäume bewegen sich – kurze Wellen mit glatten Kämmen	leichte Brise	3,3	Brise
.....				
6	bewegt große Äste der Bäume – große Wellen mit brechenden Kämmen, größere Schaumflächen	starker Wind	13,8	Wind
7	biegt schwächere Baumstämme, wirft auf stehendem Wasser sich überstürzende Wellen auf – höhere Wellen, Schaumstreifen	steifer Wind	17,1	
8	ganze Bäume werden bewegt, erschwert das Gehen – mäßig hohe Wellenberge mit langen Kämmen, Schaumstreifen	stürmischer Wind	20,7	
9	leichtere Gegenstände, wie Dachziegel, werden abgerissen – hohe Wellenberge, Rollen der See, Gischt hemmt die Sicht	Sturm	24,4	Sturm
.....				
11	zerstörende Wirkung schwerer Art – außerordentlich hohe Wellenberge, Sichtbeeinträchtigung	orkanartiger Sturm	32,6	
12	verwüstende Wirkungen katastrophalen Ausmaßes – Luft mit Schaum und Gischt erfüllt, See ist vollständig weiß, Fernsicht unmöglich	Orkan	36,9	Orkan
13		Orkan	41,3	
14		Orkan	46,1	
15		Orkan	50,8	
16		Orkan	55,5	
17		Orkan	über 55,5	

## 3.1. Luftdruck

## 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

### 3.2.3. Wirbelstürme

## 3.3. Die Corioliskraft

## 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone

### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

## 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

beeinflussen das Wetter

### 3.5.1. Großwetterlagen

### 3.5.2. Wetterkarten

### 3.1. Luftdruck

### 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

#### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

#### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

#### 3.2.3. Wirbelstürme

### 3.3. Die Corioliskraft

### 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

#### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone

#### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

### 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

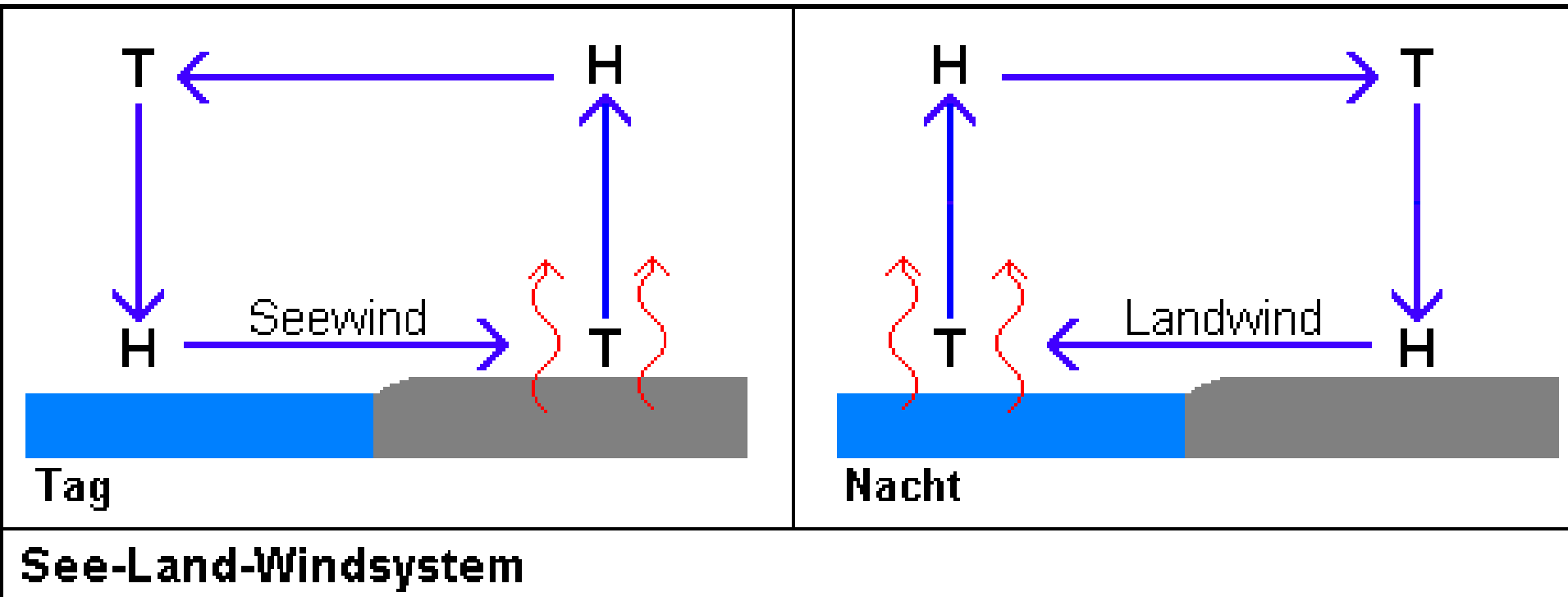
beeinflussen das Wetter

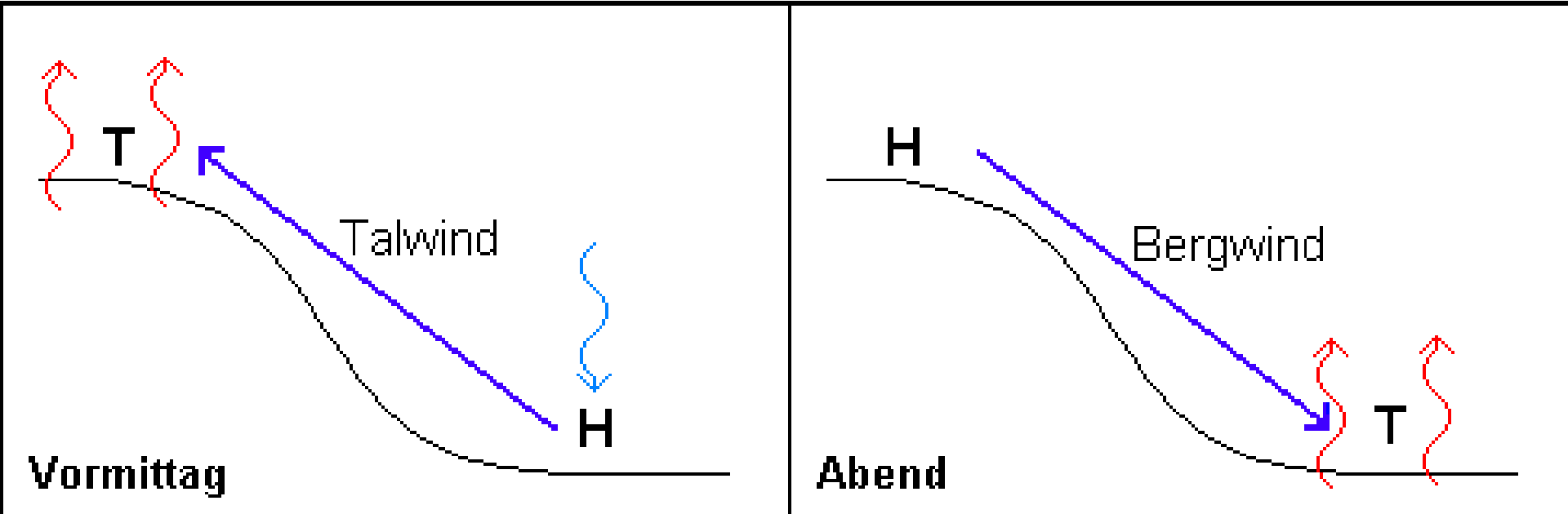
#### 3.5.1. Großwetterlagen

#### 3.5.2. Wetterkarten

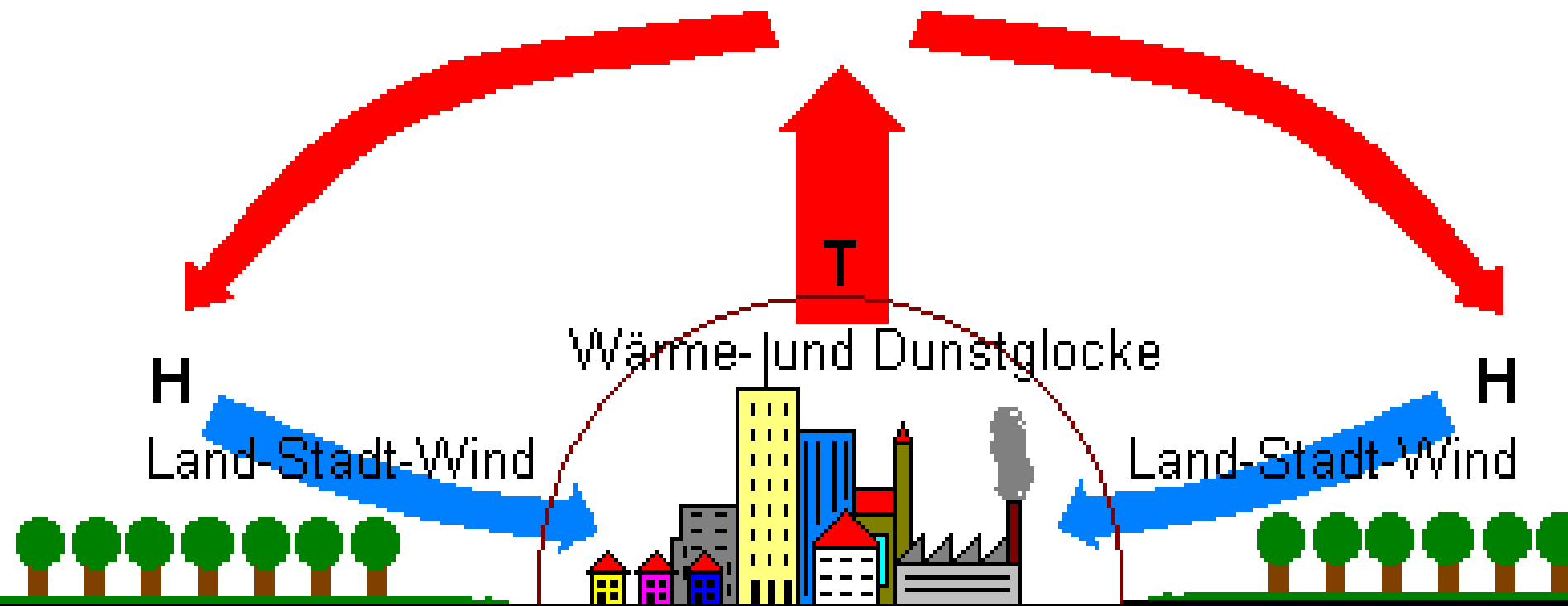


LB S. 57 durcharbeiten, erklären + (Begriff Isobaren)





**Berg-Tal-Windsystem**



Umland kühler

starke Erwärmung der Stadt durch:

- dichte Bebauung
- dunkler Asphalt (starke Absorption)
- Abgase

### 3.1. Luftdruck

### 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

#### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

#### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

#### 3.2.3. Wirbelstürme

### 3.3. Die Corioliskraft

### 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

#### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone

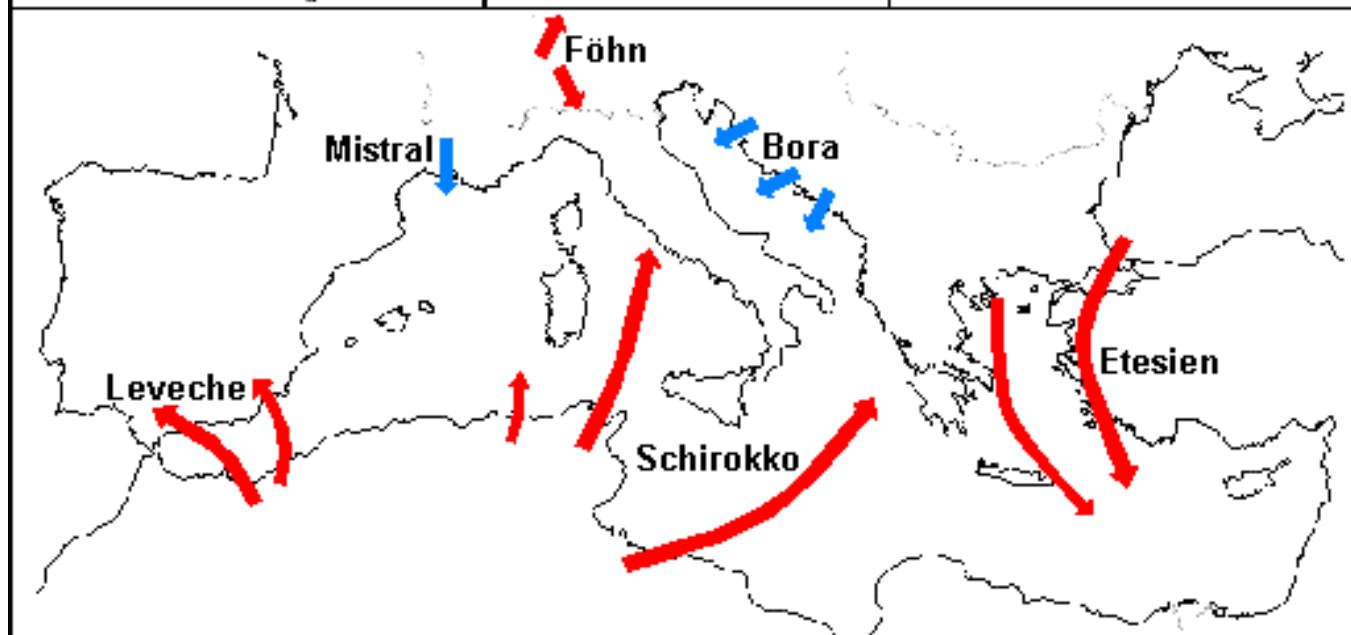
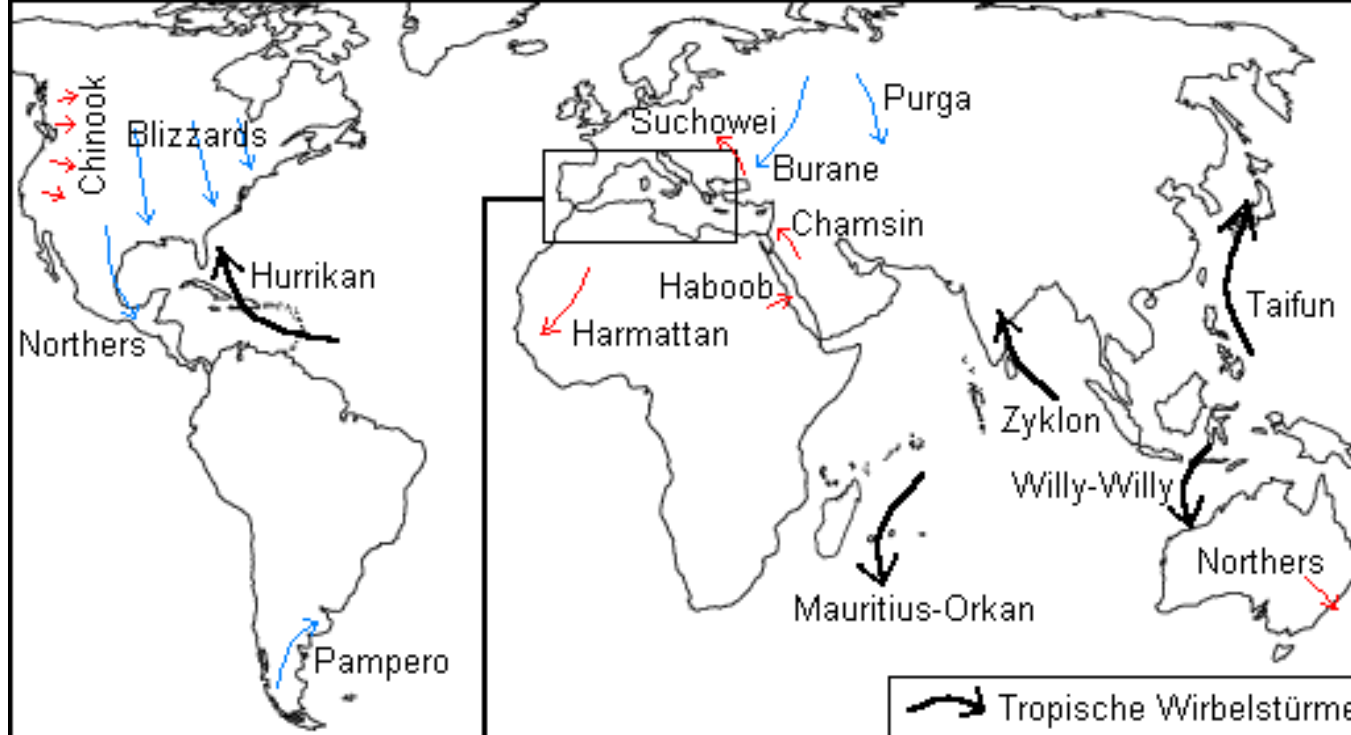
#### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

### 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

beeinflussen das Wetter

#### 3.5.1. Großwetterlagen

#### 3.5.2. Wetterkarten



Regionale Winde und tropische Wirbelstürme

(verändert nach Schülerduden 1997:403)

Wdhl  
 •  
 LB  
 64+6  
 5  
 Föhn

### 3.1. Luftdruck

### 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

#### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

#### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

#### 3.2.3. Wirbelstürme

### 3.3. Die Corioliskraft

### 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

#### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone

#### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

### 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

beeinflussen das Wetter

#### 3.5.1. Großwetterlagen

#### 3.5.2. Wetterkarten



Hurrikan Katrina (August 2005, Windgeschwindigkeit bis 300 km/h)

## Entstehungsbedingungen:

- Das Meer muss eine Oberflächentemperatur von mindestens 26,5 Grad und die Luft eine gleichmäßige Temperaturabnahme ("Gradient") zu großen Höhen hin aufweisen.
- Das betroffene Gebiet gleichmäßiger Bedingungen muss ausgedehnt sein.
- Der Abstand vom Äquator muss groß genug sein (mindestens 5 Breitengrade) - Corioliskraft
- Es darf keine große vertikale Windscherung auftreten.
- Der Sturm braucht einen Nucleus, aus dem er sich aufbauen kann, zum Beispiel ein außertropisches Tief.





Tornado; Edmonton 1987

Die Entstehung von Tornados ist sehr komplex und bis heute ein aktueller Forschungsgegenstand.

## Voraussetzungen

- hochreichende Feuchtekonyektion → Labilität, also eine hinreichend starke vertikale Temperaturabnahme
- genügendes Feuchteangebot (latente Wärme) in den unteren 1-2 km der Atmosphäre
- Hebung der Luftmasse, um die Feuchtekonyektion auszulösen.



## **Fujita-Skala**

1971 von Dr. Tetsuya Theodore Fujita  
(\* 1920, † 1998) entwickelt

Sie dient der Schadensklassifikation für  
Starkwinderscheinungen wie z.B.  
Tornados.

Die F-Klasse ist eine 12 Stufen umfassende mathematische  
Interpolation zwischen der Beaufort-Skala und der  
Schallgeschwindigkeit (Mach 1).

Sie liefert ab Klasse 6 nur theoretische Werte → Internet

### 3.1. Luftdruck

### 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

#### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

#### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

#### 3.2.3. Wirbelstürme

### 3.3. Die Corioliskraft

### 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

#### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone

#### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

### 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

beeinflussen das Wetter

#### 3.5.1. Großwetterlagen

#### 3.5.2. Wetterkarten



## Gaspard Gustave de Coriolis

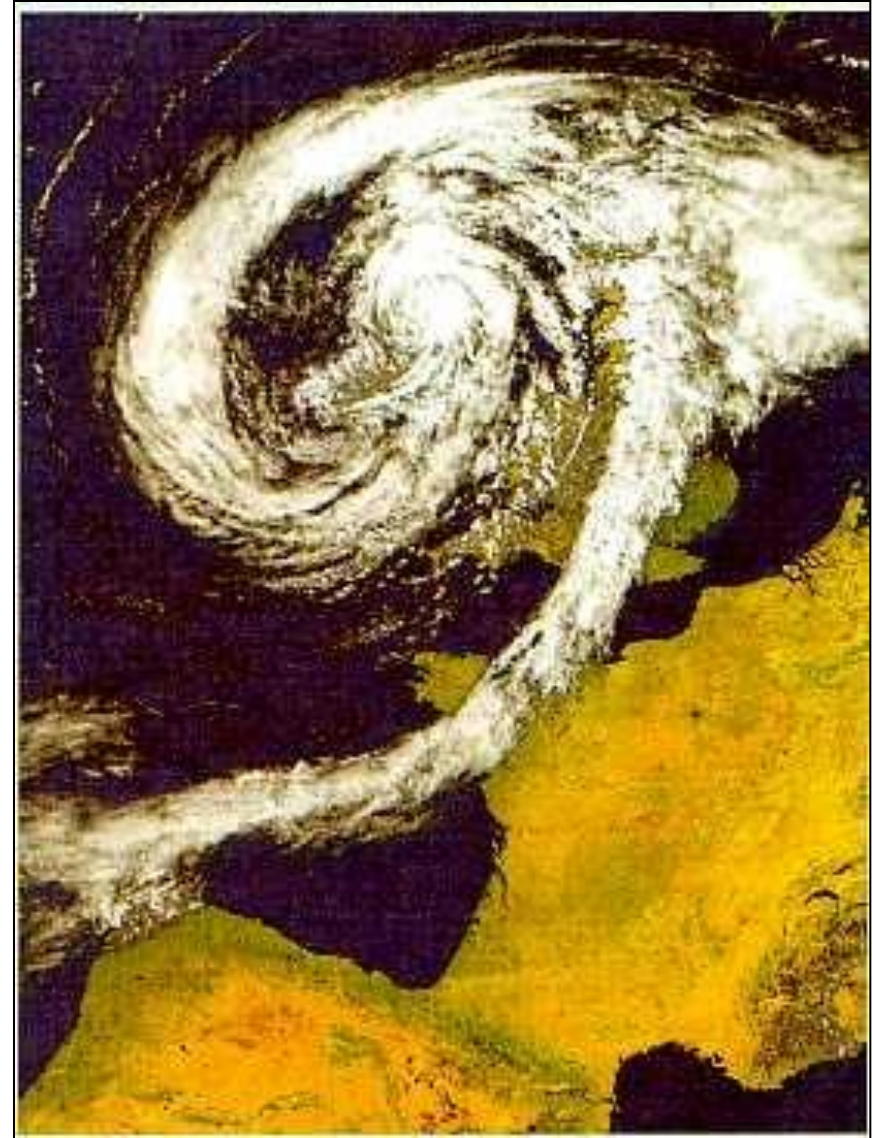
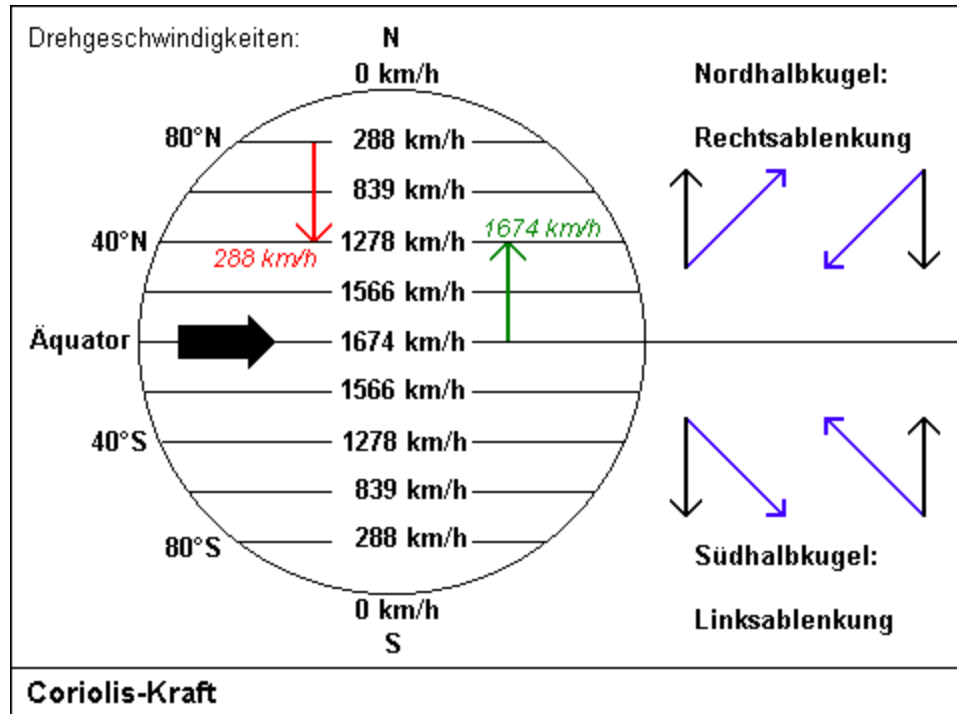
(\* 21. Mai 1792 in Nancy;  
† 19. September 1843 in Tennessee,  
französischer Mathematiker und Physiker)

Corioliskraft := resultiert aus Geschwindigkeitsüberlagerung  
von Winkelgeschwindigkeit + Druckgradientkraft  
→ Ablenkung der Luftteilchen → Westwindzonen (Monsune, Passate (später))

$$C = 2 \cdot \omega \cdot m \cdot v \cdot \sin \psi$$

Grafik LB 58/7+8

( $\omega$ ... Winkelgeschw., abh. von geo Breite,  
 $0^\circ = 1674 \text{ km/h}$ ,  $50^\circ = 1123 \text{ km/h}$  → in Polnähe Ablenkung am größten)



Auswirkung der Corioliskraft auf ein großskaliges Windsystem, hier Tiefdruckgebiet (Zyklone) bei Island

### 3.1. Luftdruck

### 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

#### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

#### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

#### 3.2.3. Wirbelstürme

### 3.3. Die Corioliskraft

### 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

#### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone → LB 58+59

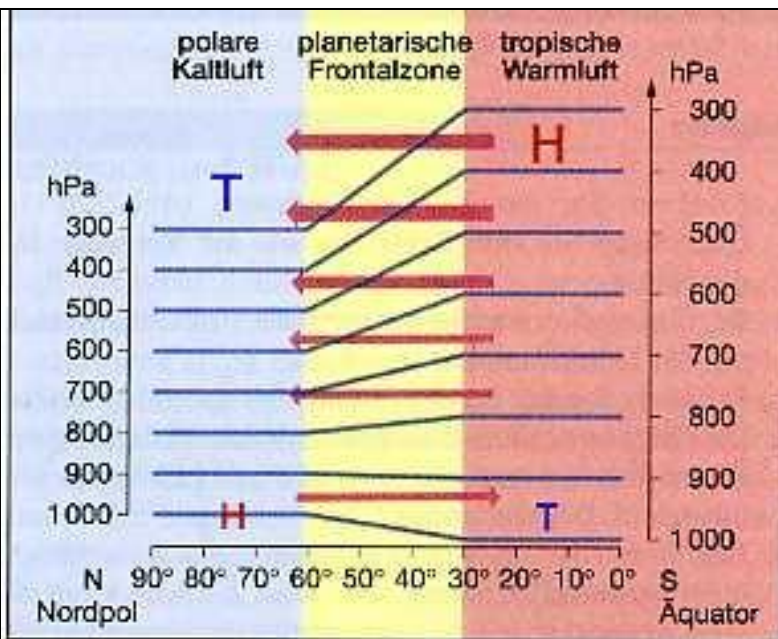
#### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

### 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

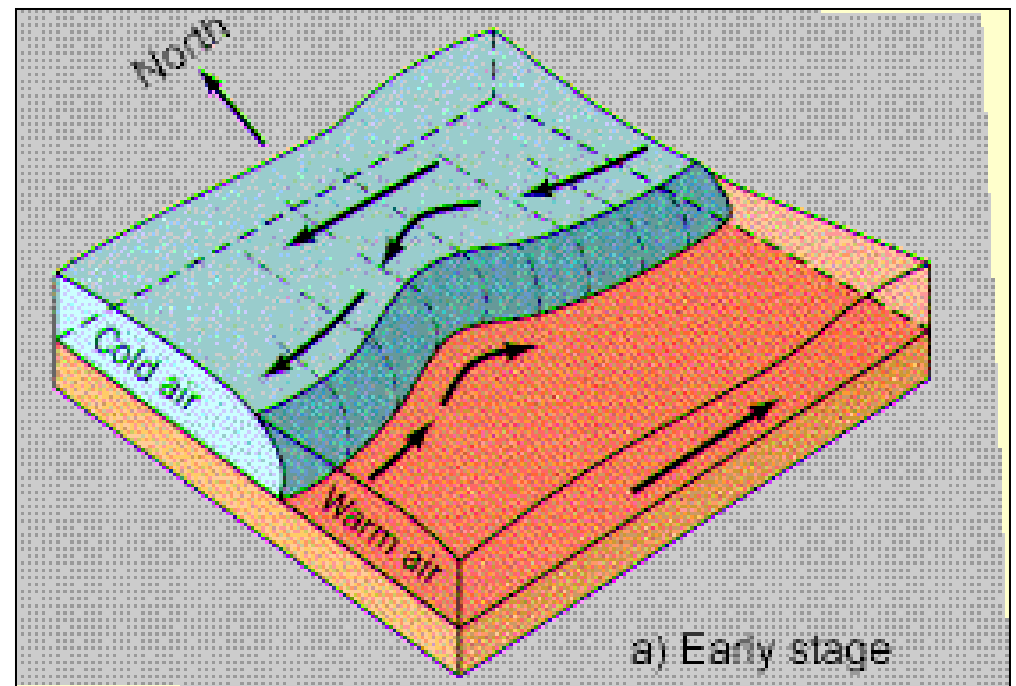
beeinflussen das Wetter

#### 3.5.1. Großwetterlagen

#### 3.5.2. Wetterkarten



22.2 Planetarische Druckverteilung in der Atmosphäre



## *Planetarische Frontalzone*

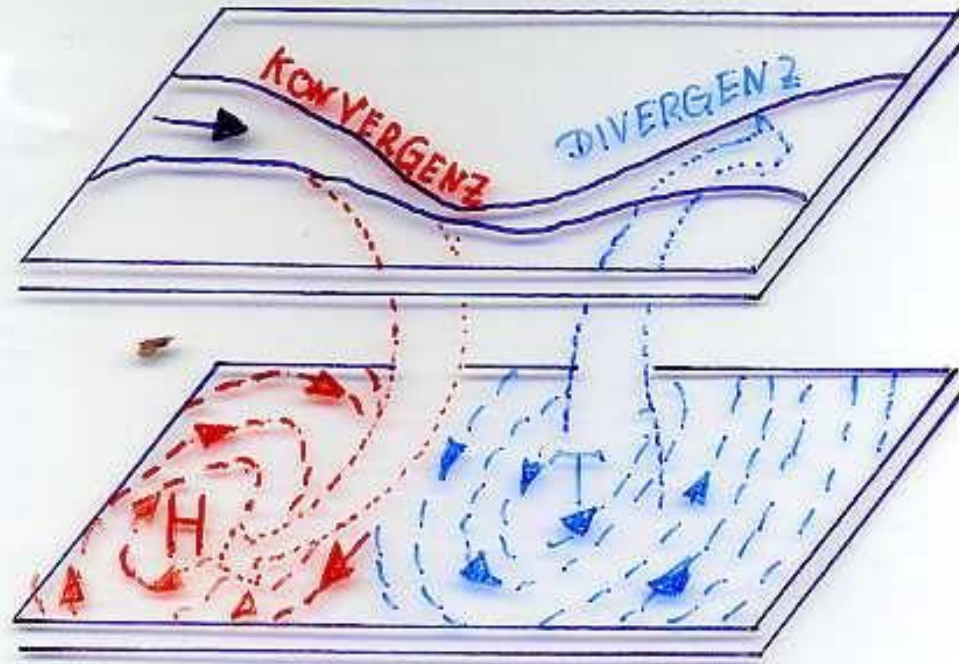
Zone des Aufeinandertreffens von tropischer Warmluft und polarer Kaltluft  
(einige 100 km) 30° - 50° N u. S



Herbst-Winter: Temperaturgegensätze  $> 6 \text{ K}/1000\text{km}$



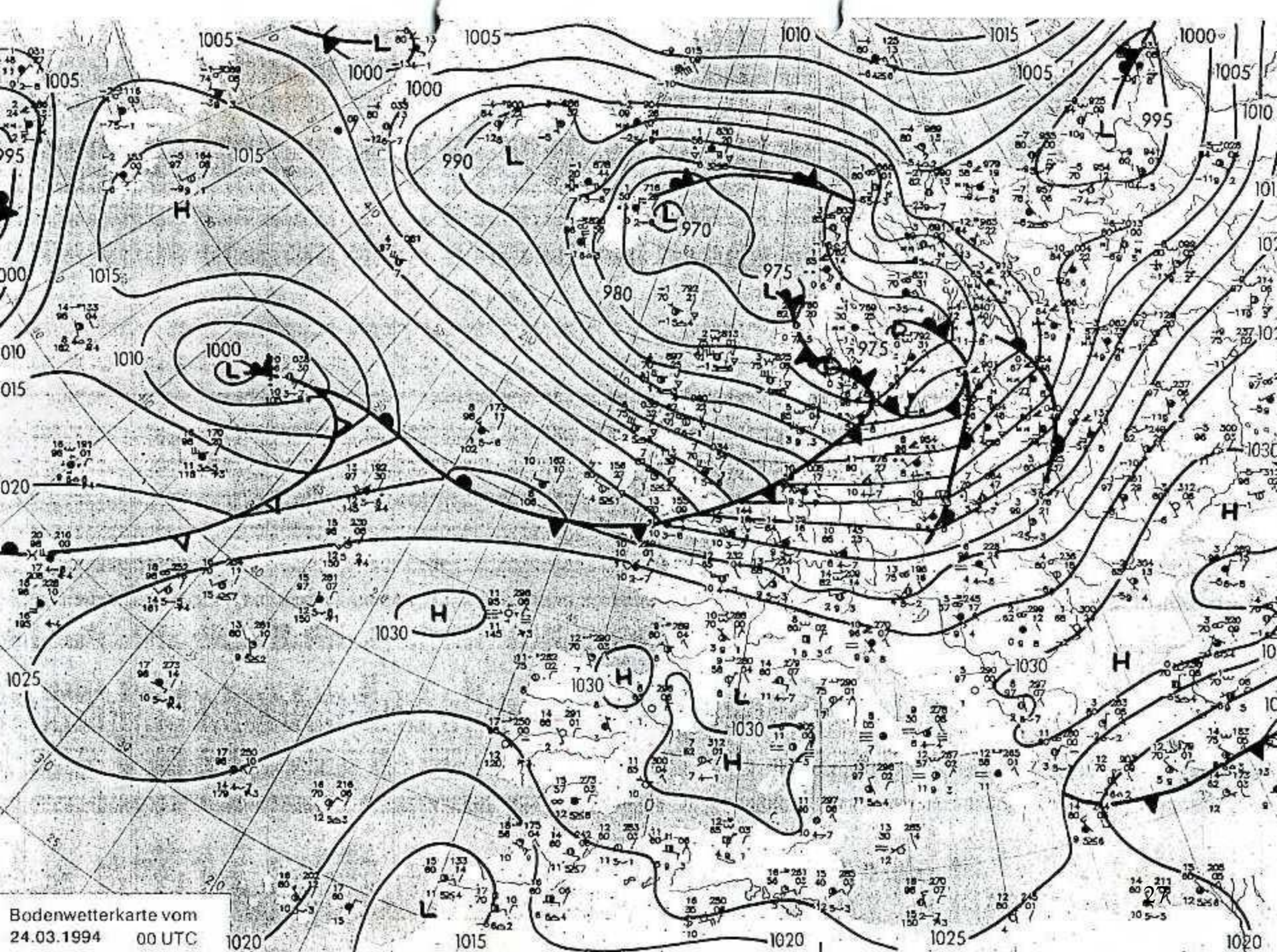
# Die Entstehung dyn. Druckgebilde



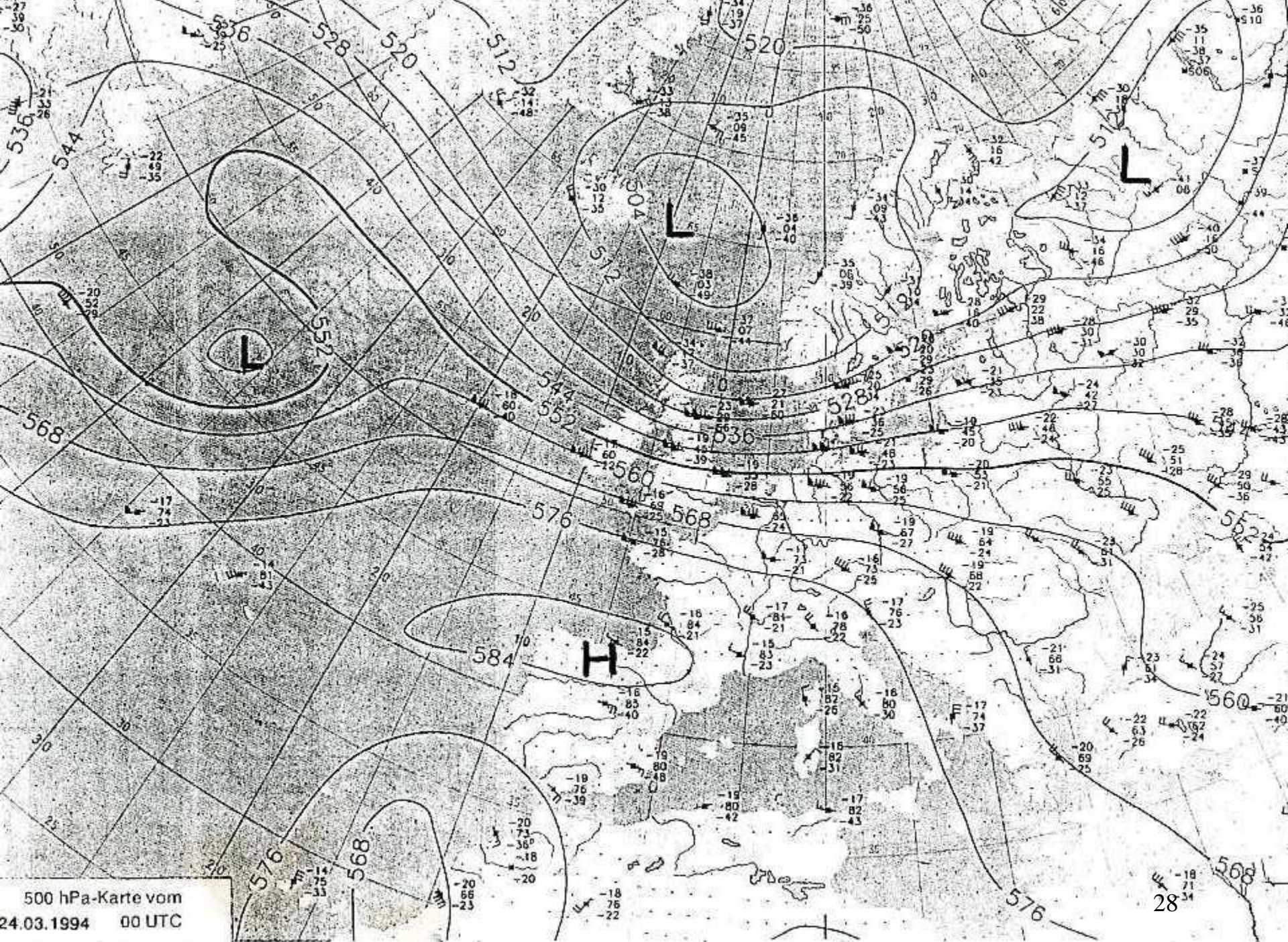
Konvergenz =  
Beschleunigung  
durch „Stau“ = H

= Strahlstrom

Divergenz =  
Weitung =  
„Ansaugen“ = T

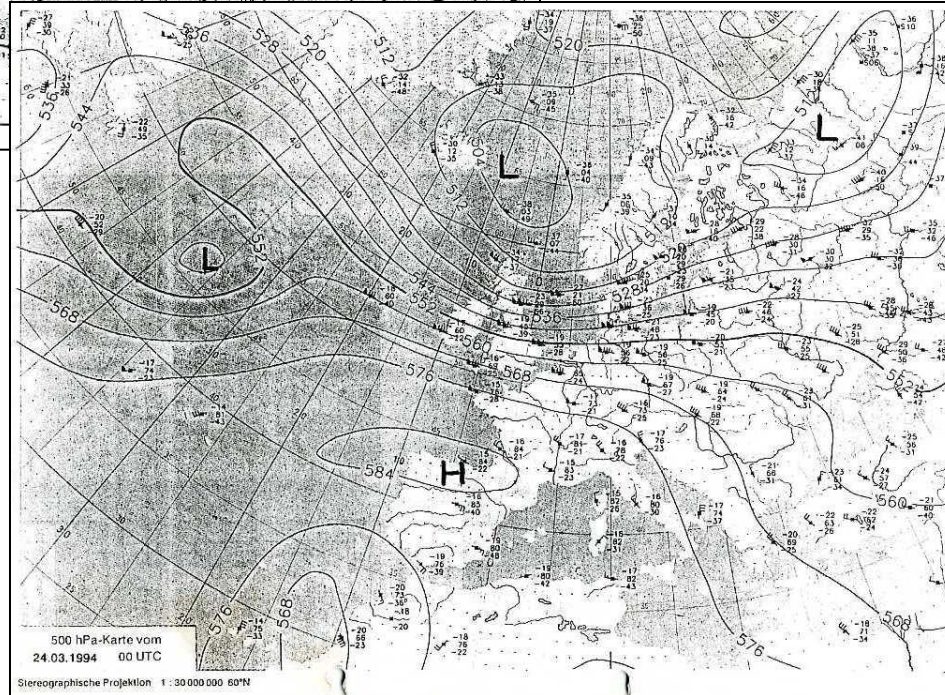
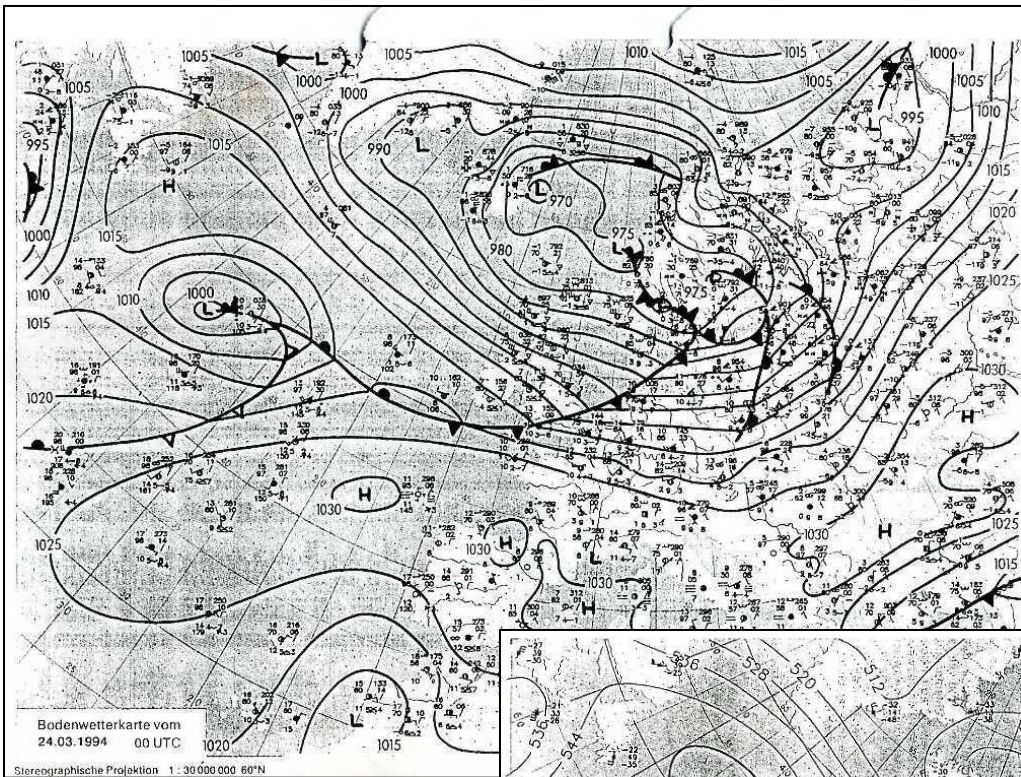


Bodenwetterkarte vom  
24.03.1994 00 UTC

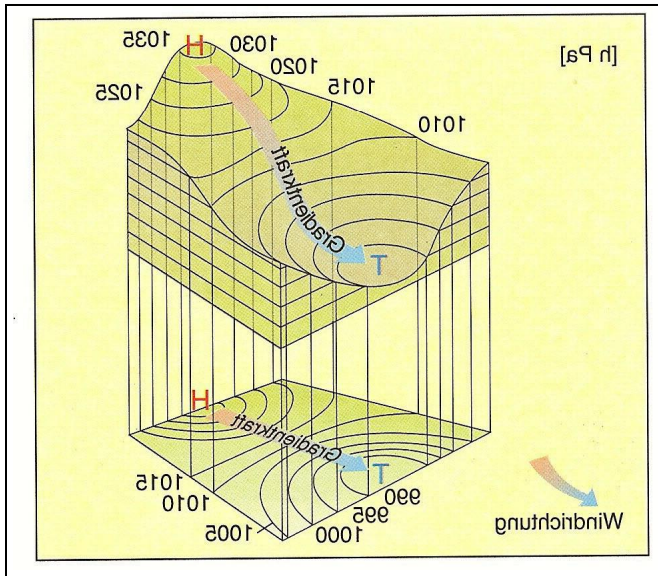


500 hPa-Karte vom  
24.03.1994 00 UTC

Geographische Projektion 1 : 30 000 000 60°N



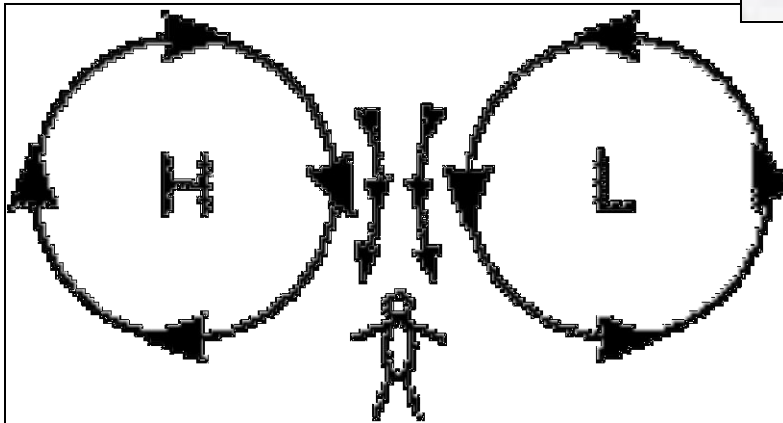
# Das barische Windgesetz



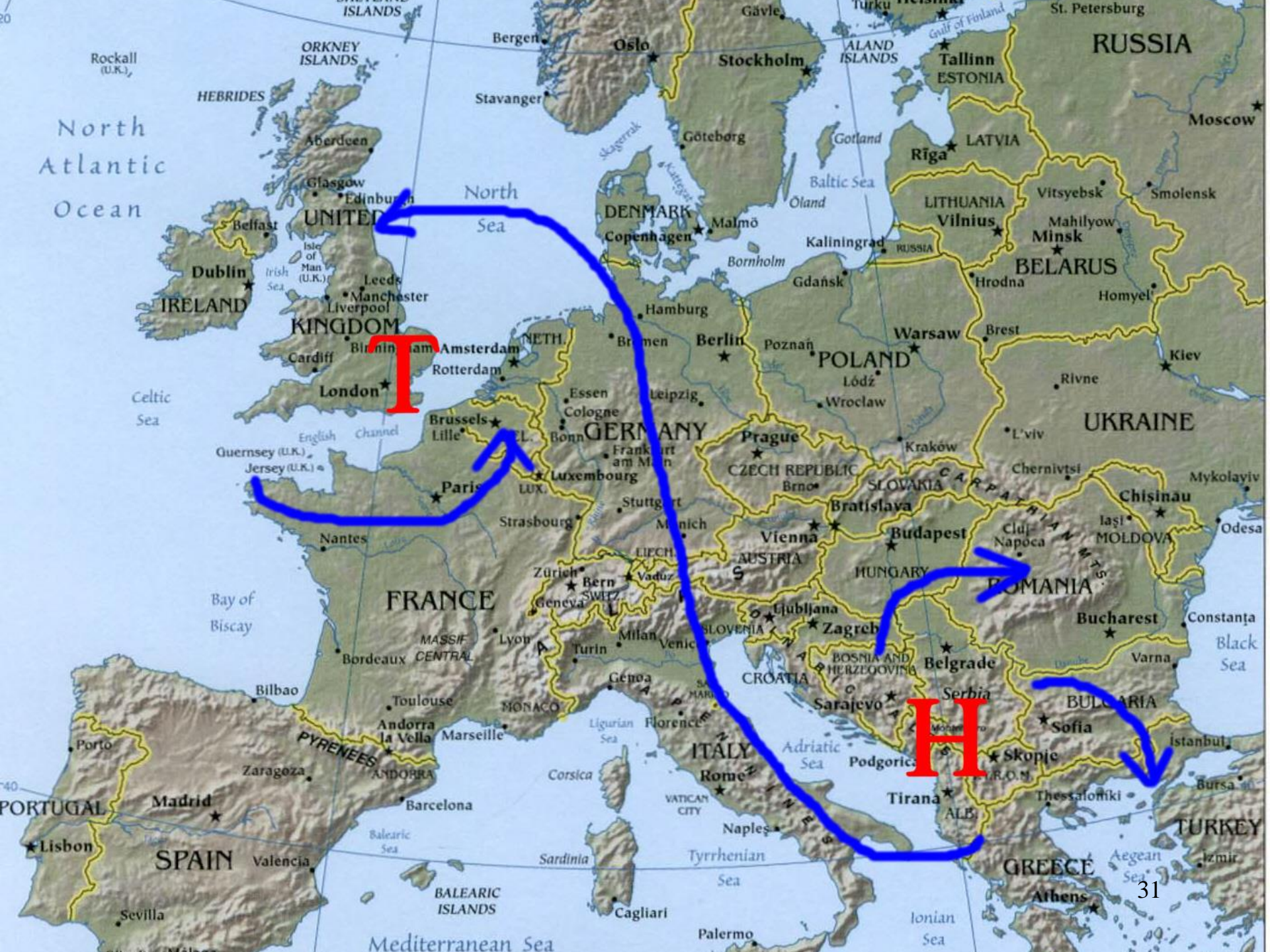
## Christoph Heinrich Buys-Ballot

(\* 10. Oktober 1817 in Kloetinge, † 3. Februar 1890 in Utrecht)

war ein bedeutender niederländischer Wissenschaftler, Meteorologe und Admiral.



Als Professor der Physik formulierte er 1860 das Barische Windgesetz.



North Atlantic Ocean

North Sea

UNITED KINGDOM

IRELAND

LONDON

Celtic Sea

Bay of Biscay

FRANCE

GERMANY

POLAND

UKRAINE

ROMANIA

SPAIN

ITALY

GREECE

TURKEY

Mediterranean Sea

### 3.1. Luftdruck

### 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

#### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

#### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

#### 3.2.3. Wirbelstürme

### 3.3. Die Corioliskraft

### 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

#### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone

#### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

### 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

beeinflussen das Wetter

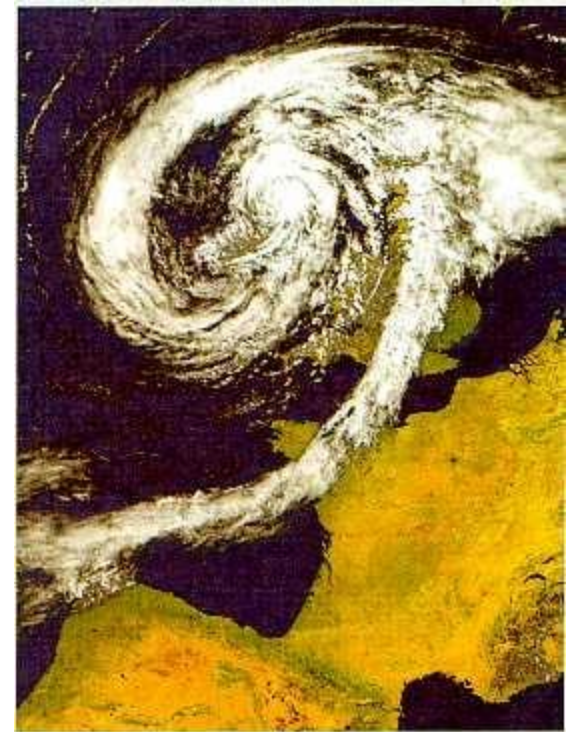
#### 3.5.1. Großwetterlagen

#### 3.5.2. Wetterkarten

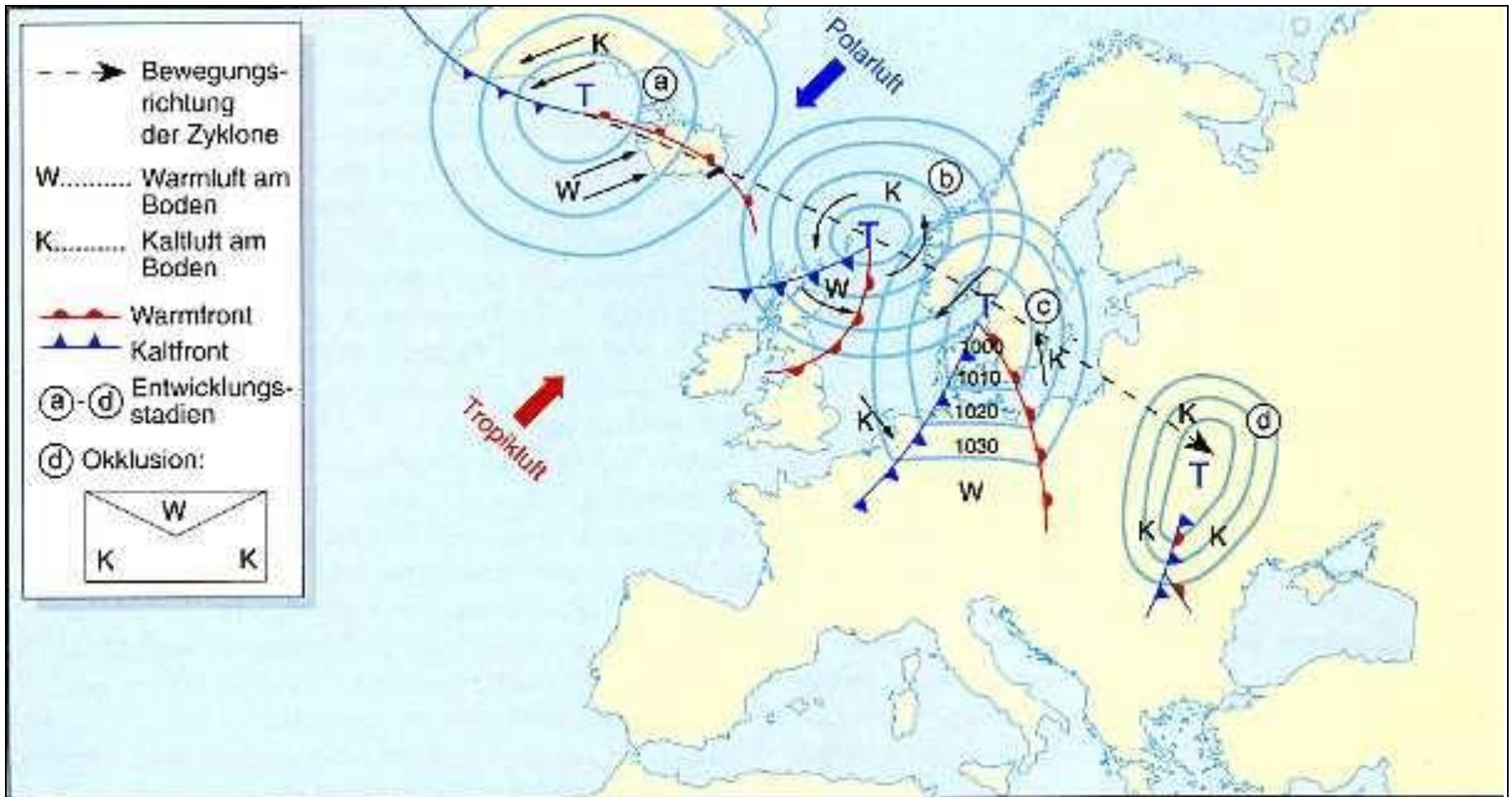


## Definition Zyklone:

wandernde Tiefdruckgebiete,  
die dynamisch aufgrund der Verwirblung  
von warmen und kalten Luftmassen entstehen



- an polwärtiger Richtung (nahe Island) entstehen oft Zyklonen  
(3000-4000 km Durchmesser möglich)
- sie wandern mit dem Strahlstrom ostwärts
- großräumige meridionale Wärmetransporte  
(Vorderseite: trop-naß nach N; Rückseite polare Luft nach S)
- nach einigen Tagen lösen sie sich über Osteuropa, Sibirien auf



27.1 Bewegung und Entwicklung einer Zyklone

### 3.1. Luftdruck

### 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

#### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

#### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

#### 3.2.3. Wirbelstürme

### 3.3. Die Corioliskraft

### 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

#### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone

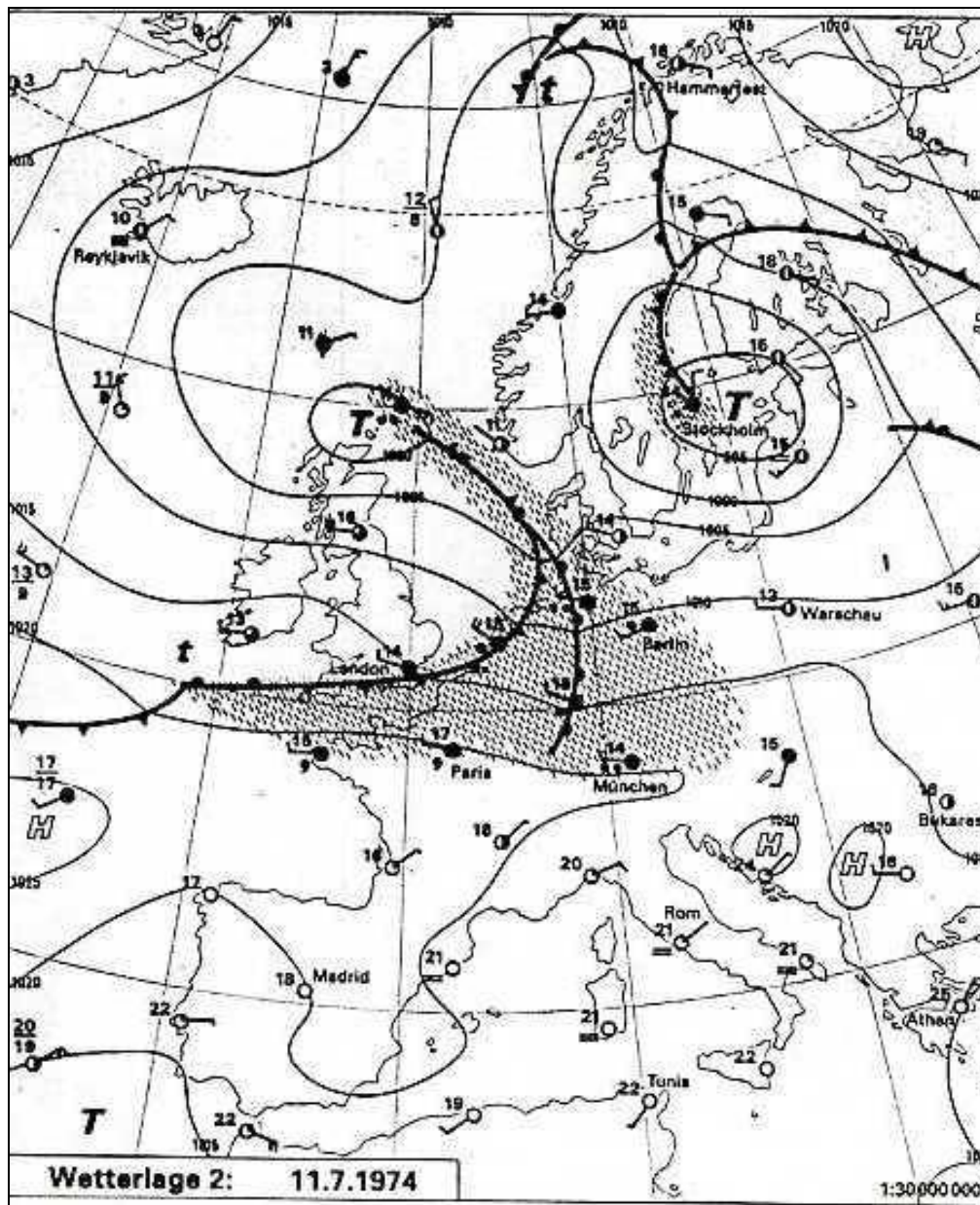
#### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

### 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

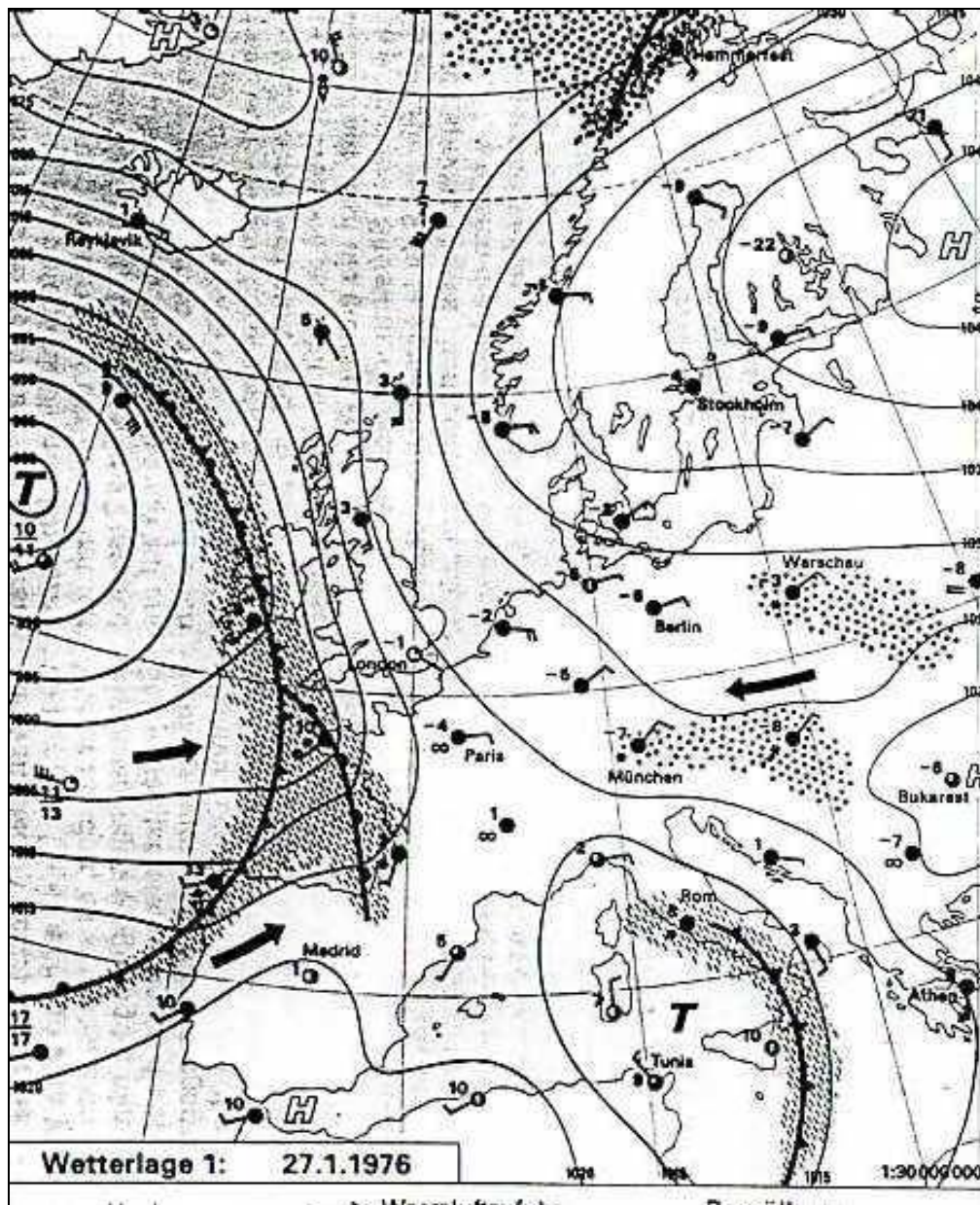
beeinflussen das Wetter

#### 3.5.1. Großwetterlagen

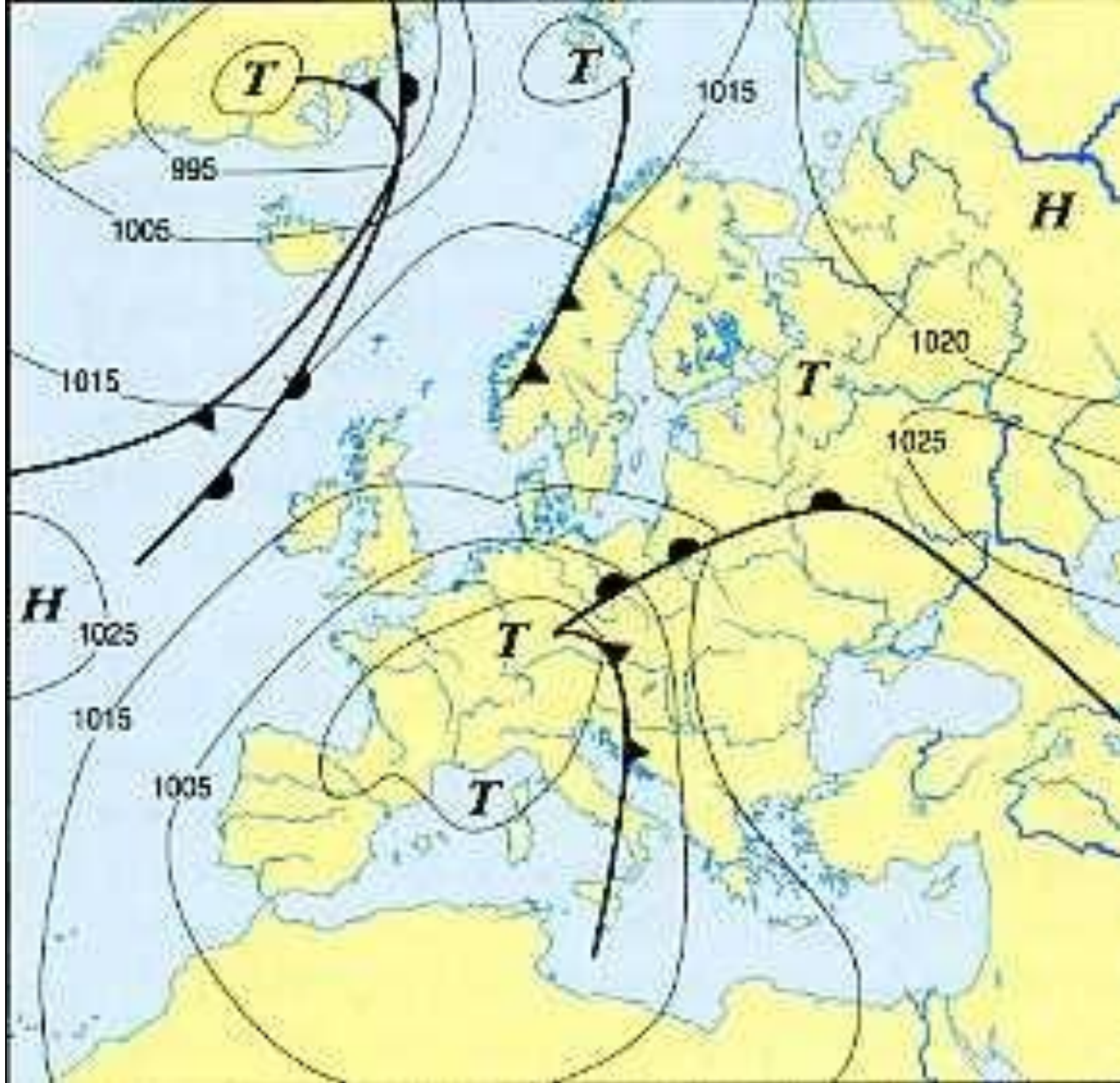
#### 3.5.2. Wetterkarten



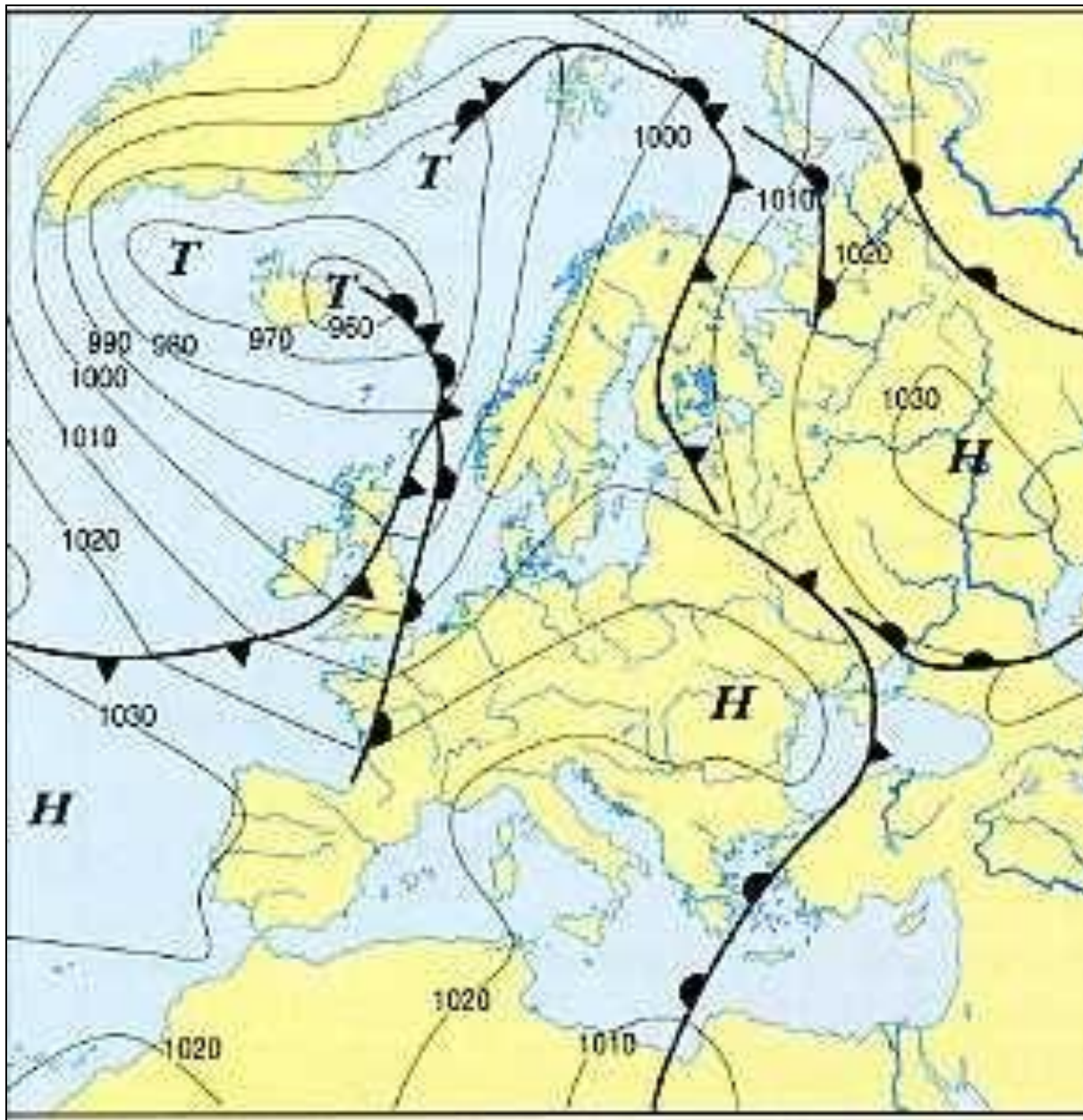
W-Wetterlage



O-Wetterlage (Winterwetter)



Vb - Wetterlage (Tief Ilse: Elbehochwasser 2002)



Zentrales H - Wetterlage

### 3.1. Luftdruck

### 3.2. Thermische Druckgebilde und regionale Winde

#### 3.2.1. Tagesperiodische Winde

#### 3.2.2. Synoptische Winde – Fallwinde

#### 3.2.3. Wirbelstürme

### 3.3. Die Corioliskraft

### 3.4. Dynamische Druckgebilde und überregionale Winde

#### 3.4.1. Frontalzone und die Westwindzone

#### 3.4.2. Zyklone: Entstehung – Auswirkungen

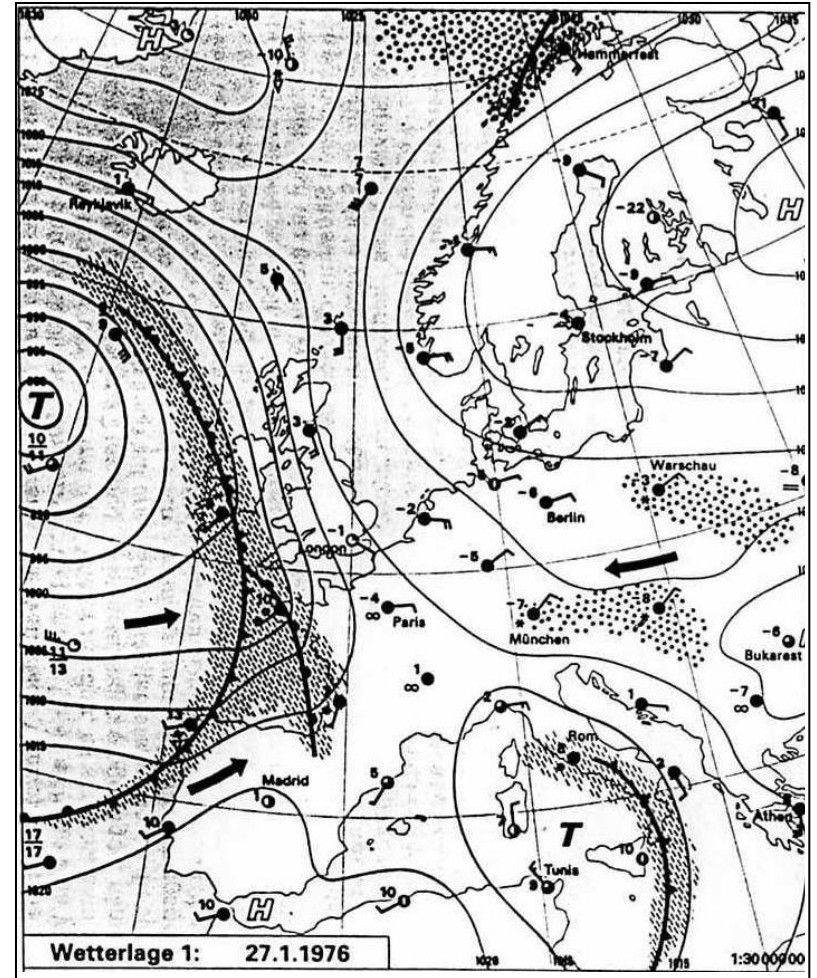
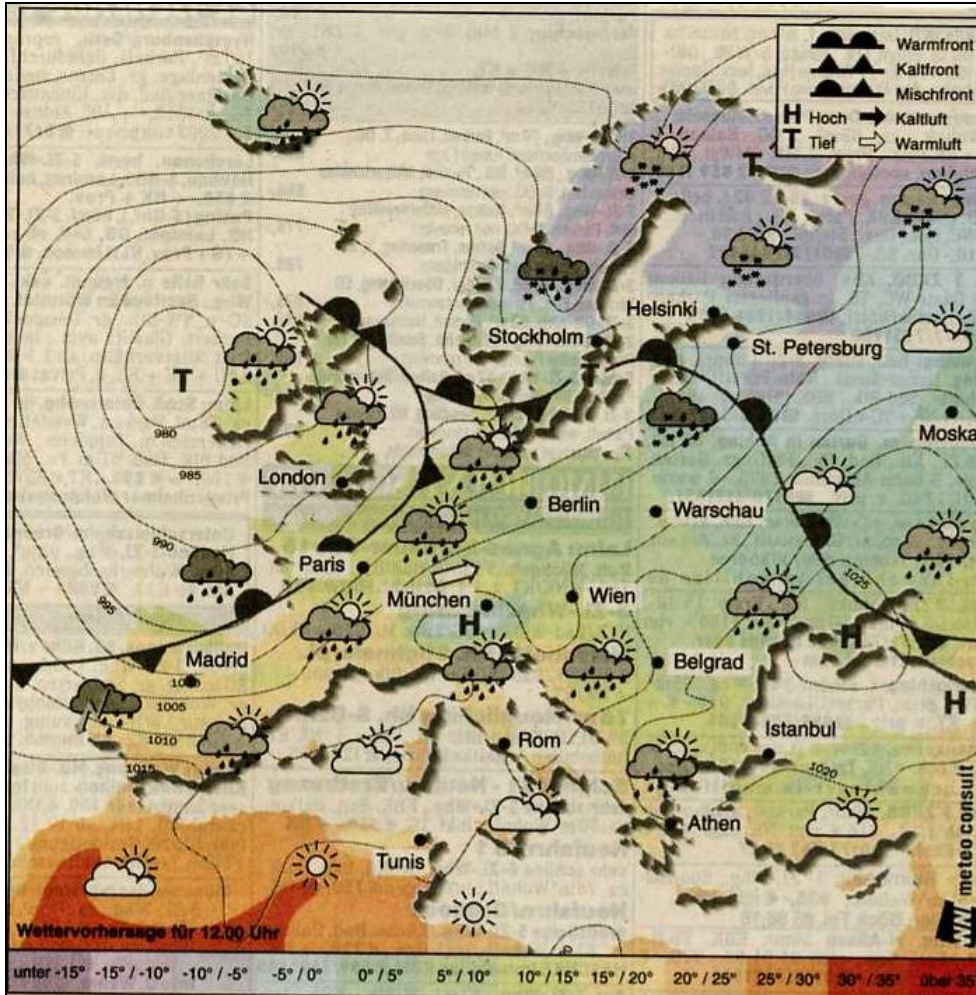
### 3.5. Thermische und Dynamische Druckgebilde

beeinflussen das Wetter




















#### 3.5.1. Großwetterlagen

#### 3.5.2. Wetterkarten

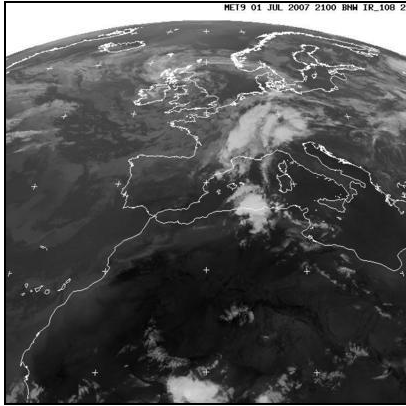




	Hoch (Antizyklone)		Wärmeluftzufuhr	Bewölkung: ○ wolkenlos ◐ heiter ◑ halb bedeckt ◒ wolkig ◓ fast bedeckt ◔ bedeckt
	Tief (Zyklone)		Kälteluftzufuhr	
	Wärmefront	$\frac{5}{4}$	Lufttemperatur in °C Wassertemperatur in °C	
	Kältefront		Isobare (Luftdruckangabe in hPa)	
	Okklusion			

Windgeschwindigkeit (in km/h):	Windrichtung:		ausgedehntes Regengebiet		Regen-, Schneeschauer
— 1-5	 32-40		ausgedehnter Schneefall		Dunst
 6-13	 41-49		Nordostwind		Sprühregen (Niesel)
 14-22	! !		Ostwind		Regen, starker Regen
 23-31	 77-85		Südostwind		Schneefall
			Westwind		leichter Nebel
					starker Nebel

## Symbolik von Wetterkarten



Satellitenbild vom 2.7.2007



Wetterbericht

LB S. 72

Wetterkarten interpretieren: 1 – 4

Beispiel LB S. 73

Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit!

