

# Wetter

*YC Bregenz, 30.5.2013*

Christoph Zingerle  
Arnold Tschofen



**ZAMG**  
Zentralanstalt für  
Meteorologie und  
Geodynamik



Elementare Wetterabläufe

Fronten, Wind

Warnungen, Gewitter

# Aufbau der Atmosphäre



Die Atmosphäre (Lufthülle) besteht aus mehreren Gasen:

Trockene Luft besteht aus Stickstoff (70%), Sauerstoff (27%), CO<sub>2</sub> (< 1%), Methan,... Spurengase

Wasserdampfgehalt der Atmosphäre = 4 – 10 %

Wasserdampf ist ein sehr unregelmäßig verteiltes Gas (unsichtbar!).

Energieflüsse die die ungleiche Verteilung ausgleichen sind für das Wetter verantwortlich.

# Aufbau der Atmosphäre



Der untere Teil der Atmosphäre wird in die Troposphäre und die Stratosphäre eingeteilt.

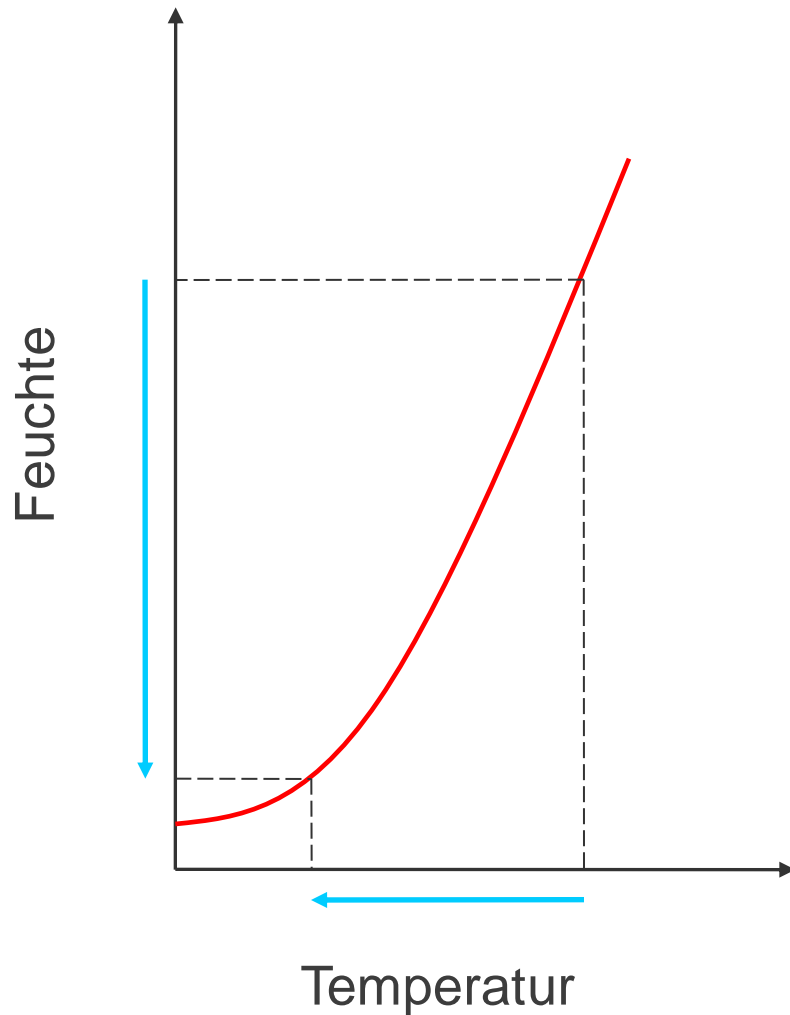
Alle Vorgänge in der Atmosphäre, die mit dem Wetter zu tun haben, spielen sich in der Troposphäre ab.

In unseren Breiten reicht die Troposphäre von der Erdoberfläche bis in 12 km Höhe

Der Luftdruck nimmt mit der Höhe ab.

Die Temperatur nimmt mit der Höhe ab

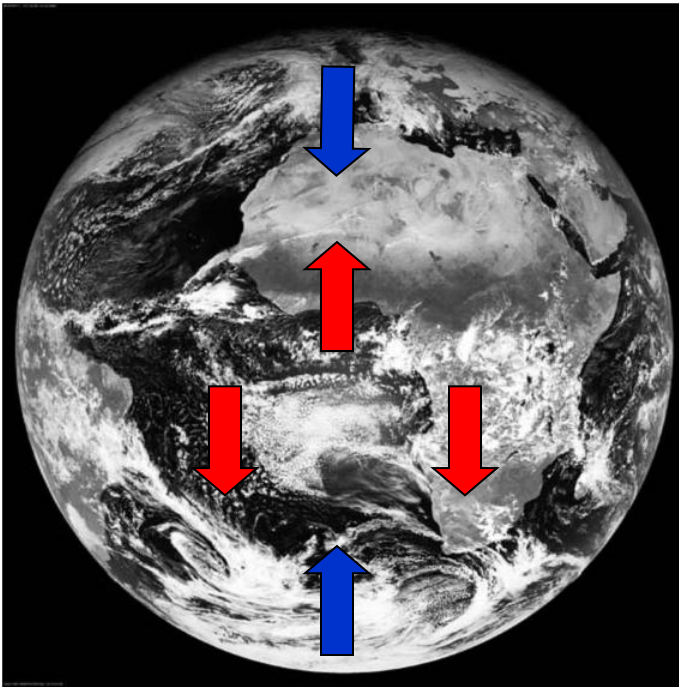
# Wie entstehen Wolken



Je **wärmer** die Luft  
desto **mehr**  
Wasserdampf  
kann diese aufnehmen

Bei Abkühlung der Luft  
wird Wasserdampf kon-  
densiert.  
Die Tröpfchen werden als  
Wolken sichtbar.

# Warum gibt es das Wetter?



↑  
Warme Luft  
vom Äquator zu den Polen

Energieüberschuss am Äquator

↑  
Kalte Luft  
von den Polen zum Äquator

Hoch- und Tiefdruckgebiete gleichen Temperaturunterschiede aus

# Hoch- und Tiefdruckgebiete



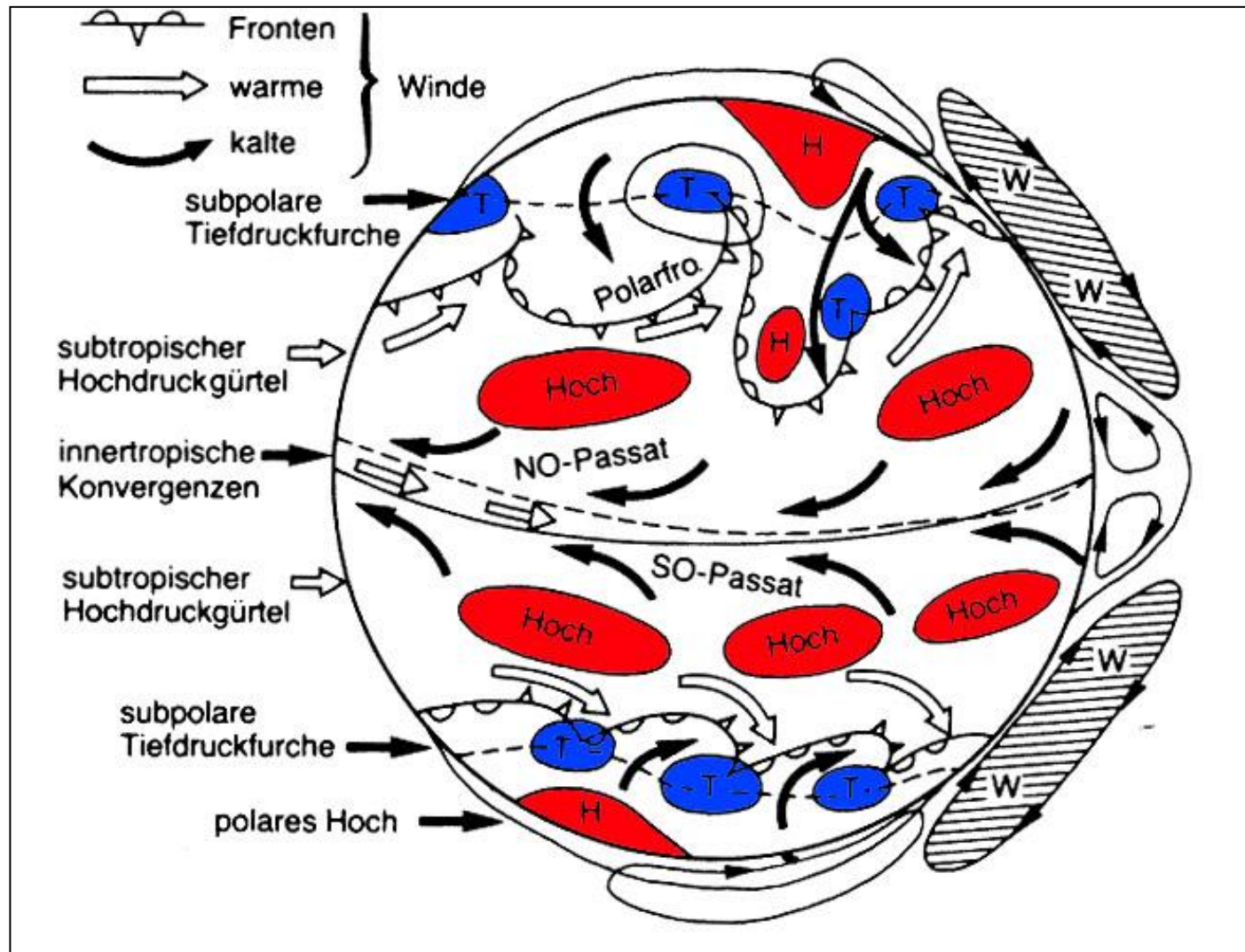
Tiefdruckgebiete bestimmen das Wetter in Europa. Sie bilden sich meist über dem Atlantik und wandern mit der Westströmung Richtung Kontinent.

Über dem Atlantik treffen kalte (polare) Luftmassen und warme (atlantische) Luftmassen aufeinander

Die Grenzflächen zwischen warmen und kalten Luftmassen werden als Fronten bezeichnet.

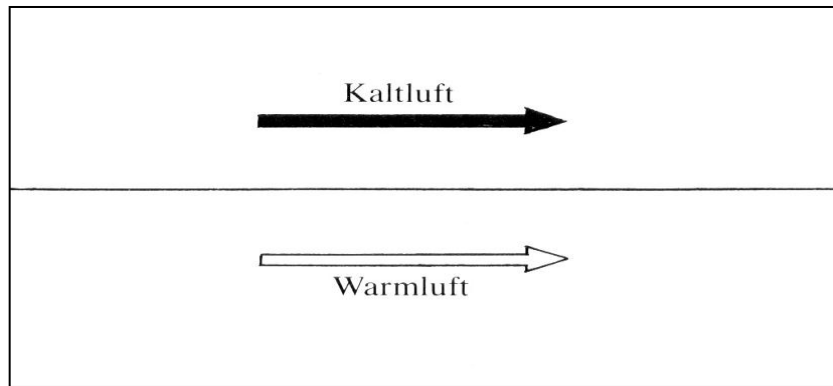
Unter bestimmten Voraussetzungen bildet sich Tiefdruckgebiet

# Schematische Verteilung

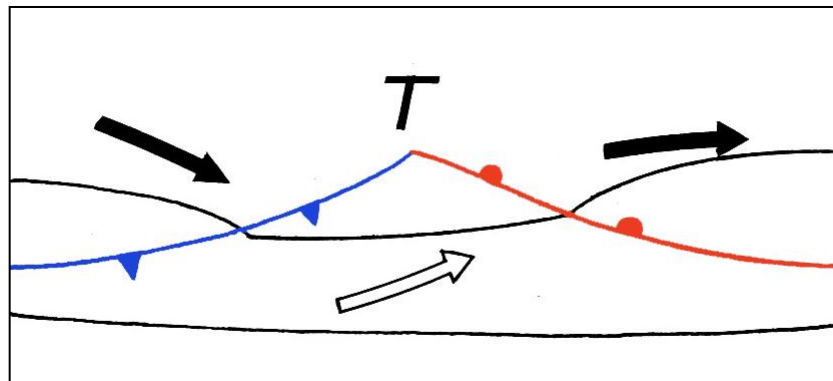




# Hoch- und Tiefdruckgebiete

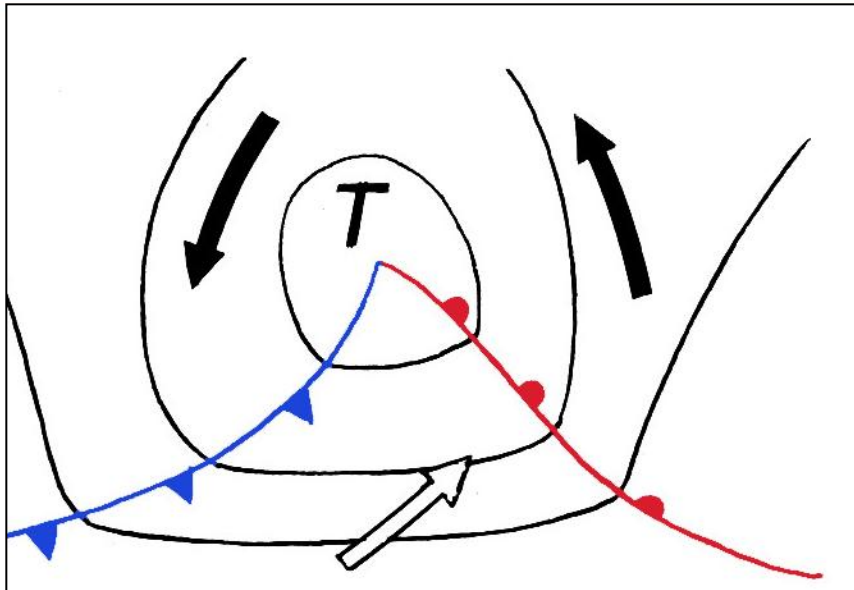


Über dem Atlantik treffen kalte polare Luft und warme Luft aufeinander



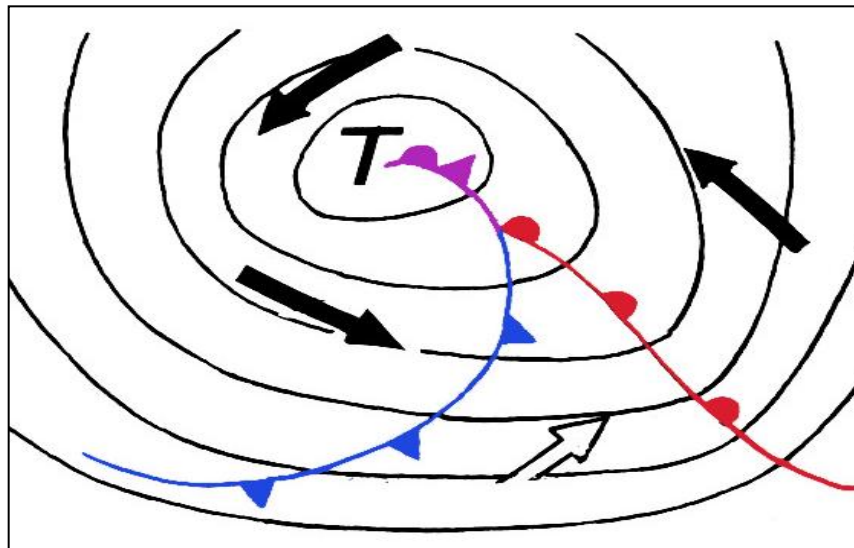
Unter bestimmten Voraussetzungen wird Grenzfläche instabil, ein Tiefdruckgebiet bildet sich

# Hoch- und Tiefdruckgebiete



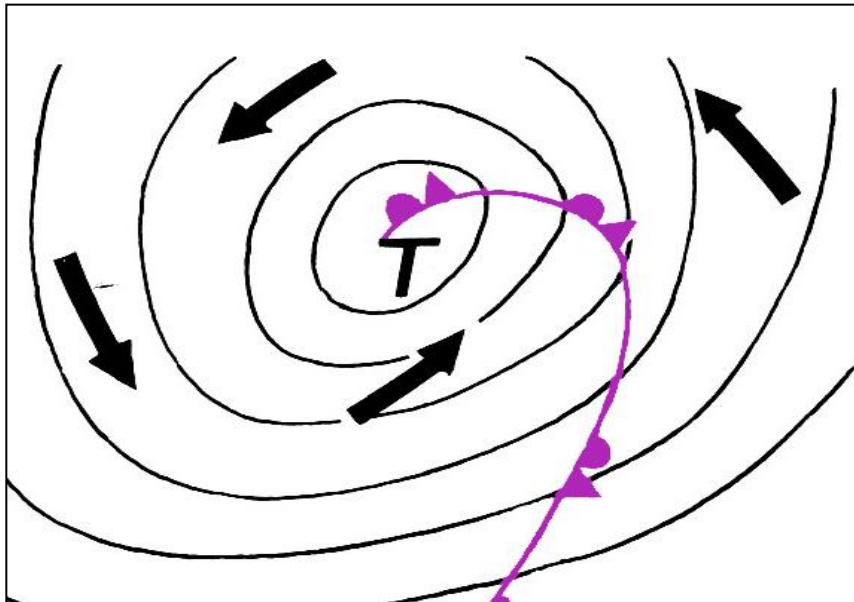
Warmluft gelangt an der Vorderseite nach Norden und gleitet auf die Kaltluft auf -> Warmfront

Kaltluft wandert an der Rückseite nach Süden und schiebt sich unter die Warmluft -> Kaltfront



Höhepunkt der Entwicklung:  
Die Kaltfront ist schneller als die Warmfront. Nahe des Zentrums holt die Kaltfront die Warmfront ein -> Okklusion

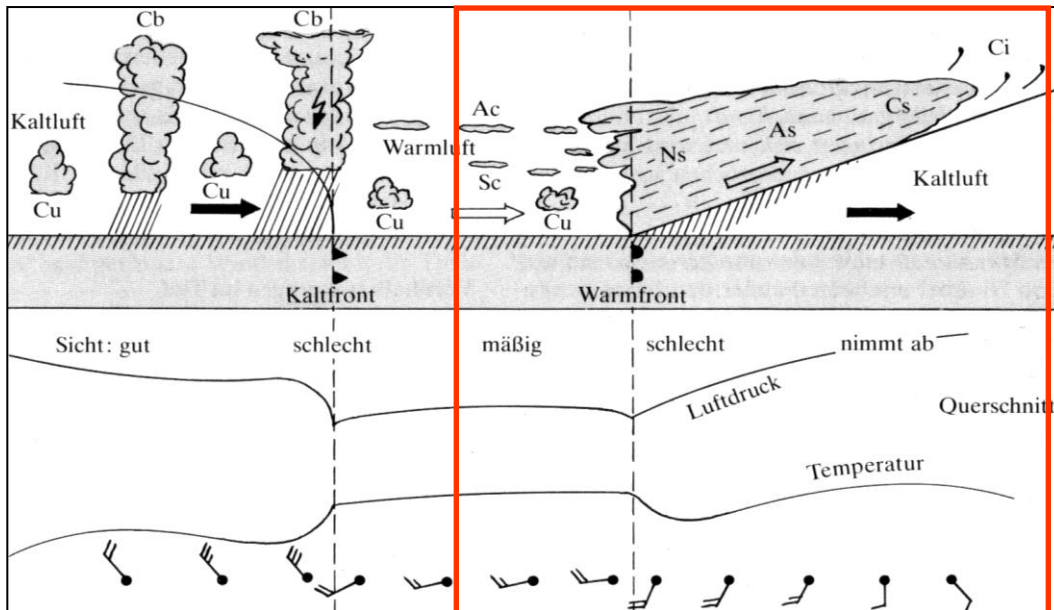
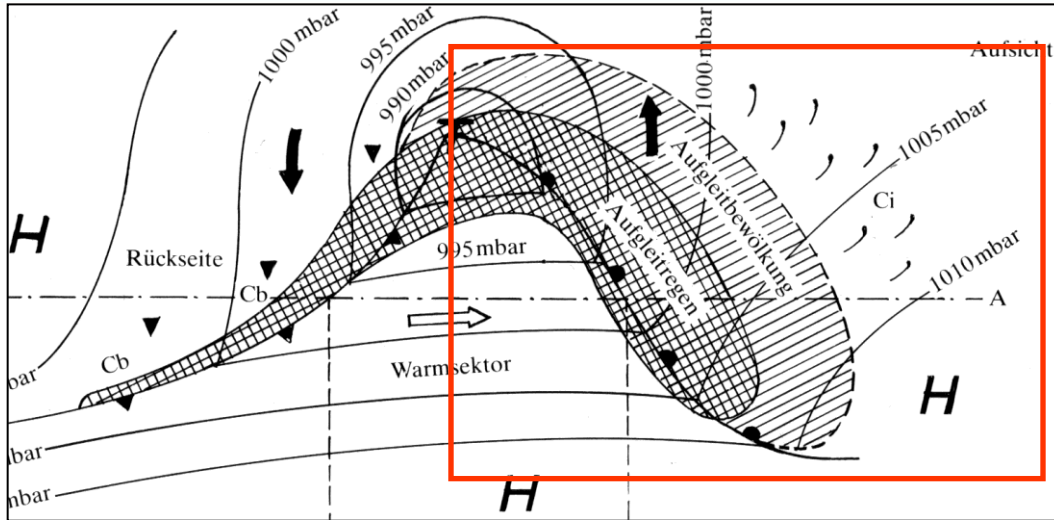
# Hoch- und Tiefdruckgebiete



Ende der Tiefdruckentwicklung

Eine Okklusion bleibt über. Die Temperaturdifferenz zwischen Norden und Süden ist verschwunden, das Tief füllt sich auf.

# Warmfront



Warmluft **gleitet** auf Kaltluft auf

Hohe Bewölkung weit vor der Front, die sich zur Front hin verdichtet (Schichtwolken)  
Langsame Hebung

**Andauernder Regen** oder Schneefall vor der Front,  
Nieseln an der Front  
Langsame **Erwärmung** in allen Höhen

Starker Druckfall vor der Front

Winddrehung Südost auf Südwest

# Warmfront



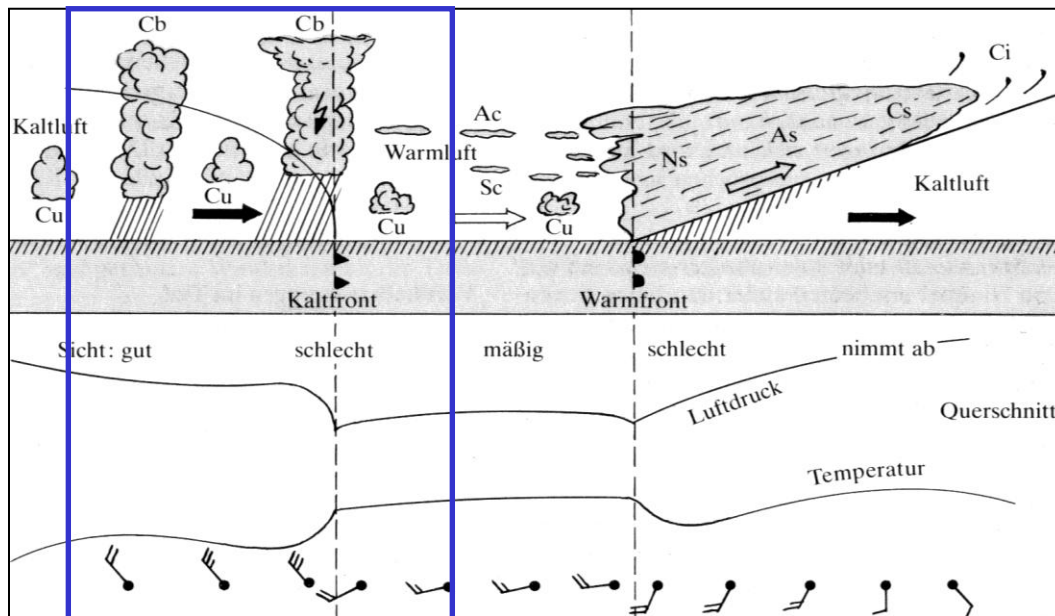
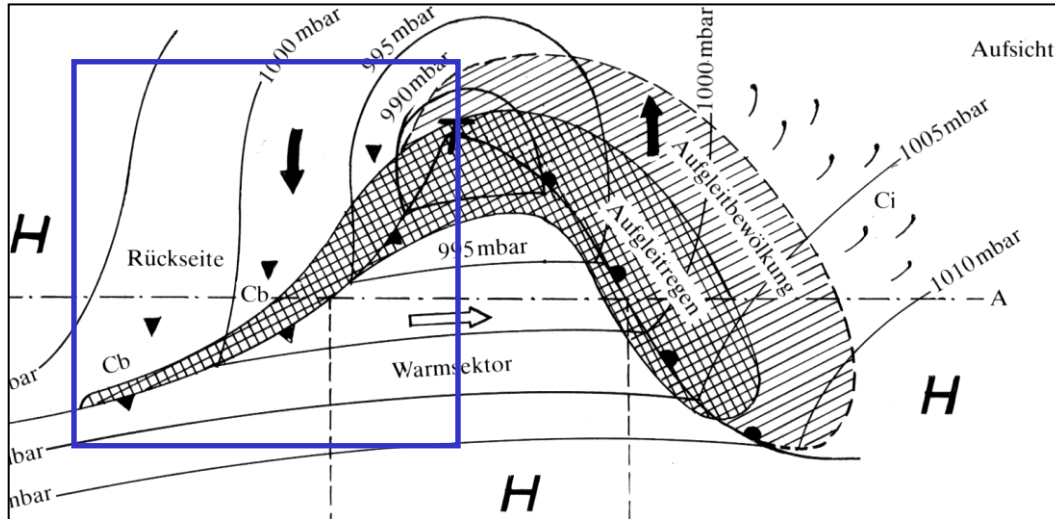
# Warmfront



# Warmfront



# Kaltfront



Kaltluft schiebt sich unter Warmluft

Stark quellende Bewölkung  
(Haufenwolken)

Schnelle Hebung

Heftiger, schauerartiger  
Niederschlag an der Front,  
im Sommer oft Gewitter

Temperaturrückgang,  
böig auffrischender Wind

Starker Druckanstieg  
bei Frontdurchgang

Winddrehung von  
Südwest auf Nordwest



# Kaltfront



# Kaltfront

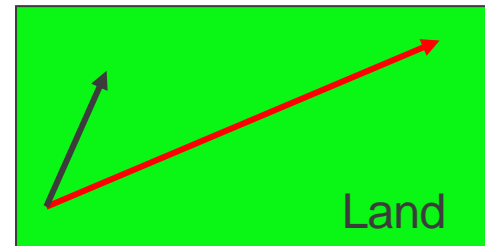
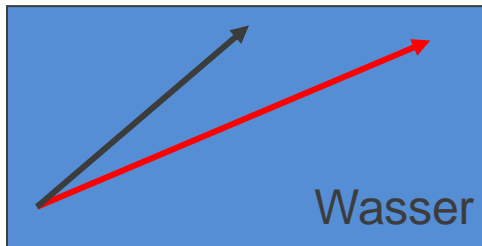


# Wind



Luftbewegung, grundsätzlich vom hohen zum tieferen Luftdruck (auch Land – See Winde).

Winkel zwischen freiem Wind (Gradientwind) und dem von der Erdoberfläche beeinflussten (am Boden gespürten) Wind ist abhängig von der Oberflächenreibung und Stabilität der untersten Atmosphärenschichten (auf NHK immer links!).



- GradientWind
- Bodenwind

Ablenkung und Abbremsung über Land und bei stabiler Schichtung stärker!

# Bodensee?



Verschiedene Windsysteme:

- Westwind = Gradientwind der großräumigen Strömung
- Bise: bei kontinentalen Hochs
- Föhn: Tief/Trog im Westen
- Land – Seewind: sommerliches Hoch
- Berg- Talwind: sommerliches Hoch



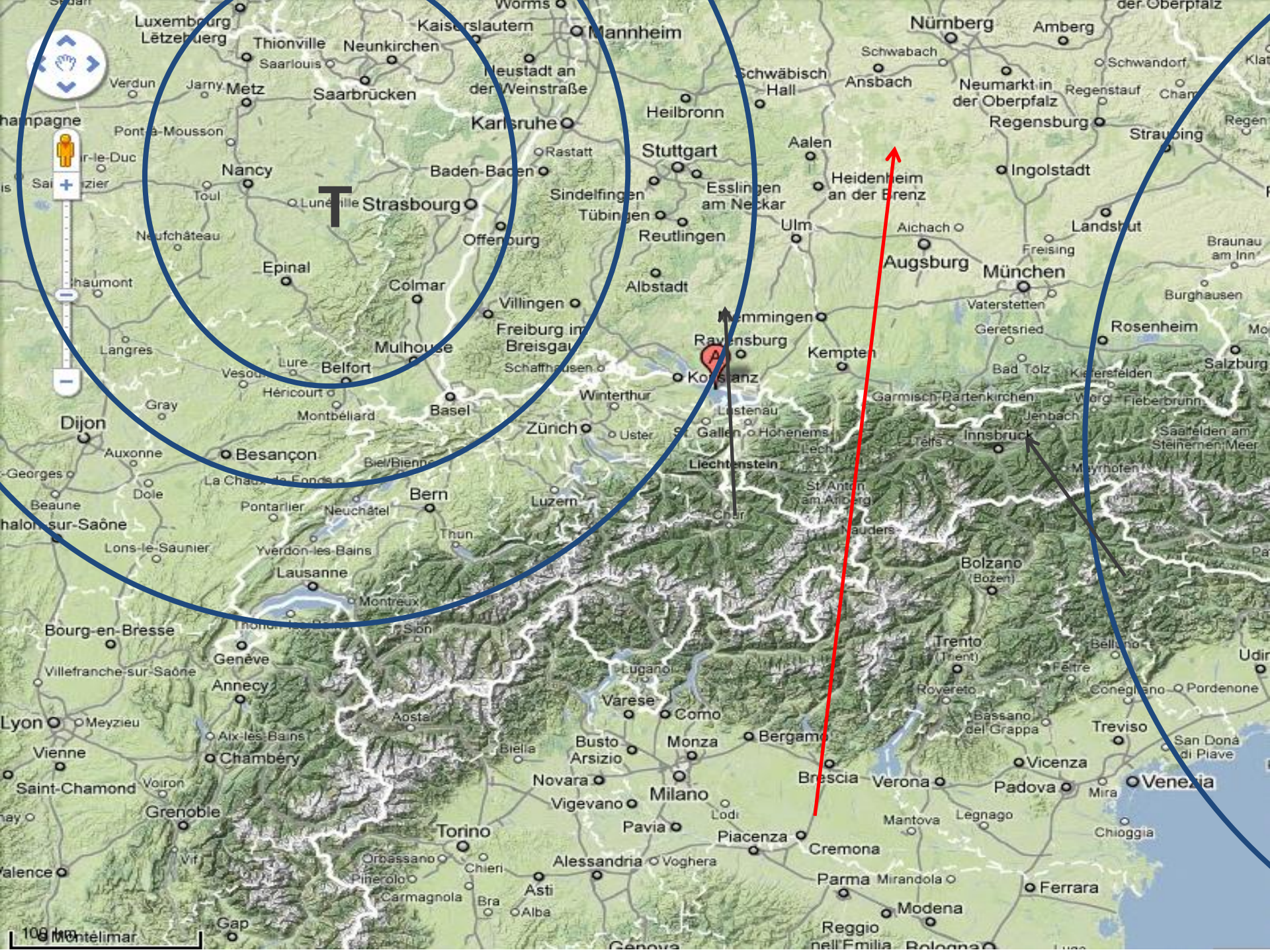
T

H

A

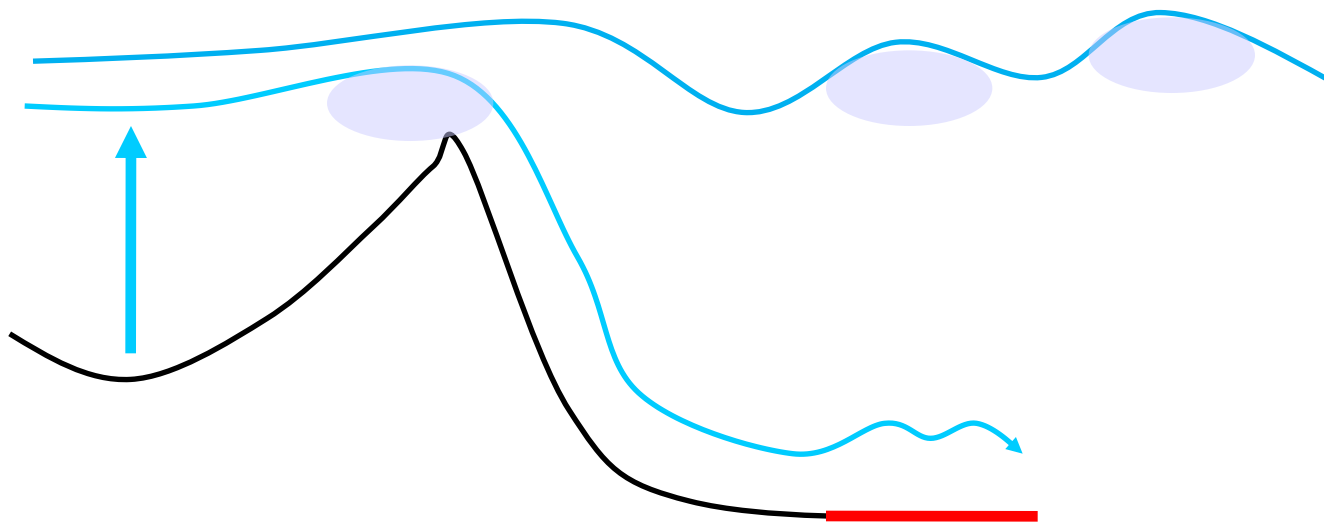
200 km



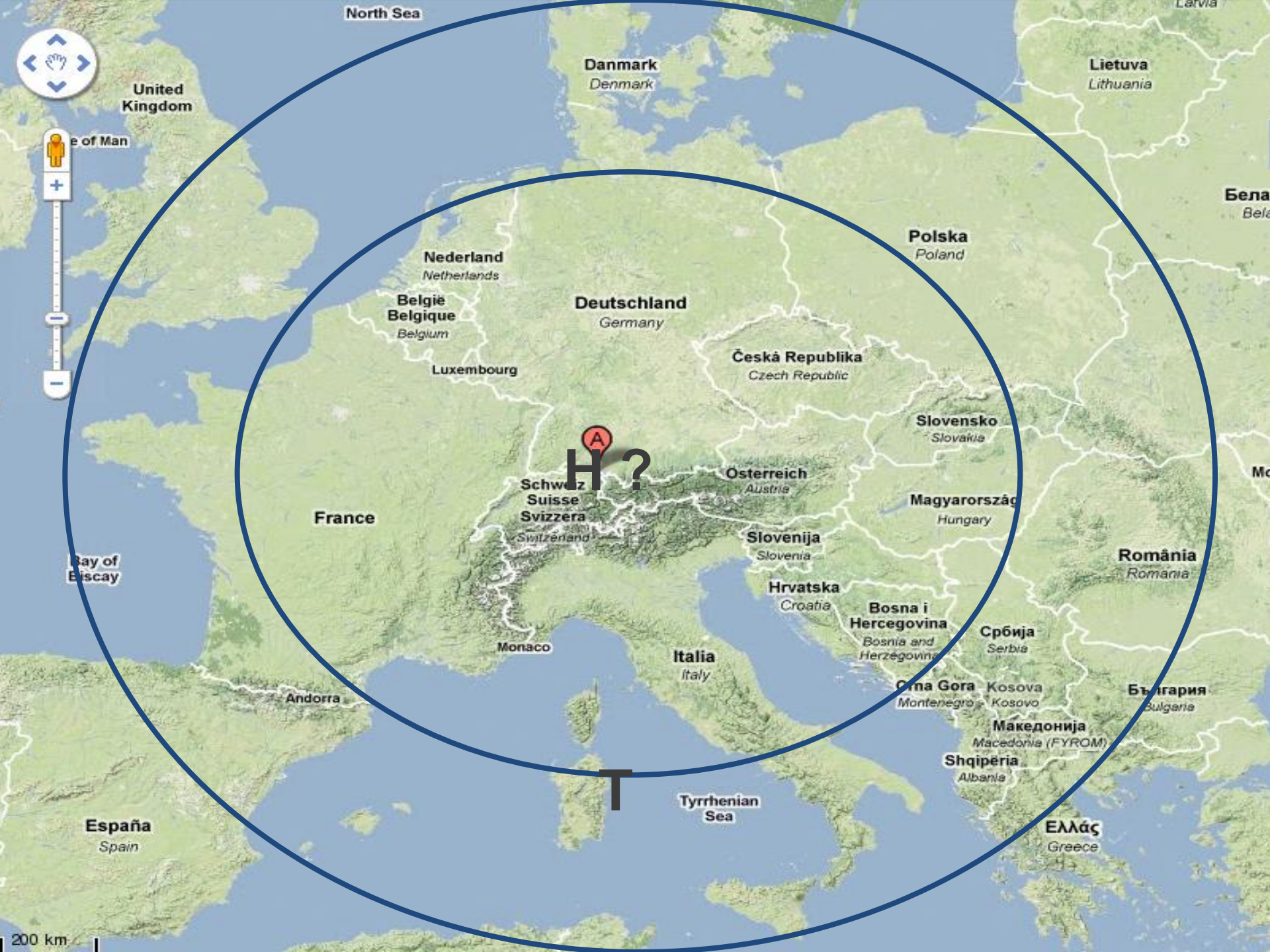


100 km  
© 2014 Intelimiar

# Föhn







North Sea

Danmark  
Denmark

Lietuva  
Lithuania

United Kingdom

1 person

Беларусь  
Belarus

Polska  
Poland

Nederland  
Netherlands

Deutschland  
Germany

België  
Belgique  
Belgium

Česká Republika  
Czech Republic

Luxembourg

Slovensko  
Slovakia

H?

Österreich  
Austria

Magyarország  
Hungary

France

Schweiz  
Suisse  
Svizzera  
Switzerland

Slovenija  
Slovenia

România  
Romania

Bay of Biscay

Hrvatska  
Croatia

Bosna i Hercegovina  
Bosnia and Herzegovina

Србија  
Serbia

Monaco

Italia  
Italy

Српска Гора  
Montenegro

Косова  
Kosovo

България  
Bulgaria

Andorra

Македонија  
Macedonia (FYROM)

Shqipëria  
Albania

España  
Spain

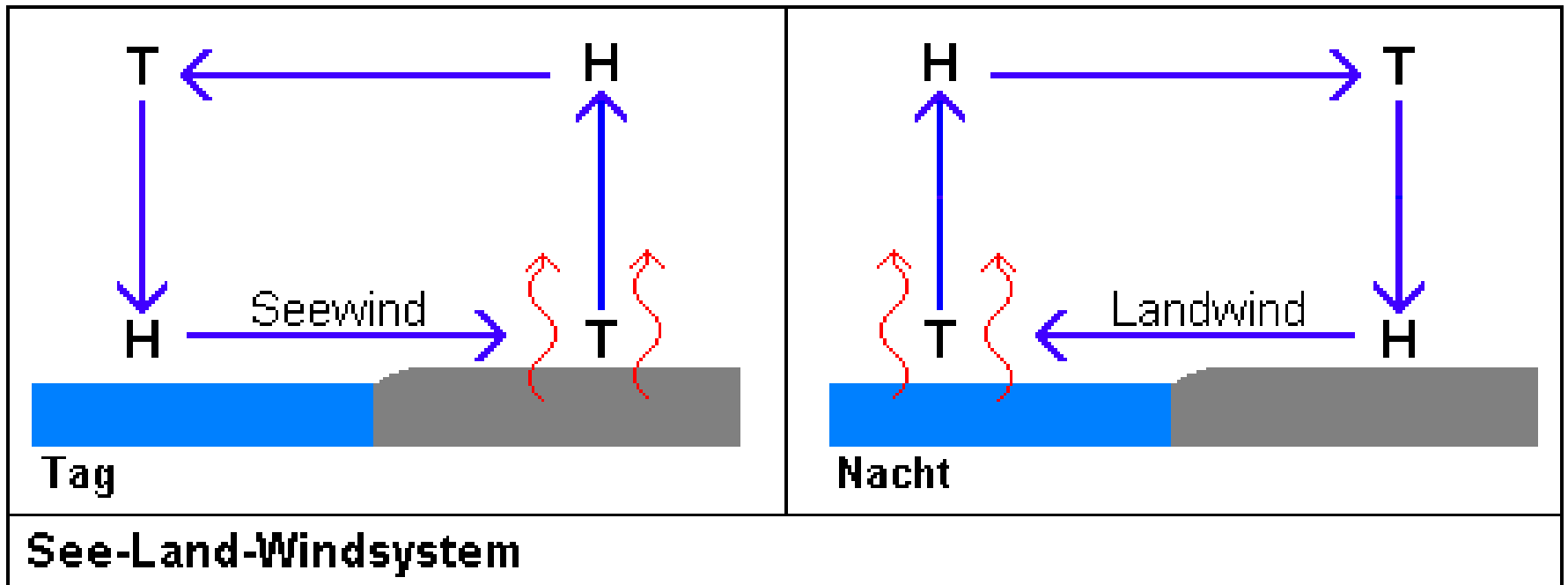
Tyrrhenian Sea

Ελλάς  
Greece

T

200 km

# Lokale Windsysteme



# Wind



## *Abländiger Wind*

*Nicht  
besonders  
hügeliges  
Land*

*In welchem Winkel auch  
immer der Wind an der  
Küste ankommt, er dreht  
grundsätzlich recht,  
sobald er das Wasser  
erreicht hat.*

*Gleichzeitig nimmt die  
Windgeschwindigkeit zu.*

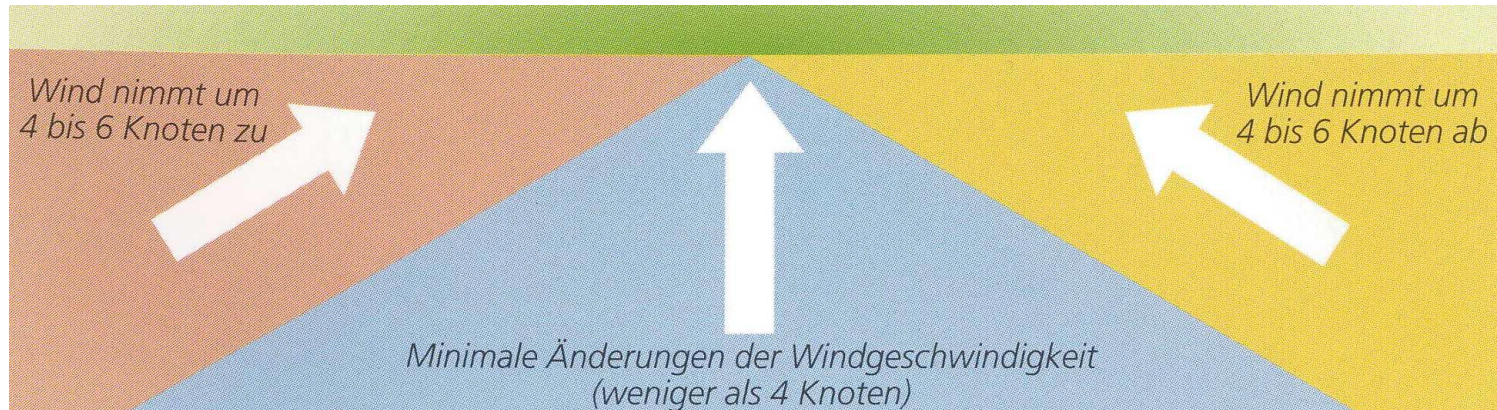
## *Küstendivergenz*

*Gradientwind*

## *Küstenkonvergenz*

*Gradientwind*

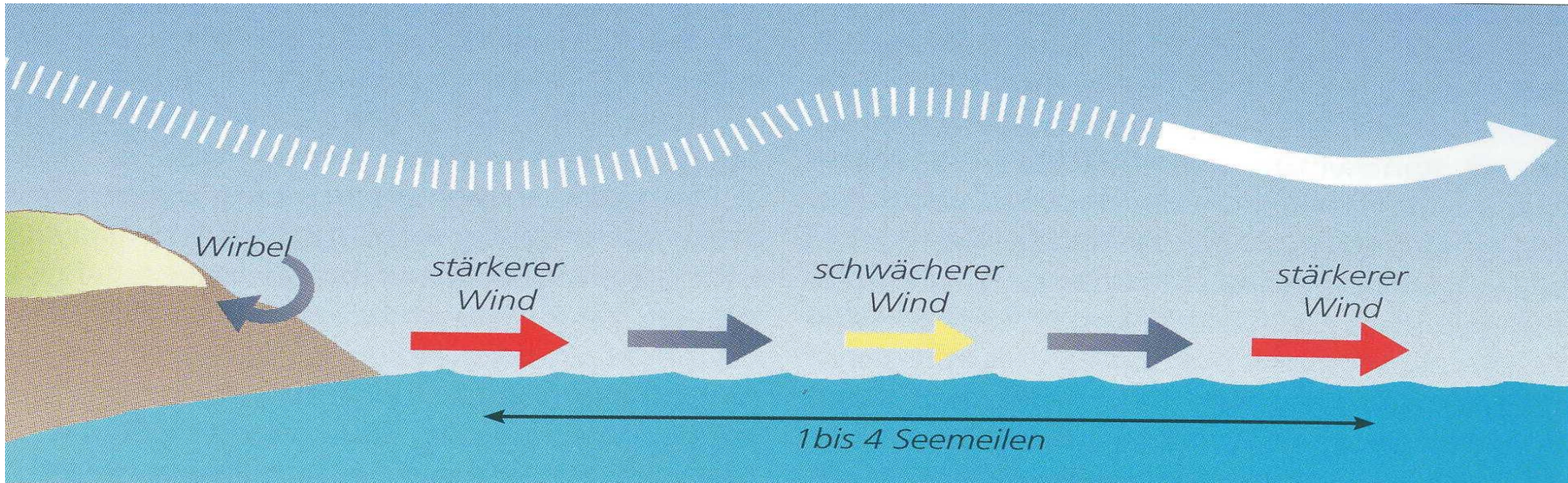
# Wind



Im Tageslauf bei Erwärmung des Landes bildet sich ein thermisches Tief über Land.

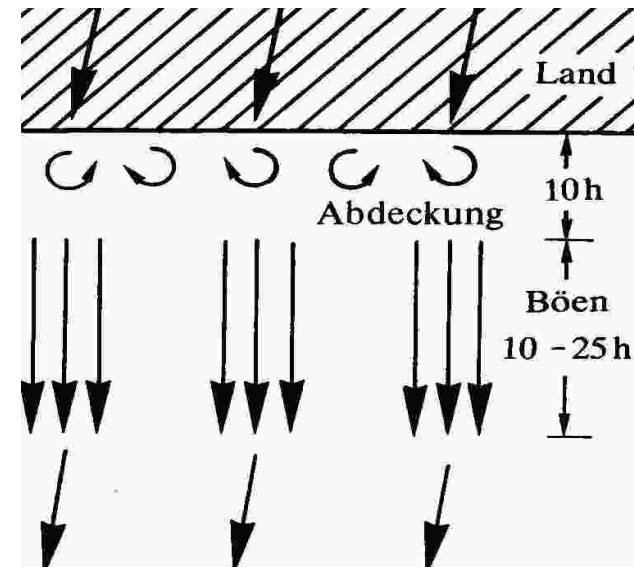
Der auflandige Gradientwind (weißer Pfeil) ändert seine Stärke (Tief links / Hoch rechts).

# Wind

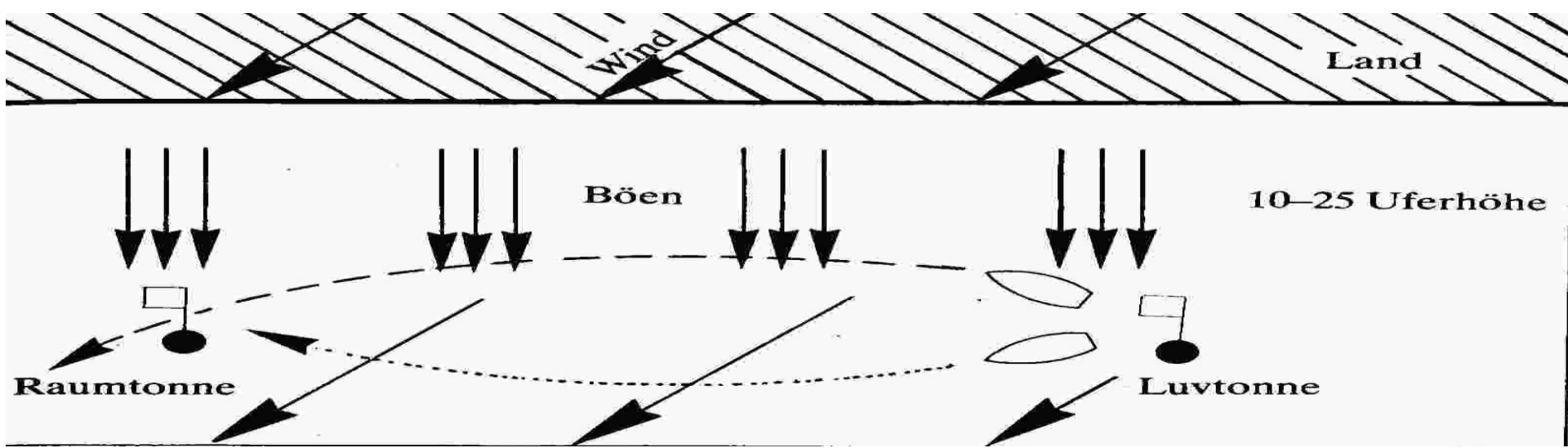
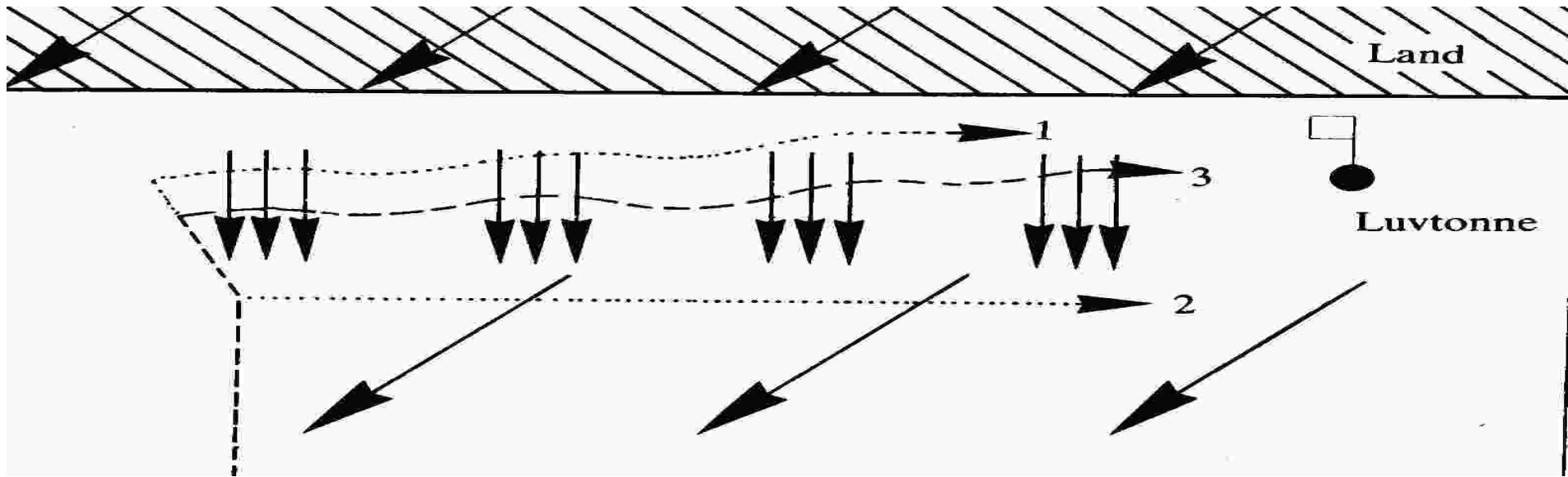


Bei ablandigem Wind lassen sich Böen oft knapp unter Land nutzen.

Mit der Wellenbewegung entstehen Böenabschnitte.



# Wind



# Wind

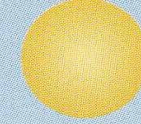
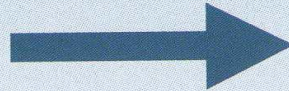
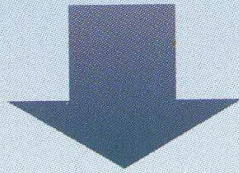


3. Um den Druck wieder auszugleichen, strömt Luft hinaus über die See, unterstützt vom ablandigen Gradientwind.

4. Luft sinkt zur Wasseroberfläche ab, um die Luft zu ersetzen, die in Richtung Ufer zu strömen beginnt.

2. Dadurch kommt in der Höhe (gewöhnlich zwischen 300 und 1000 Metern) zu viel Luft zusammen. Das führt zu unausgeglichene Luftverhältnissen.

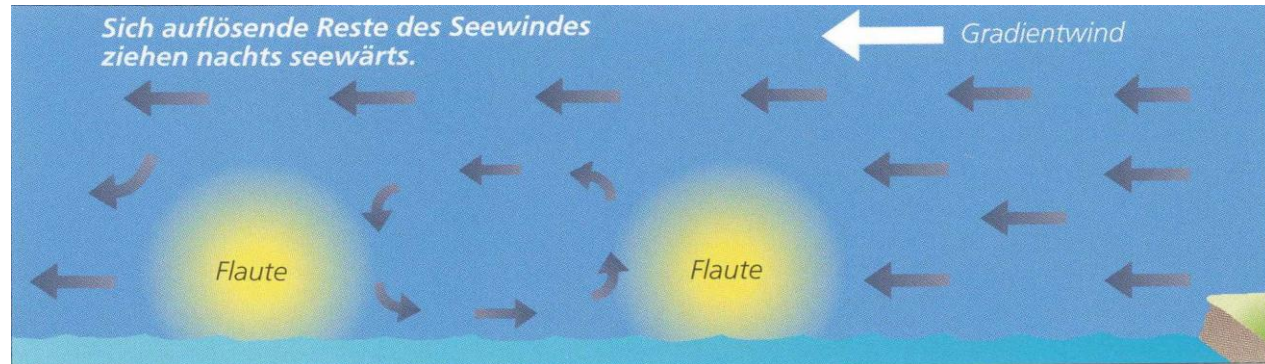
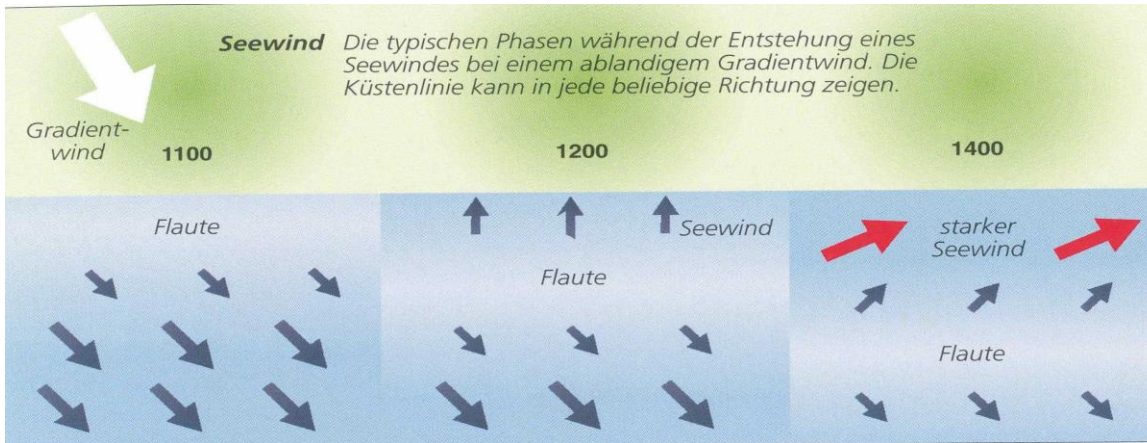
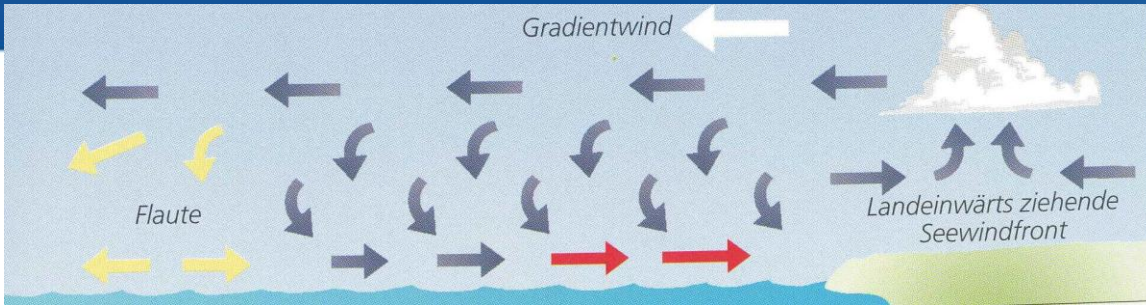
1. Die Luft über Land wird erwärmt und dehnt sich aus. Ein Anstieg von 1° bis 2° Celsius ist ausreichend.



Seewindzirkulation entsteht nur an Tagen mit schwachen Druckunterschieden oder mit ablandigem Wind.

Es handelt sich um eine einfache thermische Zirkulation.

# Wind

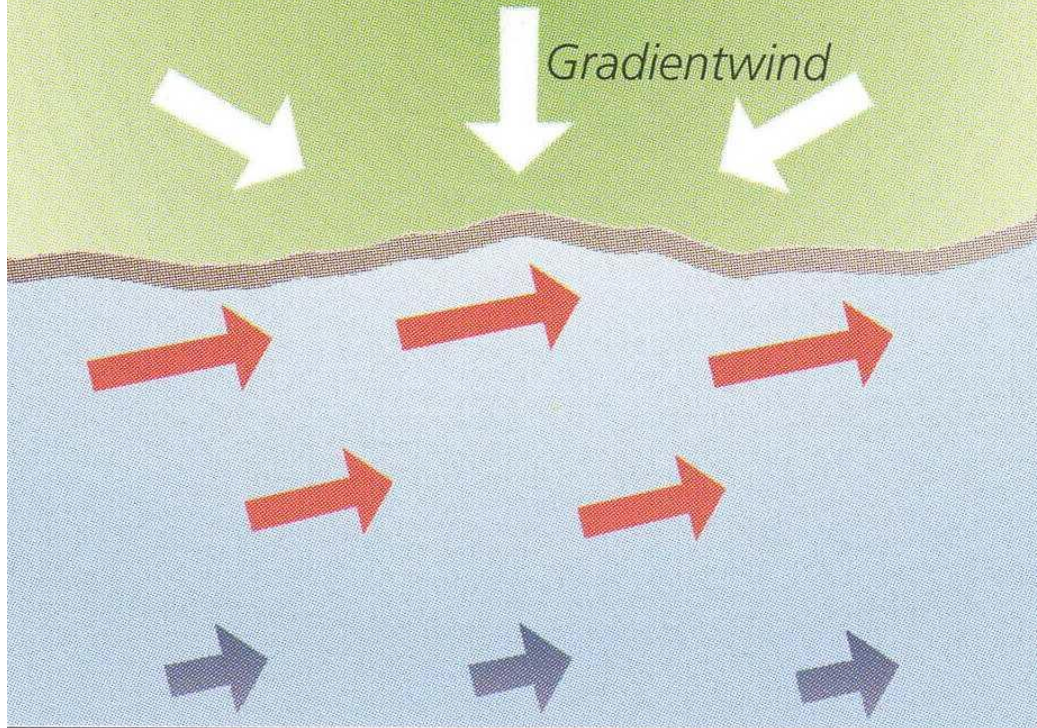




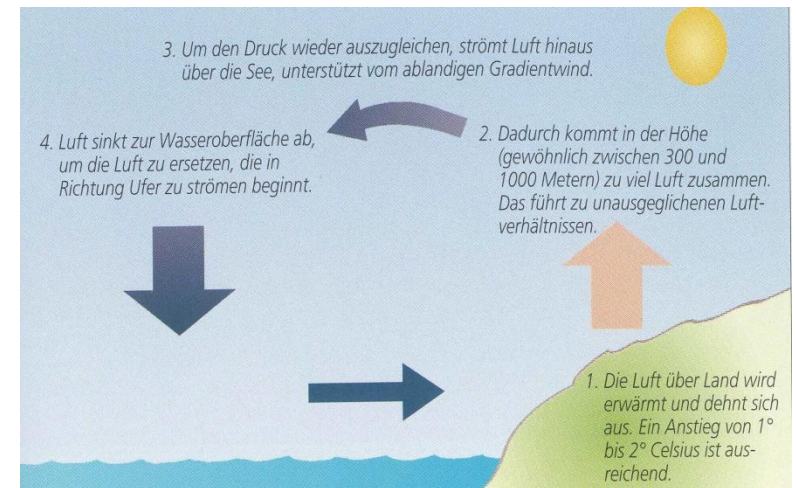
# Wind



An einem warmen und sonnigen Tag kann der Seewind am Nachmittag im Bereich zwischen 5 und 7 Seemeilen von der Küste entfernt leicht 15 bis 20 Knoten erreichen.



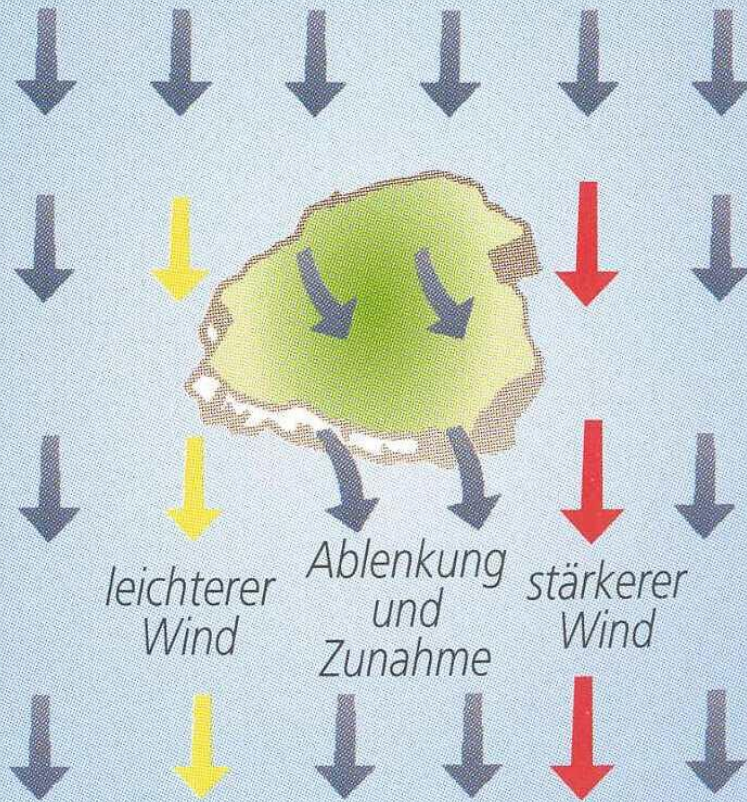
Durch den ablandigen Gradientwind kann der Seewind in Küstennähe stärker wehen.



# Inseln und andere Hindernisse



*Der Wind überquert eine Insel*



Durch die Ablenkung über Land wird die Luftströmung links der Insel (in Strömungsrichtung) durch Konvergenz verstärkt.

Rechts der Insel wird die Strömung durch Divergenz geschwächt.

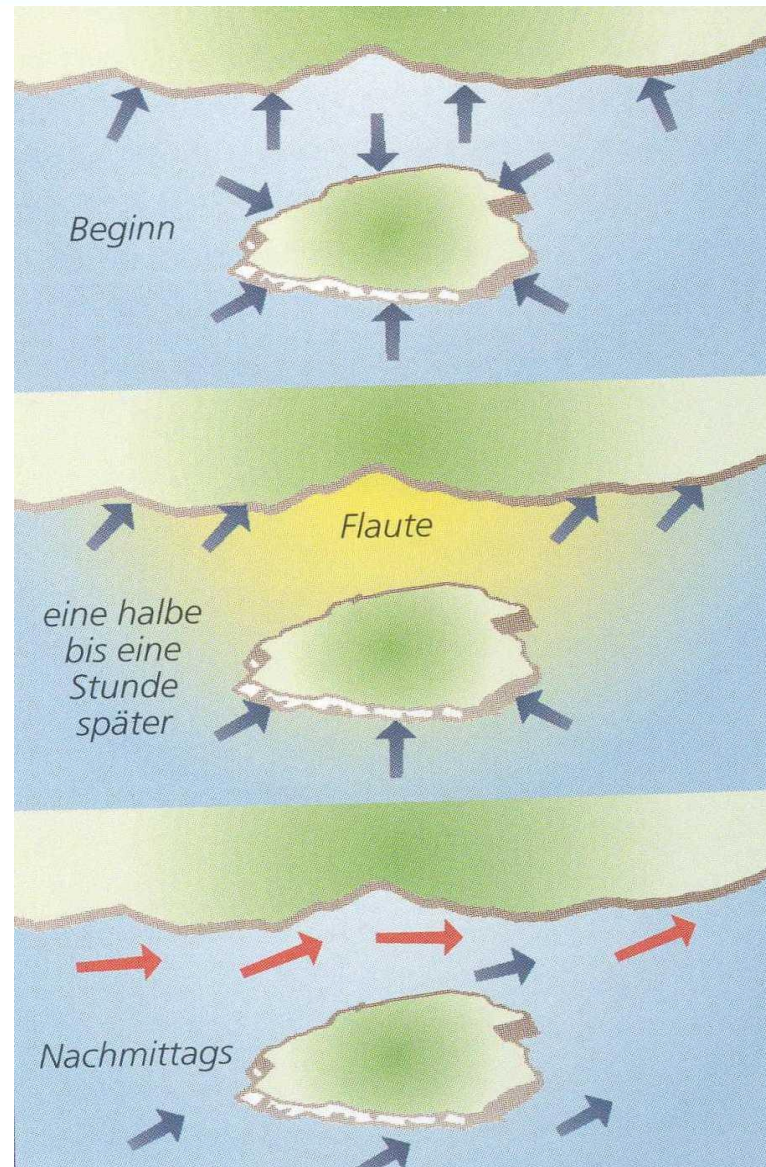
# Inseln und andere Hindernisse



Jede Landfläche ist für sich wirksam und verursacht Seewindzirkulation.

Die Zirkulationen entziehen sich gegenseitig den Nachschub. Flaute im Kanal!

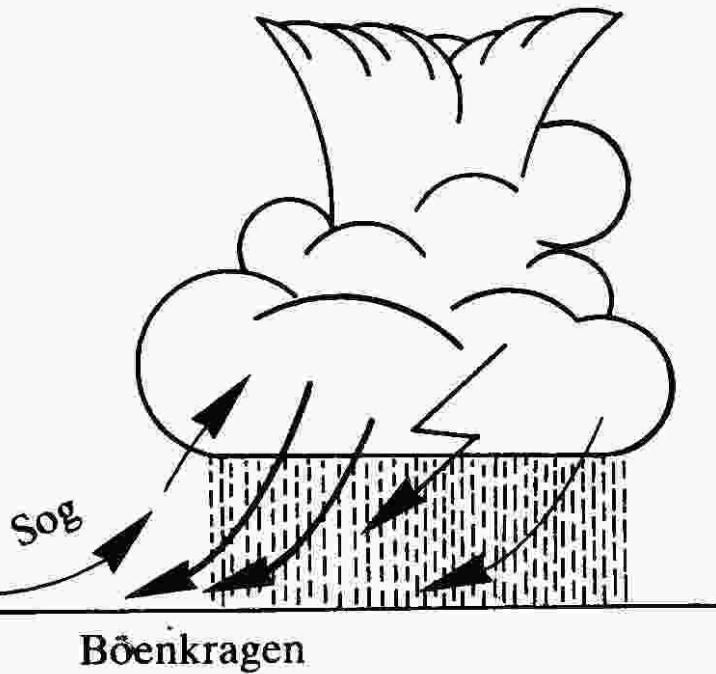
Seewind des Festlands wird stark genug und kann den der Insel überlagern.



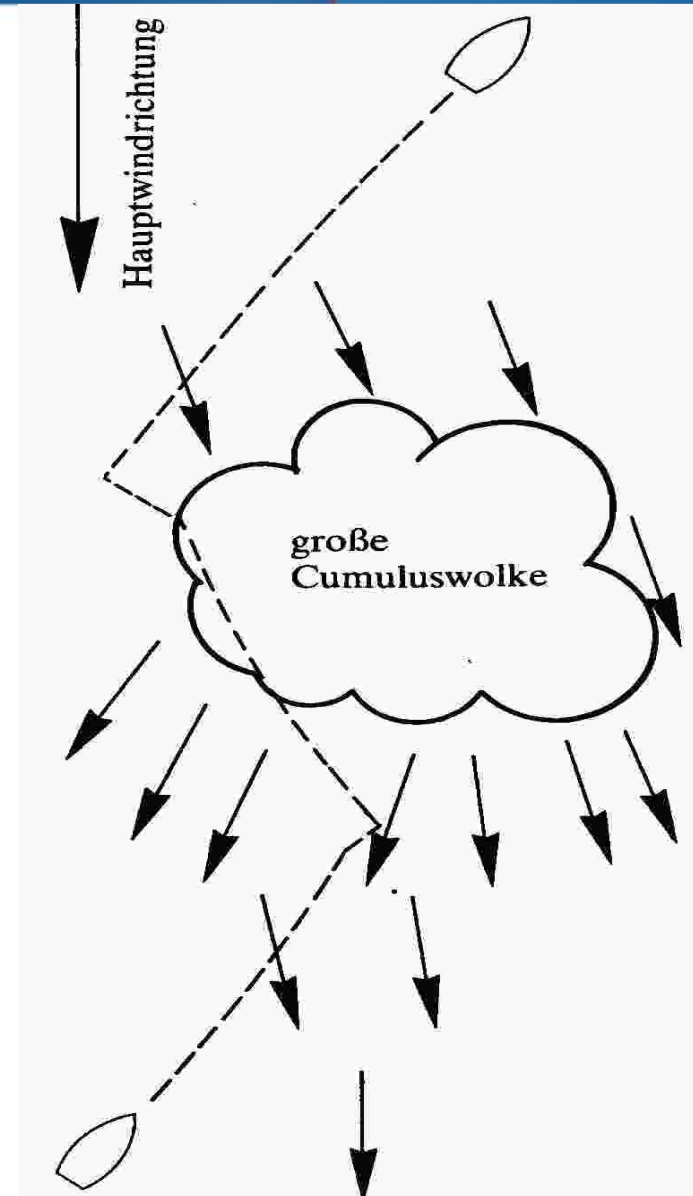
# Wolken



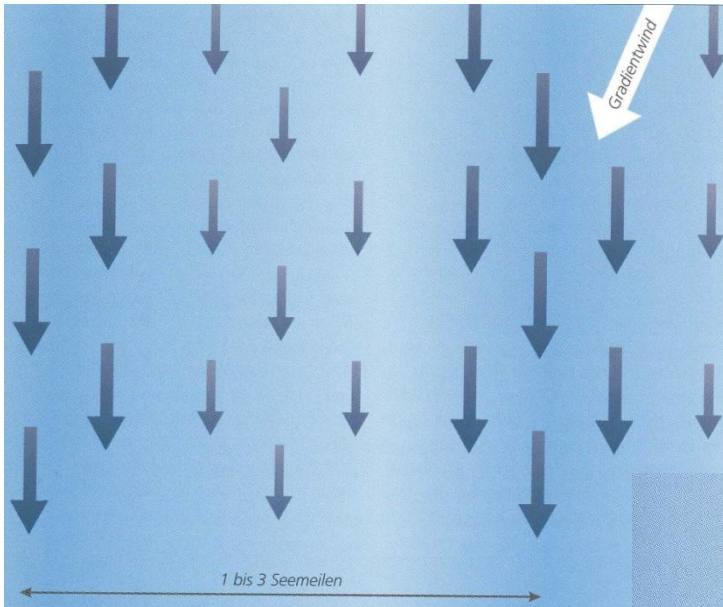
Cumulonimbus



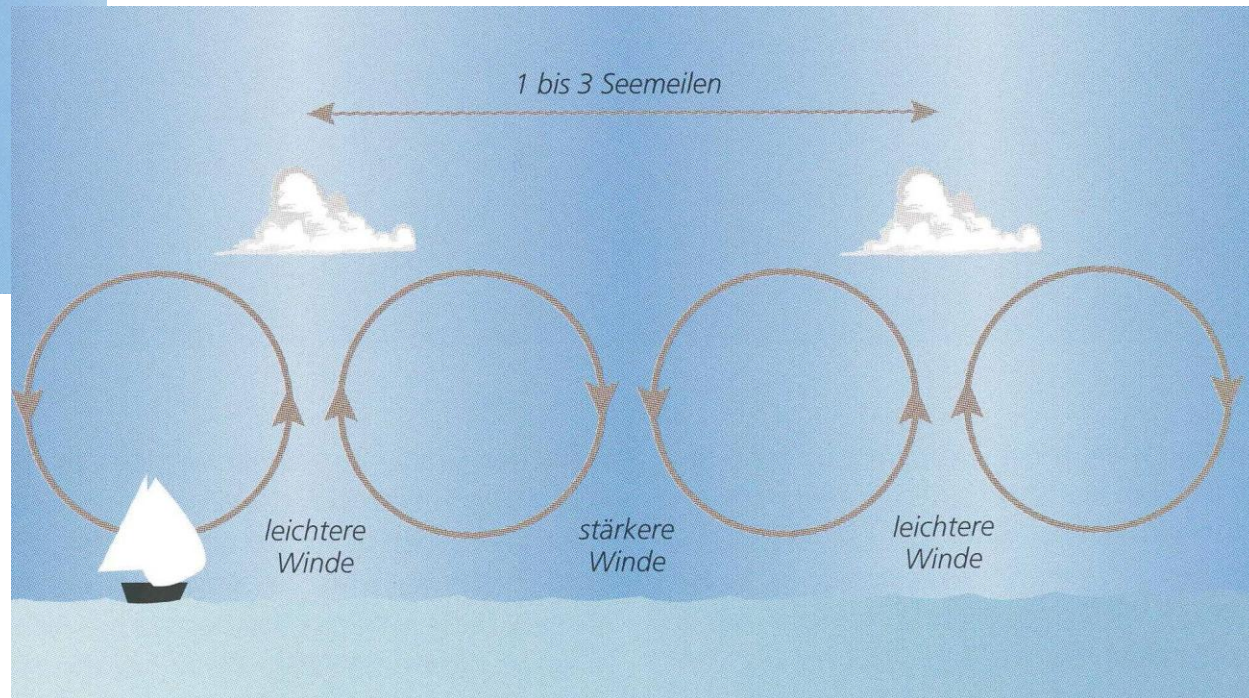
In der Cumuluswolke wird der Gradientwind nach unten gesogen.  
Die Böenfront verläuft mehr oder weniger zirkular vor der Wolke.



# Wind am offenen Meer / See



Die Bänder mit leichteren und stärkeren Winden liegen meist zwischen 1 und 3 Seemeilen weit auseinander. Sie werden allmählich nach links versetzt, da eine Komponente des Gradientwindes nach links gerichtet ist.



PAUSE?



30.05.2013  
Folie 38

PAUSE!



## **Wetterlage:**

Satellitenbilder

Bodenwetterkarte

## **Modelle:**

ECMWF

GFS / Mitteleuropa

ALADIN

COSMO

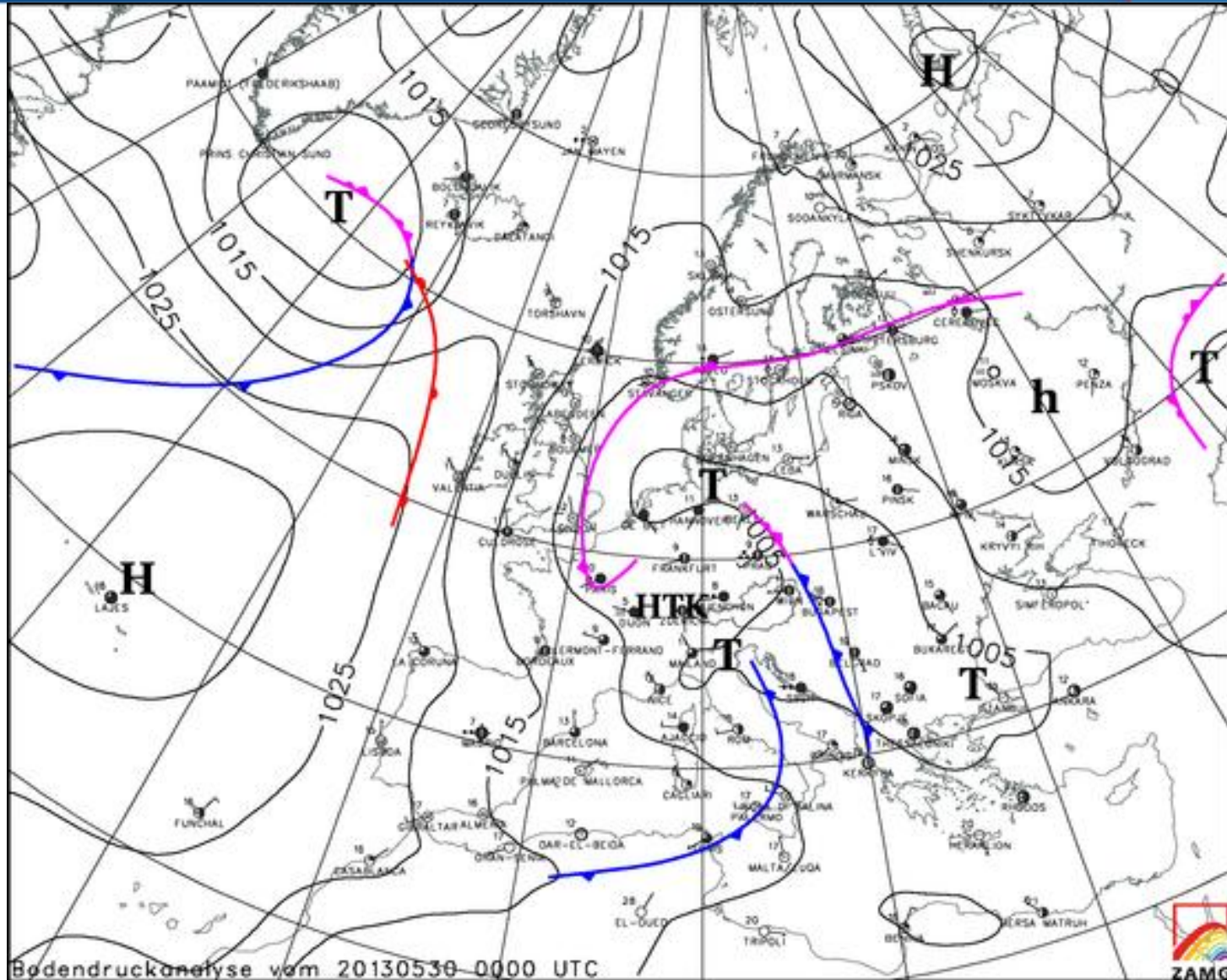


<http://www.zamg.ac.at/cms/de/wetter/satellitenbild-animation>

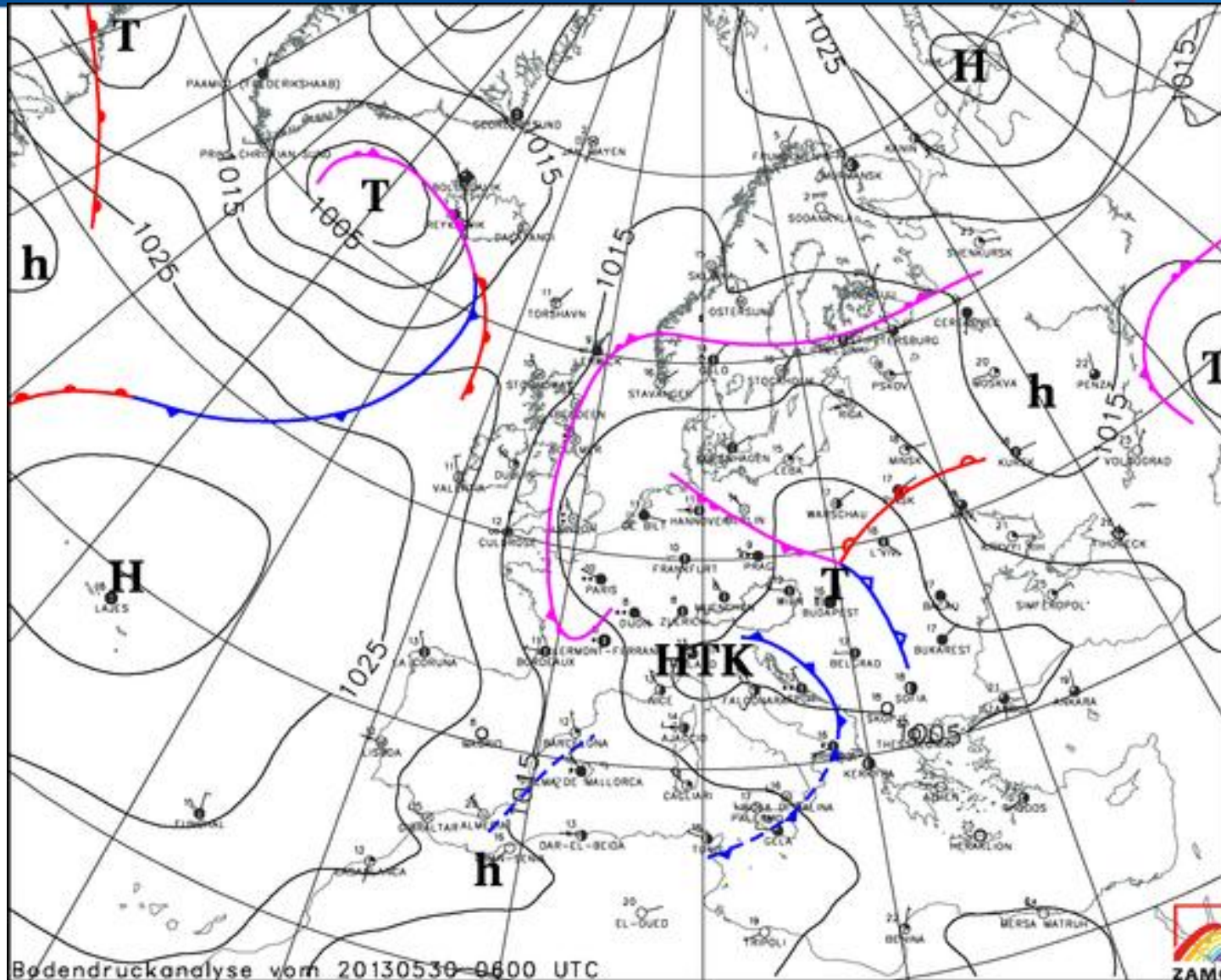


# Bodenwetterkarte

30.05.2013  
Folie 41



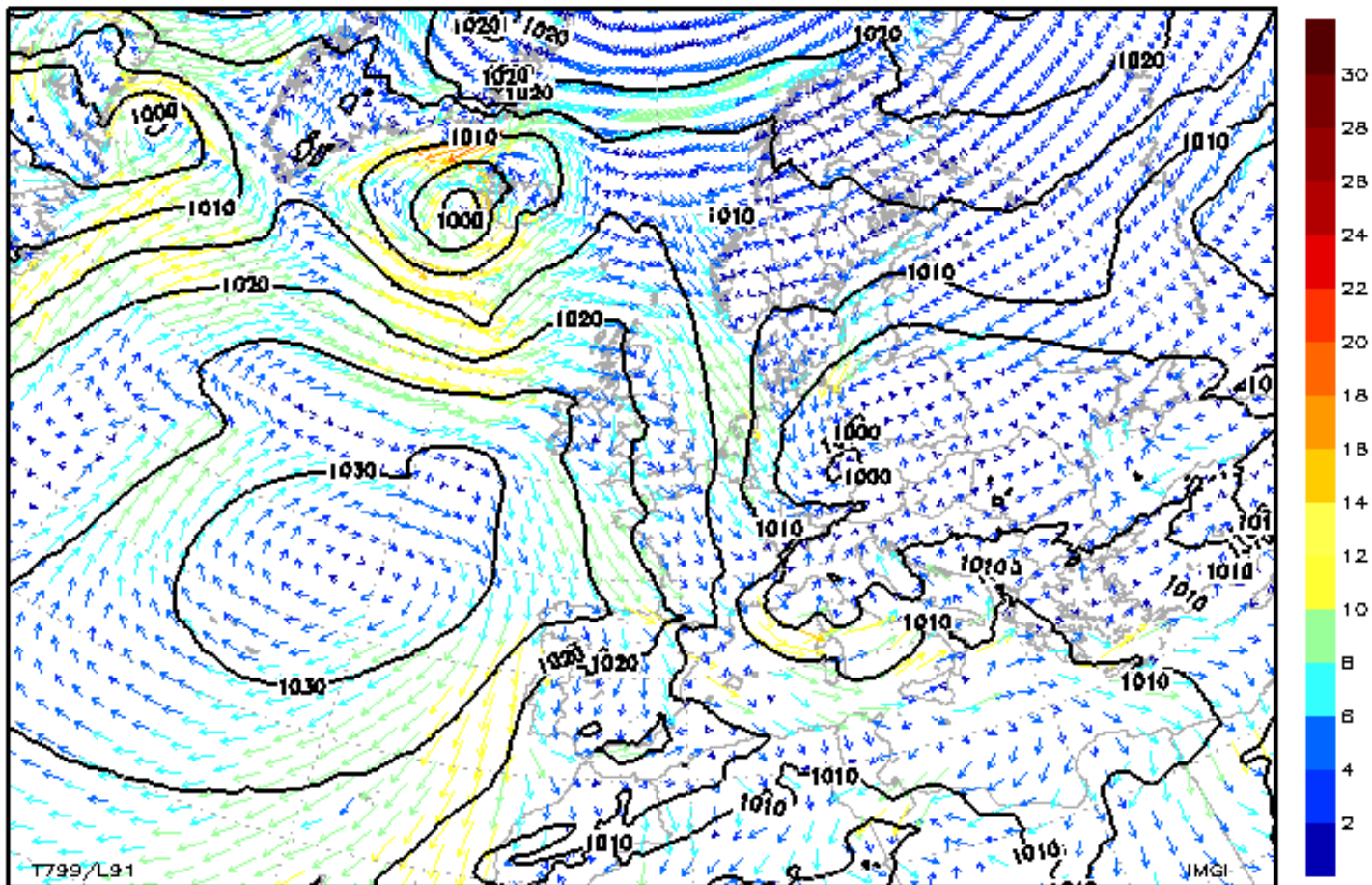
# Bodenwetterkarte



30.05.2013  
Folie 42

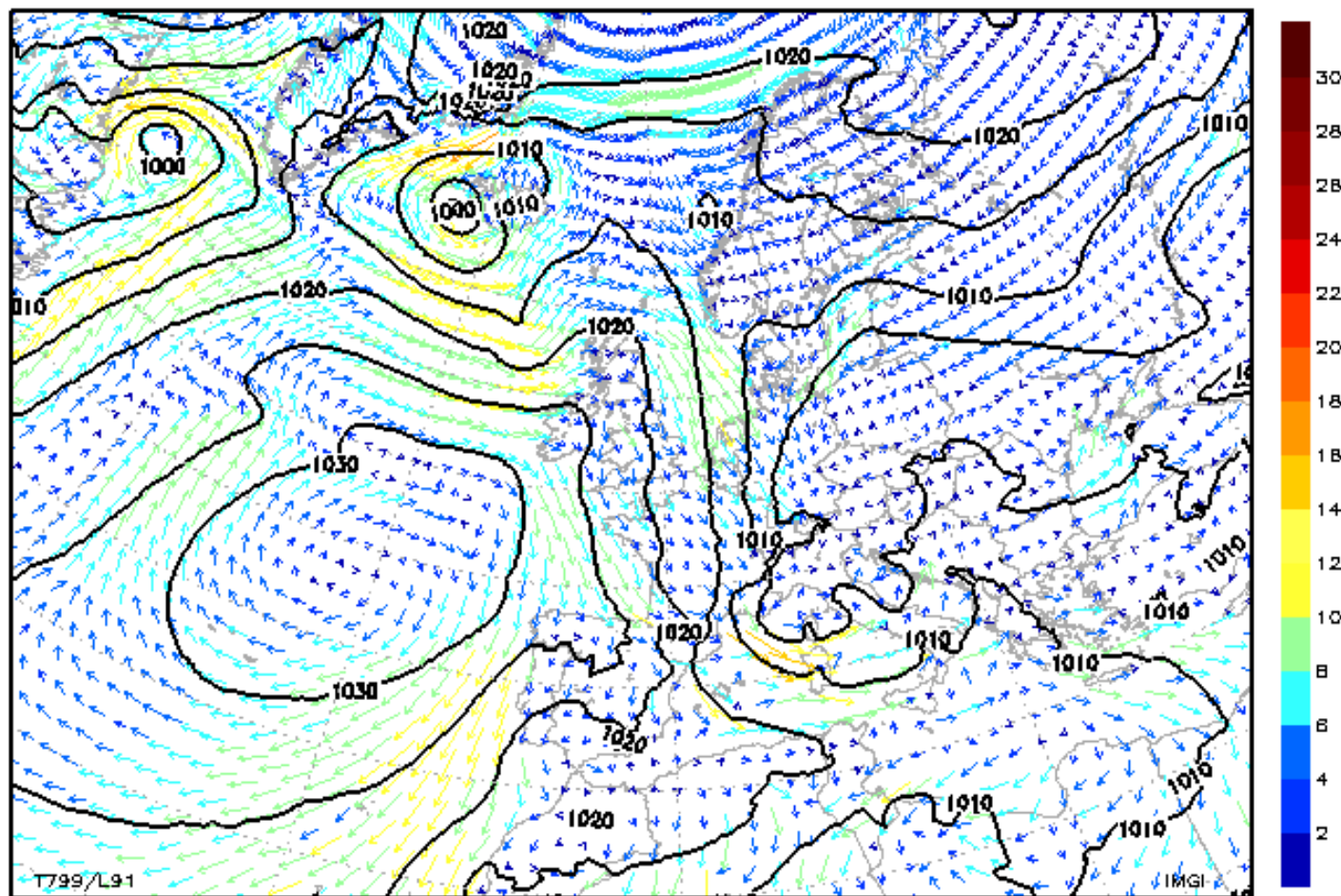


ECMWF FORECAST: 10m wind [ $\text{ms}^{-1}$ ] and sea level pressure [hPa], Fri 31MAY2013 18 UTC



00 UTC Run: 30MAY2013 +42    iso spacing: sea level pressure 5 [hPa]  
10m wind: every 5<sup>th</sup> grid point

ECMWF FORECAST: 10m wind [ $\text{ms}^{-1}$ ] and sea level pressure [hPa], Sat 01JUN2013 00 UTC



00 UTC Run: 30MAY2013 +48

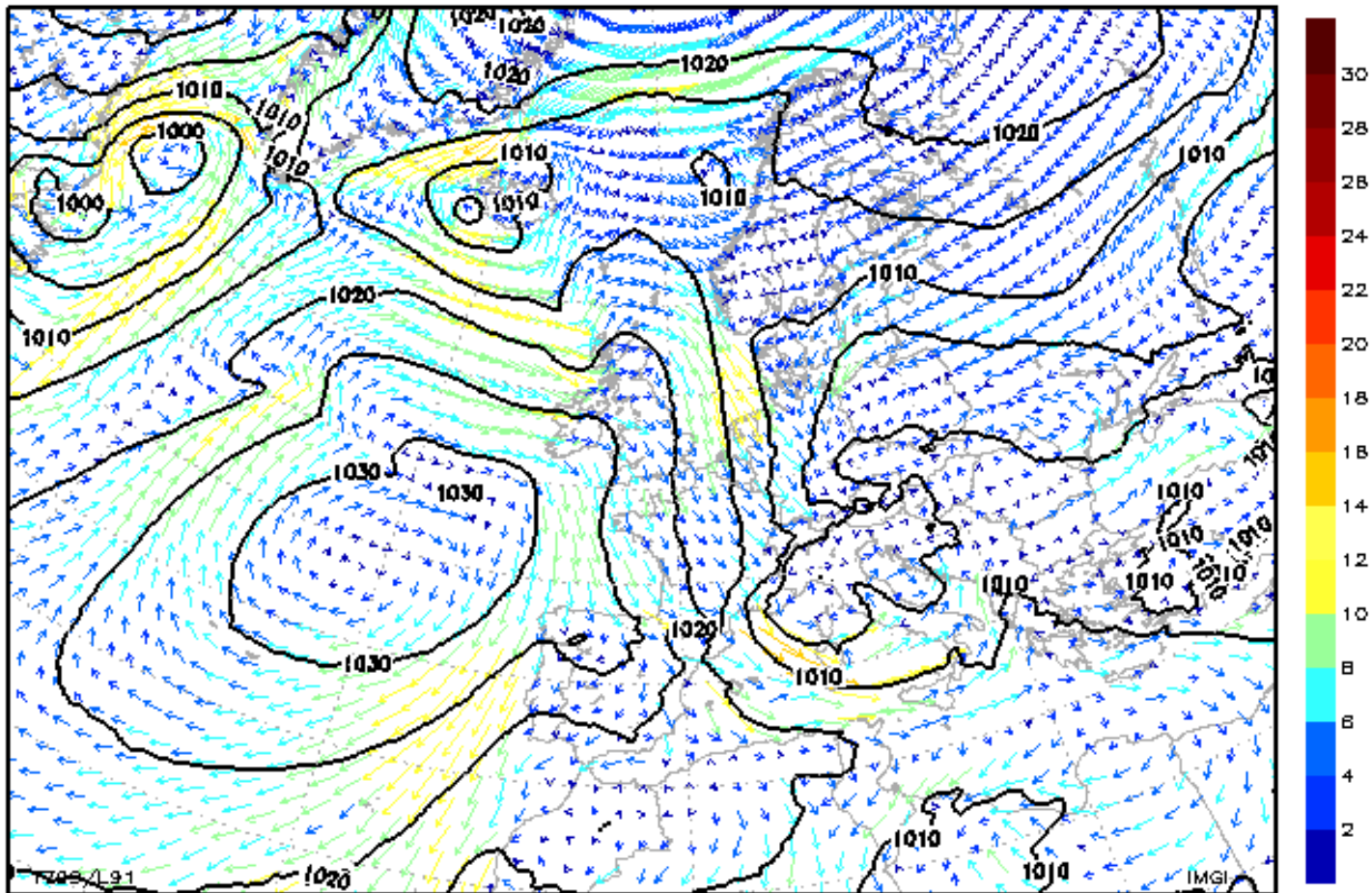
iso spacing: sea level pressure 5 [hPa]

10m wind: every 5<sup>th</sup> grid point

# ECMWF Modell

30.05.2013  
Folie 45

ECMWF FORECAST: 10m wind [ $\text{ms}^{-1}$ ] and sea level pressure [hPa], Sat 01JUN2013 08 UTC

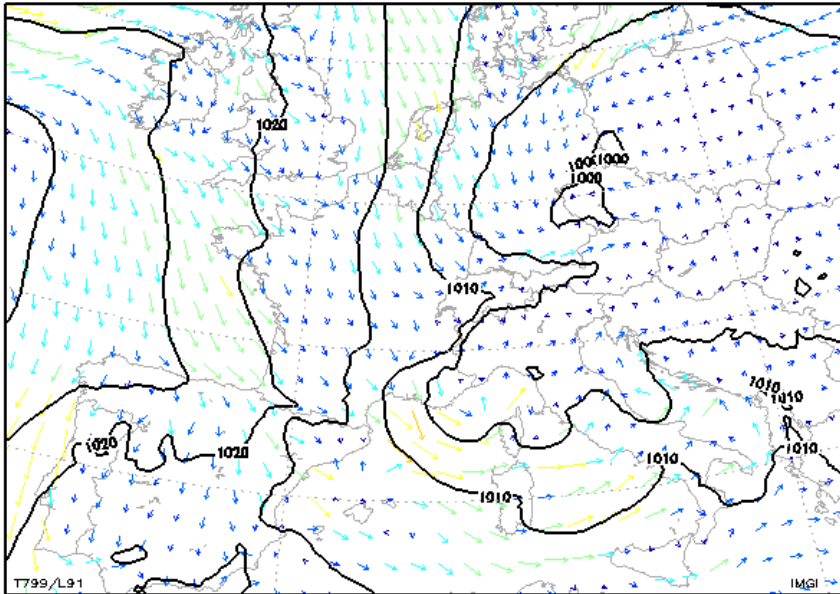


00 UTC Run: 30MAY2013 +54

iso spacing: sea level pressure 5 [hPa]

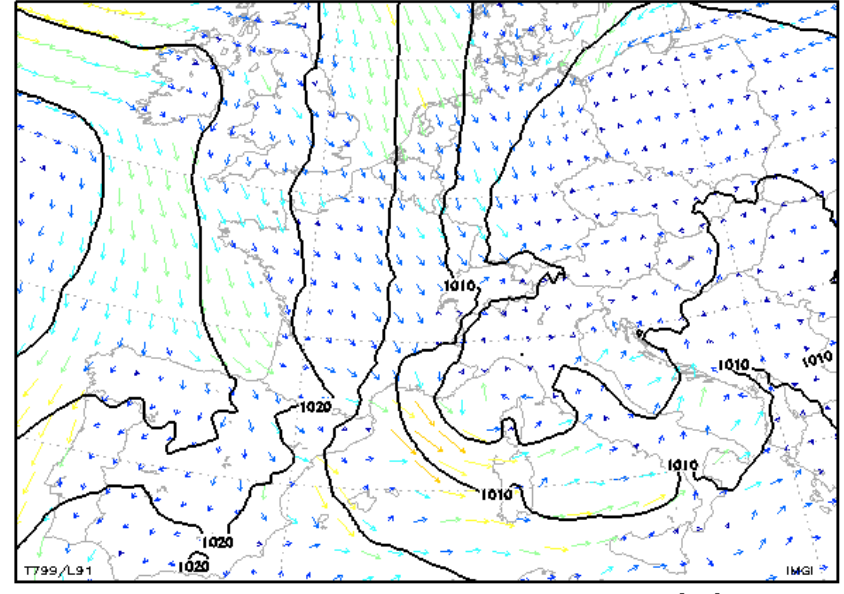
10m wind: every 5<sup>th</sup> grid point

ECMWF FORECAST: 10m wind [ $\text{m s}^{-1}$ ] and sea level pressure [hPa], Fri 31MAY2013 18 UTC



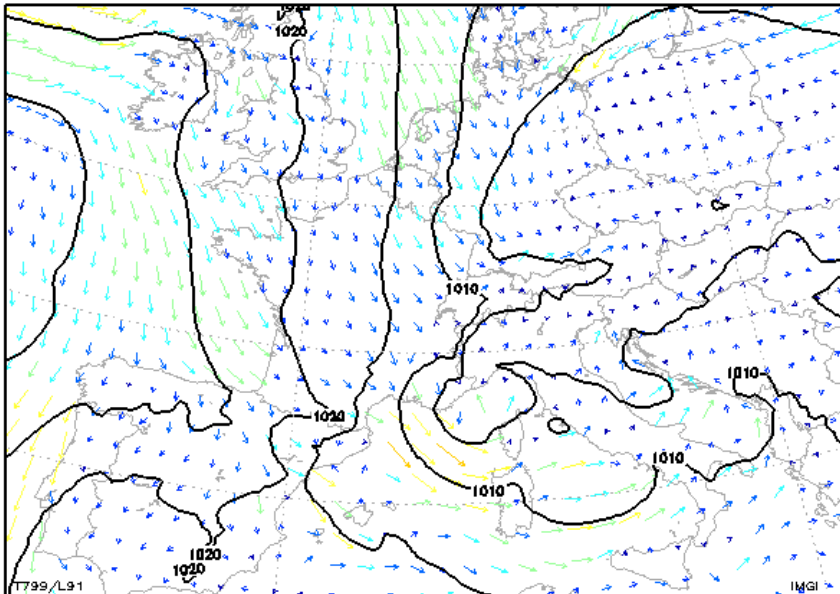
00 UTC Run: 30MAY2013 +42 iso spacing: sea level pressure 5 [hPa]  
10m wind: every 4<sup>th</sup> grid point

ECMWF FORECAST: 10m wind [ $\text{m s}^{-1}$ ] and sea level pressure [hPa], Sat 01JUN2013 00 UTC



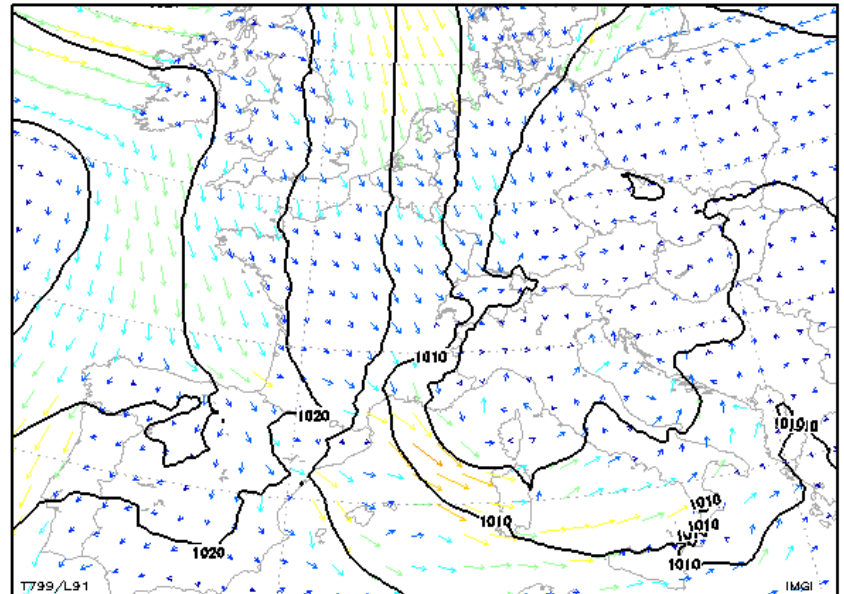
00 UTC Run: 30MAY2013 +48 iso spacing: sea level pressure 5 [hPa]  
10m wind: every 4<sup>th</sup> grid point

ECMWF FORECAST: 10m wind [ $\text{m s}^{-1}$ ] and sea level pressure [hPa], Fri 31MAY2013 21 UTC



00 UTC Run: 30MAY2013 +45 iso spacing: sea level pressure 5 [hPa]  
10m wind: every 4<sup>th</sup> grid point

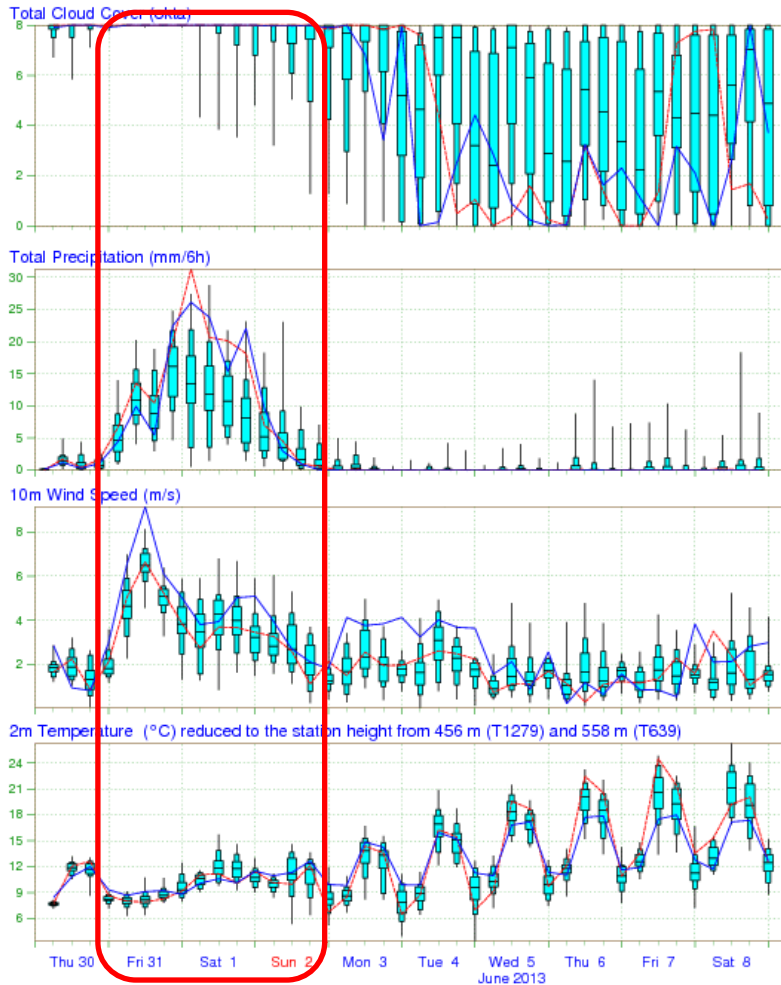
ECMWF FORECAST: 10m wind [ $\text{m s}^{-1}$ ] and sea level pressure [hPa], Sat 01JUN2013 03 UTC



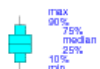
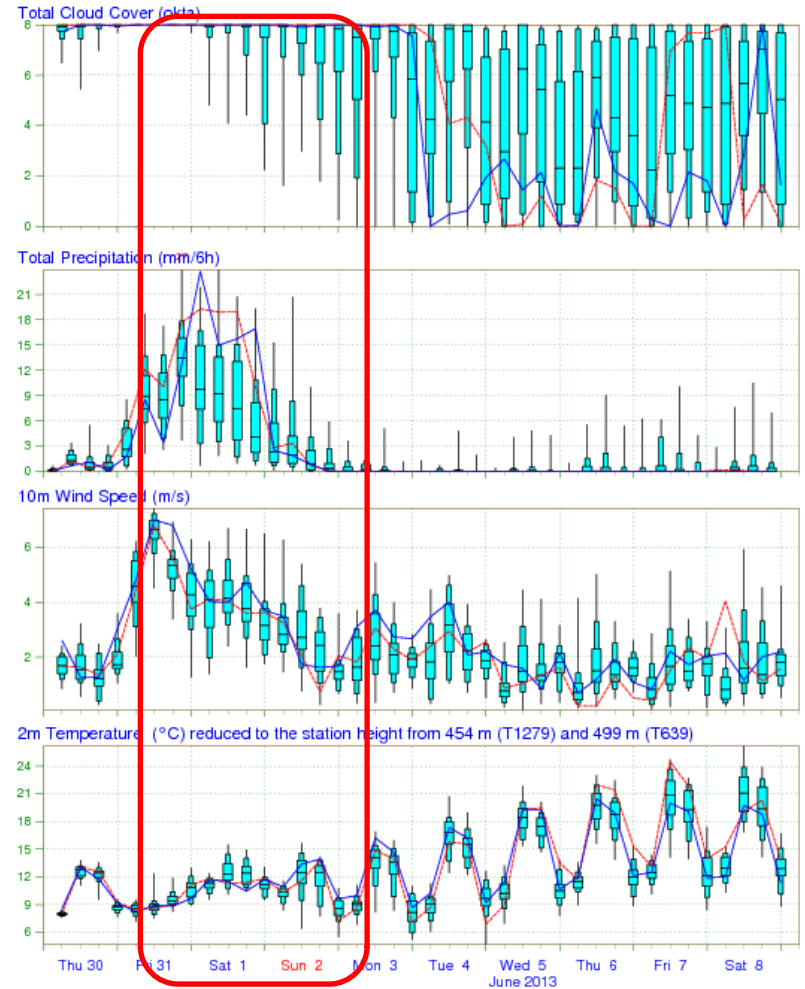
00 UTC Run: 30MAY2013 +51 iso spacing: sea level pressure 5 [hPa]  
10m wind: every 4<sup>th</sup> grid point

# ECMWF Modell

EPS Meteorogram  
 Bregenz 47.63°N 9.6°E (EPS land point) 433 m  
 Deterministic Forecast and EPS Distribution Thursday 30 May 2013 00 UTC



EPS Meteorogram  
 Konstanz 47.63°N 9.2°E (EPS land point) 406 m  
 Deterministic Forecast and EPS Distribution Thursday 30 May 2013 00 UTC

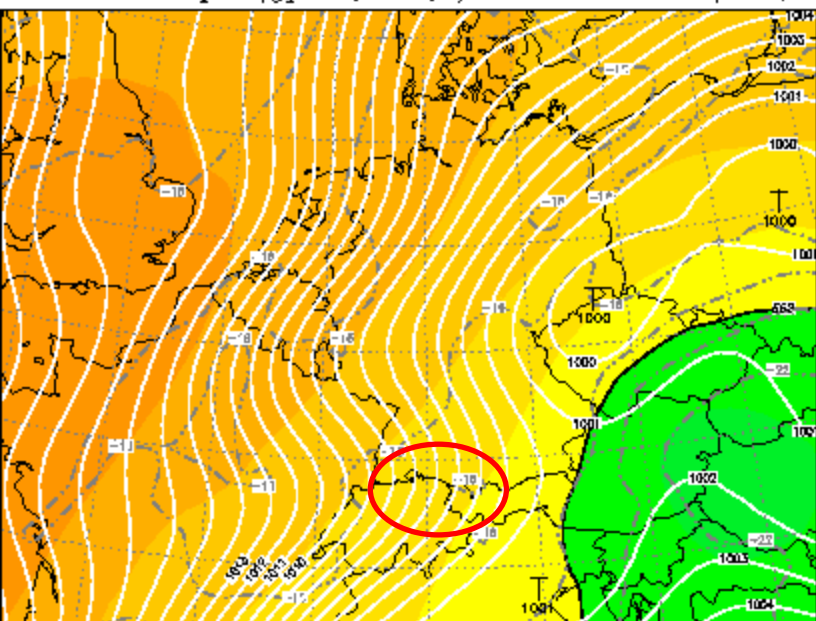


EPS Control(31 km) High Resolution Deterministic(16 km)



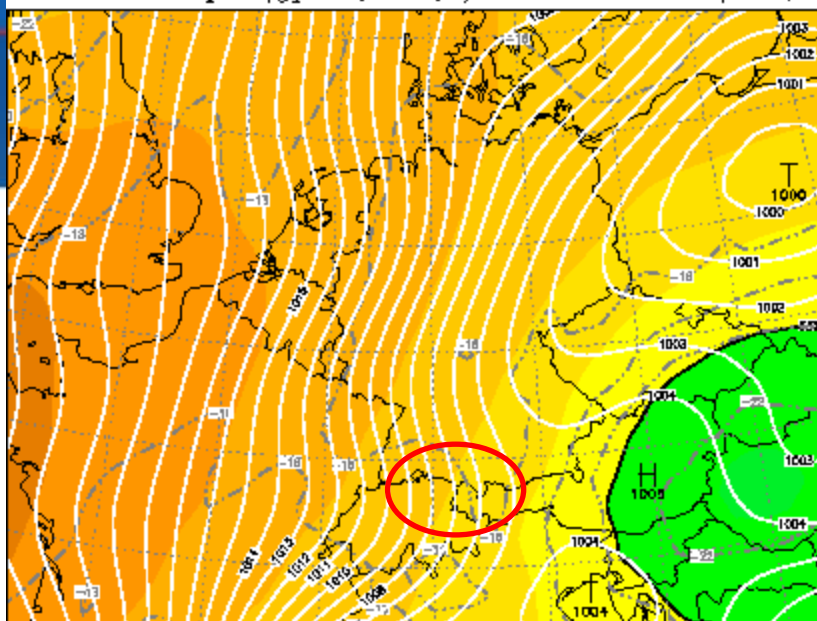
EPS Control(31 km) High Resolution Deterministic(16 km)

Init : Thu,30MAY2013 08Z Valid: Fri,31MAY2013 15Z  
500 hPa Geopot.(gpm), T (C) und Bodendr. (hPa)



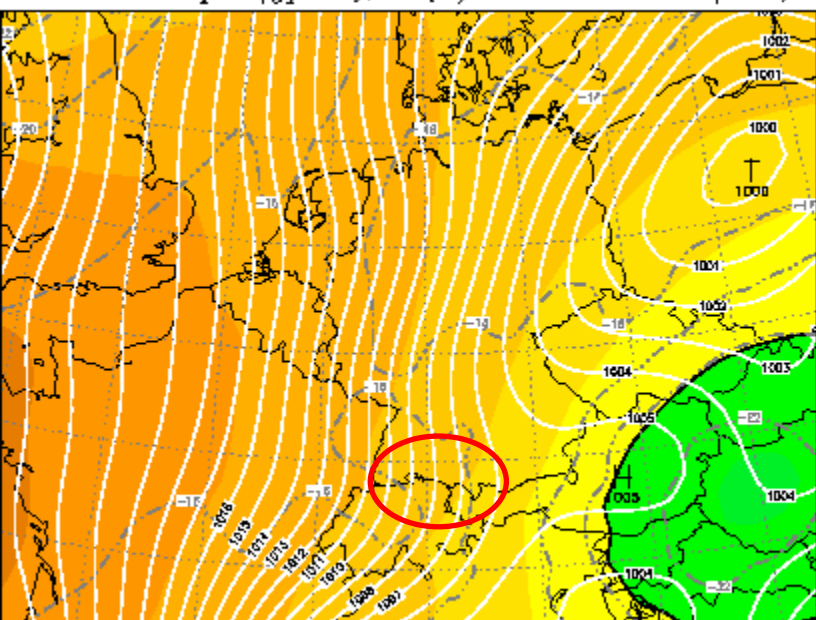
Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

Init : Thu,30MAY2013 08Z Valid: Fri,31MAY2013 21Z  
500 hPa Geopot.(gpm), T (C) und Bodendr. (hPa)



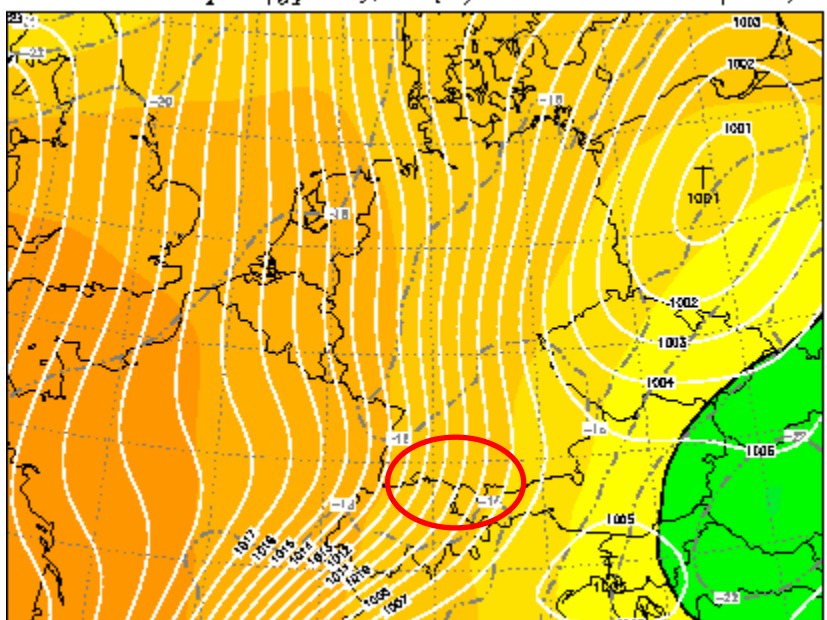
Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes  
(C) Wetterzentrale  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

Init : Thu,30MAY2013 08Z Valid: Sat,01JUN2013 00Z  
500 hPa Geopot.(gpm), T (C) und Bodendr. (hPa)



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes

Init : Thu,30MAY2013 08Z Valid: Sat,01JUN2013 06Z  
500 hPa Geopot.(gpm), T (C) und Bodendr. (hPa)



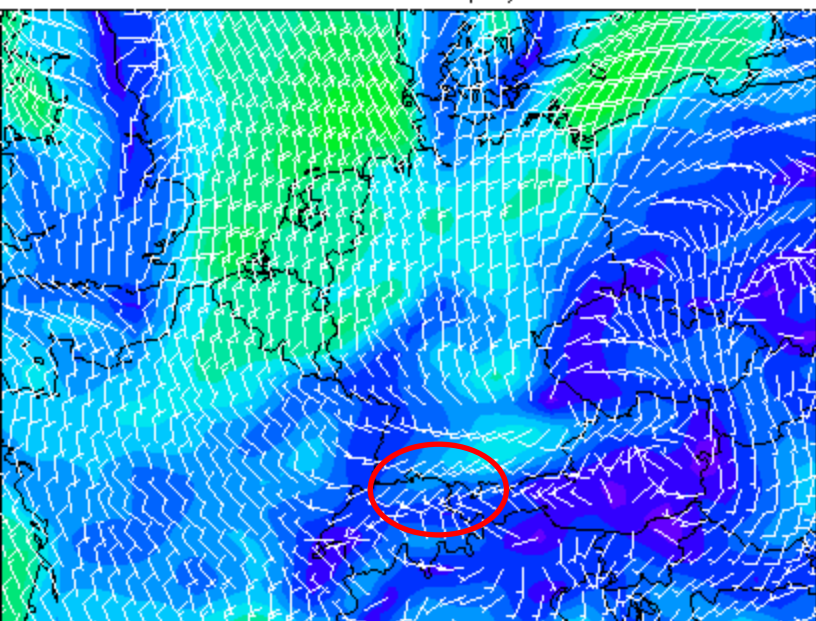
Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes



init : Thu,30MAY2013 08Z

Valid: Fri,31MAY2013 15Z

10m Wind (kt)

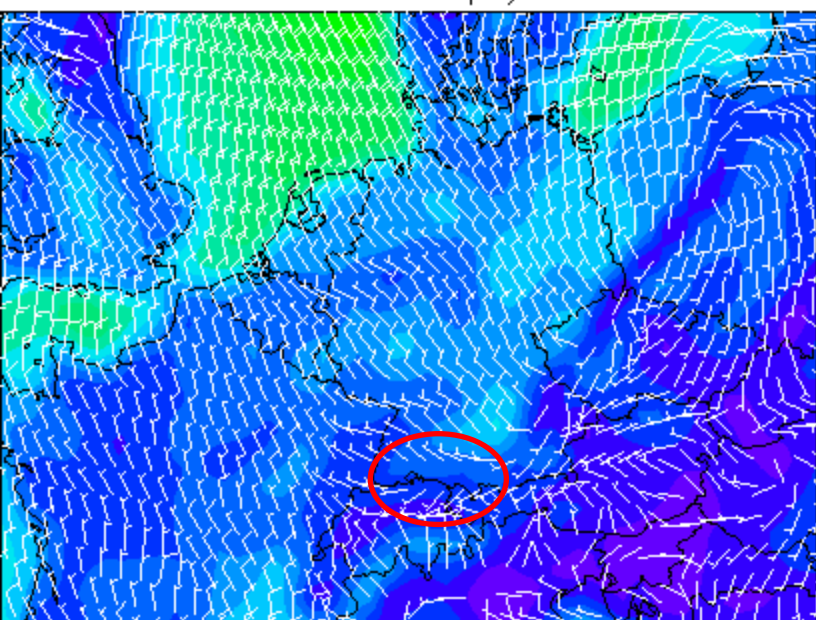


Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes

init : Thu,30MAY2013 08Z

Valid: Sat,01JUN2013 06Z

10m Wind (kt)



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes

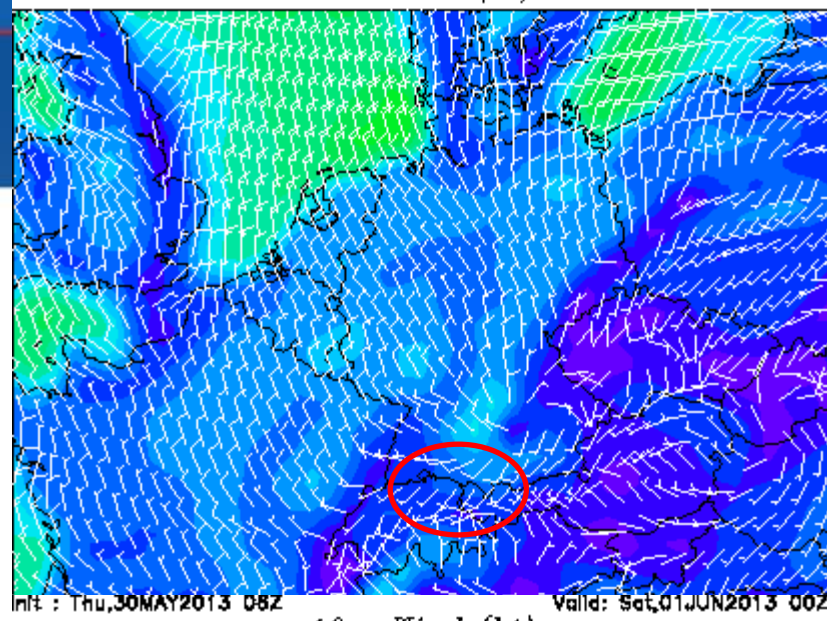
(C) Wetterzentrale

www.wetterzentrale.de

init : Thu,30MAY2013 08Z

Valid: Fri,31MAY2013 21Z

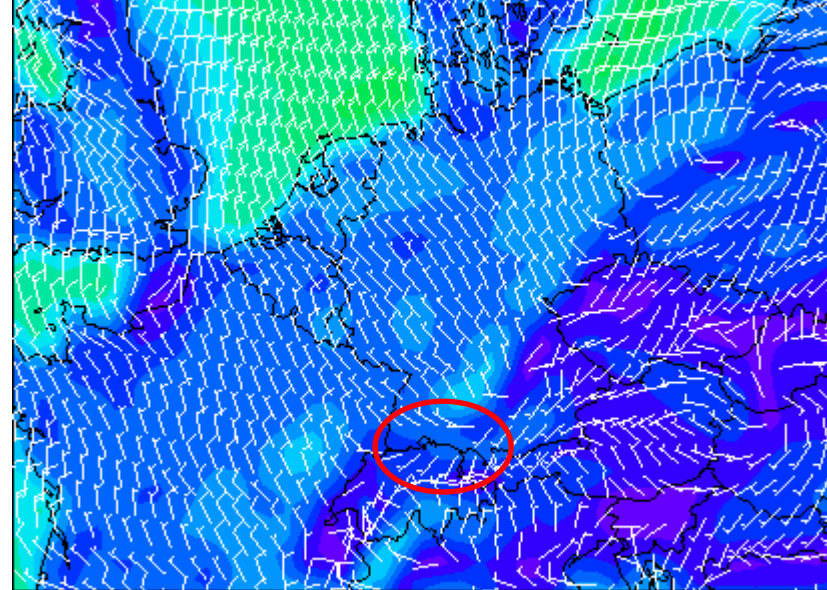
10m Wind (kt)



init : Thu,30MAY2013 08Z

Valid: Sat,01JUN2013 00Z

10m Wind (kt)

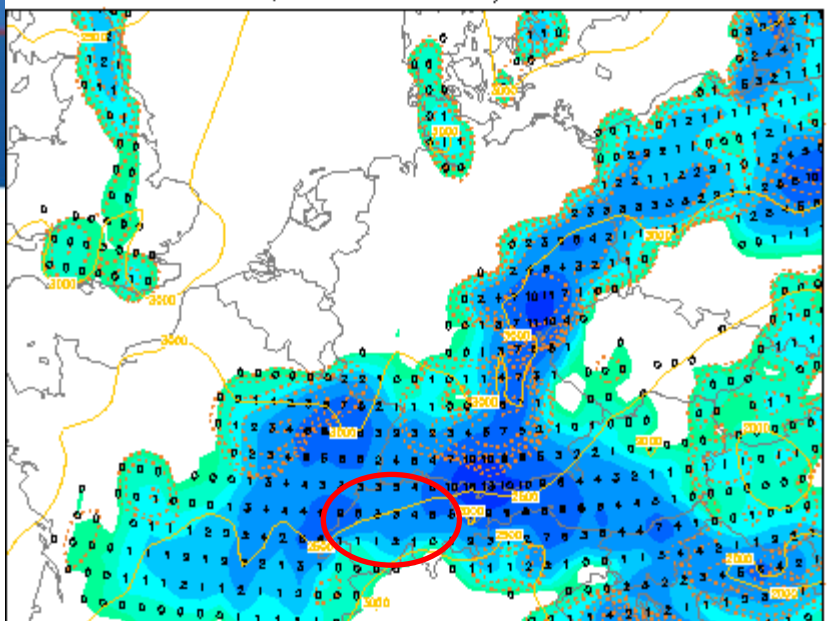


Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes

(C) Wetterzentrale

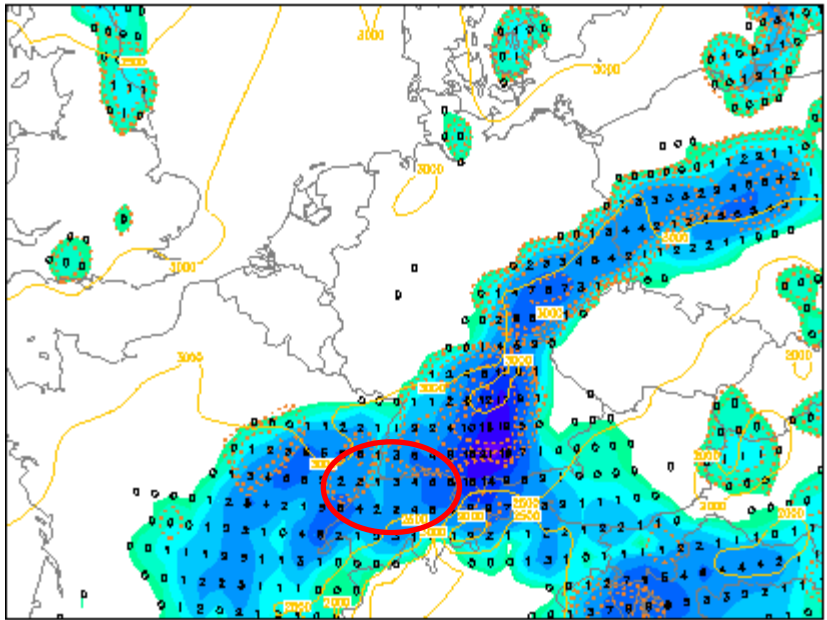
www.wetterzentrale.de

Inf: Thu,30MAY2013 08Z Valid: Fri,31MAY2013 18Z  
3h-Nds in mm (rot=konvektiv) + 0°-Grenze in m



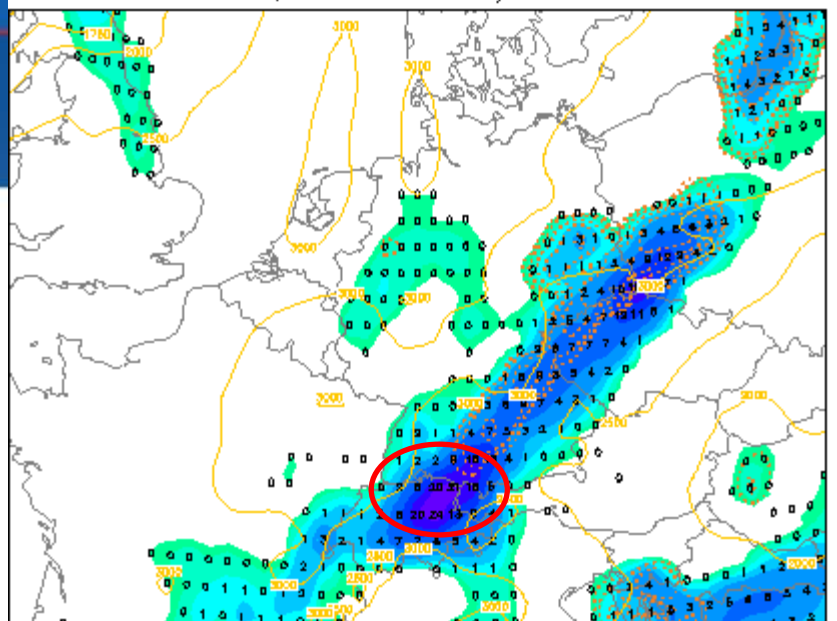
Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

3h-Nds in mm (rot=konvektiv) + 0°-Grenze in m



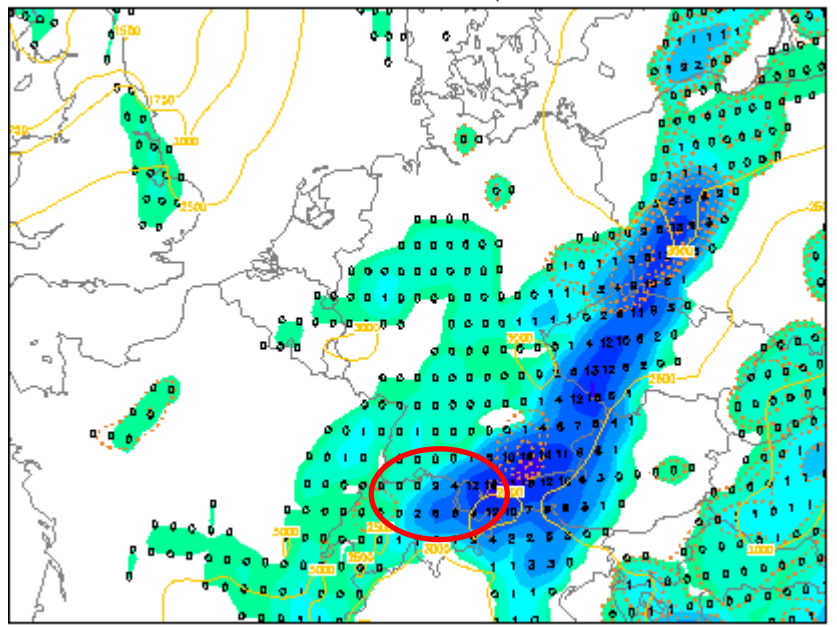
Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

Inf: Thu,30MAY2013 08Z Valid: Sat,01JUN2013 03Z  
3h-Nds in mm (rot=konvektiv) + 0°-Grenze in m



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

Inf: Thu,30MAY2013 08Z Valid: Sat,01JUN2013 09Z  
3h-Nds in mm (rot=konvektiv) + 0°-Grenze in m



Daten: GFS-Modell des amerikanischen Wetterdienstes  
(C) Wetterzentrale  
www.wetterzentrale.de

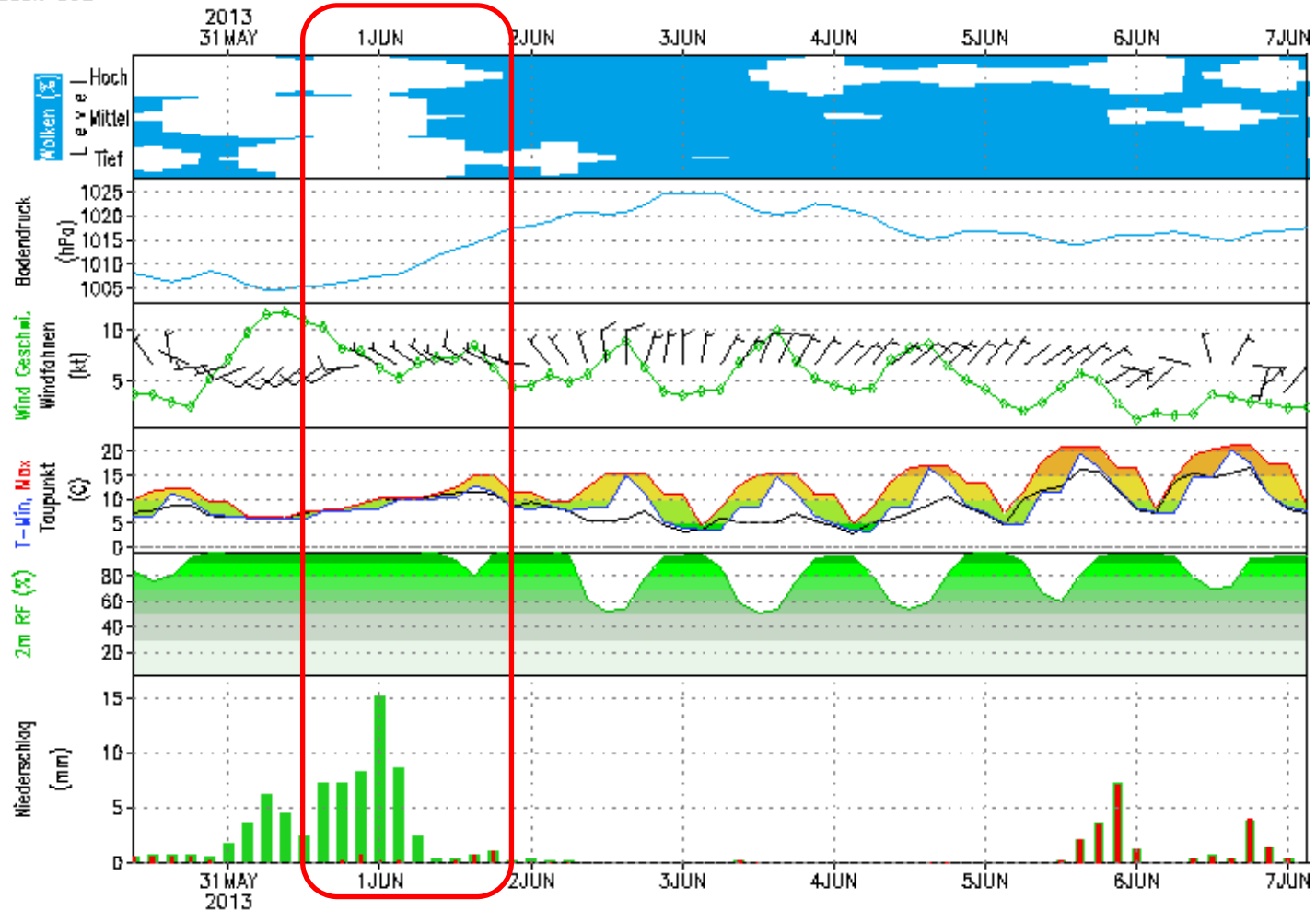
# Bregenz / Ost

## GFS — Meteogramm

Lon: 9.5 Lat: 48 Hgt: 640m

Lauf: 08Z

30.05.2013  
Folie 51



Sonnenaufgang heute 03:28 UTC  
Sonnenuntergang heute 19:10 UTC

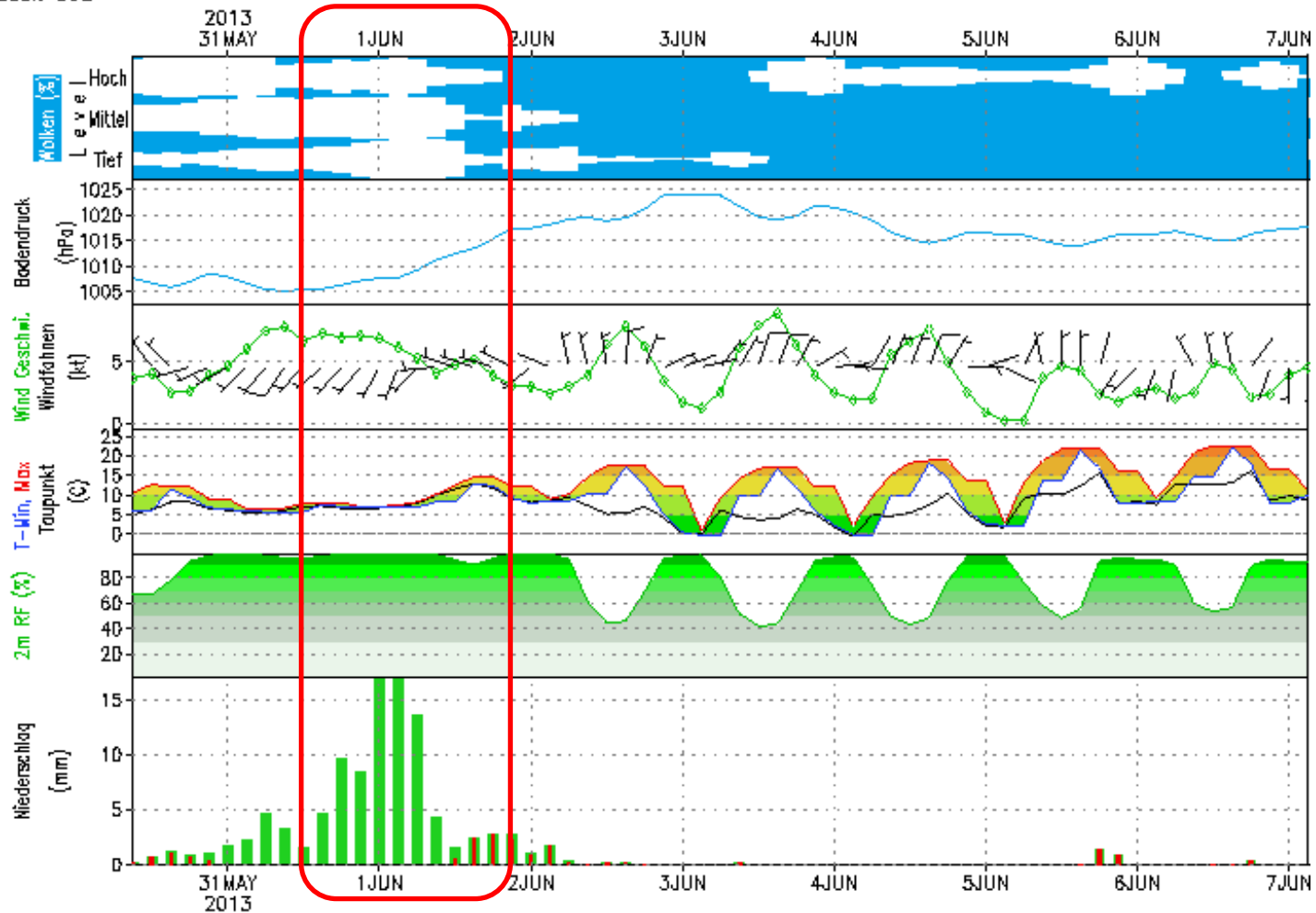
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de)

## GFS — Meteogramm

Lon: 9.5 Lat: 47.5 Hgt: 602m

Lauf: 08Z

30.05.2013  
Folie 52



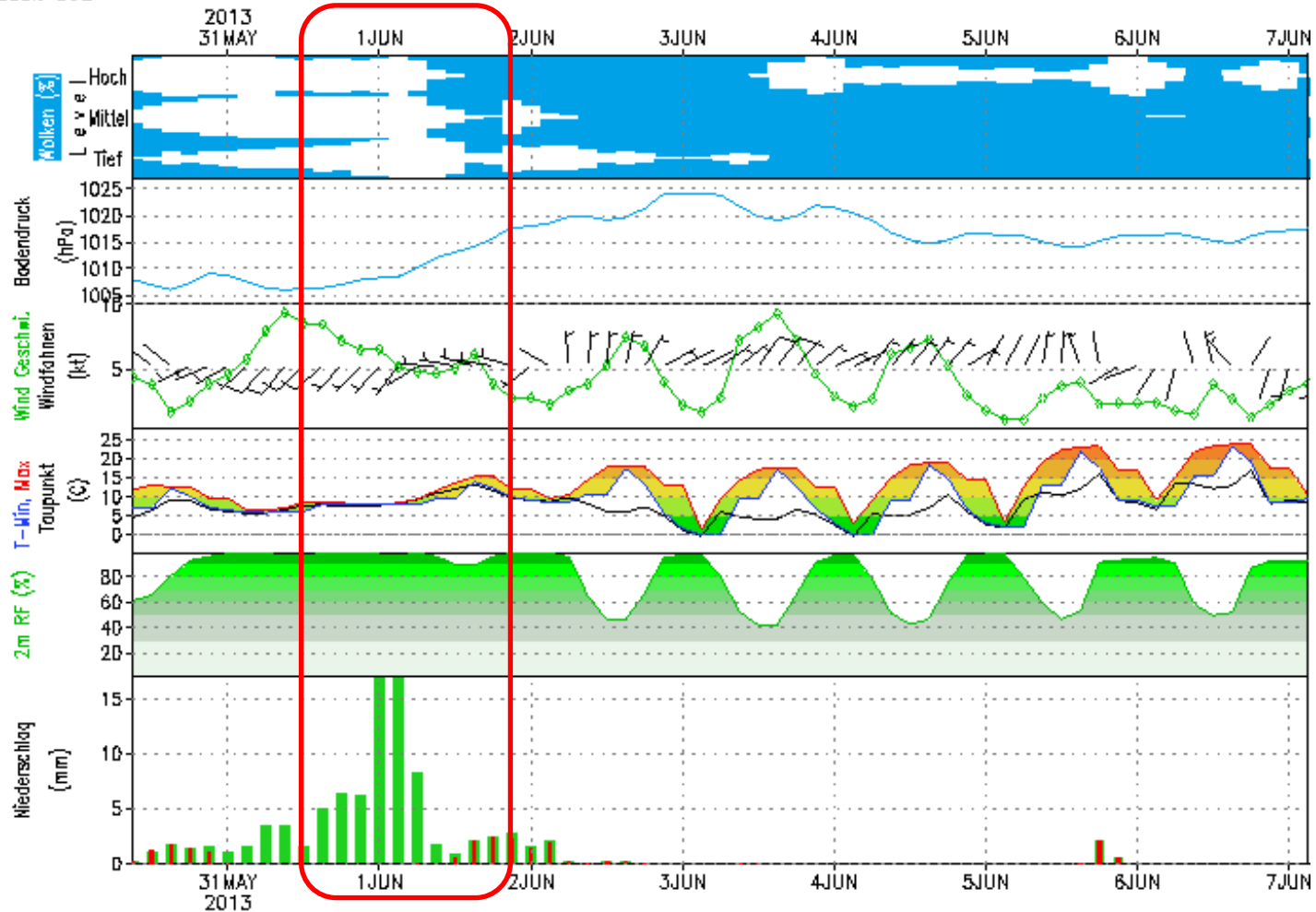
Sonnenaufgang heute 03:30 UTC  
Sonnenuntergang heute 19:08 UTC

## GFS — Meteogramm

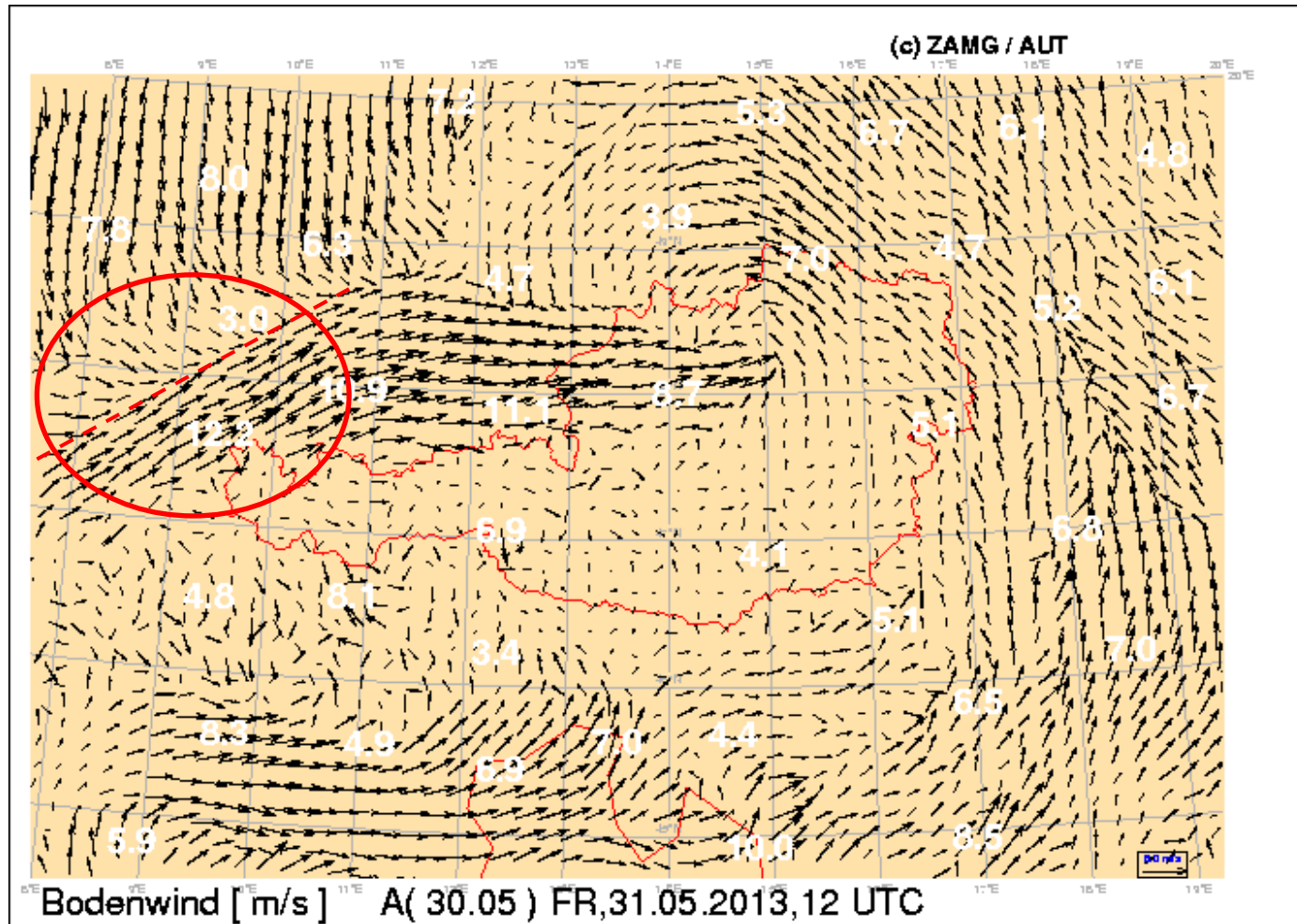
Lon: 9 Lat: 47.5 Hgt: 569m

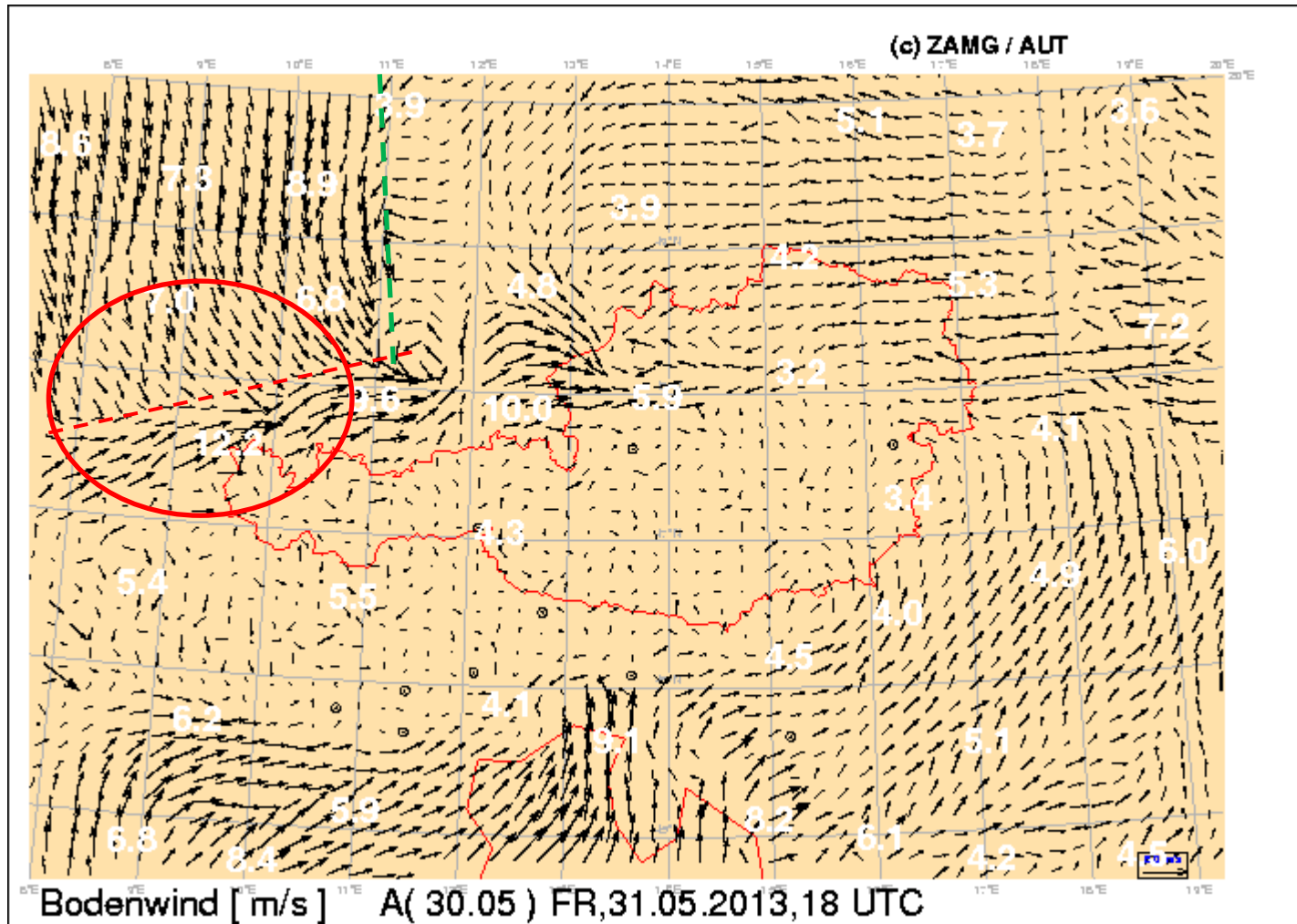
Lauf: 08Z

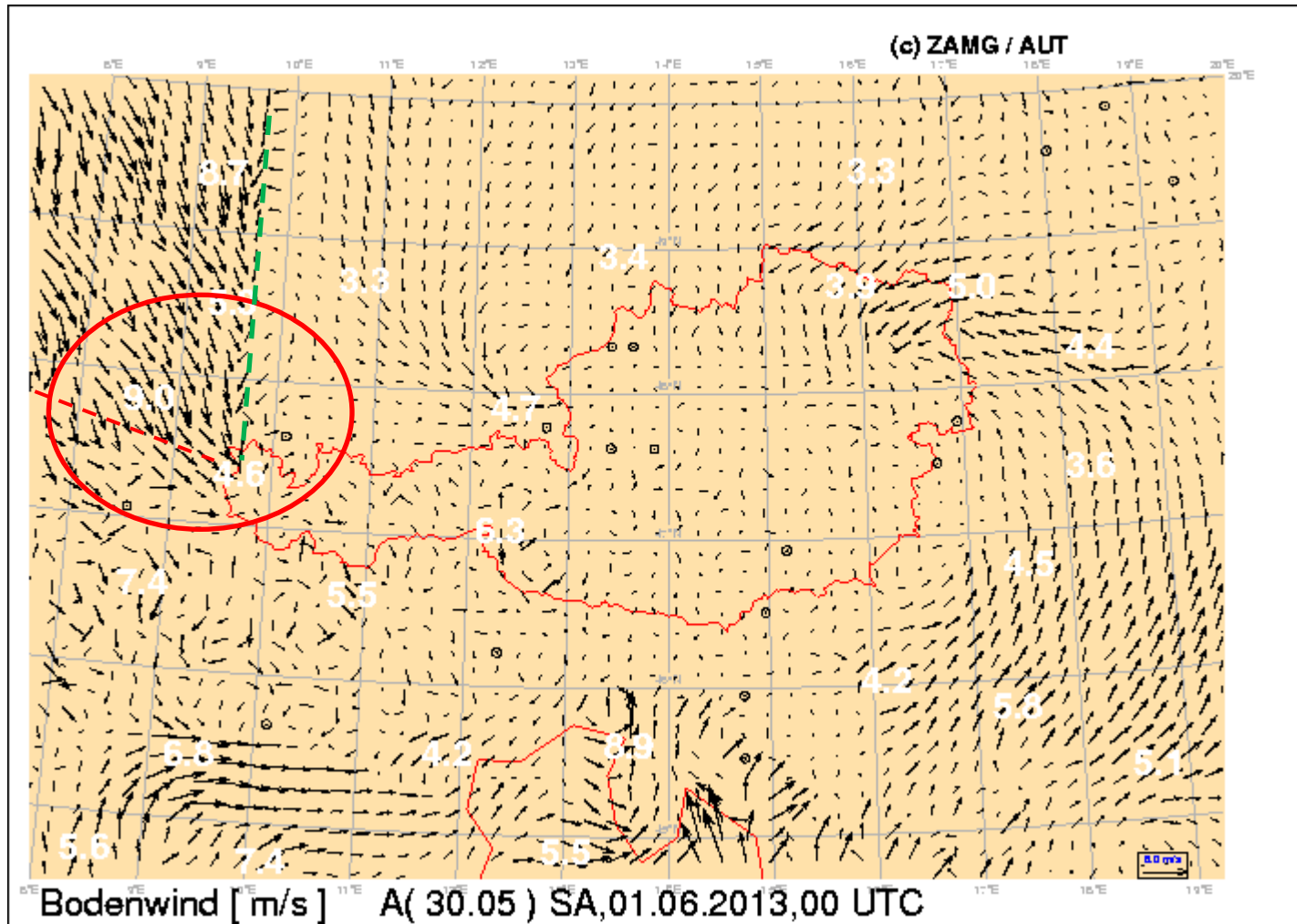
30.05.2013  
Folie 53



Sonnenaufgang heute 03:31 UTC  
Sonnenuntergang heute 19:10 UTC

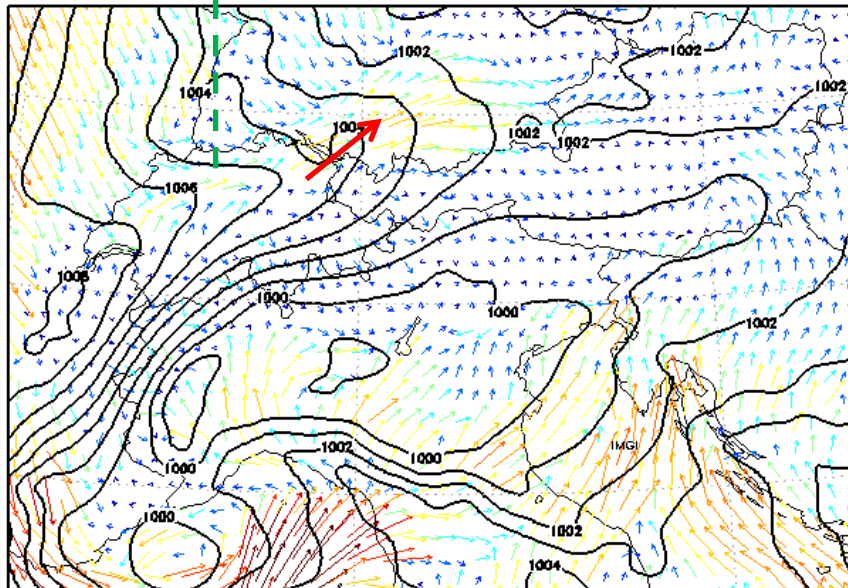








COSMO-7 FORECAST: sea level pressure [hPa], 10m wind [m/s], Fri 31MAY2013 18 UTC

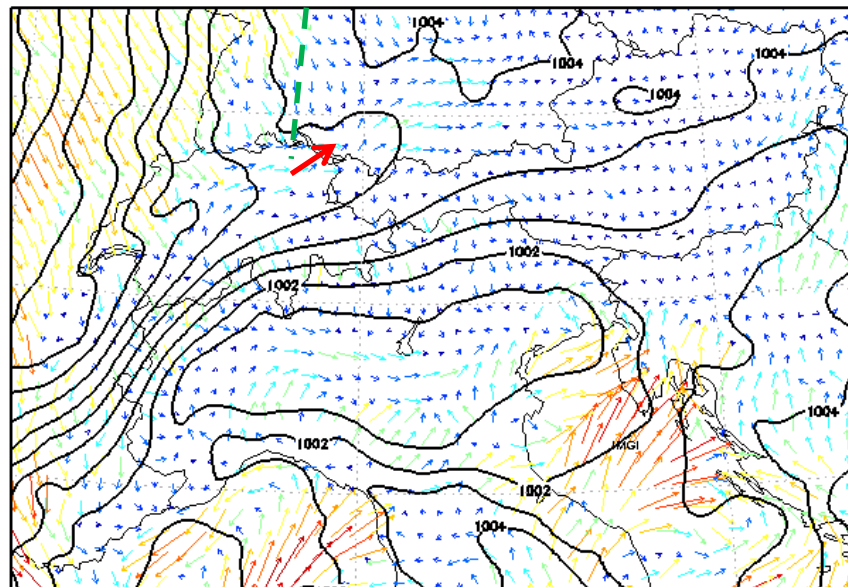


00 UTC Run: 30MAY2013 +42 iso spacing: sea level pressure 1 [hPa]  
10m Wind: every 4<sup>th</sup> grid point



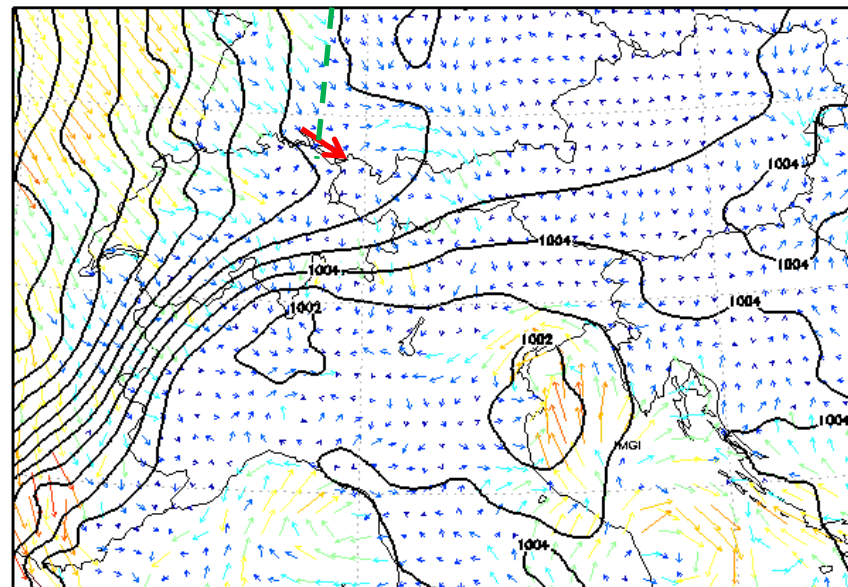
30.05.2013  
Folie 57

COSMO-7 FORECAST: sea level pressure [hPa], 10m wind [m/s], Sat 01JUN2013 00 UTC



00 UTC Run: 30MAY2013 +48 iso spacing: sea level pressure 1 [hPa]  
10m Wind: every 4<sup>th</sup> grid point

COSMO-7 FORECAST: sea level pressure [hPa], 10m wind [m/s], Sat 01JUN2013 06 UTC

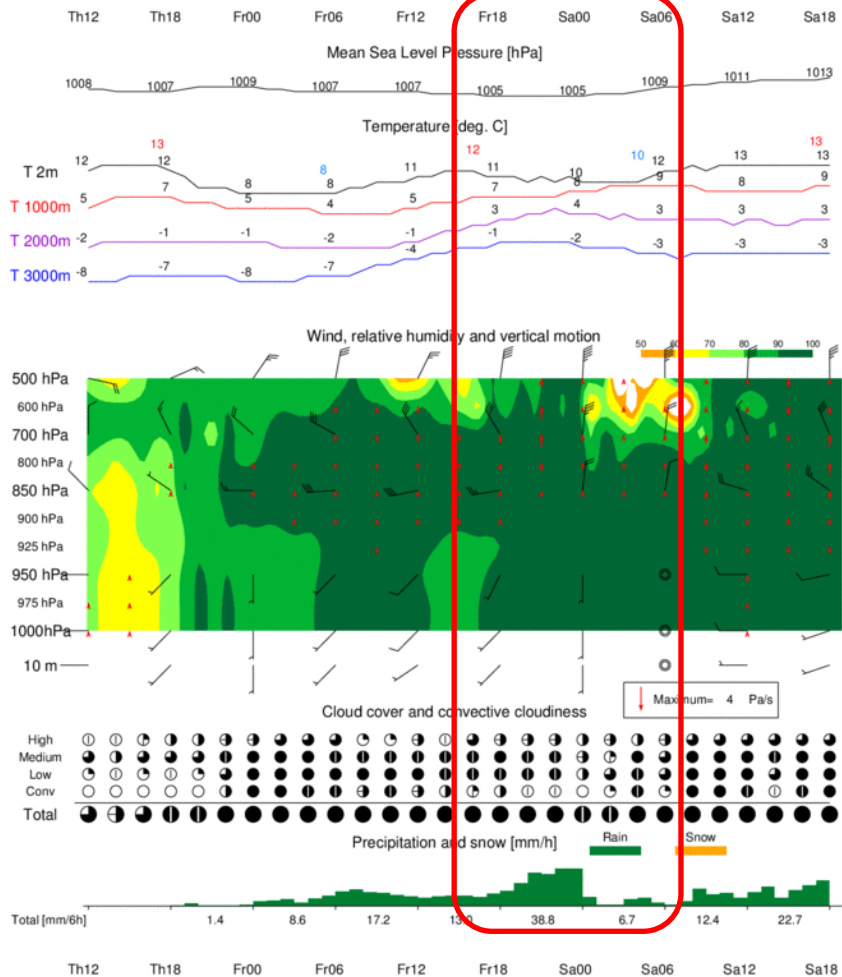


00 UTC Run: 30MAY2013 +54 iso spacing: sea level pressure 1 [hPa]  
10m Wind: every 4<sup>th</sup> grid point

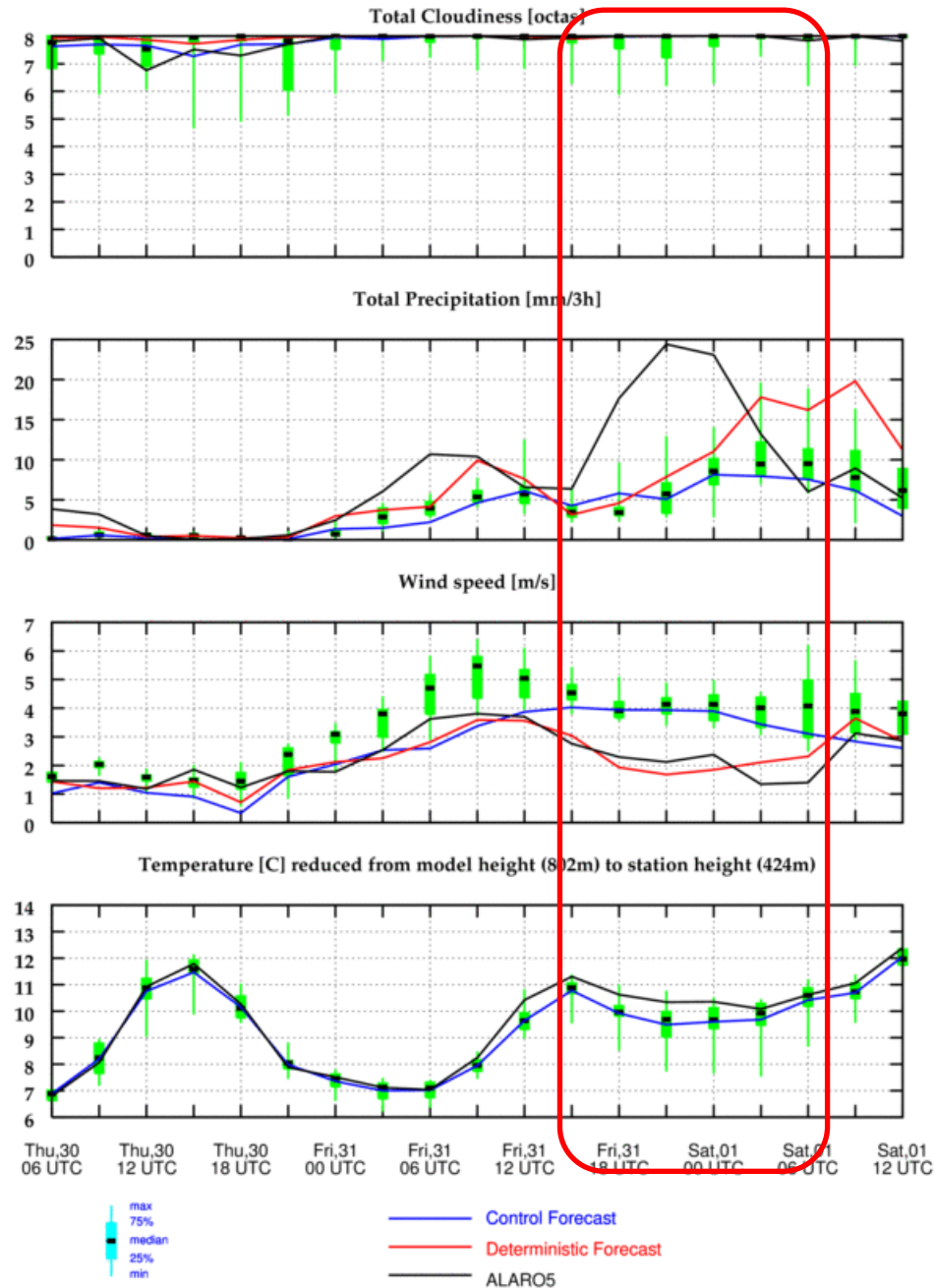
# ALADIN Modell

## ALARO5-AUSTRIA Meteogram, 06UTC Lauf

Bregenz (424m) 30/05/2013



ALADIN-LAEF EPSgram (16 members) from 20130530, 00 UTC  
 11101 Bregenz (9.75; 47.50; 424m)  
 EPS Distribution, Deterministic and Control Forecast





**Okklusion** aus Nordost mit starken Niederschlägen, im Lauf der Nacht Abklingen. Generelle Westströmung am Boden.

30.05.2013  
Folie 59

## **Niederschlag:**

Starkregen die ganze Nacht über, in der zweiten Nachthälfte Abklingen und gegen Morgen wahrscheinlich trocken.

## **Wind:**

Zunächst Südwest, wahrscheinlich 15 – 20kn, im Lauf der ersten Nachthälfte eher schwächer werdend (laut COSMO Modell), wahrscheinlich unter 10 kn, möglicherweise sogar bis 5 kn.

In der zweiten Nachthälfte voraussichtlich Drehung auf Nordwest (wahrscheinlich in der Osthälfte früher als in der Westhälfte), weiteres Abflauen oder ganz leichte Zunahme möglich.