

# Luftmassen und Fronten

## Luftmassen und Fronten

- Eine Gruppe von skandinavischen Meteorologen untersuchte Anfang der 20er Jahre das Verhalten von Tiefdruckgebieten in Europa.
- Die Ergebnisse dieser Forschung verwendet man immer noch im praktischen Wetterdienst.
- Damals wurden z.B. die Begriffe „**Luftmasse**“ und „**Front**“ eingeführt, um den Aufbau der Troposphäre in mittleren und hohen Breiten zu beschreiben.

## Luftmassen und Fronten 2

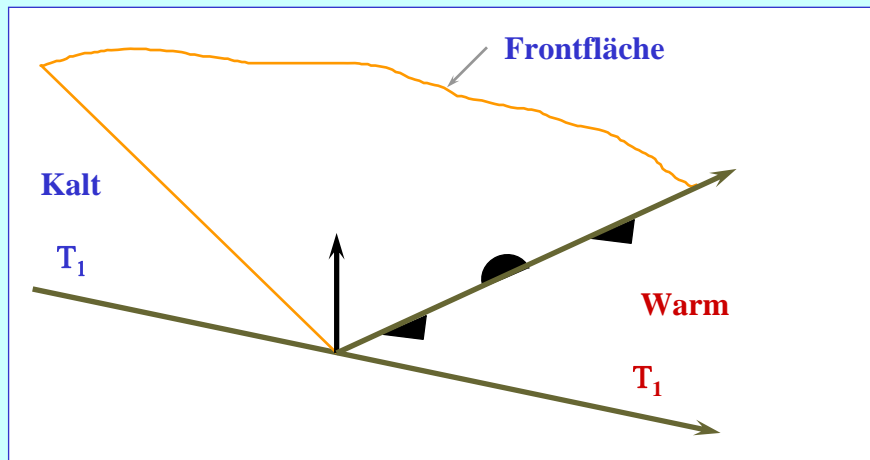
- Die täglichen Wetterbeobachtungen zeigen, dass die Temperatur vom Äquator zum Pol nicht gleichmäßig abnimmt.
- Es gibt große Gebiete mit nahezu einheitlichen Verhältnissen - sogenannte **Luftmassen**.
- Diese Luftmassen sind durch schmale Zonen getrennt, in denen sich auf geringe Entfernung die Temperatur stark ändert - sogenannte **Fronten**.
- Die Analyse der Fronten und Luftmassenverteilungen sowie ihre Darstellung in Karten bildet heute die Grundlage für eine Wettervorhersage.

## Luftmassen und Fronten 3

- Innerhalb einer **Luftmasse** ändern sich Temperatur, Feuchte, Stabilität und Staubkonzentration nur wenig.
- Heute wird die Entstehung dieser Eigenschaften wie auch die Umwandlung der Luftmasse auf ihren Transportweg erläutert.
- Temperatur und Feuchte in den höheren Luftschichten lassen sich am besten in einem thermodynamischen Diagramm untersuchen.

## Fronten

- Zwischen zwei verschiedenen Luftmassen bildet sich eine geneigte Grenzfläche (**Frontfläche**) an, der die schwere Kaltluft unter die leichtere Warmluft schiebt.



## Kaltfront über Coburg



**Kaltfront über Munich**

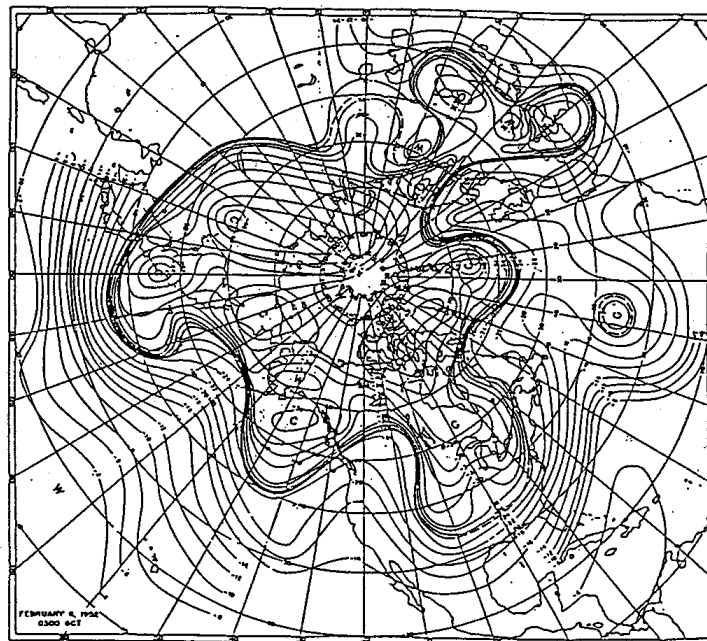
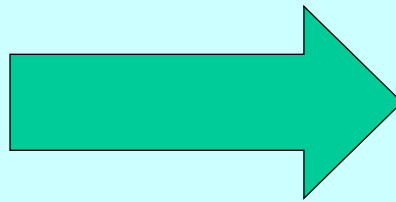


**Southerly Buster über Sydney**

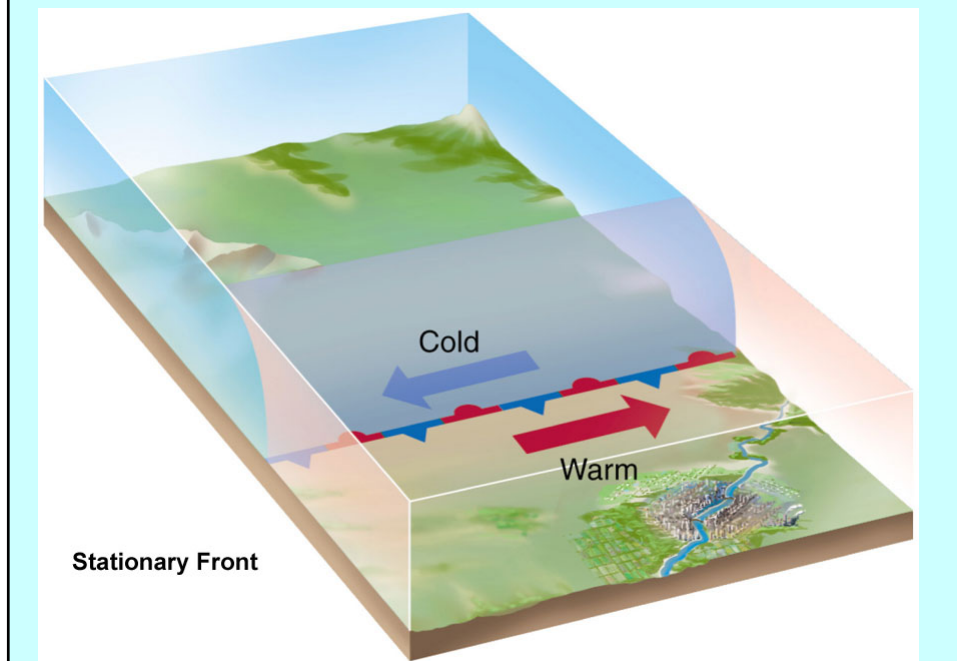


## Polarfront

- In einer vereinfachten Vorstellung von der allgemeinen Zirkulation in der Atmosphäre werden die tropische Luft und die Polarluft durch eine einzige Front getrennt - die sogenannte „**Polarfront**“.
- Die Polarfront umschließt nach dieser Vorstellung praktisch die ganze Hemisphäre.



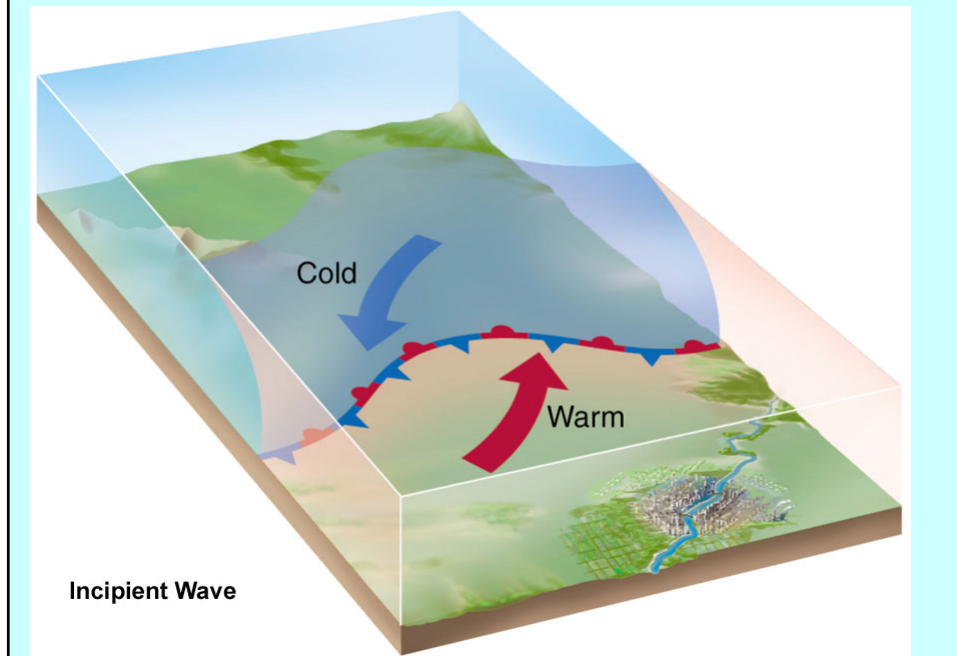
### Ungestörte Polarfront



### Ungestörte Polarfront

- Kalt und Warmluft liegen am Boden eng beieinander und werden durch die Polarfront getrennt. Die Kaltluft befindet sich dabei keilförmig unter der Warmluft.
- Beide Luftmassen befinden sich zunächst im GG.
- Energielieferant in der Höhe ist der Polarfront-Jet. Er verläuft zunächst geradlinig.

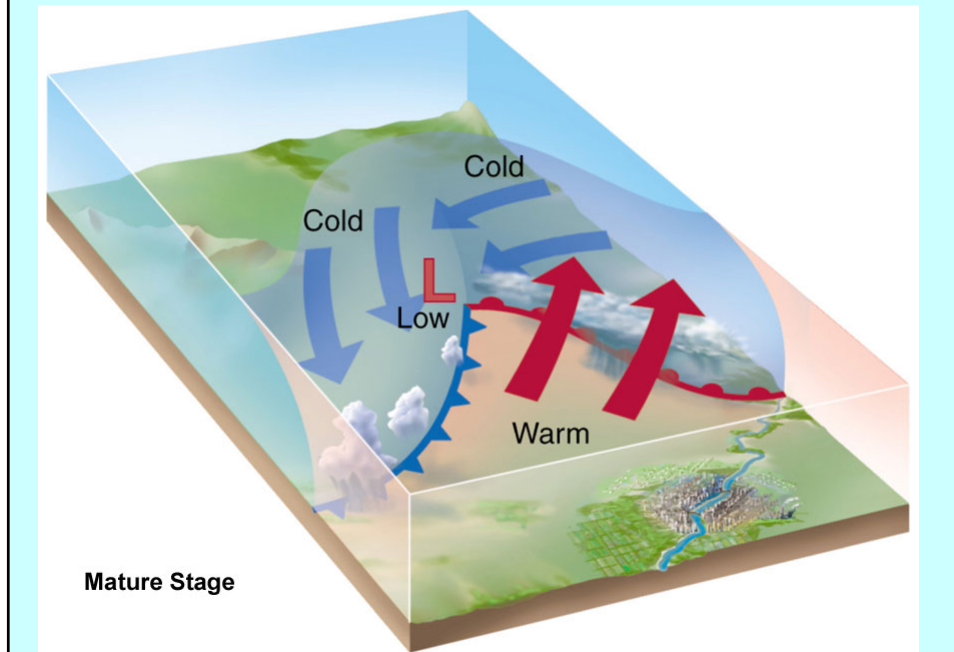
## Wellenstörung



## Wellenstörung

- Geringere Impulse genügen, um das nicht sehr stabile GG zwischen Kalt- und Warmluft zu stören (z. B. Massenverlagerung in der Höhe im Strahlstrombereich oder der Einfluss von Gebirge).
- Es bilden sich Druckfallgebiete an der Polarfront aus, die bei genügend Intensität einen zunächst flachen Tiefdruckwirbel zur Folge haben.
- Es entsteht eine wellenförmige Ausbuchtungen der Polarfront, die sich bei fortschreitender Entwicklung des Tiefs immer mehr vergrößert.
- Infolge der unterschiedlichen Dichte der Kalt- und Warmluft spielen sich die Vorgänge an der Vorderseite des Tiefs grundlegend anders ab.

### Idealzyklone



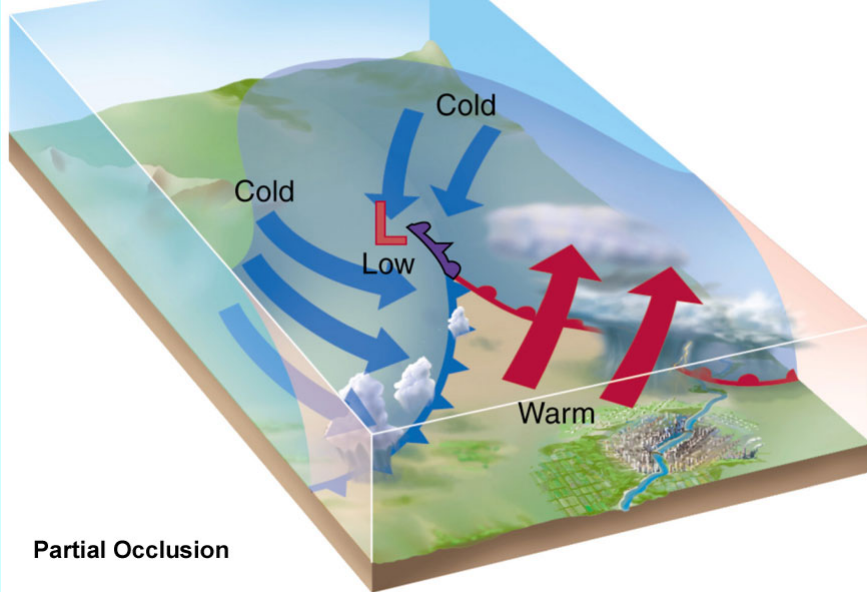
### Idealzyklone

- Höhepunkt der Entwicklung eines Tiefdruckgebietes.
- Im Bodendruckfeld hat sich das Tiefdruckzentrum ausgebildet, das jetzt von einer Anzahl in sich geschlossener und nahezu kreis- oder ellipsenförmiger Isobaren umgeben ist.
- Die Isobaren haben einen geringeren Abstand voneinander. Die Folge davon sind hohe Windgeschwindigkeiten.
- In der Bodenwetterkarte erkennt man einen gut ausgebildeten Warmluftsektor.
- Warm- und Kaltfront verlagern sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Die Zuggeschwindigkeit der Warmfront beträgt etwa 60 bis 70% der Geschwindigkeit des Gradientwindes, die der Kaltfront dagegen 80 bis 90%.

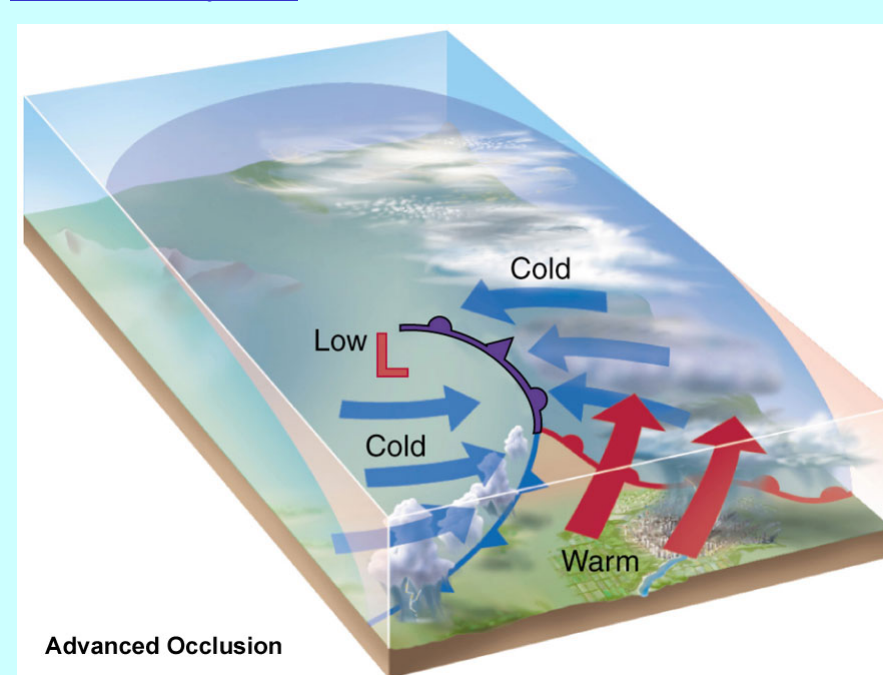


### Okkludierende Zyklone

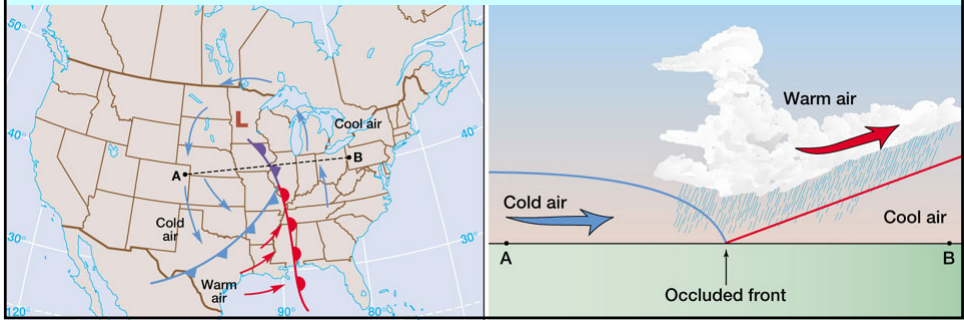
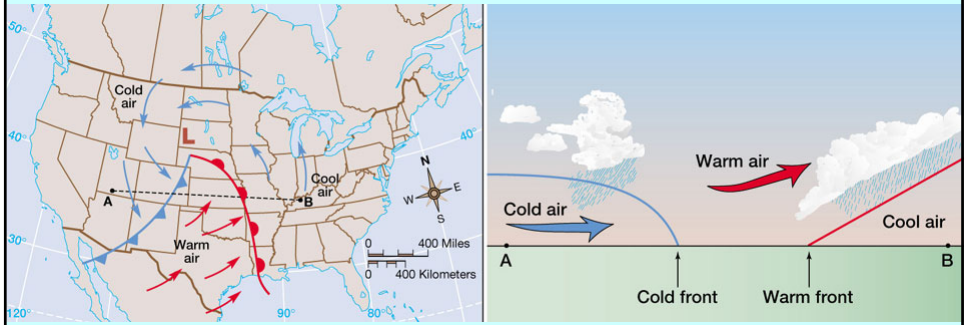
- Die Kaltfront bewegt sich schneller als die Warmfront und holt sie vom Tiefzentrum her allmählich ein



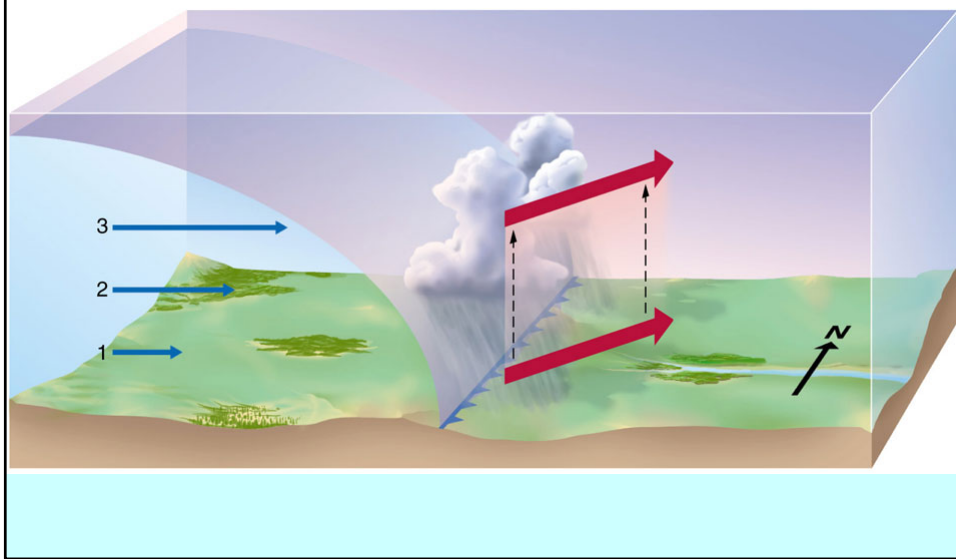
### Okkludierte Zyklone



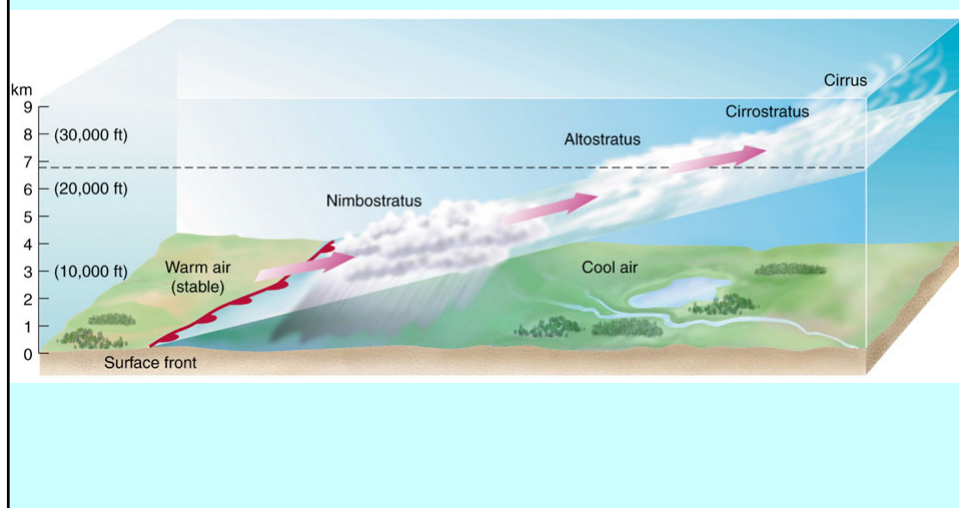
# Querschnitt durch ein Tiefdruckgebiet über Amerika



## Kaltfront



## Warmfront

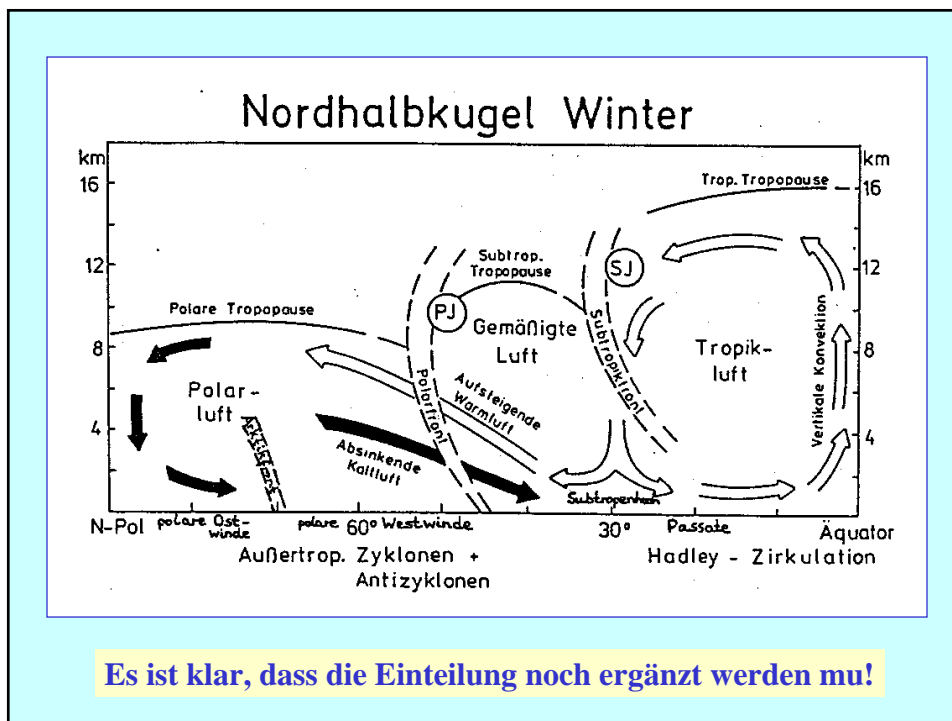


- **In den unteren Troposphäre und nur an einigen Stellen ist der Temperaturgradient an der Front häufig viel stärker.**
- **Dazwischen liegen größere Gebiete, in denen die Polarfront fehlt. Hierfür gibt es zwei Gründe:**
  - 1. Im Bereich von Tiefdruck- und Hochdruckgebieten der mittleren Breiten entstehen Luftmassen, deren Temperaturen zwischen denen von tropischer und polarer Luft liegen. Die Polarfront wird dadurch in mehrere Teile aufgespaltet.**
  - 2. Kontinente können weniger Wärme speichern als Ozeane. Wo kalte kontinentale Luftmassen auf warme maritime Luftmassen treffen (z.B. an den Ostküsten von Nordamerika und Asien), ist deshalb der Temperaturgegensatz in der Atmosphäre besonders hoch.**

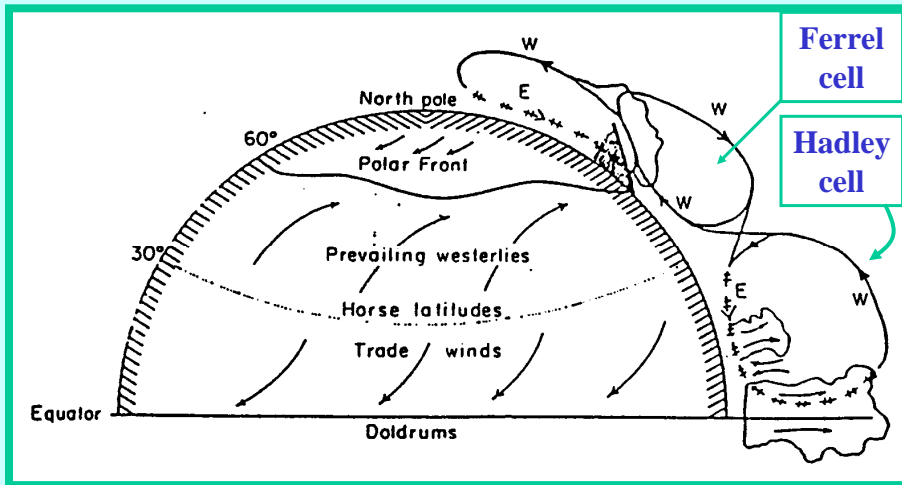
- **Zunächst soll das Augenmerk auf die Gebiete zwischen den Fronten gerichtet sein - d.h. auf die Luftmassen.**

## Entstehung und Transformation von Luftmassen

- Die Luft erhält bestimmte spezifische Eigenschaften, wenn über mehrere Tage die gleichen physikalischen Einflüsse (solche Einflüsse sind z.B. Strahlung, turbulenter und konvektiver Austausch und Verdunstung vom jeweiligen Untergrund her) auf sie einwirken.
- Ursprünglich unterschied man nur zwei Luftmassen, die Polarluft (P) und die Tropikluft (T). Diese Luftmassen sind durch die Polarfront getrennt.
- Die Situation ist aber wesentlich komplizierter.
- Das nächste Bild zeigt ein Nord-Süd-Querschnitt der mittleren Luftbewegungen in der Atmosphäre.

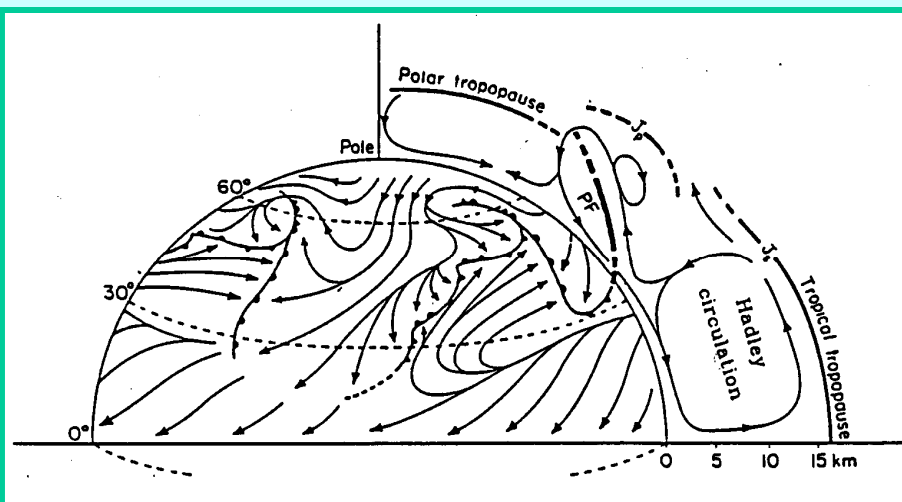


### Zonal mean meridional circulation



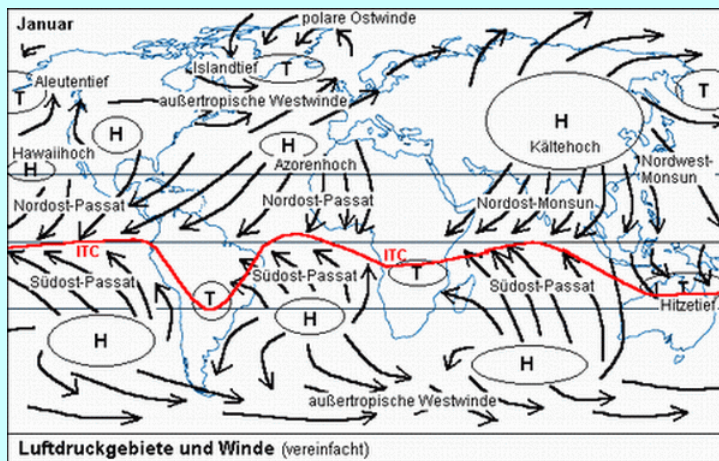
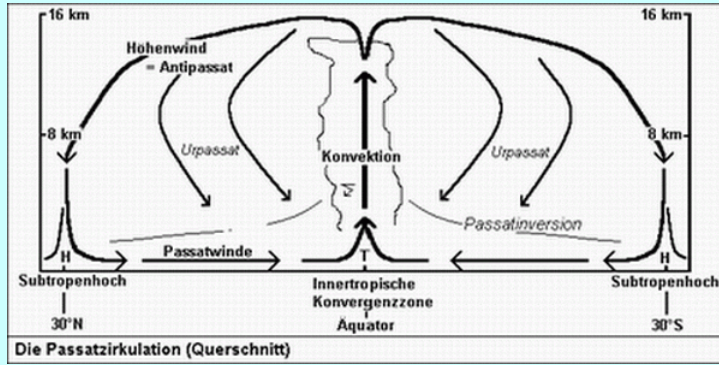
### The three-cell meridional circulation pattern

(after Rossby, 1950)



### The mean meridional circulation and main surface wind regimes.

(after Defant, 1958)



## Entstehung und Transformation von Luftmassen 2

- Reine Tropikluft kann bis in mittleren Breiten nur sehr selten vorstoßen, da der subtropische Hochdruckgürtel ihre Ausbreitung nach Norden verhindert.
- Auch stammt die Polarluft oft nicht direkt aus den Polargebieten (arktische Polarluft), sondern häufig aus Grönland oder Skandinavien.
- Die Polarfront trennt also meist subtropische von subpolarer Luft.
- In mittleren Breiten werden durch die rasche Verlagerung von Hochdruck - und Tiefdruckgebieten mit ständiger Änderung von Windgeschwindigkeit und Windrichtung die Luftmassen vermischt und umgewandelt - gemäßigte Luft.
- Es lassen sich somit 5 Hauptluftmassen unterscheiden.

## Hauptluftmassen

arktische Polarluft (P)

Subpolarluft (P<sub>s</sub>)

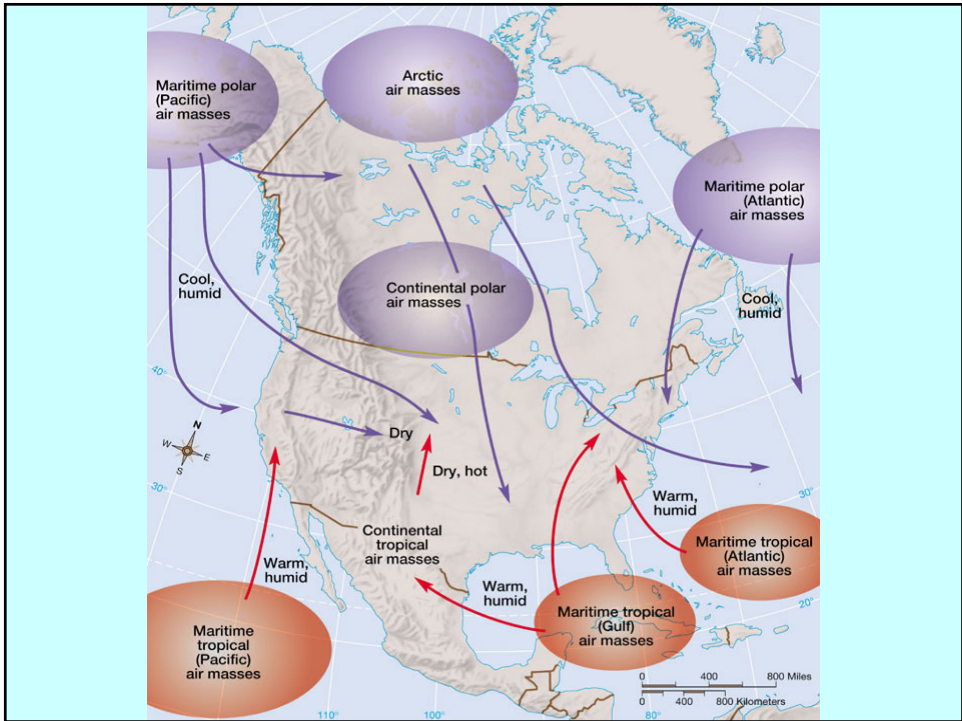
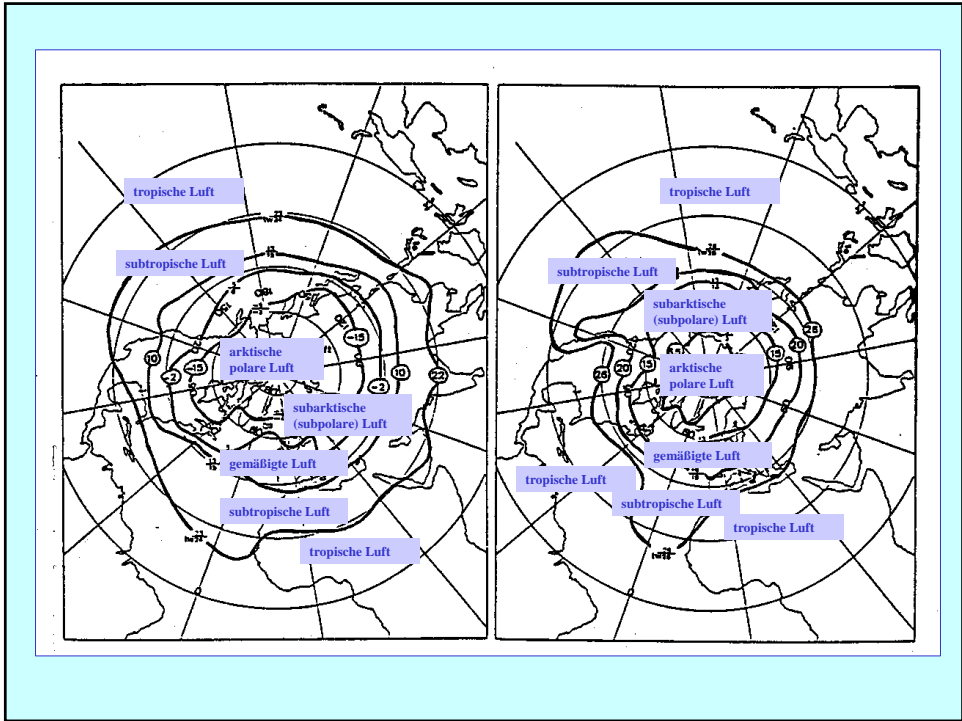
gemäßigte Luft (N)

subtropische Luft (T<sub>s</sub>)

Tropikluft (T).

Das nächste Bild zeigt die Verteilung dieser Hauptluftmassen auf der Nordhalbkugel.



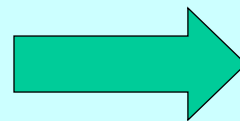


## Transformation von Luftmassen

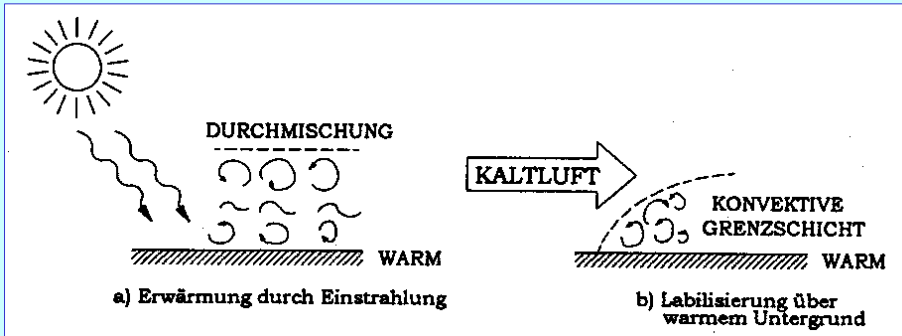
- Eine längere Verweildauer der Luft in einem bestimmten Gebiet setzt geringe horizontale und vertikale Luftbewegung voraus.
- Diese Bedingung ist in ausgedehnten, nahezu ortsfesten Hochdruckgebieten erfüllt, z.B. Subtropenhoch über den Azoren, Kältehoch über Sibirien, und in sich auflösenden, windschwachen Tiefdruckzonen.
- Diese Gebiete werden **Entstehungsgebiete** oder **Quellgebiete** genannt.
- Auf Grund der atmosphärischen Zirkulation strömen die Luftmassen von ihren Entstehungsgebieten auch in anderen Regionen (z.B. Polarluft über warmes Meerwasser).

## Transformation von Luftmassen

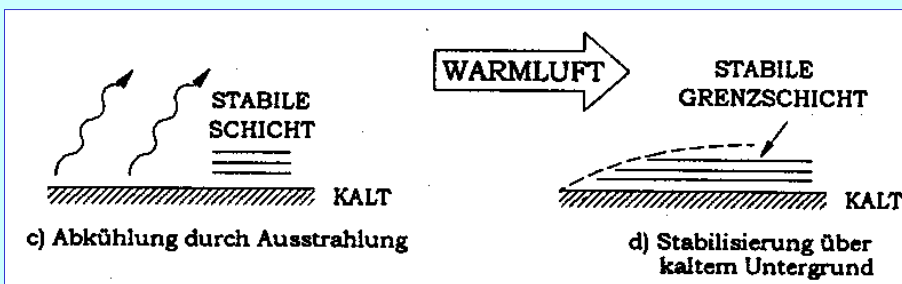
- Bei weitem Transportweg führen die neuen Untergrund- und Strahlungsbedingungen zu einer Umwandlung (**Transformation**).
- Diese Veränderungen haben großen Einfluss auf die Wetterverhältnisse in der Luftmasse.
- Es gibt verschiedene Mechanismen für Luftmassen-transformation.
- Einige dieser Mechanismen werden im nächsten Bild gezeigt.



## Erwärmung durch Einstrahlung



## Abkühlung und Ausstrahlung



## Labilisierung über warmen Untergrund



e) Feuchtezunahme durch Verdunstung

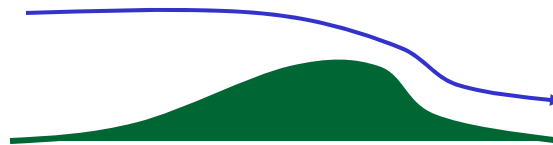


f) Feuchteabnahme durch  
Ausregnen

## Absinken

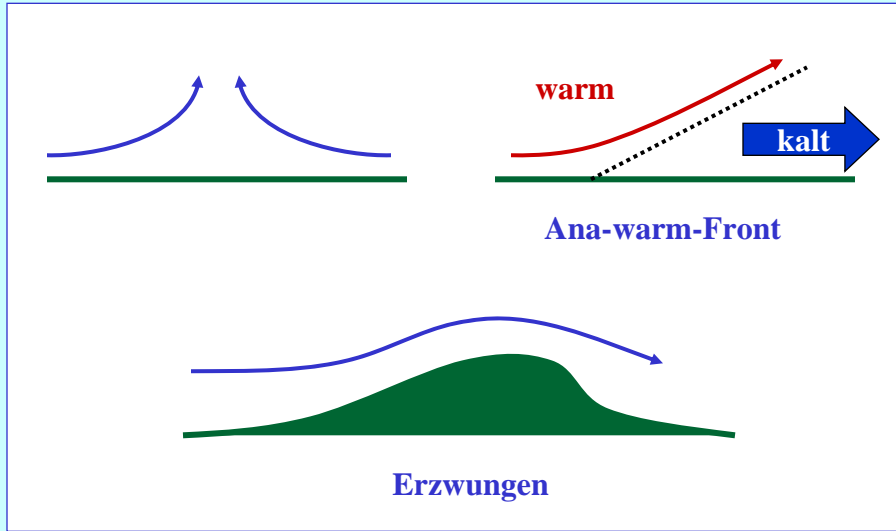


Kata-warm-Front

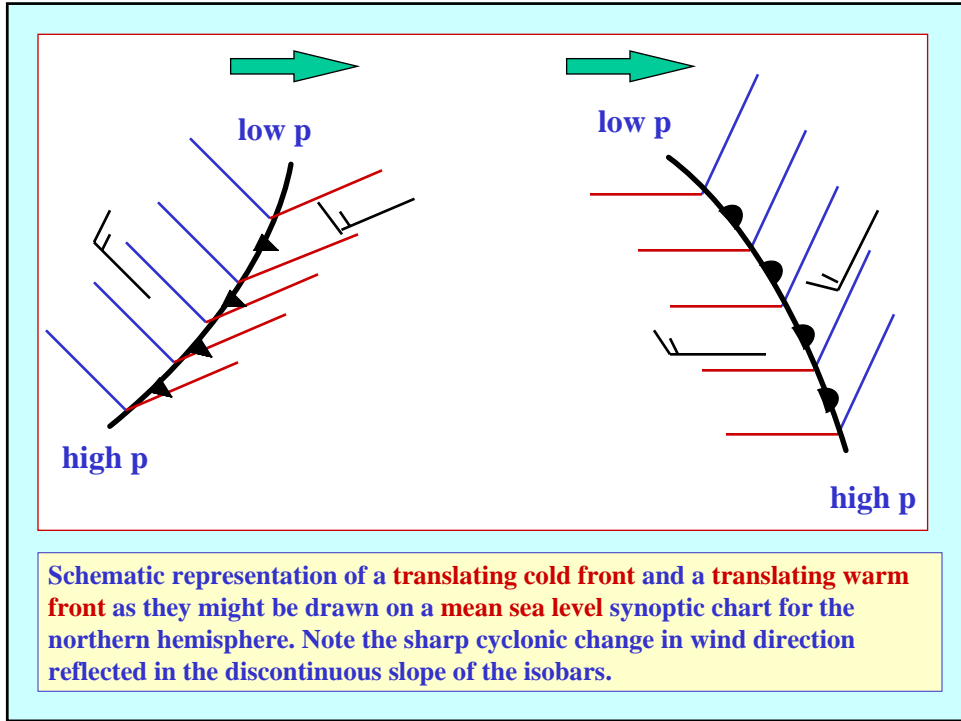


Föhn

## Hebung



**Ende**



Schematic representation of a **translating cold front** and a **translating warm front** as they might be drawn on a **mean sea level synoptic chart** for the northern hemisphere. Note the sharp cyclonic change in wind direction reflected in the discontinuous slope of the isobars.