

Wetterkundeunterricht





Meteorologie

meteoros *(griech.)*

„in der Luft schwebend“

logos *(griech.)*

„das Wort, die Lehre“

Meteorologie

„Lehre von den Wolken und
Niederschlägen in unserer Atmosphäre“

Meteorologie

Inhalt A-Prüfung:

- Physikalischer Aufbau der Atmosphäre (Troposphäre, Stratosphäre)
- Luftdruck,-Lufttemperatur, Luftdichte
- Druck – und Temperaturabnahme mit der Höhe
- Räumliche und zeitliche Änderung des Luftdruckes, Isobaren

Meteorologie

Inhalt B-Prüfung:

- Wasserhaushalt der Atmosphäre
- Luftfeuchte, Taupunkt, Verdampfung, Kondensation, Sublimation, Adiabatischer Vorgang
- Meteorologische Beobachtungen und Messungen
- Instrumente, Maßeinheiten und Verfahren zur Messung von Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Boden- und Höhenwind, Sicht, Wolken, Niederschlag
- Wolkenentstehung der verschiedenen Arten, internationale Wolkeneinteilung, Stockwerksgliederung, allgemeine Wolkencharakteristiken, Niederschläge, Niederschlagformen, Niederschlagarten, Auswirkung des Niederschlages auf Flugdurchführung

Meteorologie

Inhalt C-Prüfung:

- ICAO- Standardatmosphäre; QFE, QFF, QNH, ICAO-Standardhöhe (Pressure Level) QNH- Standardhöhe (QNH altitude), Berechnung der Sicherheitshöhe über Hindernissen (terrain clearance) Druckgebilde der gemäßigten Breiten, Wetterbedingungen und Wolkenstruktur
- Wetterfolgen bei stabil und labil geschichteten Luftmassen und in Warmfront, Kaltfront, Okklusion, Konvergenzen, Hochdruckkeil
- Wind in Bodennähe, Wind in Abhängigkeit vom horizontalen Druckgradienten, Isobarenverlauf und Windrichtung in Bodennähe und Drehung mit der Höhe, lokale und erdweite Windsysteme, Einfluß des Erdreliefs und der Bodenreibung auf den Wind, Stau, Föhn, Böen
- Turbulenz: orografisch, Scherflächen, Richtung, Stärke, Inversion, Begriff und Bedeutung
- Bedingung für Gewitterbildung, Einteilung und Entstehung von Gewitter, Gefahrenmomente bei Flügen durch Gewitter, Auswirkungen von Blitzschlag und statischer Aufladung, Wahl des Flugweges bei Gewitterlagen

Meteorologie

Leider nicht Bestandteil der Methodik
Segelflugausbildung Mai 2003:

ABER unentbehrlich für den Segelflug:

- Thermik, Entstehung, Nutzung, Vorhersage
- Flugwetterberatung, GAFOR, PC_met

Zusammensetzung der Luft

- **Trockene Luft:**

- Stickstoff 78 %
- Sauerstoff 21 %
- Edelgase 1 %

- **Feuchte Luft:**

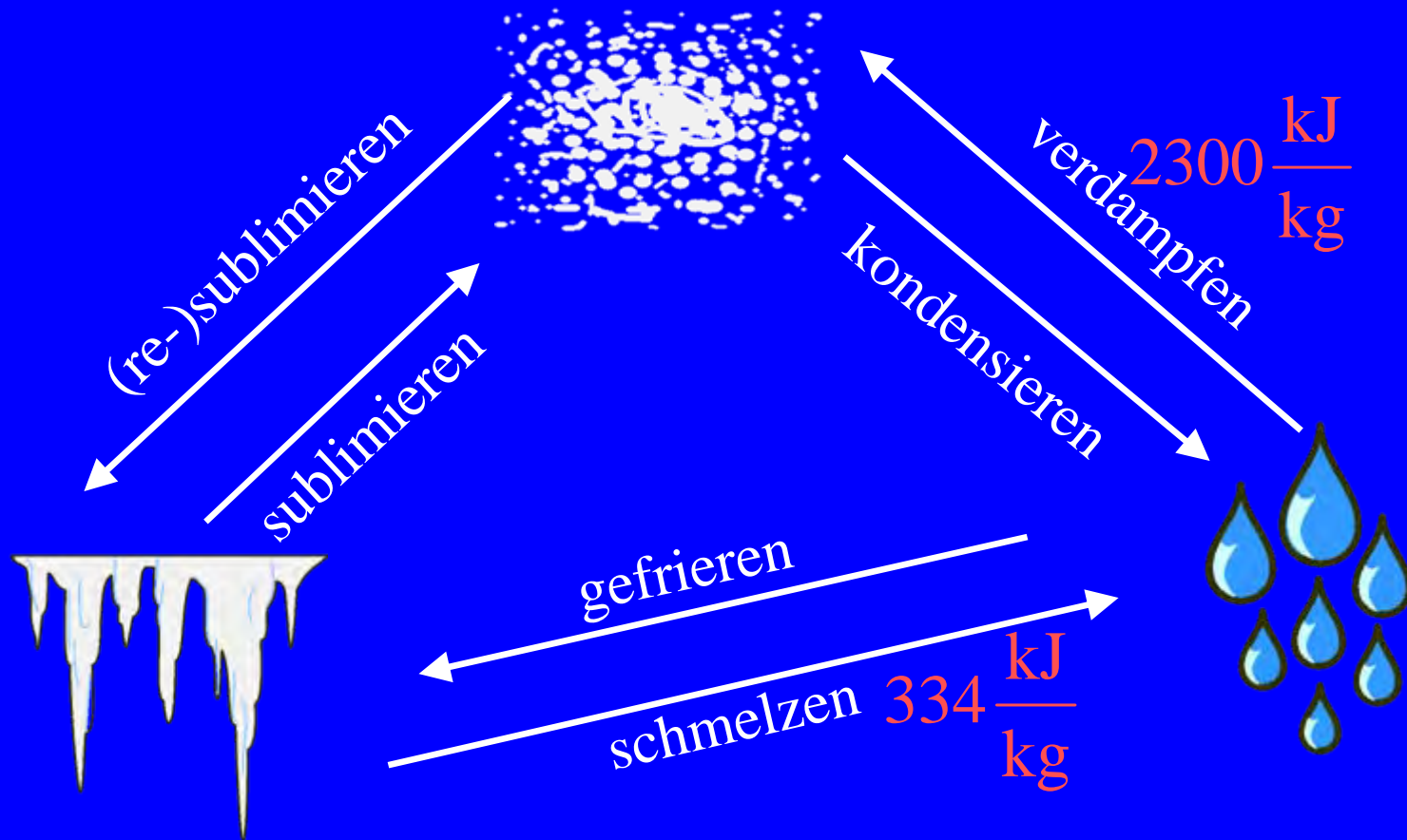
- zusätzlich 0...4 Volumen - % Wasserdampf

- **Industrielle Regionen:**

- nicht zu vernachlässigender Anteil an CO₂
0,033 ... 0,035 %

Wasser in der Atmosphäre

... bis zu 4% in unterschiedlichen Aggregatzuständen



Wetter ...

...Erscheinungen, die bei einem bestimmten **Zustand** und bei der **Änderung des Zustands** der Atmosphäre auftreten.

Zustandsgrößen der Atmosphäre:

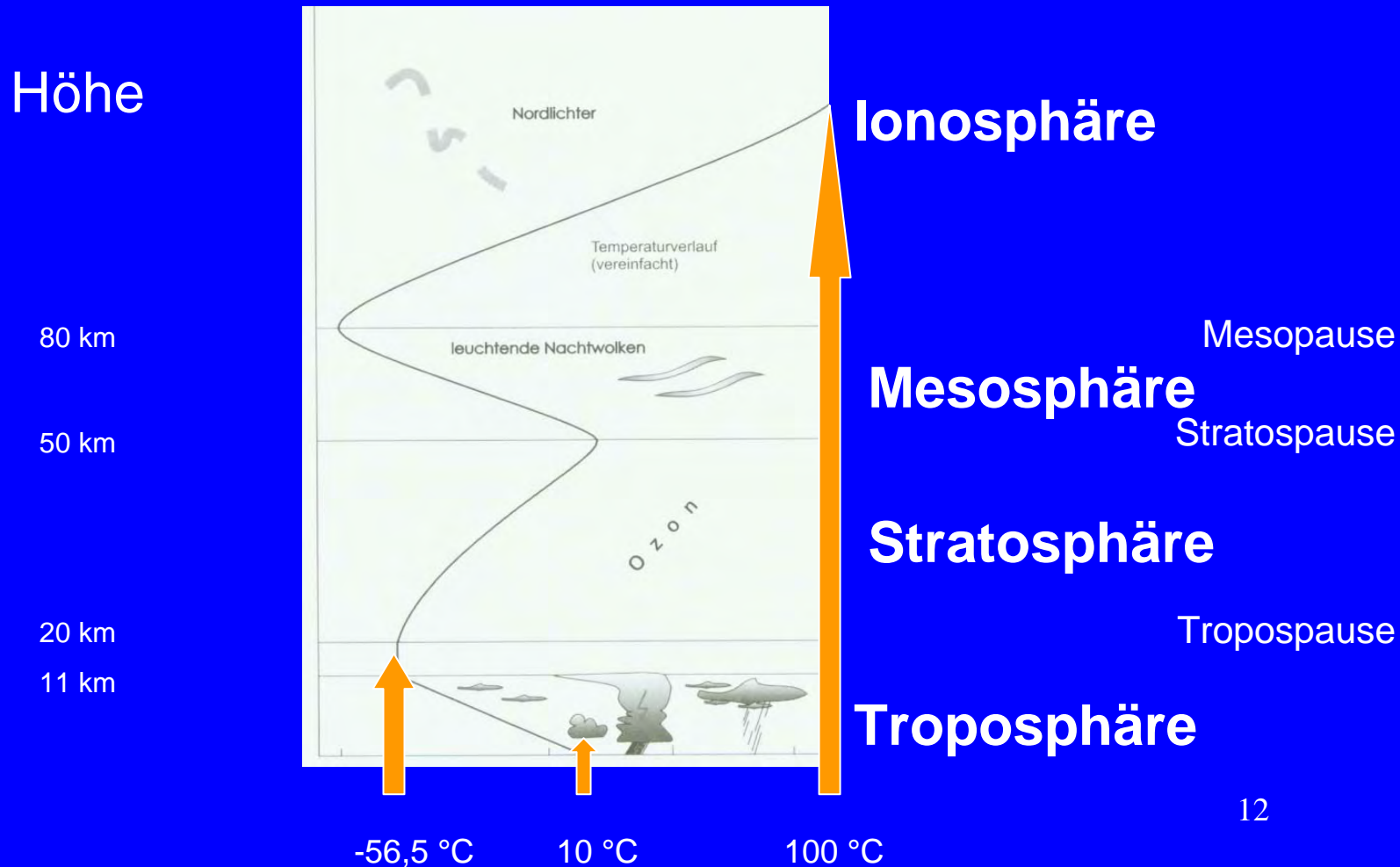
- Luftdruck
- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit



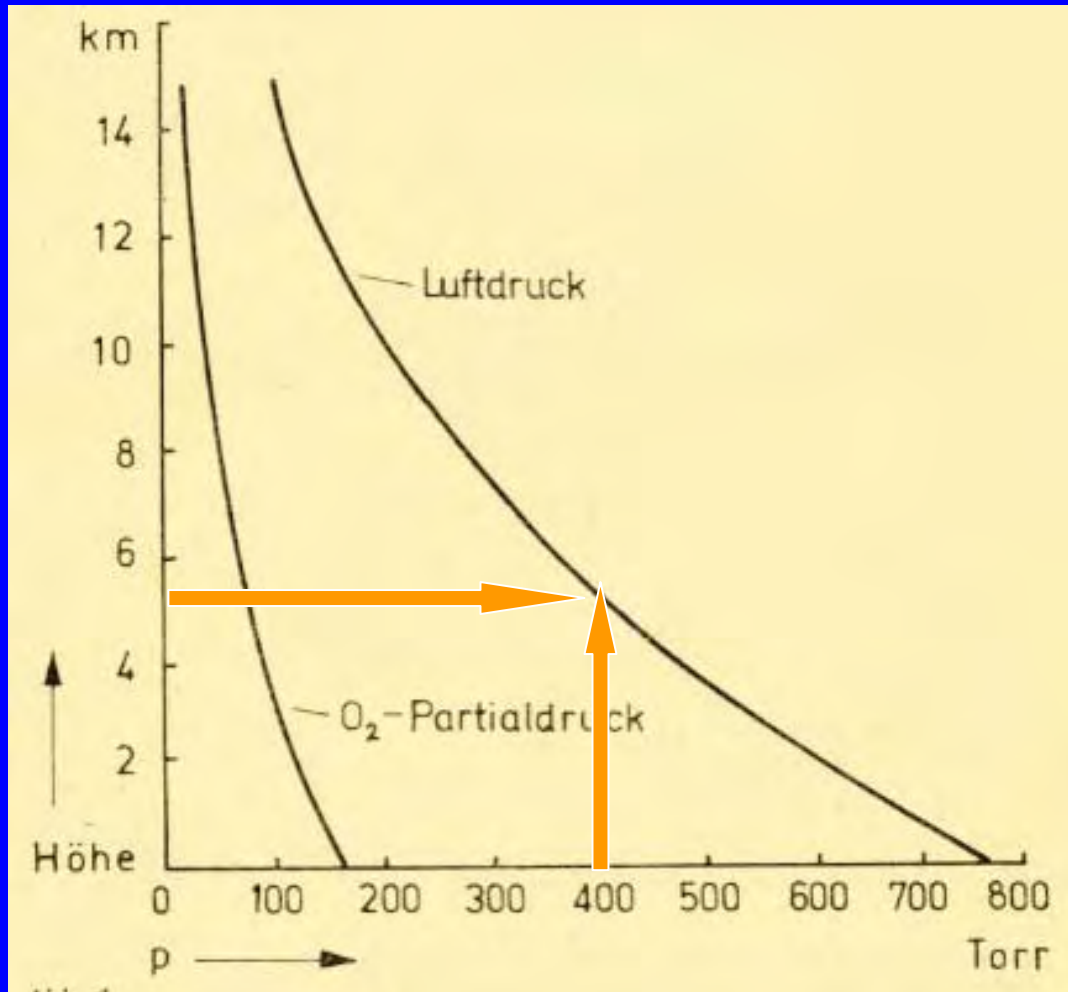
Atmosphäre

- Schwerkraft hindert Gashölle am Entweichen in's All
- Gewicht der Luft lastet auf Erde => Luftdruck
- Abnahme des Luftdruckes bis ca. 80 km bei gleicher Zusammensetzung, darüber überwiegen leichtere Gase, vor allem H₂
- auf Meeresniveau im Durchschnitt : 1013,2 hPa
- Luftdruck nimmt nichtlinear mit Höhe ab
- => 5.500m MeanSeaLevel (18.000ft) = ½ Normaldruck
- Temperaturabnahme in Troposphäre
- darüber Isothermie oder Inversion

Aufbau der Atmosphäre

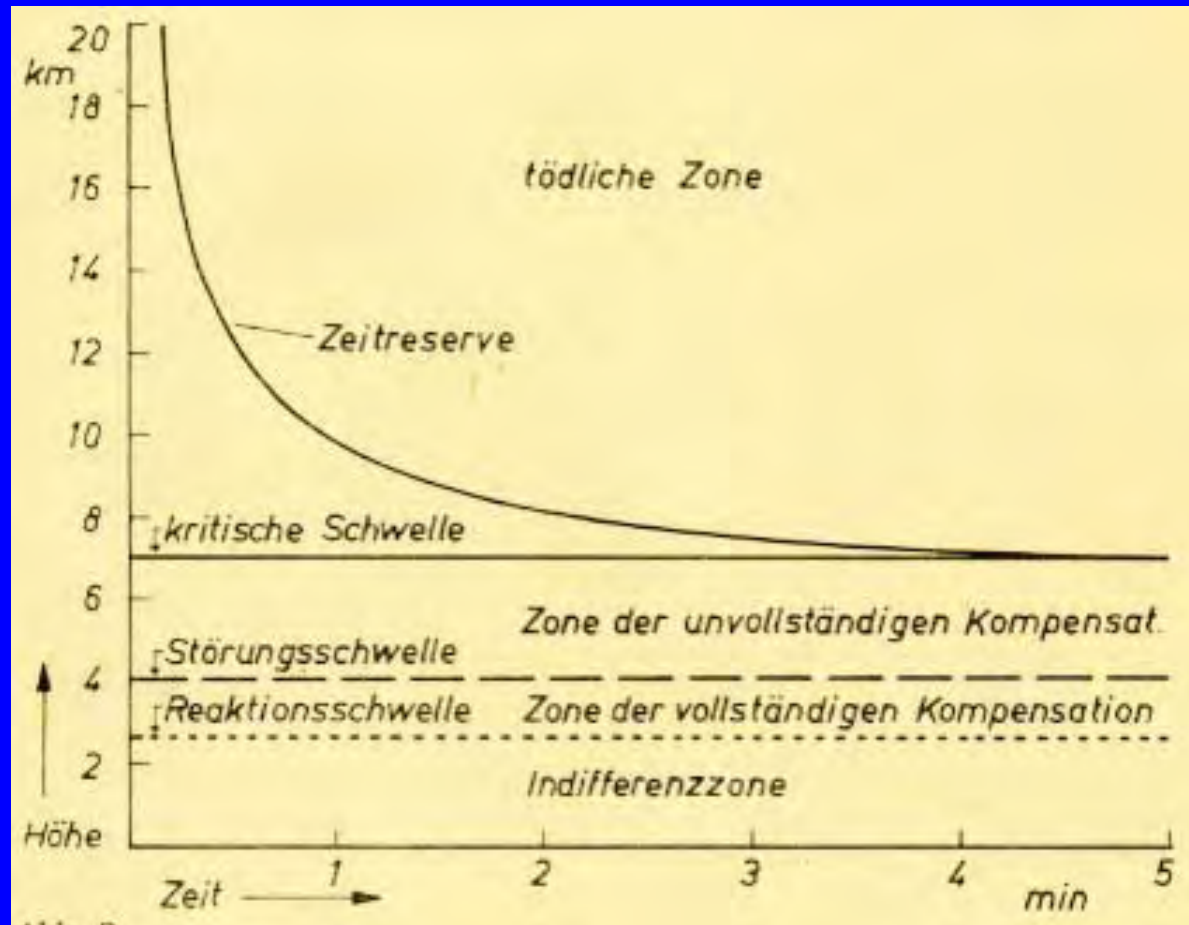


Höhenabhängigkeit des Luftdrucks und O₂-Partialdruck



5.500 m (18000 ft)
½ des Normaldrucks

Physiologische Höhenabhängigkeit / Zeitreserve



Der Luftdruck



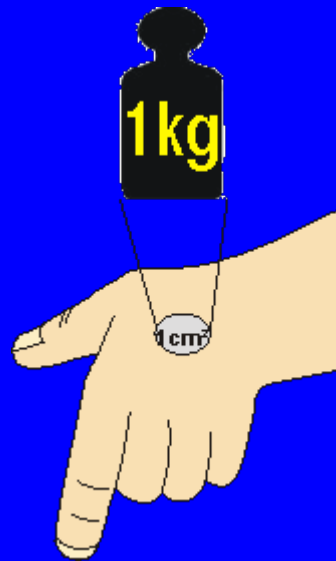
Otto von Guericke demonstriert 1654 dem Regensburger Reichstag die Wirkung des Luftdrucks

Luftdruck

- Gas dehnt sich unendlich weit aus, wenn es nicht durch andere Kräfte daran gehindert wird
- Luftdruck = Gewicht der Luftsäule übt Druck aus
- Luftdruck wirkt allseitig (statischer Druck)

Der Luftdruck

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}} = \frac{\text{Gewichtskraft der Lufthülle}}{\text{Erdoberfläche}} \approx 100\,000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$



$\approx 1013 \text{ hpa}$

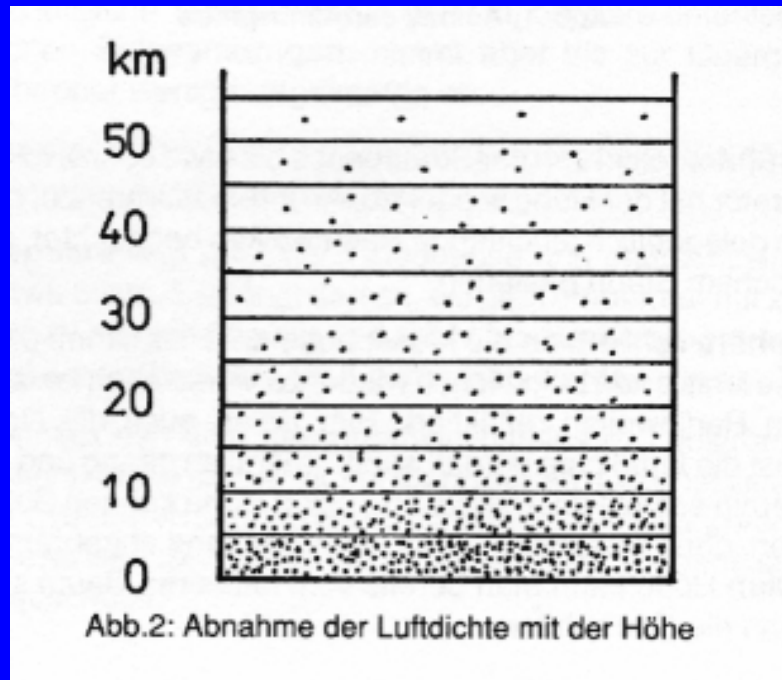
Luftdruck

= Gewicht der Luftsäule pro Flächeneinheit
daher nimmt Luftdruck mit der Höhe ab
(Barometrische Höhenformel)

0 m Höhe	:	1mb = 1 hPa	→ 8m
3.000 m Höhe	:	1mb = 1 hPa	→ 11m
5.500 m Höhe	:	1mb = 1 hPa	→ 16m

Luftdichte

Luftdichte = Dichte der Luftpartikel/Volumeneinheit



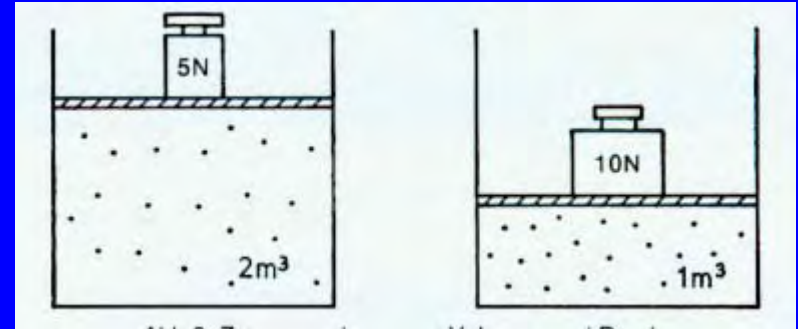
Achtung !!!
Profil am Tragflügel oder
am Propeller braucht
Luftpartikel (Luftdichte)
um Auftrieb (Vortrieb)
zu erzeugen

Volumenänderung der Luft

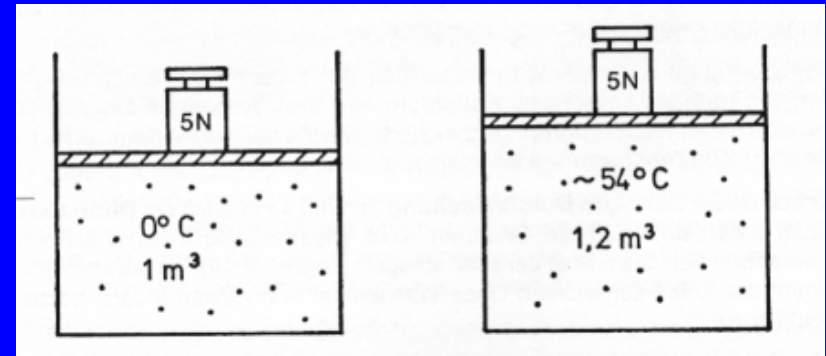
Abhängigkeit vom Druck:

$$P \cdot V = \text{konstant}$$

(Boyle 1627...91)



Luftdichte verringert sich
mit steigender Temperatur,
wenn Luftdruck konstant bleibt



Erwärmung der Luft

- Rel. großer Abstand der Luftpartikel verhindert direkte Erwärmung der Luft durch infrarote Wärmestrahlung der Sonne
- Erhitzung der Erdoberfläche (je nach Beschaffenheit)
- Erwärmung der darüber liegenden Luft durch Wärmeleitung
- diese wird leichter, steigt auf und neue kühlere Luft strömt nach (Konvektion)
- Zusätzlich zur Konvektion erwärmt auch Wärmestrahlung der Erde die darüber liegende Luft
- Lufttemperatur ist Maß für den Energiegehalt der Luftmasse
- Volumenzunahme von $1/273$ pro $^{\circ}\text{C}$ bei konstanten Luftdruck

Luft

- druck, - temperatur, - dichte

- **Luftdruck, Lufttemperatur und Luftdichte sind direkt voneinander abhängig.**
- **Verändert man eine Größe, werden die beiden anderen ebenfalls beeinflusst**

Wetterfaktoren

Alle Erscheinungen des Wetters lassen sich
letztendlich auf das Zusammenwirken von

Luftdruck

Lufttemperatur

Luftfeuchtigkeit

zurückführen.

Standardatmosphäre

ICAO (International Civil Aviation Organisation)

auf Meereshöhe:

- 1013,2 hPa
- 15 ° C
- Luftdichte 1,226 kg/m³
- Rel.Luftfeuchte 0 %

Höhenabnahme:

Temperatur	6,5 ° /1000m vom Boden bis 11km
Luftdichte	10 % /1000m

Höhenmessereinstellung

< 5.000 ft (1524m) GND :

QNH des nächsten Flugplatzes

> 5.000 ft (1524m) GND :

Standardhöhenmessereinstellung 1013,25 hPa

Transponder (= Squawk) nur für BRD:

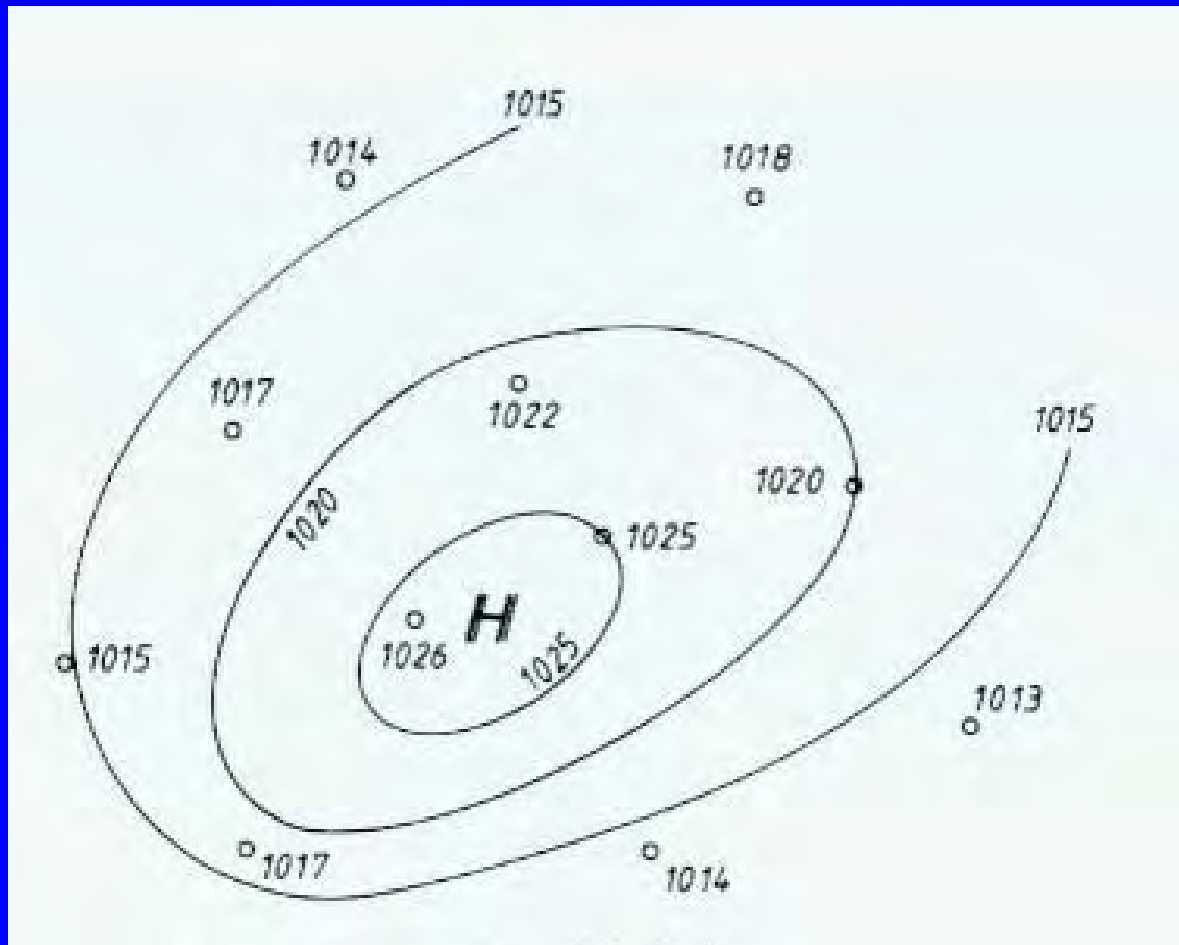
< 3.500ft GND oder < 5000 ft MSL: Code 0021 Mode C

> 3.500ft GND oder > 5000 ft MSL: Code 0022 Mode C

Räumliche und zeitliche Luftdruckänderung

- Auslöser für Veränderung der Luftdichte und damit des Luftdruckes sind immer Temperaturschwankungen
- Jahreszeitliche Schwankungen
- Tageszeitliche Schwankungen
- unregelmäßige, wetterdynamische Schwankungen
- Luftdruck in Meereshöhe 960hPa ... 1040 hPa

Isobaren = Verbindungslinien gleichen Luftdruckes



Wind

Windgeschwindigkeit in Knoten (kt)

$$1\text{kt} = 1 \text{ Nm/h} = 1,852 \text{ km/h}$$

Winkelangabe aus der Richtung

Westwind

270 °



Südwind

180 °



Ende der Theorie zur A – Prüfung:
Theoretische Zulassung zum 1. Alleinflug 📢

Pause ???

Meteorologie

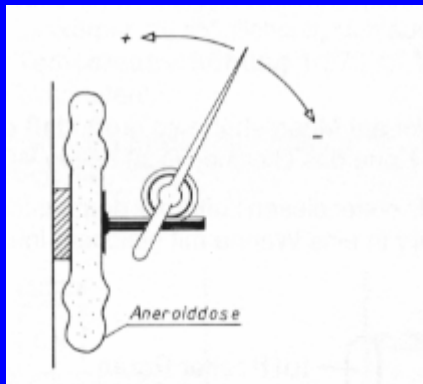
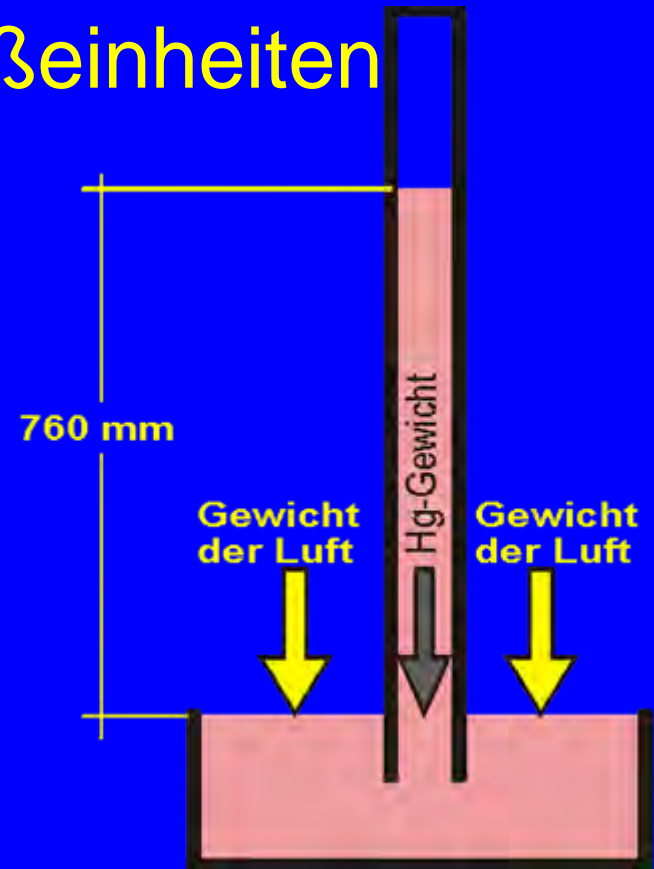
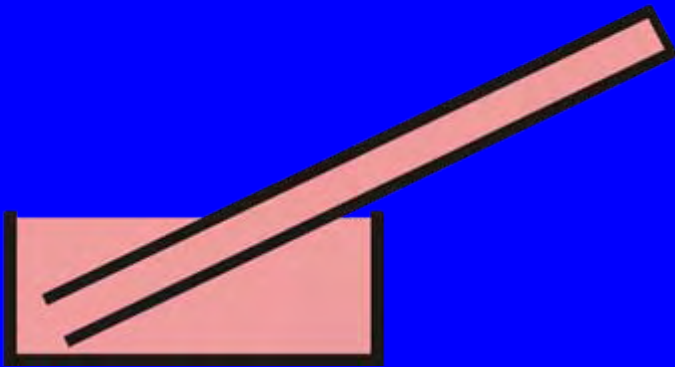
Inhalt B-Prüfung:

- Wasserhaushalt der Atmosphäre
- Luftfeuchte, Taupunkt, Verdampfung, Kondensation, Sublimation, Adiabatischer Vorgang
- Meteorologische Beobachtungen und Messungen
- Instrumente, Maßeinheiten und Verfahren zur Messung von Luftdruck, Lufttemperatur, Luftfeuchte, Boden- und Höhenwind, Sicht, Wolken, Niederschlag
- Wolkenentstehung der verschiedenen Arten, internationale Wolkeneinteilung, Stockwerksgliederung, allgemeine Wolkencharakteristiken, Niederschläge, Niederschlagformen, Niederschlagarten, Auswirkung des Niederschlages auf Flugdurchführung

Meßinstrumente und Maßeinheiten

Luftdruck

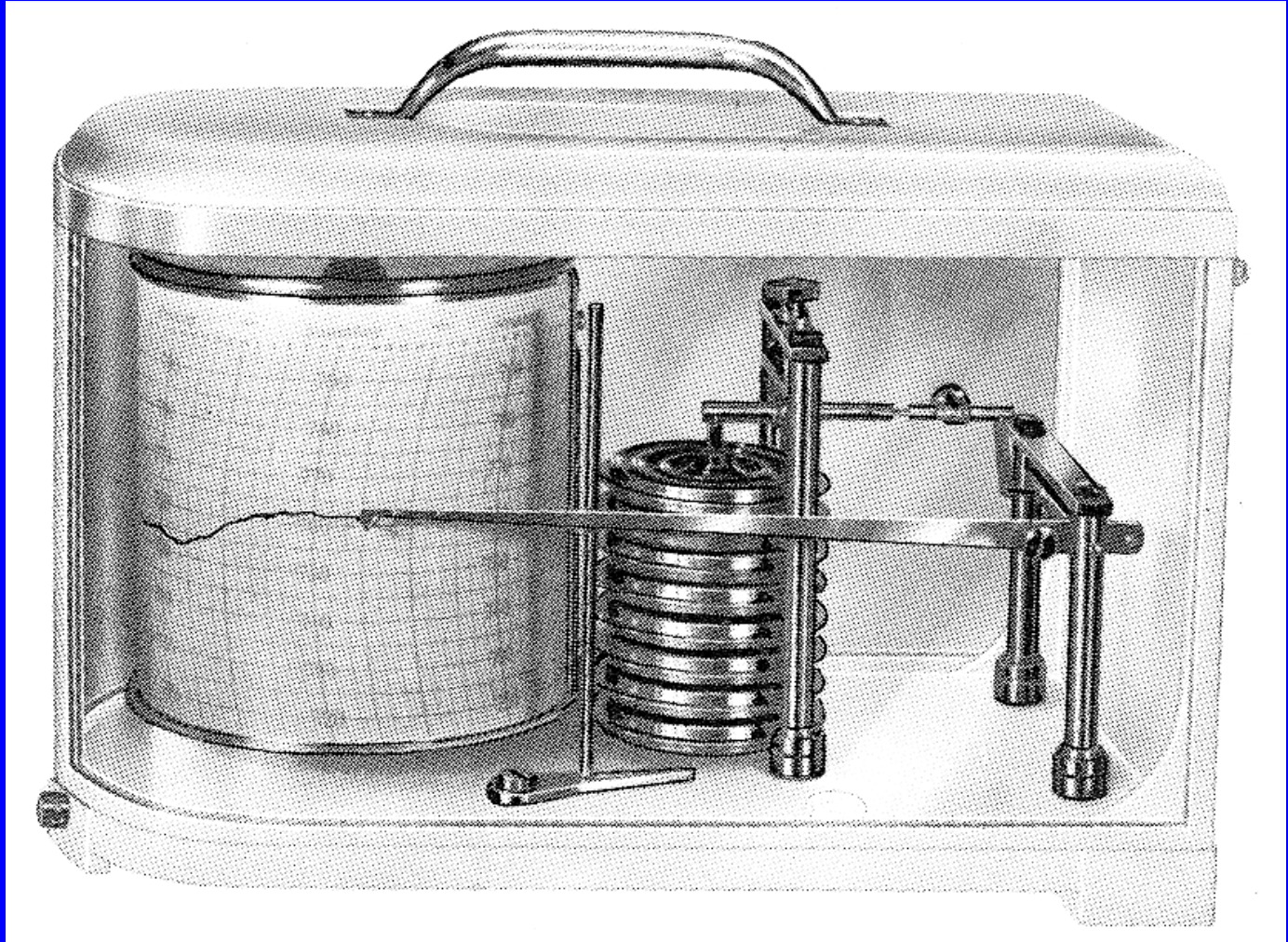
Evangelista Torricelli (1608...1647)
experimentierte mit einem mit Quecksilber
gefülltem Rohr in einem Quecksilberbad



Dosen-
barometer

**760 mm Hg
= 760 Torr
= 1013,25 hPa
= 1013,25 mb**

Messung des Luftdrucks



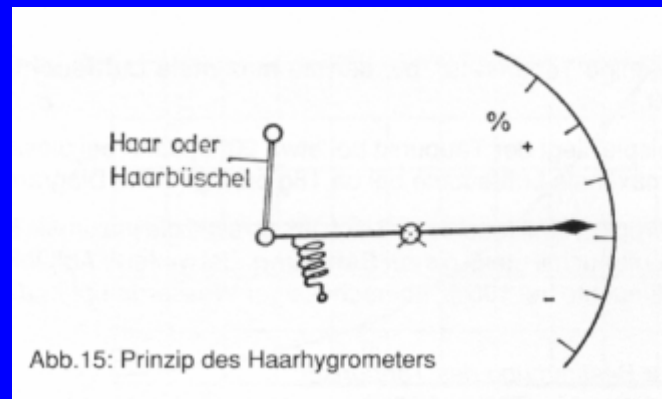
Barograf

Meßinstrumente und Maßeinheiten

Lufttemperatur, Luftfeuchte

Lufttemperatur: $^{\circ}\text{C}$,
vom abs. Nullpunkt Kelvin(K)
schattige, gut belüftetet Meßhütten

Luftfeuchte Haarhygrometer:



Meßinstrumente und Maßeinheiten

Boden- / Höhenwind

- Wind = horizontale Luftbewegung
- Böigkeit = plötzliche Änderung Richtung und / oder Geschwindigkeit

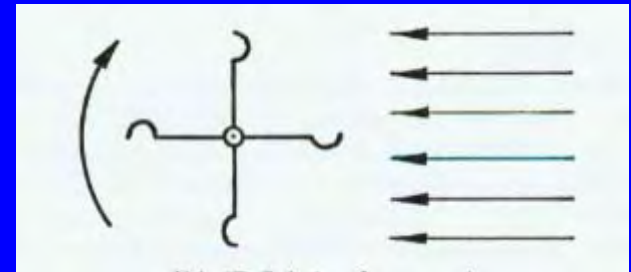
Windstärke :

1 kt = 1,852 km/h

1 m/s = 3,6 km/h

1 m/s = 2 kt

Schalen - Anemometer



Meßdüse,
Windfahne,
Windsack

Meßinstrumente und Maßeinheiten

Sicht, Wolken , Niederschlag

Bodensicht → Landebahnsicht in m bzw. km
Feststellung durch amtliche Person

Bodensicht <1 km : Nebel

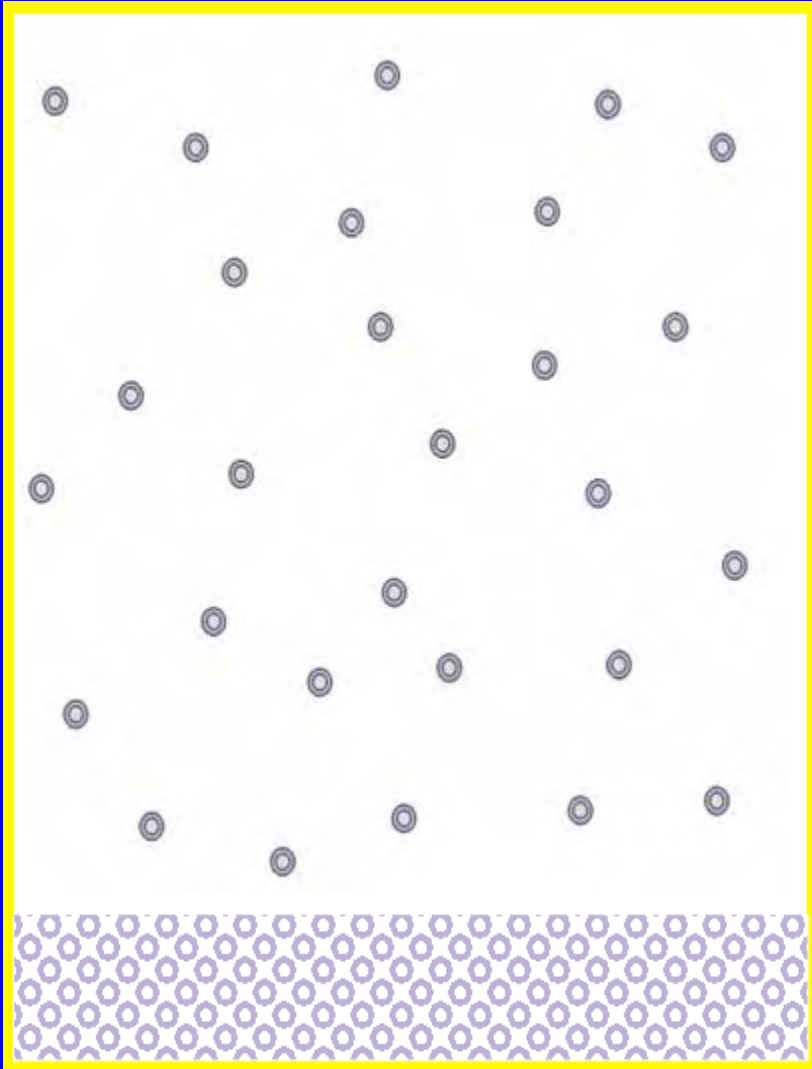
Niederschlag : mm entspricht l / m²

Erkennbare Wettererscheinungen

Dunst : Staubteilchen in Luft
1..8 km Sicht

Nebel : Wassertropfen in Luft
< 1km Sicht

Luftfeuchtigkeit



Der Sättigungsdampfdruck und damit die Menge des maximal in der Luft befindlichen Wasserdampfs ist einzig und allein **temperaturabhängig!**

Luftfeuchtigkeit

°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40
hPa	6,1	8,7	12,3	17	23,4	31,7	42,4	56,2	73,8
g/m³	4,85	6,8	9,4	12,8	17,3	23,1	30,4	39,6	50,2

max. Feuchte: 5 10 15 20 25 30 g/m³

abs. Feuchte: Die tatsächlich in der Luft
enthaltene Wasserdampfmenge,
ausgedrückt in g/m³

Temperaturabhängigkeit der maximalen Luftfeuchte

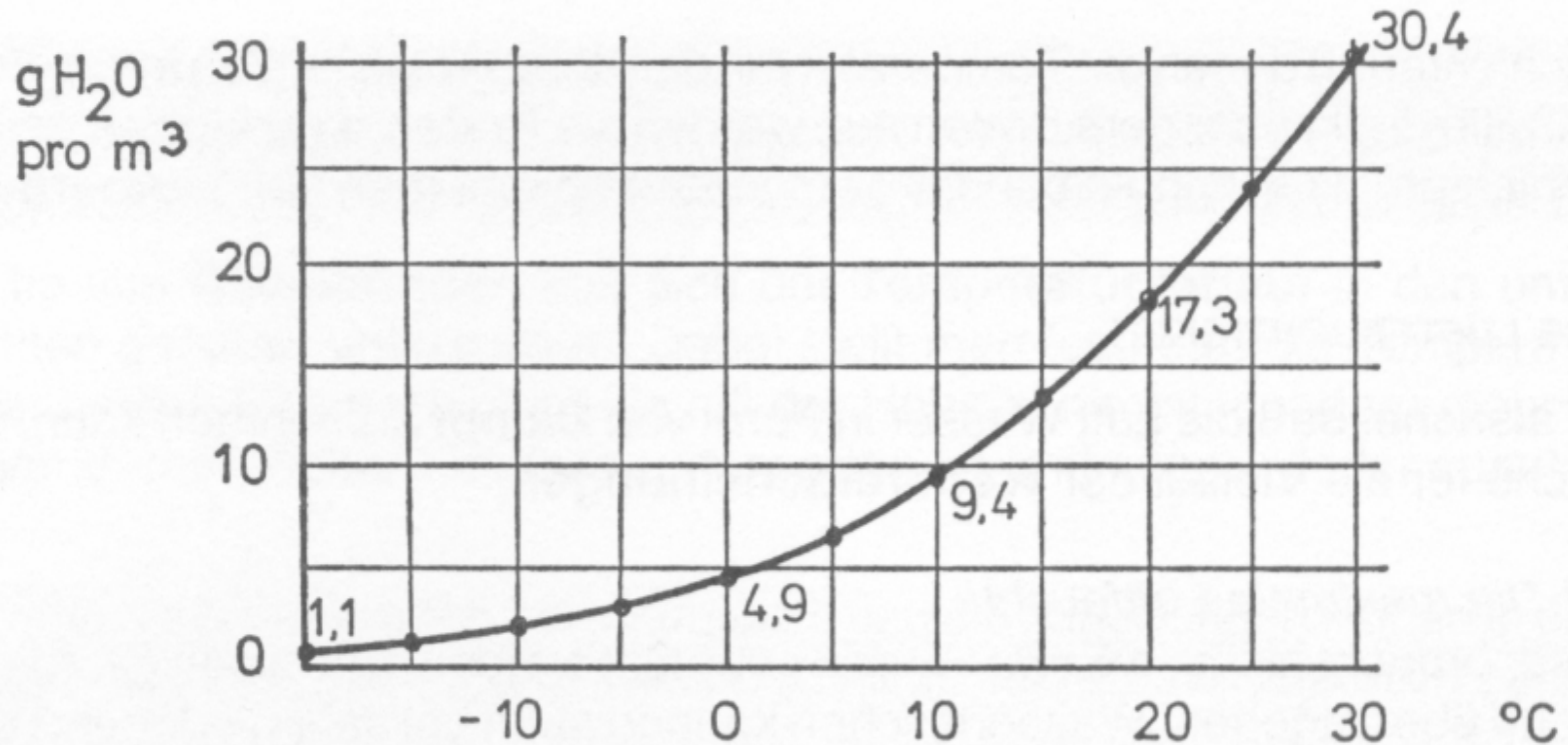


Abb.14: Diagramm für maximale Luftfeuchte

Luftfeuchtigkeit

Beispiel:

In Luft von 25°C sind 15 g/m³ Wasserdampf enthalten.

25 g/m³ könnten aber maximal drin sein!

Ergebnis:

Die Luft enthält nur 3/5 (= 60%) der möglichen Feuchte.

Dies bezeichnet man als „relative Feuchte“

Relative Luftfeuchte

$$\text{rel. Luftfeuchte} = \frac{\text{tatsächlicher Wasserdampfgehalt}}{\text{maximaler Wasserdampfgehalt}}$$

$$F_{\text{rel}} = \frac{F_{\text{abs}} \cdot 100}{F_{\text{max}}} [\%]$$

Luftfeuchtigkeit

$$T = 20^{\circ}\text{C}, F_{\text{rel}} = 80\% \quad \longrightarrow \quad F_{\text{abs}} = 16 \text{ g/m}^3$$

16 g/m³ sind bei einer Lufttemperatur von 16 °C die maximale Feuchte!

Die Luftmasse kann sich bis auf 16 °C abkühlen, dann tritt Kondensation ein,

man sagt: der **Taupunkt** liegt bei 16 °C

Die Differenz zwischen der aktuellen Lufttemperatur und dem Taupunkt, also 4°C, ist die **Taupunktdifferenz**,

auch **spread** genannt.

Kondensation

Spread = Null =>

Temperatur nähert sich Taupunkt → Kondensation

Übergang flüssig → gasförmig **Verdampfen**

Zuführung von Verdampfungswärme notwendig,

d.h. **Wärme wird verbraucht**

Übergang gasförmig → flüssig **Kondensation**

Es wird Kondensationswärme (in identischer Größe zur vorher
aufgebrachten Verdampfungswärme) **wieder frei**

d.h. **Wärme wird frei**

Taupunkt / Temperatur

Wasserdampf : gasförmiges Wasser in der Luft

Kondensation : Überschreitung der Aufnahmefähigkeit
in Luft → Dunst ; Nebel
an Gegenständen → Tau

Sublimation : „Kondensation“ unter Gefrierpunkt
Verdunstung von Eis und umgekehrt

Temperatur-Schwelle heißt Taupunkt

(Dew Point)

Taupunktdifferenz = SPREAD (Verteilung; Streuung; Ausbreitung)

Differenz :

Taupunkt \Leftrightarrow akt. Temp. = Taupunktdifferenz / SPREAD

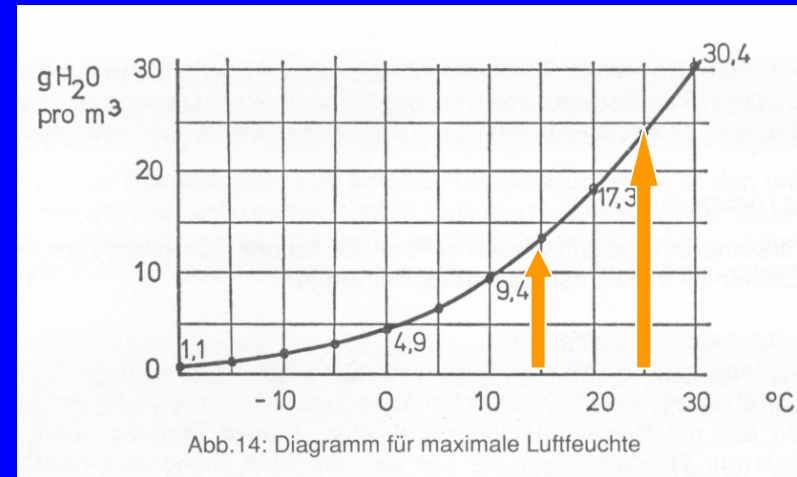
19 ° C \Leftrightarrow 23 ° C = 4 ° C Taupunktdifferenz / SPREAD

Beispiel:

Luftmasse 1kg mit 25°C und 80 % rel. Luftfeuchte

max. aufnehmbar 23 g Wasser
IST: 80 % davon, 18 g Wasser

Abkühlung auf 15 °C
Max. aufnehmbar 13 g Wasser
Kondensation bei ca. 19 °C
5 g Wasser kondensieren



Taupunktdifferenz = SPREAD

Taupunktdifferenz \times 123 = Basishöhe in m

Wie verhalten sich Temperatur und Taupunkt ?

aufsteigender Luft ?	→	Wasserdampfmenge konstant
Taupunktdifferenz		Luft kühlt sich ab
SPREAD	↓	Rel. Luftfeuchte steigt an
		Differenz zum Taupunkt sinkt

absinkender Luft ?	→	Wasserdampfmenge konstant
Taupunktdifferenz		Luft erwärmt sich
SPREAD	↑	Rel. Luftfeuchte sinkt
		Differenz zum Taupunkt steigt

Dunst und Dunstarten

Dunst (haze and mist)

- Trübung der Atmosphäre durch mikroskopisch kleine schwebende Teilchen wird bezeichnet als Dunst.

Dunstarten:

Trockener Dunst (haze):

Rel. Feuchte <80%, feste Teile (Staub, Rauch...)

Oft bei Hochdrucklagen über dem Festland. Sein weißlicher Schleier schwächt die Farbtöne der Landschaft ein.

Feuchter Dunst (mist):

Feuchter Dunst: rel. Feuchte >80%,
feine Wassertröpfchen

Nebel

Nebel wird hervorgerufen durch schwebende Wasser, (manchmal auch Eisteilchen) in bodennahen Luftschichten.

Relative Feuchte bei **100%** (Empfinden: unangenehme Nässe).

Sichten im Gegensatz zu Dunst **extrem gering** ($< 1000\text{m}$).

Nebelfarbe weiß bis grau-blau.

In Industrie- und Ballungszentren auch gelblich (Smog)

Nebelbildung

Voraussetzungen für die Entstehung von Nebel sind:

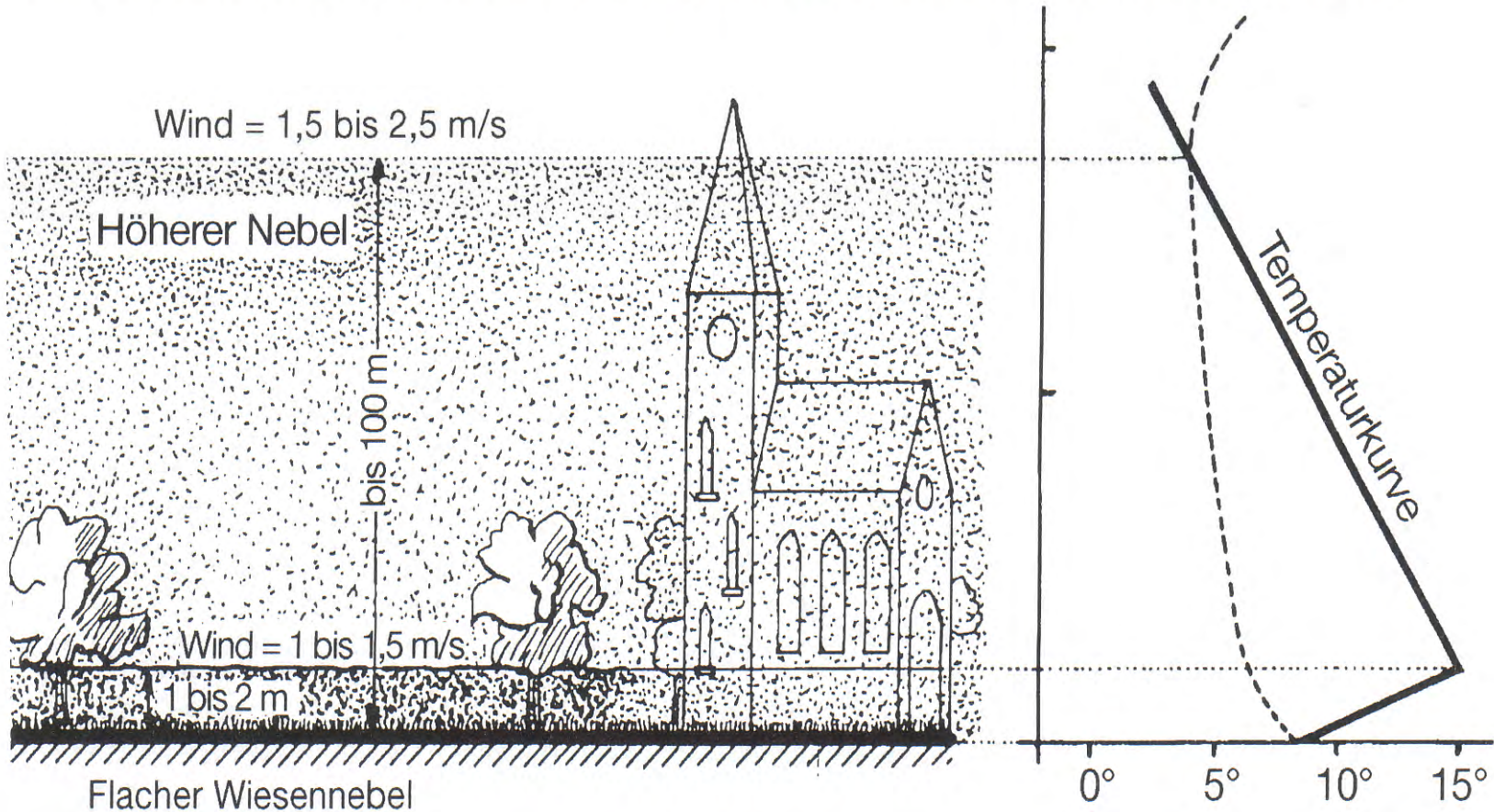
- a) 100 % relative Luftfeuchtigkeit
- b) Vorhandensein von Kondensationskernen

In Bodennähe erreicht Luft diese Sättigung durch:

- a) Abkühlung bis zur Taupunkttemperatur
(Ausstrahlung / Advektion / Hebung)
- b) Zuführung von Wasserdampf
(z.B. aus feuchter Oberfläche)

Nebelarten: Strahlungsnebel

Bei Wind von 4 m/s und mehr: kein Nebel außer vielleicht Hochnebel (Stratus)



Nebelarten: Advektionsnebel

entsteht durch horizontale Verlagerung der Luft:

warme feuchte Luft gelangt über eine kalte Bodenfläche, kühlt von unten her aus, erreicht den Taupunkt und Nebel bildet sich.

Beispiel **Küstennebel**.

Diese Art von Advektionsnebel bildet sich vor allem in den Frühjahrsmonaten, wenn die Wasserflächen noch recht kühl sind und Luftmassen vom schon erwärmten Land mit entsprechender Feuchtigkeit auf das Wasser abfließen. Auf dem offenen Meer bildet sich dann Nebel. Die warme, feuchte Festlandluft wird über das kalte Wasser geführt und kühlt in der unteren Schicht bis zum Taupunkt ab.





Nebelarten: Hangnebel

entsteht wenn feuchte Luft gegen einen Hang gedrückt wird und Aufsteigen muss. Hangnebel liegt am Hang auf (!!!)

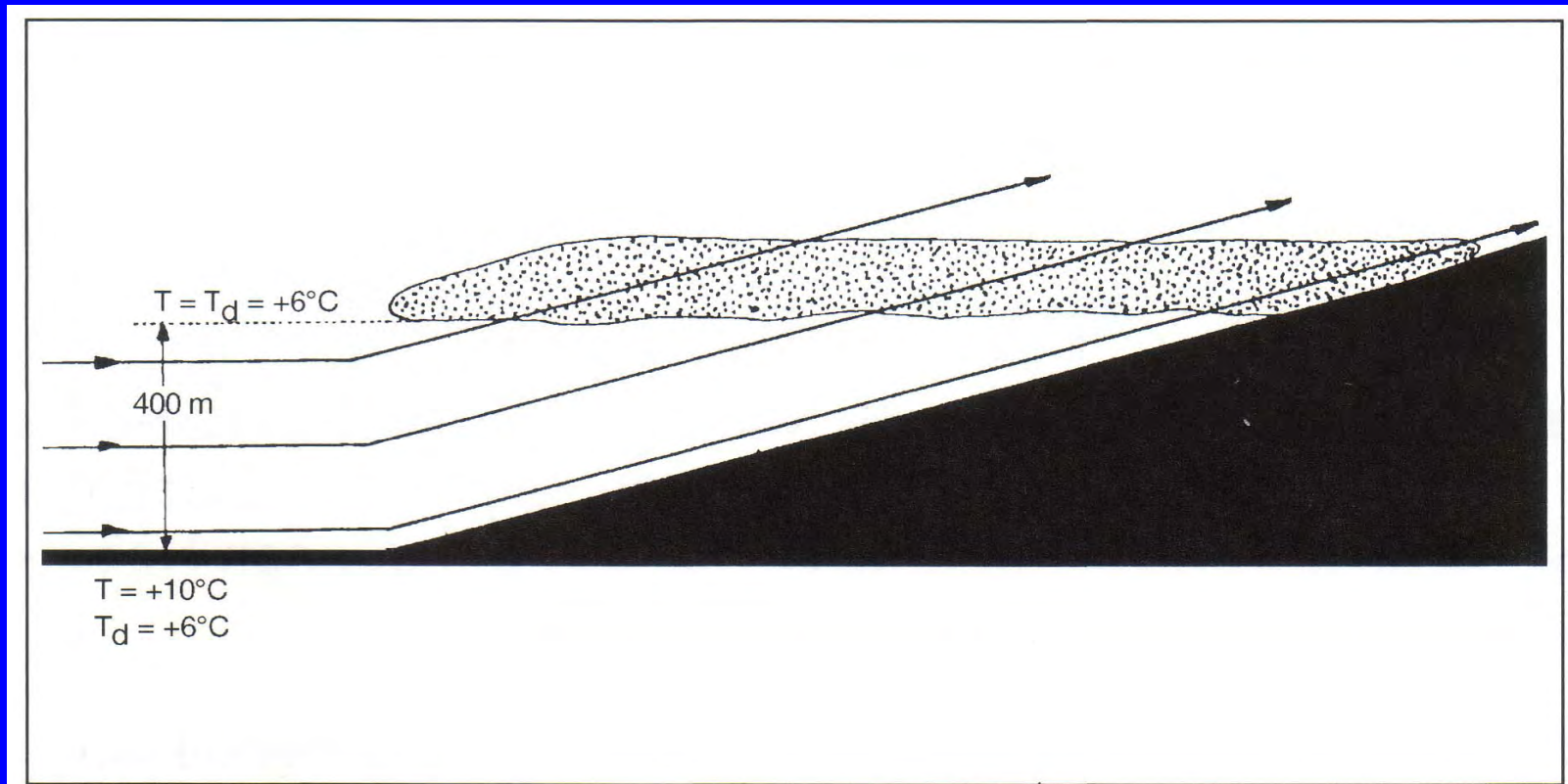


Bild 3.4.57 Hangnebel

Nebelarten

Verdunstungsnebel

entsteht wenn Regen in kältere Luftschicht fällt, die Regentropfen verdunsten und Feuchtigkeitsgehalt der Luft erhöhen bis Taupunkt erreicht ist.

(Frontnebel)

Mischungsnebel

entsteht durch Vermischen zweier verschieden warmer, feuchter Luftmassen. Wärmere Luftmasse vermischt sich mit der kälteren, erhöht deren Feuchte bis zum Taupunkt. Nebel entsteht. Jede Luftmasse für sich könnte keinen Nebel ausbilden.

Noch **Nebelarten**

Seerauch

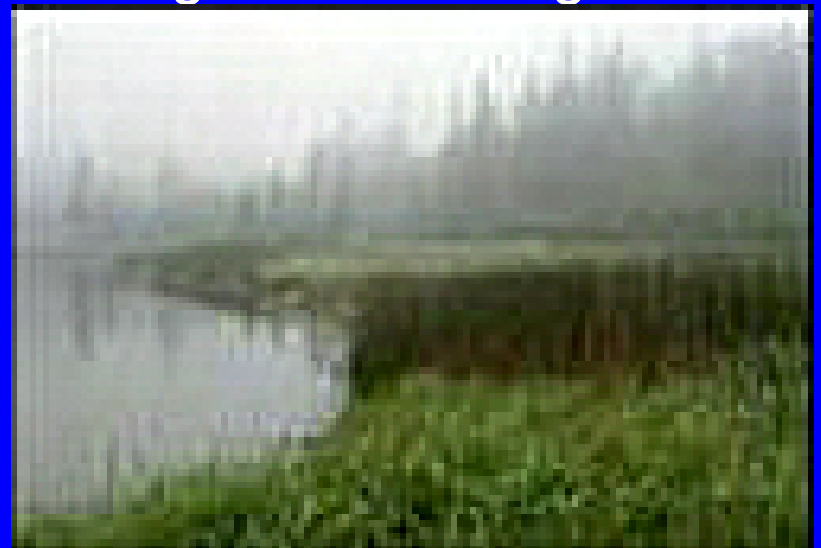
ist eine Art von **Advektionsnebel**, wo warmes Wasser Feuchtigkeit verdampft und diese in der darüber liegenden Kaltluft kondensiert.

Ähnlicher Effekt:

an einem sonnigen Tag nach einem Schauer dampfen Straßen und Dächer.

Besonders im Herbst ist das Wasser der Flüsse und Seen noch wärmer als das stärker abgekühlte umgebende Land, bedingt durch die Ausstrahlungserscheinungen in längeren Herbstnächten.

Die gegenüber dem Land höhere Wassertemperatur bewirkt eine intensivere Verdunstung über dem Wasser.

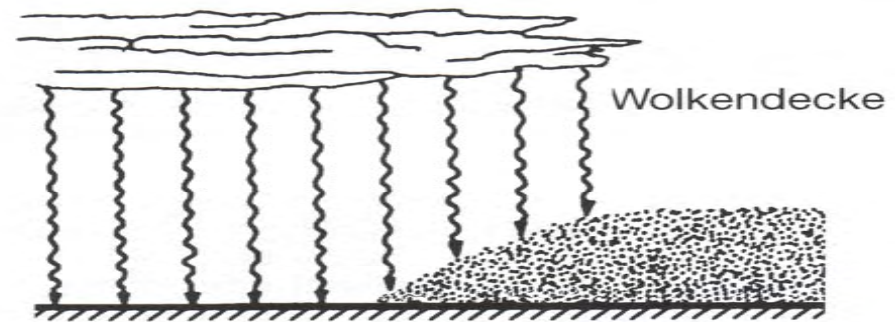
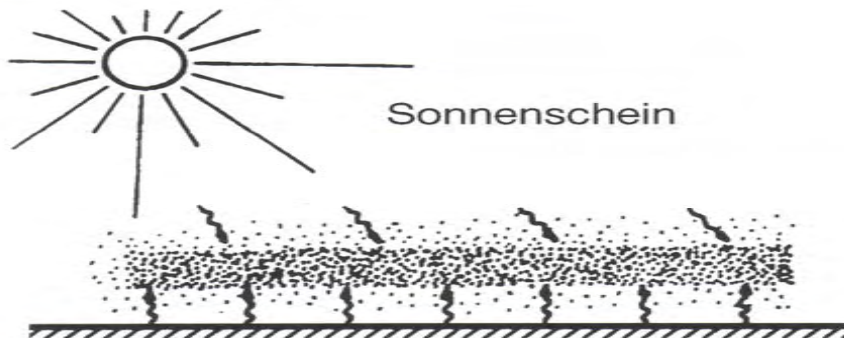


Nebelauflösung

- Alle Vorgänge in der Atmosphäre, die Nebeltropfen zum Verdunsten bringen wirken nebelauflösend.
- In der Hauptsache sind dies Sonneneinstrahlung und Wolkenaufzug.

Sonnenenergie wird von Nebeltröpfchen und Boden absorbiert und wird in Wärme umgewandelt. Nebeltropfen verdunsten. Nebel löst sich von den Rändern und von oben her auf. Dünne Nebelschichten werden auch vom Boden her aufgelöst

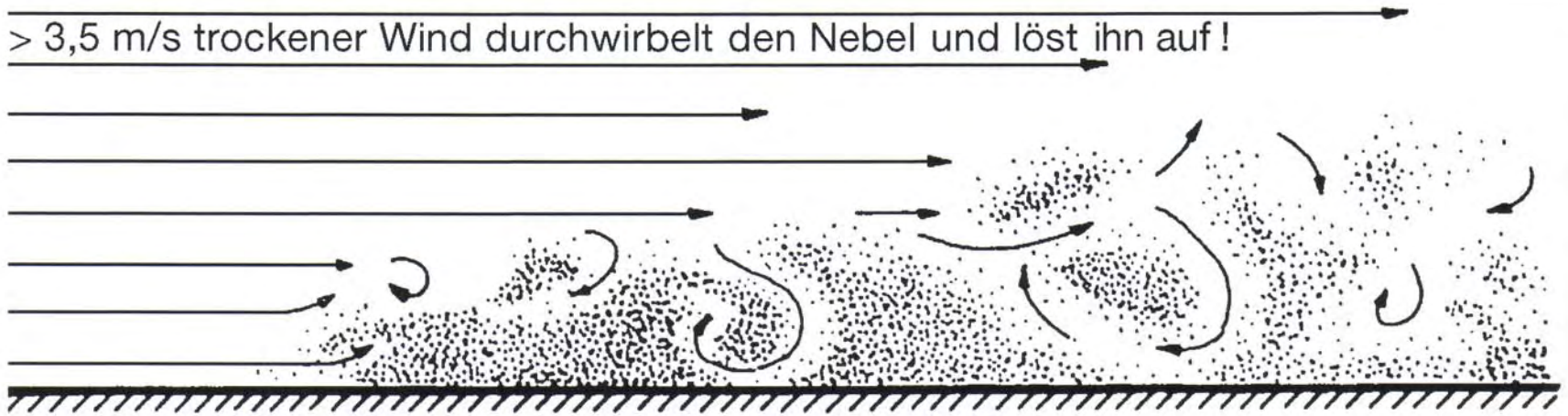
Wolkenaufzug in der **Nacht** verhindert die Abstrahlung der Wärmeenergie des Bodens und reflektiert diese. Die Erwärmung führt zur **Nebelauflösung**. Wolkenaufzug **Tagsüber** wirkt **verzögernd** bei der **Nebelauflösung**.



Noch Nebelauflösung

Wind trägt erheblich zur Nebelauflösung bei. Bei Windgeschwindigkeiten über 3 – 4 m/s durchmischt sich die trockene Luft über dem Nebel ständig mit dem Nebel und sorgt für die Verdunstung der Nebeltropfen.

> 3,5 m/s trockener Wind durchwirbelt den Nebel und löst ihn auf !



Wolken www.wolkenatlas.de

Quellwolken

in labiler Schichtung

Cumulus (CS)

Cumulonimbus (Cb)

Cirrocumulus (Cc)

Alto cumulus (Ac)

Mischformen

Stratocumulus (Sc)

Wellenwolken

in laminarer Schichtung

Lenticularis (lent)

Schichtwolken

in stabiler Schichtung

Cirrus (Ci)

Cirrostratus (Cs)

Stratus (St)

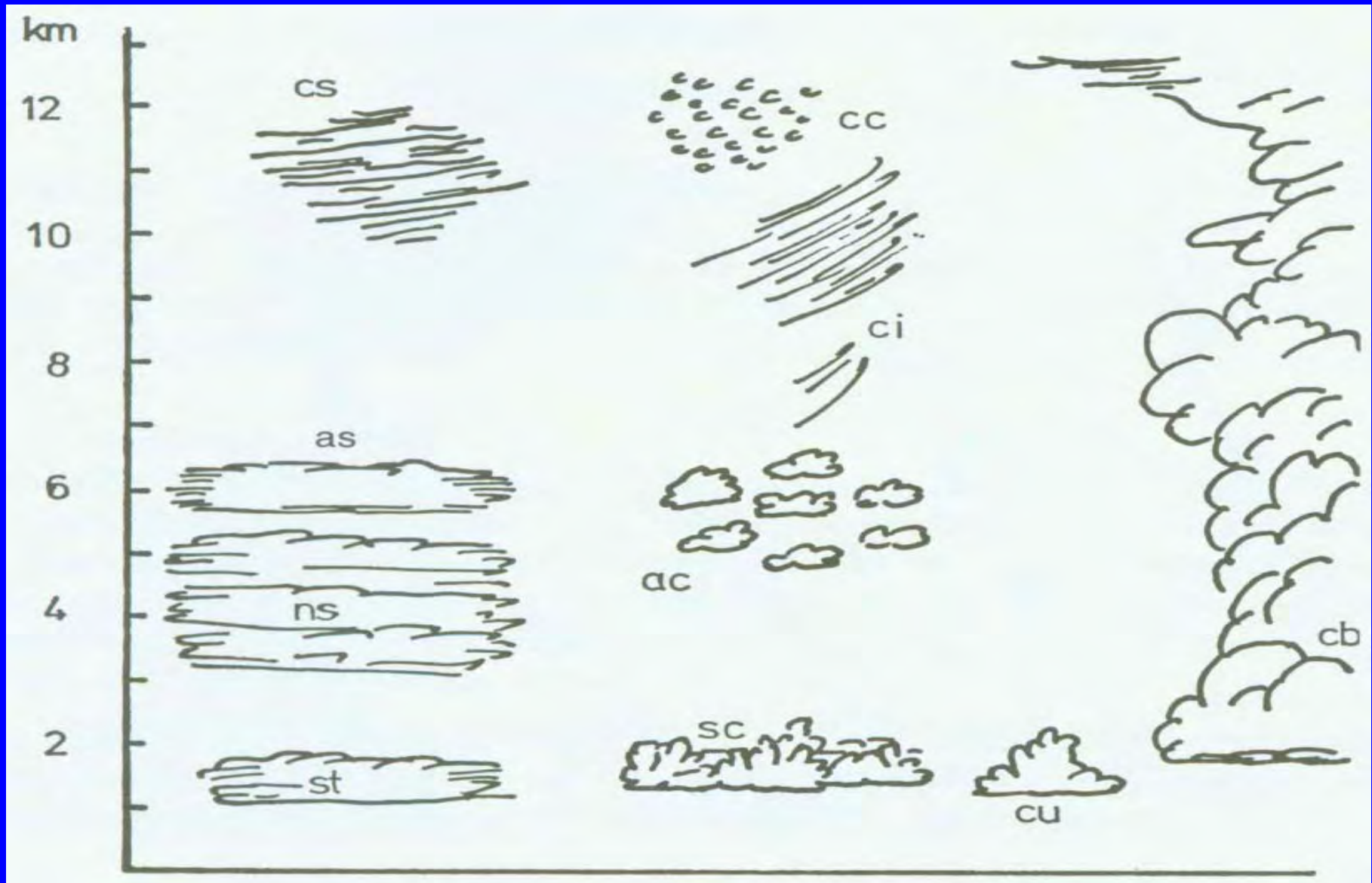
Altostratus (As)

Nimbostratus (Ns)

unten Schicht

oben Haufen

Hauptgruppen der Wolken



Höhenstaffelung der Wolken

Niveau:	tief	mittelhoch (alto)	hoch (cirrus)
	bis 7000 ft 2,5 km	bis 16500 ft 6 km	bis Tropospause
Schichtwolken	St , <u>Ns</u>	As, <u>Ns</u>	Ci , Cs, <u>Ns</u>
Mischformen	Sc		
Haufenwolken	Cu , <u>Cb</u>	Ac, <u>Cb</u>	Cc, <u>Cb</u>

Untergrenze niedrigster Wolken­schicht bis 20.000 ft, die ½ Himmel bedeckt, heißt Hauptwolkenuntergrenze (Ceiling)

Wolken

oberes Stockwerk				
5 - 7 km				
mittleres Stockwerk				
2 - 3 km				
unteres Stockwerk				
	unterteilte Schichtwolken	Schichtwolken	Quellwolken	



Cumulus humilis



Cumulus mediocris



Cumulus congestus



Cumulus Nimbus



Alto cumulus



Stratocumulus





Cirrus

Cirrus unicus



Cirro cumulus



Lenticularis





Meteorologie

Inhalt C-Prüfung:

- ICAO- Standardatmosphäre; QFE, QFF, QNH, ICAO-Standardhöhe (Pressure Level) QNH- Standardhöhe (QNH altitude), Berechnung der Sicherheitshöhe über Hindernissen (terrain clearance) Druckgebilde der gemäßigten Breiten, Wetterbedingungen und Wolkenstruktur
- Wetterfolgen bei stabil und labil geschichteten Luftmassen und in Warmfront, Kaltfront, Okklusion, Konvergenzen, Hochdruckkeil
- Wind in Bodennähe, Wind in Abhängigkeit vom horizontalen Druckgradienten, Isobarenverlauf und Windrichtung in Bodennähe und Drehung mit der Höhe, lokale und erdweite Windsysteme, Einfluß des Erdreliefs und der Bodenreibung auf den Wind, Stau, Föhn, Böen
- Turbulenz: orografisch, Scherflächen, Richtung, Stärke, Inversion, Begriff und Bedeutung
- Bedingung für Gewitterbildung, Einteilung und Entstehung von Gewitter, Gefahrenmomente bei Flügen durch Gewitter, Auswirkungen von Blitzschlag und statischer Aufladung, Wahl des Flugweges bei Gewitterlagen

Luftdruckmessung

Quecksilberbarometer

Dosenbarometer (=Höhenmesser)

Standardatmosphäre in Meereshöhe:

1013,2 hPa =1013,2 mbar =760 mm Hg

Standardatmosphäre

ICAO (International Civil Aviation Organisation)
auf Meereshöhe:

- 1013,2 hPa
- 15 ° C
- Luftdichte 1,226 kg/m³
- Rel.Luftfeuchte 0 %

Höhenabnahme:

Temperatur	6,5 ° /1000m vom Boden bis 11km
Luftdichte	10 % /1000m

Druckwerte

QFE : aktueller Platzdruck; (=Luftdruck auf Stationshöhe)

QFF : auf Meereshöhe reduzierter Luftdruck bei aktueller Temperatur; = Stationsdruck der Bodenwetterkarte

QNH : auf Meereshöhe reduzierter Luftdruck unter Annahme der Standard-Atmosphäre
=> Höhenmesser zeigt MSL (ICAO-Karte) an

15 °C; 0 ft MSL : QFE = QNH = QFF

Flugflächen:

weder Bezug auf QFE, noch QNH, noch QFF,
sondern Höhendifferenz zur Fläche,
in der der Druck 1013,2 hPa beträgt

FL 100 → 10000 ft über 1013,2 hPa

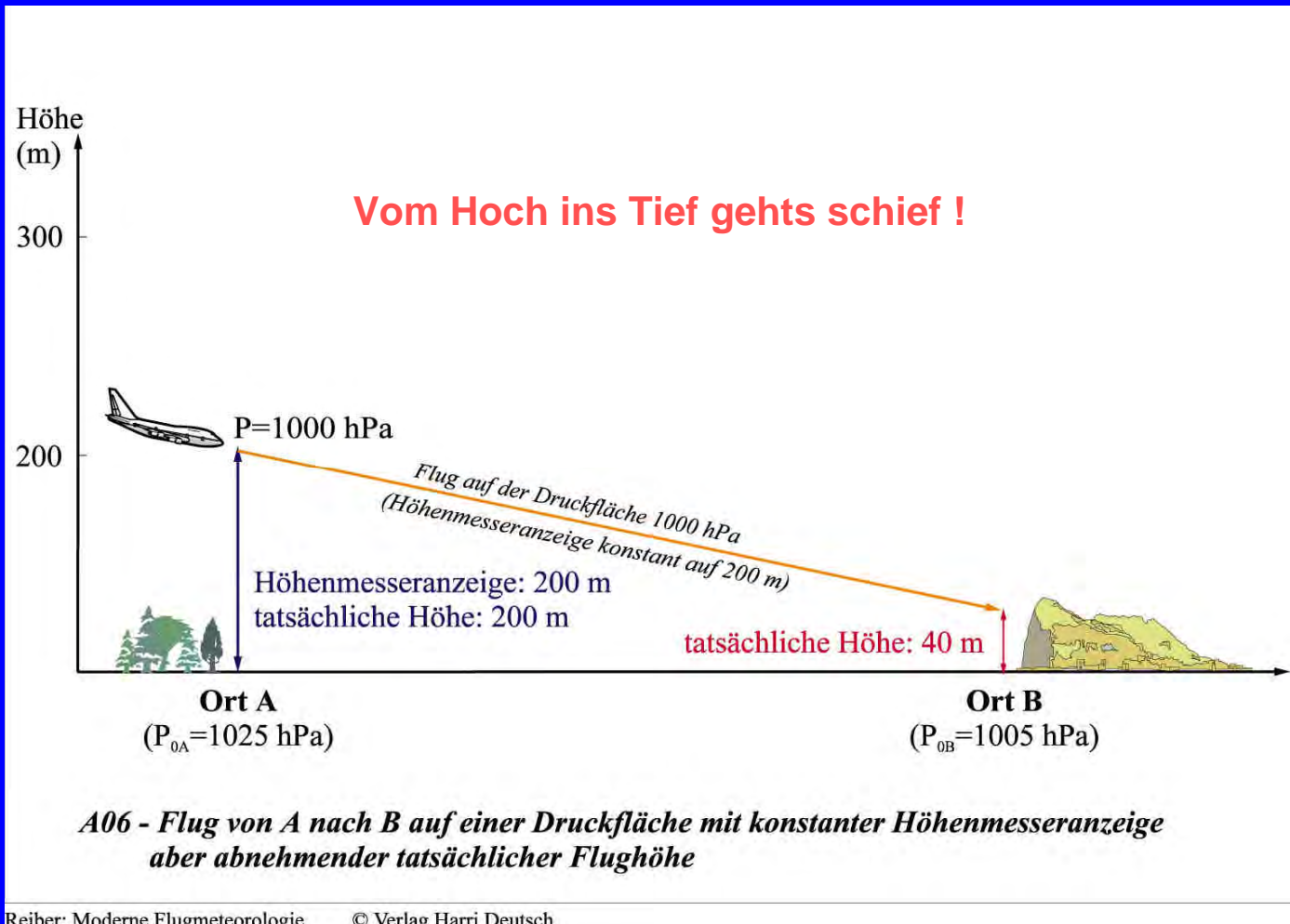
[Höhenstaffelung_Pirna.xls](#)

Höhenmesseranzeige

Hauptproblem:

Luftdruck = f (Höhe und Temperatur)

Höhenmeßfehler durch Druckänderung



Höhenmesseranzeige

Luftmasse im Vergleich zur Standardatmosphäre

kälter : Höhenmesser zeigt höhere Werte

wärmer : Höhenmesser zeigt niedrigere Werte

ACHTUNG Merkspruch: !!!

**Im Winter sind die Berge höher
Von Warm nach Kalt: Knallt!**

Höhenmesseranzeige

steigender	atmosphärischer	Sinkflug
	Luftdruck wirkt auf die	
sinkender	Höhenmesseranzeige	Steigflug
	wie ein	

ACHTUNG Merkspruch: !!!

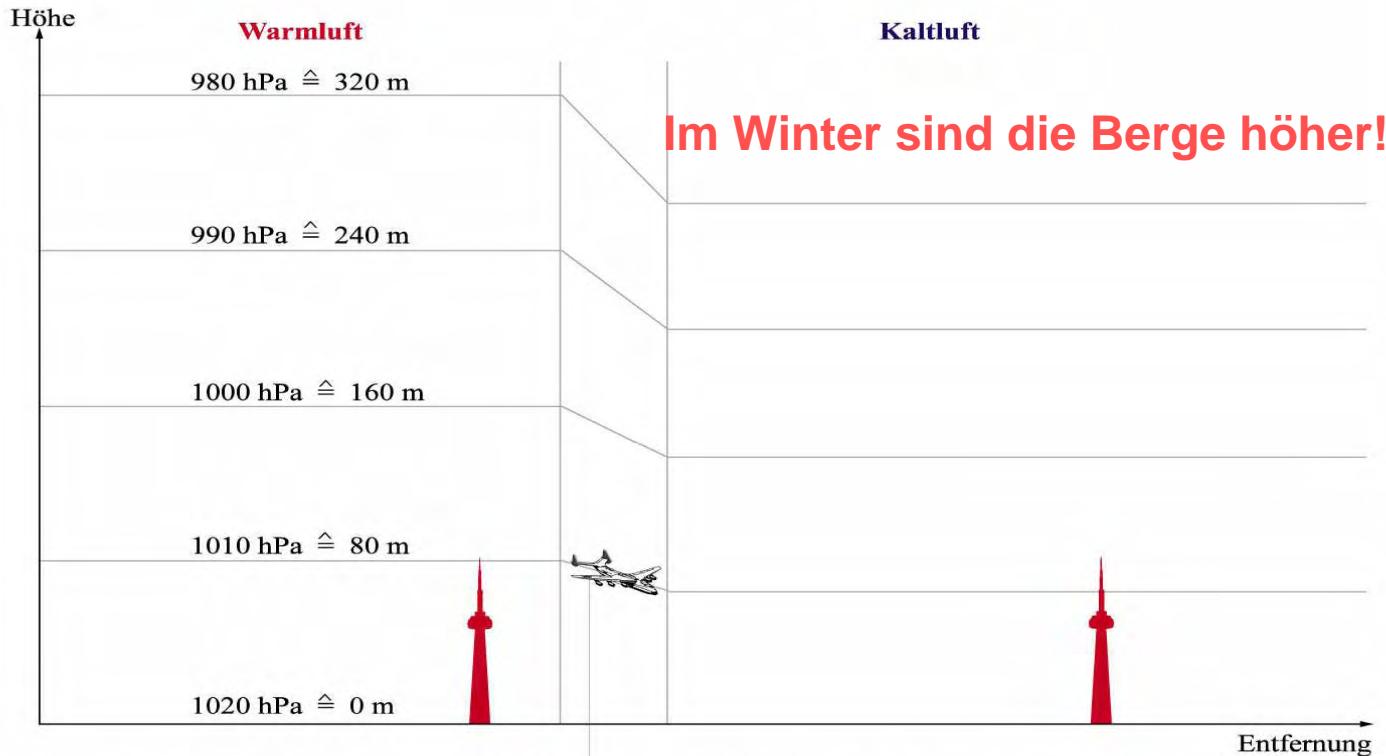
Vom Hoch ins Tief geht's schief

**Ein zu tief eingestellter Druckwert ergibt
eine zu geringe Höhenanzeige**

Höhenmeßfehler durch Temperaturabweichung

Näherungsformel für die Praxis:

Je 1°C Abweichung von der Standardtemperatur ist die Höhenmesseranzeige um 0,4% zu korrigieren (höher mit +, tiefer mit -).



A07 - Zur Erklärung der Fliegerweisheiten „Im Winter sind die Berge höher“ bzw. „From warm to cold makes you never old“. Beim Flug von warmer in kalte Luft zeigt der barometrische Höhenmesser in der Kaltluft eine größere Höhe an, als tatsächlich vorhanden.

Höhenmesseranzeige

Temperatur- und Luftdruckabhängigkeit der richtigen Höhenmessereinstellung sind die Ursache für Festlegung:

≤ 5.000 ft (1.524m) GND

Höhenmesseranzeige

QNH des nächstgelegenen Flugplatzes

Damit ist Temperatur und/oder Luftdruckfehler minimal, ein besseres Verfahren gibt es nicht!

METeorological Aviation Report

METAR = aktuelle Flugplatzwettermeldung einer Wetterwarte

PIREP`s = Piloten-Reports über Wetter, via Flugsicherung zum Flugwetterdienst gemeldet

Wettererscheinungen : METAR – Code

Beschreibung / Intensität:

-	light	leicht
	moderate	mäßig
		unbestimmt
+	heavy	stark
VC	in the vicinity	in der Nähe

Wettererscheinungen: METAR-Code

MI	shallow flach	BC	patches Schwaden
DR	low-drifting -fegen	BL	blowing -treiben
SH	shower Schauer	TS	Thunderstorm Gewitter
FZ	supercooled gefriernd unterkühlt	PR	Teil d. Flughafens bedeckend

METAR-CODE Niederschlag

DZ	drizzle Sprühregen	RA	rain Regen
SN	snow Schnee	SG	snowgrains Schneegriesel
IC	diamant dust Eiskörner	PL	ice pellets Eiskörner
GR	hail Hagel	GS	soft hail Graupel

Metar – Code Sichtminderung

BR mist
feuchter Dunst

FU smoke
Rauch

SA sand
Sand

HZ haze
trockener Dunst

FG fog
Nebel

VA vulcan ash
Vulkanasche

DU dust
Staub

Metar – Code -Andere

PO	dust Kleintrombe	SQ	squalls markante Böen
FC	funnel cloud Wolkenschlauch Staubsturm Tornado	DS	duststorm
SS	sandstorm Sandsturm		

Metar – Code -Wind

Böen gust

pendeln is varying between ... and ... °

Windstille calm

TCU towering cumulus

Taupunkt dewpoint

Weitere Wetterkürzel

NOSIG	no significant change	keine Änderung
BECMG		Wetteränderung
z.B.	BECMG-GR	Übergang zu Hagel
CAVOK	cloud and visibilty ok	mind. 10 km Sicht
		keine Wolken unter 5000 ft
		kein Cb, Gewitter, Niederschlag, Nebel, Schneefegen
NSC	no significant clouds	keine Wolken unter 5000 ft
NSW	no significant weather	keine markanten Wettererscheinungen

Bedeckungsgrade

- SKC = sky clear : wolkenlos
- SCT = scattered : 1/8 bis 4/8 bedeckt
- BKN = broken : 5/8 bis 7/8 bedeckt
- OVC = overcast : 8/8 bedeckt.
- VV = vertical visibility: Vertikalsicht nach oben, wenn der Himmel, z.B. wegen Nebel nicht zu sehen ist.

METeorological Aviation Report

SADL EDZO 110420=

EDDM 27010KT70000RA OVC010 02/01

Q1013 TEMPO BKN005=

Es wurde am **11.**des Monats um **0420h**UTC beobachtet. Für den Flugplatz München (**EDDM**) herrscht Westwind (**270**) der Stärke **10** kt. Die Horizontalsicht beträgt **7000** m. Es herrscht Regen(**RA**),der Himmel ist bedeckt, die Wolkenuntergrenze beträgt 1000ft(**OVC010**).Die Temperatur beträgt 2°C,der Taupunkt liegt bei 1°C(**02/01**), das QNH beträgt 1013 hPa (**Q1013**).Zeitweise (**Tempo**) lockert die Bewölkung auf (bis auf 5..7/8),wobei die Wolkenuntergrenze auf 500ft absinkt (**BKN005**)

Info vor dem Flug

METAR

Wind	Drift	Driftung	Wg	Sicht	Wolken	Flare	Temp	QNH	QND	Änderung
------	-------	----------	----	-------	--------	-------	------	-----	-----	----------

Wolken:
FEW: 1/8-2/8
SCT: 3/8-4/8
BKN: 5/8-7/8
OVC: 8/8

Änderung:
NOSIG
TEMPO
BECMG

STUTTGART_ECHTERDINGEN STR/EDDS
SAEDDS 070750Z 05011KT 9999 SCT037 M00/M11 O1021 NOSIG=

KARLSRUHE_BADEN_BADEN EKR/EDSB
SAEDSB 070750Z 05013KT 9999 FEW Wetter 9 Q1023=

NUERNBERG NUE/EDDN
SAEDDN 070750Z 33004KT 9999 SHSN SCT015 SCT030 M02/M07 Q1022
TEMPO 3000 SHSN=

MUENCHEN_FJS MUC/
SAEDDM 070750Z 01008KT 9 NOSIG=

AUGSBURG AGB/EDMA kein Cb
SAEDMA 070750Z 02008KT 3 keine Wettererscheinung M08 Q1020=

DUESSELDORF DUS/EDDL
SAEDDL 070750Z 06006KT CAVOK 02/M09 Q1027 NOSIG=

Clouds and visibility o.k.

Sicht > 10 km

Wind-Variation > 60°

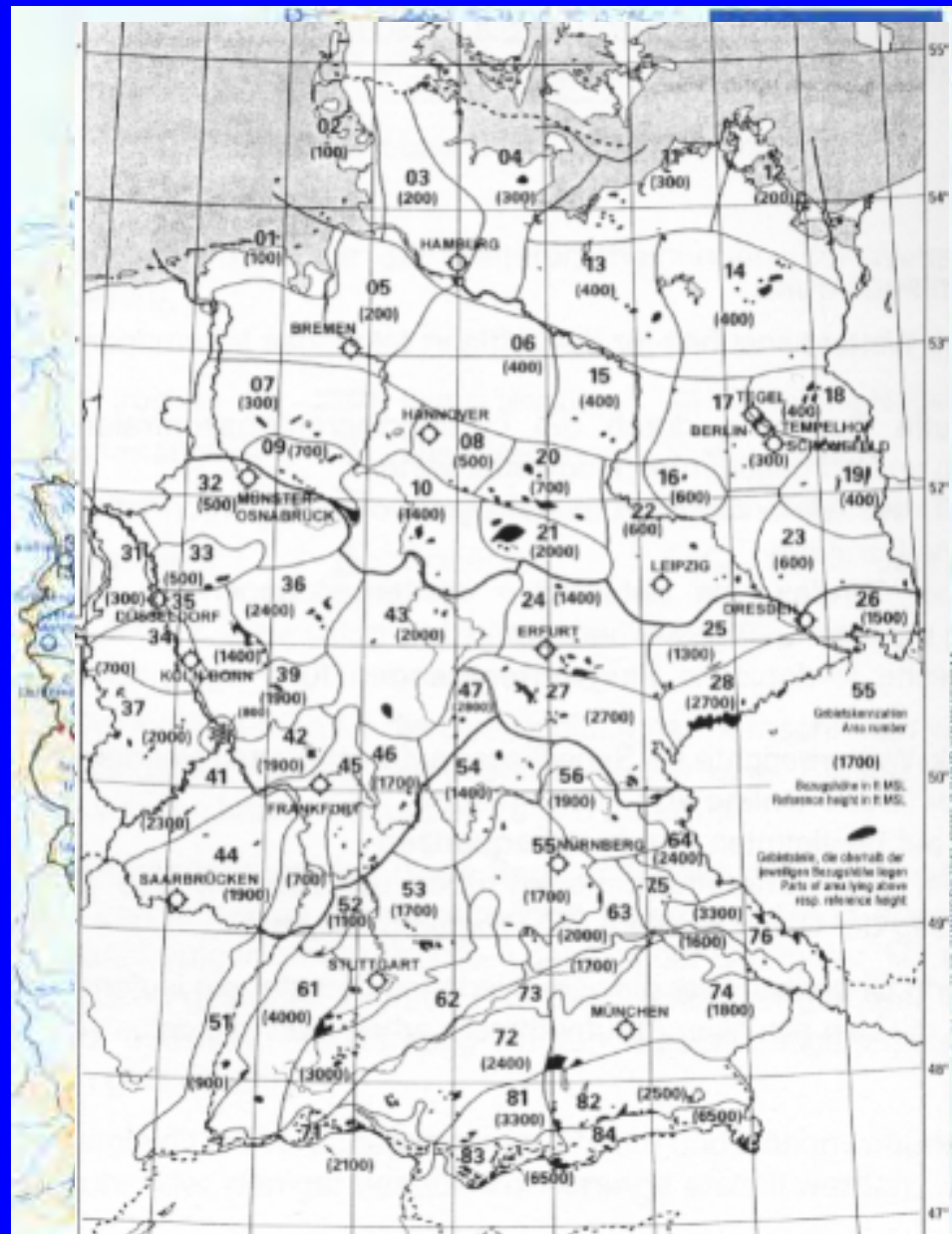
General Aviation FORecast

Automatische **F**lug **W**etter **A**nsage (AFWA) nach GAFOR – System
GAFOR-Nord
GAFOR-Süd

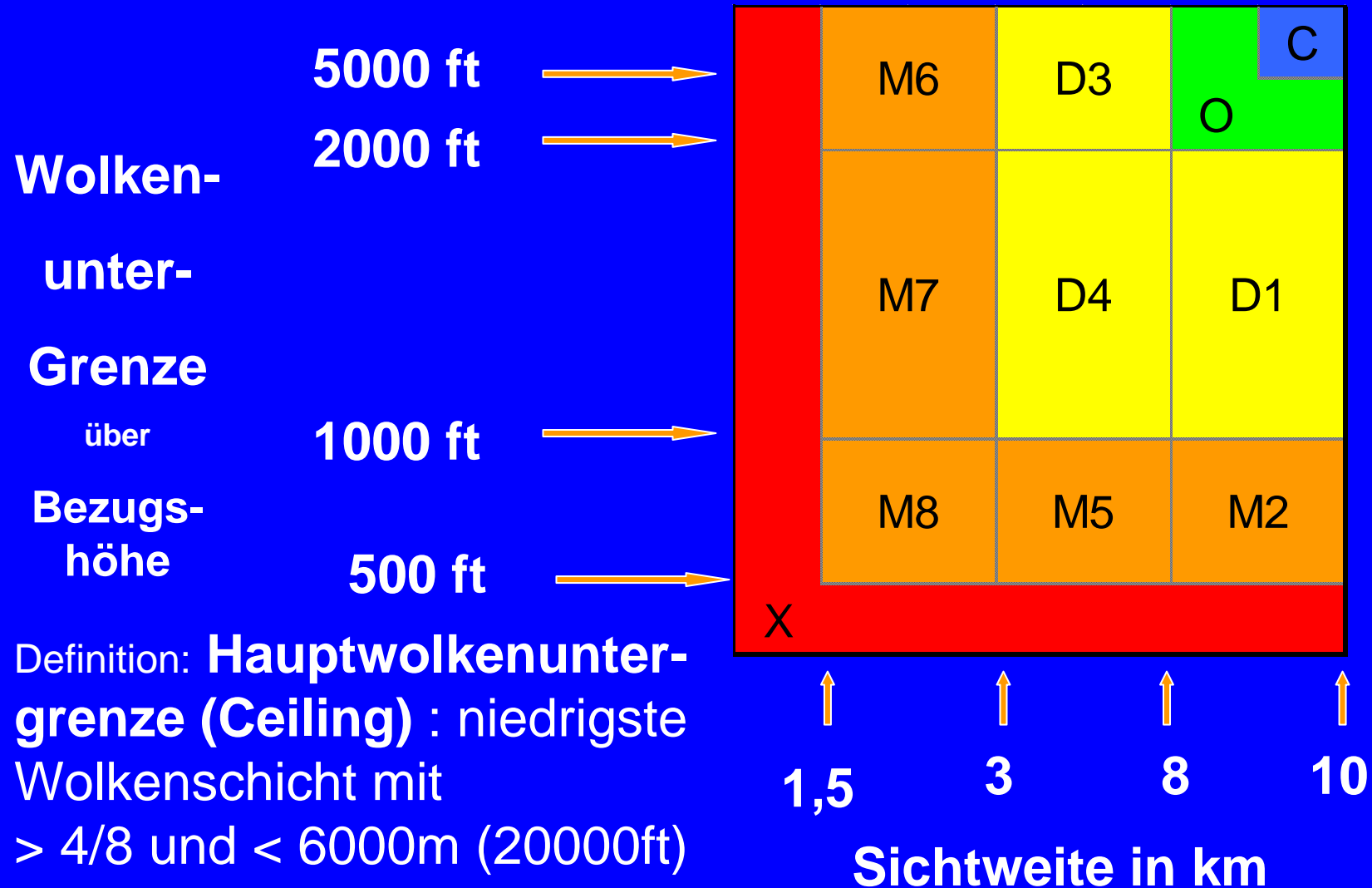
Aktualisierung aller 3 Stunden, beginnend 5:30 UTC
Gültigkeit für die nächsten 6 h , unterteilt in 3 mal 2-h Perioden

Tonbandinfo gleichzeitig noch Angaben
allgemeine Wetterlage
und
Höhenwinde

Geografische Übersicht der GAFOR-Gebiete



General Aviation FORecast



GAFOR Deutschland, Bereich NORD

letzte Aktualisierung: 26.12.2003 11:10 UTC

730

FBDL30 EDDH 261100

261218

Wettervorhersage fuer die Luftfahrt, Bereich Nord

gueltig fuer den 26.12.2003 von 12 bis 18 UTC

1.) Wetterlage:

Zufuhr milder feuchter Luft aus Suedwest mit Spruehregen im Norden, Bergland in Wolken.

2.) Hoehenwinde ueber NN:

1500 ft 200/35 kt

letzte Aktualisierung: 26.12.2003 11:10 UTC

3000 ft 220/30 kt

5000 ft 240/30 kt

10000 ft 250/40 kt

3.) Nullgradgrenze ueber NN:

Zwischen 6000 ft im Norden und 8000 ft im Sueden.

4.) Vorhersage der

Sichtflugmoeglichkeiten:

01 M8,M5,M5 02 X,M8,M5 03 X,M5,M5

04 M8,M5,M5 05 M5,D1,D1

06/07 D1,D1,D1 08 O,O,O

09/10 D1,D1,D1

11 M8,M8,M8 12 M8,M5,M5

13 M8,M8,M8 14 M8,M5,M8 15 D1,O,O

16/20 O,O,O

21 X,X,X 22/23 O,O,O 24 D1,D1,O

25 O,O,O 26 D1,D1,O 27 X,X,X

28 X,X,M2

31/33 D1,D1,D1 34 O,O,O

35 M5,M5,M5 36/37 X,X,X

38 M2,D1,D1 39 X,X,X

41/43 X,X,X 44 M8,M5,M5

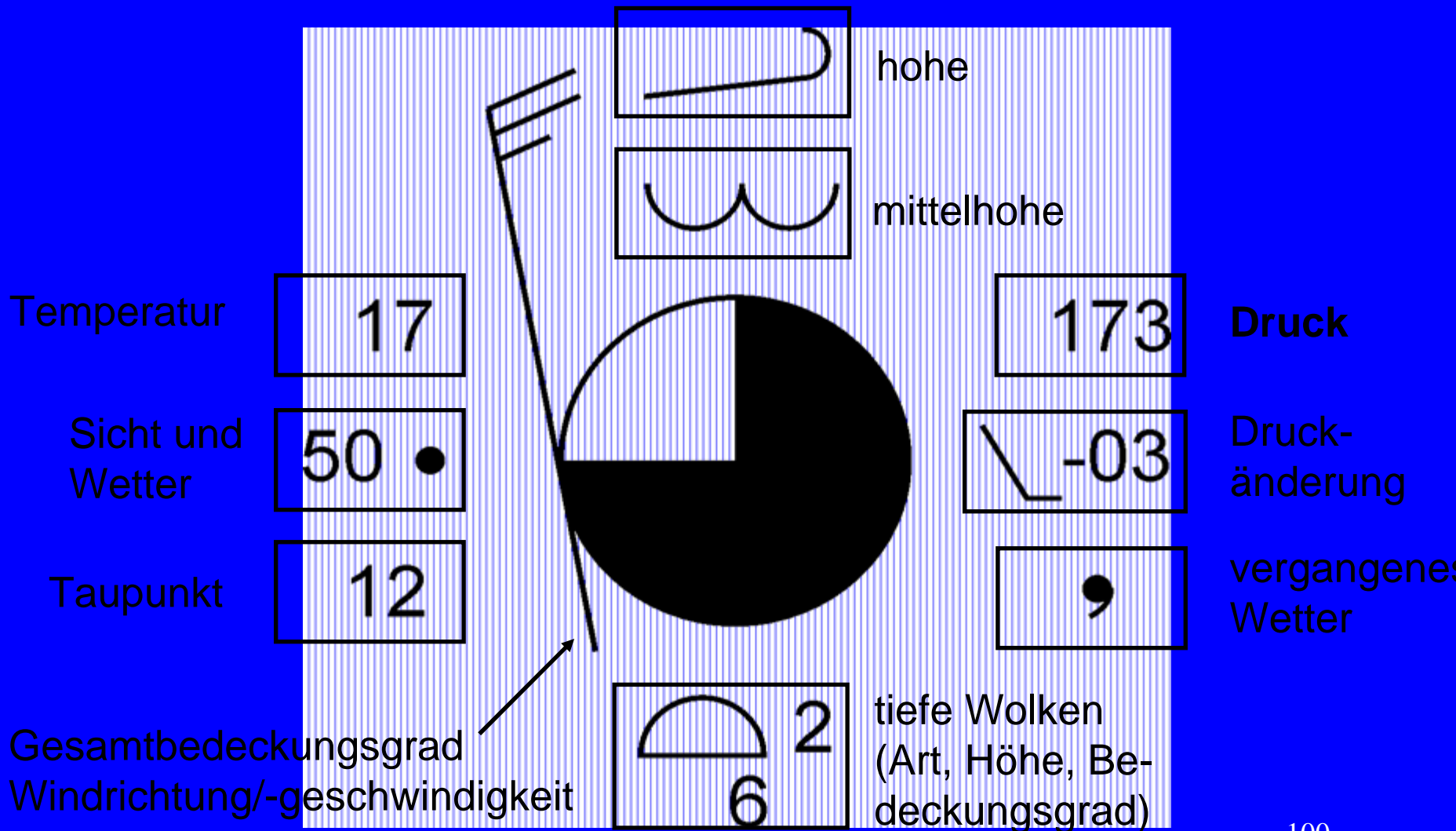
45/46 D1,D1,D4 47 X,X,X

Die naechste planmaessige Vorhersage wird um 14.40 UTC ausgegeben.

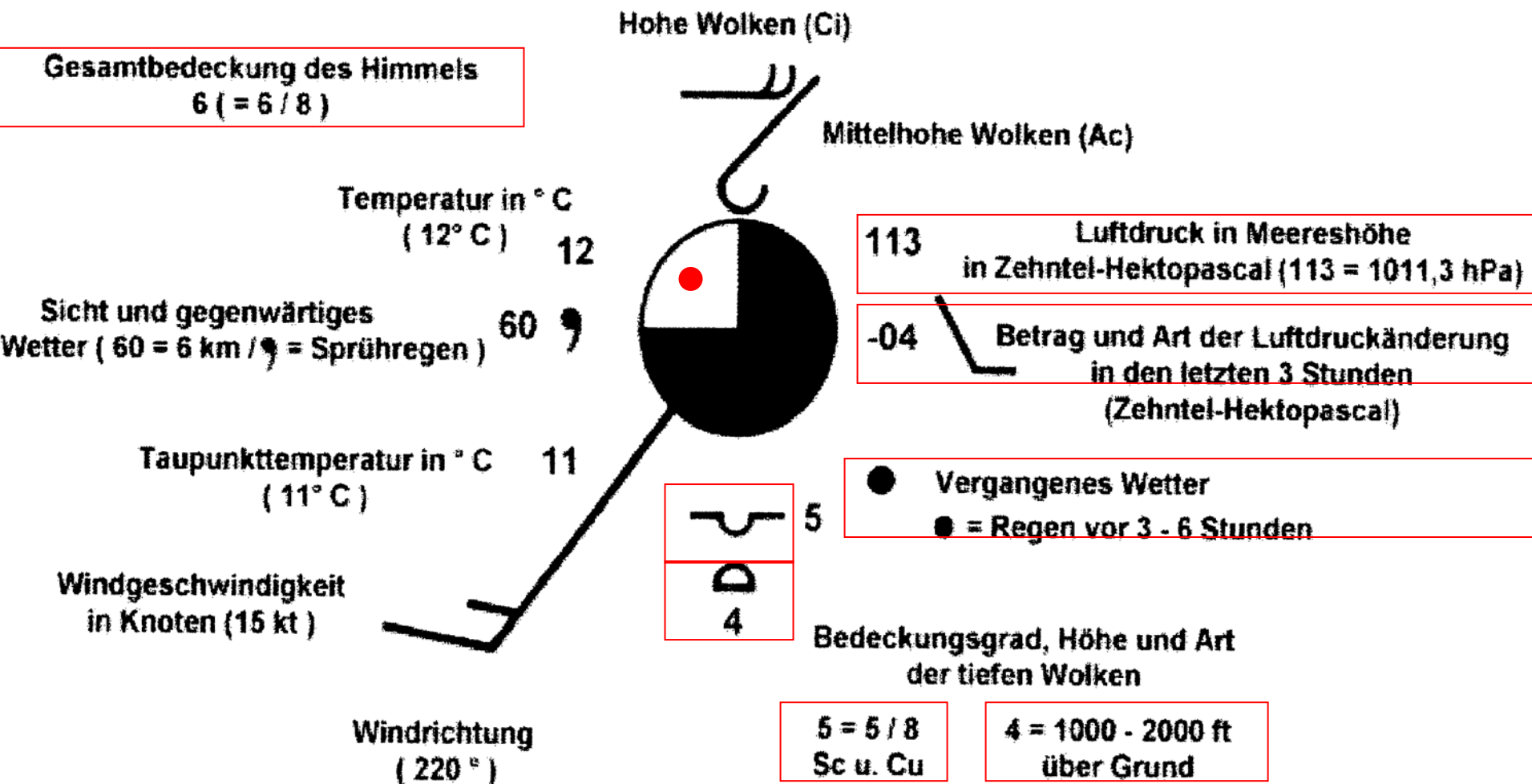
Beispiel GAFOR



Stationskreis



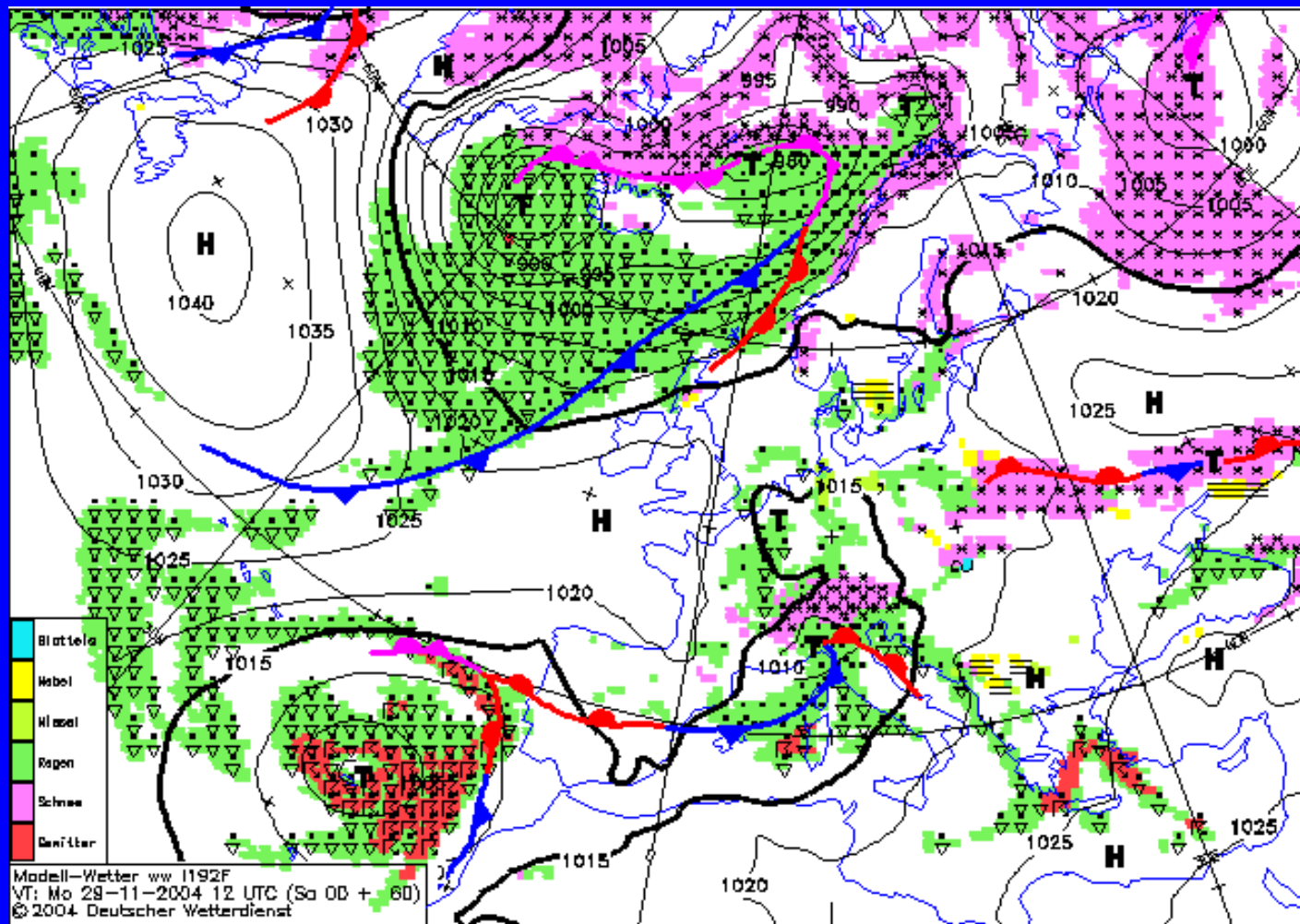
Stationsmodell



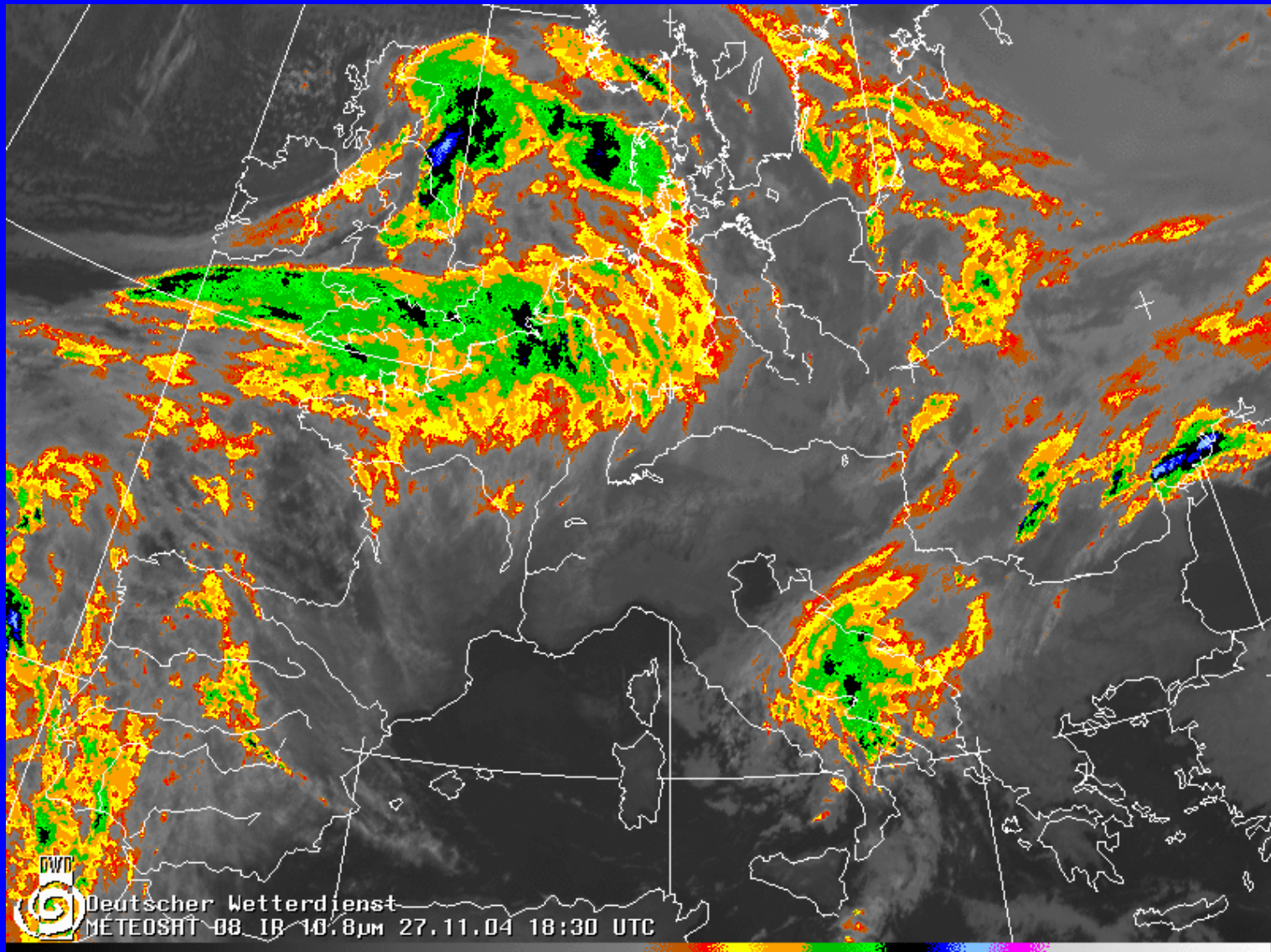
PC_met

das
Online Wetterportal
des
DWD

Vorhersagekarte



Meteosat -IR





Physik der Atmosphäre

Dichte, Druck, Höhenmessung

Auftrieb von Tragflächen,
Rotoren,
Propeller
Motorleistung

sinken mit fallender Luftdichte

Temperatur ↑	→	Luftdichte ↓
Luftdruck ↑	→	Luftdichte ↑

Adiabatische Vorgänge

Luft ändert bei Höhenveränderung Temperatur
aufwärts → geringer Druck → Abkühlung
abwärts → höherer Druck → Erwärmung

adiabatischer Vorgang

Temperaturänderung der Luft auf Grund von Druckänderungen ohne Temperatúrausgleich (Abgabe / Aufnahme) mit der Umgebung

unbedingt merken

Adiabatische Vorgänge lassen nicht das
Auslösen von Thermik erklären,

Adiabatische Vorgänge erklären
aber danach alle Konvektionsvorgänge

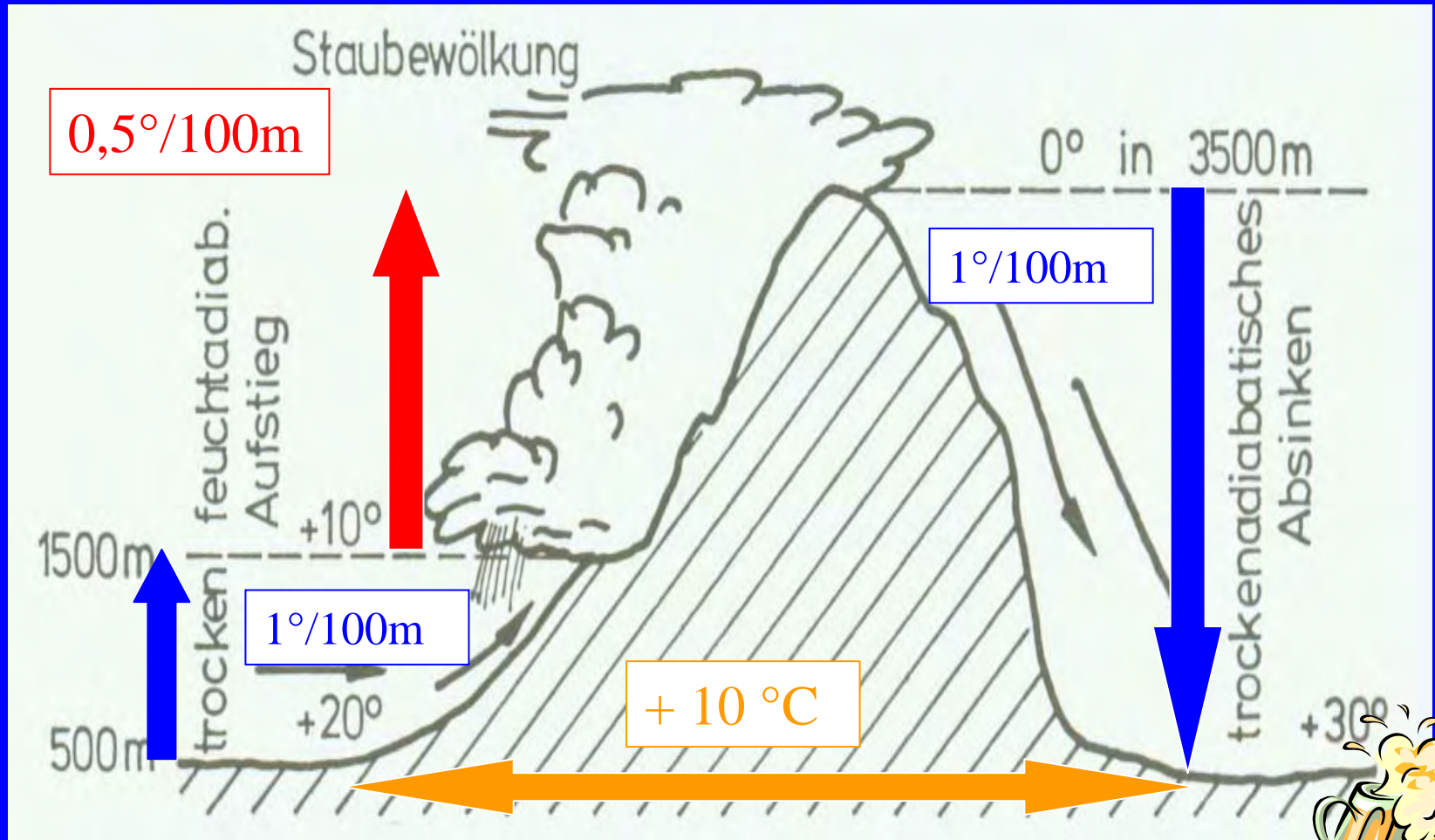
trocken / feucht adiabatische Vorgänge

Wird ein Luftquantum (aus welcher Ursache auch immer) zur Höhenänderung gezwungen, so ändert sich die Temperatur mit konstantem Faktor mit der Höhe

trockene Luft : - 1°C/100m

feuchte Luft : - 0,5... - 0,6°C/100m

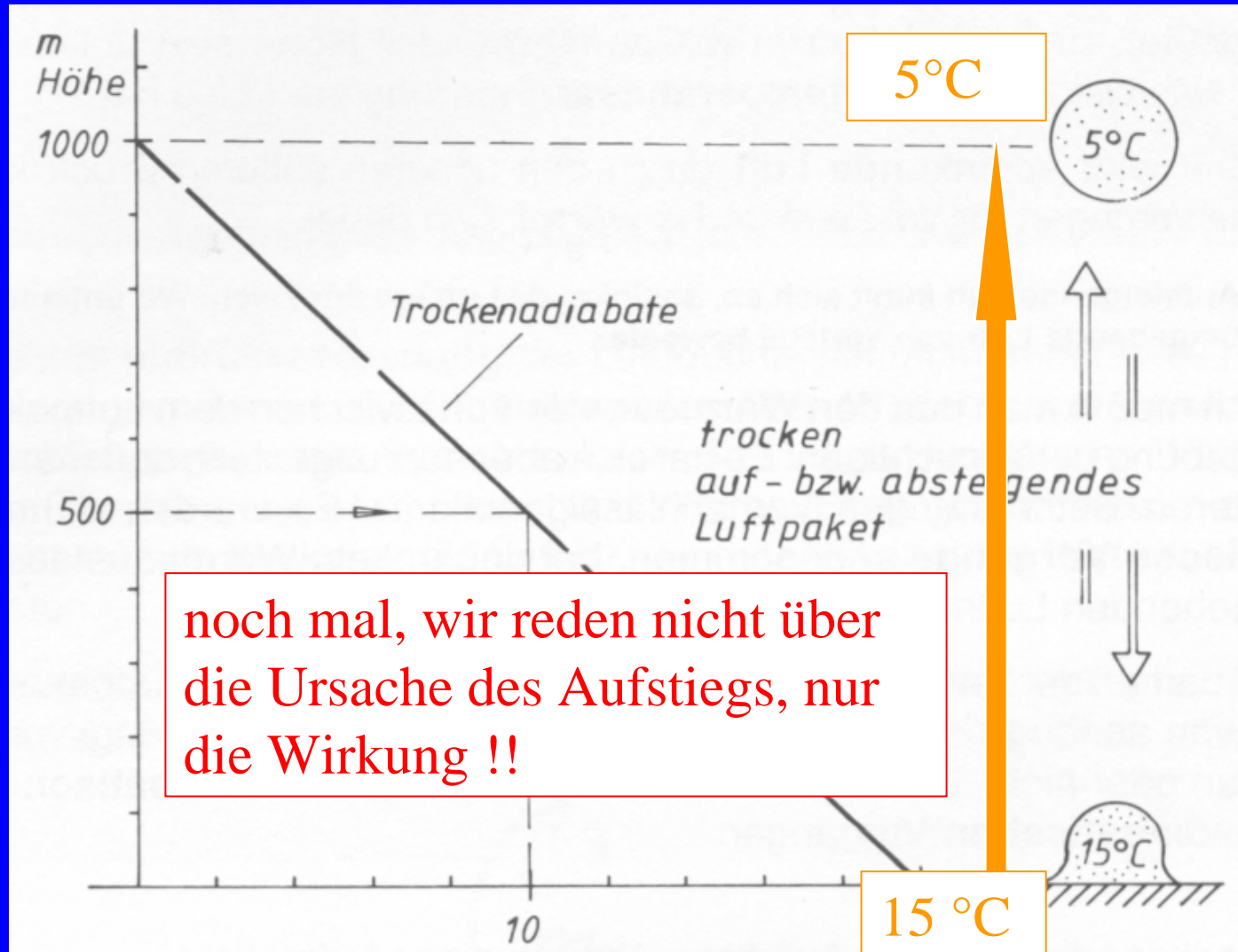
Föhn



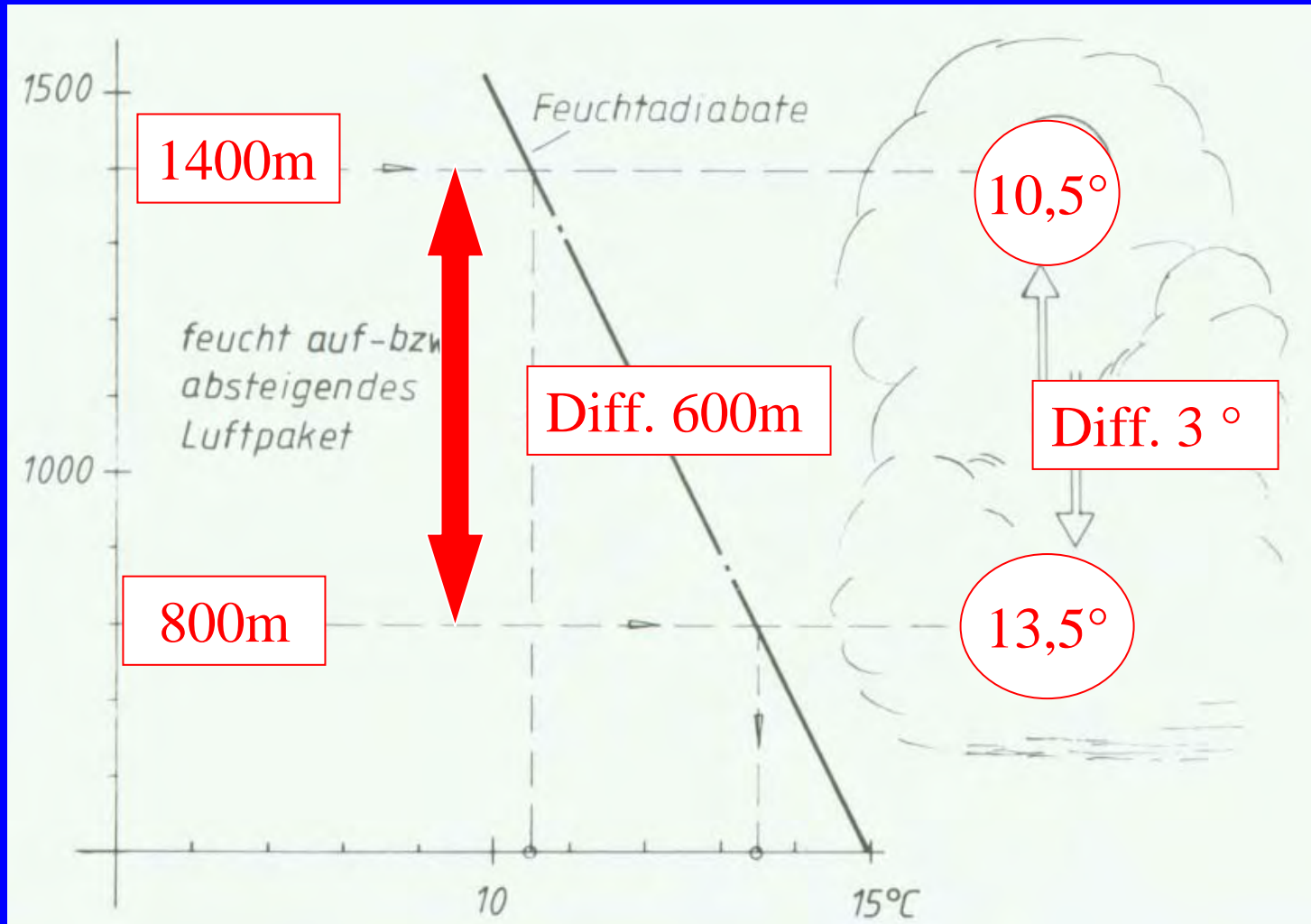


Temp.-Diff. von 10 °C ist Naturgesetz, dann
Vergleich mit Umgebungsluft

Trockenadiabate



Feuchtadiabate



Stabilität und Labilität in der Atmosphäre

Wenn mit zunehmender Höhe die Temperaturabnahme der Umgebungsluft kleiner ist als die des gehobenen Luftpakets, dann ist das gehobene Luftpaket immer kälter und damit schwerer als die Umgebungsluft.

Es wird wieder an seinem Ausgangspunkt zurückkehren!



Stabile Schichtung

Ist die Temperaturabnahme der Umgebungsluft genau so groß wie die des gehobenen Luftpakets, dann wird es in jeder Höhe verharren.



Indifferente Schichtung

Wenn mit zunehmender Höhe die Temperaturabnahme der Umgebungsluft größer ist als die des gehobenen Luftpakets, dann ist das gehobene Luftpaket immer wärmer und damit leichter als die Umgebungsluft.

Es wird sich immer weiter weg von seinem Ausgangspunkt entfernen!



Labile Schichtung

wirkliche Temp.-Änderung mit der Höhe

Abkühlung der Umgebungsluft (trocken)

> 1°/100 m

Trockenlabil

z.B. Umgebungsluft 2,0°/100m, Ausgangstemp. 30 °C

Höhendifferenz 1000 m ($1000\text{m} \cdot 2,0^\circ/100\text{m} = 20^\circ$)

Kaltluft (kühlt mehr als 1°/100m ab)

10 °C Umgebungsluft \Leftrightarrow Aufsteigende Luft: **20°C**

also steigt die Thermikblase

wirkliche Temp.-Änderung mit der Höhe

Abkühlung der Umgebungsluft (trocken)

< 1°/100 m

Trockenstabil

z.B. Umgebungsluft 0,5°/100m, Ausgangstemp. 30 °C

Höhendifferenz 1000 m ($1000\text{m} \cdot 0,5^\circ/100\text{m} = 5^\circ$)

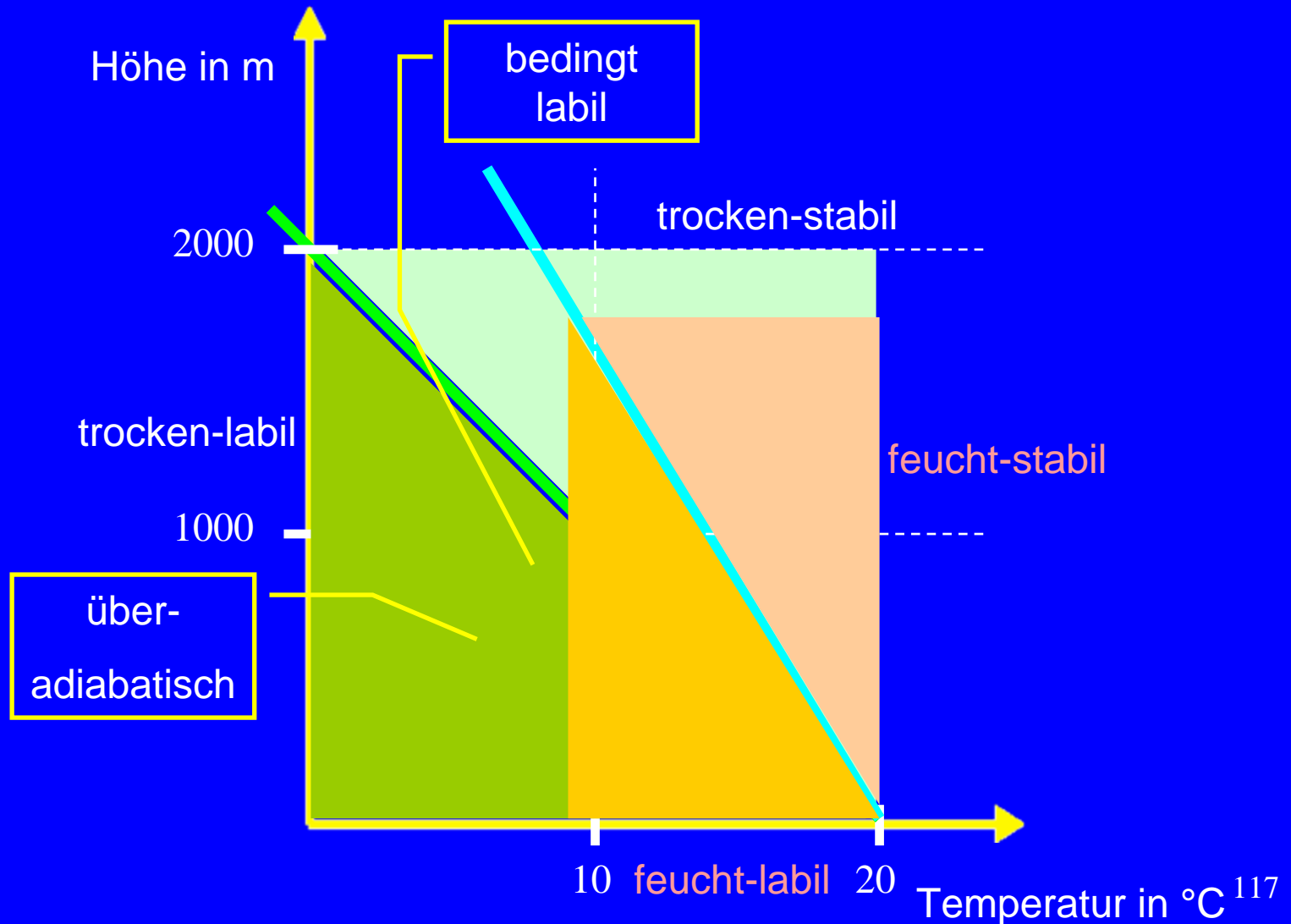
Warmluft (kühlt weniger 1°/100m ab)

25 °C Umgebungsluft \Leftrightarrow Aufsteigende Luft: **20°C**

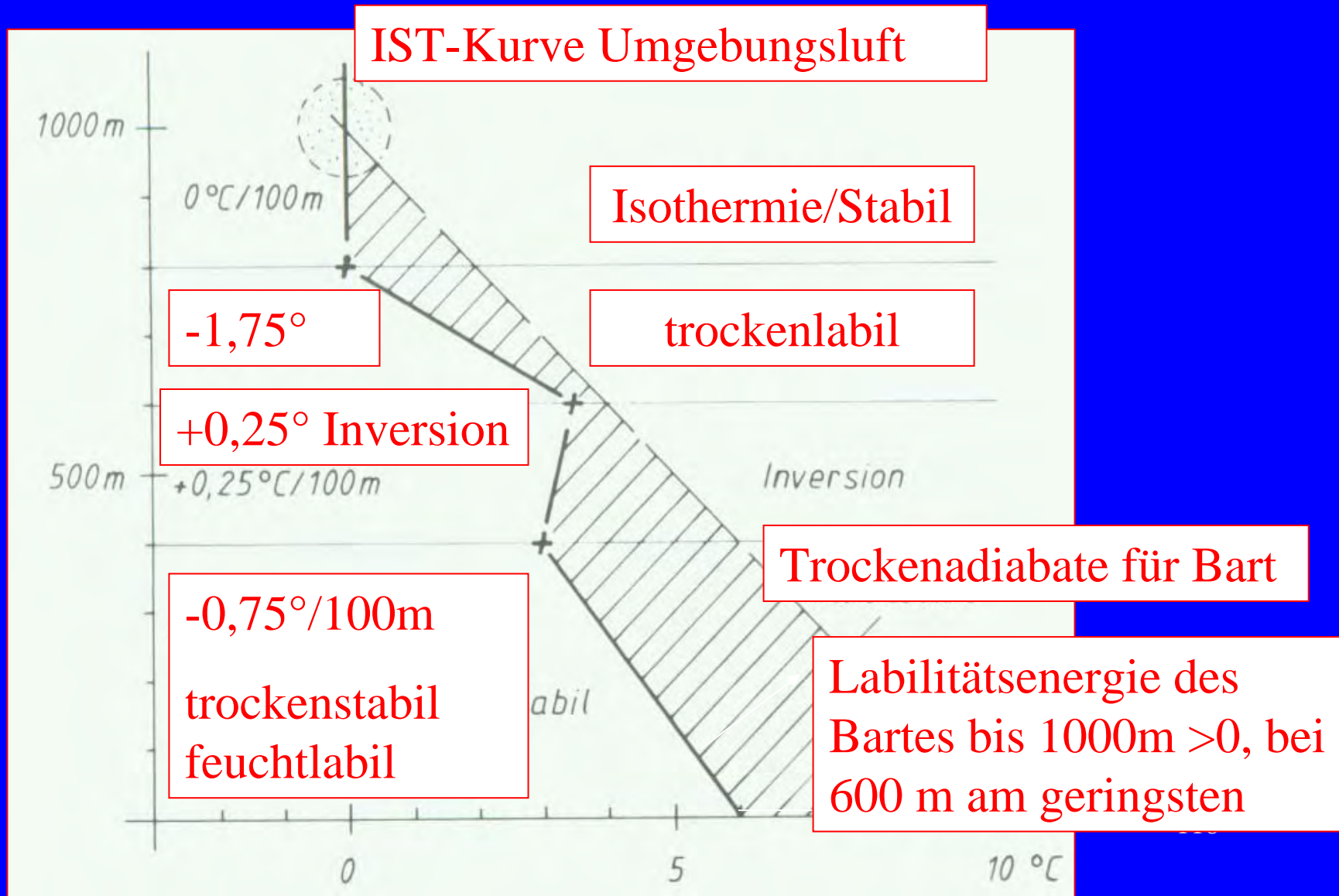
keine Thermik, Inversion

aufsteigende Luft sinkt sofort zurück

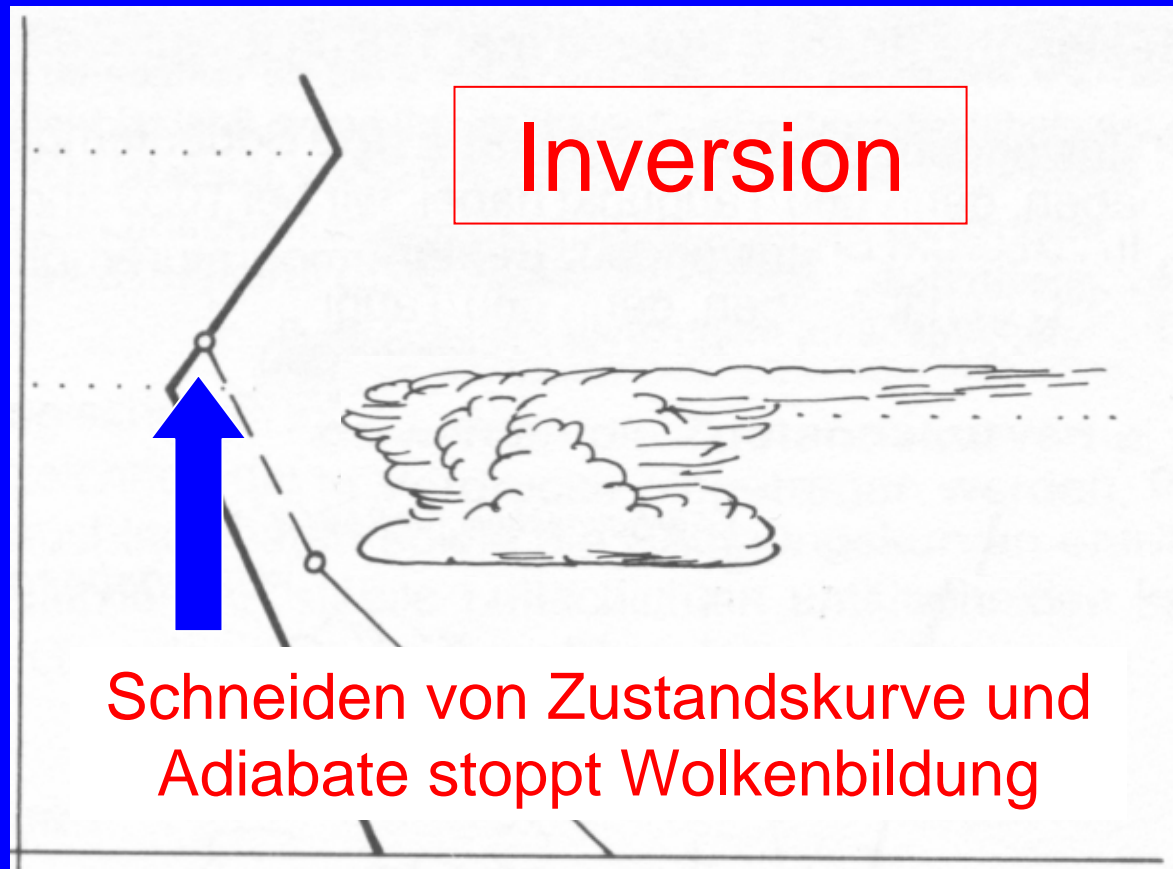
Grafische Darstellung



Inversion und Thermik



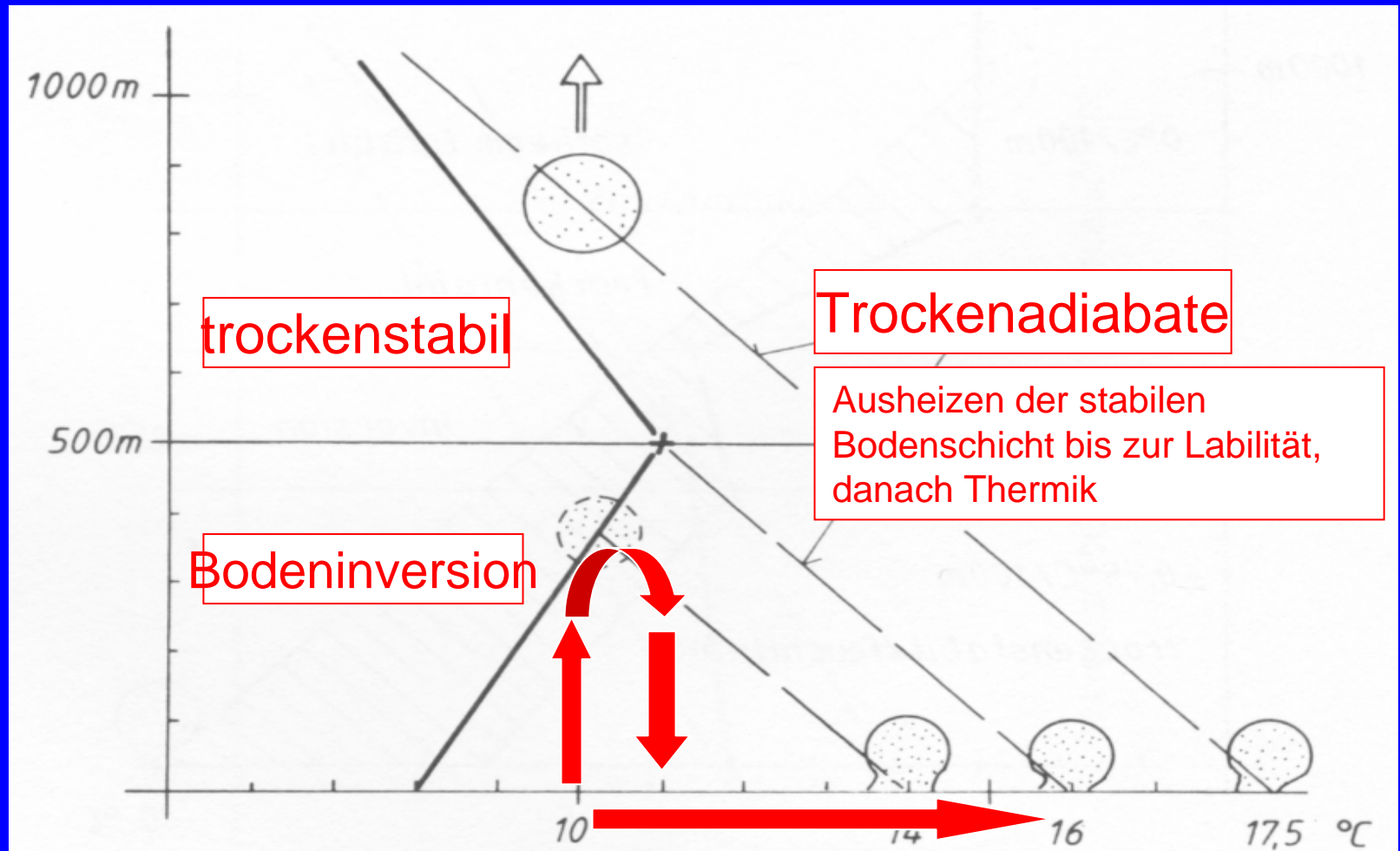
Höheninversion



Bildung einer Amboßwolke



Bodeninversion



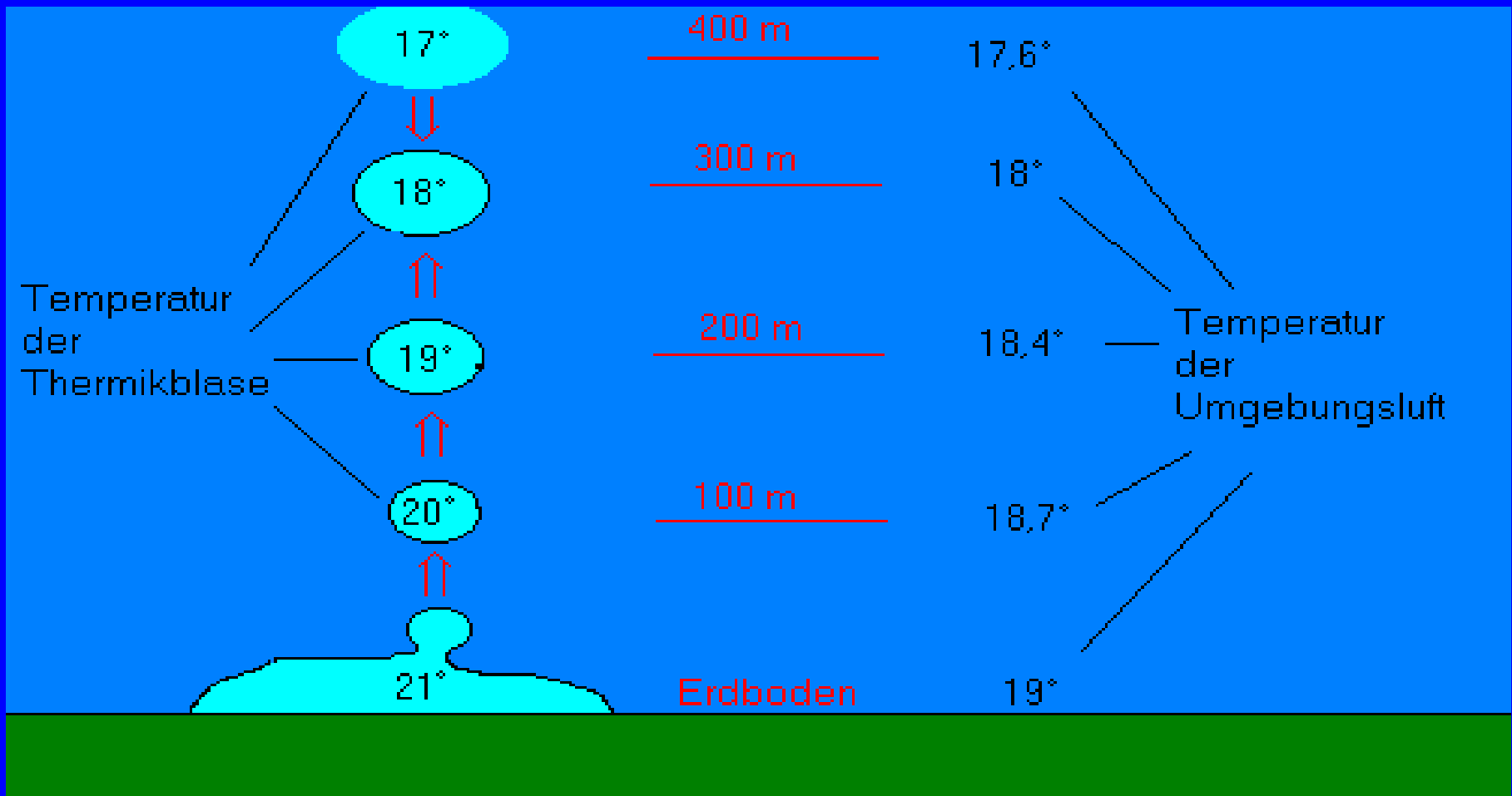
Der Piloten - Wetterstein:

PILOTS

WEATHER FORECASTING STONE

Condition	Forecast
Stone is Wet	Rain
Stone is Dry	Not Raining
Shadow on Ground	Sunny
White on Top	Snowing
Can't See Stone	Foggy
Swinging Stone	Windy
Stone Jumping Up & Down	Earthquake
Stone Gone	Tornado

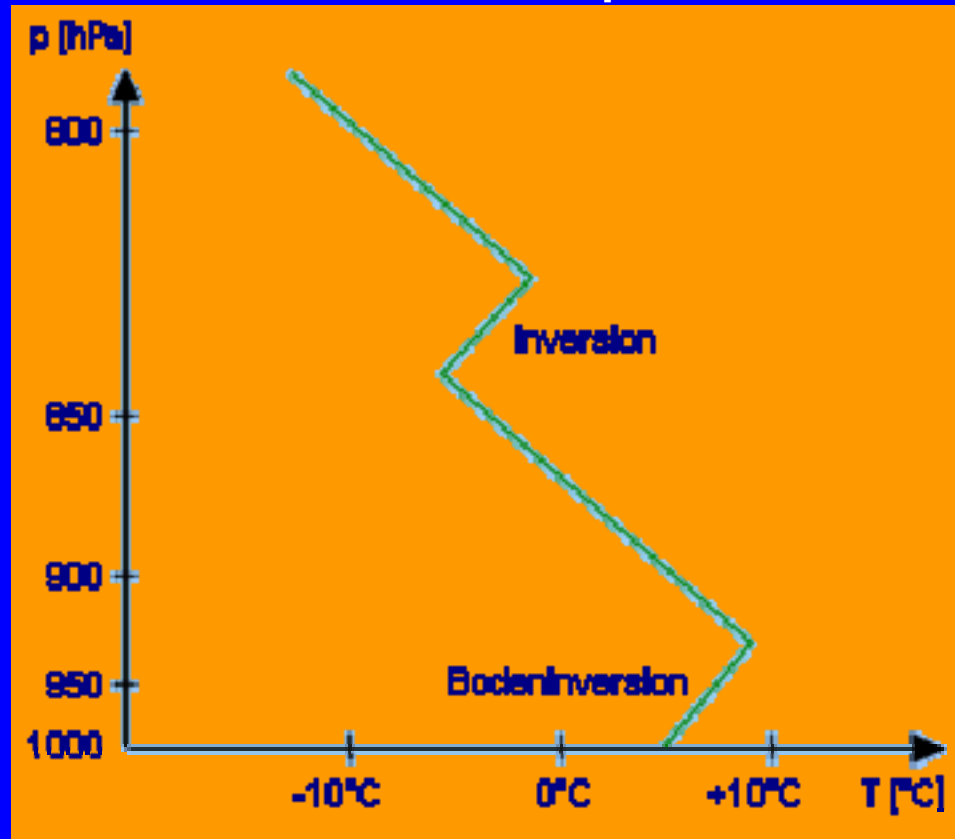
Thermik



Trockenadiabatische Abkühlung der Thermikblase 1°C/100m

Zeichnen von Temps

Radiosondenaufstiege liefern Druck,
Temperatur, Feuchte / Taupunkt, Wind

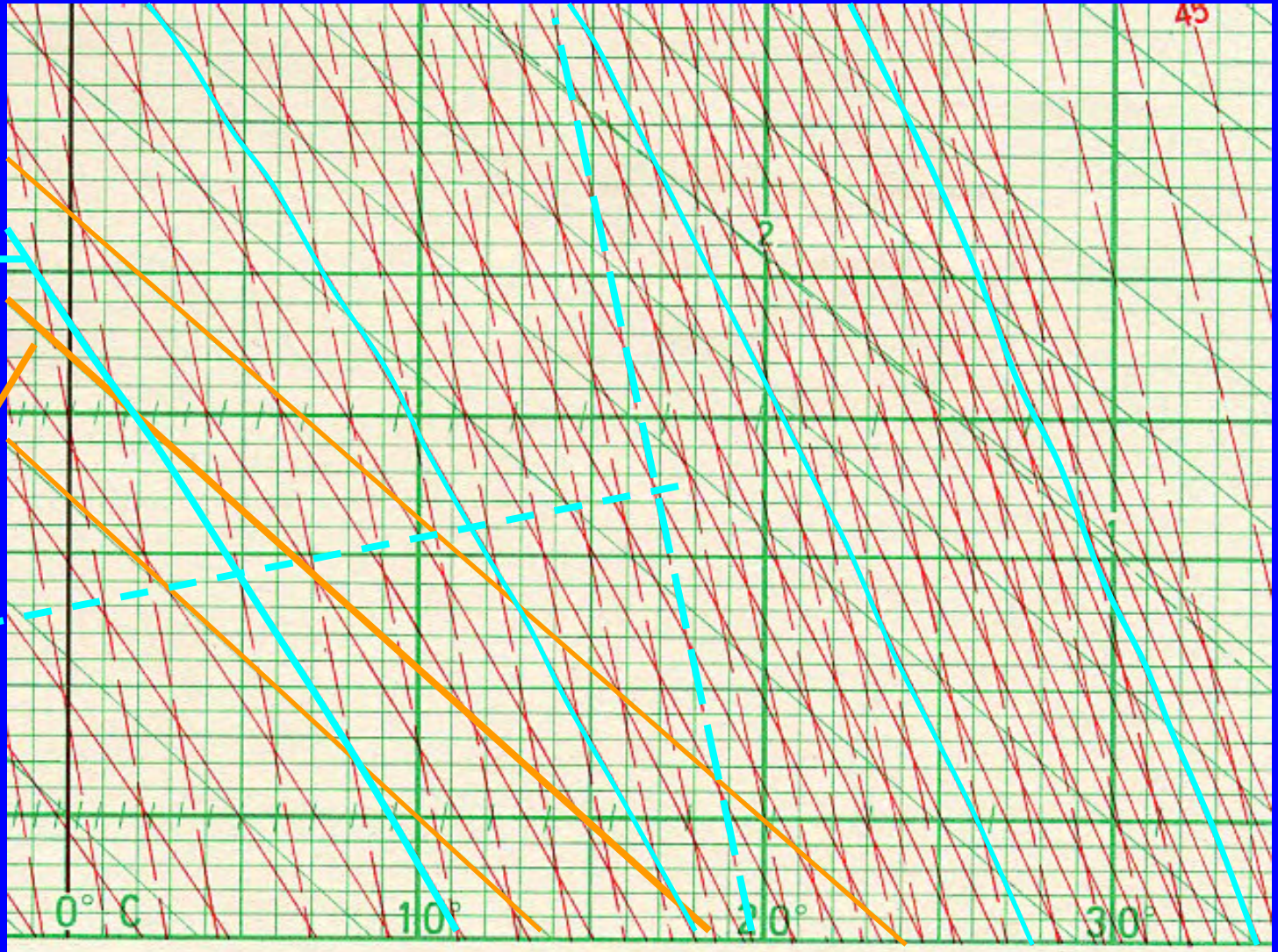


Thermodynamisches Diagramm

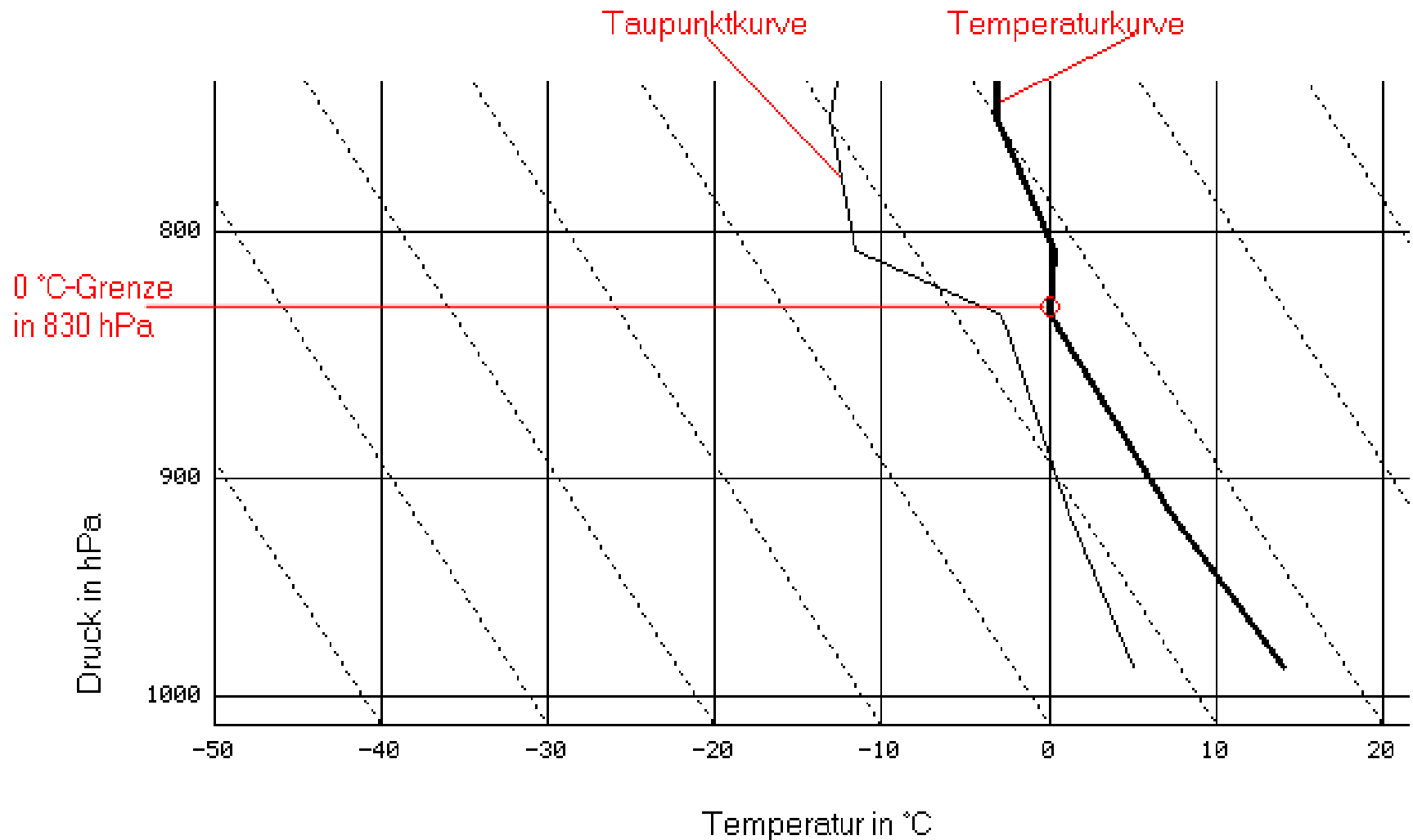
Feucht-
adiabate

Trocken-
adiabate

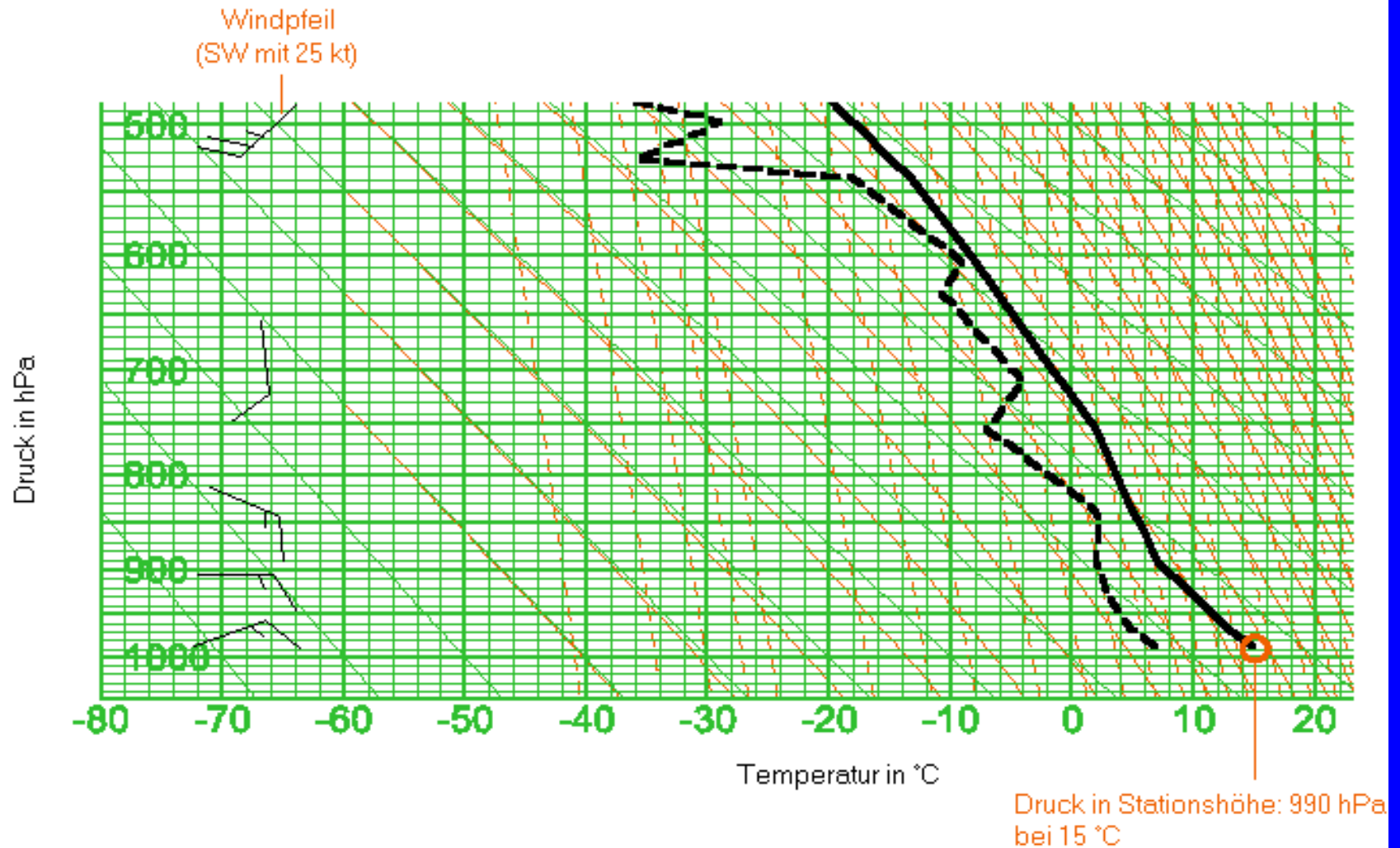
Taupunkts
linie



Temperatur und Taupunkt

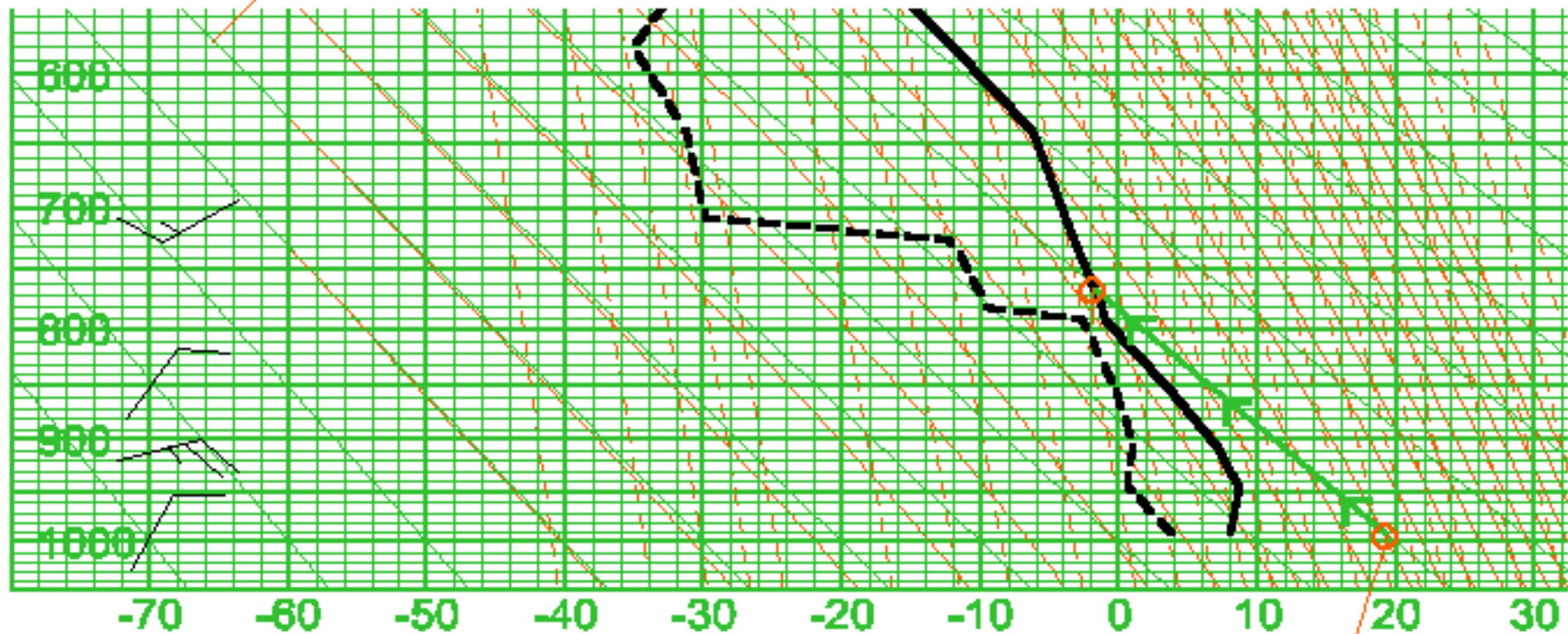


Adiabaten und Wind



Lesen von Temps

Das ist eine Trockenadiabate

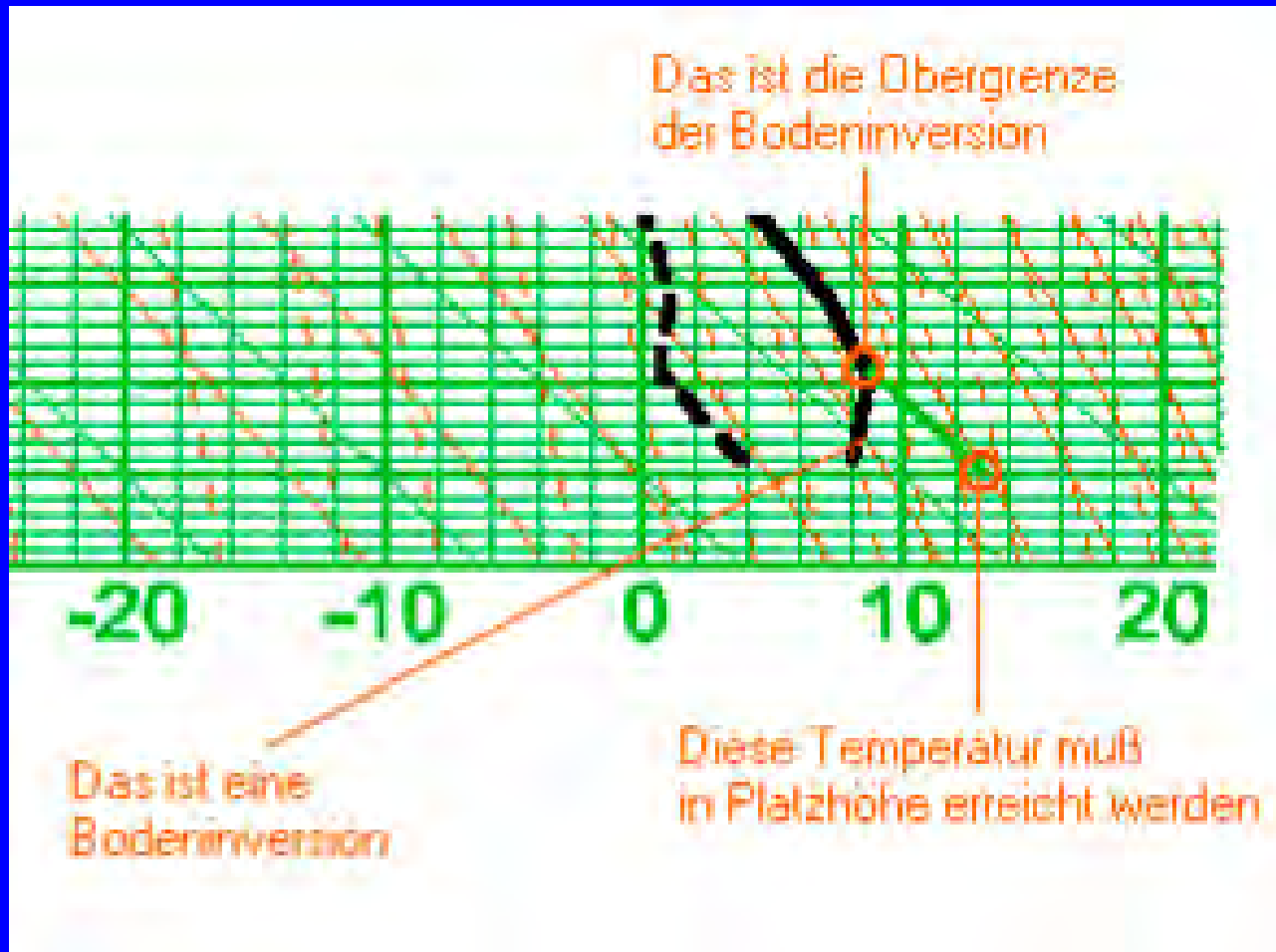


Eine am Boden 19 °C warme Thermikblase steigt trockenadiabatisch so hoch auf, bis sie die gleiche Temperatur wie die Umgebung hat

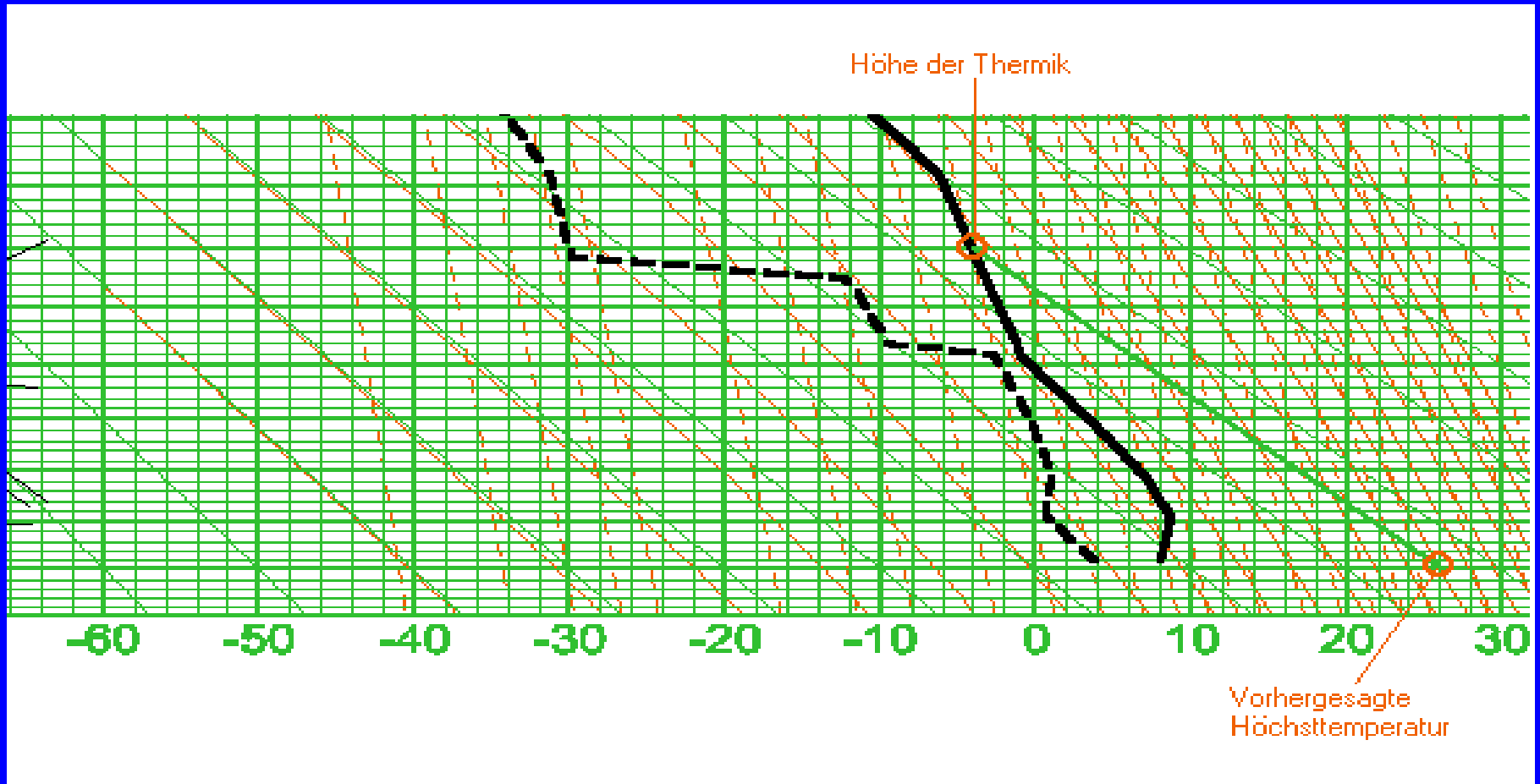
Thermikbeginn: Auslösetemperatur

Obergrenze Bodeninversion suchen

Trockenadiabate zum Boden = Auslösetemperatur.

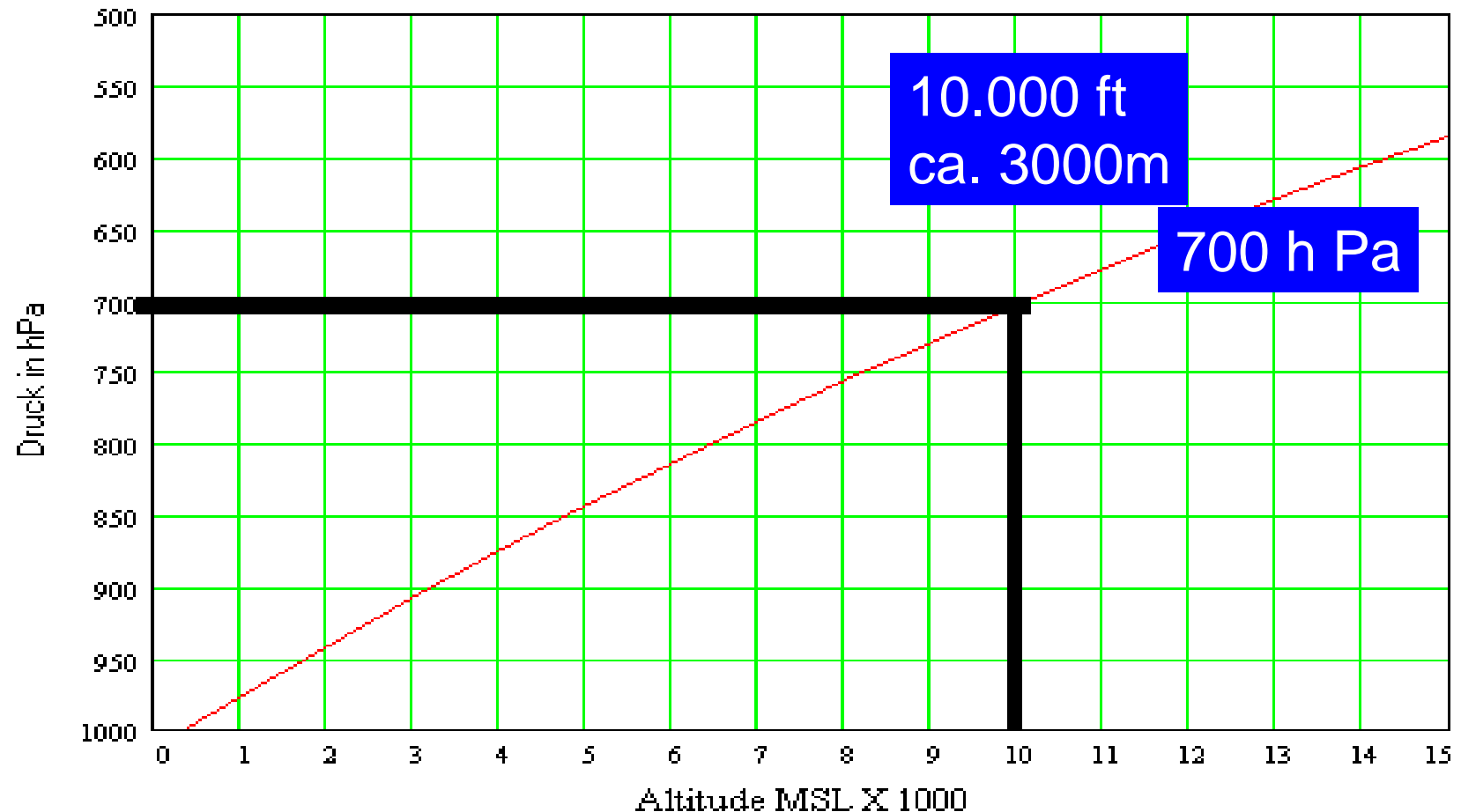


Thermikhöhe in hPa



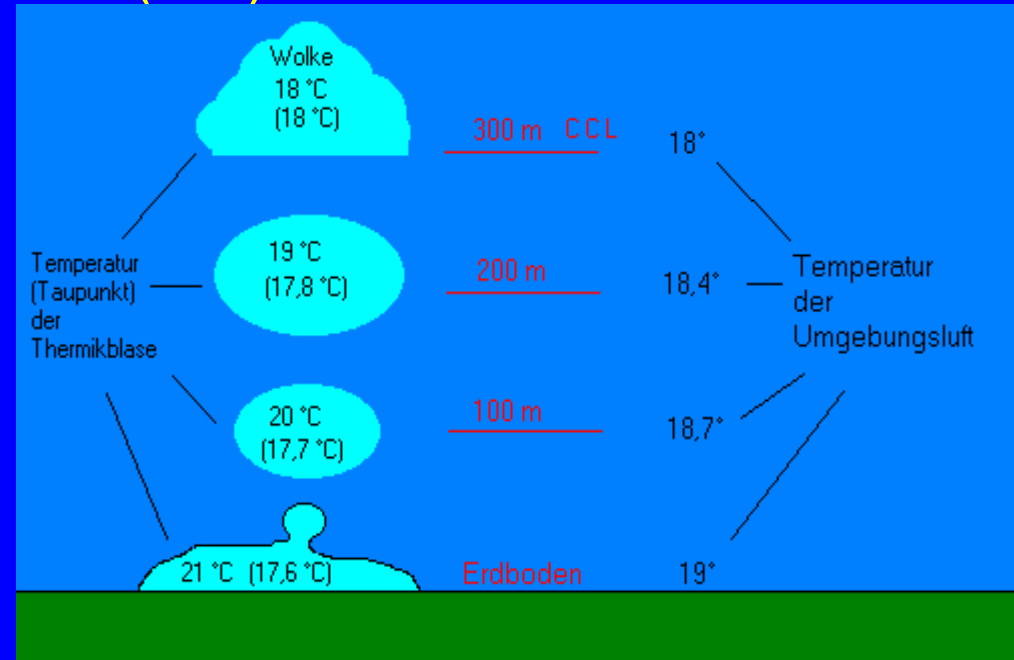
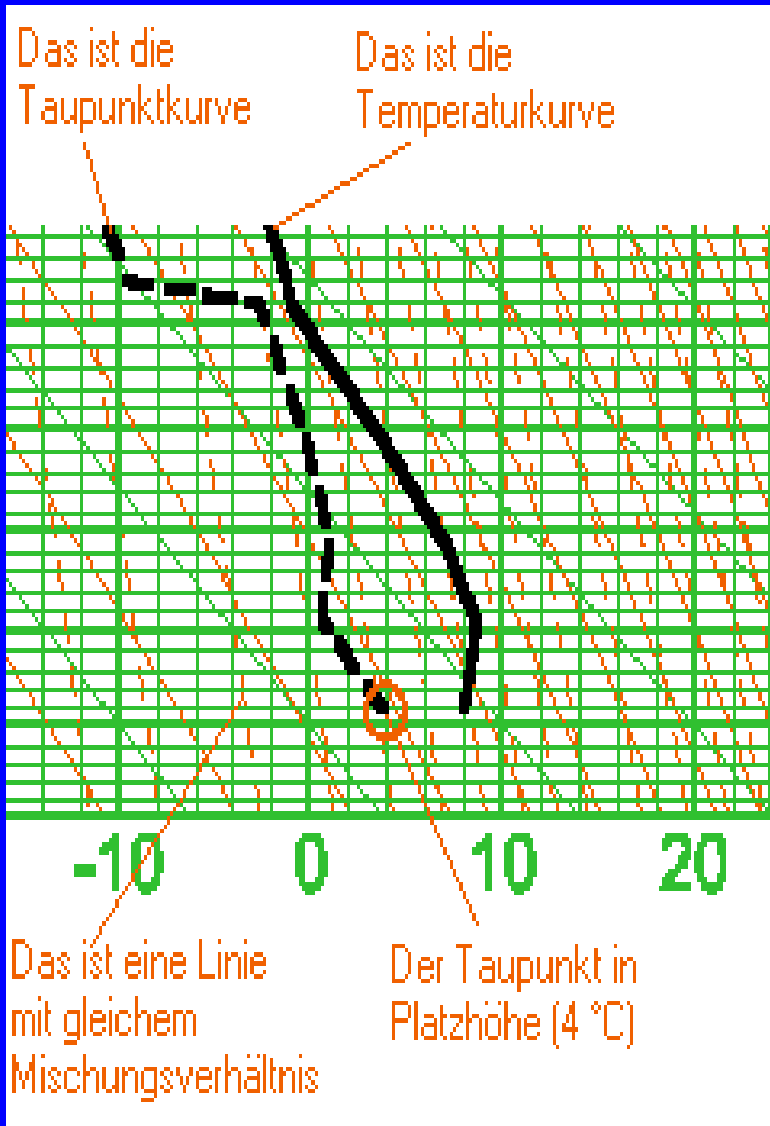
- Vorhersage – Tageshöchsttemperatursoll bei 26 °C liegen
- Trockenadiabatischer Aufstieg ergibt eine Thermikhöhe von 700 hPa mit einer Temperatur von - 4 °C.

Umwandlung von hPa in Höhe



Kondensationsniveau

Wolkenbildung oder (nur) Blauthermik ?



Taupunkt = Temperatur, auf die sich die Luft abkühlen muß, damit Wolken entstehen.

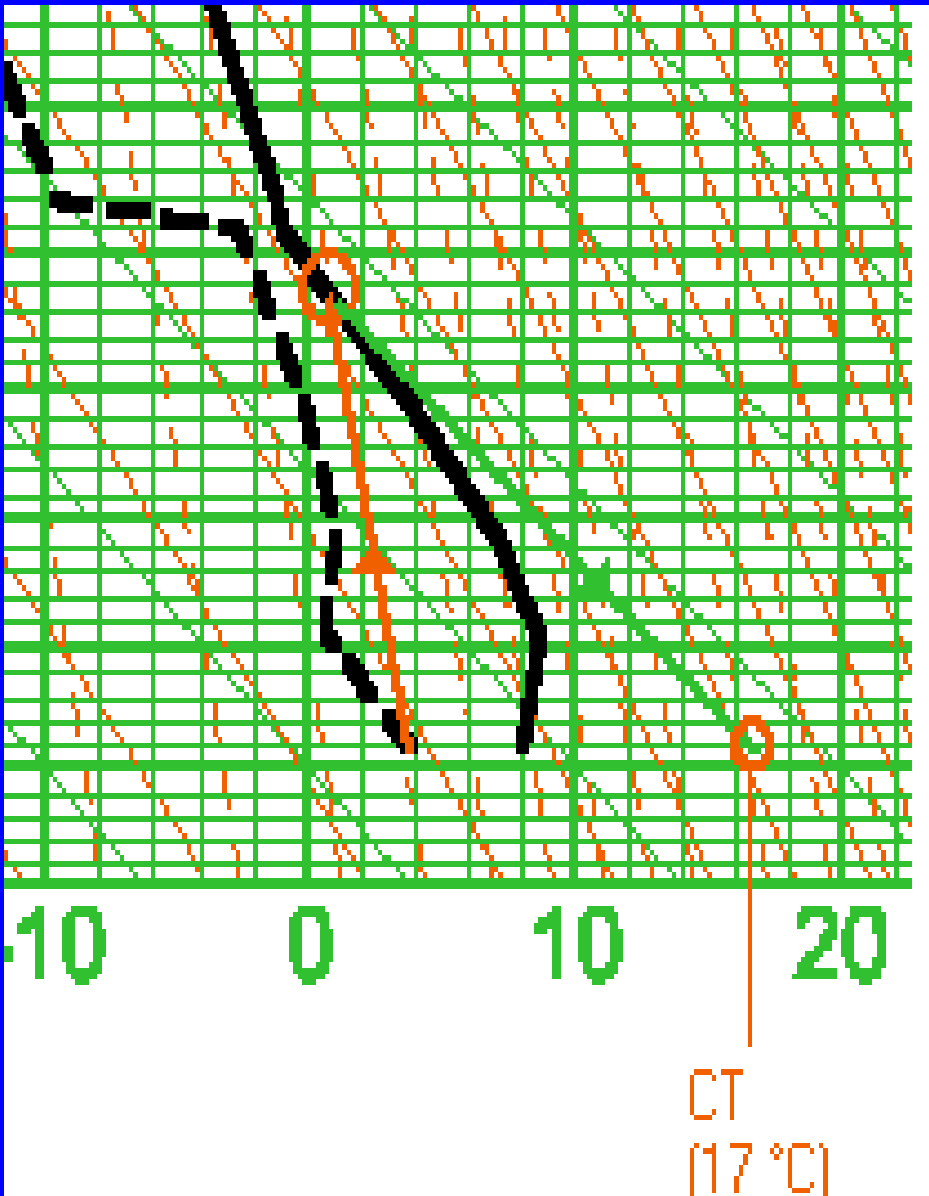
Trockenadiabate

der Thermikblase 1°/ 100 m

Taupunktverschiebung

nur 0,14 °/ 100 m

Wolkenbasis CCL Convection Condensation Level



CCL ist die Untergrenze einer Cumuluswolke.

Vom Taupunkt in Platzhöhe folgt man der Linie mit gleichem Mischungsverhältnis bis zum Schnittpunkt mit der Temperaturkurve.

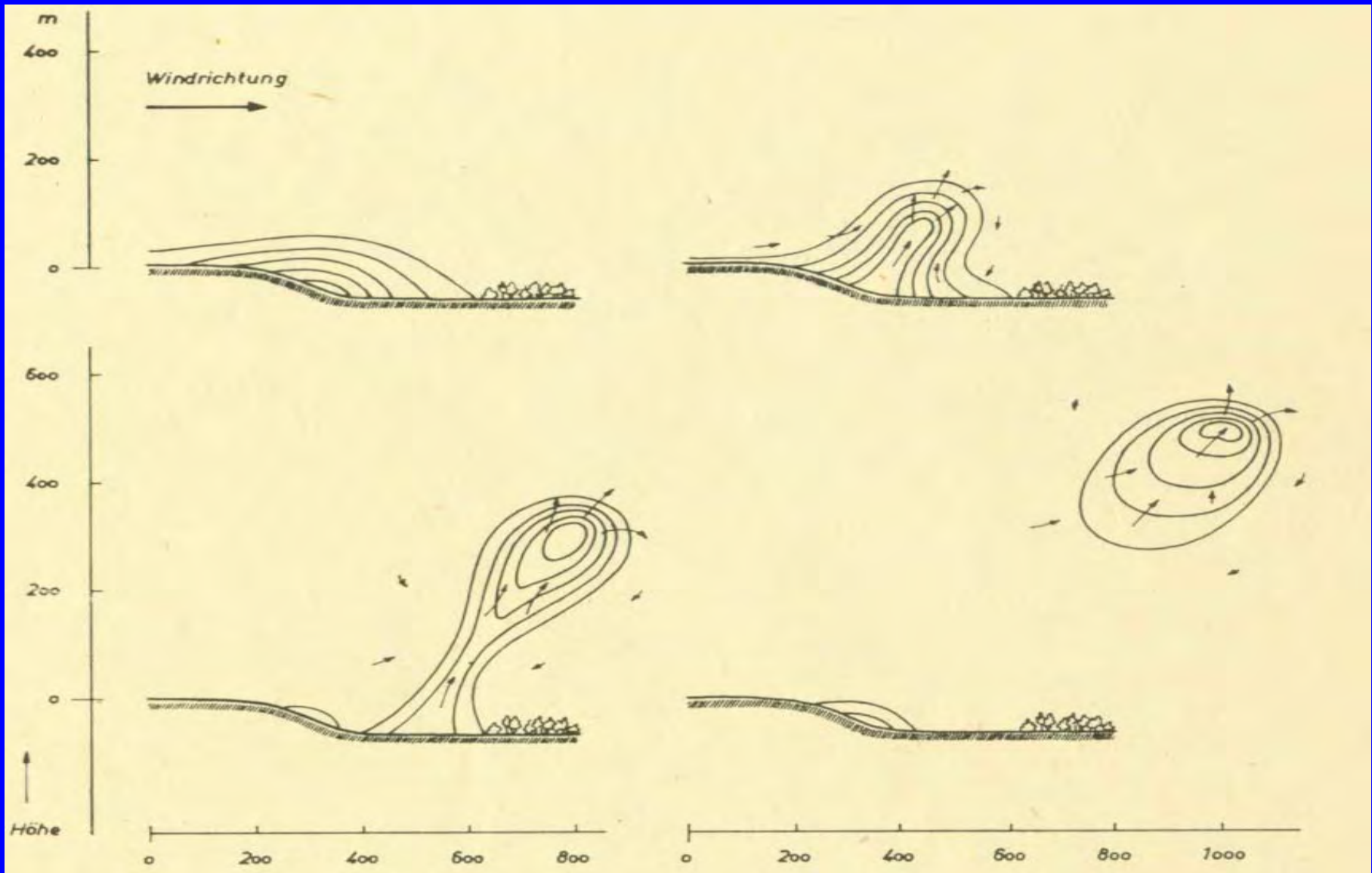
Von dort folgt man der Trocken-adiabate abwärts bis in Platzhöhe und liest die Temperatur ab:

Das ist die Convective Temperature (CT).

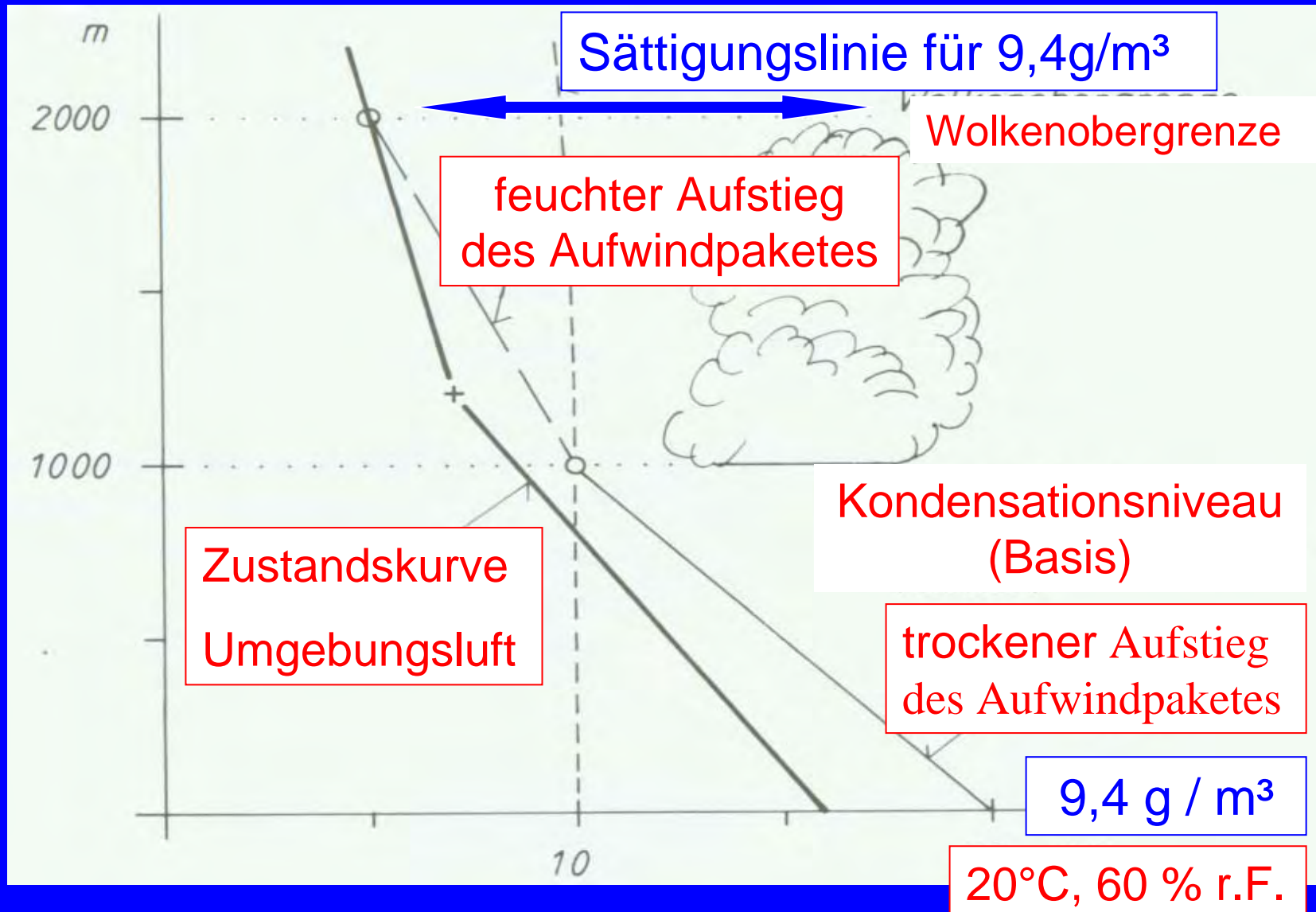
Jetzt muss man nur noch checken, ob die vorhergesagte Höchsttemperatur kleiner ist als die CT –

in diesem Fall gibt es dann keine Wolken, nur Blauthermik.

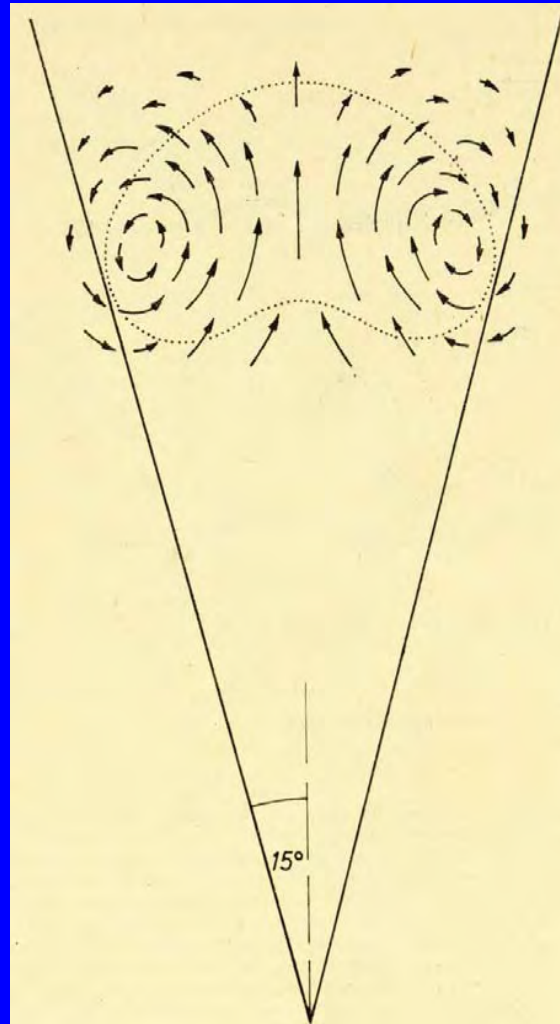
Auslösung der Thermik



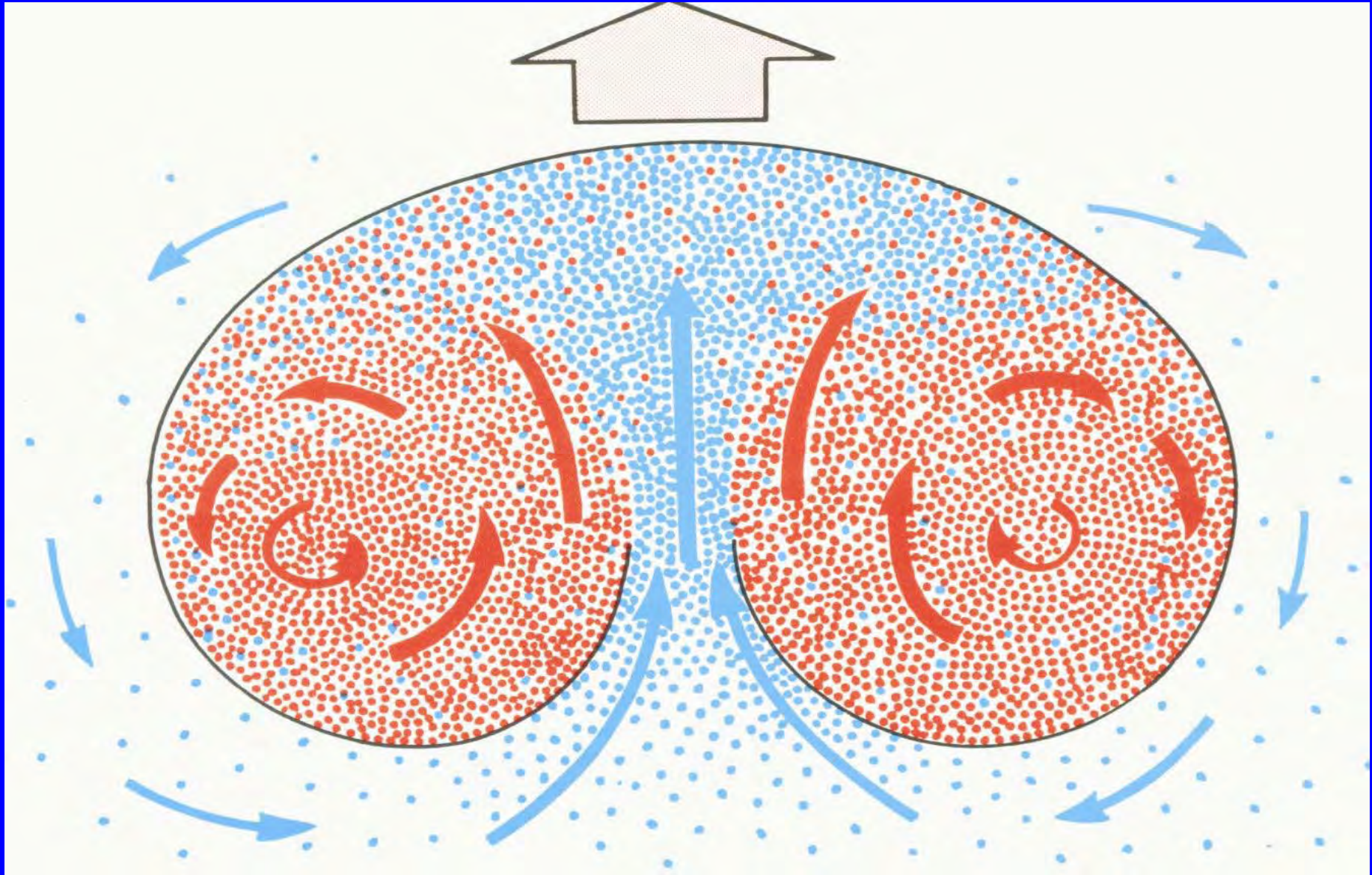
Thermische Wolkenbildung

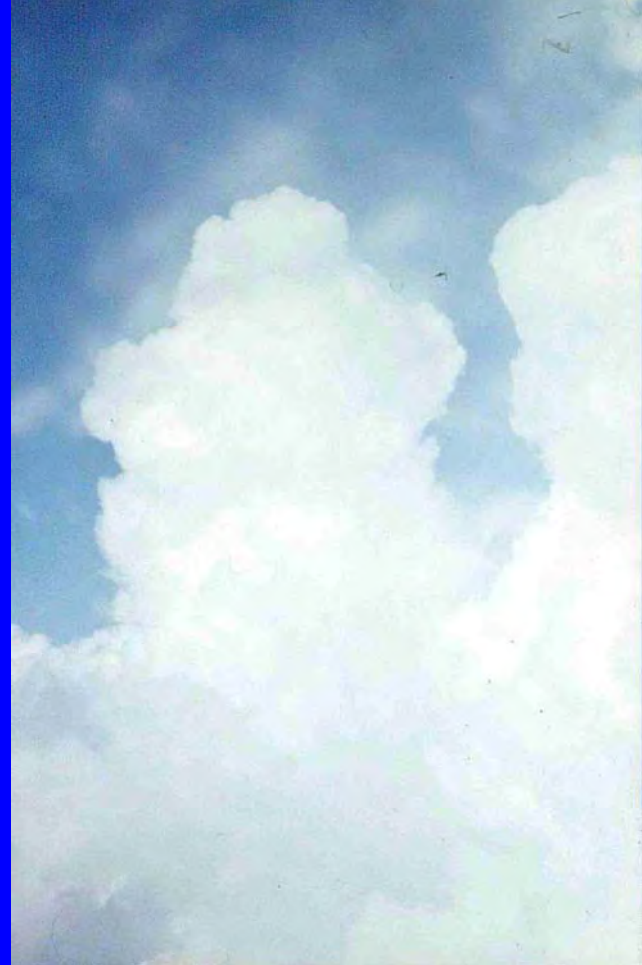


Aufstiegskegel der Thermik



Thermikblase









Großglockner

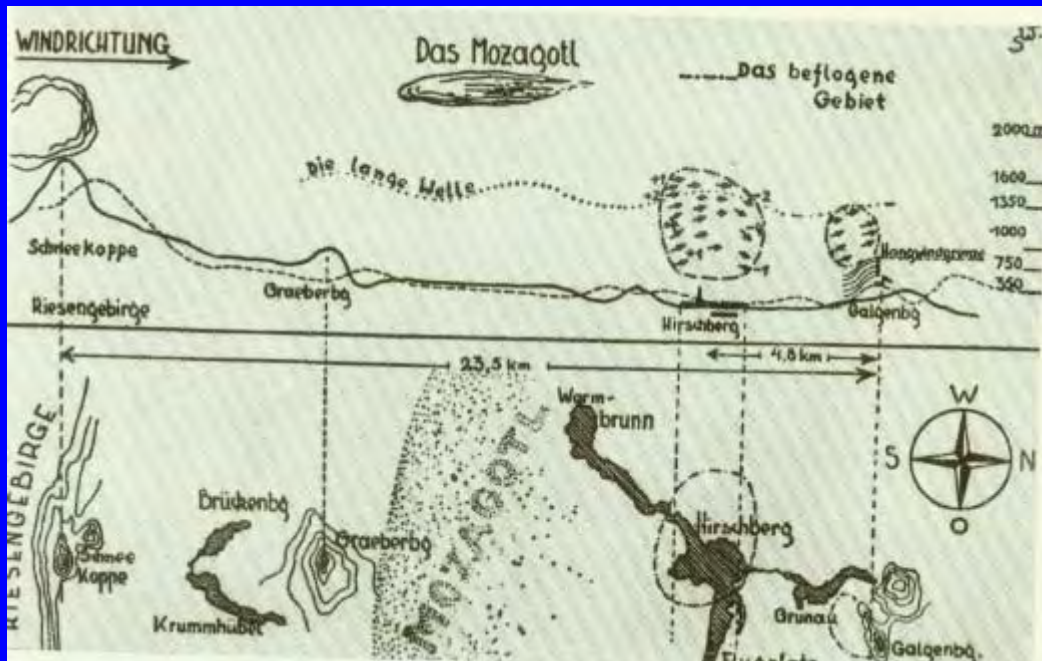
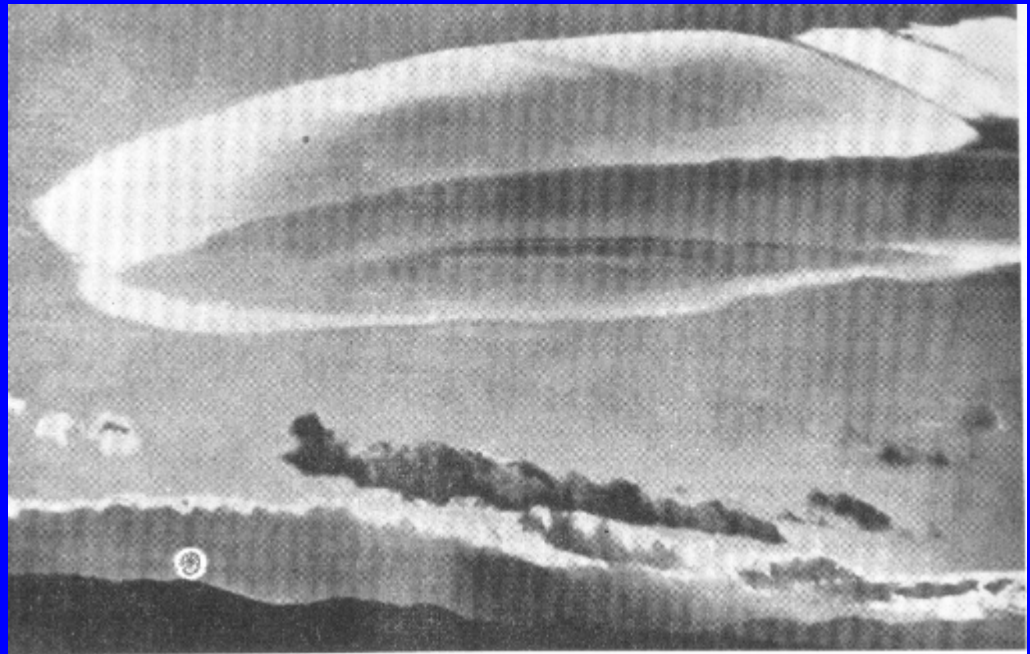
Matterhorn





Mo(a)zagotl

Schlesischer Bauer
Gottlieb Motz
hat festgestellt,
nach dieser Wolke
überm Riesengebirge
kommt bald Regen



Erster Leewellenflug
18.3.1933
Wolf Hirth
Hans Deutschmann
Segelflugschule Grunau
(=Jezow)
Flugplatz Hirschberg
(=Jelenia Gora)





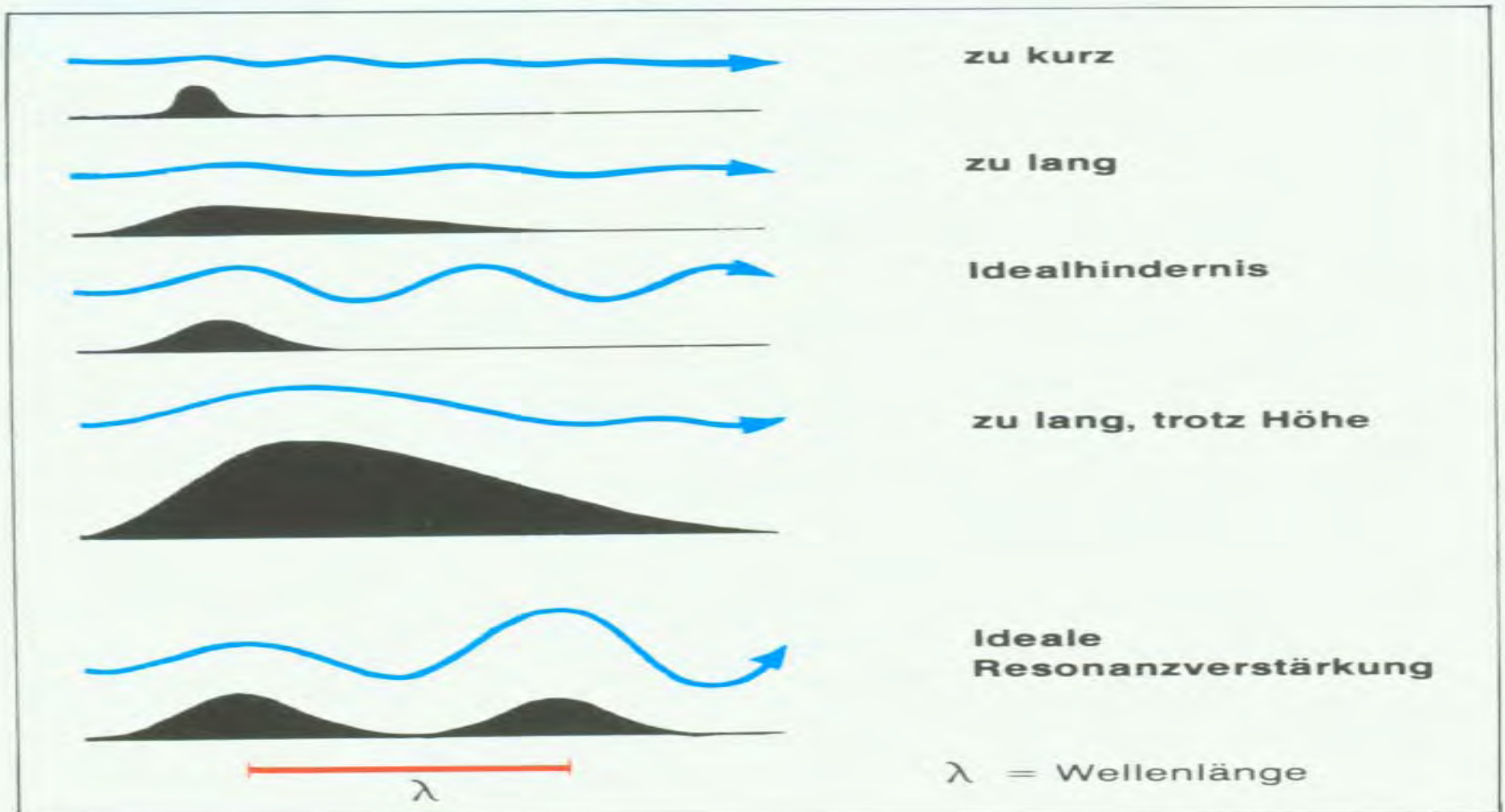
Moazagotl
20 m

Miniatur
Moazagotl
=Minimoa

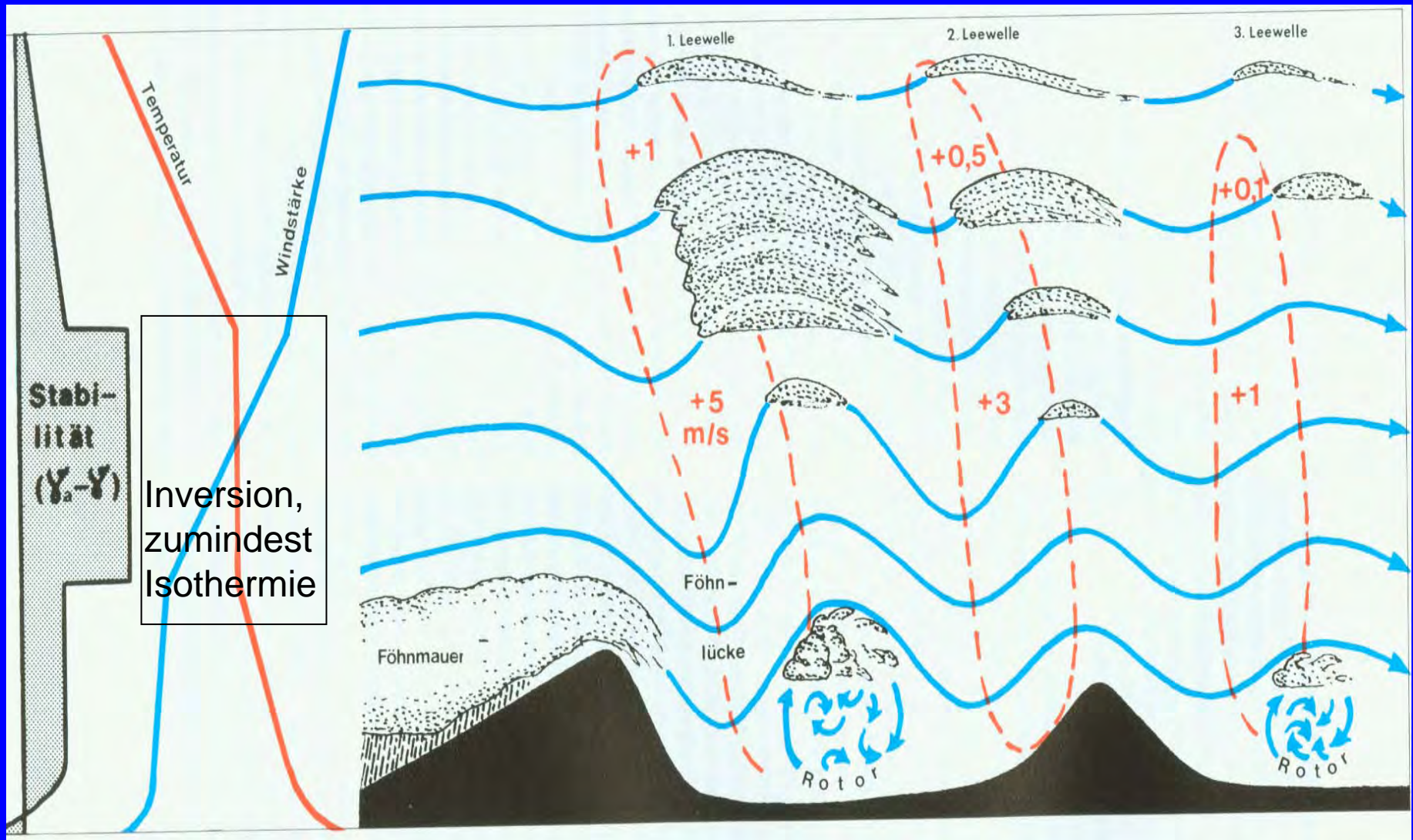


Wellenvoraussetzung

Einfluß des Hindernisquerschnittes (nach Wallington)



Wellenbildung bei Föhnlagen







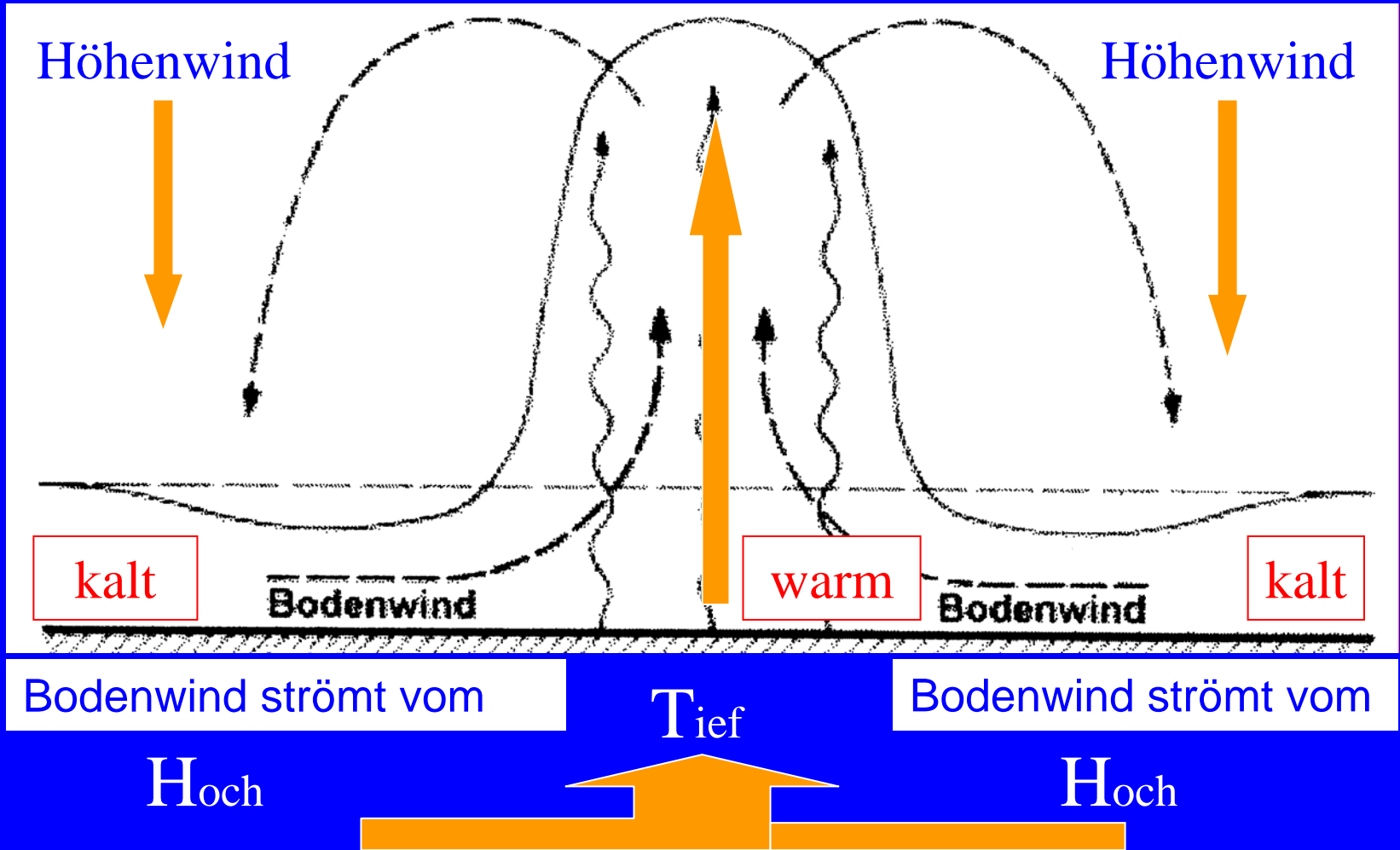


Fronten

Treffen zwei Luftmassen verschiedener Eigenschaften aufeinander, so nennt man die Flächen an denen sie sich berühren Front.

Dabei gibt die vorstoßende Luftmasse der Front den Namen.

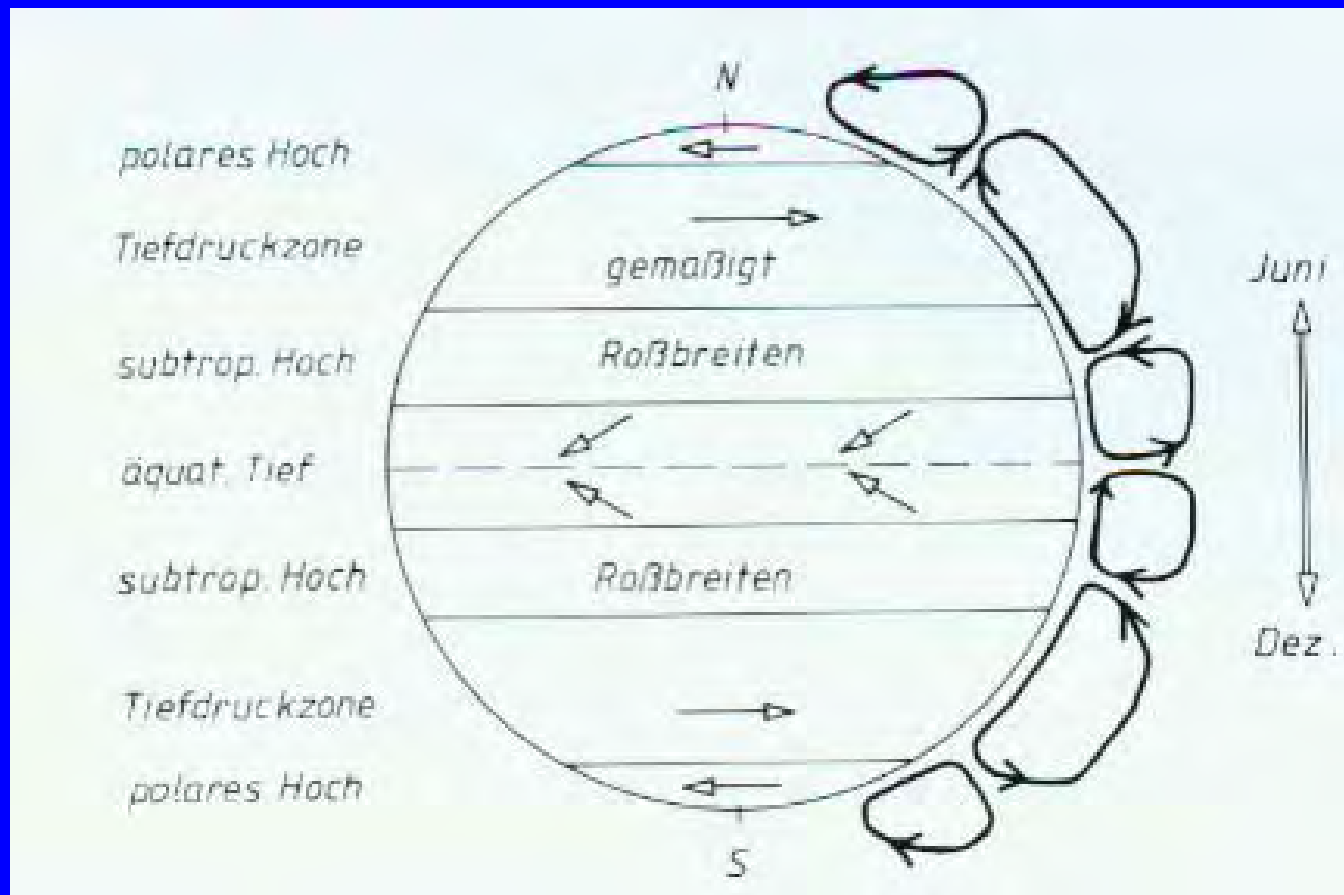
Luftbewegung Hoch \leftrightarrow Tief



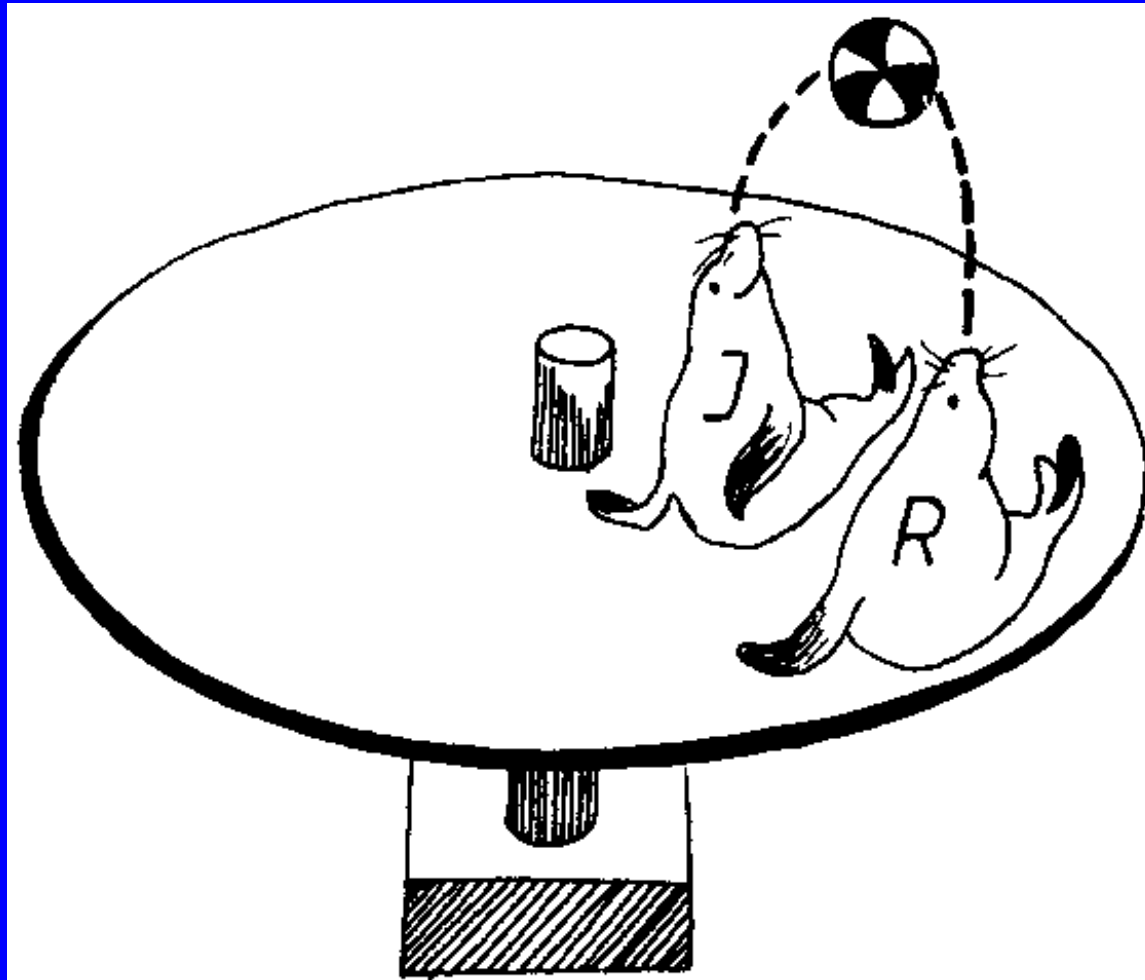
absinkende Luft : Wolkenauflösung => blauer Himmel

aufsteigende Luft : Wolkenbildung

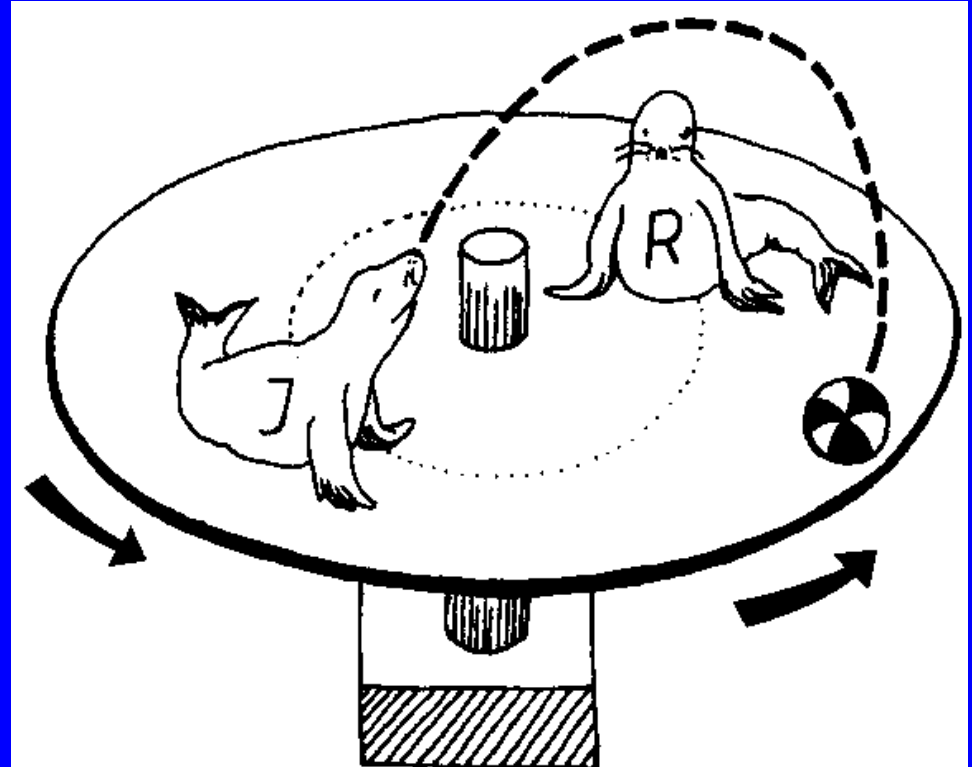
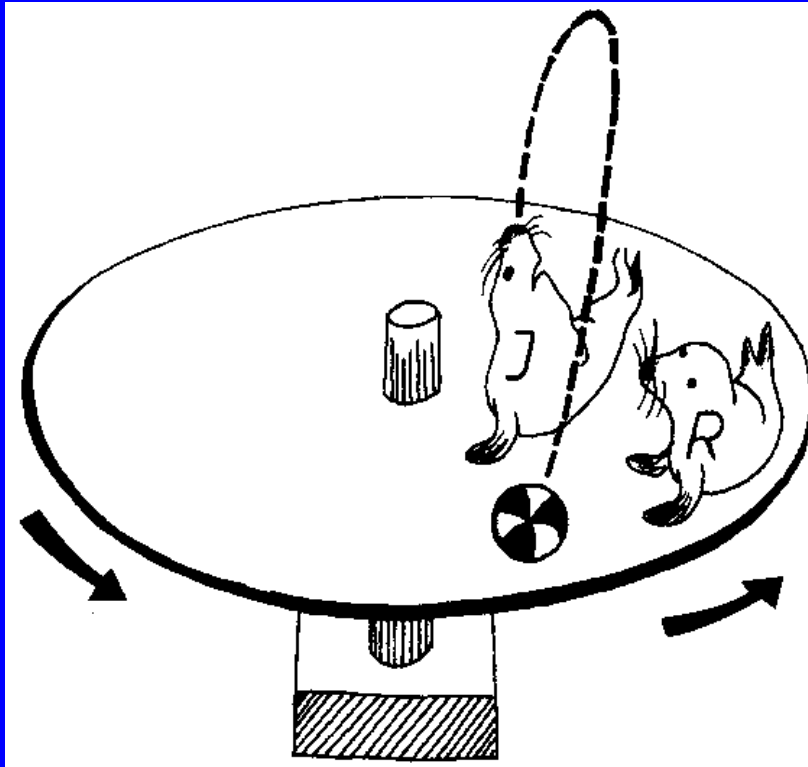
Hauptklimazonen



Windrichtung und -stärke

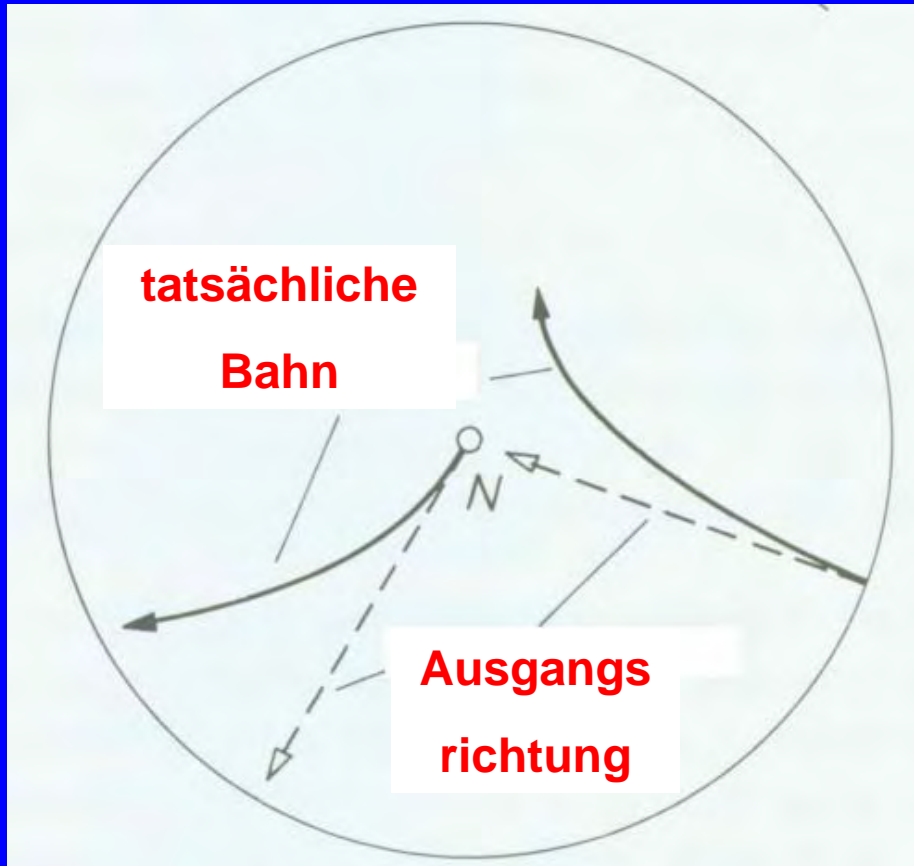


Die Corioliskraft



Corioliskraft

Pol: 0 km in 24 h \rightarrow 0 km/h

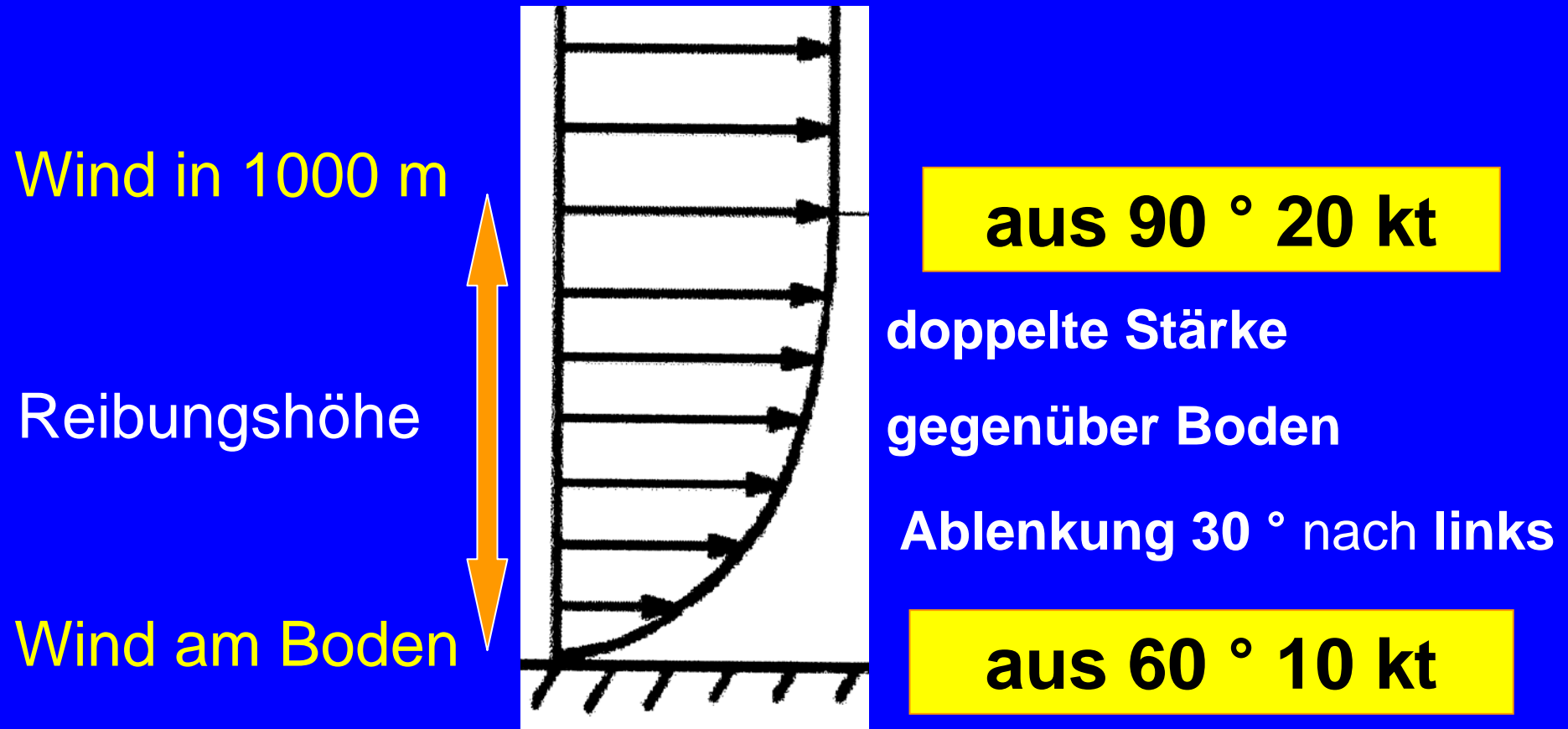


Nordhalbkugel

Auslenkung nach rechts

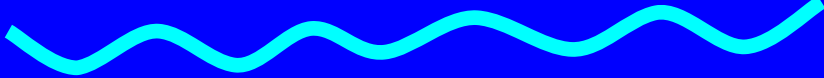
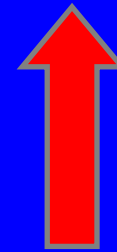
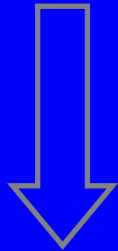
Äquator: 40. 000 km in 24 h \rightarrow 1.666 km/h

Windscherung



Lokale Windsysteme

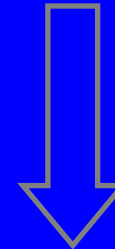
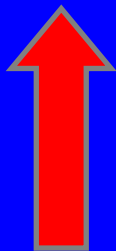
Land- und Seewind



Seewind

Lokale Windsysteme

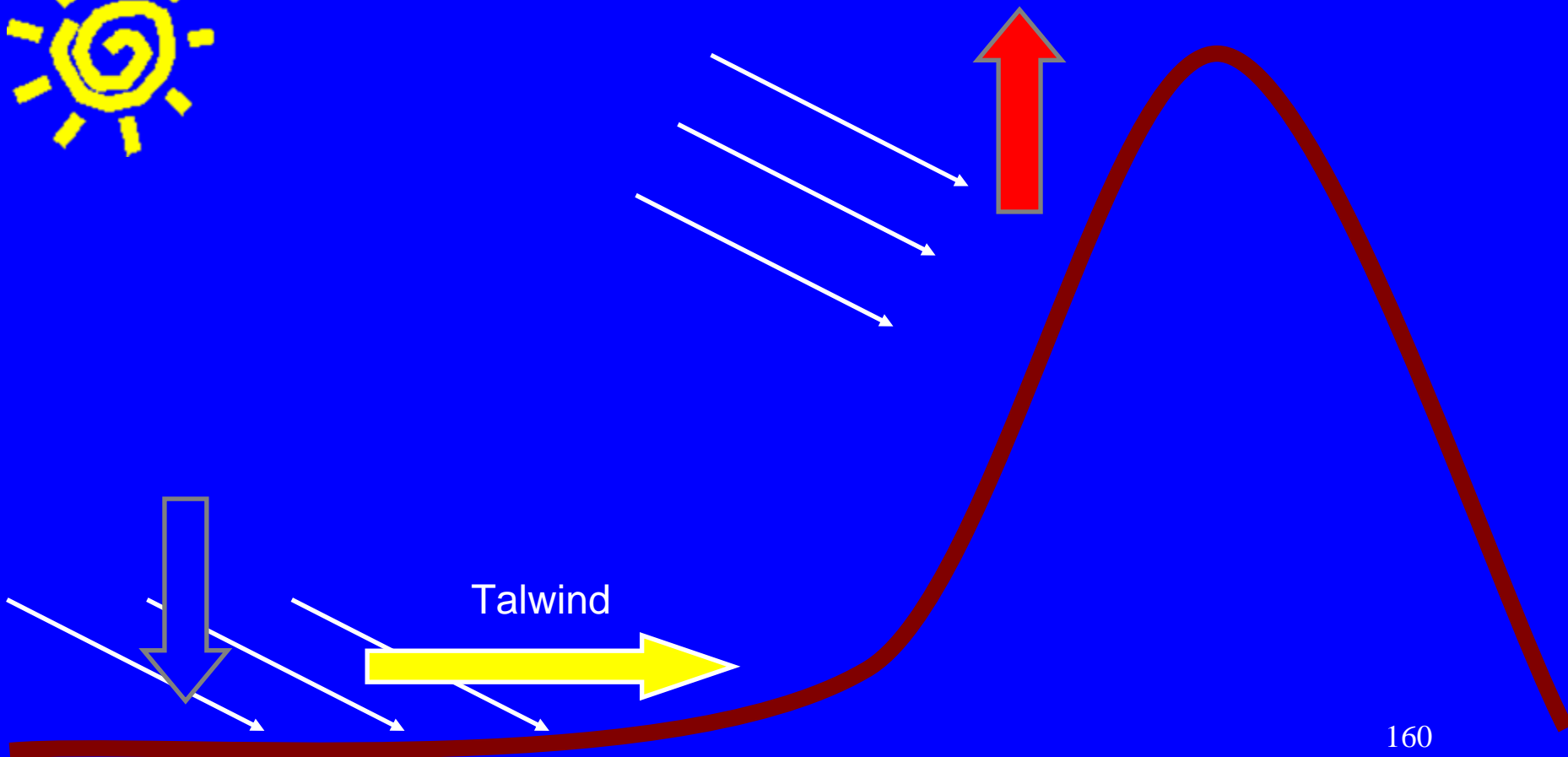
Land- und Seewind



Landwind

Lokale Windsysteme

Berg- und Talwind



Lokale Windsysteme

Berg- und Talwind



Auskühlung

Bergwind



Lokale Windsysteme

Bora

Jugoslawischer Karst -> Adria

Scirocco

warm-feuchter Wind aus Afrika

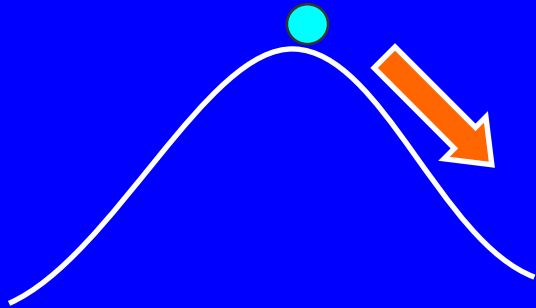
Mistral

Rhonetal

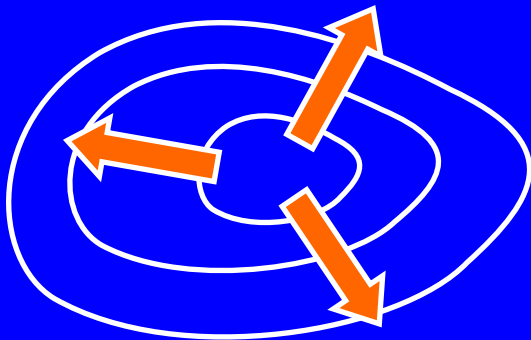
Bise

Schweiz

Windrichtung und -stärke

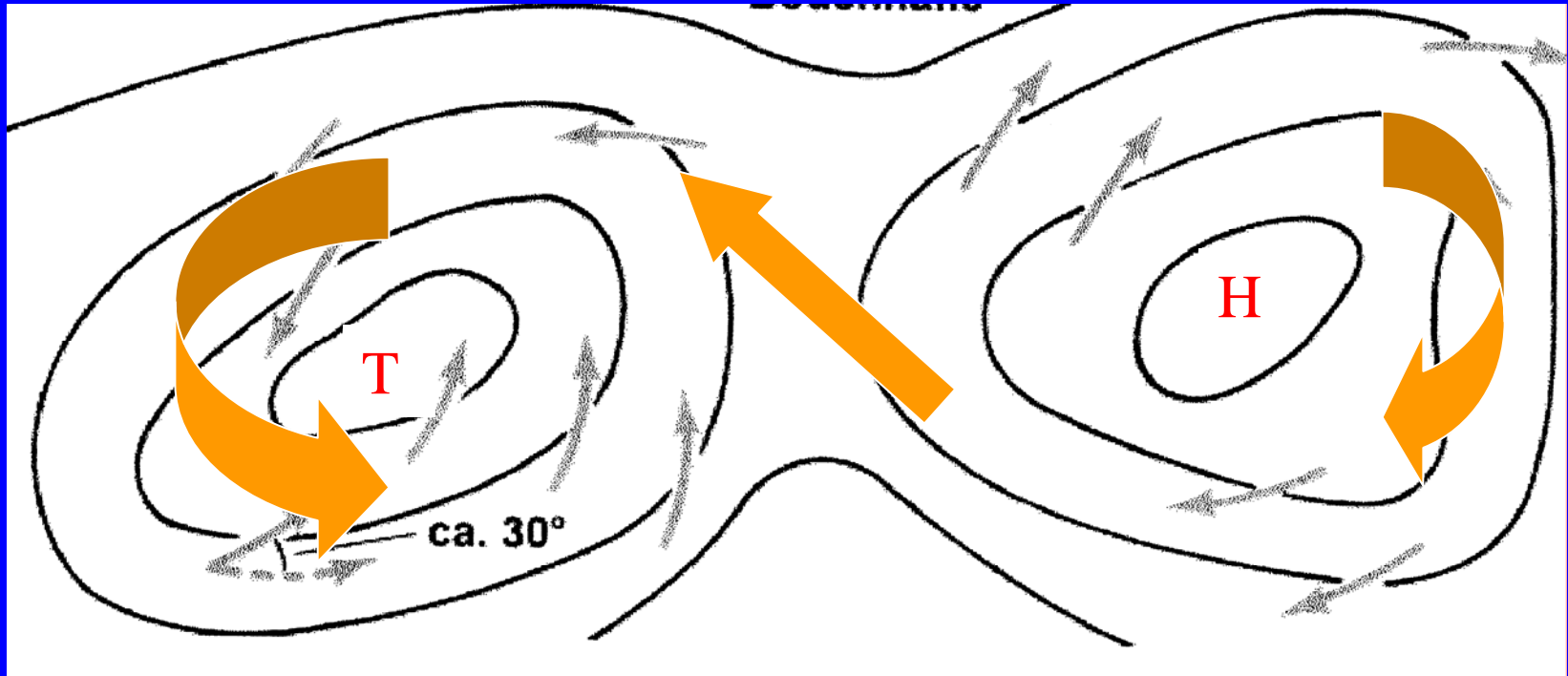


Ein Ball, der einen Berg hinab rollt, nimmt seinen Weg senkrecht zu den Höhenlinien.



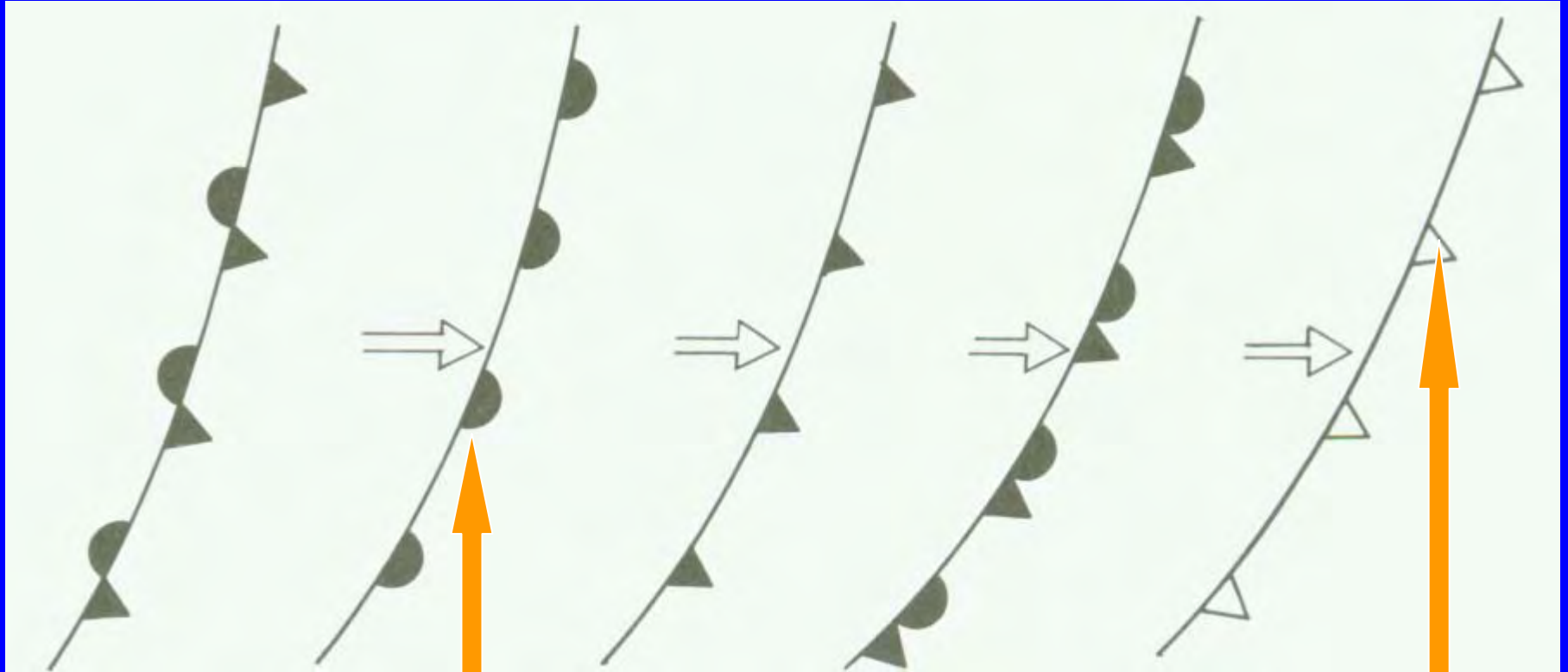
Genauso setzt sich die Luft senkrecht zu den Isobaren/Isohypsens in Bewegung.

Wind vom Hoch zum Tief



im	Uhrzeigersinn	aus	Hoch	heraus
entgegen	Uhrzeigersinn	in	Tief	hinein

Warm / Kaltfront



stationäre
Frontlinie

Warm
front

Kalt
front

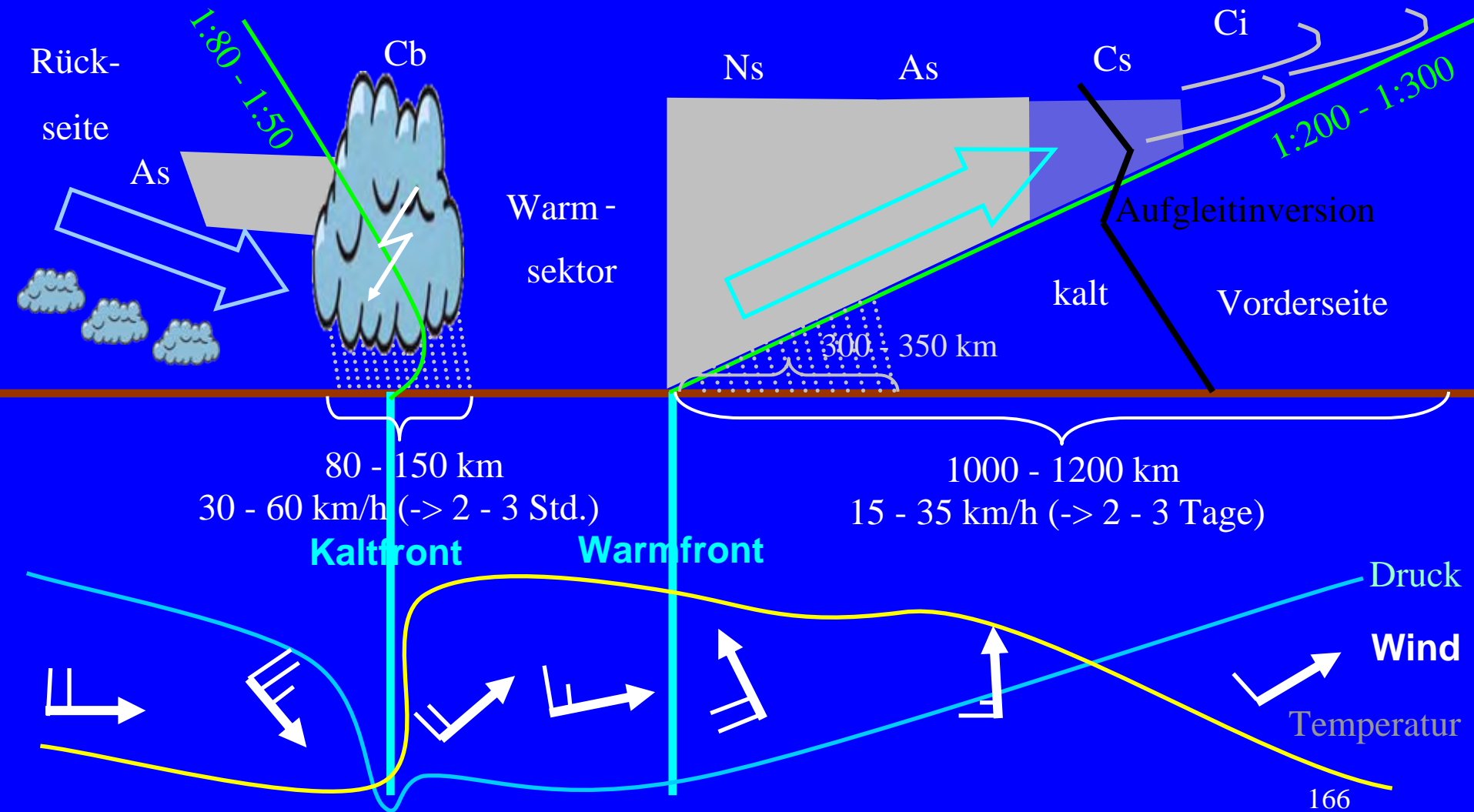
Okklusion

Höhenkaltfront

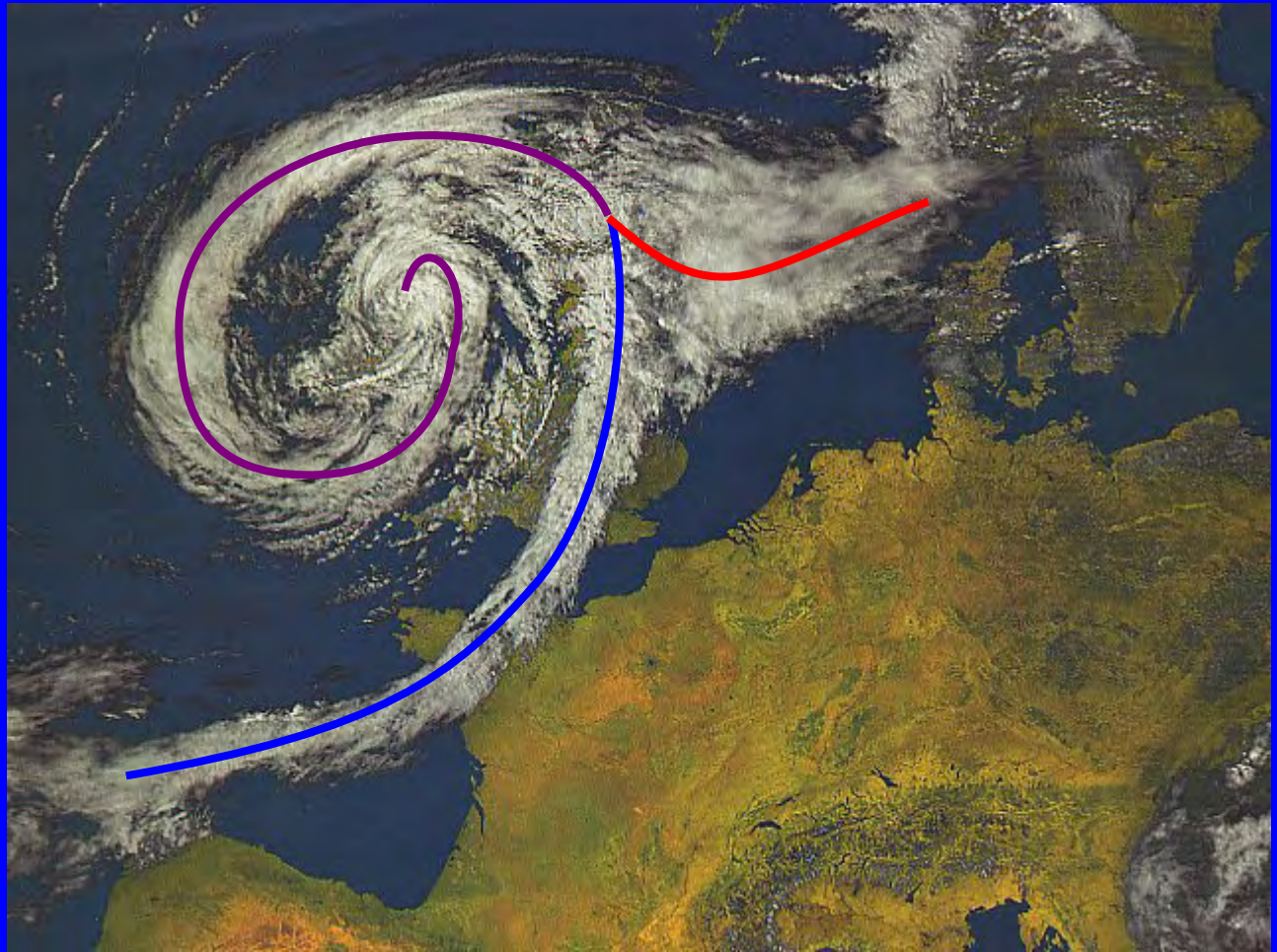
ausgefüllt: **Bodenfrontlinie**

nicht ausgefüllt: **Höhenfrontlinie**

Idealzyklone

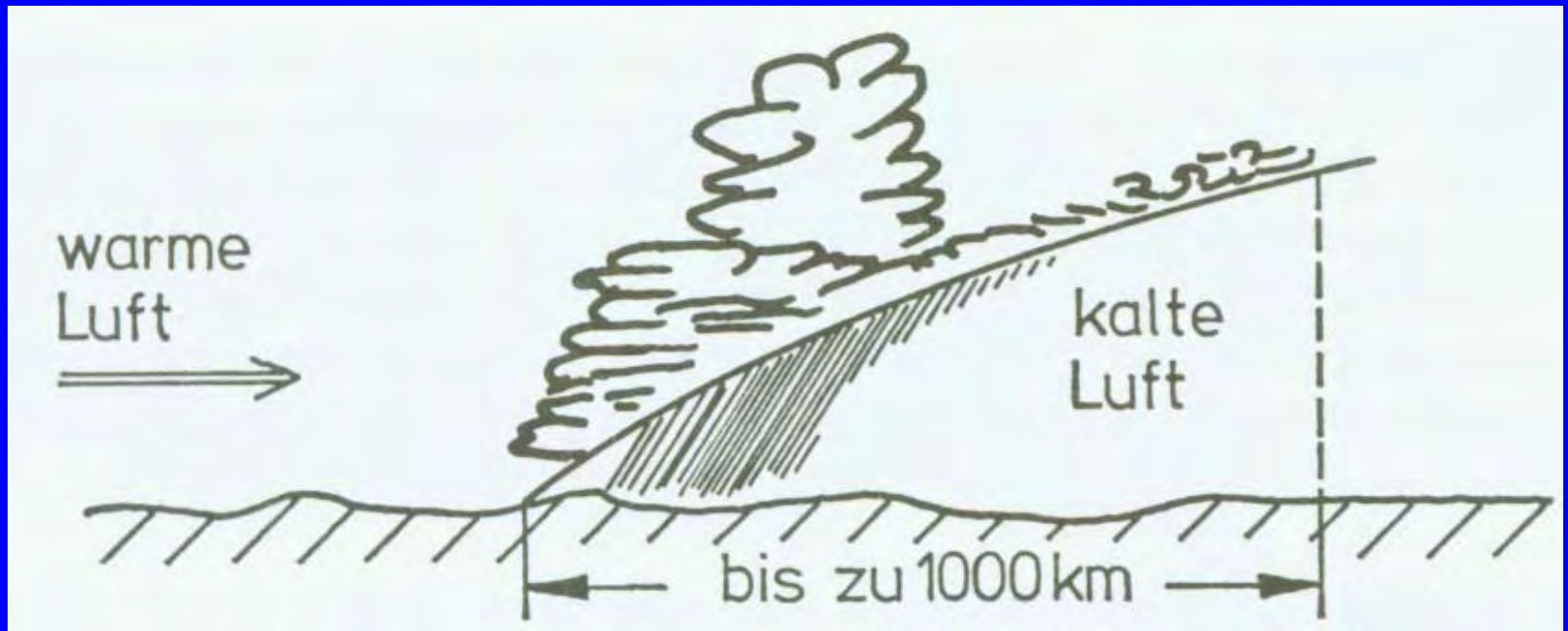


Zyklone

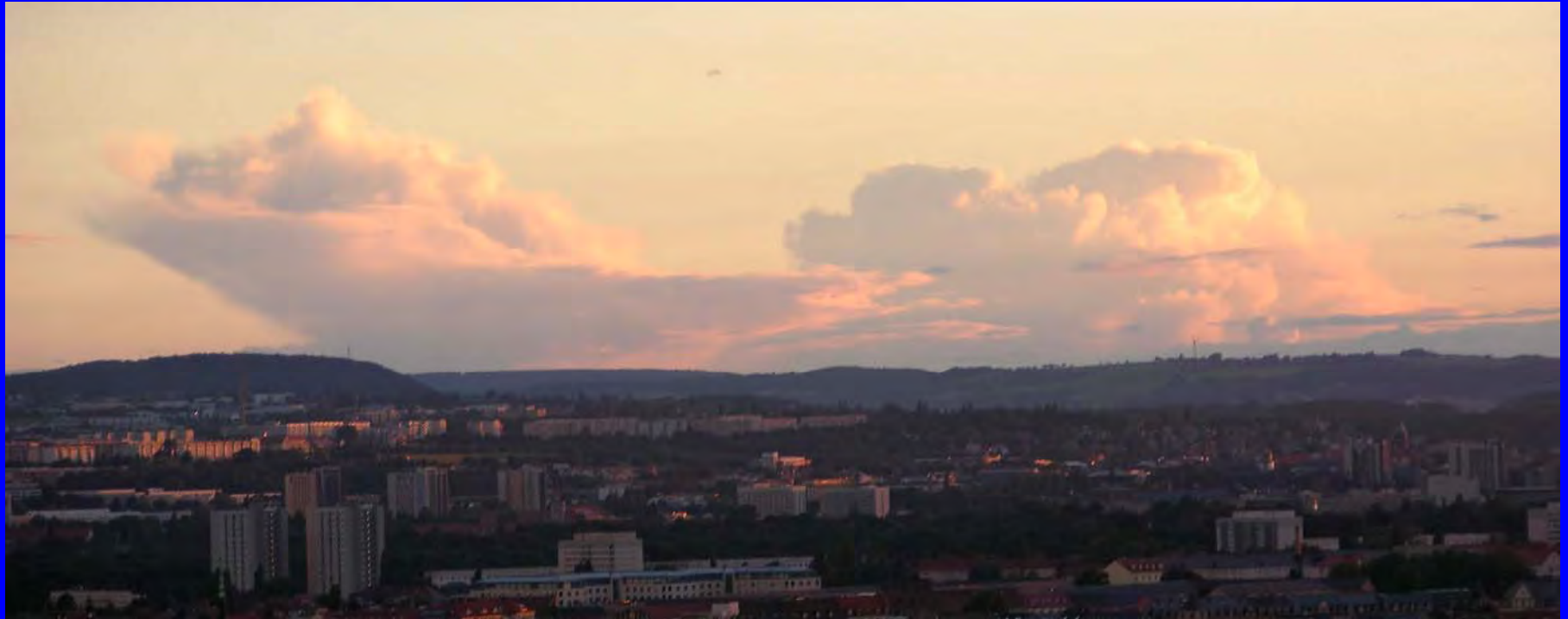


Satellitenbild vom 6.8.1986, Flughöhe ca. 850 km

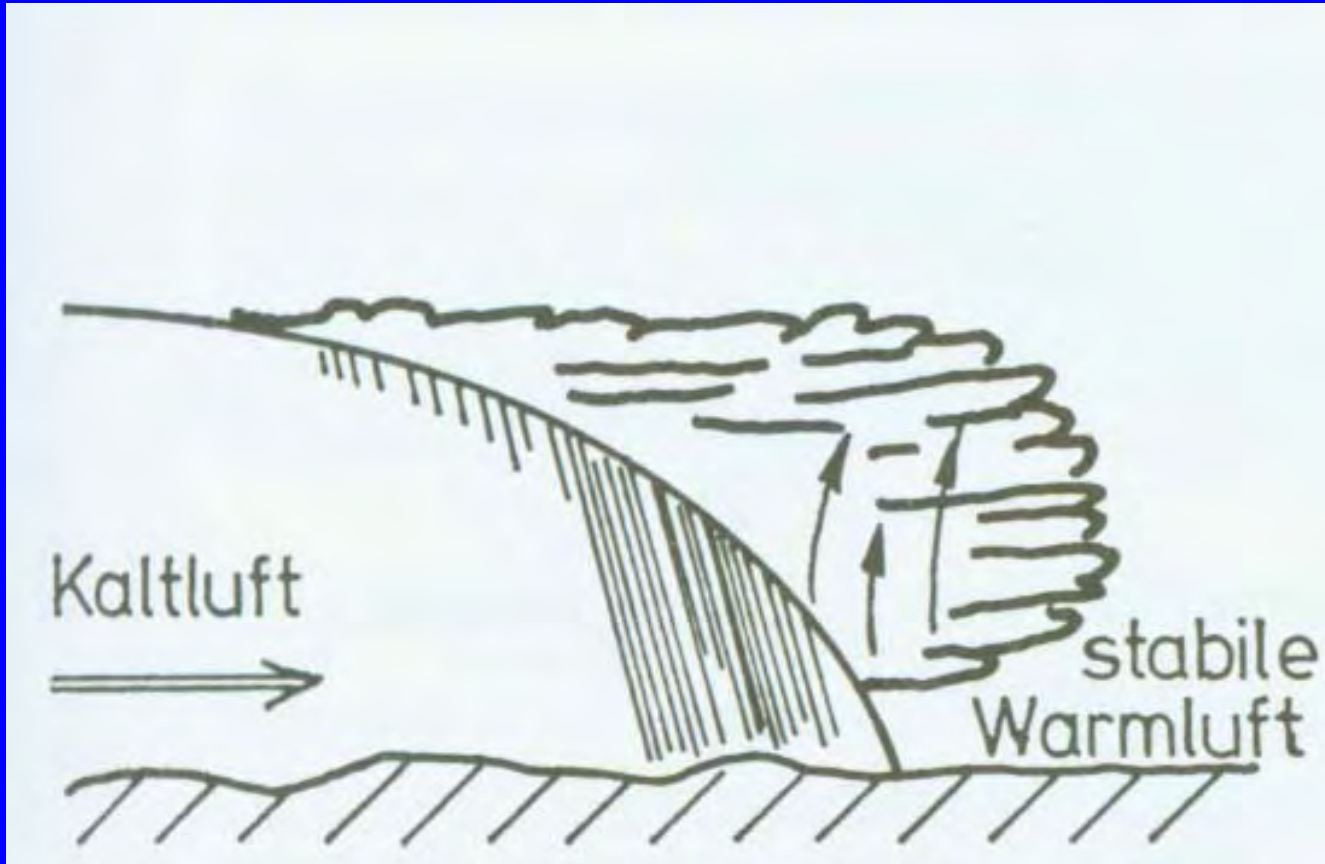
Warmfront



Aufgleiten warmer (leichterer) Luft auf kältere, damit
adiabatische Abkühlung der Warmluft → **Wolkenbildung**

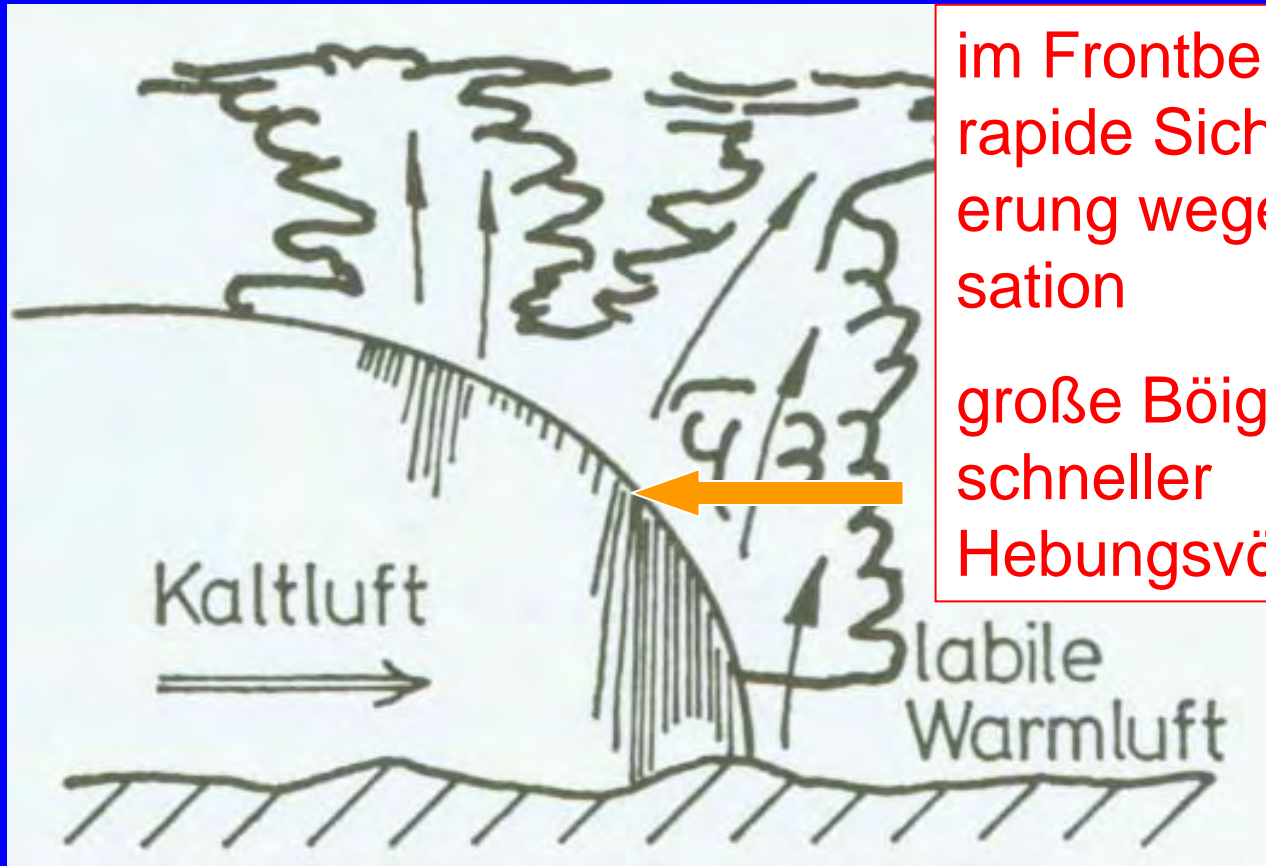


Kaltfront



„mühsames“ Hochschieben einer **stabilen Warmluft** →
hochreichende Schichtwolken, breiter Landregen

Kaltfront

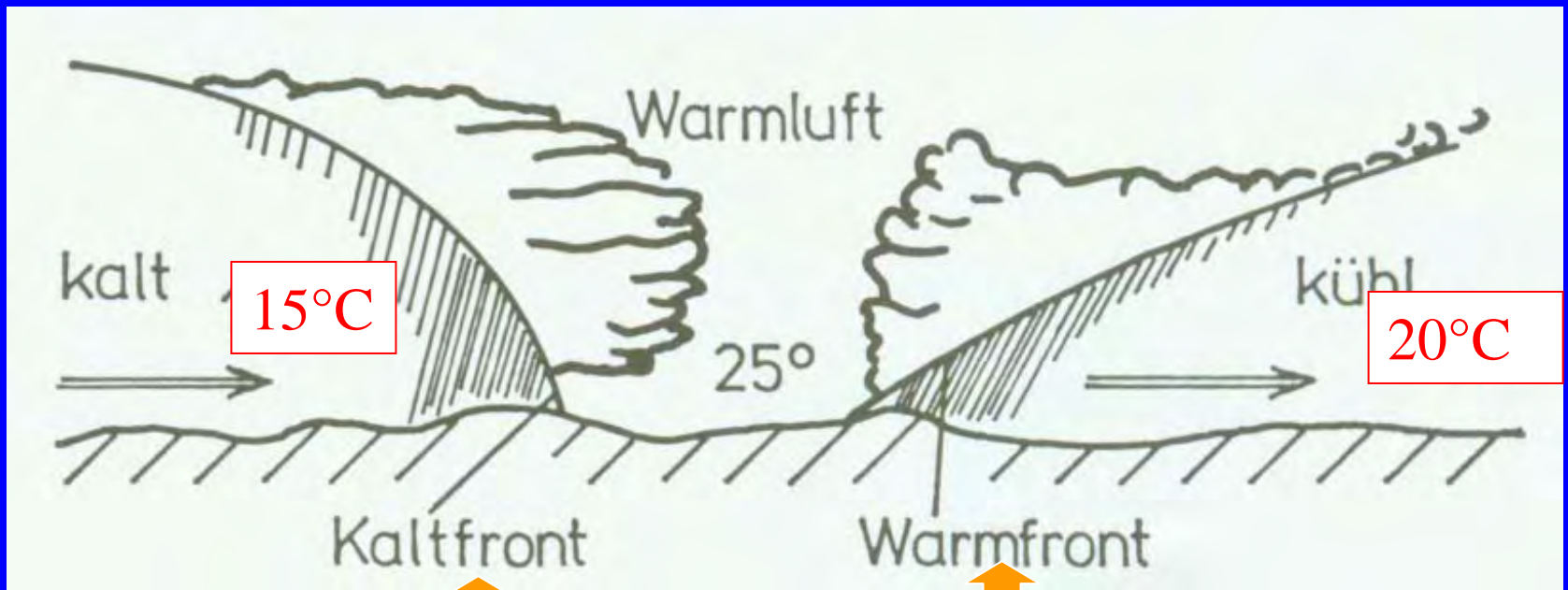


im Frontbereich:
rapide Sichtvermind-
erung wegen Konden-
sation

große Böigkeit wegen
schneller
Hebungsvorgänge

Kaltluft erzwingt adiabatische Anhebung der warmluft, da diese aber Labil → Cb mit Starkregen und heftigen Gewittern

Einholen der Warmfront durch sich schneller bewegende Kaltfront



„neue“

„alte“

Kaltfront – Okklusion

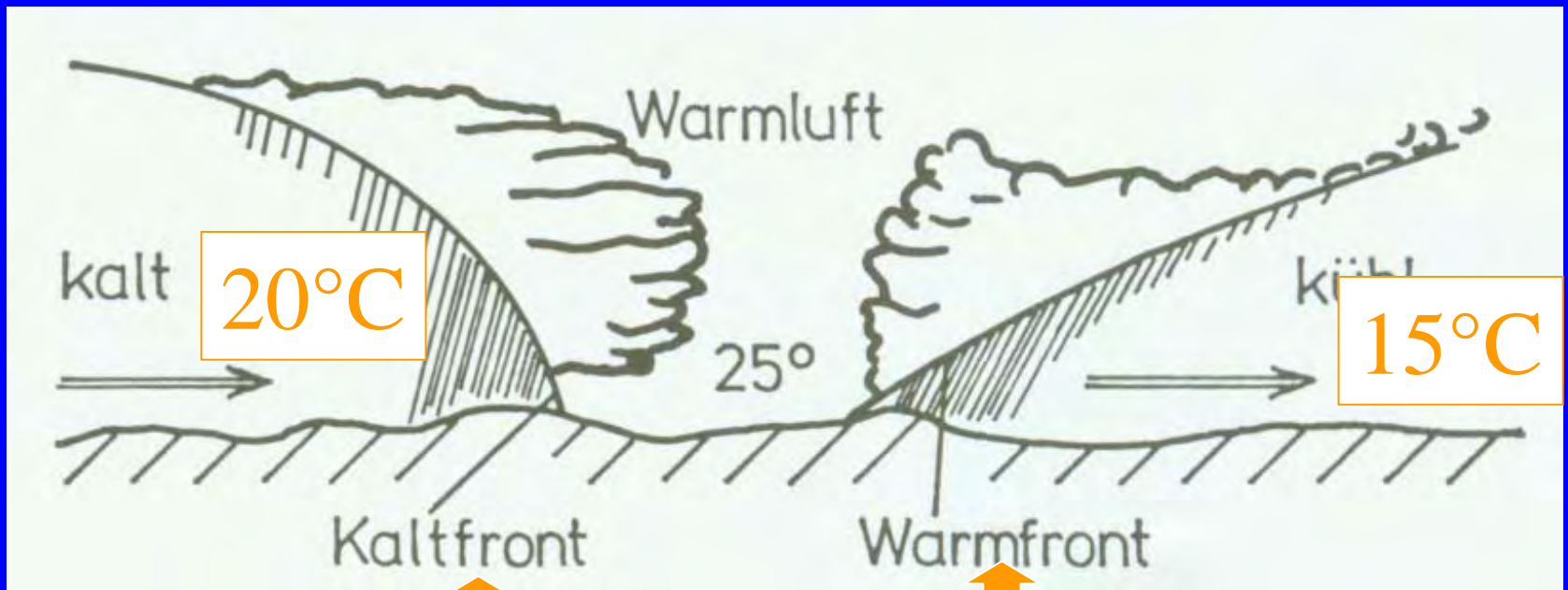


Kaltfront hat Warmfront **eingeholt** und schiebt sich unter die (weniger kalte) davor liegende alte Kaltluft.

Anhebung Warmsektor → Höhenwarmfront

Einholen der Warmfront durch sich schneller bewegende Kaltfront

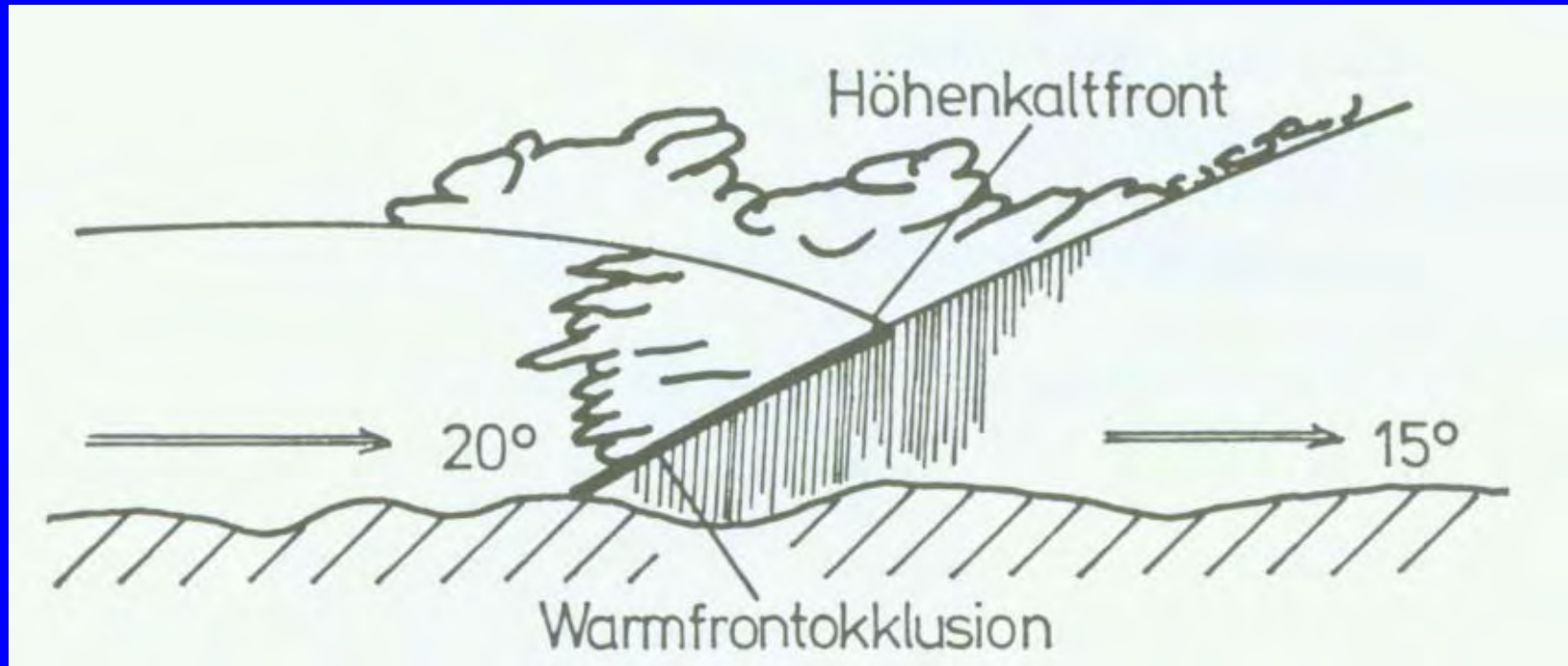
wie vorhin, jedoch umgekehrte Temperaturverhältnisse



„neue“

„alte“

Warmfront – Okklusion



Kaltfront schiebt sich über die eingeholte „alte“ Kaltluft, gleitet, da wärmer, auf diese auf → Höhenkaltfront

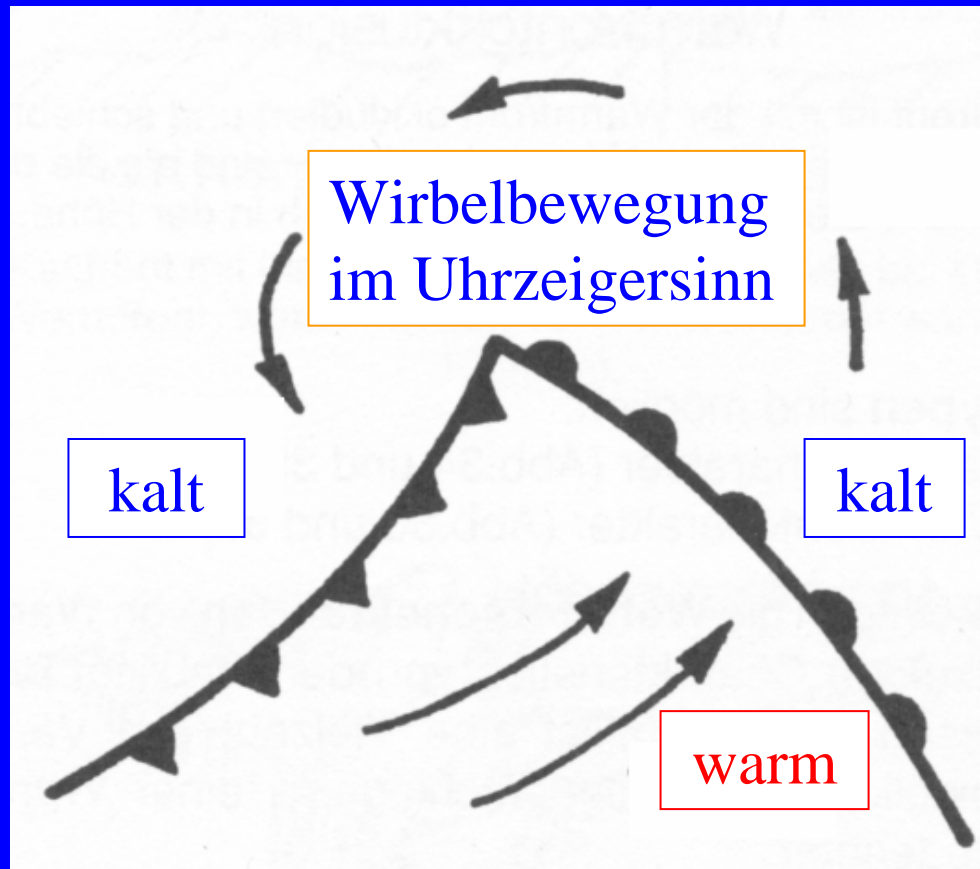
Tiefdruckwirbel / Zyklon

Ausgangslage Nordhalbkugel:

- polare Kaltluft grenzt an südliche Warmluft
- westliche Strömung

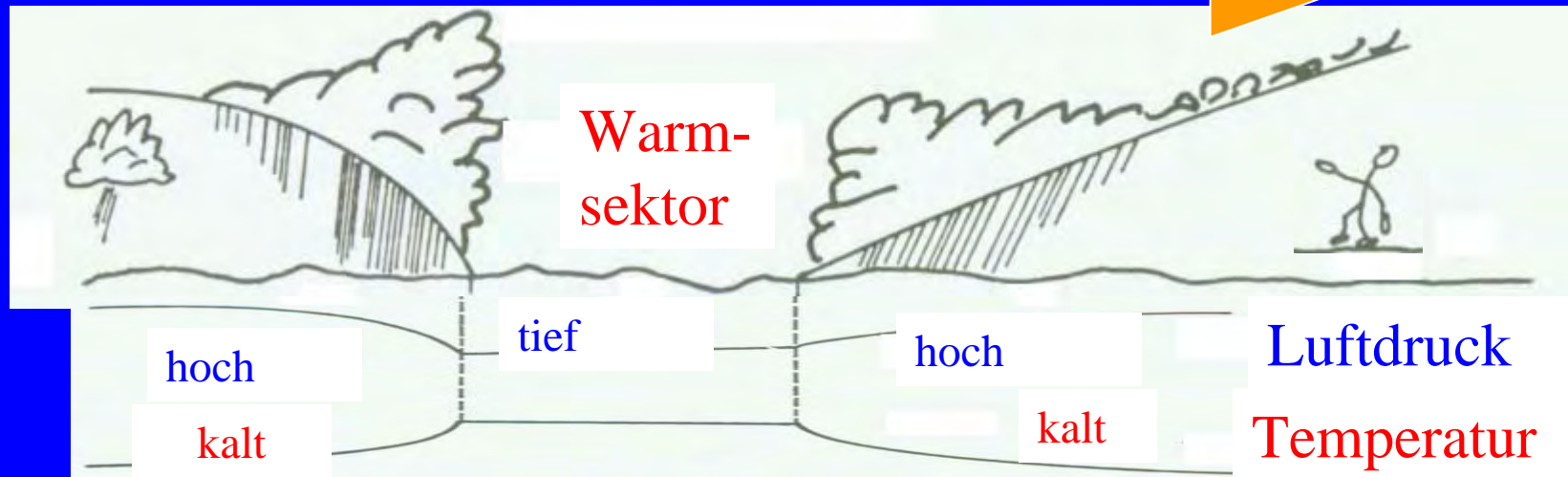


Wirbelbewegung



Zyklondurchgang

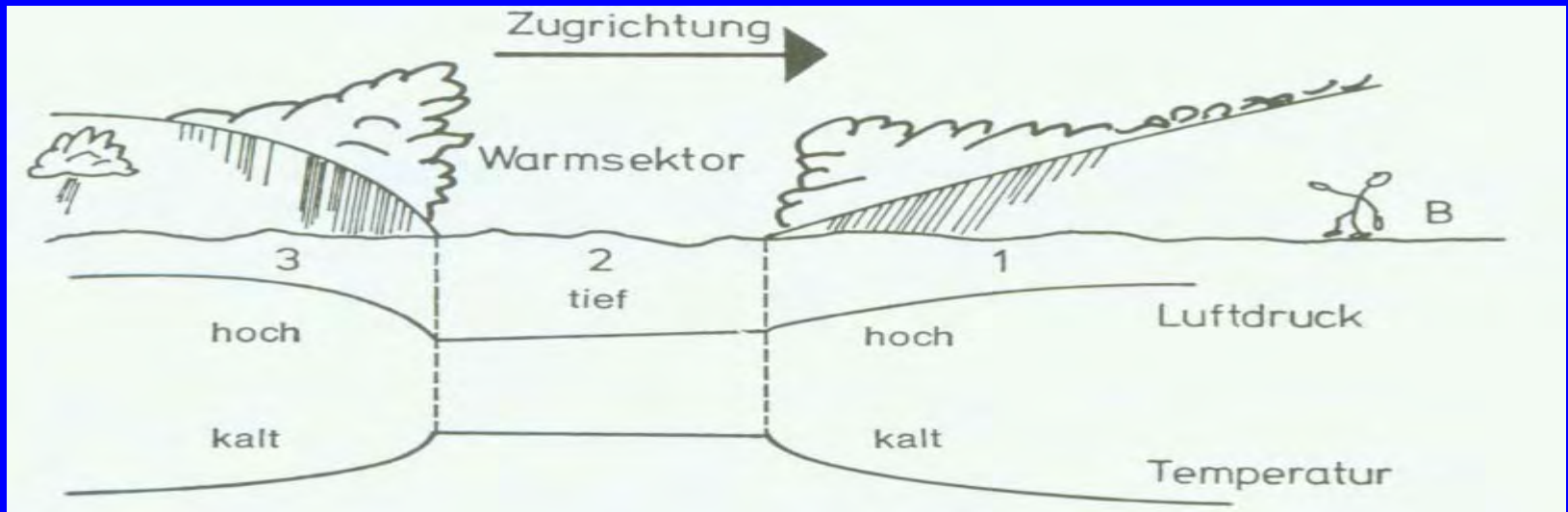
Zugrichtung



Mann sieht: Durchzug der Warmfront

- hohe Stratusbewölkung mehrere 100 km vor der 1.Front
- absinkende Bewölkung (Aufgleitvorgang)
- fallenden Luftdruck, langsam steigende Temperatur
- südwestliche Winde / Thermikverschlechterung
- dichter und mächtiger werdende Bewölkung
- Nieseln, zunehmender anhaltender Niederschlag

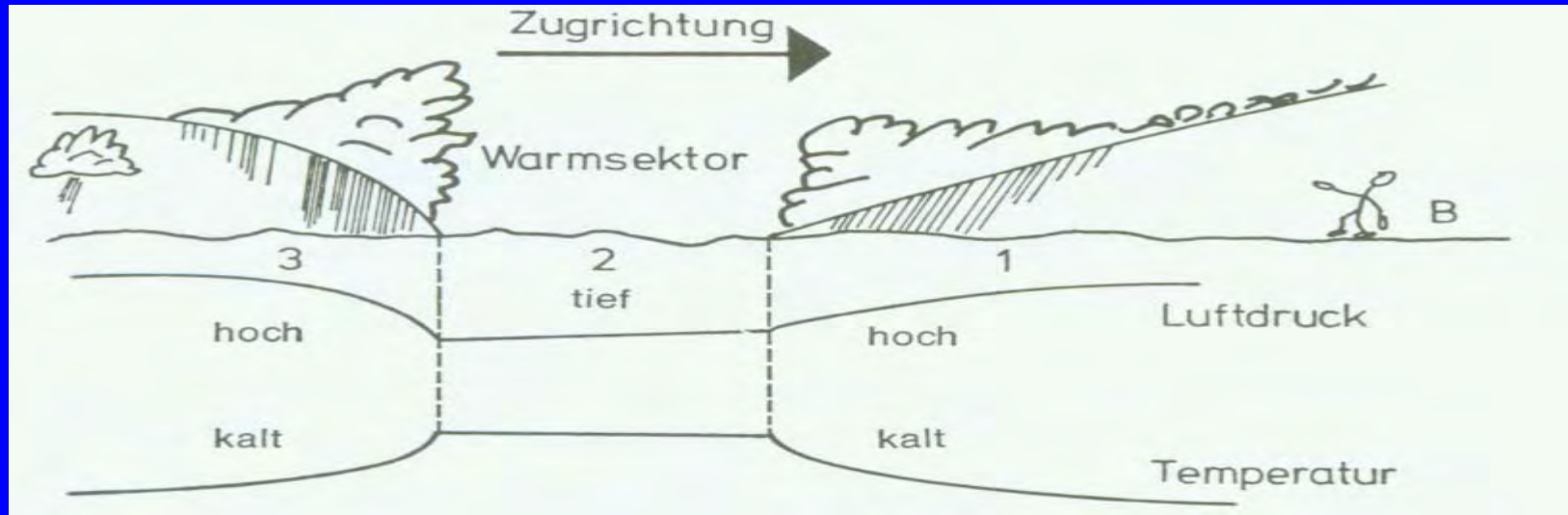
noch Zyklondurchgang



Durchgang Warmsektor

- Wetterberuhigung mit lockeren Wolkenfeldern
- Winddrehung auf westliche Richtung
- Aufklaren mit meist mäßiger Sicht
- Temperaturanstieg
- geringe bis mäßige Thermik

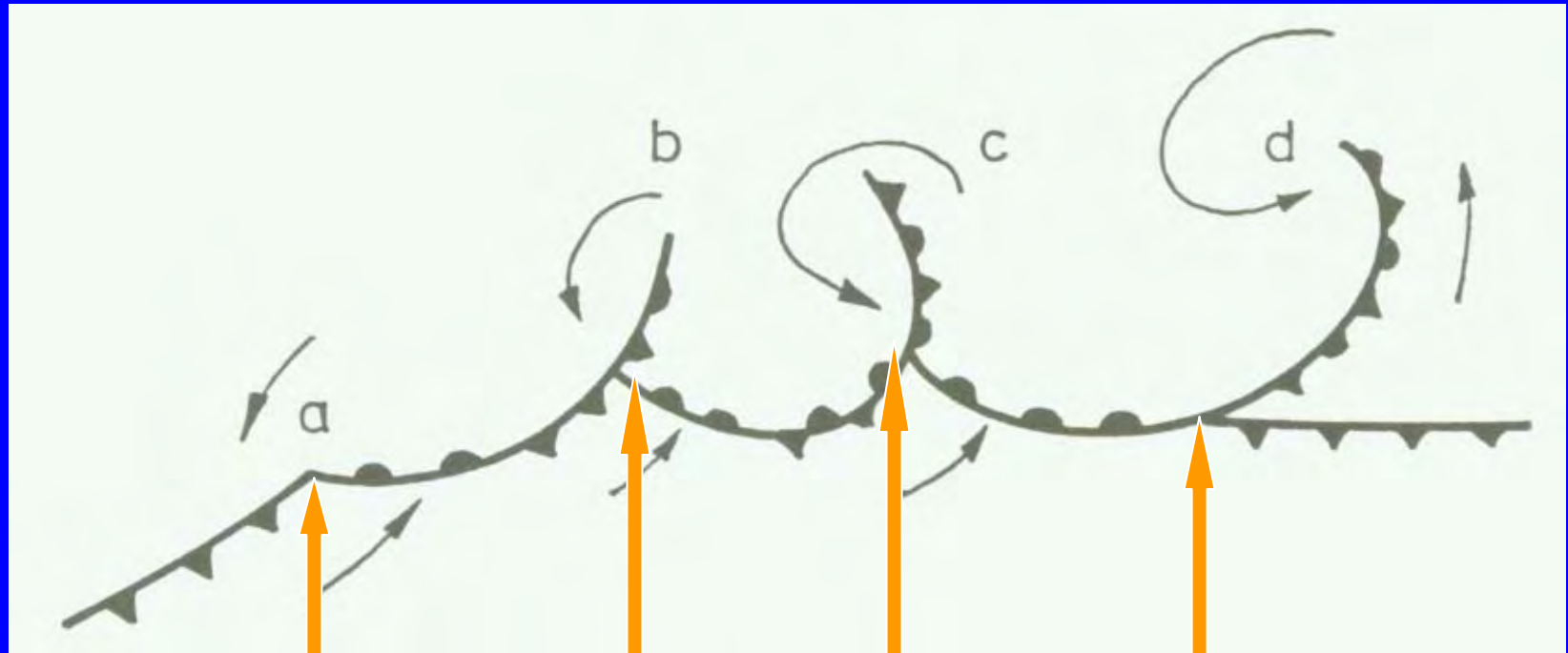
noch Zyklondurchgang



Durchzug der Kaltfront:

- kräftiger, rascher Temperaturabfall
- Sichtverschlechterung
- starke Quell- u. Quellschichtbewölkung
- schauerartige Niederschläge, Gewitterneigung
- Böigkeit, Windsprung auf Nordwest zunehmend
- Rückseitenwetter mit abnehmender Schauertätigkeit
- steigender Luftdruck, gute bis sehr gute Sicht + Thermik

Zyklonenfamilie



entstehend

reifend

stark

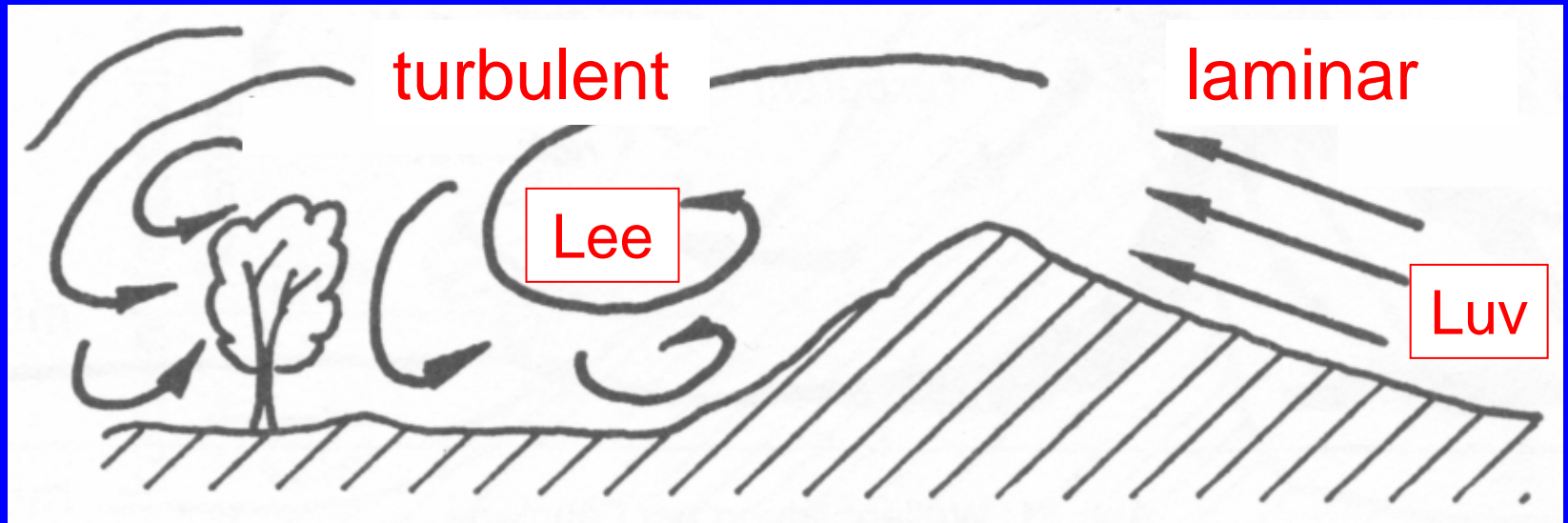
sterbend

okkludierend

Turbulenz / Boen

<u>Boen :</u>	plötzliche horizontale Schwankung der Luftbewegung
<u>Turbulenz:</u>	zusätzlich noch vertikale Änderung
<u>Thermische Turbulenz:</u>	in Aufwinden
<u>Scherungsturbulenz :</u>	an Grenzflächen zweier Luftschichten unterschiedlicher Stärke + Richtung
<u>Dynamische Turbulenz:</u>	

Dynamische Turbulenz



Achtung bei allen Hangflügen:

- im Lee sind 5 ..10 m/s Saufen normal
- Totalverlust von Mensch und Flugzeug

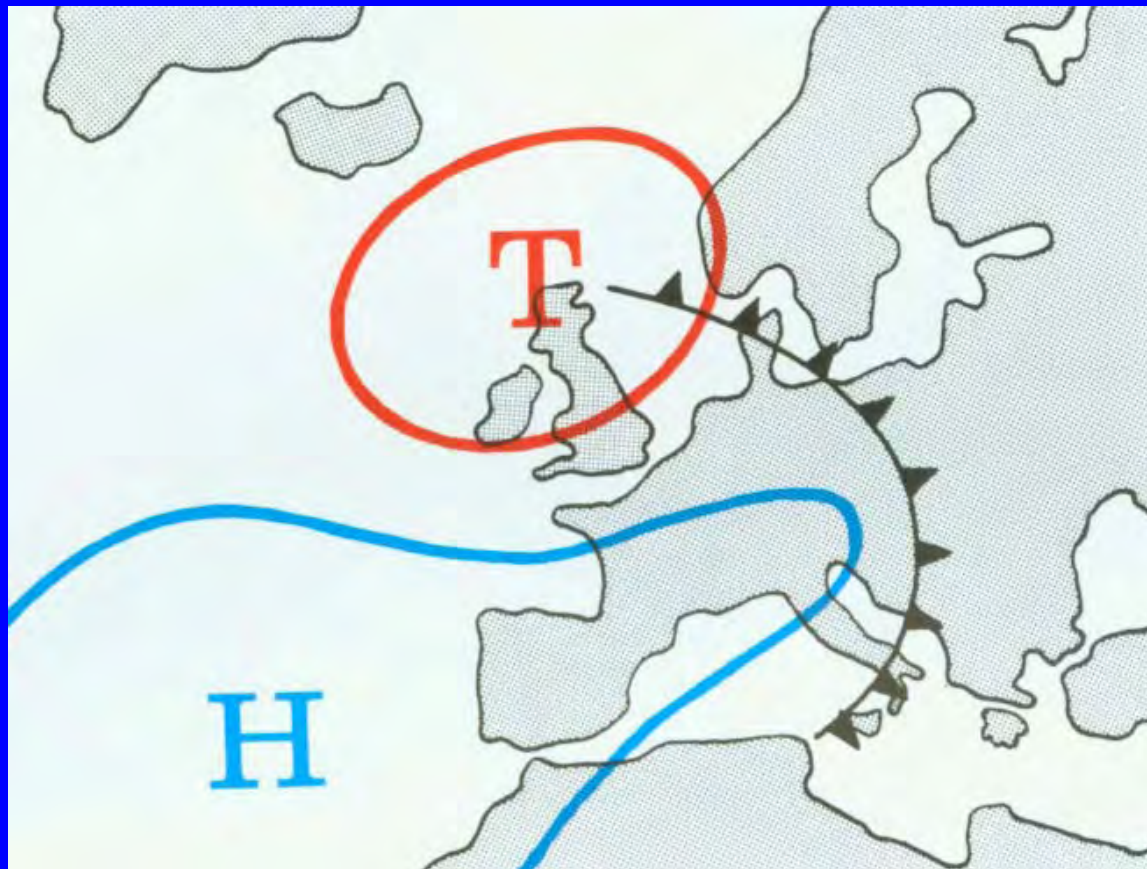
Hochdrucklage

Zentralhoch, günstig Frühjahr bis Sommer



Rückseitenwetter

SW bis NW –Winde

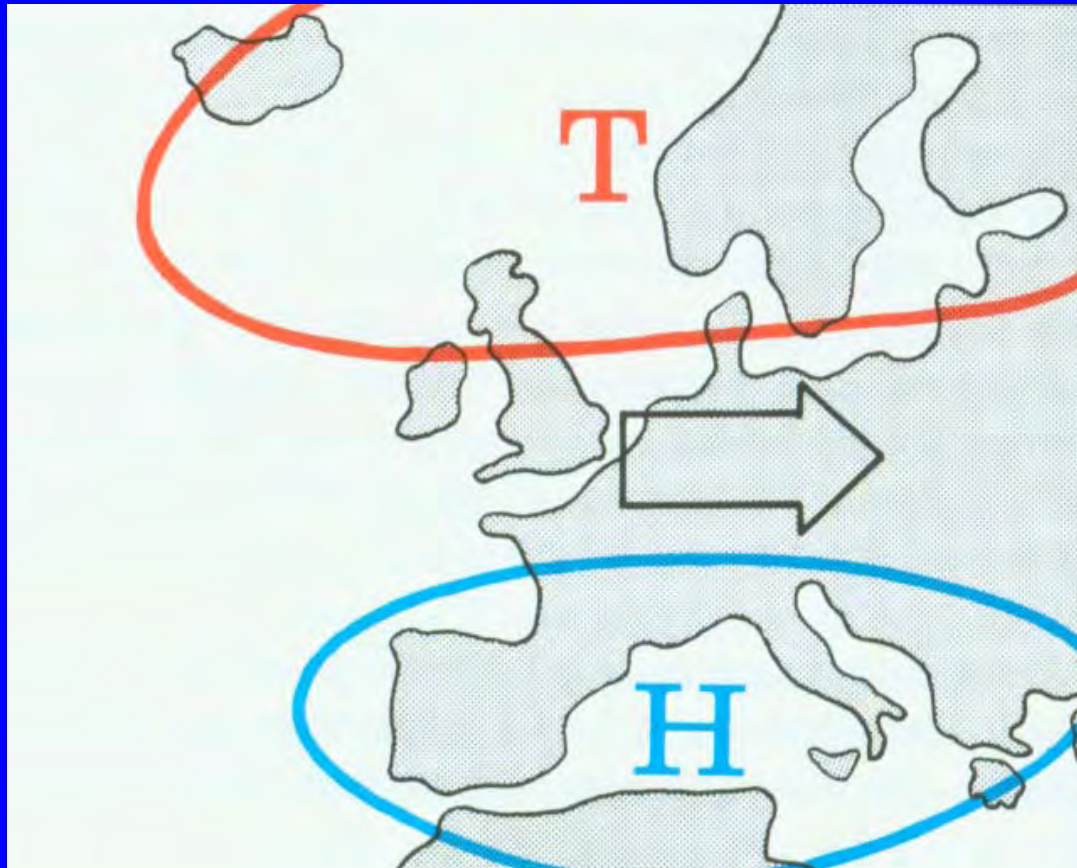


Nordost und Ostlage

Frühjahr Rückenwindstrecken

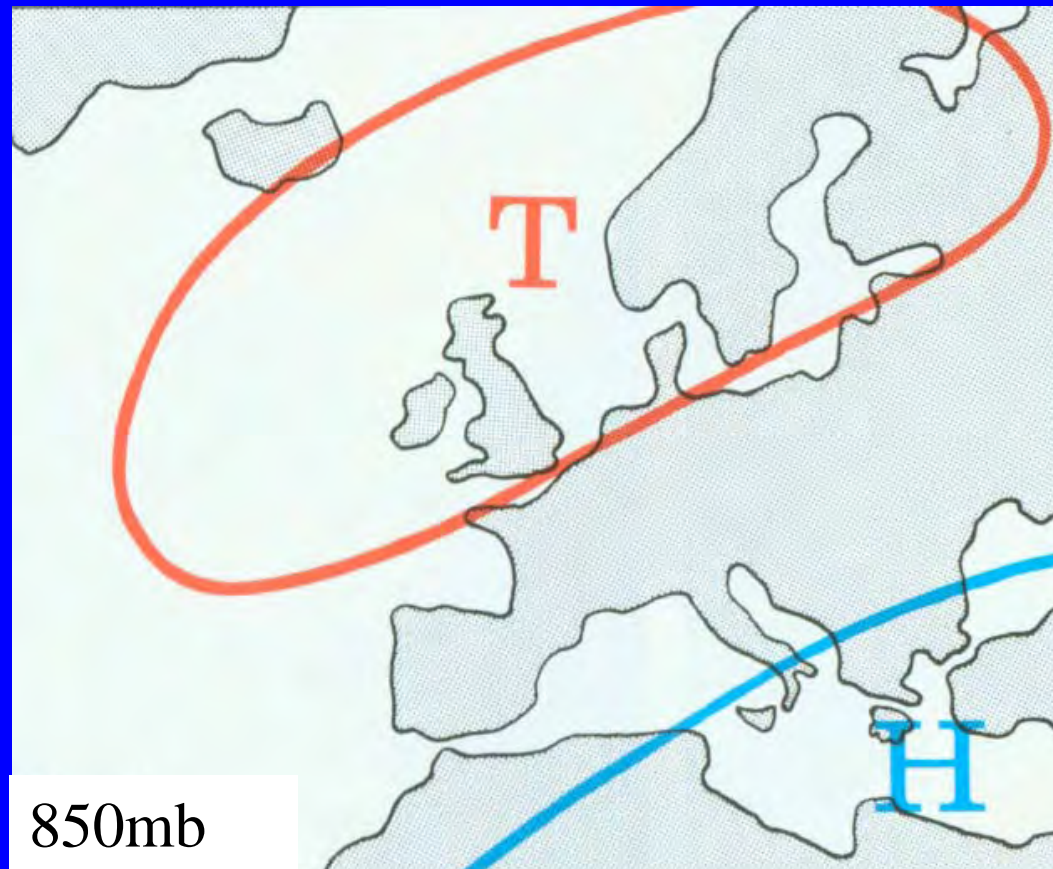


Westlage
sehr häufig, nur günstig, wenn
antizyclonal



Südwestlage, nur in 850 mb-Karte

Thermikwellen , Leewellen

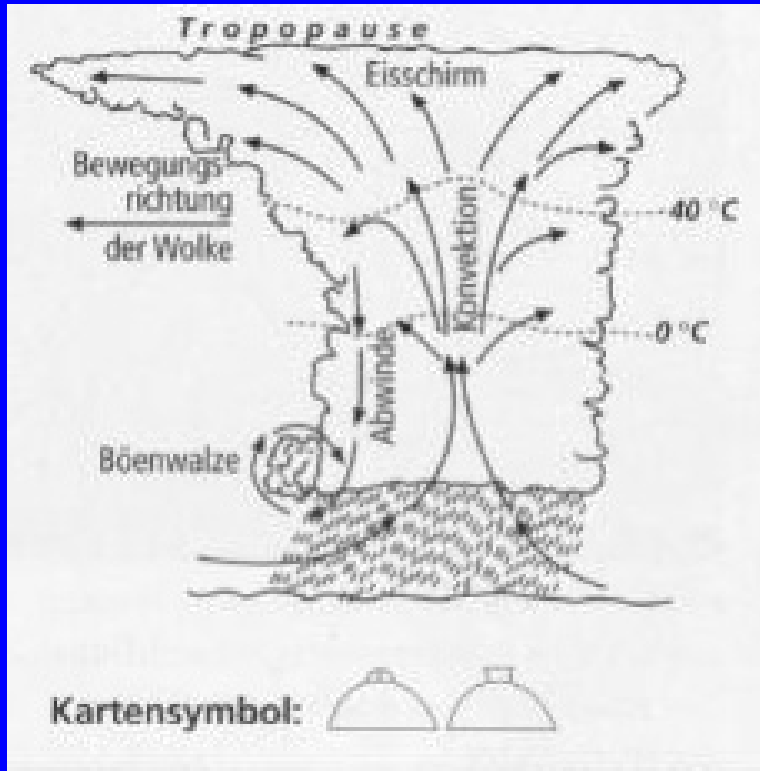


Südlage

Alpenföhnlage des Winters



Sommerschreck Cumulonimbus cb



Cumulonimbus ist Quellwolke mit starker innerer Dynamik und großer vertikaler Ausdehnung bis über 10 km

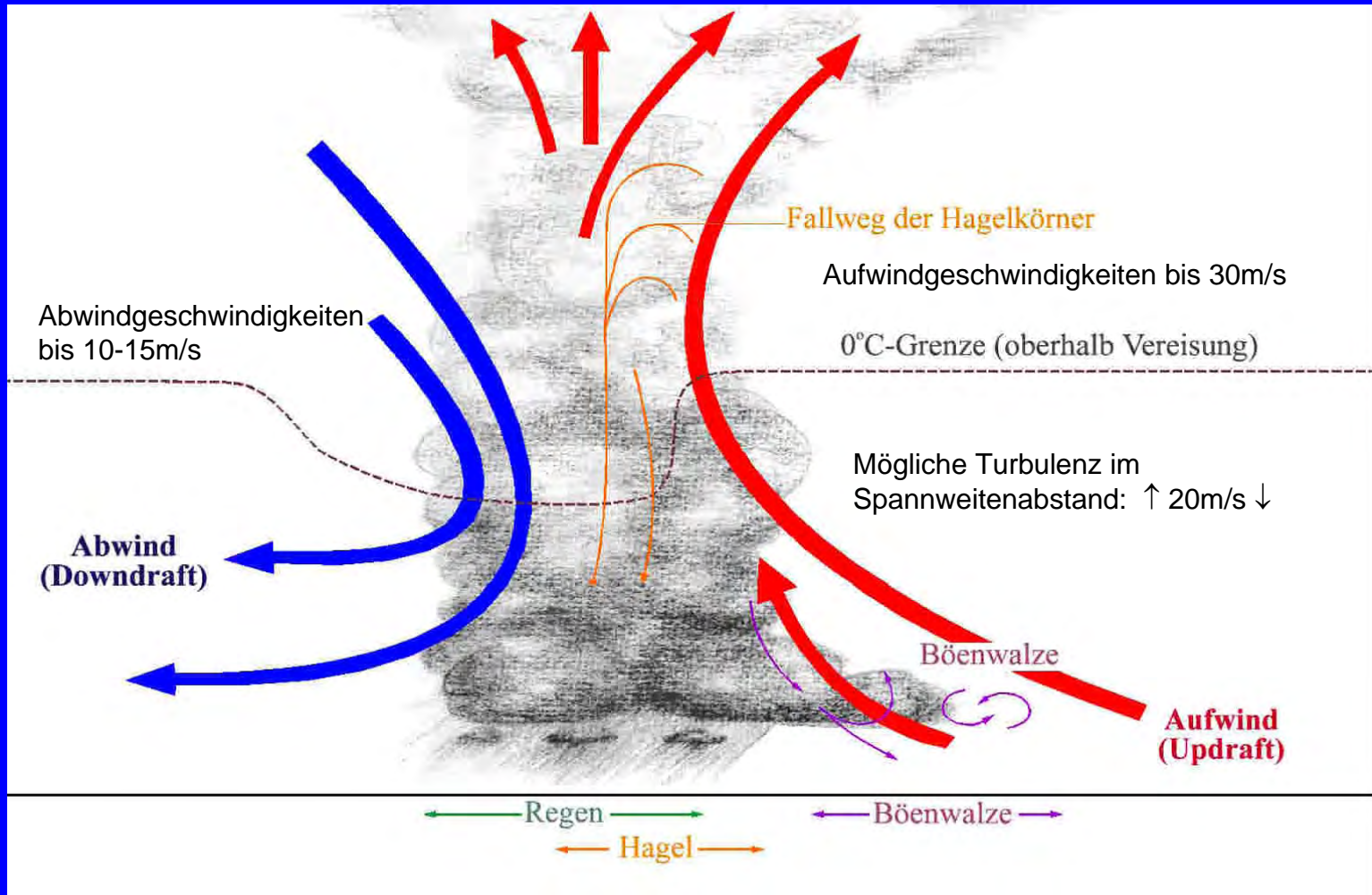
Ausfaserung des oberen Teils (Eisschirms) an der Tropopause (Bildung Amboßform)

Besonders gefährlich für die Luftfahrt sind in dichte Wolkenfelder eingelagerte Gewitterwolken (embedded Cb)

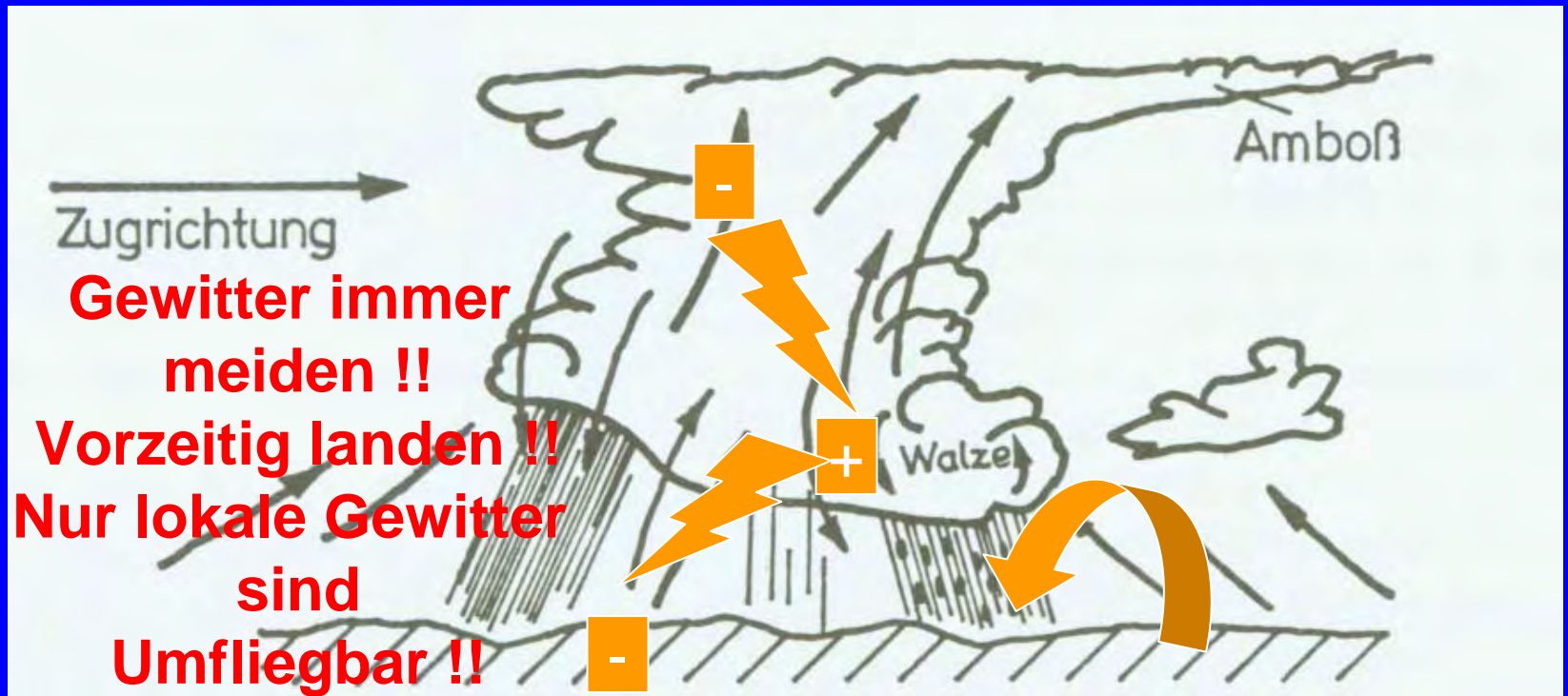
Die typische dunkle Wolkenbasis dieser Cb's ist mitunter schwer erkennbar.

Gewitter

Cumulonimbus im Reifestadium



Gefahr durch Gewitter



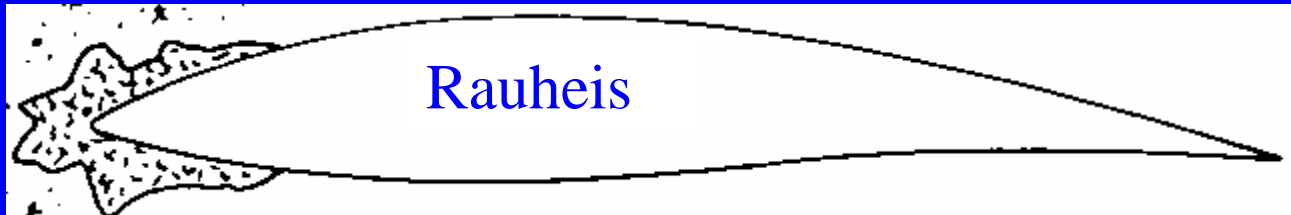
- Gefahr Totalverlust sowohl in Luft als auch am Boden
- Hagelschlag, Sichtverringering, Blendwirkung
- Streß → Überlastung → Schock

Eisbildung

- 4 bis
0° C



-9 bis
-4 ° C



Stärke der Vereisung abhängig von:

Temperatur des Flugzeuges

- Profilform
- Verweildauer in der Vereisungszone

Quellenangabe:

- Dipl.Met. Gerold Weber Meteorologie Unterricht am Fliegerklub Roitzschjore e.V.
- Winfried Kassera Flug ohne Motor Motorbuchverlag
- Helmut Reichmann Streckensegelflug Motorbuchverlag
- Detlev Bruß Meteorologie für den Flugsportler
- www.segelflug.de
- PPL-C- Trainer aerosoft GmbH.





Danke !!