

Meteo, stabiel en onstabiel weer

1. Basiskennis Meteo

Stabiele en onstabiele lucht

2. Weerberichten, weerkaarten en Gribfiles

Deel 1

maart 2013, Arend Jan Klinkhamer

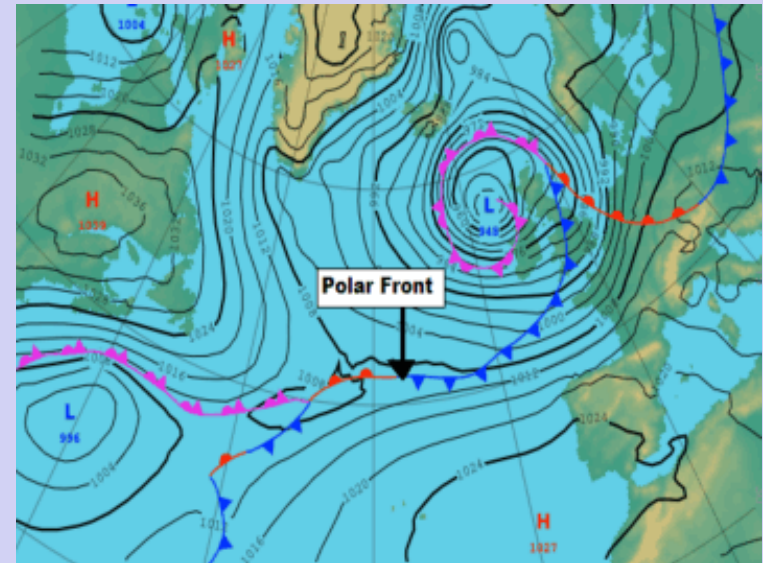


Programma

Deel 1:

Waarom kan ik zien of het weer vlagerig of stabiel wordt?

- **Het ontstaan van weer:** van polair front tot depressie (snelle basis)
- Stabiele en onstabiele lucht
 - Ontstaan van wolken
 - Wat zeggen wolken?



Let op de plaatjes, de teksten kun je ook via de website nalezen.
Onderbreek en vraag direct bij onduidelijkheden.

🕒 **PAUZE circa 21:15**
Einde 22:30





- Deze presentatie is gemaakt als instructie voor de PZV Zeezeilvereniging
- PZV brengt booteigenaren en opstappers bij elkaar, de ervaring van beide varieert van beginnend opstapper tot ervaren schipper
 - Opstappers
 - willen kunnen zeilen
 - brengen kennis en ervaring in
 - Eigenaren
 - kennis en ervaring opdoen, bijv. van tochten of opstappende ervaren schipper
 - zoeken bemanning voor bijvoorbeeld aanbrenghoeltochten in de vakantie
- **Met plezier leren en uitwisselen van kennis en ervaring is basis van de vereniging**
- Geen zeilopleiding: daarvoor zijn voldoende zeilscholen
- Praktijk o.a. trim- en oefenweekends; winteravonden met lezingen en praktijk
- Elk jaar Hemelvaarttocht 9 dagen naar Engeland met 20-25 boten
- 250 à 300 leden uit heel Nederland; ligplaatsen idem
- Bijeenkomsten rond Eindhoven, activiteiten op de Noordzee, in Zeeland en op IJsselmeer

Referenties

Goede bronnen voor weerkennis:

- Het weer van morgen, Dieter Karnetzki. Inleidend boek gericht op zeezeilers.
- Meteorologie en Oceanografie voor de Zeevaart, C.J. van der Ham et.al. Grondig studieboek Hogere Zeevaartschool
- Meteorology Today, Donald Ahrens. Uitgebreid Amerikaans eerstejaars studieboek (sterk visueel, geen moeilijke wiskunde)

Websites, ook voor achtergronden:

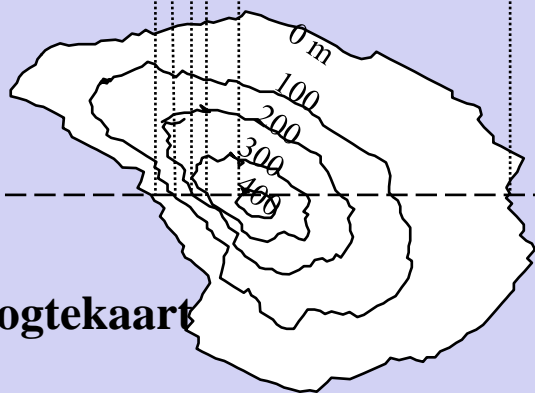
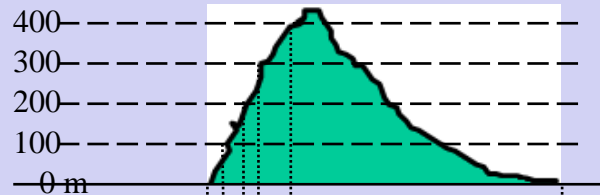
- www.knmi.nl Veel informatie bij 'Nader Verklaard'.
- <http://www.metoffice.gov.uk/weather/marine/>
- <http://apollo.lsc.vsc.edu/classes/met130/index.html> Goede slides

Zie ook links op www.pzv-zeezeilen.nl

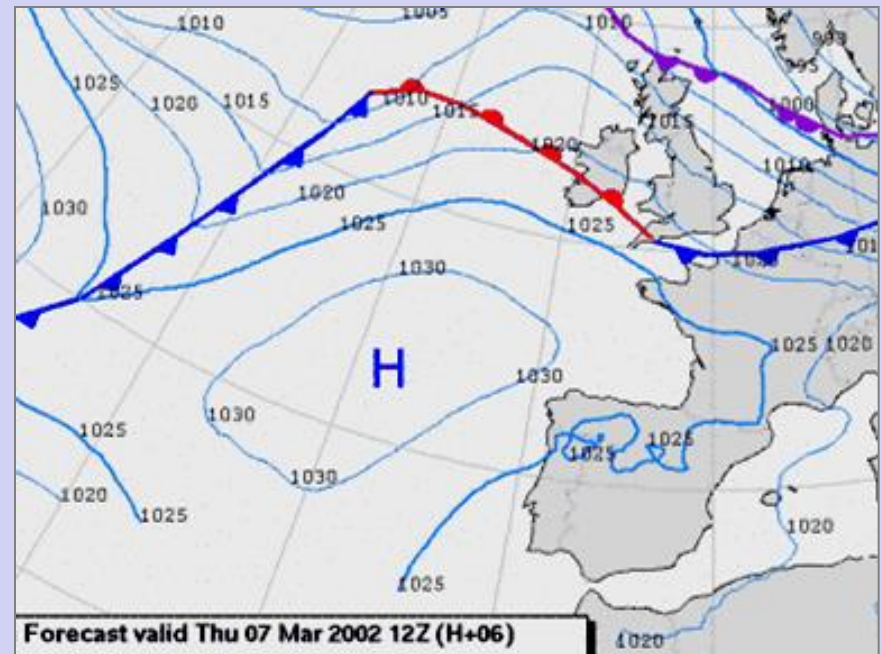


De isobarenkaart

Eiland, hoogtedoorsnede



Hoogtekaart

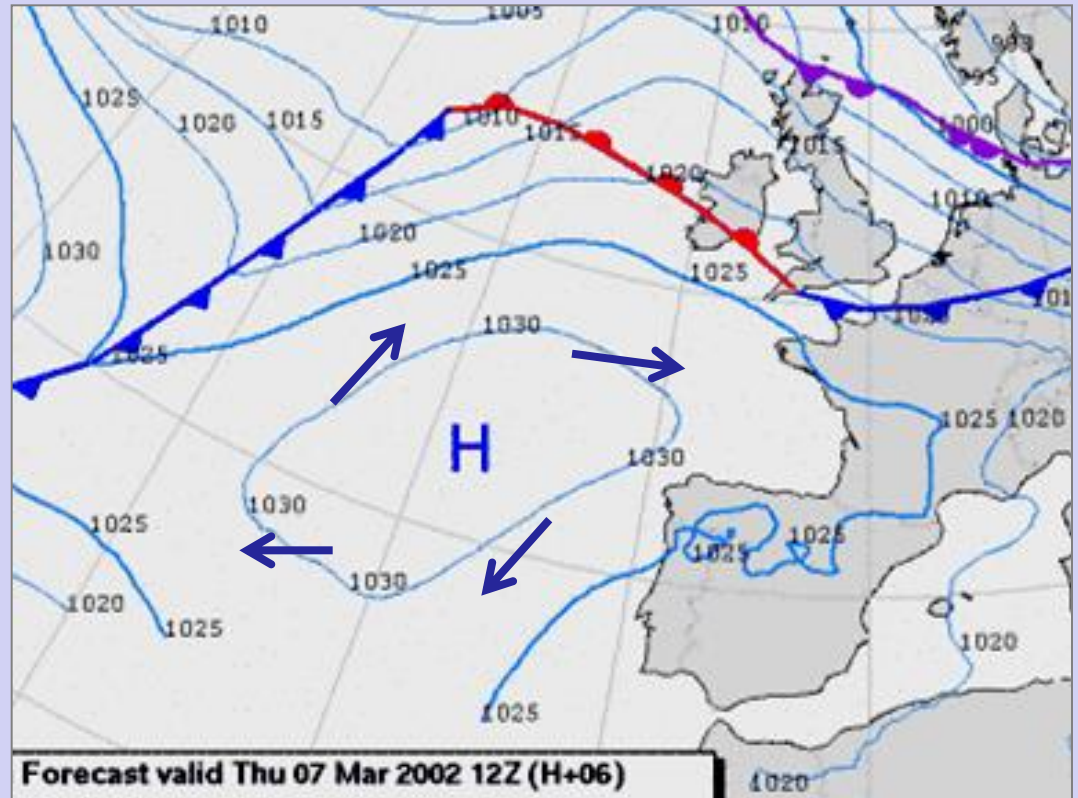


- De lijnen in de topografische kaart zijn lijnen van gelijke hoogte
- Waar de lijnen dicht bij elkaar lopen, is de helling steil
- Isobaren zijn lijnen van gelijke luchtdruk
- Waar isobaren dicht bij elkaar liggen, is het drukverschil over kleine afstand groot



De oorzaak van wind

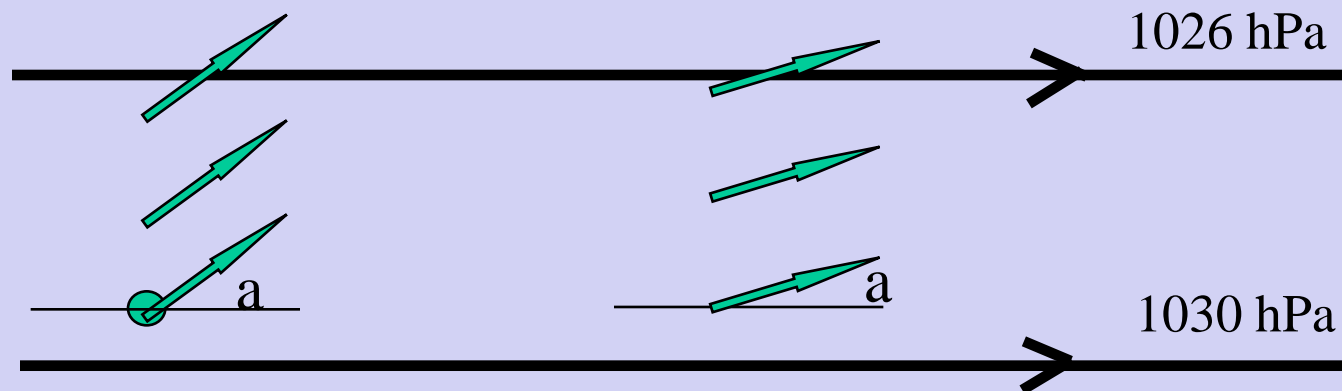
- ‘Azoren-hoog’ is 1030 hPa (hecto-Pascal = millibar)
- Rondom is de luchtdruk lager
- De wind begint naar buiten te waaien





Windrichting en oppervlaktewrijving

- Zee- en landoppervlak bieden weerstand: wrijving
- Resultaat: wind waait scheef over de isobaar
- Wrijvingslaag is ongeveer 1000 m dik

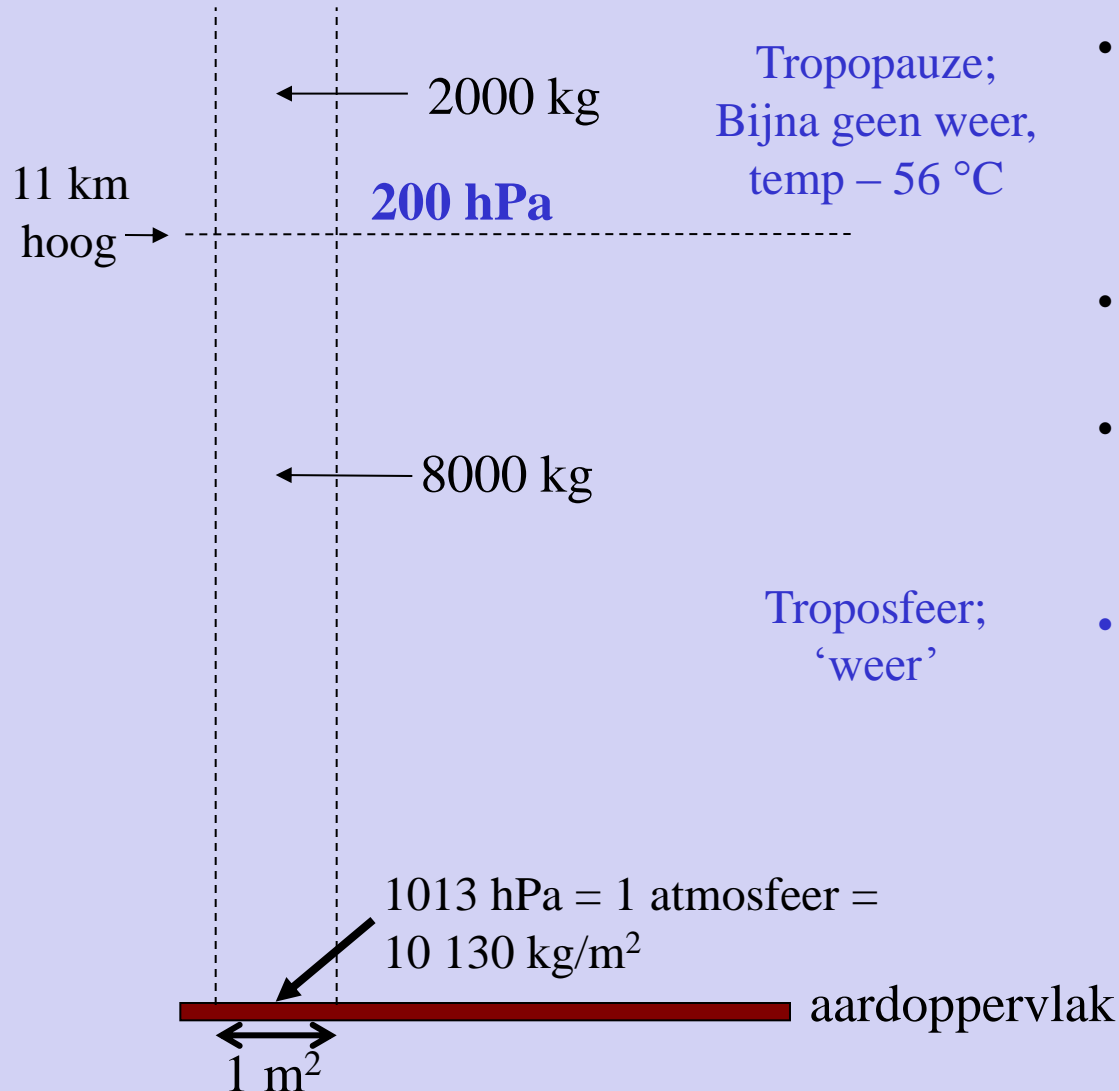


Boven land,
grote weerstand
hoek $a = 20-35^\circ$

boven zee,
kleine weerstand,
 $a = 10-15^\circ$



Wat is luchtdruk?



- Luchtdruk op een punt is het gewicht van de lucht-massa boven 1 vierkante meter (m²)
- Beneden 11 km is er 'weer'; de tropo-sfeer (tropos = mengen)
- Boven de 11 km verandert de temperatuur niet (tropopauze)
- Wat is de druk op 11 km?



Hoeveel druk is 1 atmosfeer?

- Stalen vat 200 liter
- Met vacuumpompje leegzuigen



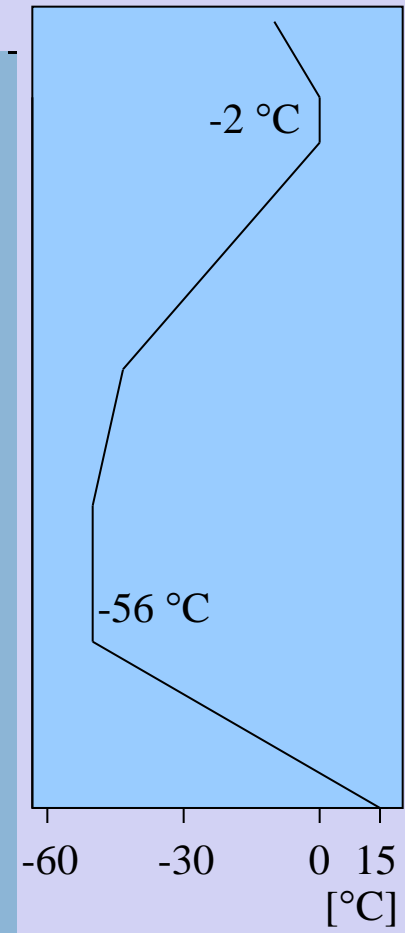
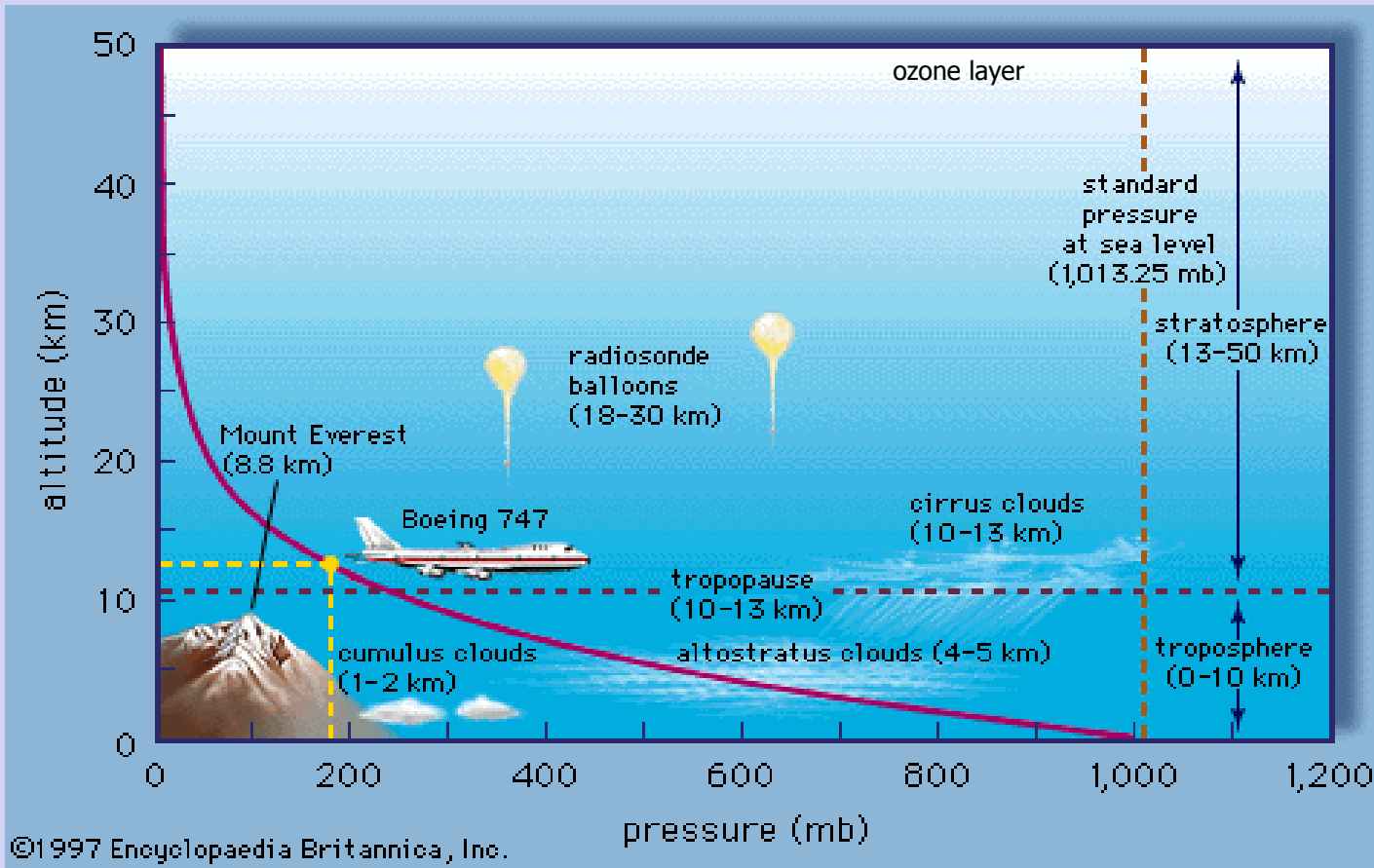
Demo:
Vacuumdienst
Philips NatLab

- Het is niet de vacuumpomp die het vat in elkaar trekt!
- De luchtdruk heeft geen tegenkracht meer; er duwt 1 atmosfeer = 10 ton/m² op het nu van binnen lege vat.





Opbouw onderste atmosfeer

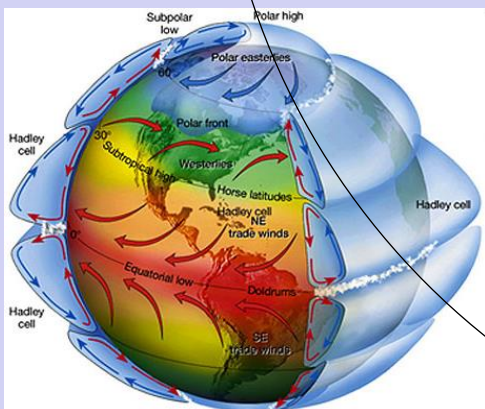


Temperatuur standaard atmosfeer



De troposfeer is heel dun

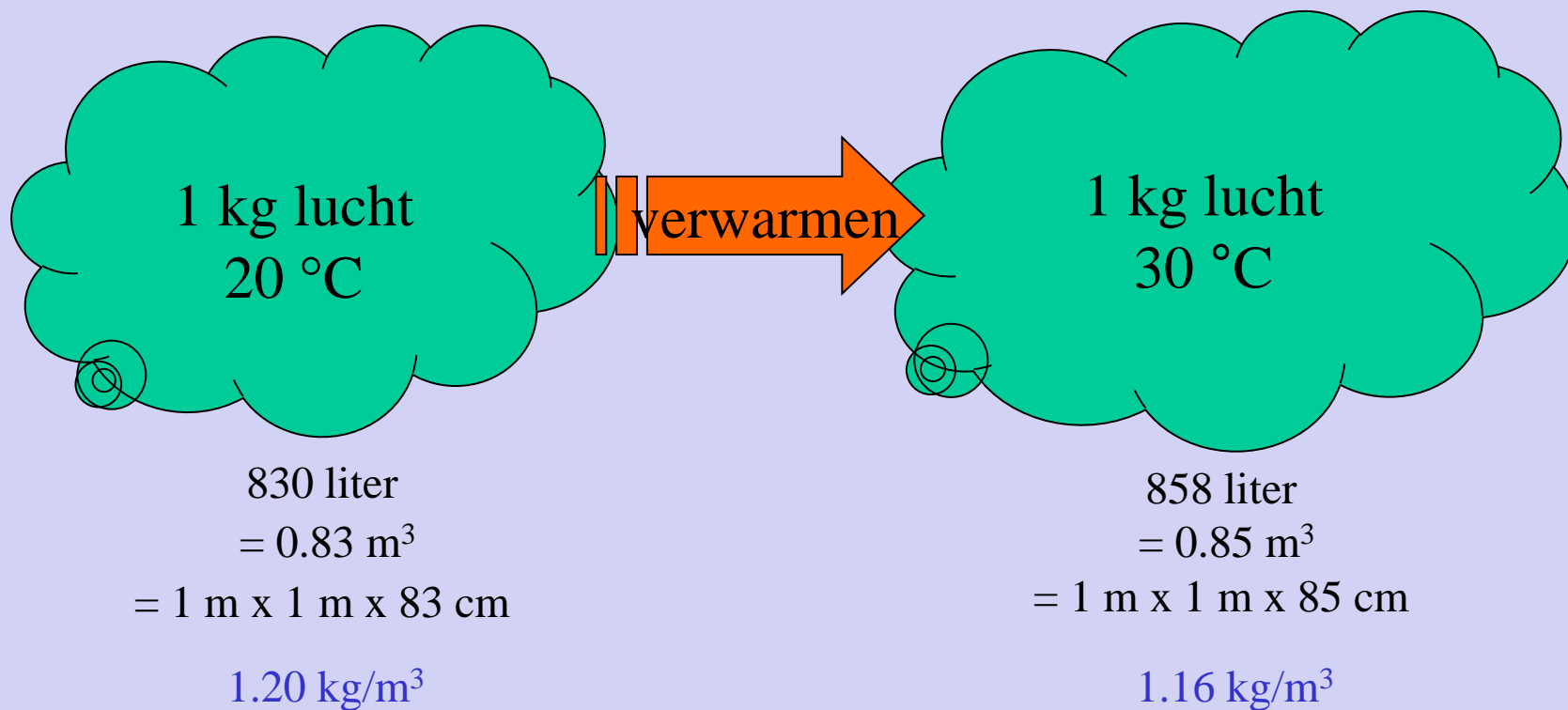
- LET OP DE SCHAAL
- De aarde heeft een diameter van 12 500 km, de troposfeer is 11 km dik
- Vergeleken met een bol met een diameter van 2 meter, is de 11 km troposfeer 1,6 mm dik
- Dat is minder dan de lijndikte van deze cirkel ten opzichte van de diameter!
- De atmosfeer wordt altijd veel te dik getekend



© 2007 Thomson Higher Education



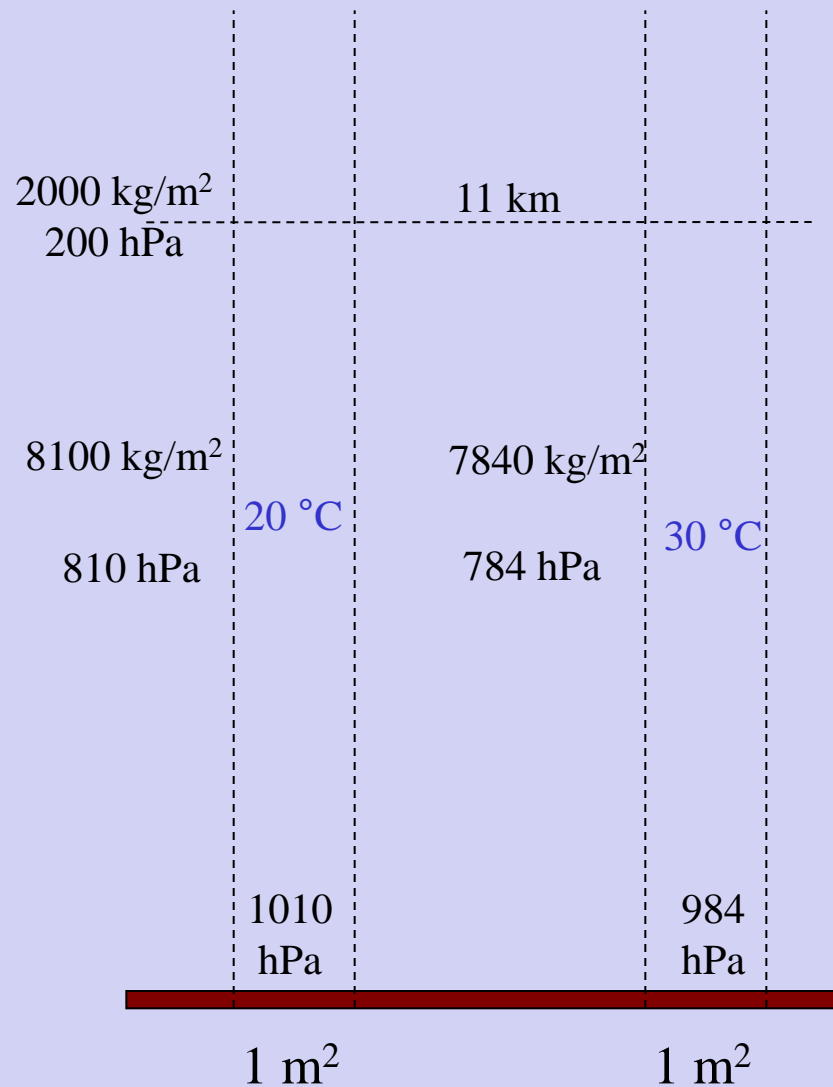
Hoeveel weegt lucht?



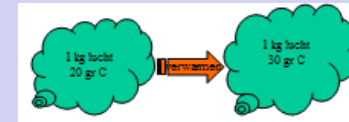
Er is 28 liter volume bij gekomen: 3.4%
Omgekeerd: 1 m³ lucht is dus 3.4% lichter



Warmere lucht weegt minder



- Boven 11 km verandert er niets, de druk is daar altijd rond de 200 hPa
De variatie zit in de onderste laag
- Warme lucht is lichter, koude lucht is zwaarder per kubieke meter (m^3)



- De kolom van 30 °C is 3.4% lichter:
7840 kg tegen 8100 kg
784 hPa tegen 810 hPa

**Temperatuurverschil
= luchtdrukverschil**

- De warme luchtkolom is 260 kg lichter; waar blijft die lucht?



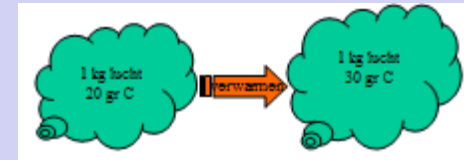
Luchtdruk en uitstroming

200 hPa
2000 kg/m²



Hoe kan het gewicht van de luchtkolom veranderen?

- We houden de grens van 11 km vast; de verandering zit in de onderste laag
- De lucht warmt vanaf de bodem op tot de hele kolom 30 graden C is

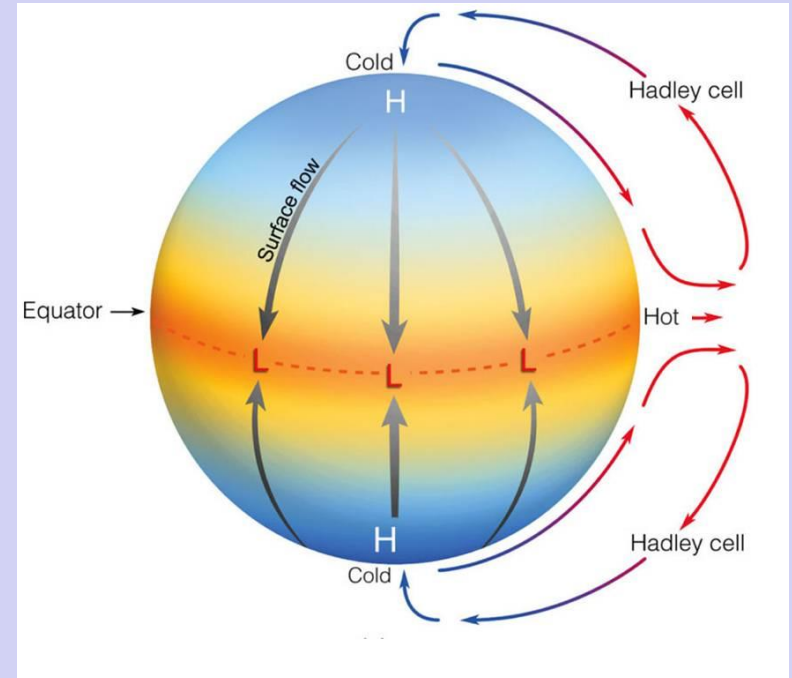


- De opgewarmde lucht zet uit en gaat stijgen
- Boven in de kolom stroomt de overtollige lucht zijwaarts uit; **er verdwijnt massa**.
- Als er aan de onderkant niets instroomt, daalt dus de luchtdruk



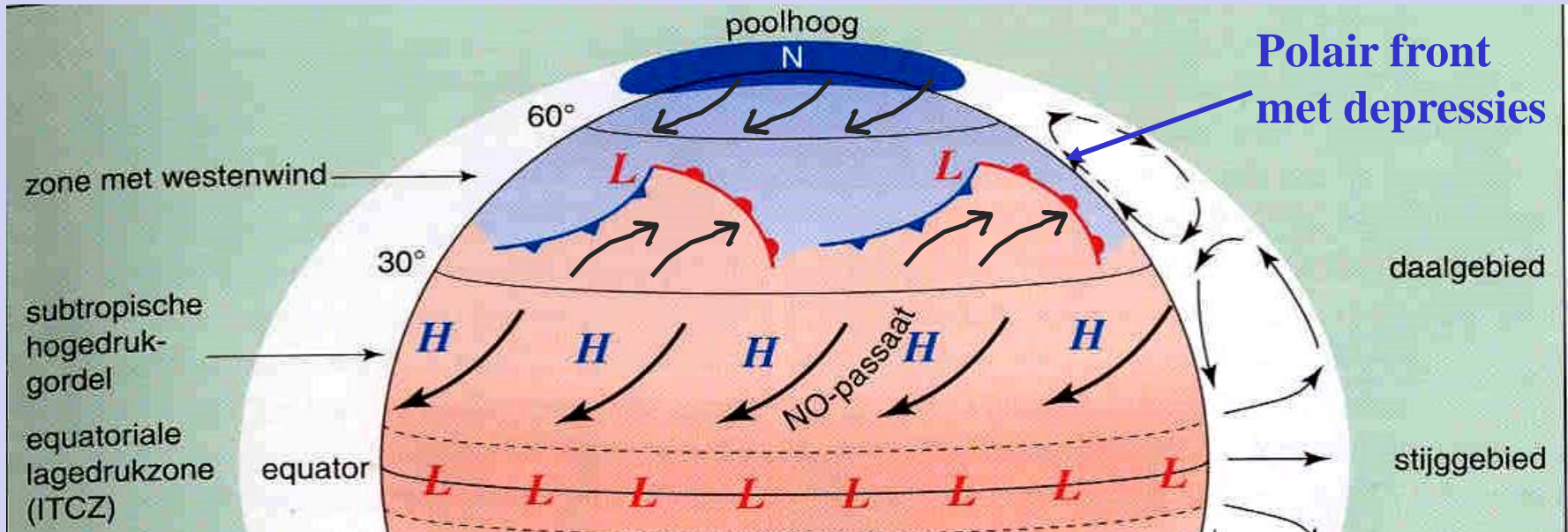
De bron van het weer: zonnewarmte

- **Koude lucht** aan de pool door continue warmteverlies, daarom daar een hogedrukgebied (H) aan de grond
- Lucht stroomt van H weg
- **Warme lucht** aan de evenaar door voortdurende opwarming, dus lagedrukgebied aan de grond, zuigt lucht aan
- **Lucht daalt in H, stijgt in L**
- Eenvoudigste model zou zijn: een grondstroming van de pool naar de evenaar met een hoogtestroming terug





Globale windpatronen

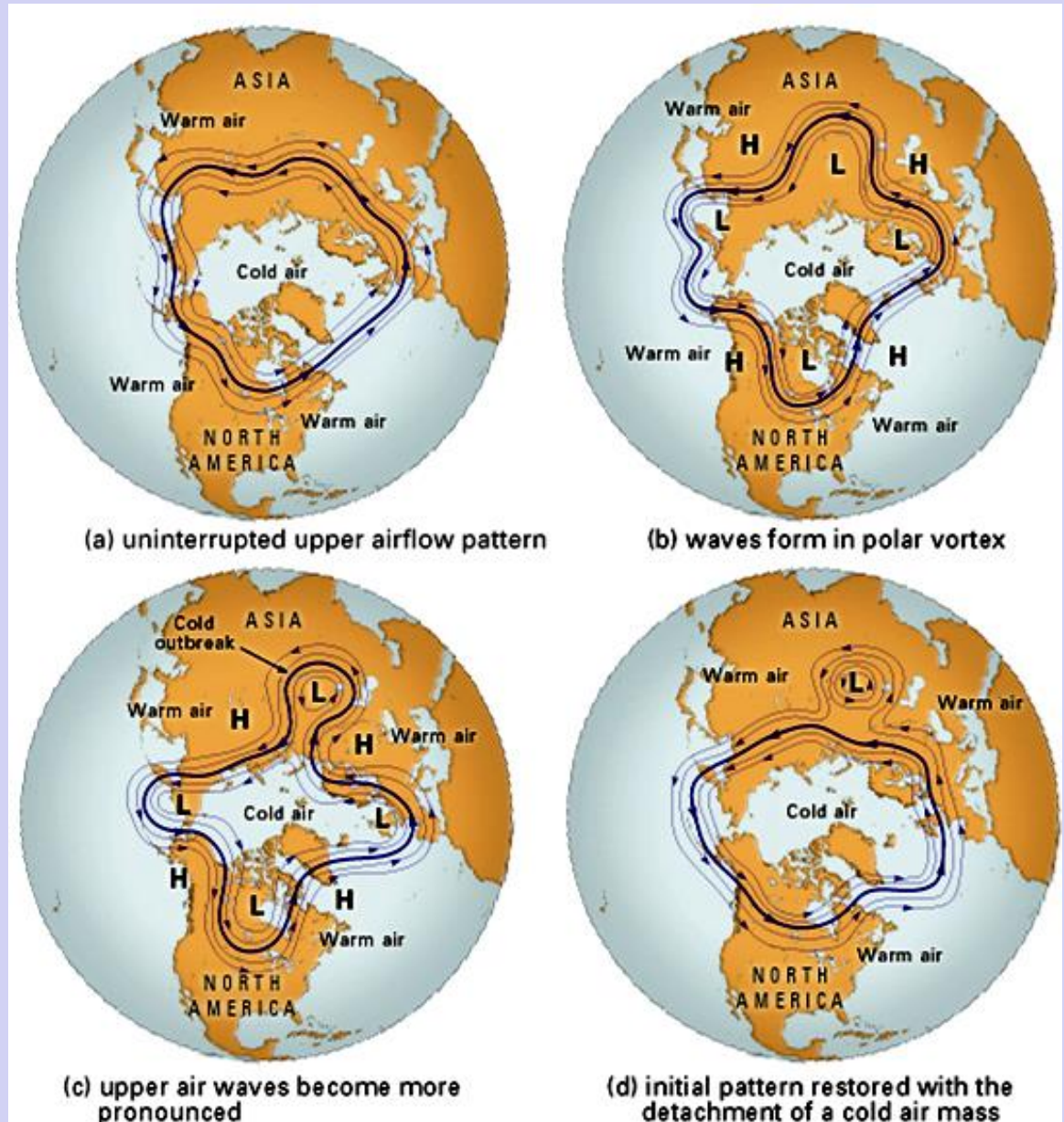


- Aan de evenaar lagedruk gordel (warme, dus lichte lucht)
- Rond 30 graden N ontstaat een gordel van hogedrukgebieden (Azorenhoog)
- Vanuit deze hogedruk gordel subtropische SW wind naar onze breedte
- Op de Noordpool hogedruk gebied (zware koude lucht)
- Vanuit dit polair hoog NE winden
- Tussen polaire en subtropische lucht ontstaat op onze breedte een scheiding: dit is het polaire front waarin de depressies ontstaan



Polair front golf

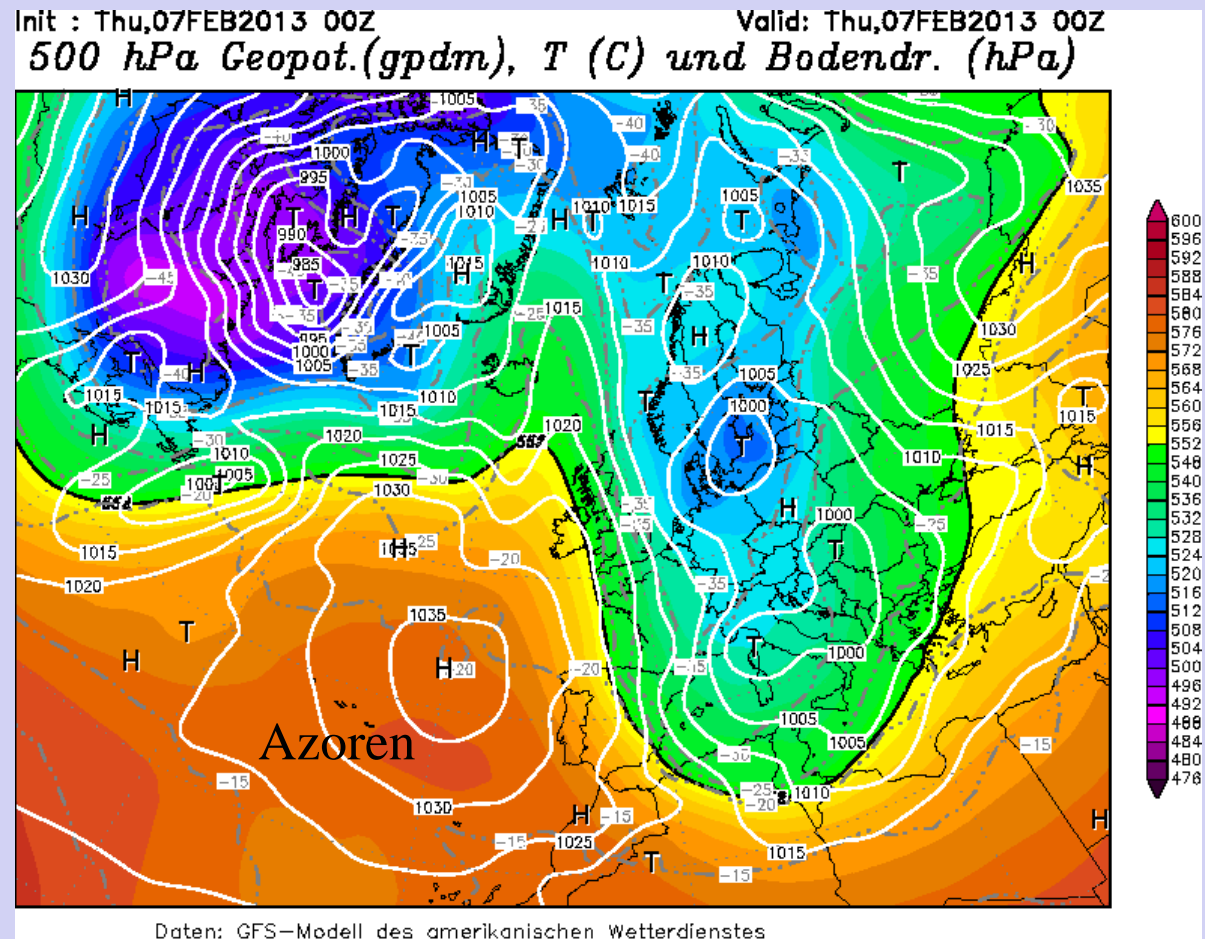
- Polair front is meestal geen cirkel: varieert van vijf tot acht golven rond de aarde (Rossby golven)
- Koude troggen naar het zuiden, warme ruggen naar het noorden
- Het polair front verandert van vorm over periodes van dagen
- Een afgesneden koude massa heet een 'koude put'





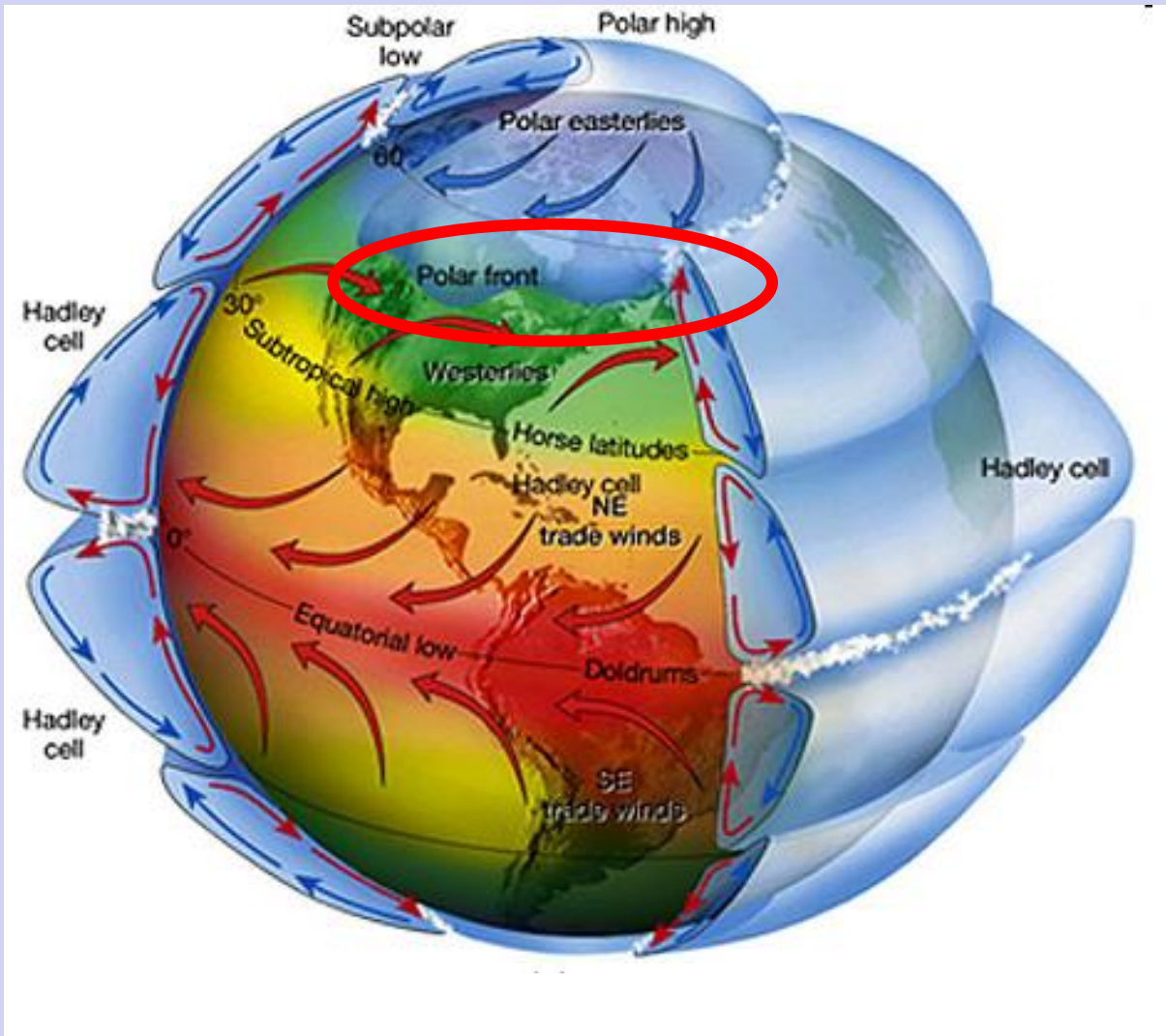
Uitstapje: Het polair front in 500 hPa vlak

- Zwarte lijn: 500 hPa vlak ligt op hoogte van 5520 m: meestal goed in de buurt van het polair front
- Oranje: 500 hPa vlak ligt boven 5520 m: dus warmere lucht – subtropisch (Azorenhoog!)
- Groen en blauw: 500 hPa vlak ligt onder de 5520 m: dus koudere lucht – polair
- H en L kunnen overall liggen!
- Bron: Wetterzentrale.de - <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsavneur.html>





De circulatiecellen: stijging en daling



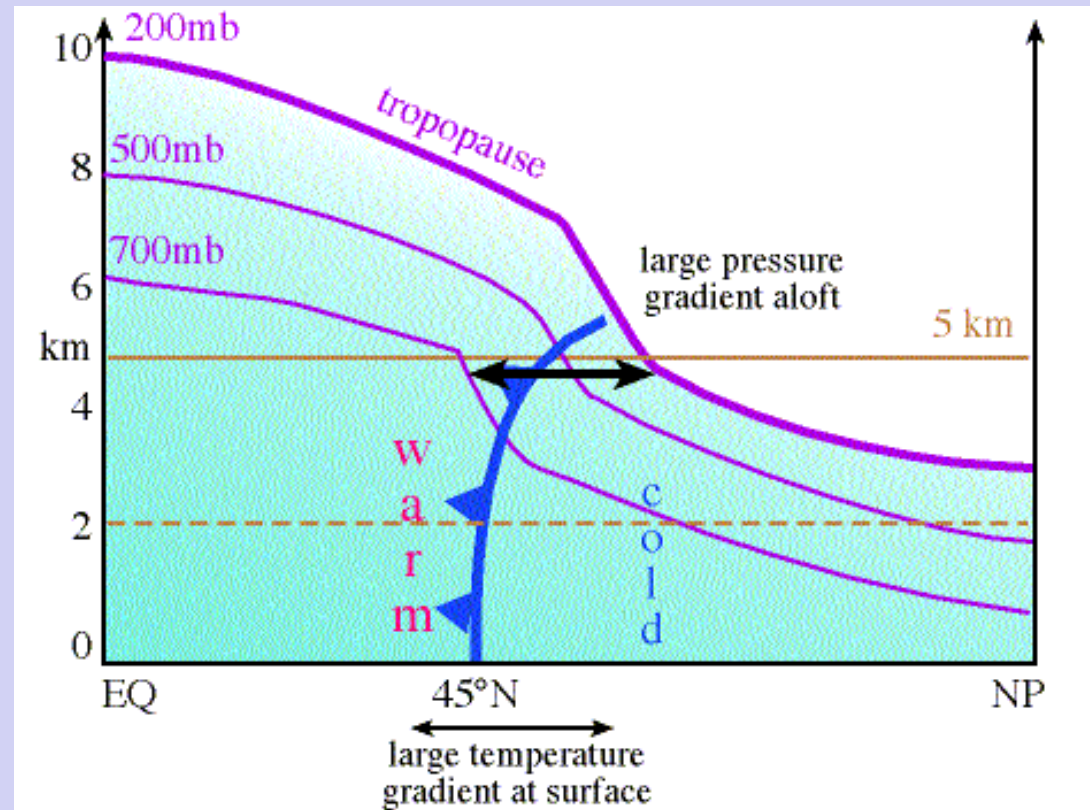
- Er zijn drie circulatie-cellen tussen evenaar en pool (o.a. door Corioliskracht)
- **Stijging aan evenaar en het polair front, daling aan pool en in Azorenhooog**
- Veel bewolking in de gebieden met stijgende lucht: Warme lucht uit het Azorenhooog en koude polaire lucht stromen tegen elkaar in aan het polair frontvlak
- **Het polair front** is het meest dynamische element en verloopt in golven rond de aarde



Polair front

- Aan het polair front een scherpe temperatuur-overgang
- Temperatuurovergang betekent ook een scherpe drukverandering in het horizontale vlak
- Ook: de drukvlakken krijgen aan het front een steilere helling

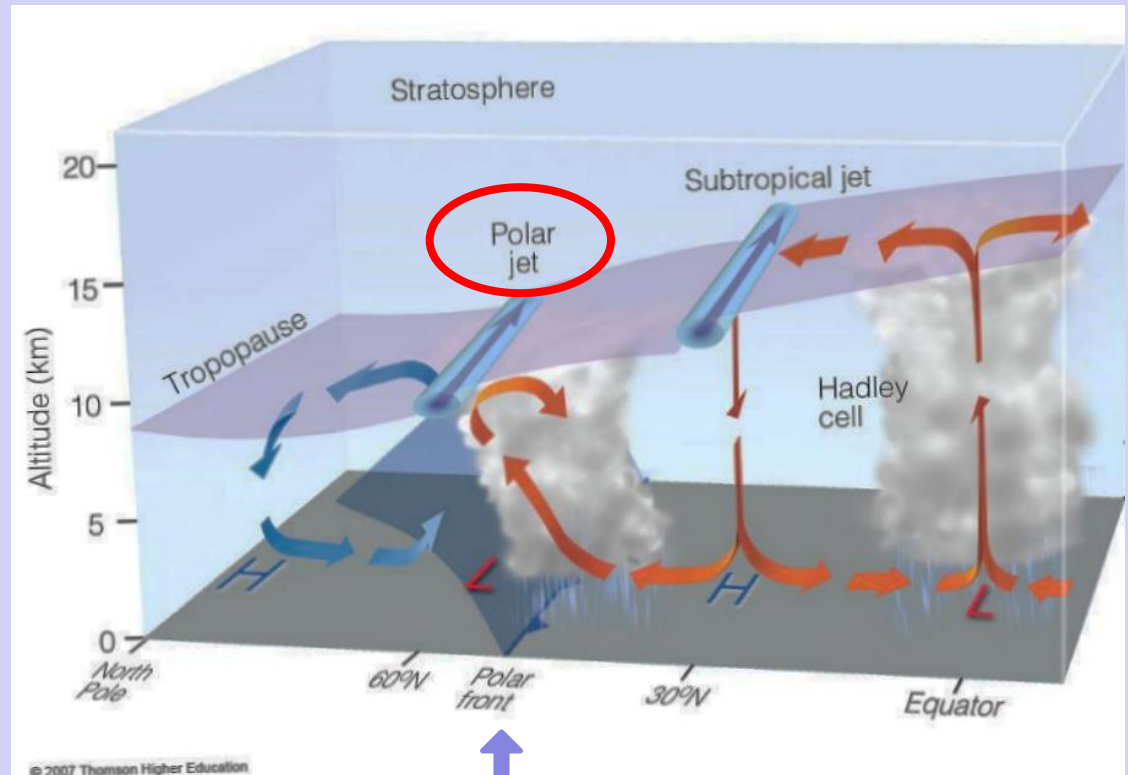
(De schaal is in het plaatje sterk overdreven)





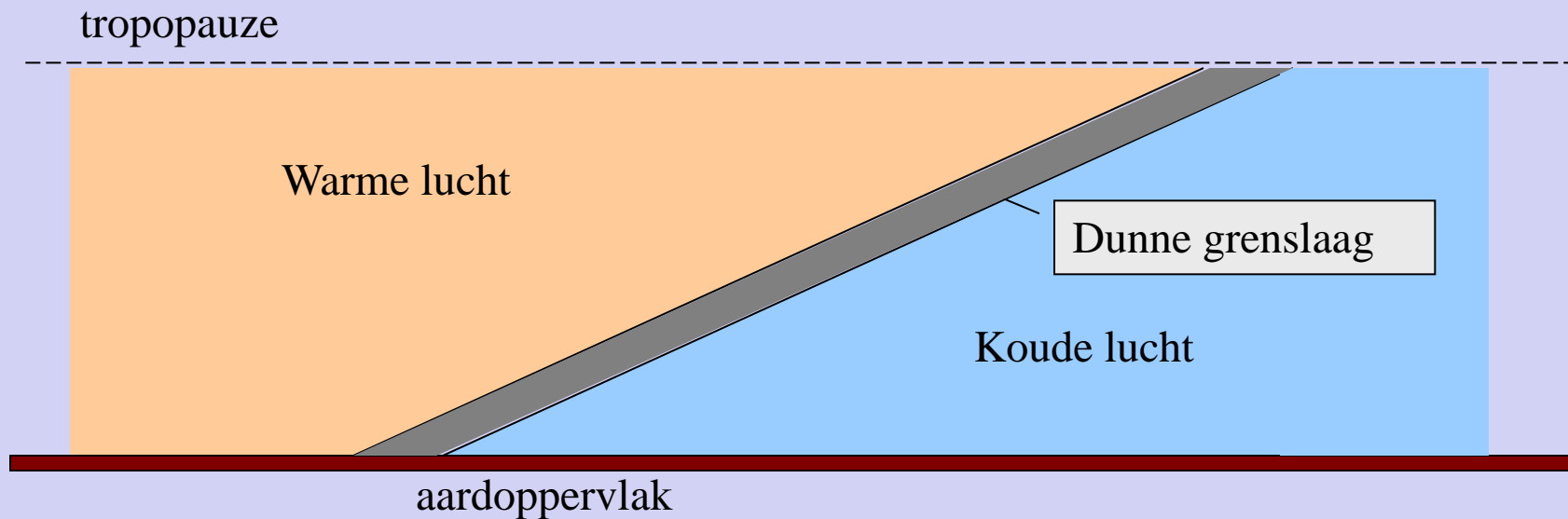
Het polair frontvlak

- Warme lucht schuift over de zwaardere koude lucht
- De winden waaien praktisch tegen elkaar in
- Bovenaan het frontvlak waaien twee jet streams; we behandelen alleen de polaire straalstroom.
- Depressies ontstaan aan het polair front



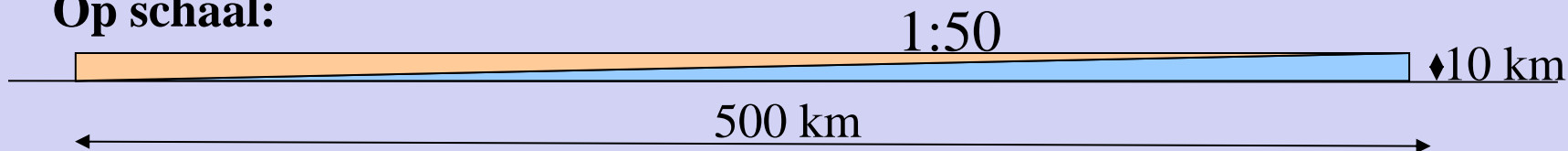


Het frontvlak loopt scheef



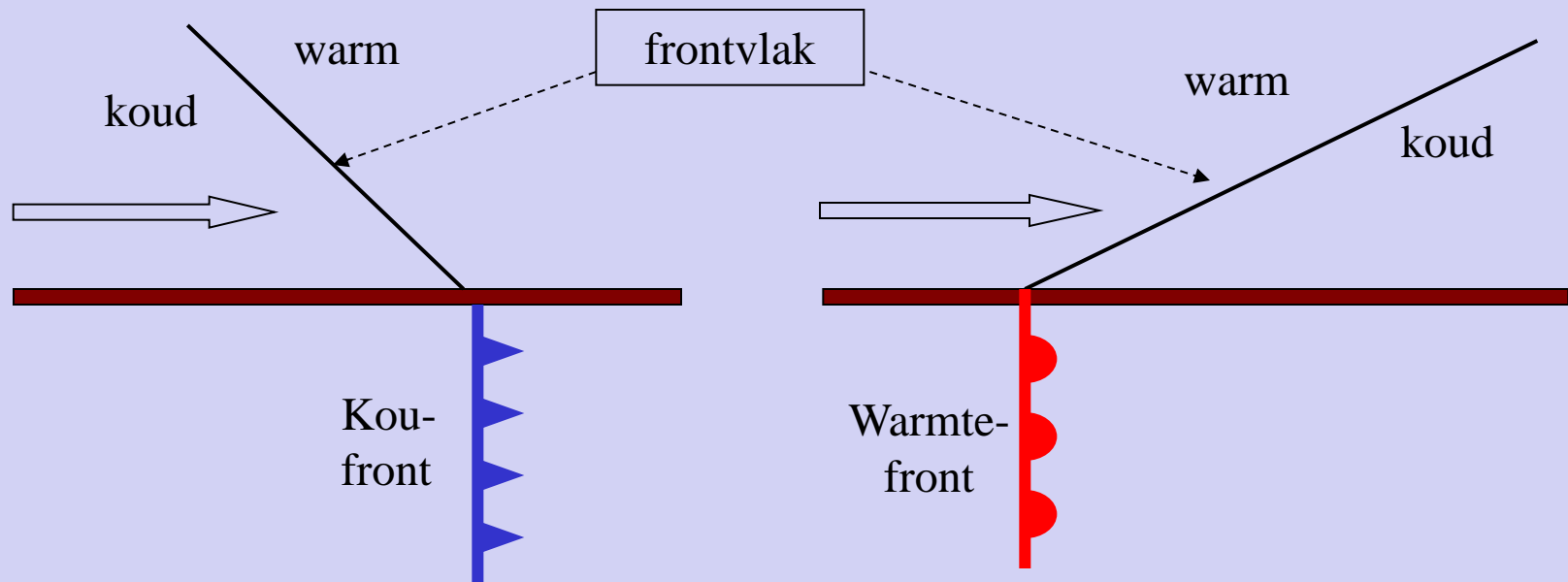
- Warme lucht is lichter, gaat gemakkelijk boven koude lucht liggen
- Afkoeling warme lucht in grenslaag: wolkenvorming (zie verder)
- Helling is 0.5 tot 2 graden, ofwel 1:100 (warmtefront) tot 1:25 (koufront)

Op schaal:





Terminologie van fronten



- Frontlijn in weerkaart: snijlijn van frontvlak met aardoppervlak
- Opdringende koude lucht: Koufront
- Opdringende warme lucht: Warmtefront
- Het front beweegt in de richting van de ► of ◐ tekens



Polair front tussen twee luchtmassa's

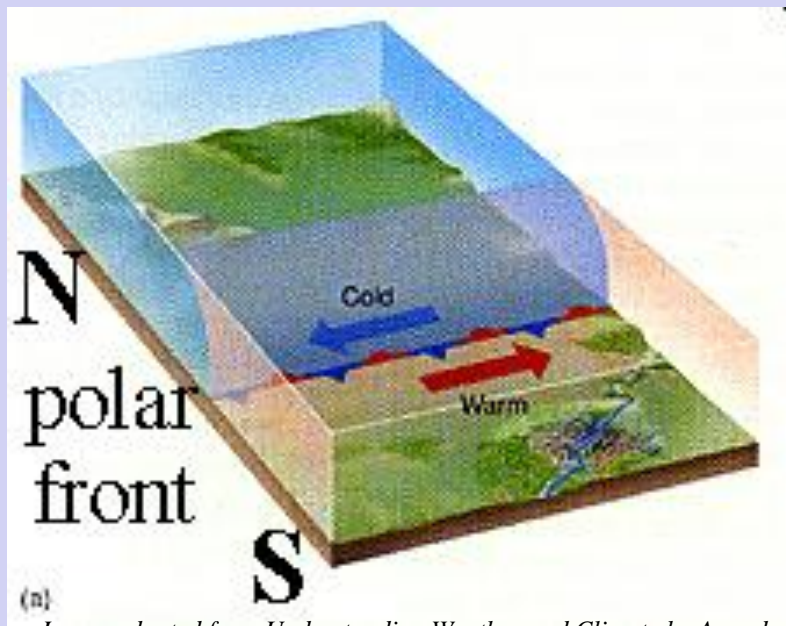


Image adopted from Understanding Weather and Climate by Aguado and Burt, © 1999 by Prentice-Hall, Inc

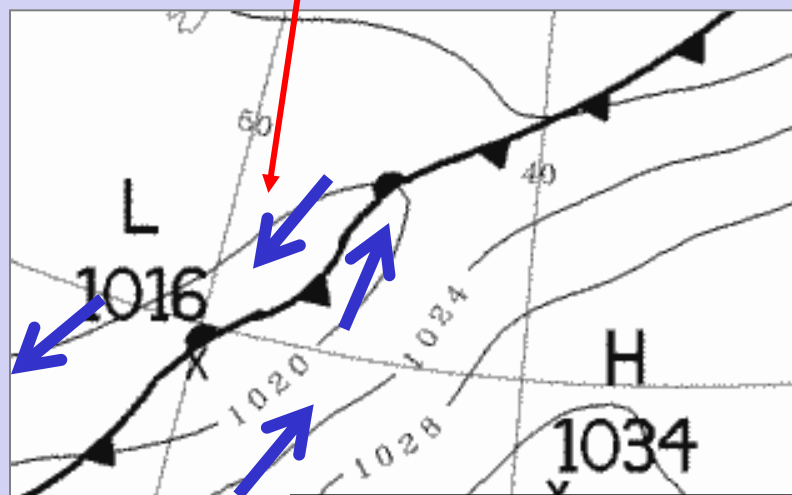
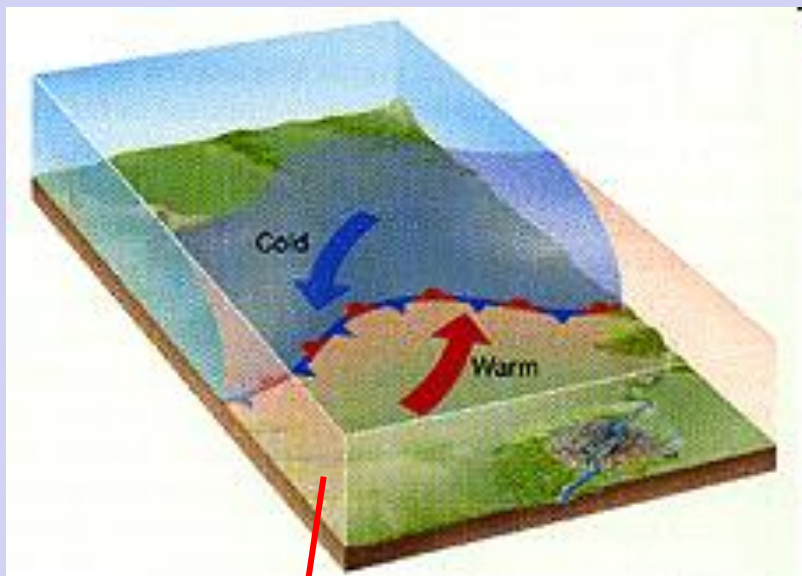
- Polaire en tropische luchtmassa's grenzen aan front aan elkaar
- Warme lucht is lichter dan koude, ligt boven op de koude lucht en vormt een scheefliggend scheidingsvlak



Symbool voor stationair front



Een golf: begin van een depressie

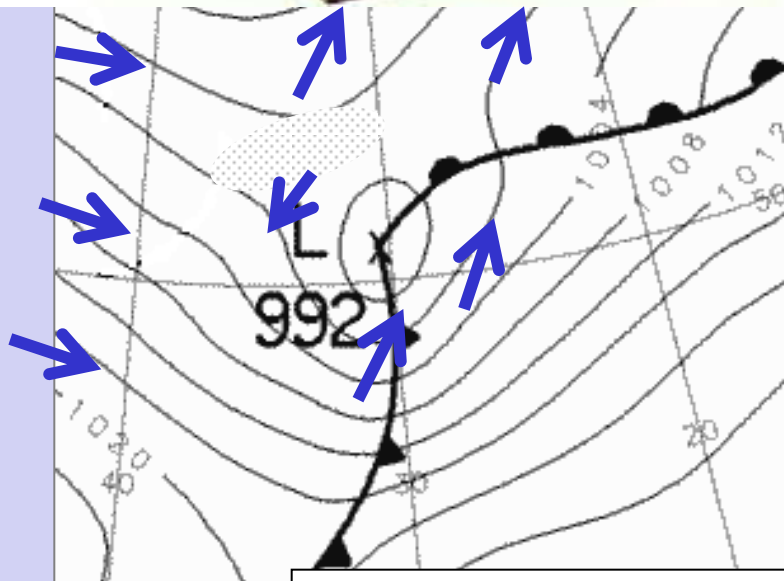
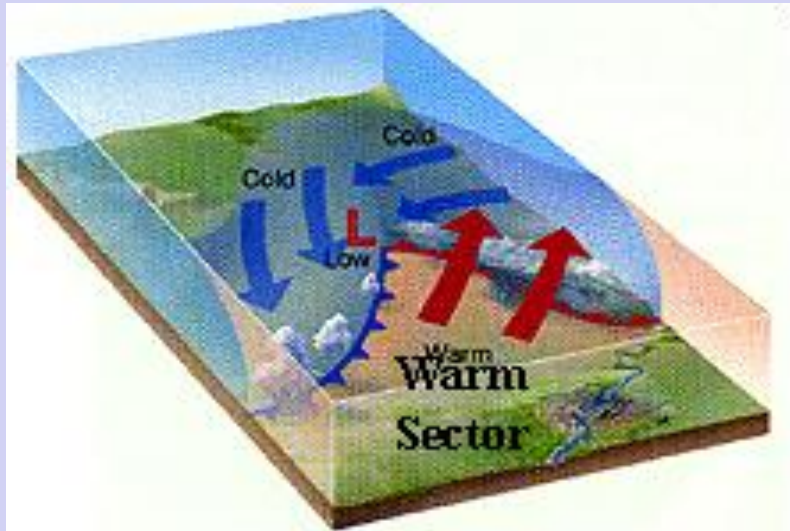


2006-01-09, 0000UT

- Het frontvlak kan een golf, een uitbuiking, gaan vertonen
 - het is een vlak tussen twee massa's met verschillende snelheden, dat vlak kan net als een wateroppervlak gaan golven
- De symbolen bij warmfront en koufront geven de bewegingsrichting aan
- Zelden duidelijk op een weerkaart zichtbaar
- De 'x' geeft het centrum van H of L aan (de x in het front bij L 1016)



Uitdiepen golf tot depressie

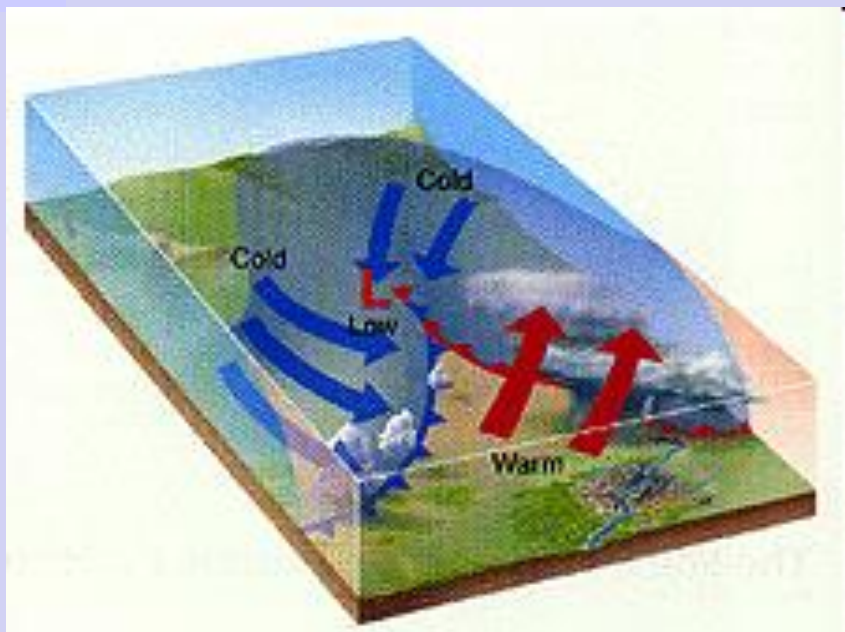


2006-01-10, 0000UT

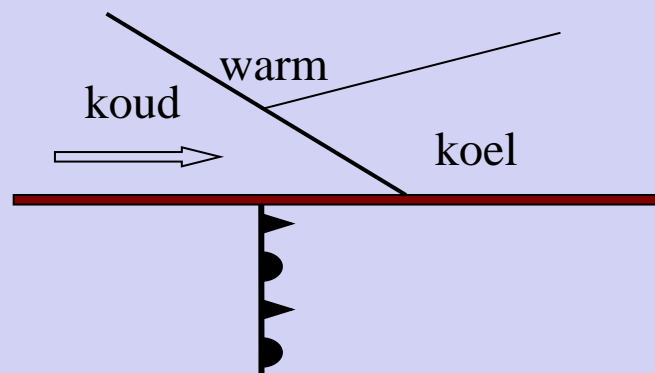
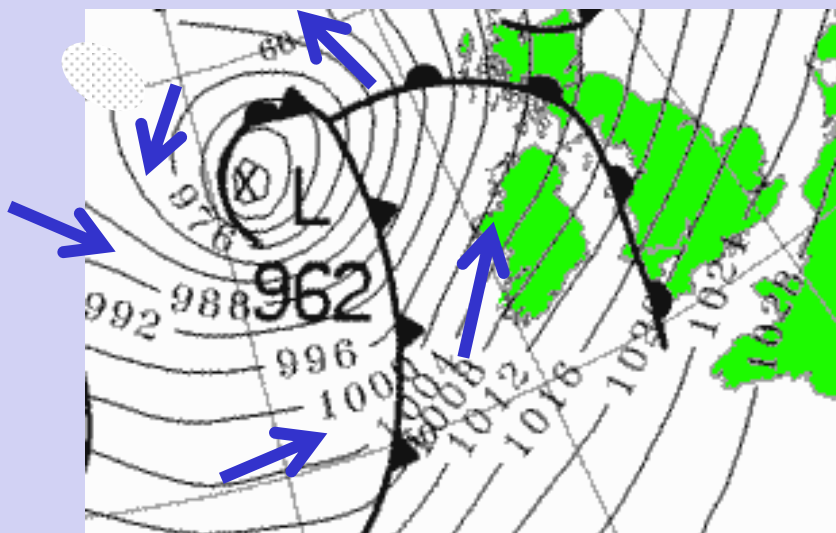
- Golf wordt lagedrukgebied als kerndruk 5 hPa lager is dan de omgeving (gesloten isobaar)
- Snelheid van uitdiepen hangt af van aanwezigheid straalstroom
- Bij actief front (= groot temperatuurverschil) een knik in isobaren: plotselinge ruiming van de wind
- Isobaren in warme sector parallel, richting is de trekrichting van het Laag
- De wind waait 15° over de isobaarrichting naar de lage druk



Occlusievorming: geen verdere uitdieping

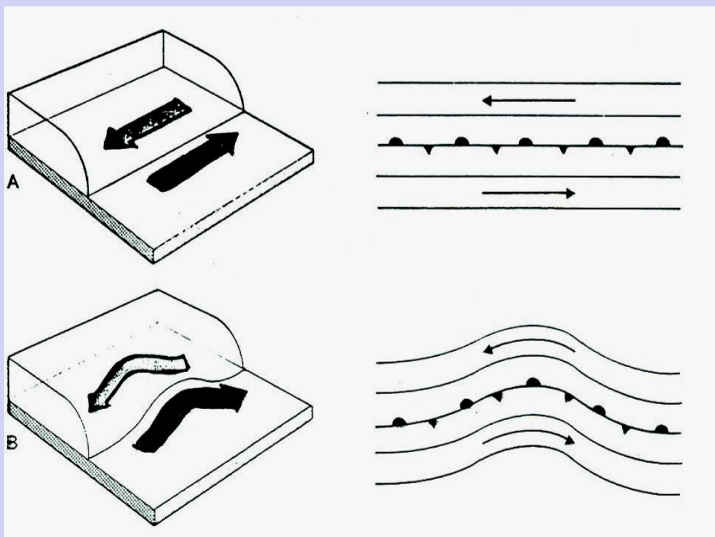


- Koufront beweegt altijd sneller dan warmtefront: haalt het in en schuift vanaf de depressiekern steeds meer onder het warmtefront
- De top van de warme sector wordt daardoor opgetild van de grond: de warme lucht vloeit in een spiraal omhoog tegen het warmtefront op en de occlusie in (dit wordt de “krul” van de satellietfoto’s)
- De occlusie wordt steeds langer, de punt van de warme sector beweegt van de kern vandaan





Depressie-ontwikkeling in één plaatje

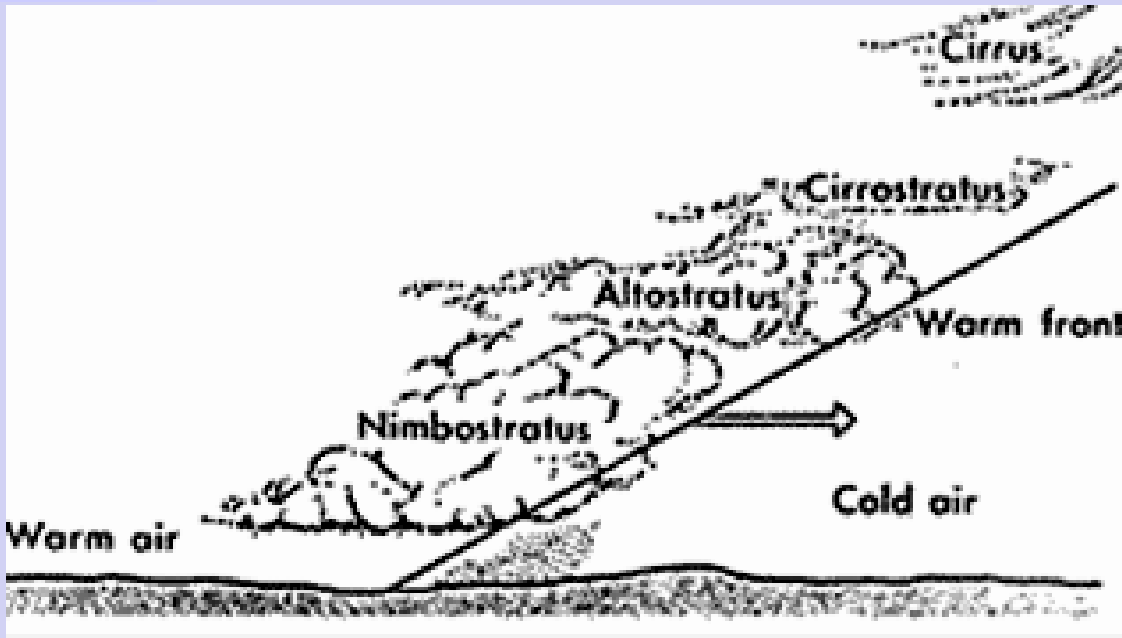


Kenmerken:

- Winden tegen de klok om de kern
- Wind met 15 – 25 graden over de isobaar
 - Voor het warmtefront: ZO
 - In warme sector: ZW
 - Na het koufront: W – NW
 - Ten N van het laag: ZO to NO



Het warmtefront in detail



- Warme massa stijgt gedwongen langs het frontvlak
- Door stijging afkoeling:
 - Condensatie vormt wolken
 - Eerst cirrus, dan cirrostratus en altostratus
 - Later gesloten grijs wolkendek met regen (nimbostratus)
- Het horizontale zicht neemt sterk af
- Dit is een passief warmtefront (geen turbulentie)



cirrus



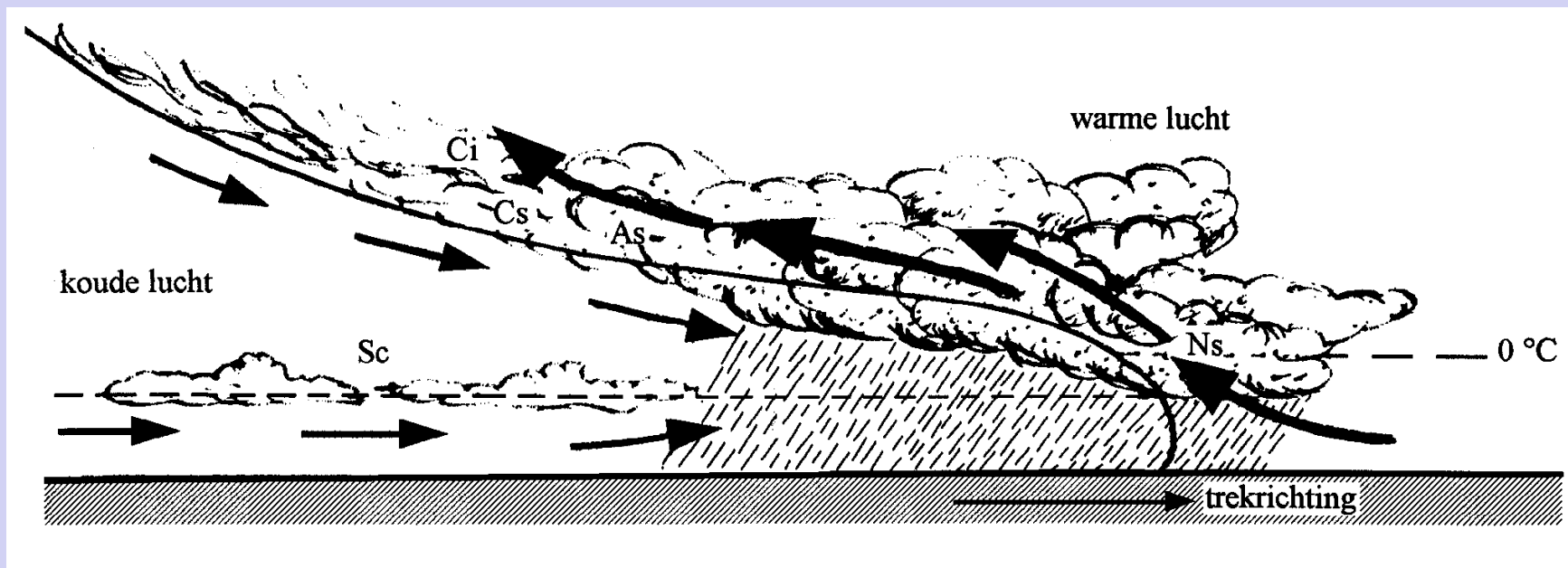
altostratus



nimbostratus



Koufront



- Opdringende koude lucht dwingt warmere lucht omhoog
- Regen aan het koufront, geen buien
- Zicht verbetert sterk na frontpassage
 - In warme sector vochtige lucht; stof- en zout-deeltjes vormen druppeltjes, geeft matig tot slecht zicht
 - De koude massa is relatief droog, geen vochtbouw aan deeltjes



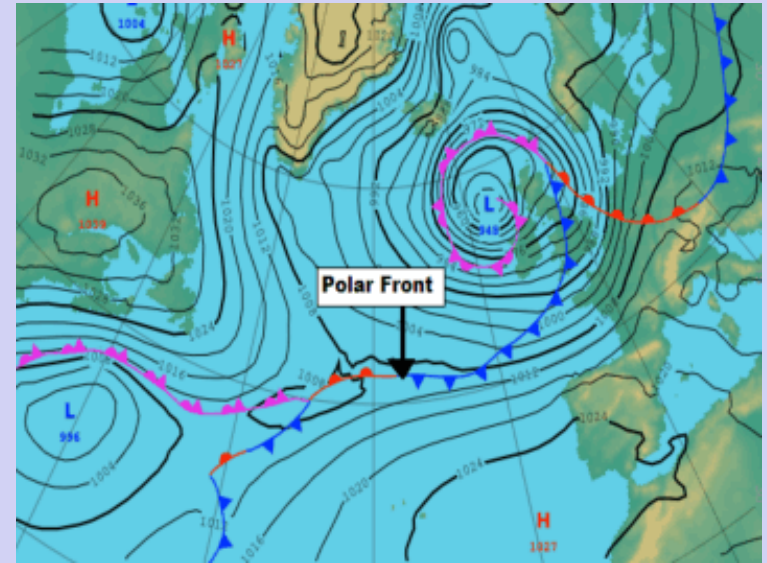


Programma

Vandaag:

Waarom kan ik zien of het weer vlagerig of stabiel wordt?

- **Het ontstaan van weer:** van polair front tot depressie (snelle basis)
- **Stabiele en onstabiele lucht**
 - Ontstaan van wolken
 - Wat zeggen wolken?





Stabiele en onstabiele lucht

Stabiel

- Weinig verandering in het weer
- Beperkte thermiek
- Beperkte hoogte van wolken, mogelijk op verschillende etages
- Geen buien
- Stabiele windkracht en windrichting

Onstabiel

- Veranderlijk weer
- Sterke thermiek
- Sterke verticale uitbreiding van wolken, meestal maar één wolkenbasis
- Buien mogelijk
- Windstoten met richtingsverandering

Stabiel en onstabiel weer zijn gebonden aan luchtmassa's

- Een luchtmassa kan stabiel zijn of onstabiel
- Een luchtmassa kan langzaam stabiel worden of onstabiel

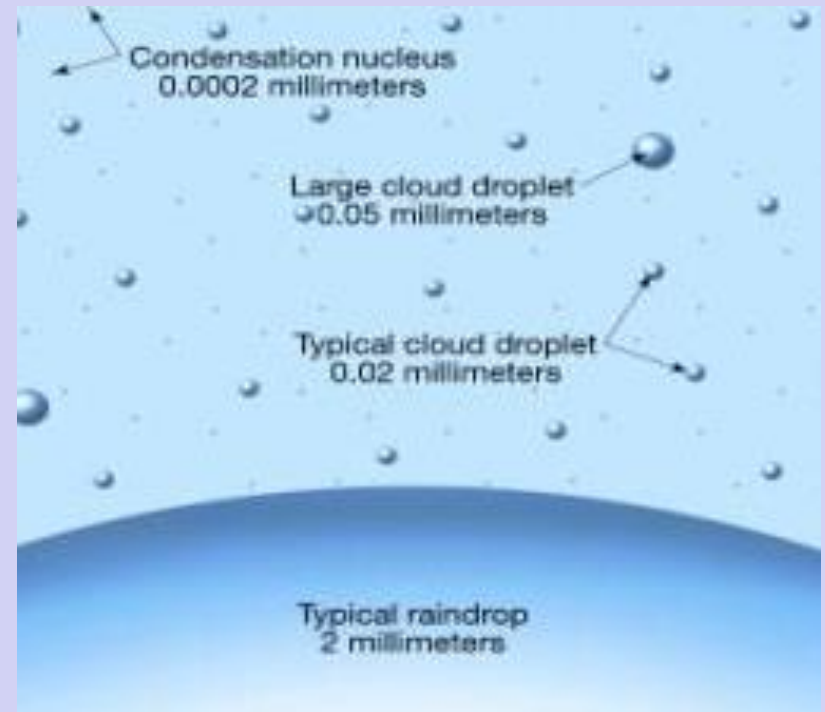
Wat karakteriseert een luchtmassa?

- **Waterinhoud** en **temperatuur** zijn bepalend



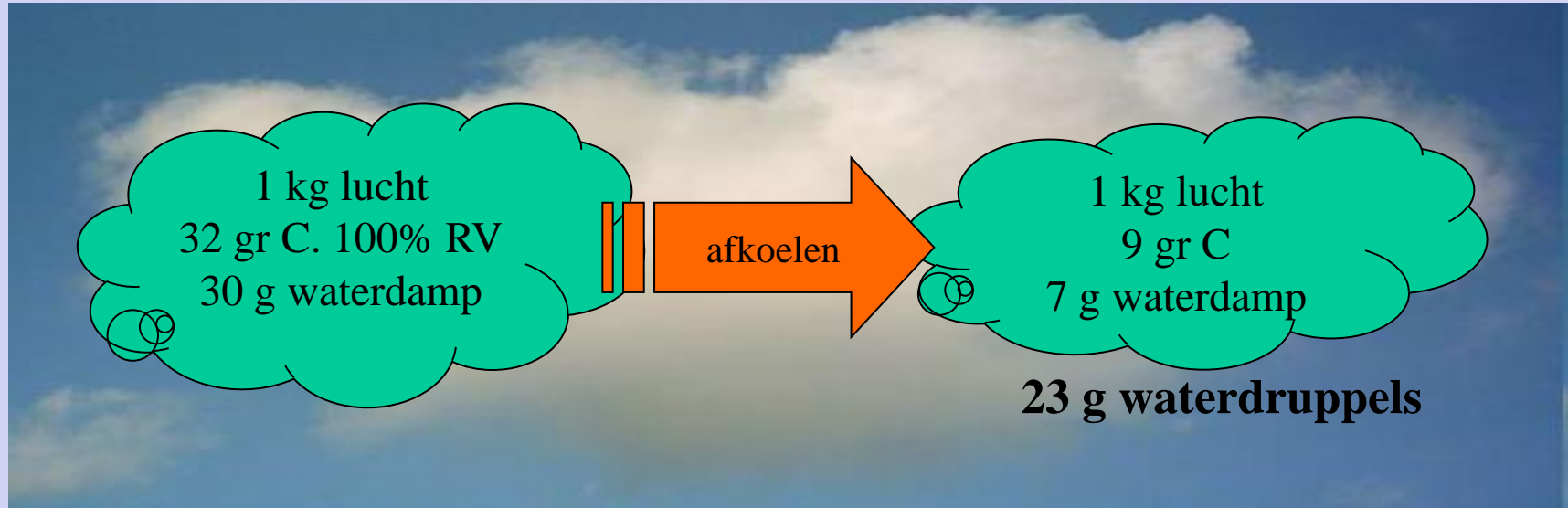
Waterdamp en waterdruppels

- Lucht kan water bevatten als gasmoleculen
 - Water”damp” is gas bestaand uit watermoleculen
- Hoeveelheid waterdampmoleculen in lucht is begrensd tot een maximum, dit heet “verzadiging”, 100% relatieve vochtigheid
- In verzadigde lucht condenseert water op condensatiekernen tot druppeltjes: wolken
- Druppeltjes zijn klein (circa 0,02 mm) en vallen héél langzaam (100m/uur): “zwevende” wolken





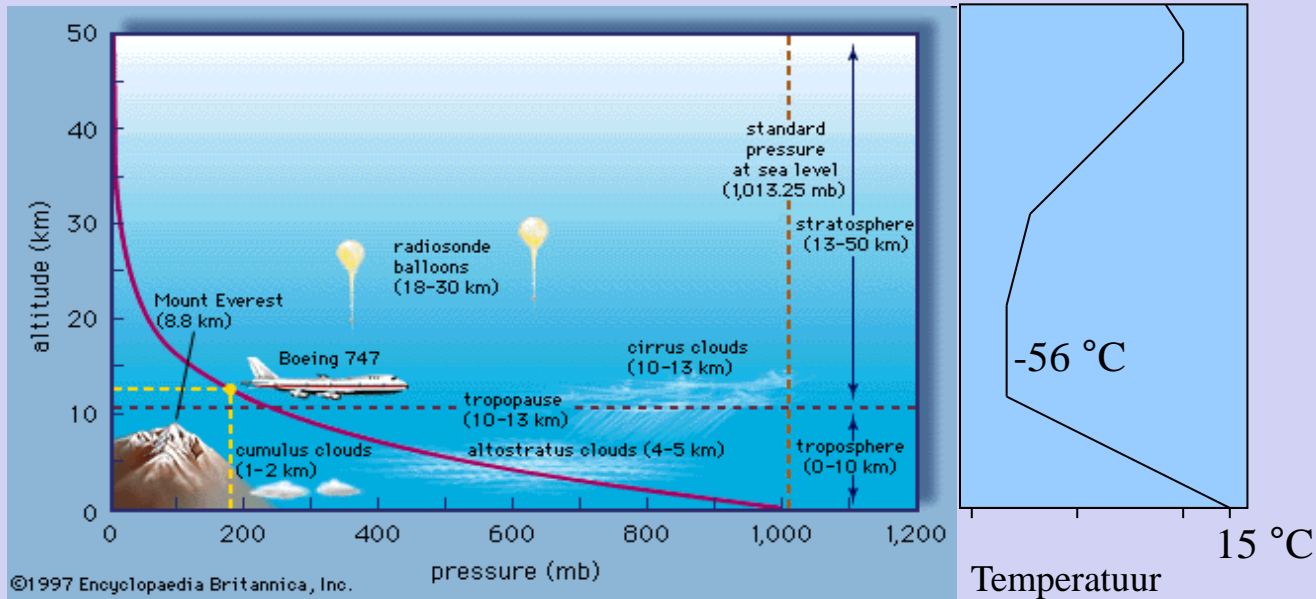
Warmer, dan meer water in gasvorm



- Bij hogere temperatuur kan er meer water als gas bestaan voordat condensatie optreedt
- Water als “waterdamp” (= gasmoleculen):
 - bij 32 °C **maximaal** 30 g/kg lucht (3.0 gewichts-%)
 - bij 9 °C **maximaal** 7 g/kg lucht (0.7 gewichts-%)
- Bij afkoelen van verzadigde waterdamp van 32 °C naar 9 °C condenseert er dus 23 gram water per kg lucht
- Bij condensatie komt warmte vrij (evenveel als bij het verdampen nodig is)



Luchtdruk en temperatuur

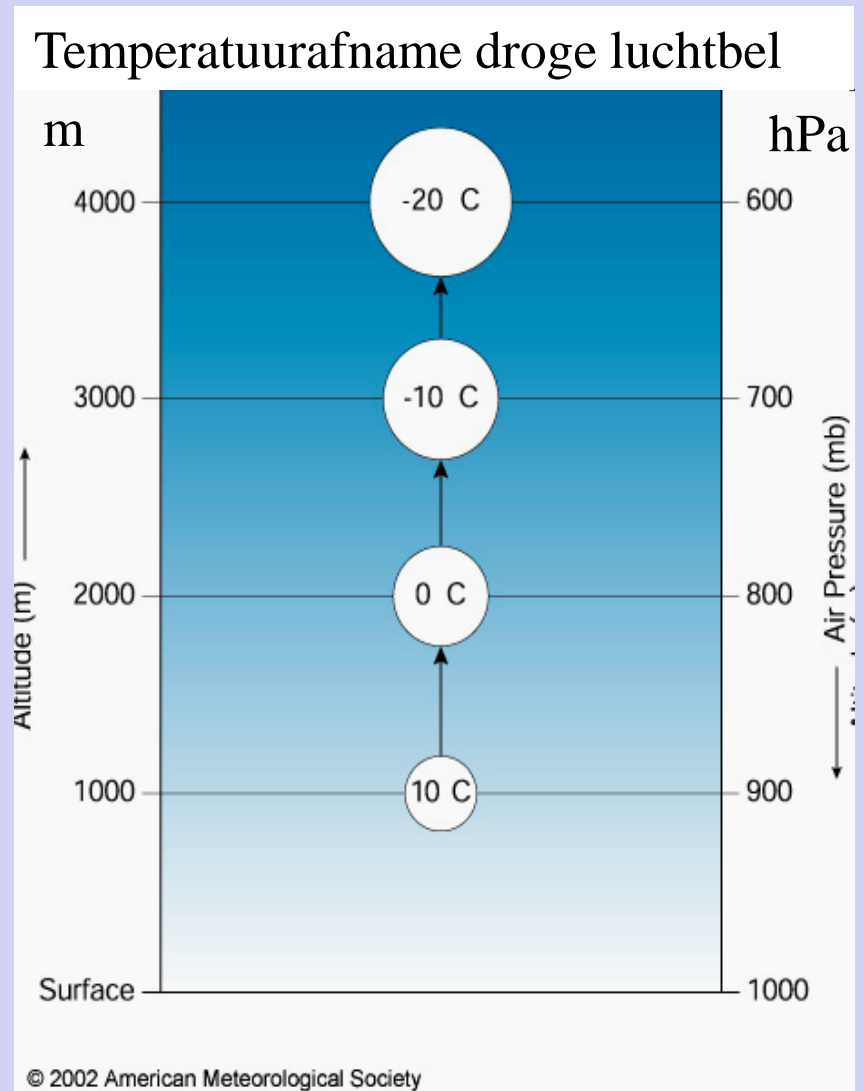


- Als de druk van lucht wordt verhoogd, wordt hij warmer (compressieslag dieselmotor, fietspomp)
- Omgekeerd geldt dit ook: bij drukverlaging automatisch afkoeling
- **Luchtdruk en temperatuur in de atmosfeer nemen af met de hoogte:**
 - op 5,5 km is de druk 500 hPa, op 12 km 200 hPa
 - op 5,5 km is de temp -21 °C , op 12 km -56 °C
- **Brengen we een hoeveelheid lucht omhoog, dan zal hij een lagere druk krijgen; door de uitzetting dus ook afkoelen**



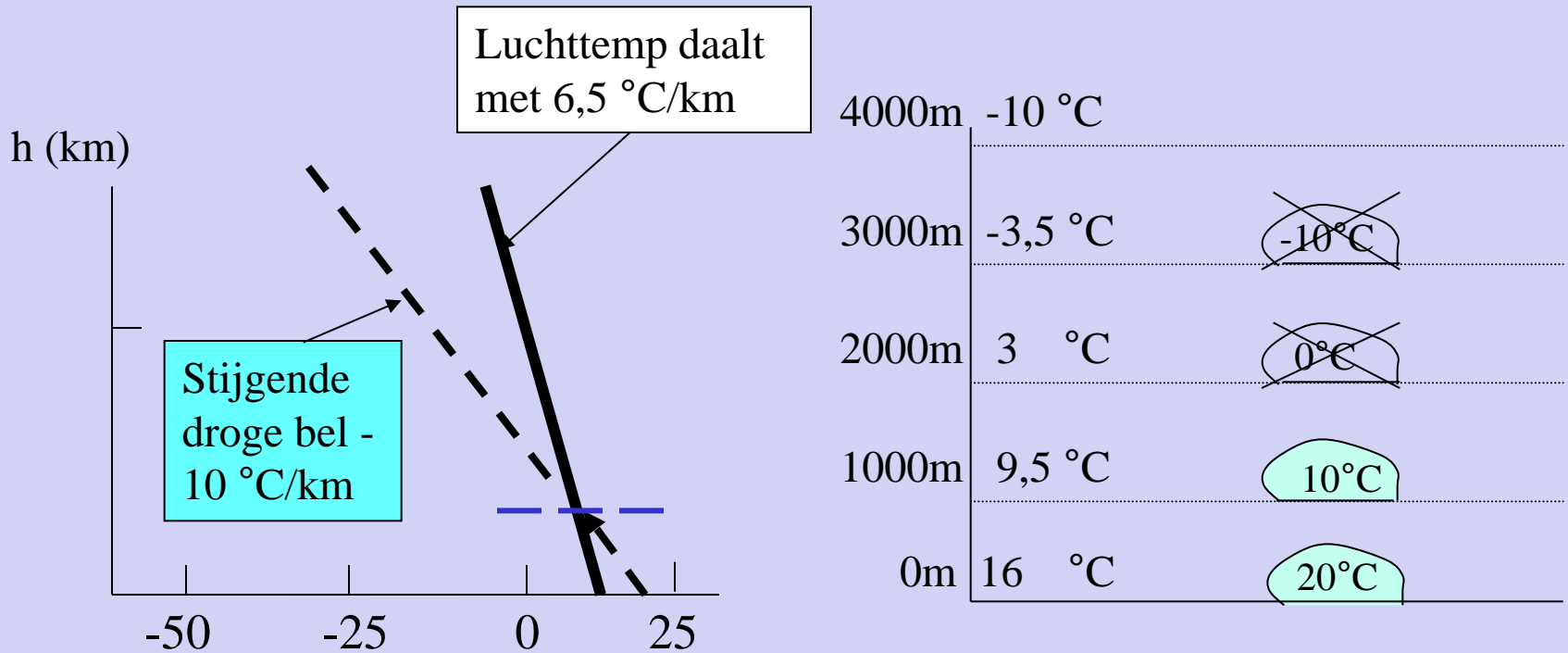
Temperatuurafname met de hoogte

- De afname van de temperatuur met de hoogte is niet constant
- Droge lucht koelt af met $10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$
- **In vochtige lucht condenseert op een bepaald moment water**
 - Hierbij komt warmte vrij
 - Vanaf het condensatieniveau daalt de temp met $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$
- In een gemiddelde luchtmassa is de afname $6,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{km}$





Droge lucht in gemiddelde luchtmassa



- De standaard afkoeling in de atmosfeer is $-6,5^{\circ}\text{C}/\text{km}$
- Stel een bel droge lucht aan oppervlak warmt op naar 20°C
- De bel gaat stijgen (thermiek) en koelt $10^{\circ}\text{C}/\text{km}$ af; komt hier net boven 1 km
- **Algemeen:**
In een luchtmassa die naar boven langzaam afkoelt, is slechts een beperkte stijging mogelijk



Voorbeeld stabiele lucht

Rook van een bosbrand stijgt tot een beperkte hoogte en verspreidt zich in de laag onder die hoogte.

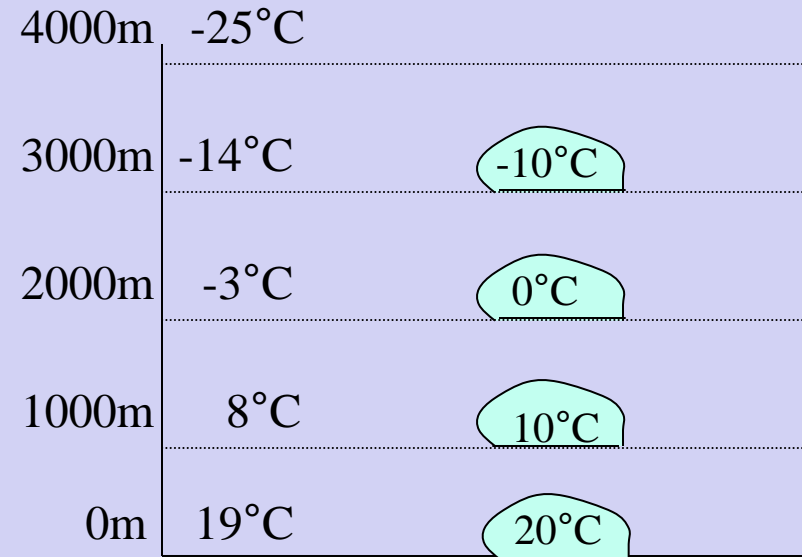
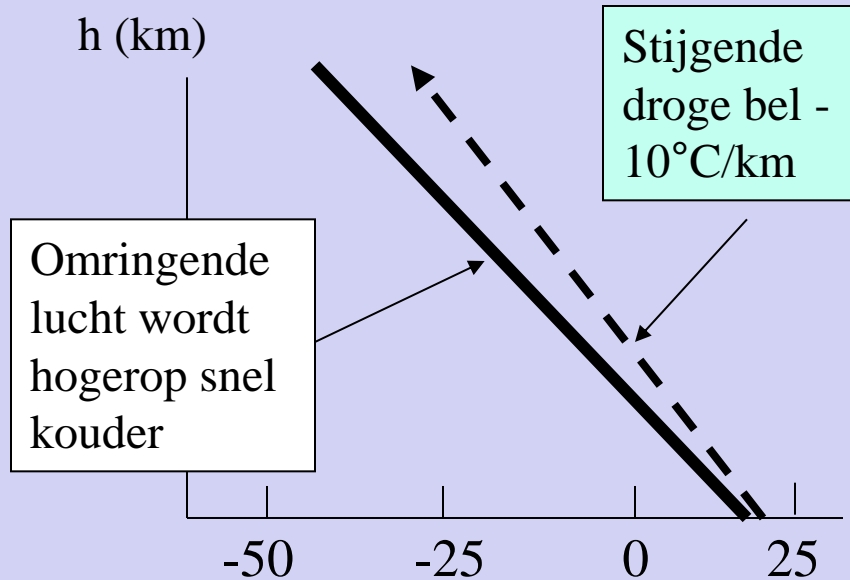
Het zicht in die laag wordt dus slechter.

Ook vocht blijft in een stabiele laag hangen. In een stabiele massa is het zicht meestal beperkt tot maximaal 5 à 10 mijl.





Koude atmosfeer



- Deze lucht wordt in de hoogte snel kouder
- Een aan het aardoppervlak verwarmde bel blijft steeds doorstijgen
- Een kleine opwarming aan de grond (warme akker) is genoeg voor blijvende stijging = thermiek
- **Algemeen: koude massa is onstabiel**



Onstabiele lucht, koude massa

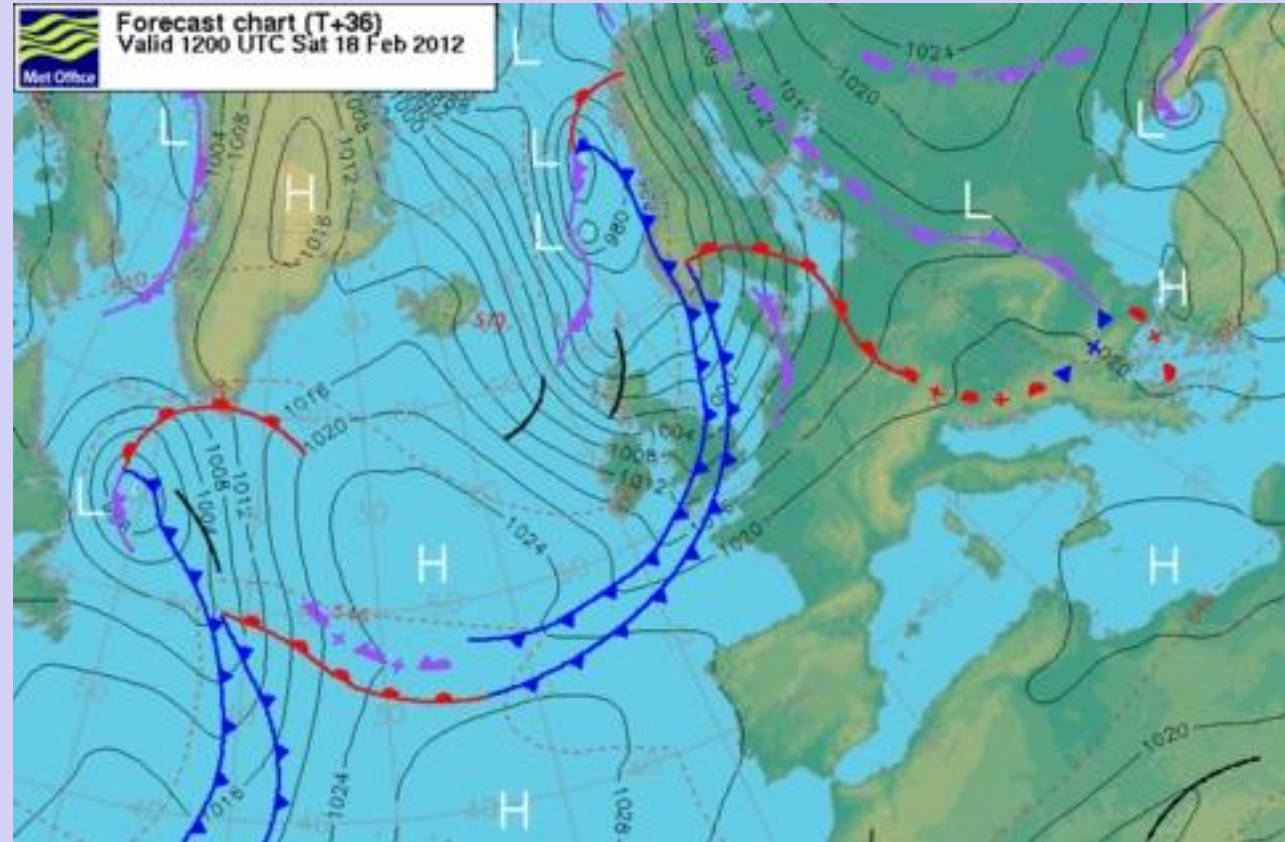
- Lucht kan tot grote hoogte doorstijgen
- Geen of sterk gebroken tussenliggende wolkenlagen
- Vocht wordt van het oppervlak afgevoerd, het zicht is daardoor meestal goed tot zeer goed
- Vaak is tussen de wolken blauwe lucht te zien





Koude massa situatie

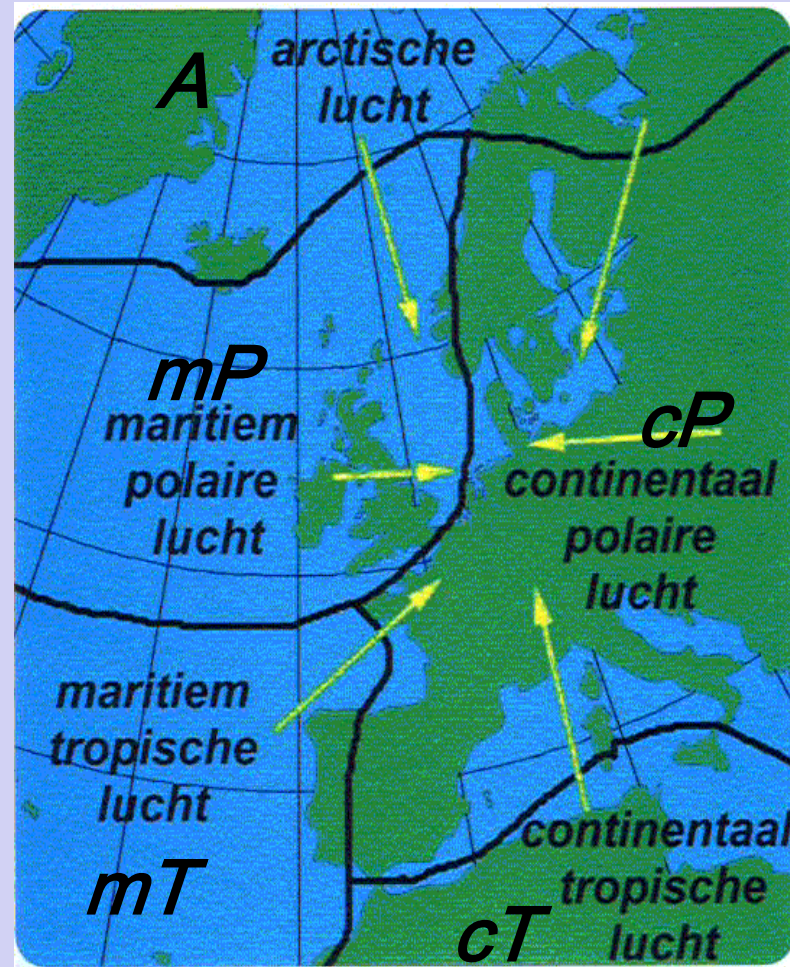
- Aanvoer polaire lucht vanaf Spitsbergen
- Buiigheid blijkt uit twee troggen achter de koufronten





Brongebieden

- Lucht uit deze gebieden heeft meestal bepaalde eigenschappen
- Weet je waar de lucht vandaan komt, dan weet je wat voor soort lucht het is (“luchtmassa”)
 - Maritiem = vochtig
 - Continentaal = droog
 - Polair of Arctisch = koud
 - Tropisch = warm
- Het weer wordt voor een groot deel bepaald door de soort lucht en de aard van het oppervlak waarboven deze terecht komt
Vb: mT lucht over koud water geeft door afkoeling snel mist (winter en voorjaar)





Eigenschappen van luchtmassa's

Arctisch:

- uit de poolgebieden, droog en koud

Maritiem polair:

- uit gebied tussen Groenland en Noorwegen
- vochtig; koel, vooral in onderste lagen
niet zo koud als arctisch

Maritiem-tropisch:

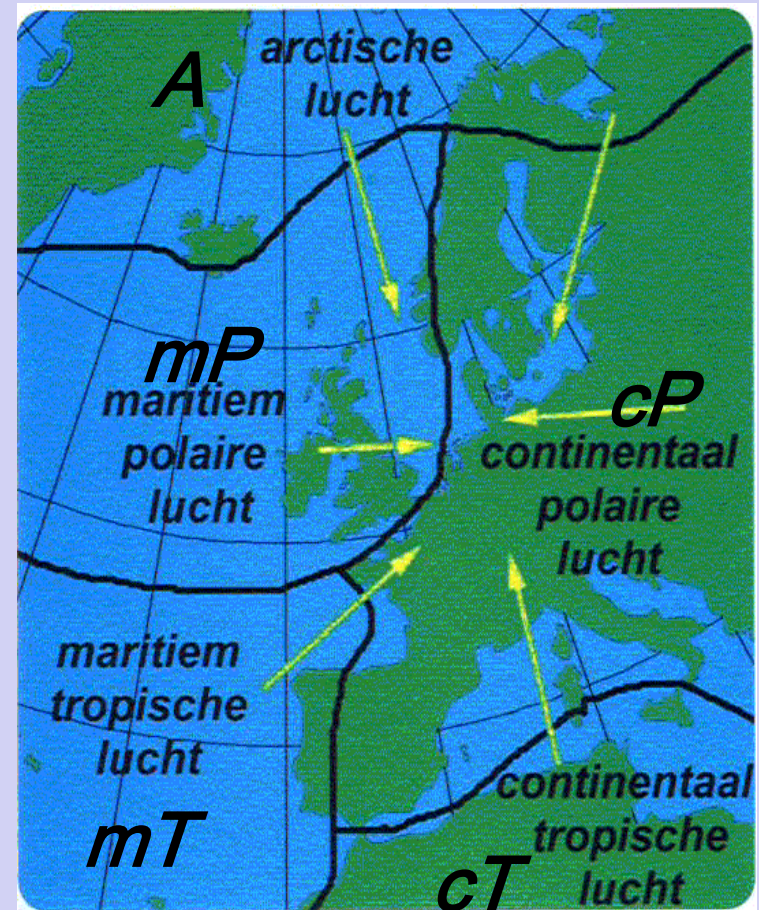
- uit het zeegebied rond de Azoren
- vochtig; 's winters warm, 's zomers koel
(land is dan warmer)

Continentaal polair:

- uit midden-Rusland; zeer droog;
's winters koud, 's zomers warm

Continentaal tropisch:

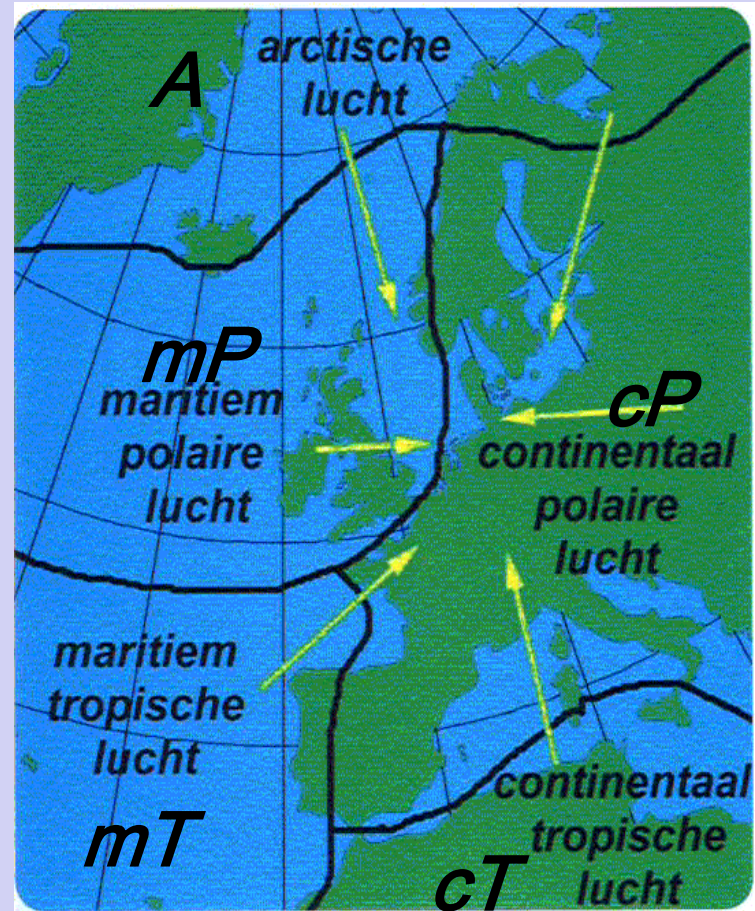
- uit Noord-Afrika of Klein-Azië
- zeer droog; 's zomers warm, 's winters koud of zacht





Wanneer wordt een massa (on)stabiel?

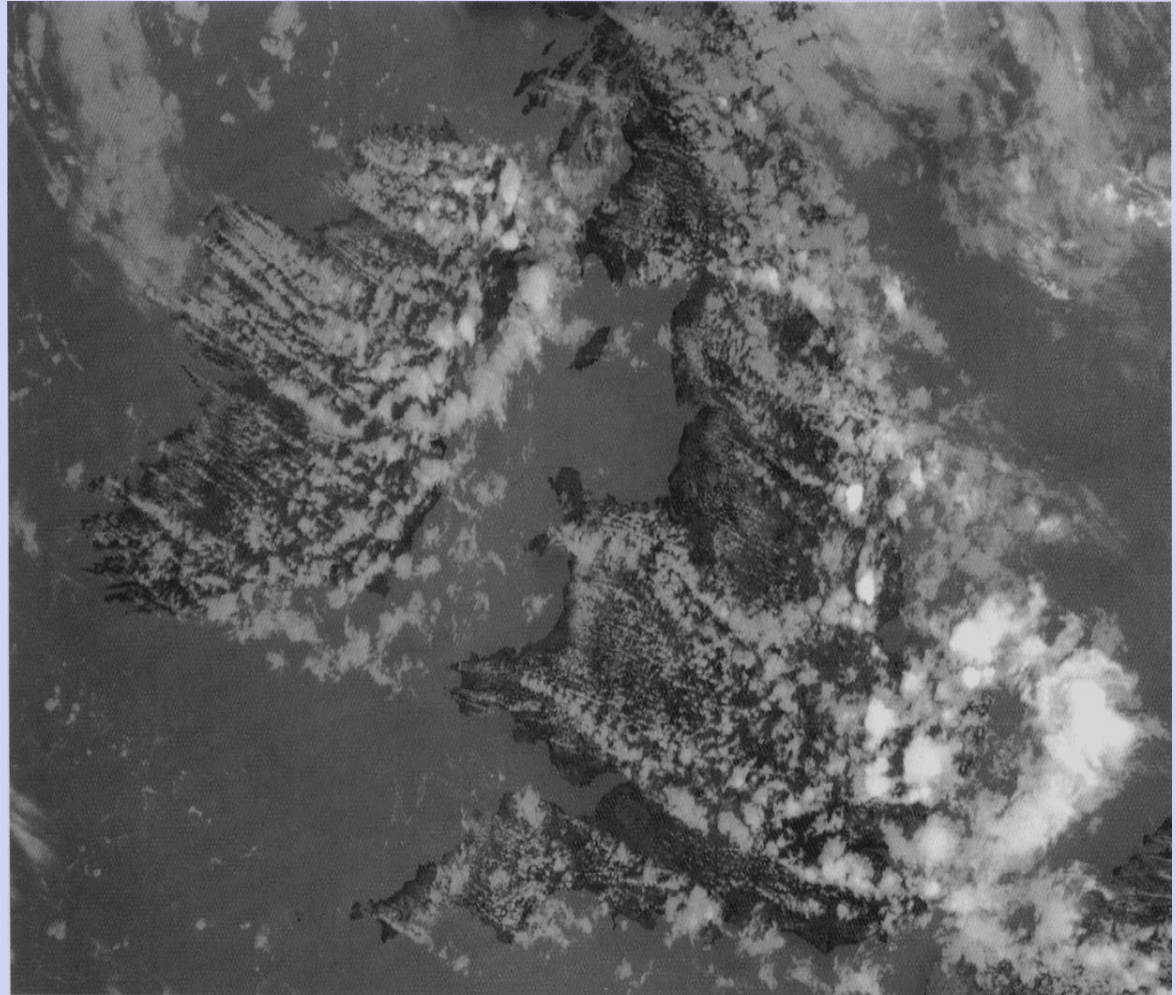
- De luchtmasa zelf verandert niet snel van eigenschappen, wat wel kan veranderen bij verplaatsing is het aardoppervlak
- Een massa wordt stabiel als hij boven een kouder oppervlak komt
- Een massa wordt onstabiel als hij boven een warmer oppervlak komt
- Elk jaargetijde heeft zijn eigen patronen (zee warm tov land of omgekeerd, luchtstroming van zee naar land of omgekeerd)





Engeland en Ierland, 29 juni 1982

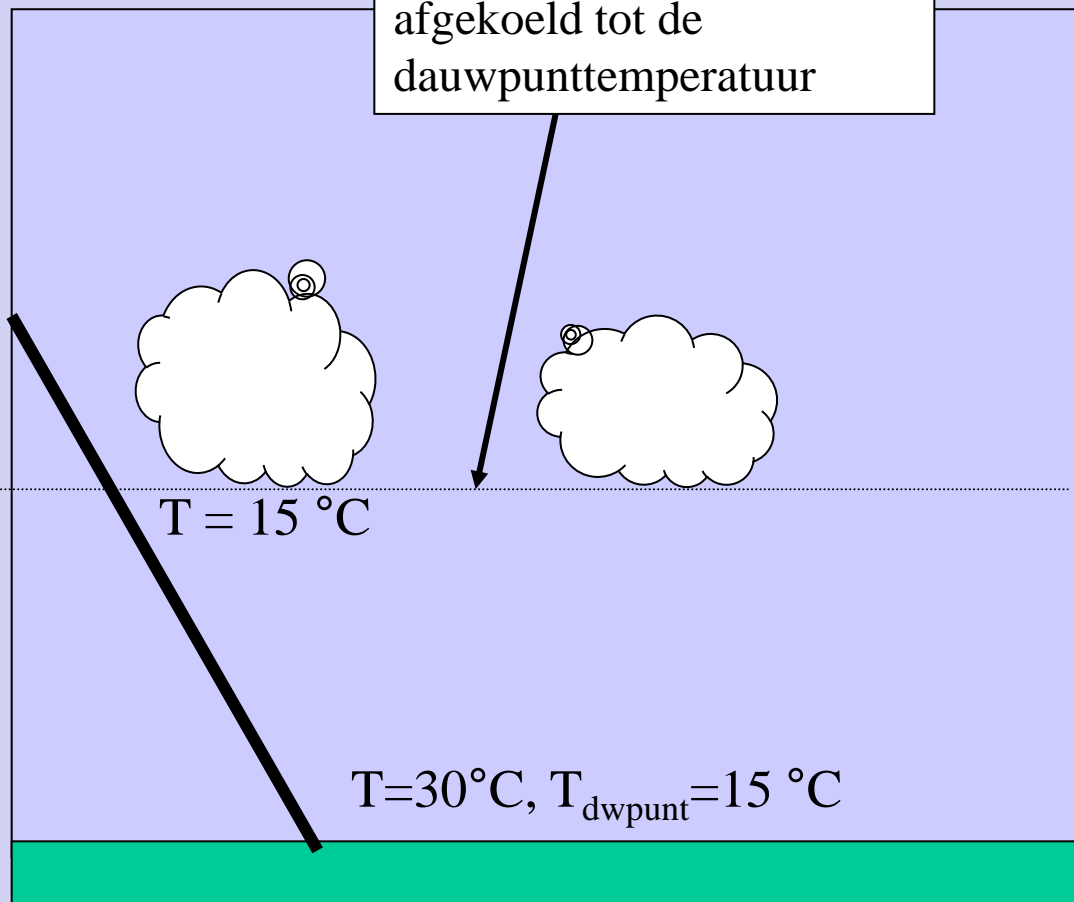
- Zomerfoto: Land in juni warmer dan water, wolken vormen boven land door opwarming (wordt onstabiel)
- Boven de koudere Ierse Zee en de Noordzee lost de bewolking weer op (de lucht wordt weer stabiel)
- Band met hoger vochtgehalte zichtbaar ten W van en boven midden-Ierland





Wolkenvorming

Op deze hoogte is de lucht afgekoeld tot de dauwpunttemperatuur

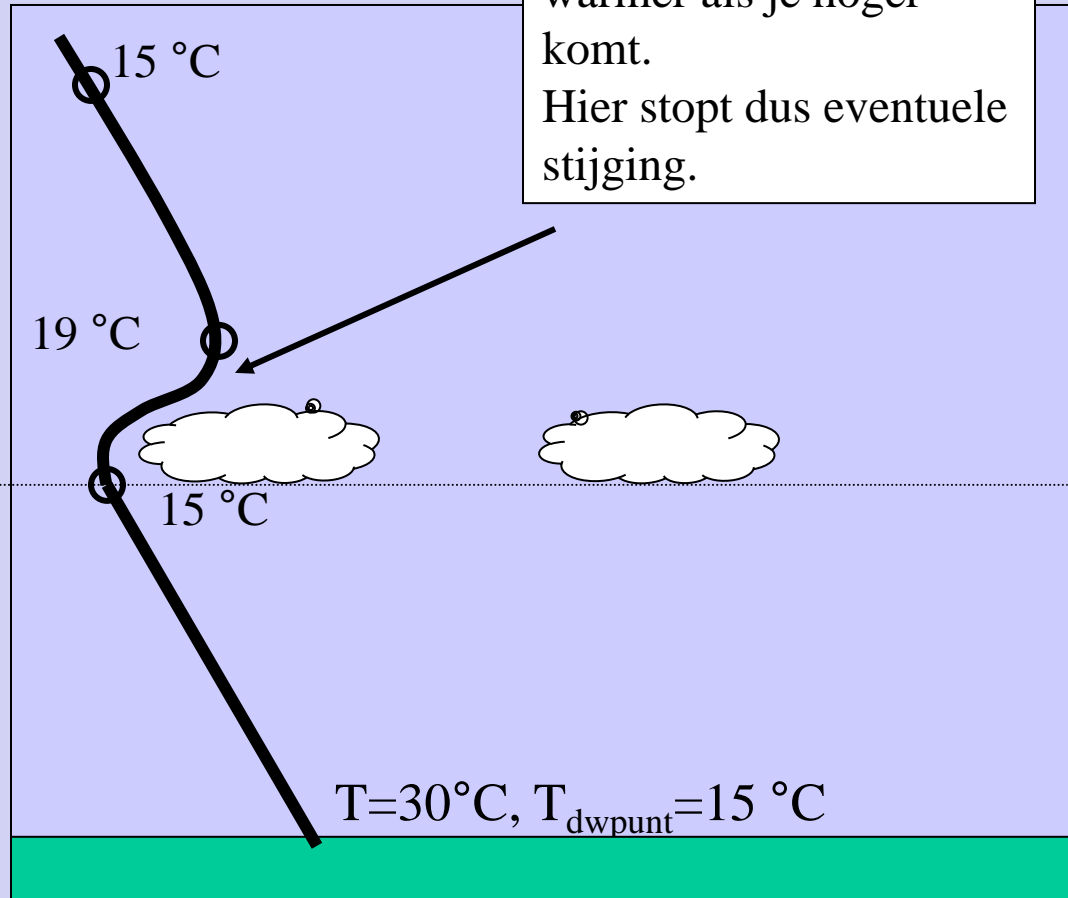


- Stijgende lucht koelt af
- Als de lucht is afgekoeld tot de dauwpuntstemperatuur, is deze verzadigd
- Bij verdere stijging begint condensatie = wolkenvorming



Wolkenvorming en stoppen van groei

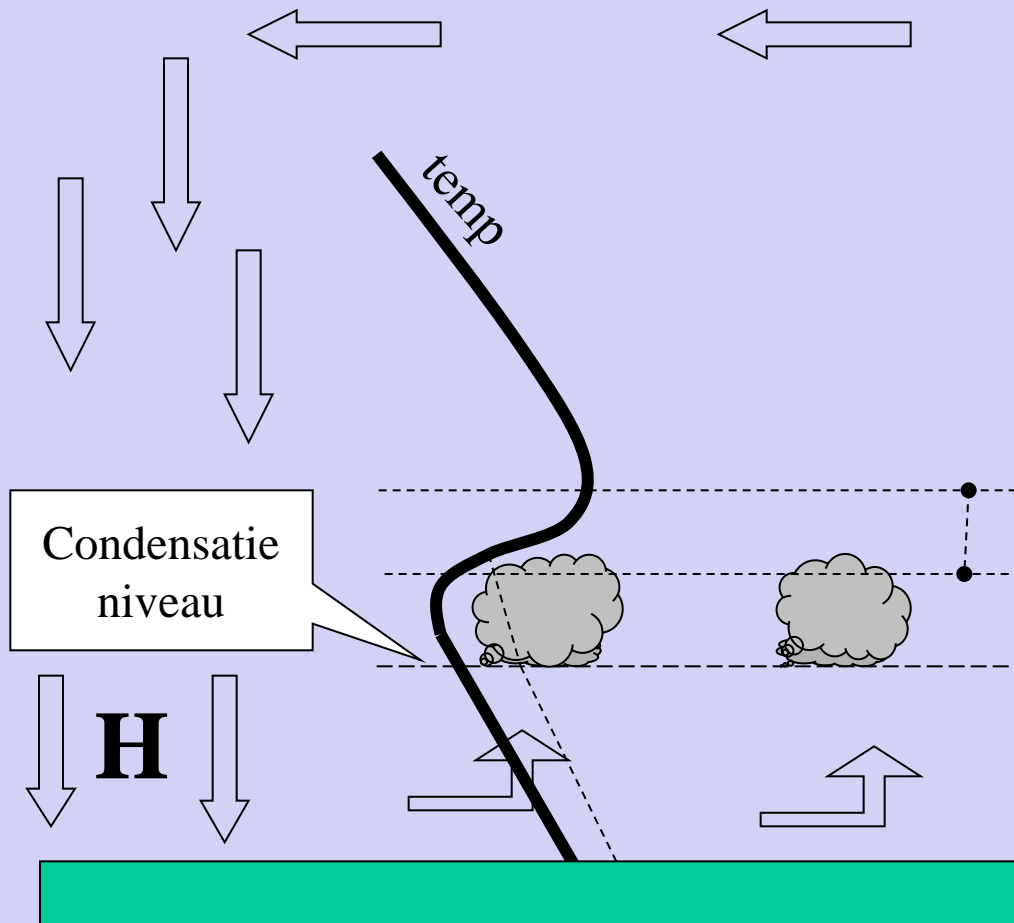
Inversie: hier wordt het warmer als je hoger komt.
Hier stopt dus eventuele stijging.



- Als er wolken zijn, is (of was) er opstijgende lucht
- De onderkant van de wolk is op de dauwpuntstemperatuur
- Als er een inversie is, vormt deze de bovenkant van de wolk
- Wolken stoppen dus uiteindelijk altijd tegen de tropopauze (ca. 12 km)



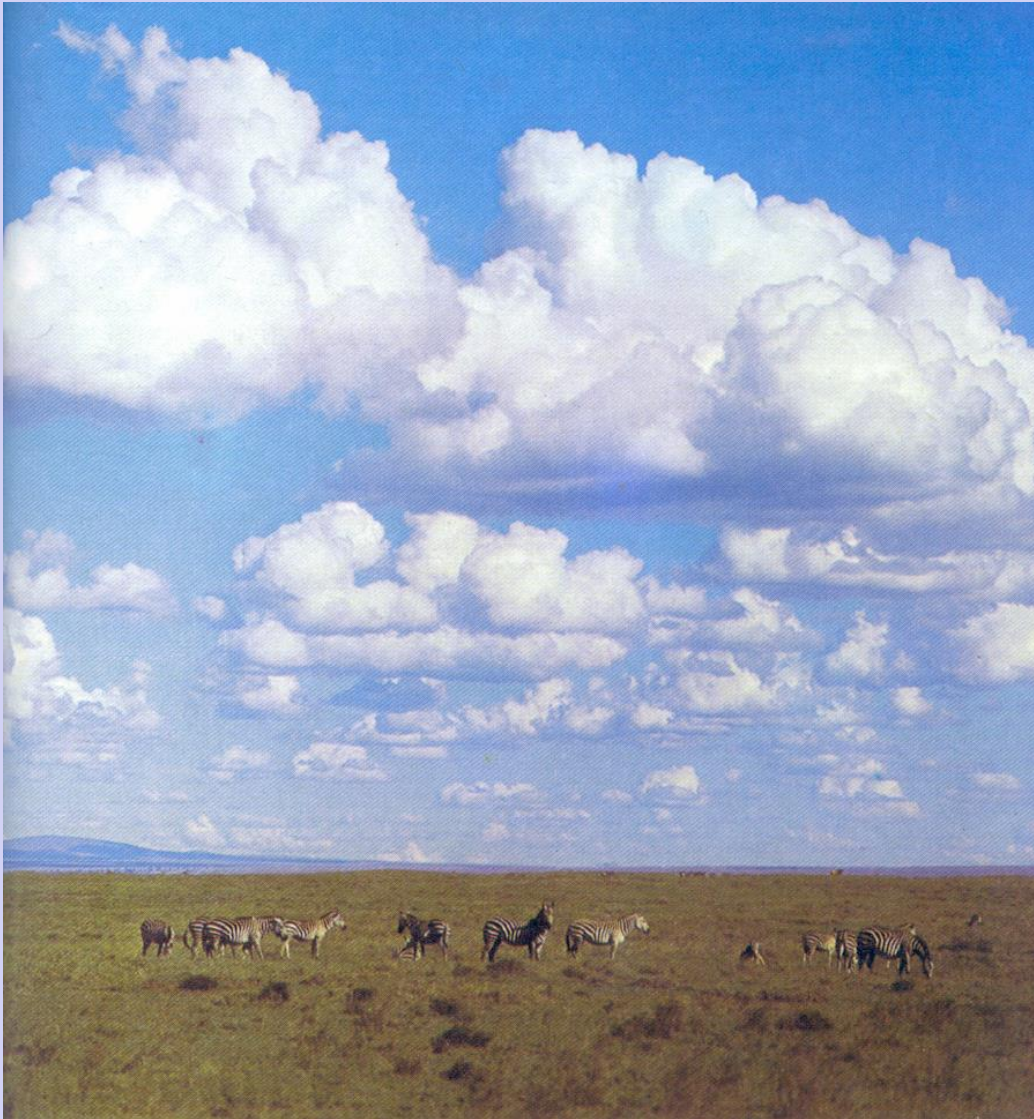
Inversie in hogedrukgebied of rug



- Bij een inversie wordt het naar boven warmer ipv kouder; warmere lucht ligt op koudere lucht
- Bijvoorbeeld:
 - dalende warmere lucht in het Azoren-hoog is na daling warmer dan de onderliggende lucht (de temperatuur van de onderste laag wordt vooral bepaald door het koudere zeeoppervlak)
- **Als onderste laag vochtig is, kunnen wolken vormen, maar niet doorgroeien boven de inversie**
- Vaak vormt zich stratusbewolking



Wolken door convectie (Cu)



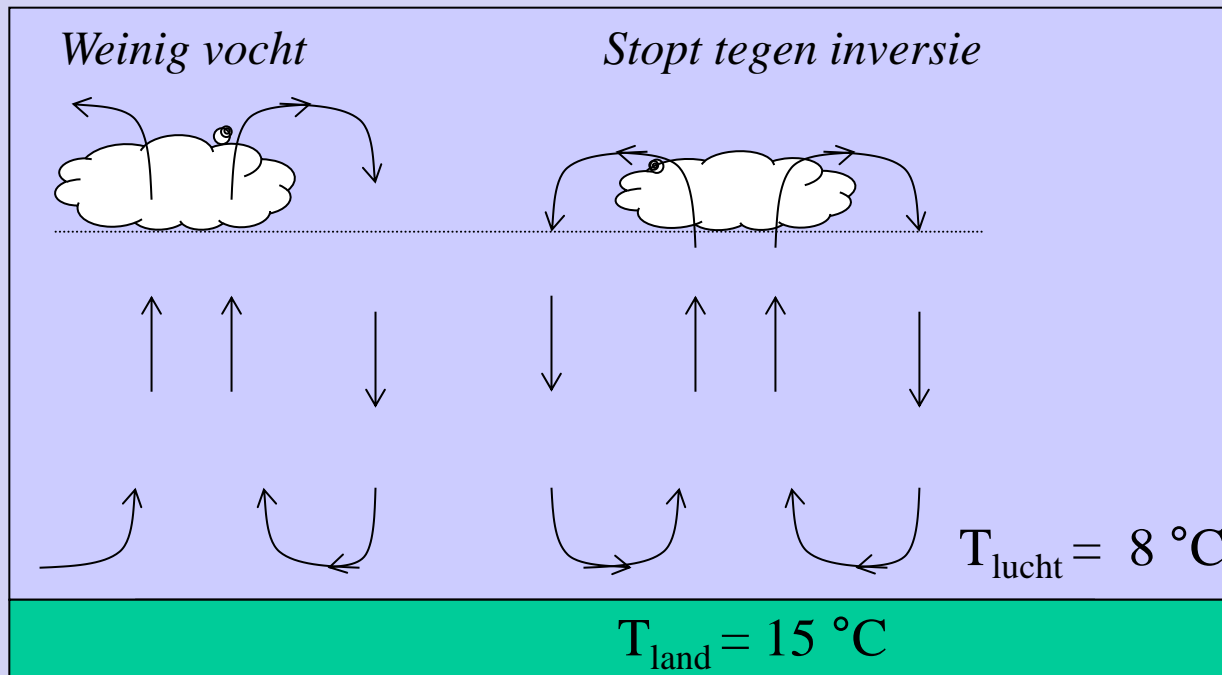
- De vlakke wattige onderkant is het niveau waar de waterdamp is afgekoeld tot de condensatietemperatuur
- De bovenkant wordt bepaald door
 - De duur van de convectie (convectie kan stoppen als aan de onderkant koelere of drogere lucht wordt aangezogen)
 - Een inversie, dwz als de temperatuur weer hoger wordt. Te herkennen doordat de bovenkant dan ook vrij vlak is.
- Levensduur: 20 minuten



Beperkte convectie, kleine cumulus

Het aardoppervlak warmt de lucht erboven op :

- De zon verwarmt de aarde in de loop van de dag
- Koude lucht stroomt naar een gebied met een warm oppervlak: bijvoorbeeld een NW-stroming vanaf de Noordzee over West-Europa



Dalende lucht warmt op, wolke druppels verdampen, wolken lossen op.
“Tussen de wolken schijnt de zon”



Lucht is gelaagd

- Verschillende luchtsoorten mengen niet snel (denk aan het ontstaan van fronten)
- Door herhaalde ontmoeting van luchtsoorten bestaat de atmosfeer daardoor vaak uit een opeenstapeling van een aantal lagen
- In elke laag kan wolkenvorming optreden

- Daardoor ontstaan wolken in etages.
- Dit is een veel voorkomend beeld!





Gelaagde lucht boven Brest

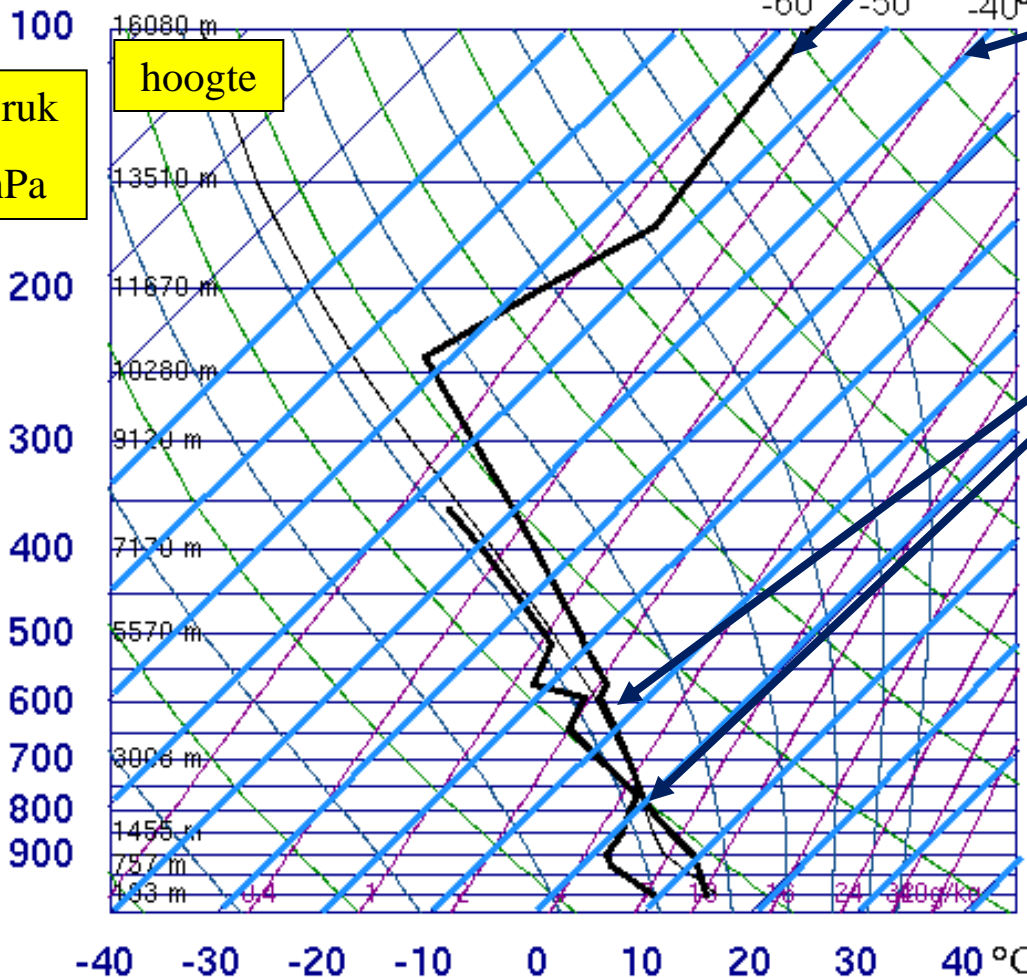
07110 LFRB Brest

100

Druk

hPa

hoogte



Troposfeer -56 °C

Blauwe lijnen: temp

Twee lagen met verzadigde lucht: wolken op twee niveaus

De wind is voor de twee wolkenlagen duidelijk verschillend: SSE en SSW.
Wind aan de grond SE; op 13 km W, bijna tegengesteld!

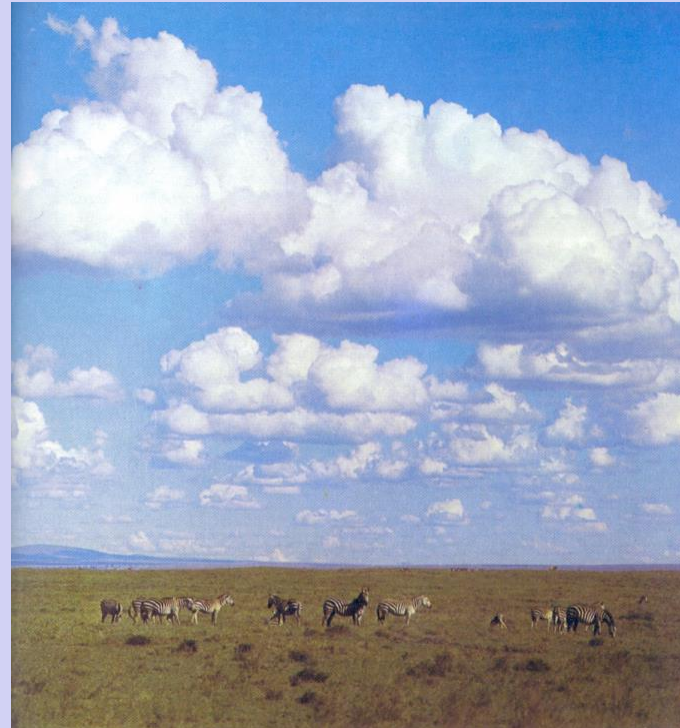
12Z 27 Mar 2003

University of Wyoming



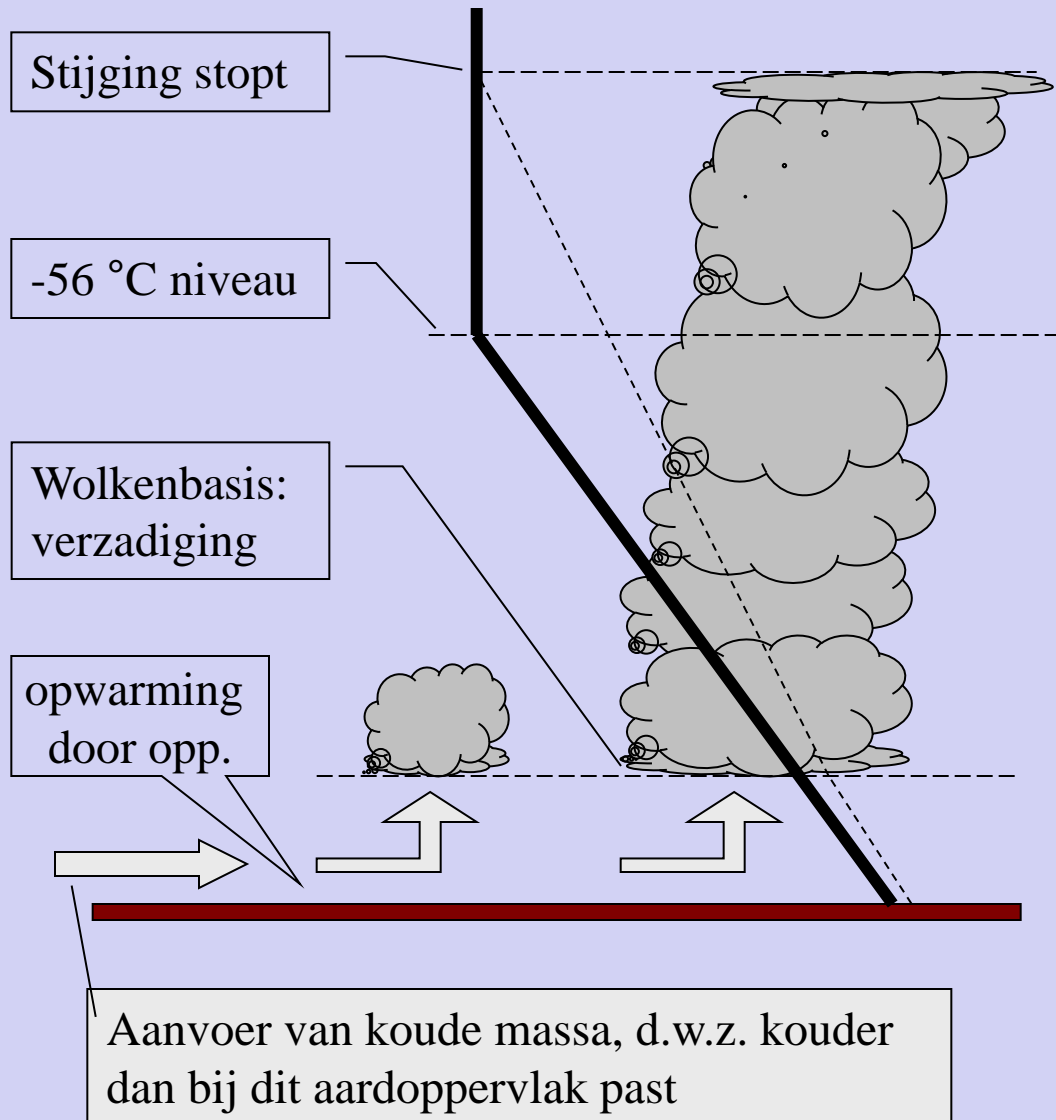
Stabiele lucht

- Stabiele lucht is vaak gelaagd van opbouw
- In stabiele lucht geen sterke thermiek, dus weinig verticale uitwisseling
- Er kunnen geen buien ontstaan (daarvoor is verticale wolkengroei nodig)
- De wind aan de grond is stabiel van kracht en richting





Wolken in onstabiele massa



- De onderkant van de koude massa wordt boven warm aardoppervlak opgewarmd
- Opstijging gaat door omdat de stijgende lucht warmer (lichter) blijft dan zijn omgeving
- Stopt uiteindelijk in de -56 °C luchtlaag
- In wolk komt condensatie-warmte vrij, de lucht koelt langzamer af, dit vergroot de stijgkracht!
- **Omgekeerd: zie je hoge cumulonimbus, dan heb je onstabiele koude massa**



Stapelwolk: Cumulonimbus calvus



- Calvus = kaal, d.w.z. zonder aambeeld

- Sterk groeiende Cb. Bovenkant wordt (al groeiend) rafelig. Dit is een teken van verijzing.
- Onder de wolk al regenstrepen
- Buiige neerslag ontstaat altijd door ijsvorming bovenin Cb



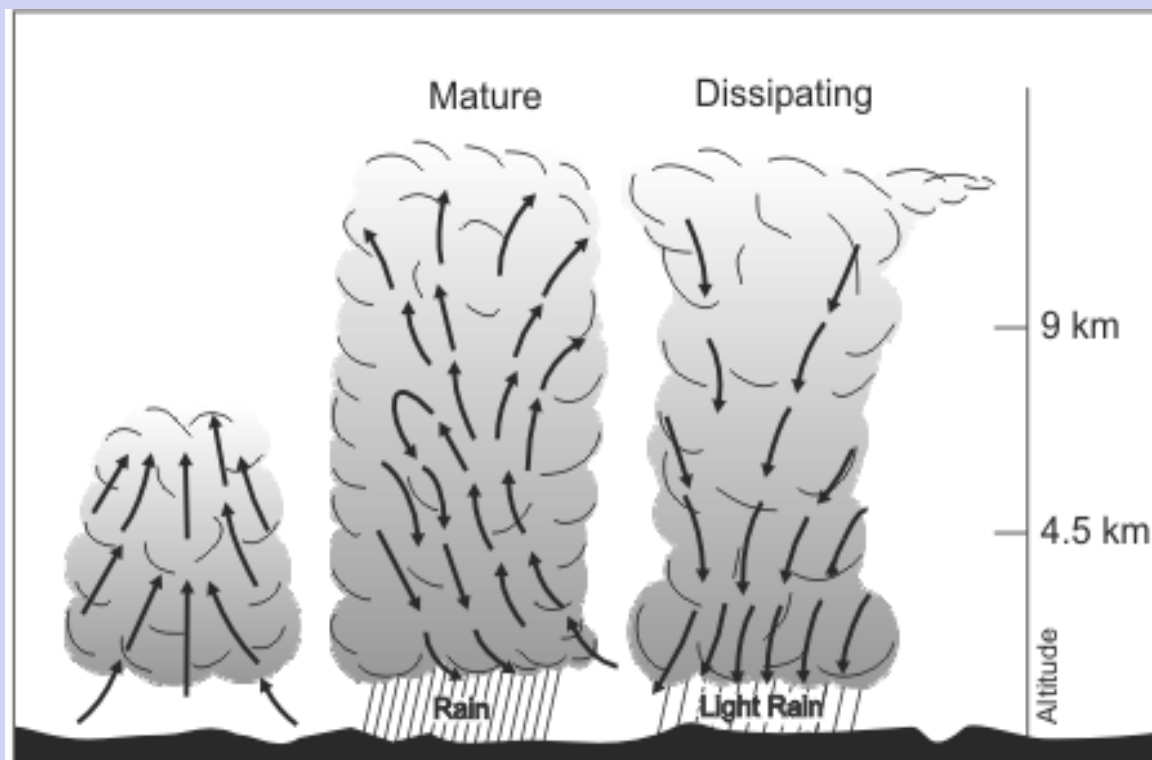
Buienwolken



- Rechts een volgroeide, regende bui met een zwaar verijds aambeeld
- Links achteraan nieuwe in ontwikkeling



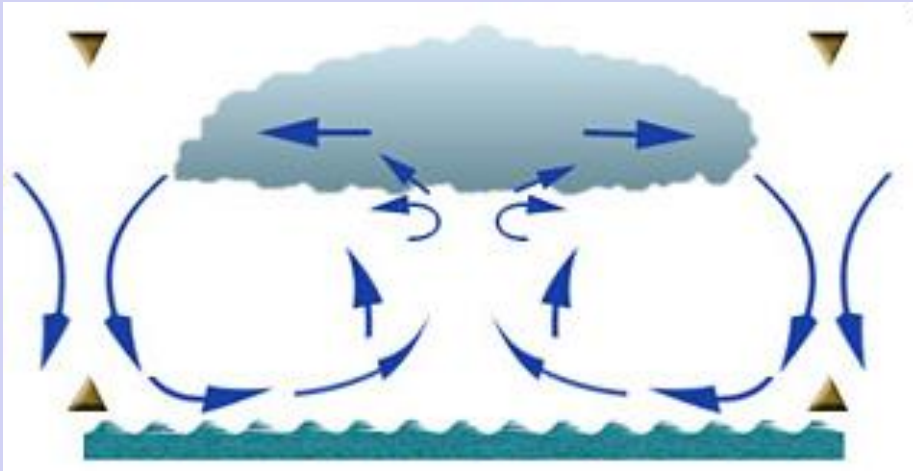
Buienontwikkeling



- Een wolk groeit in onstabiele lucht door tot hij de tropopauze bereikt
- Door ijsvorming ontstaat vallende hagel en regen
- Regen trekt lucht mee naar beneden, deze wordt aangezogen van buiten de wolk
- Daardoor koude valwinden en lokaal koufront
- Als het water “op is” regent de wolk leeg
- De resterende wolk verdampt langzaam



Sterke stijging = open cellen



- Thermiek veroorzaakt wolken
- De stijgende lucht moet ook weer naar beneden: wolken verdampen in de dalende lucht door opwarming



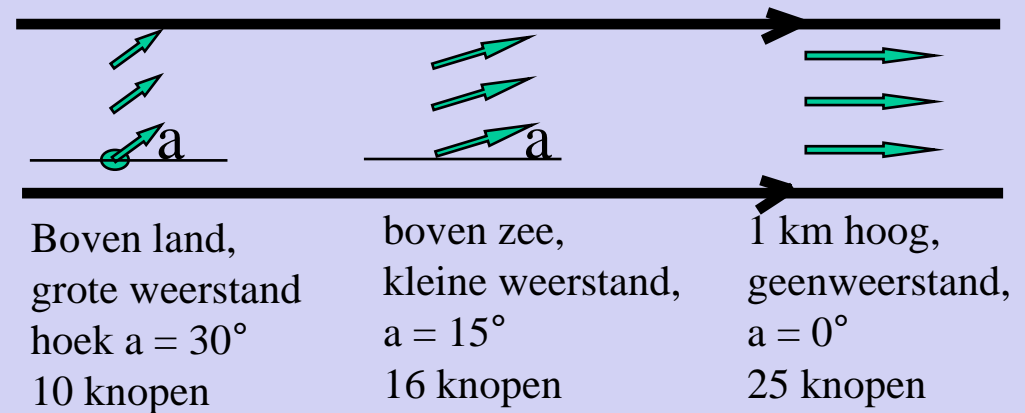
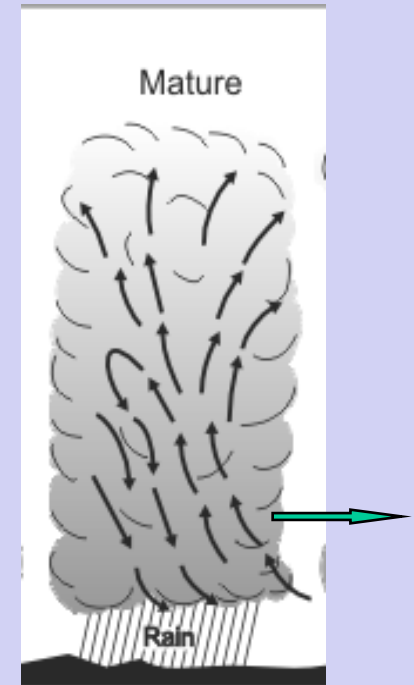
Foto voor kust Angola

- SE passaat N van hogedrukgebied
- Gat in de wolkenlaag = gesloten cellen
- Bij sterkere daling rondom de cumulus = open cellen



Windstoten: lucht van grotere hoogte

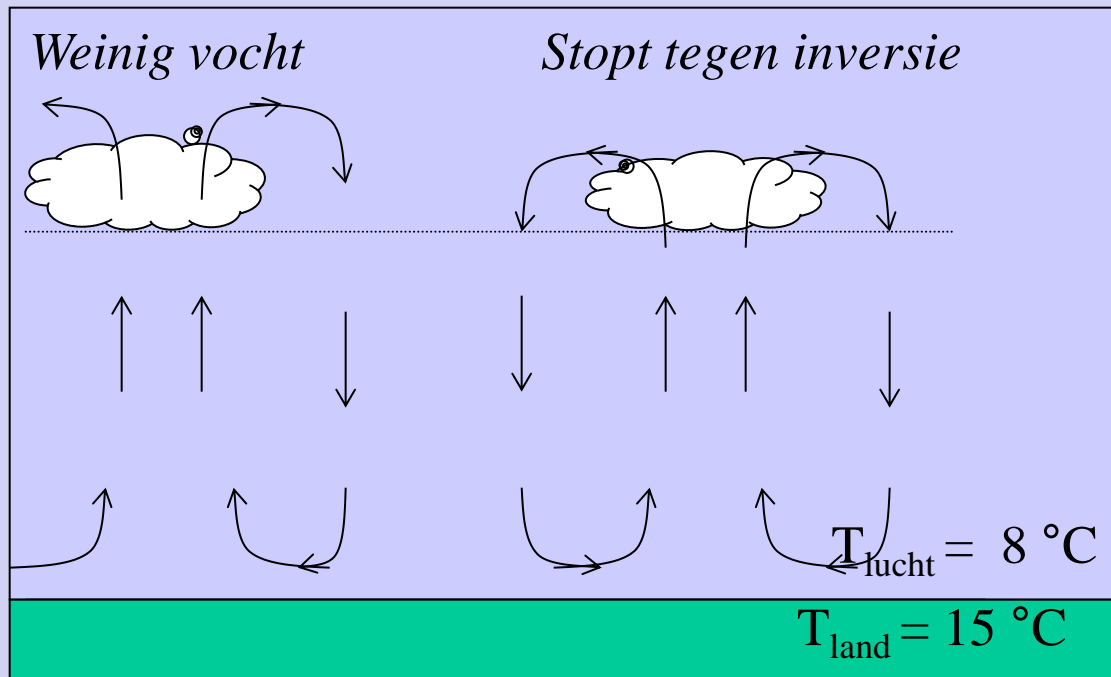
- Wrijvingslaag is ongeveer 1000 m dik
- Boven 1000 m waait de wind parallel aan de isobaar en twee keer zo hard
- Bij verticale luchtbeweging komt lucht aan het oppervlak met **de richting en de kracht van de stroming op grotere hoogte**:
 - Windvlagen van twee keer de gemiddelde wind
 - Wind kan 15-30 graden van richting veranderen
- Hoe sterker de convectie, hoe sterker de windstoten





Beperkte convectie, kleine cumulus

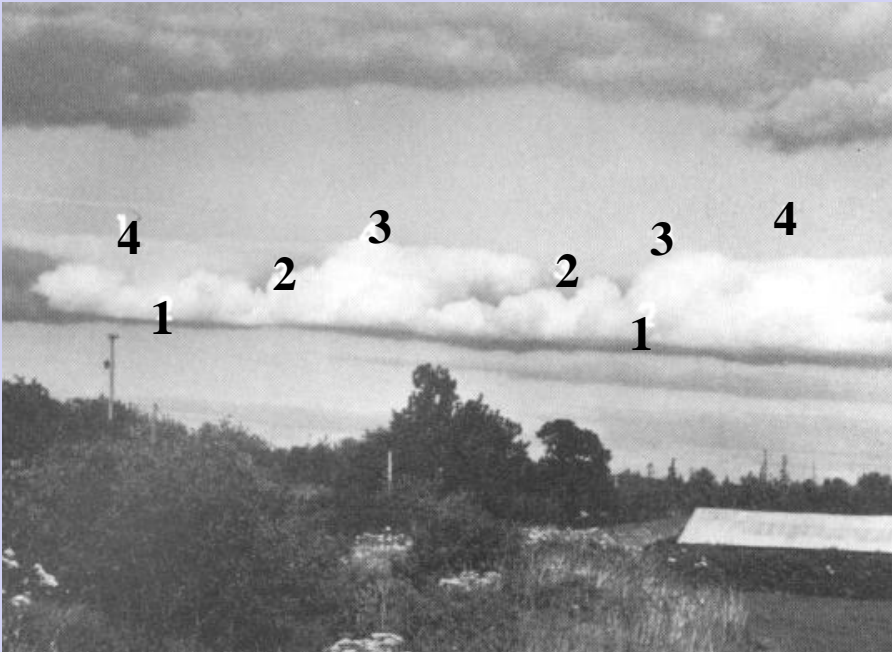
- Er zijn twee gevallen waarin het aardoppervlak de lucht erboven kan opwarmen:
 - De aarde warmt in de loop van de dag sterk op: hierdoor ontstaat Cu
 - Koude lucht stroomt naar een gebied met een warm oppervlak: vaak bij een NW-stroming vanaf de Noordzee over West-Europa



Dalende lucht warmt op, wolkendruppels verdampen, wolken lossen op.
“Tussen de wolken schijnt de zon”



Stoppen tegen een inversie



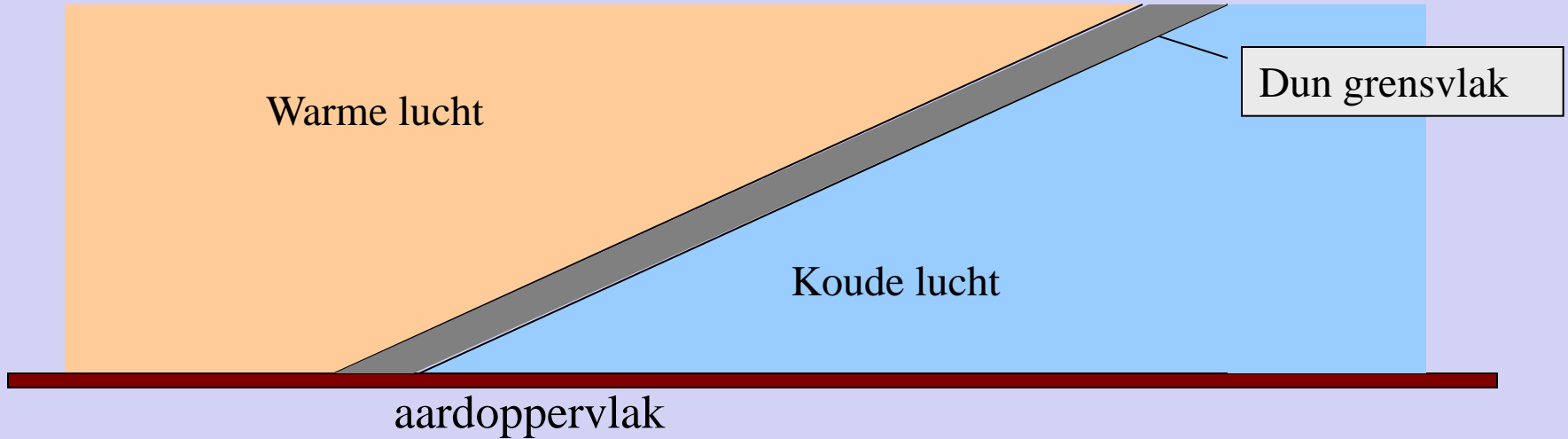
1. Condensatieniveau
2. Groeiende Cu
3. Cu met top tegen inversielaag
4. Uitspreiden Cu tegen inversielaag



1. Groeiende Cu (duidelijk begrensd)
2. Oplossende Cu
3. Uitspreiden Cb tegen inversielaag (tropopauze)
4. Oud aambeeld, Cb-cel is al weg
5. IJzelregen (virga)



Herhaling: het frontvlak

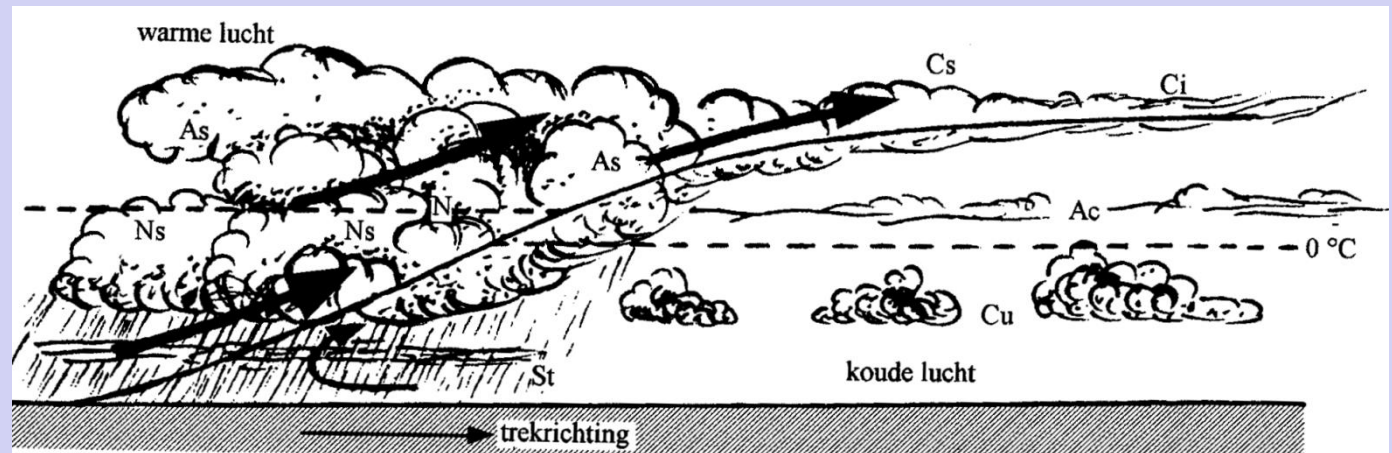
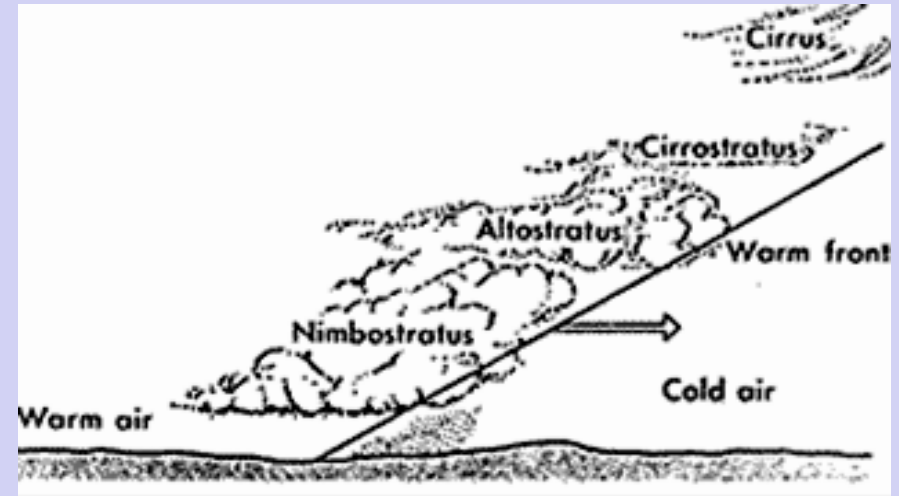


- Aan een front kan ook een of beide massa's onstabiel worden
- Dan heet het front een “actief” front



Het actieve warmtefront

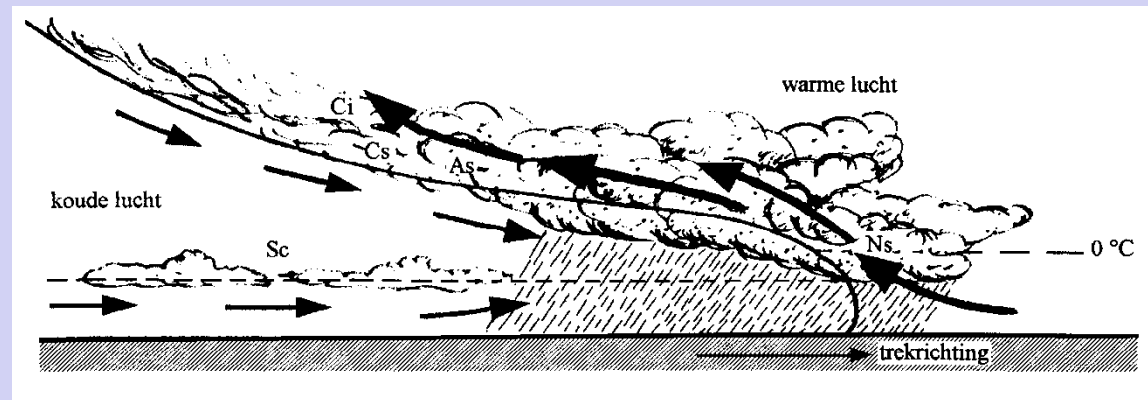
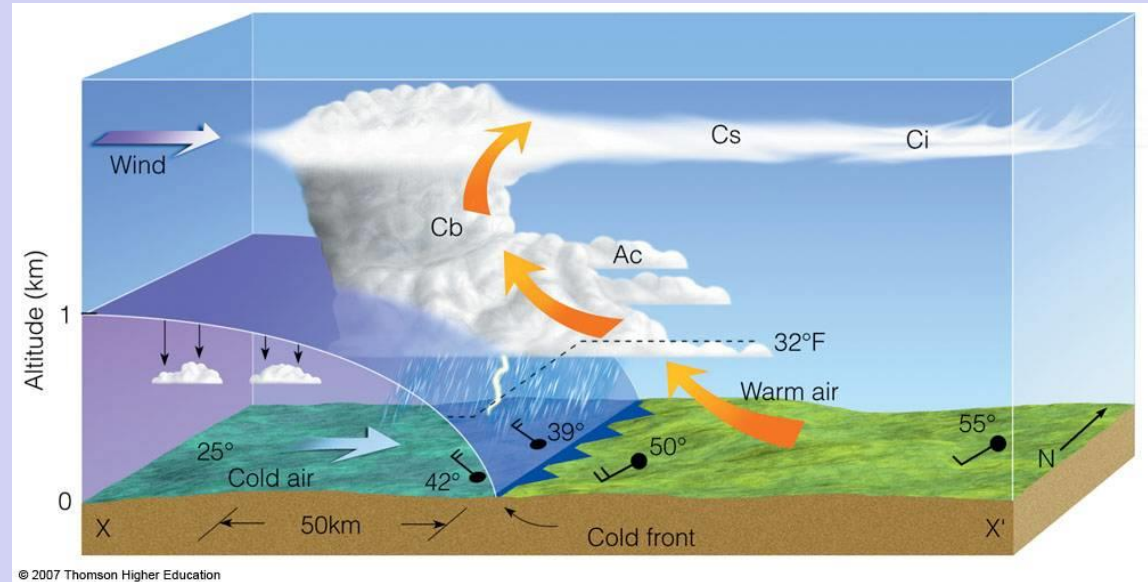
- In een passief front beperkte regen- en buienactiviteit
- In een actief warmtefront treedt zwaardere regen en achter het front ook buiein op.





Het actieve koufront

- Opdringende koude lucht dwingt warmere lucht omhoog
- In de warme lucht worden door de opstuwung buien ontwikkeld





- Vragen?