

Reise durch die Atmosphäre

Radiosonden-Aufstieg

Patrick Laufing

Ingo Lange

Dr. Marco Clemens

Dr. Gerd Müller

Meteorologie,
Universität Hamburg



Universität Hamburg

DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG



Quelle: Graw Radiosondes



Quelle: Mi Uni HH

Wozu Radiosonden?

Wir interessieren uns für:

- Klimaveränderungen (Mittelwerte über lange Zeiträume)
- das hochvariable tägliche Hin und Her des Wetterzustandes -> Prognose



Quelle: Graw Radiosondes

Werden Klima und Wetter nur durch den Zustand am Boden definiert?

Wozu Radiosonden?

Nö, wir müssen den Zustand der Atmosphäre erfassen

Wir brauchen gemessene Vertikalprofile von

- **Temperatur**
- **Wasserdampfgehalt**
- **Strömung (Windrichtung und –stärke)**
- **Luftdruck im Höhenraster**



Quelle: Graw Radiosondes

Wozu Radiosonden?

Das liefern:

viele Linienflieger

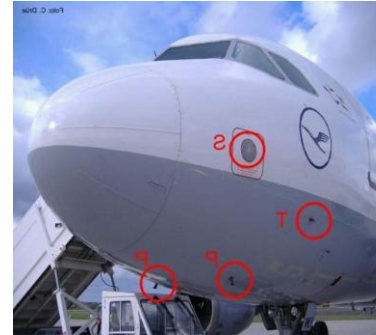
- *Höhe nur 9-12 km*
- *nur Flugrouten, Profile nur an Flugplätzen*

Satelliten

- *noch immer ungenau in Höhenzuordnung*
- *keine Druck-Info*

Goldstandard: Radiosonden

- *in bisher bester Qualität und Auflösung*
- *perfekte Höhenzuordnung*
- *und 2 bis 3 Mal höher steigend als Flugzeuge*



Quelle: Deutscher Wetterdienst



Quelle: EUMETSAT



Quelle: Graw Radiosondes

Temperatur
Wasserdampfgehalt
Strömung (Windrichtung und -stärke)
Luftdruck im Höhenraster

Das Prinzip der Radiosonde ist “uralte” Technik

Die ersten Radiosonden mit Sendern wurden in den **1930-ern** eingesetzt.



Quelle: Wea01108 - Flickr - NOAA Photo Library.jpg

Das Prinzip der Radiosonde ist “uralte” Technik

1850 wurde zum ersten Mal mit einem bemannten Fesselballon ein Luftdruck- und Temperaturprofil bis 7 km Höhe aufgenommen.



Quelle: [SHEILA TERRY / SCIENCE PHOTO LIBRARY](#)

Wie funktionieren Radiosonden?

Profile der

- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Luftdruck
- GPS-Position

werden direkt gemessen und gesendet.



Quelle: Gruan (Global Climate Observing System Reference Upper-Air Network)

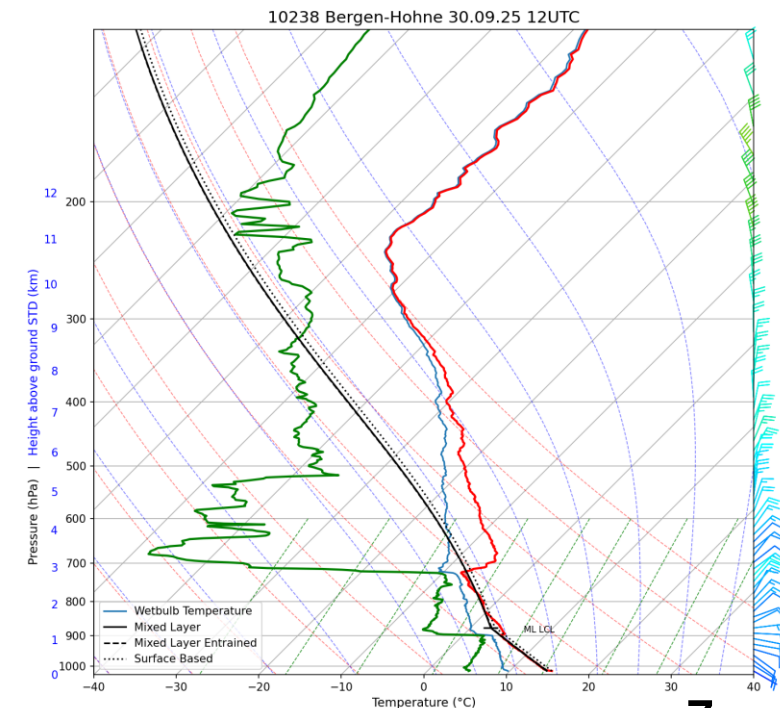
Der Ballon schwimmt perfekt in der Luftströmung ->

- Windstärke
 - Windrichtung
- aus Positionsänderungen.
- Höhenkoordinaten
- aus GPS oder Barometrischer Höhenformel.

*Keine senkrechte Sondierung
Verdriftung bis 200 km.*



Quelle: MI Uni HH



Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com

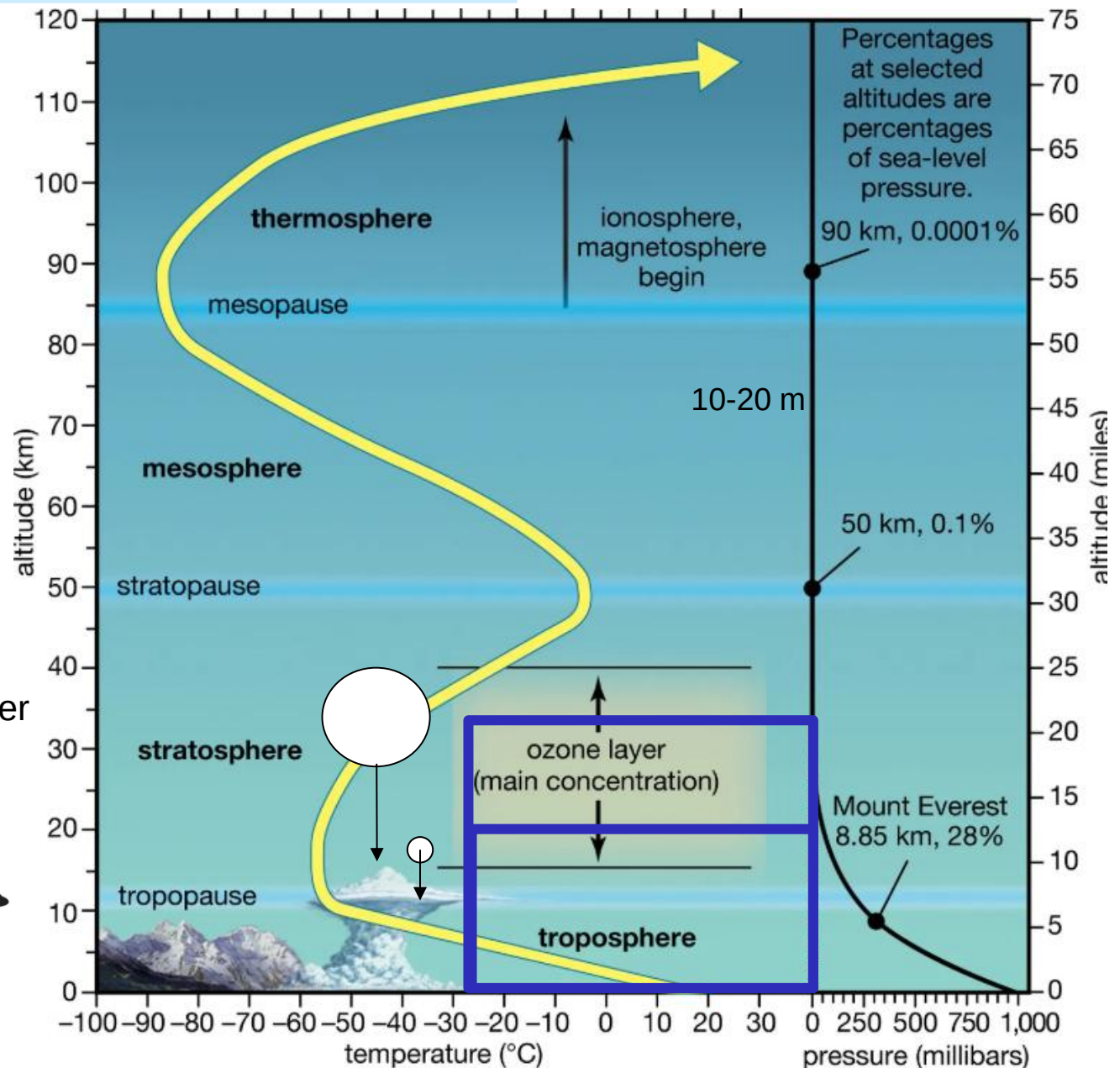
Wie hoch steigen Radiosonden?

20 - 35 km
(Linienflieger zw. 9-12 km)

In 30 km (nach 100 min) ->
Durchmesser 10-20 m wegen
Druckabnahme
-> Ende durch Platzen

Der Höhenrekord liegt bei 39 km
(2,5 hPa).

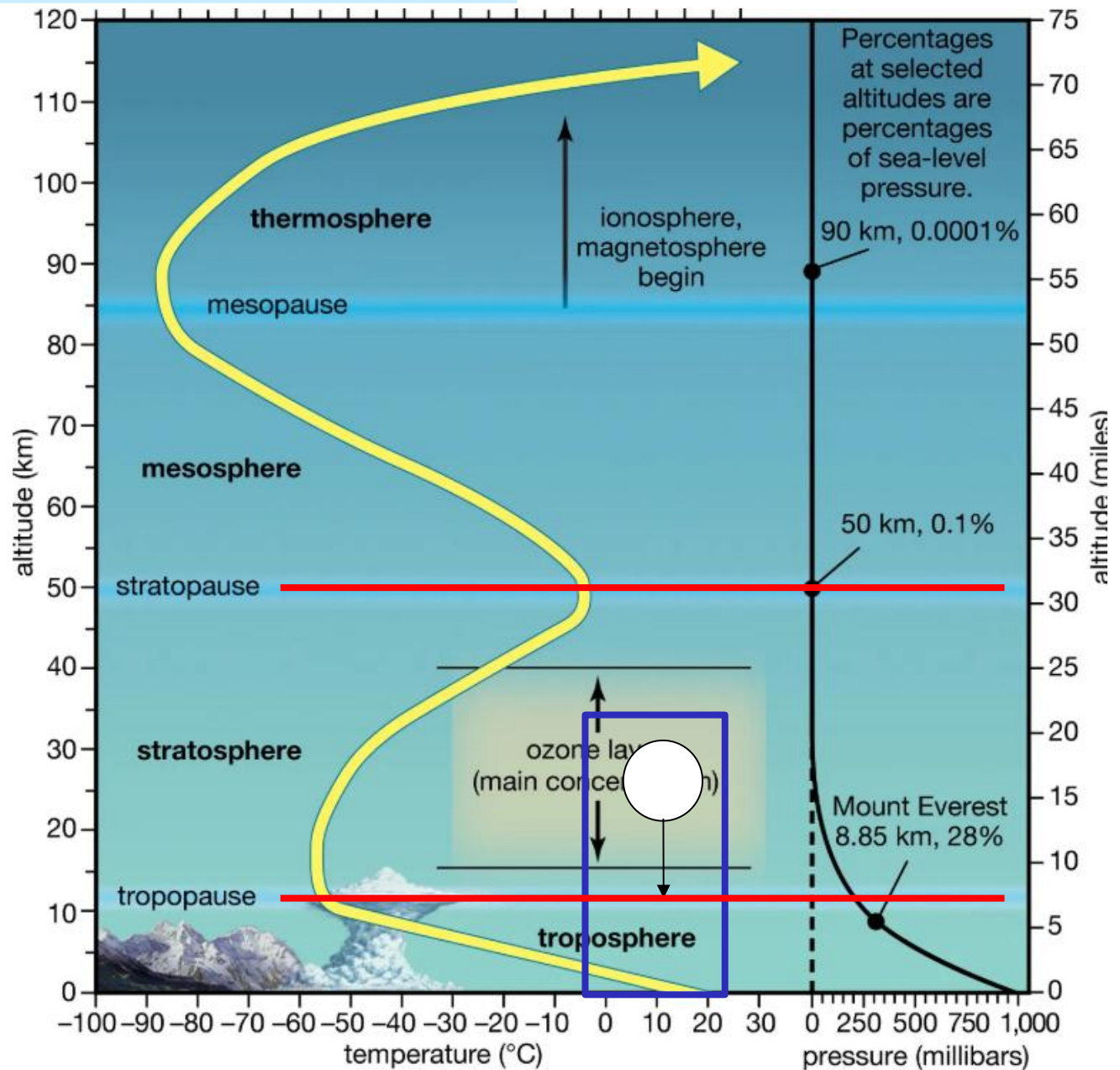
Wenn Ballon nass wurde, platzt er eher
wg. Eisansatz (-60° in 12 km).



Wie hoch steigen Radiosonden?

20 - 35 km

Reicht das?



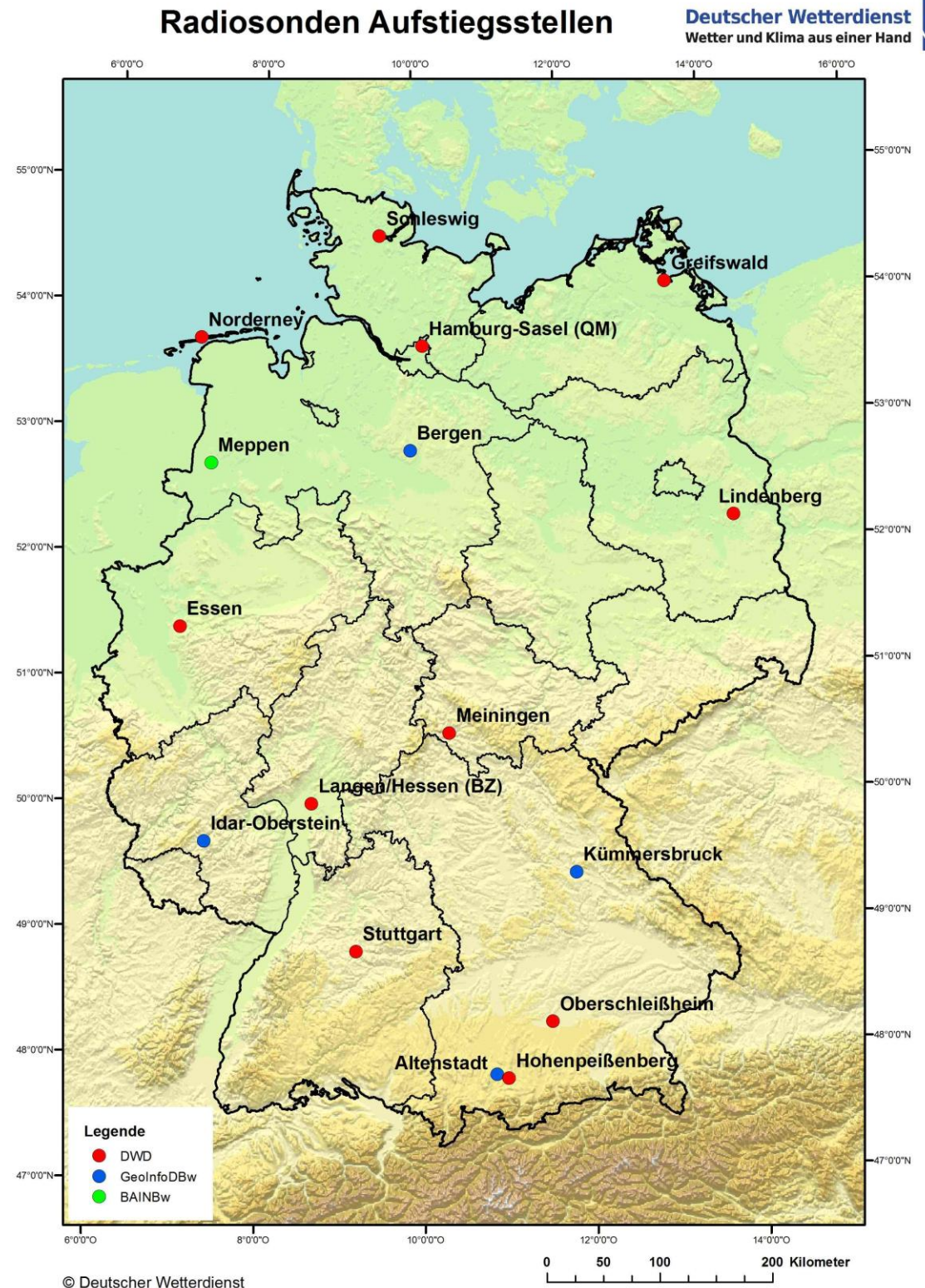
Radiosondenstationen in Deutschland

Rot: DWD-Stationen 11

*Langen: nur für
Ausbildungszwecke*

*Hamburg: nur für
Qualitätsmanagement*

Blau und grün: Bundeswehr 5



Wofür Radiosondendaten?

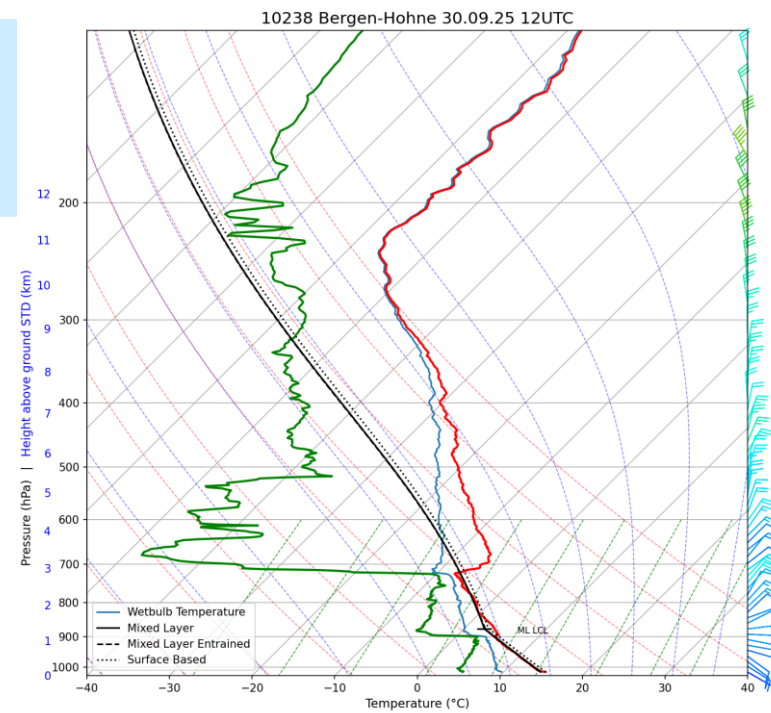
- Klima-Monitoring
- Initialisierung von numerischer Wetterprognose
- Kurzfristprognose

Alle 6 h etwa 1000 Radiosondierungen weltweit

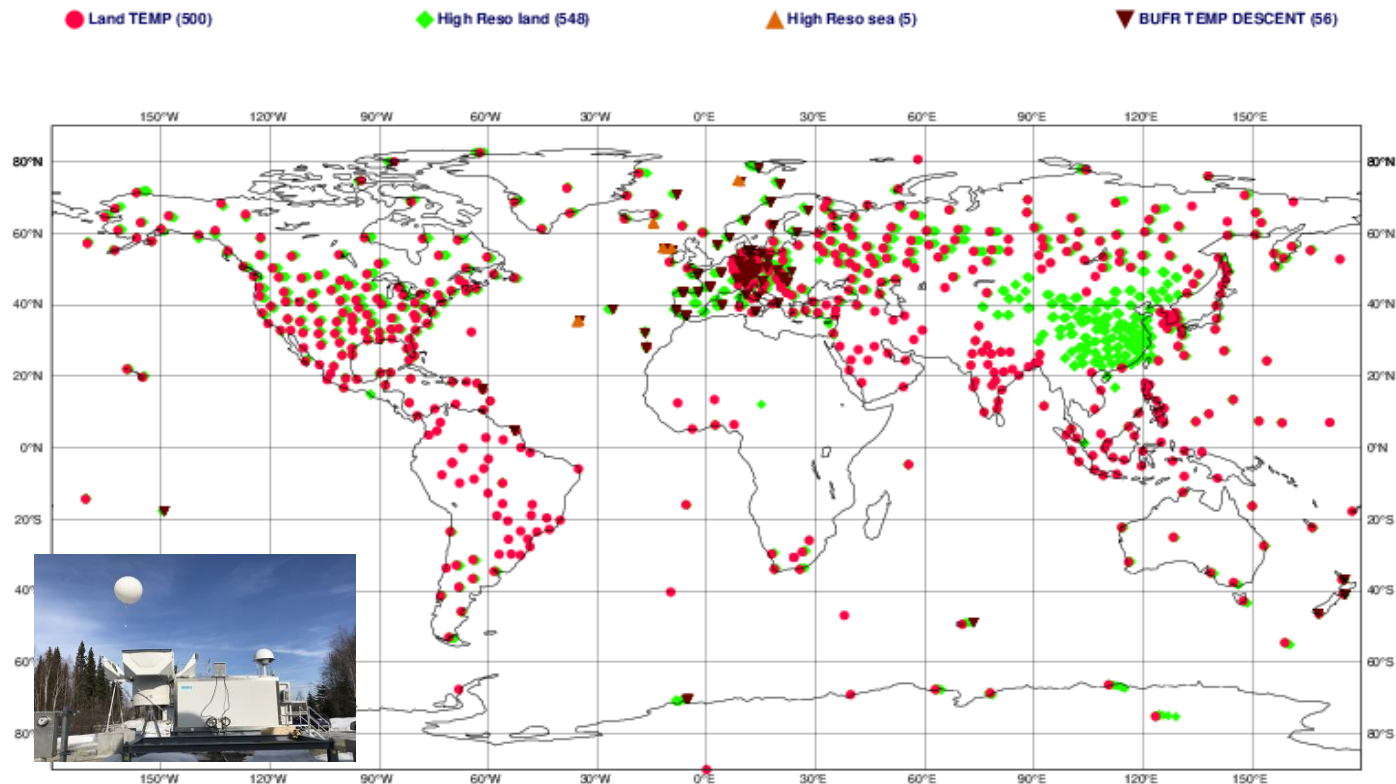
ECMWF data coverage (all observations) - RADIOSONDE

2023102409 to 2023102415

Total number of obs = 1109



Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com

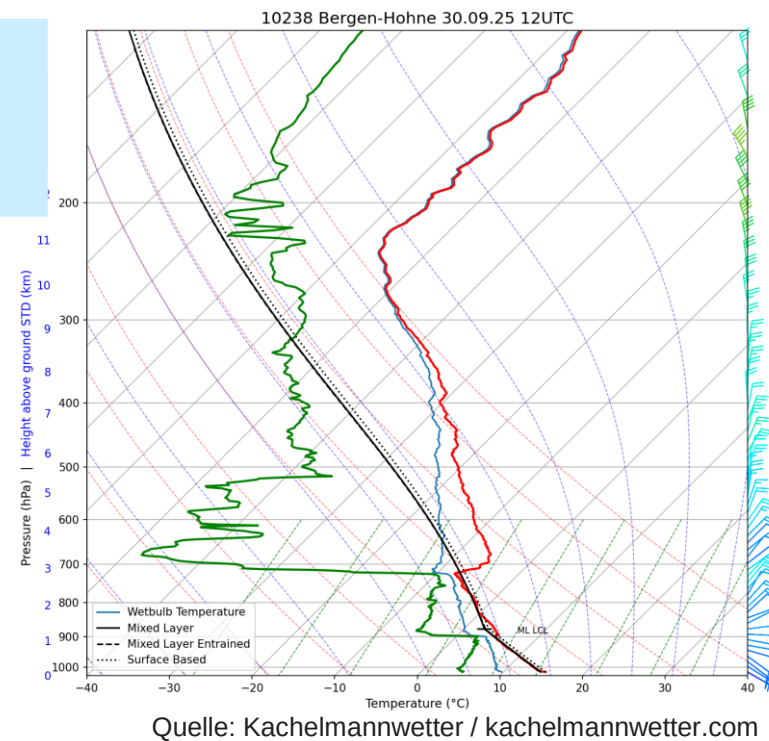


Quelle: ECMWF

Wofür Radiosondendaten?

Hilfsmittel für die menschengemachte Kurzfrist-Prognose mit außerordentlich großem Potential

- Tagesgang der Bewölkung
- Wahrscheinlichkeit f. Nebel/Hochnebel
- Tagesgang der Thermik
- Entwicklung der Grenzschichtdicke
- Höhe und Stärke von Inversionen
- Höhe d. Schneefallgrenze
- Niederschlagsart (Regen, Eisregen, Schnee, Hagel)
- Sind Schauer/Gewitter möglich?
- Wenn ja: Unwetterpotential:
 - Wie hochreichend
 - Sturmböenstärke
 - Hagelgröße
 - Niederschlagsmenge
 - Erdblitze oder Wolken-Wolkenblitze?
 - Organisationsart, Zuggeschwindigkeit und -richtung



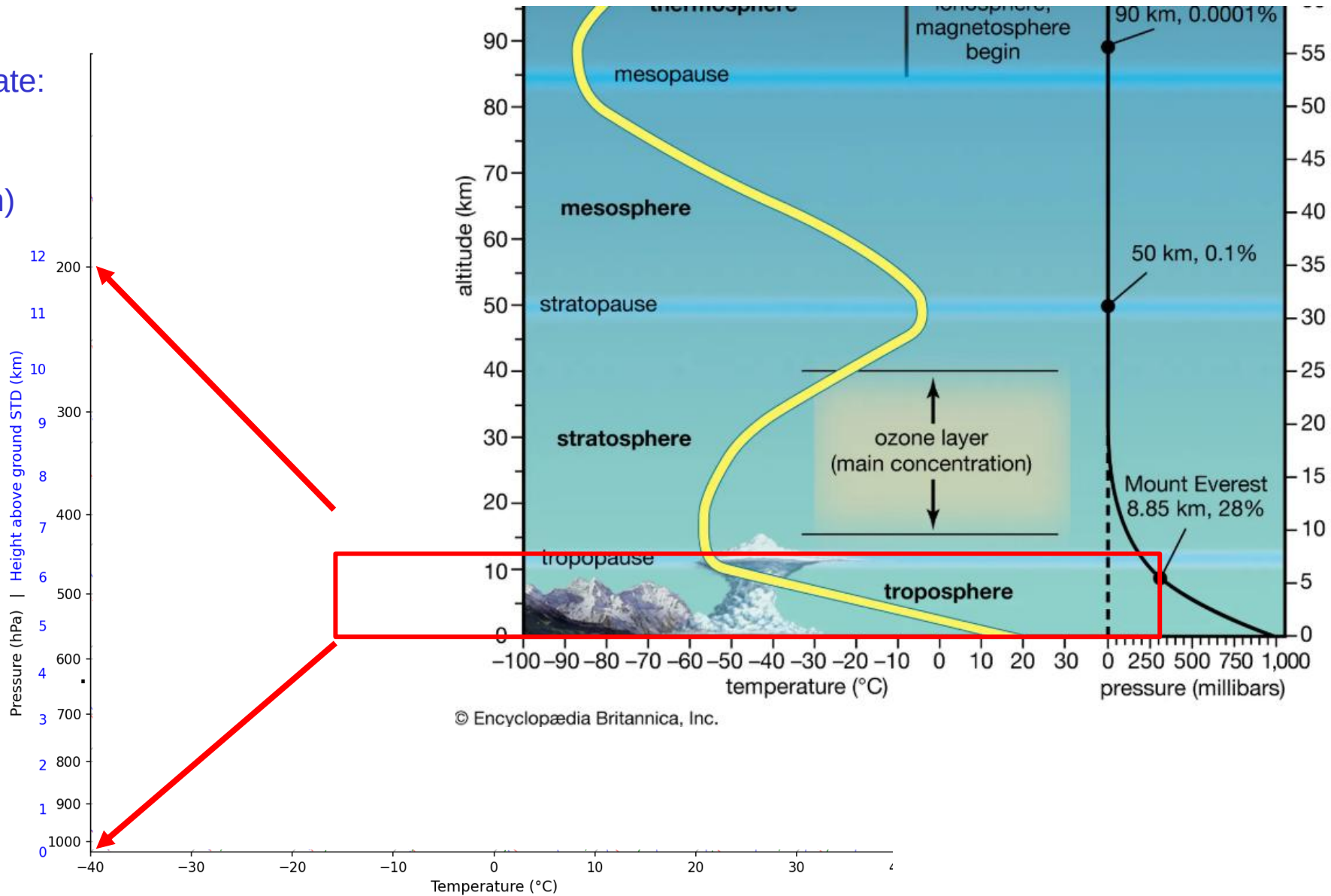
Darstellung von Radiosondenprofilen

Diagrammachsen: Temperatur und Höhe

Höhenkoordinate:

Druck (hPa)

oder Höhe (km)

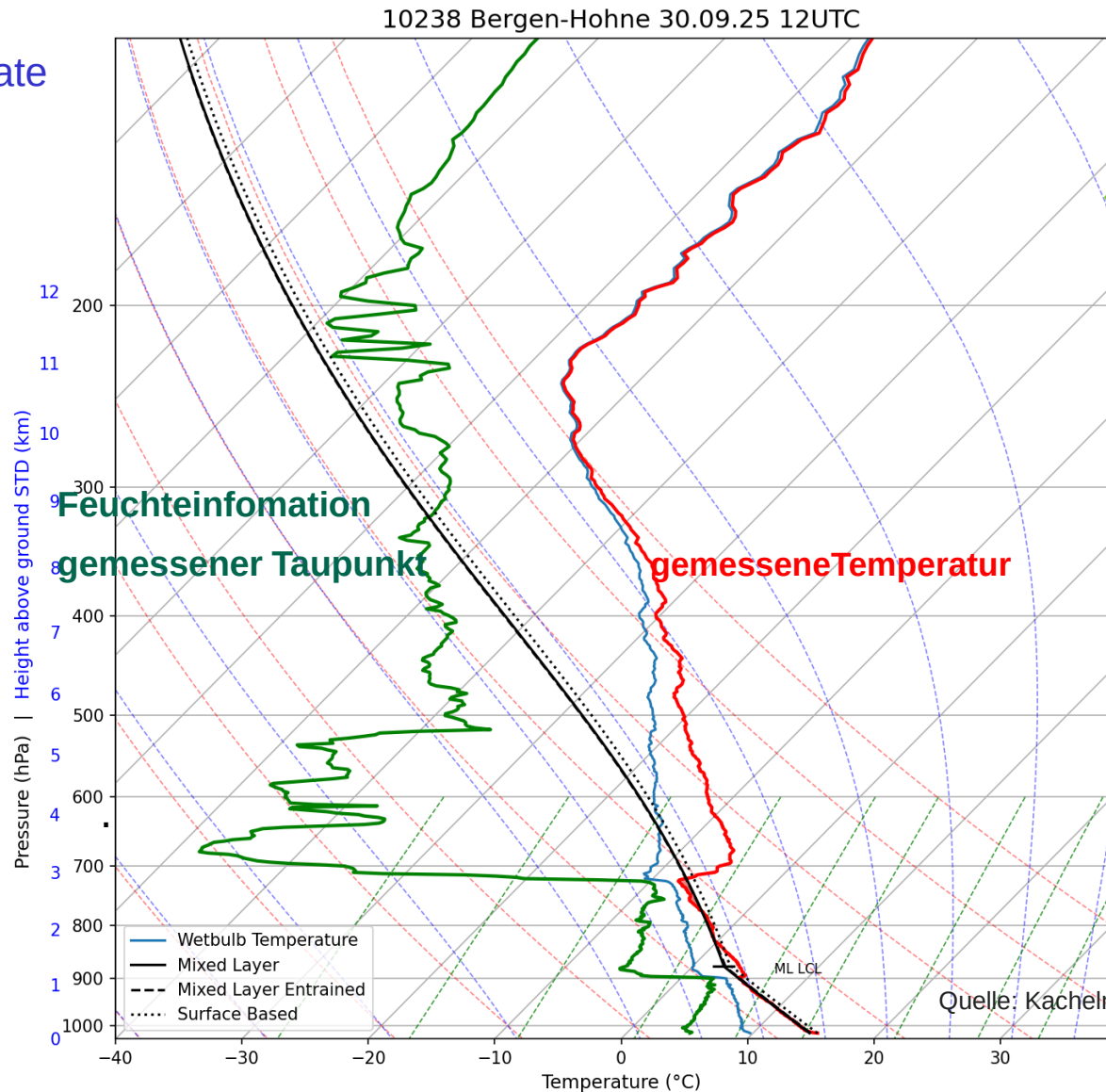


Horizontalkoordinate: Temperatur

Was wird dargestellt: Profile der Temperatur und Feuchte

Höhenkoordinate

Druck (hPa)



Taupunkt?

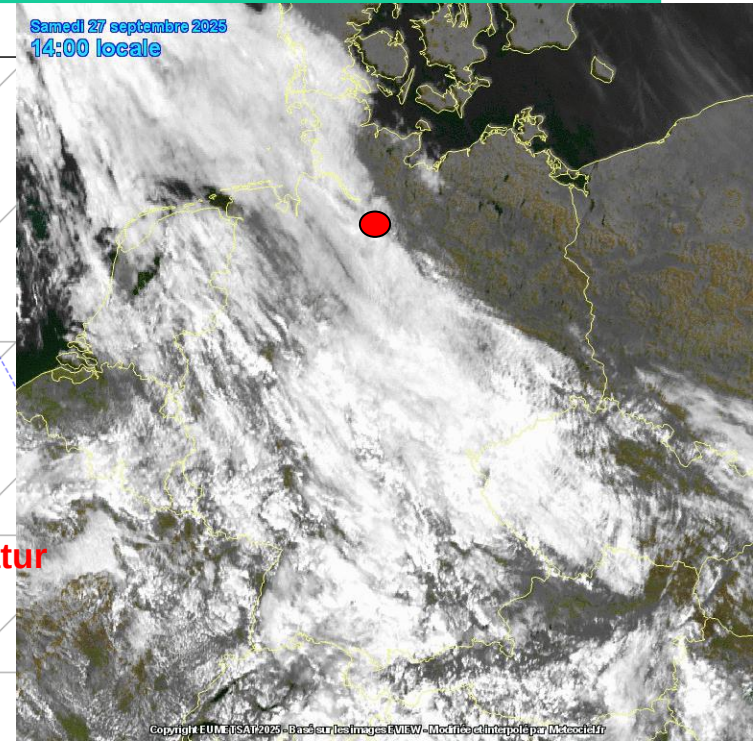
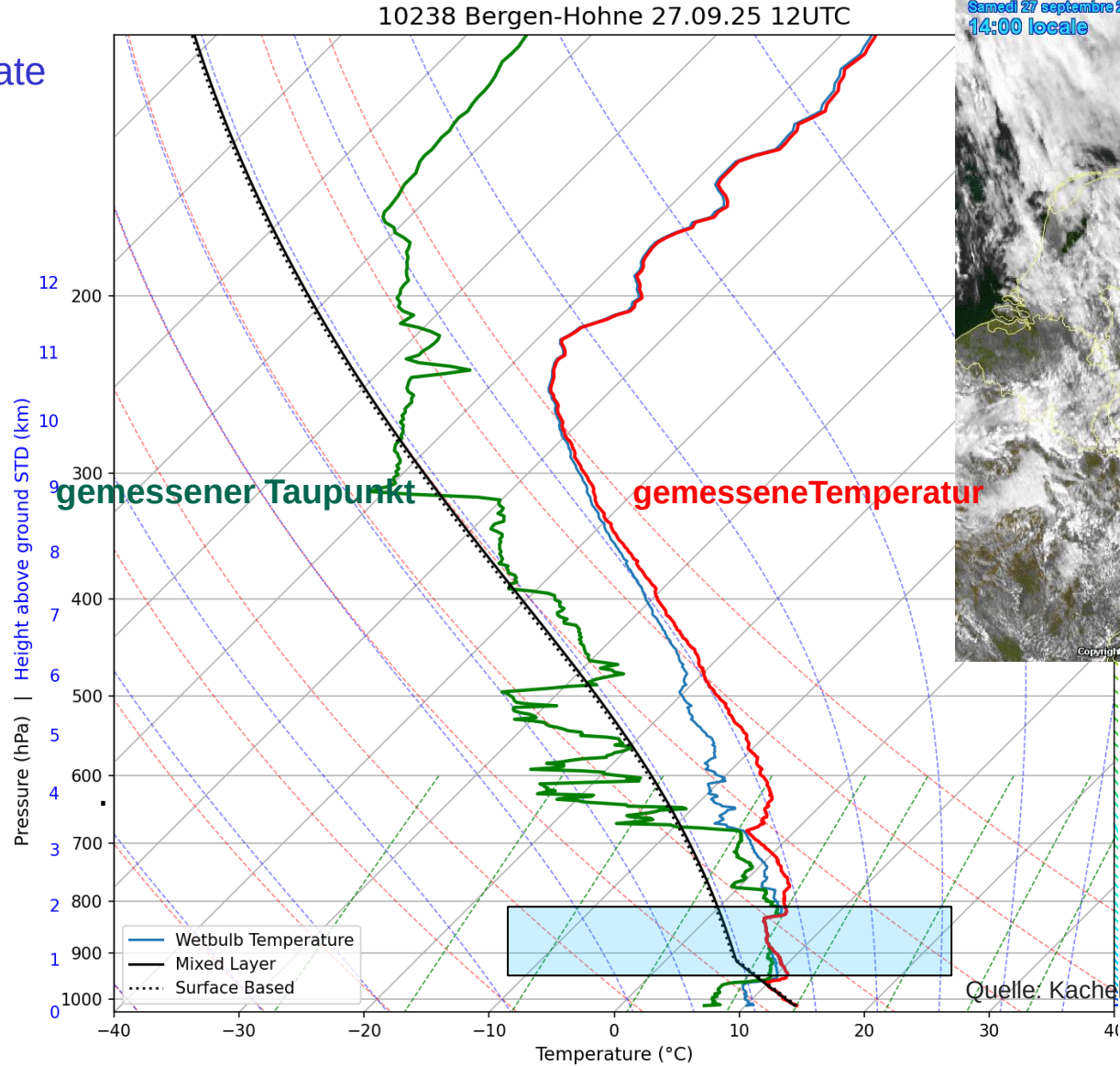
Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com

Horizontalkoordinate Temperatur

Beispiel: in Wolken

Höhenkoordinate

Druck (hPa)



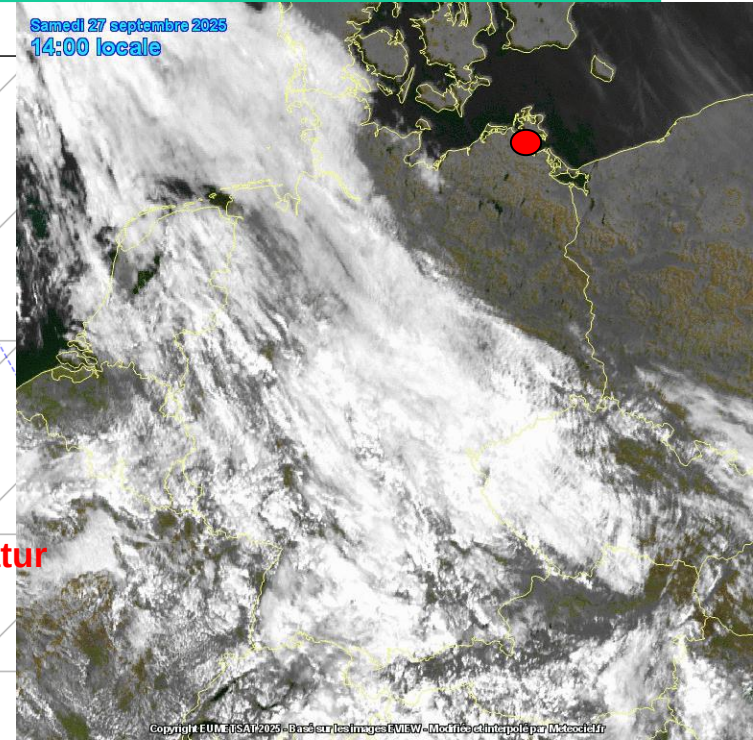
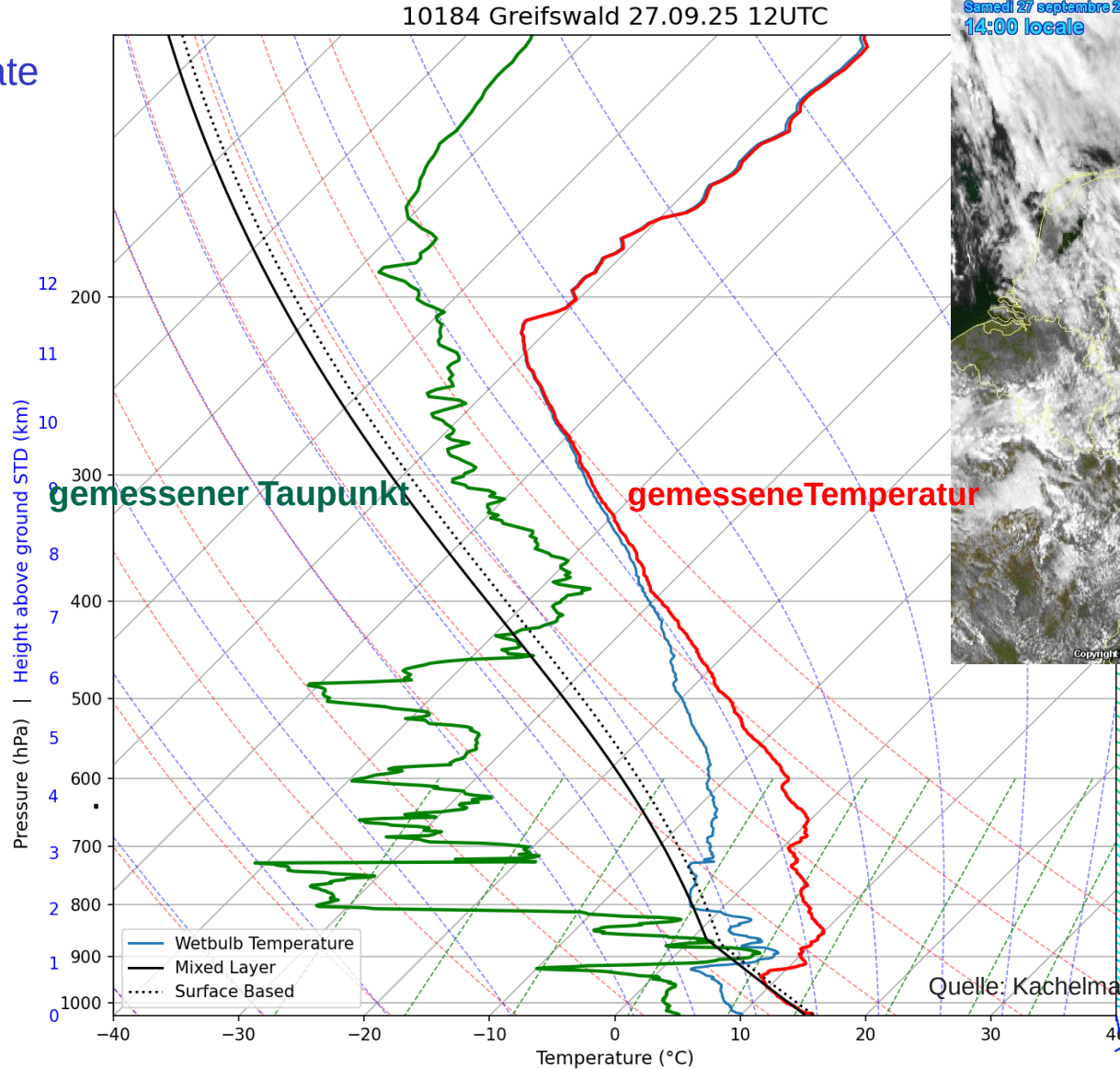
Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com

Horizontalkoordinate Temperatur

Beispiel: Wolkenfreiheit

Höhenkoordinate

Druck (hPa)



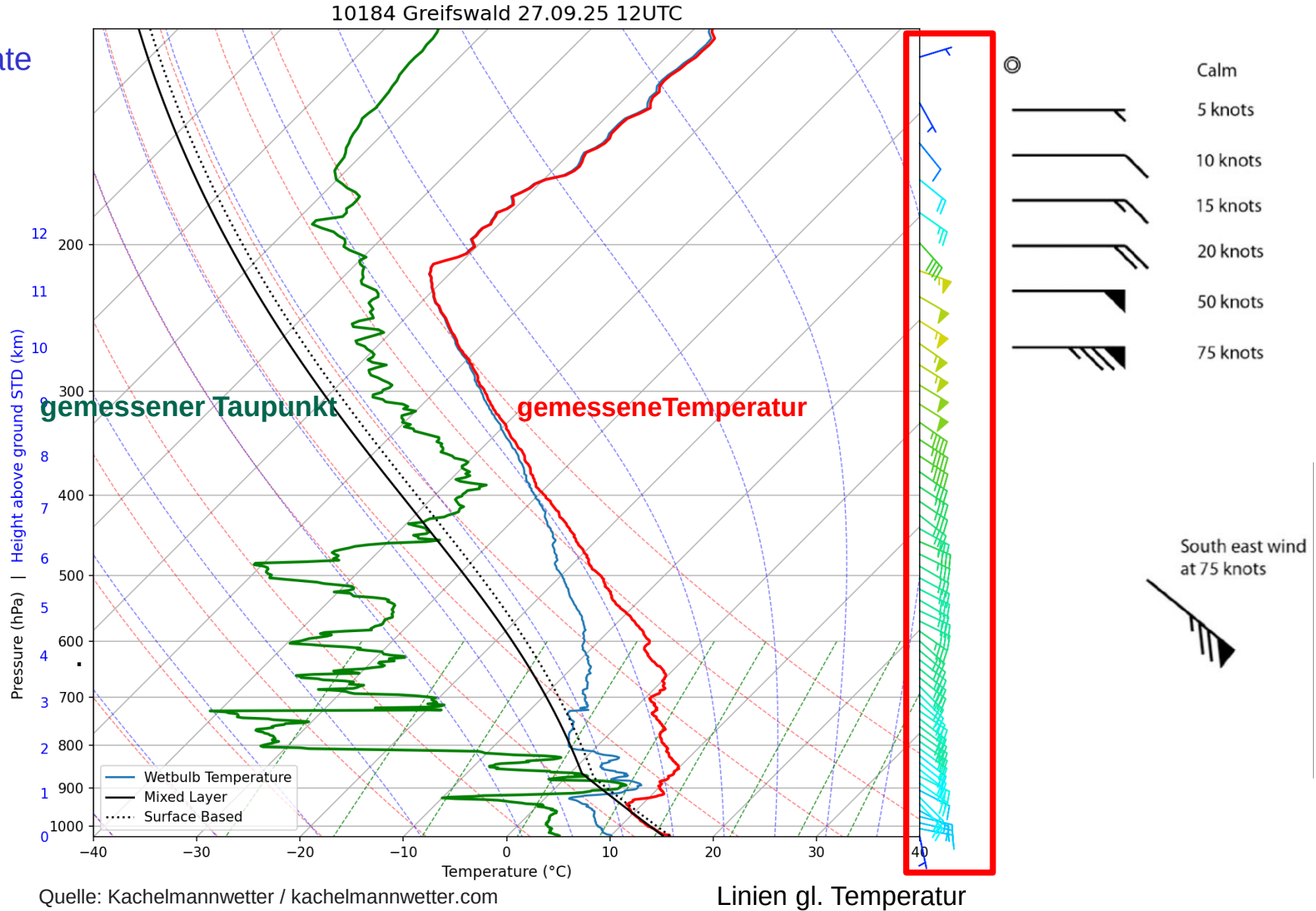
Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com

Horizontalkoordinate Temperatur

Windinformation

Höhenkoordinate

Druck (hPa)

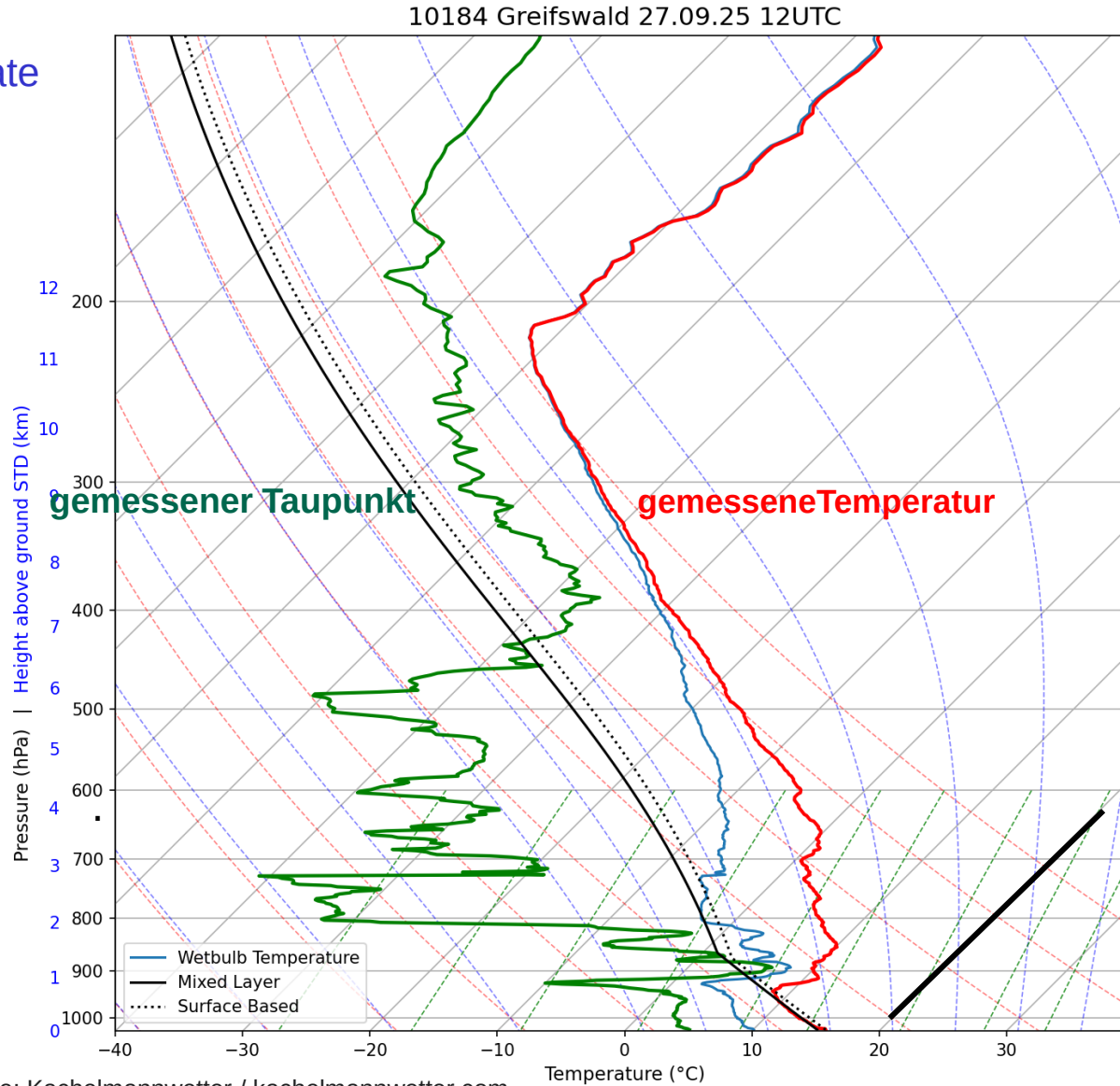


Hilfslinien zur Thermodynamik

Skew-T/Log-P-Diagramm

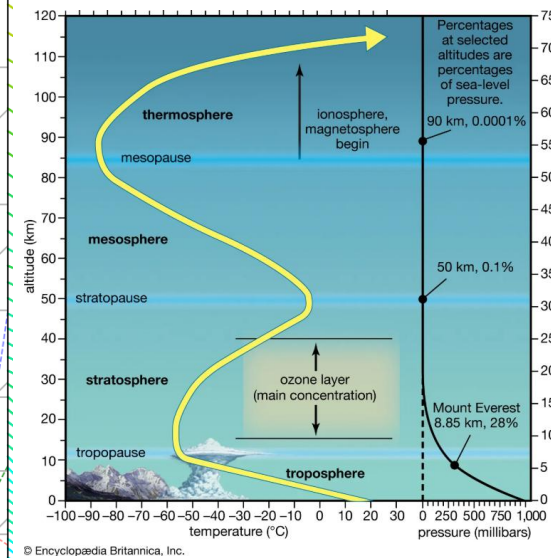
Höhenkoordinate

Druck (hPa)



Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com

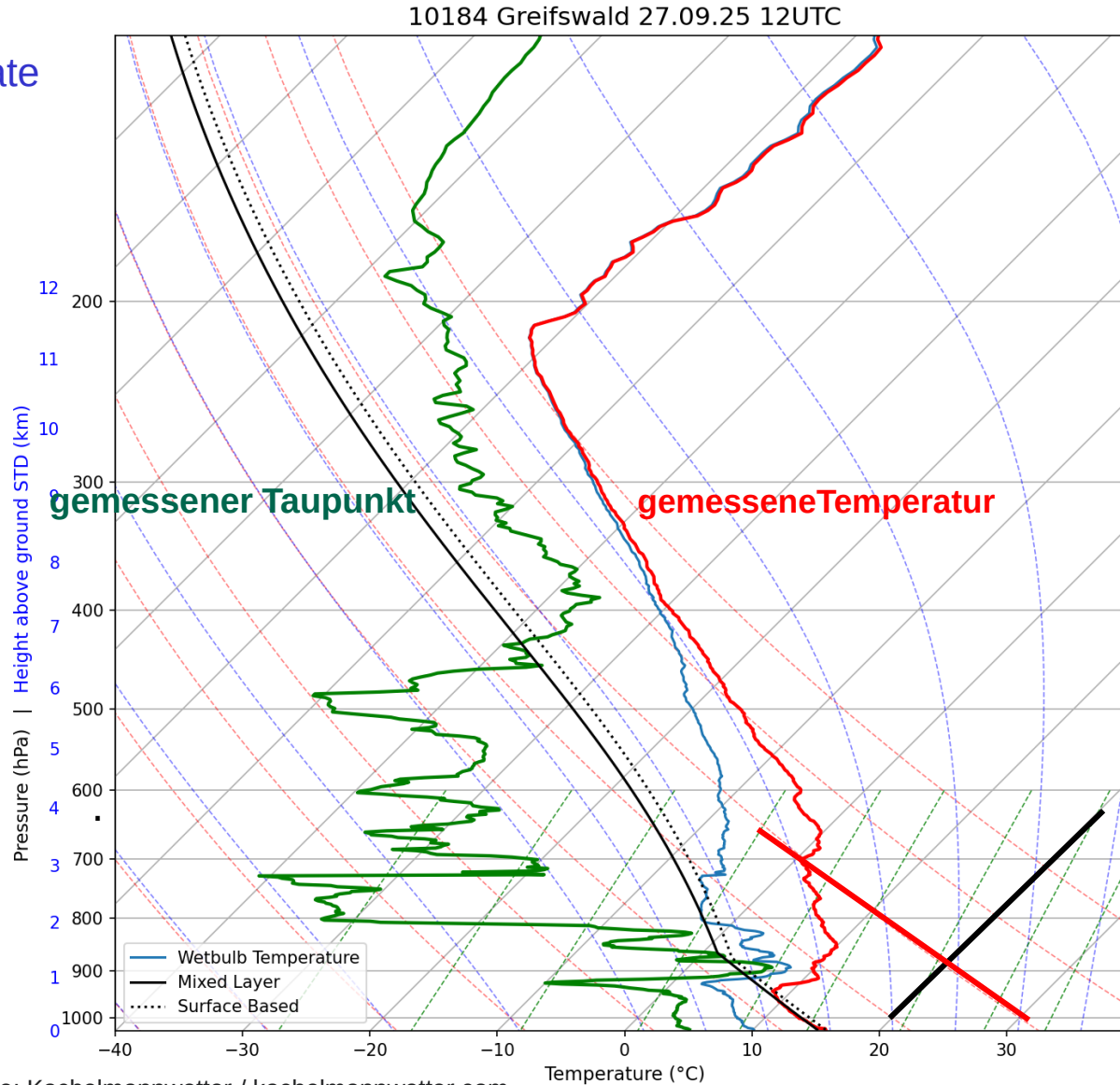
Linien gl. Temperatur



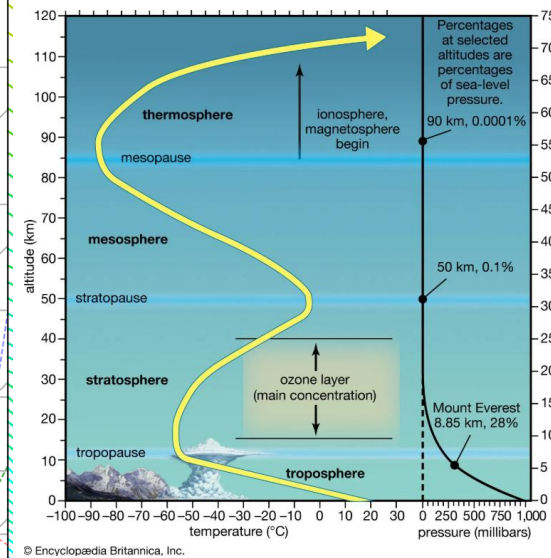
Skew-T/Log-P-Diagramm

Höhenkoordinate

Druck (hPa)



Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com



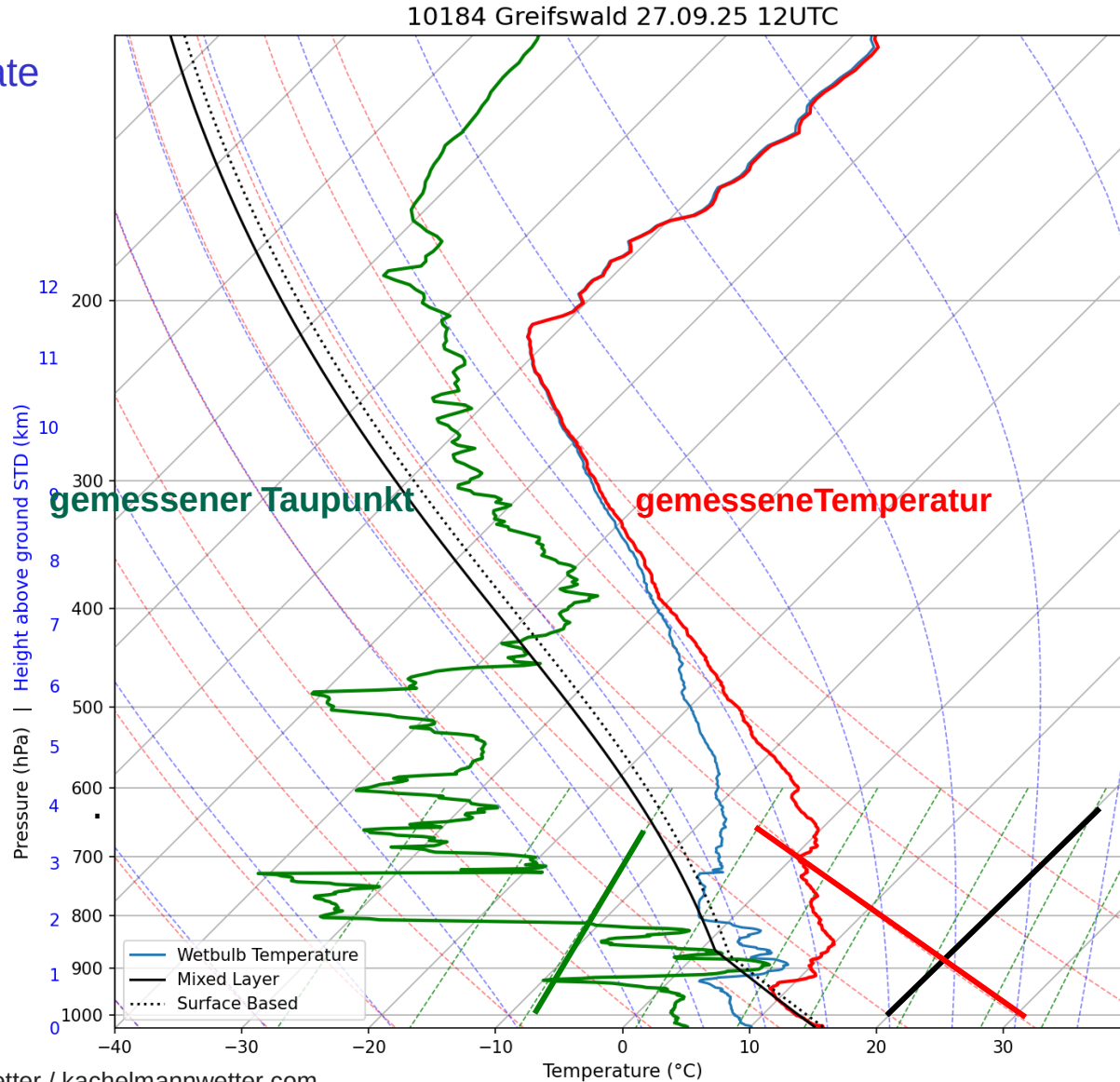
Trockenadiabaten

T ändert sich bei Hebung/Absinken

Skew-T/Log-P-Diagramm

Höhenkoordinate

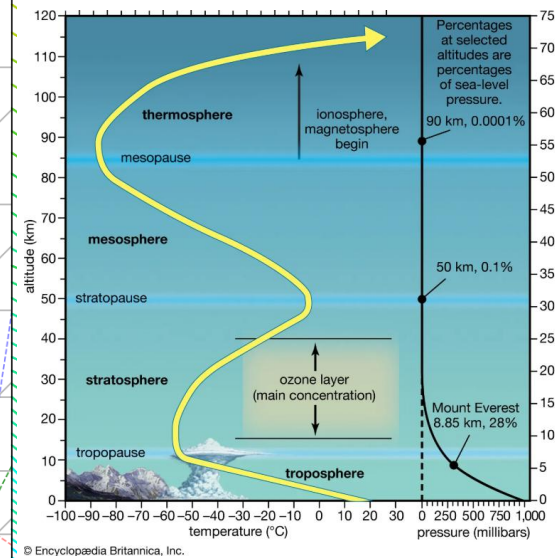
Druck (hPa)



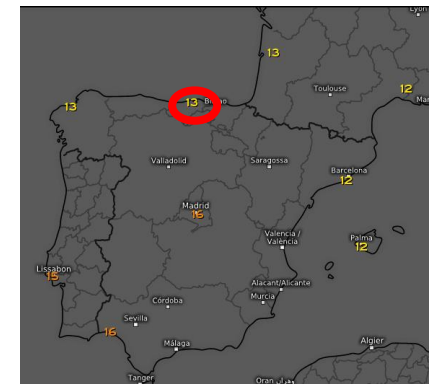
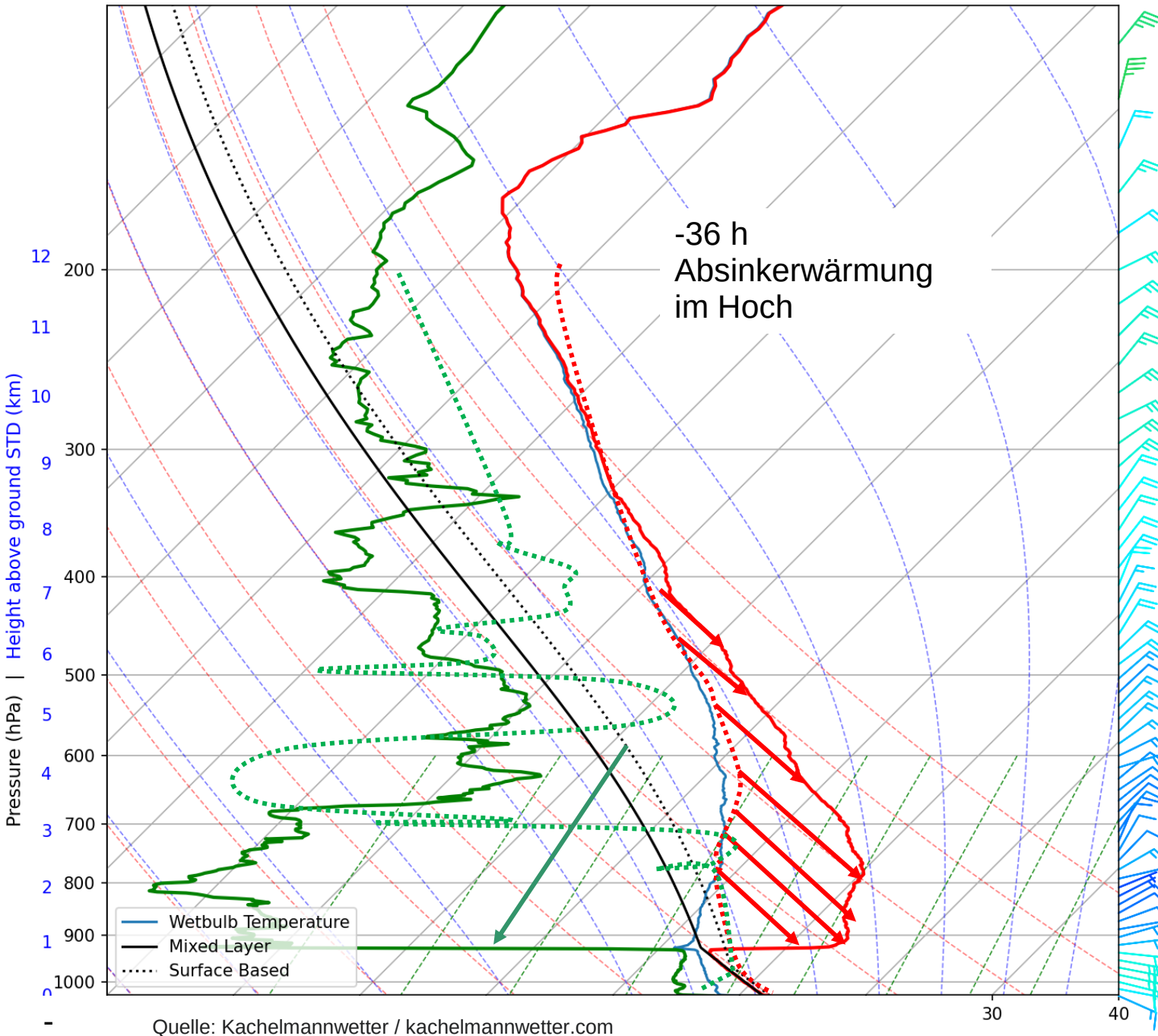
Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com

Taupunkt ändert sich bei
Hebung/Absinken

Trockenadiabaten
T ändert sich bei Hebung/Absinken

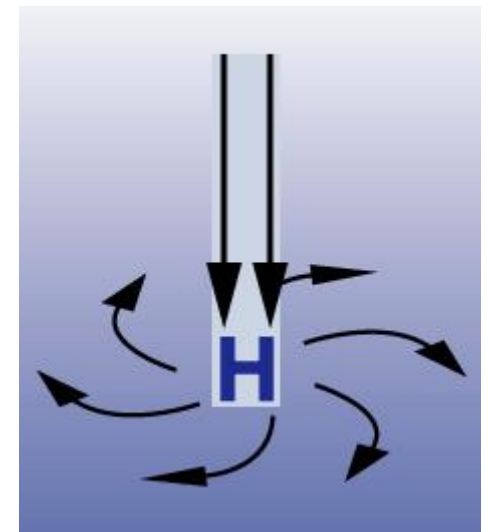


08023 Santander 16.12.23 12UTC



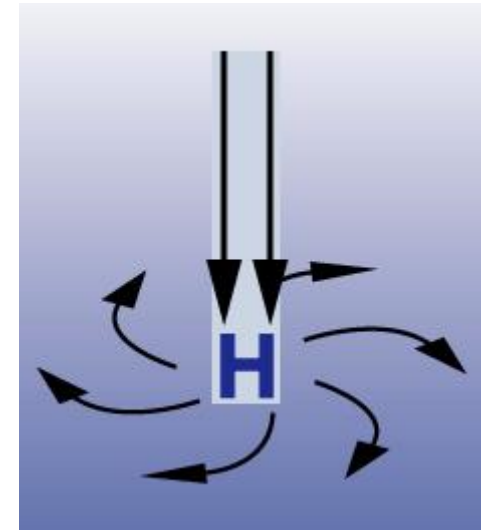
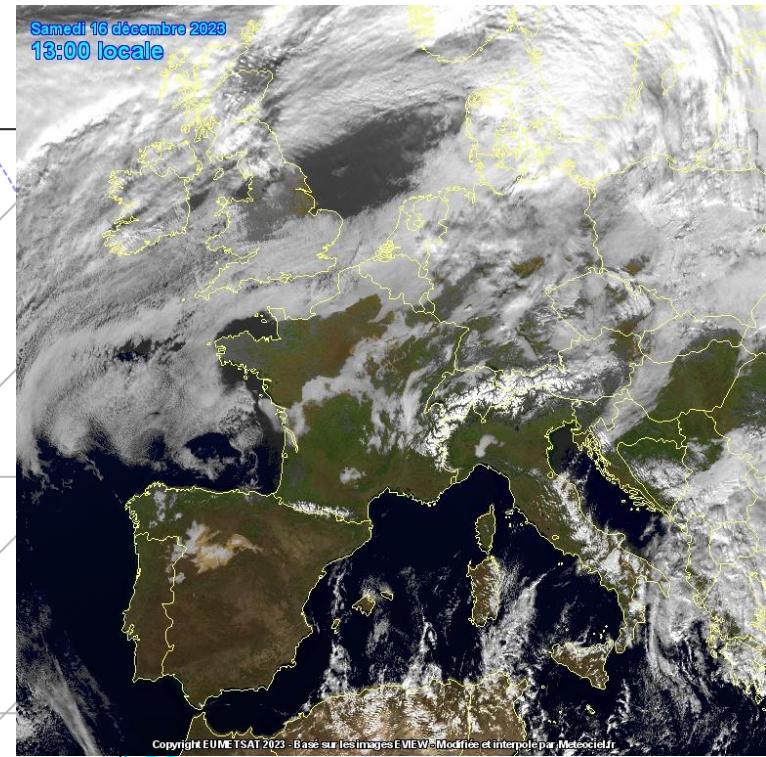
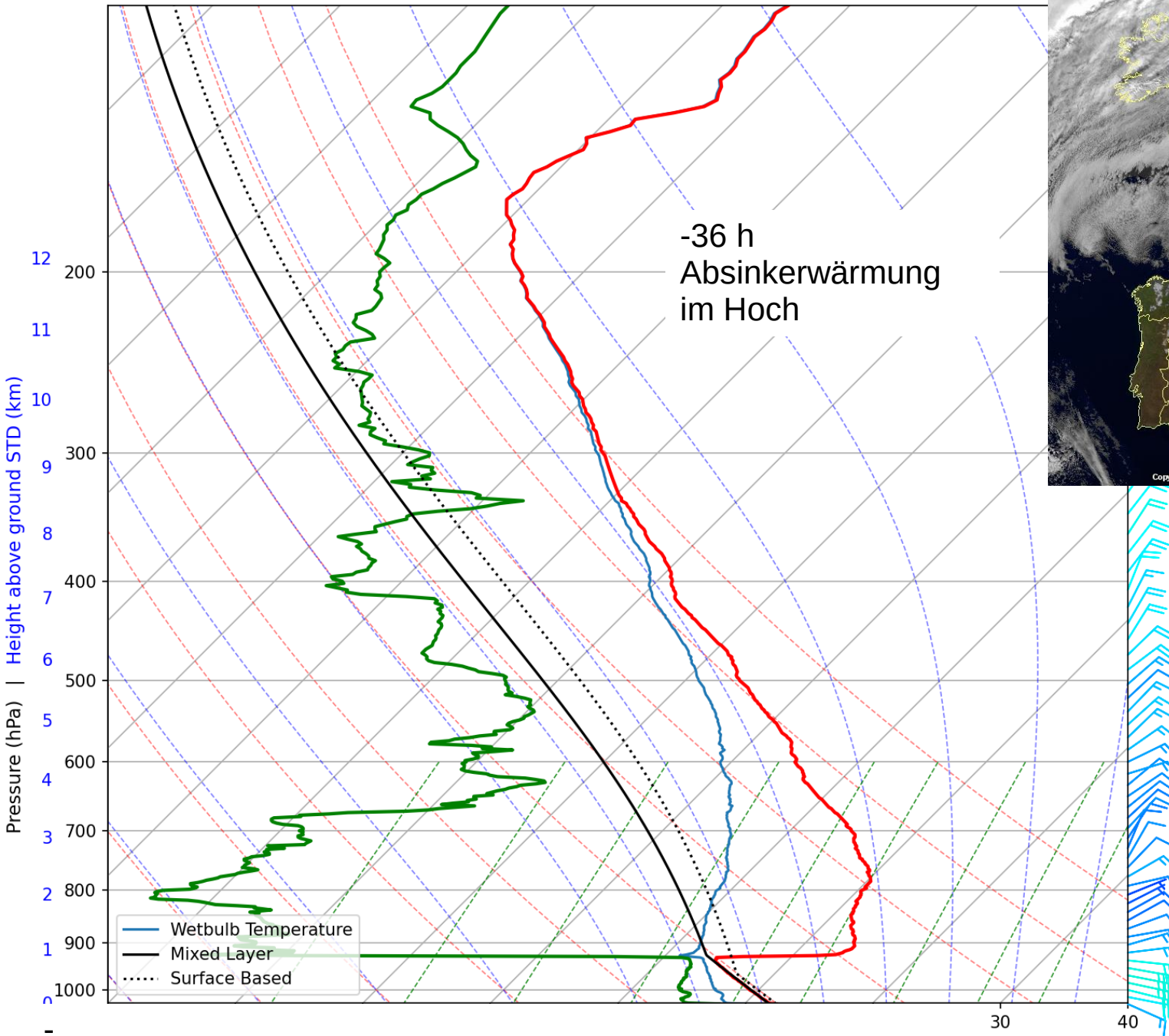
Quelle: Wetter Online

Beispiel: Absink- erwärmung



Quelle: UCAR Center for Science Education

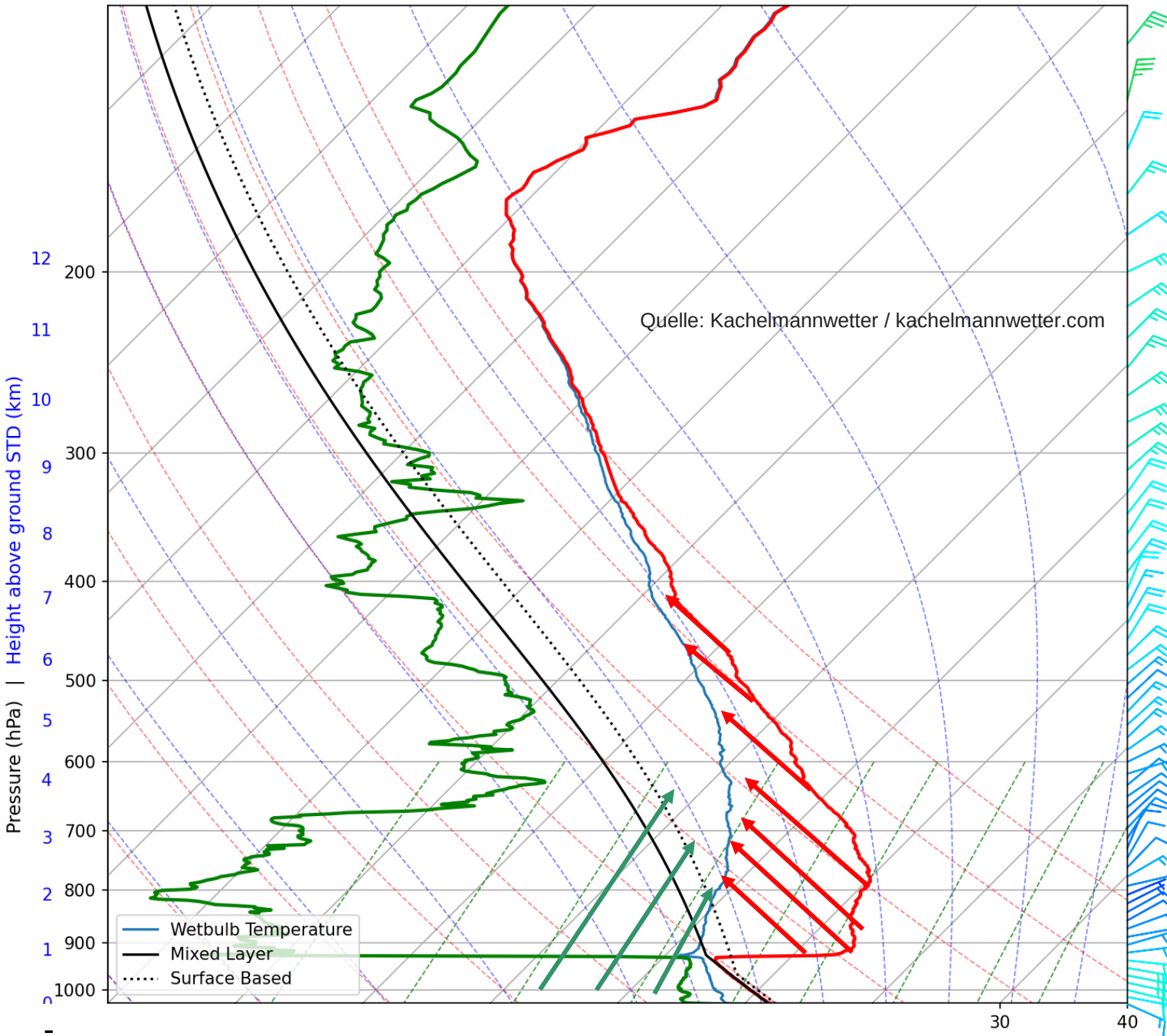
08023 Santander 16.12.23 12UTC



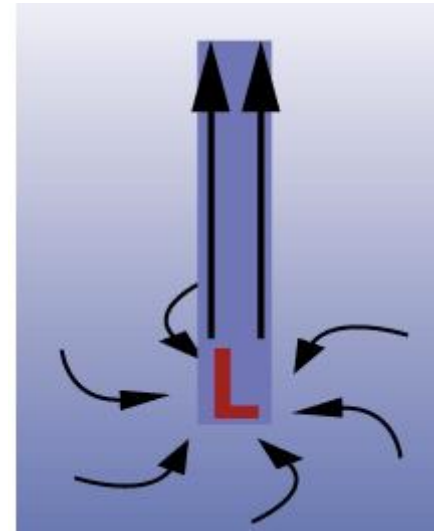
Quelle: UCAR Center for Science Education

Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com

08023 Santander 16.12.23 12UTC

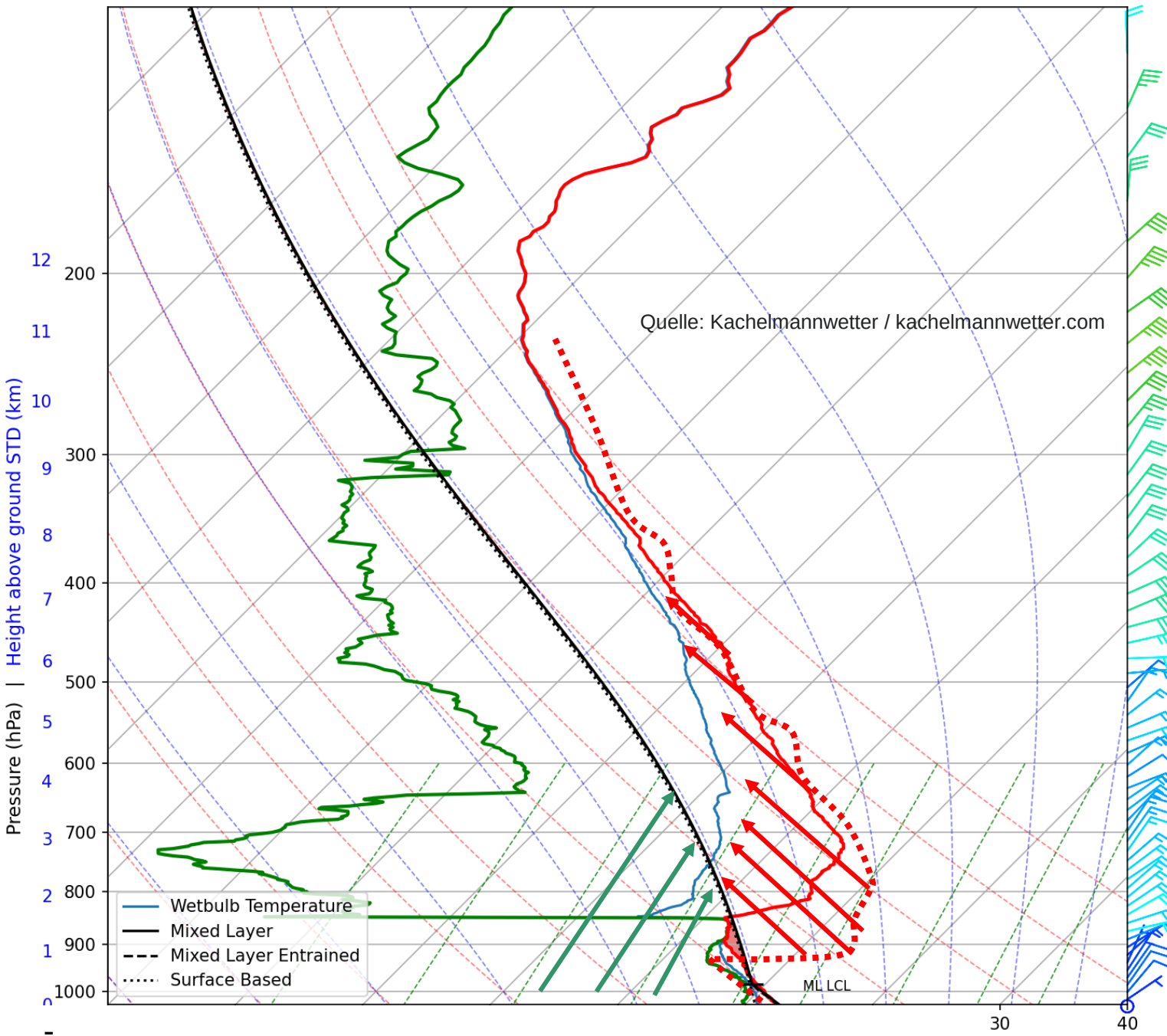


Beispiel: Hebungs- abkühlung

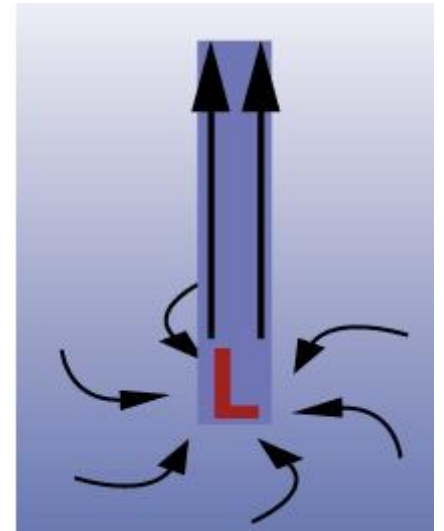


Quelle: UCAR Center for Science Education

08023 Santander 16.12.23 00UTC

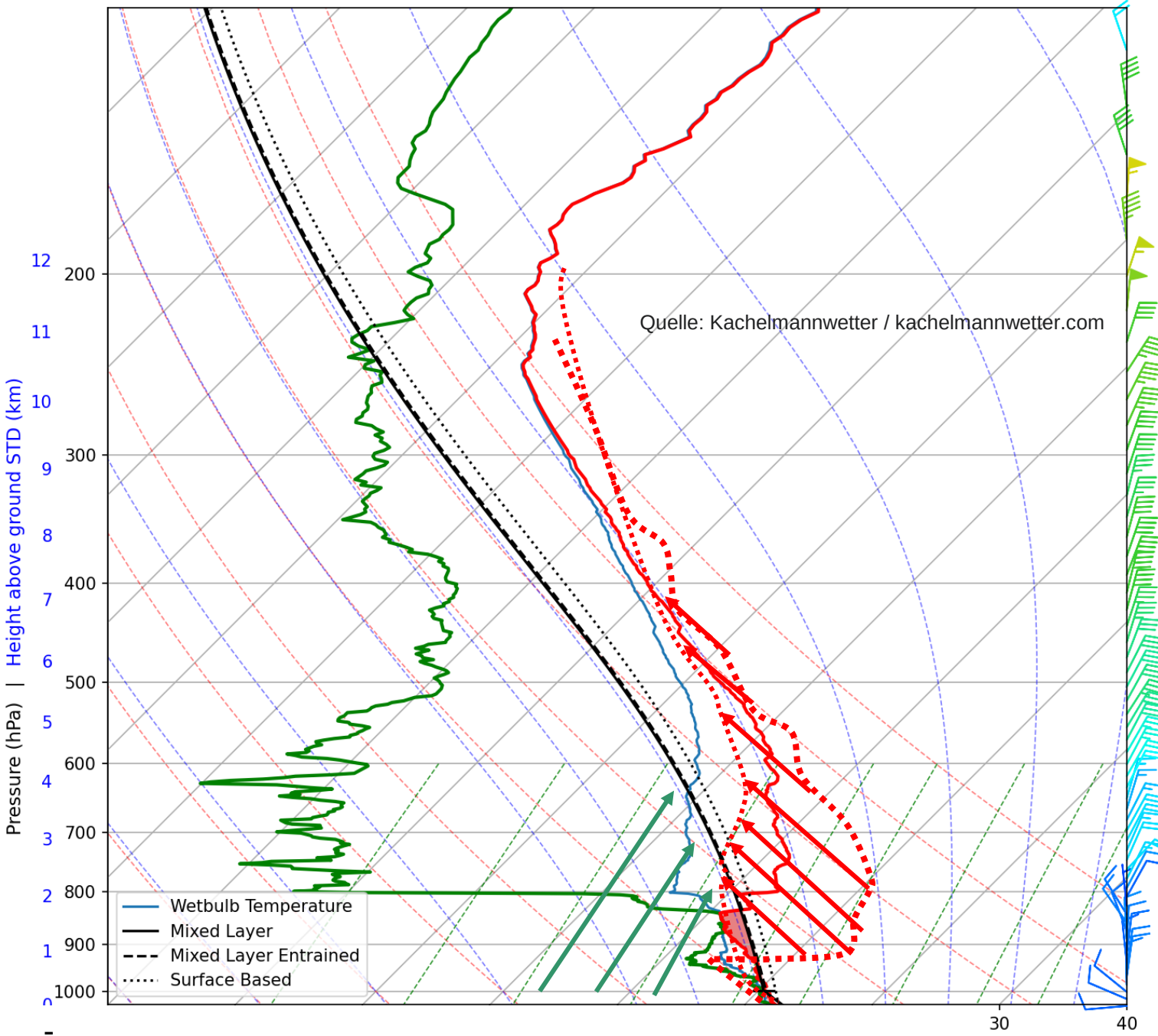


Beispiel: Hebungs- abkühlung

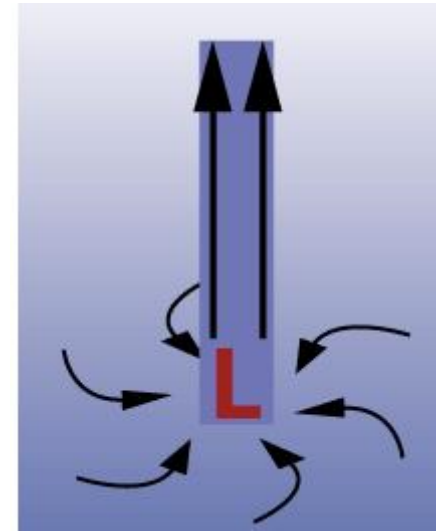


Quelle: UCAR Center for Science Education

08023 Santander 15.12.23 12UTC

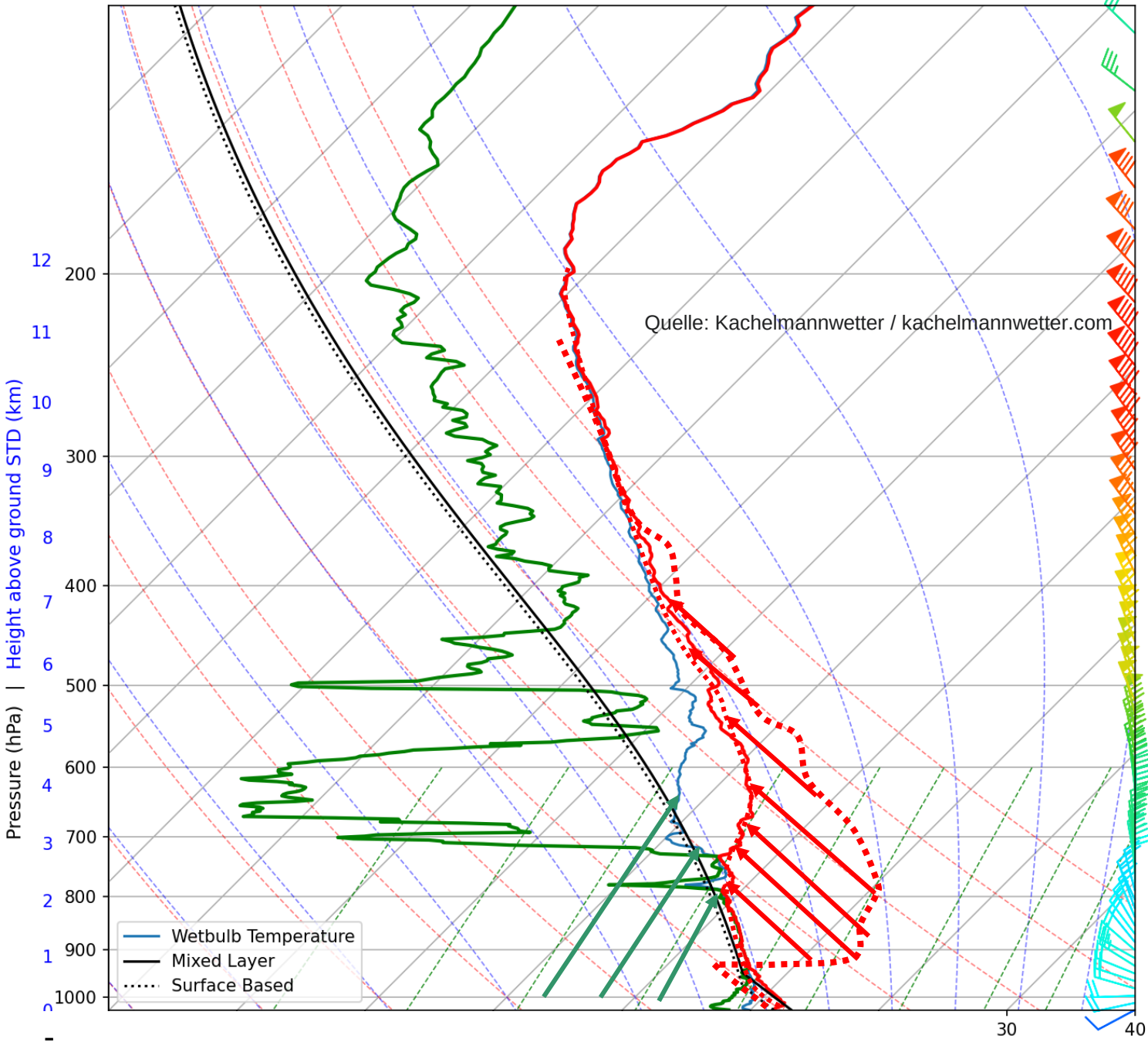


Beispiel: Hebungs- abkühlung

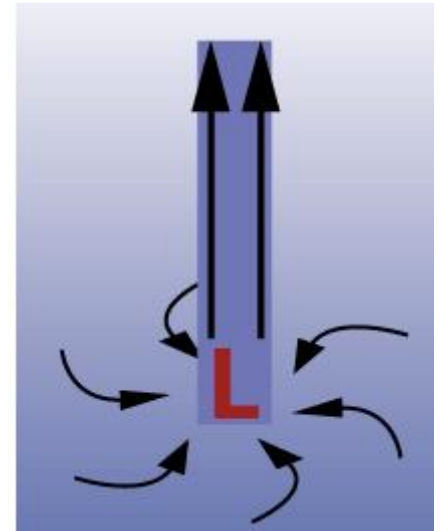


Quelle: UCAR Center for Science Education

08023 Santander 15.12.23 00UTC

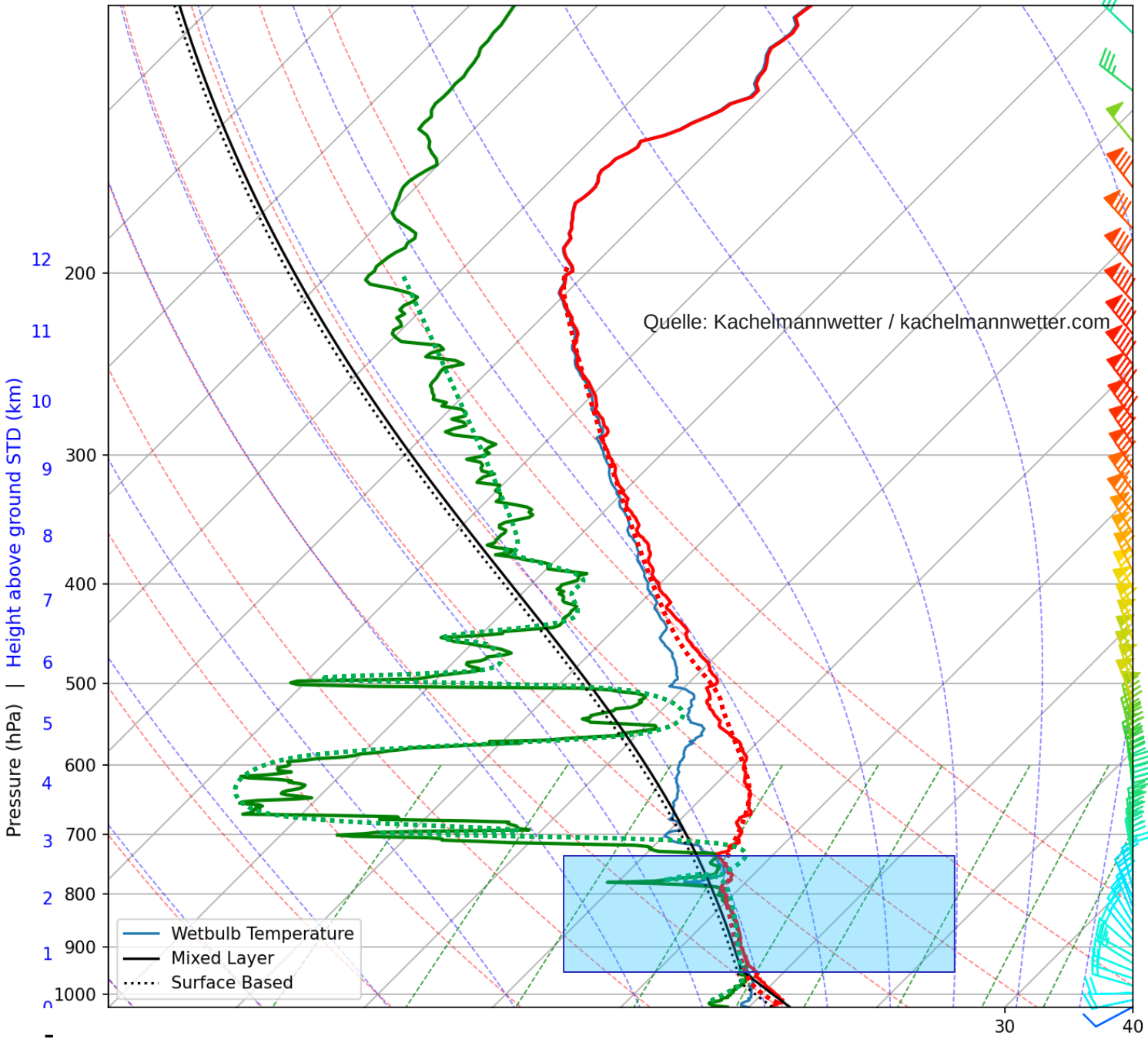


Beispiel: Hebungs- abkühlung

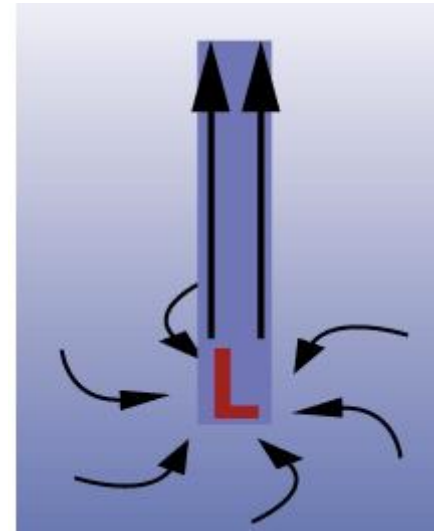


Quelle: UCAR Center for Science Education

08023 Santander 15.12.23 00UTC



Beispiel: Hebungs- abkühlung



Quelle: UCAR Center for Science Education

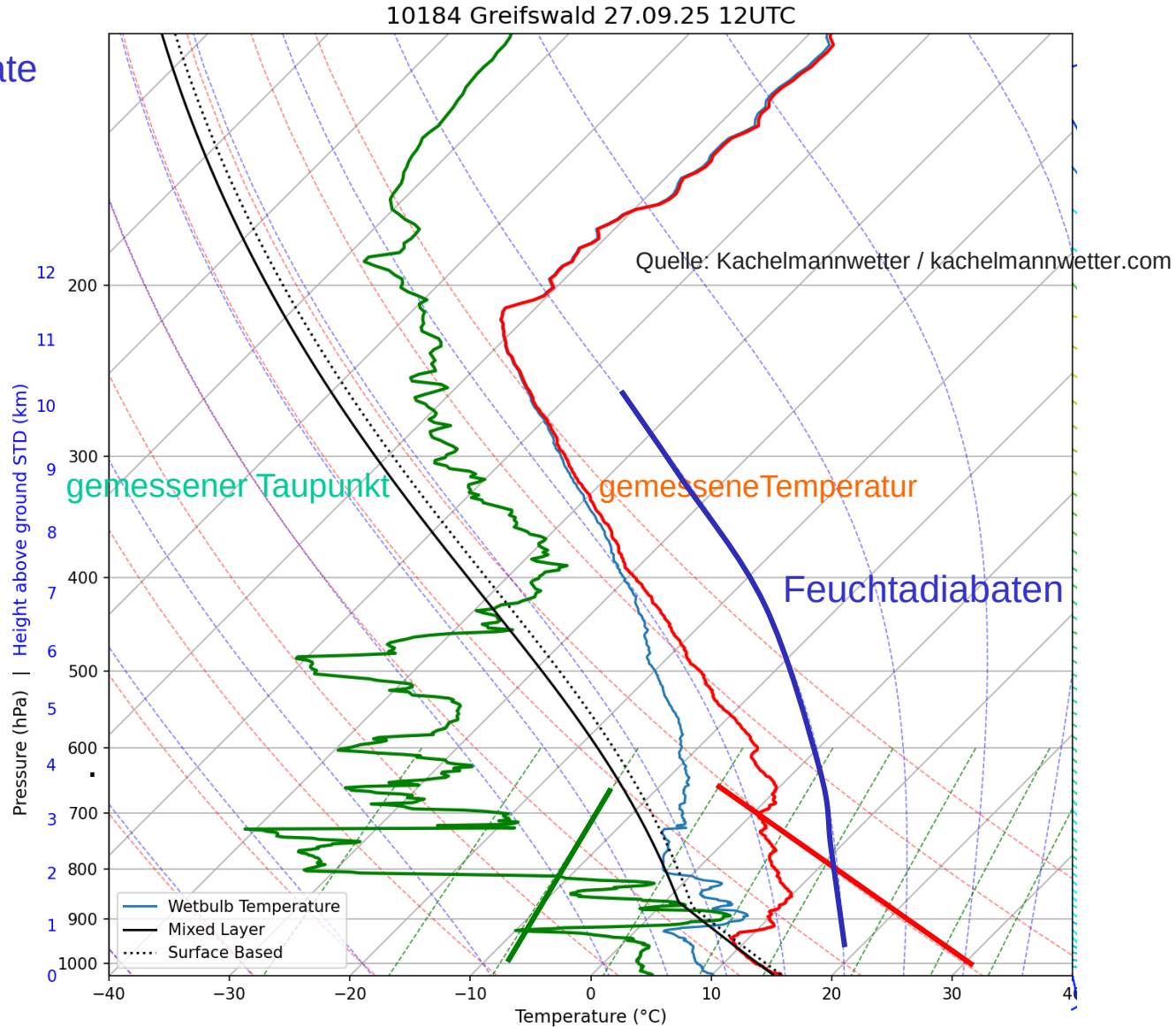
Skew-T/Log-P-Diagramm

Eine weitere Hilfslinie

Skew-T/Log-P-Diagramm

Höhenkoordinate

Druck (hPa)



Taupunkt ändert sich bei

Hebung/Absinken

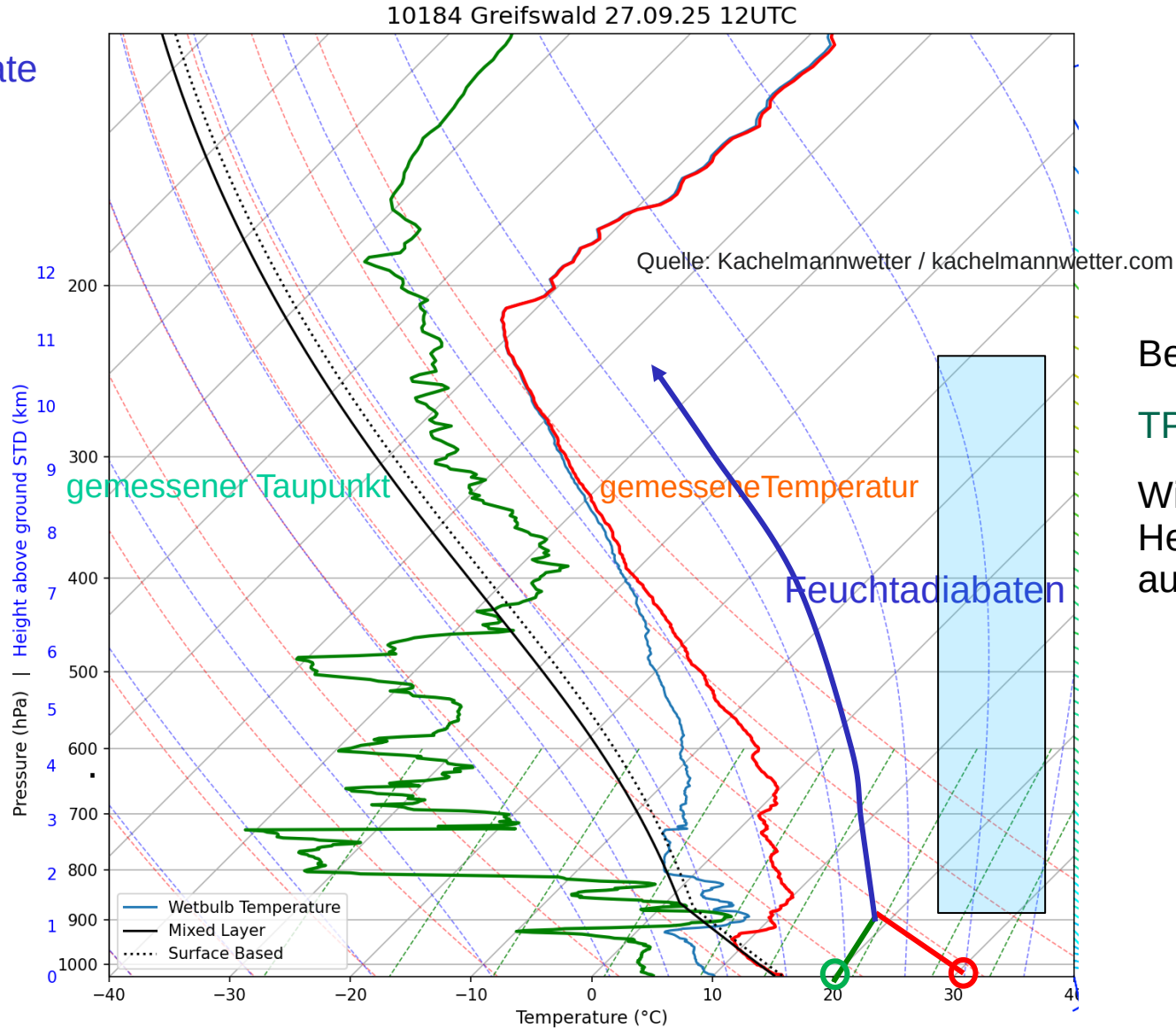
Trockenadiabaten

T ändert sich bei Hebung/Absinken

Erzwungene Hebung

Höhenkoordinate

Druck (hPa)



Beispiel: unten

TP 20° T 30°

Wie sieht die
Hebungskurve
aus?

Taupunkt ändert sich bei

Hebung/Absinken

Trockenadiabaten

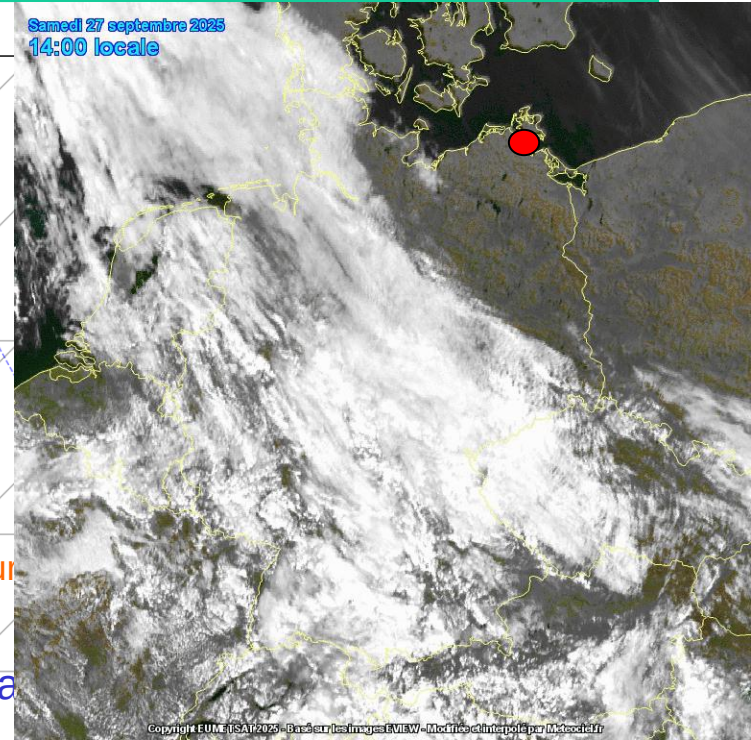
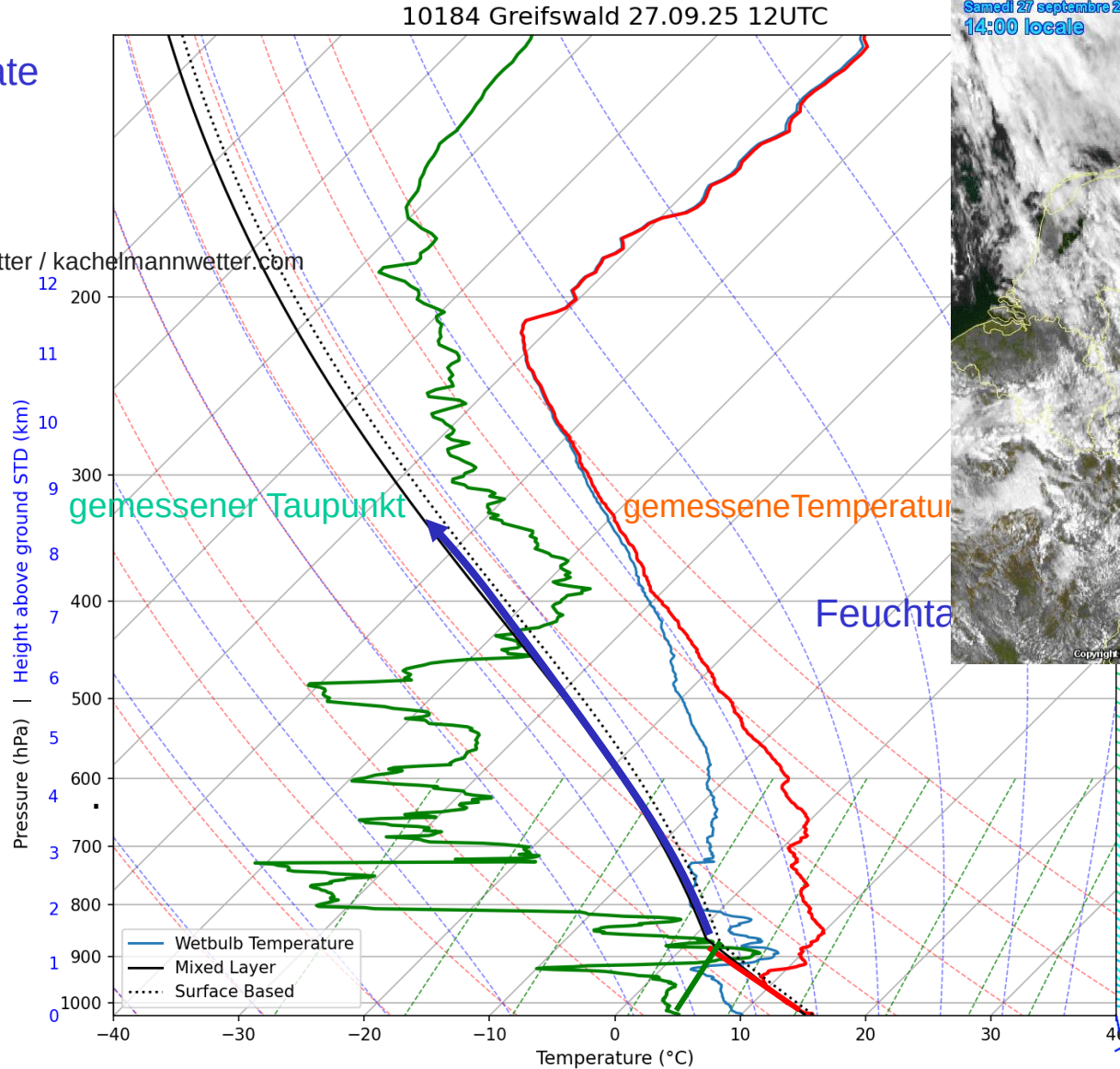
T ändert sich bei Hebung/Absinken

Skew-T/Log-P-Diagramm

Höhenkoordinate

Druck (hPa)

Quelle: Kachelmannwetter / kachelmannwetter.com



Unser Profil:
total stabil

Taupunkt ändert sich bei

Hebung/Absinken

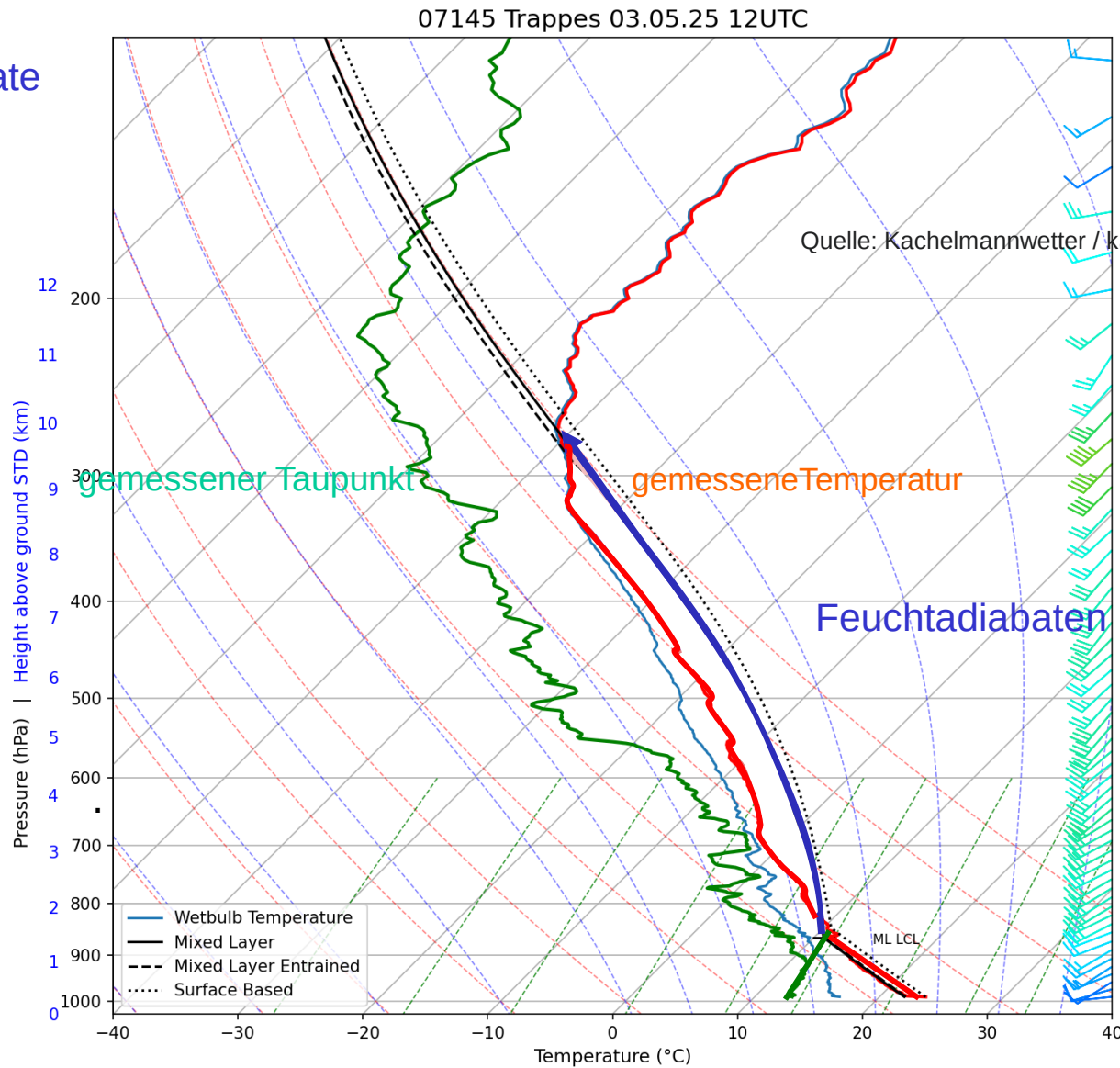
Trockenadiabaten

T ändert sich bei Hebung/Absinken

Skew-T/Log-P-Diagramm

Höhenkoordinate

Druck (hPa)



Beispiel:
Labile Schichtung

Taupunkt ändert sich bei
Hebung/Absinken

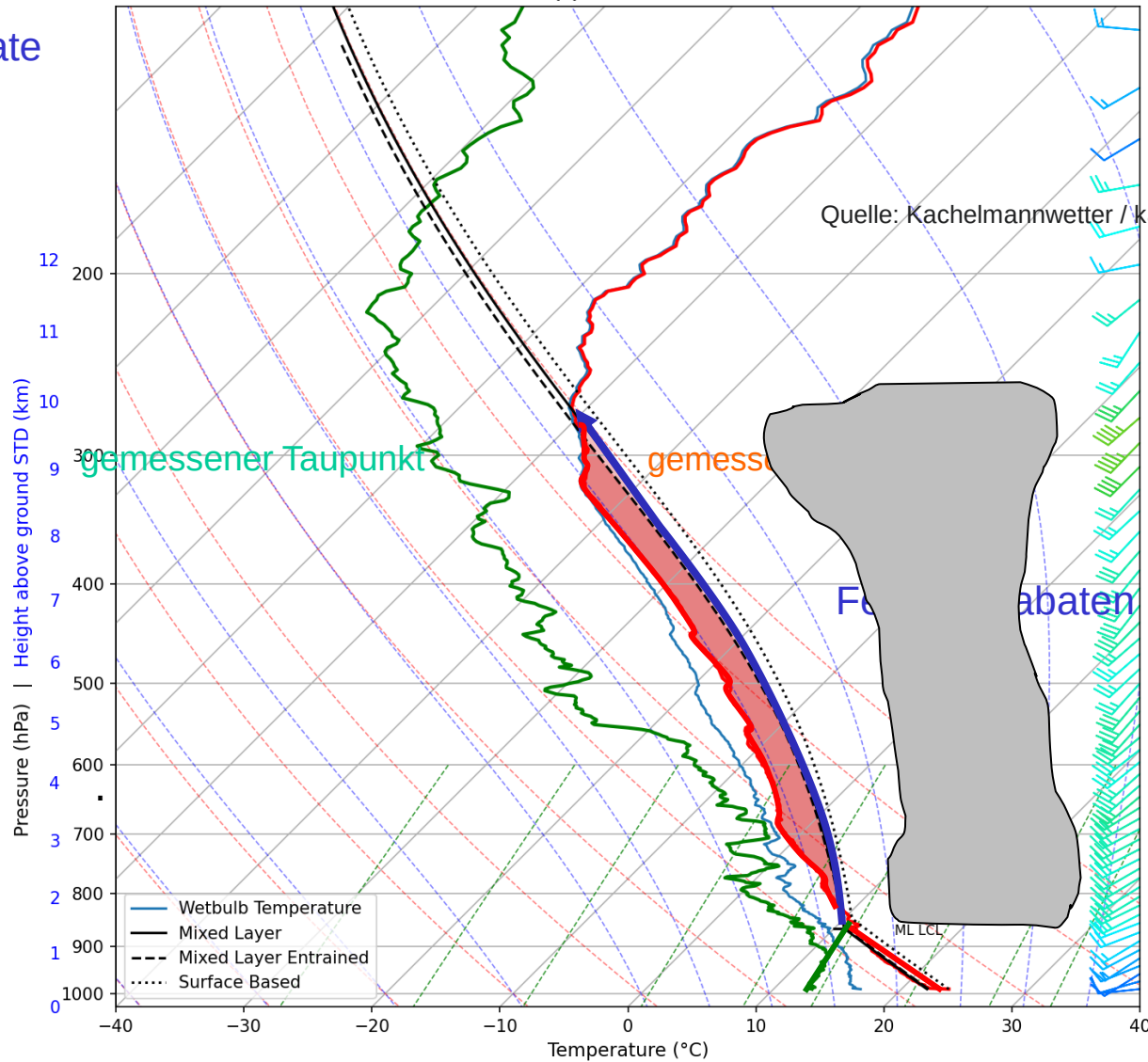
Trockenadiabaten
T ändert sich bei Hebung/Absinken

Skew-T/Log-P-Diagramm

07145 Trappes 03.05.25 12UTC

Höhenkoordinate

Druck (hPa)



Gewitter

Taupunkt ändert sich bei

Hebung/Absinken

Trockenadiabaten

T ändert sich bei Hebung/Absinken

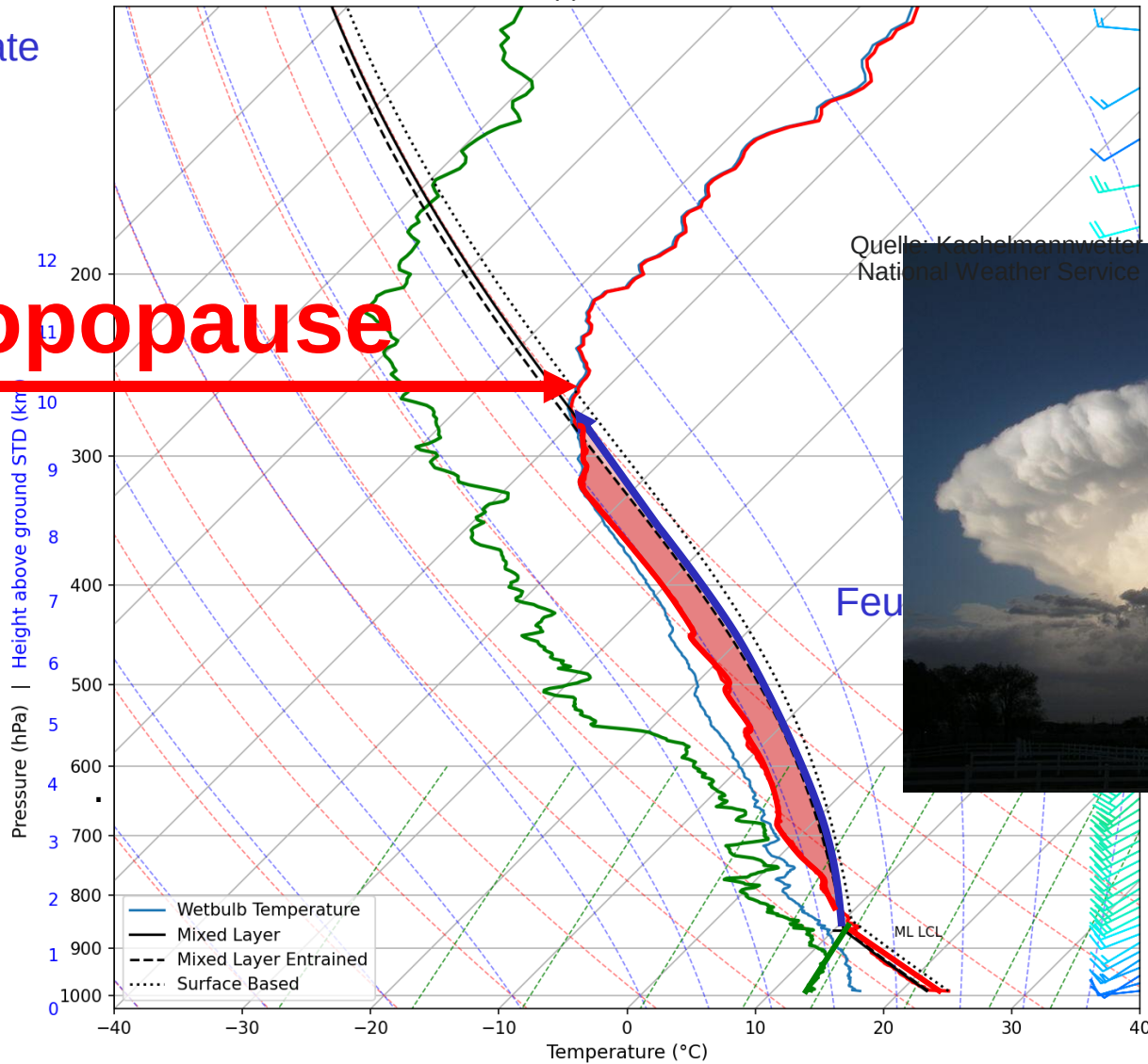
Skew-T/Log-P-Diagramm

Höhenkoordinate

Druck (hPa)

07145 Trappes 03.05.25 12UTC

Tropopause



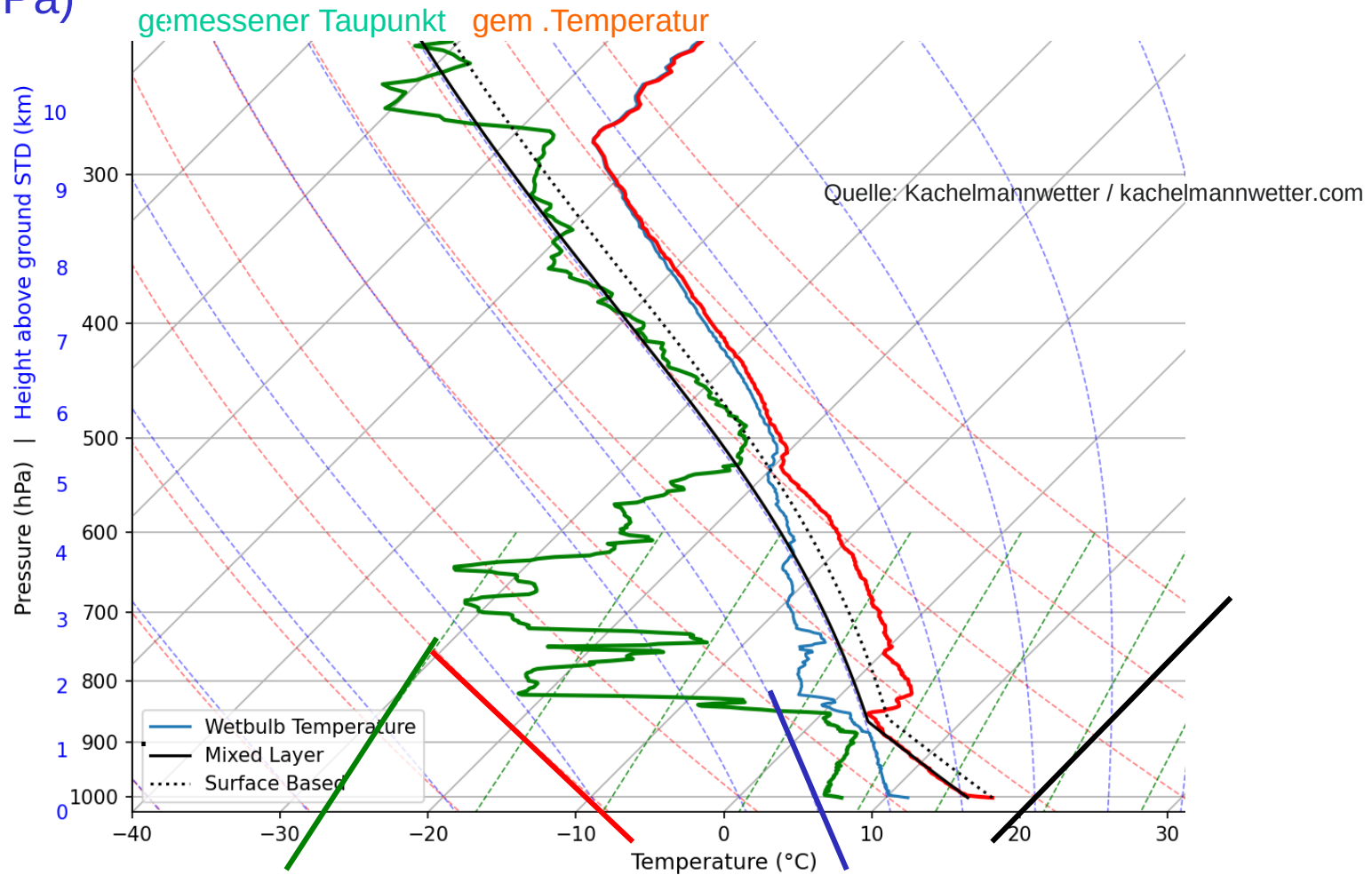
Quelle: National Weather Service (NWS)

Taupunkt ändert sich bei
Hebung/Absinken

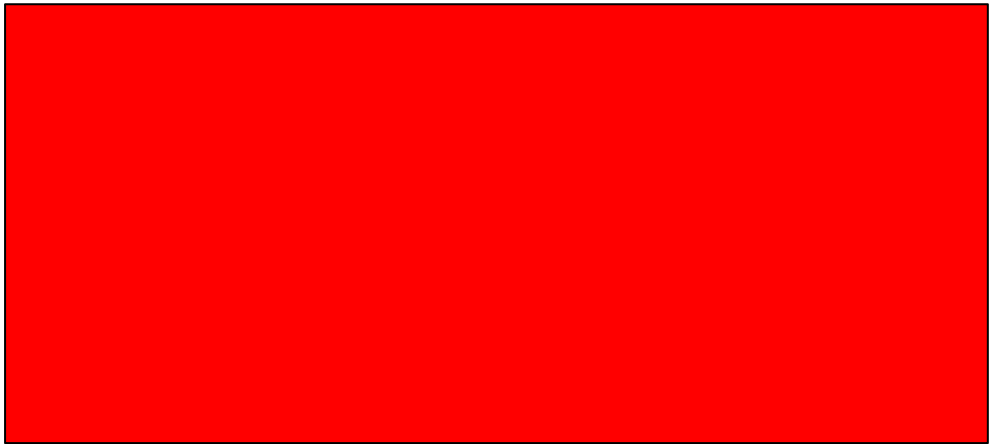
Trockenadiabaten
T ändert sich bei Hebung/Absinken

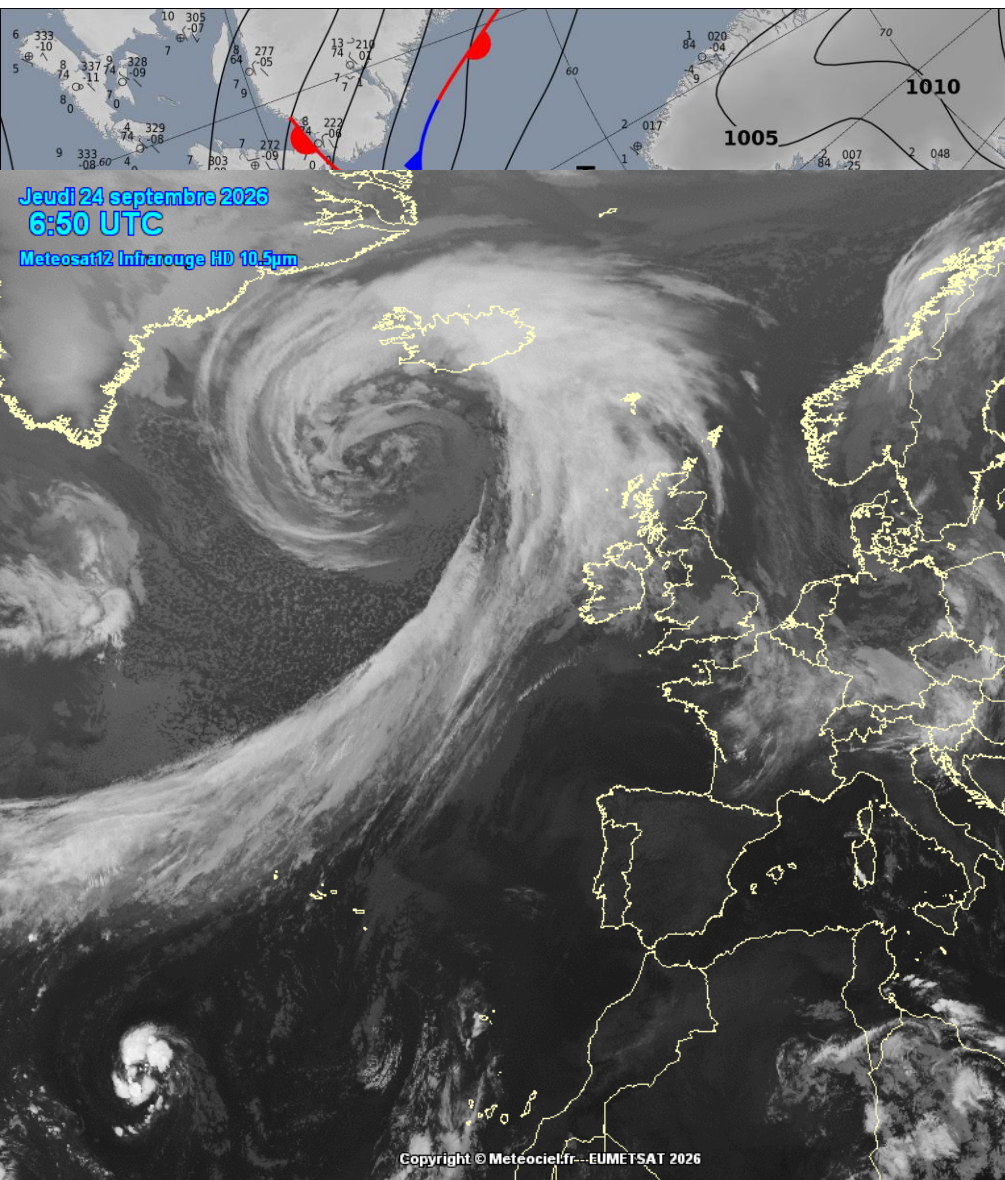
Skew-T/Log-P-Diagramm

Druck (hPa)

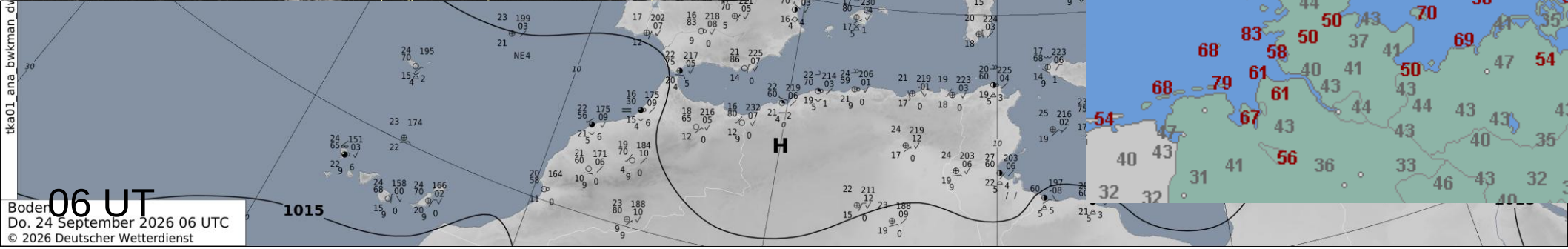


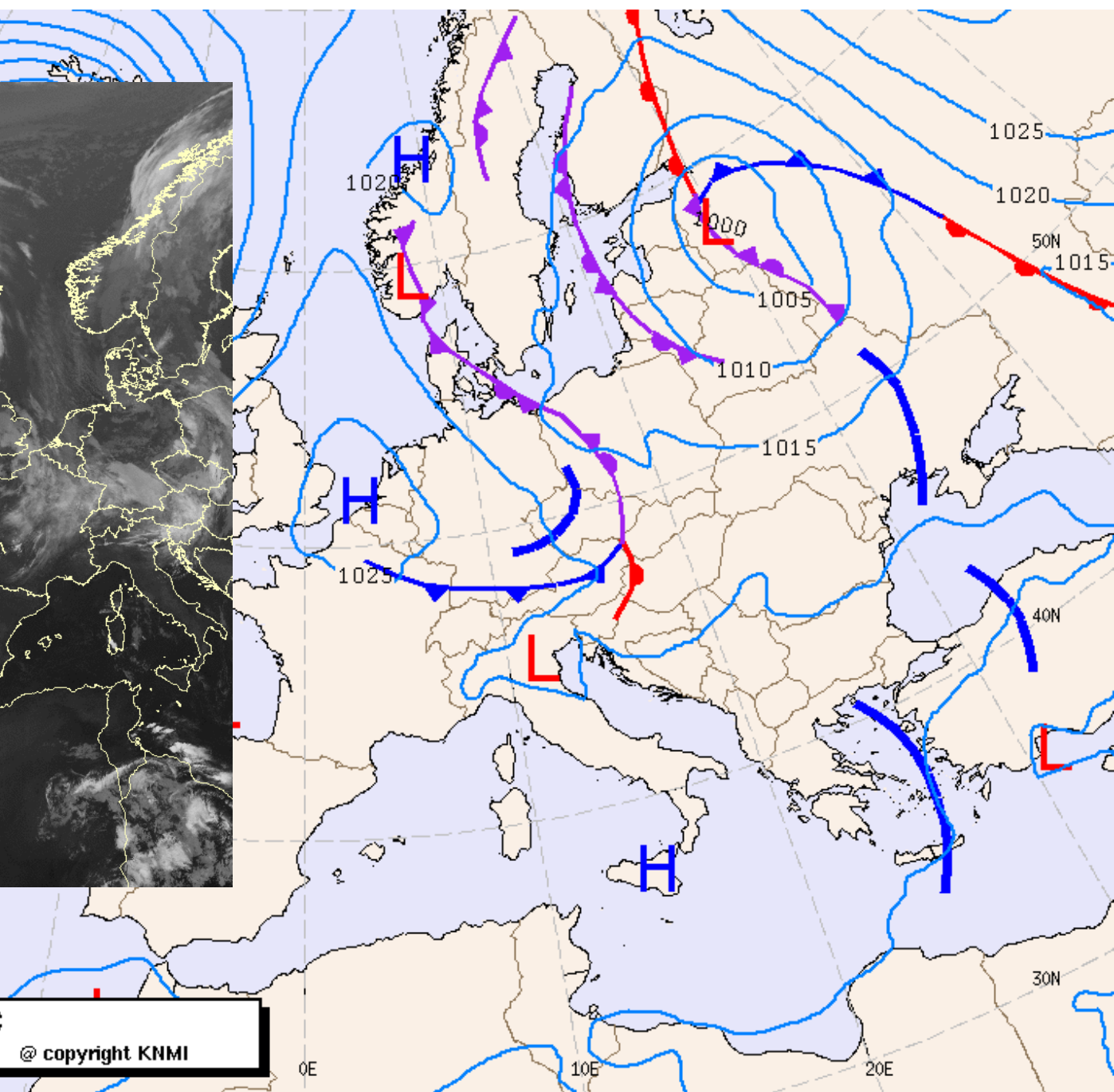
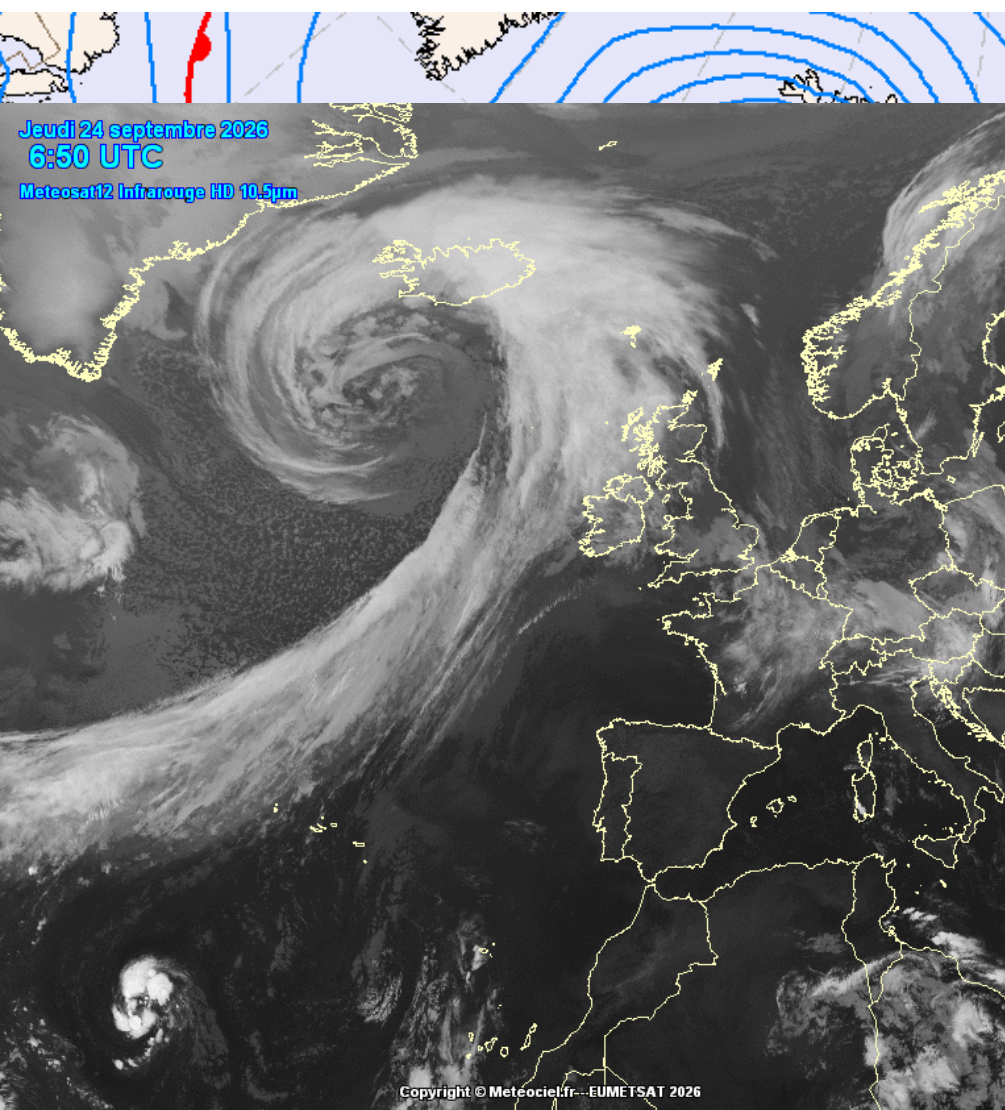
Mischungsverhältnis Trockenadiabaten Feuchtadiabaten Linien gl. Temperatur





Jeudi 24 septembre 2026
6:50 UTC
Météosat12 Infrarouge HD 10.5µm





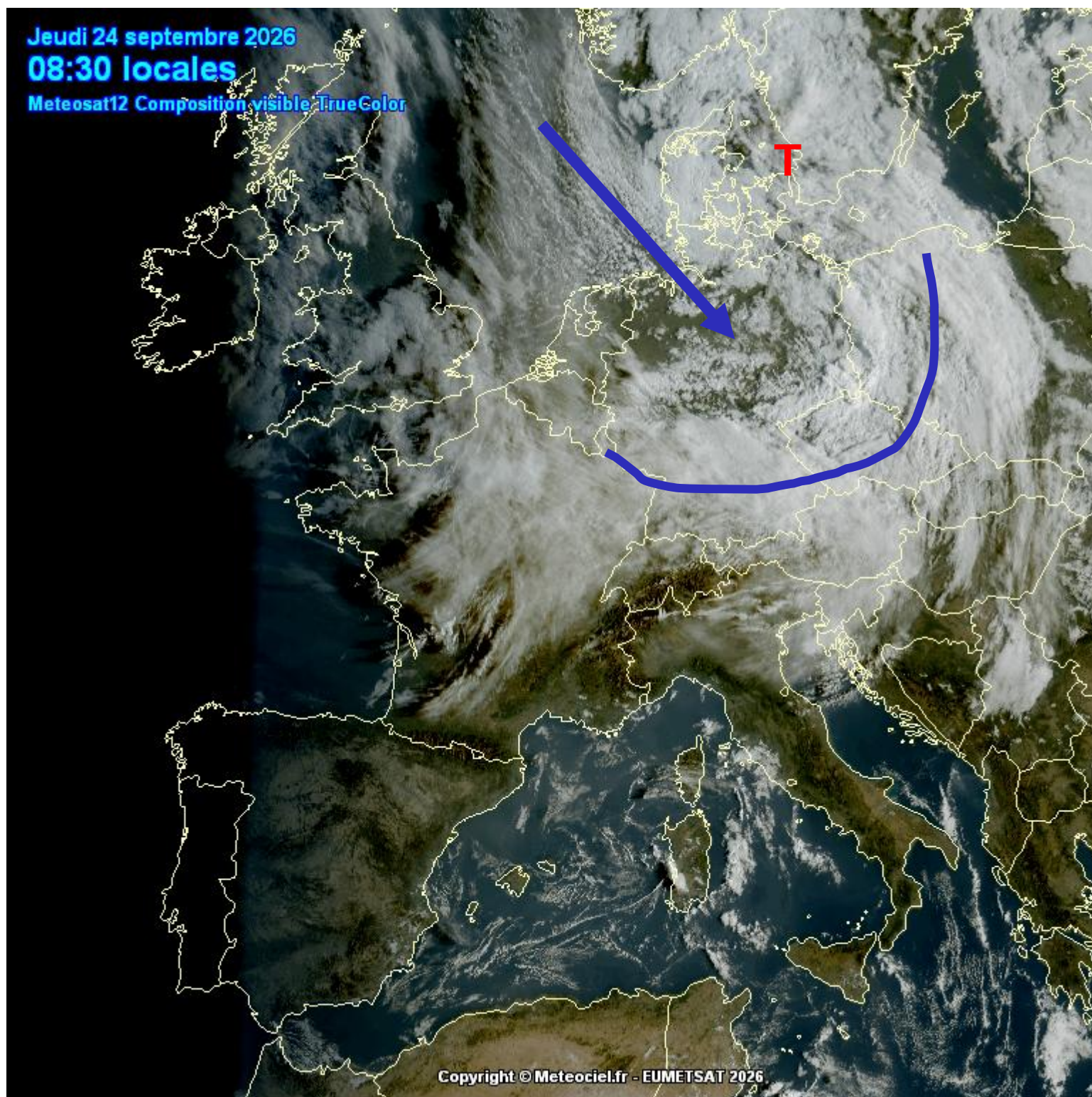
Forecast Valid: Thu 24 Sep 2026 12 UTC
Issued at 23-09 / 18:35 UTC @ copyright KNMI

12 UT

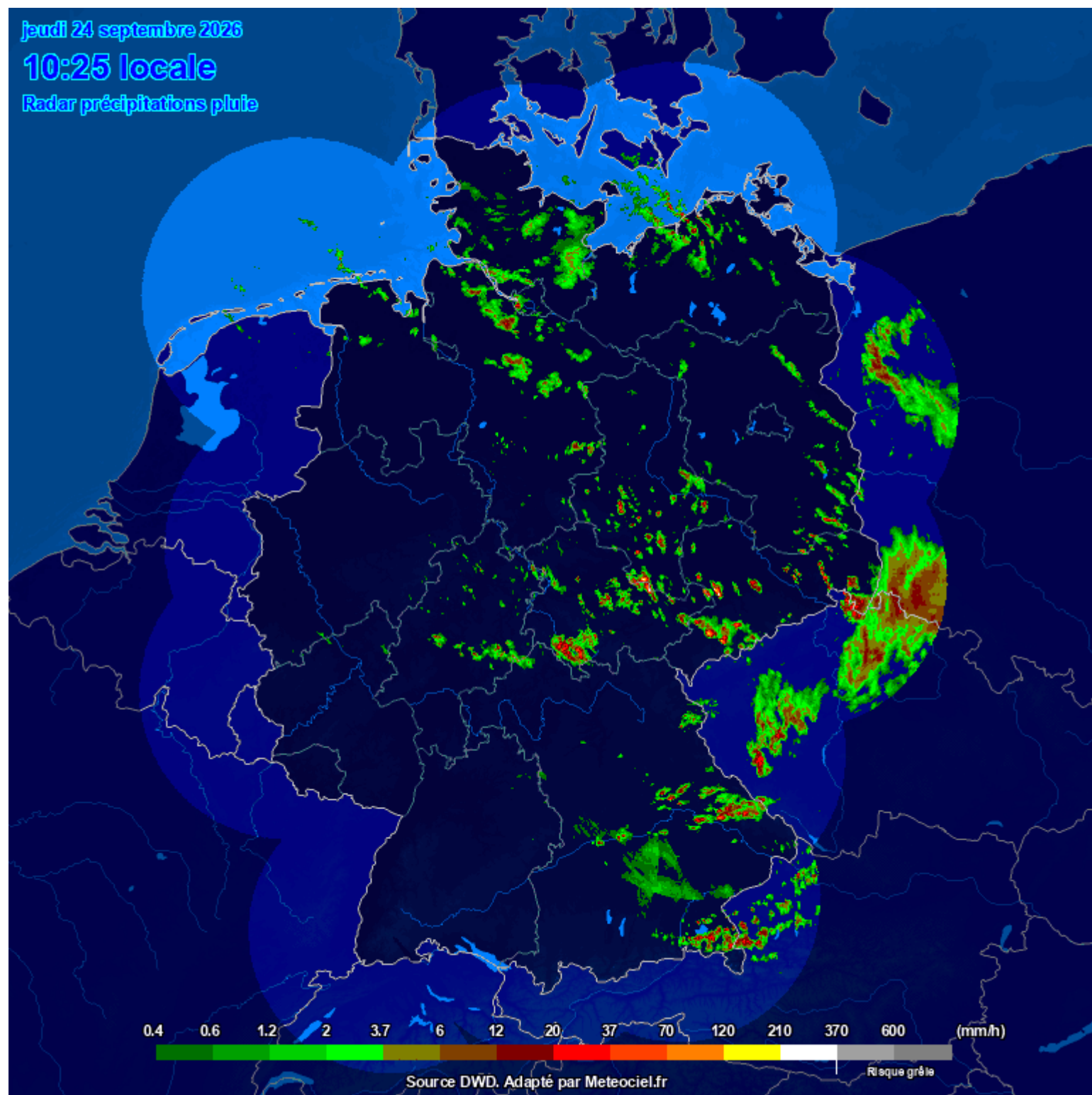
Jeudi 24 septembre 2026

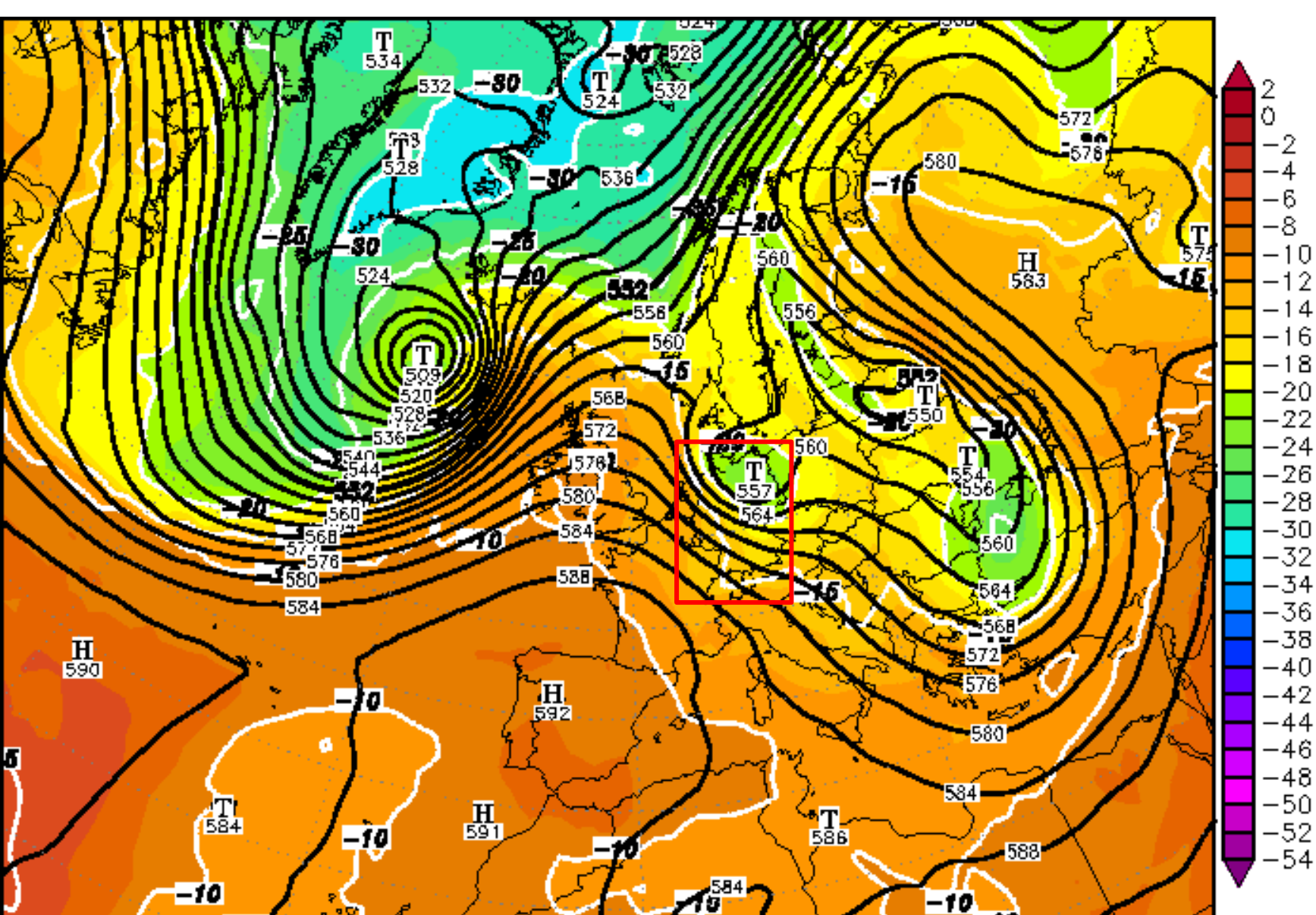
08:30 locales

Meteosat12 Composition visible TrueColor



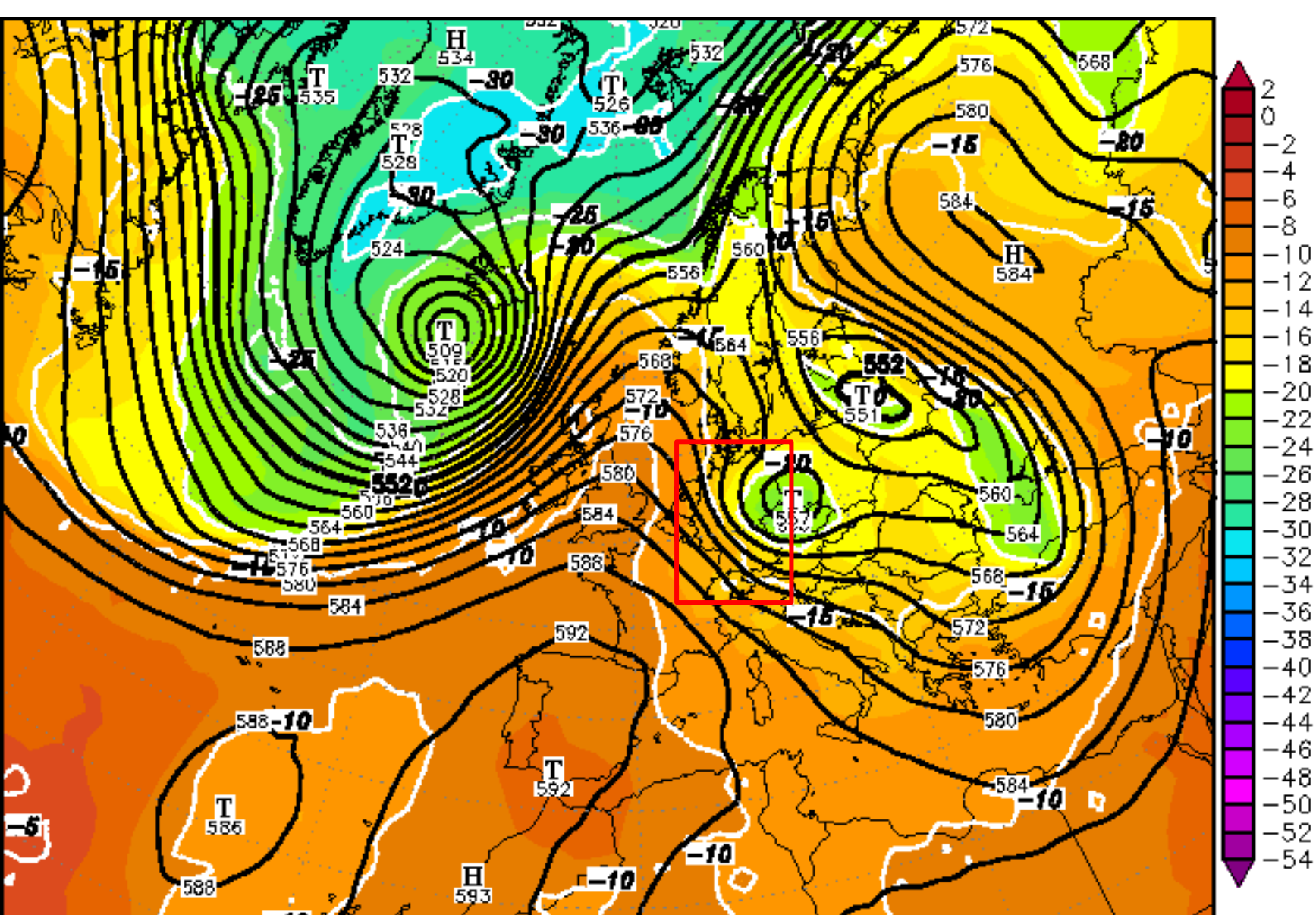
jeudi 24 septembre 2026
10:25 locale
Radar précipitations pluie





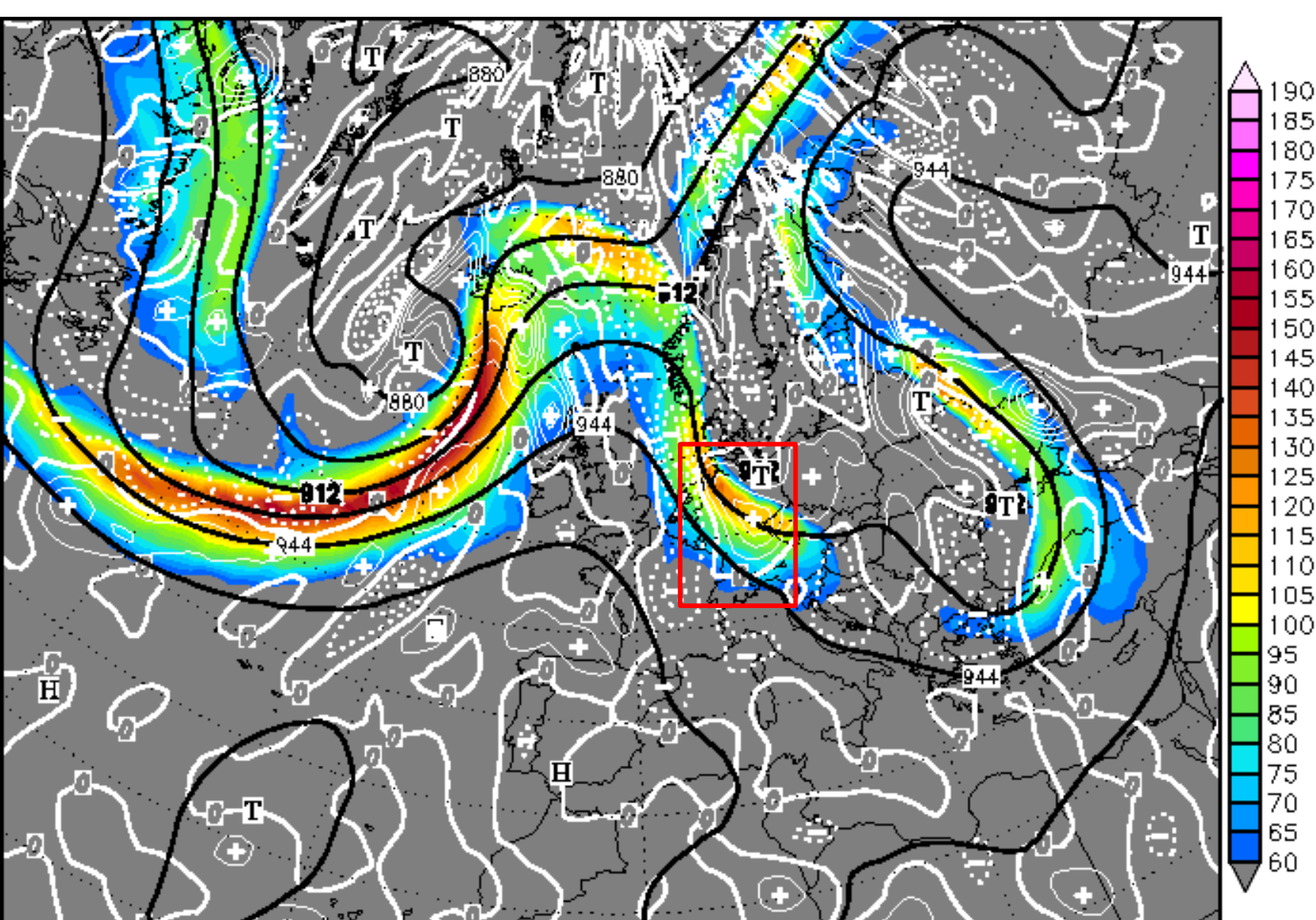
500 hPa Geopotential [gpdam], Temperatur [Grad C]
Donnerstag, 24-09-2026 06 UTC (GFS) (Donnerstag 00 + 06) © www.wetter3.de

06 UT



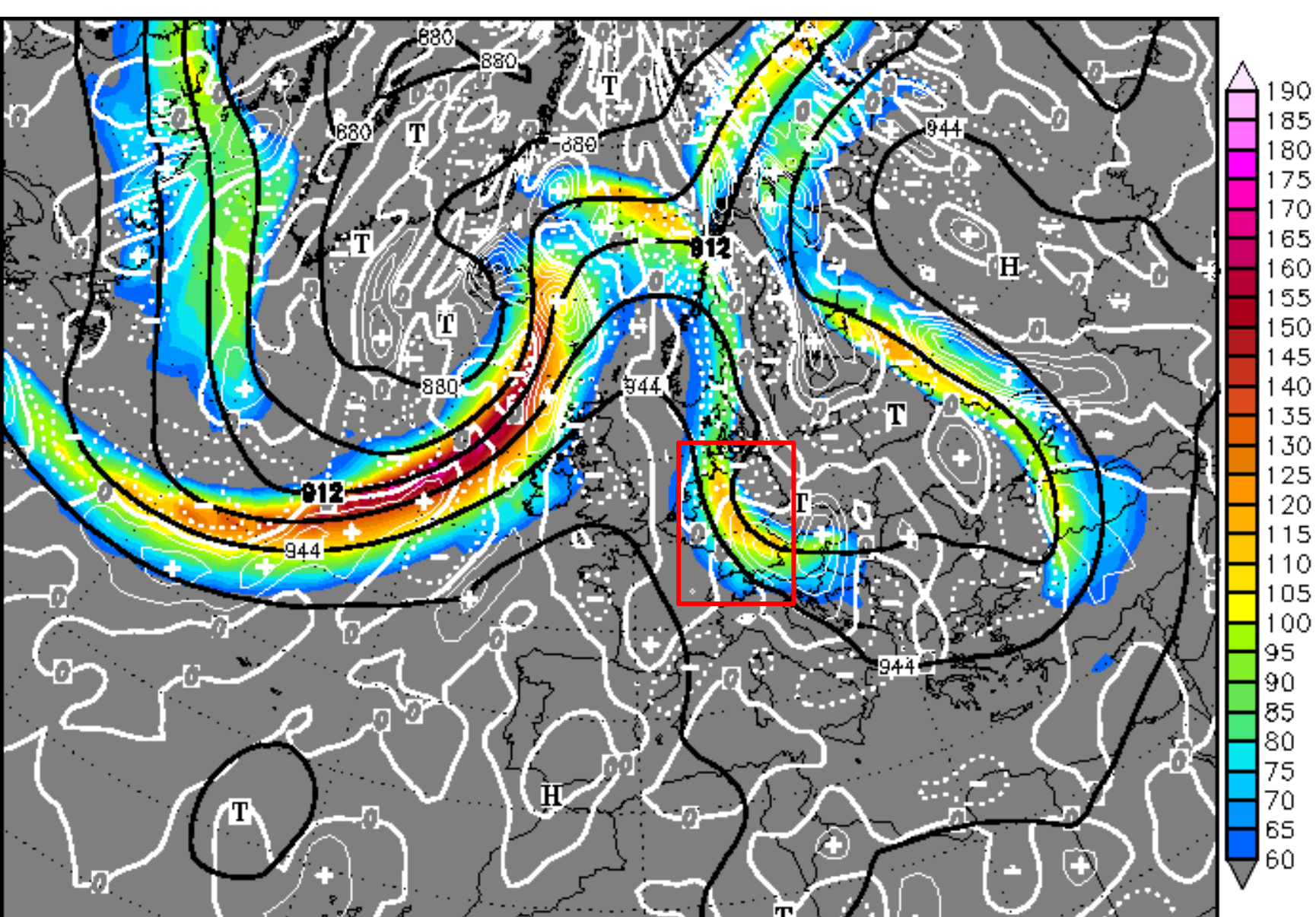
500 hPa Geopotential [gpdam], Temperatur [Grad C]
Donnerstag, 24-09-2026 12 UTC (GFS) (Donnerstag 00 + 12) © www.wetter3.de

02 UT



300 hPa Wind [kn], horizontale Divergenz in Einheiten von $10E-6/s$, Geopotential [gpdam]
Donnerstag, 24-09-2026 06 UTC (GFS) (Donnerstag 00 + 06) © www.wetter3.de

12 UT

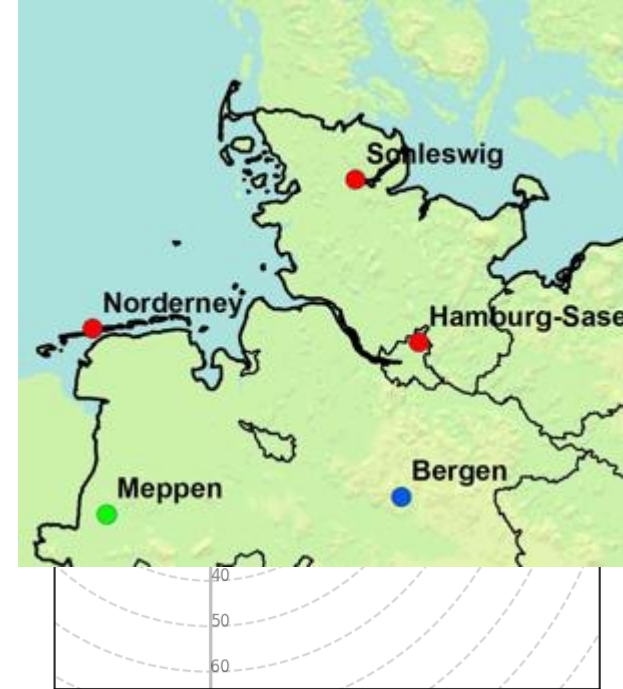
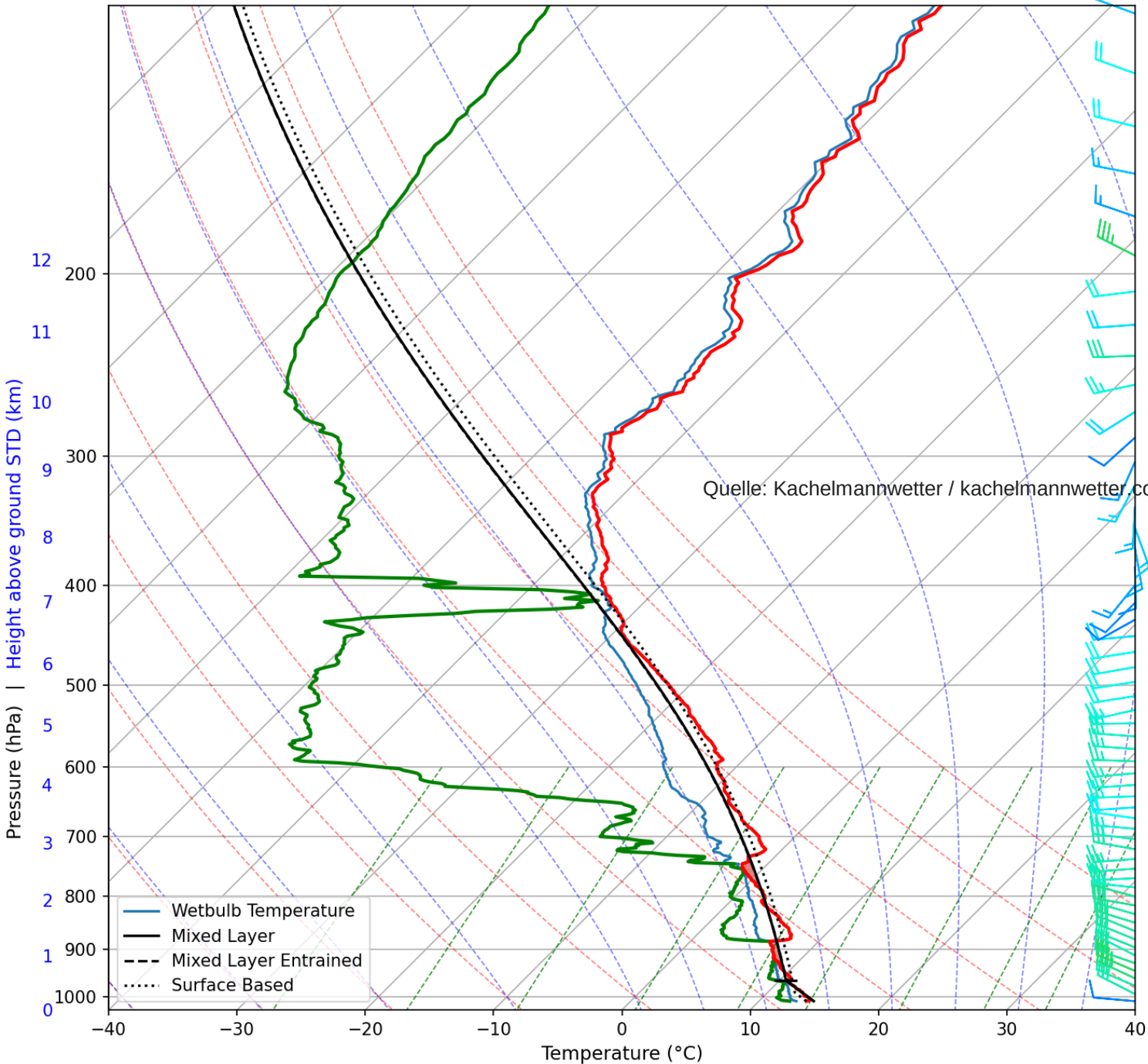


300 hPa Wind [kn], horizontale Divergenz in Einheiten von $10E-6/s$, Geopotential [gpdam]
 Donnerstag, 24-09-2026 12 UTC (GFS) (Donnerstag 00 + 12) © www.wetter3.de

12 UT



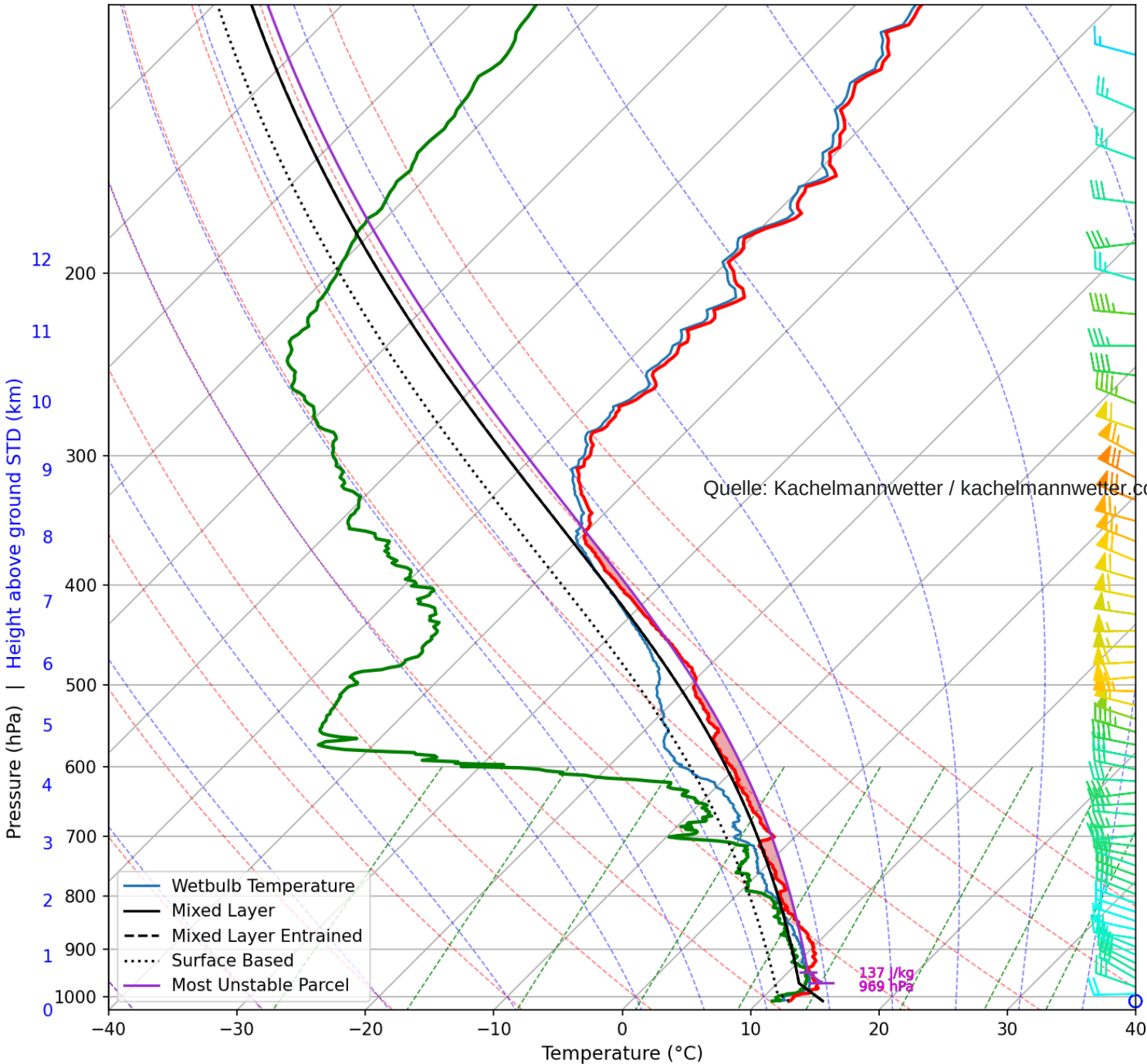
10035 Schleswig 24.09.26 00UTC



0°C AMSL (m):	2250
Total Totals	50.4
PWAT (mm)	20
DCAPE (J/kg)	21
Mixed Layer Parcel	
LCL AGL (m)	387
LFC AGL (m)	2044
Lifted Index	0.9
CAPE CIN (J/kg)	24 -19
ECAPE ECIN (J/kg)	19 -28
Surface Based Parcel	
LCL AGL (m)	166
LFC AGL (m)	5618
Lifted Index	0.1
CAPE CIN (J/kg)	78 -43
Wind and Hodograph	
RM Dir (°)	91
RM Spd (kn km/h)	39 73
Shear 0-1 km (kn)	20
Shear 0-6 km (kn):	12
SRH 0-1 km (m ² /s ²)	-106
SRH 0-3 km (m ² /s ²)	-65
Eff. Inflow HGT (b t)(m):	- -
RM Inflow SPD (b t)(kn):	- -
Composite Parameters	
SigTor:	0.0
SupComp:	-0.0
SHIP Index	0.0

Lat: 54.32 Lon: 9.33
station elevation: 46 m

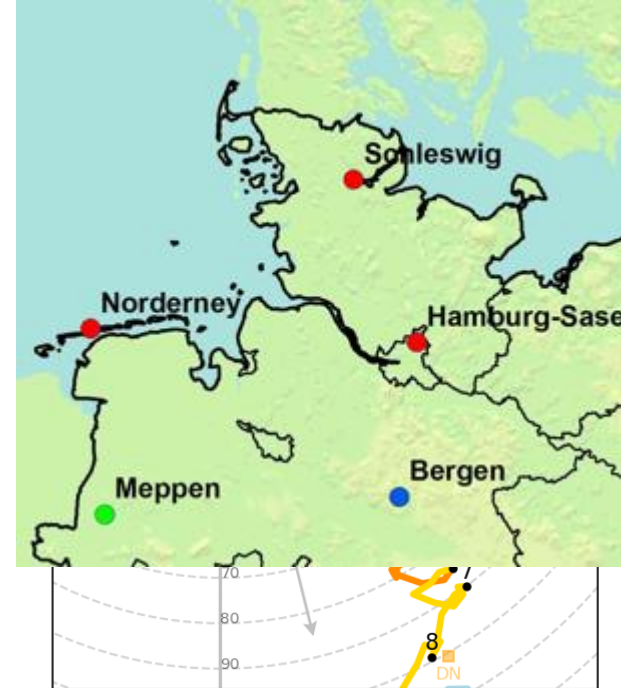
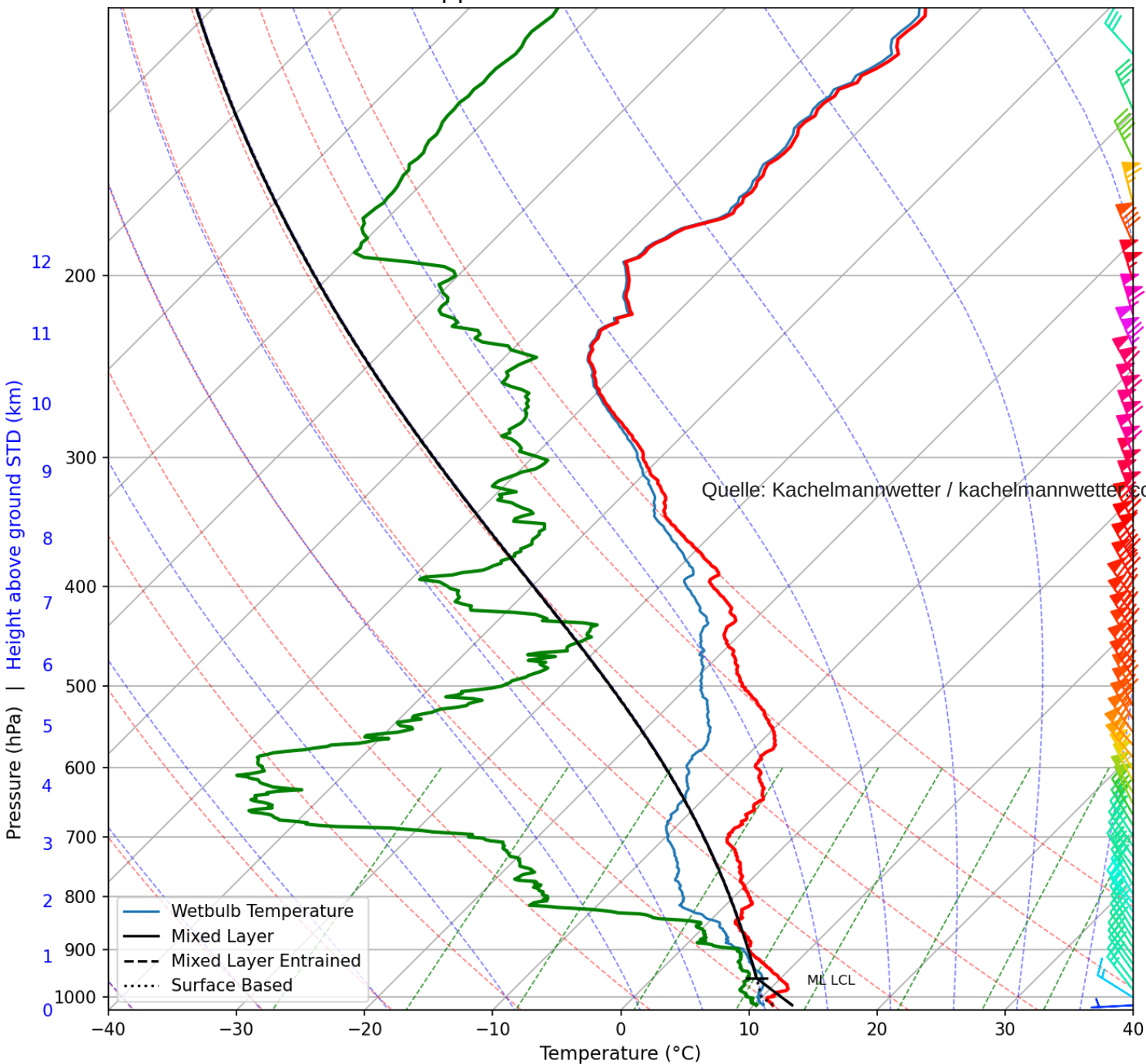
10238 Bergen-Hohne 24.09.26 00UTC



0°C AMSL (m):	2604
Total Totals	51.9
PWAT (mm)	24
DCAPE (J/kg)	86
Mixed Layer Parcel	
LCL AGL (m)	330
LFC AGL (m)	2789
Lifted Index	1.3
CAPE CIN (J/kg)	0 -71
ECAPE ECIN (J/kg)	0 -68
Surface Based Parcel	
LCL AGL (m)	163
LFC AGL (m)	-
Lifted Index	4.5
CAPE CIN (J/kg)	0 0
Wind and Hodograph	
RM Dir (°)	119
RM Spd (kn km/h)	41 75
Shear 0-1 km (kn)	26
Shear 0-6 km (kn):	55
SRH 0-1 km (m ² /s ²)	101
SRH 0-3 km (m ² /s ²)	117
Eff. Inflow HGT (b t)(m):	343 614
RM Inflow SPD (b t)(kn):	13 11
Composite Parameters	
SigTor:	0.0
SupComp:	0.3
SHIP Index	0.0

Lat: 52.49 Lon: 9.55
station elevation: 71 m

DE304 Meppen N52 43 E007 19 24.09.26 06UTC



0°C AMSL (m):	2197
Total Totals	33.4
PWAT (mm)	14
DCAPE (J/kg)	8
Mixed Layer Parcel	
LCL AGL (m)	515
LFC AGL (m)	1346
Lifted Index	10.3
CAPE CIN (J/kg)	1 -17
ECAPE ECIN (J/kg)	0 -13
Surface Based Parcel	
LCL AGL (m)	171
LFC AGL (m)	1346
Lifted Index	10.3
CAPE CIN (J/kg)	1 -40
Wind and Hodograph	
RM Dir (°)	166
RM Spd (kn km/h)	42 79
Shear 0-1 km (kn)	29
Shear 0-6 km (kn):	82
SRH 0-1 km (m ² /s ²)	152
SRH 0-3 km (m ² /s ²)	128
Eff. Inflow HGT (b t)(m):	- -
RM Inflow SPD (b t)(kn):	- -
Composite Parameters	
SigTor:	0.0
SupComp:	0.0
SHIP Index	0.0

Lat: 52.43 Lon: 7.19
station elevation: 19 m