

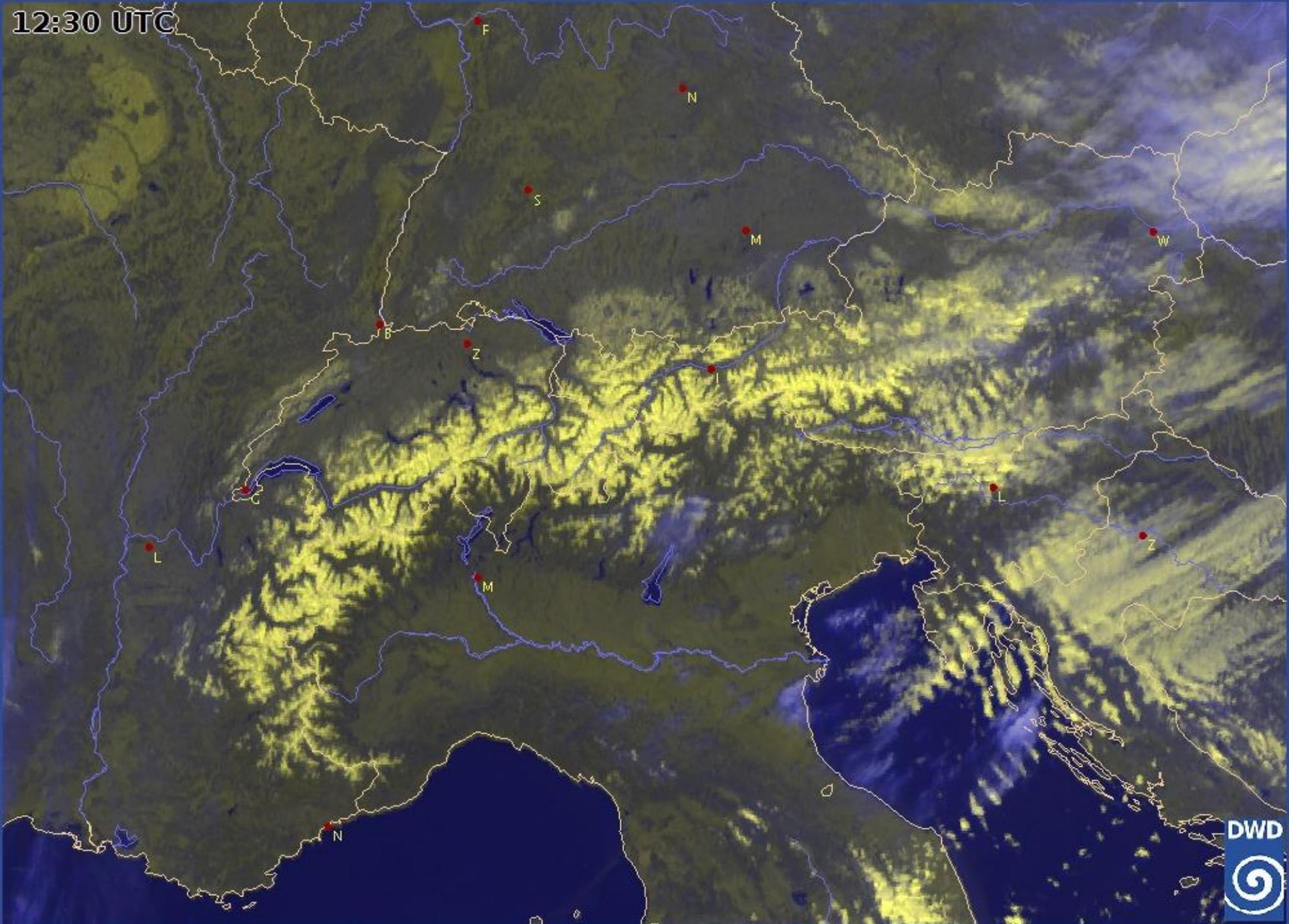
# **Ergänzende Bemerkungen zu Thermikwellen**

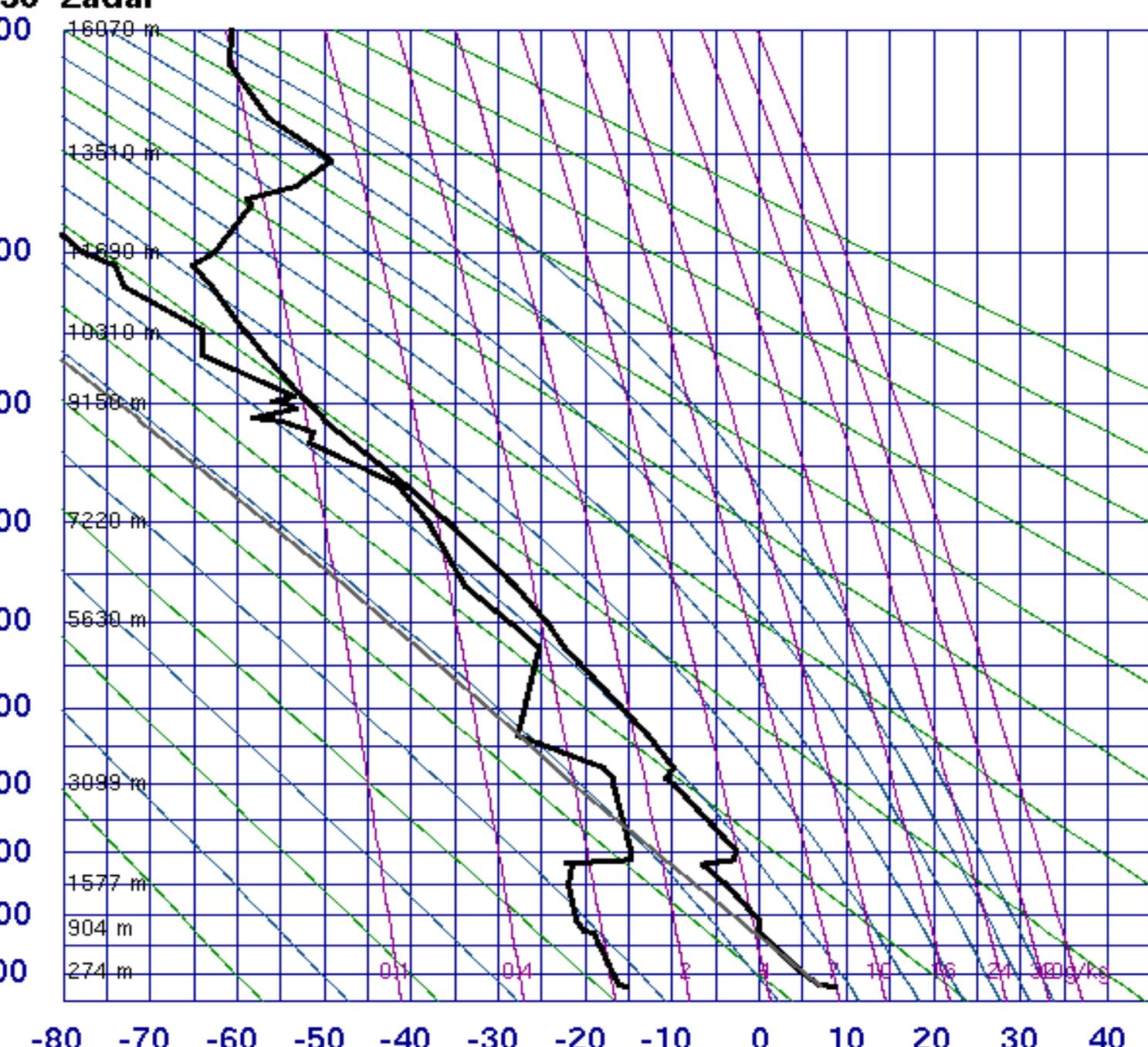
**Schwingungen vielfältig**

# Some common features of Thermal Waves

Oscillations of different kind

12:30 UTC



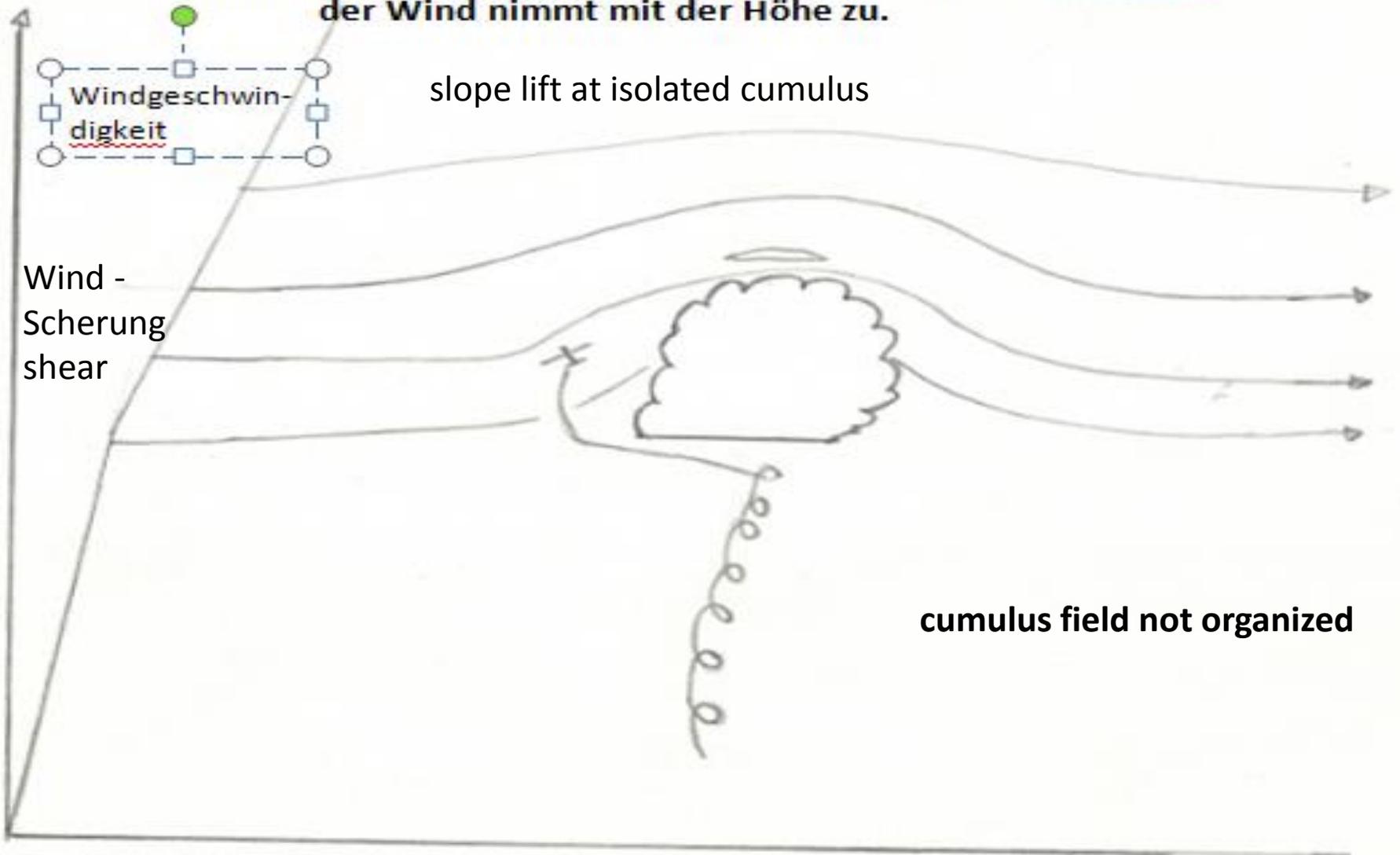


|  |      |       |
|--|------|-------|
|  | SLAT | 44.10 |
|  | SLON | 15.34 |
|  | SELV | 79.00 |
|  | SHOW | 15.89 |
|  | LIFT | 18.16 |
|  | LFTV | 18.24 |
|  | SWET | 89.36 |
|  | KINX | -8.30 |
|  | CTOT | 2.60  |
|  | VTOT | 20.60 |
|  | TOTL | 23.20 |
|  | CAPE | 0.00  |
|  | CAPV | 0.00  |
|  | CINS | 0.00  |
|  | CINV | 0.00  |
|  | EQLV | -9999 |
|  | EQTV | -9999 |
|  | LFCT | -9999 |
|  | LFCV | -9999 |
|  | BRCH | 0.00  |
|  | BRCV | 0.00  |
|  | LCLT | 252.1 |
|  | LCLP | 706.4 |
|  | MLTH | 278.4 |
|  | MLMR | 1.02  |
|  | THCK | 5356. |
|  | PWAT | 6.22  |

24 Feb 2019

University of Wyoming

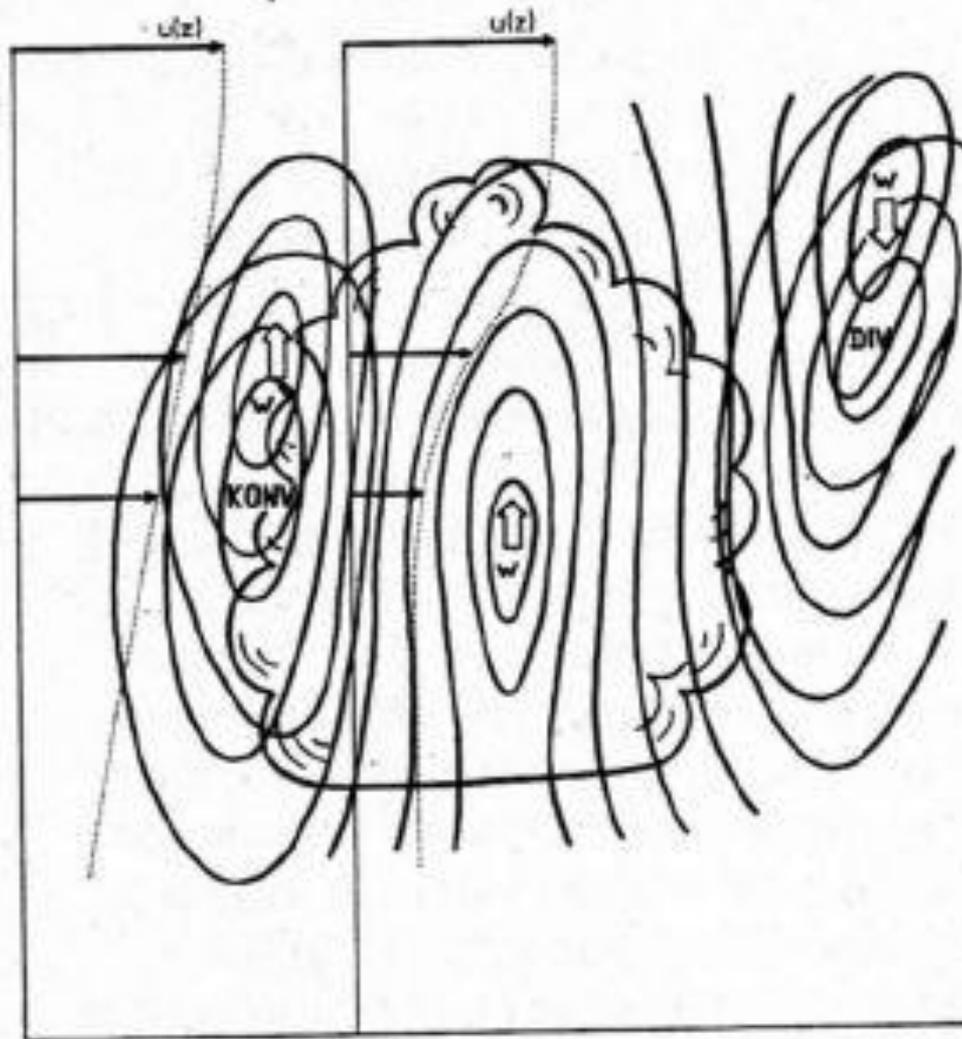
**Abb.1 Thermikwelle - Hangaufwind am isolierten Cumulus  
der Wind nimmt mit der Höhe zu.**



slope lift at isolated cumulus

Wind -  
Scherung  
shear

cumulus field not organized

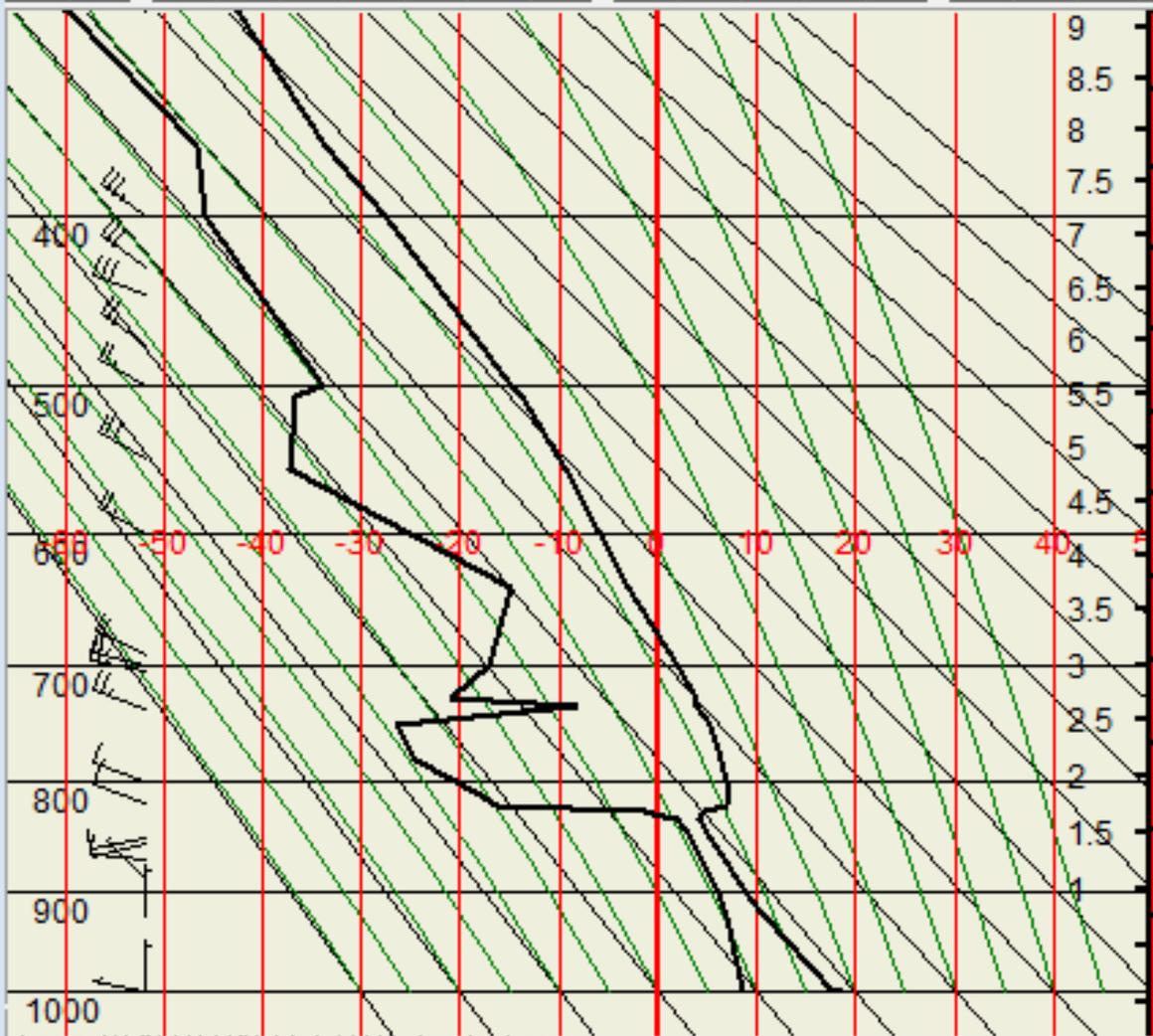


**Figure 4**  
Model of thermal wave surrounding a cumulus cloud. Vertical velocities,  $w$ , and convergence and divergence pattern are indicated. The vertical profiles of the horizontal wind inside and outside the cloud are also shown.

**cloud street/wave  
pattern 2nd Sept. 2011**

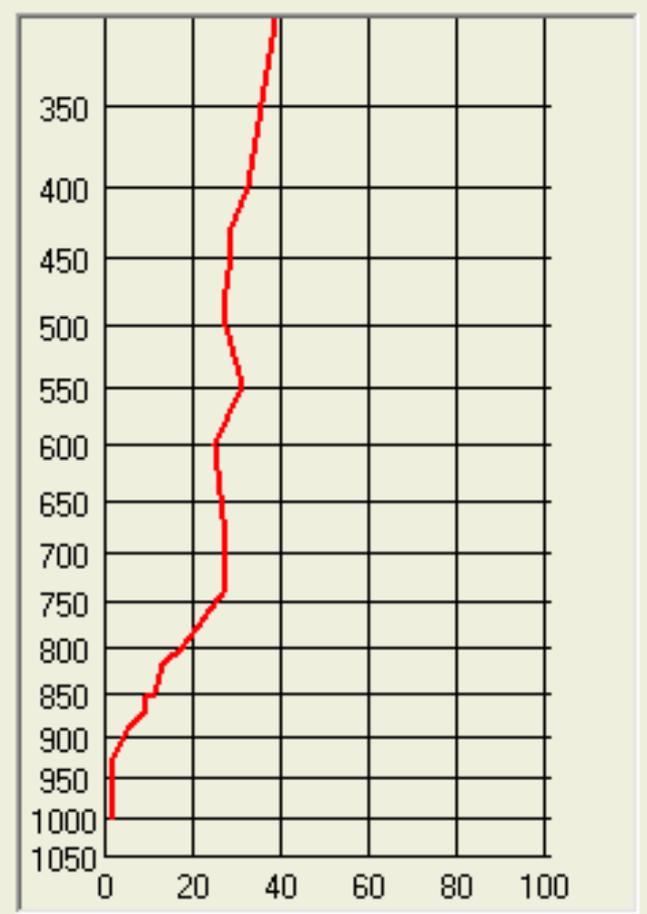


TEMP - Diagramm



Temp 10393 02.09.11 12 UTC Lindenberg

Temp 10393 02.09.11 12 UTC Lindenberg



Profilart:

Element:

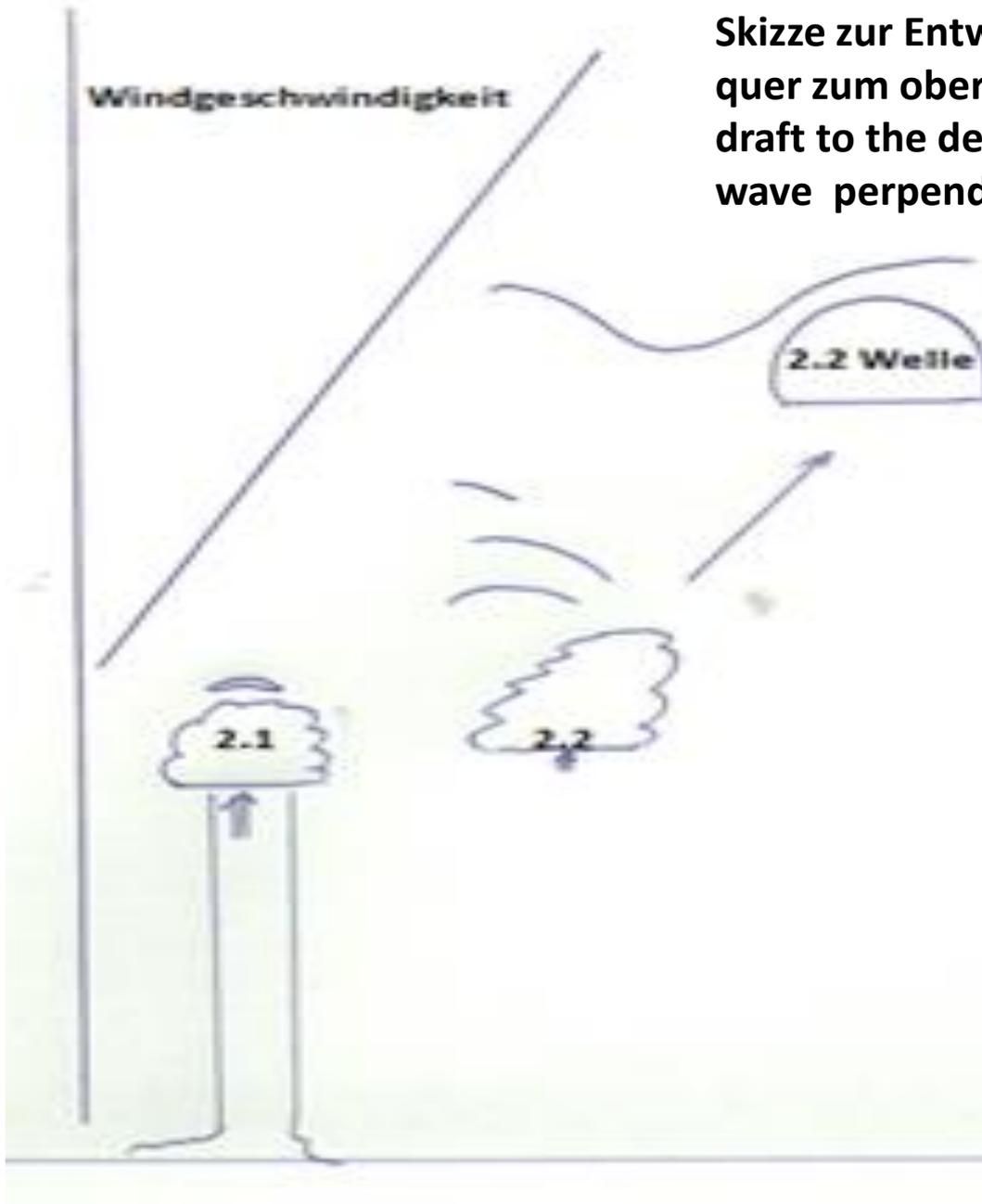
Profil:

2nd Septembe 2011r



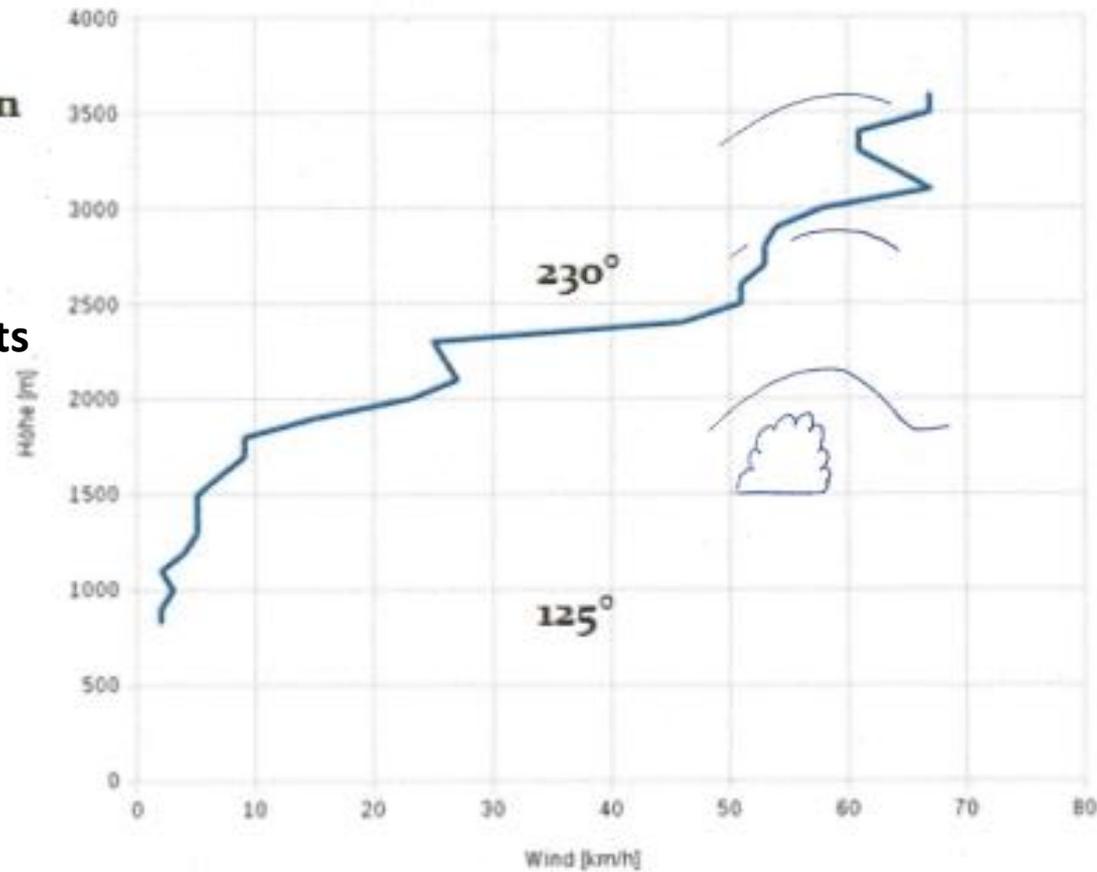
Carsten Lindemann 2018

Skizze zur Entwicklung der Thermikwelle  
quer zum oberen Wind am 19.6.2012 /  
draft to the development of thermal  
wave perpendicular to upper wind



**Flugmessungen  
ASH25 SL am  
19. Juni. 2012  
nachmittags**

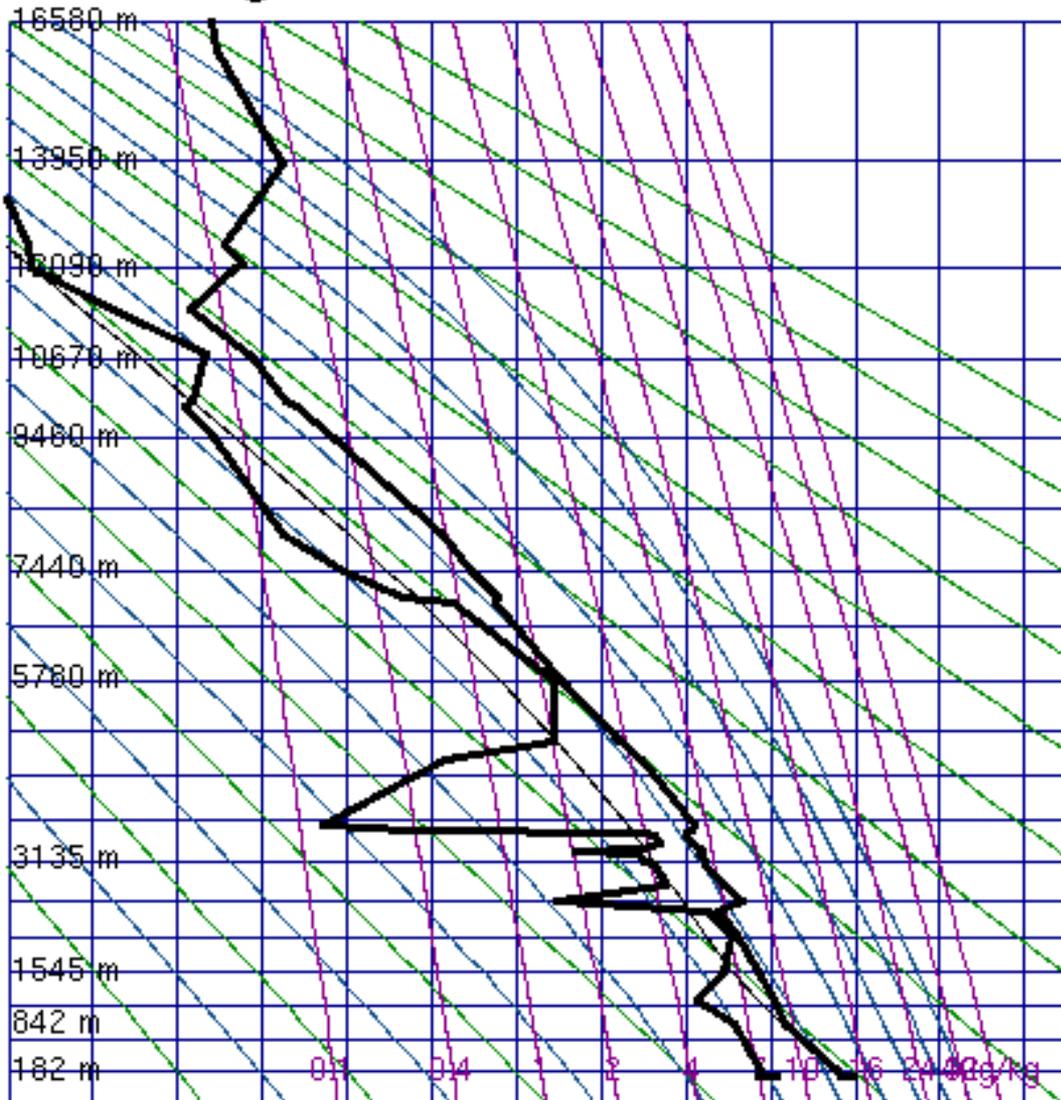
**Glider measurements  
of wind**



**0,008/s  
wind shear**

# 10393 Lindenberg

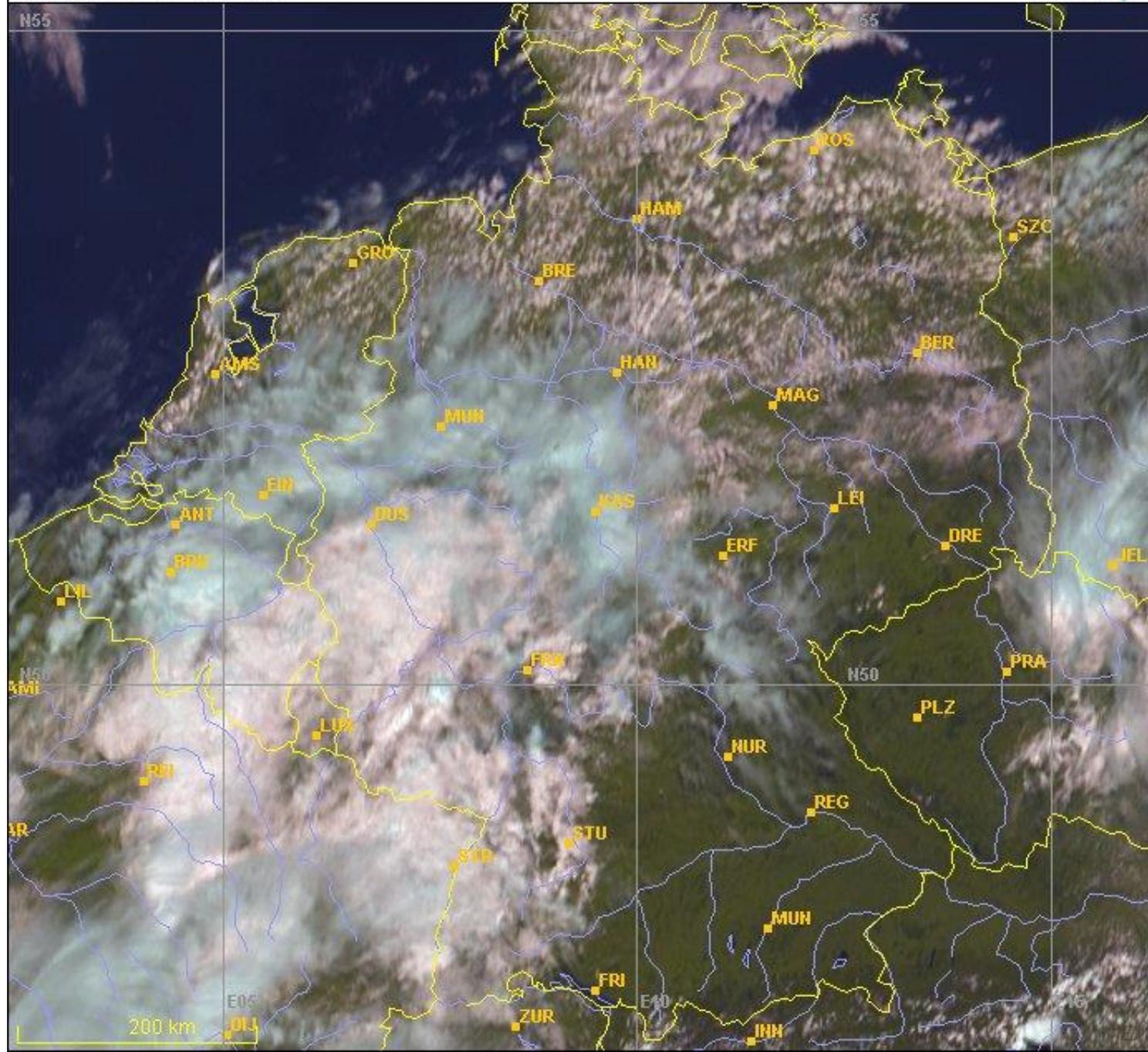
100



|      |       |
|------|-------|
| SLAT | 52.21 |
| SLON | 14.11 |
| SELV | 115.0 |
| SHOW | 5.88  |
| LIFT | 7.34  |
| LFTV | 7.49  |
| SWET | 113.0 |
| KINX | 20.30 |
| CTOT | 18.90 |
| VTOT | 22.90 |
| TOTL | 41.80 |
| CAPE | 0.00  |
| CAPV | 0.00  |
| CINS | 0.00  |
| CINV | 0.00  |
| EQLV | -9999 |
| EQTV | -9999 |
| LFCT | -9999 |
| LFCV | -9999 |
| BRCH | 0.00  |
| BRCV | 0.00  |
| LCLT | 279.2 |
| LCLP | 865.2 |
| MLTH | 291.0 |
| MLMR | 6.87  |
| THCK | 5598. |
| PWAT | 22.95 |

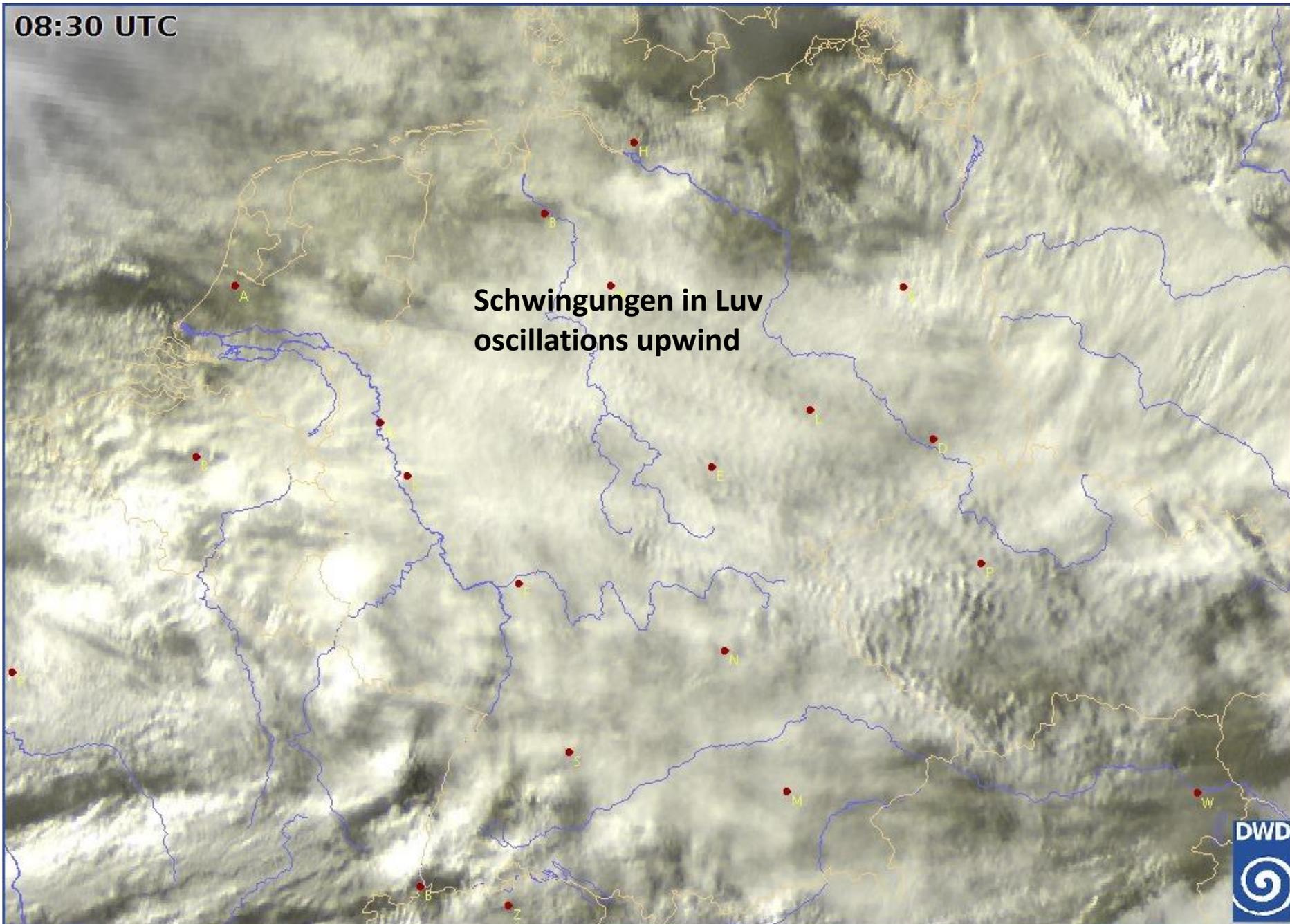


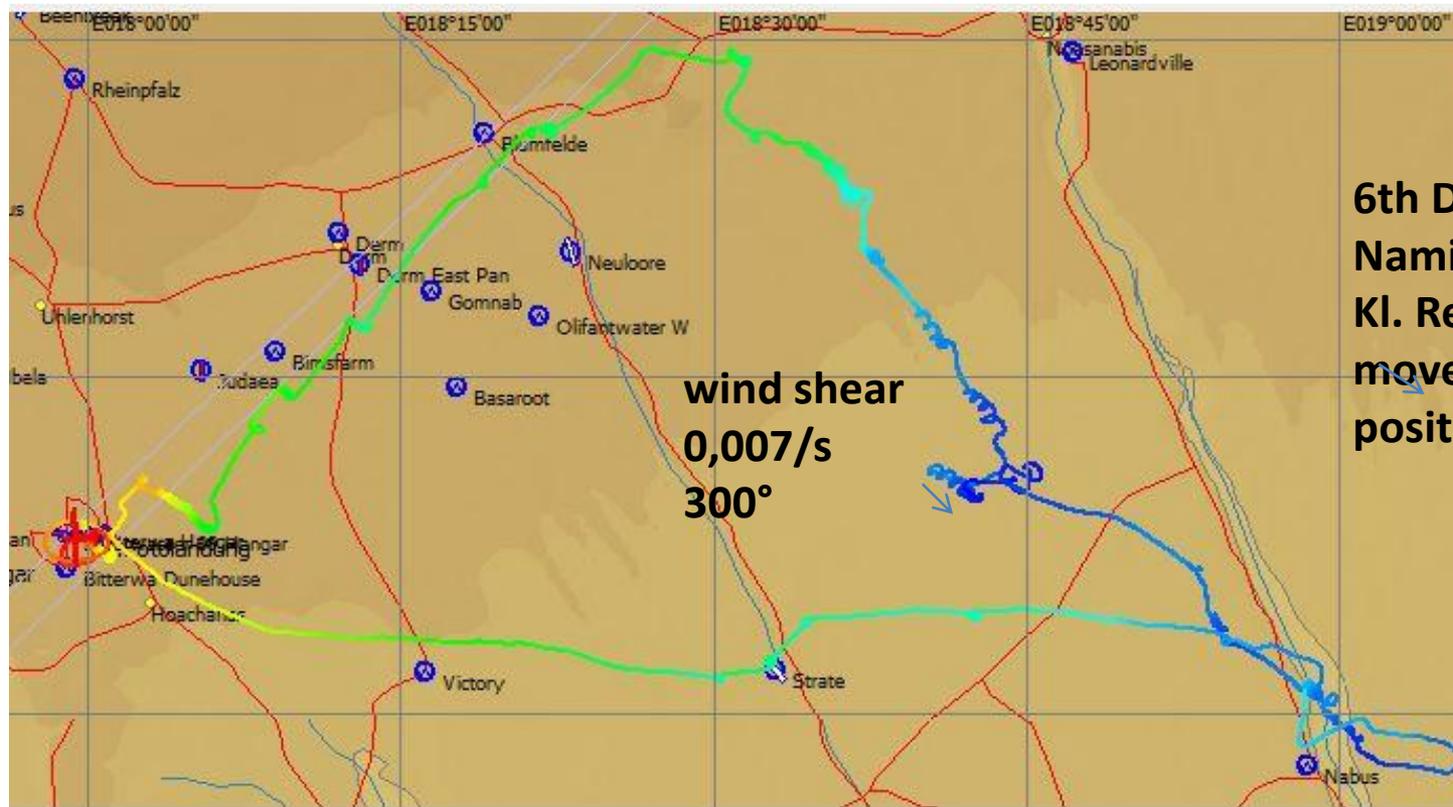
Carsten Lindemann 2018



08:30 UTC

Schwingungen in Luv  
oscillations upwind



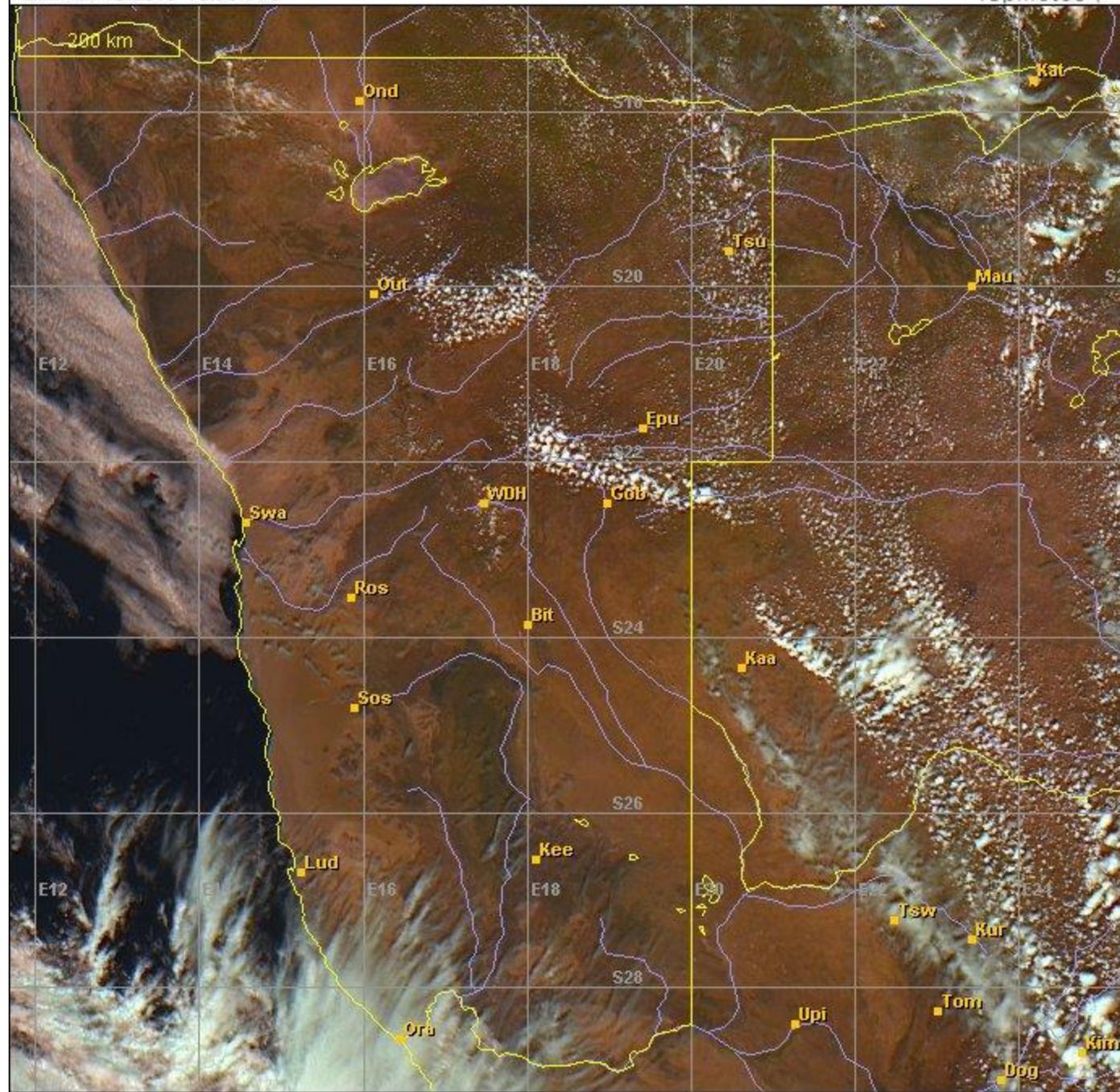


wind shear  
0,007/s  
300°

6th Dec. 2018  
Namibia – Arcus  
KI. Reinhold –  
movement of climb  
position ~ 9 m/s

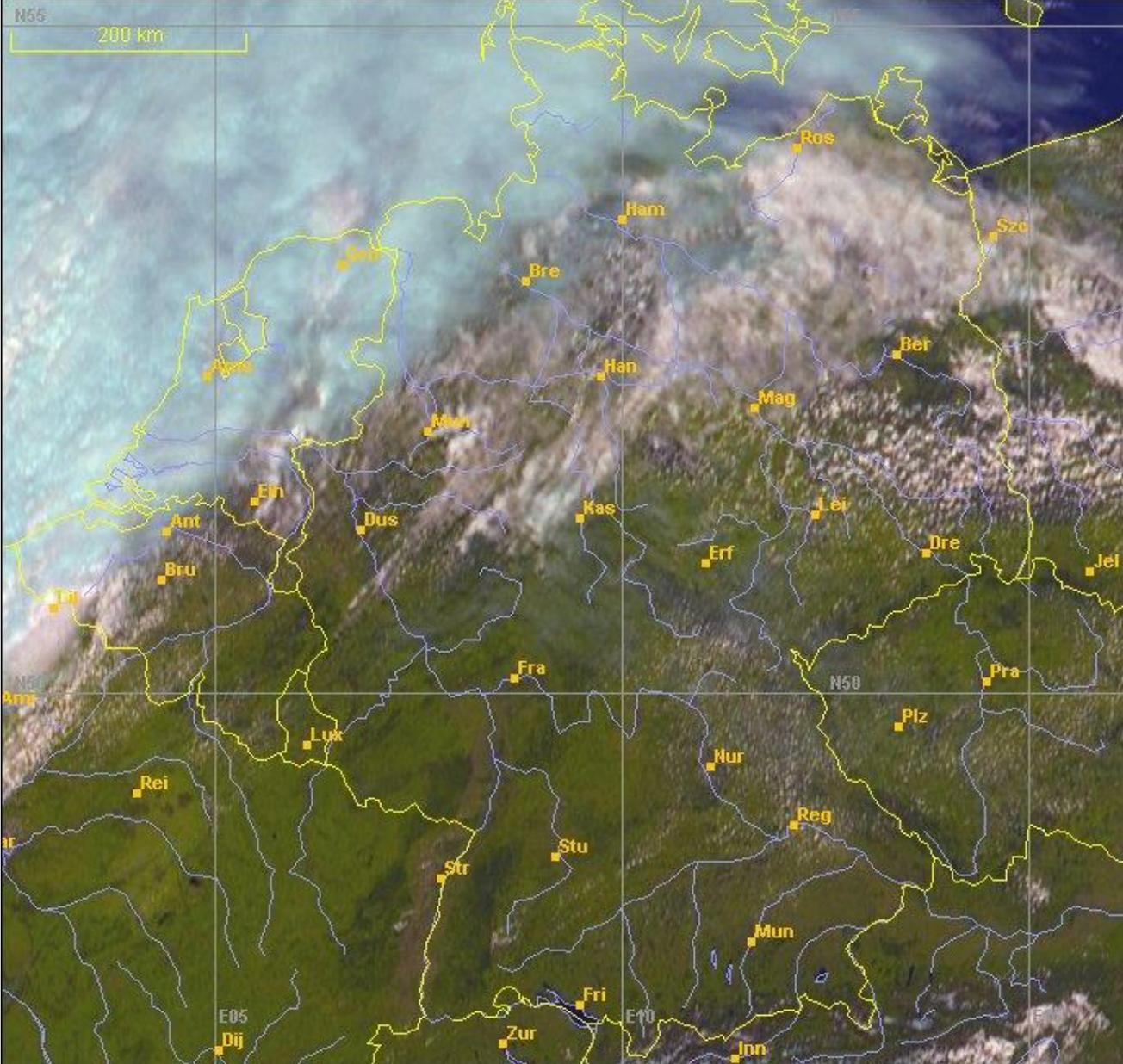
| d. | dt | dH | Mittl. S... | Mittl.Ge... | mitUm... | Gleitzahl | Dist.Aufg. | Vt | Vm       | L/D Ziel | V  |
|----|----|----|-------------|-------------|----------|-----------|------------|----|----------|----------|----|
|    |    |    |             |             |          |           | 2,2km      |    | 74,1km/h | 0,0      | 26 |



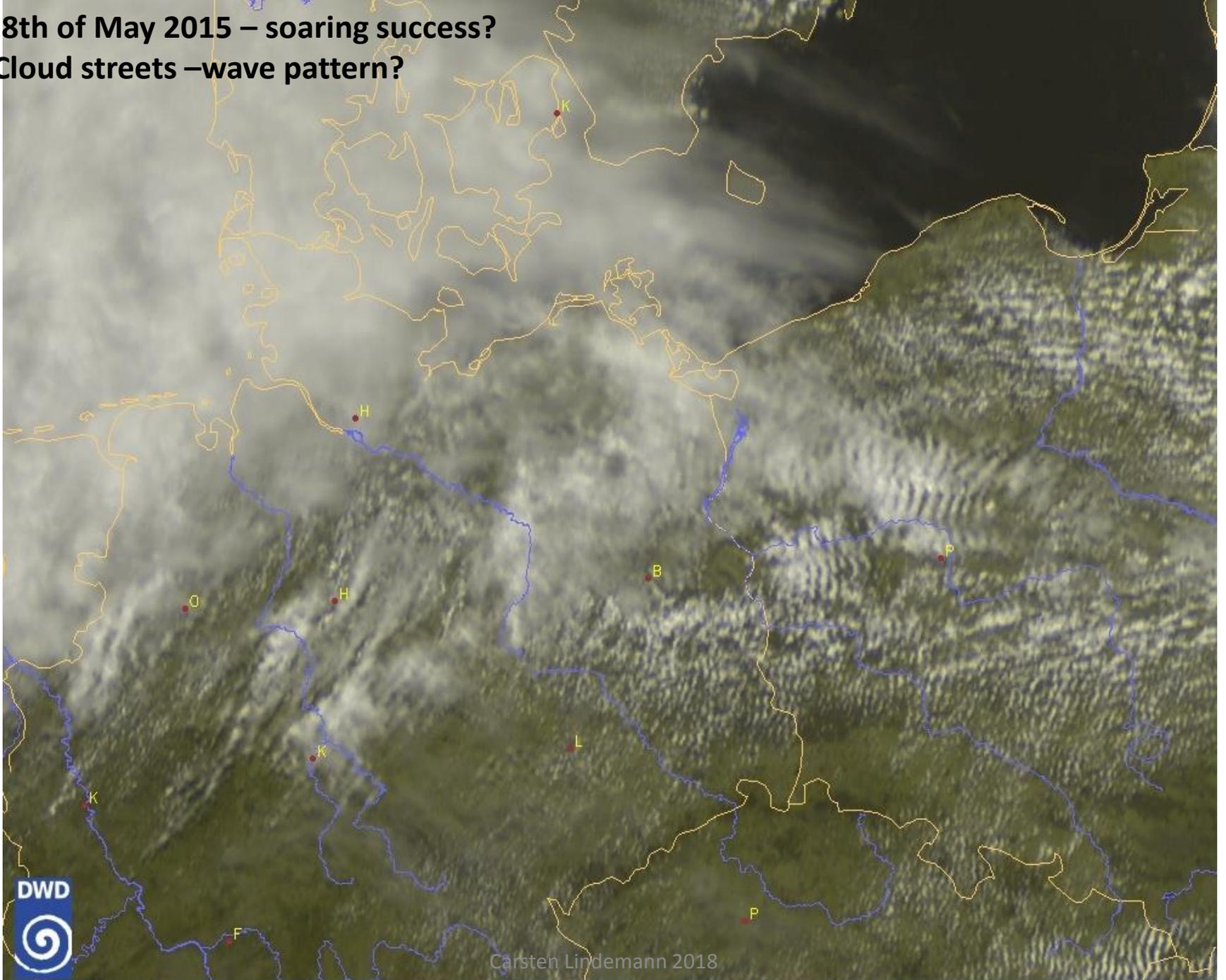


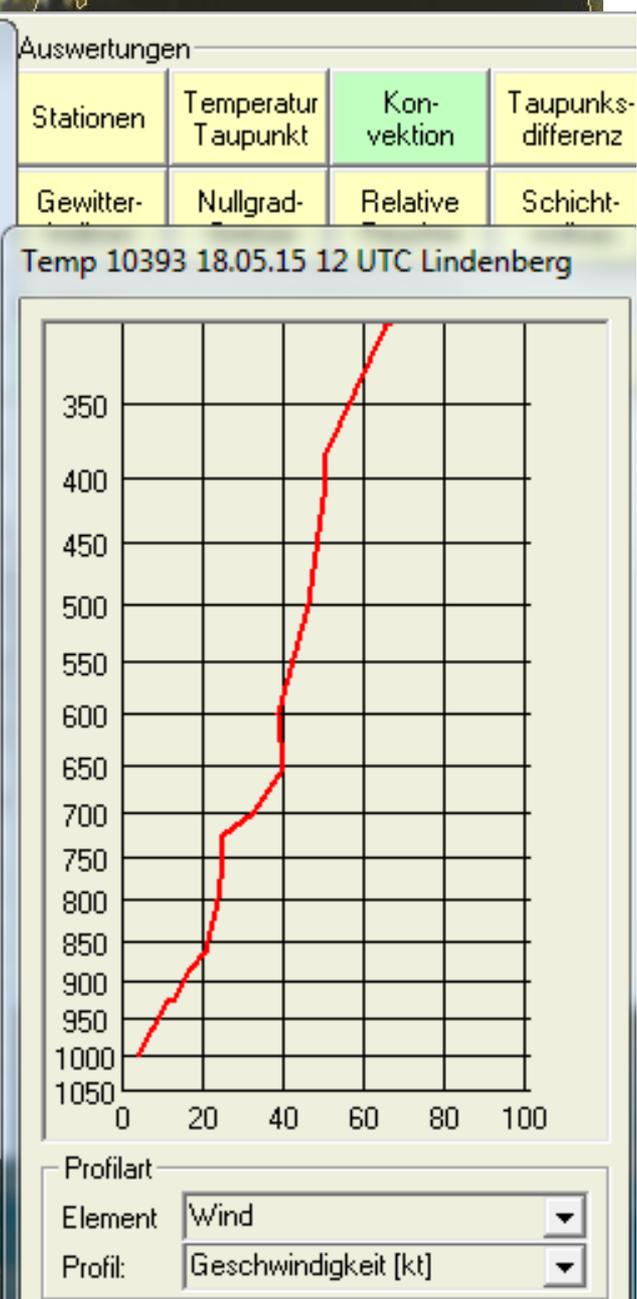
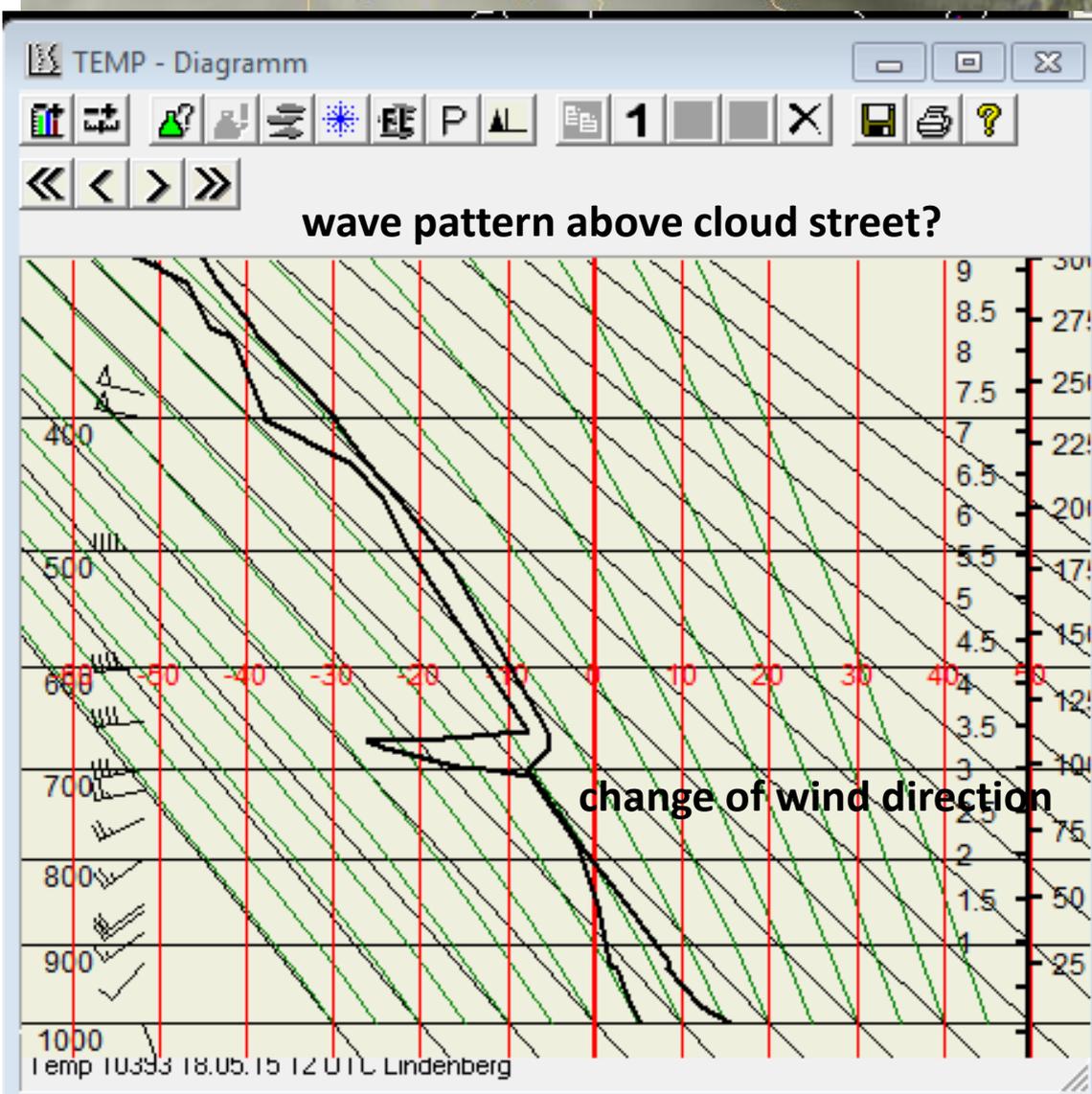
Meteosat Visible (high resol.) picture  
valid: 18-05-2015 12:00 UTC

©2015 TopMeteo.eu, EUMETSAT



# 18th of May 2015 – soaring success? Cloud streets – wave pattern?





# Wolkenstraßen und/oder Thermikwellen

18.5.2015 – nur normale Thermikflüge, aber.....

die Analyse der Bilder lässt folgende Schlüsse zu: / Analysis

Südlich von Berlin Wolkenstraßen \_ cloud streets south of Berlin

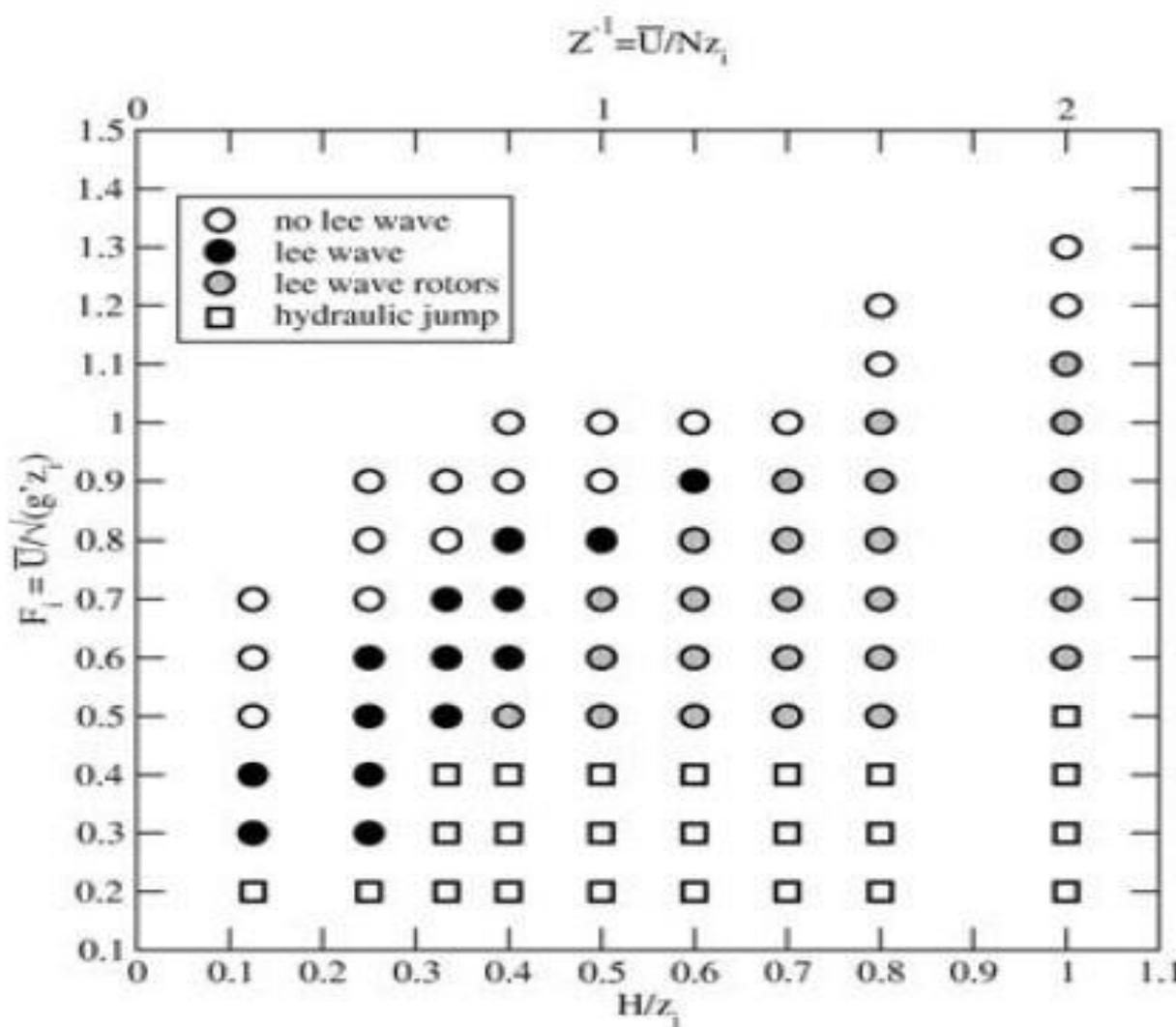
Östlich von Berlin Wellen – in welcher Höhe? \_ waves east of Berlin

Die Windscherung beträgt um die jeweilige Inversion/ wind shear near inversion at different soundings

|            |                |          |
|------------|----------------|----------|
| Bergen     | 6,5 kts/1000 m | 0.0033/s |
| Lindenberg | 6,9 kts/1000 m | 0.0035/s |
| Legionowo  | 8,5 kts/1000 m | 0.0042/s |

Oft dominiert die Wolkenstraße, Wellen orientieren sich ggf. dran.  
Bei höherer Bedeckung s. Bild scheinen die Wellen mangels  
Cumulusbildung vorzuherrschen.

Cloud streets mostly dominate – if the cloud cover is too large for  
cumulus development, wave clouds are preferred.



### Welche Zahlen haben wir?

- Stabilität: °C/100 m
- Inversionshöhe\* m
- Scherung: m/s/m > 1/s  
z.B. 10m/s/1000 m = 0,01/s
- Höhenbereich der Scherung m
- Mittelwind m/s
- Aufwind m/s
- Wolkenstraßenparameter ?

### Numbers to combine:

- Stability °C/1000 m
- Inversion level m
- Shear value 1/s
- Mean wind m/s
- Lift m/s
- Cloud street parameter

Figure 4. A flow regime diagram showing the  $F_i$  and  $H/z_i$  dependence of the flow in the 2-D simulations.

$$F_i = U/gz_i, Z = Nz_i / U \text{ and } H/z_i, (1)$$

where  $U$  is the upstream geostrophic wind speed,

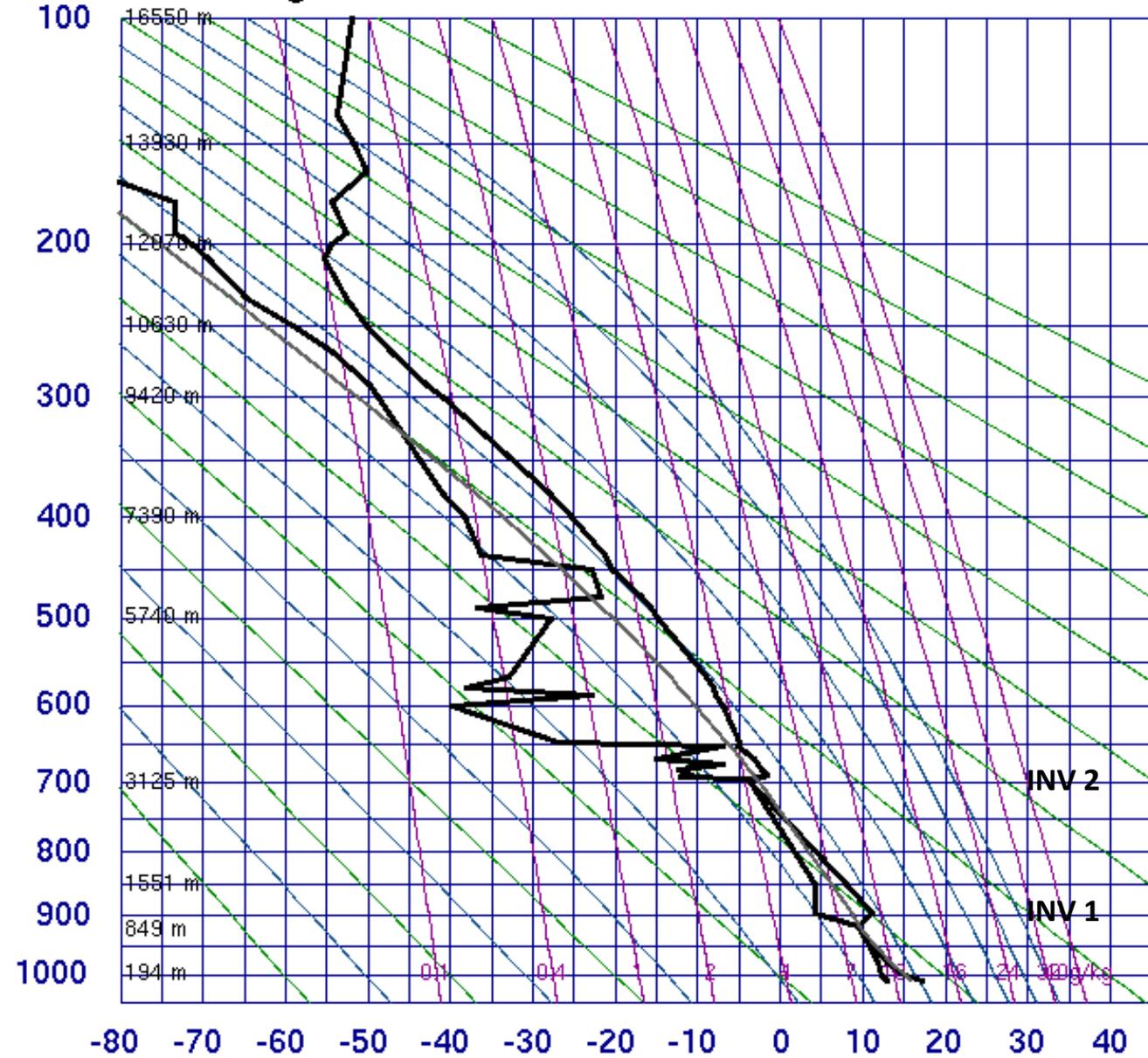
$z_i$  is the height of the inversion,  $g = g\vartheta/\vartheta_0$  is the

reduced gravity,  $\vartheta_0$  being the potential temperature (Sheridan/Vosper 2005)

# Cumulus field connected to wave clouds? Picture by U. Prieß

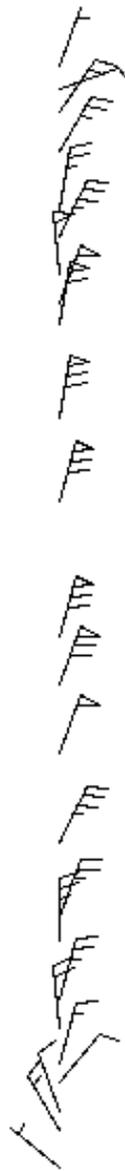


# 10393 Lindenberg



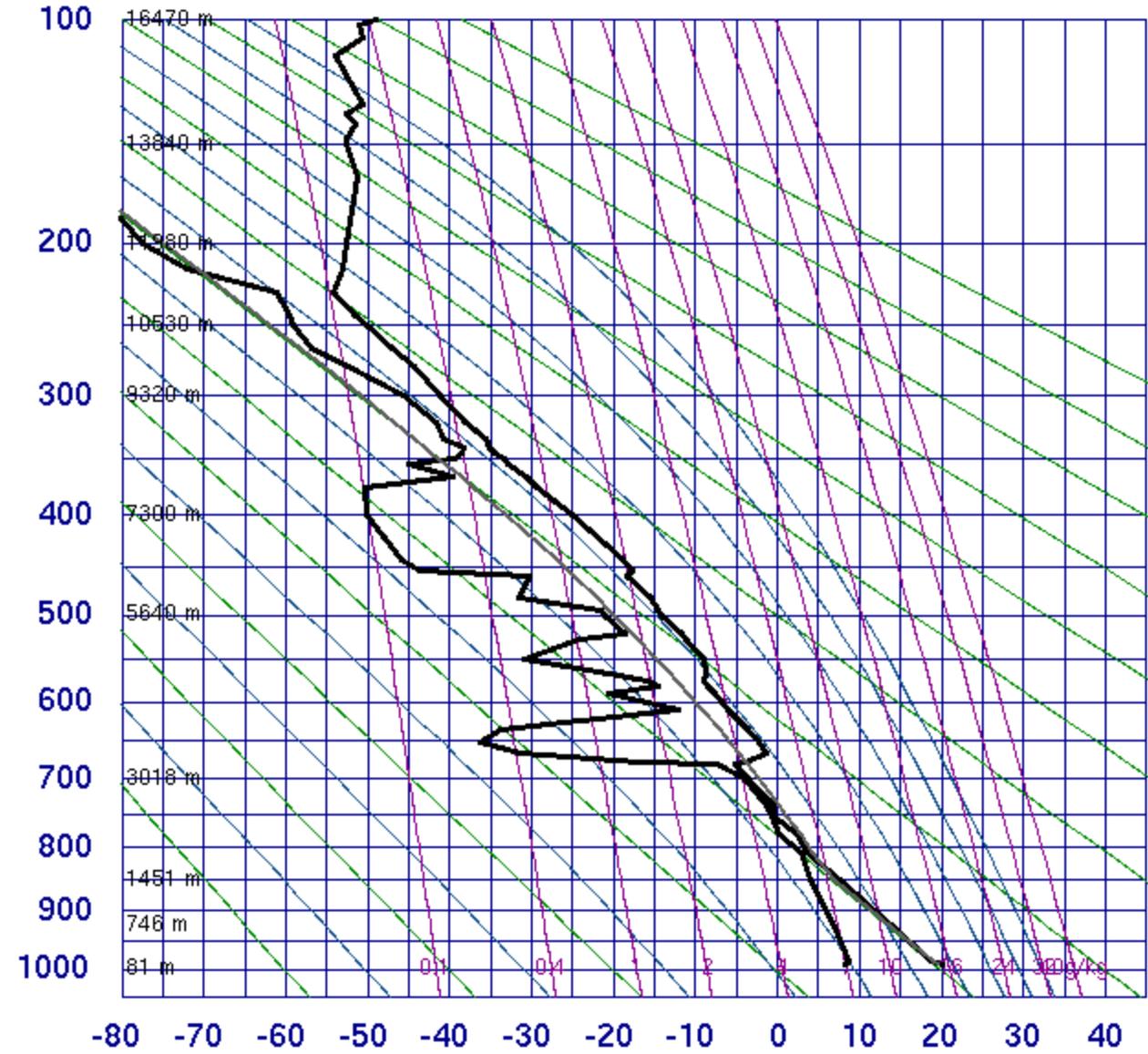
12Z 26 Jun 2018

University of Wyoming



|      |       |
|------|-------|
| SLAT | 52.21 |
| SLON | 14.12 |
| SELV | 112.0 |
| SHOW | 6.03  |
| LIFT | 5.56  |
| LFTV | 5.45  |
| SWET | 129.3 |
| KINX | 27.00 |
| CTOT | 19.00 |
| VTOT | 22.70 |
| TOTL | 41.70 |
| CAPE | 11.75 |
| CAPV | 13.85 |
| CINS | -0.32 |
| CINV | -0.20 |
| EQLV | 693.5 |
| EQTV | 693.1 |
| LFCT | 939.2 |
| LFCV | 941.3 |
| BRCH | 0.30  |
| BRCV | 0.35  |
| LCLT | 284.4 |
| LCLP | 954.8 |
| MLTH | 288.2 |
| MLMR | 8.91  |
| THCK | 5546. |
| PWAT | 23.88 |

# 10410 EDZE Essen



|      |       |
|------|-------|
| SLAT | 51.40 |
| SLON | 6.96  |
| SELV | 153.0 |
| SHOW | 7.05  |
| LIFT | 5.78  |
| LFTV | 5.76  |
| SWET | 126.9 |
| KINX | 25.30 |
| CTOT | 18.20 |
| VTOT | 21.70 |
| TOTL | 39.90 |
| CAPE | 51.12 |
| CAPV | 58.81 |
| CINS | -15.2 |
| CINV | -11.1 |
| EQLV | 677.0 |
| EQTV | 675.6 |
| LFCT | 825.3 |
| LFCV | 828.8 |
| BRCH | 1.22  |
| BRCV | 1.41  |
| LCLT | 279.2 |
| LCLP | 841.3 |
| MLTH | 293.4 |
| MLMR | 7.09  |
| THCK | 5559. |
| PWAT | 21.29 |

12Z 07 Jul 2011

University of Wyoming

7. Juli 2011

Lindenberg CKN 1000m  
unten 245° 7Kts. Max  
oben 270° 39 kts max  
in 4000m *WS > THW*

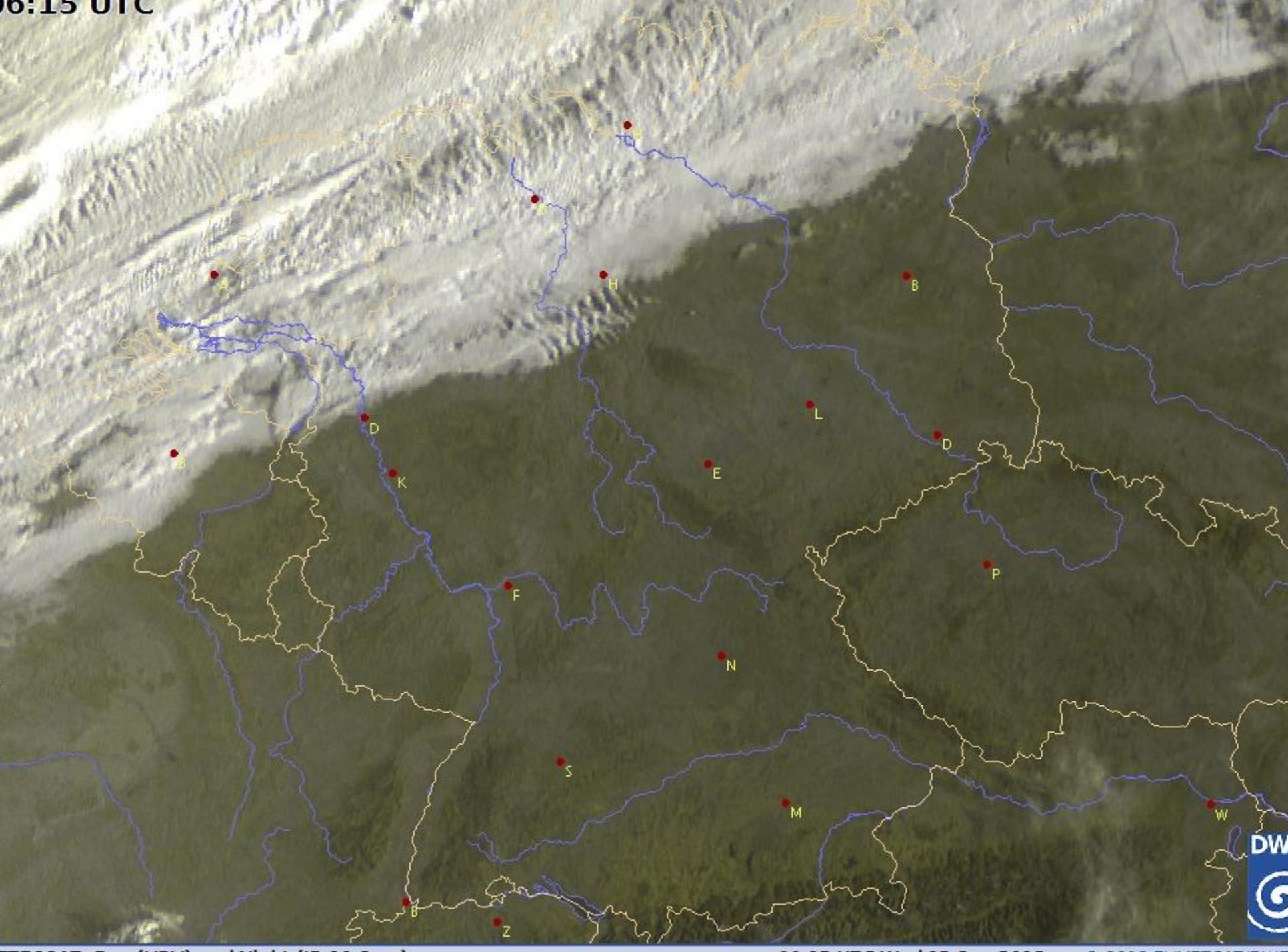
Bergen CKN 1900 Inv  
unten 140° 6 > 195° 15 kts  
oben 220° 35 kts max 3500m >> *WS > THW*

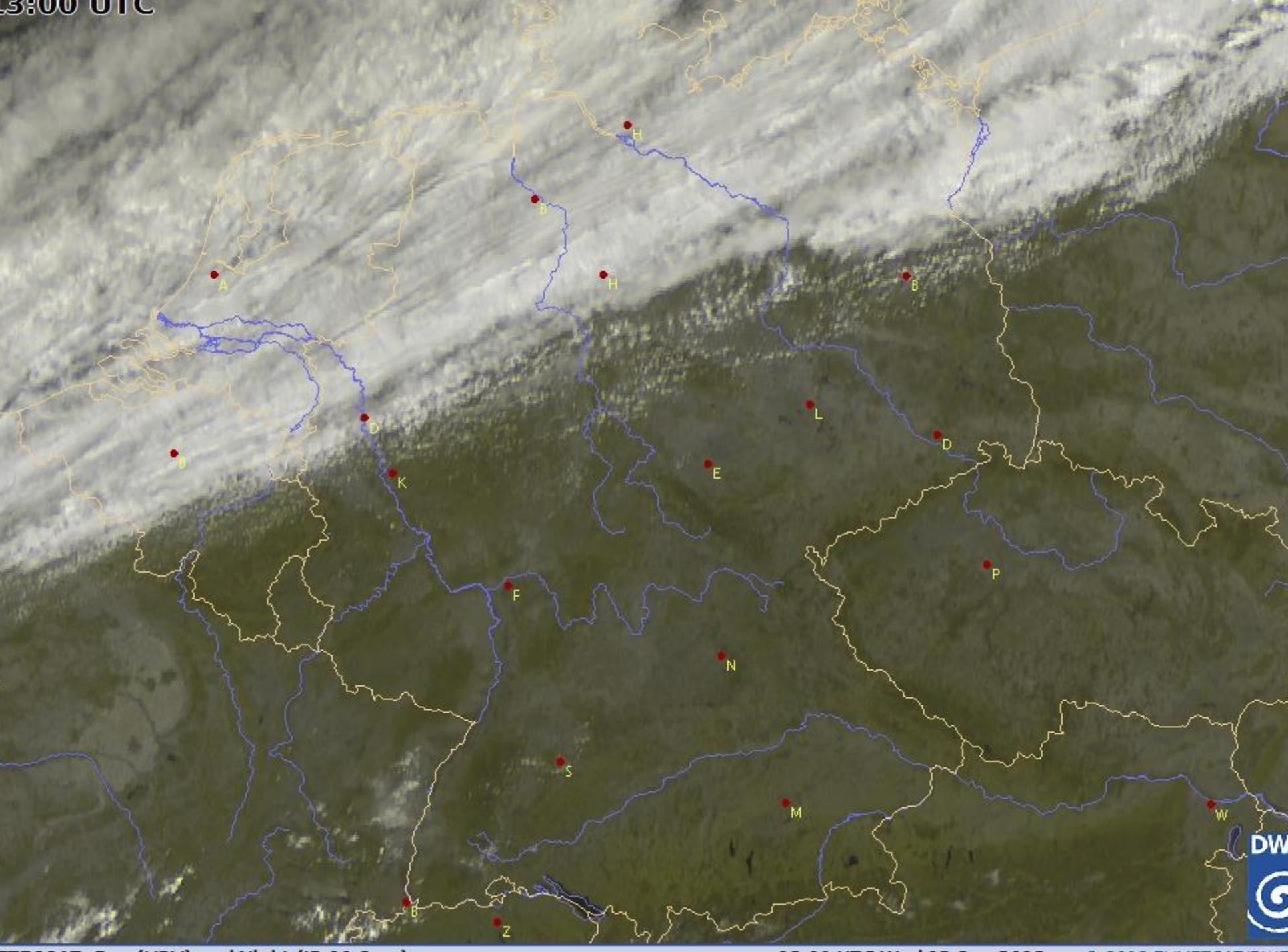
Idar-O. CKN 1800, Inv 2700,  
unten 225° max 16  
oben 225° 54 kts max 4300m >> *LW*

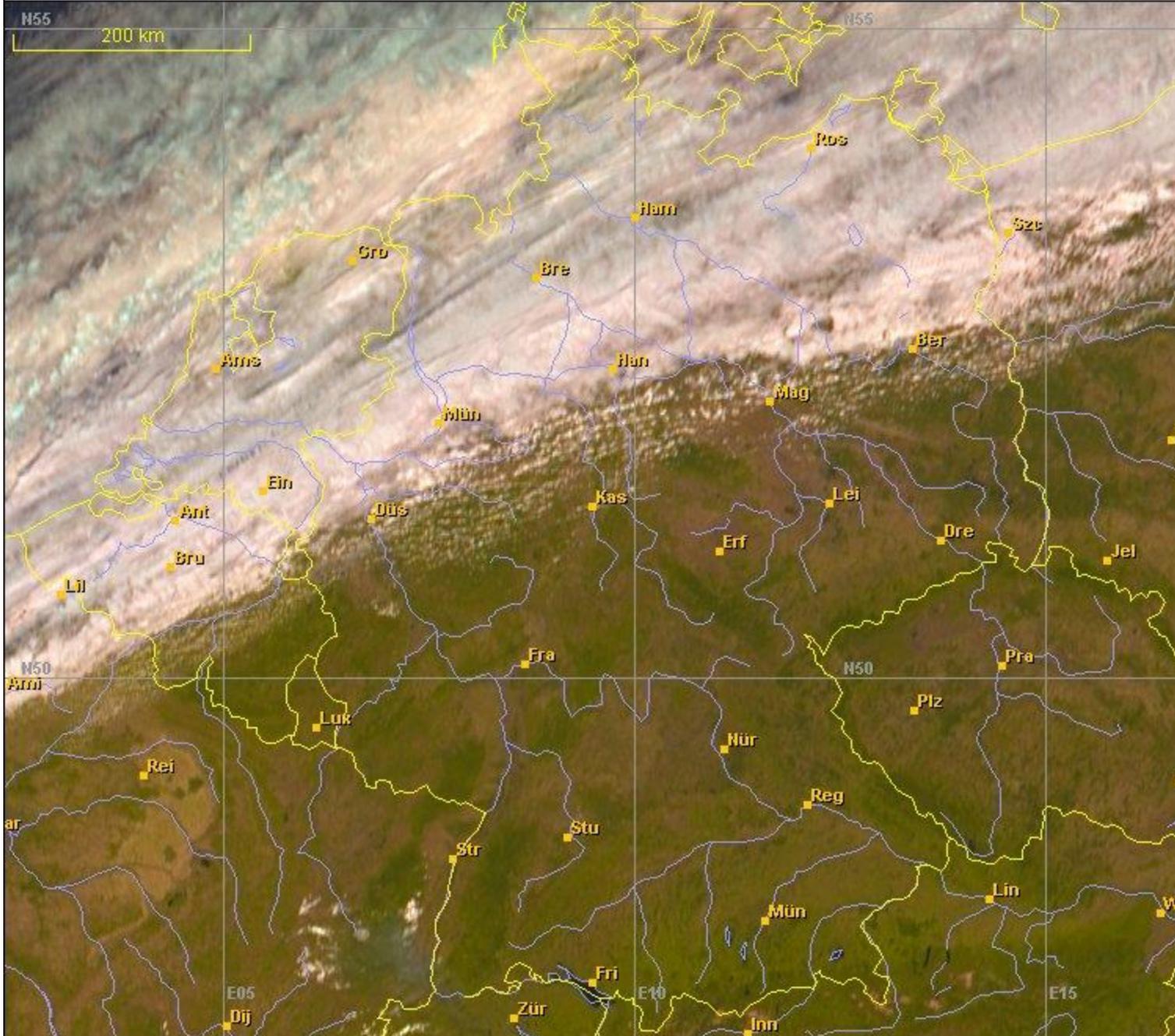
Stuttgart CKN 1400 Inv 1800  
unten schwach > 195° 6 max  
oben 230° 45 max 3200m  
*LW > THW?*



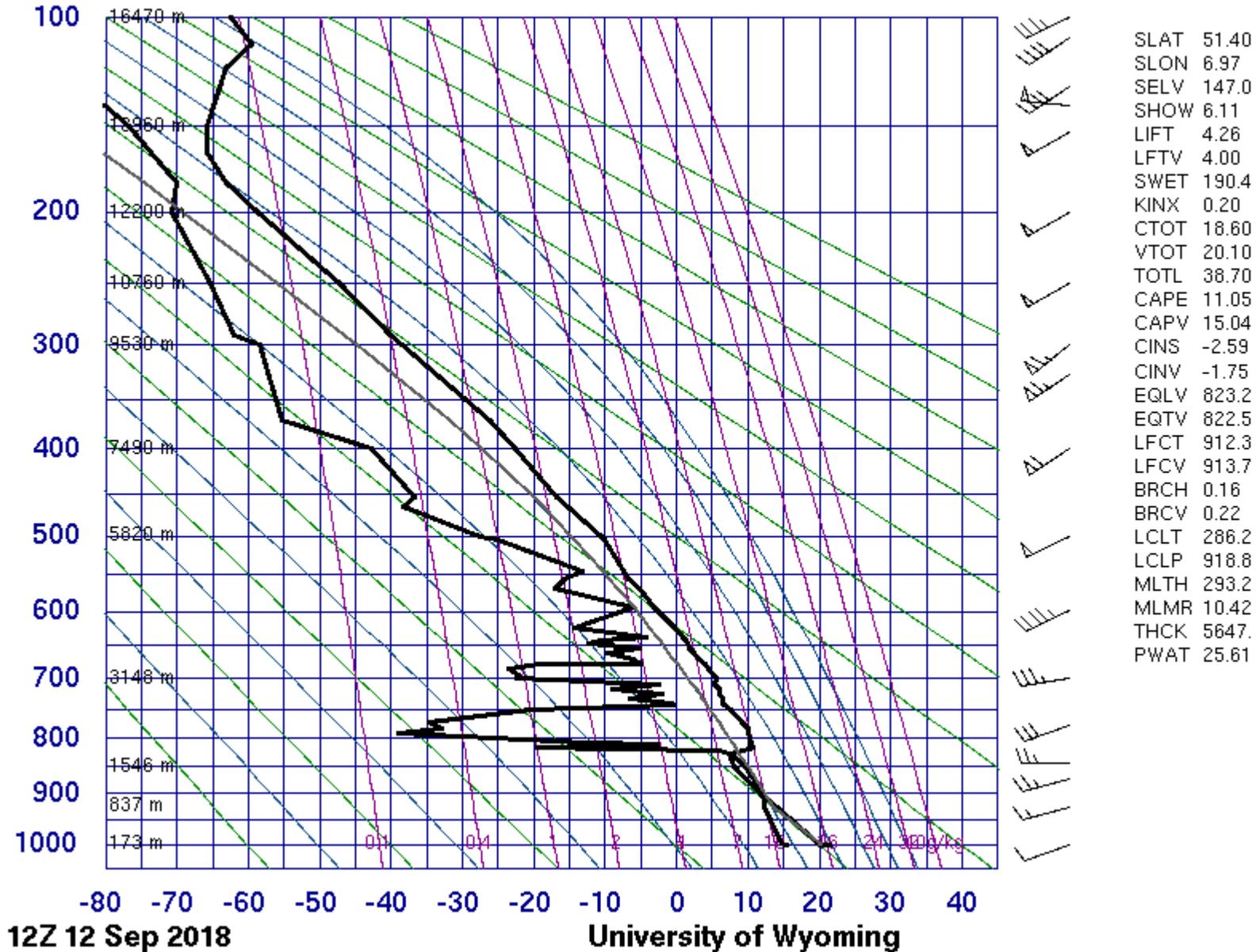
06:15 UTC







# 10410 EDZE Essen



Schwaches Wolkenstraßenwindprofil – gutes Leewellenprofil

## **Zusammenfassung – vorläufig**

**Und die Frage nach der Auslösung:**

**Ein isolierter Aufwind am einfachsten mit Kumuluswolken stößt in eine stabile Schicht mit höherer Windgeschwindigkeit hinein. Er kann einen laminaren Aufwind auf der Luvseite erzeugen – und den Abwind auf der Leeseite.**

**Aufwinde stoßen in eine *schwingungsfähige* Schicht hinein – Aufreihungen z.B. von Cumuli senkrecht zum Wind werden gebildet.**

**Die untere Troposphäre - selbst schwingungsfähig – erzeugt Wellen ohne äußere Auslösung. Darunter kann im Konvektionsraum Thermik erzeugt werden, die keinen Kontakt zu den Schwingungen bekommt. Häufig sind dann 2 Inversionen vorhanden - wenn Kontakt dann s.o.**

# Conclusions - preliminary

## Trigger?

An isolated updraft preferably with cumulus cloud penetrates into a stable layer with higher wind speed and positive vertical shear. A laminar flow system will be installed.

At low wind speeds in the convection layer topped by a layer which can oscillate to a higher level, clouds streets can form perpendicular to the upper wind.

At cloud street conditions below a laminar updraft and downdraft field is connected to the cloud streets mostly independant of the upper wind direction.

Is a lee wave system active, the mountains fix the field.

# **Die Bewegung der Wellen**

**Luvwellen am isolierten Cumulus werden mit dem Wind fortgetragen - in etwa mit der Windgeschwindigkeit in mittlerer Höhe des Konvektionsraumes.**

**Die Fortbewegung eines Wellenfeldes (Wellenwolken quer zum Wind) ist noch unklar. Piloten fliegen entlang der Wellenwolken und haben bei breiteren Aufwindfeldern noch keine eindeutige Bewegung festgestellt. Satellitenbilder alle 15 Minuten reichen dazu nicht aus.**

**Bei Wellen luvwärts von eindeutigen Leewellen könnte man sich vorstellen, dass die Leewelle selbst die Wellen in Luv „festhält“.**

# movements of thermal waves

Waves at isolated cumulus will be moved with the cumulus cloud until the cloud itself will vanish – speed is about average convection layer value.

Wave fields connected to cloud streets will certainly be moved, but how is not quite clear.

There seem to be not sufficient data from gliders.

An update rate of satellite pictures of about 15 minutes interval is not enough.

## Thermal Waves:

Thermal convection topped by stable layer (inversion) preferably with cumulus and wind shear at cumulus layer of more than  $0.0035 - 0.01/s$  (perfect value).

convection layer wind less than about  $4 \text{ m/s}$  > cloud streets about  $90^\circ$  to upper wind

Convection layer with cloud streets due to lower wind profile and shear level near cumulus cloud level > wave updraft at windward side of cumulus related to upper wind parallel to cloud streets not necessarily perpendicular to upper wind

It is questionable, if wave structure above convection layer can dominate cloud streets below regarding alignment.

There can be an oscillation in upper layers without any contact to the convection.

Lee waves to develop do not need a strong shear parameter because of the forced downslope wind in lee thus starting amplitude.

# Wellenlänge

Findet man eine einfache Formulierung, die unterschiedlich definierten Wellenlängen der Leewellen, Thermikwellen und der Kelvin – Helmholtz-Wellen zu beschreiben?

Wellenlänge (LW, THW)  $\sim$  Windgeschwindigkeit

Wellenlänge (KH)  $\sim$  Schichtdicke

Oder muss man das komplette System der Bewegungsgleichungen bemühen?

## Wavelength

Is there any simple relation to define the different wavelengths of lee waves, thermal waves and Kelvin – Helmholtz – waves?

Or do we need to use the whole equation of motion?

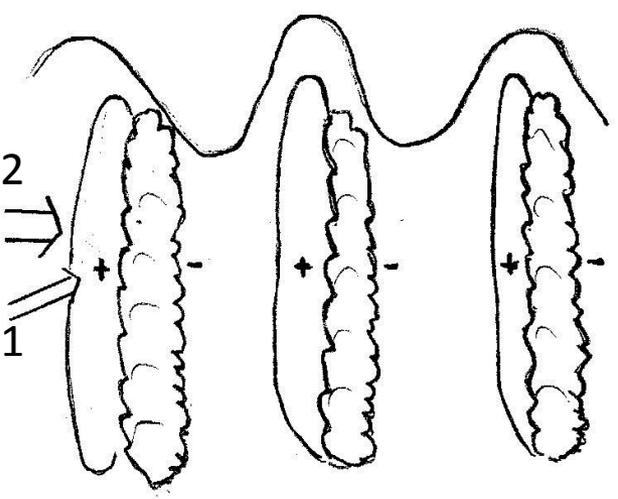
# Noch eine Zusammenfassung für Thermikwellen

1. Windgeschwindigkeitszunahme an einer stabilen Schichtung z.B. Inversion
2. Schwingungen nach allgemeinen Leewellenparametern
  - 2a Das Leewellenkriterium ist nicht so streng, da durch die Auslenkung durch die Hindernisse eine erzwungene Amplitude entsteht.
3. Bei Wolkenstraßen unten dominieren diese die Ausrichtung der Wolken ggf. mit kleineren Wellen luvseitig zur höheren Strömung auch  $\ll 90^\circ$
4. Bei geringem Wind unten bestimmt der Wind *oben* die Ausrichtung der cu/WS
5. Reicht die cu-Obergrenze nicht in die stabile Schichtung mit Windscherung hinein, schwingt es oben ohne Einfluss nach unten.

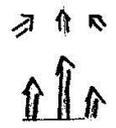
Es bleibt noch einiges zu tun!

# Thermal wave systems

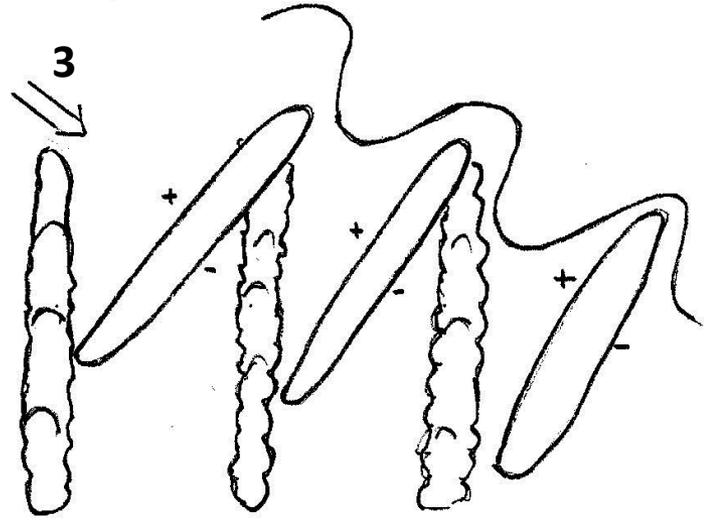
- 1. related to cloud streets in convection layer – wind profile
- 2. related to cloud streets organized by oscillation above and low wind speed below
- 3. separation of flow above and below
- 4. at isolated cumulus see Fig. 1



2



1



3



1



**Vielen Dank für die Aufmerksamkeit**

**Thanks for your attention**