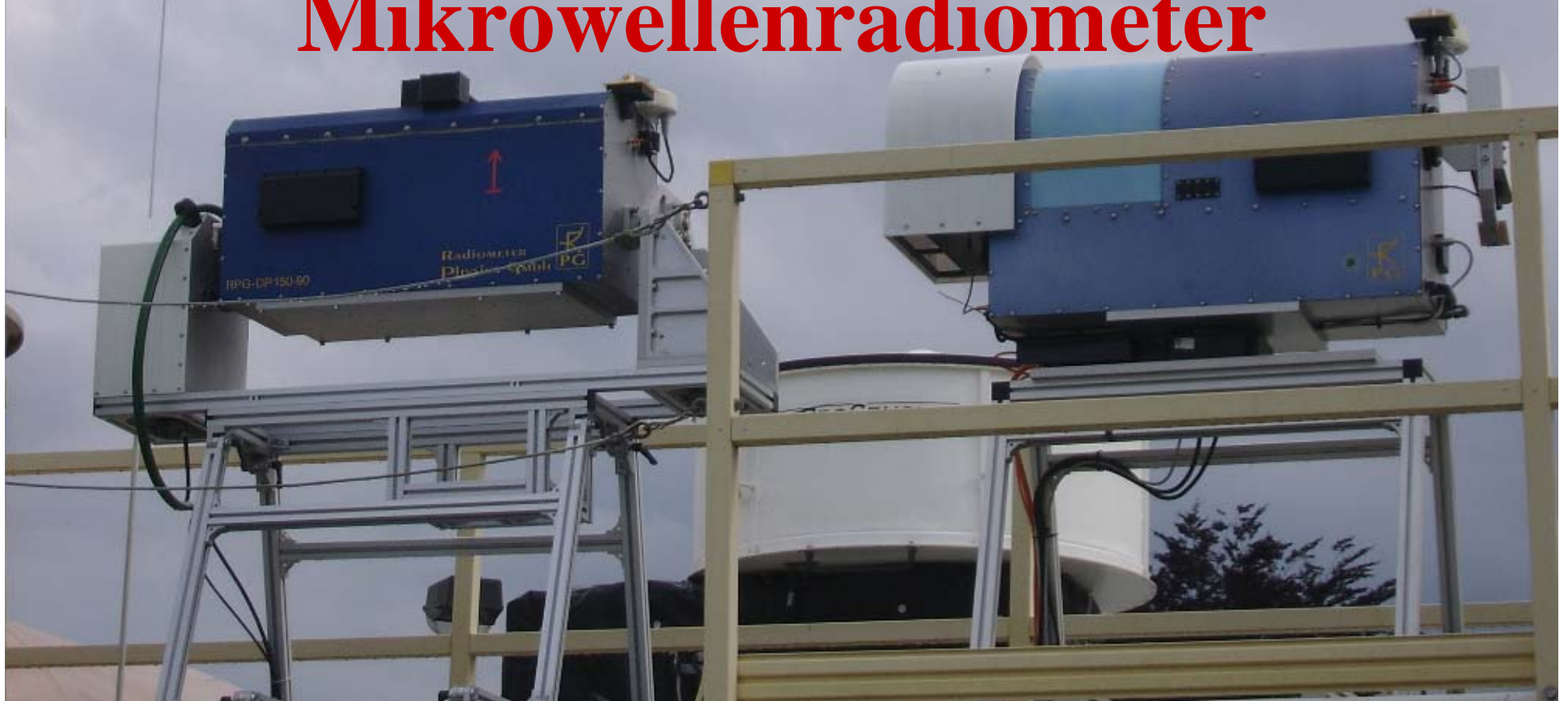


Messung der Wolken- und Wasserdampfverteilung mit einem scannenden Mikrowellenradiometer



Diplomarbeitvortrag von Stefan Kneifel, LMU

Gliederung des Vortrags:

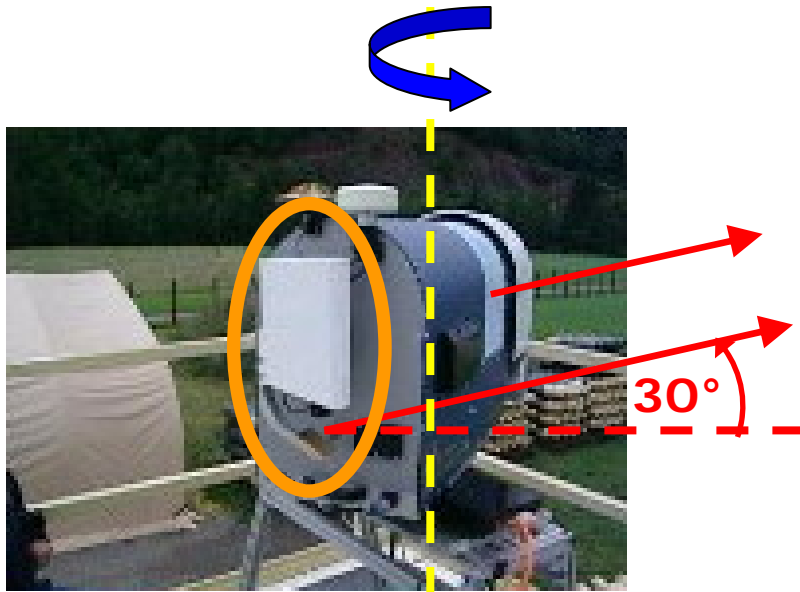
- 1. Vorstellung der Meßgeräte und der bisherigen und neuen Messmodi**
- 2. Beispiele von Azimutscan-Messungen während der COPS-Kampagne**
- 3. Vergleich der Mikrowellenmessungen mit Flugzeugmessungen**
- 4. Modellstudie zum Einfluß horizontal inhomogener Feuchtefelder auf die Mikrowellenmessungen**

Die Messgeräte:

14-Kanal Mikrowellenradiometer HATPRO:

Außer Zenith-Messungen:

- Elevationsscans: 0 – 180°
- Azimutscan: 0 – 355° **(neu)**



Infrarot-Kamera (9.6-11.5µm):

- fest am Radiometergehäuse montiert
- Elevationswinkel manuell einstellbar

Zenith - Messungen:

- HATPRO misst thermische Emission der Atmosphäre bei 14 Frequenzen im Mikrowellenbereich

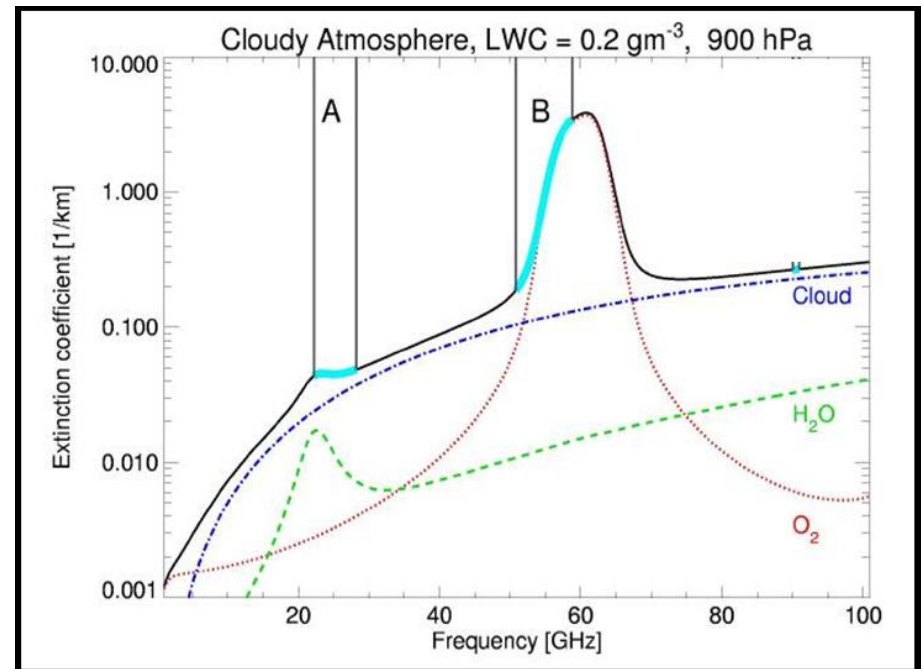
daraus ableitbare Messgrößen:

IWV: integrierter Wasserdampf
in kgm^{-2}

LWP: integrierter Flüssigwasser-
gehalt gm^{-2}

Vertikalprofile der:

- Temperatur (bis $\sim 10\text{km}$)
- Feuchte (bis $\sim 5\text{km}$)



Bereich A:

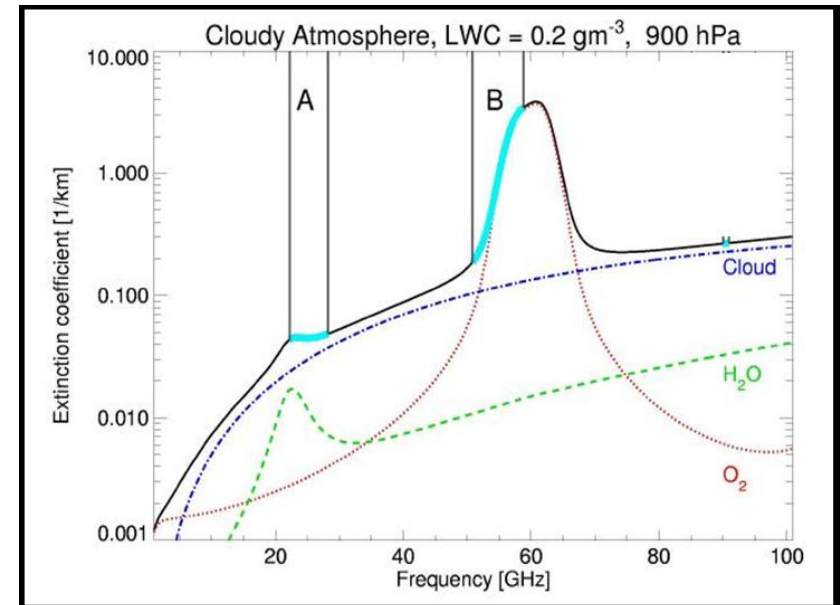
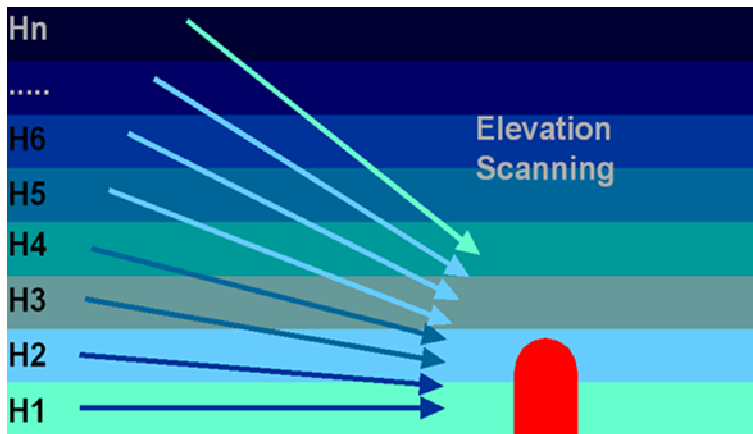
7 Kanäle zwischen 22.235-31.4 GHz
(Absorptionslinie des Wasserdampfes)

Bereich B:

7 Kanäle zwischen 51.26-58.0 GHz
(Sauerstoff – Absorptionslinie)

Elevationsscans verbessern T-Profil in der Grenzschicht:

Misst man bei verschiedenen Elevationswinkeln kann man in den unteren Atmosphärenschichten eine höhere vertikale Auflösung im Temperaturprofil erreichen.



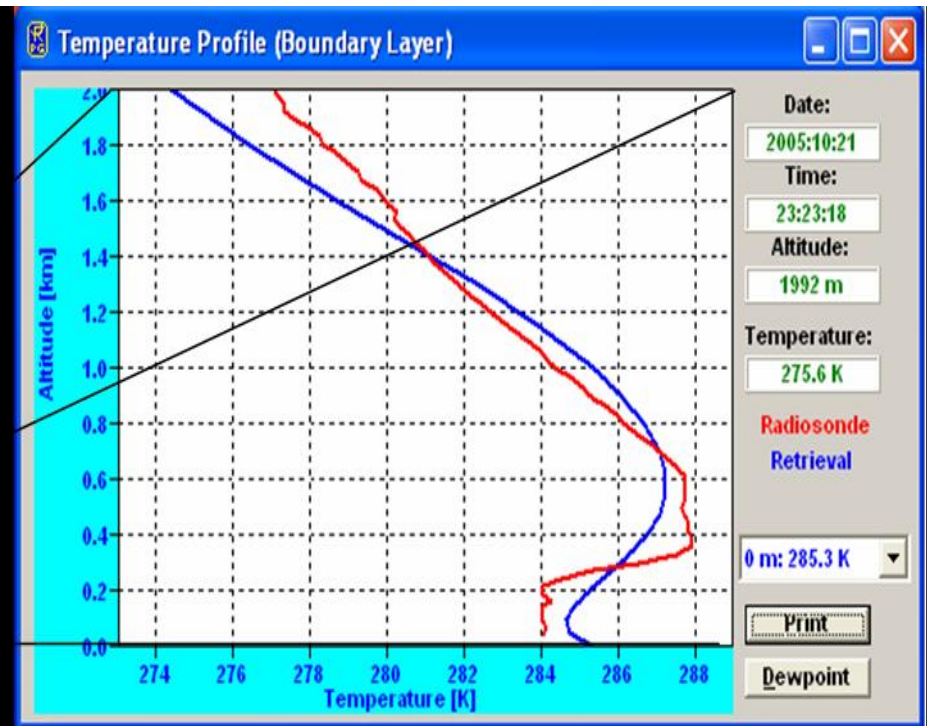
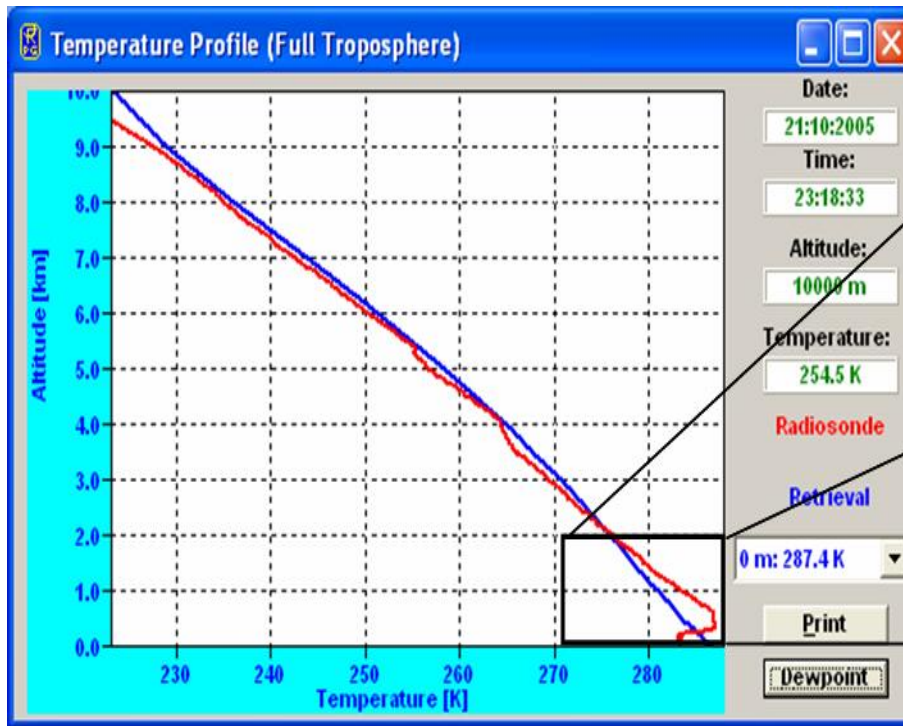
Annahme: Temperaturprofil ist horizontal homogen!

geringe Verbesserung im Feuchteprofil, da nur schwache Wasserdampf-Absorptionslinie (Bereich A)

Vergleich: T-Profil mit und ohne Elevationsscans

T-Profil bis 10km Höhe
nur Zenithmessung

T-Profil bis 2km Höhe
mit zusätzl. Elevationsscans



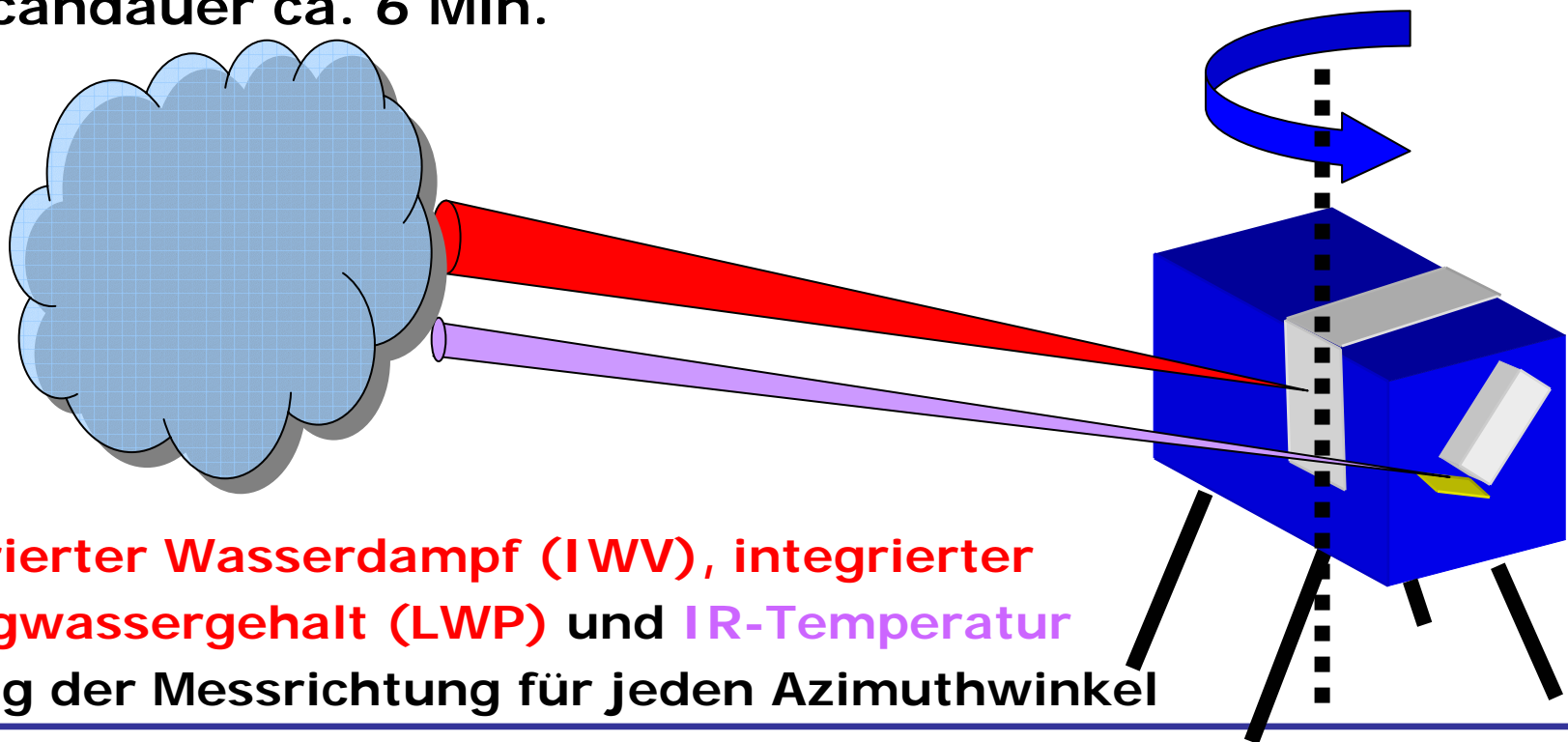
rot: Radiosondenprofil

blau: T-Profil aus HATPRO-Messung

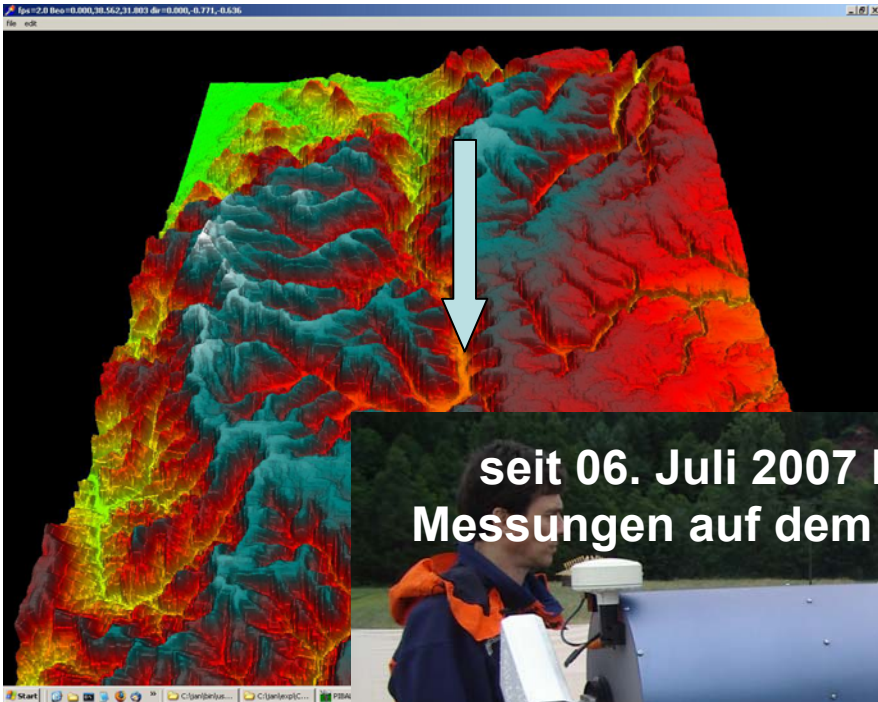
Neuer Messmodus: Azimuthscan

Azimuthscan-Modus (alle 15Min):

- fest eingestellter Elevationswinkel (30°)
- 355° -Drehung um die vertikale Achse in 5° -Schritten
- Öffnungswinkel: HATPRO: $\sim 2^\circ$, IR: $\sim 1^\circ$
- Scandauer ca. 6 Min.



Ort und Rahmen der Messungen:



seit 06. Juli 2007 kontinuierliche
Messungen auf dem Gelände der AMF

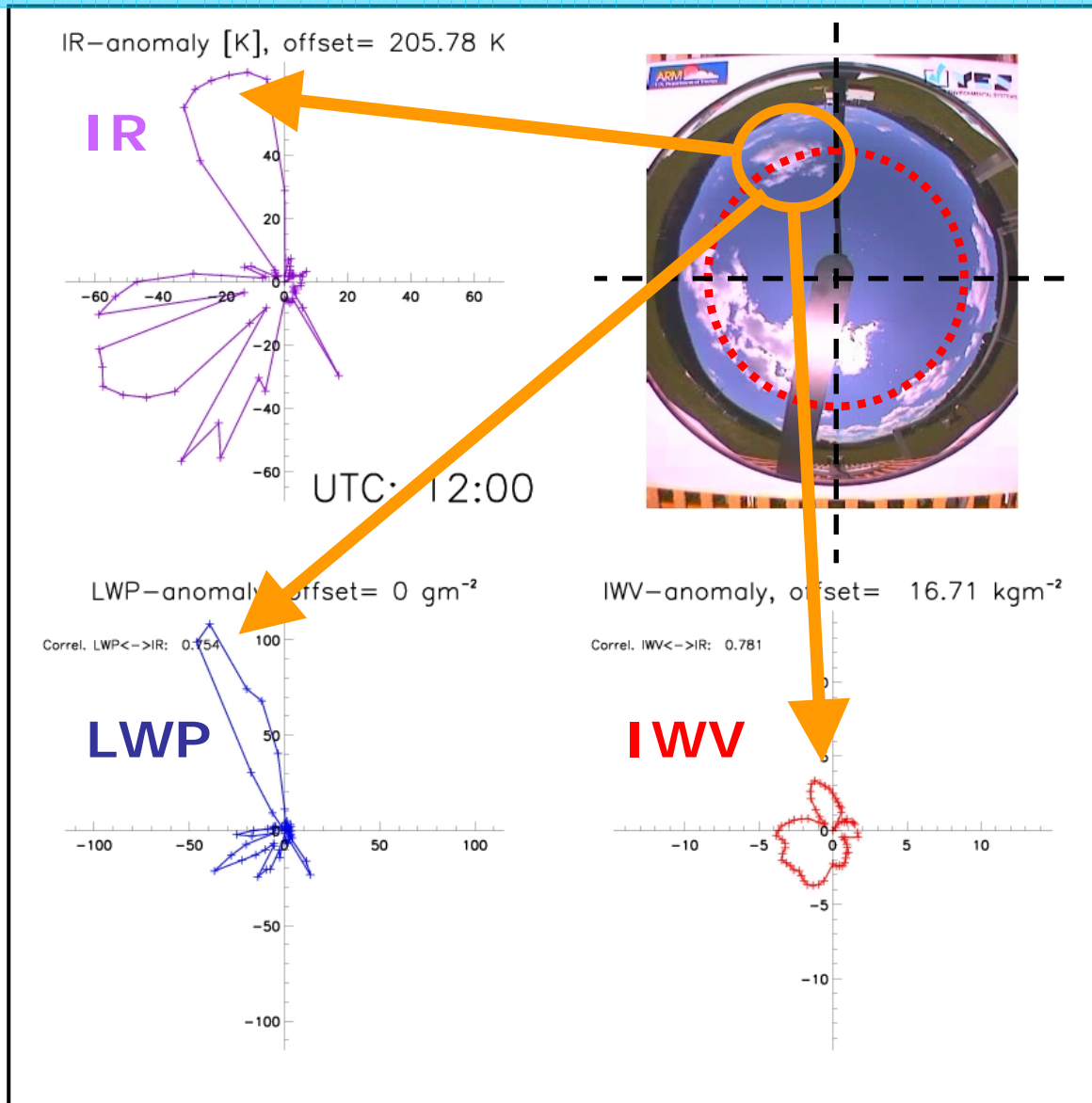


Heselba
(Sch

supersite M:
obile Facility (AMF)

COPS: Conv
indu

Darstellung der verschiedenen Messgrößen



IR, LWP und IWV in Polardarstellung.

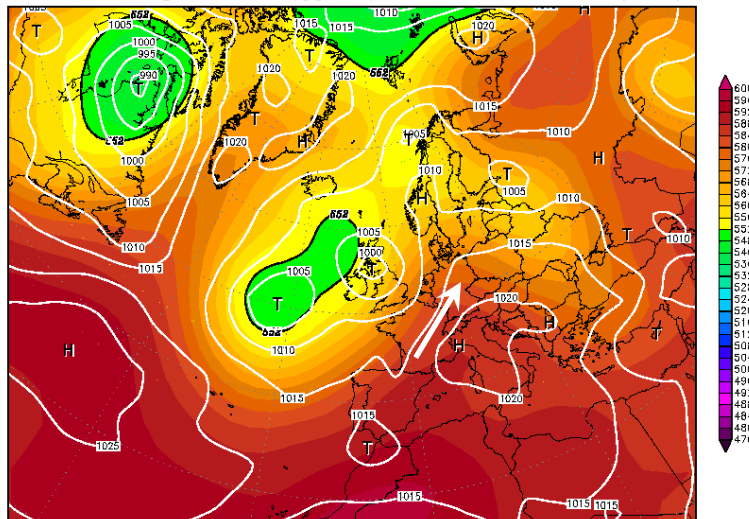
Es wird nur Anomalie der Messgröße, also Messwert – offset dargestellt!

14. Juli 2007: Verhalten an einem Strahlungstag

IOP 8a

(Intensive Observation Period)

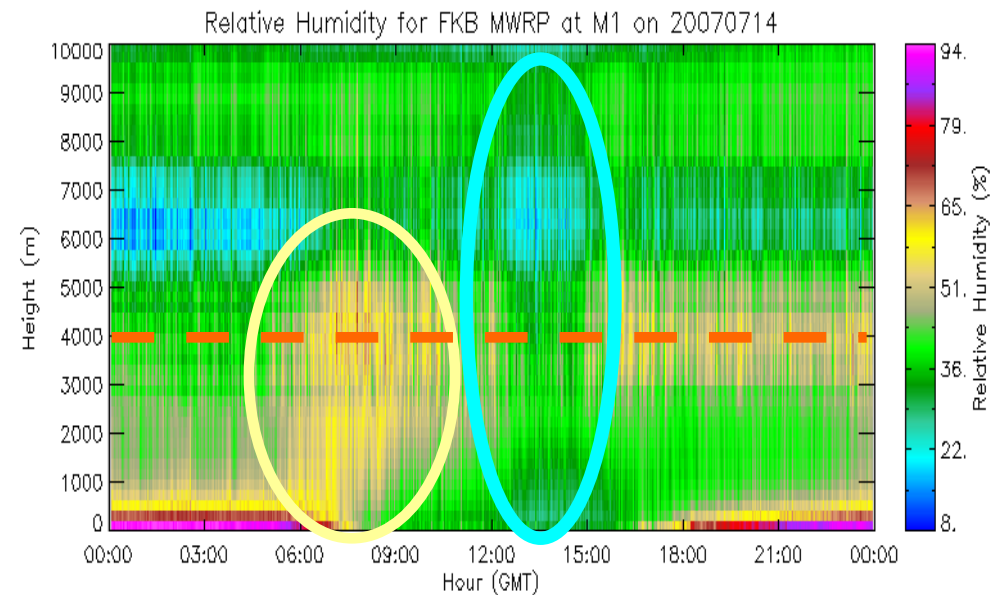
14JUL2007 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalyse des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

- sich verstärkende Hochdrucklage
- südwestliche Anströmung
- Konvektionsbewölkung nur über Gebirgen möglich

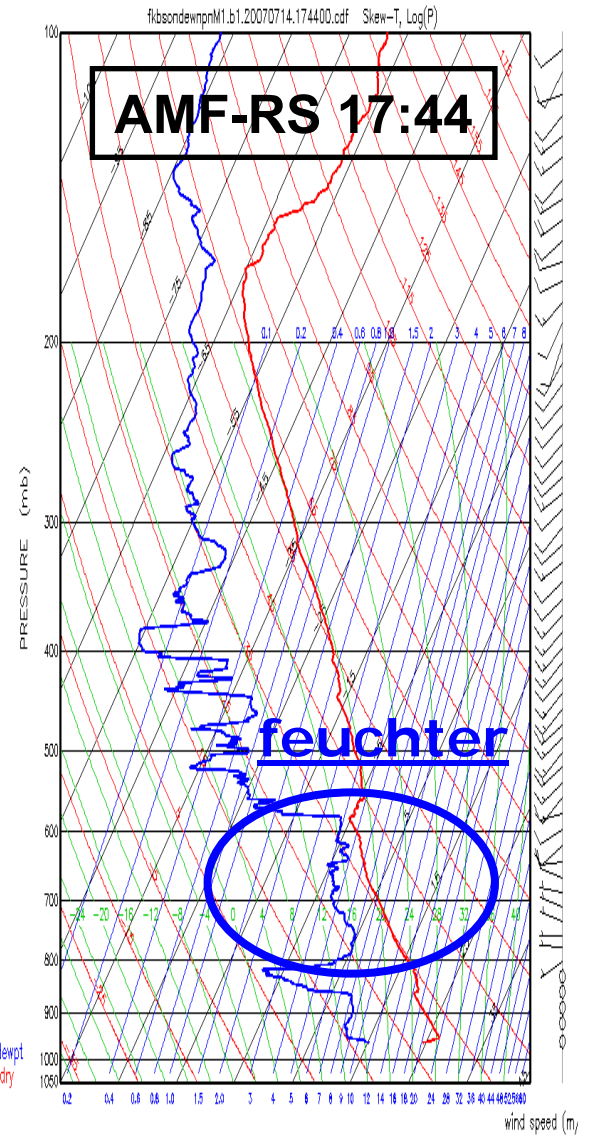
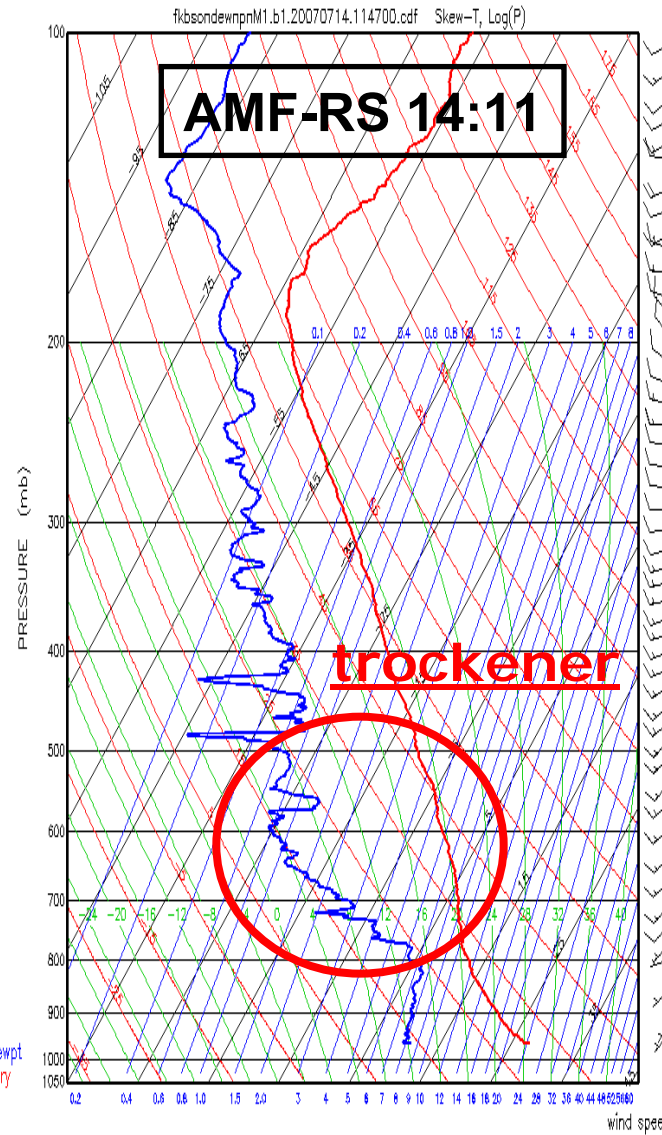
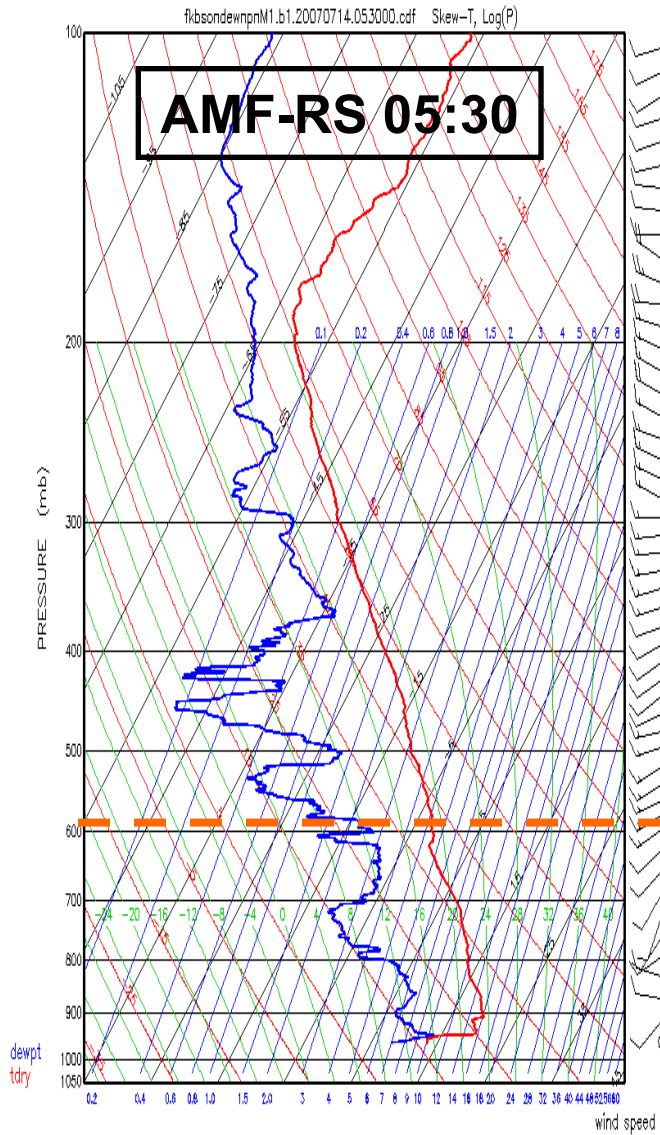
Profil der relativen Feuchte aus MWR-Daten



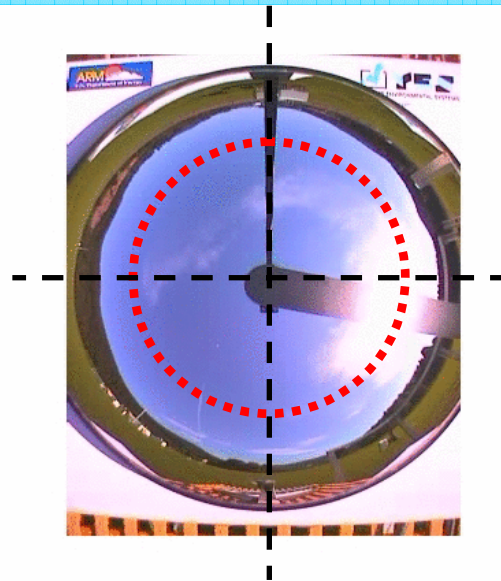
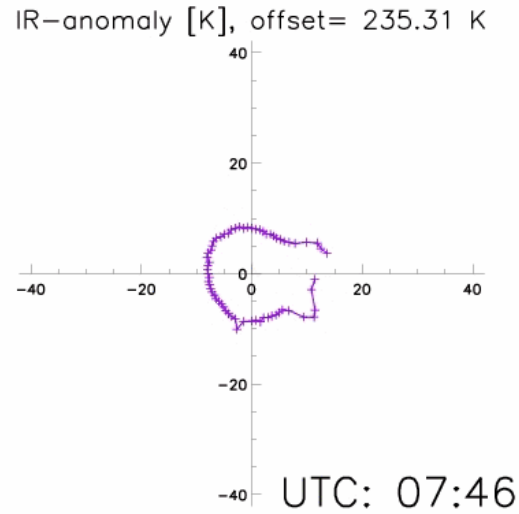
06:00 – 09:00 (UTC) bis 5km ca. 60% RF

09:00 – 16:00 zunehmend trockner bis
auf 20-30% RF

14. Juli 2007: Wetterlage (Fortsetzung)



14. Juli 2007: Feuchteentwicklung in den Azimuthscans



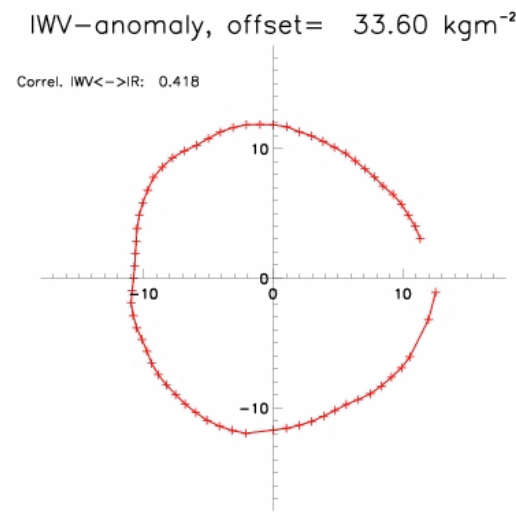
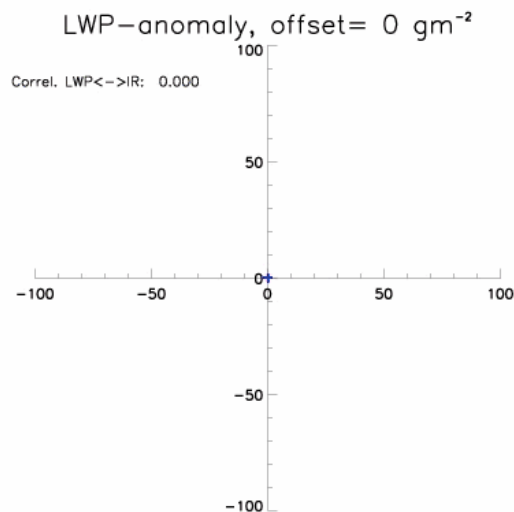
etwa bis 12:00
deutlich *asymmetrisches Feuchtefeld* (Kleeblattstrukturen)

ab 12:00
starker *Feuchterückgang*
um ca. 10 kgm^{-2}

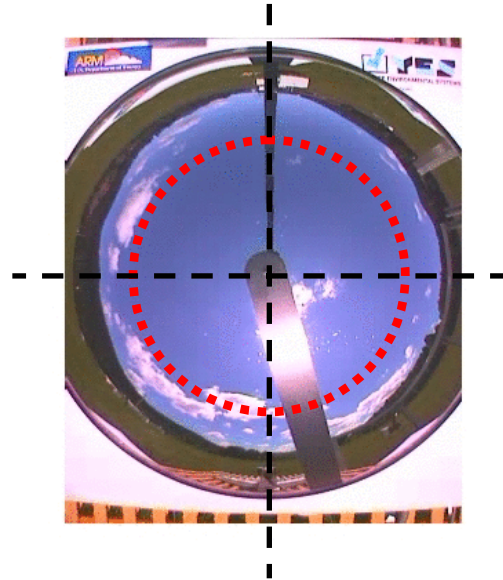
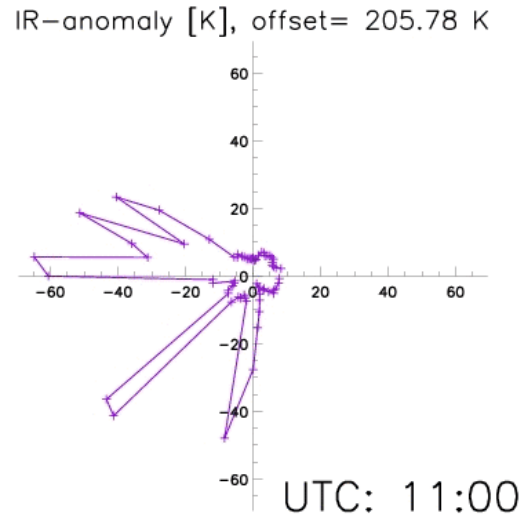
13:00-14:30
Konvektion im NW

ab 15:00
Feuchtezunahme

bei fehlender Bewölkung:
starke Korrelation zwischen
IR- und I WV-Strukturen!



30. Juli 2007: Konvektion nach Kaltfrontdurchzug



IOP 12

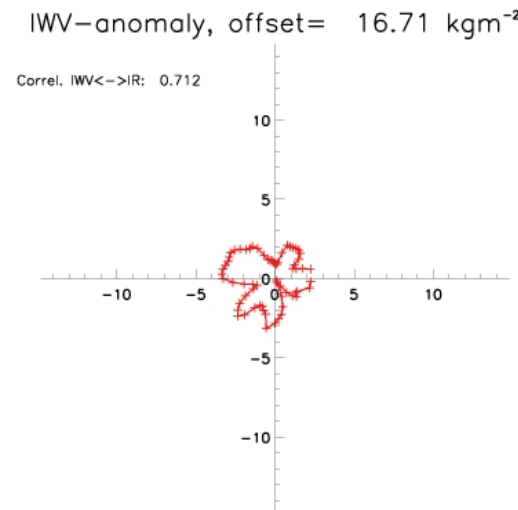
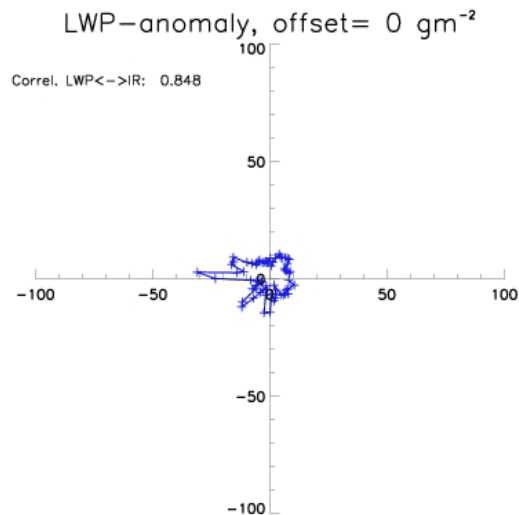
Cu-Konvektion nach Kaltfrontdurchzug

sehr niedrige IR und IWW Werte

Auf- und Abwindbereiche im IWW-Feld erkennbar

Integrierter Flüssigwassergehalt (LWP) sehr variabel

keine Darstellung des Gesamtwolkenfeldes sonder nur der 30°-Schnittline (rot-gestrichelt)



Vergleich: Flugzeugmessung - HATPRO

Metair - DIMONA

Messflüge am **26.07. und 01.08.**
(IOP 11b, IOP 13a) im Rahmen des
EUFAR-Netzwerks
(European Fleet for Airborne Research)

Messungen in 6 Flugebenen:

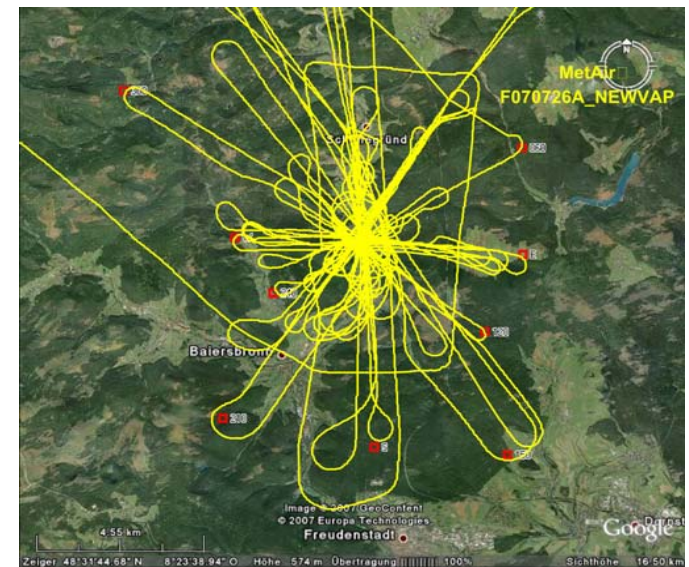
beginnend bei N-S in 30°-Schritten
bis in eine Höhe von ca. 3000m ü.G.

zeitgleiche Elevationsscans mit HATPRO
in der gleichen Azimuth-Richtung

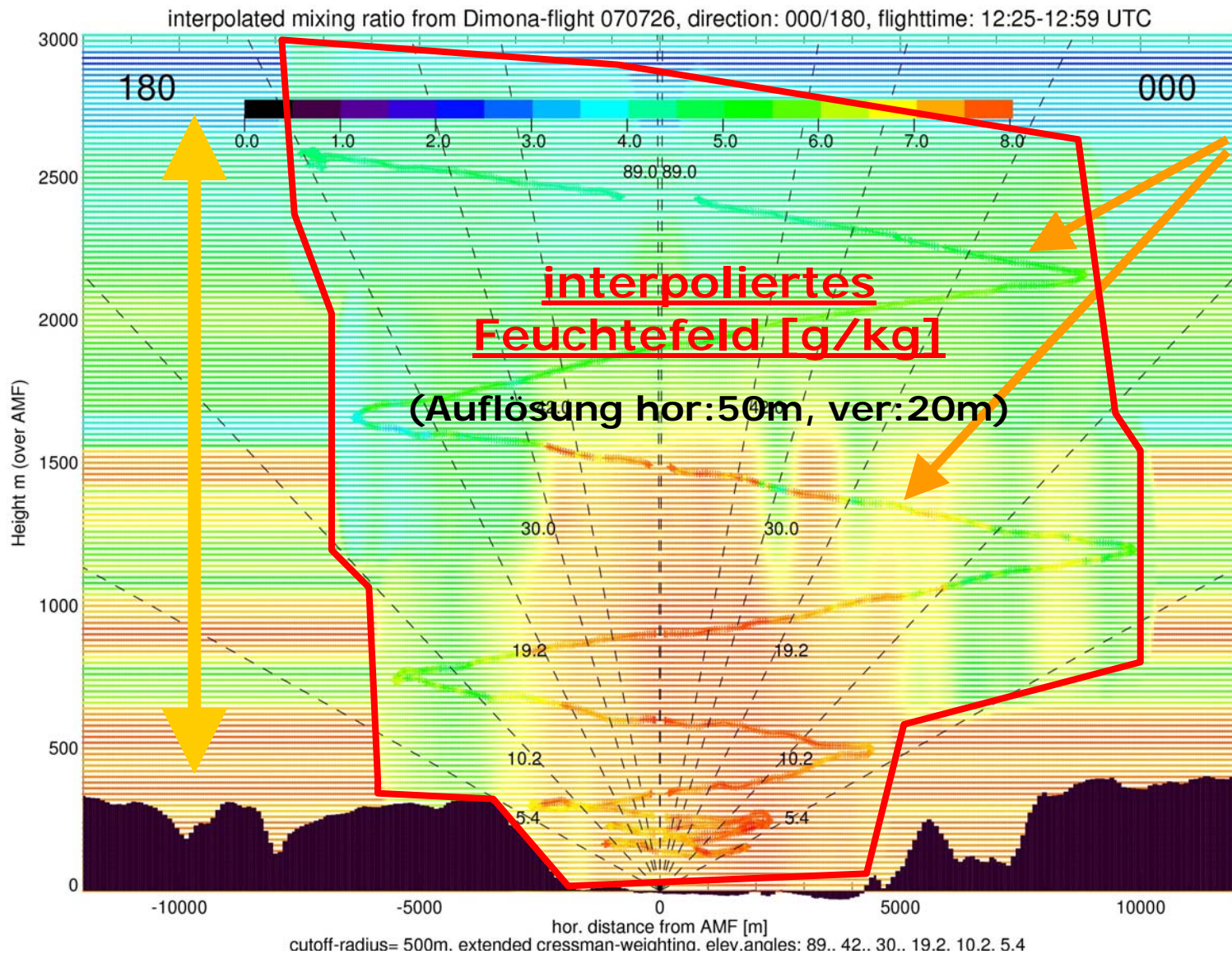
zusätzlich 360°-Azimuthscans



Flugmuster vom 26. Juli



interpoliertes Feuchtefeld (aus Flugzeugmessungen)

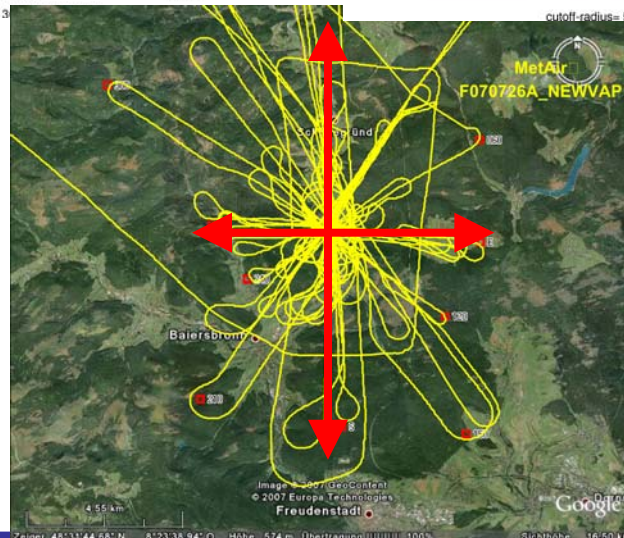
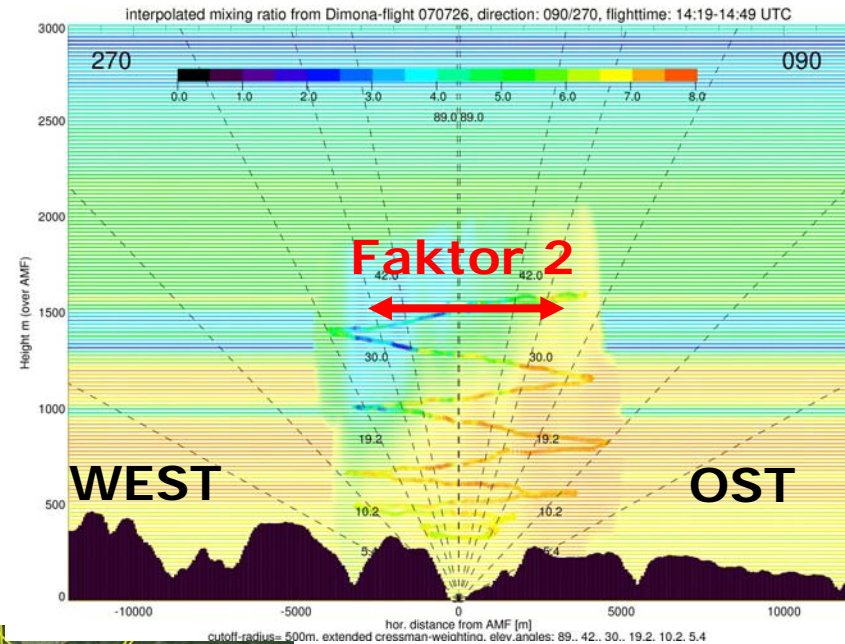
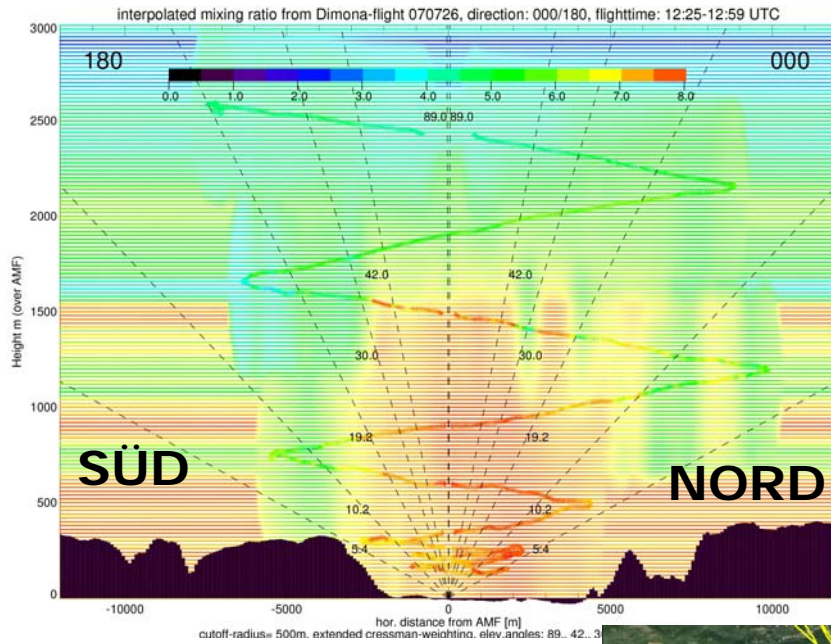


Flugzeug-
messungen

seitlich und
oberhalb der
Messungen:

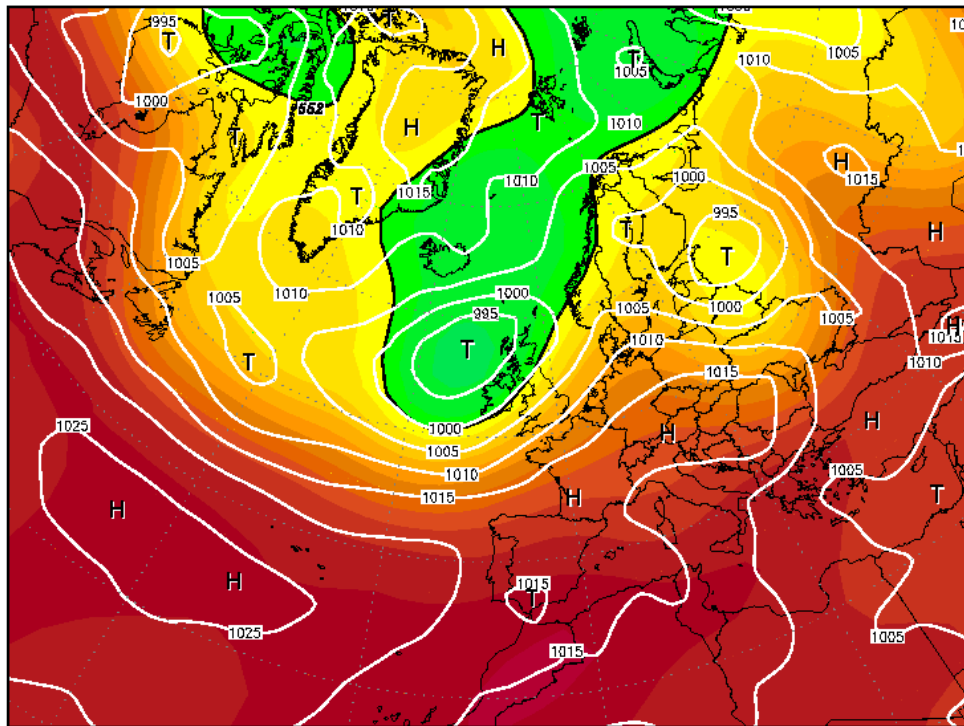
zeitnahes RS-
Profil bzw.
Höhenmittel-
wert der Flug-
zeugmessung

26. Juli : Feuchtefeld stark richtungsabhängig



26. Juli: Wetterlage

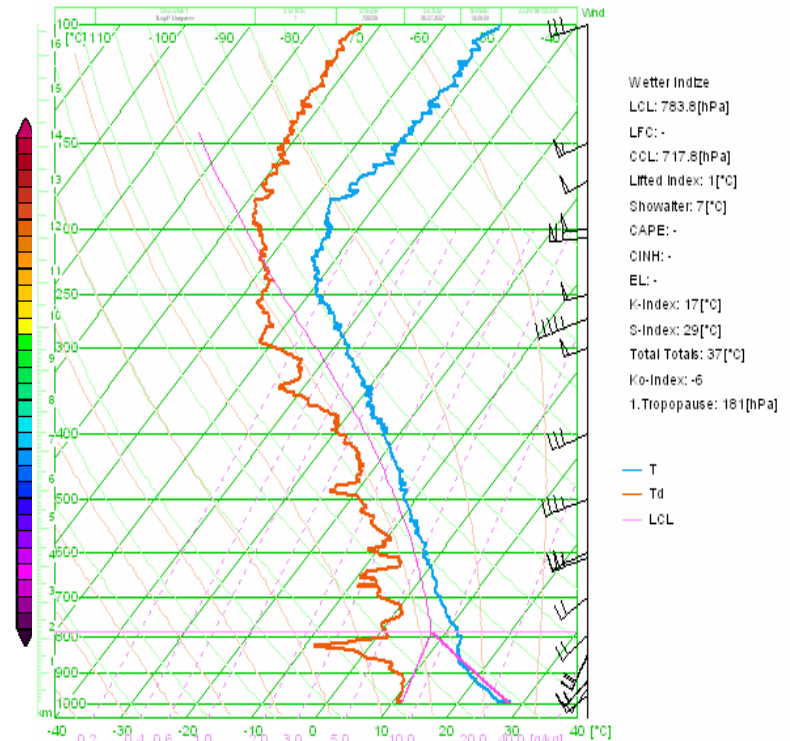
26JUL2007 00Z
500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

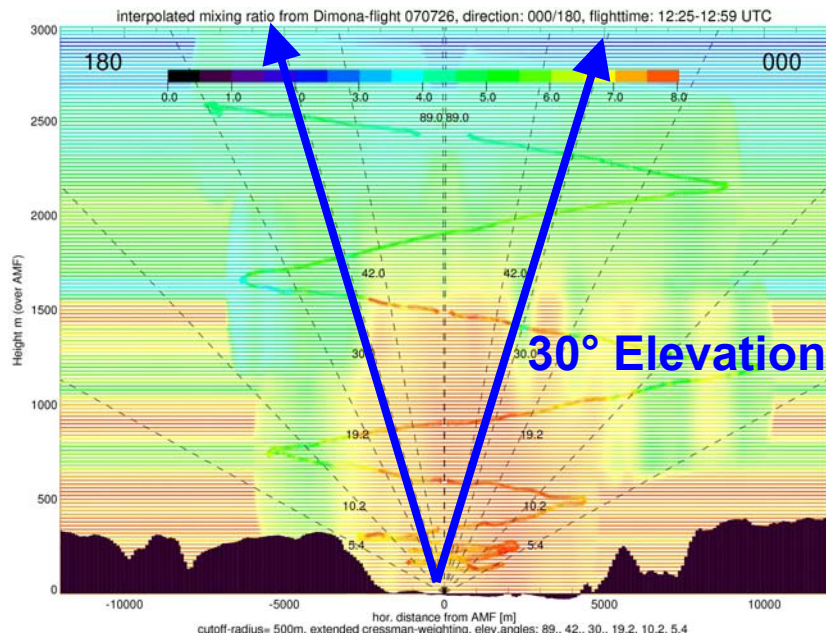
- Hochdruckwetterlage
- SW-Strömung

RS, Karlsruhe, 14:00 UTC



- capping inversion
- kaum Konvektionsbewölkung

Vergleich: IWV aus Feuchtefeld und von HATPRO



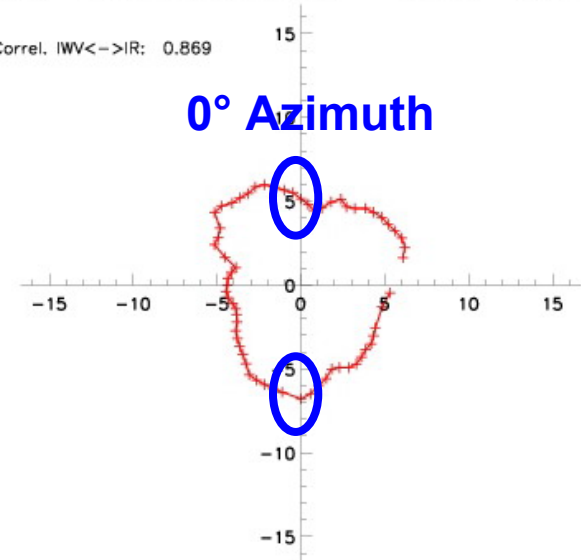
Integration des Feuchtefeldes
entlang 30°-Elevation => IWV(30°)

IWV-Azimuthscan mit
30°-Elevation

IWV-anomaly, offset= 37.25 kgm⁻²

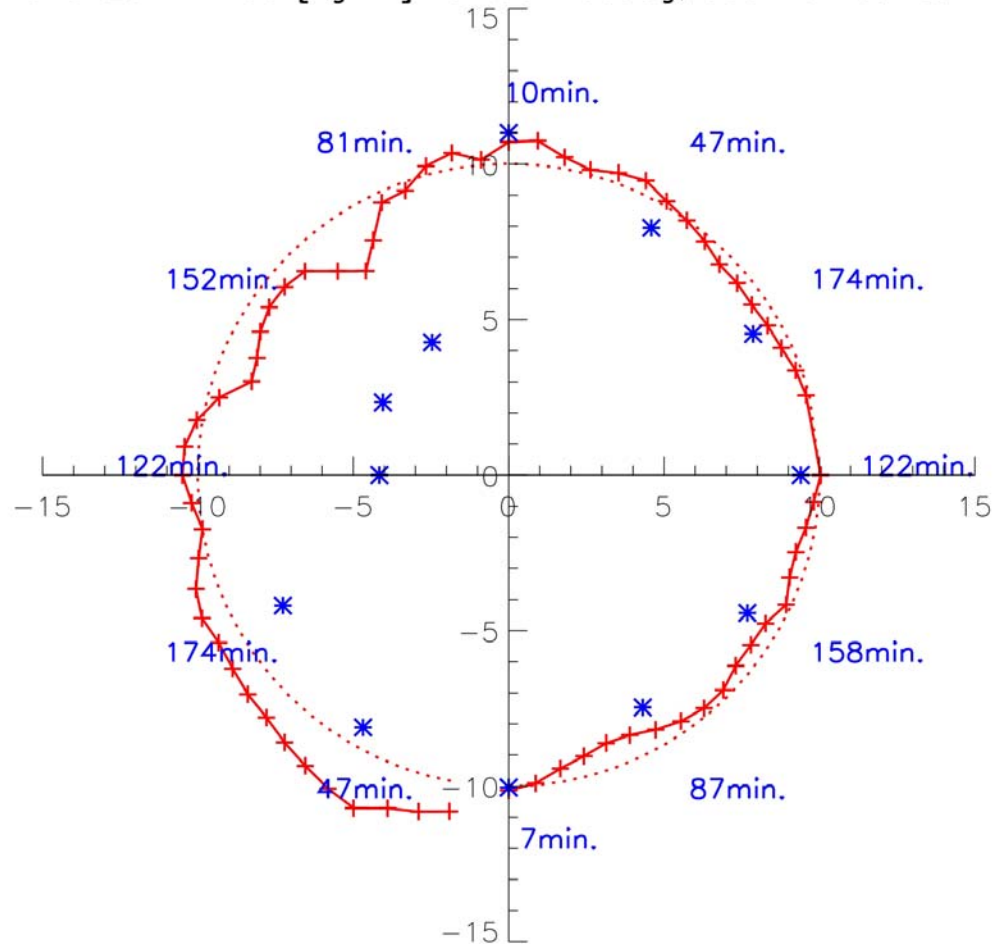
Correl. IWV<->IR: 0.869

0° Azimuth



Vergleich: IWV aus Feuchtefeld und von HATPRO

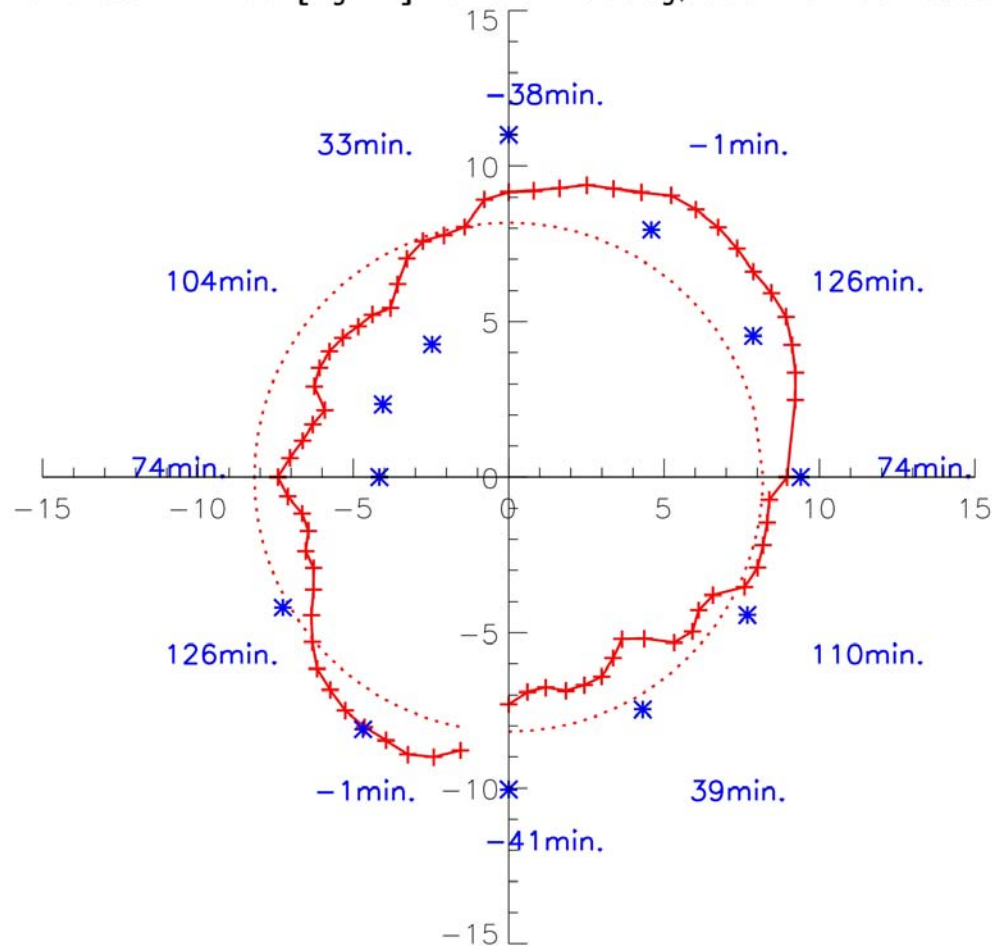
070726 IWV-35 [kgm^{-2}] for elev=30deg, scan-time: 12:17



red: azimuth-scan, blue: calc. IWV from Dimona-Flight and timedif: flight-azscan

Vergleich: IWV aus Feuchtefeld und von HATPRO

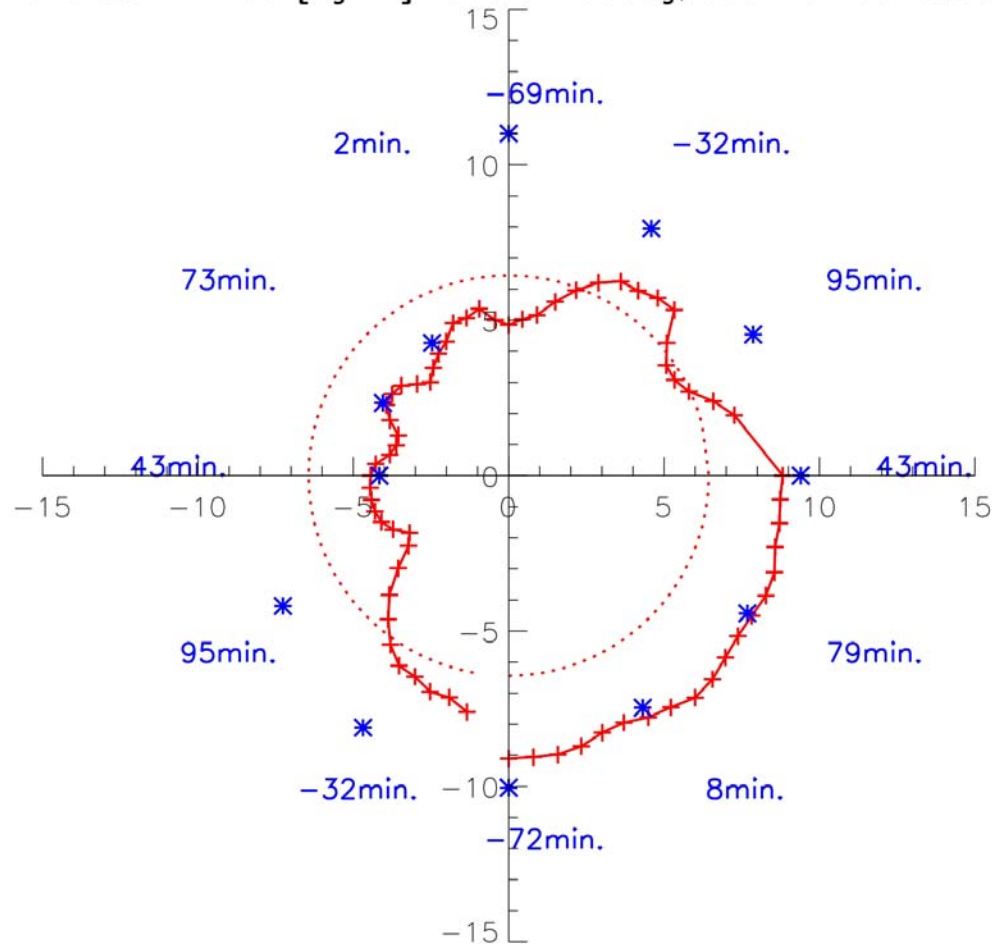
070726 IWV-35 [kgm^{-2}] for elev=30deg, scan-time: 13:05



red: azimuth-scan, blue: calc. IWV from Dimona-Flight and timedif: flight-azscan

Vergleich: IWV aus Feuchtefeld und von HATPRO

070726 IWV-35 [kgm⁻²] for elev=30deg, scan-time: 13:36



red: azimuth-scan, blue: calc. IWV from Dimona-Flight and timedif: flight-azscan

Zusammenfassung: Messergebnisse

Der neue Azimuthscan-Modus ermöglicht neue Einblicke in die horizontale Verteilung des Wasserdampfes und des Flüssigwassers.

Da nur integrale Größen (IWV, LWP) abgeleitet werden können, lässt sich ein genaues 3D-Feld nicht mit einem Radiometer allein erstellen.

Obwohl der Vergleich mit den Flugzeugmessungen nur zum Teil möglich war (obere Atmosphäre und horizontal weit entfernte Grenzschicht nicht genau erfasst), zeigen sich ähnliche Feuchtestrukturen.

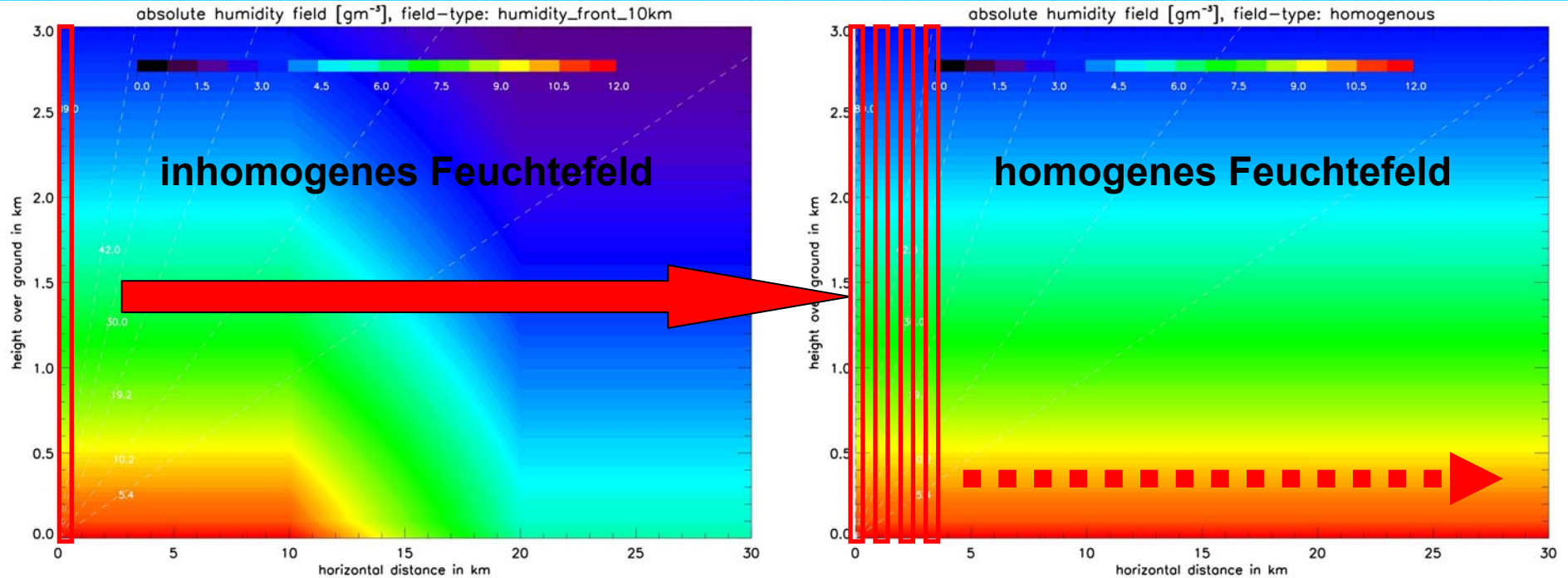
Modellstudie

Fragestellungen:

- 1. Wie wirken sich horizontal inhomogene Feuchtfelder auf die Strahlungstemperaturen (TB) bei den Elevationsscans aus ?*
- 2. Kann man die Elevationsscans dazu nutzen, eine Aussage über die Stärke der horizontalen Feuchteinhomogenität zu treffen ?*

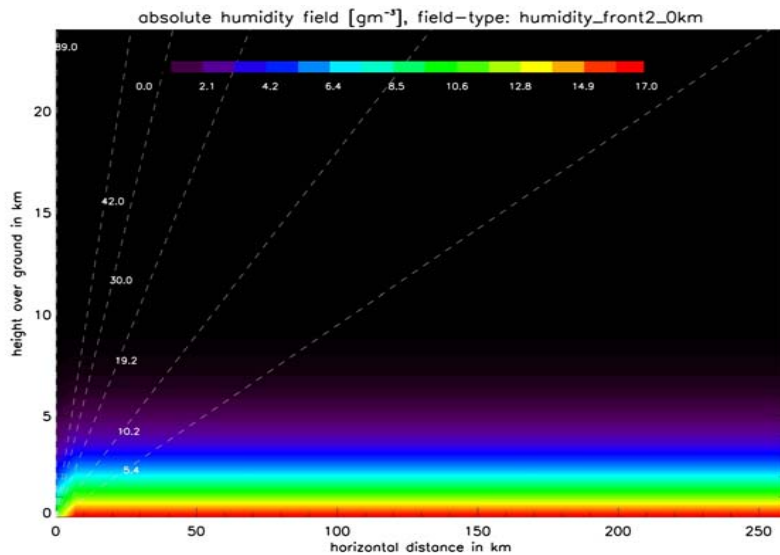


Modellstudie: Vorgehensweise

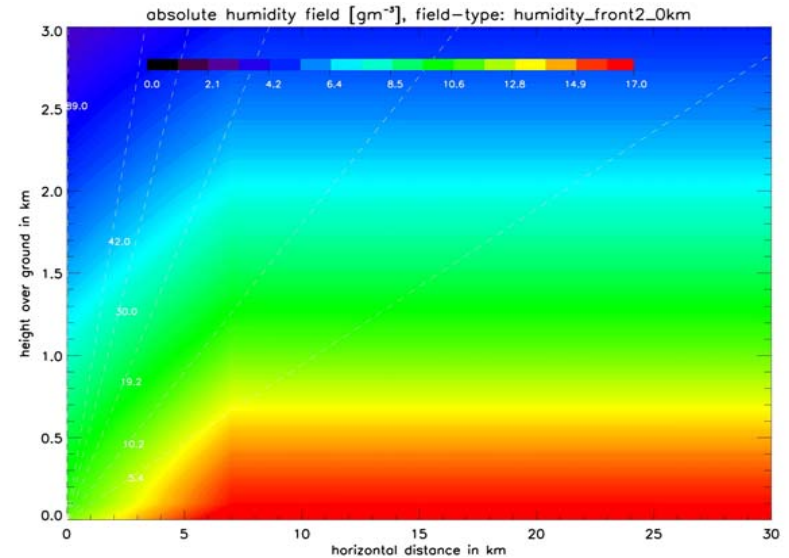


1. Schritt: Es werden idealisierte inhomogene Feuchtefelder generiert
2. Schritt: Aus diesem wird das senkrechte Feuchteprofil benutzt um ein horizontal homogenes Vergleichsfeld zu erzeugen.
3. Für beide Feuchtefelder (inhomogen/homogen) werden dann TB / tau für die entsprechenden Elevationswinkel berechnet.

Beispiel einer idealisierten Feuchtefront:



**Gesamtansicht des Feuchtefeldes
horizontal: 0-260km, vertikal: 0-24km**

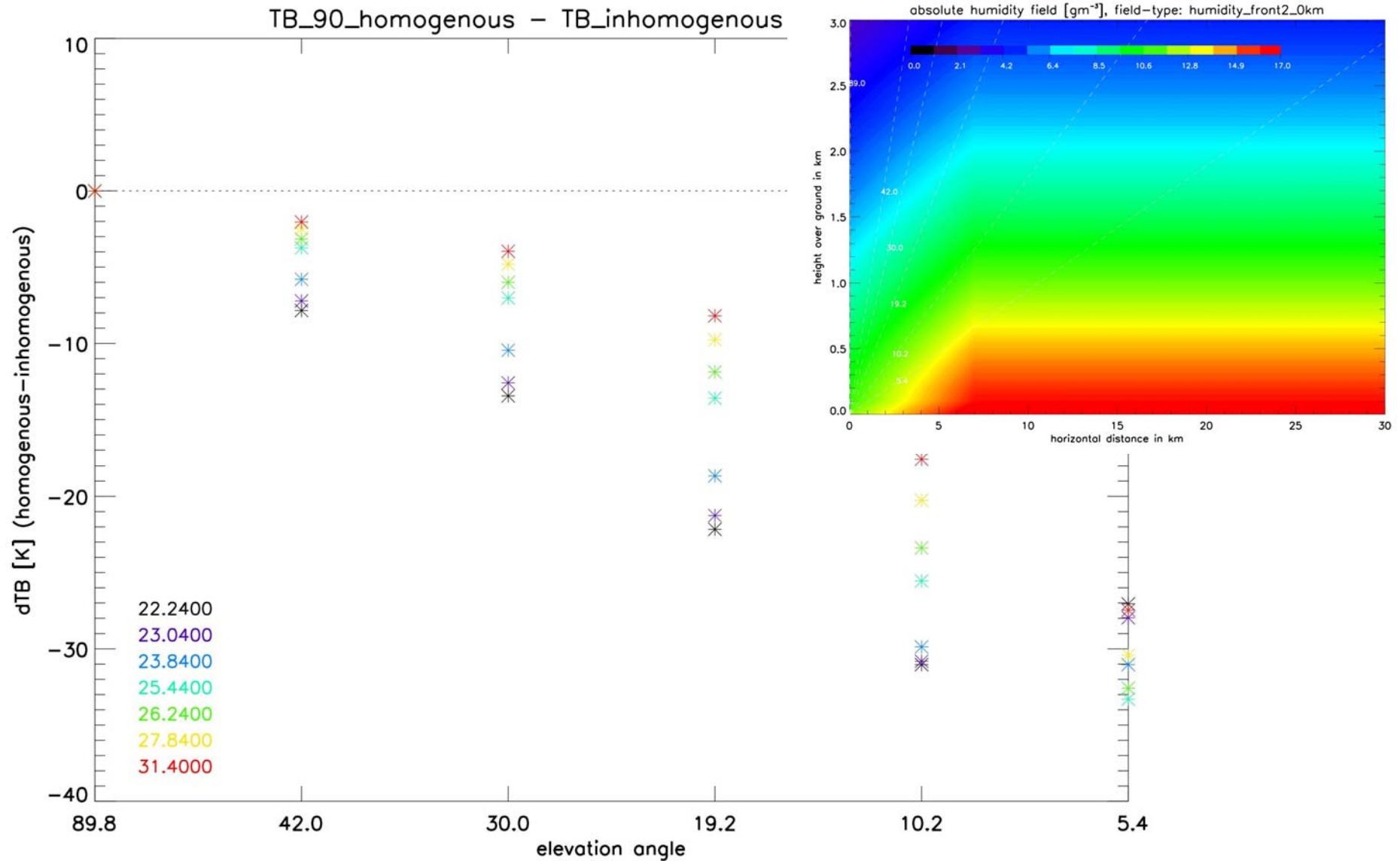


**Teilansicht des Feuchtefeldes
hor.: 0-30km, ver.: 0-3km**

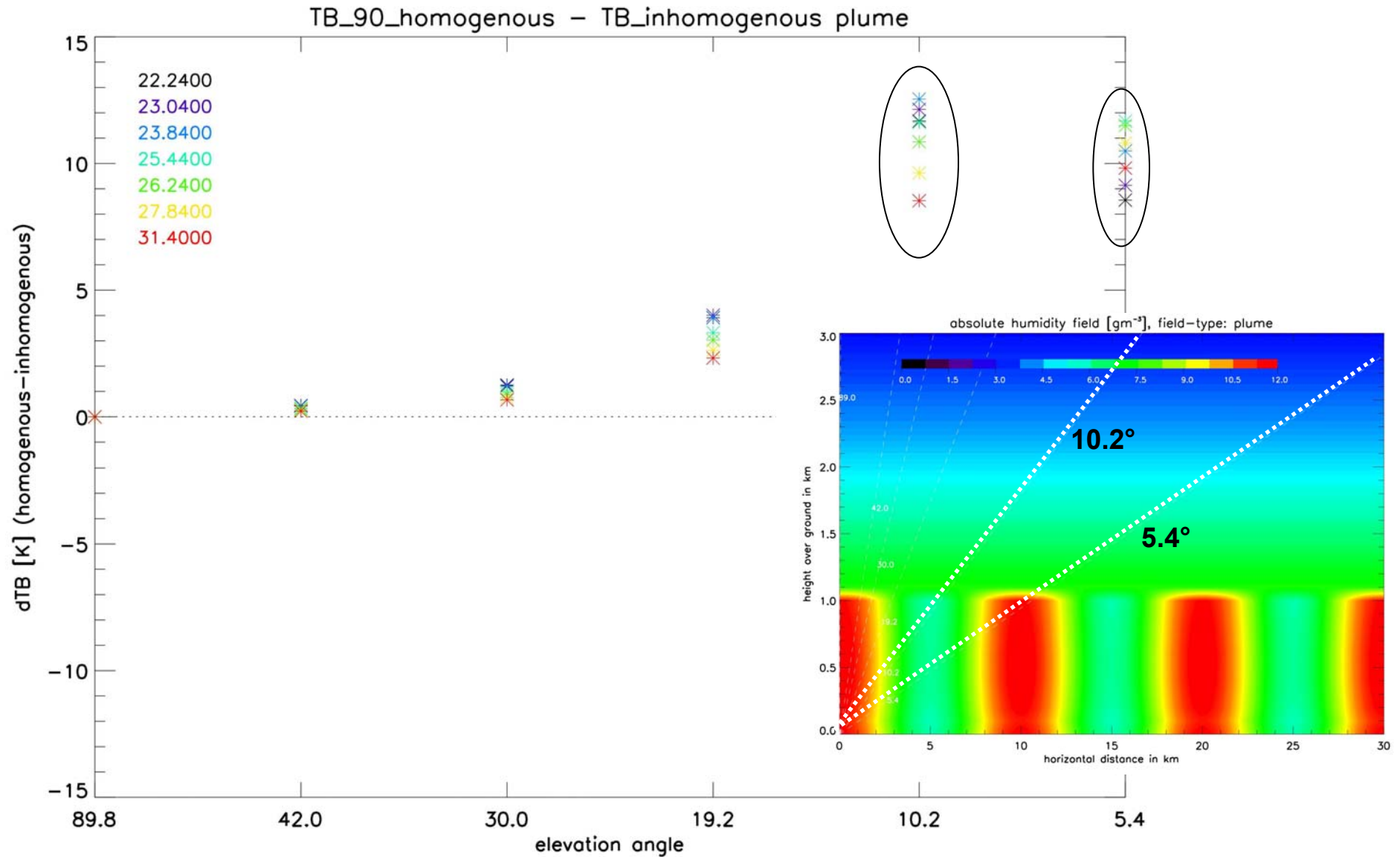
Die absolute Feuchte nimmt bei diesem idealisierten Feld in jeder Höhe um den Faktor 2 zu.

Diese Erhöhung erfolgt innerhalb einer horizontalen Distanz von 7 km.

TB-Differenzen (homogen - Feuchtefront)



idealisierte Feuchteanomalie in der Grenzschicht



Modellstudie

Wie die ersten Modellversuche zeigen, liegen die TB-Differenzen zwischen homogenen und inhomogenen Feuchtefeldern in einer Größenordnung, die mit HATPRO meßbar ist.

Wie lässt sich nun aber umgekehrt von den HATPRO-Messungen auf die Inhomogenität des Feuchtefeldes schließen?

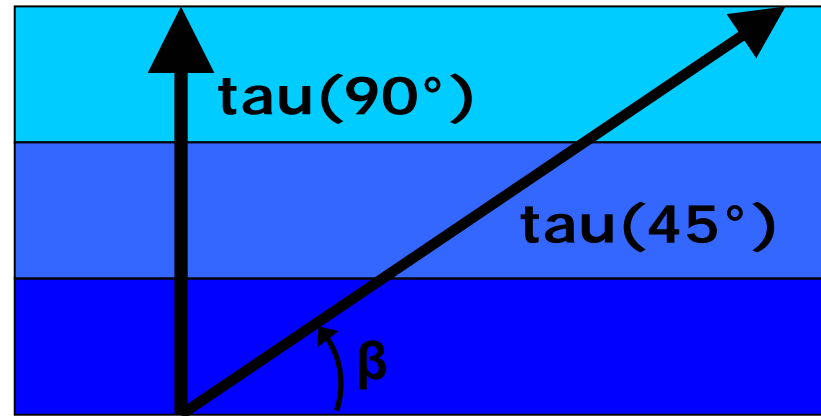
Grundidee:

HATPRO:

misst TB(f,elev)

über Näherung (mean radiating Temperature) erhält man:

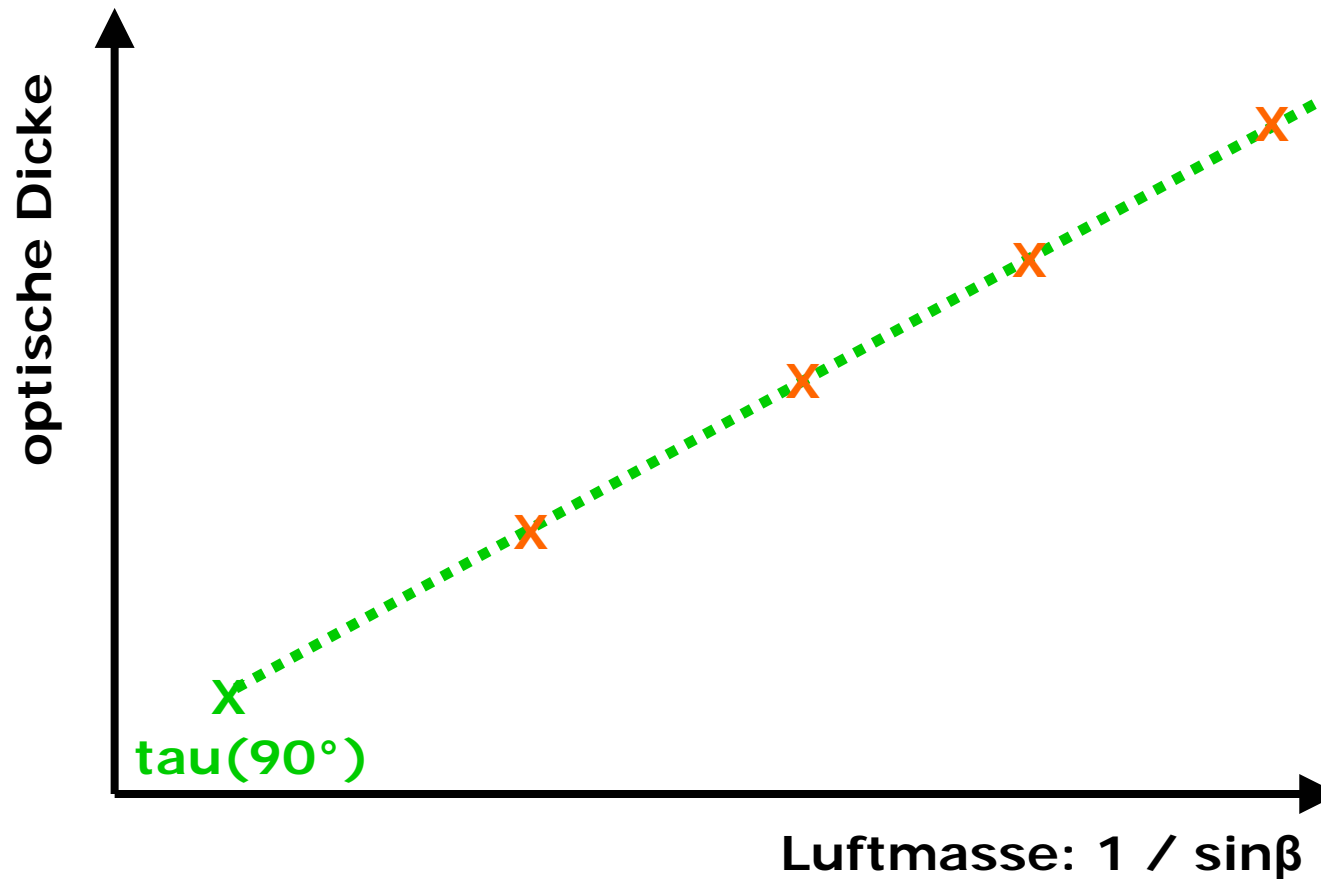
**Optische Dicken
tau (f,elev)**



Bei einer planparallelen Atmosphäre nimmt die Luftmasse mit $1/\sin\beta$ zu.

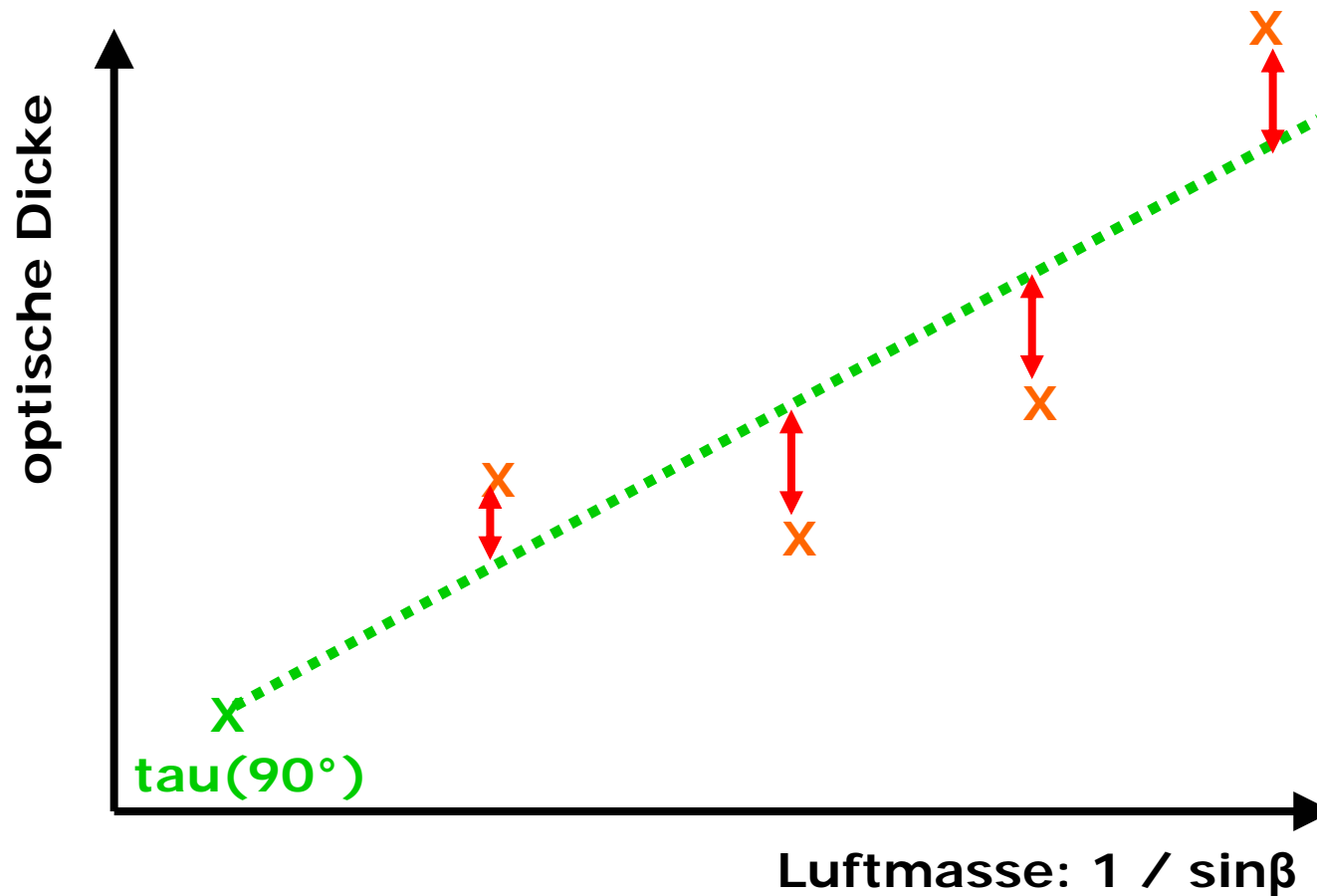
Ist die Atmosphäre auch noch horizontal homogen geschichtet, nimmt die optische Dicke genau mit dem Faktor der Luftmasse zu.

Optische Dicke bei horizontal homogener Atmosphäre



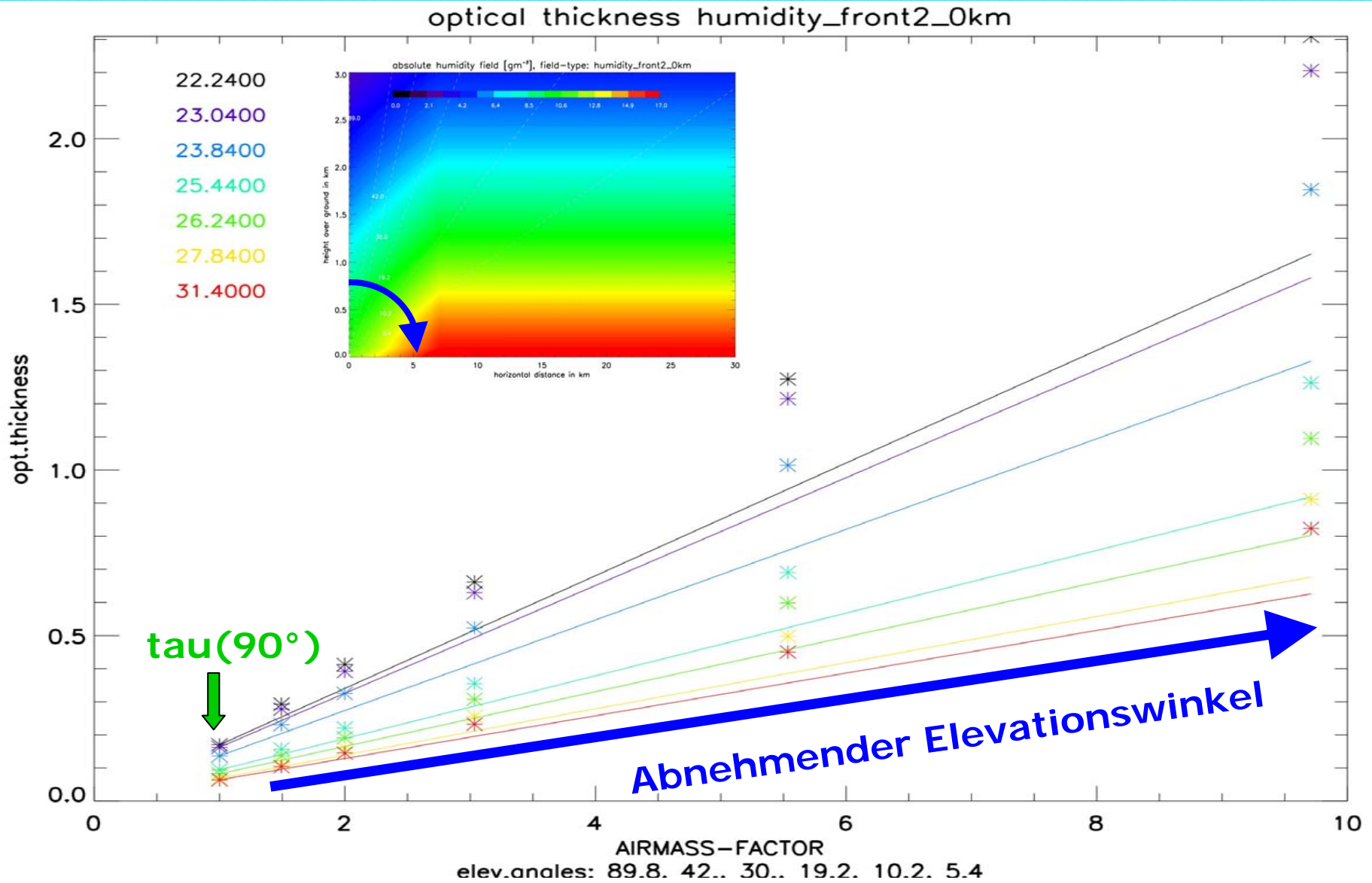
Ausgehend von der optischen Dicke bei 90° -Elevation, kann man die optische Dicke für andere Elevationswinkel berechnen.

Optische Dicke bei horizontal inhomogener Atmosphäre



Die Abweichung der optischen Dicken von der Gerade stellt ein Maß für die horizontale Inhomogenität der Atmosphäre dar.

optische Dicke bei idealisiertem Feuchtefeld:



Nächste Schritte...

Definition einer Variablen, welche die horizontale Inhomogenität eines bekannten 2D-Feuchtefeldes beschreibt.

Herleitung eines Zusammenhangs zwischen dieser Inhomogenitätsgröße des Feuchtefeldes und der Abweichung der gemessenen optischen Dicken von der Gerade des homogen Falls.

Ausblick: 3D-scans

