

Deutscher Wetterdienst



**Numerische Wettervorhersage  
beim  
Deutschen Wetterdienst (DWD)**

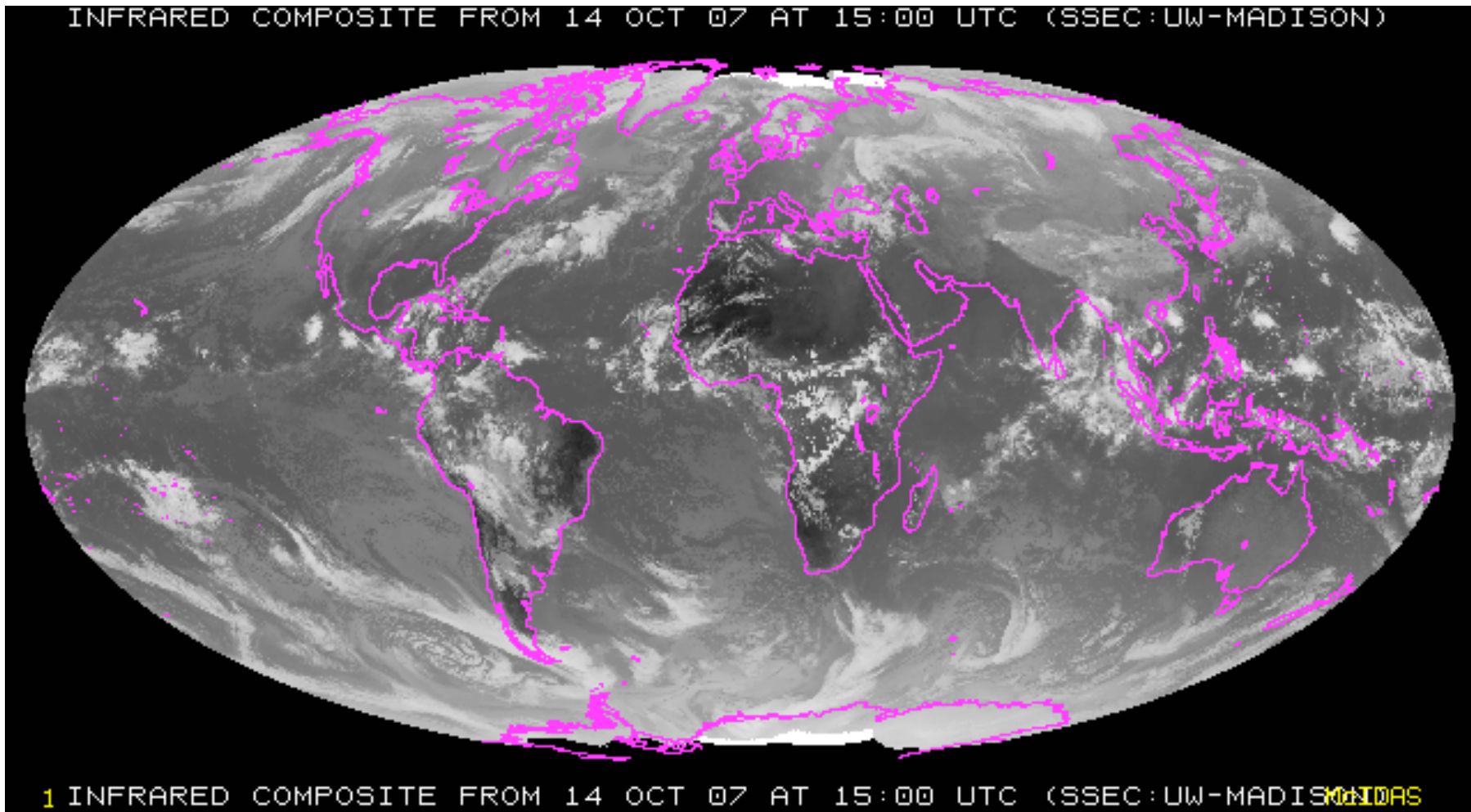
**Detlev Majewski, DWD, Forschung und Entwicklung**

**e-mail: [detlev.majewski@dwd.de](mailto:detlev.majewski@dwd.de)**

**Tel.: 069 8062 2728**



# Atmosphärische Strukturen unterschiedlichster Größenordnung in einem Satellitenbild der Wolken (global)



# Physikalische Grundlagen der numerischen Wettervorhersagemodelle (NWV-Modelle)



## Erhaltungsgleichungen für

|                   |   |   |
|-------------------|---|---|
| <b>Masse</b>      | → | <b>Druckgleichung</b>   |
| <b>Impuls</b>     | → | <b>Windgleichung</b>  |
| <b>Energie</b>    | → | <b>Temperaturgleichung</b>  |
| <b>Feuchte</b>    | → | <b>Wasserdampf, Wolkenwasser,<br/>Wolkeneis, Regen, Schnee, ...</b> |
| <b>Spurengase</b> | → | <b>Ozon</b>   |

# Generelle Form der Gleichungen

$$\frac{dY}{dt} = \frac{\partial Y}{\partial t} + u \frac{\partial Y}{\partial x} + v \frac{\partial Y}{\partial y} + w \frac{\partial Y}{\partial z} = Dyn + S_{rad} + S_{conv} + S_{cond} + S_{turb}$$

**Prognostische Gleichung: "Dynamik" und "Physik"**

**System von gekoppelten, partiellen, nichtlinearen Differentialgleichungen.**

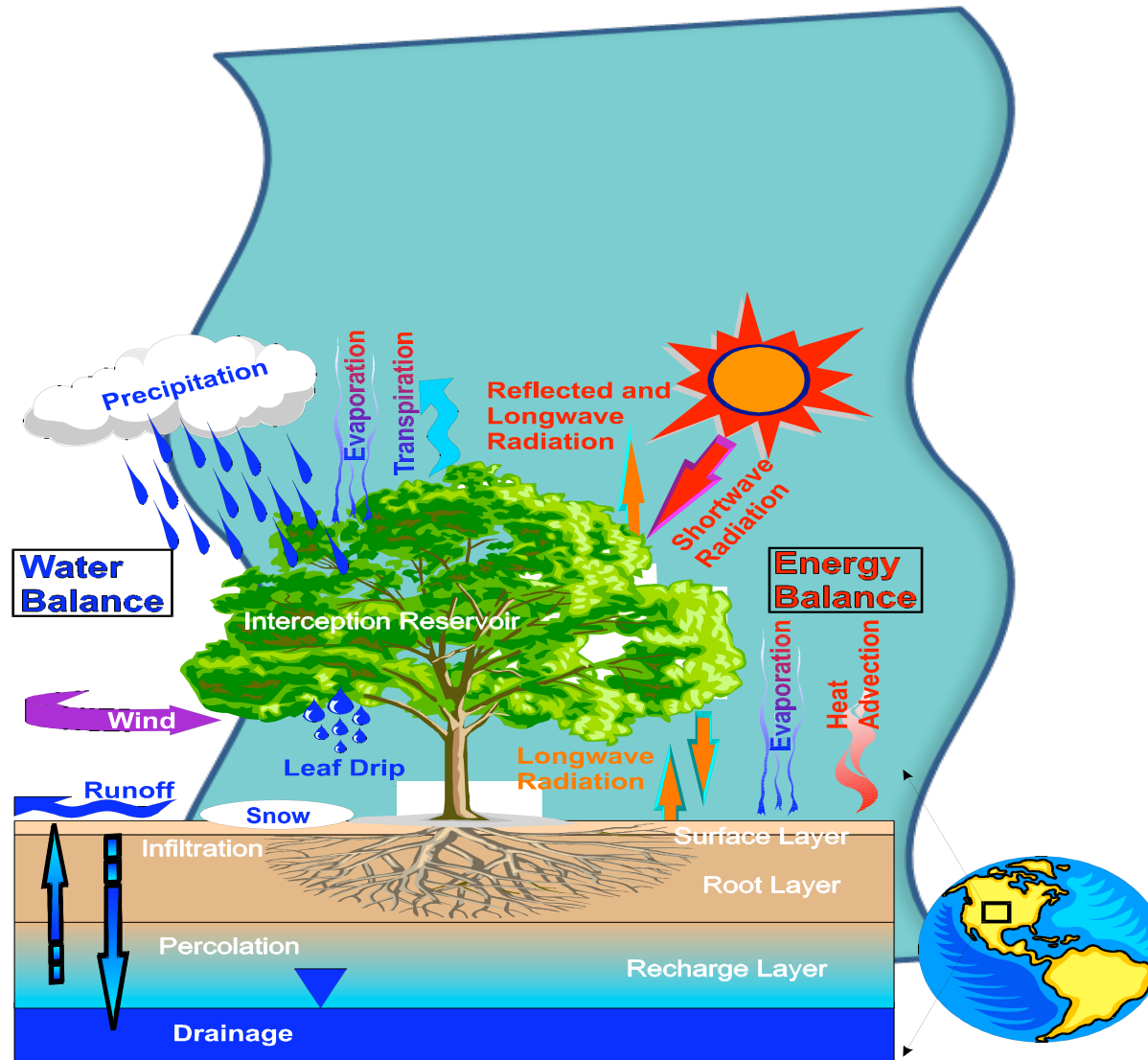
**Analytische Lösungen nur für vereinfachte Probleme!**



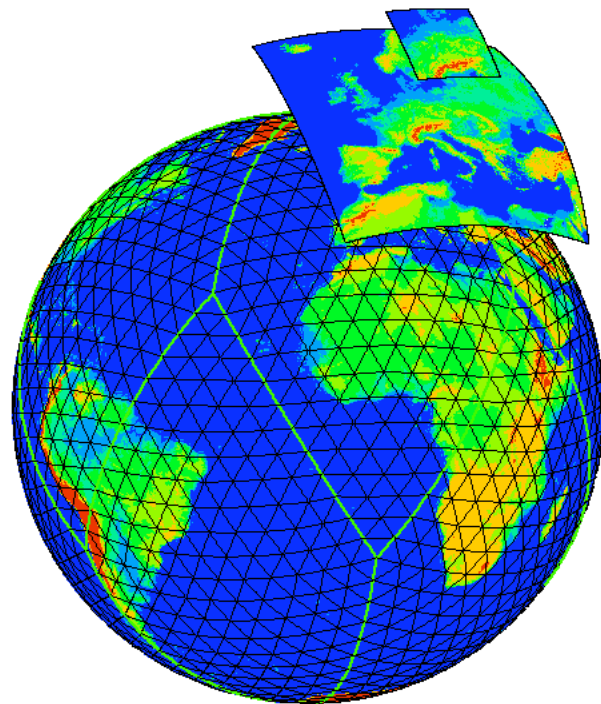
Leonard Euler: Mathematiker

1707 (Basel) – 1783 (St. Petersburg)

# Physikalische Prozesse am/im Erdboden



# Die Modellkette des DWD



**COSMO-DE**  $\Delta x = 2.8 \text{ km}$



**COSMO-EU**  $\Delta x = 7 \text{ km}$



**GME**  $\Delta x = 40 \text{ km}$

## **COSMO-DE:**

Maschenweite: **2.8 km**

421\*461 \* 50 Gitterpunkte

Zeitschritt: 25 sec.

Vorhersagen bis 21 Stunden

## **COSMO-EU:**

Maschenweite: **7 km**

665\*657 \* 40 Gitterpunkte

Zeitschritt: 40 sec.

Vorhersagen bis 78 Stunden

## **GME:**

Maschenweite: **40 km**

368642 \* 40 Gitterpunkte

Zeitschritt: 133 sec.

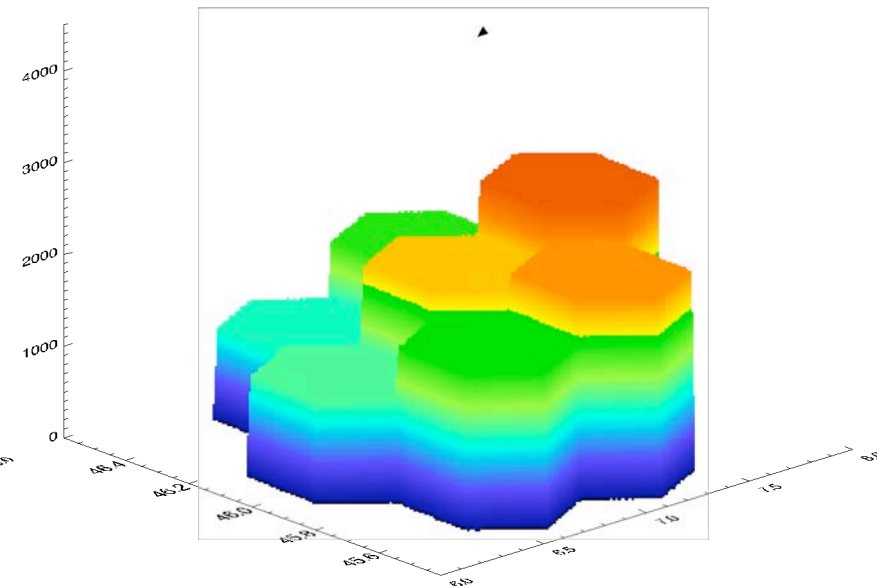
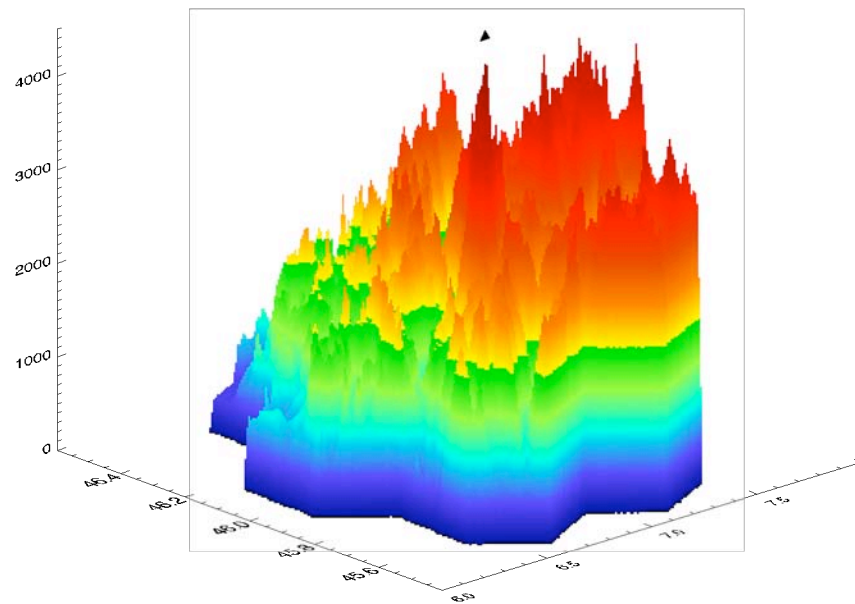
Vorhersagen bis 7 Tage

# Topographie im GME ( $\Delta x = 40$ km) ^ Mont Blanc (4810 m)



Globe, Gitterfläche: 1 km<sup>2</sup>

GME, Gitterfläche: 1384 km<sup>2</sup>

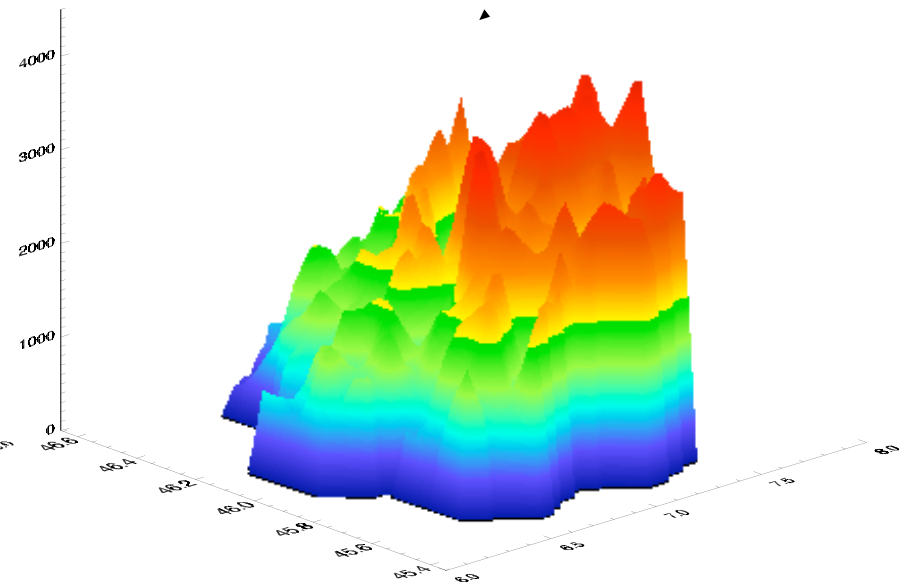
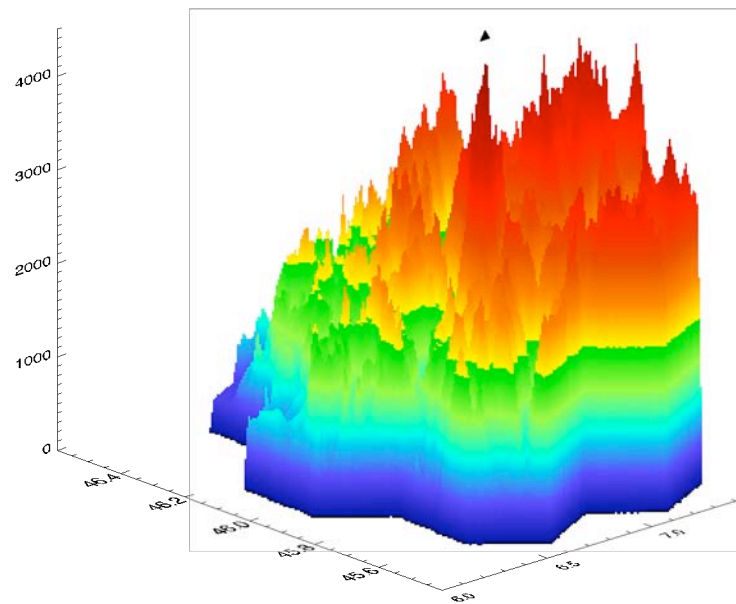


# Topographie im COSMO-DE ( $\Delta x = 2.8 \text{ km}$ ) ^ Mont Blanc (4810 m)



Globe, Gitterfläche: 1 km<sup>2</sup>

COSMO-DE, Gitterfläche: 8 km<sup>2</sup>



# Wettervorhersage auf Supercomputern



**IBM p575 Power5**  
**44 + 4 + 4 Rechenknoten**  
**416 Prozessoren**  
**3.1 TFlop/s Spitzenleistung**

## **GME (global)**

15 Millionen Gitterpunkte  
24h-Vorhersage in 15 Minuten

## **COSMO-EU (Europa)**

17 Millionen Gitterpunkte  
24h-Vorhersage in 25 Minuten

## **COSMO-DE (Deutschland)**

10 Millionen Gitterpunkte  
21h-Vorhersage in 30 Minuten





# Wettervorhersage als Anfangswertproblem und Randwertproblem (unterer Rand am Erdboden/Meere)

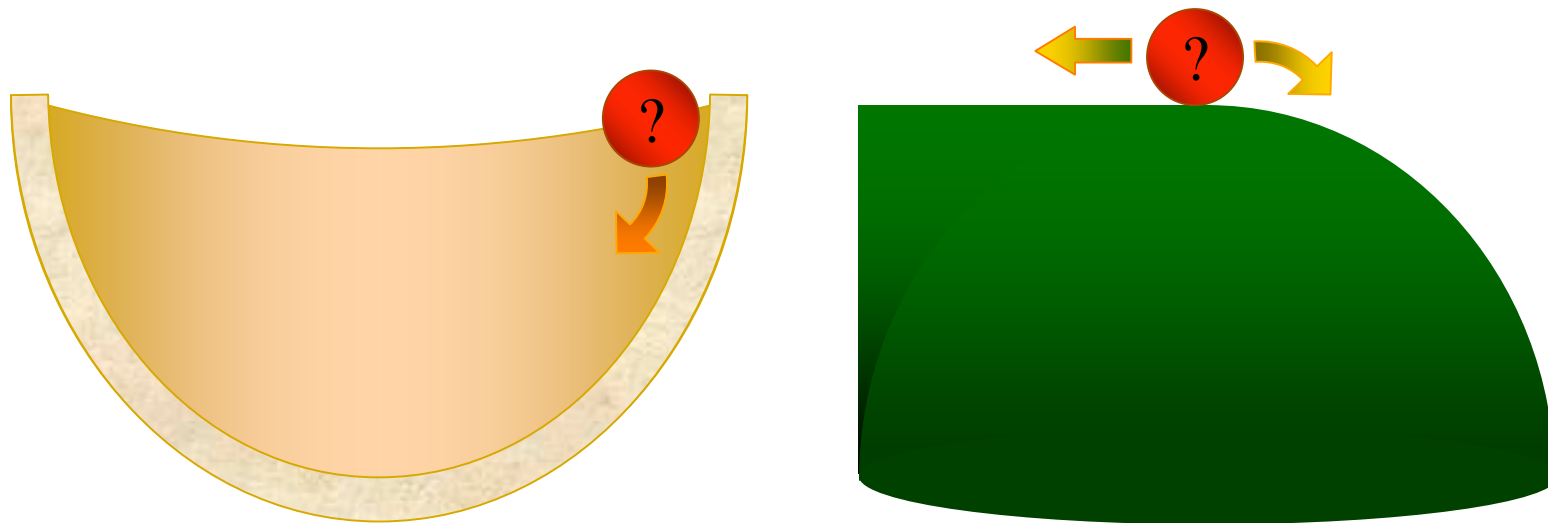
An jedem Gitterpunkt müssen wir

- Druck,
- Temperatur,
- Wind,
- Wasserdampf,
- Wolken usw.

zum Anfangstermin (Starttermin der Vorhersage, z.B. heute 00 UTC) vorgeben. Dann können wir die zukünftige Wetter-entwicklung auf der Grundlage der Modellgleichungen berechnen.



# Was passiert dann?



Wettervorhersage als *Anfangs*wertproblem

# Synoptische Stationen und Schiffe



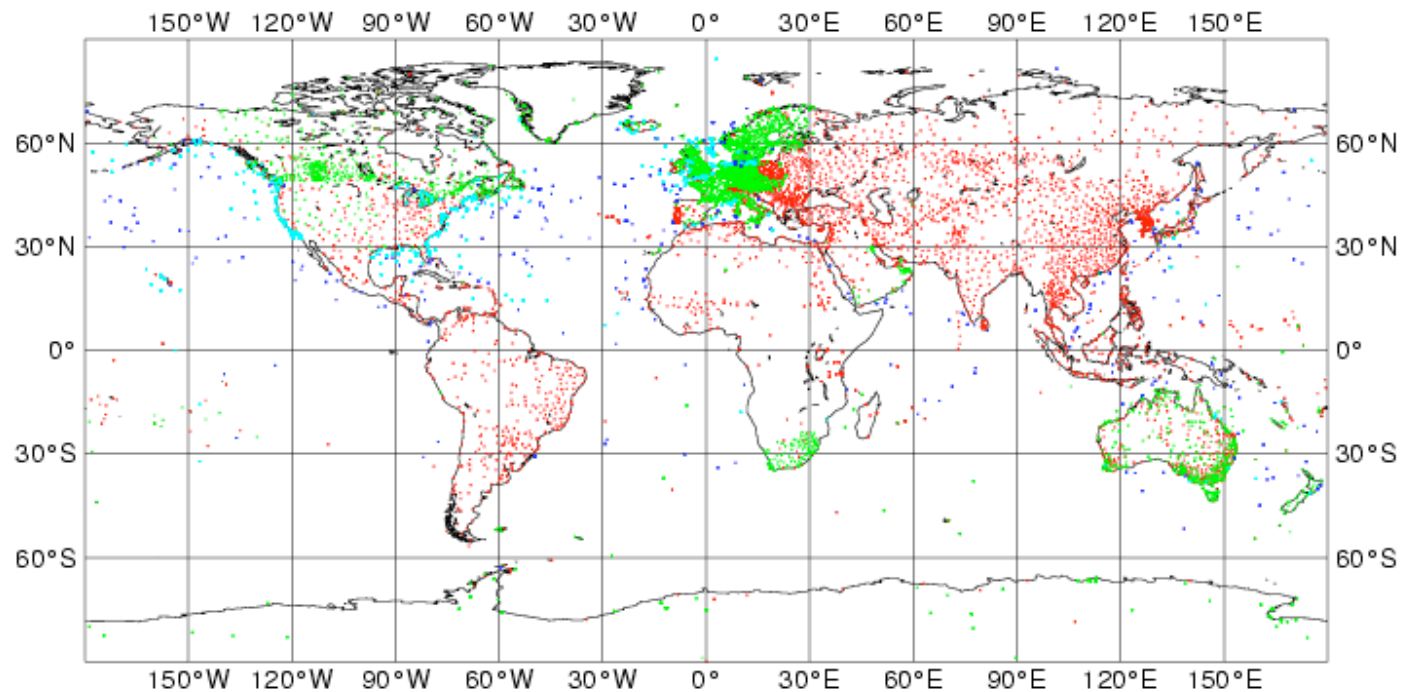
## Observation Coverage - MAIN

### Synoptic land stations and ships

Manned (red), automatic (green) land and manned (blue), automatic (cyan) ship

Time of Analysis: 2007-10-14 00 UTC      First/Last Obs. 23:00 - 01:00

Total number of obs = 13934



# Bojen im Meer (verankert und frei beweglich)



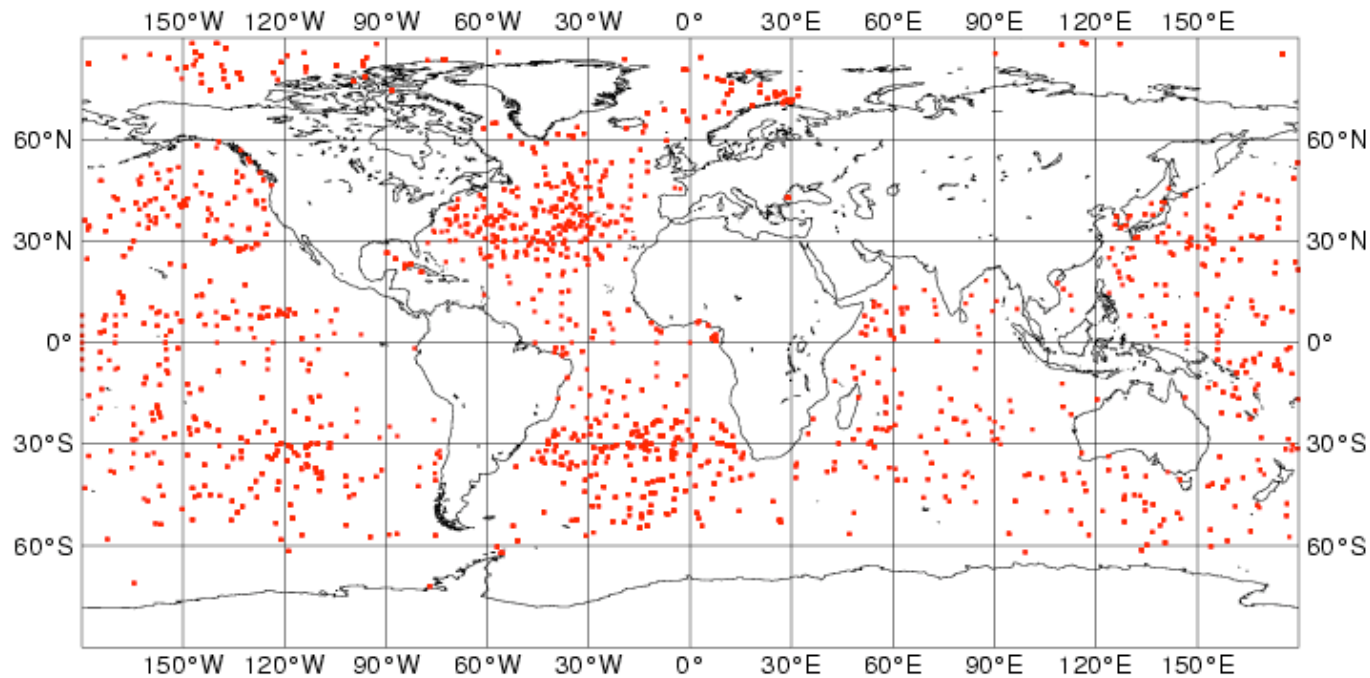
## Observation Coverage - MAIN

### Drifting buoys

Time of Analysis: 2007-10-14 00 UTC

First/Last Obs. 22:30 - 01:29

Total number of obs = 3330



# Radiosonden (Wetterballone)



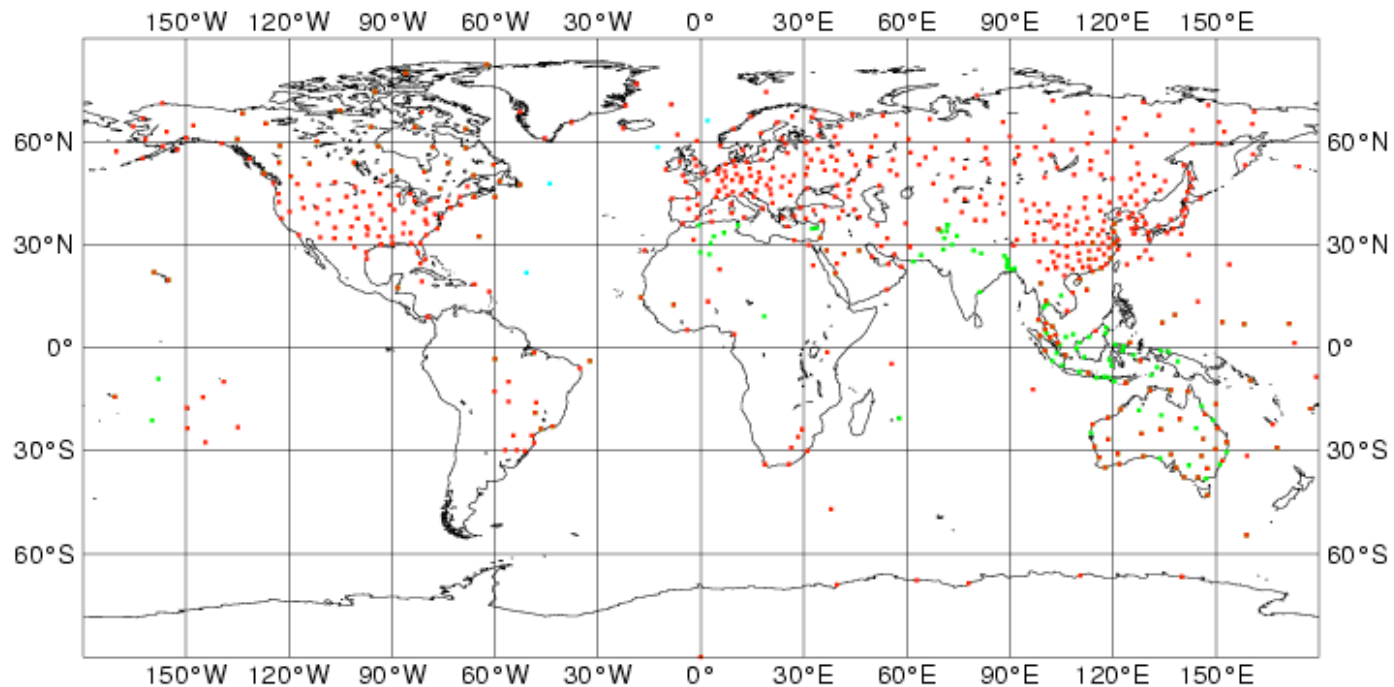
## Observation Coverage - MAIN

Land and ship radiosondes

Land Temp ( 572 ) Land Pilot ( 192 ) Ship Temp ( 4 ) Ship Pilot ( 0 ) Dropsonde ( 0 ) Mobile ( 0 )

Time of Analysis: 2007-10-14 00 UTC First/Last Obs. 23:00 - 01:00

Total number of obs = 768



# Messungen von Verkehrsflugzeugen (AMDAR)



## Observation Coverage - MAIN

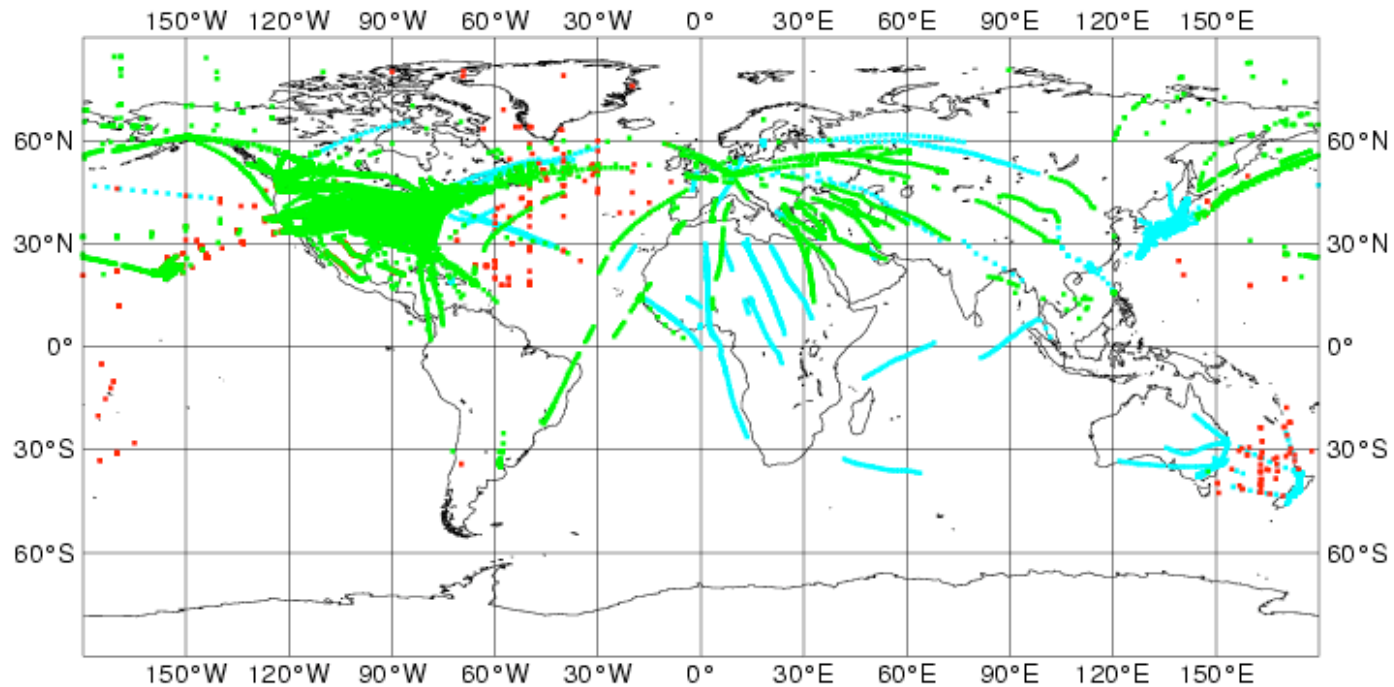
### Aircraft reports

AMDAR (cyan) / AIREP (red) / ACARS (green)

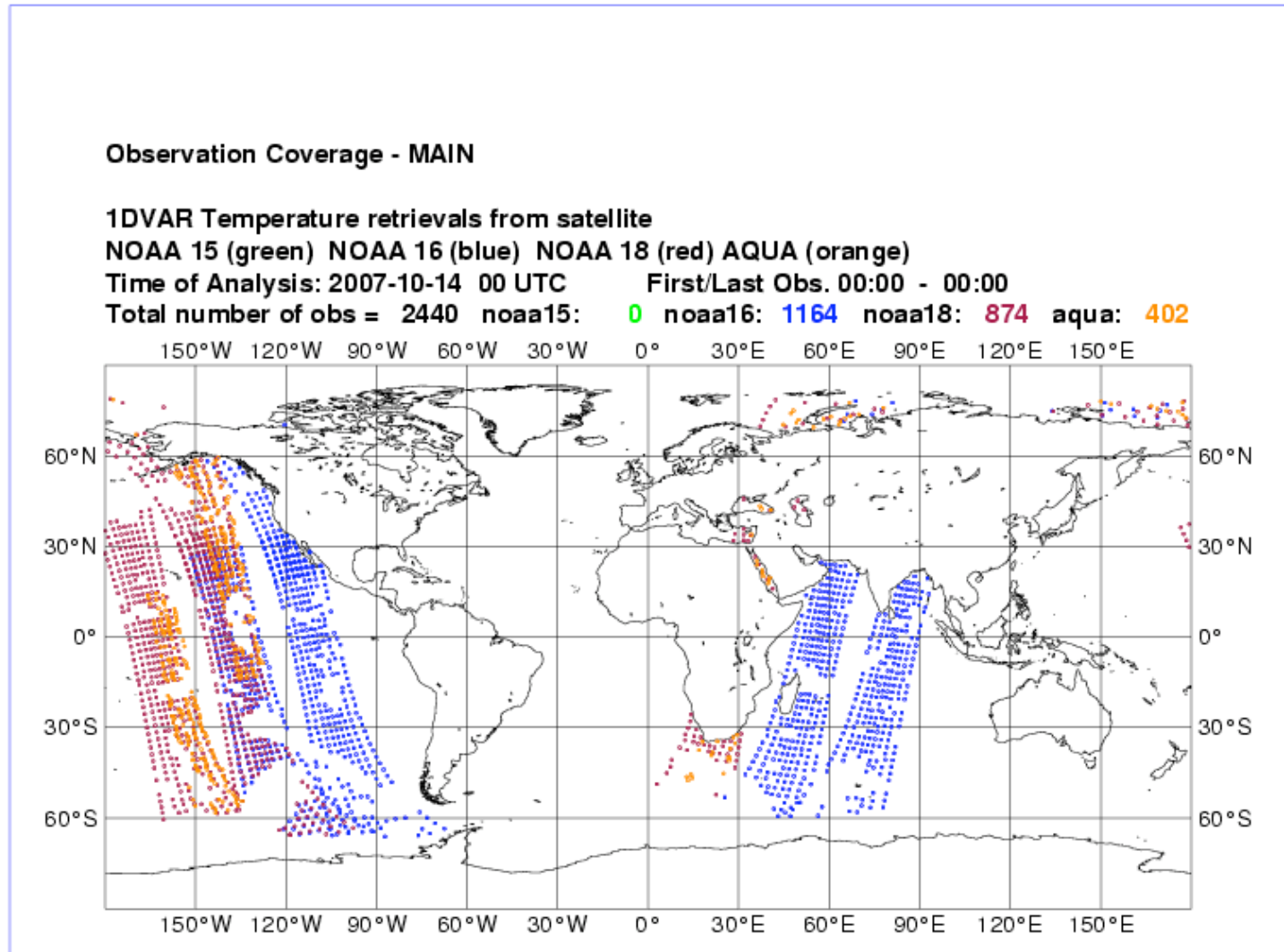
Time of Analysis: 2007-10-14 00 UTC

First/Last Obs. 22:00 - 01:59

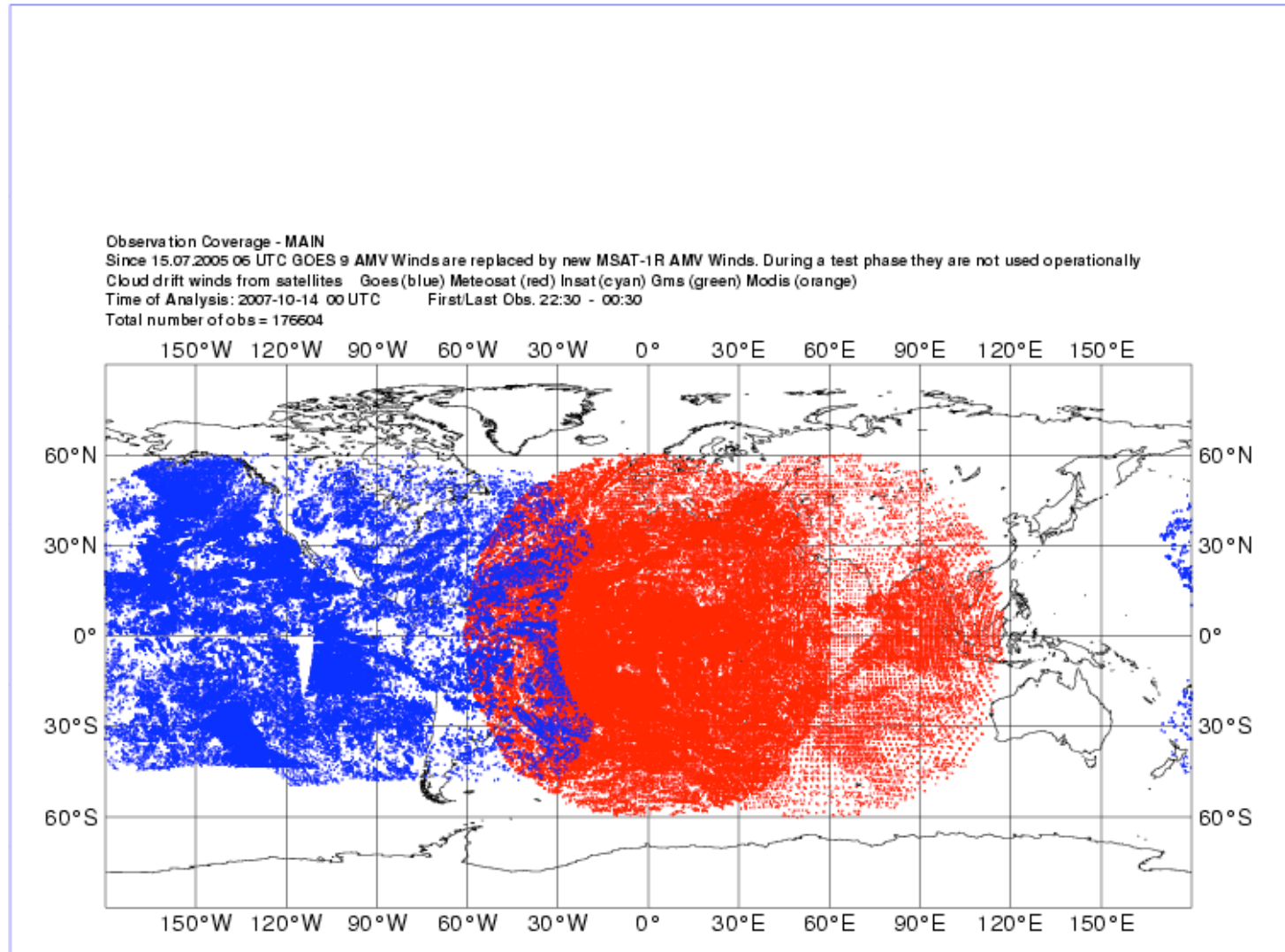
Total number of obs = 27648



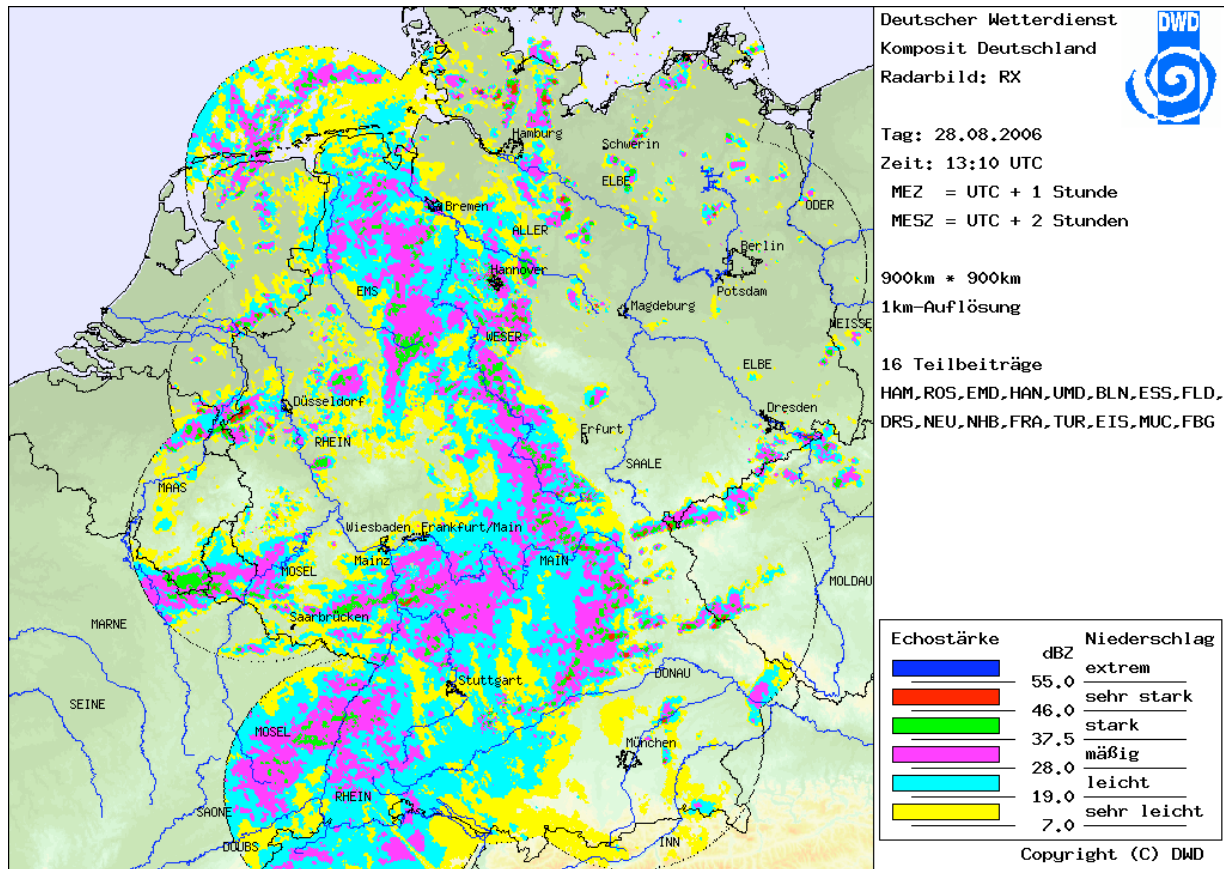
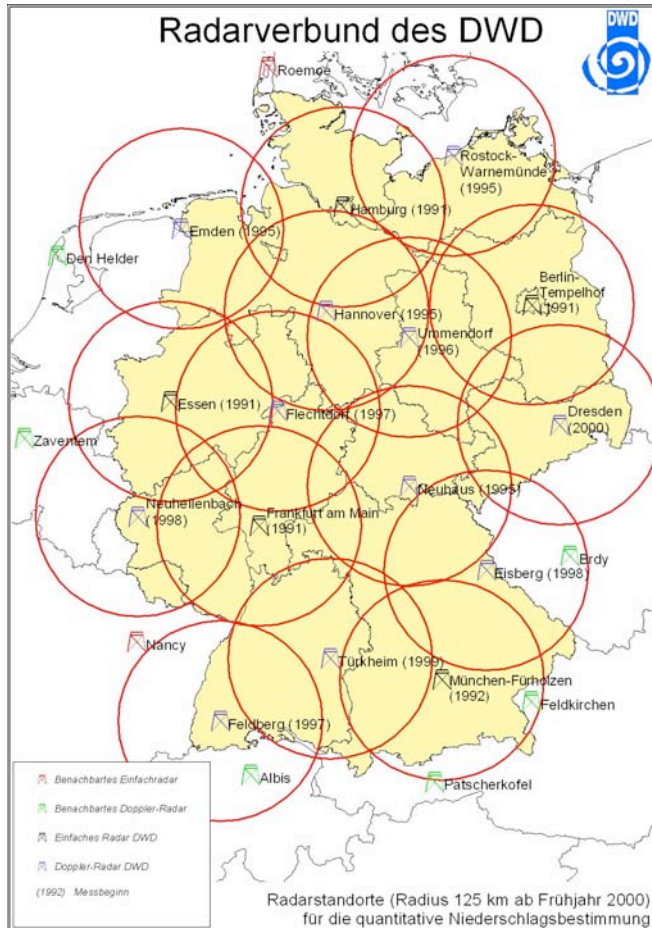
# Messungen von polarumlaufenden Satelliten



# Messungen von geostationären Satelliten



# Radardaten für die Bestimmung des Anfangszustandes im COSMO-DE



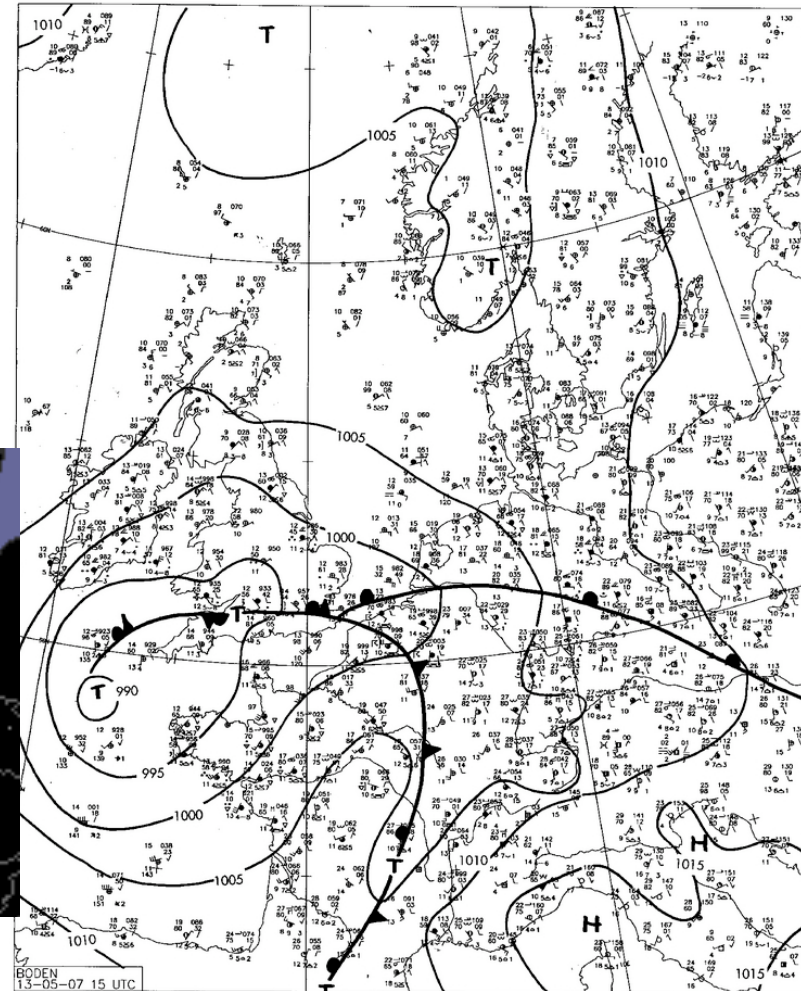
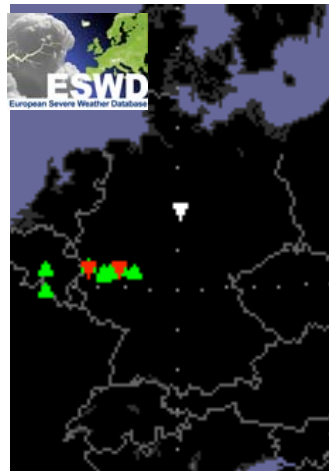
# Gewitterlage am 13. Mai 2007



Am Abend des 13. Mai 2007 verursachte eine Kaltfront die Bildung einer Linie von Schwergewittern über Deutschland.

Nach der “European Severe Weather Database “ wurden folgende Ereignisse beobachtet:

- F2 Tornado in der Nähe von Kall-Sistig um 19:15 UTC
- Möglicher F0 Tornado in der Nähe von Wirges um 18:30 UTC
- Mehrere Berichte von **großen Hagelkörnern** bis zu 3 cm Durchmesser im Gebiet von Aachen/Koblenz
- Zusätzlich beobachteten “Storm Chaser” **Superzellen.**



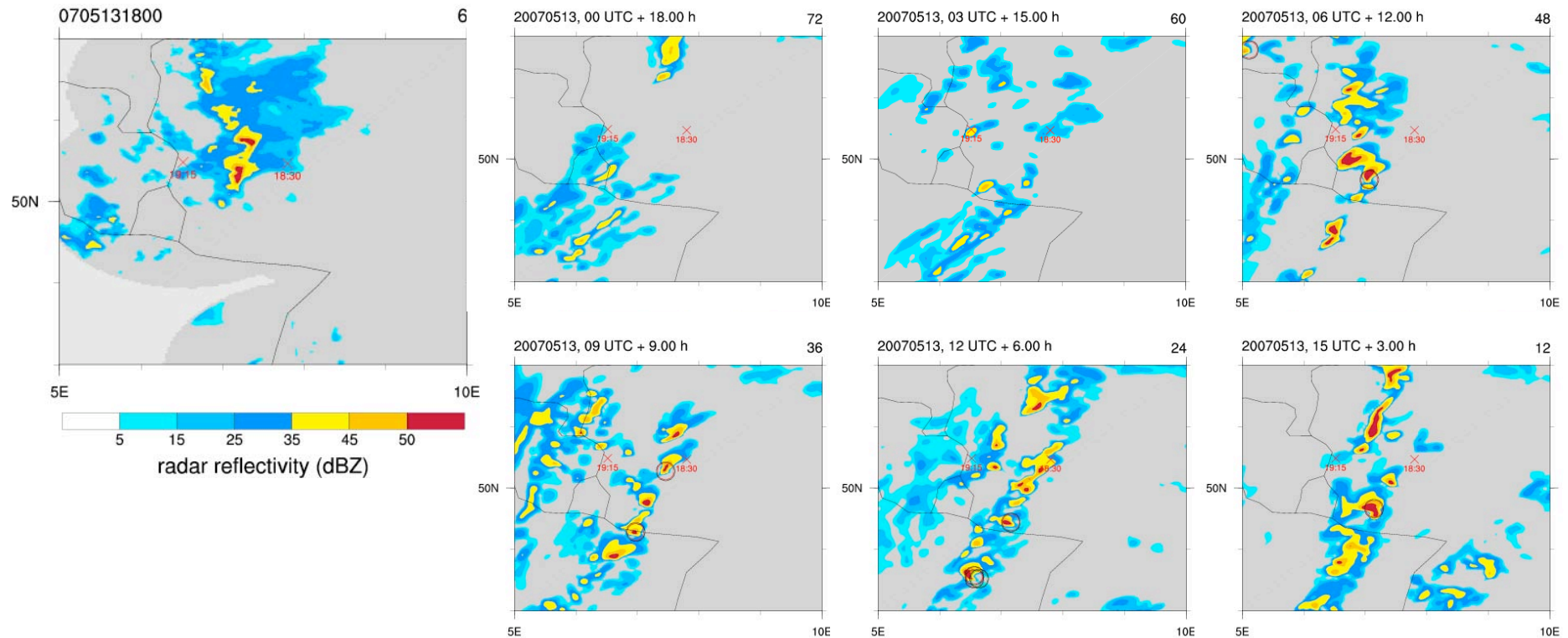
**Bodenanalyse, 13. Mai 2007 15 UTC**



# Gewitterlage am 13. Mai 2007: Superzellen



## Radar und ... COSMO-DE Vorhersagen mit unterschiedlichen Startterminen



COSMO-DE gibt in allen Vorhersagen einen generellen Hinweis auf Superzellen in dem betroffenen Gebiet. Ab der 06 UTC-Vorhersage zeigen alle Modellrechnungen eine Linie hochreichender Konvektionswolken. Die Position einzelner Zellen ist allerdings kaum

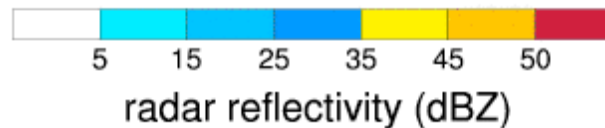
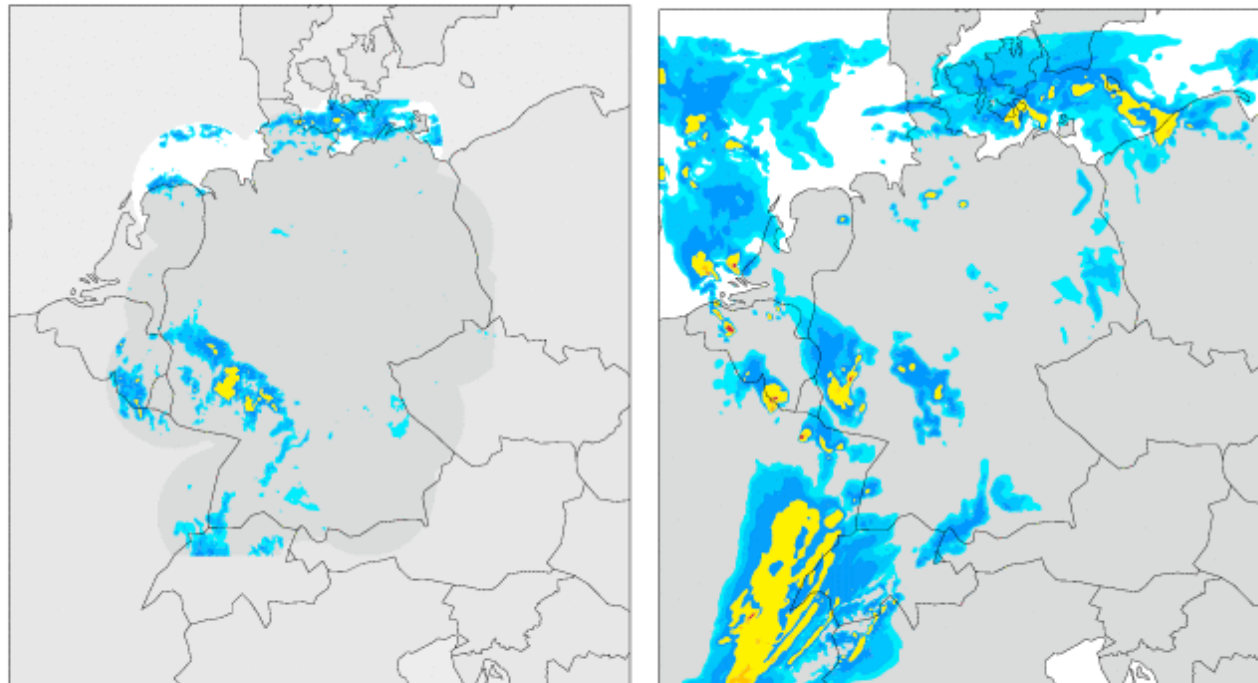


# Radarkomposit und Modellreflektivität: 15. Juni 2007

0706150730

7 20070615, 00 UTC + 7.50 h

30



**COSMO-DE erlaubt eine gute Vorhersage, wo und wann hochreichende Konvektion entsteht.**

**Genaue deterministische Vorhersagen können auf dieser Skala nicht erwartet werden.**



# Zusammenfassung und Ausblick

- **Numerische Wettervorhersage (NWV) umfasst viele Raum- und Zeitskalen (> 10.000 km bis < 1 km, > 100 h bis < 1 min).**
- **Die NWV-Modelle basieren auf physikalischen Grundprinzipien, beschreiben die Wirklichkeit aber nur näherungsweise.**
- **Der Anfangszustand (Analyse) für die Vorhersagerechnung wird im Rahmen der Datenassimilation aus einer Mischung von Modellschätzwert und Beobachtungen bestimmt.**
- **Wettervorhersage ist inhärent unsicher.**
- **Zukünftig stellt der Wetterdienst hochauflösende Ensemble-Rechnungen (Monte-Carlo-Methode) bereit, um diese Unsicherheit zu quantifizieren und vor Wettergefahren bestmöglich zu warnen.**