

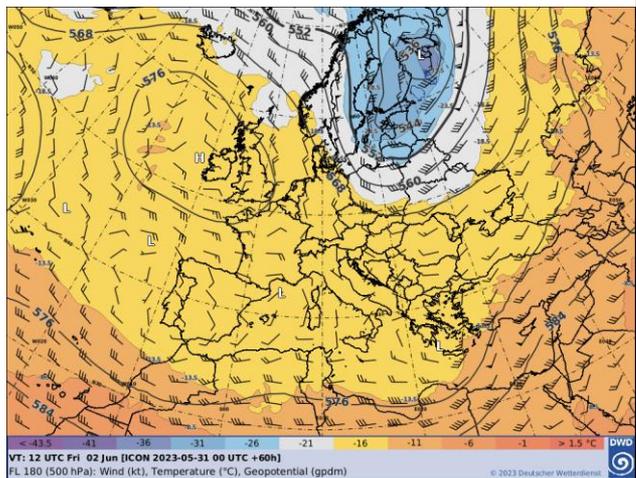


Wie funktioniert numerische Wettervorhersage?



Grundsätzlicher Ablauf

1. Anfangszustand möglichst genau bestimmen
2. Wettermodell vom Großrechner berechnen lassen
3. Postprozessing (nicht Teil des Vortrags)

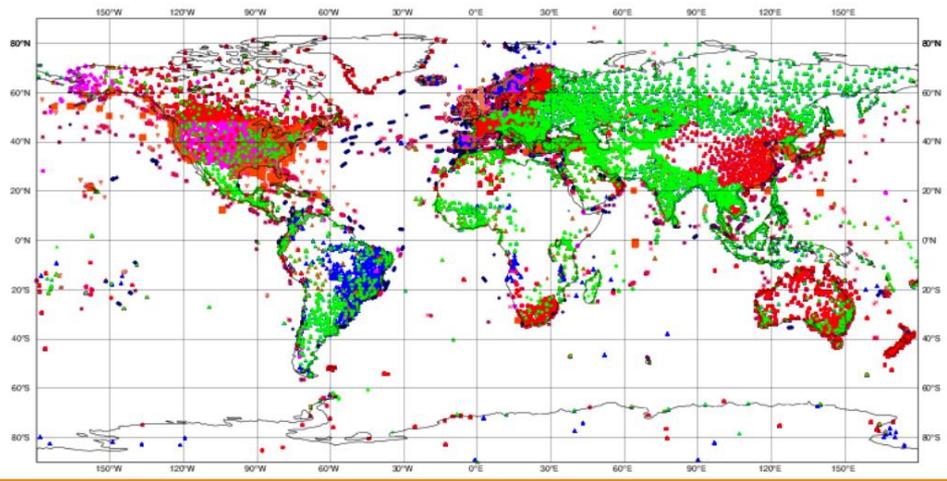


1. Anfangszustand muss möglichst genau bestimmt werden

➔ Möglichst viele Daten (=Messwerte) sammeln

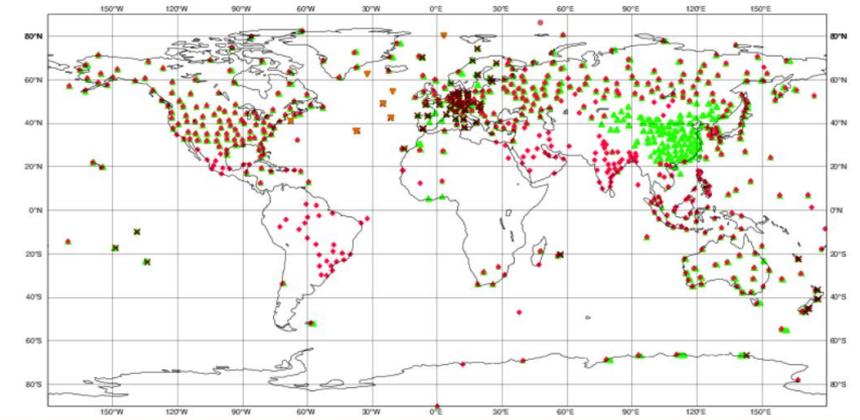
ECMWF data coverage (all observations) - SYNOP-SHIP-METAR
2023053121 to 2023060103
Total number of obs = 257711

- Automatic Land SYNOP (15764)
- Manual Land SYNOP (8779)
- ▲ METAR (17385)
- ▼ Automatic SHIP (3400)
- × SHIP (1277)
- Abbreviated SHIP (328)
- Automatic METAR (37377)
- ◆ BUFR SHIP SYNOP (4309)
- ▲ BUFR LAND SYNOP (169092)



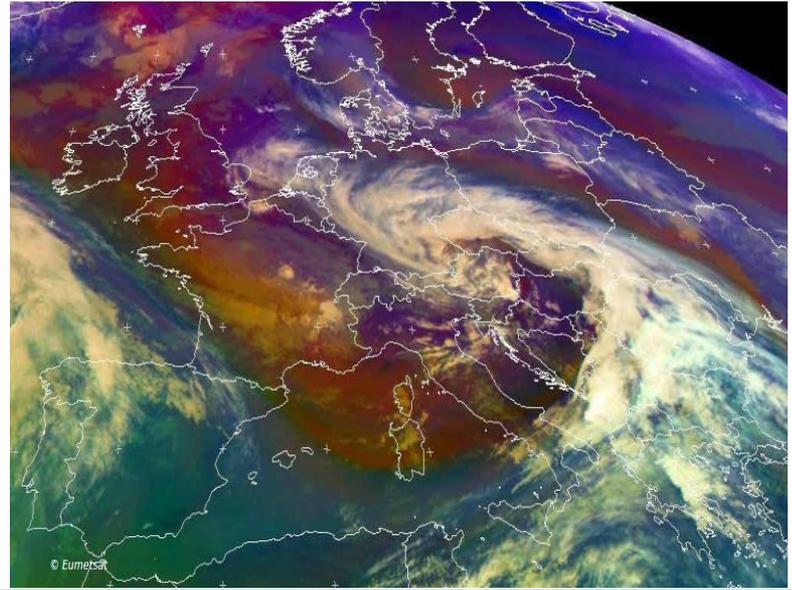
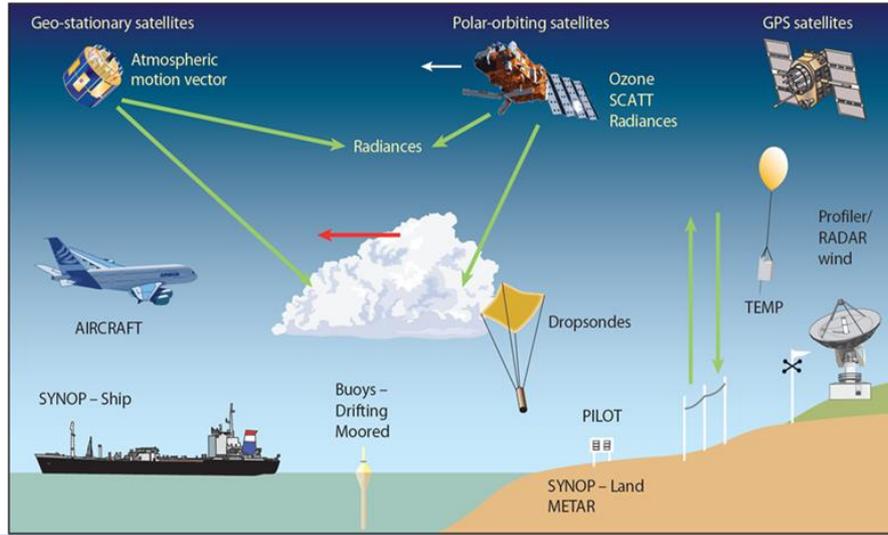
ECMWF data coverage (all observations) - RADIOSONDE
2023053121 to 2023060103
Total number of obs = 1120

- TEMP SHIP (1)
- ◆ Land TEMP (526)
- ▲ High Reso land (532)
- ▼ High Reso sea (7)
- × BUFR TEMP DESCENT (54)



1. Anfangszustand bestimmen

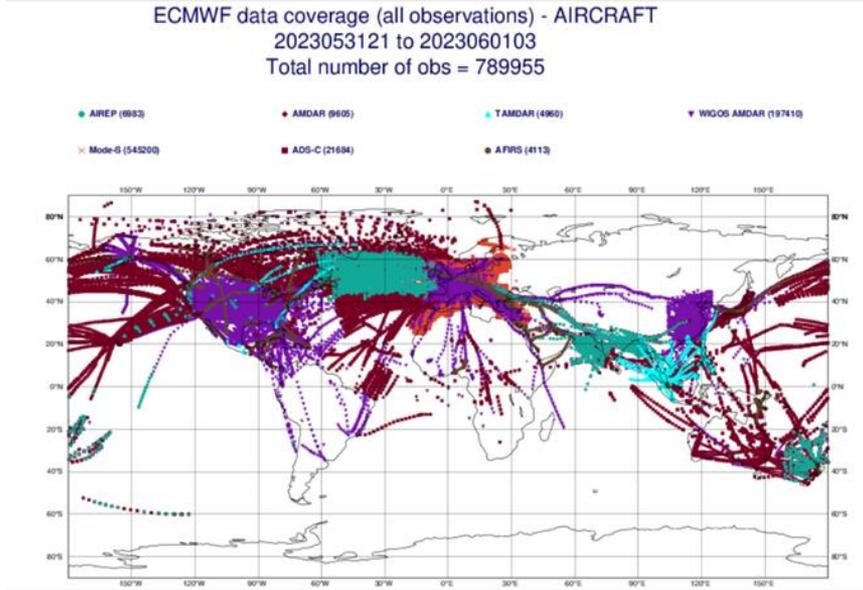
- ➔ Überwiegender Anteil der im Wettermodell einfließenden Daten von Satelliten (geostationäre und polarumlaufende)
- ➔ Über Strahlungsmessungen Rückschlüsse auf Wolkenbedeckung / -art, Temperatur- und Feuchteverteilung etc.



1. Anfangszustand bestimmen

Probleme:

- Abdeckung (räumlich und zeitlich)
- Messfehler
- Anfangszustand ist selbst bereits eine Berechnung



© Rosalie Heinen, Friedrich Verlag

2. Modellvorhersage berechnen

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla u - \frac{uv}{a} \tan \varphi - fv &= -\frac{1}{\rho a \cos \varphi} \left(\frac{\partial p'}{\partial \lambda} + \frac{J_\lambda}{\sqrt{G}} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} \right) + M_u \\ \frac{\partial v}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla v + \frac{u^2}{a} \tan \varphi + fu &= -\frac{1}{\rho a} \left(\frac{\partial p'}{\partial \varphi} + \frac{J_\varphi}{\sqrt{G}} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} \right) + M_v \\ \frac{\partial w}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla w &= \frac{1}{\rho \sqrt{G}} \frac{\partial p'}{\partial \zeta} + B + M_w \\ \frac{\partial p'}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla p' - g \rho_0 w &= -(c_{pd}/c_{vd}) p D \\ \frac{\partial T}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla T &= -\frac{p}{\rho c_{vd}} D + Q_T \\ \frac{\partial q^v}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla q^v &= -(S^c + S^i + S^r + S^s) + M_{q^v} \\ \frac{\partial q^c}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla q^c &= S^c + M_{q^c} \\ \frac{\partial q^i}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla q^i &= S^i + M_{q^i} \\ \frac{\partial q^r}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla q^r &= -\frac{1}{\rho \sqrt{G}} \frac{\partial P_r}{\partial \zeta} + S^r + M_{q^r} \\ \frac{\partial q^s}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla q^s &= -\frac{1}{\rho \sqrt{G}} \frac{\partial P_s}{\partial \zeta} + S^s + M_{q^s}\end{aligned}$$

Physikalische Zusammenhänge
sind bekannt und mathematisch
eindeutig darstellbar,

Aber....

Nicht einfach mathematisch lösbar!

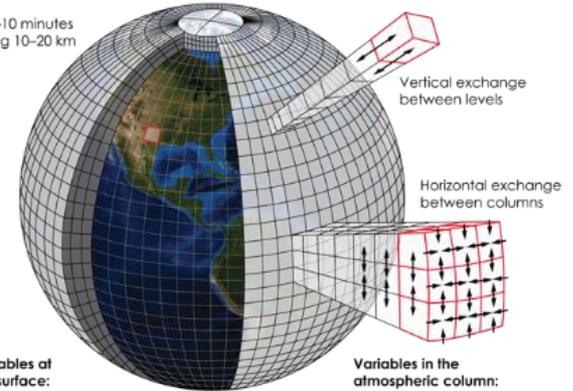
2. Modellvorhersage berechnen

Probleme:

- Berechnung an Gitterpunkten (statt überall)
- Gleichungssystem näherungsweise lösen
- Rechengeschwindigkeit und Speicherplatz
- ...

Weather forecast modeling

Timestep 5–10 minutes
Grid spacing 10–20 km



Variables at the surface:

Temperature
Humidity
Pressure
Moisture fluxes
Heat fluxes
Radiation fluxes

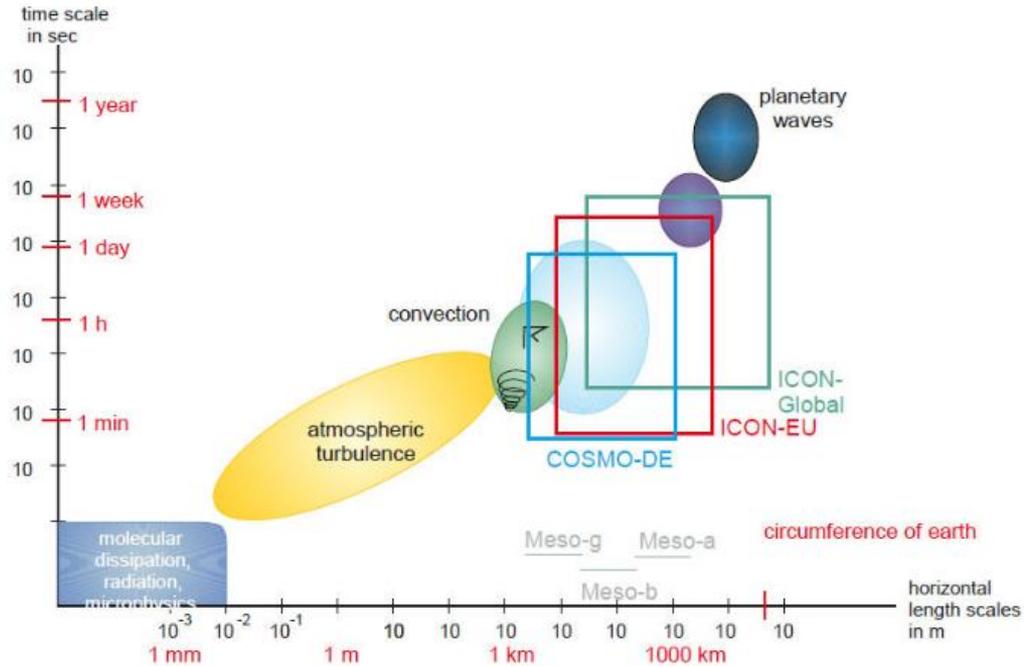
Variables in the atmospheric column:

Wind vectors
Humidity
Clouds
Temperature
Height
Precipitation
Aerosols

K.Cantner, American Geosciences Institute

2. Modellvorhersage berechnen

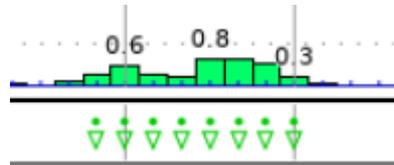
➔ Zwingender (mathematischer) Zusammenhang zwischen räumlichem und zeitlichem Abstand!



Je kleiner das Wetterphänomen, desto kleiner müssen Gitterabstände und Zeitschritte sein.



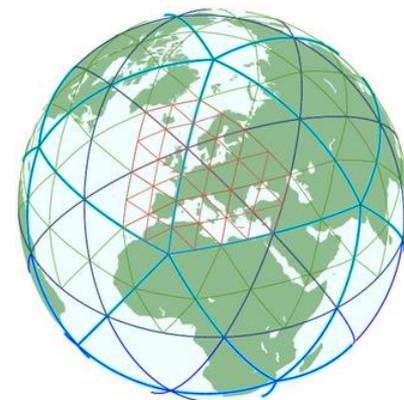
- Konvektion nur in hochaufgelösten Modellen in Berechnungen enthalten
- In gröber aufgelösten Modellen nur über Parametrisierung
- Parametrisierung = keine direkte Berechnung im Modell, sondern Ableitung eines Wetter-Parameters über Indizien aus anderen Modellergebnissen



Gewitter im Wettermodell

➔ Auflösung eines Wettermodells = Gitterpunktsabstand

	ICON-EU	(ICON-) D2
Gitterpunktsabstand	6,5 km	2,1 km
Räumliche Abdeckung	„Europa“	Deutschland + angrenzender Bereich
Zeitliche Abdeckung	Alle 6h neuer Lauf mit +120h Vorhersagezeitraum	Alle 3h neuer Lauf mit +48h Vorhersagezeitraum
Gewitter parametrisiert?	ja	nein



EZMW/IFS: 9 km

GFS: 9 km (in den meisten Apps vorhanden, weil kostenfrei)

Weitere konvektions-erlaubende Modelle:

- SuperHD von kachelmannwetter *mit 1 km Auflösung*
- AROME von Konsortium aus nat. Wetterdiensten *mit 2,5 km Auflösung*
- UKV vom Met Office (nat. Britischer Wetterdienst) *mit 4 km Auflösung*
- Wahrscheinlich auch NEMS von meteoblue *mit 4 km Auflösung*

- Es liegt nicht nur am imperfekten Anfangszustand, dass die Wettervorhersage fehlerhaft ist.
- Es gibt einige grundsätzliche „Probleme“, die man lösen muss, um Wetter überhaupt berechenbar zu machen.
- Gewitter können nur von hochaufgelösten Modellen direkt vorhergesagt werden
- Die numerische Wettervorhersage bringt heutzutage großartige Ergebnisse!

Gibt es bis hierhin Fragen?

- Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!
- Jetzt übernimmt Stefan Rubach.