



# Das Wetter:

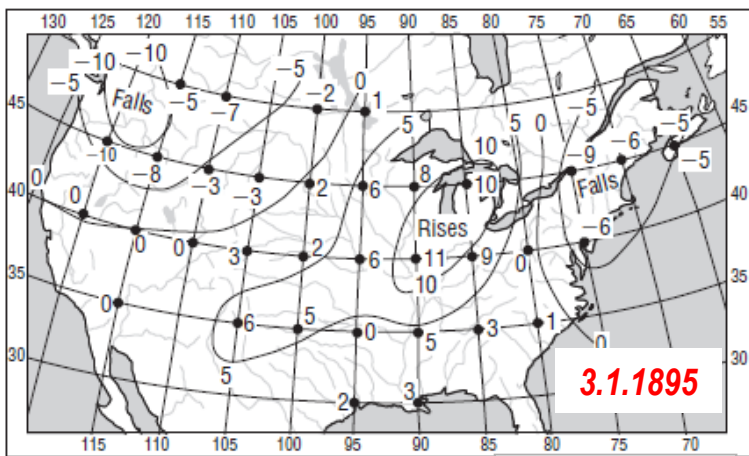
Vorhersagbarkeit im chaotischen System ‚Atmosphäre‘

- **einige Personen und Begriffe**
- **eigene Recherche: wie wird's in den nächsten Tagen?**
- **7 Zutaten für moderne Prognosen**

**Dr. Hans Volkert**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Oberpfaffenhofen

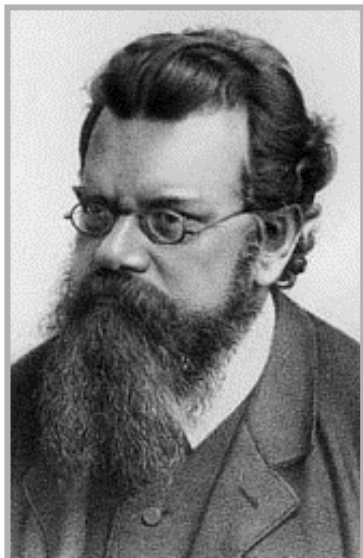
Institut für Physik der Atmosphäre (IPA) & School\_Lab Experiment **"Wetter und Klima"**



stat. Physik, 1-d Geschw.vert.

$$F(v) = \sqrt{\frac{m_M}{2\pi k_B T}} \exp\left(-\frac{m_M v^2}{2k_B T}\right)$$

Veröff. 1908



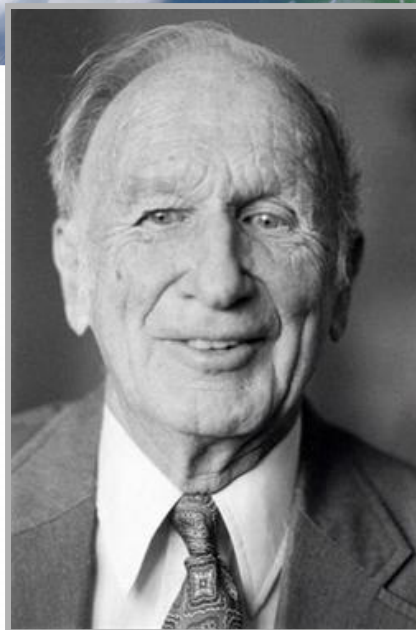
Ludwig Boltzmann

1844-1906



Felix Exner

Wien, AT 1876-1930



Edward Lorenz

1917-2008

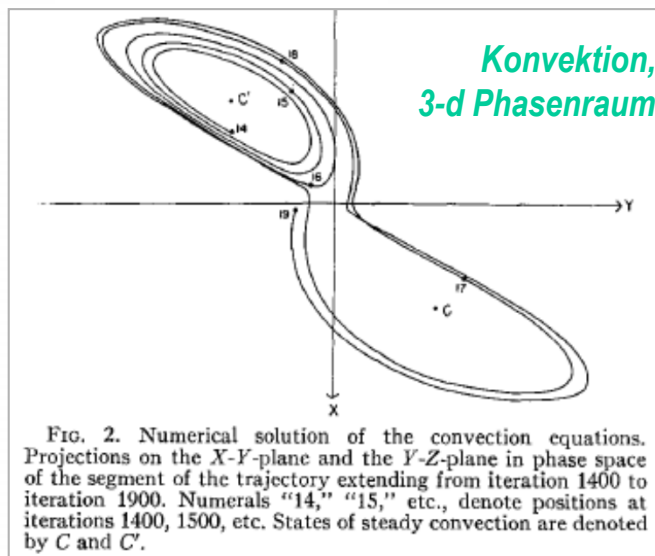
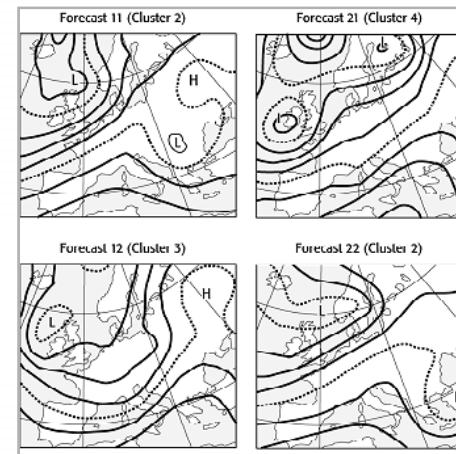
MIT,  
Boston,  
USA

JOURNAL OF THE ATMOSPHERIC SCIENCES

März 1963, pp. 130-141

Deterministic Nonperiodic Flow<sup>1</sup>

EDWARD N. LORENZ



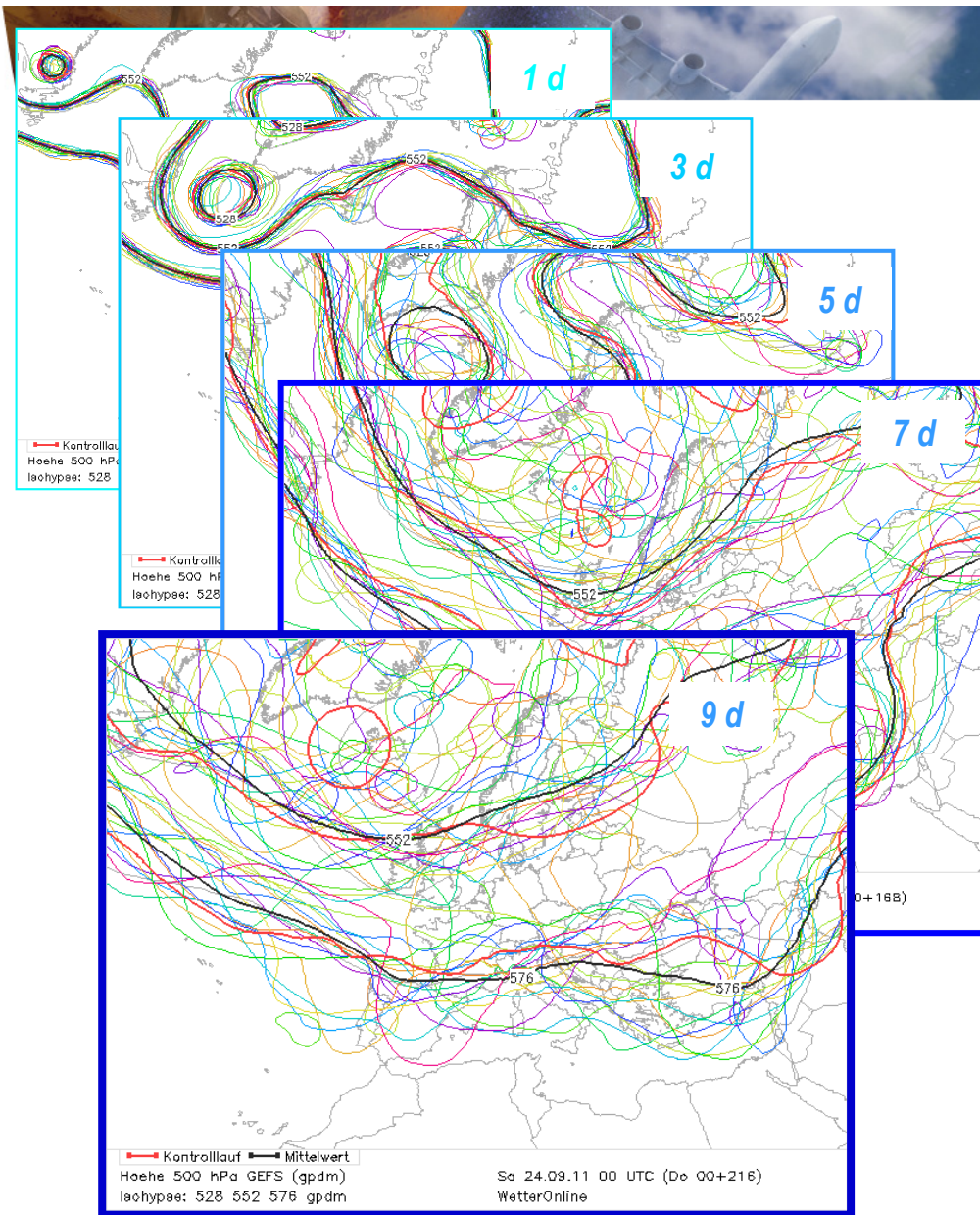
Konvektion,  
3-d Phasenraum

FIG. 2. Numerical solution of the convection equations. Projections on the X-Y-plane and the Y-Z-plane in phase space of the segment of the trajectory extending from iteration 1400 to iteration 1900. Numerals "14," "15," etc., denote positions at iterations 1400, 1500, etc. States of steady convection are denoted by C and C'.

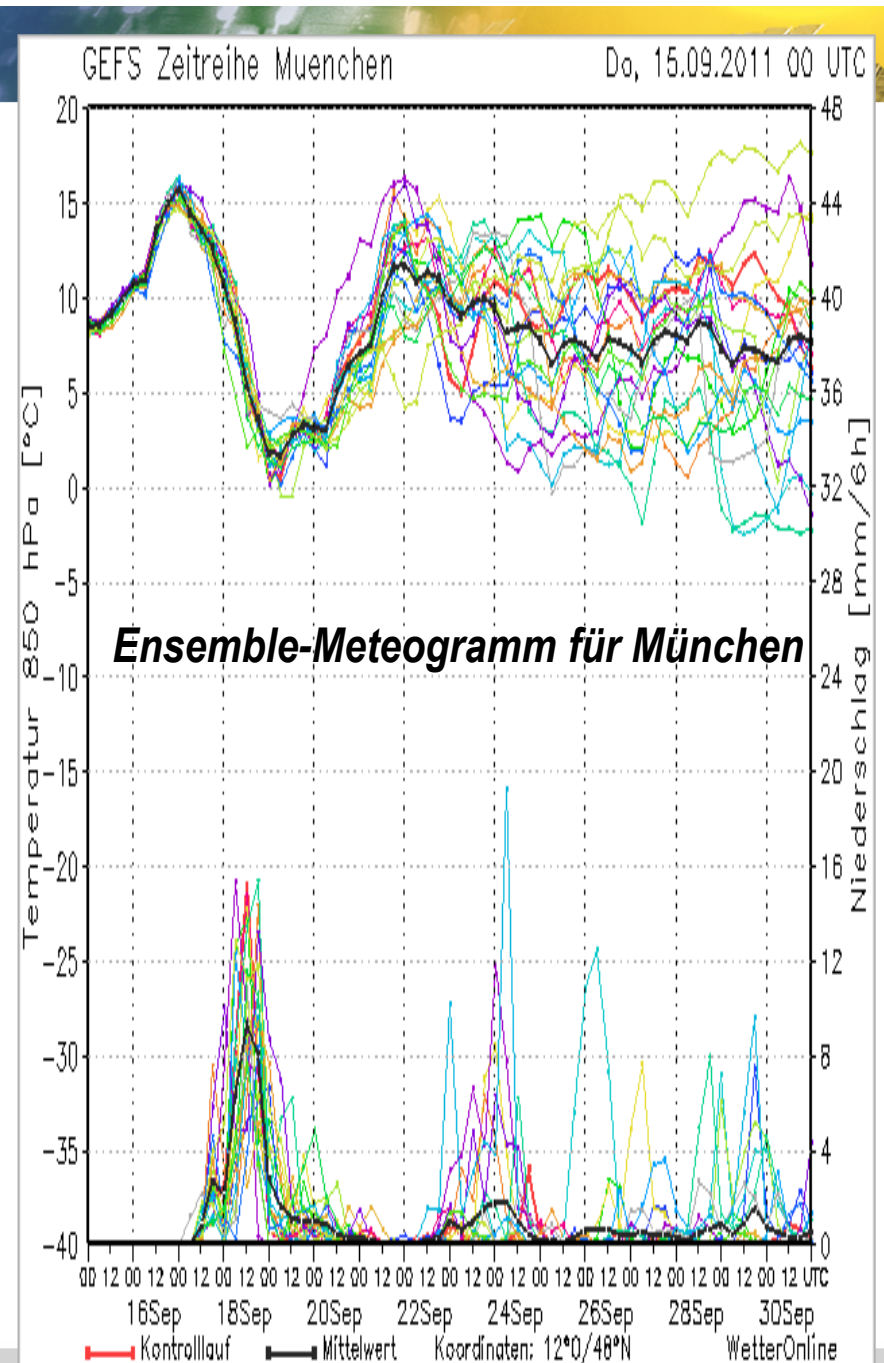
Ensemble forecasts,  
ab Dez. 1992 @ ECMWF, UK



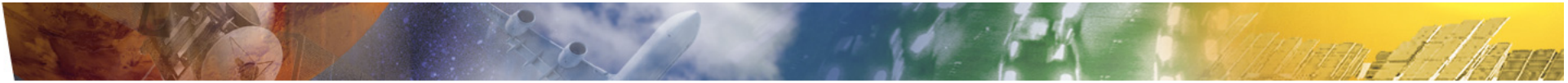
Tim Palmer, \* 1952



~ ein Dutzend Parallelvorhersagerechnungen (ensemble); Höhenwetterkarte über 9 d



osphäre



# Inspektion von aktuellen Ensemble-Vorhersagen

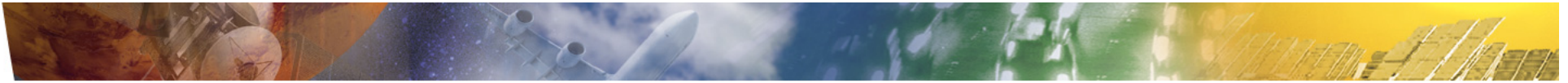
## ***Profi-WetterOnline***

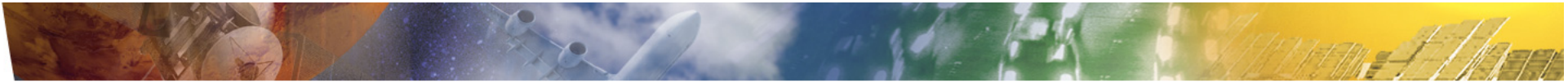
<http://profi.wetteronline.de/daten/profi/de/gefs/gefs.html>

## ***WetterOnline-Mitgliedschaft***

[http://wom.wetteronline.de/?pcid=pc\\_modell\\_expert&gid=euro&pid=p\\_modell\\_expert&sid=Ensembles](http://wom.wetteronline.de/?pcid=pc_modell_expert&gid=euro&pid=p_modell_expert&sid=Ensembles)



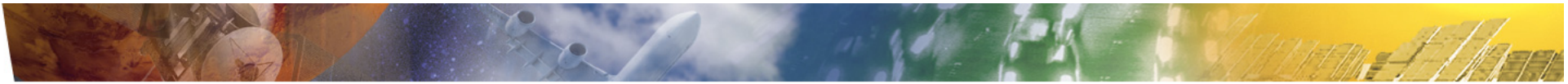




# Die sieben Zutaten für die moderne Wetterprognose

## 1. Messungen





# Die sieben Zutaten für die moderne Wetterprognose

## 2. Physikalische Gleichungen

Primitive equations - Wikipedia, the free encyclopedia - Netscape

Datei Bearbeiten Anzeigen Gehe Lesezeichen Extras Fenster Hilfe

W http://en.wikipedia.org/wiki/Primitive\_equations Suchen

W Primitive equations - Wikipedia, the ...

Note that the capital derivatives are the material derivatives.

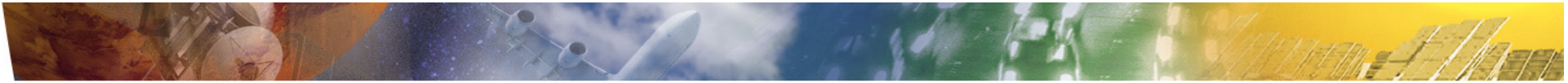
- the **geostrophic momentum equations**  
$$\frac{Du}{Dt} - fv = -\frac{\partial\phi}{\partial x}$$
$$\frac{Dv}{Dt} + fu = -\frac{\partial\phi}{\partial y}$$
**Impulserhaltung (horizontal)**
- the **hydrostatic equation**, a special case of the vertical momentum equation in which there is no background vertical acceleration.  
$$0 = -\frac{\partial\phi}{\partial p} - \frac{RT}{p}$$
**Impulserhaltung (vertikal)**
- the **continuity equation**, connecting horizontal divergence/convergence to vertical motion under assumption of **incompressibility**:  
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial p} = 0$$
**Massenerhaltung**
- and the **Thermodynamic Energy equation**, a consequence of the **first law of thermodynamics**  
$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + \omega \left( \frac{\partial T}{\partial p} + \frac{RT}{pc_p} \right) = \frac{J}{c_p}$$
**Energieerhaltung**

When a statement of the conservation of water vapor substance is included, these six equations form the basis for any numerical weather prediction scheme.

DLR Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt in der

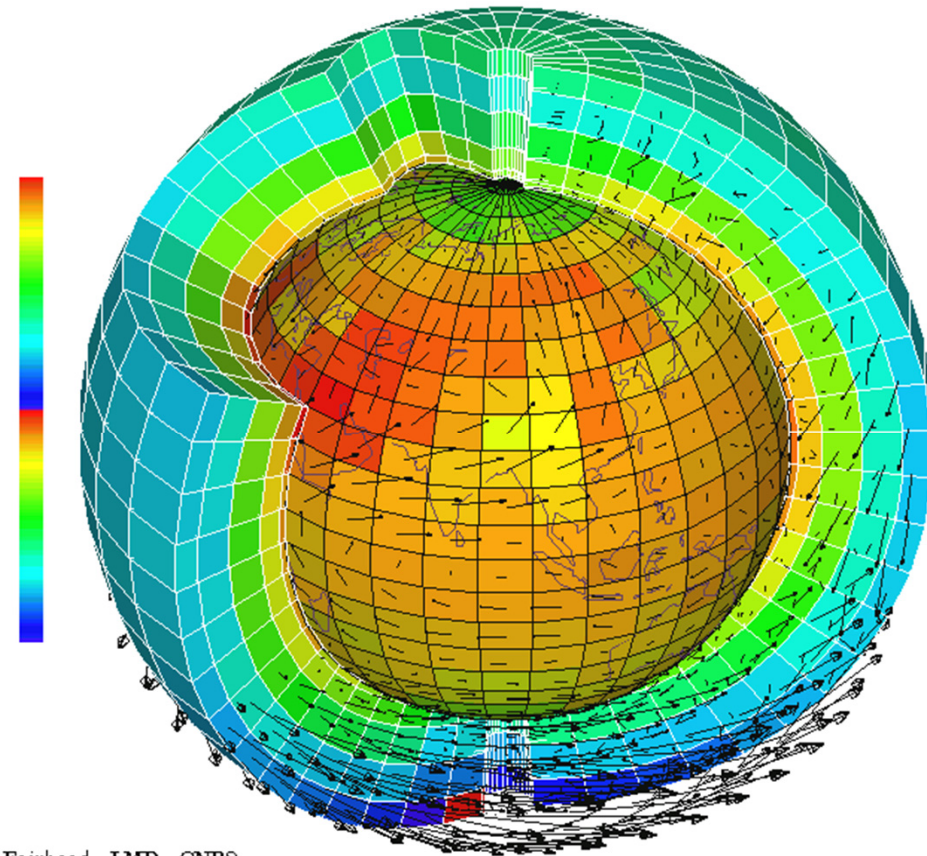
führt in die Zukunft

Eine vereinfachte Form



# Die sieben Zutaten für die moderne Wetterprognose

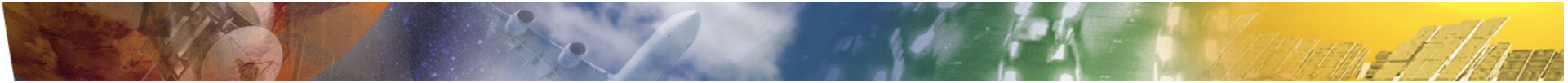
## 3. Diskretes Gitter über den Globus



L.Fairhead - LMD - CNRS

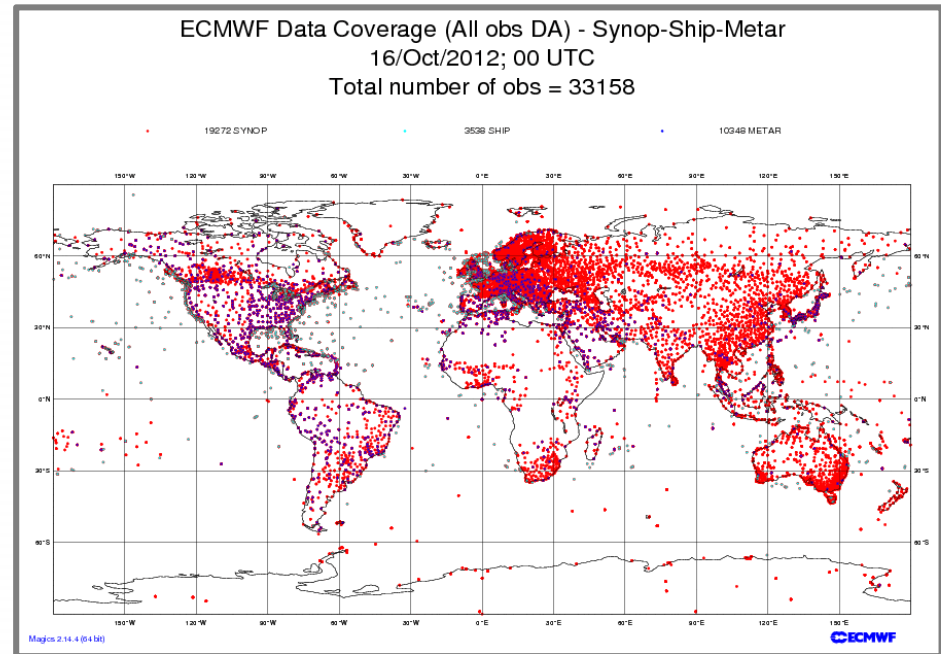
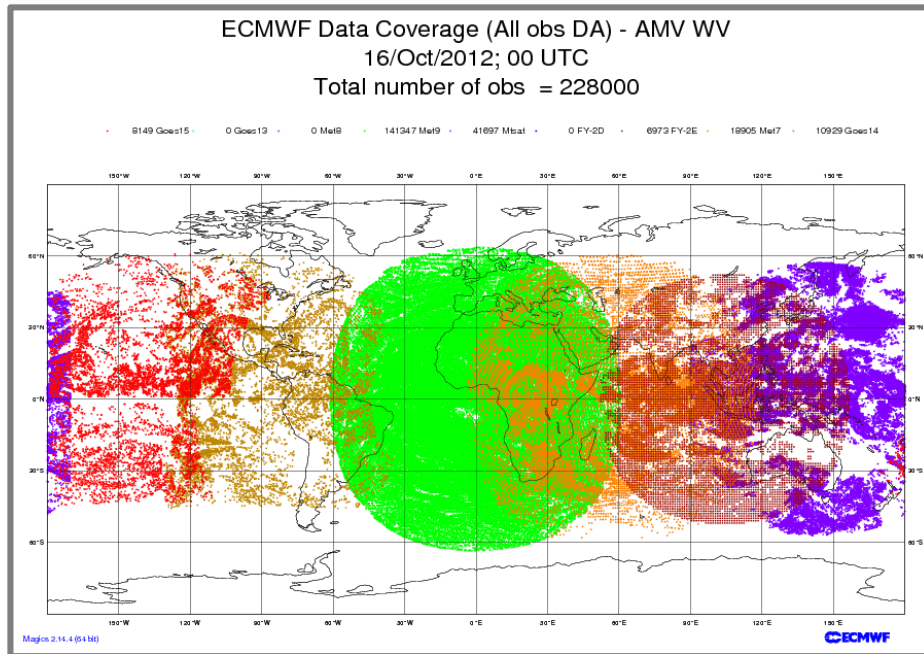
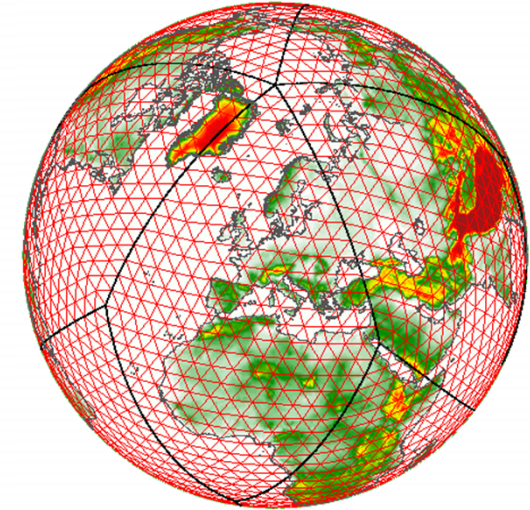






# Die sieben Zutaten für die moderne Wetterprognose

## 4. Algorithmus für diskretisierte Gleichungen + Datenassimilation



# Die sieben Zutaten für die moderne Wetterprognose

## 5. Schnelle Rechner mit viel Speicherplatz



z.B. beim **ECMWF** in Reading, UK:

194.805.064 Gitterpunkte (90 Schichten in 16 km Gitter)

in 10 min. Schritten über 10 Tage

**240 fach**

~  $6.3 \times 10^{15}$  Rechenoperationen in ~ 1 h

auf 1536 parallelen Prozessoren

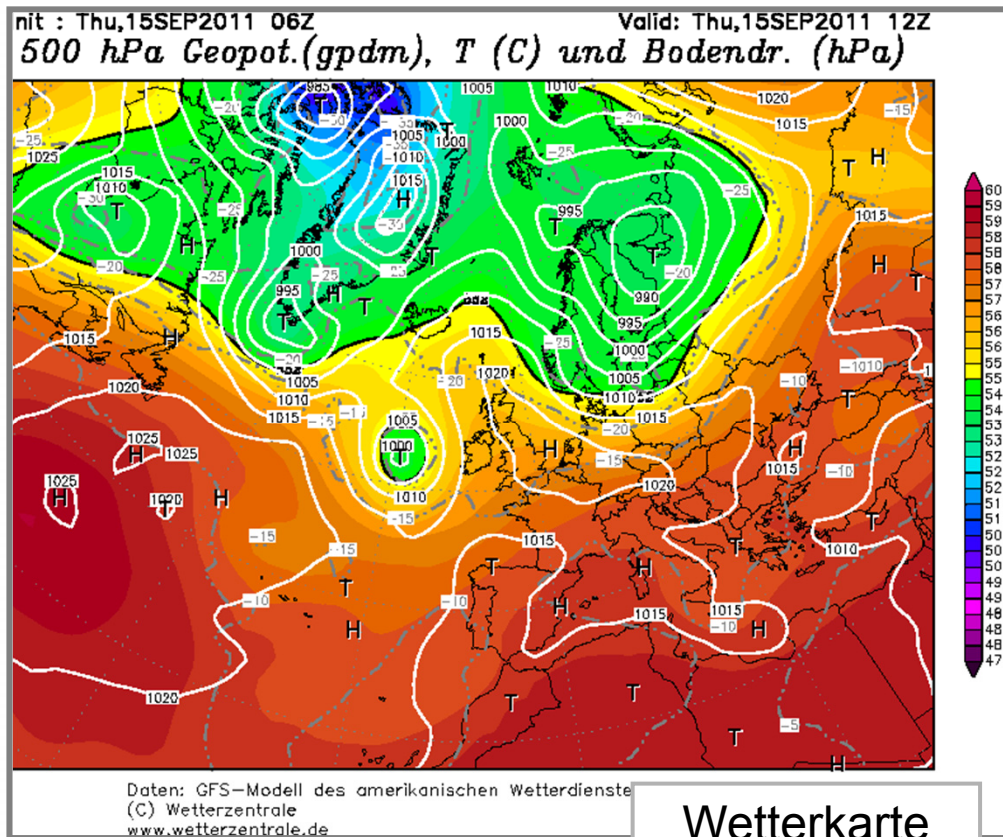
(48 Knoten zu 32 Prozessoren)





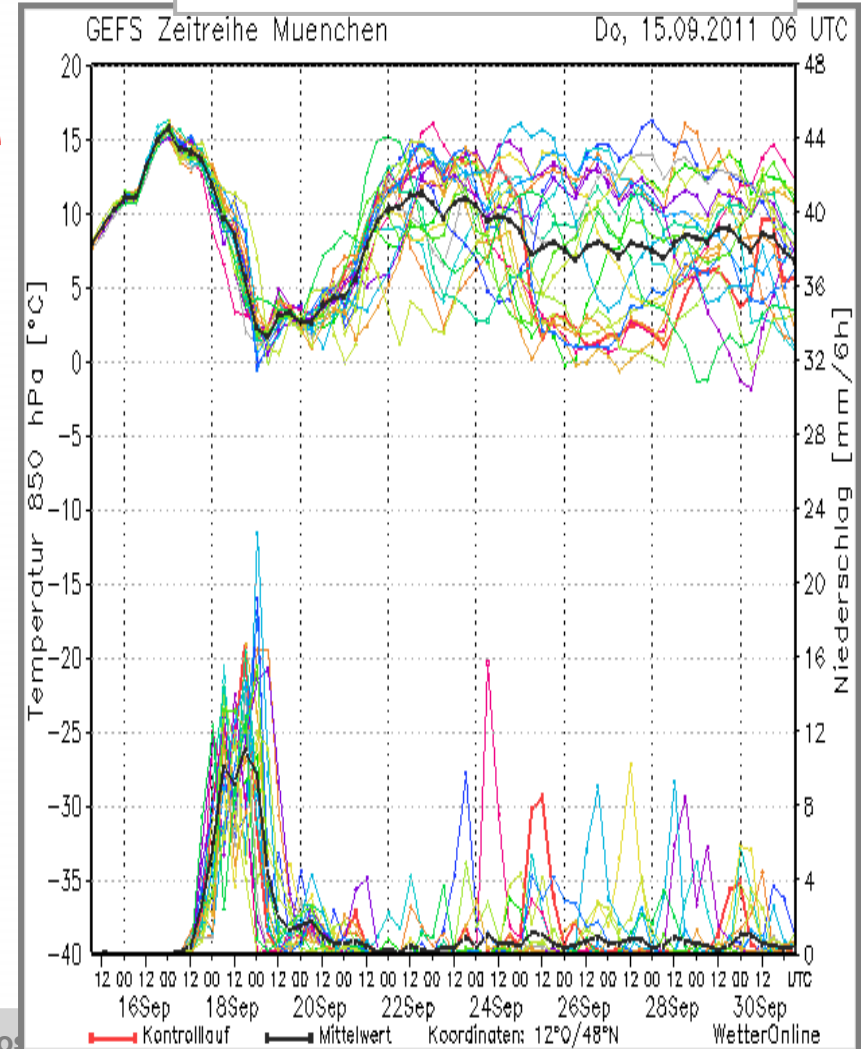
# Die sieben Zutaten für die moderne Wetterprognose

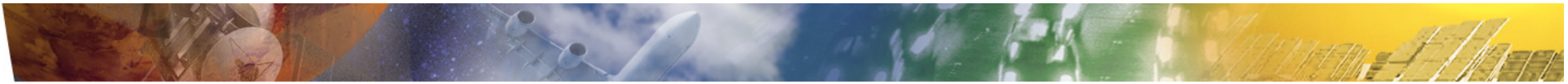
## 6. Automatische Aufbereitung der Ergebnisse



Wetterkarte

Meteogramm für Einzelort





# Die sieben Zutaten für die moderne Wetterprognose

## 7. Verständliche (?) Formulierungen für die Allgemeinheit



Inge Niedek

Uwe Wesp

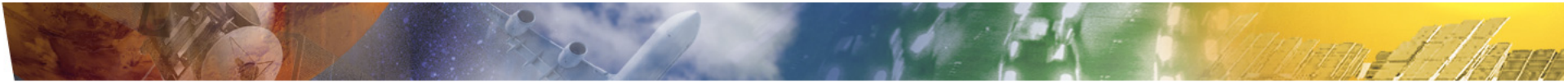


Andreas Jäger, AT

Claudia Kleinert

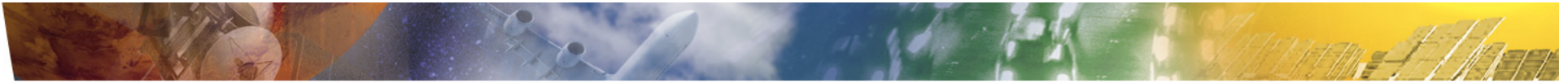


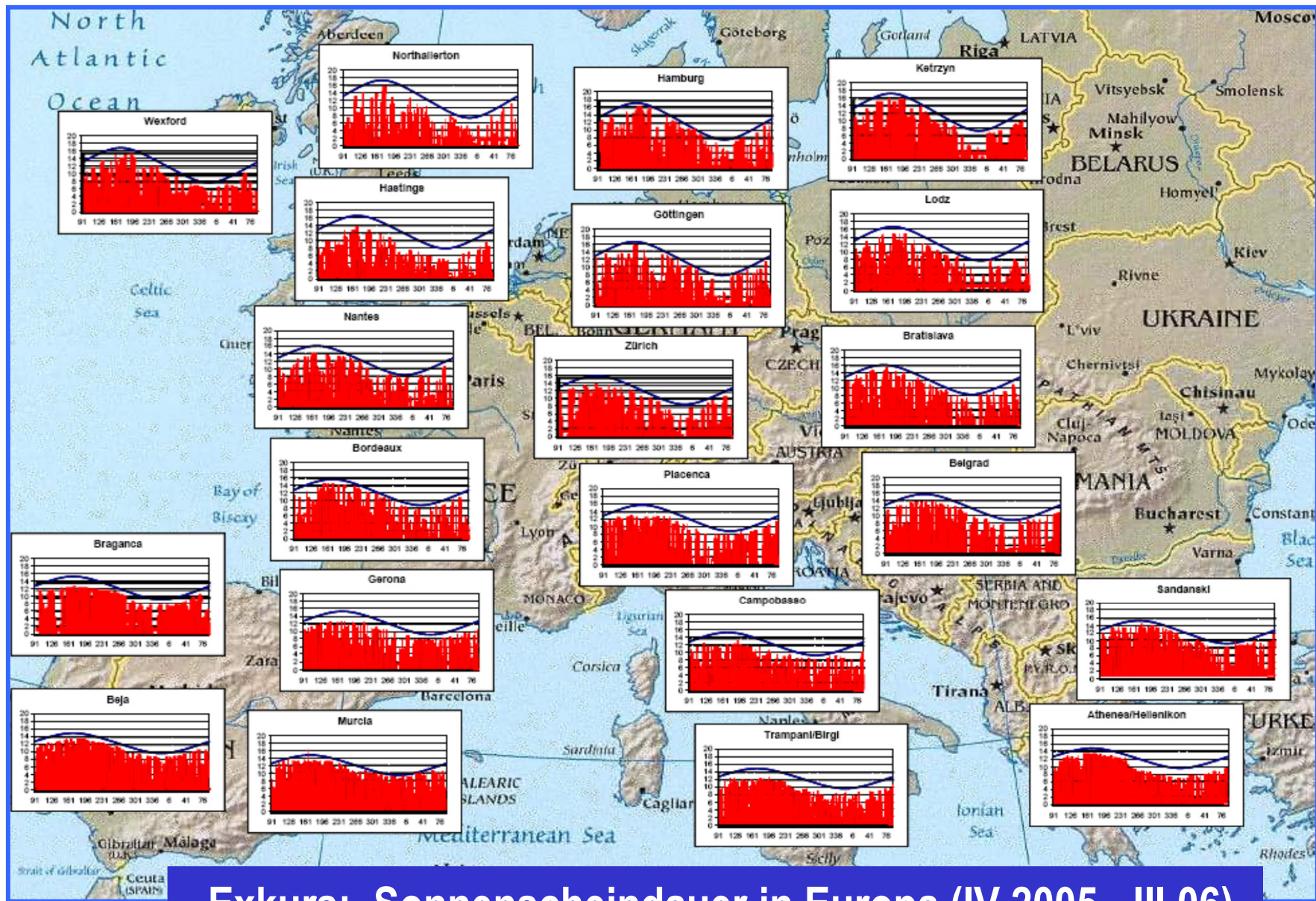
Sven Plöger



# Die sieben Zutaten für die moderne Wetterprognose

1. Messungen
2. Physikalische Gleichungen
3. Diskretes Gitter über den Globus
4. Algorithmus für diskretisierte Gleichungen  
+ Datenassimilation
5. Schnelle Rechner mit viel Speicherplatz
6. Automatische Aufbereitung der Ergebnisse
7. Verständliche (?) Formulierungen für die  
Allgemeinheit





## Exkurs: Sonnenscheindauer in Europa (IV 2005 - III 06)

