

Wettervorhersage Damals und heute

Bernd Richter
Deutscher Wetterdienst

7 Sep 1991 – 7 Sep 2011

20 years Oden Polarstern at the North Pole

RV POLARSTERN

Cruise: ARCTIC VIII/3 1991

Present Position of the Ship:

90° 0.00'N 36° 17.88'E

7-SEP-1991 10:35:18.96

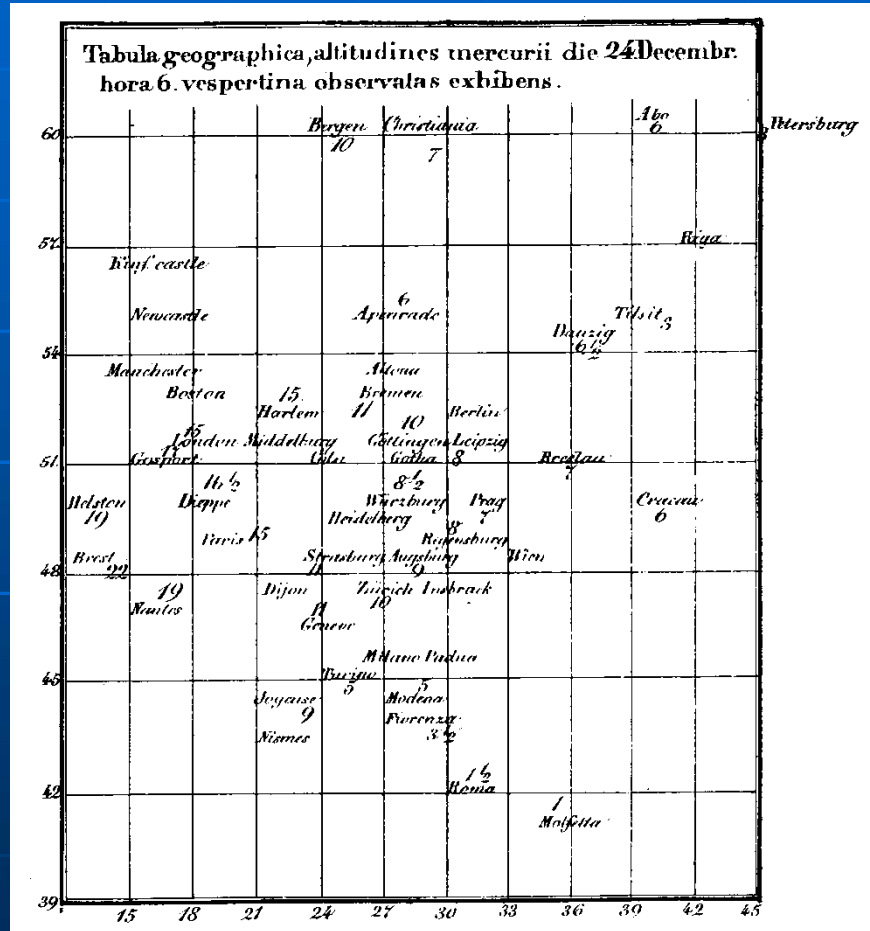




Wettervorhersage

- Eine kurze Geschichte der Wettervorhersage
- Neue Techniken
 - Ensemble Wettervorhersage EPS
 - Mittelfristvorhersage GWL
 - Statistische Wettervorhersage MOS / PP
- Wettervorhersage – wie geht's weiter ? ...

Synoptische Wettervorhersage



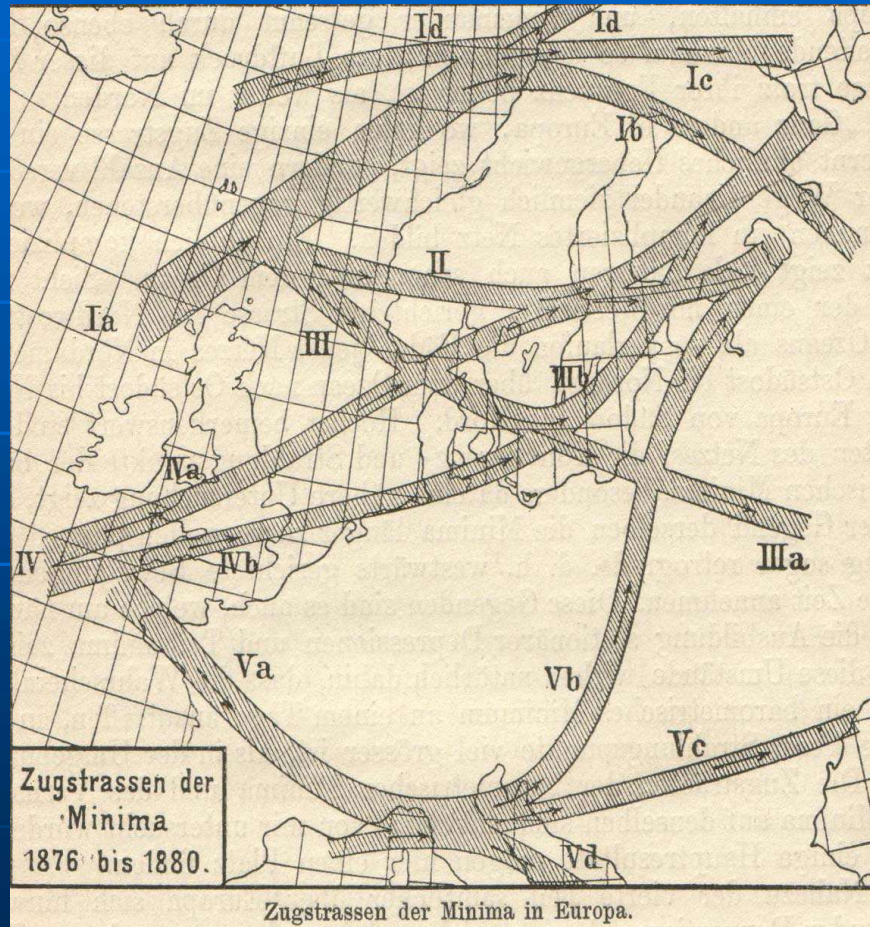
1816 H.W.Brandes
Synoptische Wetterkarten

Karten zu festen
Terminen 00Z 12Z ...

1854 Krim-Krieg

Verlust eines Schlacht-
schiffes im Sturm, der als
,vorhersagbar' und
,vermeidbar'
beurteilt wurde

Synoptische Wettervorhersage



1860 Kpt. Fitzroy England
HMS Beagle (Darwin)

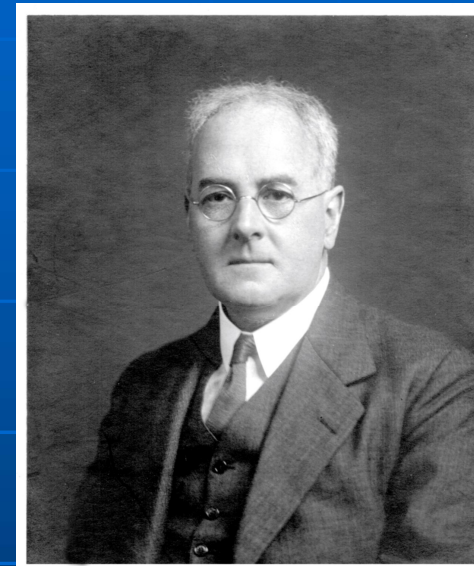
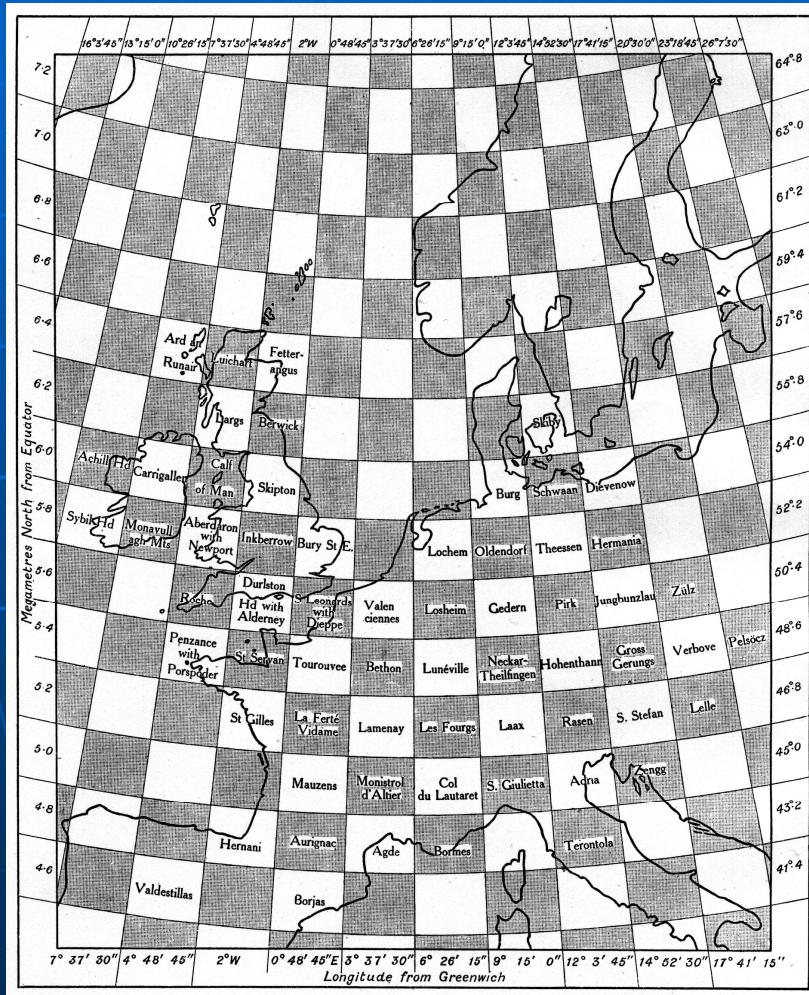
Regelmässige Veröffentlichung synoptischer Wetterkarten

1865 Selbstmord
(Depression...)

1896 von Beber Hamburg
Untersuchung der Zugbahnen von Tiefdruckgebieten über Europa

Numerische Wettervorhersage

1921 L.F. Richardson



L. F. Richardson, 1931

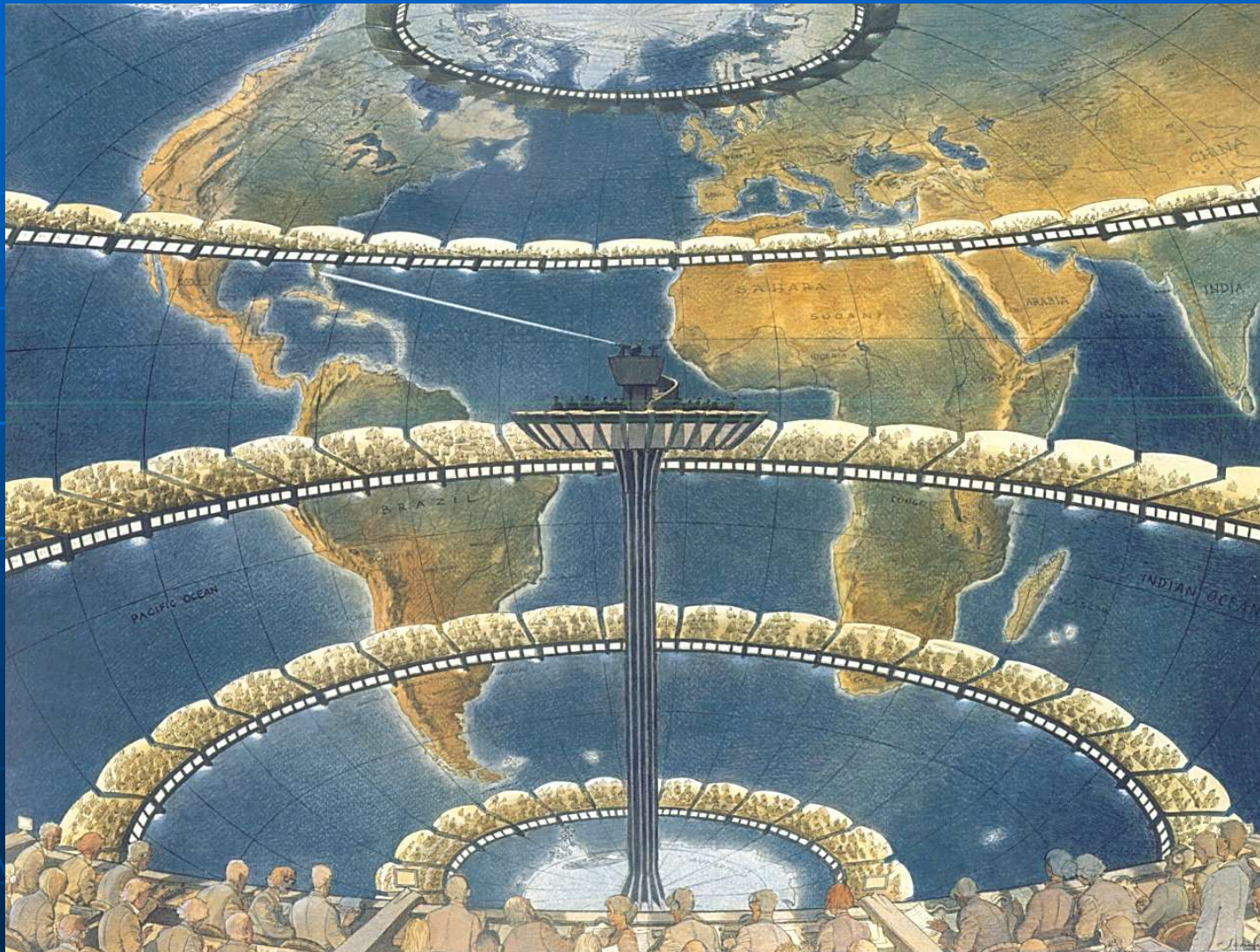
6 Größen p, T, H, u, v, w
6 Gleichungen (auch prognostische)
...Lösung durch Computer

NWV 64K Computer



"64,000 computers would be needed to race the weather for the whole globe..." A cartoon showing Richardson's vision of a central forecasting factory. (L.S. Gandin (1965) *Machines forecast the weather*, *Gidrometeoizdat, Leningrad*)

NWV Betriebssteuerung



Erste „Computer“ NWV 1950

S V E N S K A G E O F Y S I S K A F Ö R E N I N G E N

VOLUME 2, NUMBER 4 **Tellus** NOVEMBER 1950

A QUARTERLY JOURNAL OF GEOPHYSICS

Numerical Integration of the Barotropic Vorticity Equation

By J. G. CHARNEY, R. FJÖRTOFT¹, J. von NEUMANN

The Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey²

(Manuscript received 1 November 1950)

Erste „Computer“ NWV 1950

Numerical Integration of the Barotropic Vorticity Equation

By J. G. CHARNEY, R. FJÖRTOFT¹, J. von NEUMANN

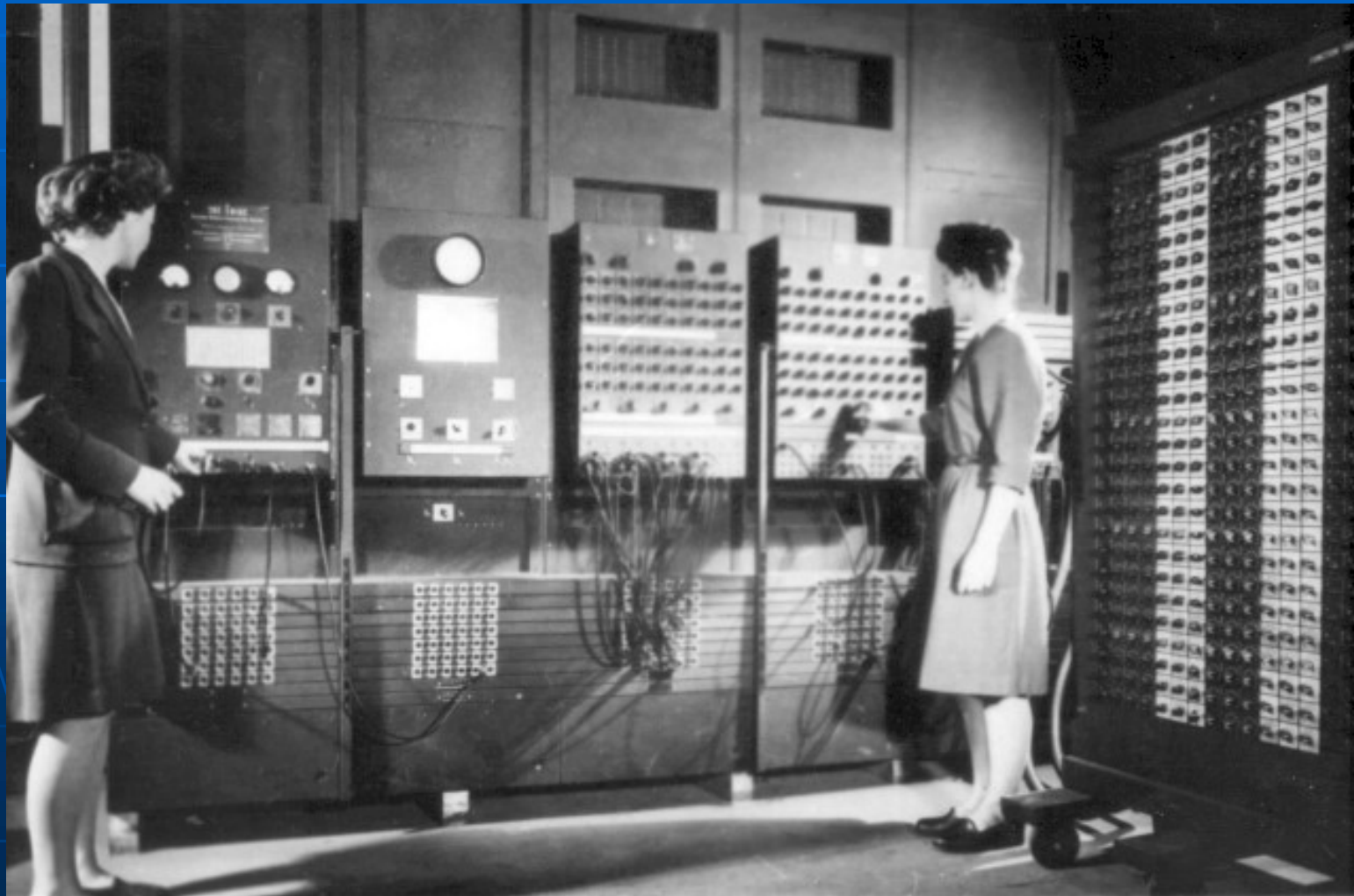
The Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey²

(Manuscript received 1 November 1950)

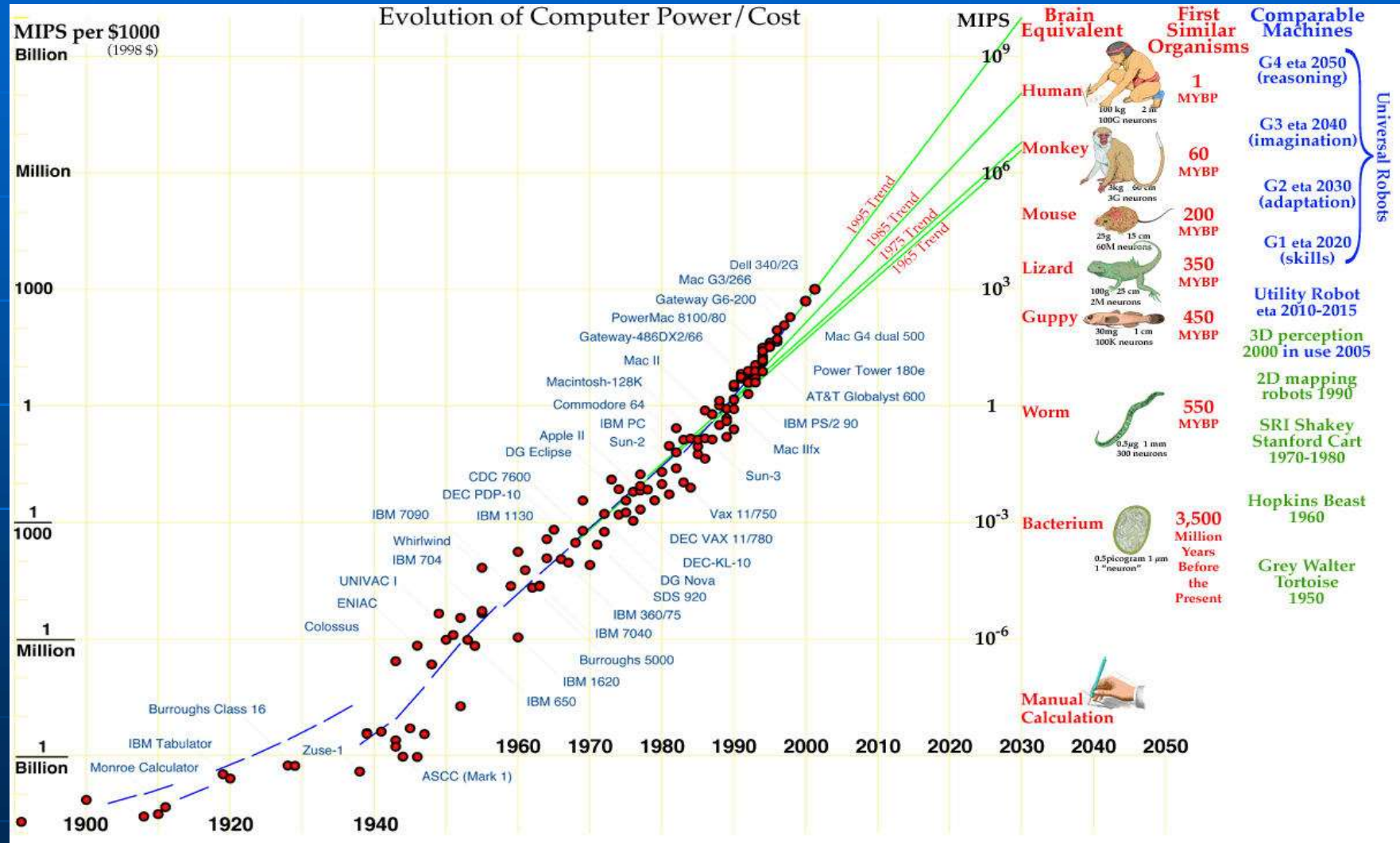
Abstract

A method is given for the numerical solution of the barotropic vorticity equation over a limited area of the earth's surface. The lack of a natural boundary calls for an investigation of the appropriate boundary conditions. These are determined by a heuristic argument and are shown to be sufficient in a special case. Approximate conditions necessary to insure the mathematical stability of the difference equation are derived. The results of a series of four 24-hour forecasts computed from actual data at the 500 mb level are presented, together with an interpretation and analysis. An attempt is made to determine the causes of the forecast errors. These are ascribed partly to the use of too large a space increment and partly to the effects of baroclinicity. The rôle of the latter is investigated in some detail by means of a simple baroclinic model.

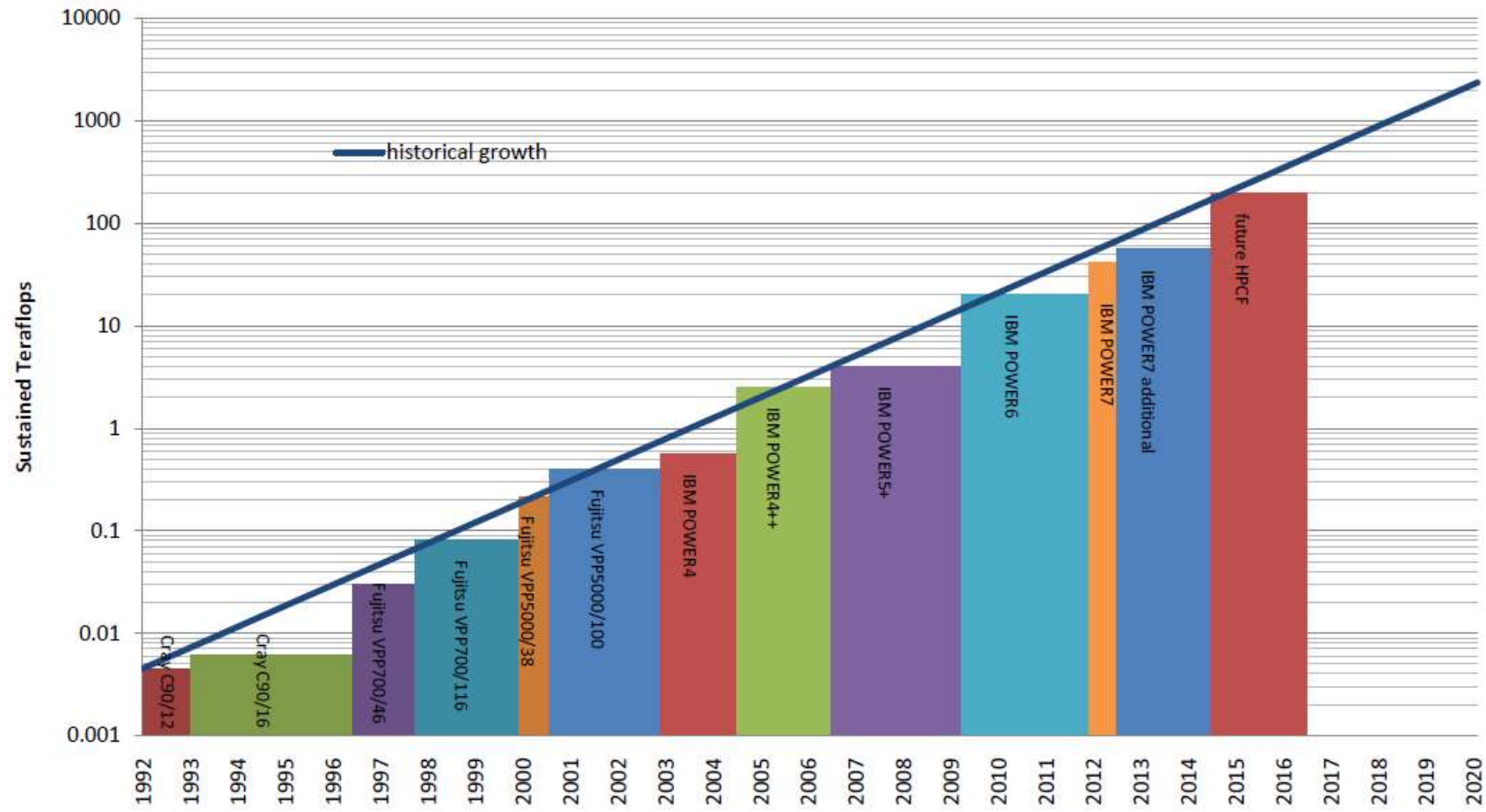
ENIAC Computer 1950



Moore'sche Gesetz



Entwicklung Computerleistung



NEC SX-9 Computer 2011



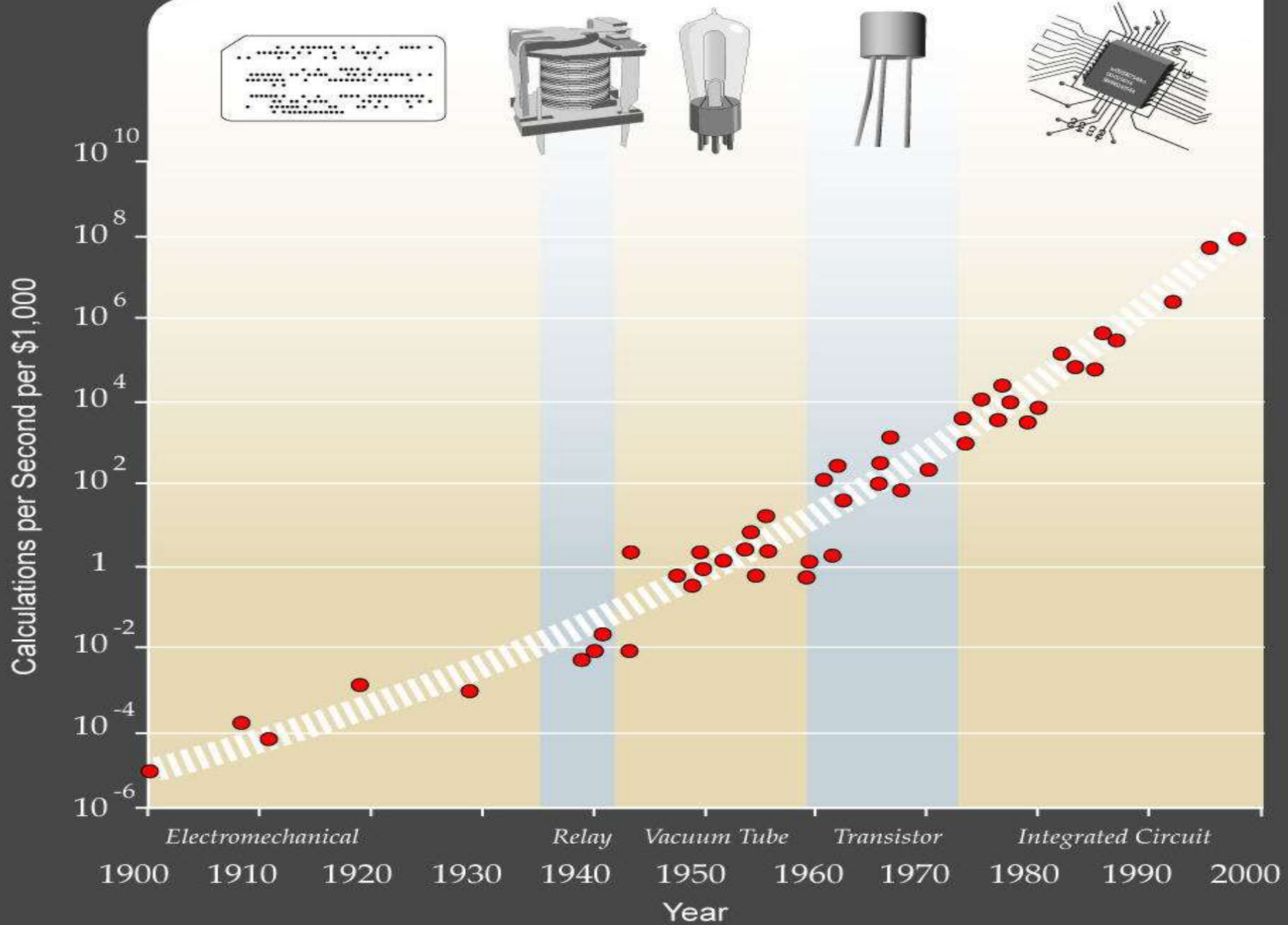
Cray XC40 Computer 2017



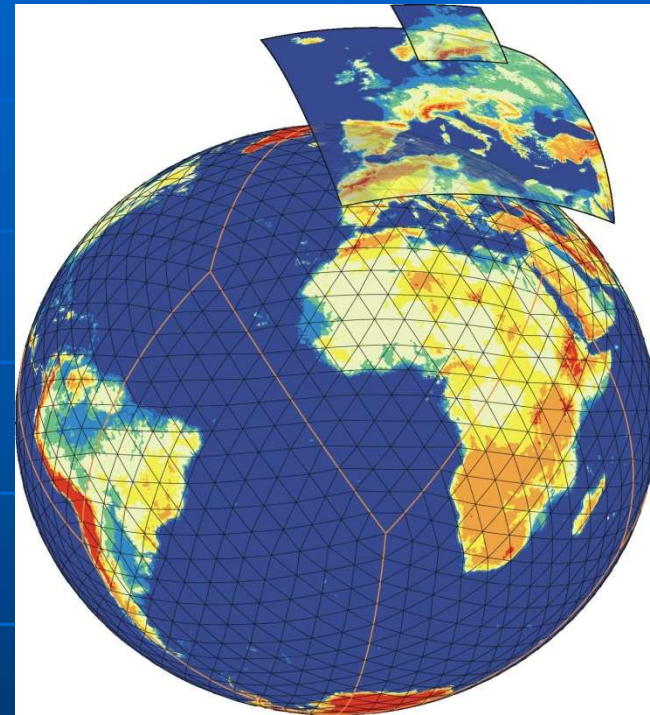
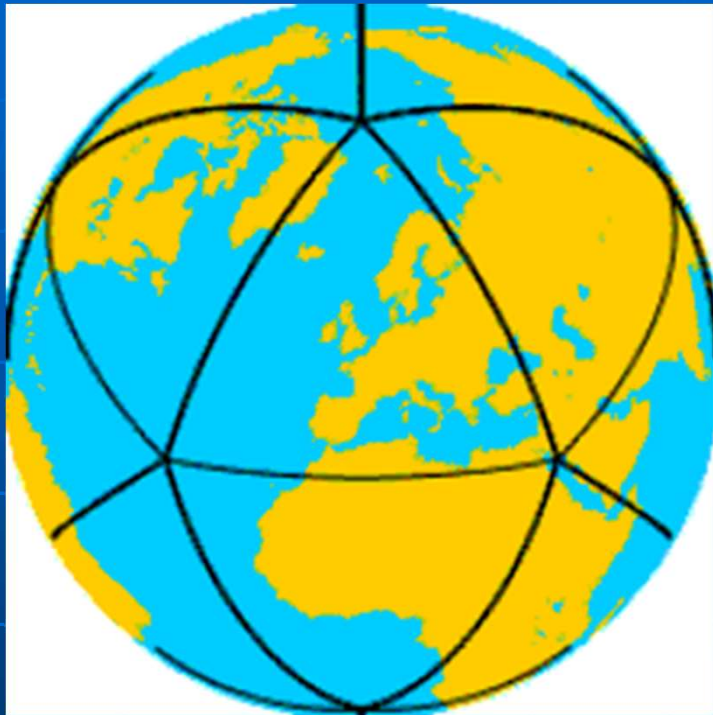
Moore's Law

The Fifth Paradigm

Logarithmic Plot



Numerische Wettervorhersage



Computer-Zeit

1921: Computer > Real-Zeit...

2017: H + 24

H +174

20 min

2 hr

Modell

Auflösung / km

Schichten

Gitterpunkte/mio

GME / EU / DE

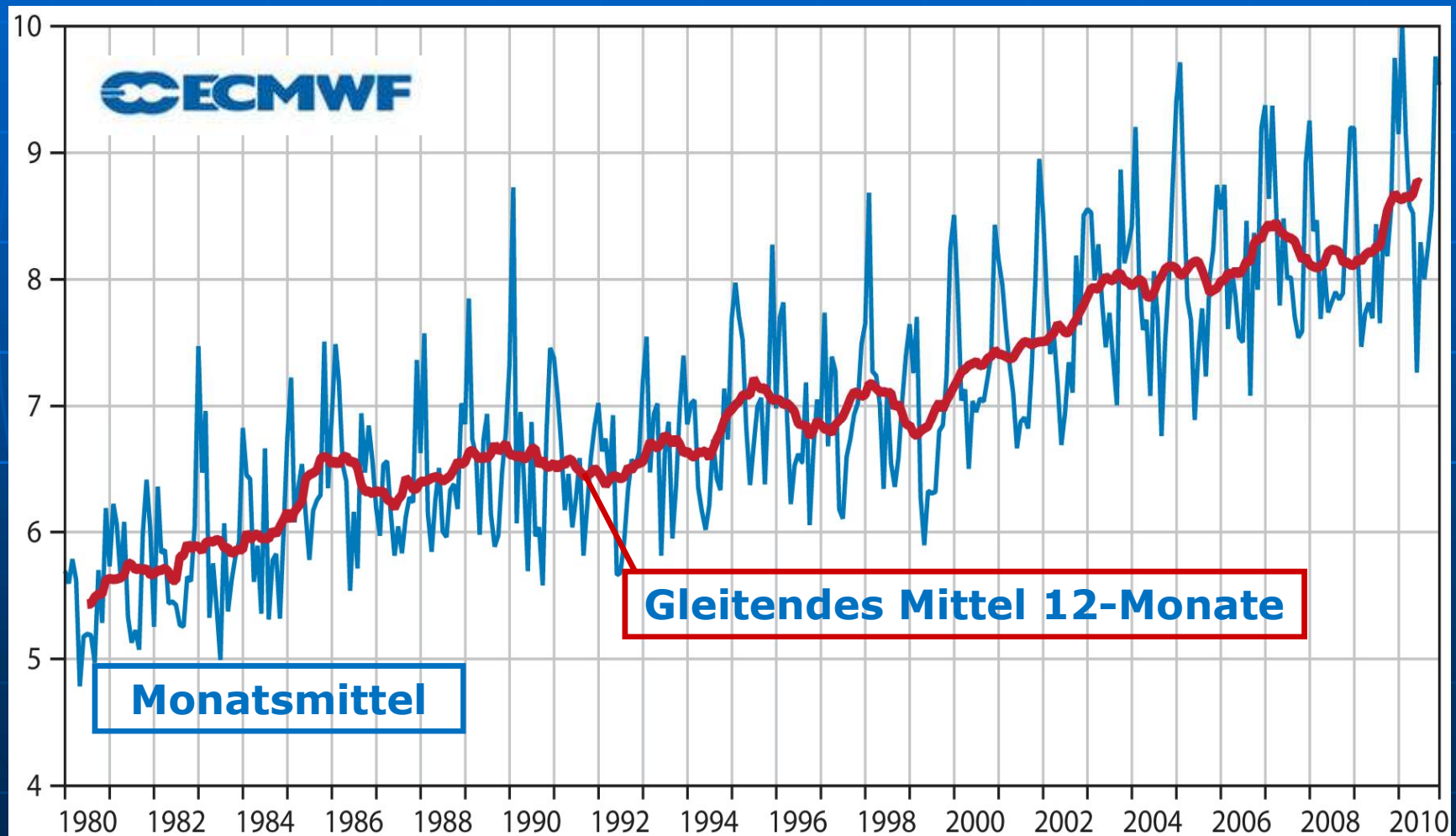
13 / 6.5 / 2.8

90 / 60 / 50

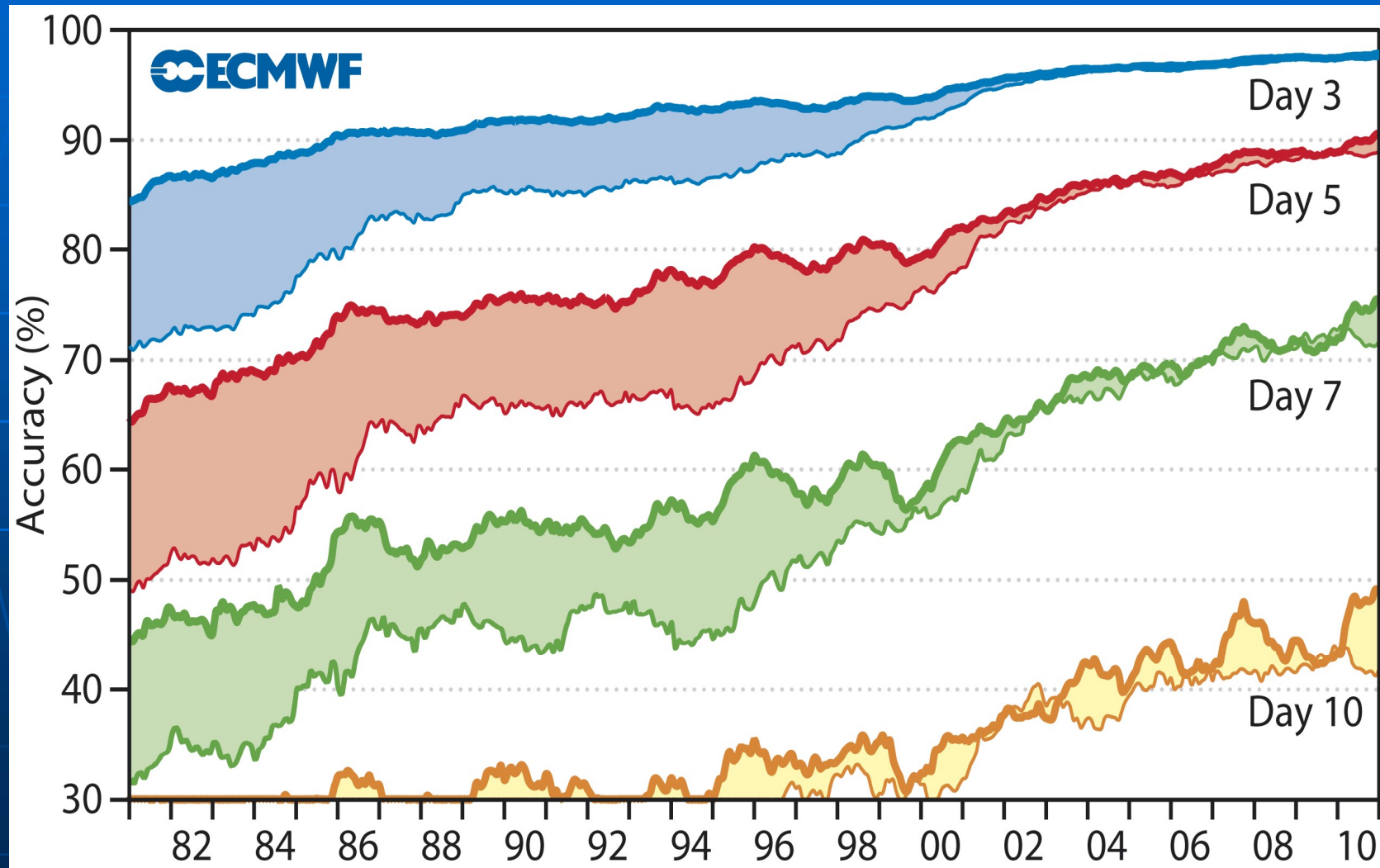
2.9/ 1.5 / 0.2

Langzeit-Entwicklung der Vorhersagegüte

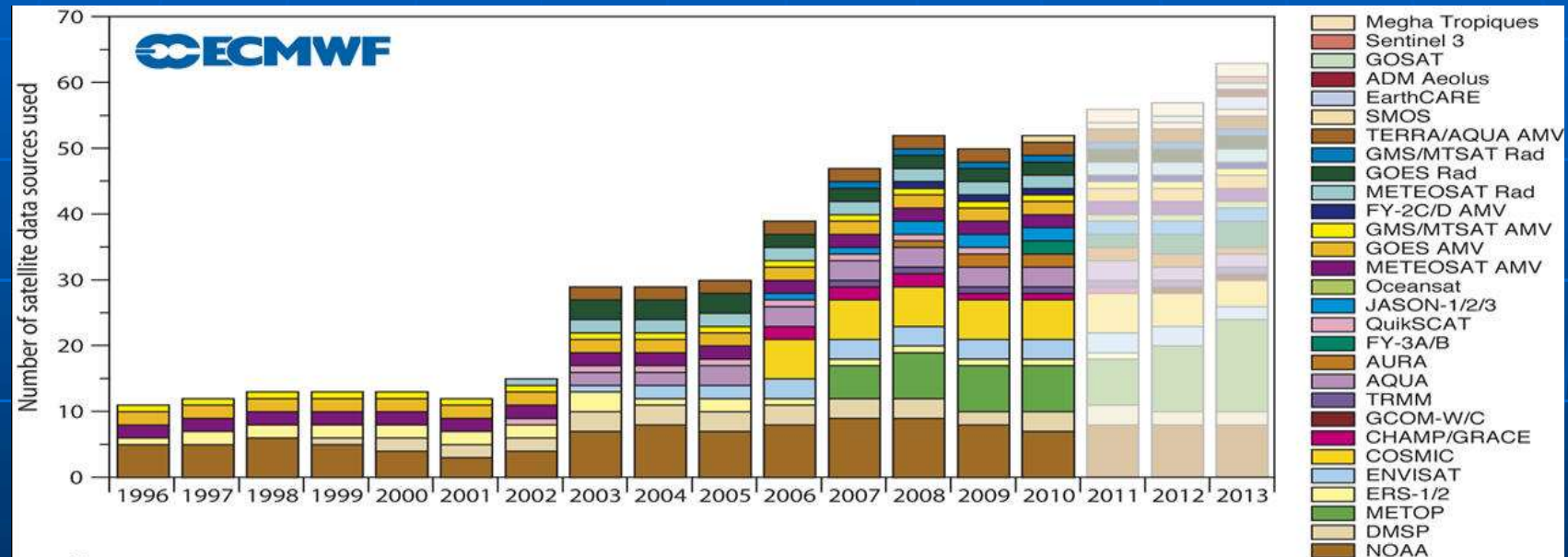
Vorhersagetag mit Signalgüte > 60% (ECMWF)



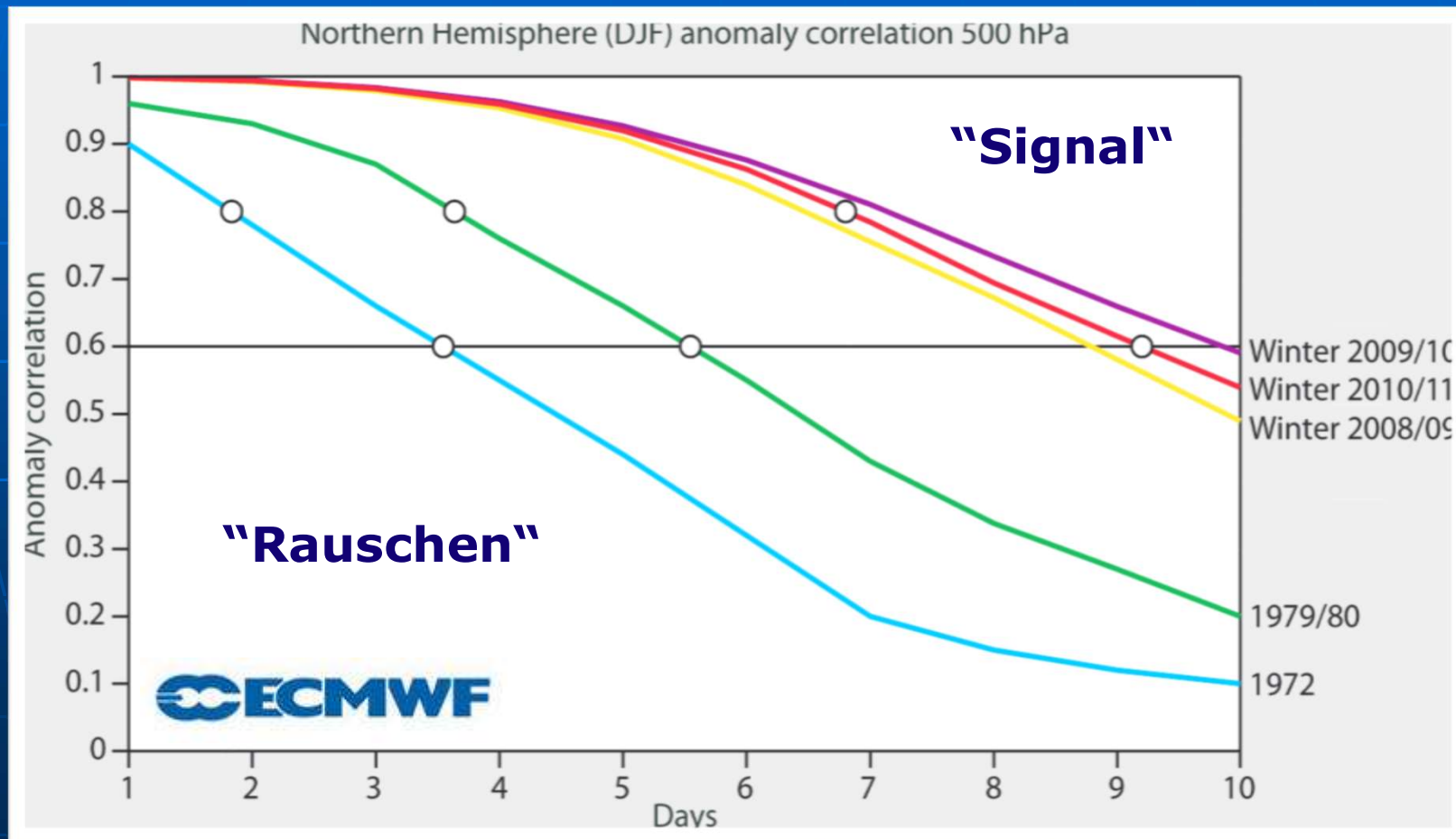
Evolution of NWP scores (NH/SH)



Was brachte die Verbesserung?

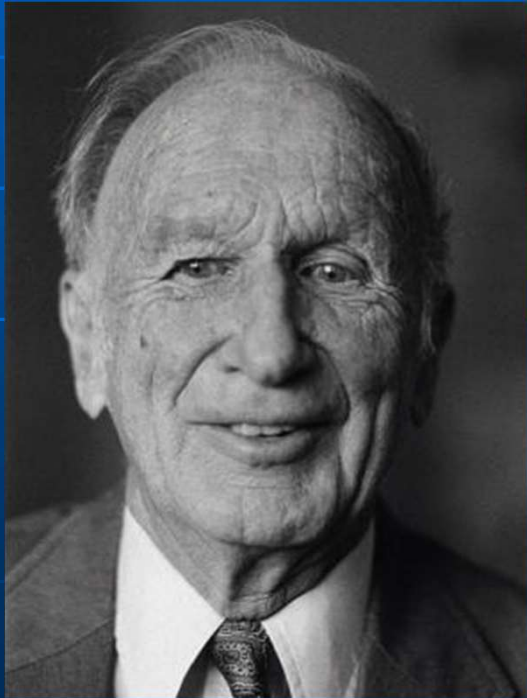


Wie weit können wir vorhersagen ?



Ensemble Weather Prediction

- Edward N. Lorenz 1917 – 2008



Experimente um 1960

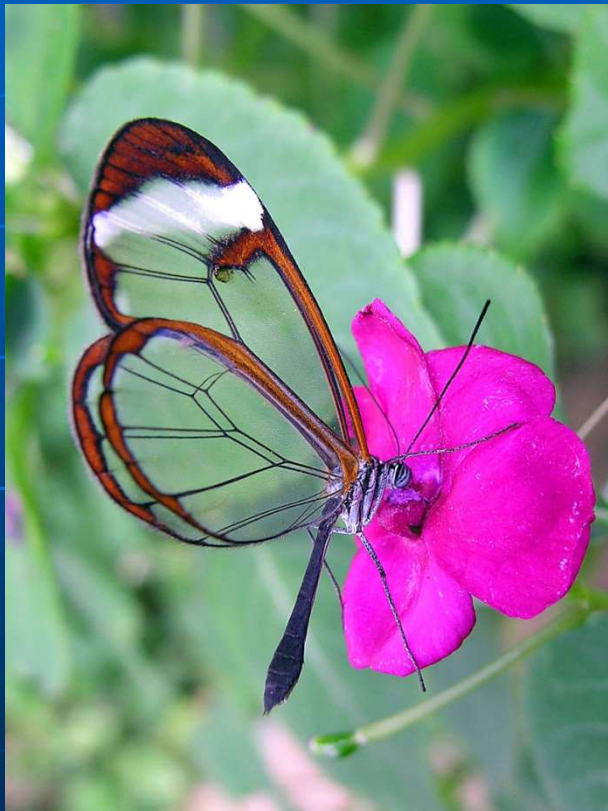
IF gleiche Modell, gleiche Daten,
unterschiedliche Computer

OR gleiche Modell, gleiche Computer
geringfügig veränderte Daten

THEN Ergebnisse divergieren nach 4d

Ensemble Wettervorhersage

Schmetterlings-Effekt



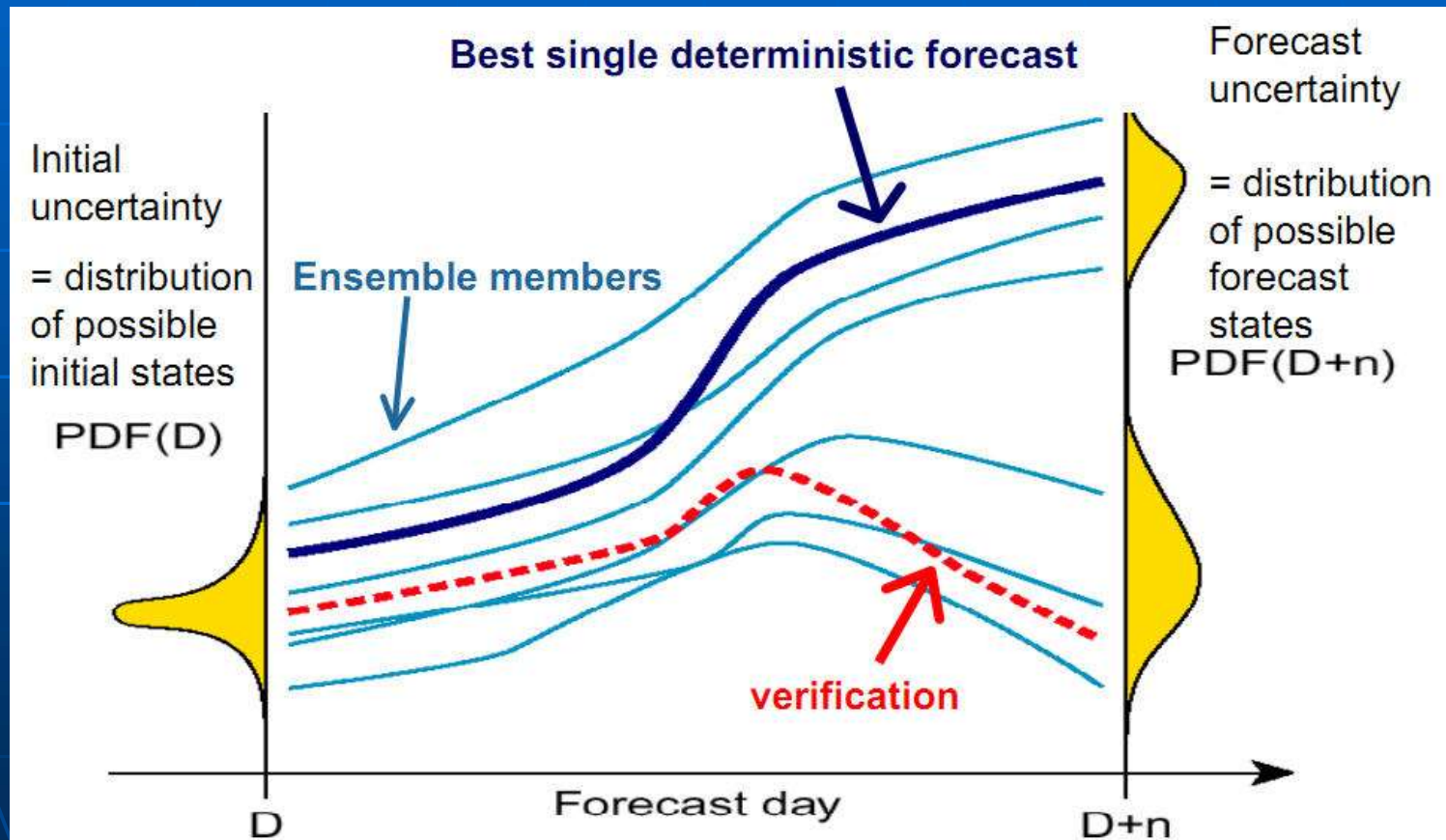
Edward Lorenz 1972

Vorhersagbarkeit:
Kann der Flügelschlag
eines Schmetterlings
in Brasilien einen Tornado
in Texas auslösen ?

Ensemble Vorhersagesystem

- Warum EPS ?
 - Die wesentliche Fehlerquelle der Vorhersagen heutiger NWP-Modelle sind Fehler in der Kenntnis des Anfangszustandes
- Wie funktioniert EPS ?
 - 25 verschiedene Störungen der Temperatur und des Windes werden mit geeigneten mathematischen Methoden in das Modell eingebracht

Ensemble Vorhersagesystem



Ensemble Prediction System

- Präsentation der Ergebnisse als
 - Briefmarken aller Ensemble-Läufe
 - Spaghettiplots
 - Mittelwert des Ensembles
 - "Rauchfahne" an einer Station
 - ... und andere Produkte (EPSgrams)

Mittelfrist-Vorhersagen GWL

■ 1952 Hess-Brezowski

- Kategorisierung von Wetterlagen definiert 29 Grosswetterlagen
 - Hauptwindrichtungen N, NE, E, NW, W ... jeweils zyklonal und antizyklonal
 - Andere: Trog / Tief / Hoch Mittel-Europa, Tief Britische Inseln ...

Medium-Range-Forecasts GWL

■ 2011 Paul James DWD

- Databasis objektive GWL-Klassifikation der letzten 40 Jahre
- Täglicher Muster-Abgleich mit den Mittelfrist-Vorhersagen des Europäischen Ensemble Modells mit Vorhersagezeiten bis zu 15 Tagen

GWL 15-Tage Vorhersage

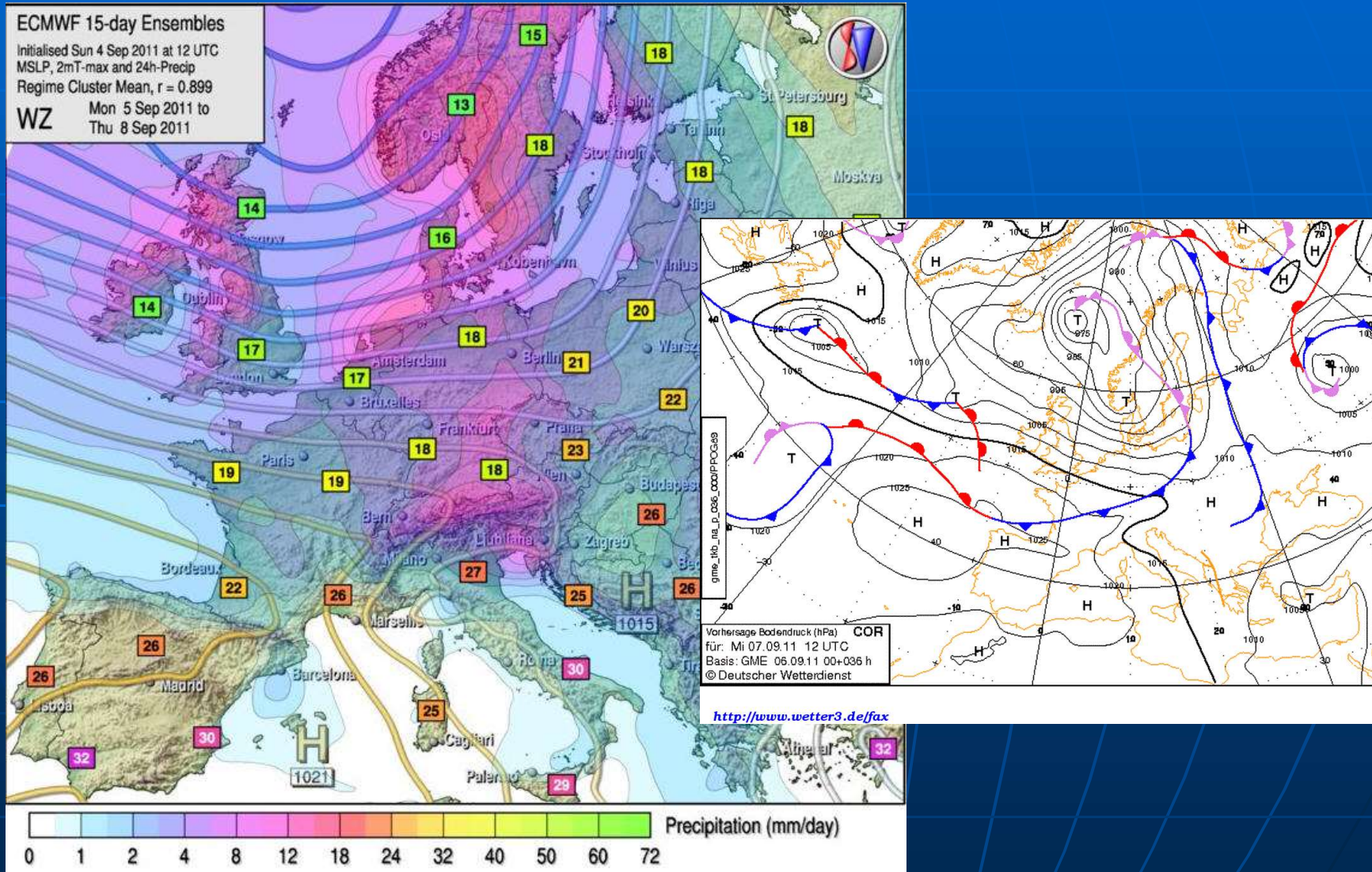
Grosswetterlagen Forecast Tree

15-day ECMWF Ensembles

12 UTC Forecast from 04 Sep 2011

Day	Number of Ensemble Members																				Key / Extreme Members							
	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	51	Most Repr.	Cold	Warm
5 Sep	WZ										WW					SWZ	TRW	WZ >>	WZ	WZ	WZ							
6 Sep	WZ										WW					TRW	WZ >>	WZ	WZ	WZ								
7 Sep	WZ															NWZ	TRM	WZ >>	WZ	WZ	WZ							
8 Sep	WZ					NWZ															TRM	NWZ >>	NWZ	NWZ	NWZ			
9 Sep	HM	NA			NWZ																NWZ >>	NWZ	NWZ	NWZ				
10 Sep	NA			HM							NWZ			WA	SWZ		HM >>	NA	HM	SWZ								
11 Sep	NA	HM										WA	SWZ	HFA	HM >>	NA	HM	SWZ										
12 Sep	WW	WS	HM				SWA				WA	SWZ	HFA	HM >>	NA	SWA	WS											
13 Sep	WW	NA	NEA	HM	BM	SWA				WA	WZ	HFA	BM >>	HFA	SWA	WS												
14 Sep	NWA	NA	NWZ		BM				WA	WZ		BM >>	HFA	WA	WS													
15 Sep	NWA	NA			BM	NWZ	SWA				WA	WZ	HB	NWA >>	NEA	WA	TM											
16 Sep	NWA	NA			NWZ	SWA				WA	WZ	WW	NWA >>	NEA	NWA	TM												
17 Sep	NWA				BM	NWZ	SWA	HM	WA		HB	WZ	WW	WA >>	BM	NWA	WZ											
18 Sep	NWA				NWZ		HM	BM	WA			WZ	WA >>	BM	WA	WZ												
19 Sep	NWA				NWZ		SWA	BM	WA		TRM	WZ	WZ >>	BM	WA	SWZ												
																					>> Full Matrix							
	Surface										Mid-Troposphere					< MPEG Animations (Most Representative Member, No.51)												
	Coldest, No.37					Warmest, No.16					Wettest, No.39					< MPEG Surface Animations (Extreme Members)												
Design / Implementation Dr. Paul James, FEZE-B / DWD Graphics SynopVis																												

GWL and Bodenvorhersage



Statistische Wettervorhersage

Multiple lineare
Regressionsgleichungen zwischen ...

- MOS Model Output Statistics
 - ... Beobachtungen und numerischen Wettervorhersagen

- PP Perfect Prog
 - ... Beobachtungen und Analysen

MOS Model Output Statistics

- $\text{StF_T2m} = \text{const} * \text{DMO_T2m}$
 - $\text{const} * \text{rH_1000_hPa}$
 - + const
- Know-How in Predictor-Definition
 - Wind Komponenten (Küstenlinien, Gebirge)
 - Muster der Höhenströmung (vorticity)
 - TS-Indices, Binär-Predictoren (Modelländerung)

MOS Vor- / Nachteile

■ MOS Vorteile

- Alle beobachteten Grössen können vorhergesagt werden (z.B. Sicht, Ceiling, aber auch Vorhersagefehler)
- Korrektur systematischer Modellfehler
- Berücksichtigung lokaler Gegebenheiten
- Parametrisierung synoptischer Erfahrung

■ MOS Nachteile

- Modellspezifische Entwicklung notwendig
- Berücksichtigung von Modelländerungen

PP Vor- / Nachteile

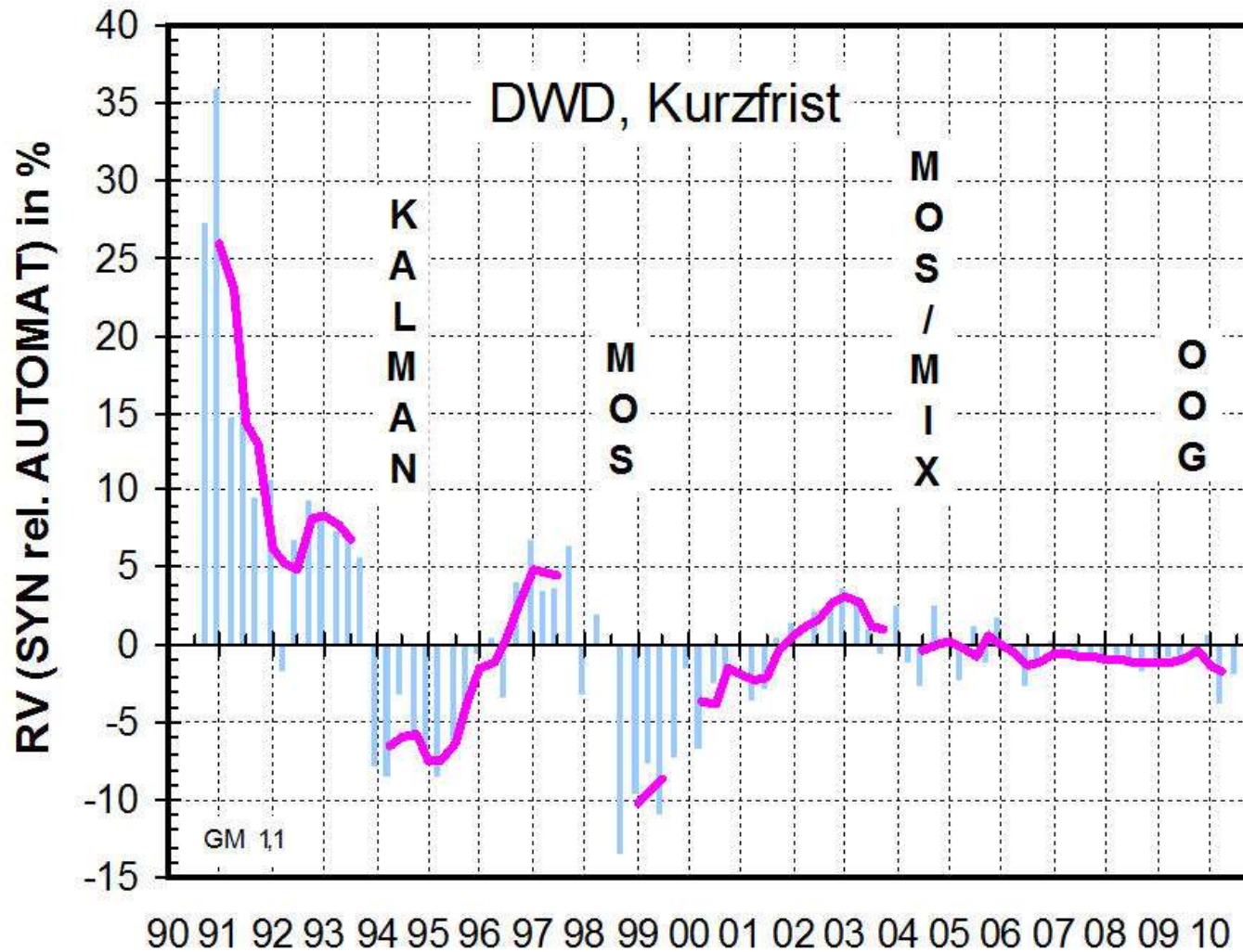
■ PP Vorteile

- Lange Zeitreihen verfügbar
- Unabhängig vom benutzten Modell

■ PP Cons

- Does not correct for model errors
- Limited predictands (e.g. no visibility)

Verification Forecaster vs. MOS



Ausblick in die Zukunft

- Neue Beobachtungsdaten:
 - Ozean, Meereis, Boden, Satellit, Chemie
- Wahrscheinlichkeitsvorhersagen (cost / loss)
 - Probability is die Sprache des Forecasters
- Nowcasting, Monatsvorhersagen
- Gezielte Beobachtungsdaten auf Anfrage
- Auflösung nach Erfordernissen

aber ...

Ausblick in die Zukunft

Kein Wetter nach Wunsch ...

... zumindest nicht
in absehbarer Zeit !

THANK YOU FOR YOUR ATTENTION !

