

GLOWA-ELBE

Abschlusskonferenz 15./16. März 2004 in Potsdam



Klima



Entwicklung von regionalen Klimaänderungsszenarien für das Gebiet der Elbe

Eberhard Reimer

Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie



Zielstellung

Erstellung von lokalen Klimareihen für hydrologische Modelluntersuchungen im Elbe Einzugsbereich für die Jahre 2001 bis 2055,

Abschätzung der räumlichen Verteilungen und zeitlichen Variabilitäten der Niederschlagsaktivität, der Niederschlagsmenge, der Verdunstung und weiterer meteorologischer Parameter (Wolkenbedeckungs-grad, -typ, Temperatur, Wind und turbulente Flüsse in der planetaren Grenzschicht) für den Bereich der Elbe,

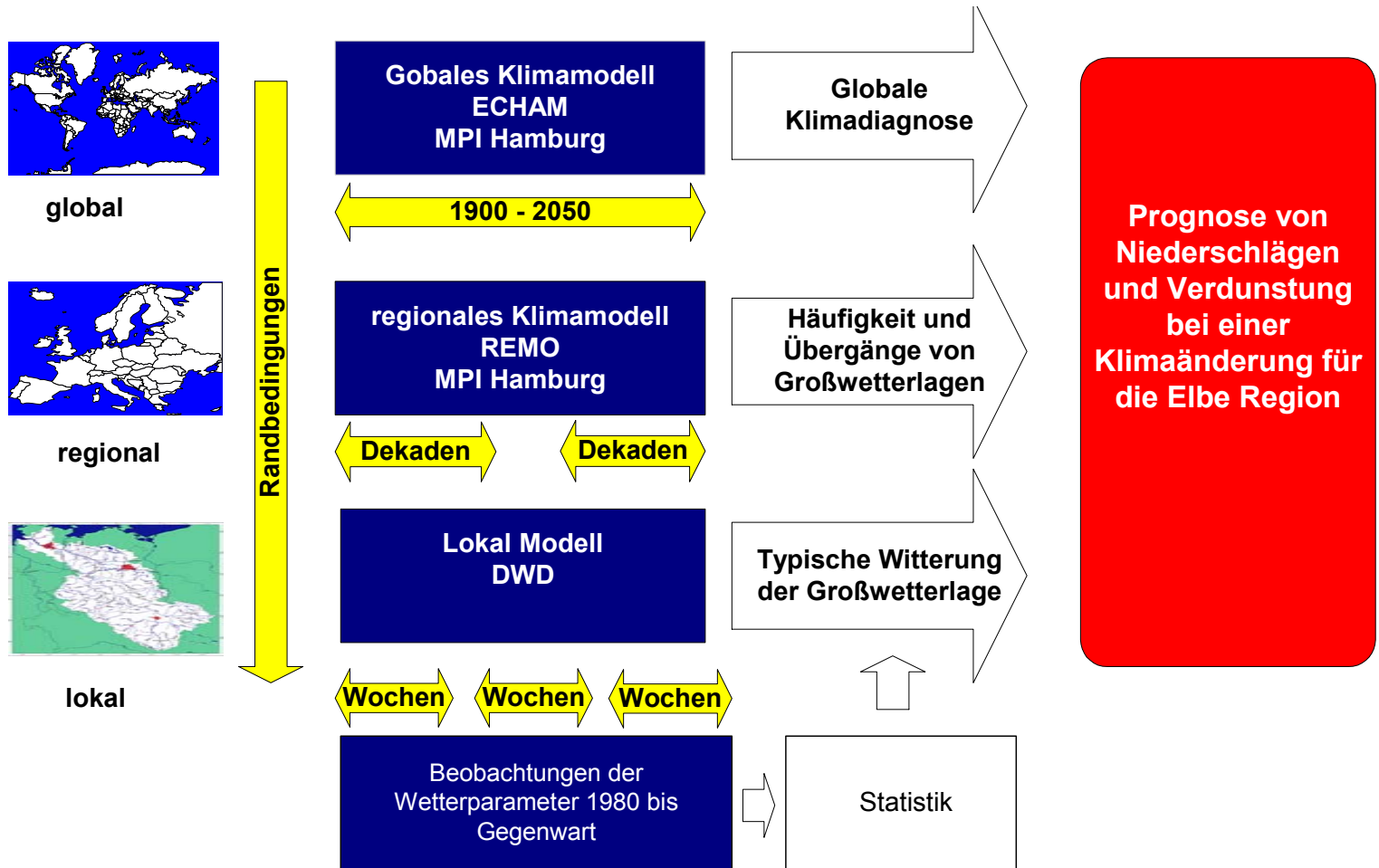
Szenarien zur Wirkung der Rückkopplung von Vegetations- und Oberflächenveränderungen auf das lokale Klima,

Anwendung von verschiedenen Modellen:

- **dynamische Klimamodell ECHAM/REMO (MPI) mit verschiedenen horizontalen Auflösungen,**
- **statistisch/dynamische Modelle, basierend auf ECHAM/REMO-Modellrechnungen, gekoppelt mit lokalen Modellen basierend auf Neurofuzzy-Verfahren unter Kombination von Beobachtungsreihen und Modellergebnissen.**
- **statistische Modelle, basierend auf ECHAM-Rechnungen, gekoppelt mit lokalen statistischen Modellen, abgeleitet aus Beobachtungsreihen und Großwetterlagen**
- **zukünftige Kopplung des dynamischen Klimamodell REMO (MPI) mit verschiedenen horizontalen Auflösungen mit dem horizontal hoch aufgelösten Lokalmodells (LM) des DWD,**

Validierung der Modelle mit Datenreihen von Zirkulationsindex DSI, Wolkenparametern aus NOAA-AVHRR und METEOSAT Satelliten und Großwetterlagenklassifikationen.

Strategie und Verfahrensablauf

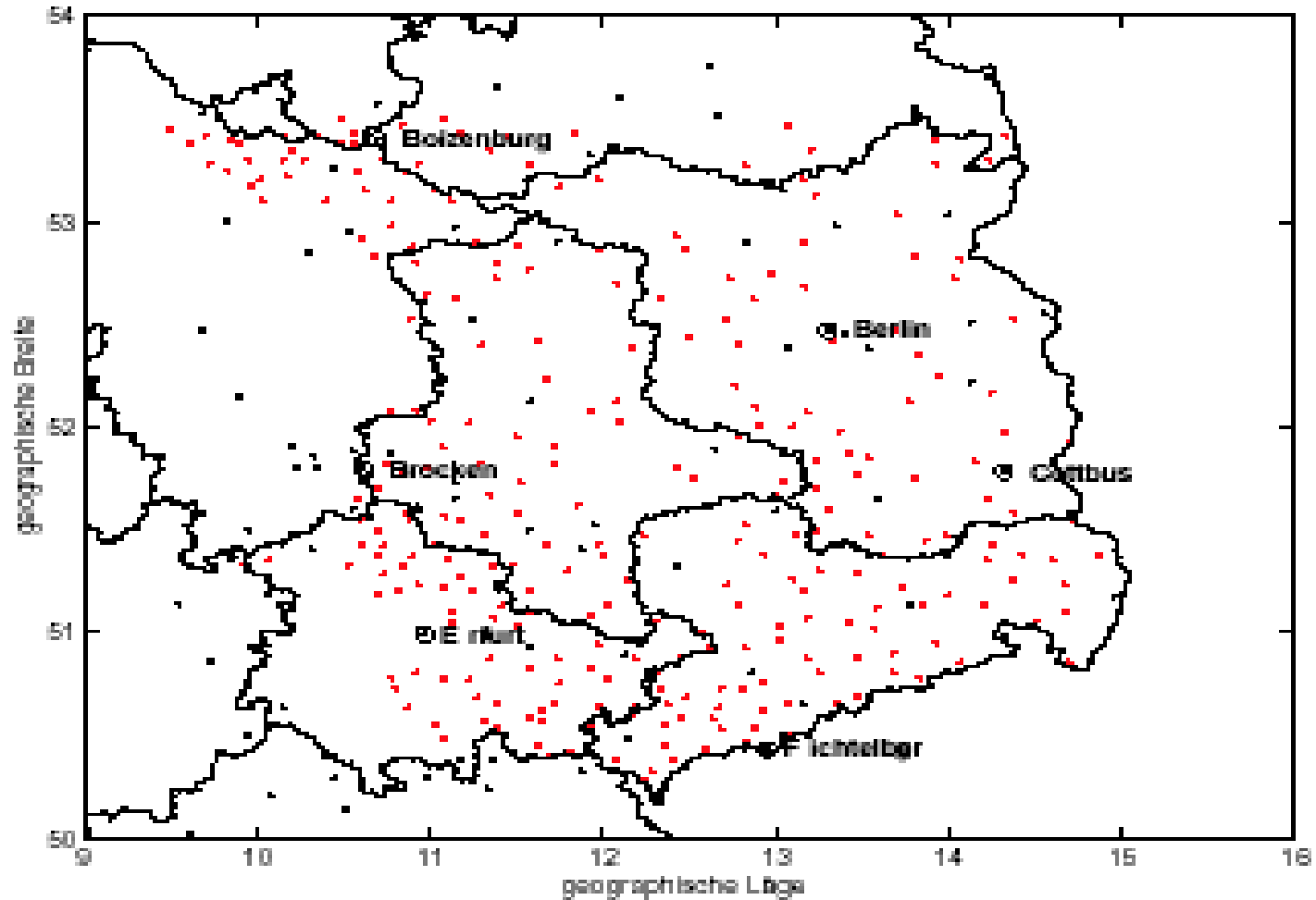




Projektschritte

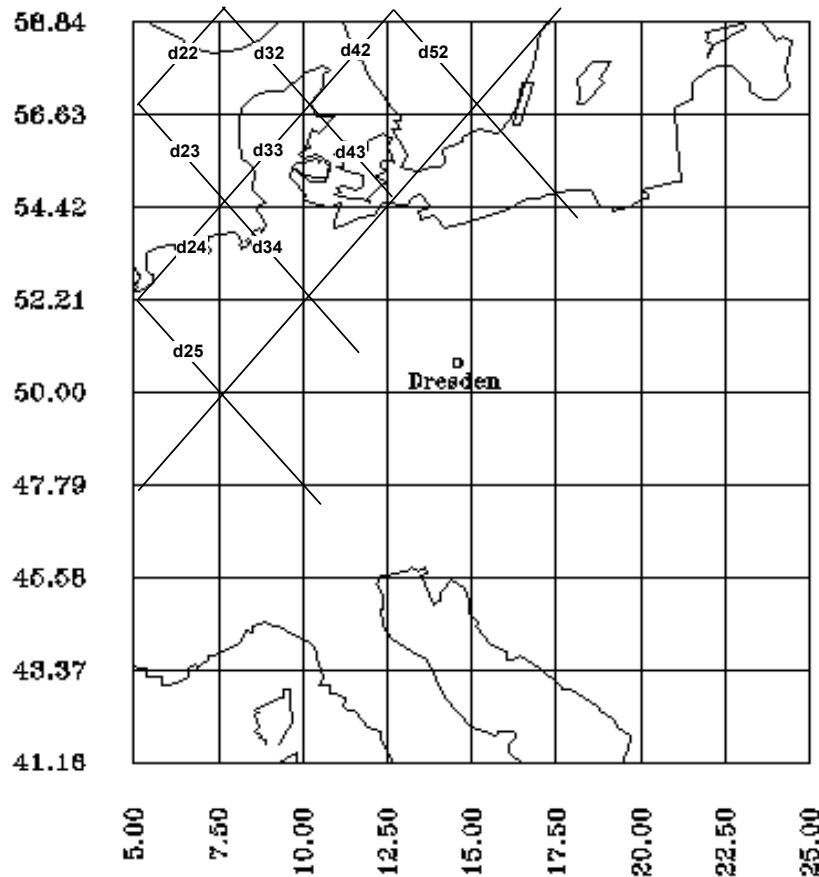
- **Entwicklung eines dynamischen Zirkulationsindex (DSI) zur Beschreibung des großskaligen Zustandes,**
- **Großwetterlagen zur Beschreibung der großräumigen Zirkulationsmuster**
- **Diagnose zur lokalen Felddarstellung von Temperatur und Niederschlag von REMO im Vergleich mit Beobachtungen,**
- **Klimabeschreibung und Szenarienbildung mit Großwetterlagen und darauf abgebildeten lokalen Statistiken von beobachteten Reihen von Temperatur, Niederschlag, Feuchte und abgeleitete Größen,**
- **Klimabeschreibung und Szenarienbildung mit Großwetterlagen und lokalen Statistiken von Beobachtungen, troposphärischen Modellparametern und Modellbodendaten**
- **Erstellung von Wolkenbedeckung und –typ aus synoptischen Beobachtungen und Satellitendaten zur Validierung und statistischen Aufbereitung des Lokalmodells des Deutschen Wetterdienstes**

Geographische Verteilung der 84 Haupt- und 285 Nebenstationen im Elbe- Einzugsgebiet



Das Konzept der Wetterlagenklassifikation zur Regionalisierung von Klimamodelloutputs

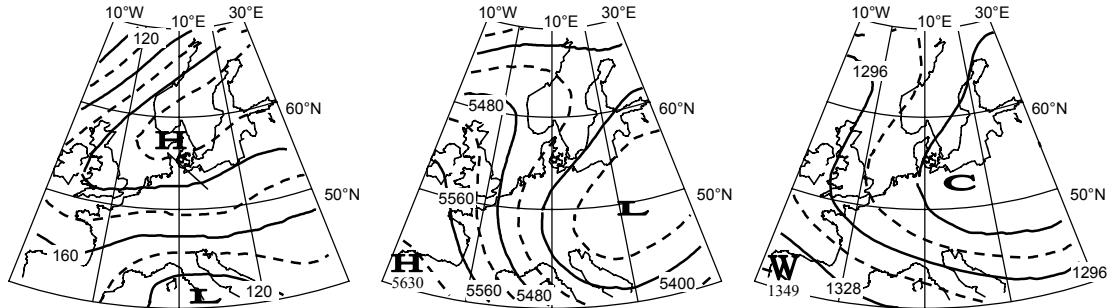
Abb.1: Lage der Gitterpunkte



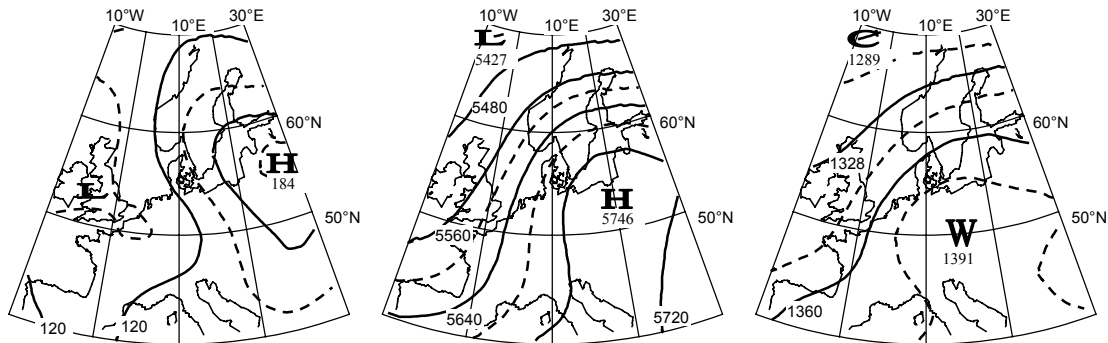
Mittels äquidistanter Analysefelder oder Felder globaler und regionaler Klimamodelle (Abb.1), sowie eines Distanzmaßes (Gl. 1), werden objektivierte Wetterlagen entwickelt. Als Feldgrößen werden Geopotential, Temperatur, Feuchte und daraus abgeleitete Größen verwendet.

$$\text{Gl. 1} \quad D = \sum_1^m (p_i - d_i)^2 * \alpha_i$$

Großwetterlagen (Beispiel)



Wetterlage „sehr kalt“: Tmax: $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; Tmin: $-8,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, relative Häufigkeit:: 1,2 %



Wetterlage „sehr warm“ Tmax: $25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$; Tmin: $11,1\text{ }^{\circ}\text{C}$; relative Häufigkeit:: 2,6 %



Regionalisierungsverfahren zur wetterlagenkonsistenten Projektion

Problem:

- **Wie kann die Häufigkeit extremer Ereignisse in künftigen Klimaszenarien abgeschätzt werden**

Lösung:

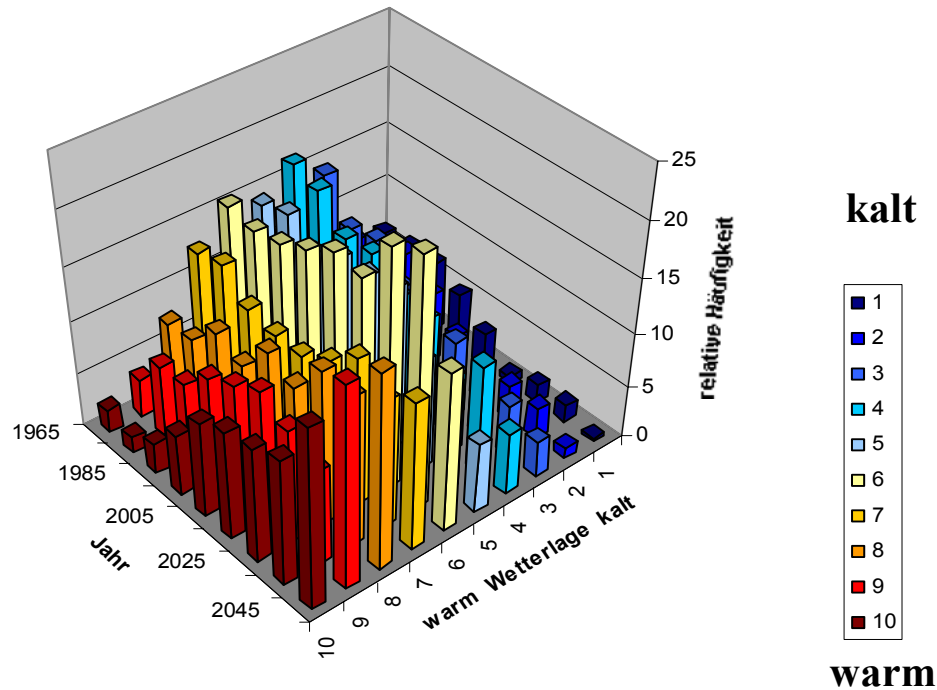
- **Zerlegung von Zeitreihen in Witterungsabschnitte**
- **Zuordnung einer Wetterlagenklassifikation**
- **Bestimmung der Häufigkeitsverteilung der Wetterlagen im Szenario**
- **Erzeugen von Zeitreihen mittels Zufallsgenerator**

Vorteil:

- **Simulation von Extremereignissen**
- **Konsistenz in Raum und Zeit**
- **Berücksichtigung der Änderung der Zirkulation in Klimaszenarien**



Temperatur optimierte Wetterlagen Sommer



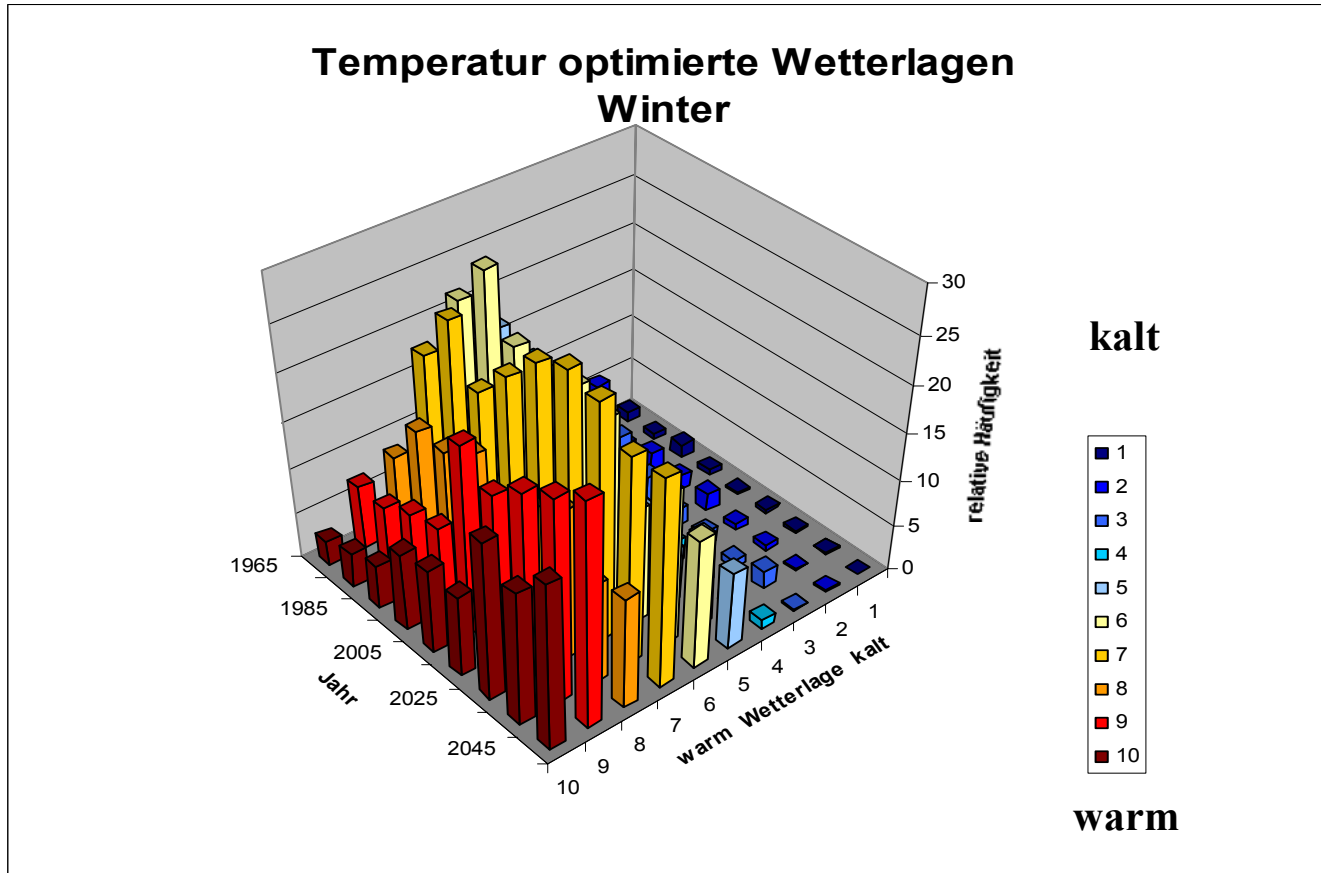
NCAR – Analysen

1960 bis 1999

ECHAM4 Szenario B2

2000 bis 2049

Deutlich ist die Verschiebung hin zu warmen Wetterlagen erkennbar!



NCAR – Analysen

1960 bis 1999

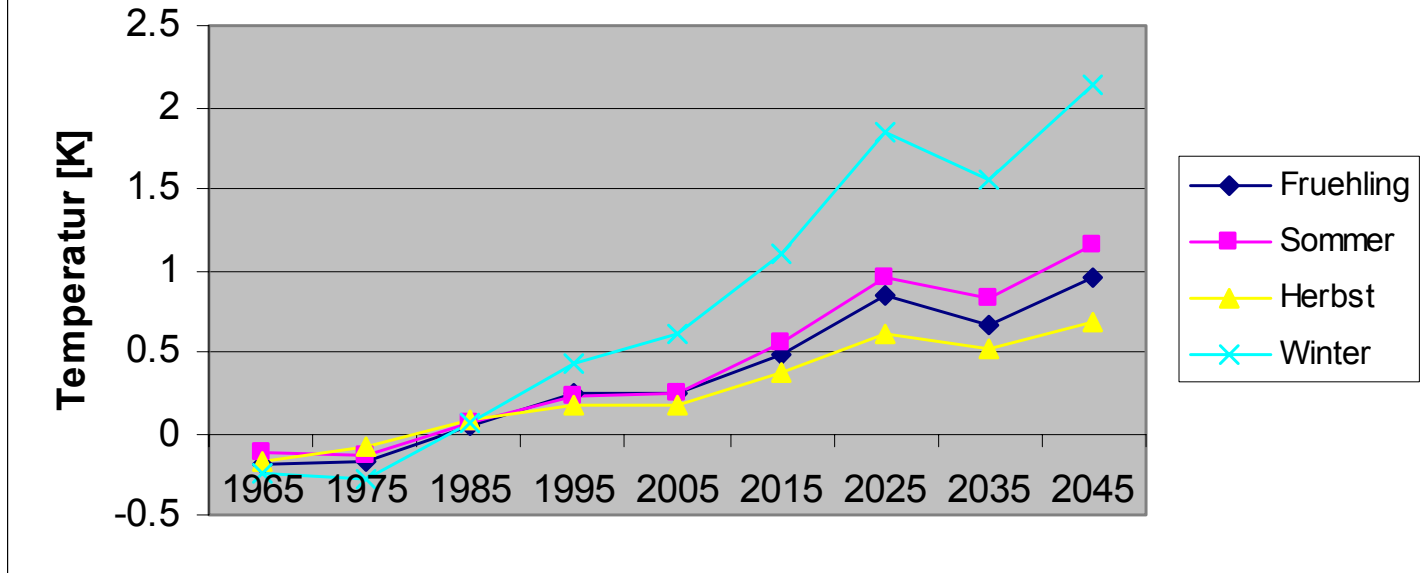
ECHAM4 Szenario B2

2000 bis 2049

Sehr deutlich ist die Verschiebung hin zu warmen Wetterlagen erkennbar!



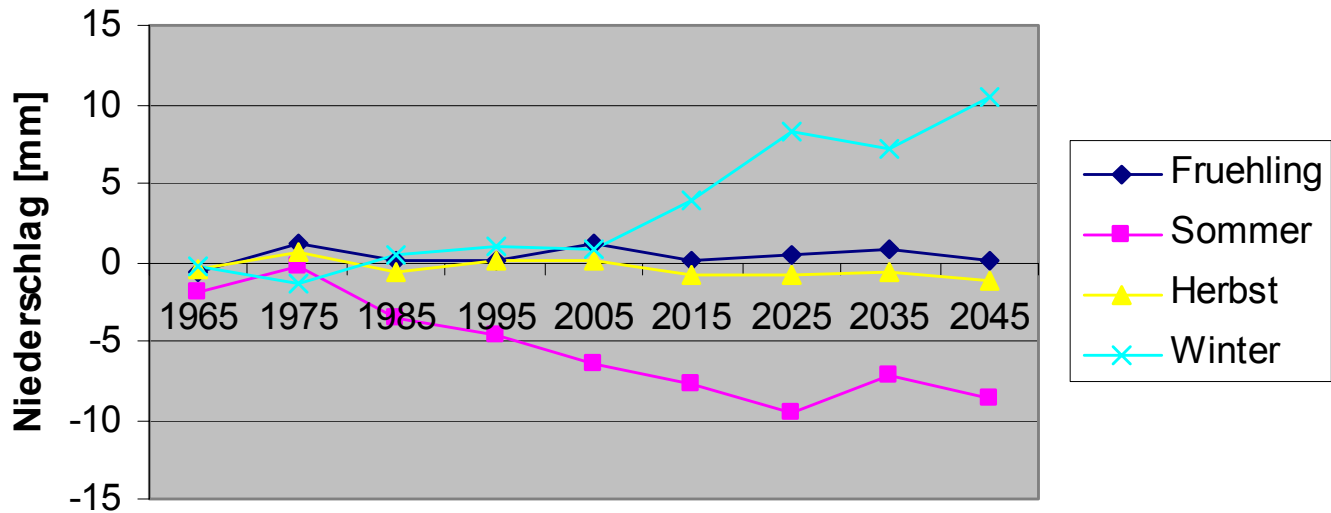
Änderung der Tagesmitteltemperatur als Mittel über 84 Stationen des GLOWA - Gebietes gegenüber dem Zeitraum 1960 - 2000



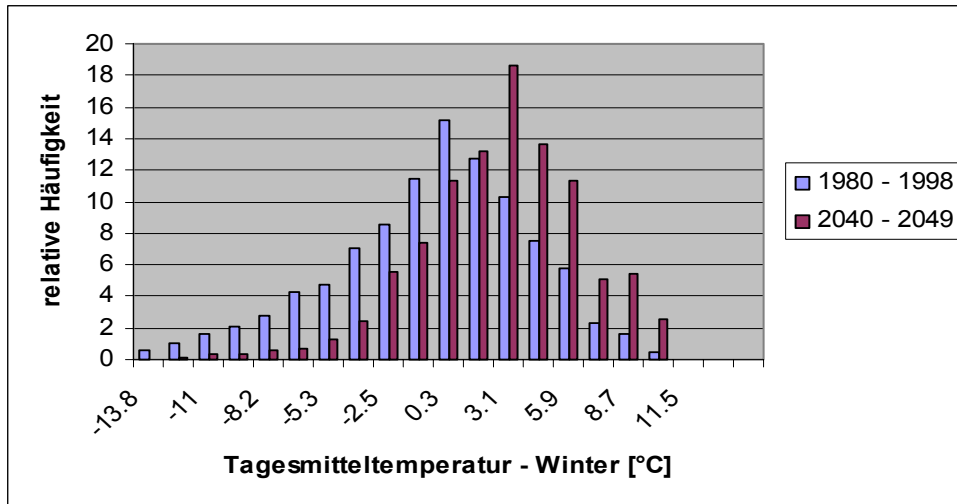
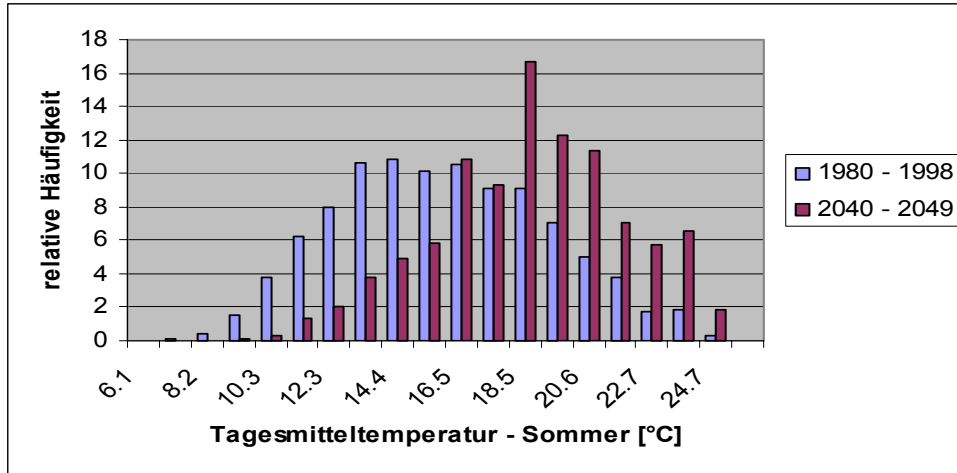
Der starke Anstieg der Wintertemperaturen resultiert vor allem durch die Zunahme der Häufigkeit der Westwetterlagen (Klasse 9 und 10)



**Änderung der Monatssumme des Niederschlages als Mittel
über 84 Stationen des GLOWA - Gebietes gegenüber dem
Zeitraum 1960 - 2000**

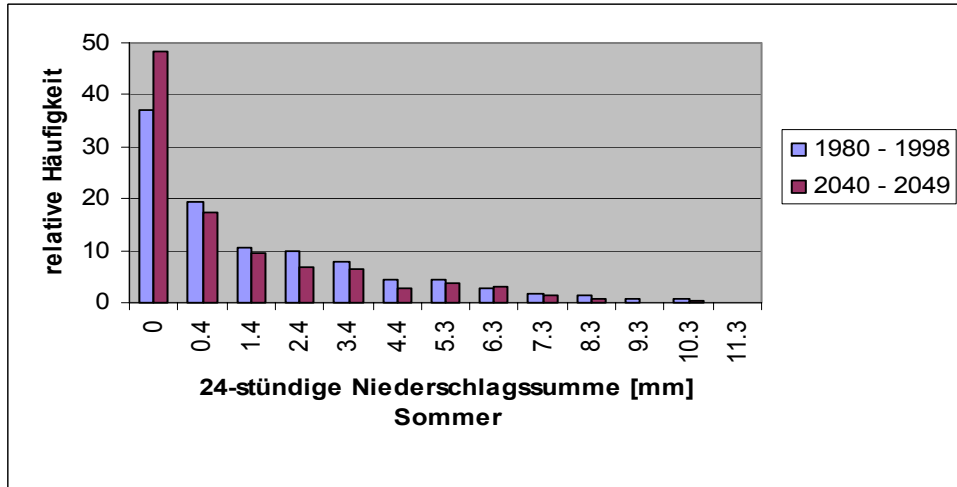


Die Sommer werden trockner, die Winter hingegen feuchter

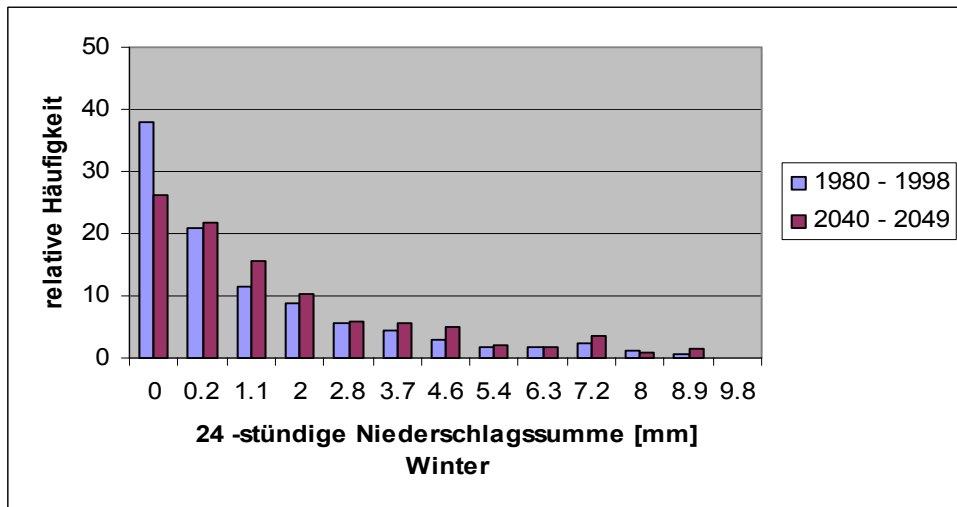


Prognostizierte Änderung der Temperaturverteilung für den Zeitraum 2040 bis 2049, Mittelbildung über 84 Stationen des GLOWA - Gebietes

Die Erwärmung zeigt sich auch durch eine Zunahme der Häufigkeit extrem warmer Klassen



Prognostizierte Änderung der Niederschlagsverteilung für den Zeitraum 2040 bis 2049, Mittelbildung über 84 Stationen des GLOWA - Gebietes



Im Sommer gibt es 10% mehr, im Winter 11 % weniger trockene Tage



Beispiel zur Erstellung von regionalen Klimaszenarien

Methode : Fuzzy Logic

verwendete Daten :

Input: 16 Parameter aus ECHAM/REMO-Simulationen, 6 Parameter aus Großwetterlagenstatistik als Abweichung vom mittleren Jahrgang

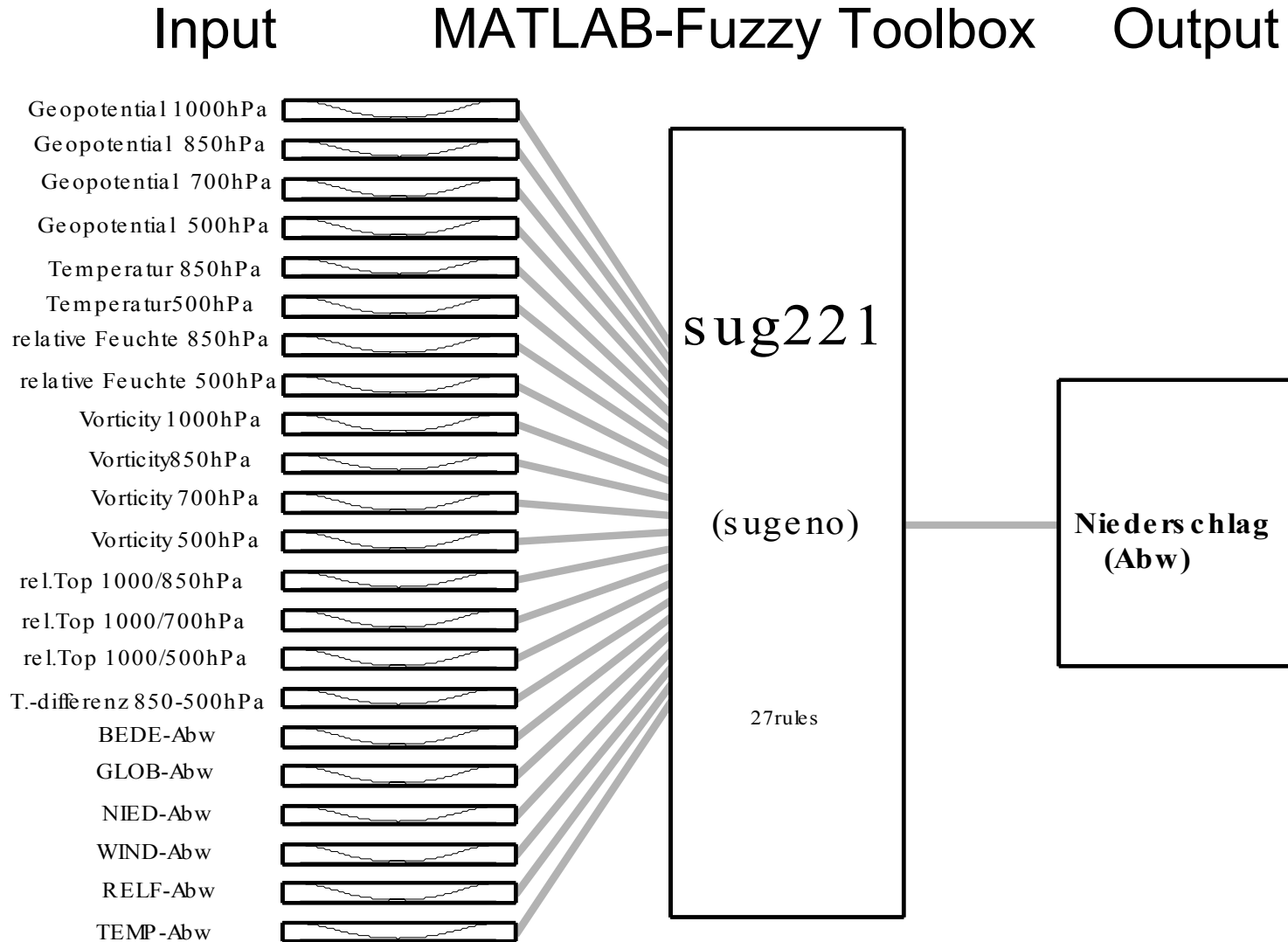
Output: Beobachtungsdaten von 6 verschiedenen Klimaparametern an 84 deutschen Stationen im Elbegebiet

Funktionsprinzip:

Fuzzy Logic Toolbox (Matlab) stellt nichtlineare Beziehungen zwischen Input und

Output her. Die abgeleiteten Beziehungen können dann verwendet werden, um aus

ECHAM/REMO-Szenarien Klimareihen von 2000 bis 2050 an den 84 deutschen Stationen zu erzeugen.



RELF= relative Feuchte, BEDE= Bedeckungsgrad, TEMP=Temperatur, WIND=Wind, NIED=Niederschlag, GLOB=Globalstrahlung, Abw=Abweichung vom langjährigen Mittel



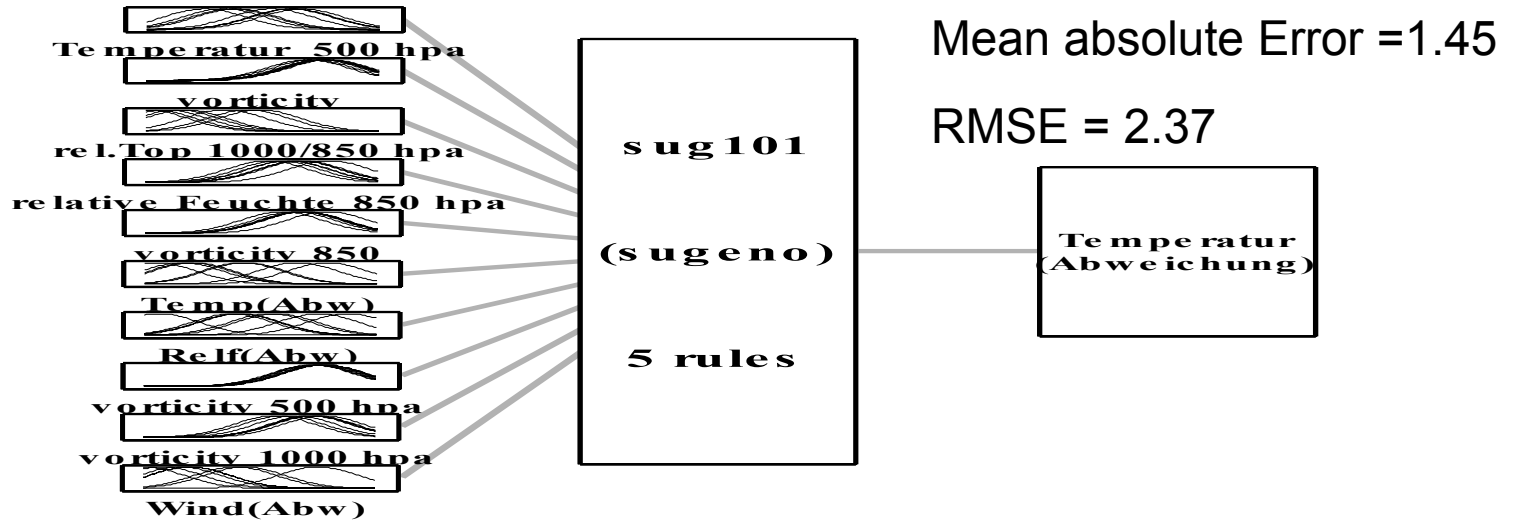
Mit Hilfe der Fuzzy Logik Toolbox werden über ein Screening die 4 wichtigsten Inputdaten für die Niederschlags- und Temperaturprognose ausgewählt.

Niederschlag:

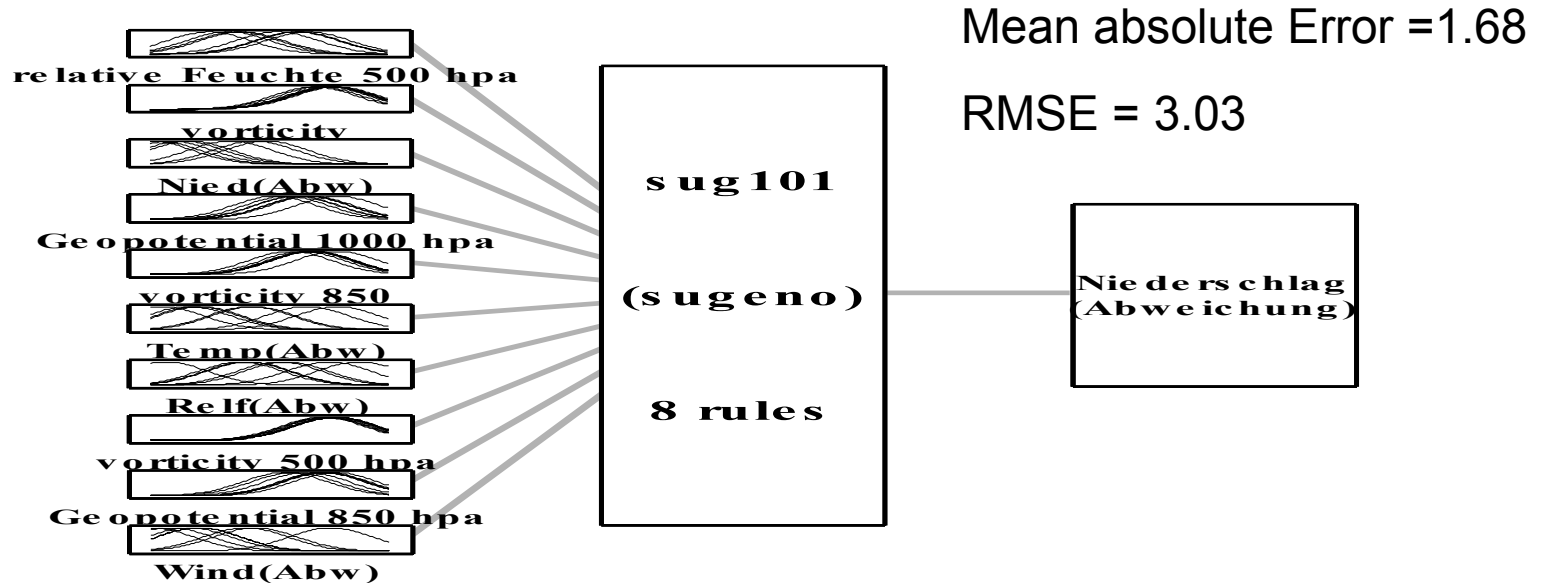
- Relative Feuchte 500 hPa
- Vorticity 700 hPa
- Nied(Abweichung)
- Geopotential 1000 hPa

Temperatur:

- Temperatur 850 hPa
- Vorticity 700 hPa
- Schichtdicke 1000/850 hPa
- Temp(Abweichung)



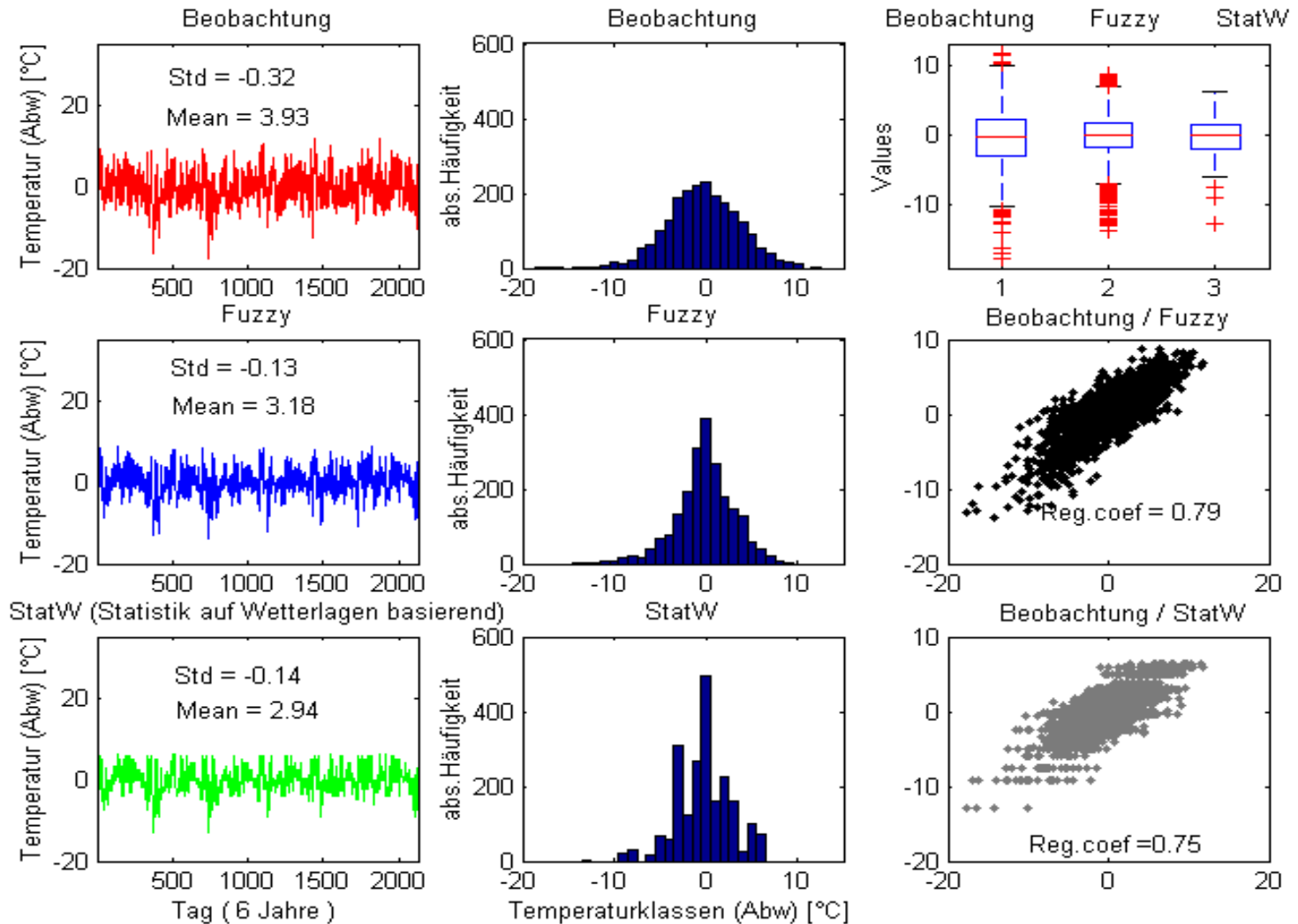
Station Berlin : Temperatur- und Niederschlagsmodelle





Modellierung der Temperaturabweichungen

Station Berlin





Fuzzy Modelle

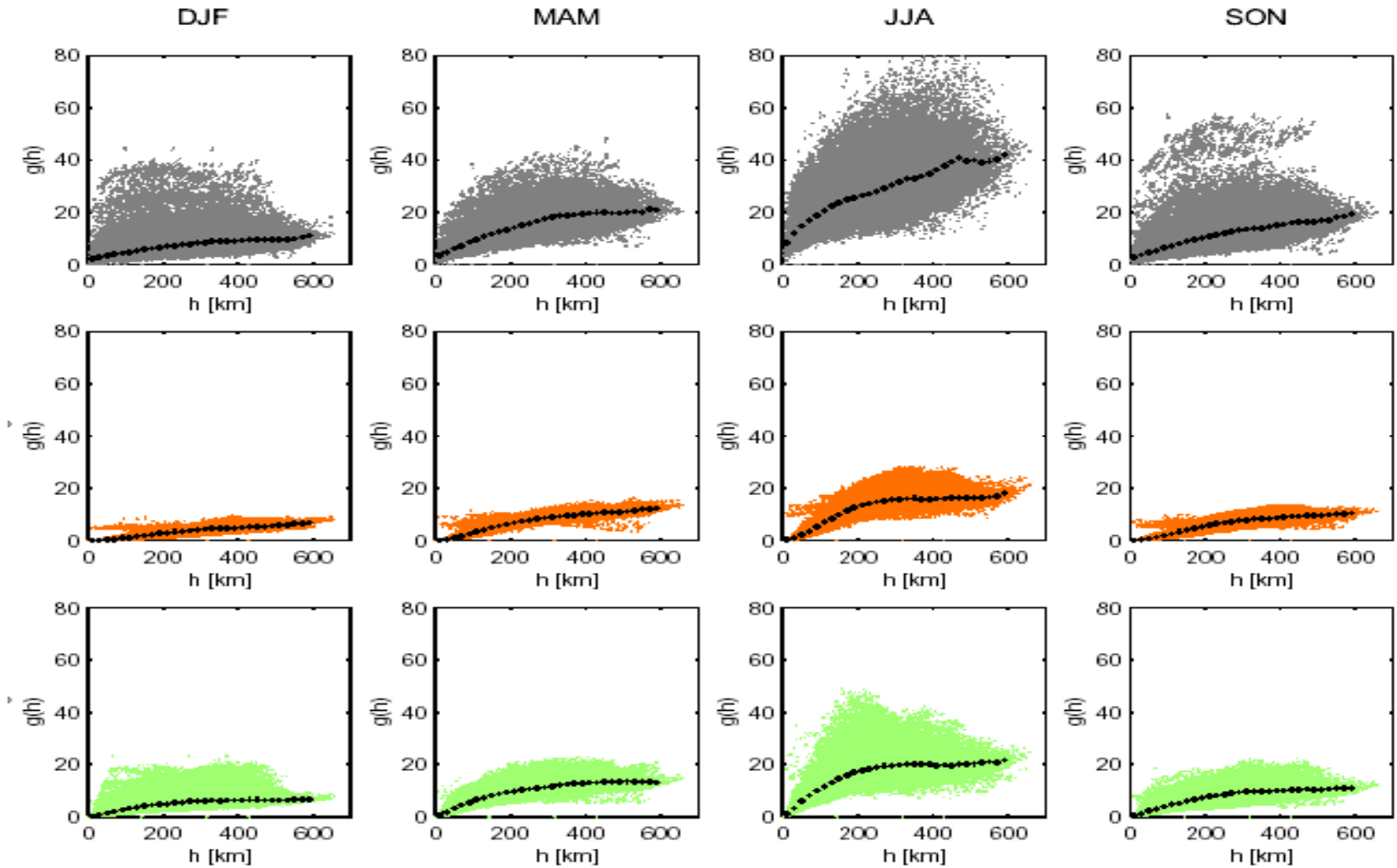
Fuzzy Verfahren sind in der Lage die Variation der Zeitreihen etwas vollständiger zu beschreiben als Statistiken. (Bekannt aus Steuerungsmodellen und Ozonprognose)

Weiteres Vorgehen:

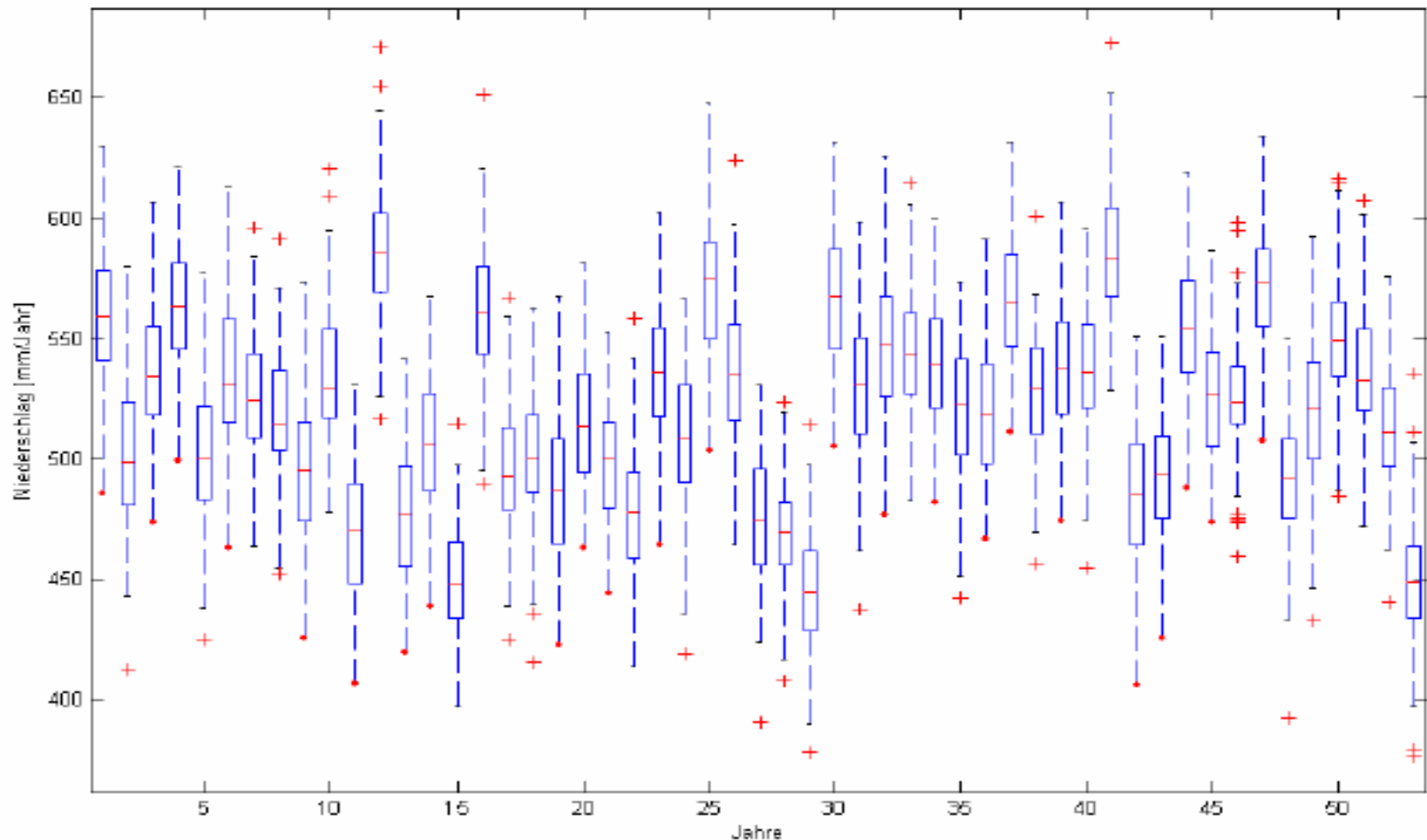
- **Das Zeitreihensignal wird aufgeteilt in einen Jahresgang (30Tage Filter) und die Abweichungsreihen.**
- **Die Jahresgänge werden mit den Wetterlagen und den dazugehörigen zeitabhängigen Statistiken beschrieben. Die Wetterlagen wurden aus ECHAM und aus REMO $1/2^\circ$ erstellt.**
- **Die Abweichungsfelder werden durch Fuzzy-Modelle beschrieben.**
 - **Im Lernverfahren werden die Modelldaten der „Wetterläufe“ der Remo-Versionen und die Beobachtungen verwendet.**
 - **In den Szenarienläufen werden ausschließlich Simulationsdaten des Remo $1/2^\circ$ und $1/6^\circ$**
- **Die Szenarienreihen bis 2055 werden über Trend und Variation an die Istzeit angebunden. (Bias durch glattere Modellfelder) und 99 Variationen erstellt.**



Semivariogramme für die 1990-Dekade des Niederschlags (mm) von 84 Stationen
Grau: Beobachtungen Gelb: Remo $\frac{1}{2}^\circ$ Grün: Remo $\frac{1}{6}^\circ$

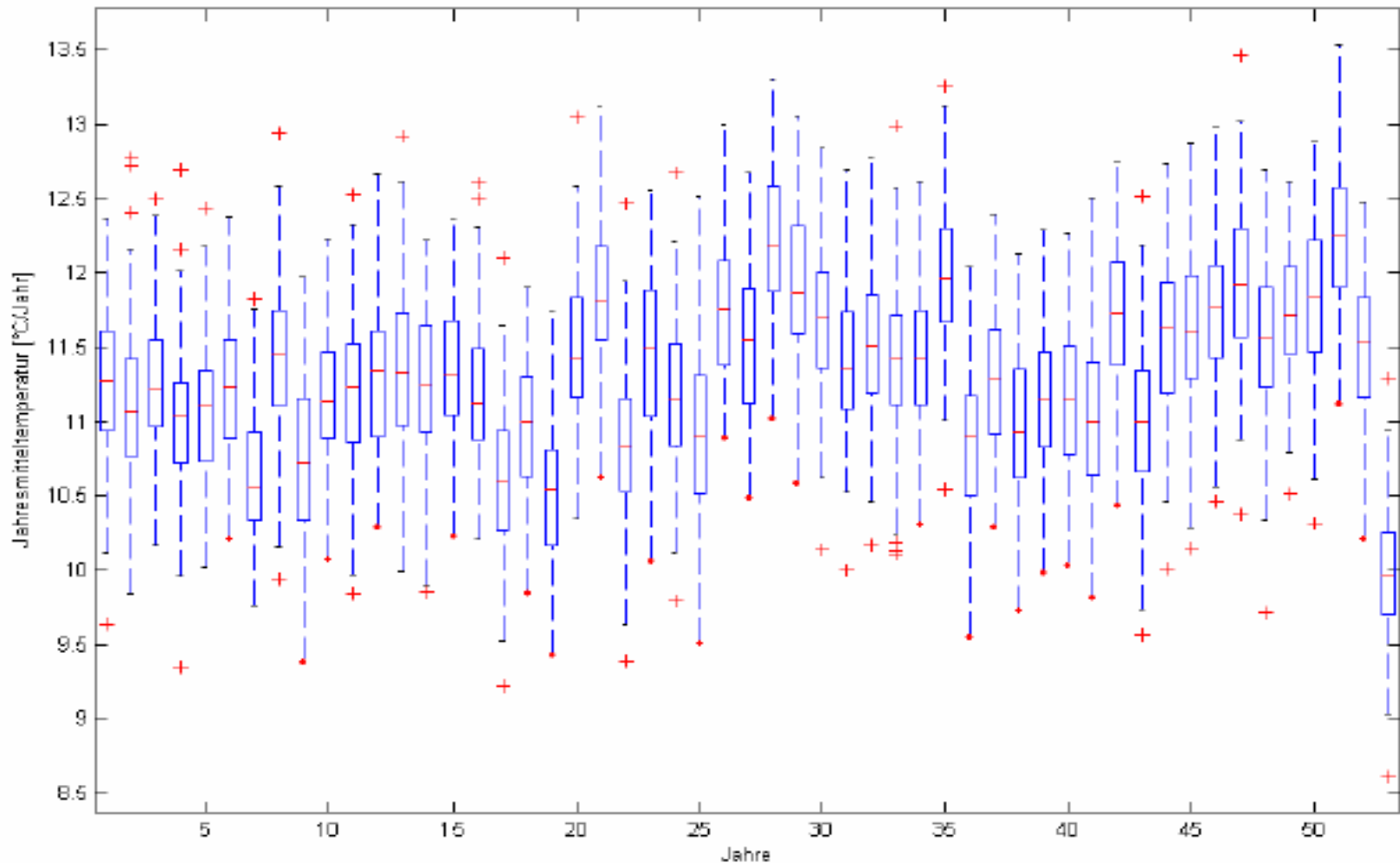


Boxplot der Jahresniederschlagssummen 2001-2053

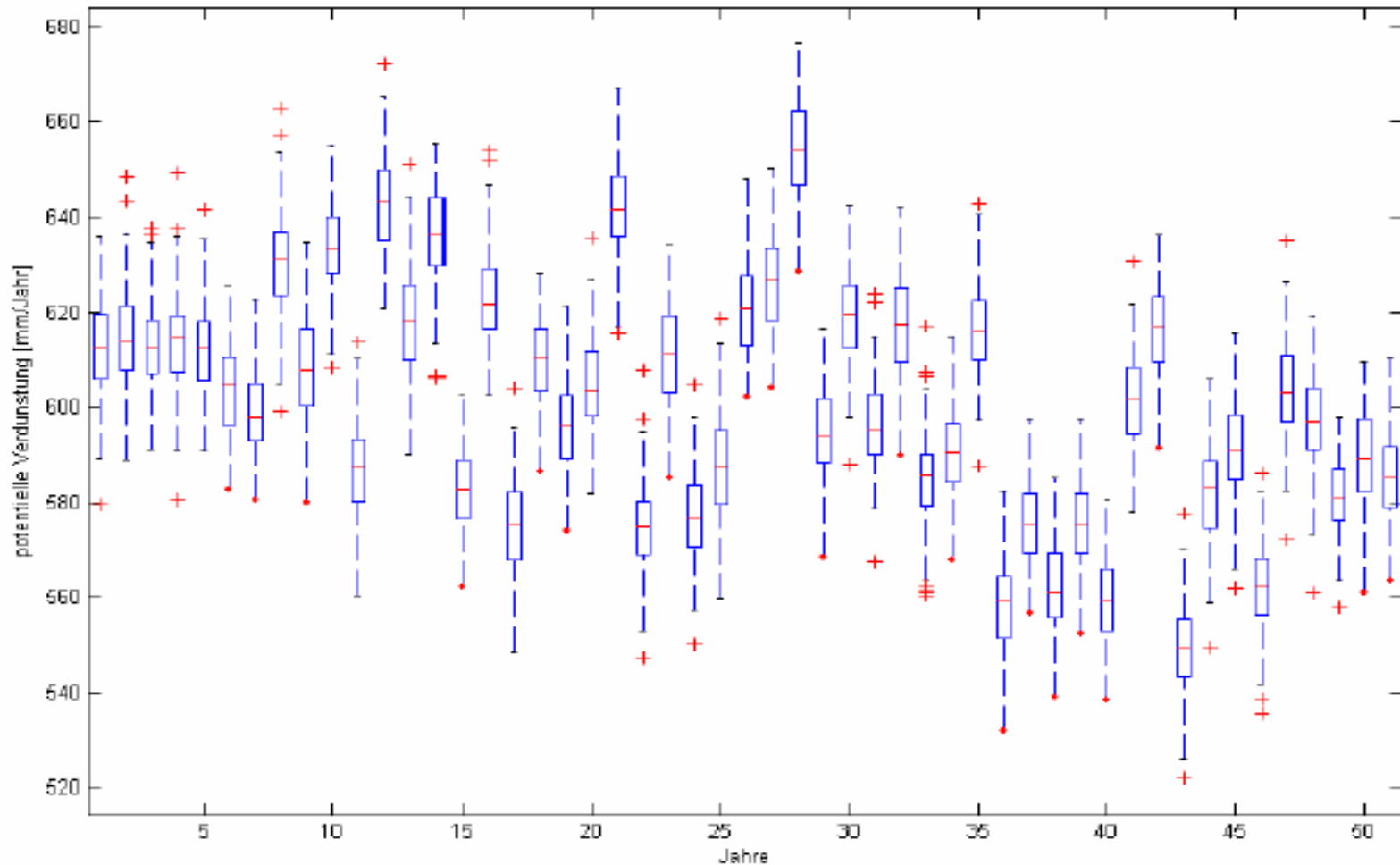




Boxplot der Jahresmitteltemperaturen 2001-2053

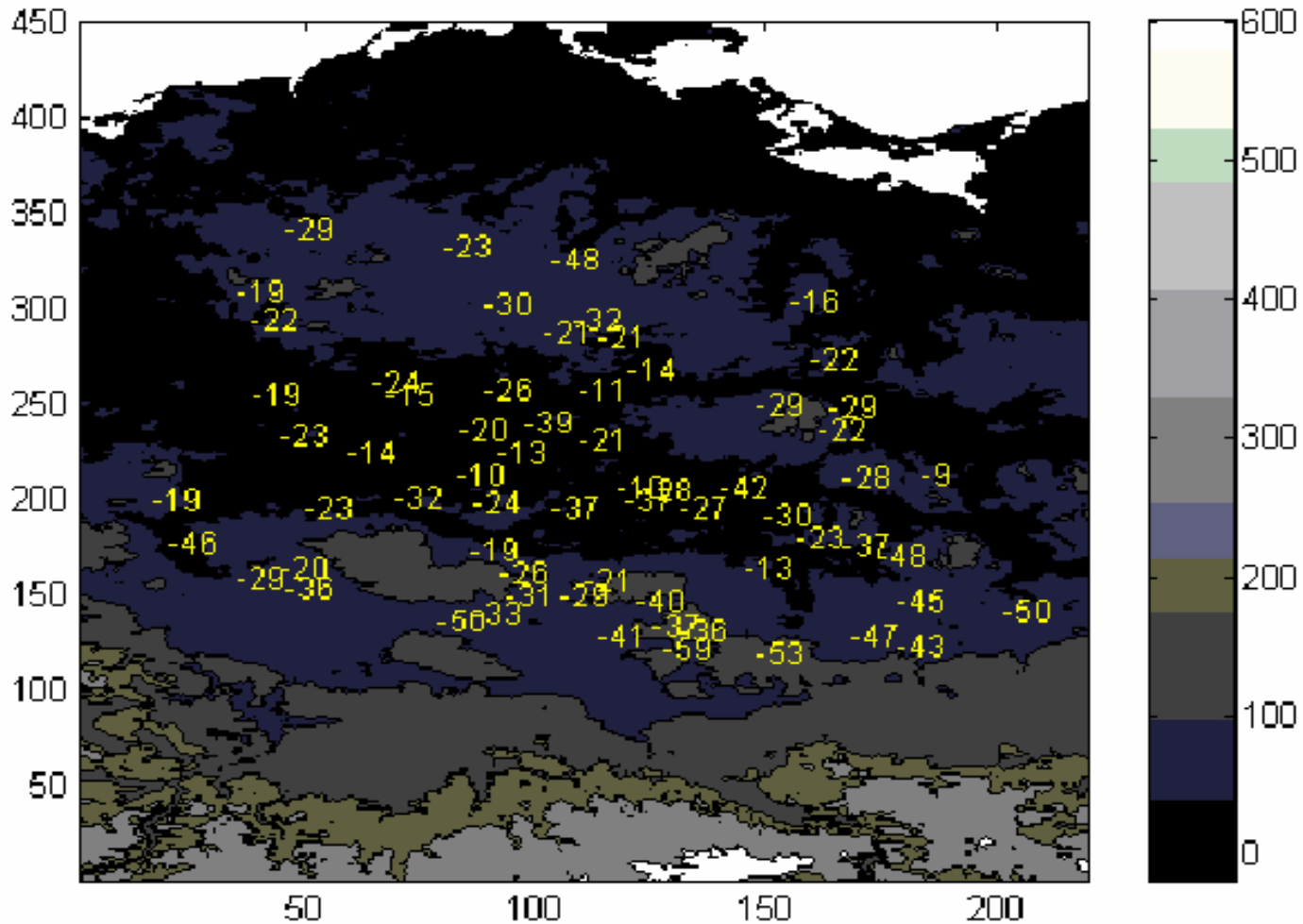


Boxplot der Potentielle Jahresverdunstung 2001-2053



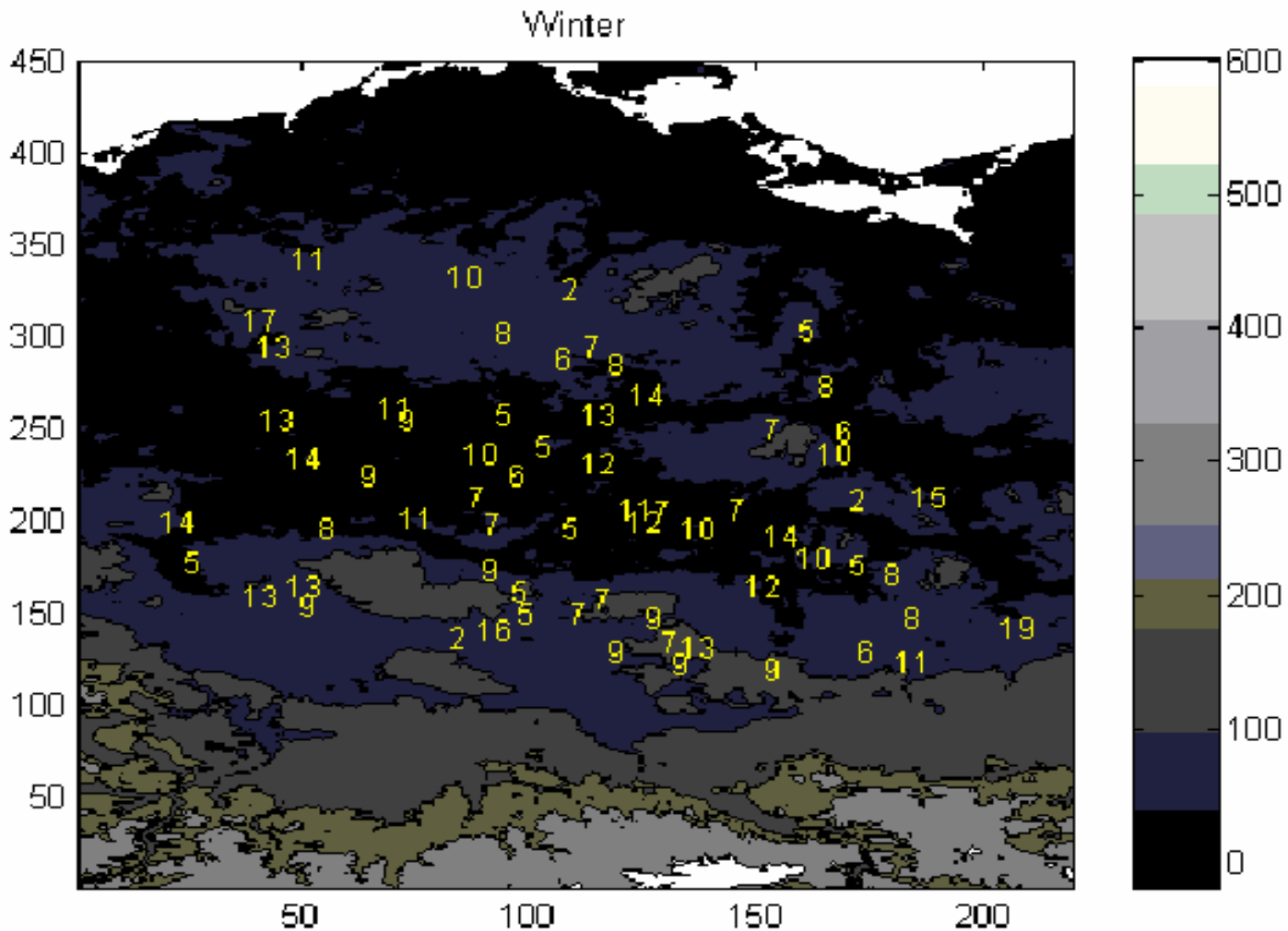


Linearer Trend der Niederschlagsjahressumme 2001-2055 (ECHAM + Fuzzy)



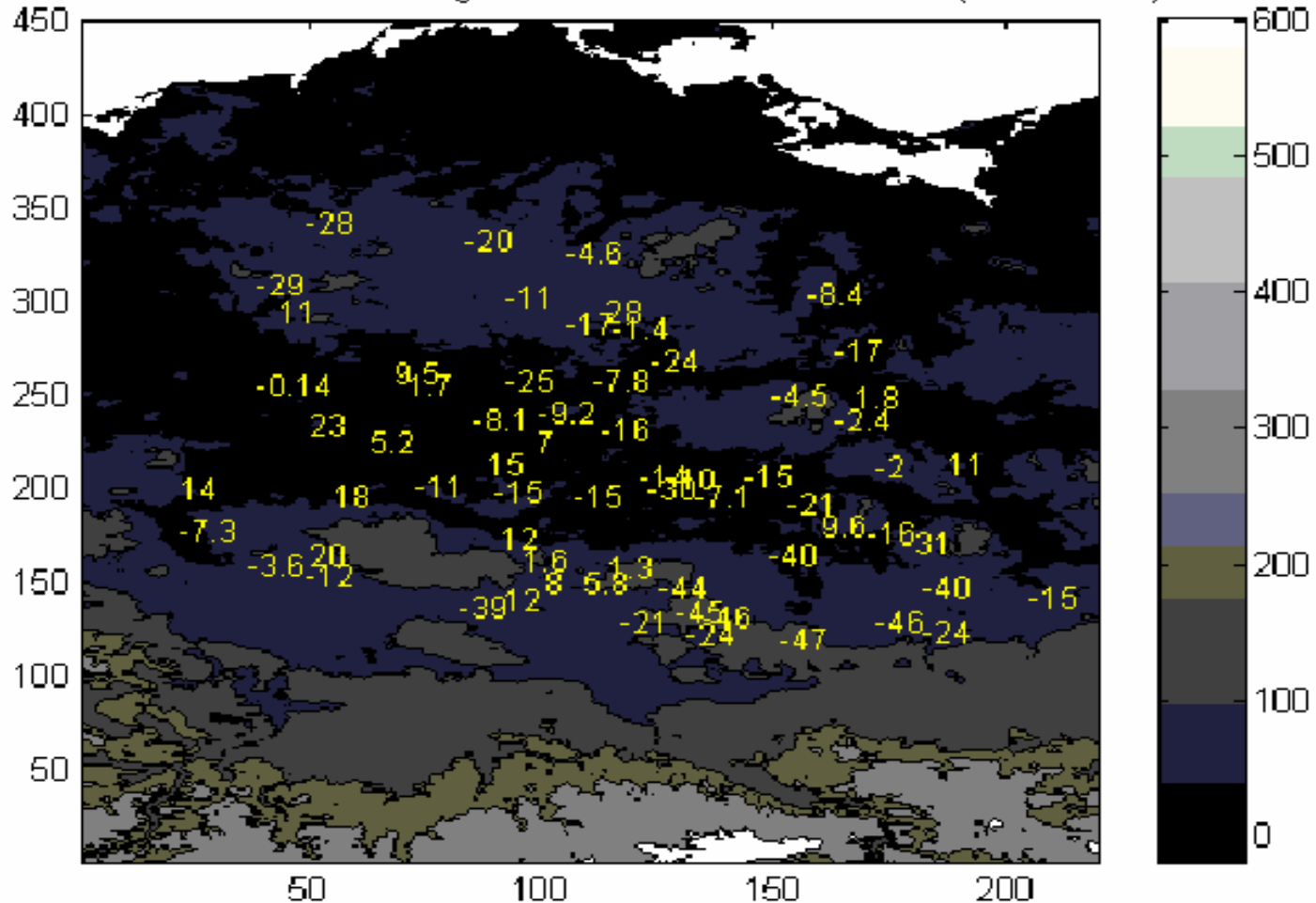


Linearer Trend der Niederschlagsjahressumme im Winter 2001-2055 (ECHAM + Fuzzy)



Linearer Trend der Niederschlagsjahressumme 2001-2055 (Remo + Fuzzy)

Trend der Jahresniederschlagssumme in mm über 55 Jahre (2001 - 2055)





Abschlussbemerkungen

- Die über Remo berechneten lokalen Trends sind gedämpft gegenüber den ECHAM-basierten Rechnungen.
- Daher ist die Prognose nicht mehr eingeutigt im Trend
- Die wesentliche großräumige Veränderung ergibt sich aus der Verschiebung der Wetterlagen
- Der nächste konsequente Schritt ist das feldmäßige Downscaling der Remosimulationen. (keine Stationen, sondern Felder)
- Die Verwendung der Großwetterlagen und Modellvariablen bringt eine sinnvolle, lokale "Korrektur"
- Die weitere Ankoppelung des LM des DWD wäre zur Erweiterung der Niederschlagsstrukturen sinnvoll. (Konvektive Niederschläge)



Regionale Klima Szenarien



Autoren:

Eberhard Reimer, Raimund Alfier, Eileen Mikusky, Dirk Koslowsky, Andrea Oestreich, Ines Langer, Peter Nevir, Sascha Brand, Wolfgang Enke



Freie Universität Berlin, Institut für Meteorologie, Carl-Heinrich-Becker-Weg 6-10, D-12165 Berlin, e-mail: reimer@zedat.fu-berlin.de



GLOWA-ELBE

Abschlusskonferenz 15./16. März 2004 in Potsdam



Klima

*Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!*