

**GLOWA-ELBE-**

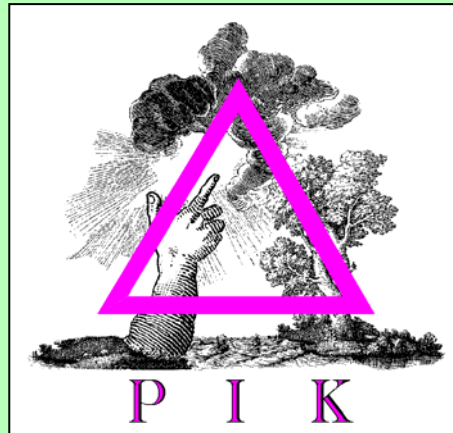
**WORKSHOP**

**Leipzig**

**15.-16.01.2009**

# Das regionale statistische Klimamodell STAR II und seine Anwendung zur Abschätzung der klimatischen Entwicklung im Elbe-Einzugsgebiet

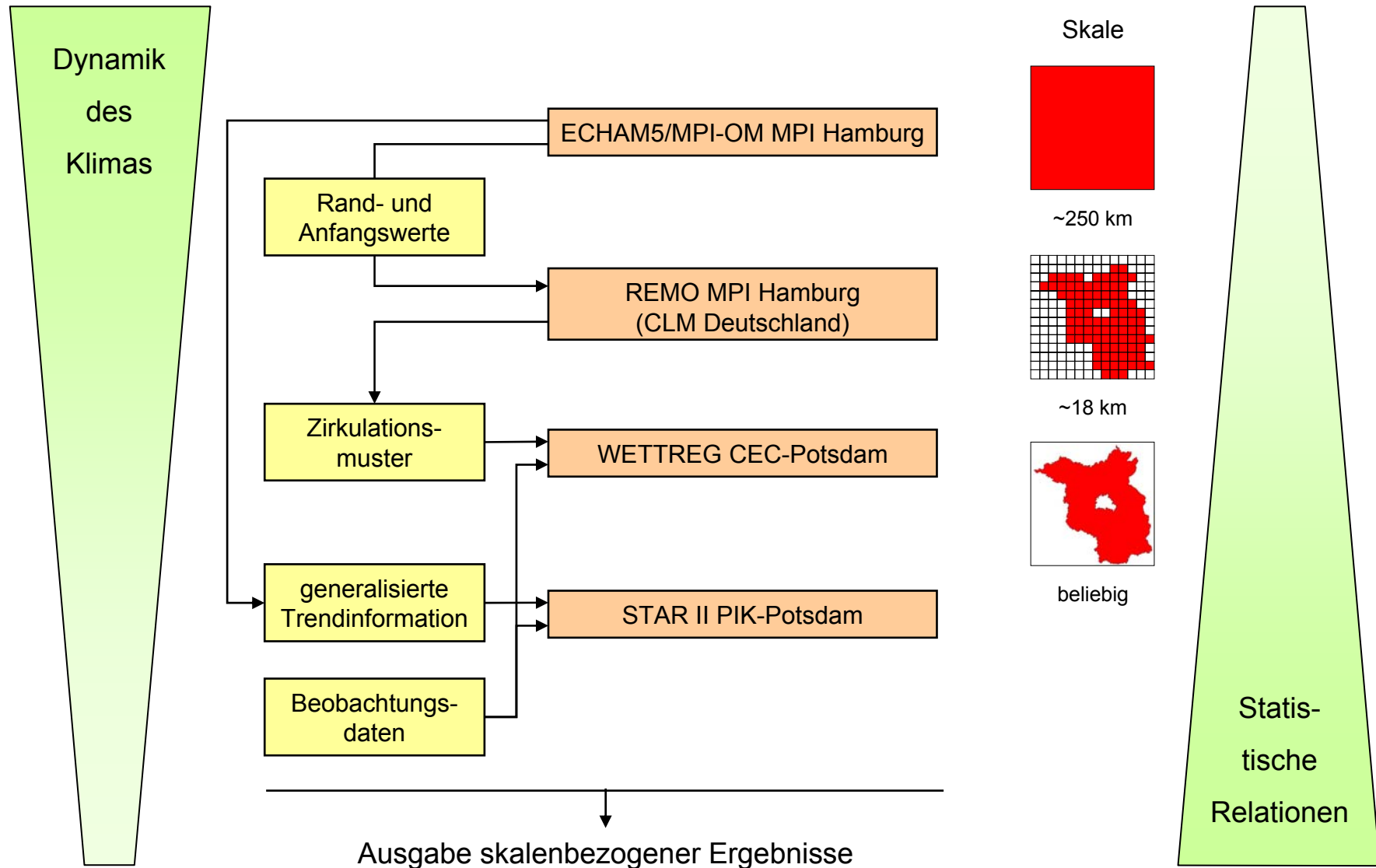
F.-W. Gerstengarbe



Potsdam-Institute for Climate Impact Research

Telegrafenberg A62  
P.O. Box 60 12 03  
D-14412 Potsdam

Phone +49 331 288 25 86  
Fax +49 331 288 26 95  
E-mail [gerstengarbe@pik-potsdam.de](mailto:gerstengarbe@pik-potsdam.de)

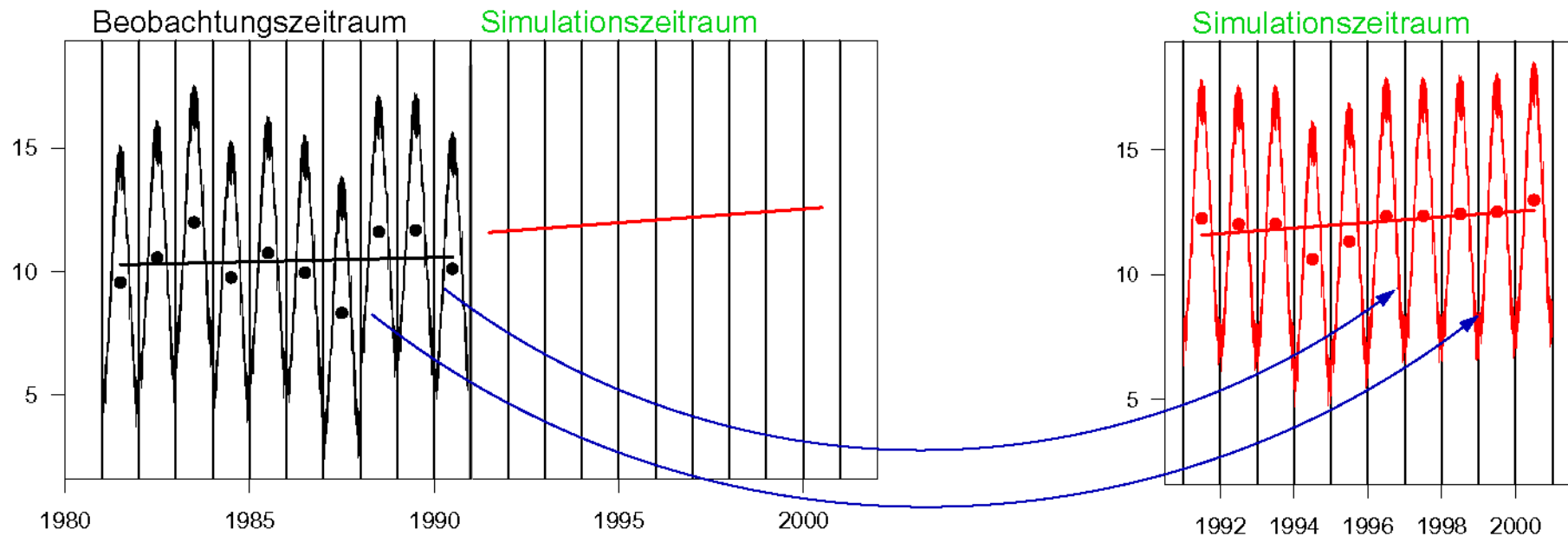


**Modellhierarchie zur Berechnung regionaler Klimaszenarien**



# **Das STATistische Regionalmodell**

## **STAR II**

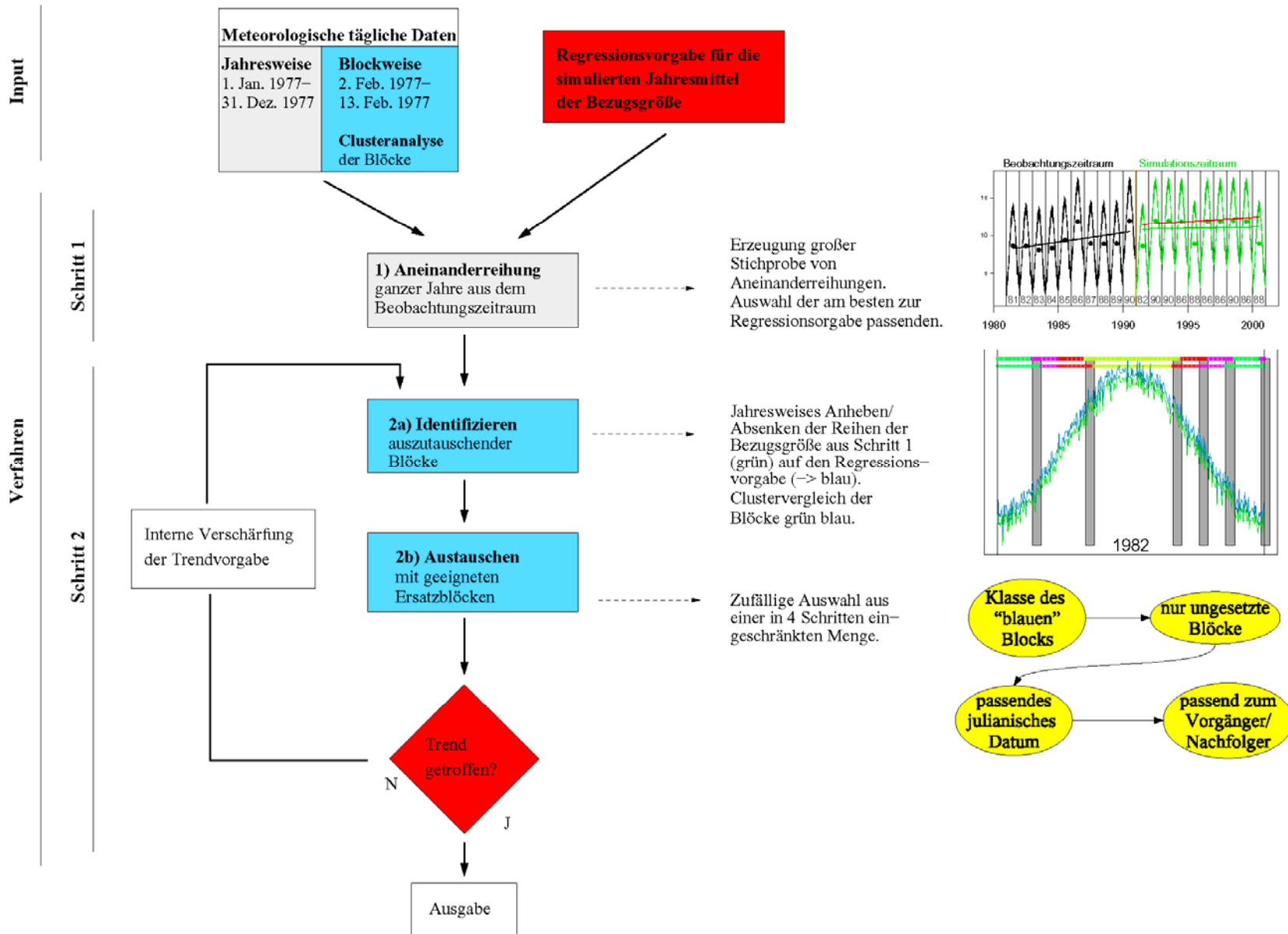


### Illustration der Fragestellung und des Ansatzes:

Gegeben ist eine Beobachtungsreihe (dargestellt durch eine synthetische Temperaturreihe in schwarz) und eine vorgegebene Regressionsgerade (rot) für den Simulationszeitraum (links).

Gesucht ist eine simulierte Reihe (ebenfalls rot), die der Vorgabe genügt und aus Abschnitten der Beobachtungsreihe zusammengesetzt ist (rechts).

Die Punkte zeigen jeweils die Jahresmittel an, auf die sich die Regressionsvorgabe bezieht.



Zusammenfassende Gesamtdarstellung des Verfahrens für eine einzelne Station mit der Temperatur als Bezugsgröße.

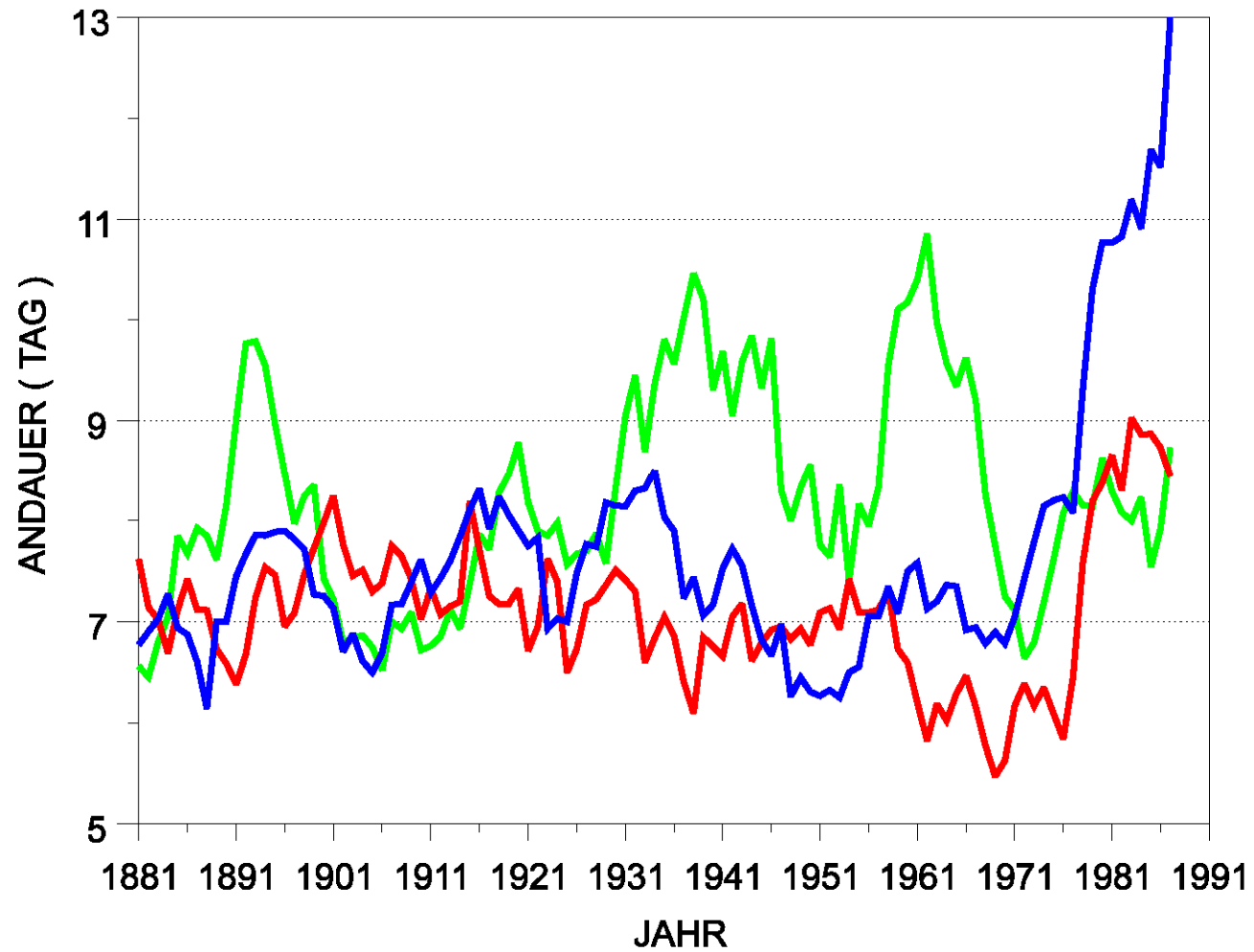
# Modellvalidierung

# Validierungsbedingungen

Basiszeitraum: 1951 – 1975

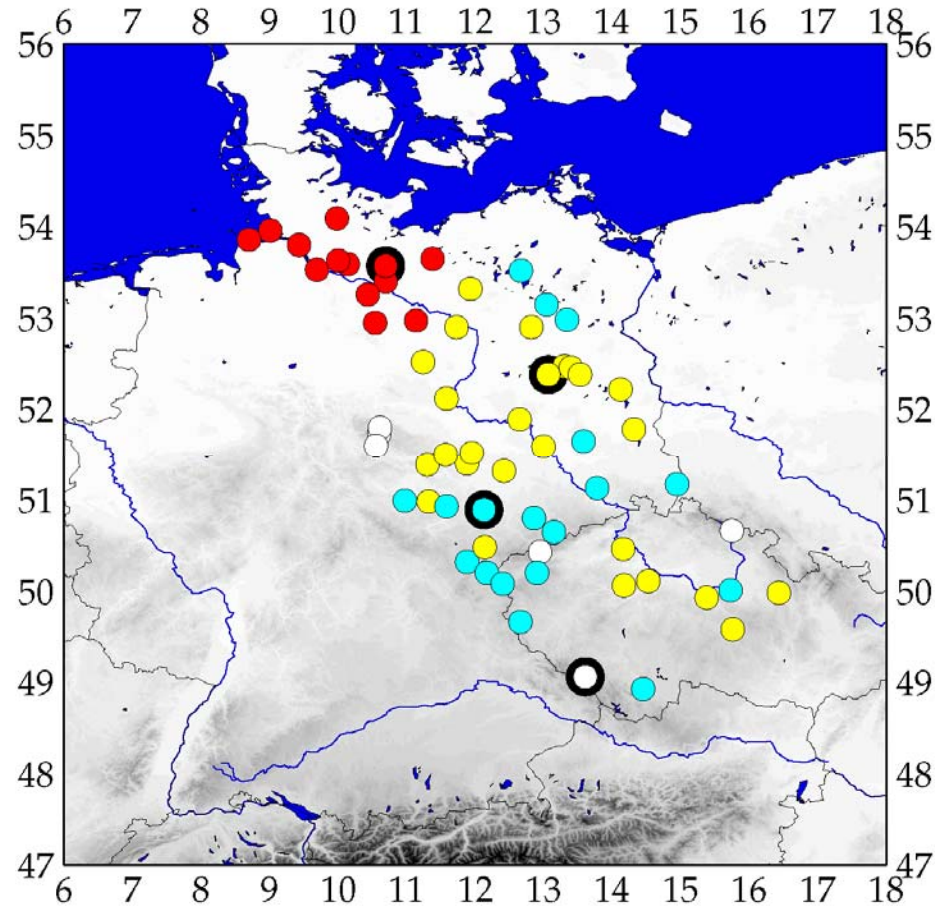
Testzeitraum: 1976 – 2000

Testgebiet: Elbeeinzugsgebiet

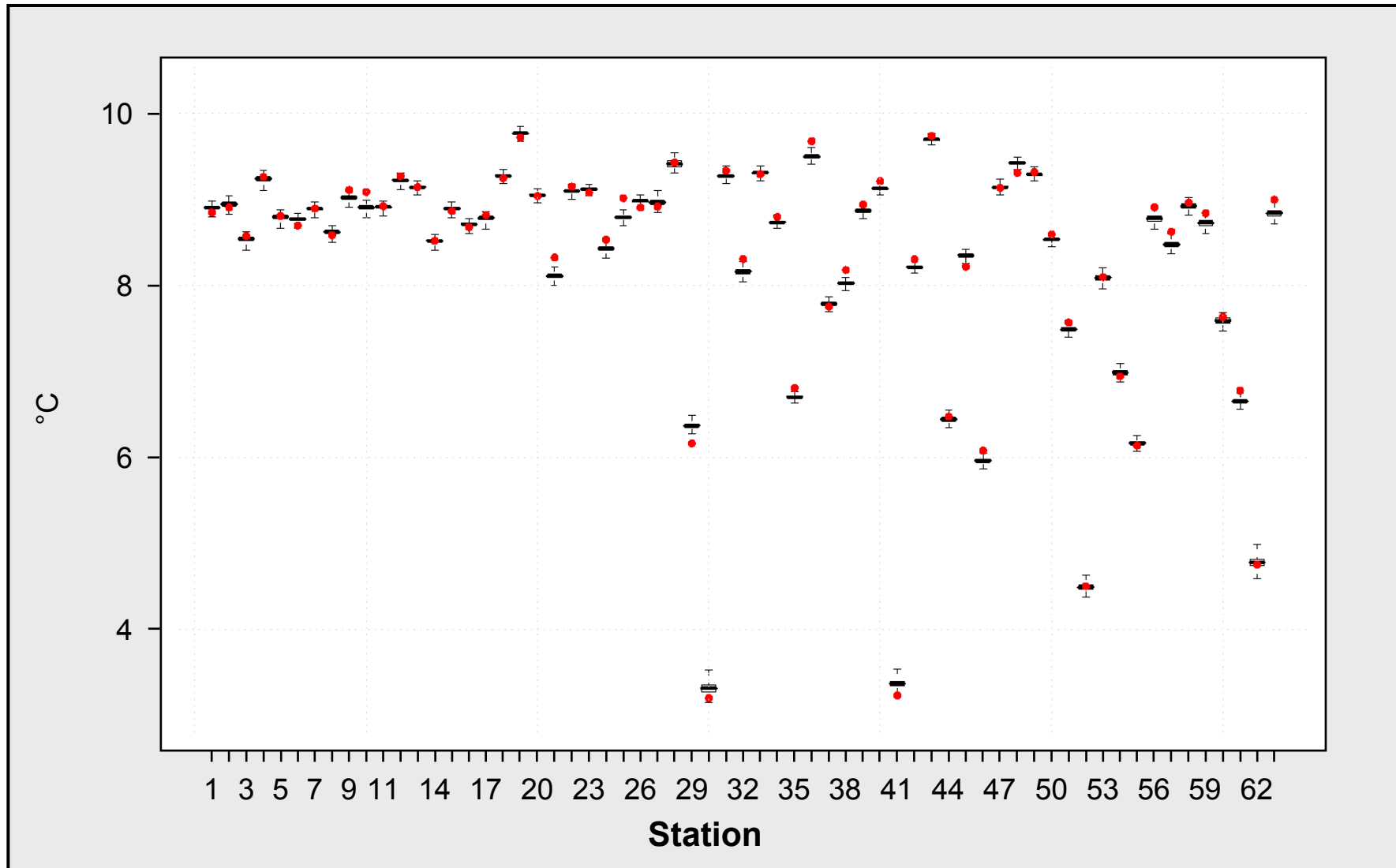


Andauern der Zirkulationsformen zonal (blau), meridional (grün) und gemischt (rot)  
nach Hess und Brezowsky (1977)

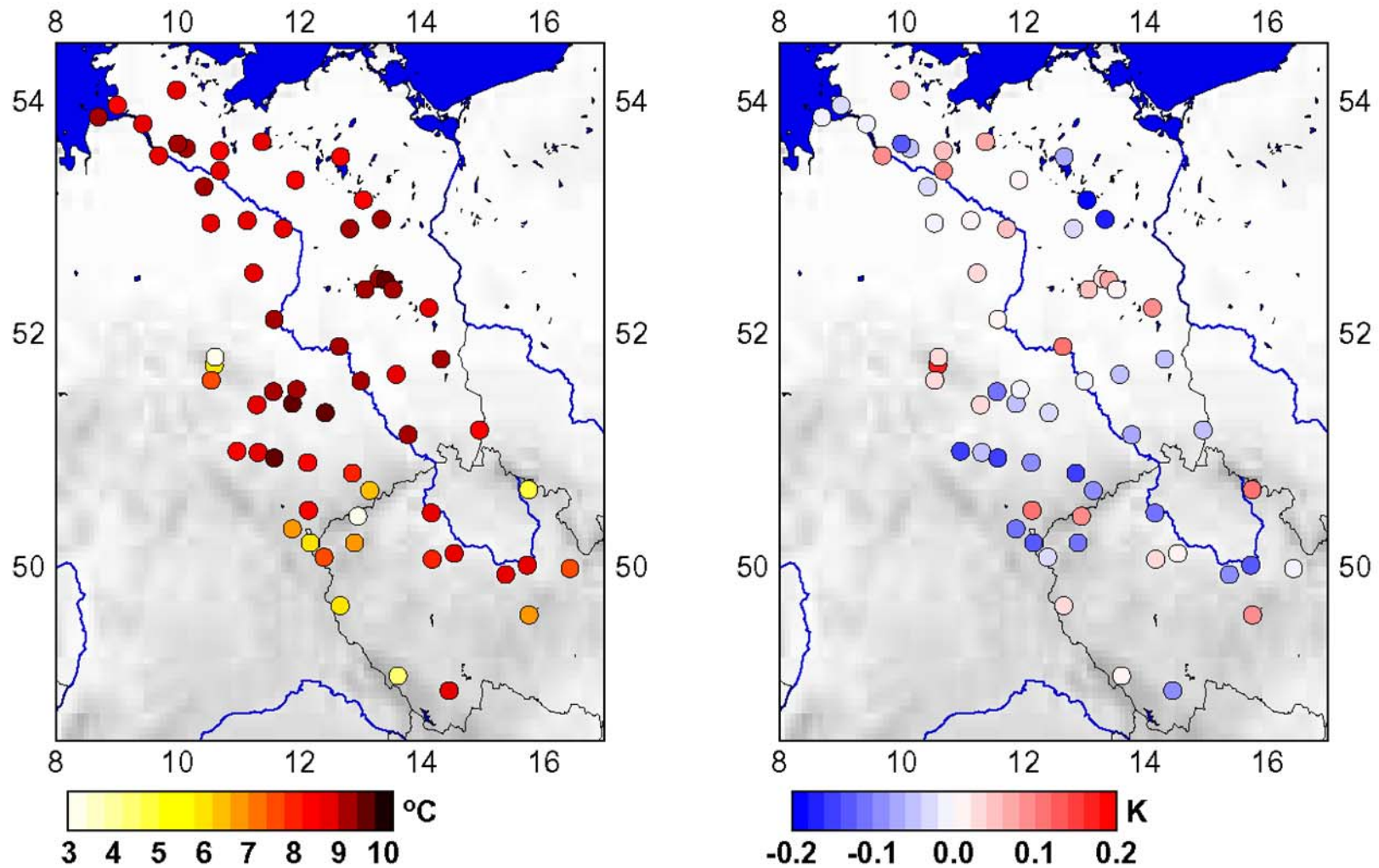
Gerstengarbe und Werner (2005)



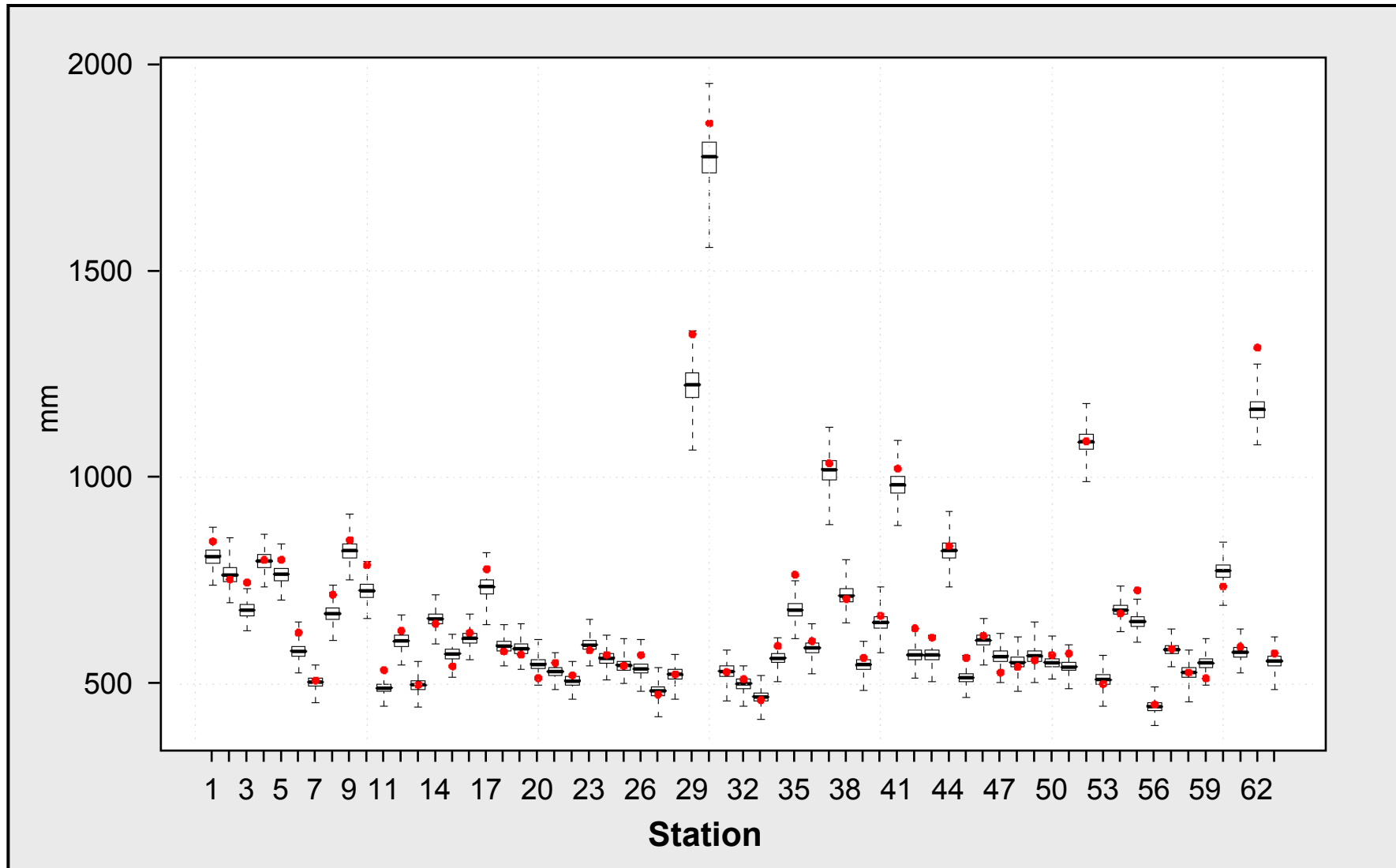
Die Ähnlichkeitsklassen der Klimastationen des Elbe-Einzugsgebiets farbig codiert. Schwarz umrandet die repräsentativen Stationen jeder Klasse.



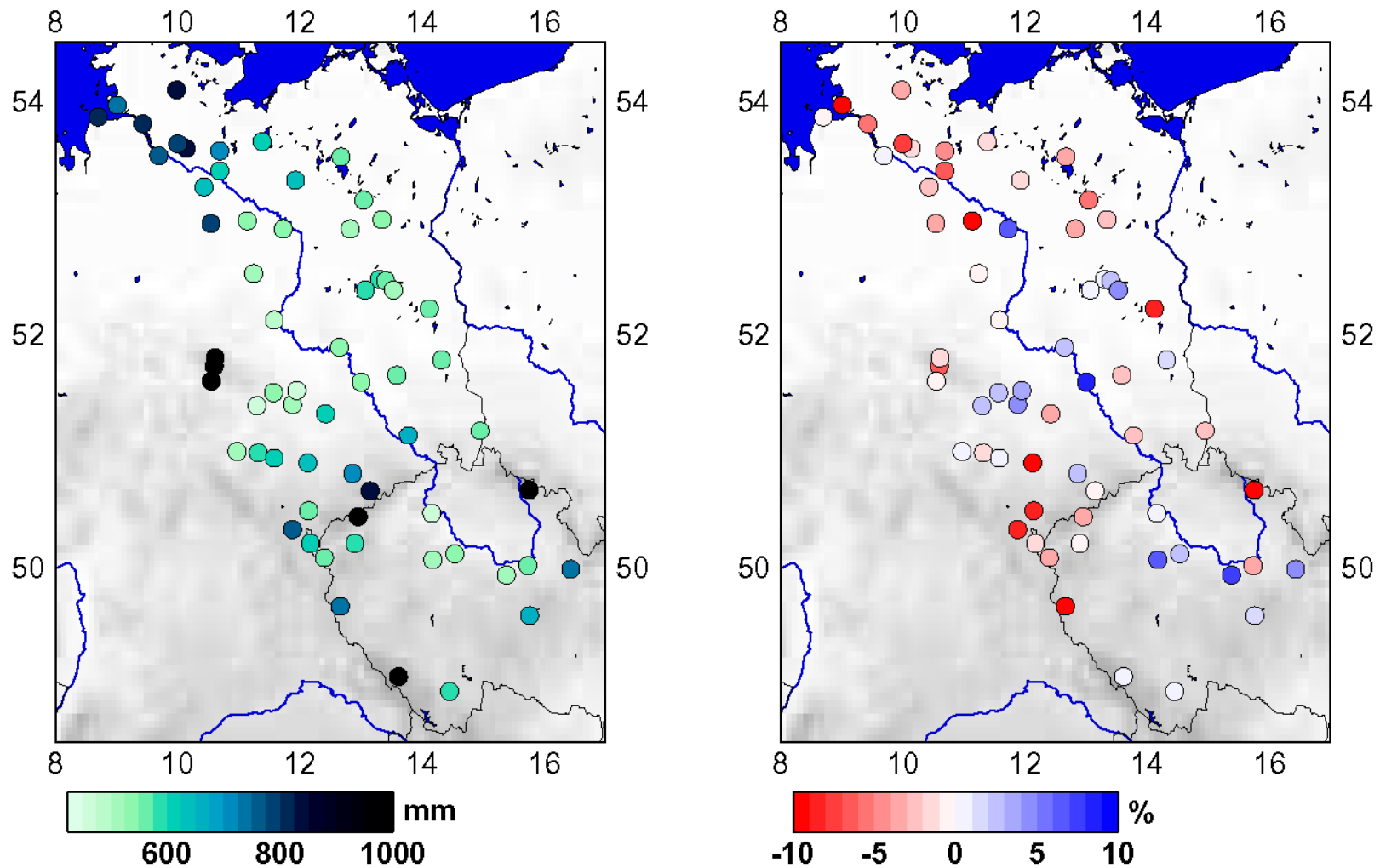
Langjähriges Mittel der Temperatur  
 rot – beobachteter Wert, schwarz – simulierte Werte (Spannweite auf der Basis von 1000 Simulationen)



Gemittelte Tagesmittel der Lufttemperatur 1976–2000.  
 Links die Mittel aus den Beobachtungen, rechts die absoluten Abweichungen der  
 simulierten Temperaturmittel von den beobachteten.



Langjähriges Mittel der Jahresniederschläge,  
 rot – beobachtet, schwarz – simuliert



Mittlere Jahresniederschläge 1976–2000.  
 Links die Mittel aus den Beobachtungen, rechts die relativen Abweichungen zwischen Beobachtung und Simulation. An den Gebirgsstationen fallen allerdings Niederschläge, die mit der hier verwendeten Farbskala bis 1000 mm nicht erfasst werden.

Meteo. Größe	Beob.	STAR	Differenz	Signifikanz	Ereignistage	Beob.	STAR	Differenz	Signifikanz
Lufttemperatur Tmax [°C]	12.68	12.72	0.04	-	Tmax ≥ 30 °C	5.55	4.79	-0.76	20.0
					Tmax ≥ 25 °C	30.58	28.93	-1.65	-
					Tmax < 0 °C	23.98	22.95	-1.03	-
Lufttemperatur Tmit [°C]	8.58	8.55	-0.03	-	Tmit ≥ 20 °C	20.31	18.15	-2.16	20.0
					Tmit < 0 °C	45.00	46.03	1.03	-
Lufttemperatur Tmin [°C]	4.79	4.68	-0.11	-	Tmin ≥ 15 °C	17.16	15.53	-1.63	20.0
Niederschlags- summe [mm]	650.21	641.17	-9.04	-	NS < 0.1 mm	188.33	193.70	5.37	20.0
					NS ≥ 10 mm	15.42	15.36	-0.06	-
Relative Luftfeuchte [%]	78.32	78.83	0.51	10.0	Relf ≥ 90%	70.14	71.69	1.55	-
					Relf < 50%	7.06	6.60	-0.46	-
Luftdruck [hPa]	994.52	993.82	-0.70	5.0	Ludr ≥ 1020 hPa	30.76	26.17	-4.59	5.0
					Ludr < 900 hPa	7.60	7.60	0.00	-
Dampfdruck [hPa]	9.33	9.41	0.08	20.0	Dadr ≥ 15 hPa	34.15	36.83	2.68	10.0
					Dadr < 5 hPa	41.94	40.29	-1.65	-
Sonnenschein- dauer [h]	4.34	4.41	0.07	-	Sonn ≥ 10 h	46.25	49.24	2.99	20.0
					Sonn ≤ 0.1 h	73.28	54.55	-18.73	1.0
Bedeckungs- grad [-/8]	5.33	5.38	0.05	-	Bewo = 8/8	53.01	56.53	3.52	10.0
					Bewo < 1/8	9.29	7.75	-1.54	10.0
Globalstrahlung [J/cm <sup>2</sup> ]	982.06	983.94	1.88	-	Gstr ≥ 2000 J/cm <sup>2</sup>	46.61	47.10	0.49	-
					Gstr < 100 J/cm <sup>2</sup>	8.66	10.90	2.24	5.0
Windgeschwin- digkeit [m/s]	2.67	2.74	0.07	5.0	Wind ≥ 5 m/s	38.34	43.15	4.81	1.0
					Wind < 1 m/s	56.03	52.00	-4.03	10.0

Vergleich der Jahreswerte für ausgewählte meteorologische Größen,  
deutscher Teil des Elbeeinzugsgebietes, 1971 – 2000

**Folie 16**

---

**FRIWI16**

**1498:**

FRIWI; 08.11.2006

# Zusammenfassung

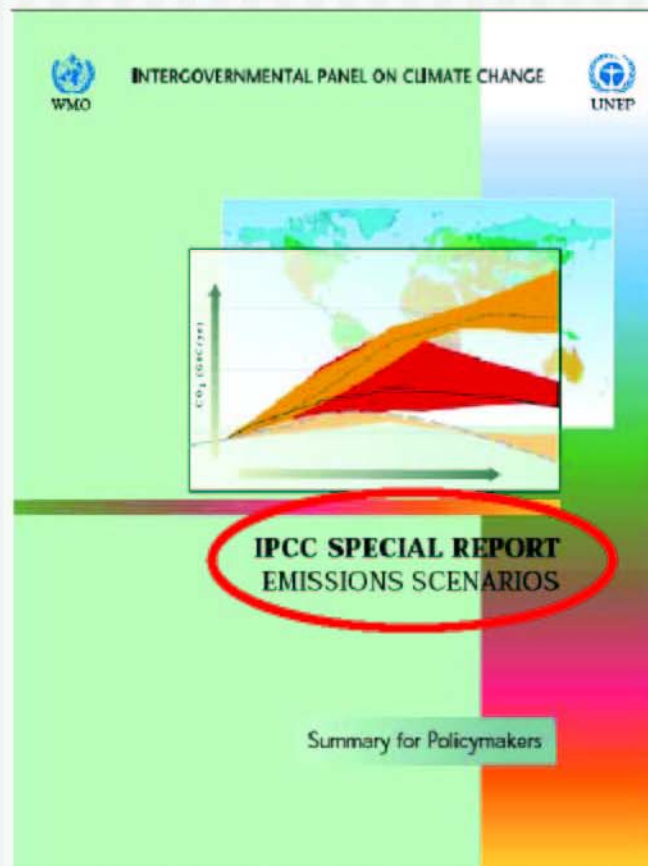
- 1. Statistische regionale Klimamodelle stellen eine brauchbare Alternative zu dynamischen Ansätzen dar.**
- 2. Die Modellunsicherheiten beim STAR II liegen im Bereich  $< 10\%$  für alle Parameter.**
- 3. Die Rechenzeit ist im Vergleich zu dynamischen Modellen extrem gering.**
- 4. Der Modellansatz ermöglicht es, beliebig viele Realisierungen eines Szenariums zu rechnen, wodurch eine Aussage zur Stabilität des Modells möglich wird.**

# **Modellergebnisse im Rahmen des GLOWA-Elbe-Projektes**

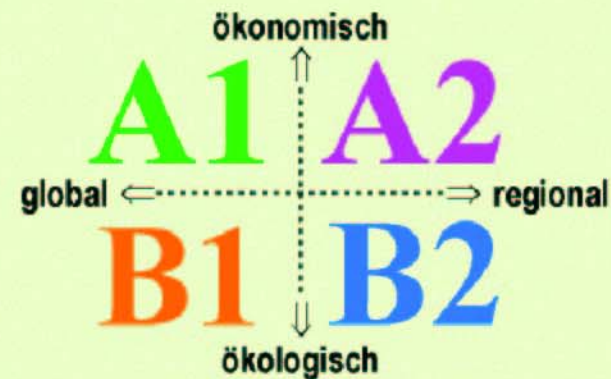
# IPCC-Rechnungen

## Einführung: SRES-Szenarien

### ■ SRES = ?



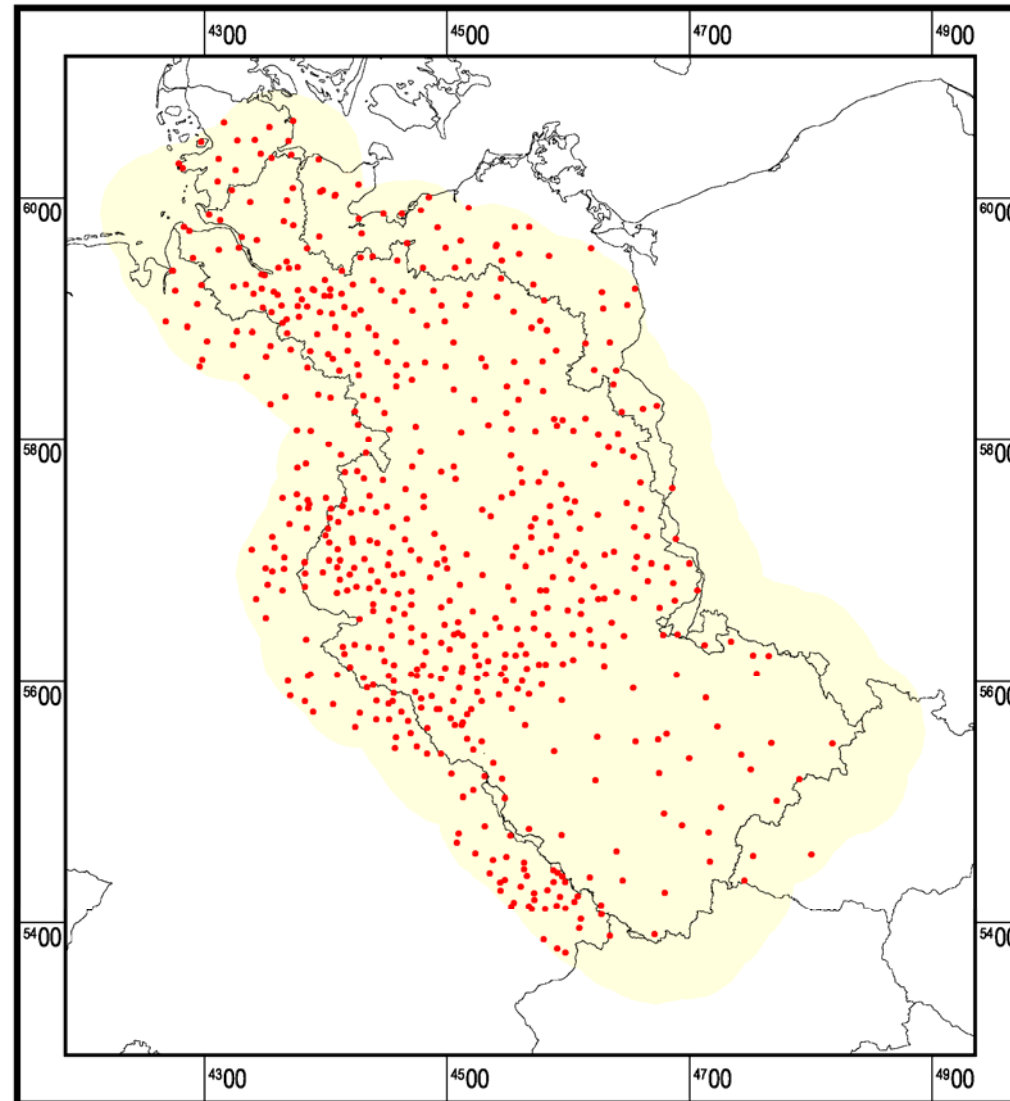
- A1** Eine Welt mit schnellem Wirtschaftswachstum und schneller Einführung neuer und effizienterer Technologien.
  - A2** Eine sehr heterogene Welt mit einem Schwerpunkt auf traditionelle Werte (family values and local traditions).
  - B1** Eine sich vom Materialismus abkehrende Welt und die Einführung sauberer Technologien.
  - B2** Eine Welt mit dem Schwerpunkt auf lokale Lösungen für ökonomische und ökologische Nachhaltigkeit.
- IS 92a** " Wir machen so weiter wie bisher " Szenarium (1992).

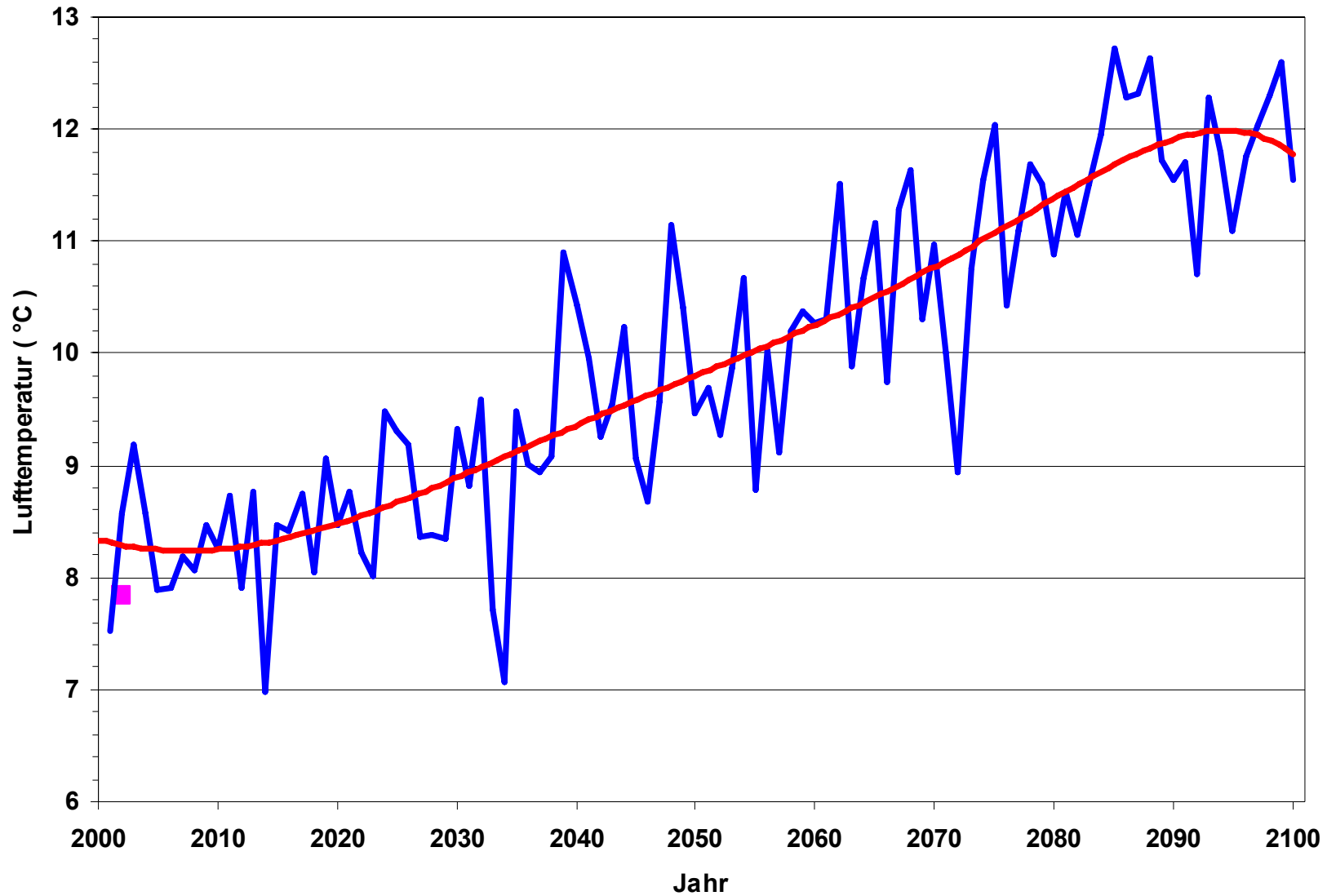


## Ausgangsdaten

- Tageswerte von 11 meteorologischen Größen von 831 deutschen und tschechischen Stationen
- Zeitraum: 1951 – 2003
- Szenarium: A1/A2
- Globales Klimamodell: ECHAM5
- Regionales Klimamodell: STAR II

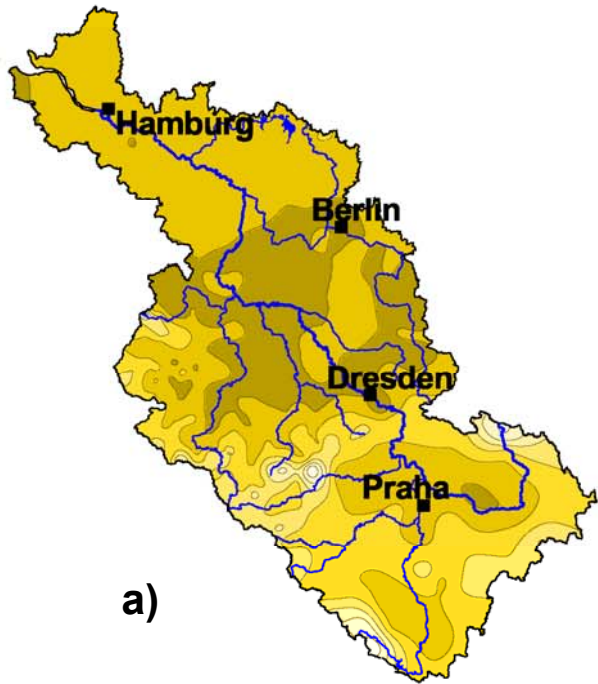
# Meteorologische Stationen im (erweiterten) Elbeeinzugsgebiet



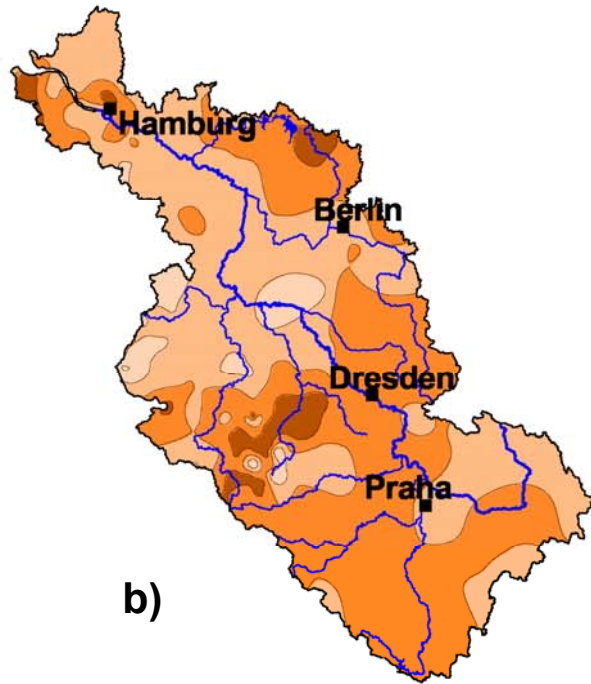
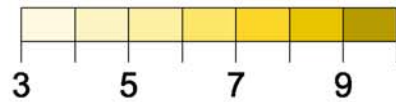


Jahresmittel der Lufttemperatur , 2001 - 2100, Szenarium A2  
für das Gebiet 53.2°N - 47.6°N und 5.6°E - 15.0°E  
Magentapunkt: Gebietsmittel, control run, 1961 - 1990, Modell: ECHAM5-OM

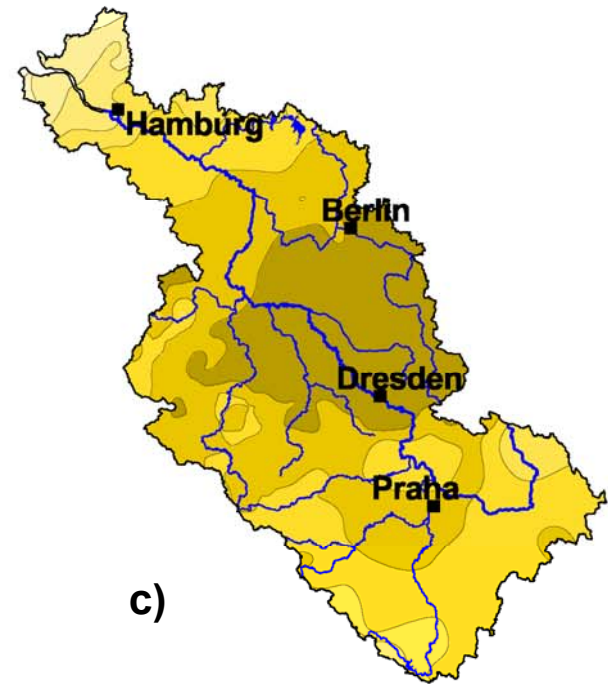
# Jahresmitteltemperatur



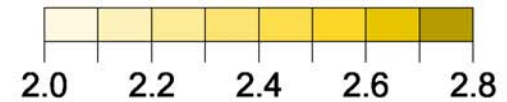
Beobachtung 1951/2003  
[°C]



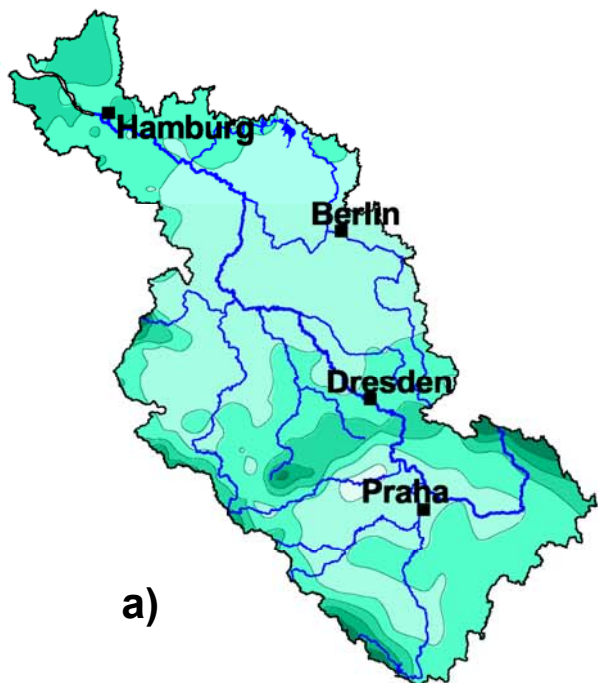
Trend 1951/2003  
[K]



Änderung  
2046/2055 – 1951/2003  
[K]

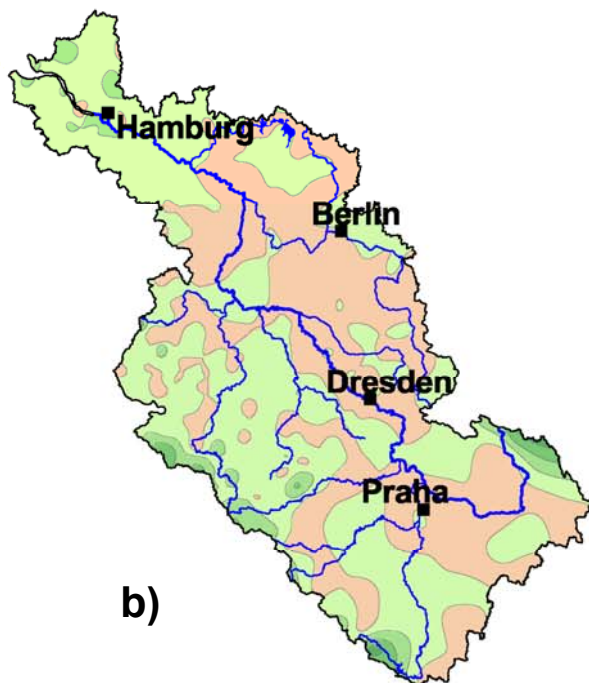
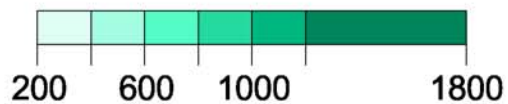


# Jahressumme des Niederschlags



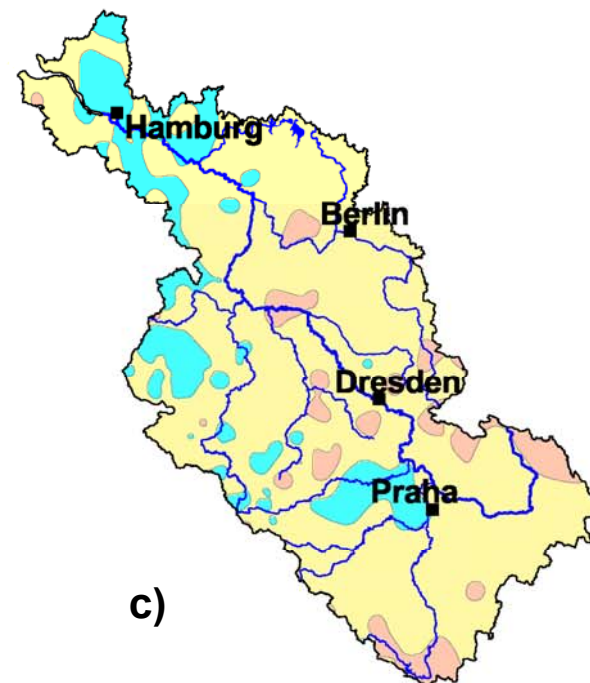
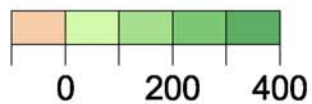
a)

**Beobachtung 1951/2003**  
[mm]



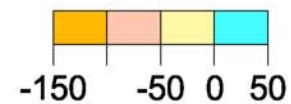
b)

**Trend 1951/2003**  
[mm]

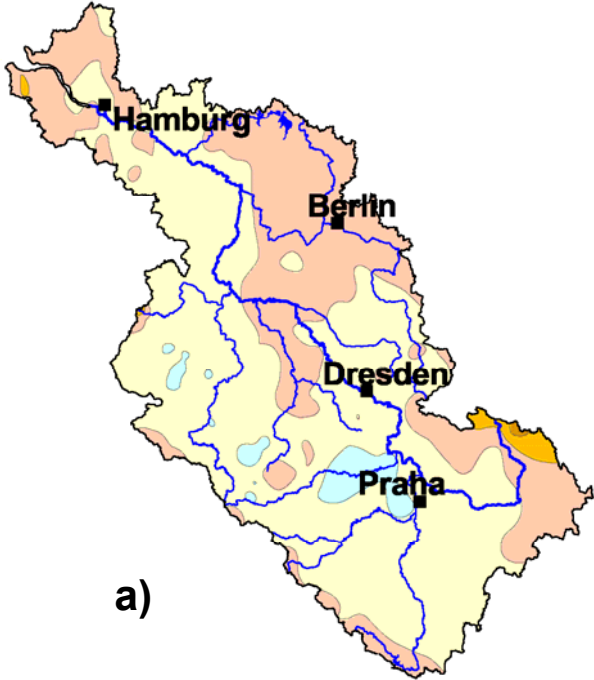


c)

**Änderung  
2046/2055 – 1951/2003**  
[mm]

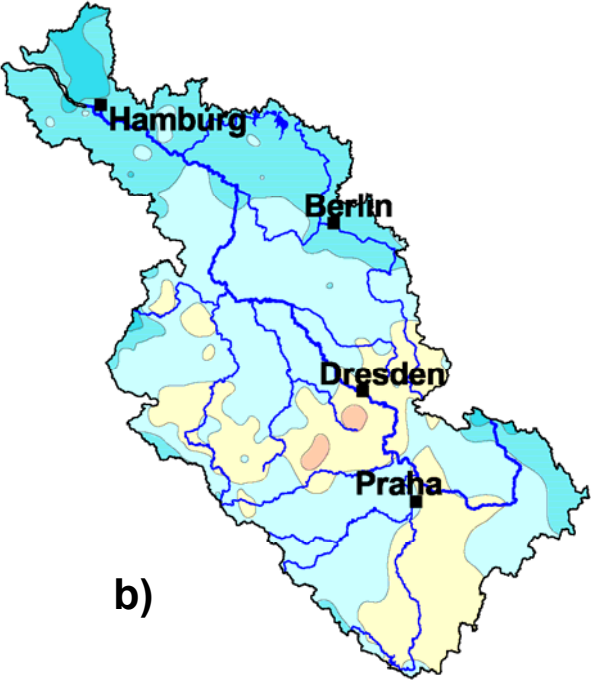
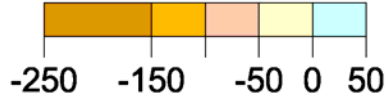


# Niederschlag



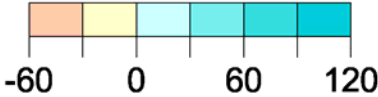
Änderung der Sommersumme  
2046/2055 – 1951/2003

[mm]

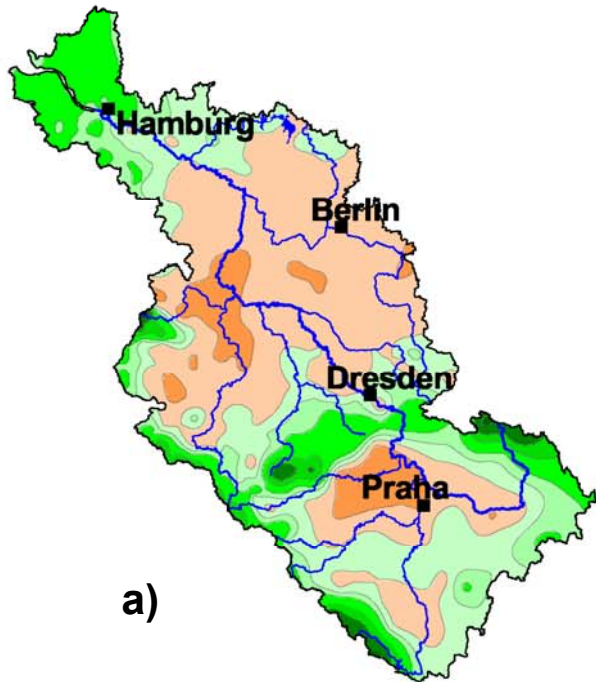


Änderung der Wintersumme  
2046/2055 – 1951/2003

[mm]

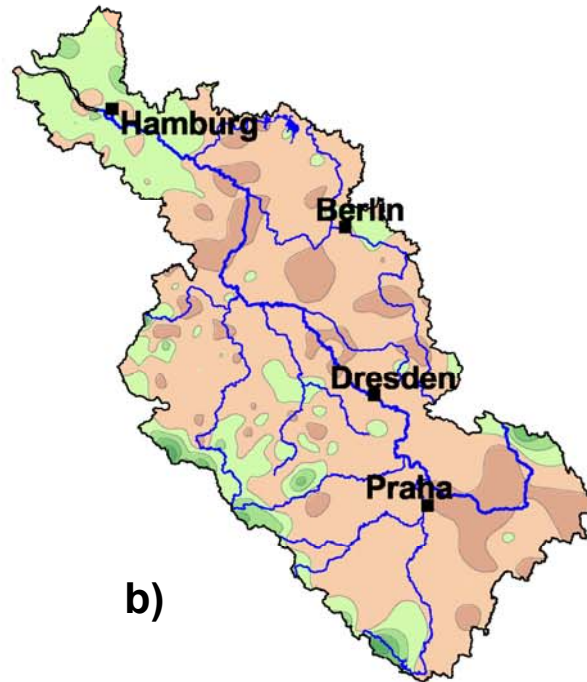


# Jahreswert der klimatischen Wasserbilanz



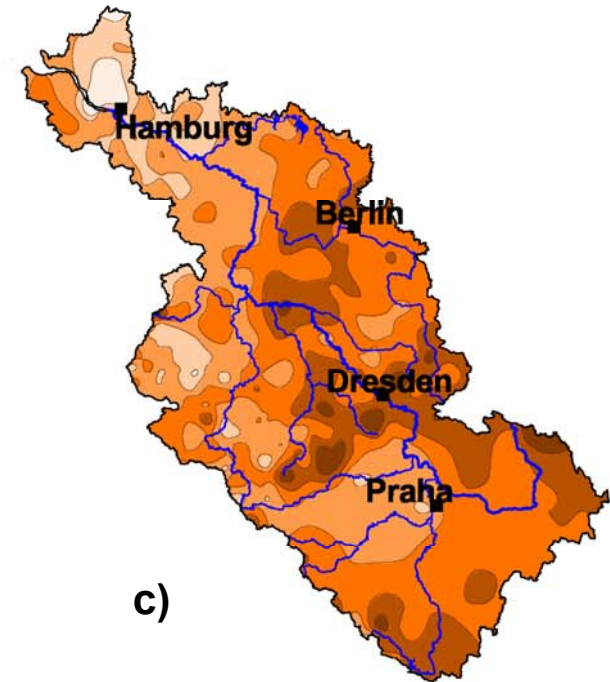
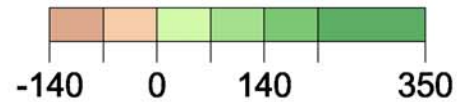
a)

Beobachtung 1951/2003  
[mm]



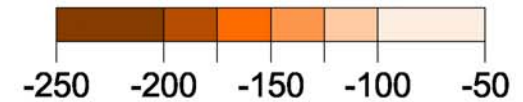
b)

Trend 1951/2003  
[mm]

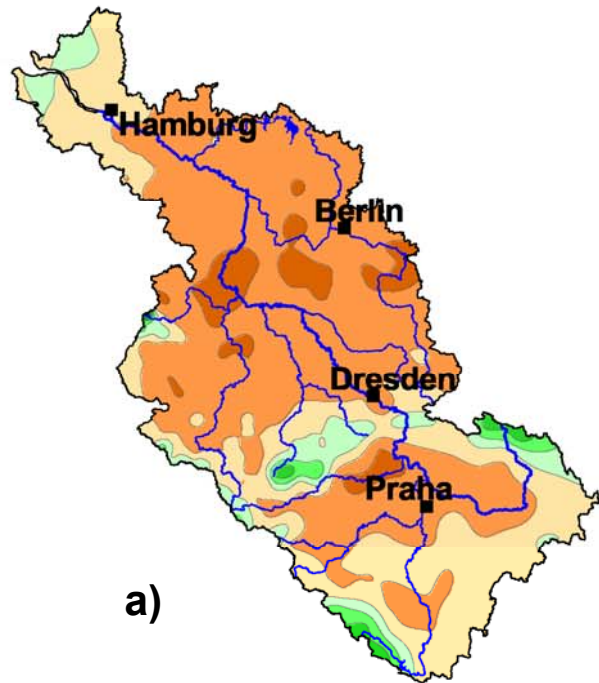


c)

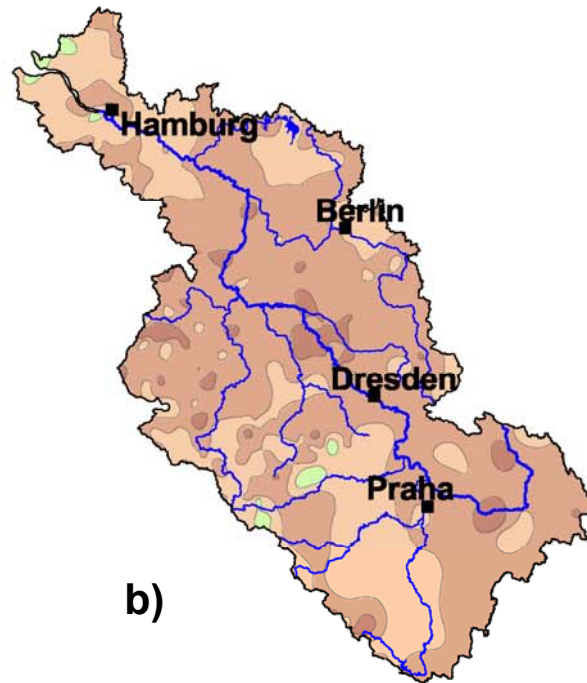
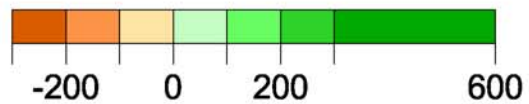
Änderung  
2046/2055 – 1951/2003  
[mm]



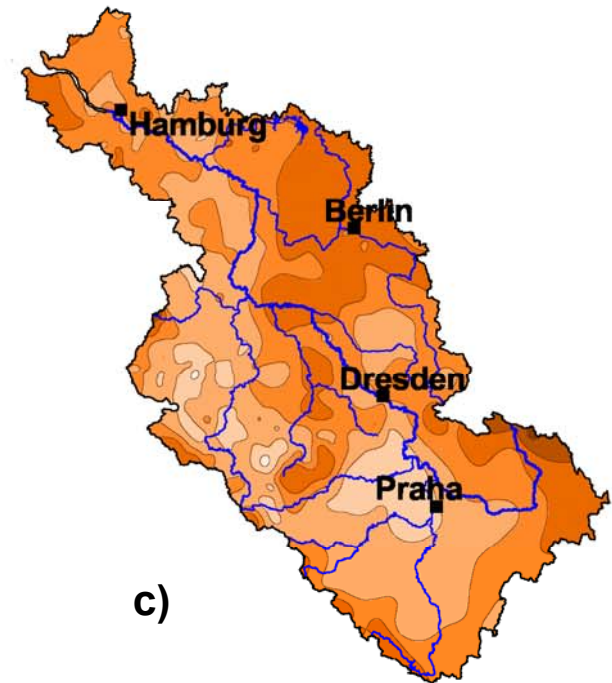
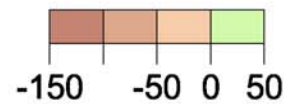
# Sommerwert der klimatischen Wasserbilanz



Beobachtung 1951/2003  
[mm]

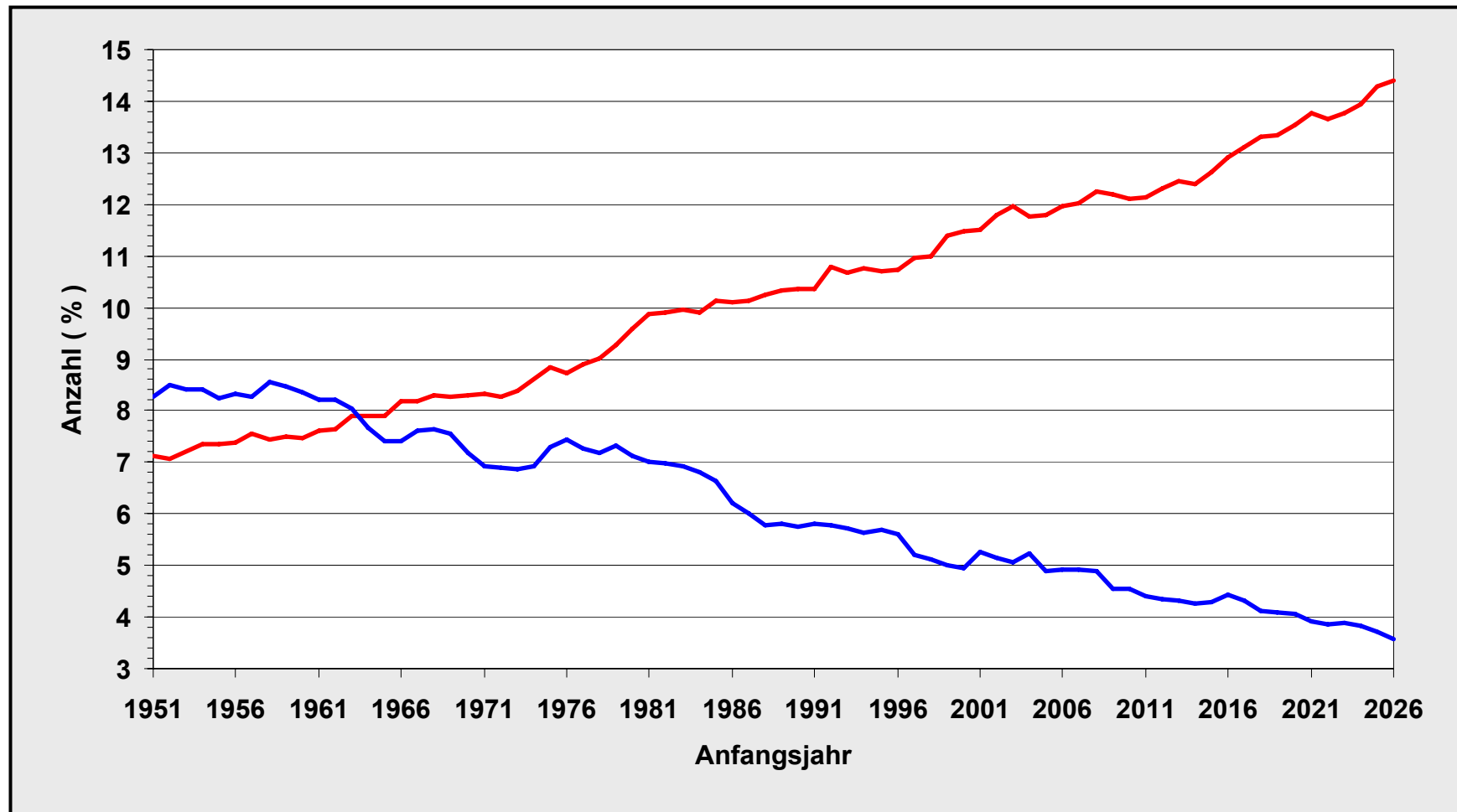


Trend 1951/2003  
[mm]

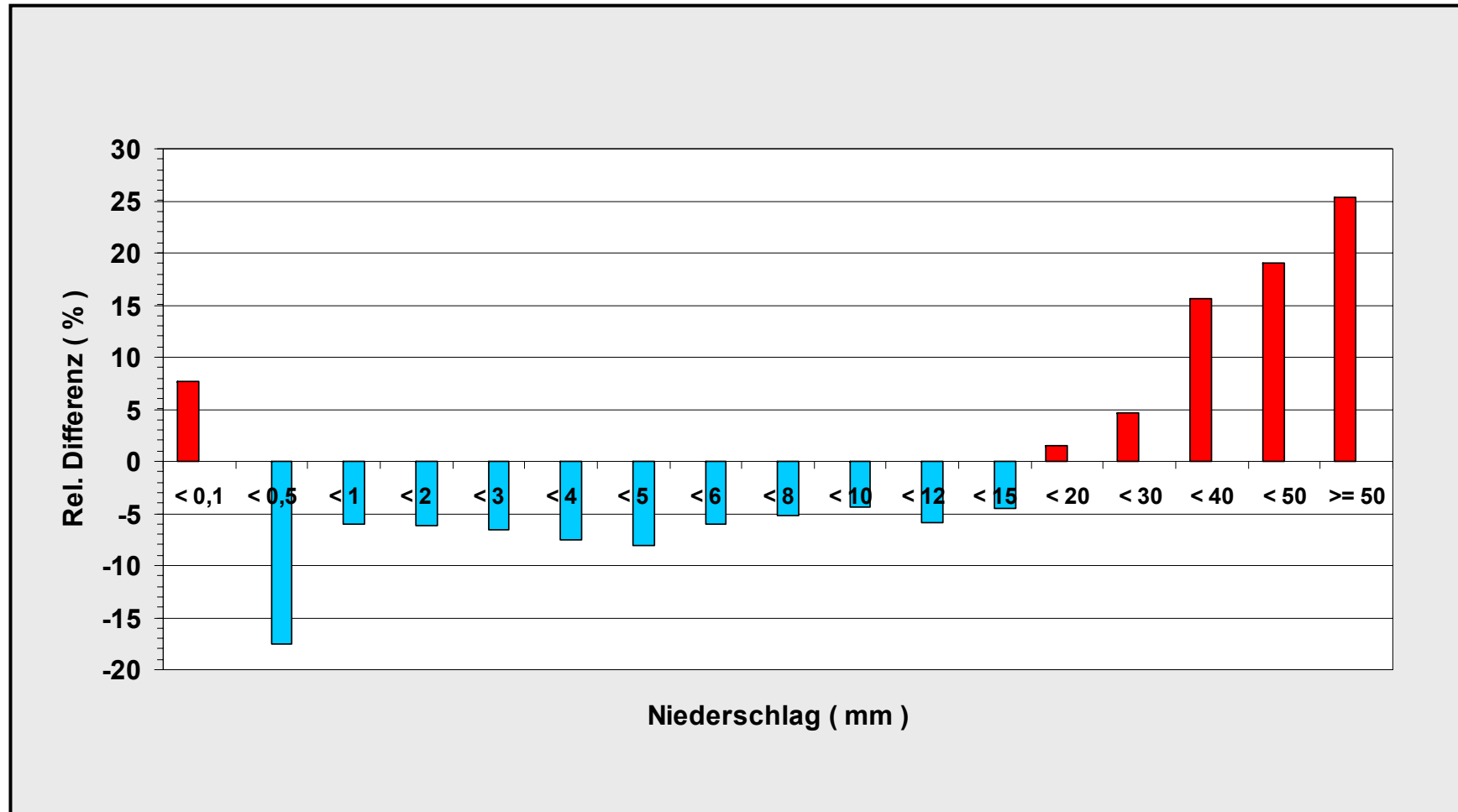


Änderung  
2046/2055 – 1951/2003  
[mm]

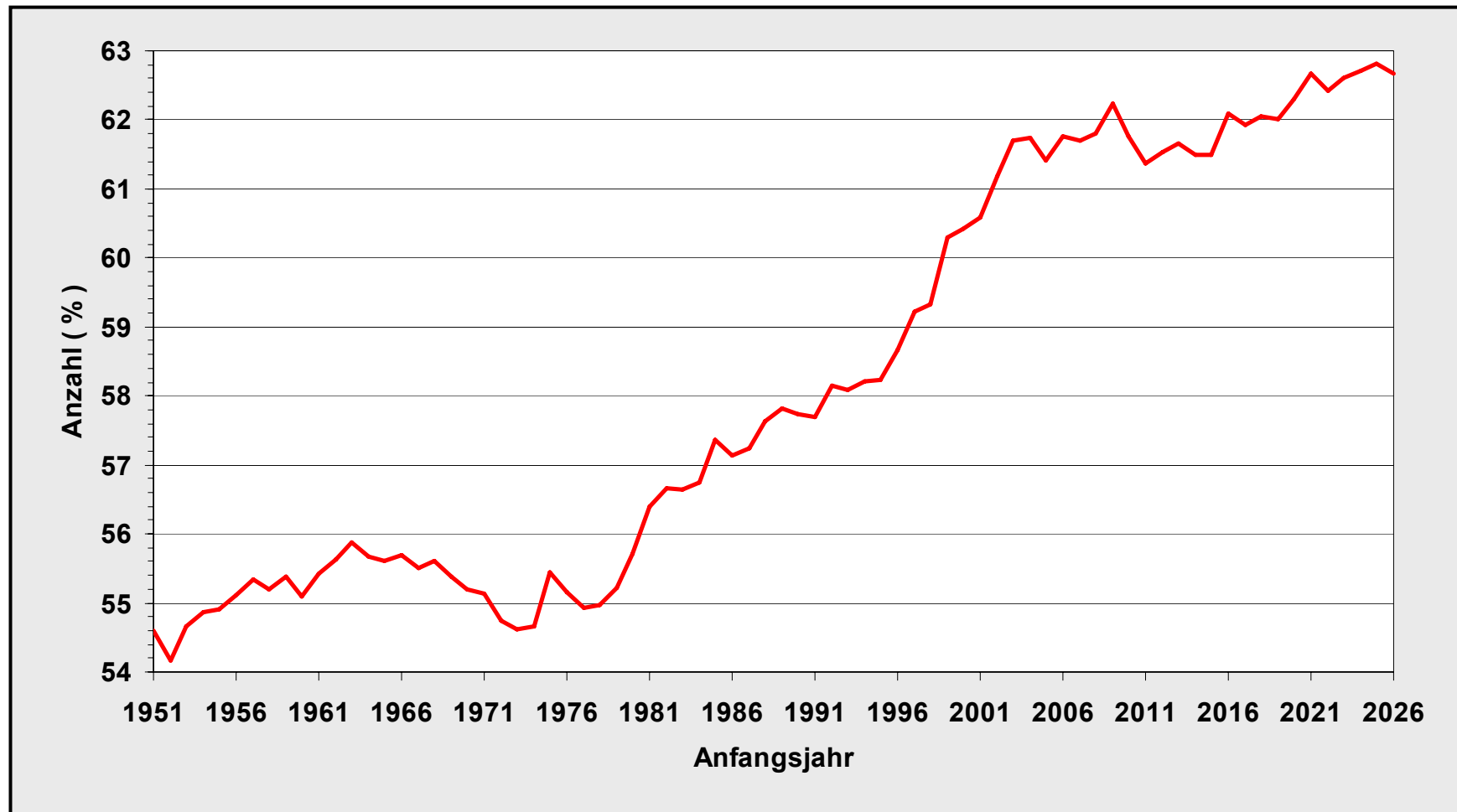




Mittlere Anzahl (%) der **Sommertage** und **Eistage**, 1951 – 2055,  
 gemittelt über 397 Stationen im Elbeeinzugsgebiet,  
 30jährige gleitende Intervalle



Relative Differenzen (%) der Häufigkeit der Tagessummen des Niederschlags an den Stationen im Elbeeinzugsgebiet, 2046/2055 – 1951/2003

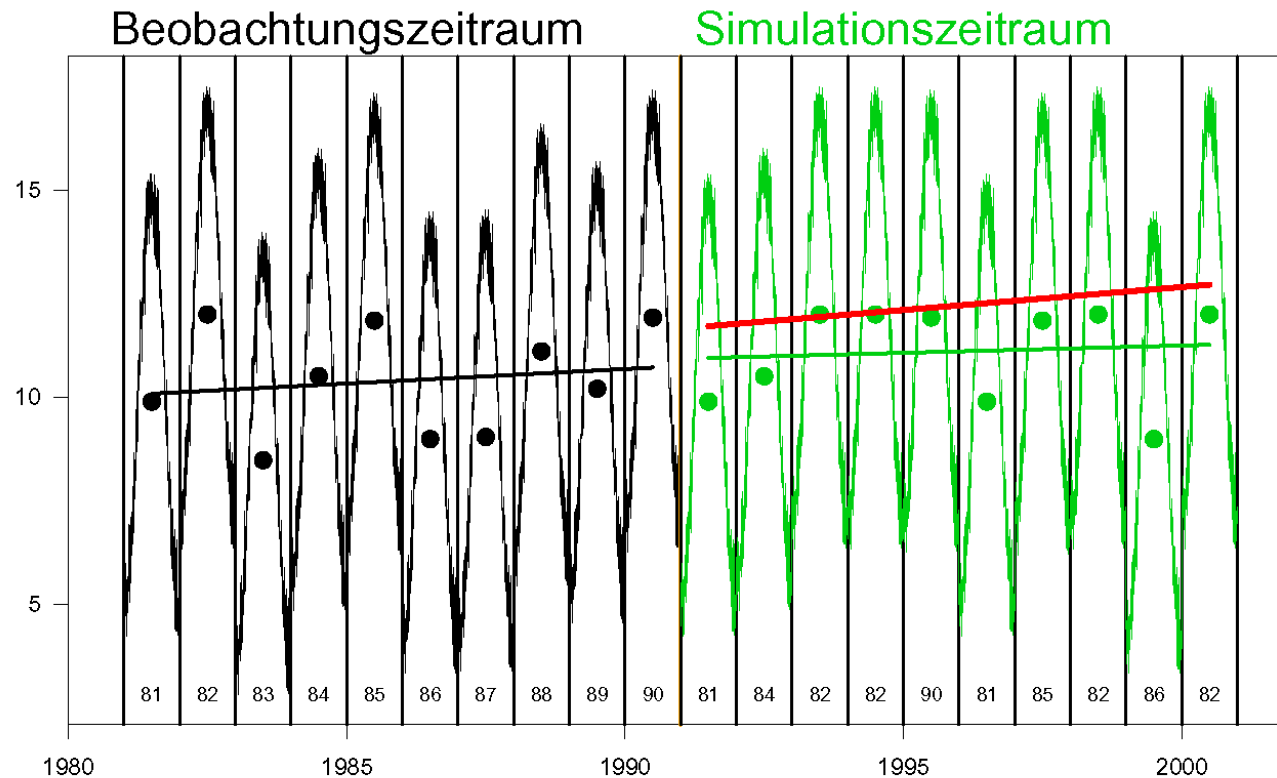


Mittlere Anzahl (%) der Tage ohne Niederschlag, 1951 – 2055, Mai – Oktober,  
 gemittelt über 397 Stationen im Elbeeinzugsgebiet,  
 30jährige gleitende Intervalle

# Zusammenfassung

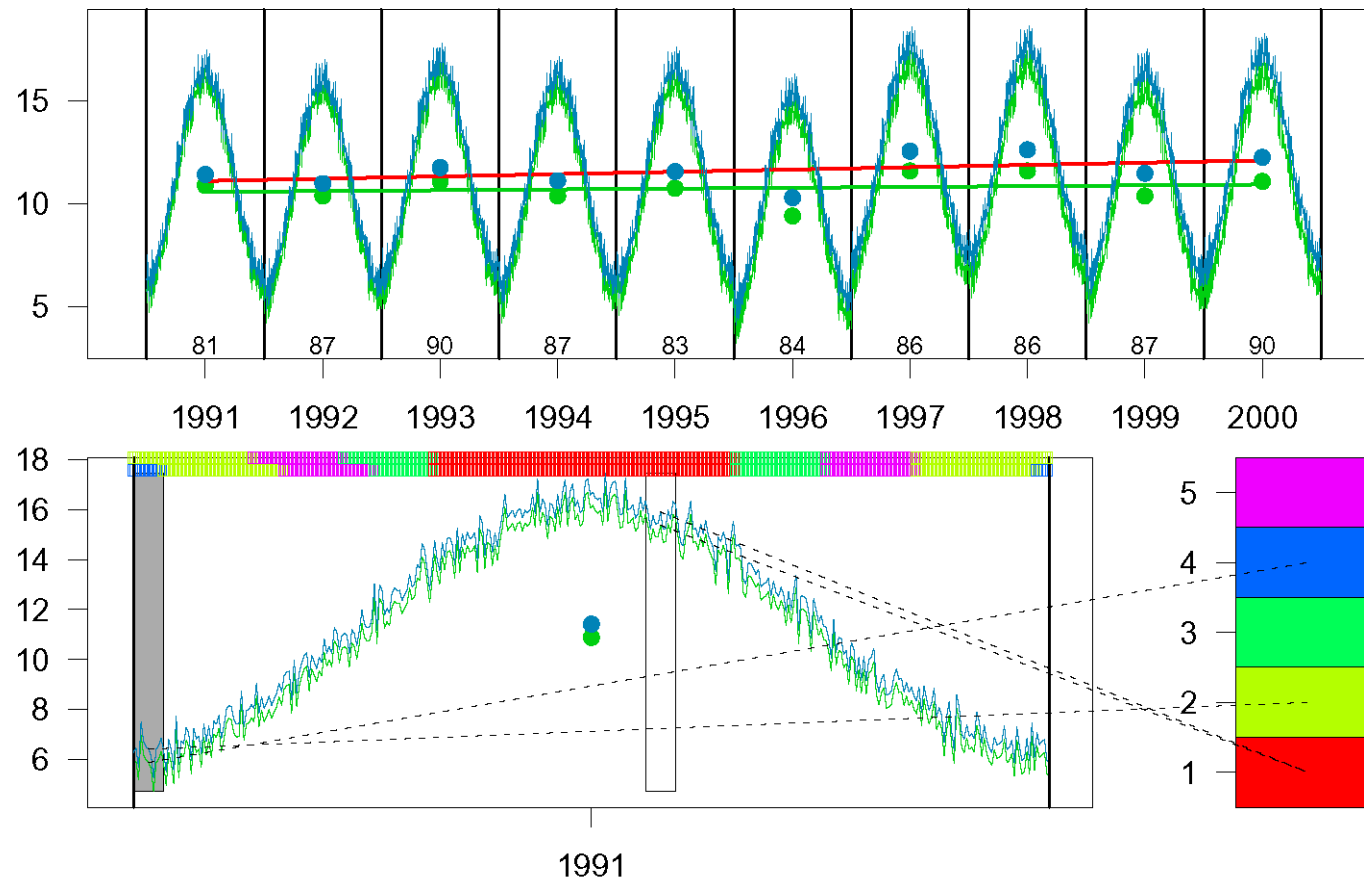
1. Mit dem statistisch basierten regionalen Klimamodell STAR II wurden auf der Grundlage des A2-Szenariums (mittelstarke globale Temperaturänderung im Vergleich zu den anderen Emissionsszenarien) Tageswerte für 11 meteorologische Größen an den Stationen im Elbeeinzugsgebiet für 2004 – 2055 berechnet.
2. Die Temperatur erhöht sich bis zur Mitte des 21. Jahrhunderts im Vergleich zum Zeitraum 1951 – 2003 je nach Region um 2.0 – 2.8 Grad.
3. In großen Teilen geht der Jahresniederschlag leicht zurück, was vor allem an der starken Abnahme im Sommer liegt. Im Winter besteht die Tendenz einer Zunahme.
4. Generell verschlechtern sich die hydrologischen Bedingungen (s. a. klimatische Wasserbilanz).
5. Die extremen Niederschlagssituationen (Dürregefahr im Sommer, Zunahme der Starkniederschläge) treten häufiger auf.
6. Viele heute schon beobachtete Tendenzen setzen sich fort, in vielen Fällen verstärkt.

**Vielen Dank  
für Ihre  
Aufmerksamkeit**



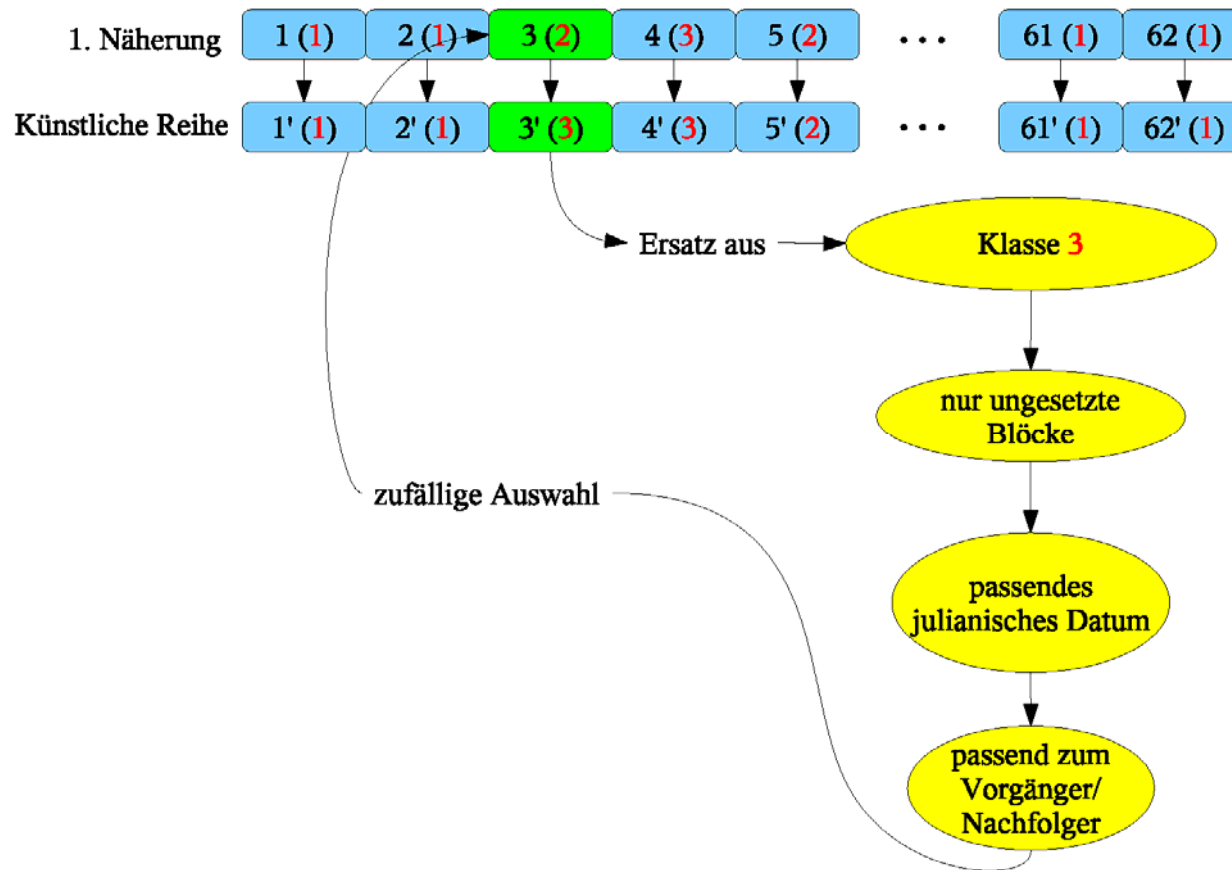
Die erste Näherung: Neuordnung ganzer Jahre aus dem Beobachtungszeitraum 1981–1990 als erste Approximation an die Beobachtungsreihe des Simulationszeitraums 1991–2000, dargestellt für die Temperatur als Bezugsgröße. Ausgewählt wird aus einer großen Stichprobe zufälliger Neuaneinanderreihungen so, dass die Regressionsgerade durch die umsortierten Jahresmittel (grün) möglichst nah an der vorgegebenen (rot) liegt. Unter der Kurve der Simulationsperiode finden sich die umsortierten Jahreszahlen aus der Beobachtungsperiode.





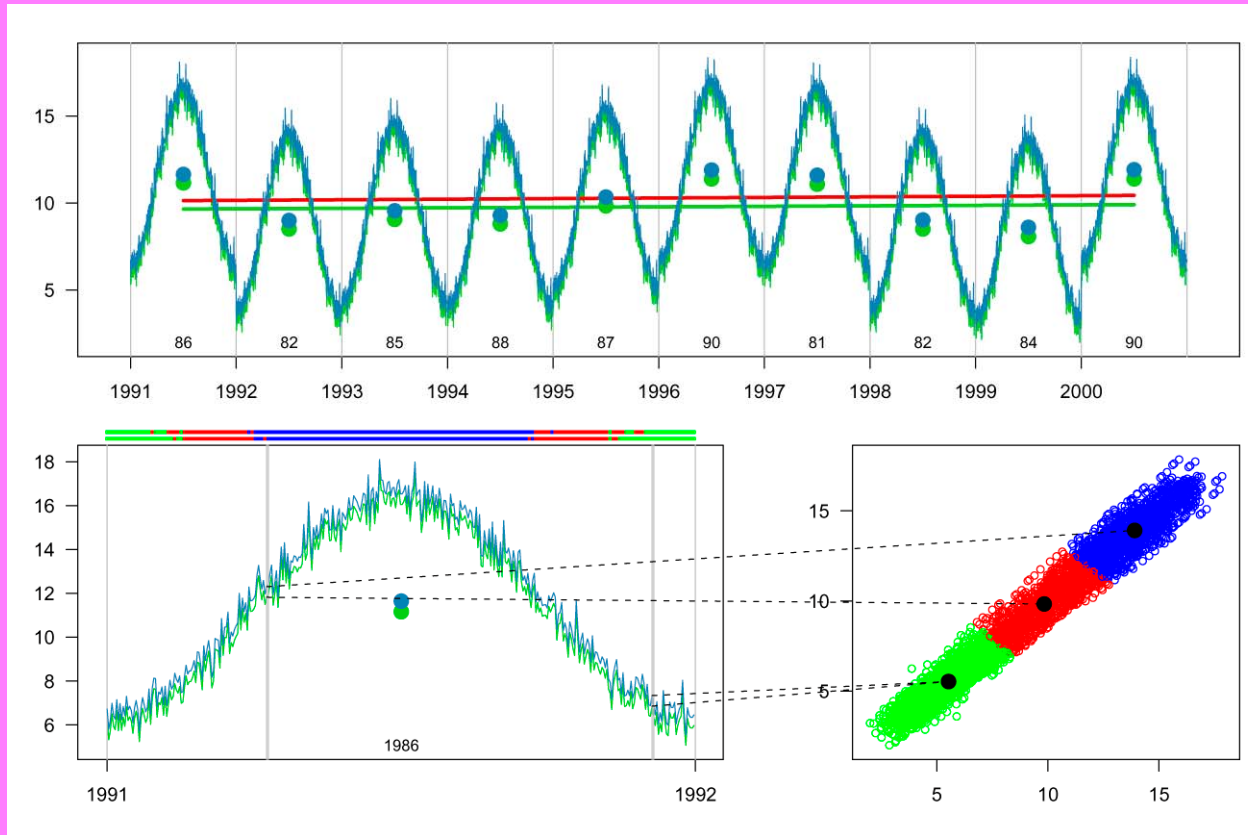
Entscheidung, welche Blöcke aus der ersten Näherung beibehalten werden, mit der Temperatur als Bezugsgröße. Oben: in grün die Temperaturreihe der ersten Näherung, in blau die künstliche Zieltemperaturreihe. Unten links: Zoom auf das erste Jahr. Die Boxen begrenzen zwei Blöcke der Länge 12 Tage. Darüber ist die Klassenzugehörigkeit der Blöcke der beiden Temperaturreihen farblich codiert. Rechts unten sind schematisch die fünf Klassen der Beobachtungsblöcke dargestellt. Der rechte markierte Block fällt sowohl bezüglich der Temperaturen aus der ersten Näherung als auch bezüglich der Zieltemperaturen in die gleiche Klasse und wird beibehalten. Für den anderen (grau hinterlegt) gilt das nicht, er wird neu gesetzt.





Die schrittweise Einschränkung der „Kandidatenmenge“ zum Neusetzen eines Blocks. Ganz oben sind nummeriert die Blöcke bezüglich der Bezugsgröße der ersten Näherung dargestellt. Darunter die Blöcke bezüglich der Zielreihe der Bezugsgröße (mit apostrophierter Nummer). In Klammern für beide Reihen in rot die Klassenzugehörigkeiten der Blöcke. Für den grün markierten dritten Block unterscheiden sich diese, er wird also nicht aus der ersten Näherung übernommen. Für ihn wird zufällig aus der in vier Schritten eingeschränkten Kandidatenmenge Ersatz ausgewählt.





Entscheidung über die Blöcke, die aus der ersten Näherung beibehalten werden. Oben: Die Erste Näherung, wie sie aus der Neuaneinanderreihung ganzer Jahre entstanden ist (in grün) mit Jahresmitteln und Regressionsgerade. In rot die Trendvorgabe, in blau die künstliche Temperaturreihe, deren Regressionsgerade der Trendvorgabe entspricht. Unten links: Zoom auf das erste Jahr, in grau markiert zwei Blöcke, hier aus Darstellungsgründen nur der Länge 2. Darüber die Klassenzugehörigkeiten für künstliche Temperaturreihe und die der ersten Näherung. Rechts unten: Die Klassifizierung dieser 2-Tages- Blöcke durch die Clusteranalyse. Die schwarzen gestrichelten Linien ordnen die beiden grau markierten Blöcke den Klassen zu, einmal bezüglich der "blauen" künstlichen, einmal der "grünen" Erste-Näherungs-Temperaturreihe.



