

Modellierung des Bodenwasserhaushaltes im Klimawandel

B. Klöcking, B. Pfützner

Büro für Angewandte Hydrologie (BAH)

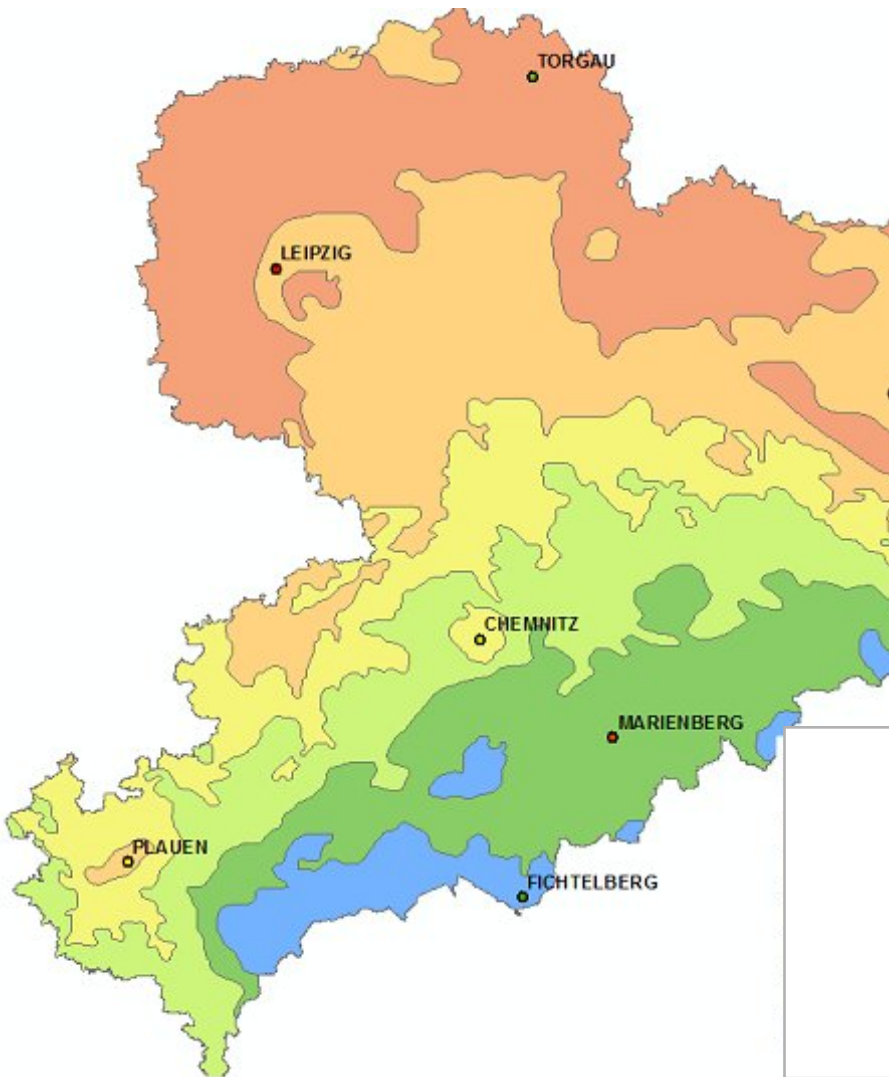
S. Trinks, G. Wessolek

TU Berlin, Fachgebiet Standortkunde & Bodenschutz

A. Bräunig

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Abschätzung der Klimafolgen auf den Wasserhaushalt der Böden Sachsens (LfULG-Projekt 2007-2008)



Klimaszenario: WEREX IV **A1B** (1961-2100)
Normalreihe

8 Klimastationen

6 repräsentative Bodenformen pro Klimastation
mit je **4** Landnutzungsarten

→ **192** standort- und nutzungsbezogene Szenarien

2 Modelle: ArcEGMO-PSCN (deterministisch)
TU-BGR (statistisch)

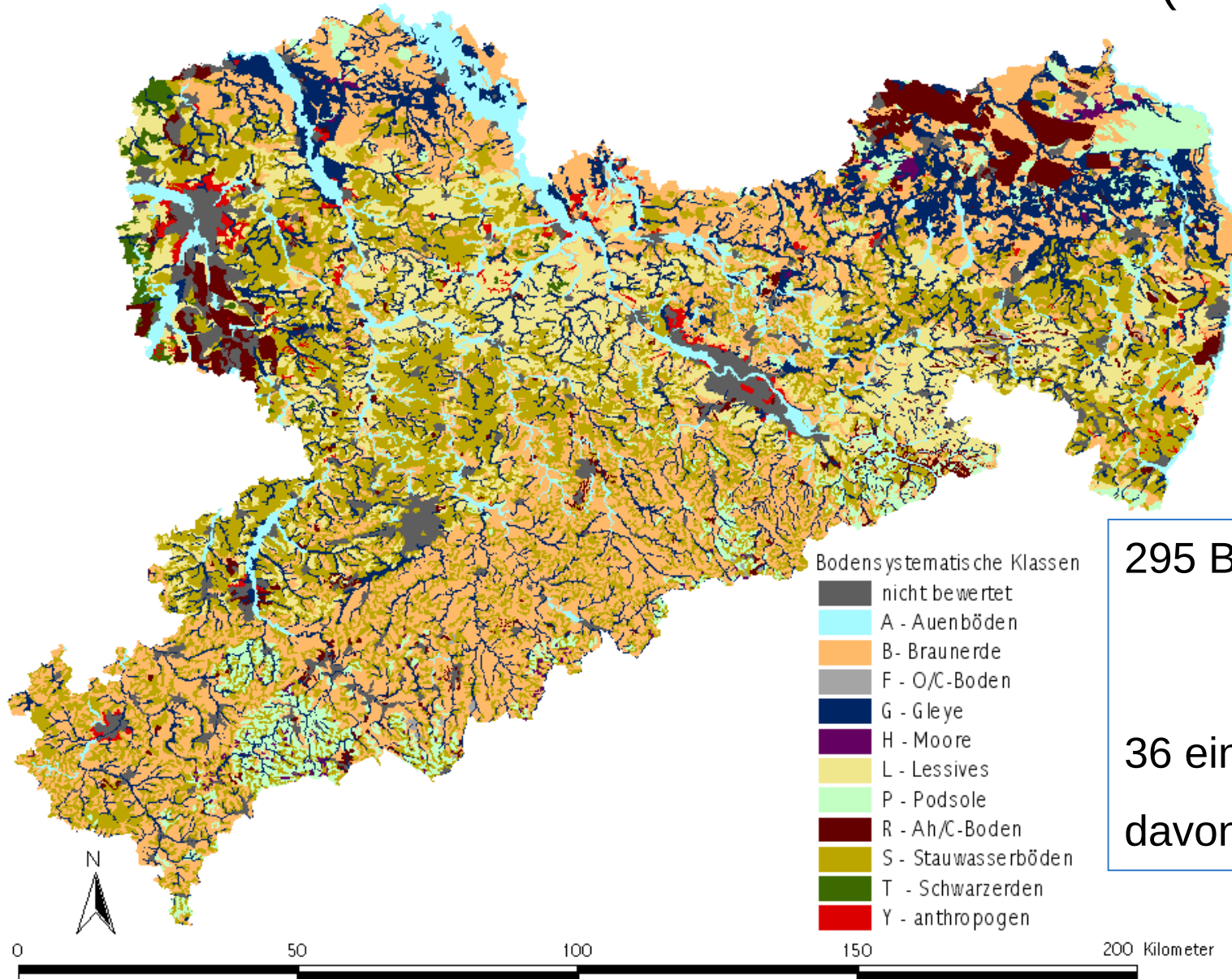
A Modellvalidierung

- Lysimeterstation Brandis (SWR, AET)
- LfULG Versuchsstationen (Erträge)

B Modellierung

C Ergebnisvergleich ArcEGMO ↔ TU-BGR

Bodenatlas Sachsen 1:200.000 (BÜK-SN200)



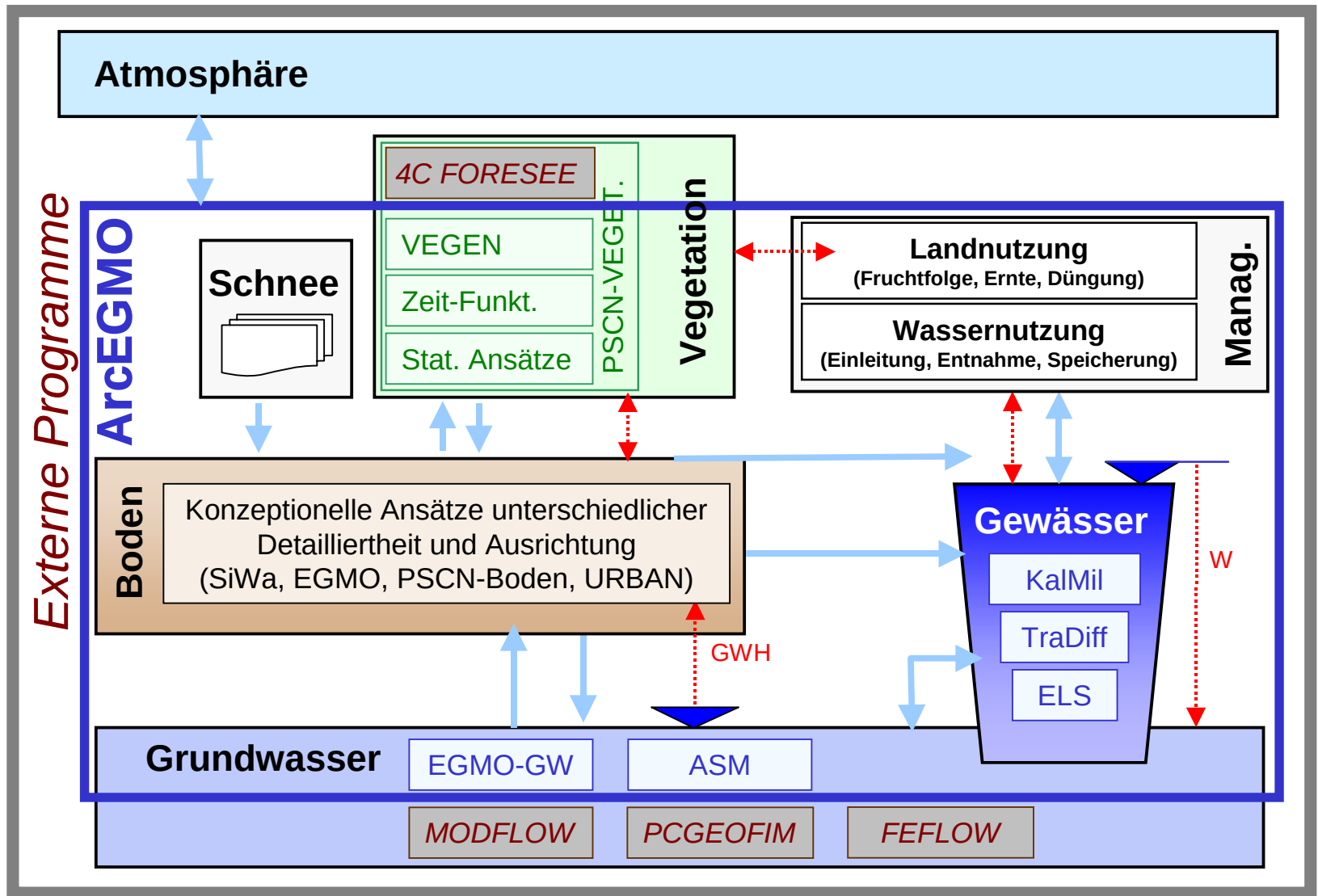
295 Bodenformen



36 einbezogen

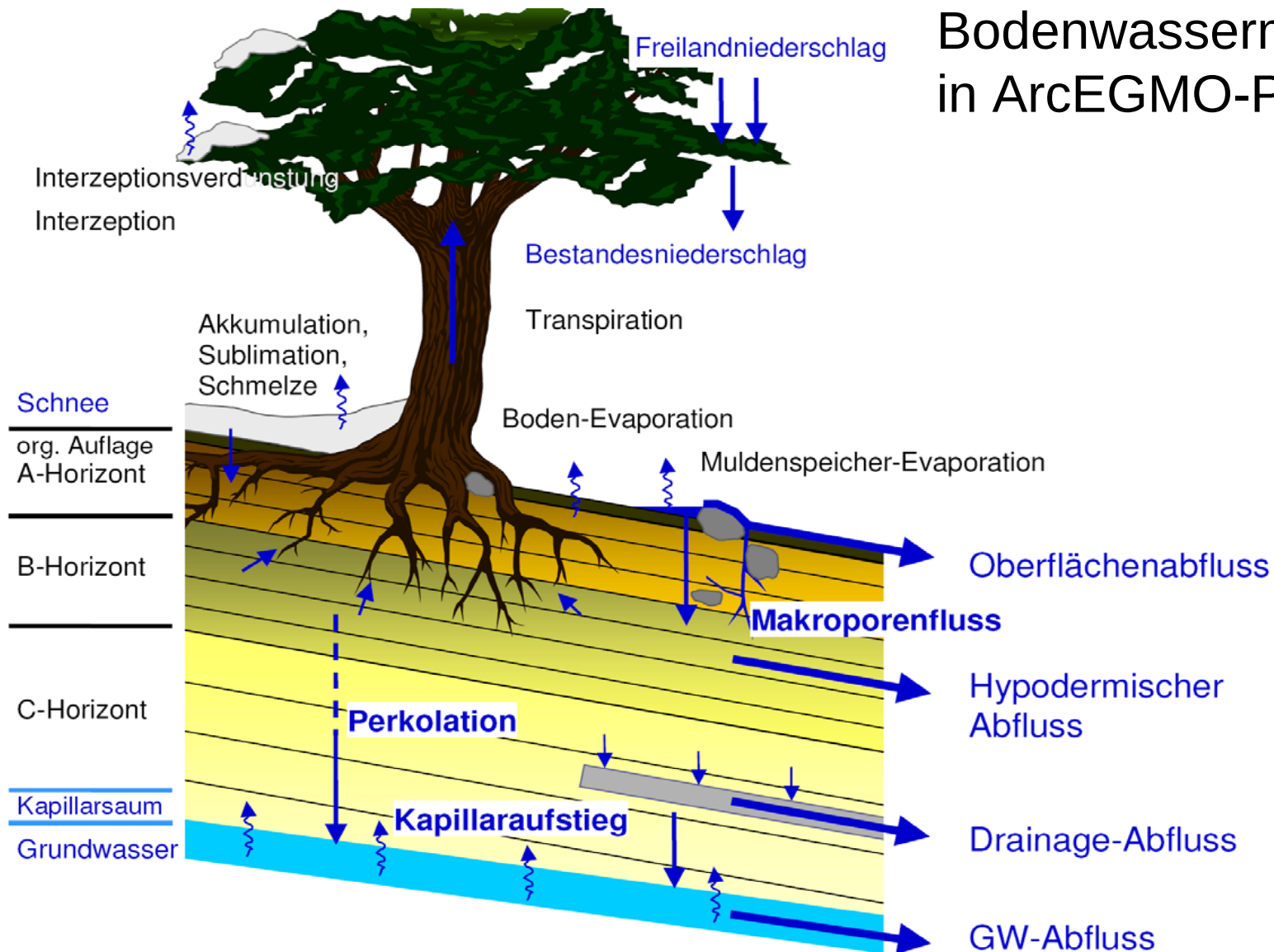
davon 8 mehrfach





Mengenflüsse
 Randbedingungen

Bodenwassermodell in ArcEGMO-PSCN



Vegetationsmodellierung in PSCN



statisches Modell

dynamisches Modell

Input: Zeitreihen
(Wurzeltiefe, LAI)

Wachstum als Randbedingung vorgegeben und damit unabhängig von den Änderungen der Umweltbedingungen während der Simulation



generisches Wachstumsmodell (VEGEN)

Fruchtfolgen - Generator

Simulation von

- Phänologie
- Wachstum
- Wasserhaushalt
- C/N-Haushalt

in Abhängigkeit von den
Umweltbedingungen
und dem
Management



Forstmodell 4C

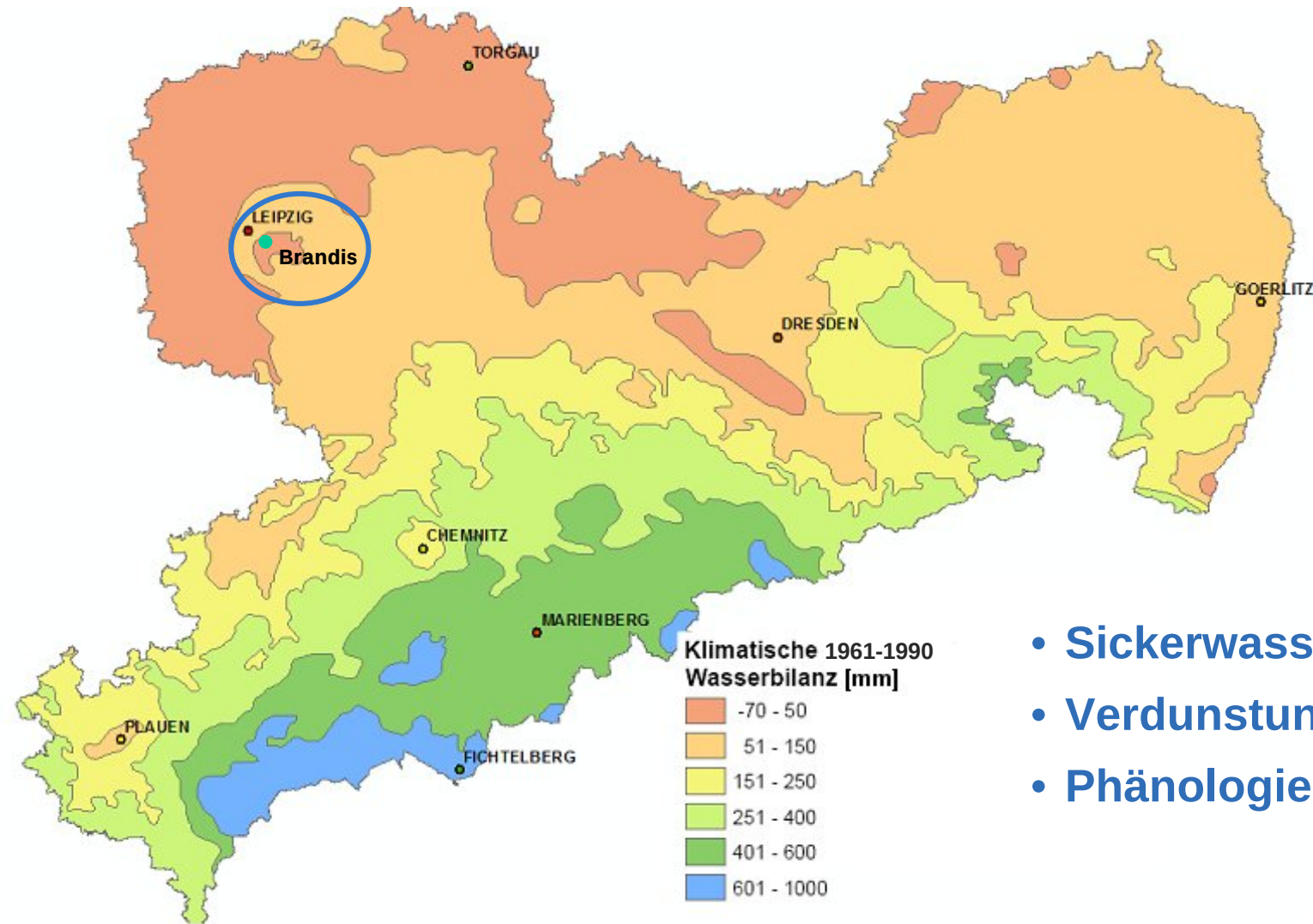
(FORESEE - Forest Ecosystems
in a Changing Environment)

mit Konkurrenz

Komplexität

controlled

feedback model



- Sickerwasserrate SWR
- Verdunstung AET
- Phänologie

Modellvalidierung Lysimeterstation Brandis



- Mitteldeutsches Tiefland (9.3°C; 660 mm)
- 8 regional typische Böden
- regional charakteristische Fruchtfolge

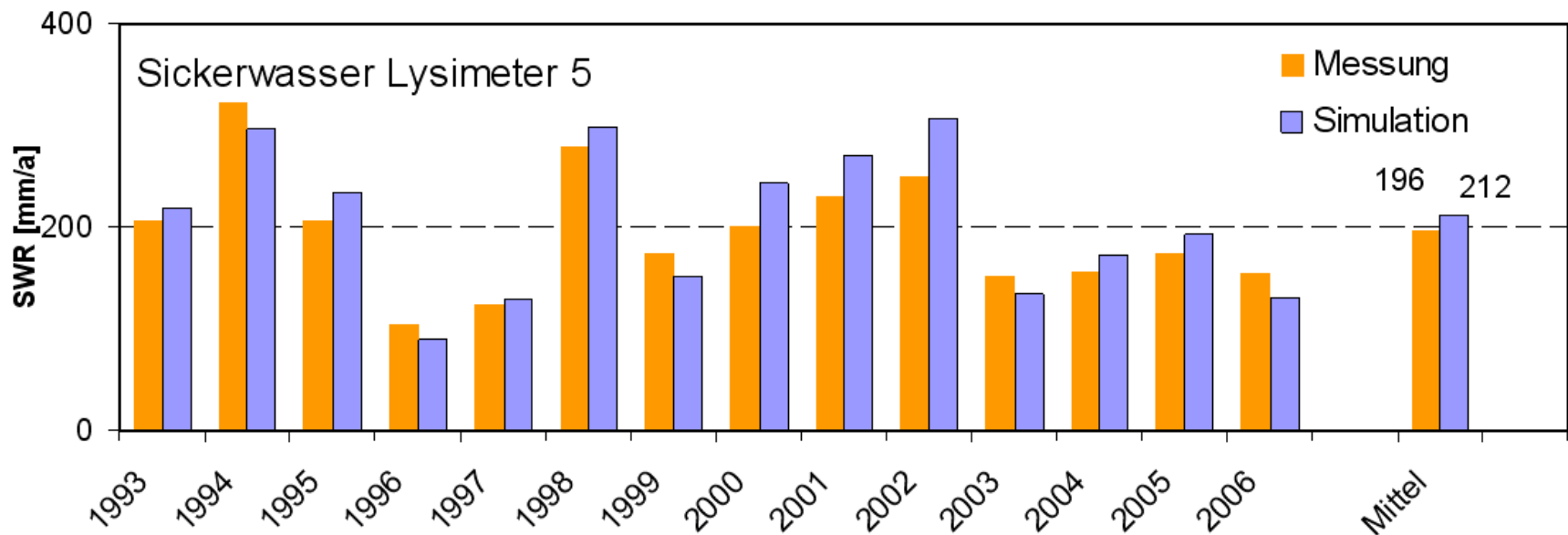


- 24 Lysimeter, Tiefe: 3 m
- Oberfläche: 1 m²
- monolithisch befüllt im Bestand (Vermeidung von Oaseneffekte)
- kontinuierliche Wägung (+- 100 g)
- Agrarmeteorologische Station (seit 1980/93)

Modellvalidierung Lysimeterstation Brandis 1993-2006

Mittlere jährliche Sickerwasserspenden und Verdunstungswerte [mm]

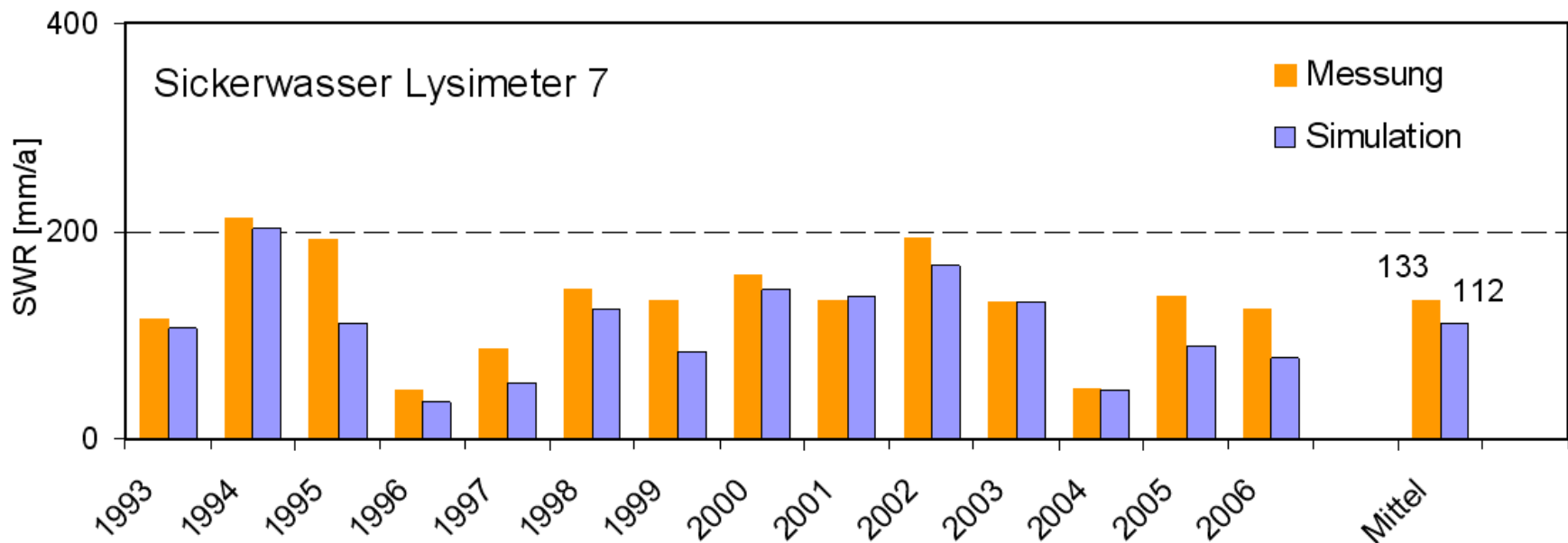
LG	Bodentyp	<u>nFK</u>	<u>Nied-SWR</u>	AET _{MW}	<u>AET_{sim}</u>	Δ AET [%]	SWR _{MW}	<u>SWR_{sim}</u>
5	Erodierte Braunerde	257	455	477	447	-6	196	212
7	Braunerde-Pseudogley	361	515	554	533	-4	133	112
9	Parabraunerde	433	559	610	558	-9	72	87



Modellvalidierung Lysimeterstation Brandis 1993-2006

Mittlere jährliche Sickerwasserspenden und Verdunstungswerte [mm]

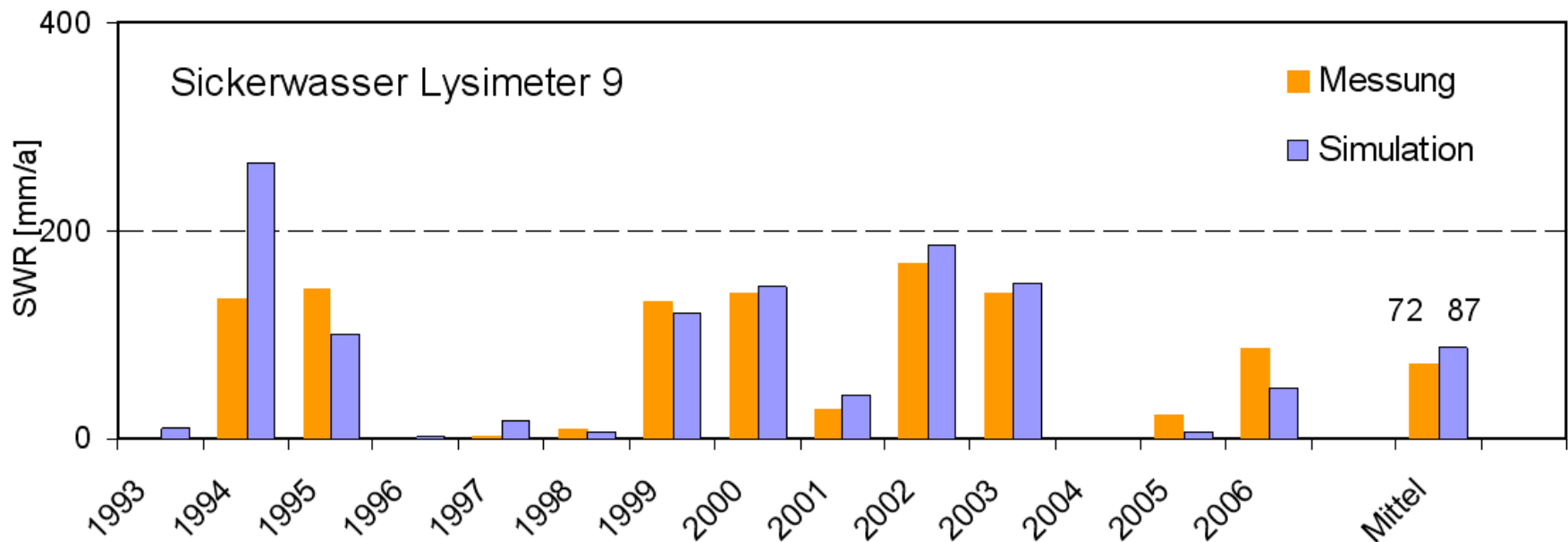
LG	Bodentyp	<u>nFK</u>	<u>Nied-SWR</u>	AET _{MW}	<u>AET_{sim}</u>	Δ AET [%]	SWR _{MW}	<u>SWR_{sim}</u>
5	Erodierte Braunerde	257	455	477	447	-6	196	212
7	Braunerde-Pseudogley	361	515	554	533	-4	133	112
9	Parabraunerde	433	559	610	558	-9	72	87



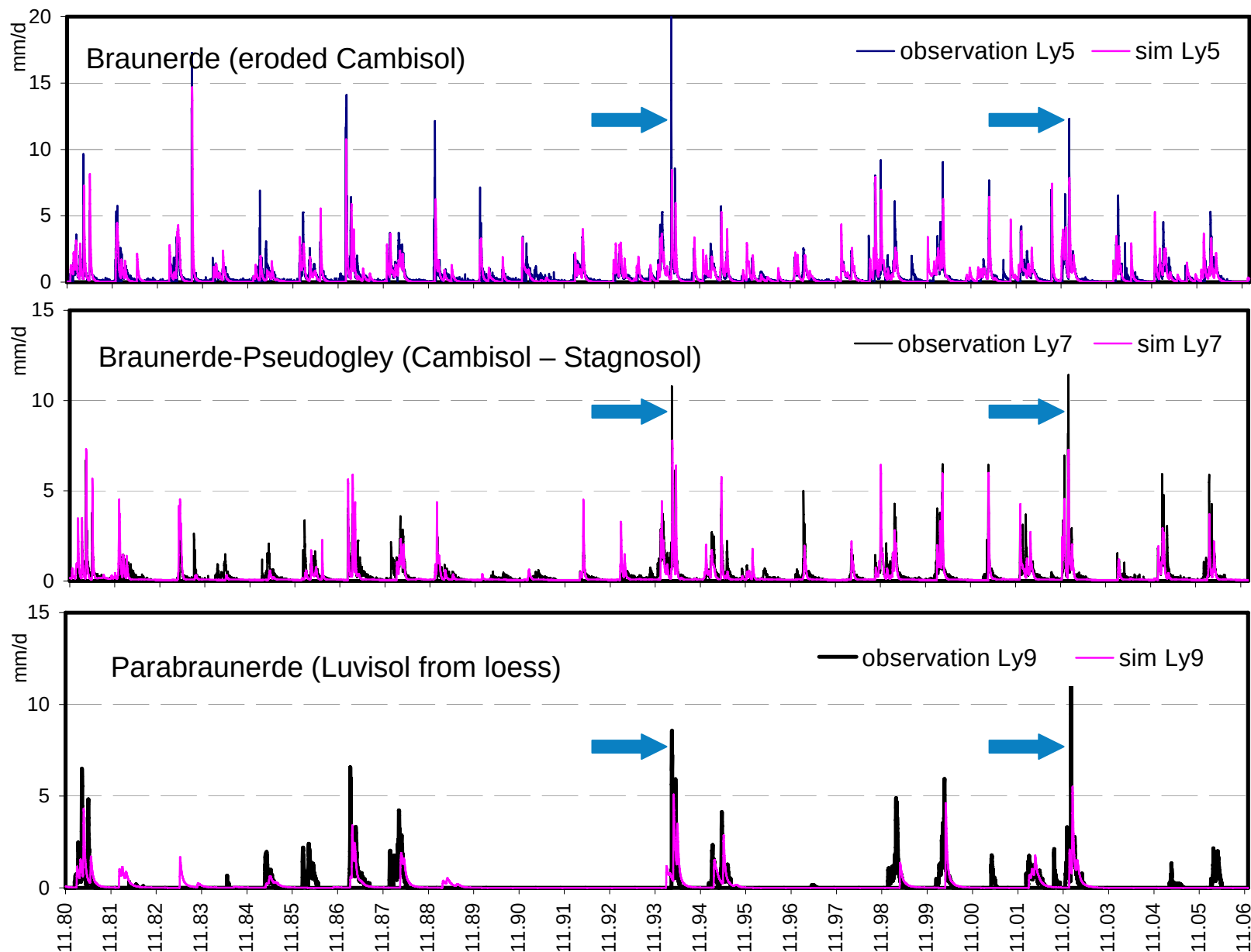
Modellvalidierung Lysimeterstation Brandis 1993-2006

Mittlere jährliche Sickerwasserspenden und Verdunstungswerte [mm]

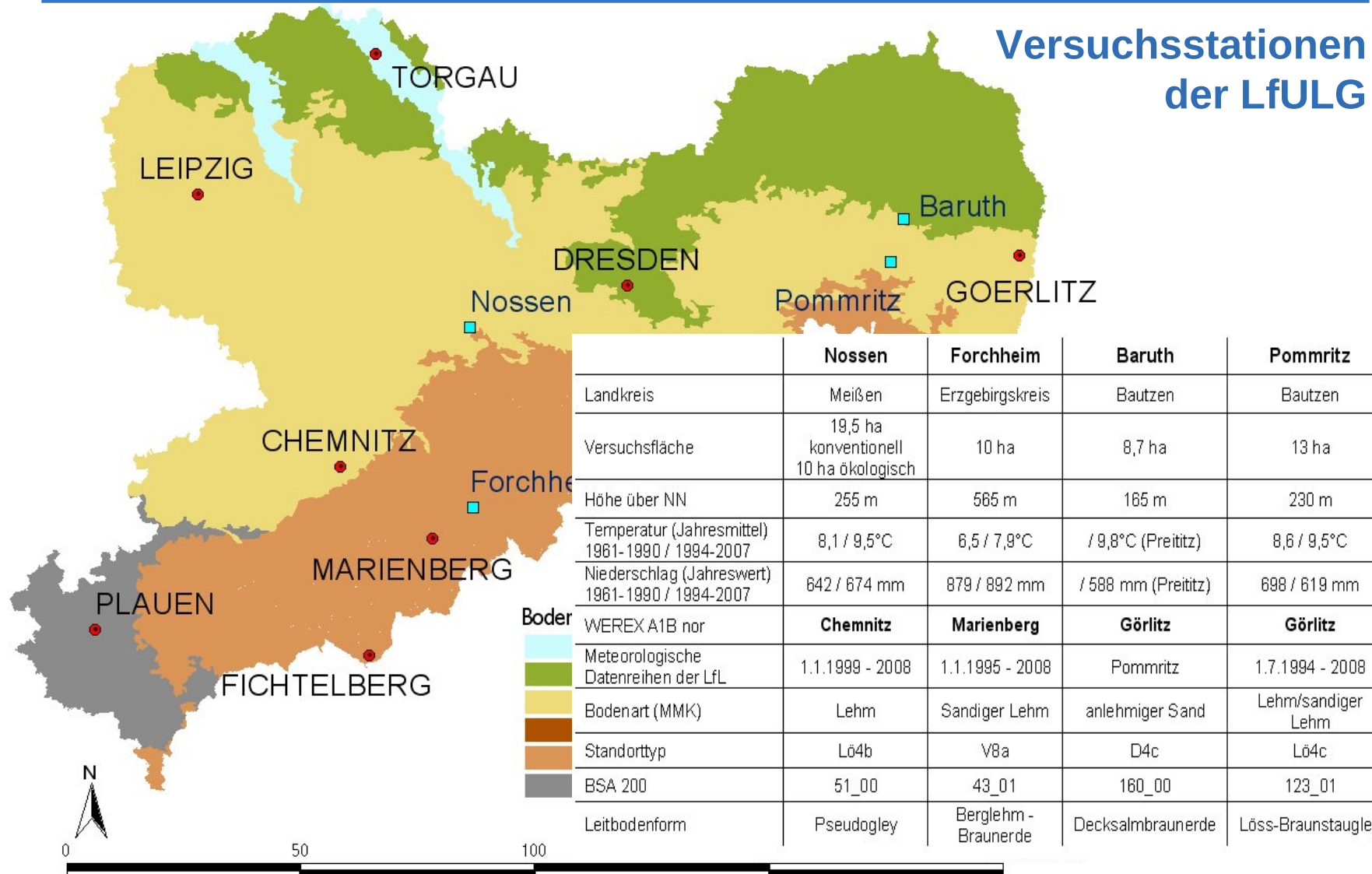
LG	Bodentyp	<u>nFK</u>	<u>Nied-SWR</u>	AET _{MW}	<u>AET_{sim}</u>	Δ AET [%]	SWR _{MW}	<u>SWR_{sim}</u>
5	Erodierte Braunerde	257	455	477	447	-6	196	212
7	Braunerde-Pseudogley	361	515	554	533	-4	133	112
9	Parabraunerde	433	559	610	558	-9	72	87



Modellvalidierung Sickerwasser

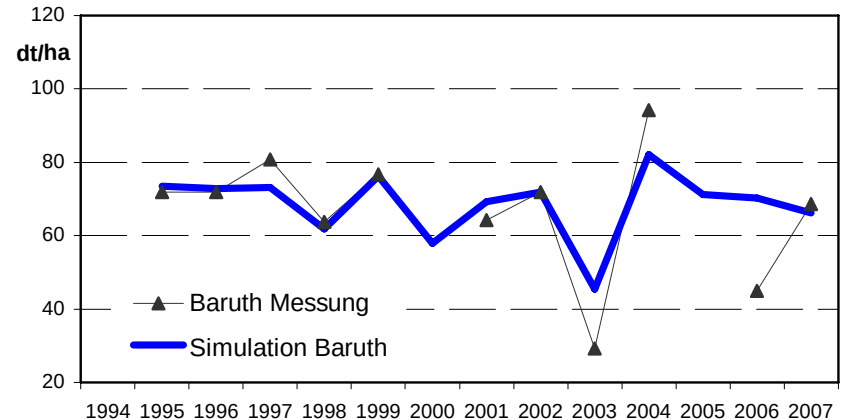
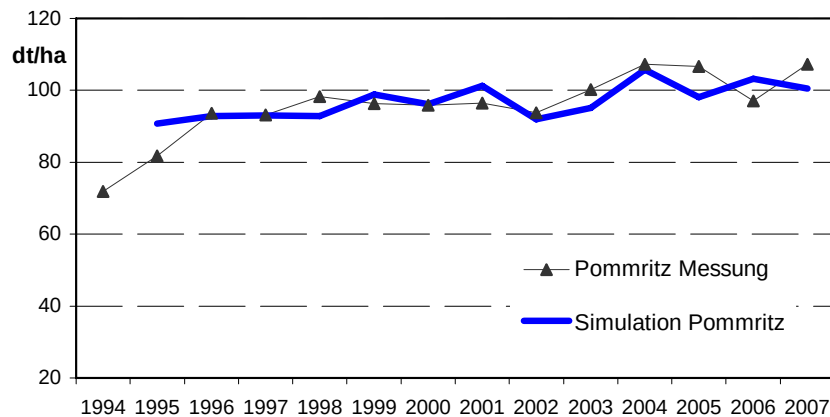
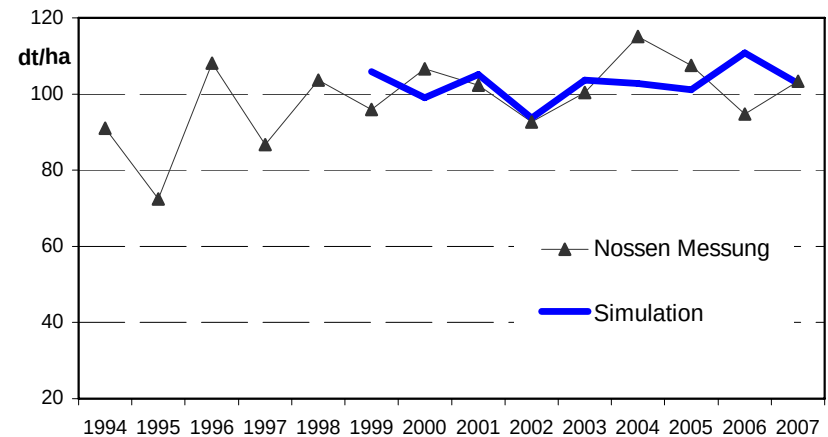
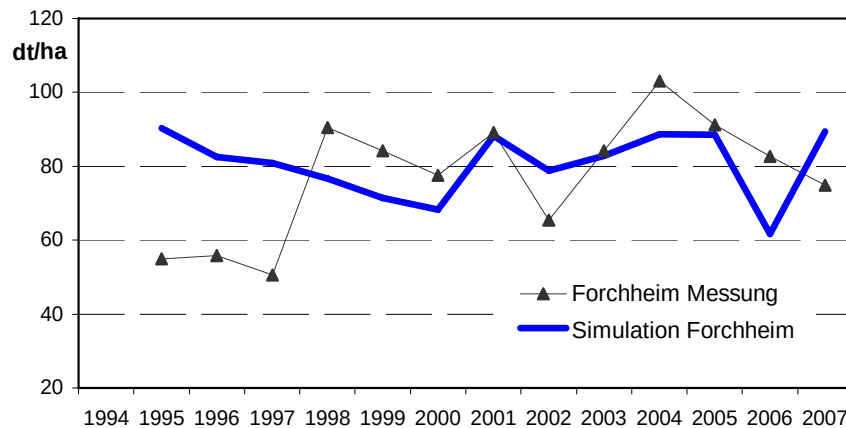


Modellvalidierung Vegetationsentwicklung (Acker)



Modellvalidierung Erträge Winterweizen

	Forchheim		Nossen		Pommritz		Baruth	
Ertrag	Messung	Modell	Messung	Modell	Messung	Modell	Messung	Modell
dt/ha	77.2	80.6	102.1	102.8	97.5	97.0	67.1	68.3



Modellvalidierung & Ergebnisinterpretation

Gegenüberstellung mehrerer Modelle unterschiedlichen Typs

ArcEGMO	↔	TU-BGR
deterministisch		statistisch

Das TU-BGR Verfahren zur Berechnung der Sickerwasserraten



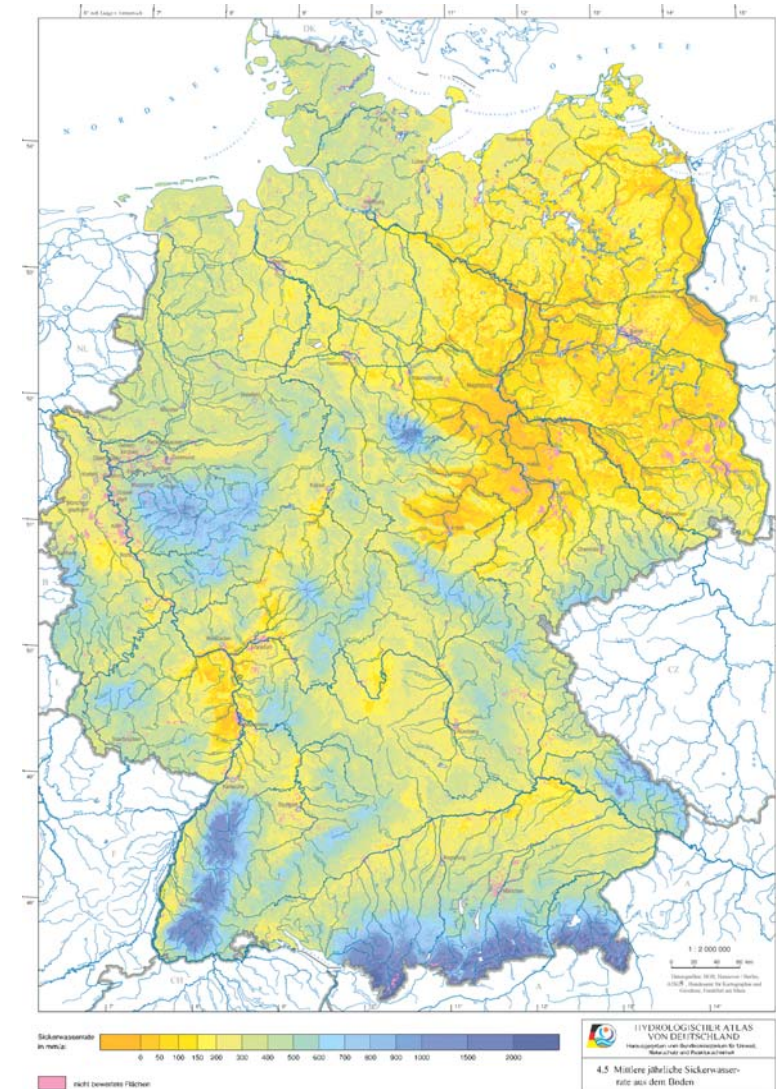
HYDROLOGISCHER ATLAS VON DEUTSCHLAND

Berechnung der SWR für
Grünland, Acker, Laub- und Nadelwald
auf Basis von

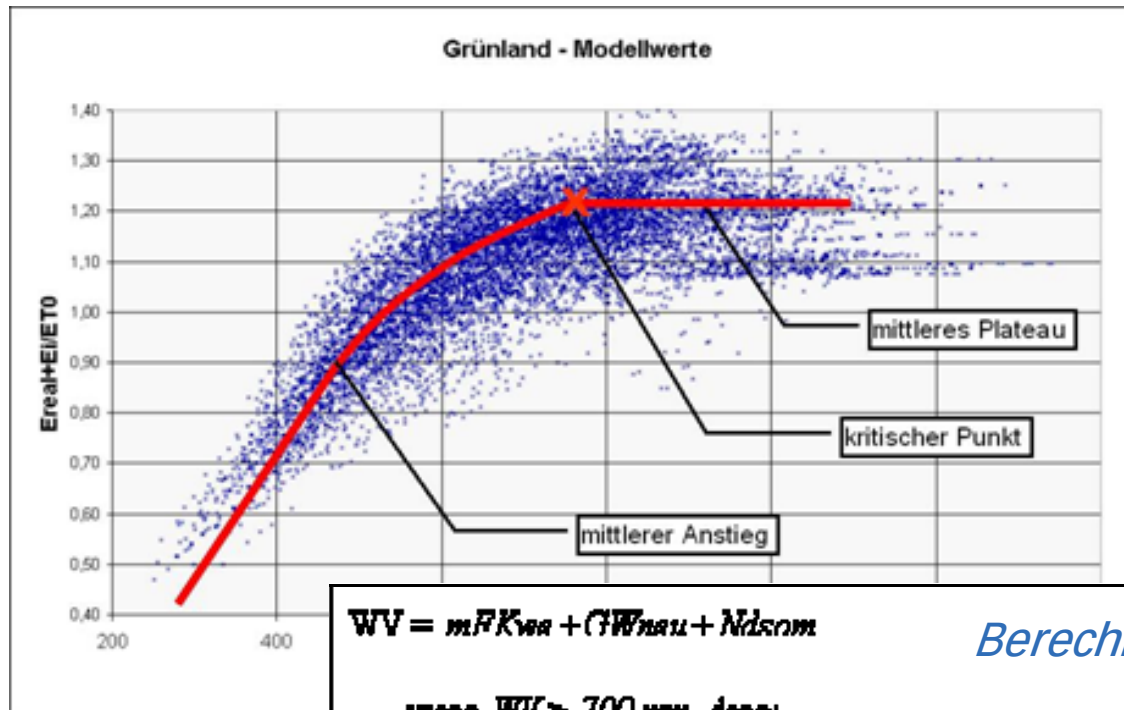
- nutzbarer Feldkapazität,
- potenzieller Verdunstung,
- Niederschlag.

Wessolek, Duijnisveld, Trinks (2008):

Hydro-pedotransfer functions (HPTFs) for predicting annual percolation rate on a regional scale, *Journal of Hydrology* 356, 17-27



Das TU-BGR Verfahren zur Berechnung der Sickerwasserraten



$$WV = mFK_{wa} + GW_{neu} + Ndsom$$

Berechnung am Beispiel Grünland

wenn $WV > 700 \text{ mm}$, dann:

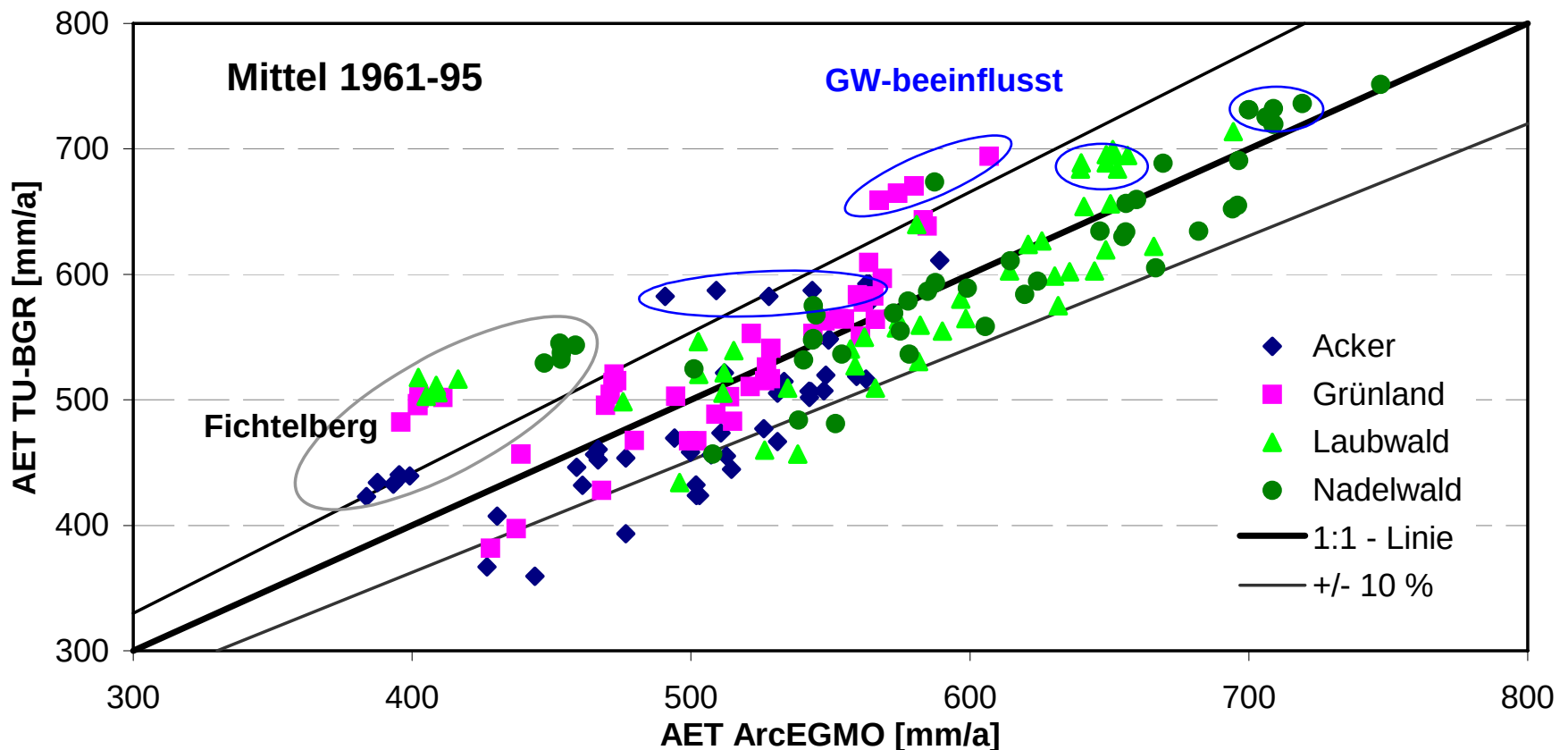
$$GW_{neu} = Nd - 1.2 ETO [0.531 \log(1 / ETO) + 2.43]$$

wenn $WV < 700 \text{ mm}$, dann:

$$GW_{neu} = Nd - ETO [1.79 \log(mFK_{wa} + V_{kzp} + Ndsom) - 3.89] [0.531 \log(1 / ETO) + 2.43]$$

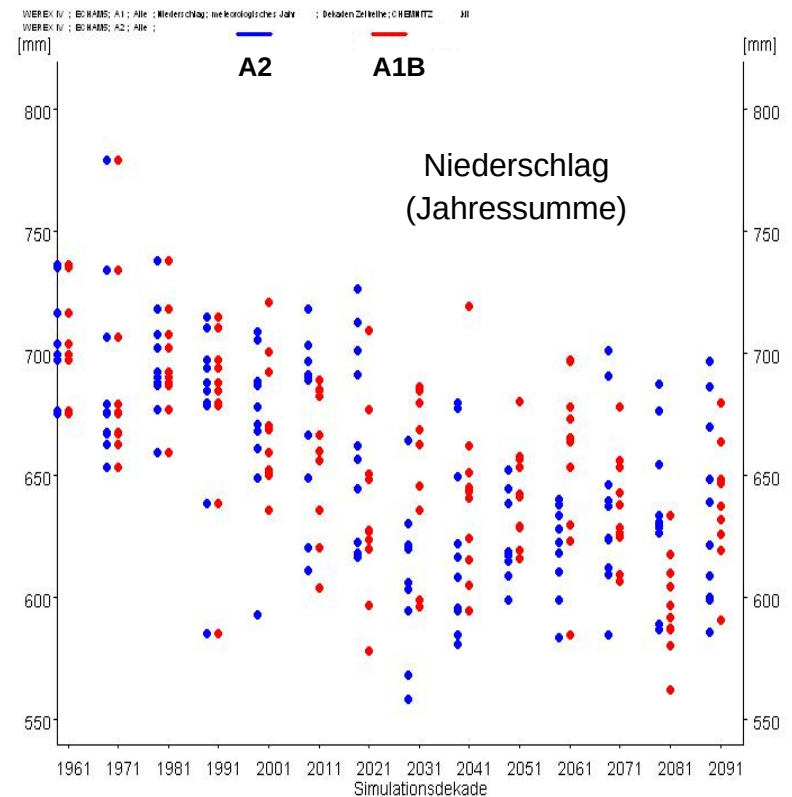
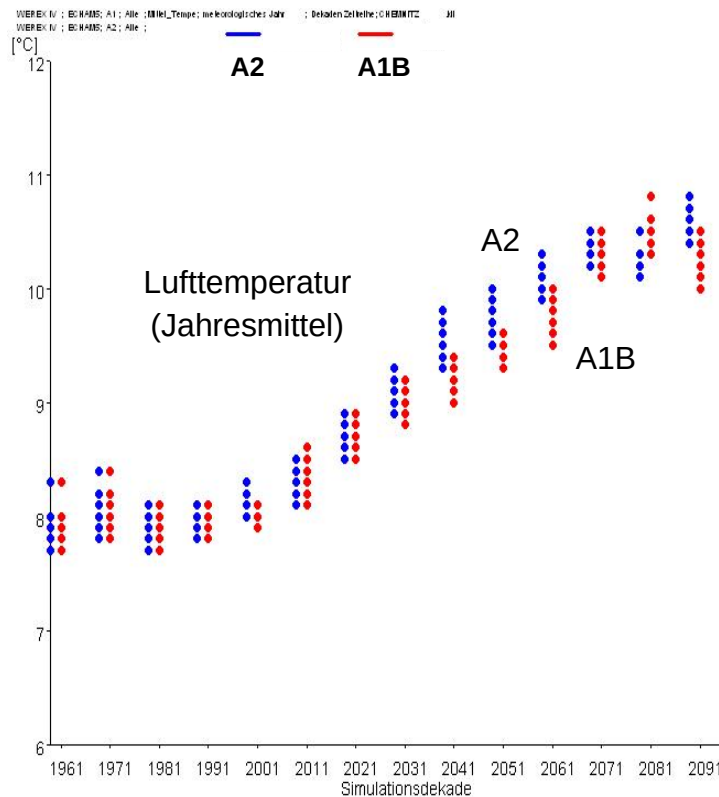
Modellvalidierung via Modell(Ergebnis)vergleich

ArcEGMO $\leftrightarrow$ TU-BGR
deterministisch statistisch



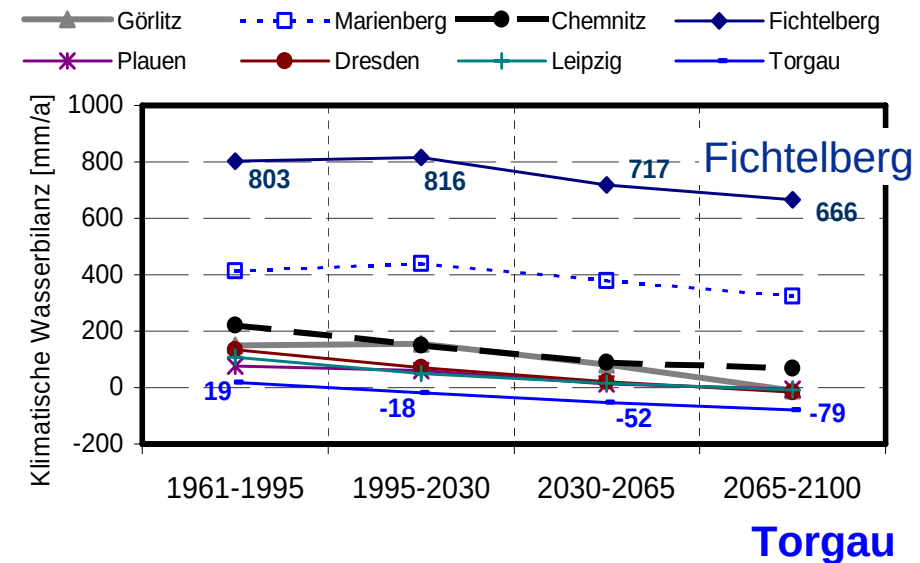
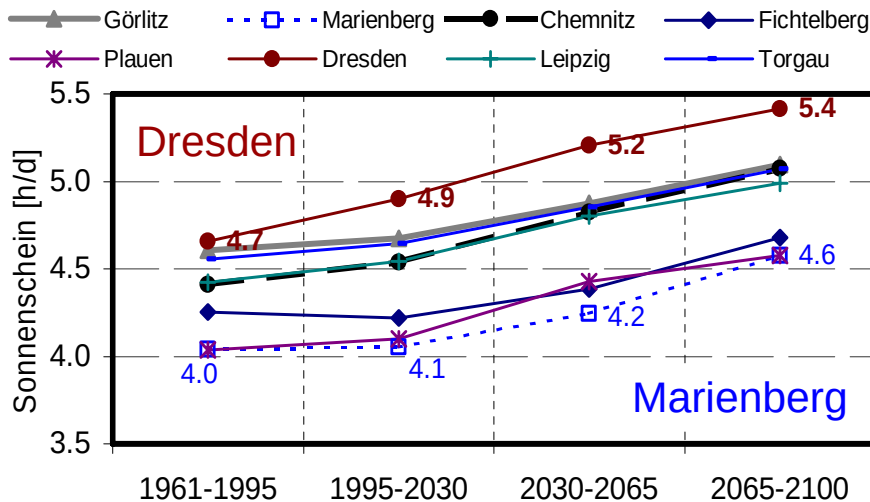
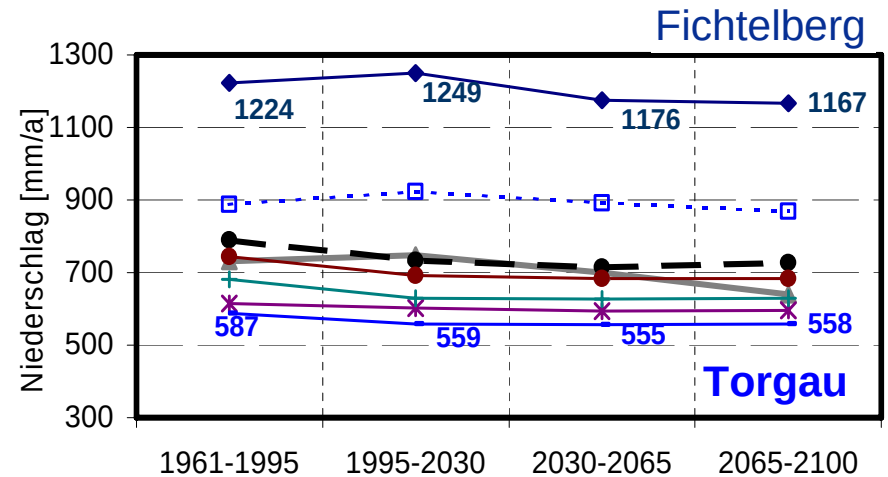
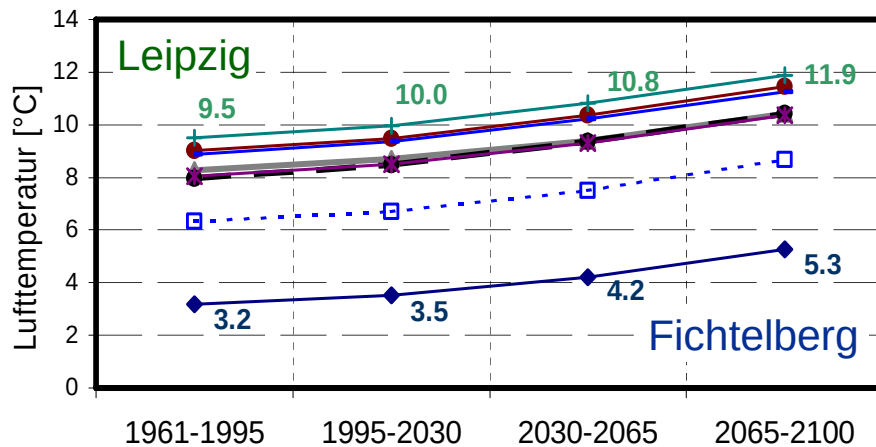
Klimaszenario WEREX IV (CEC Potsdam)

Basis: globalen Klimamodells **ECHAM5**, **SRES-IPCC-Emissionsszenario A1B, A2**
objektives Wetterlagenkonzept +
Zeitreihensimulationen (langjährigen meteorologischen Messdaten des DWD)

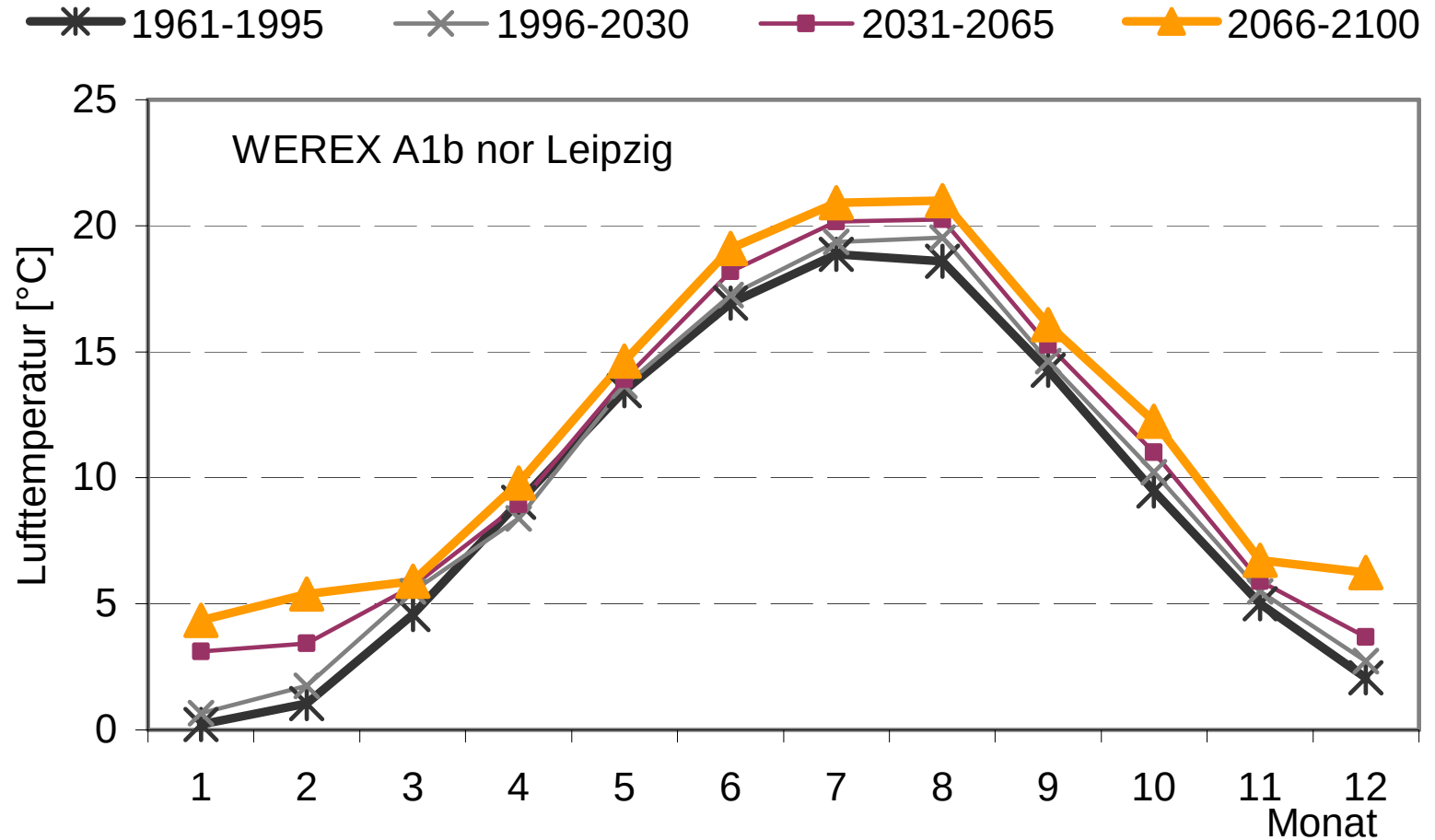


10 Realisierungen pro Emissionsszenario → 3 Ausprägungen: trocken, normal, feucht

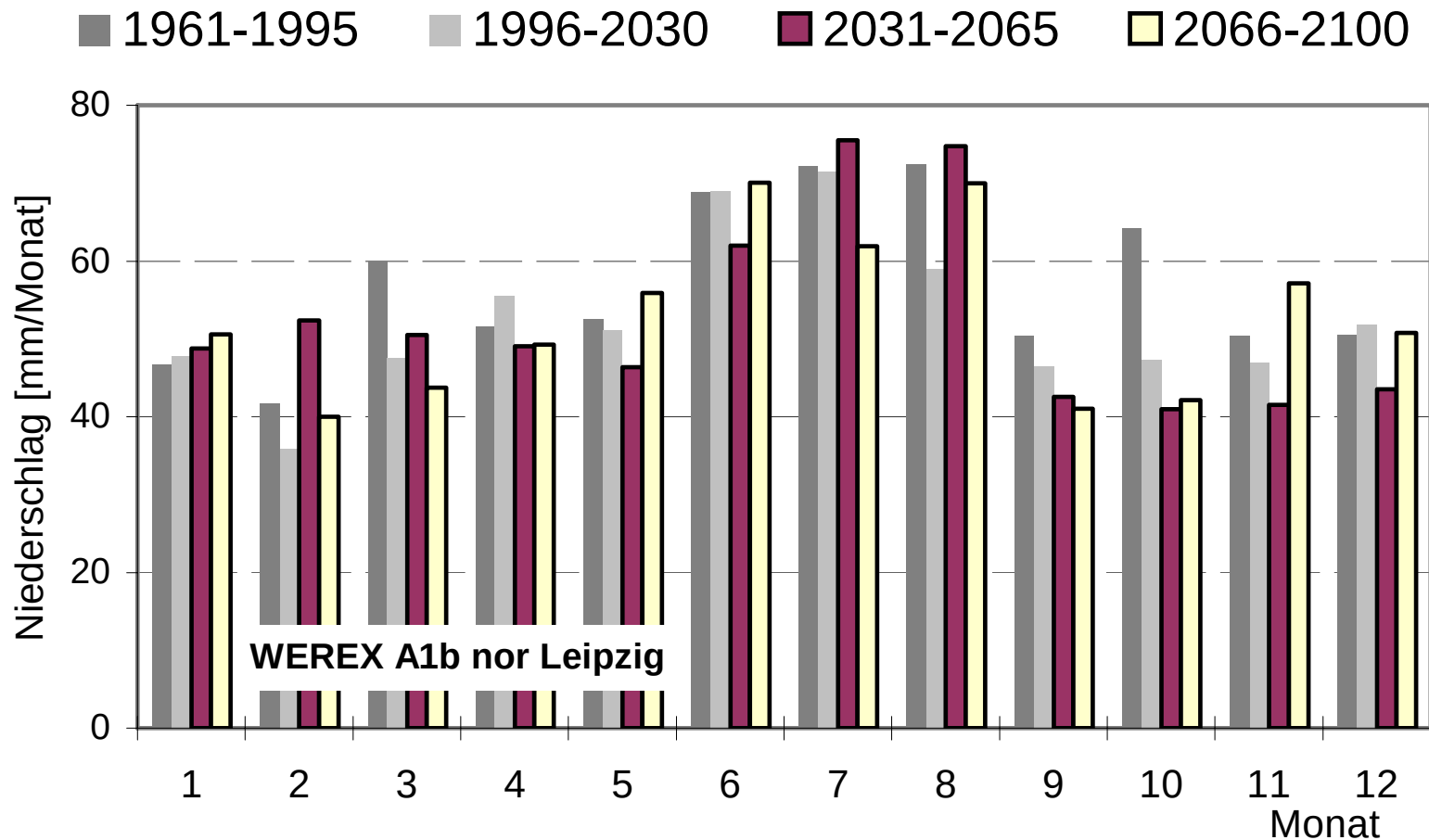
Klimaszenario WEREX IV



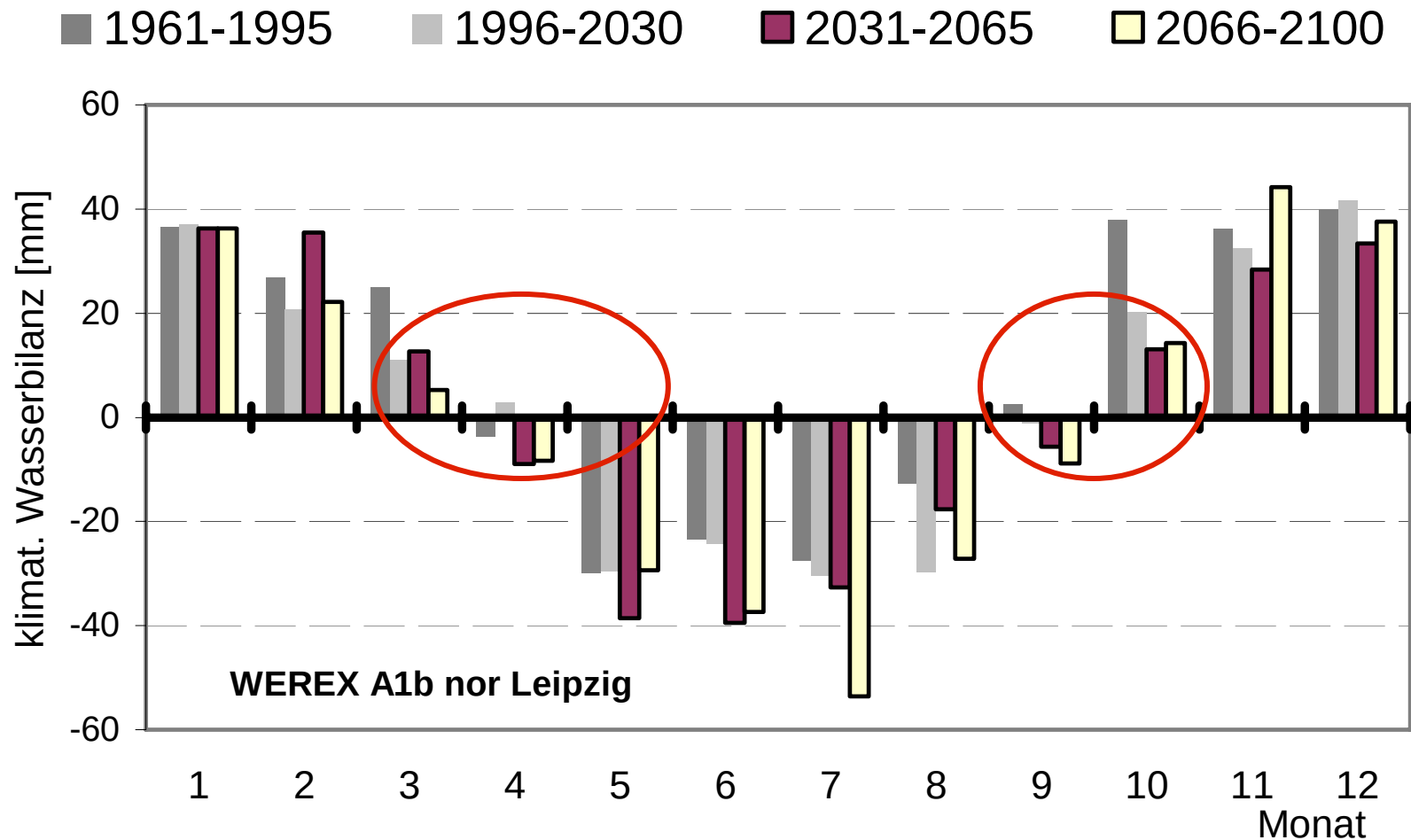
Klimaszenario WEREX IV - Leipzig



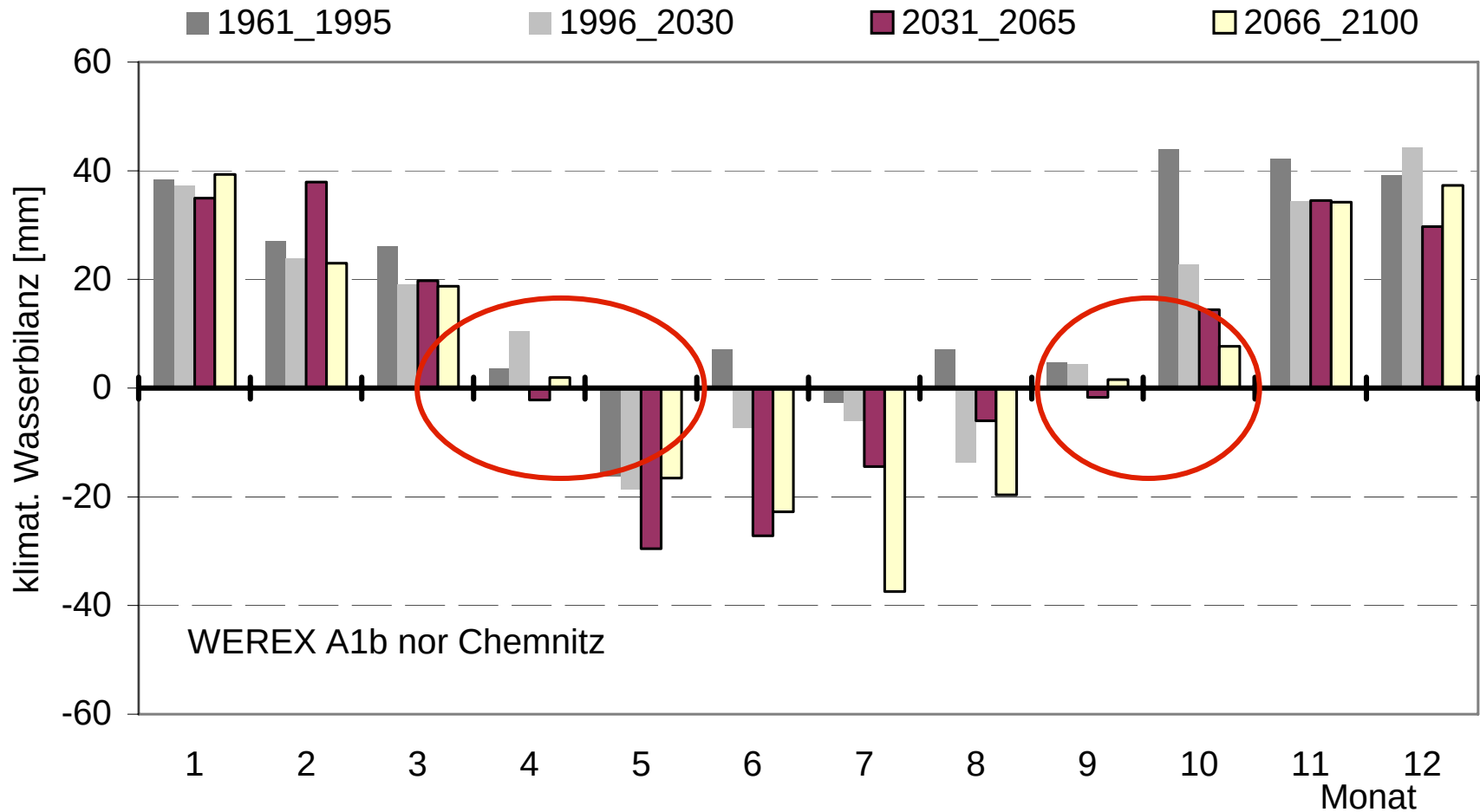
Klimaszenario WEREX IV - Leipzig



Klimaszenario WEREX IV - Leipzig

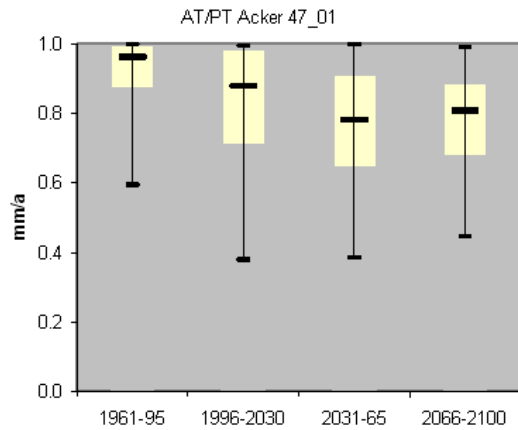


Klimaszenario WEREX IV - Chemnitz

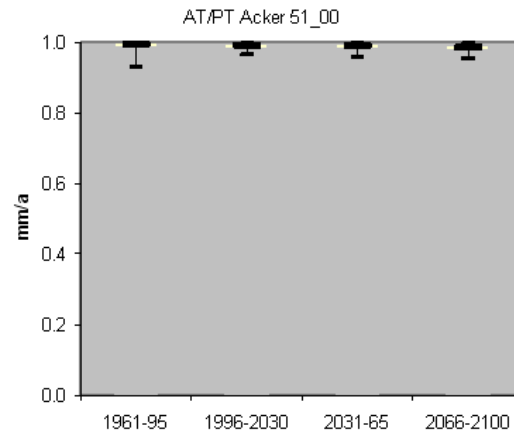


Simulation mit ArcEGMO: Trockenstress

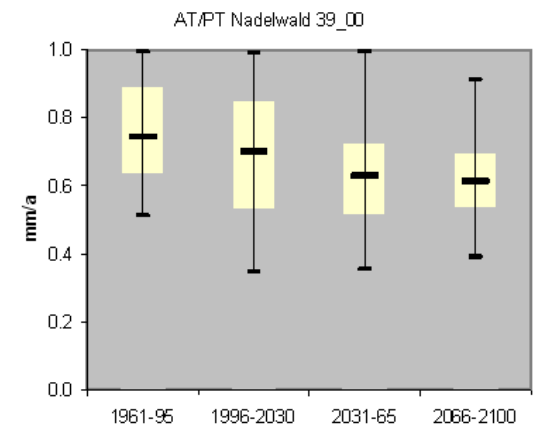
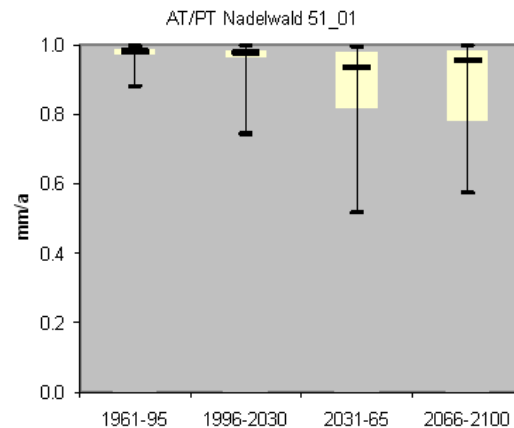
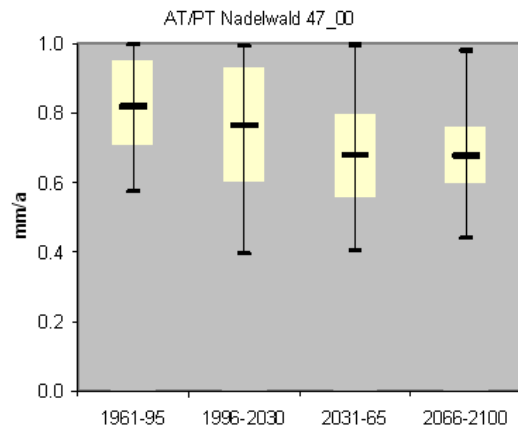
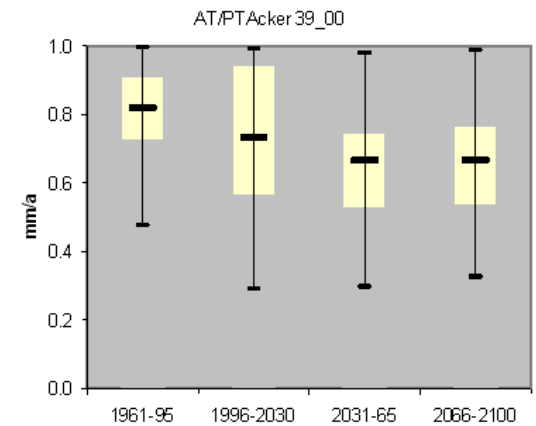
**Stagnogley über
Verwitterungsschuttlehm**



Pseudogley aus Lösslehm



skelettreiche Braunerde

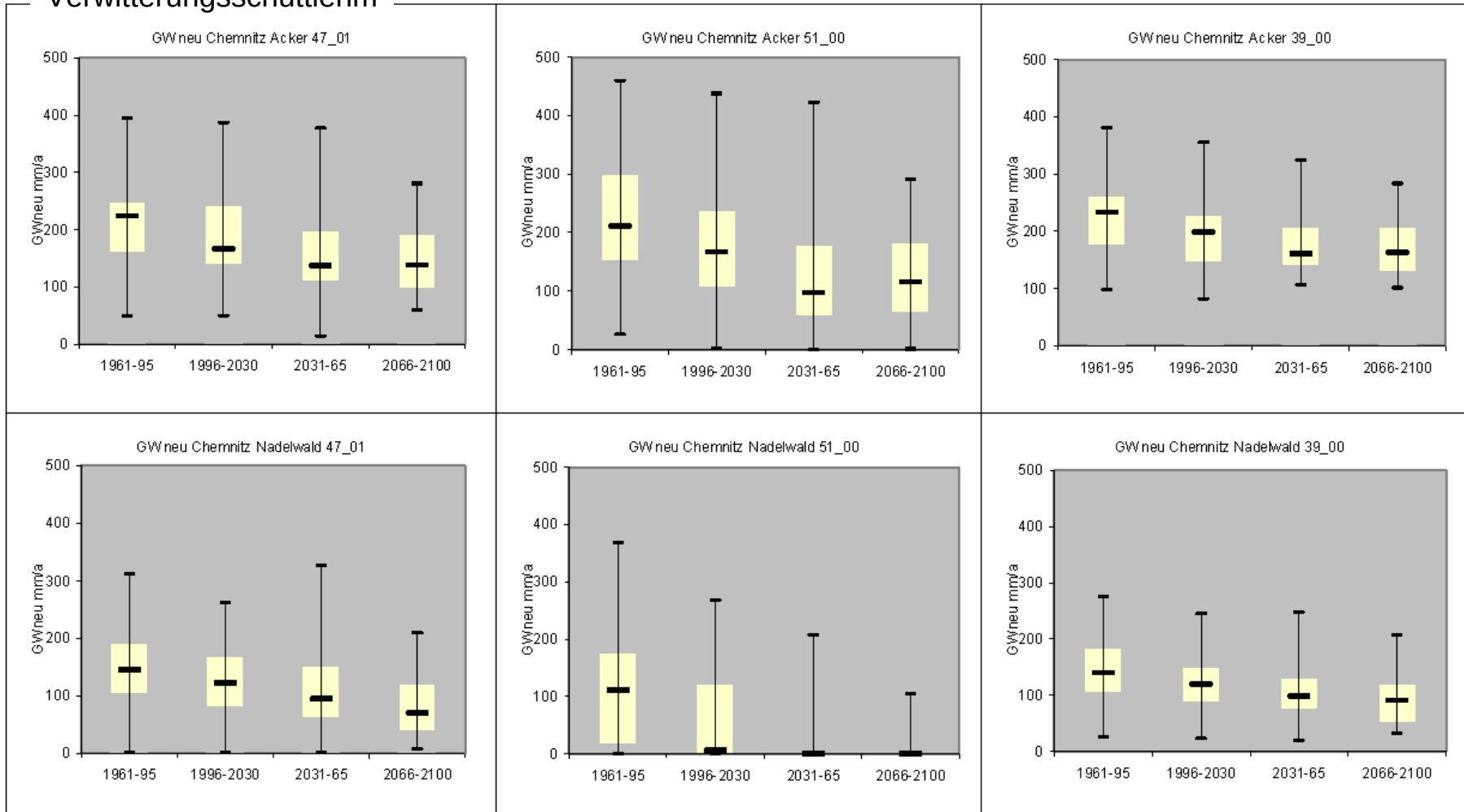


Simulation mit ArcEGMO: Sickerwasserraten

**Stagnogley über
Verwitterungsschuttlehm**

Pseudogley aus Lösslehm

skelettreiche Braunerde



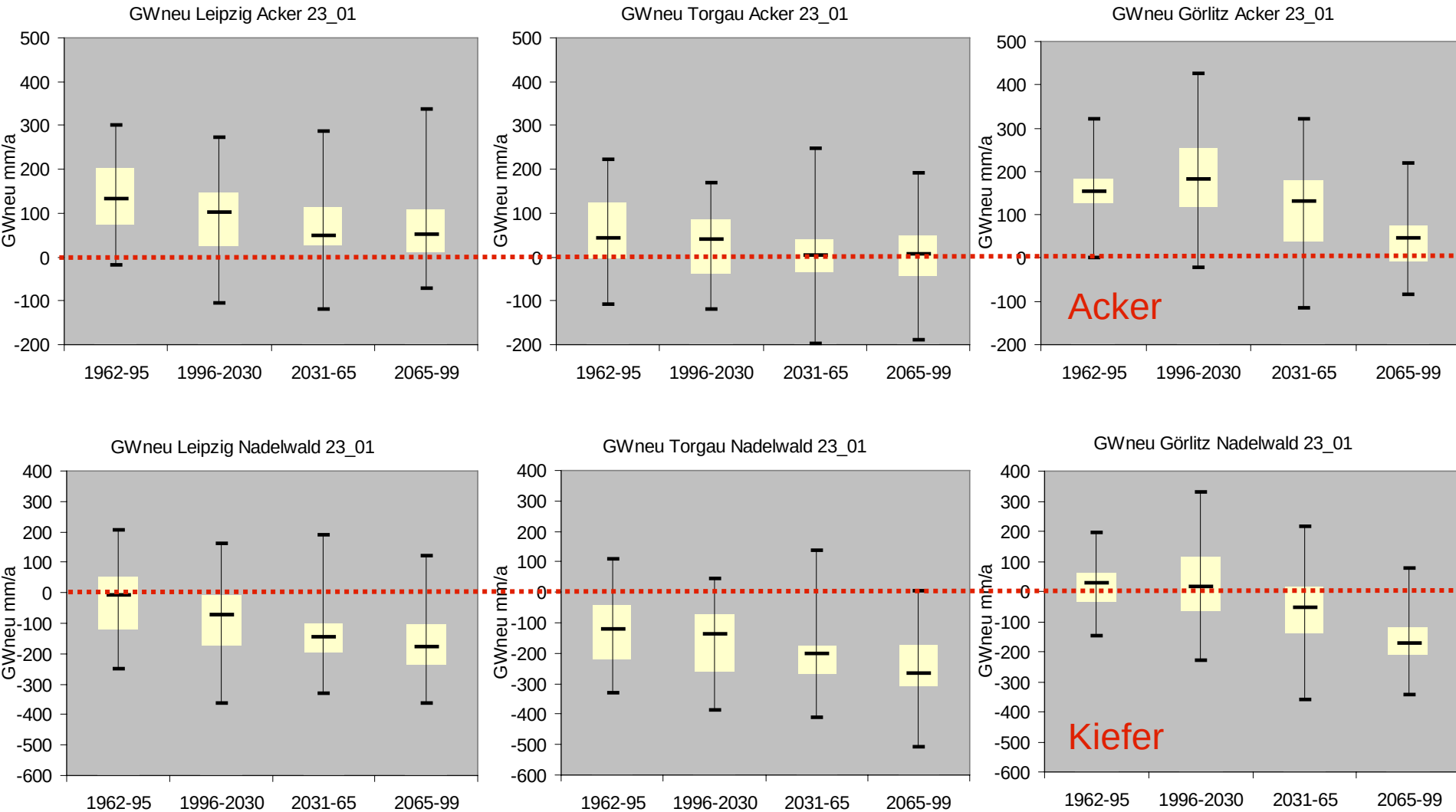
Simulation mit ArcEGMO

Standorte ohne Grundwassereinfluss 1961/1995 $\leftrightarrow$ 2066/2100

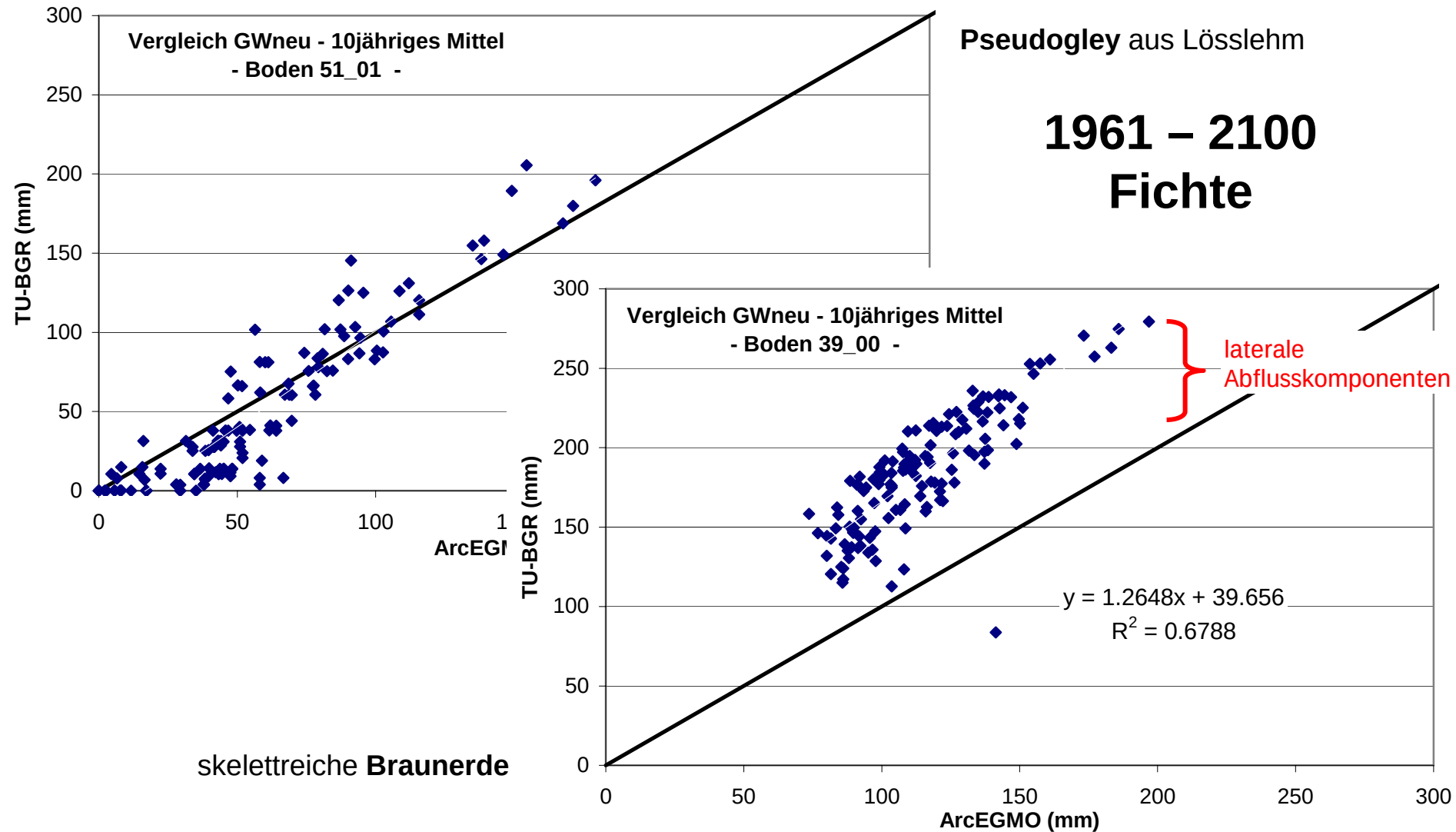
Region	Δ AT/PT [%]		Δ SWR [%]	
	Acker	Nadelwald	Acker	Nadelwald
Fichtelberg	1 - 9	1 - 13	-7 - 13	7 - 20
Marienberg	2 - 18	1 - 20	10 - 18	7 - 32
Chemnitz	1 - 17	10 - 18	23 - 48	35 - 93
Plauen	4 - 8	13	20 - 42	30 - 73
Leipzig	1 - 2	20	37	50 - 93
Torgau	2 - 8	23	20 - 55	46 - 100
Dresden	1 - 9	23	30 - 51	55 - 100
Görlitz	0 - 11	27	40 - 65	80 - 100

Simulation mit ArcEGMO

Standorte mit Grundwassereinfluss Beispiel Norm-Vega (ABn) 23_01



Ergebnisbewertung via Modell(Ergebnis)vergleich



Resümee

Abnahme der Niederschläge um 2-13 %

Zunahme des Verdunstungspotenzials um 11-19 % (60-91 mm/a)

Rückgang der klimatischen Wasserbilanz um 78 - 161 mm/a (Plauen / Görlitz)

Verschärfung der Situation in den schon heute trockenen Regionen

kritische Situation bei forstlicher Nutzung → kaum noch Einfluss der Böden

Ackerbau: weniger Probleme bei angepasster Fruchtfolge auf Böden mit hoher Wasserspeicherkapazität

→ Problem: **Frühjahrs- und Herbsttrockenheit**

Grundwasserneubildung (GWN):

Böden mit hoher nFK: **drastische Verringerung der GWN**

Böden mit geringer nFK: Verschiebung der Aufteilung der Abflusskomponenten zu Lasten der GWN (weiterhin hohes HW-Risiko)

Keine Ertragseinbußen auf grundwasserbeeinflussten Standorten

aber: **Verschlechterung des Gebietswasserhaushaltes** in den Bodenregionen

Modellfehler durch gleichbleibende GWFA (nur innerjährliche Dynamik)

→ gekoppelte Modellierung in Risikogebieten notwendig