Grundwasserneubildung und Grundwasserdynamik im Klimawandel an Beispielen aus der Region Berlin-Brandenburg

Prof. Dr. Stefan Kaden
DHI-WASY GmbH

Gliederung

1 Zur Problematik Klimawandel - Grundwasser

2 Beispiele aus der Region Berlin - Brandenburg

3 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen

1 Zur Problematik Klimawandel - Grundwasser

Szenario-basierte Projektionen – keine Prognosen!

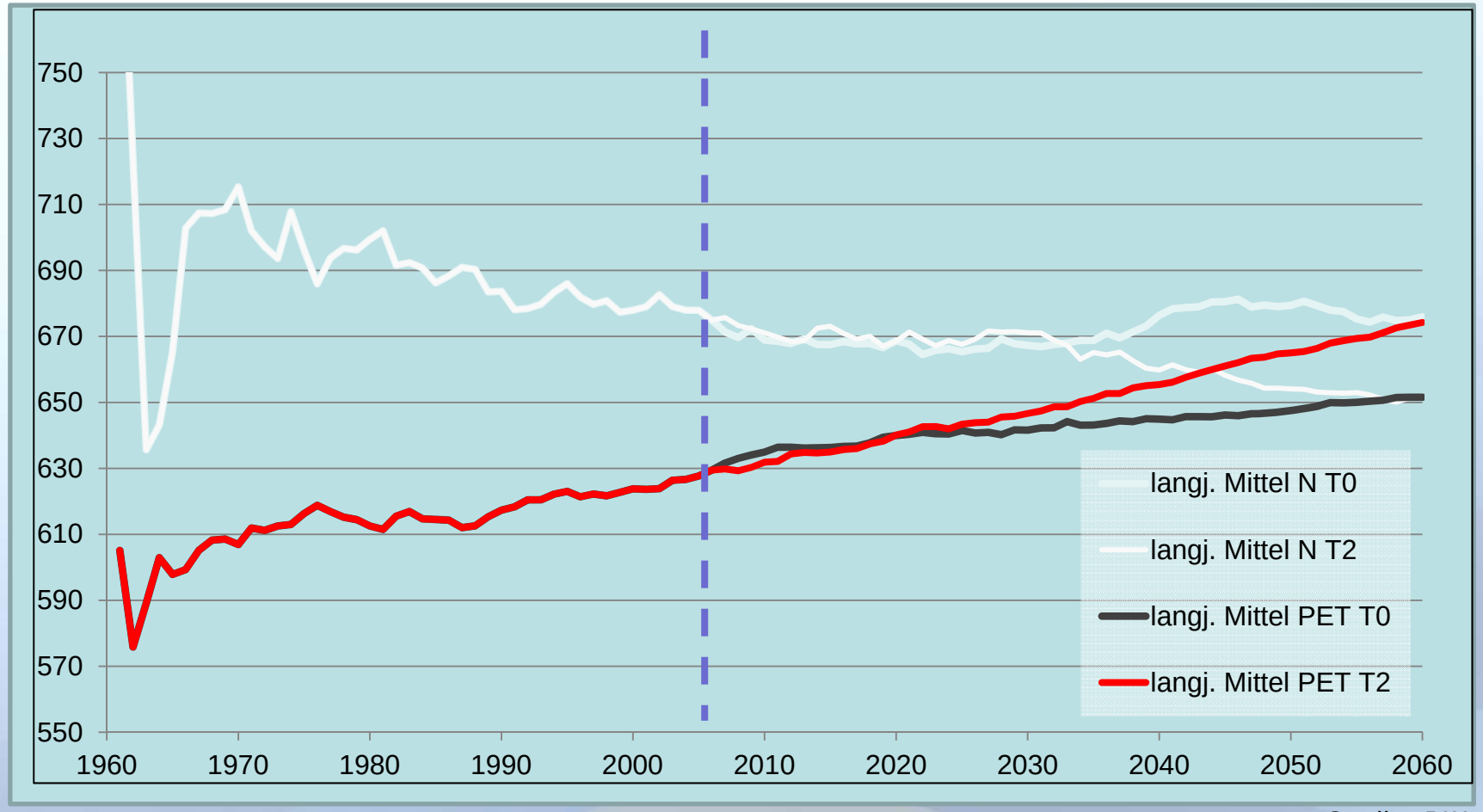
Realistisches Szenario für Region Berlin-Brandenburg:

Temperaturanstieg 2 Grad 2050 gegenüber vorindustrieller Zeit;

Mögliche Konsequenzen:

- Zunahme der innerjährliche Variation der Niederschläge, aber in der Summe nur geringer Rückgang
- Temperaturbedingter Anstieg der Verdunstung

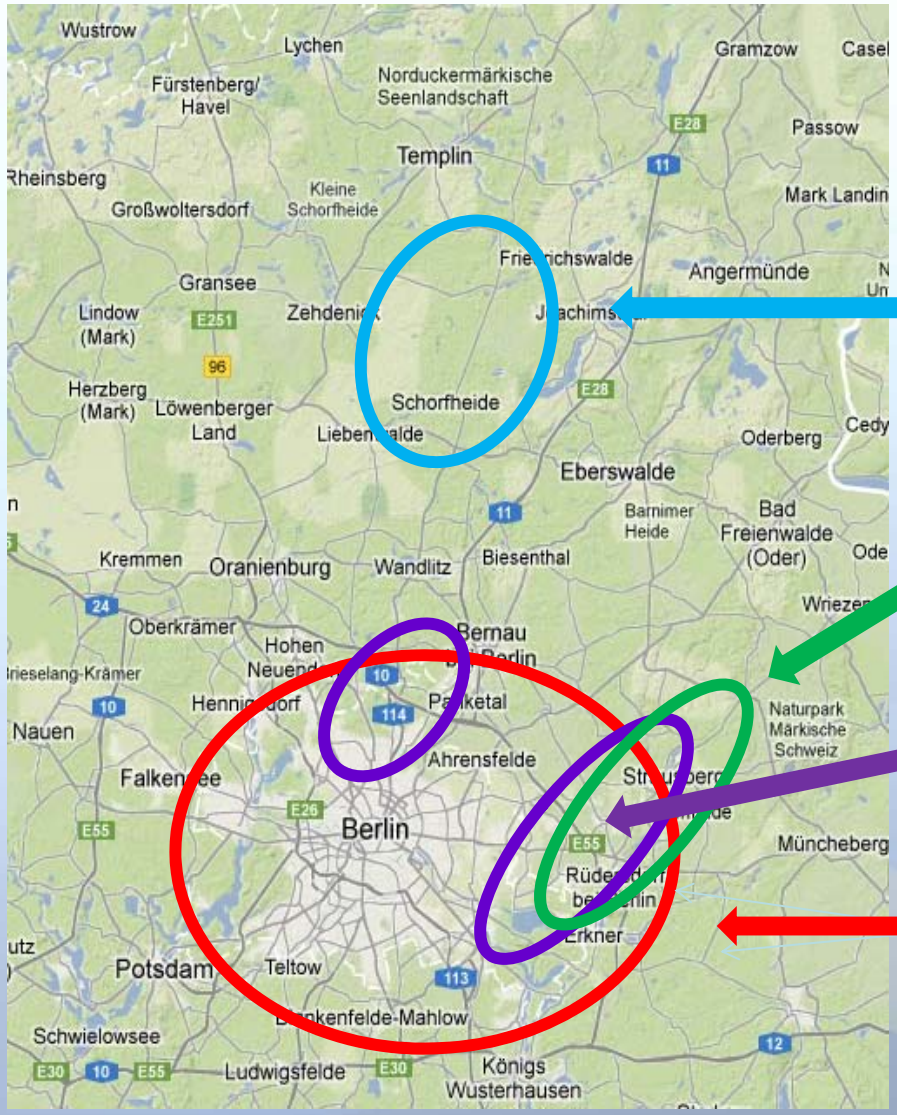
1 Zur Problematik Klimawandel - Grundwasser



Quelle: PIK

Rückgang der Grundwasserneubildung, ggf. zunehmende GW-Zehrung

2 Beispiele aus der Region Berlin - Brandenburg



Schematische Darstellung der Untersuchungsgebiete

Grundwasserverhältnisse in der Schorfheide, Uckermark

Grundwasserverhältnisse im Einzugsgebiet des Fredersdorfer Mühlenfließes

Grundwasserverhältnisse im Einzugsgebiet der WW Berlin-Friedrichshagen und -Tegel

Grundwasserneubildung im Berlin Raum

BMBF-Projektverbund (KLIMZG):

INKA BB Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin

Teilprojekt 23:

Technologien für klimaangepasste Wasserbewirtschaftung in Stadtgebieten im Klimawandel

Projektpartner:

FU Berlin, DHI-WASY GmbH, Berliner Wasserbetriebe, SenStadtUm

Teilaufgabe:

Projektionen zur Entwicklung der Grundwasserneubildung im Berliner Raum im Klimawandel als Randbedingung für die grundwasserbasierte Wasserversorgung

Klimaprojektionen

- Modell **STAR II** (PIK), statistisches Regionalisierungsverfahren ausgehend von Klimatrends aus globalen Zirkulationsmodellen

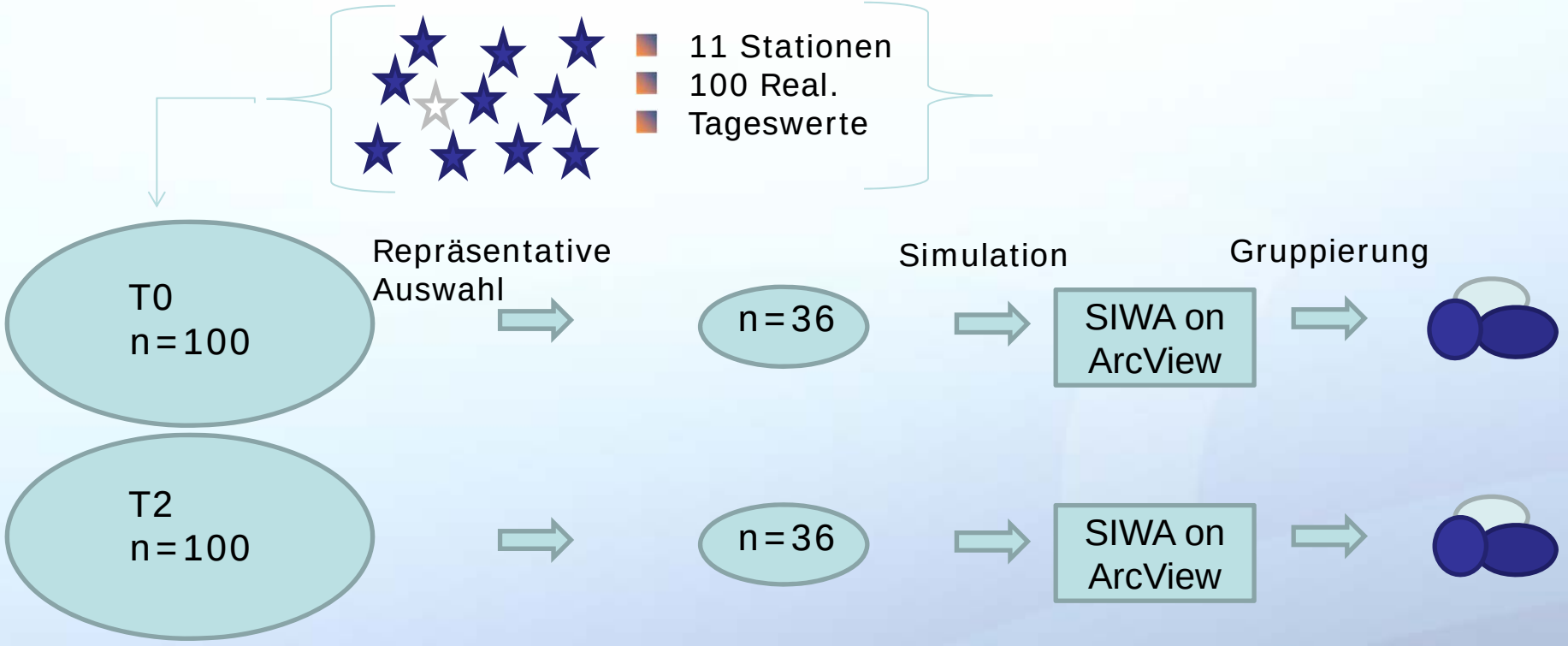
- Szenario T0 - 2004-2060, ohne Temperaturanstieg
- Szenario T2 - 2004-2060, +2 °C Temperaturanstieg

- Verfügbar: N, PET (Tageswerte) für 100 Realisierungen
  statistisch gleich wahrscheinlich

- Modell **SIWA on ArcView** (DHI-WASY), flächendifferenziertes Bodenwasserhaushaltsmodell

- Berechnung der Sickerwasserrate (Grundwasserneubildung)

2.1 Grundwasserneubildung im Berlin Raum

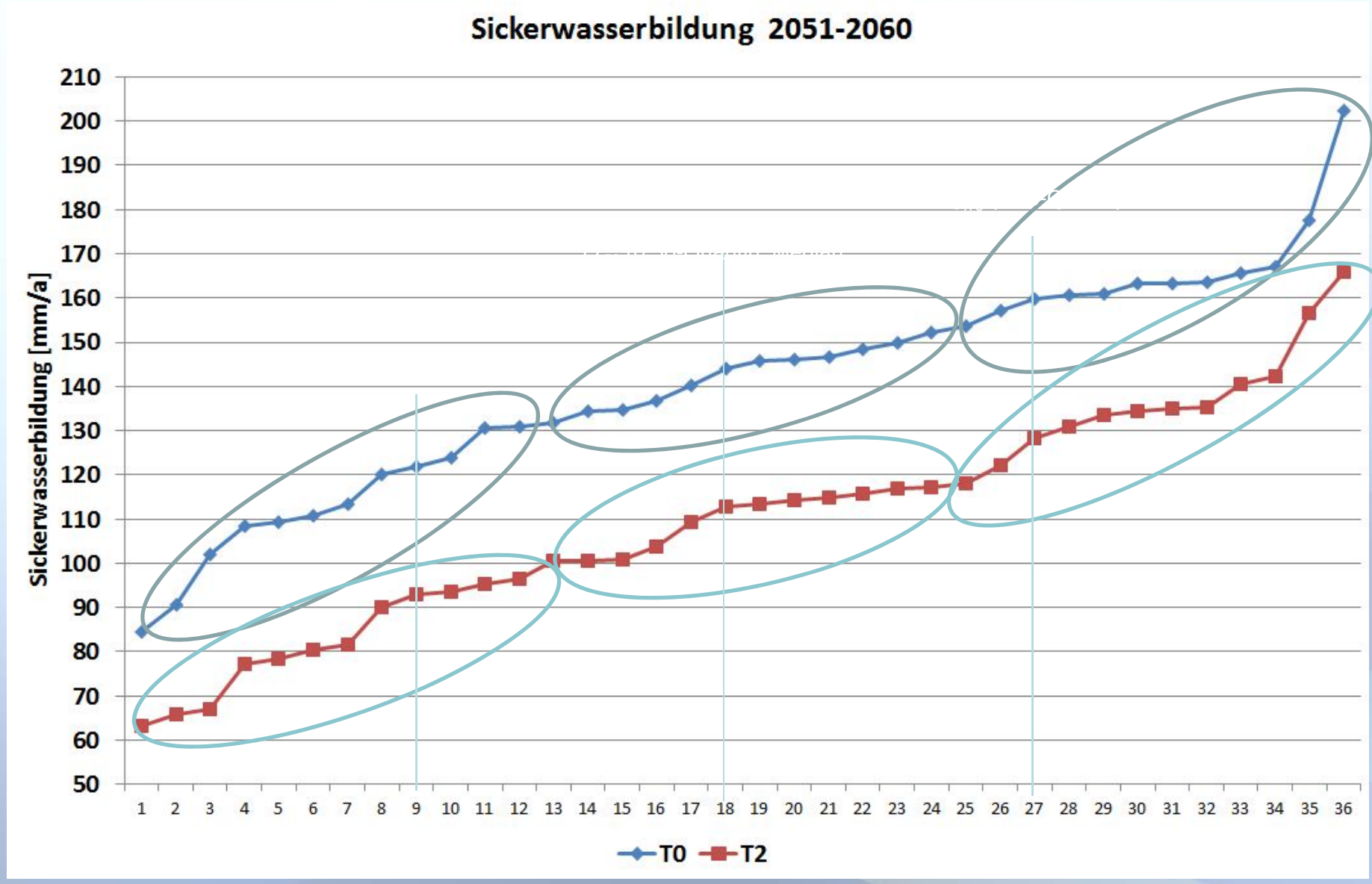


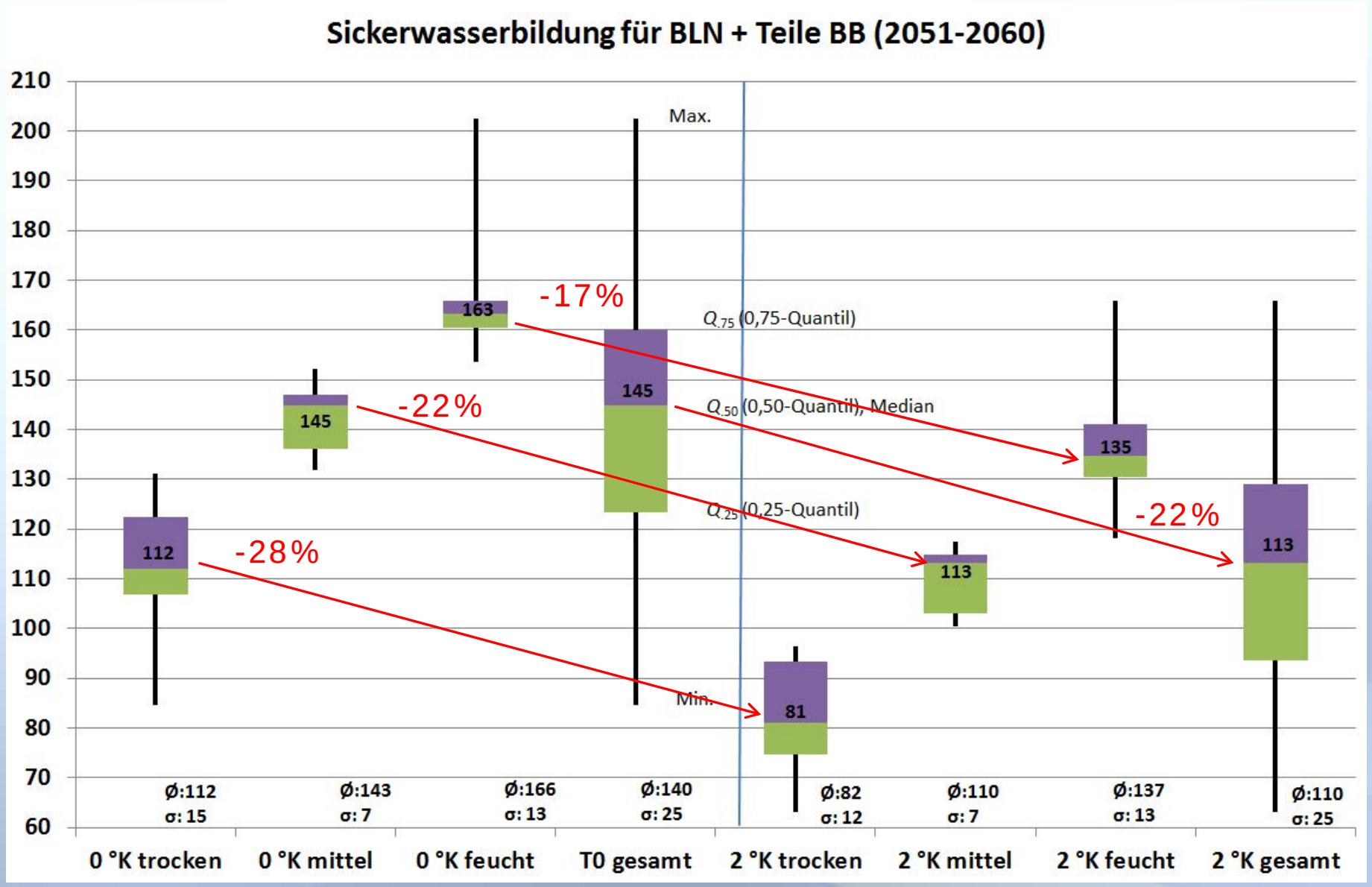
1. Annahmen

- Die klimatische Wasserbilanz (**2007 – 2060**) der 100 Realisierungen kann durch eine geeignete Wahl von 36 Realisierungen repräsentiert werden
- Die Auswahl der 36 Realisierungen an der Station Tempelhof kann auf alle übrigen 10 Stationen übertragen werden

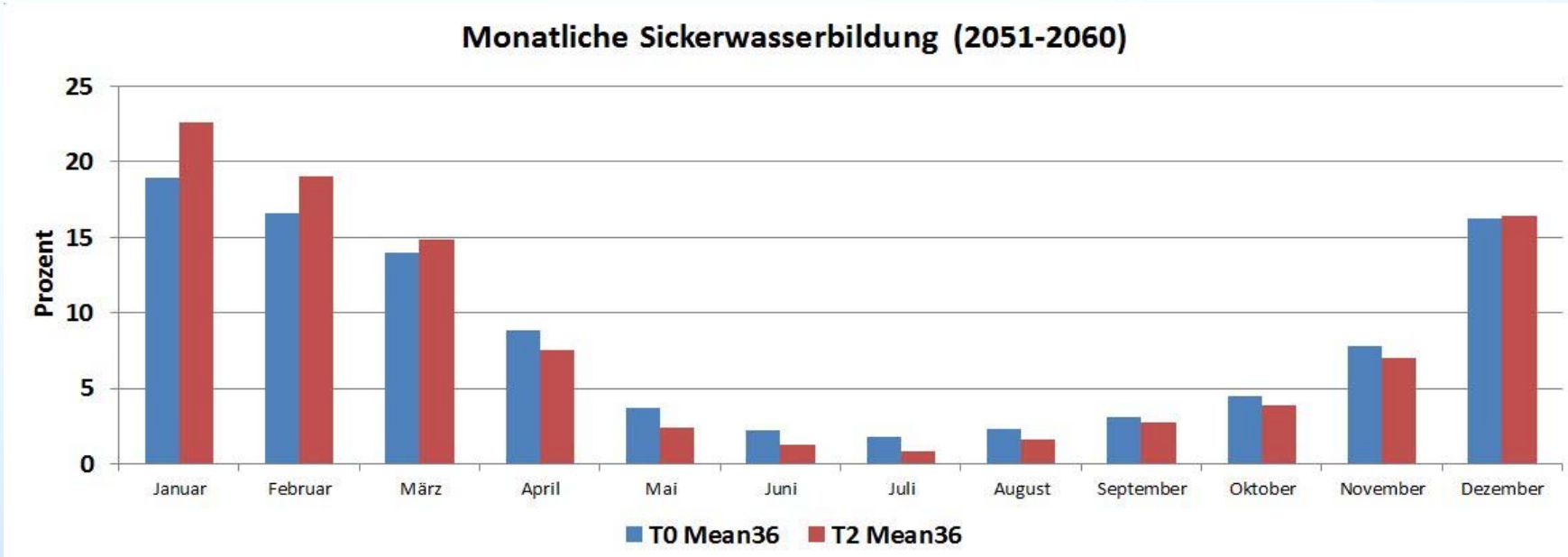
2. Gruppierung

- Gruppierung auf Grundlage der Sickerwasserbildung (**2051-2060**) in feucht, mittel und trocken


Sickerwasserbildung 2051-2060
Sickerwasserbildung [mm/a]
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
50
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36
T0
T2


Sickerwasserbildung für BLN + Teile BB (2051-2060)
210
200
190
180
170
160
150
140
130
120
110
100
90
80
70
60
Max.
$Q_{.75}$ (0,75-Quantil)
$Q_{.50}$ (0,50-Quantil), Median
$Q_{.25}$ (0,25-Quantil)
Min.
112
145
163
145
81
113
135
113
-28%
-22%
-17%
-22%
Ø:112 σ: 15
Ø:143 σ: 7
Ø:166 σ: 13
Ø:140 σ: 25
Ø:82 σ: 12
Ø:110 σ: 7
Ø:137 σ: 13
Ø:110 σ: 25
0 °K trocken
0 °K mittel
0 °K feucht
T0 gesamt
2 °K trocken
2 °K mittel
2 °K feucht
2 °K gesamt

Sickerwasserbildung T0 / T2



- Generelle Abnahme der Sickerwasserrate im 2 Grad Szenario, alle Realisierungen
- Zunahme der Sickerwasserrate im Winter, Abnahme im Sommer

BMBF-Projektverbund (KLIMZG):

INKA BB Innovationsnetzwerk Klimaanpassung Brandenburg Berlin

Teilprojekt 23:

Technologien für klimaangepasste Wasserbewirtschaftung in Stadtgebieten im Klimawandel

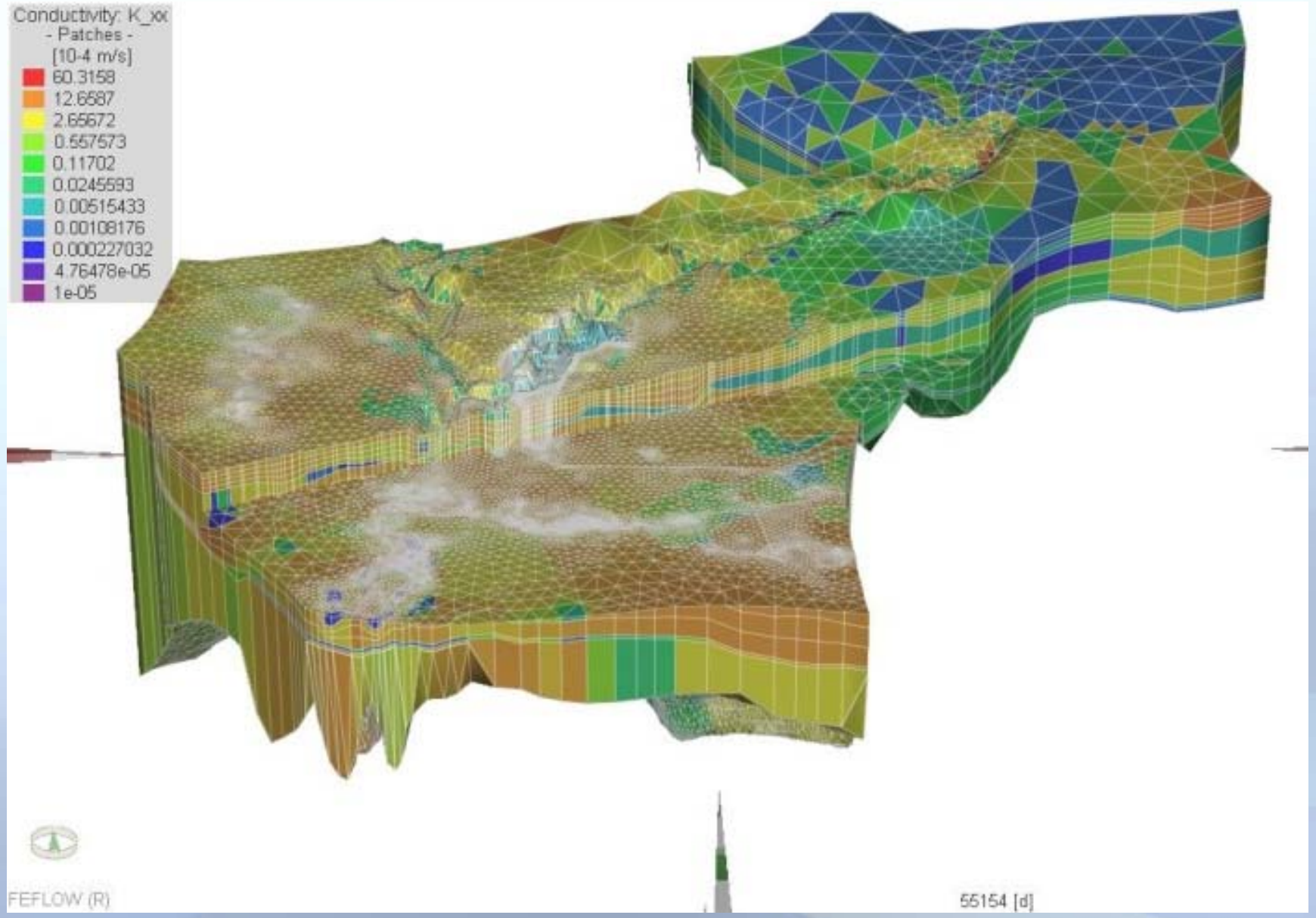
Projektpartner:

FU Berlin, DHI-WASY GmbH, Berliner Wasserbetriebe, SenStadtUm

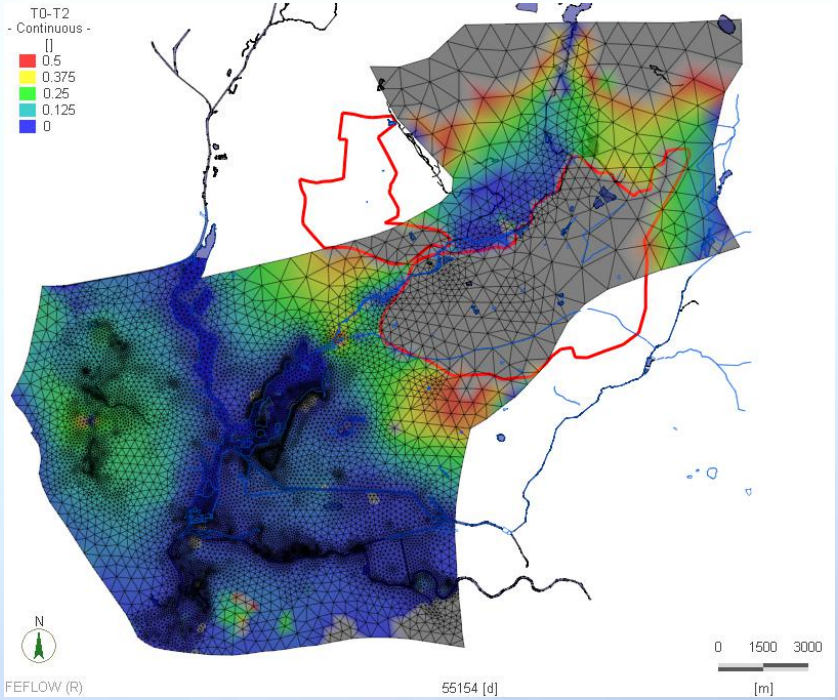
Teilaufgabe:

Entwicklung der Grundwasserflurabstände, - verhältnisse für Berliner Wasserwerke.

2.2 Grundwasserverhältnisse im Einzugsgebiet des Wasserwerkes Berlin-Tegel

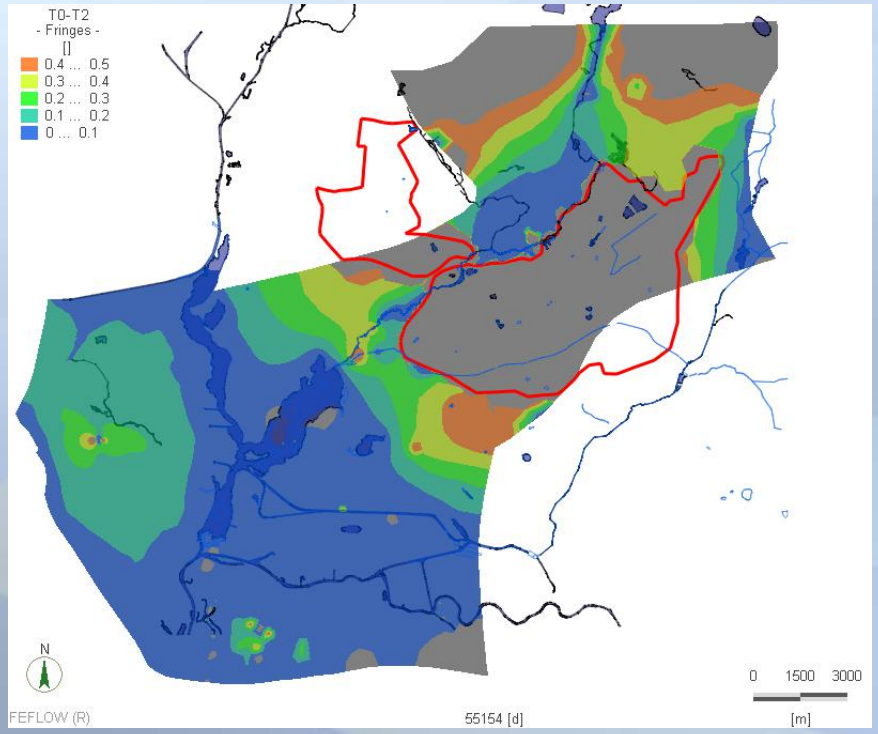


Langjährige Flurabstandsänderung



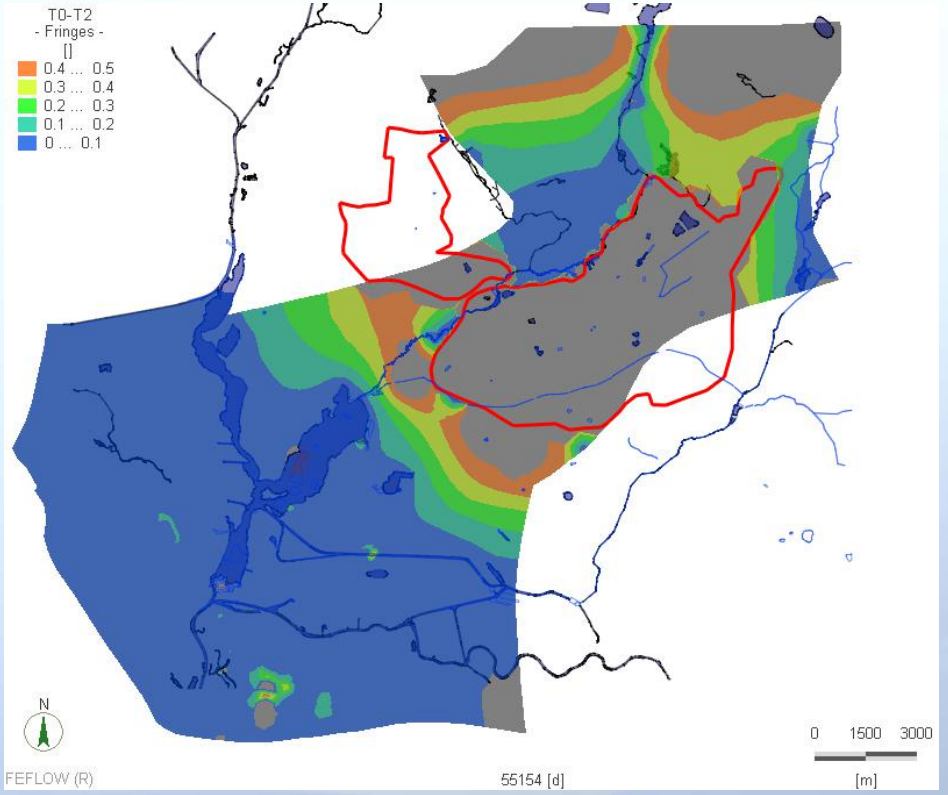
Modell:

- Mittlere GWN 2051-2060
- Stationäres Modell
- Positive Zahlen entsprechen einer Zunahme des Flurabstandes

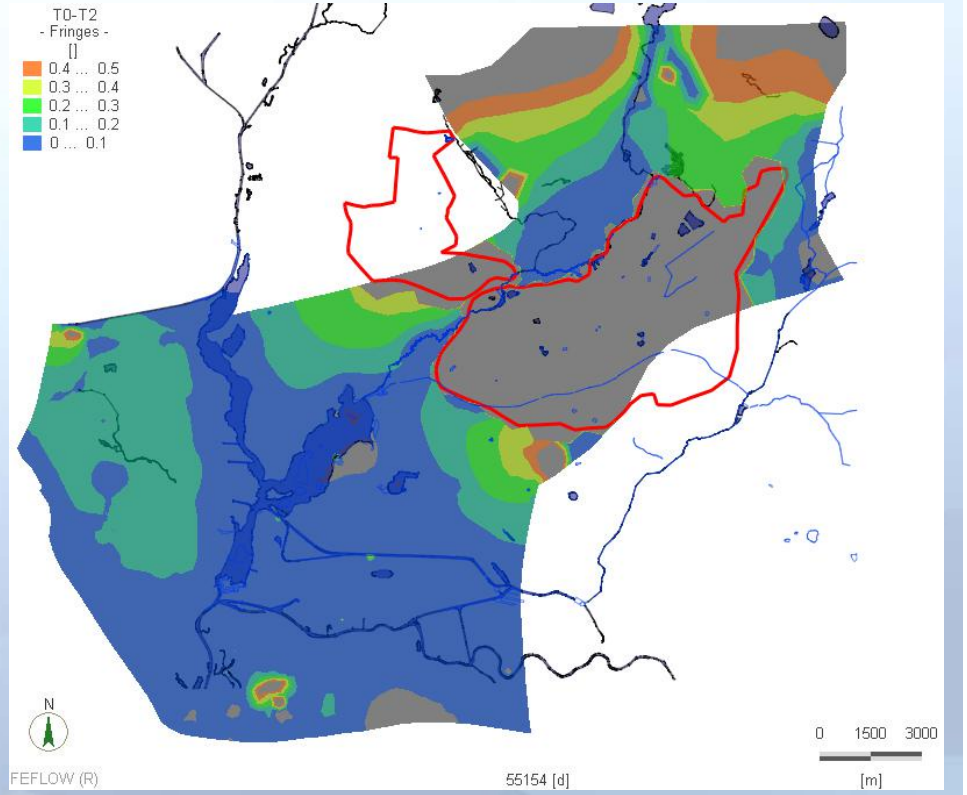


Mittlere Gruppe

Langjährige Flurabständsänderung



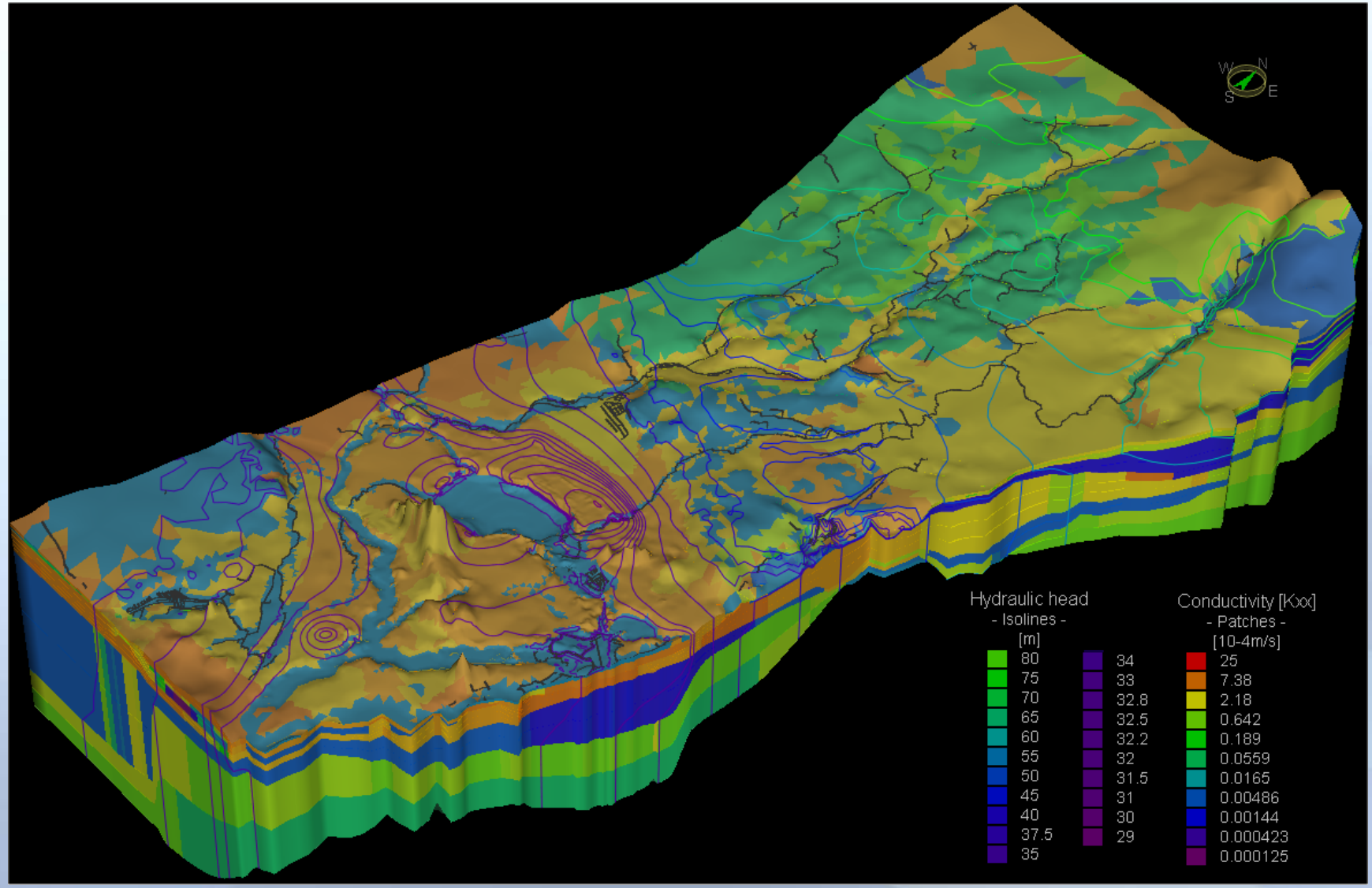
Trockene Gruppe

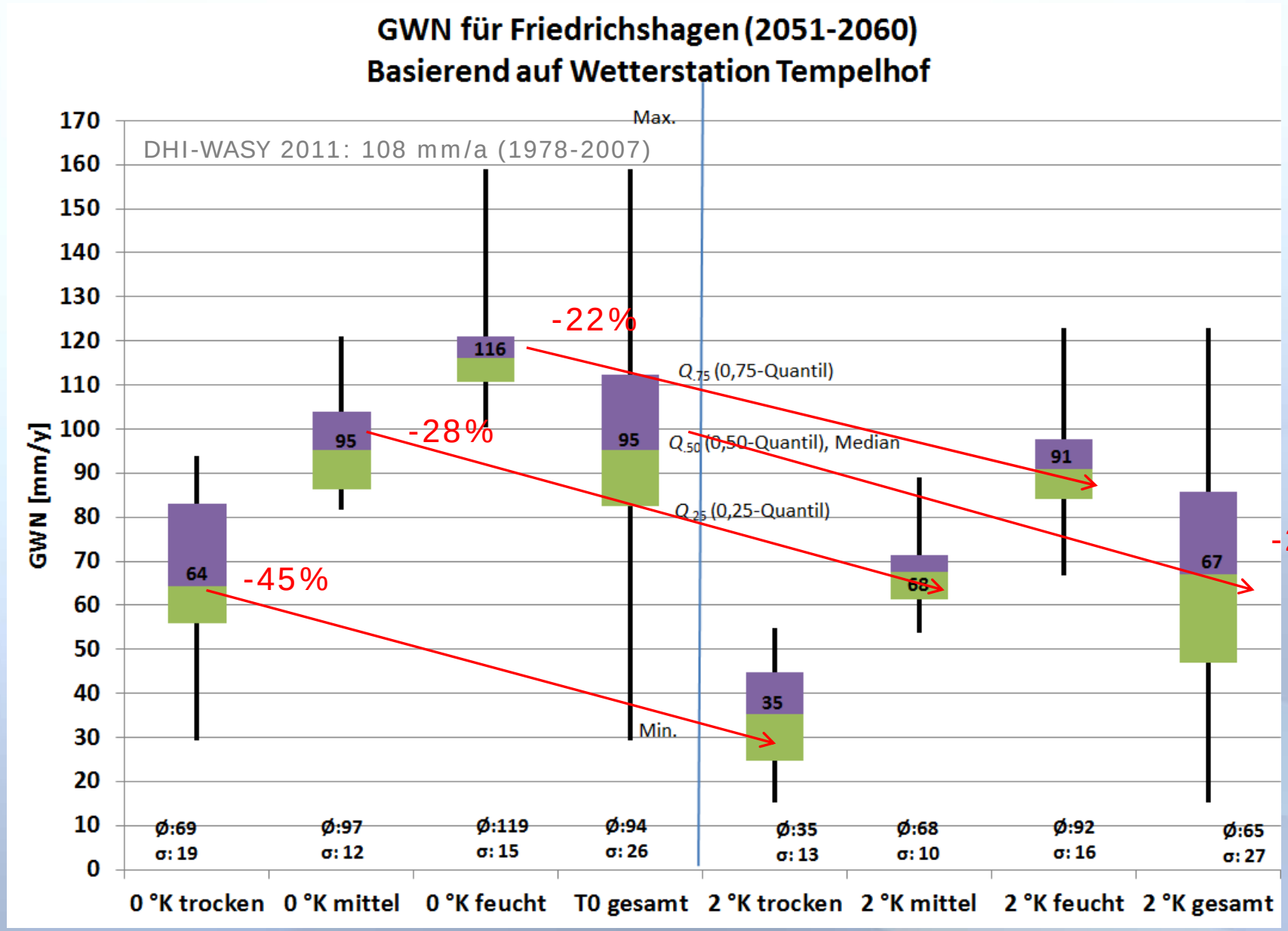


Feuchte Gruppe

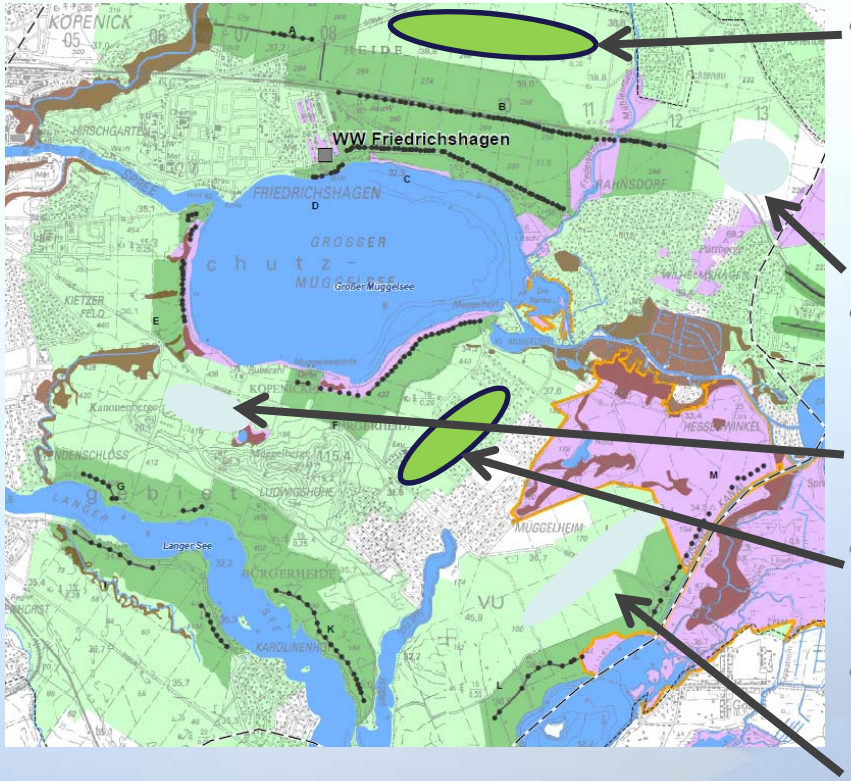
Geringere Betroffenheit im Bereich der stau-geregelten Berliner Gewässer

Modellaufbau



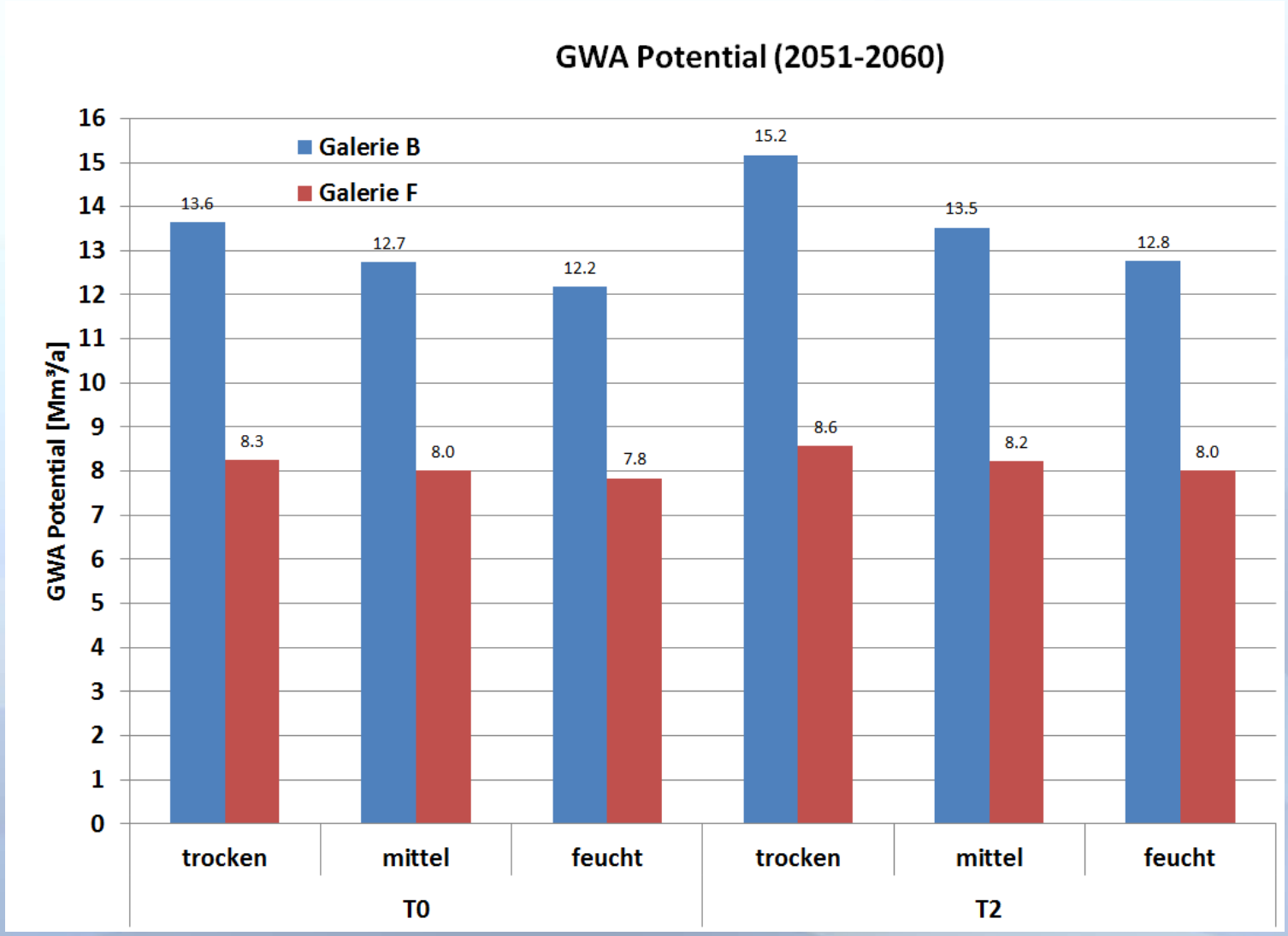

GWN für Friedrichshagen (2051-2060)
Basierend auf Wetterstation Tempelhof
DHI-WASY 2011: 108 mm/a (1978-2007)
GWN [mm/y]
Max.
Min.
Q_{75} (0,75-Quantil)
Q_{50} (0,50-Quantil), Median
Q_{25} (0,25-Quantil)
-22%
-28%
-45%
-29%
64
95
116
95
35
68
91
67
Ø:69 σ: 19
Ø:97 σ: 12
Ø:119 σ: 15
Ø:94 σ: 26
Ø:35 σ: 13
Ø:68 σ: 10
Ø:92 σ: 16
Ø:65 σ: 27
0 °K trocken
0 °K mittel
0 °K feucht
T0 gesamt
2 °K trocken
2 °K mittel
2 °K feucht
2 °K gesamt

Varianten Wasserrückhalt (hypothetisch)

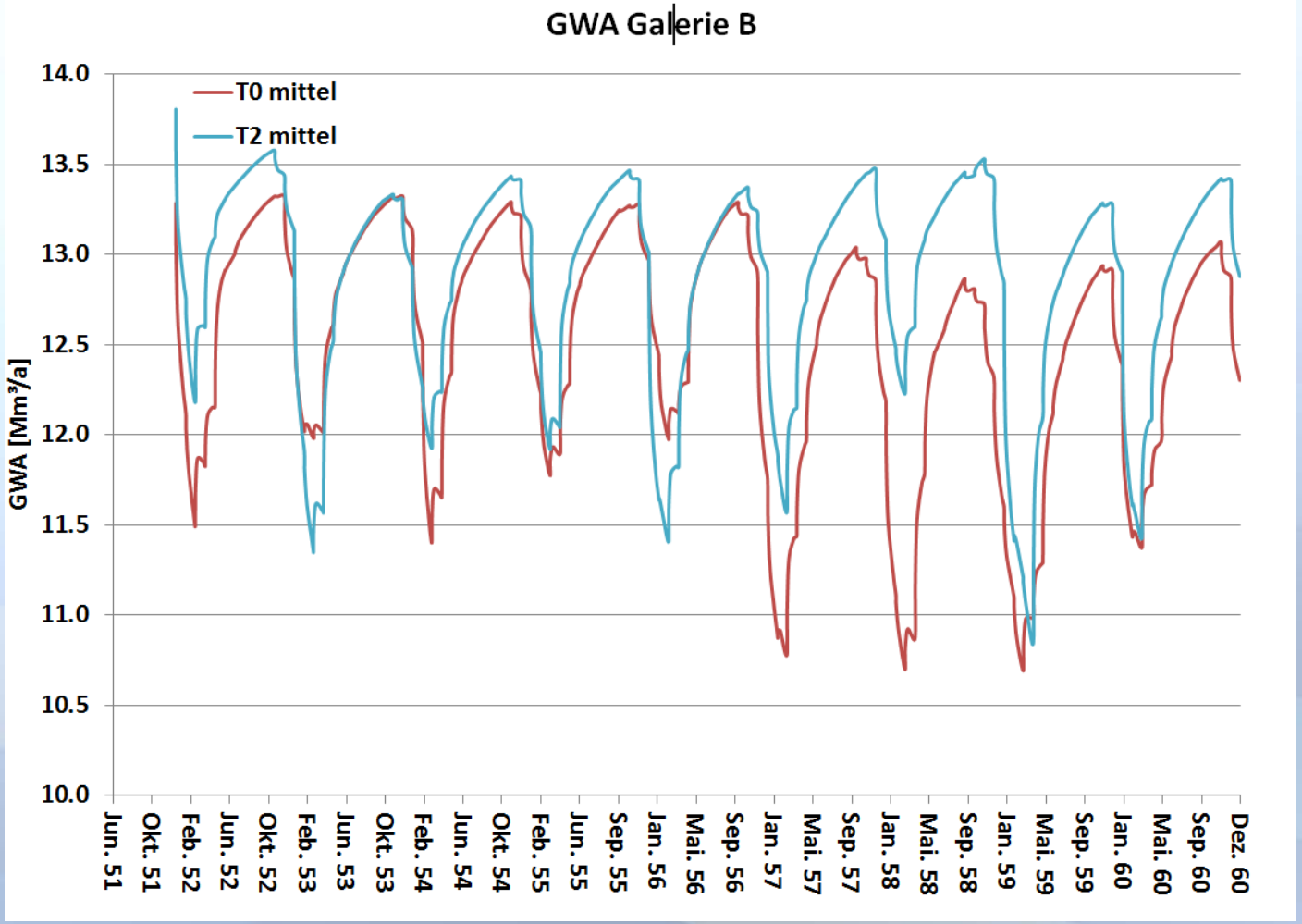


- **B-Variante**:
  - Gefährdung der A-Galerie würde durch GWA reduziert werden
  - Möglichkeit ggf. B+C Galerie voll funktionsfähig zu machen
- Ost-Variante:
  - Orientierung zu Galerien nicht gut
  - Zu geringes Potential für ganze Galerie
- G-Variante:
  - Flurabstände zu gering (3 m)
- **F-Variante**
  - Bevorteilung der F-Galerie
  - Stützung der Wasserstände vom Natura 2000 Gebiet östlich der Galerie
- LM-Variante:
  - L+M Galerie nicht relevant genug, dass sich eine GWA lohnen würde

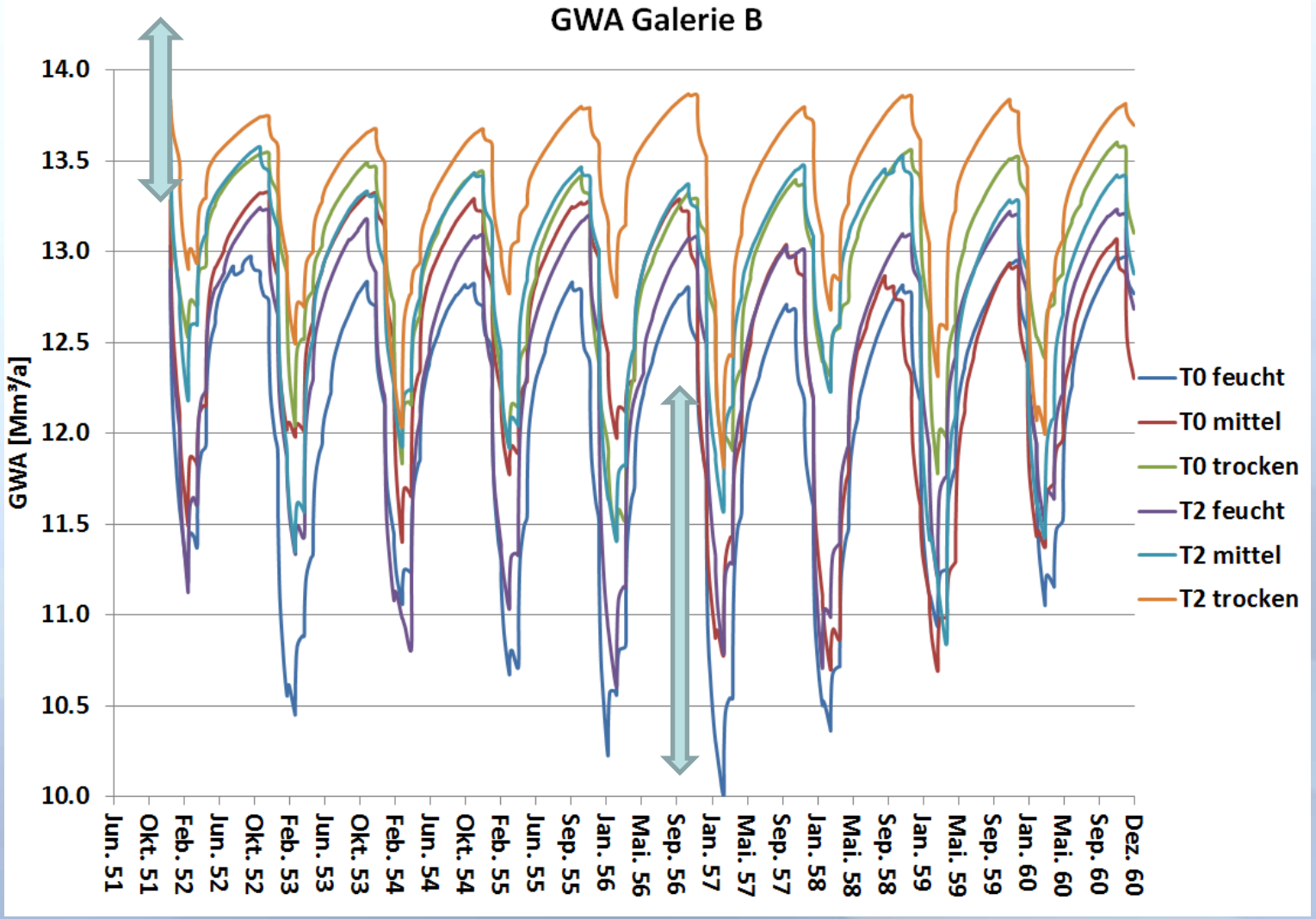
Stationäre Berechnung GWA Potential



Instationäre Berechnung GWA Galerie B



Statistik Galerie B



BMBF-Projektverbund (KLIMZG):

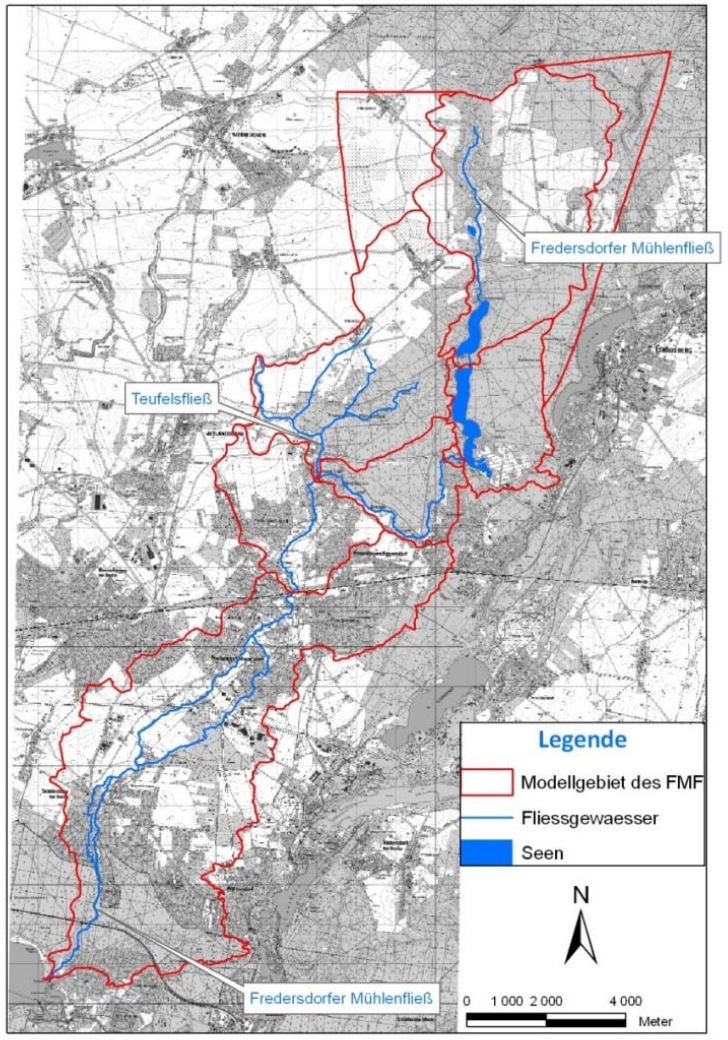
INKA BB

Teilprojekt 19:
Wassermanagement in kleinen Einzugsgebieten im Klimawandel

Projektpartner:
ZALF e. V., DHI-WASY GmbH, BUT Cottbus, IRS e.V., WBV´s

Teilaufgabe:
Fredersdorfer Mühlenfließ

Hintergrund:
Rückgang der Grundwasserstände, zeitweises Trockenfallen des Fließes, Nutzungskonkurrenz



Klimaprojektionen

- Modell **STAR II** (PIK), statistisches Regionalisierungsverfahren ausgehend von Klimatrends aus globalen Zirkulationsmodellen

- Szenario T0 - 2004-2060, ohne Temperaturanstieg
- Szenario T2 - 2004-2060, +2 °C Temperaturanstieg

- Verfügbar: N, PET (Tageswerte) für 100 Realisierungen
  statistisch gleich wahrscheinlich

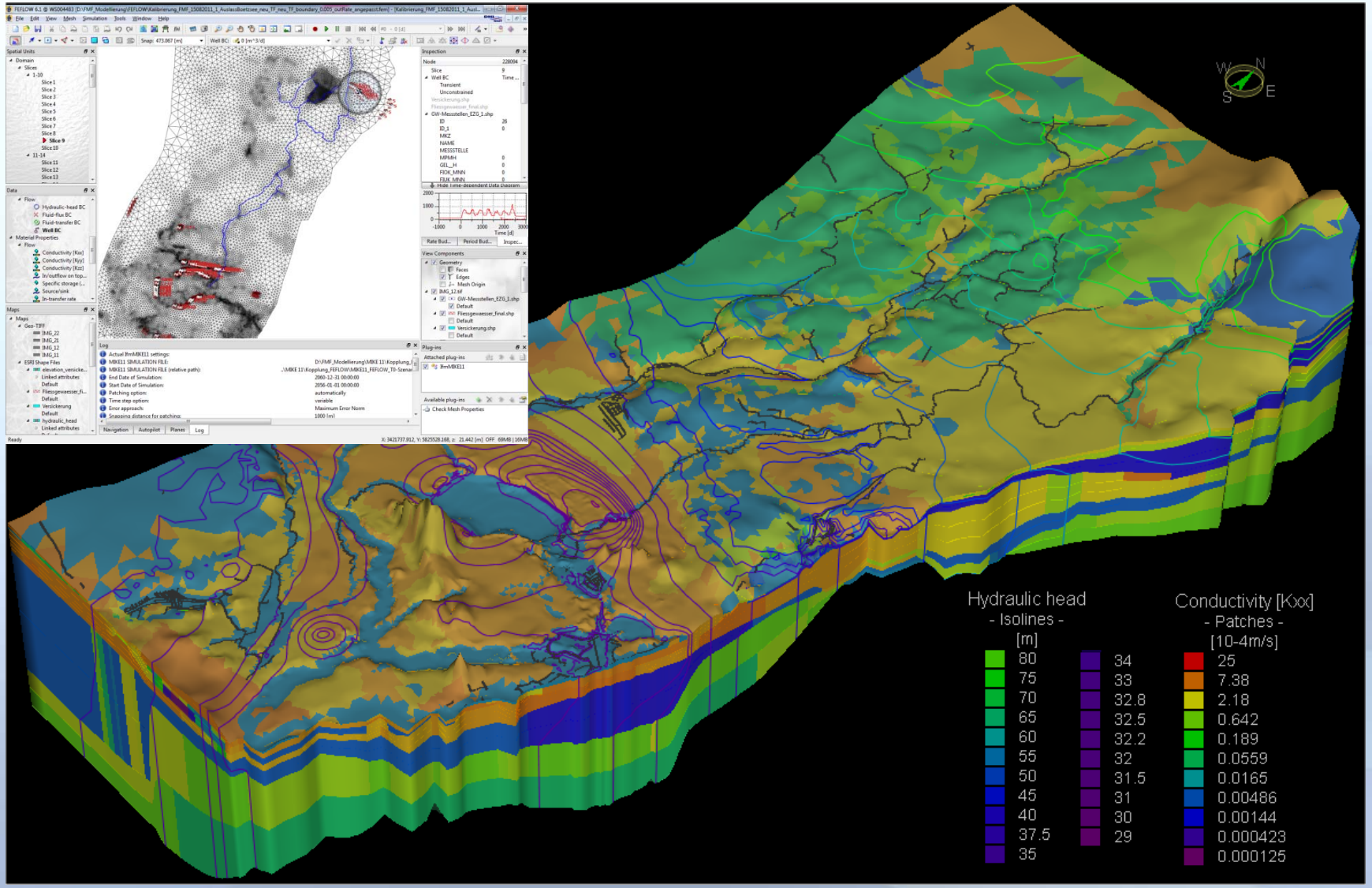
- SIWA on ArcView → Grundwasserneubildung
- FEFLOW – MIKE 11 → Grundwasser- und Abflussverhältnisse

- Variantenauswahl (Realisierungen) basierend auf der Auswertung der klimatischen Wasserbilanz

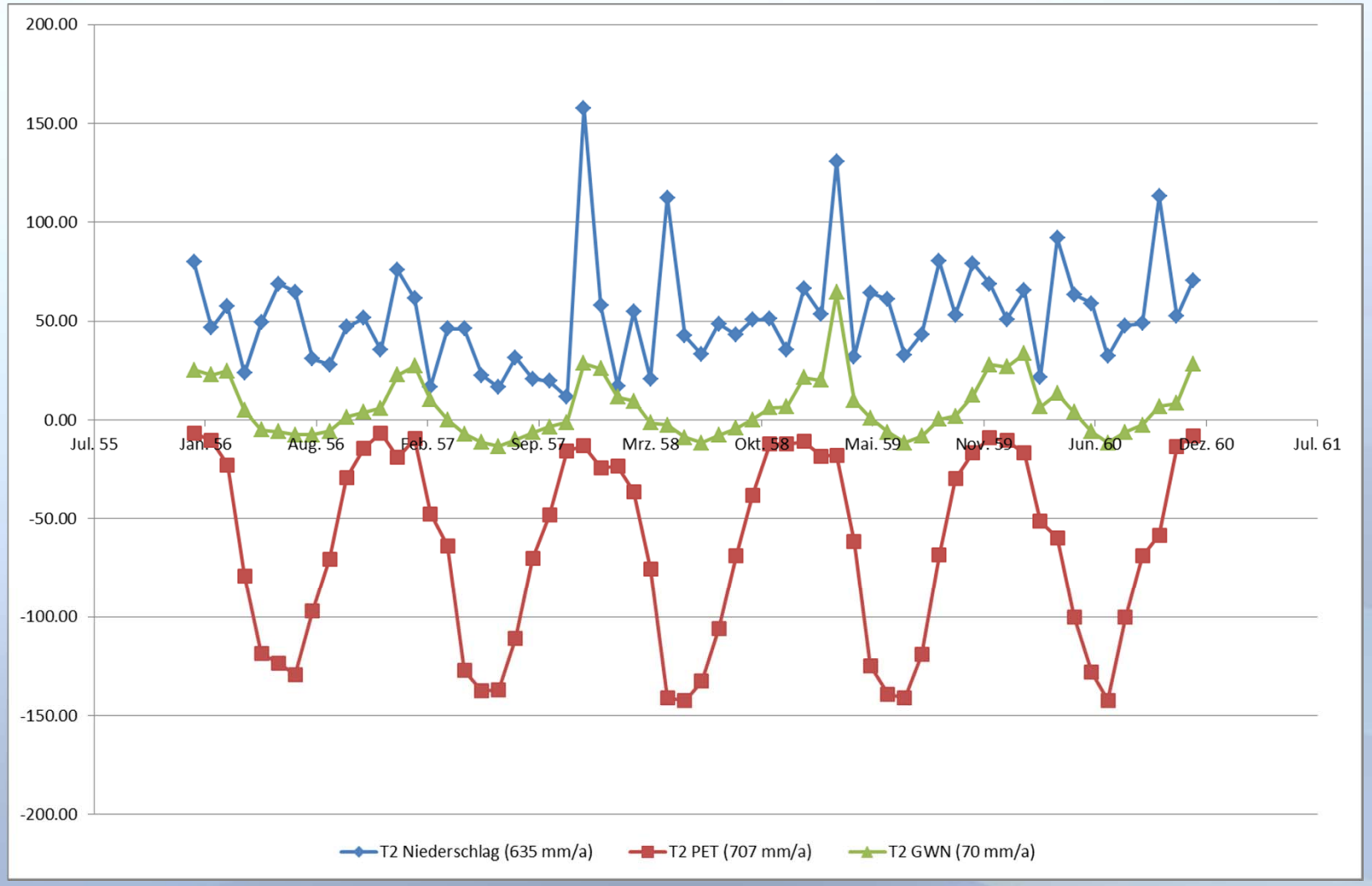
R1 - sehr trocken	R25 - trocken
R50 - mittel	R75 - feucht
R100 - sehr feucht	

Modellaufbau

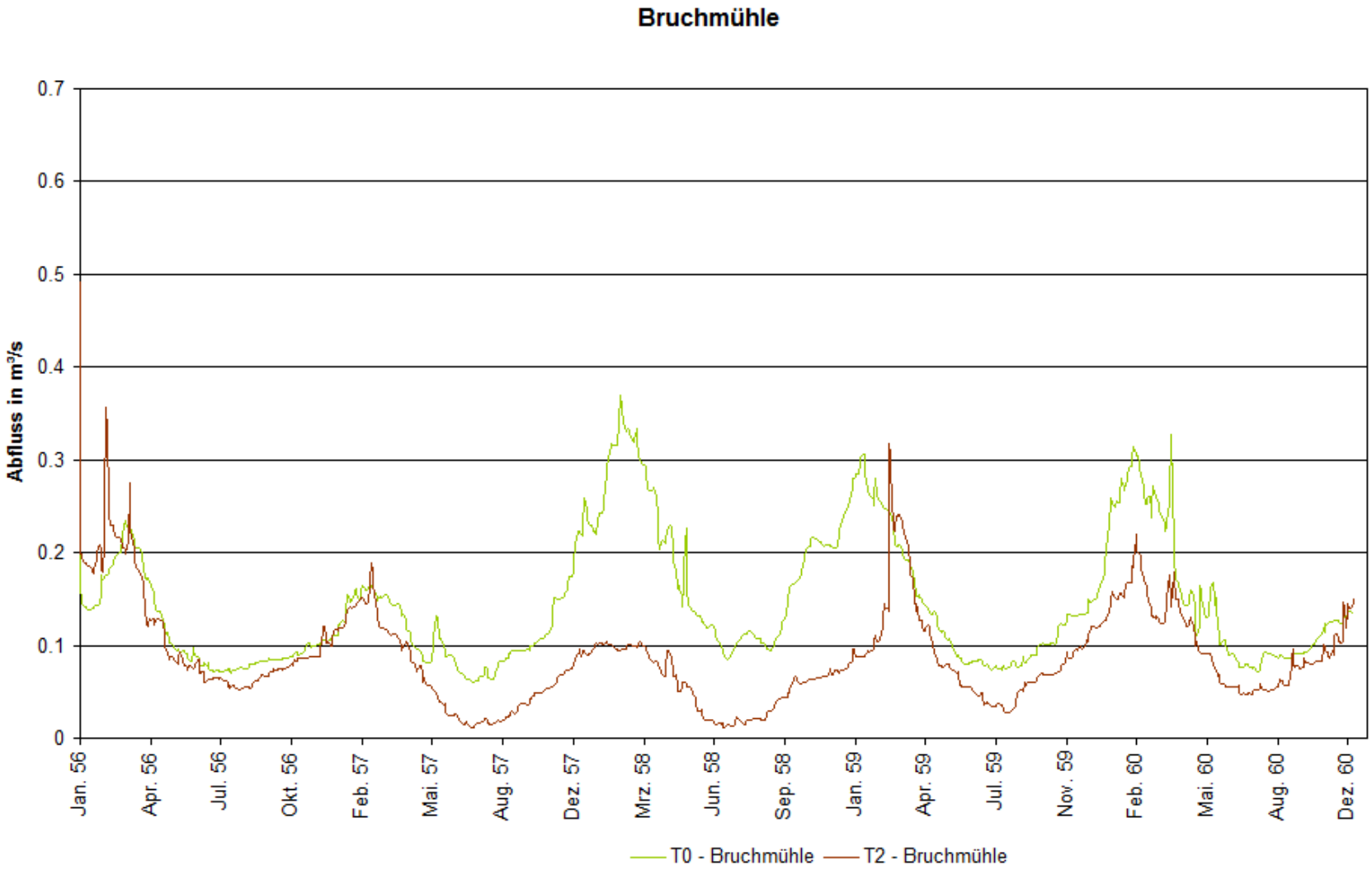
Gekoppelt FEFLOW – MIKE 11



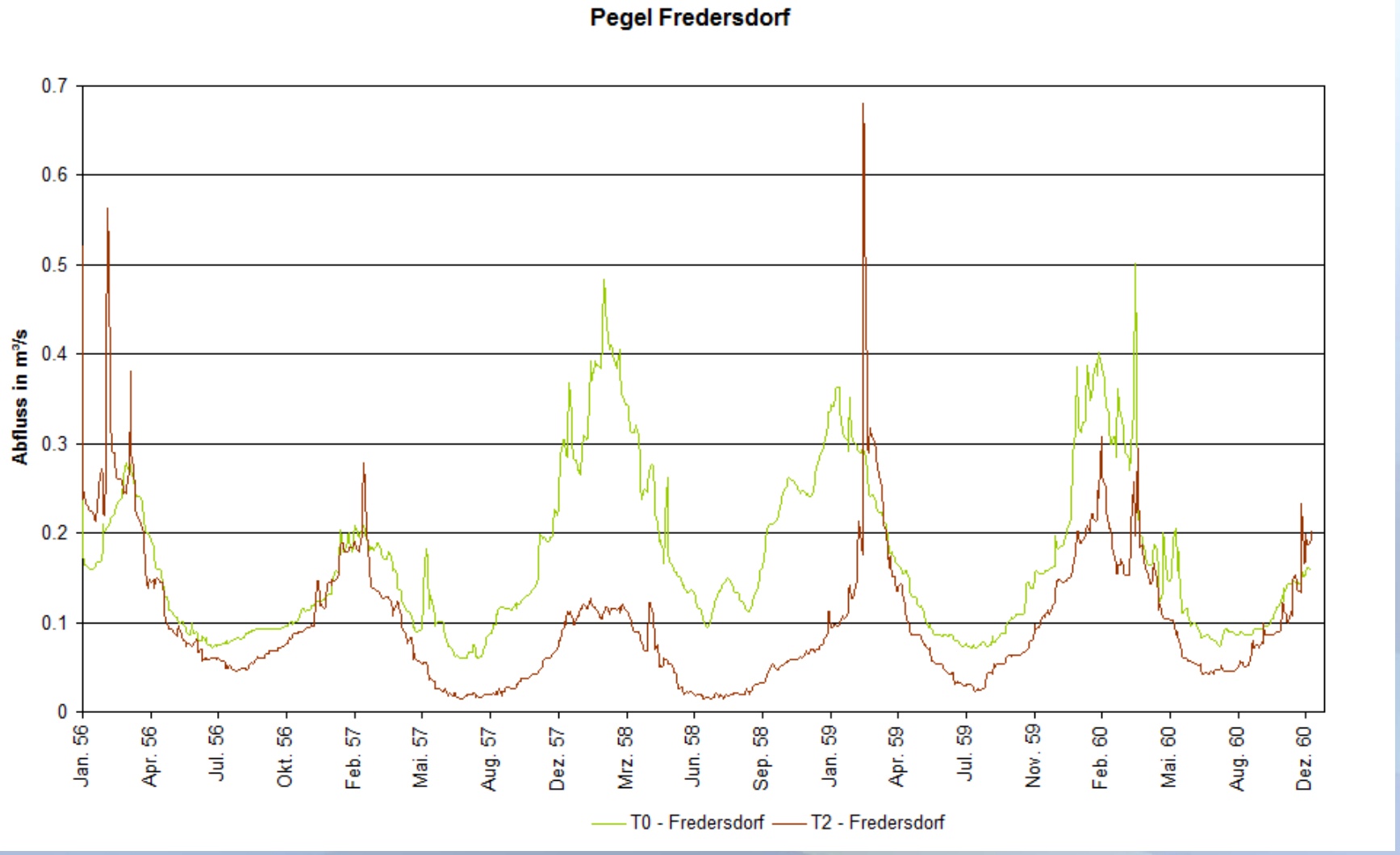
T2; R50 - Betrachtungszeitraum 2056-60



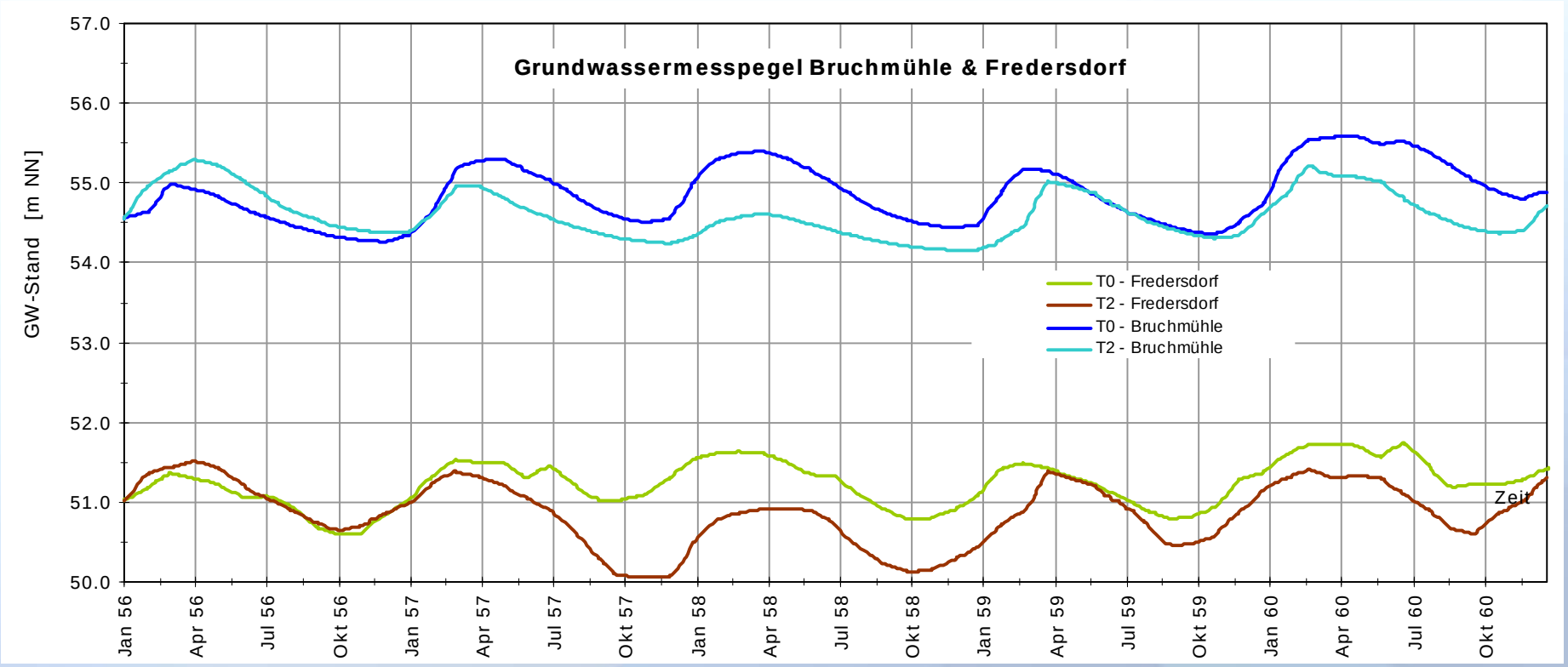
2.3 Grundwasserverhältnisse im Einzugsgebiet des Fredersdorfer Mühlenfließes



2.3 Grundwasserverhältnisse im Einzugsgebiet des Fredersdorfer Mühlenfließes



2.3 Grundwasserverhältnisse im Einzugsgebiet des Fredersdorfer Mühlenfließes



Weitere Verschärfung des angespannten Wasserhaushalts

Machbarkeitsstudie - Stabilisierung des Landschaftswasserhaushalts in der Schorfheide

Auftraggeber: Landesumweltamt Brandenburg

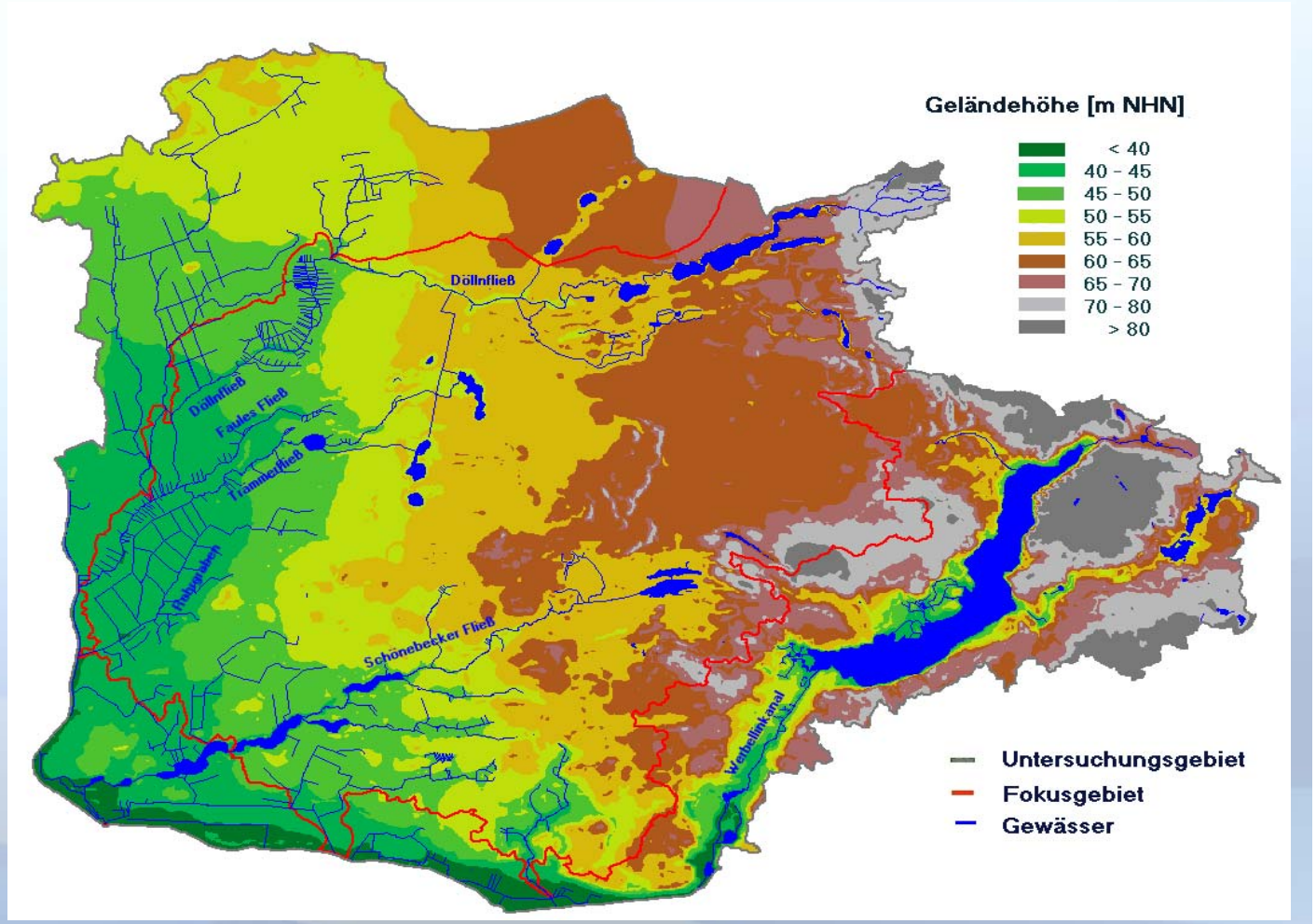
Veranlassung:
Gefährdung der Biotope der Schorfheide (Biosphärenreservat) durch defizitären Landschaftswasserhaushalt

Untersuchungsraum

Fließgewässer im Fokusgebiet
- Döllnfließ
  - Trämmerfließ
  - Faules Fließ
  - Rohrgraben
- Schönebecker Fließ
- Klanfließ

Größere Seen im Fokusgebiet
- Gr./Kl. Döllnsee
- Gr./Kl. Rarangsee
- Gr. Lotzinsee
- Gr. Glasowsee
- Gr./Kl. Pinnowsee

Geländehöhen
Neigung von NE → SW
Hochfläche > 50 m NHN

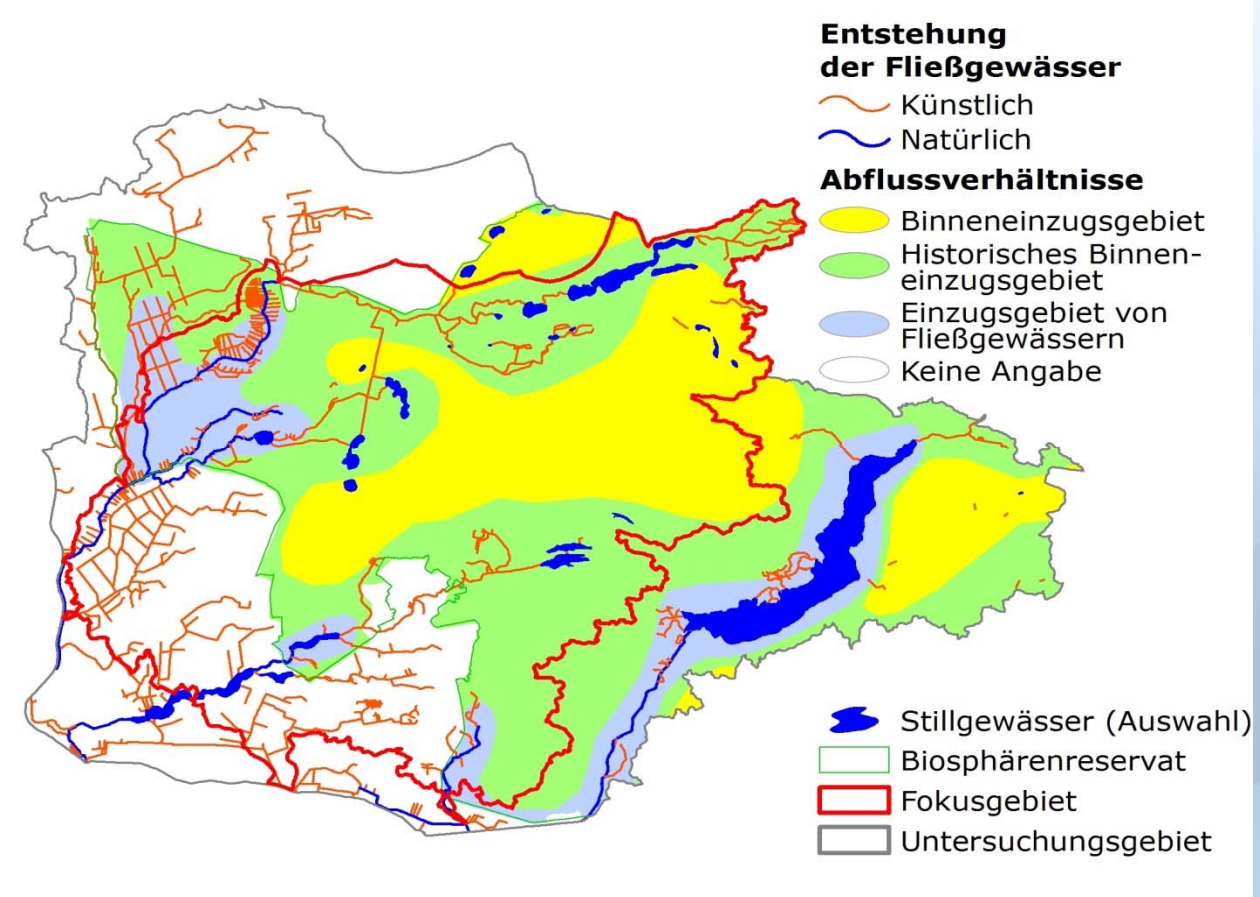


Untersuchungsgebiet ca. 442 km²
Fokusgebiet ca. 246 km²

Natürliche und künstliche Fließgewässer

88 % der Gewässer im UG sind künstlichen Ursprungs
(Flößerei, Vertiefung und Begradigung noch in den 1960er Jahren)

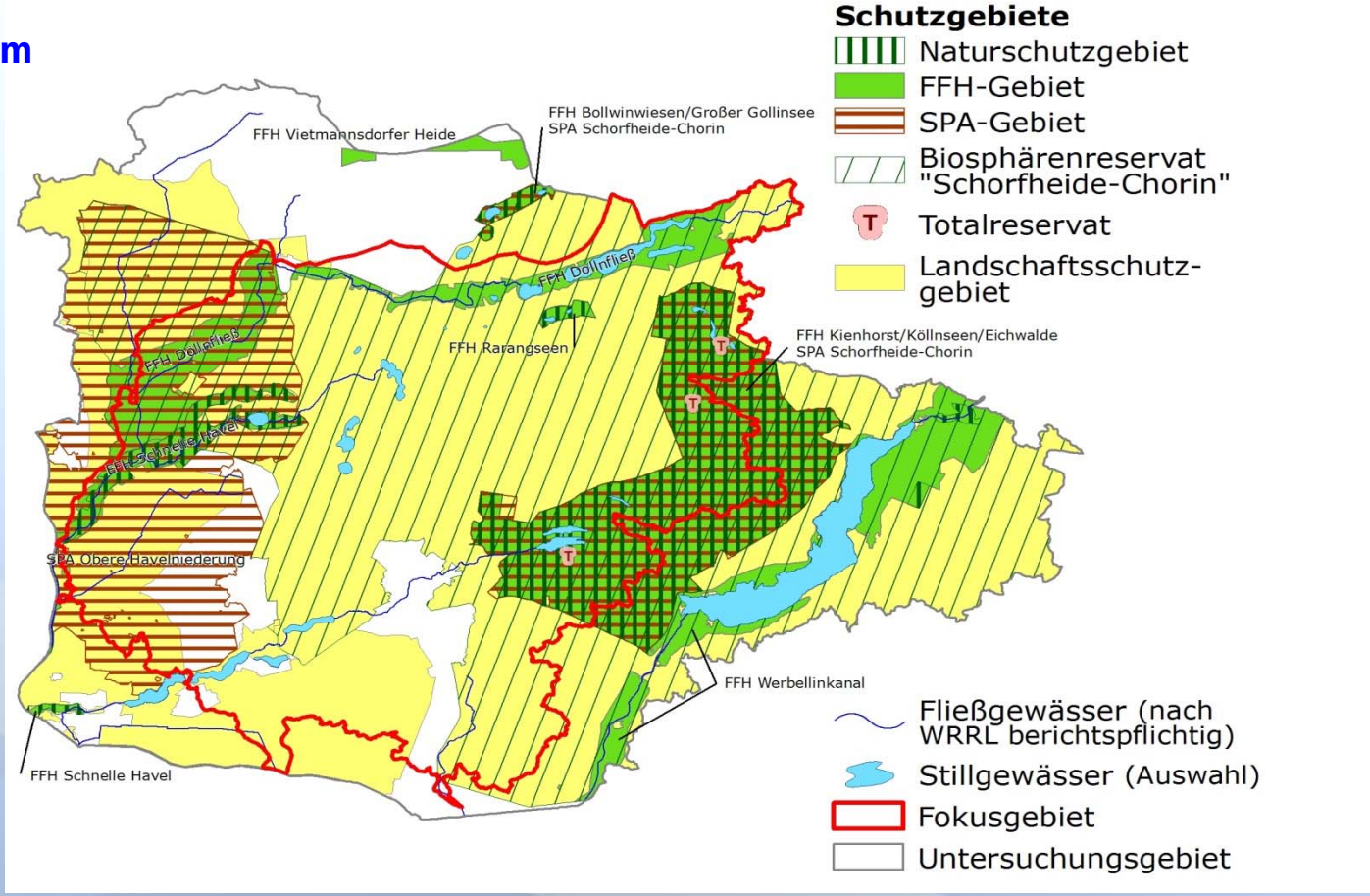
➔ Entwässerung von **62 %** der natürlichen Binneneinzugsgebiete



Schutzgebiete

Wertvoller Naturraum

- ➔ 7 FFH-Gebiete
- ➔ 2 SPA-Gebiete



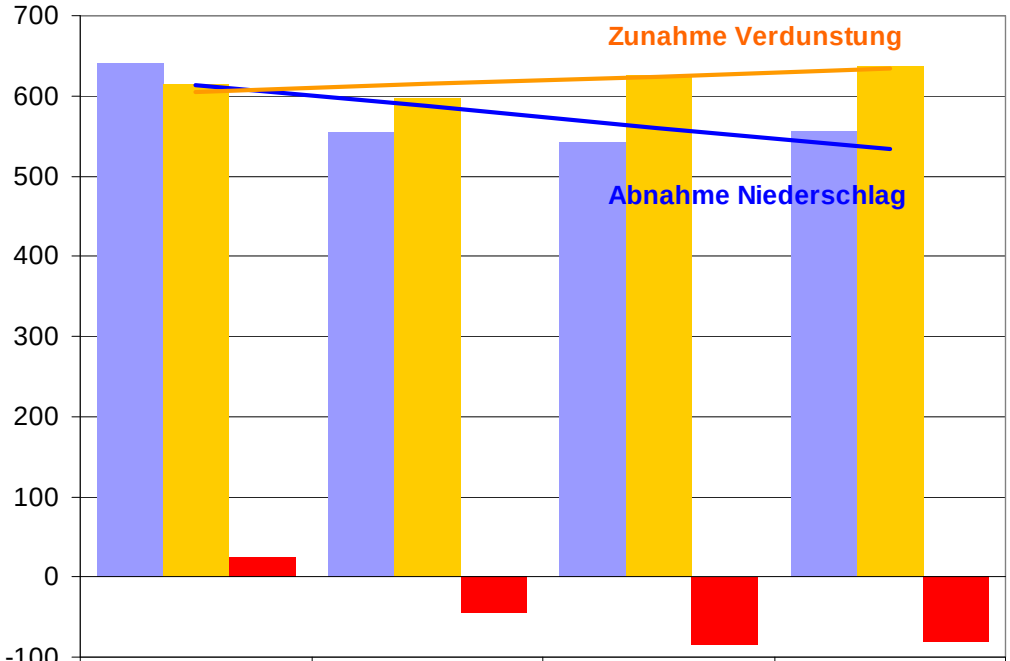
Klimaentwicklung von 1961 - heute

Klimastation Angermünde
(DWD, 2007)

- Abnahme Niederschlag
- Zunahme Verdunstung

→ Entwicklung der klimatischen Wasserbilanz von Dargebots-überschuss zu hohen Defiziten

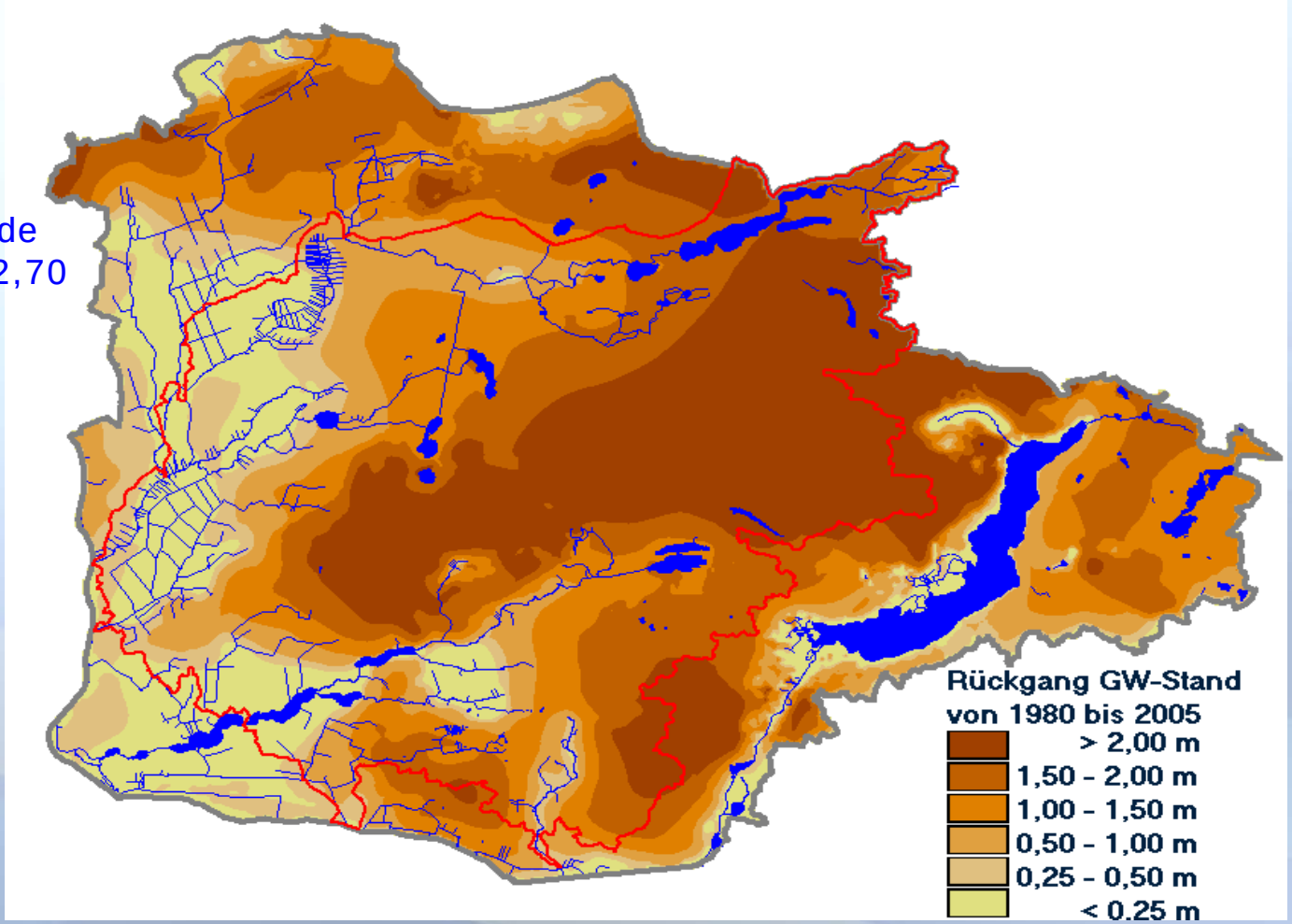
Folgen dieser Entwicklung
→ Rückgang von:
- Grundwasserspeicher
- Grundwasserständen
- Wasserständen in den kleinen Seen
- Abflüssen in den Fließgewässern



	Mittel 1961 - 1970	Mittel 1971 - 1980	Mittel 1981 - 1990	Mittel 1991 - 2000
Niederschlag, korr. [mm/a]	641	554	542	557
Potentielle Verdunstung [mm/a]	615	598	626	638
Klimatische Wasserbilanz [mm/a]	25	-44	-84	-81

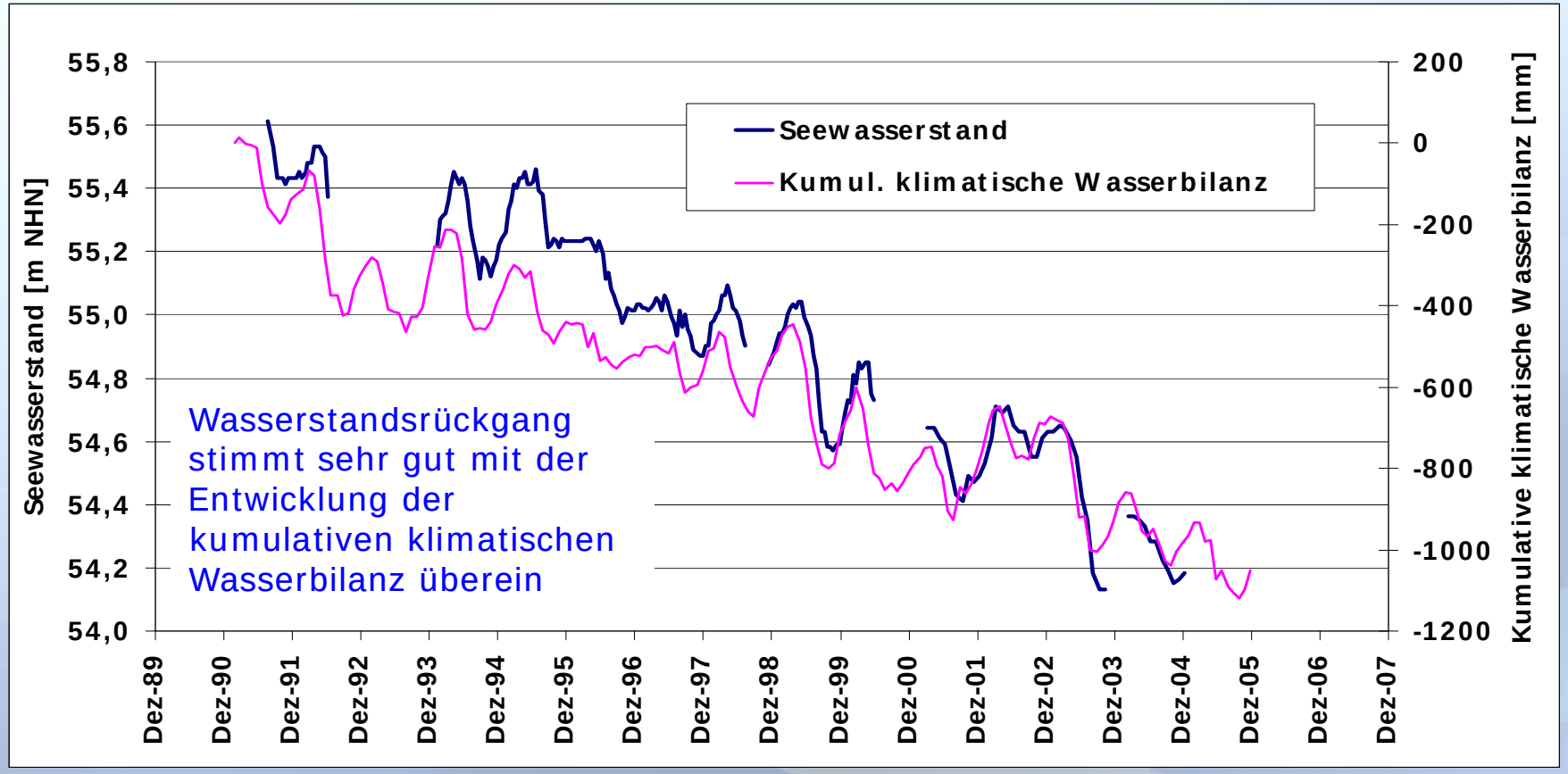
Rückgang der GW-Stände

Von 1980 bis 2005
Rückgang der GW-Stände
zwischen ca. 1,50 und 2,70
m auf der Hochfläche



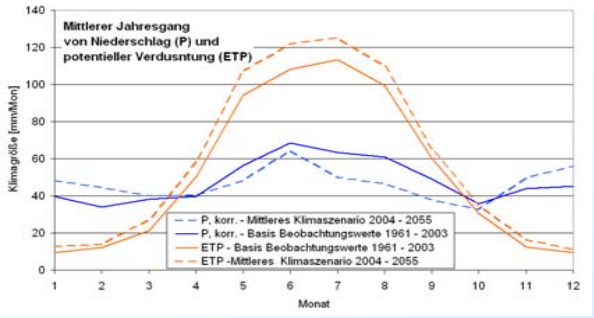
Rückgang der Wasserstände in den kleinen Seen

z. B. Großer Pinnowsee (siehe Abb.)
Rückgang Wasserstand von 1991 bis 2004 um ca. 1,40 m



➔ **Rückgang Seewasserstände vorrangig klimatisch bedingt**

Klimaentwicklung heute - 2055
Mittleres Klimaszenario (PIK)



Klimastation Angermünde

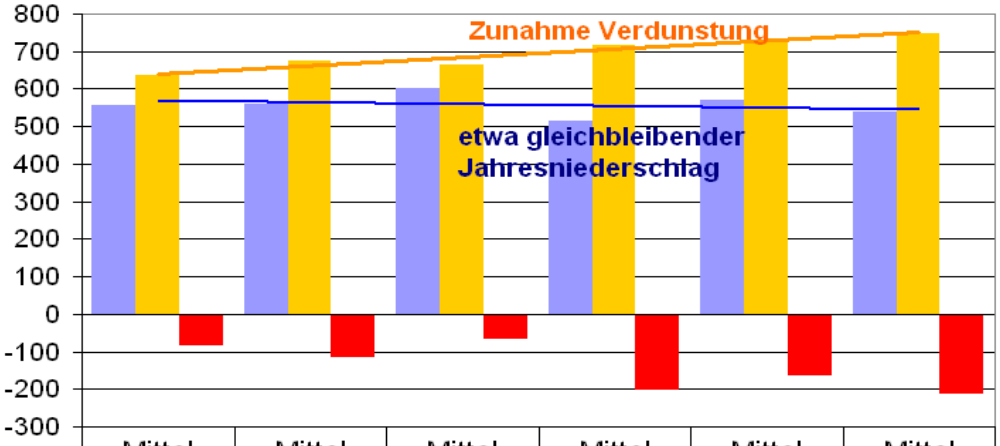
- Etwa gleichbleibender Jahresniederschlag
  (innerjährliche Verschiebung: trockenere Sommer - nassere Winter)
- Weitere Zunahme Verdunstung

→ Weitere Zunahme der Defizite

Folgen dieser Entwicklung

➔ weiterer Rückgang von:

- Grundwasserspeicher
- Grundwasserständen
- Wasserständen in den kleinen Seen
- Abflüssen in den Fließgewässern

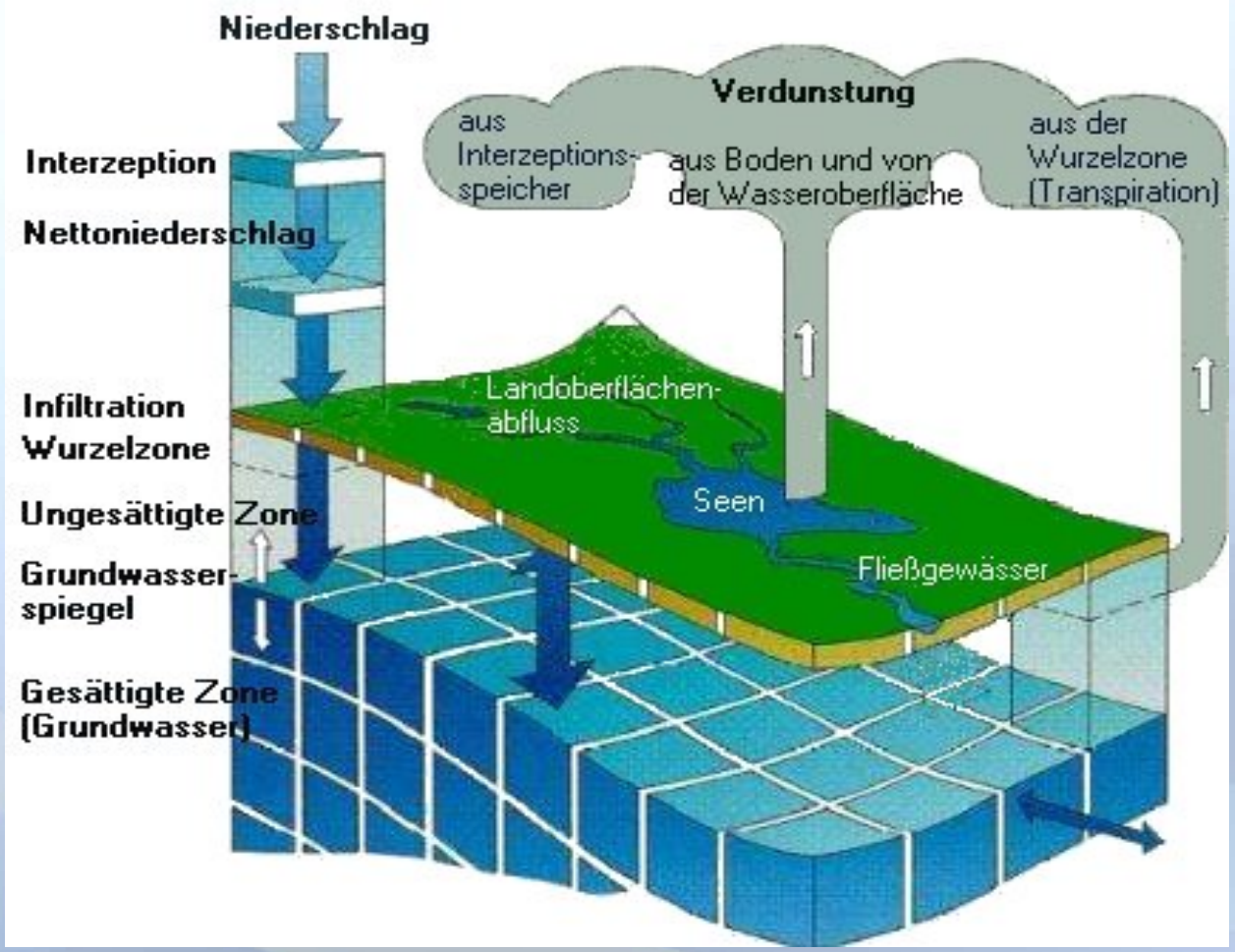


	Mittel 1991 - 2000	Mittel 2006 - 2015	Mittel 2016 - 2025	Mittel 2026 - 2035	Mittel 2036 - 2045	Mittel 2046 - 2055
Niederschlag, korr. [mm/a]	557	561	603	516	569	538
Potentielle Verdunstung [mm/a]	638	674	665	715	731	747
Klimatische Wasserbilanz [mm/a]	-81	-113	-62	-200	-162	-209

Modellaufbau

Gekoppeltes Oberflächenwasser-Grundwasser-Modell

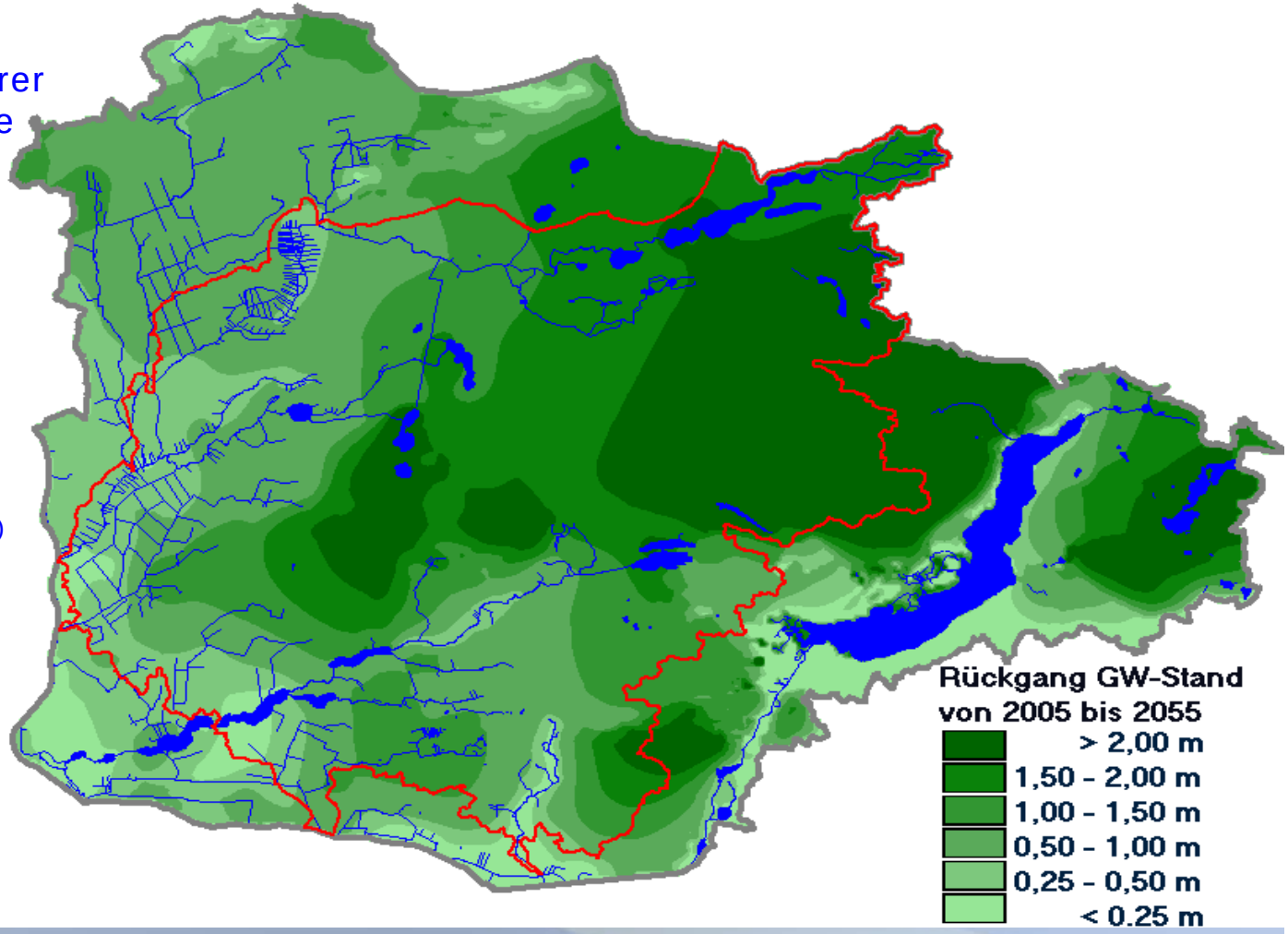
Nutzung der DHI-Modelle MIKE SHE und MIKE11



Weiterer Rückgang der GW-Stände

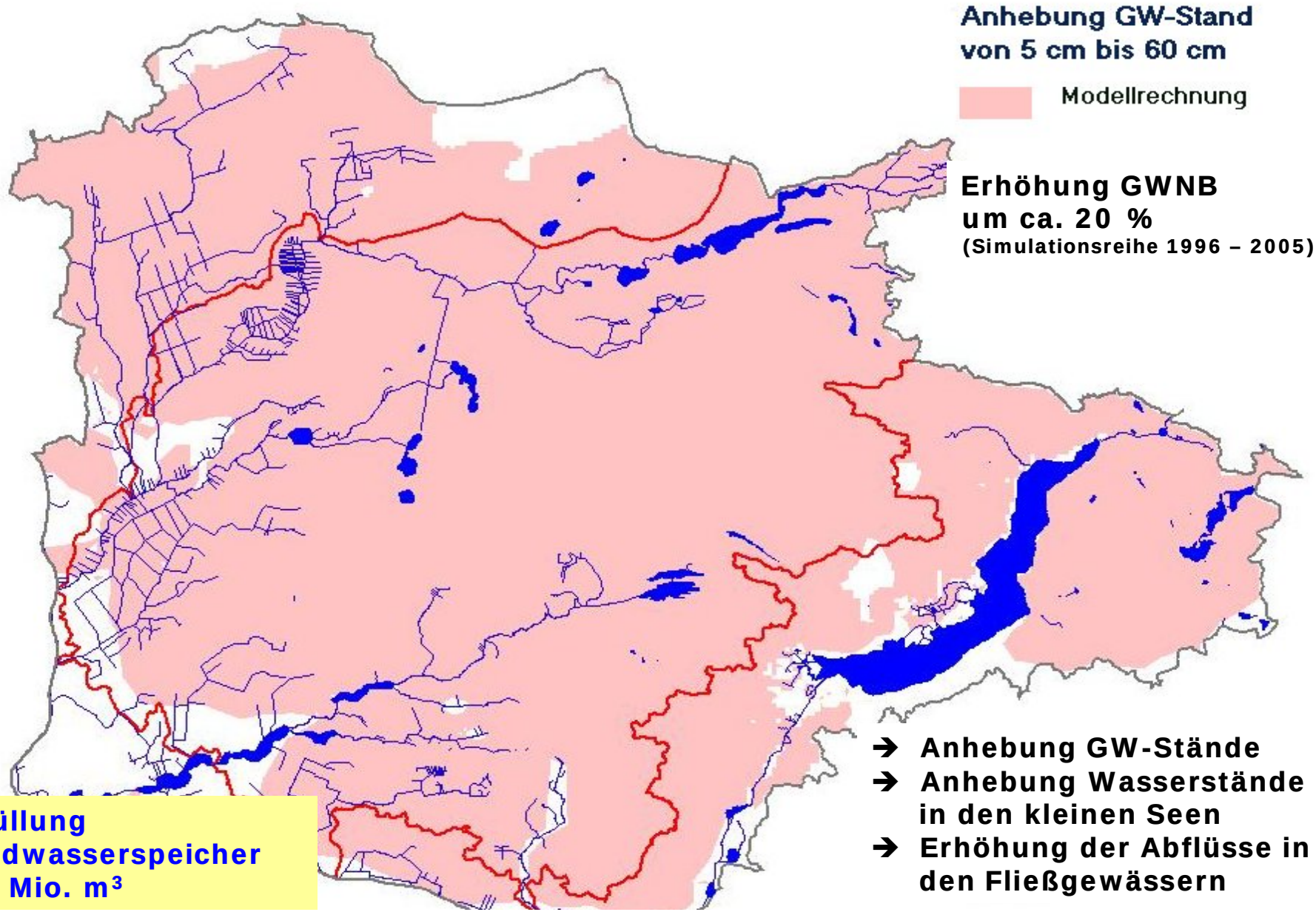
Von 2005 bis 2055 weiterer Rückgang der GW-Stände zwischen ca. 1,50 und 2,30 m auf der Hochfläche

Rückgang der GWNB um ca. 50 %
(von 1996 – 2005 zu 2046 – 2055)



DHI WASY

Erhöhung der GW-Neubildung durch Waldumbau



Erhöhung GWNB um ca. 20 %
(Simulationsreihe 1996 – 2005)

- ➔ **Anhebung GW-Stände**
- ➔ **Anhebung Wasserstände in den kleinen Seen**
- ➔ **Erhöhung der Abflüsse in den Fließgewässern**

Auffüllung Grundwasserspeicher > 11 Mio. m³

3 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen

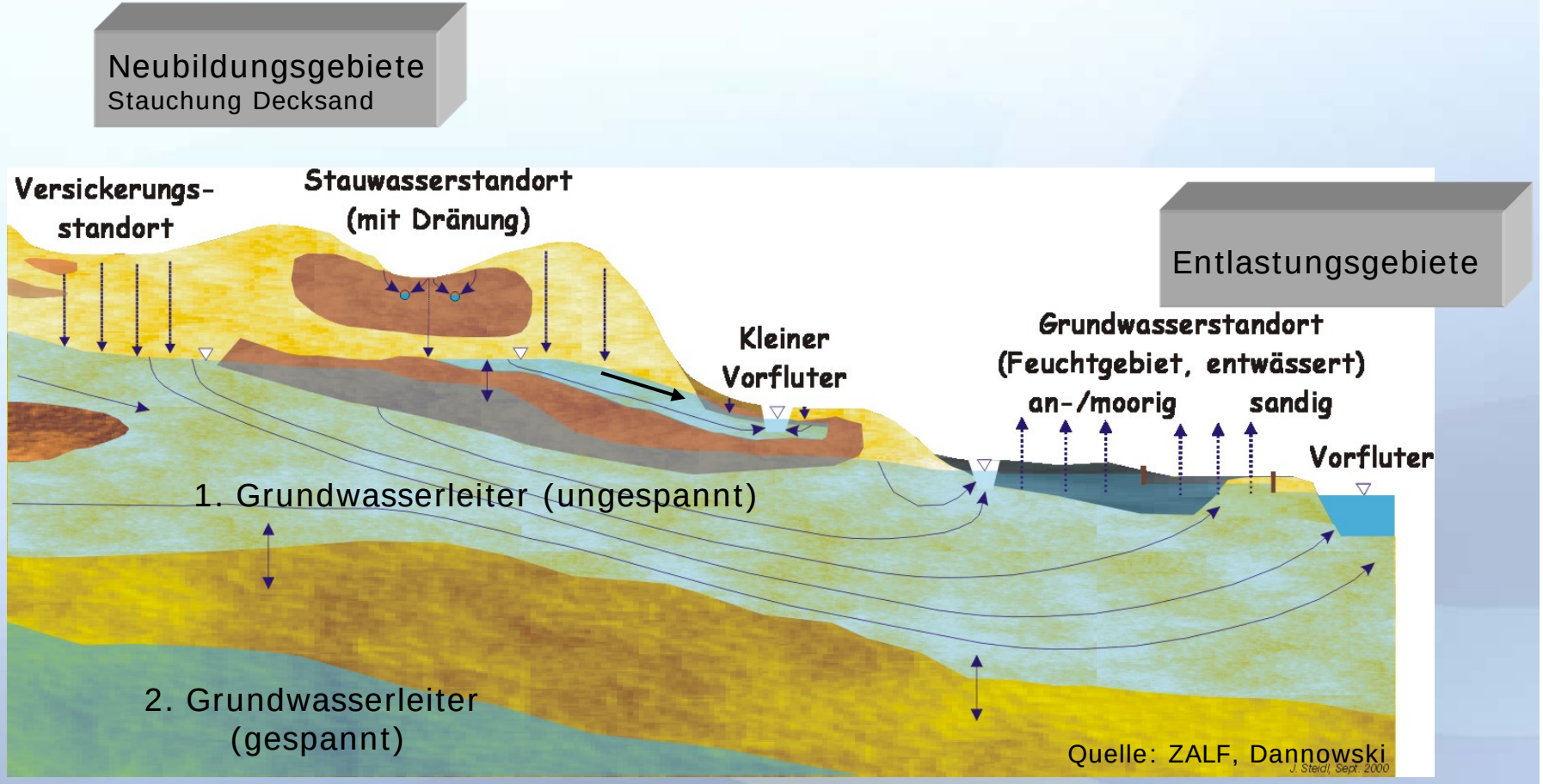
	Bedeckter GW-Leiter	Unbedeckter GW-Leiter			Feucht-gebiet
		Niederung	Stauhaltung OW (Berlin)	Bergbau-gebiet	
GW-Neubildung im Mittel	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩
GW-Neubildung im Sommer	⇩	⇩	⇩	⇩	⇩
GW-Neubildung im Winter	⇧	⇧	⇧	⇧	⇧
GW-Zehrung		⇧			⇧
GW-Stände im Mittel	⇩	⇩	⇩		⇩
Basisabfluss	⇩	⇩			⇩

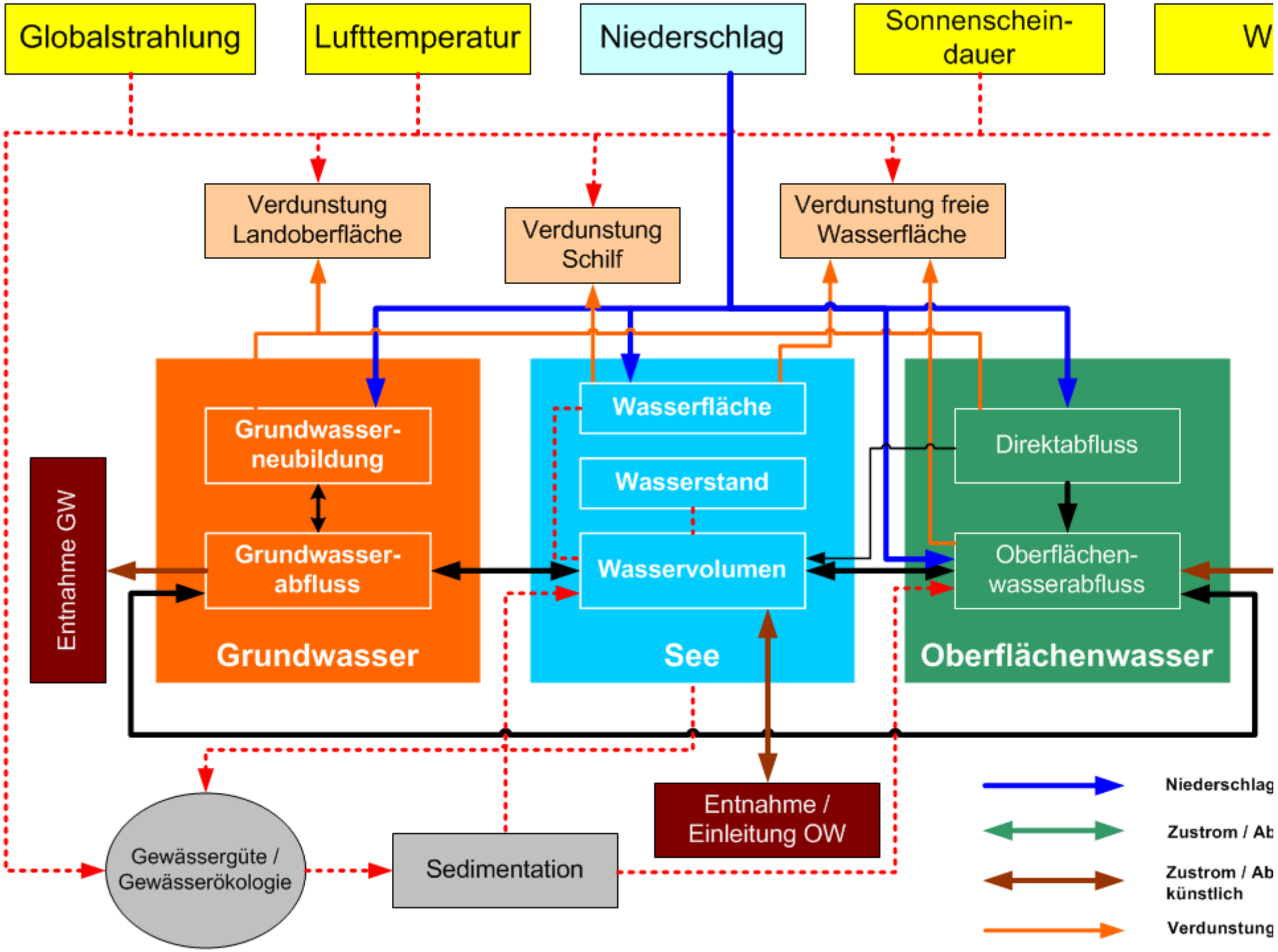
3 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen

- Klimawandel hat – zumindest in Teilregionen – bereits zu sinkenden Grundwasserständen geführt.
- Dieser Prozess dürfte sich in Zukunft verstärken.
- Auswirkungen des Klimawandels werden durch anthropogene Einflüsse überlagert (mit positiven oder negativen Konsequenzen)
- Betroffen sind dann in erster Linie grundwasserbehängige Ökosysteme sowie die Landwirtschaft.
- Signifikante Auswirkungen auf die GW-Gewinnung für die Wasser-versorgung werden nicht erwartet.
- Anpassungsmaßnahmen an den Klimawandel auch für Grundwasser sind erforderlich (→ INKA BB).
- Vermittlung entsprechender Maßnahmen in der Öffentlichkeit ist aktuell aufgrund drei nasser Sommer problematisch!

Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit !

3 Zusammenfassung, Schlussfolgerungen




Globalstrahlung
Lufttemperatur
Niederschlag
Sonnenschein-dauer
W
Verdunstung Landoberfläche
Verdunstung Schilf
Verdunstung freie Wasserfläche
Grundwasser-neubildung
Grundwasser-abfluss
Grundwasser
Wasserfläche
Wasserstand
Wasservolumen
See
Direktabfluss
Oberflächen-wasserabfluss
Oberflächenwasser
Entnahme GW
Gewässergüte / Gewässerökologie
Sedimentation
Entnahme / Einleitung OW
Niederschlag
Zustrom / Ab
Zustrom / Ab künstlich
Verdunstung