

Ein Modellverbund zur Abschätzung künftiger Entwicklungen des Grundwassers hinsichtlich Menge und Beschaffenheit - ReArMo

Beate Klöcking (BAH) & Marco Tichatschke (IHU)

BAH - Büro für Angewandte Hydrologie

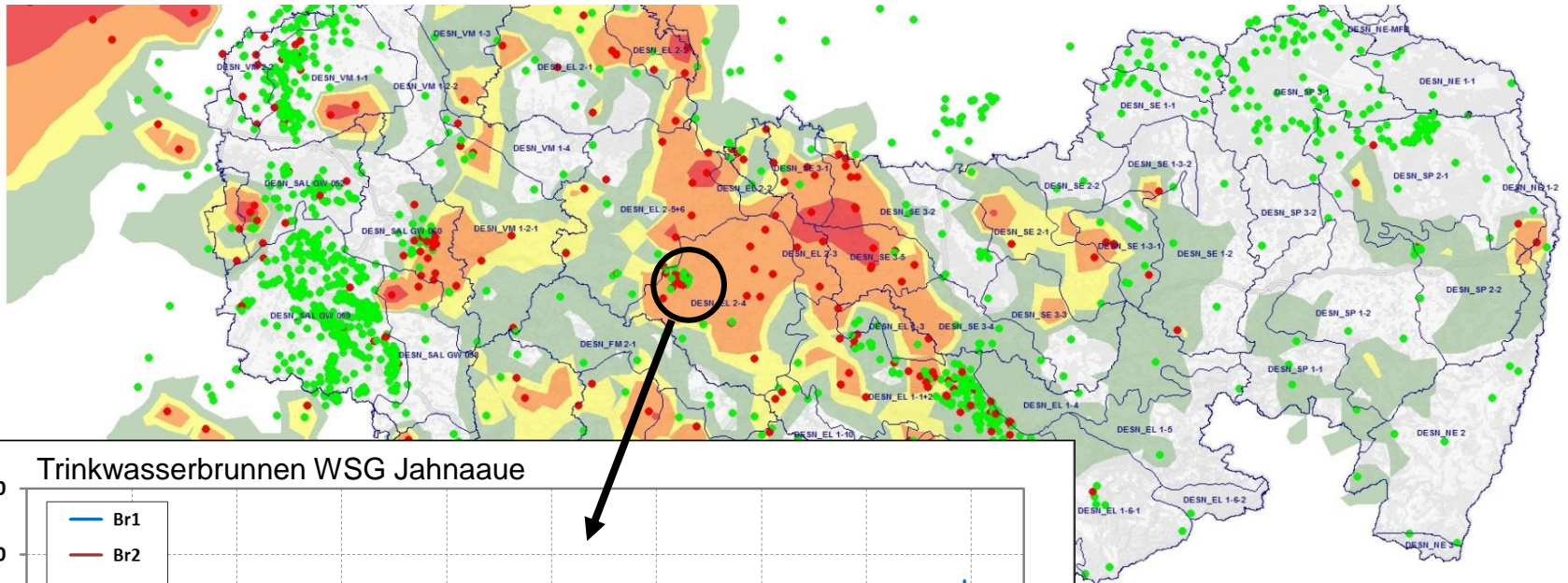
IHU - Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH

INL - Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung e. V.

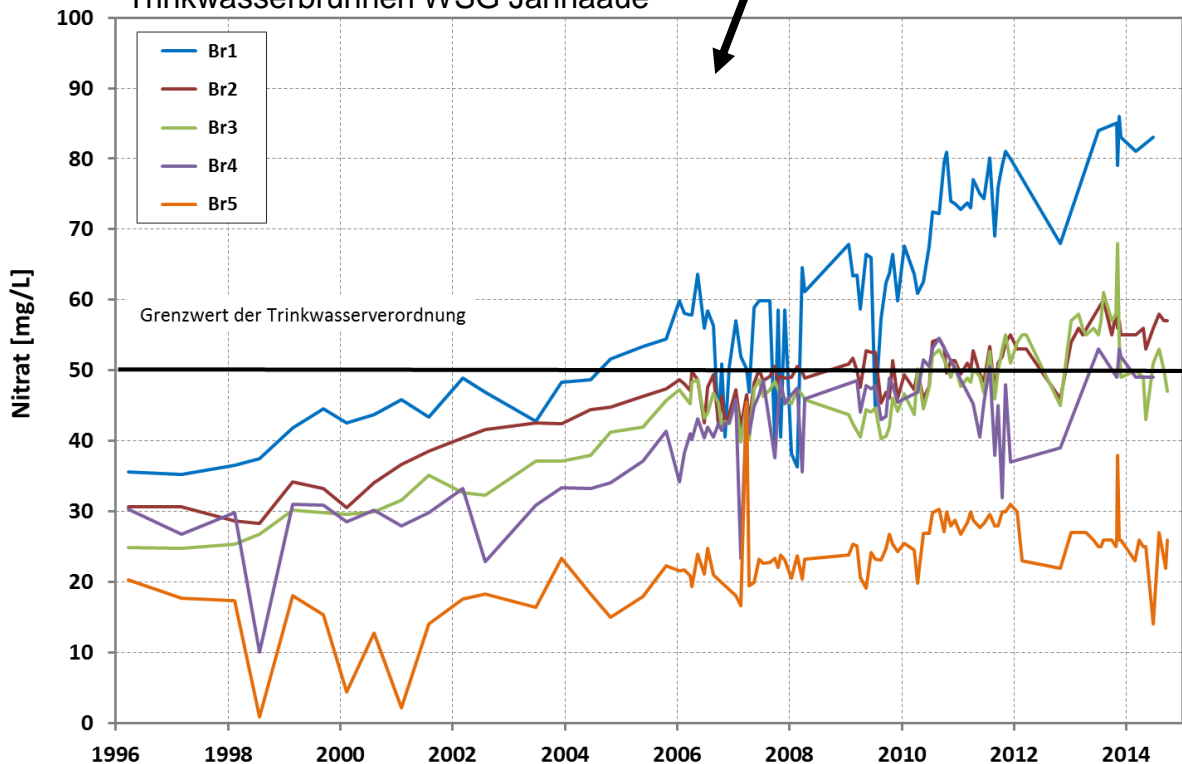
LfULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

BfUL - Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft

Nitratbelastung im Grundwasser– Zustandsbewertung 2014



Trinkwasserbrunnen WSG Jahnaue



Umsetzung der EG-WRRL in Sachsen

Vorbereitung 2. Bewirtschaftungsplan Grundwasser Bewertung chemischer Zustand

□ Grenzen der GWK 2013 (upload 19.12.2013)

Regionalisierungsgrundlage (2415 MST)

● > 50

● < 50

Regionalisierung NO₃_GWK_140509_IDW_2

Coutours [mg/l]

0,00001 – 25

25 – 40

40 – 50

50 – 100

100 – 526,813

Zielstellung

Verringerung der Stickstoffbelastungen der Grundwasserkörper

Modellierung des Stickstoffhaushalts (N-Spezies Nitrat und Ammonium) von der Düngung über die Boden- und die Grundwasserzone bis zur Wasserfassung unter Beachtung der kleinräumigen Variabilität

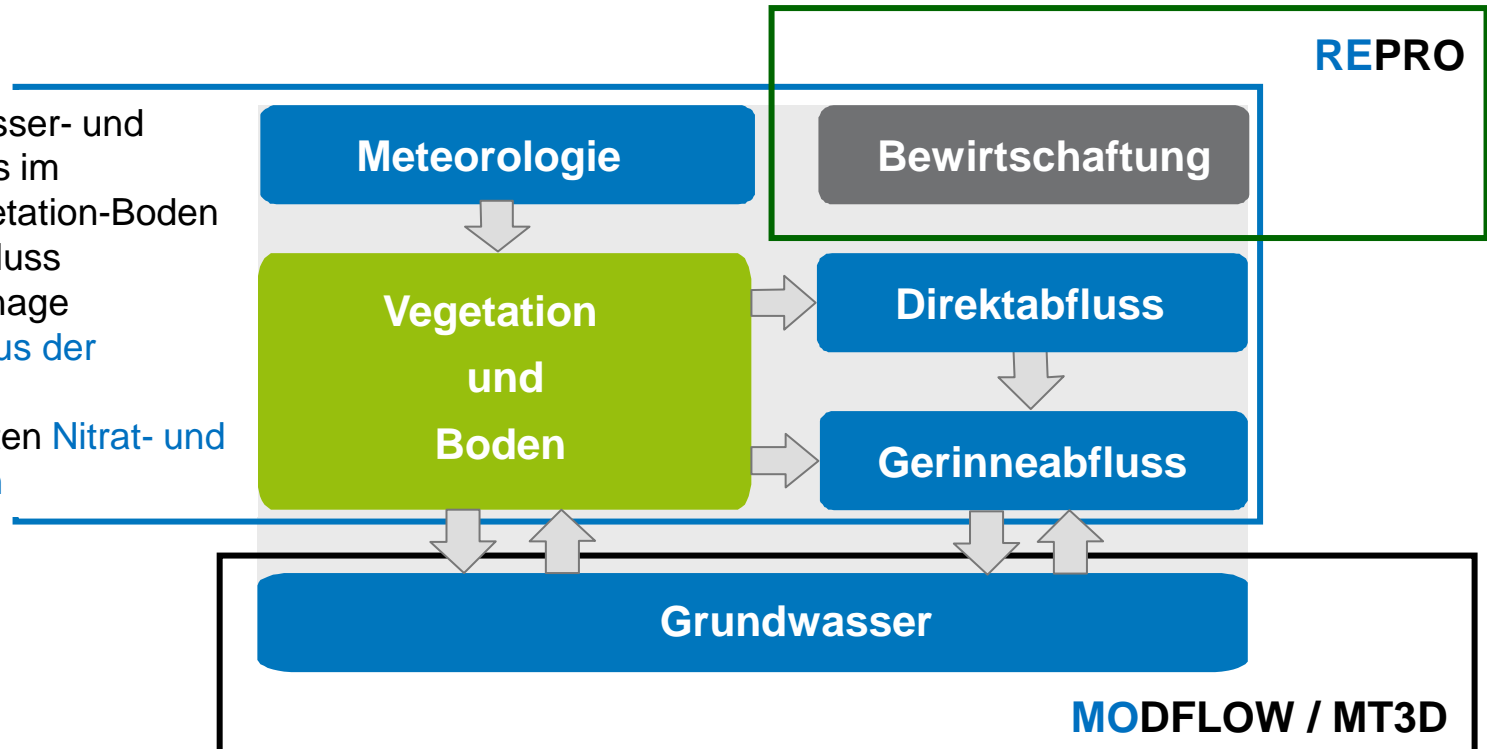
- Verständnis der Wasserströme und Stofffrachten in der ungesättigten und gesättigten Zone auf Einzugsgebietsebene bis zu den Förderbrunnen
- Bewertung von Einzugsgebieten hinsichtlich ihrer Anfälligkeit gegenüber Landnutzungsänderungen und Klimawandel
- Bewertung der Wirksamkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen zur Verringerung der Stickstoffsalden
- Untersetzung makroskaliger Analysen (z.B. mit STOFFBILANZ) in besonders belasteten Grundwasserschutzgebieten

ReArMo – gekoppeltes Wasser- und Stoffhaushaltsmodell

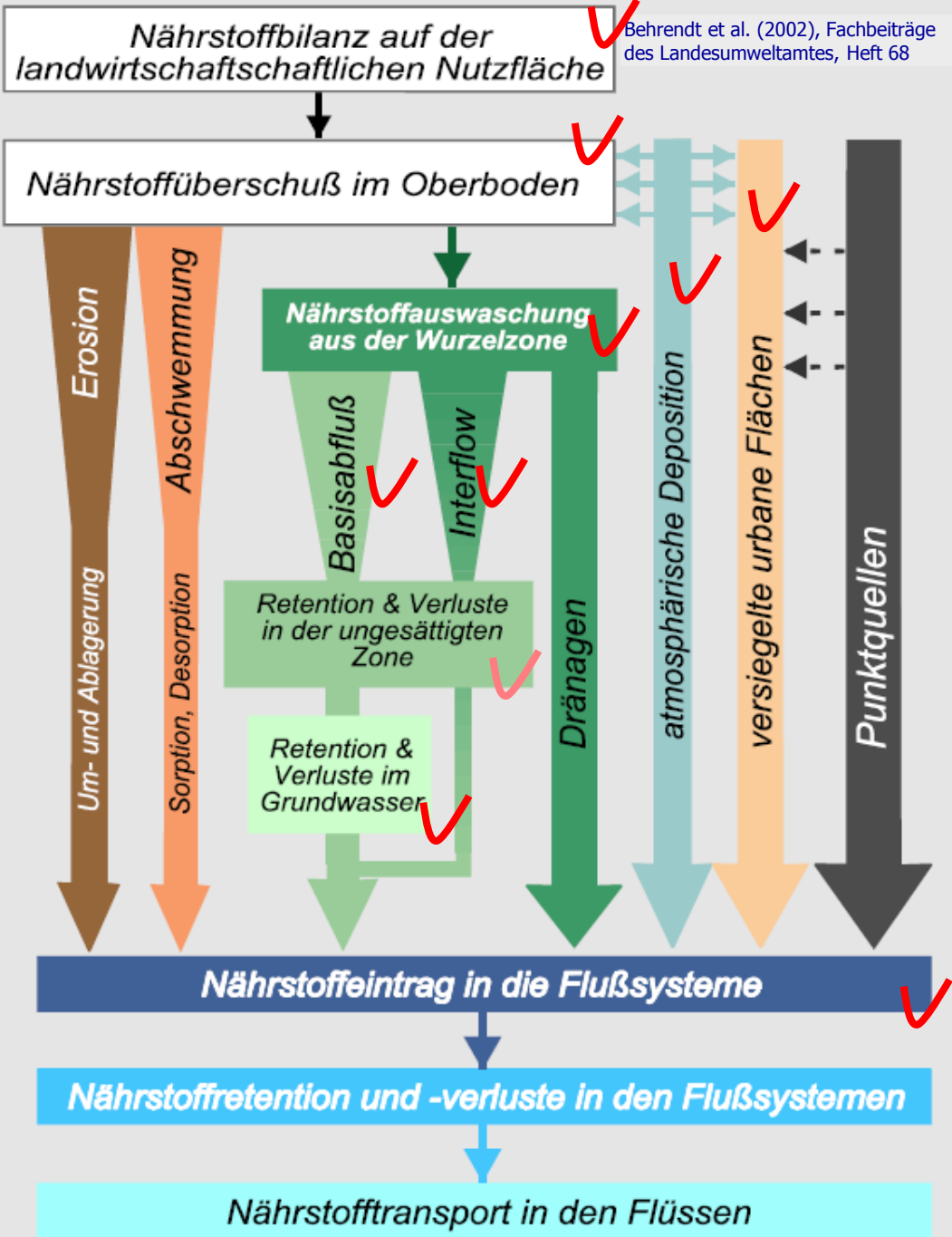
ArcEGMO

Simulation des Wasser- und Stickstoffhaushaltes im Kompartiment Vegetation-Boden
→ Oberflächenabfluss
→ Interflow & Dränage
→ Sickerwasser aus der Bodenzone
und daran geknüpften Nitrat- und Ammoniumfrachten

Stoffstrombilanz auf Betriebs- und Teilschlagebene



Simulation der zeitlichen und räumlichen Verteilung der Nitrat- und Ammonium-Konzentrationen im Grundwasser



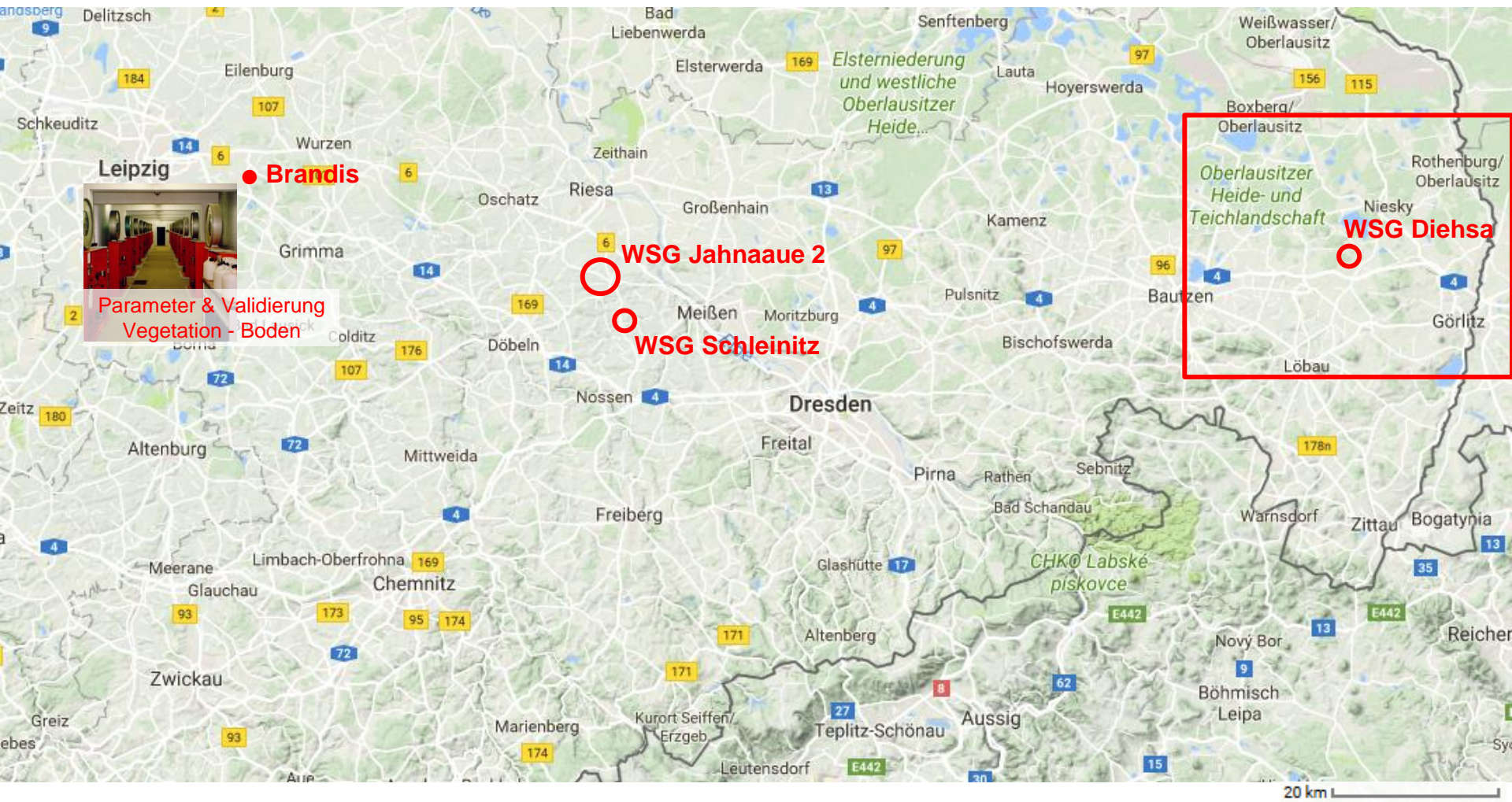
Stoffhaushalt

Quellen und Senken

Transportpfade und
Umsatzzonen

✓ durch ReArMo erfasst

Anwendungsgebiete (seit 2012)



WSG Diehsa (3,6 km²)

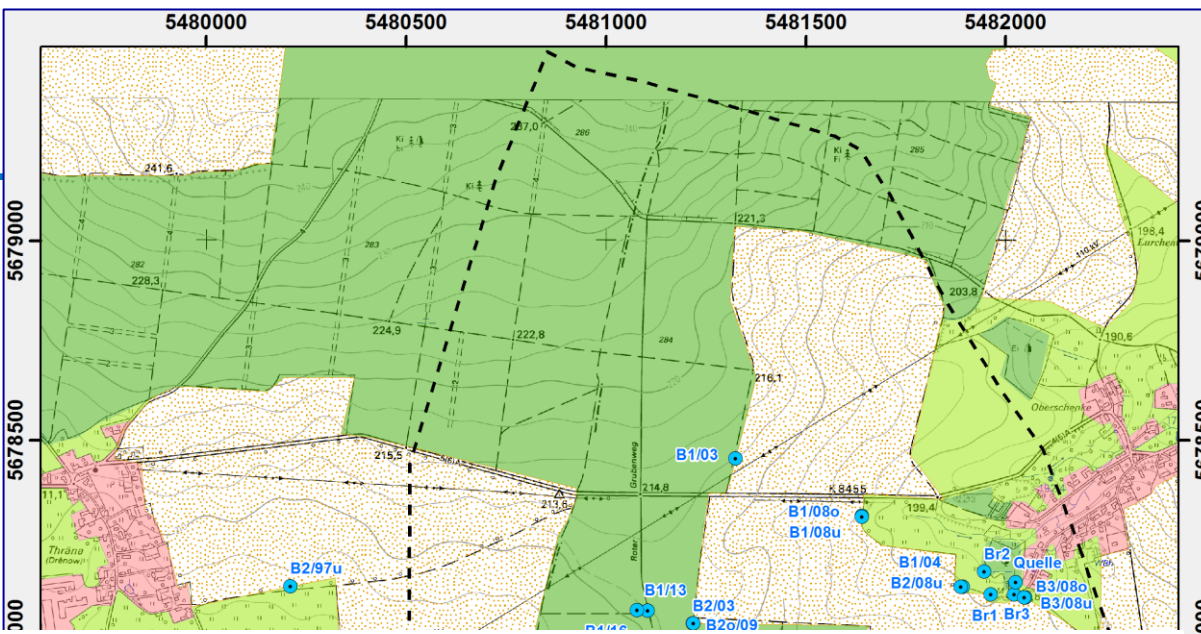
Oberlausitzer Heide- und
Teichlandschaft

trockenheitsanfällige, wenig
fruchtbare Sandflächen aber auch
vernässte und vermoorte Mulden

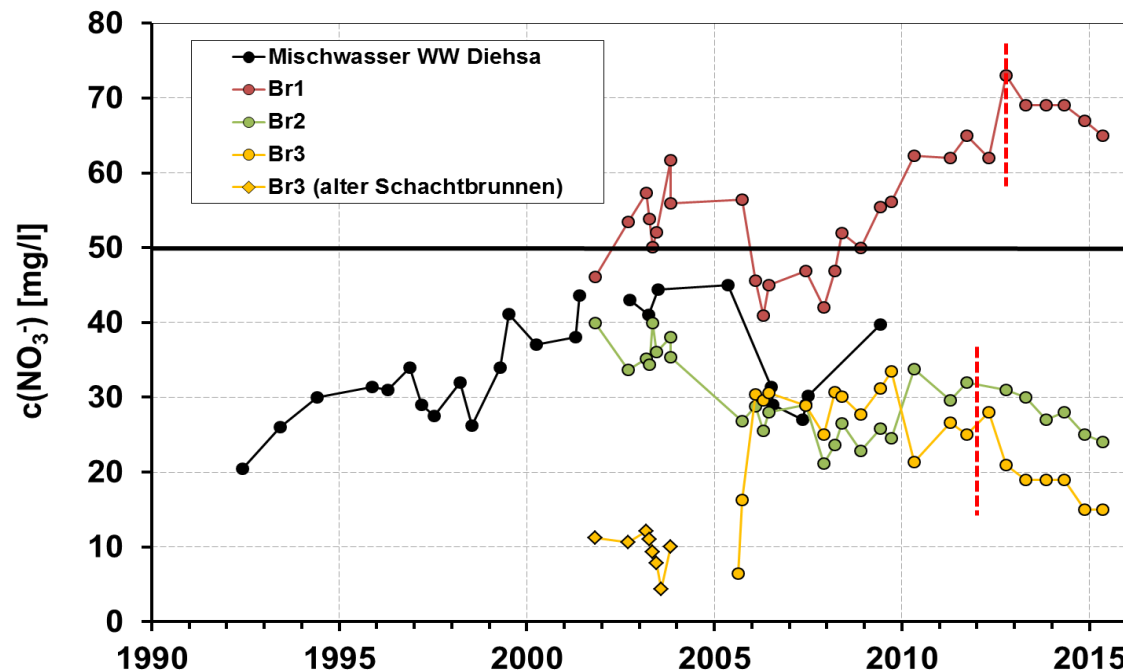
68 % Forstwirtschaft
(Kiefernreinbestände, Kiefern-
Eichenmischbestände)

28 % Landwirtschaft

intensives
Monitoringprogramm



Anstieg Nitratkonzentration im Brunnenwasser

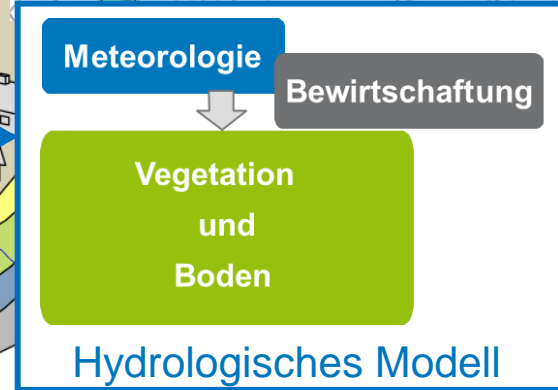
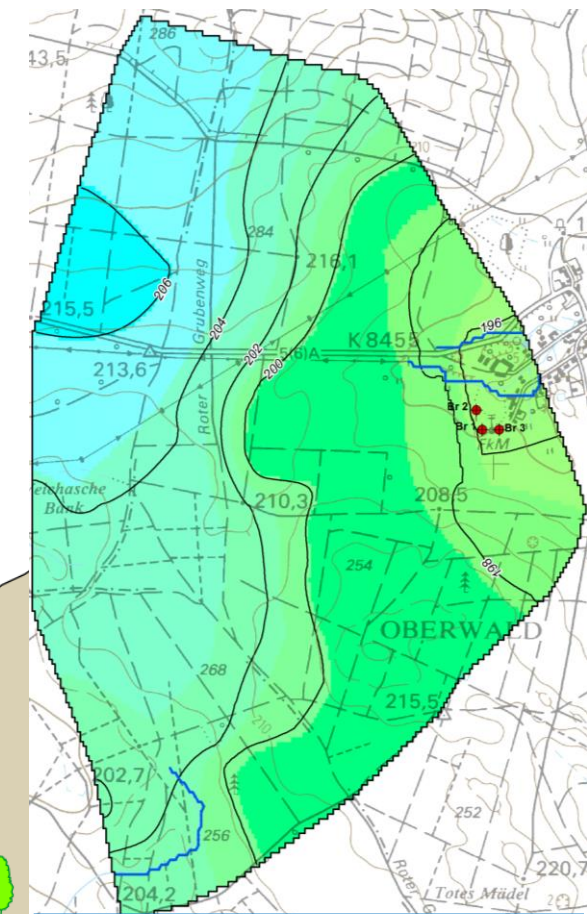
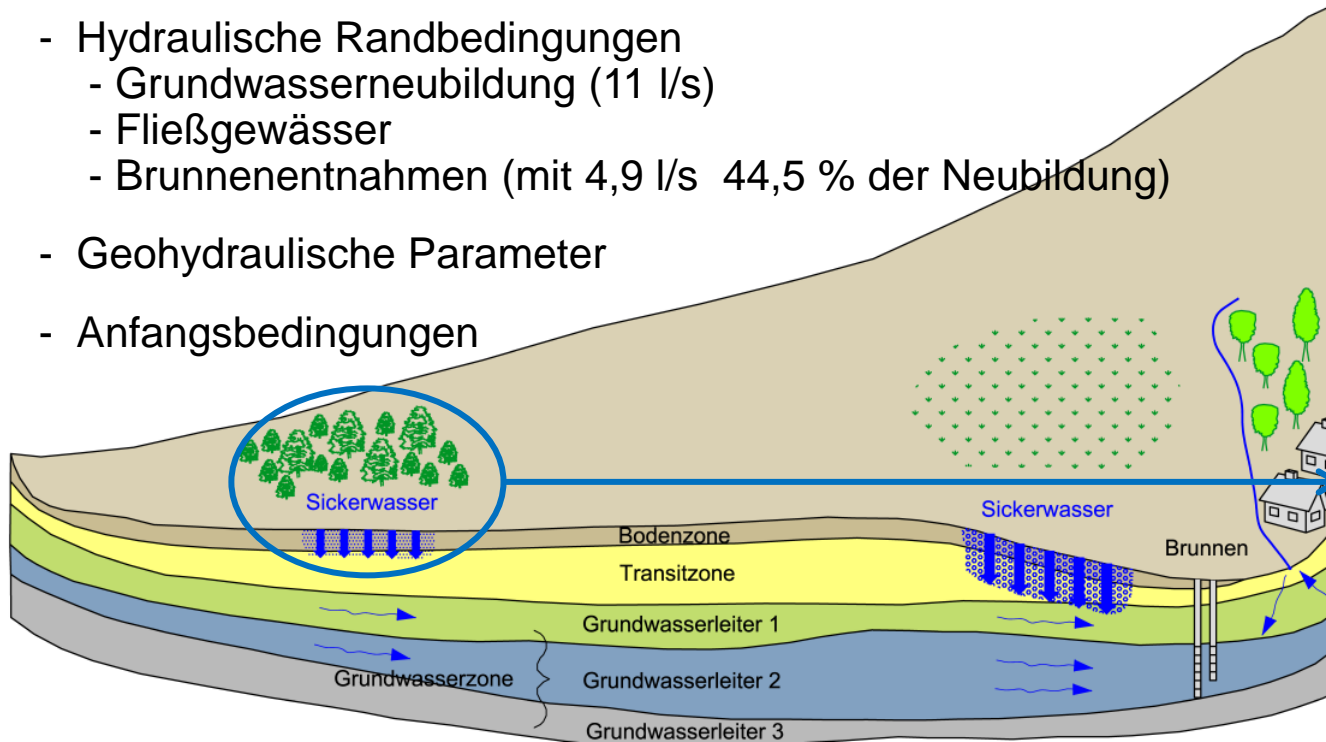


Hydrogeologisches Modell

- Raster: 15,8 m x 9,3 m (ArcEGMO und MODFLOW)
- drei Modellschichten stellen den Hauptgrundwasserleiter dar

Wesentliche Modelldaten:

- Geometrie der Modellschichten
- Hydraulische Randbedingungen
 - Grundwasserneubildung (11 l/s)
 - Fließgewässer
 - Brunnenentnahmen (mit 4,9 l/s 44,5 % der Neubildung)
- Geohydraulische Parameter
- Anfangsbedingungen



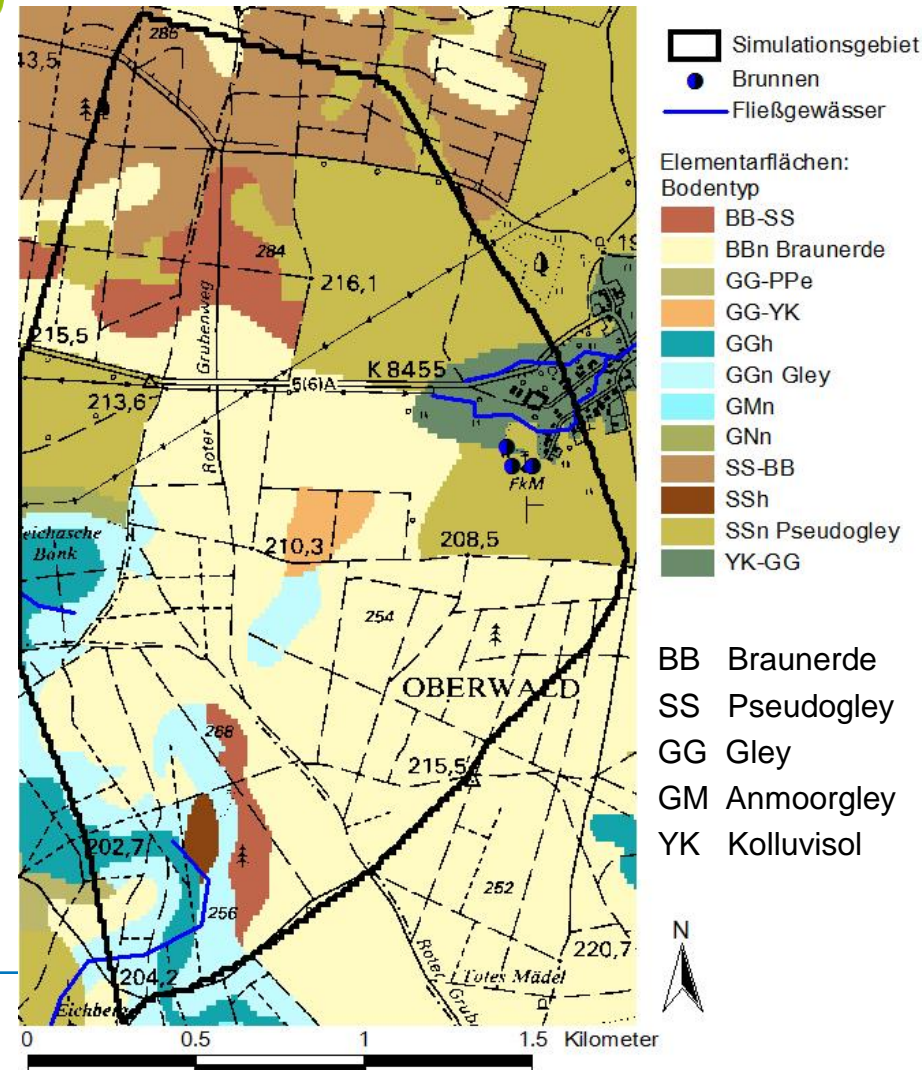
Hydrologisches Modell

- Raster: 15,8 m x 9,3 m
(ArcEGMO und MODFLOW)
- Bodenkonzepkarte 1:50 000
(BKkonz)
 - erweitert um chem. Parameter aus Bodenmonitoring (C_t , N_t)
 - organische Auflage Waldböden
- Landnutzung
 - Biotoptypen- und Landnutzungskartierung 1 : 50 000 (BTLNK)
 - Bestandeskartierung (Forst)
 - Teilschlaggliederung
 - Bewirtschaftung
- Digitales Höhenmodell (2 m)

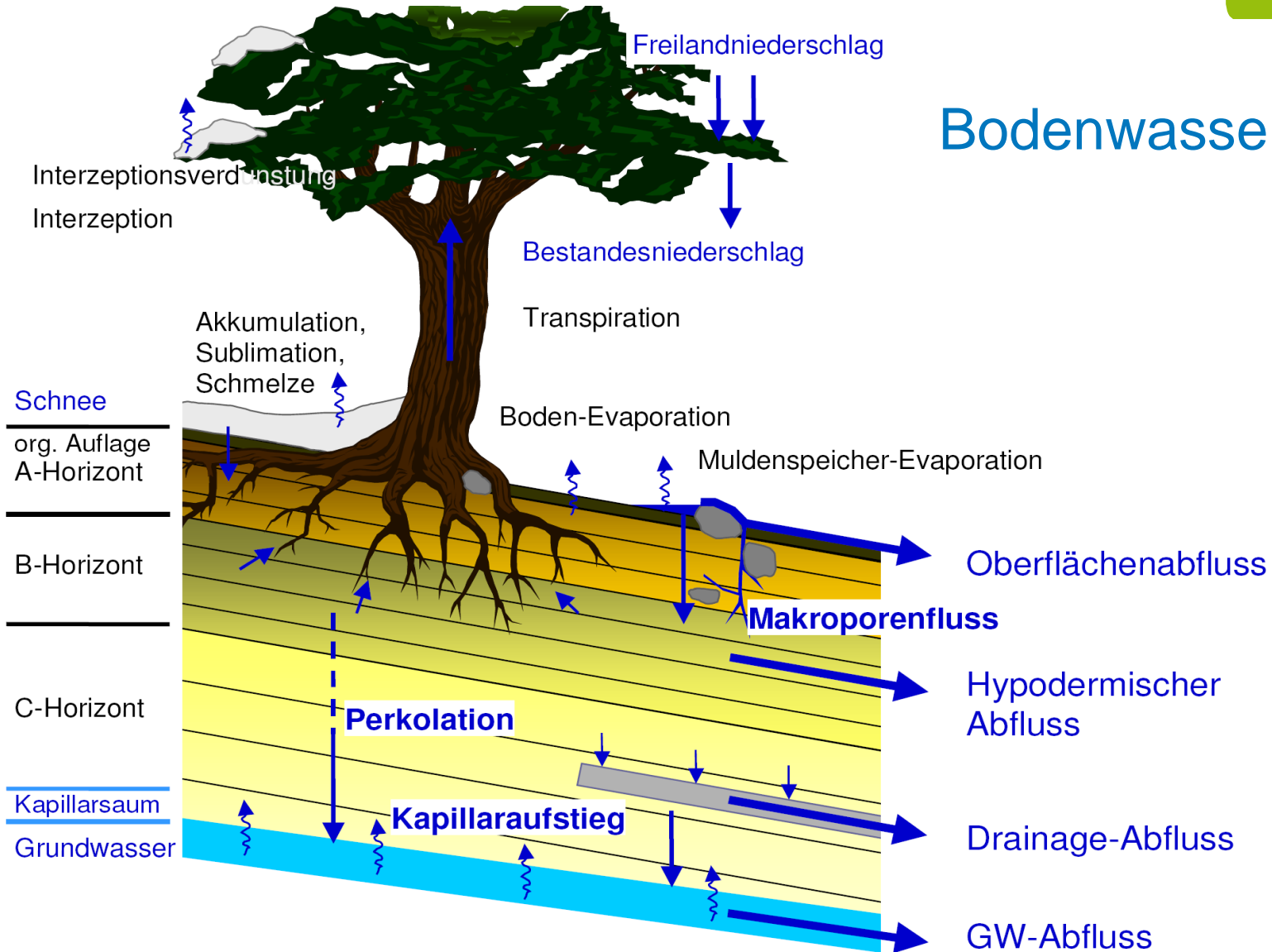
Vegetation
und
Boden

Simulation des Wasser- und Stickstoffhaushaltes

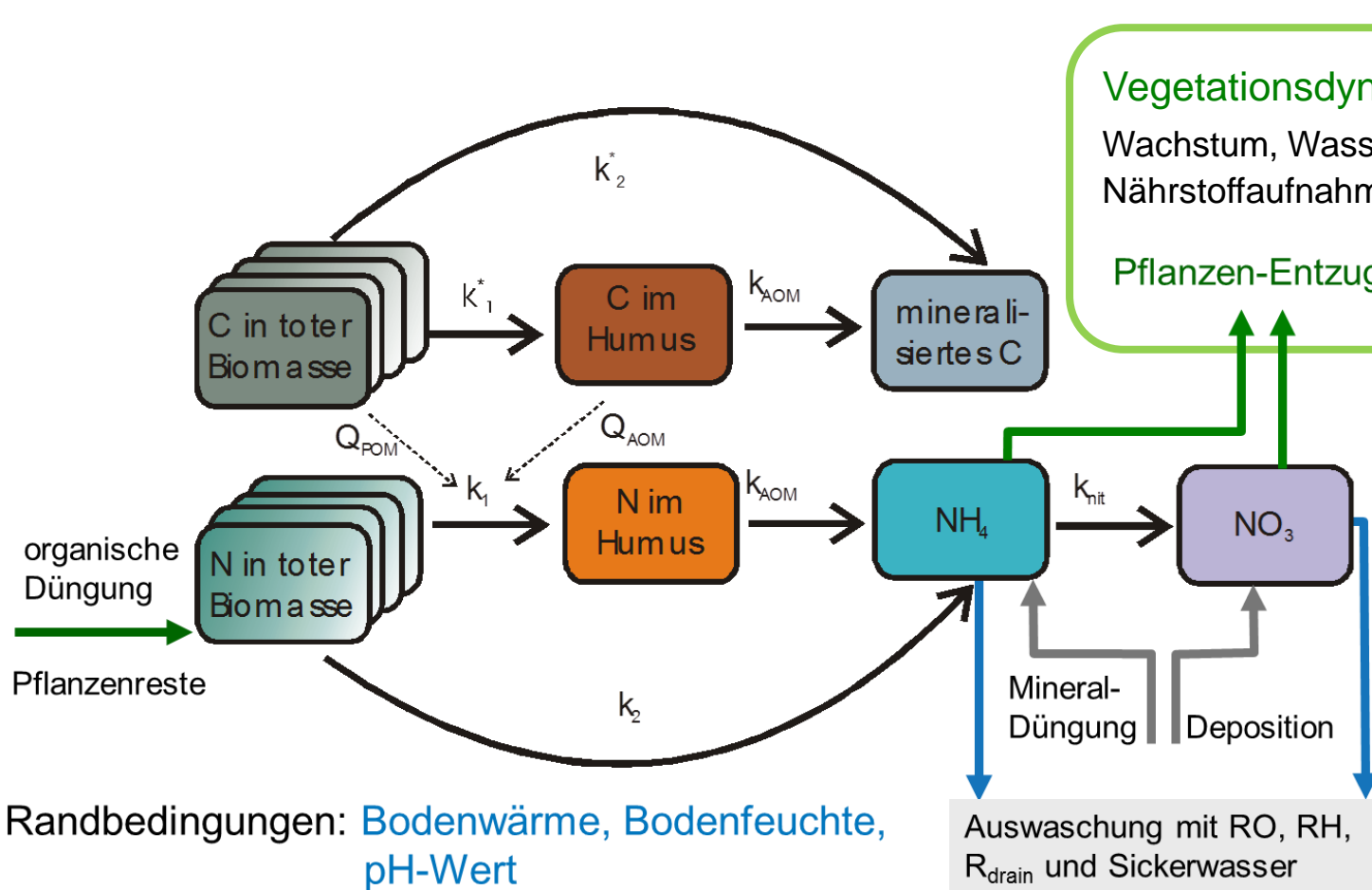
- Oberflächenabfluss
- Interflow & Drainage
- Sickerwasser aus der Bodenzone und daran geknüpften Nitrat- und Ammoniumfrachten



Bodenwassermodell

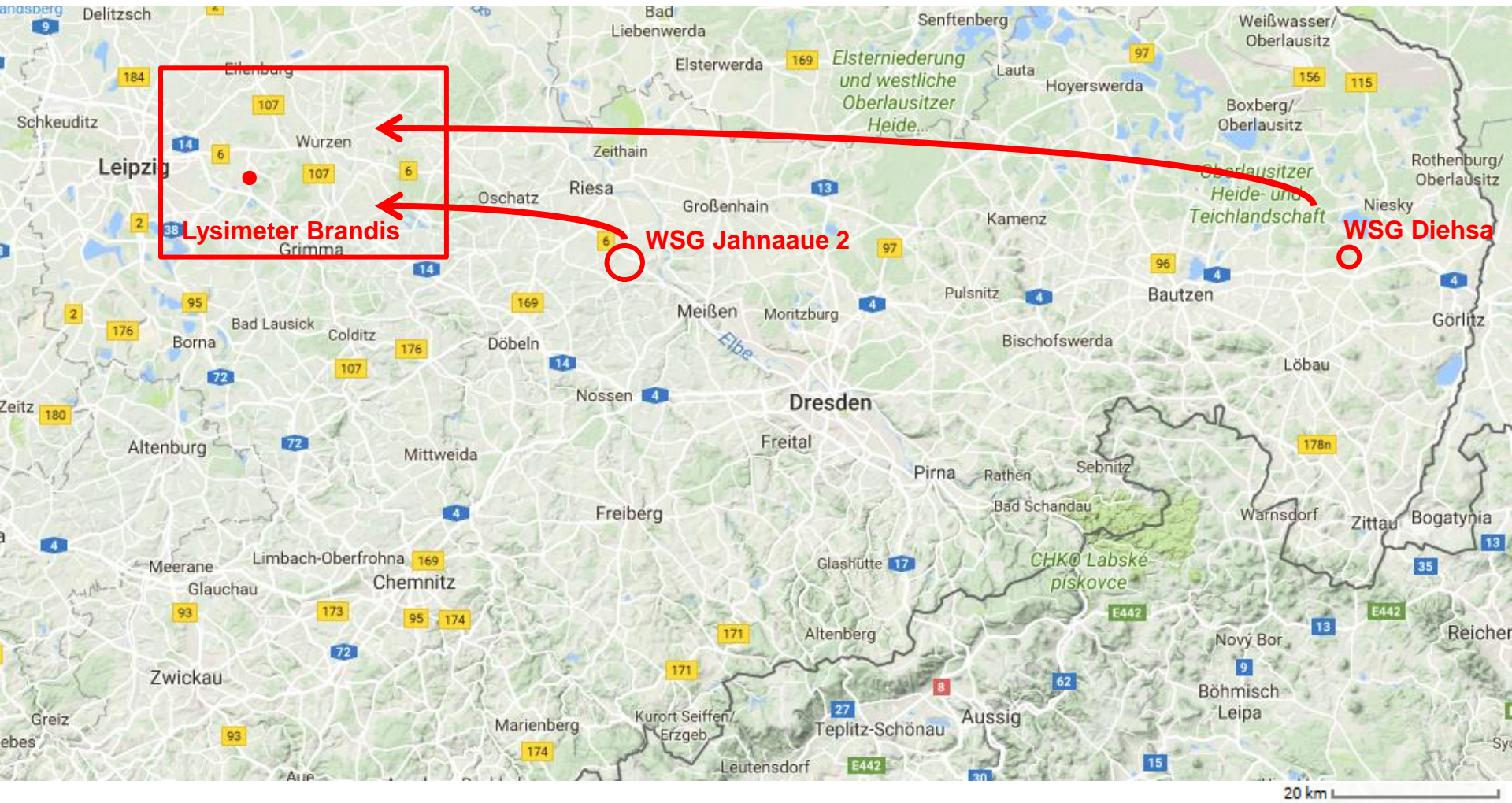


Hydrologisches Modell – C/N-Haushalt



Randbedingungen: Bodenwärme, Bodenfeuchte, pH-Wert

Modellparametrisierung und -validierung



Modellvalidierung Lysimeterstation Brandis

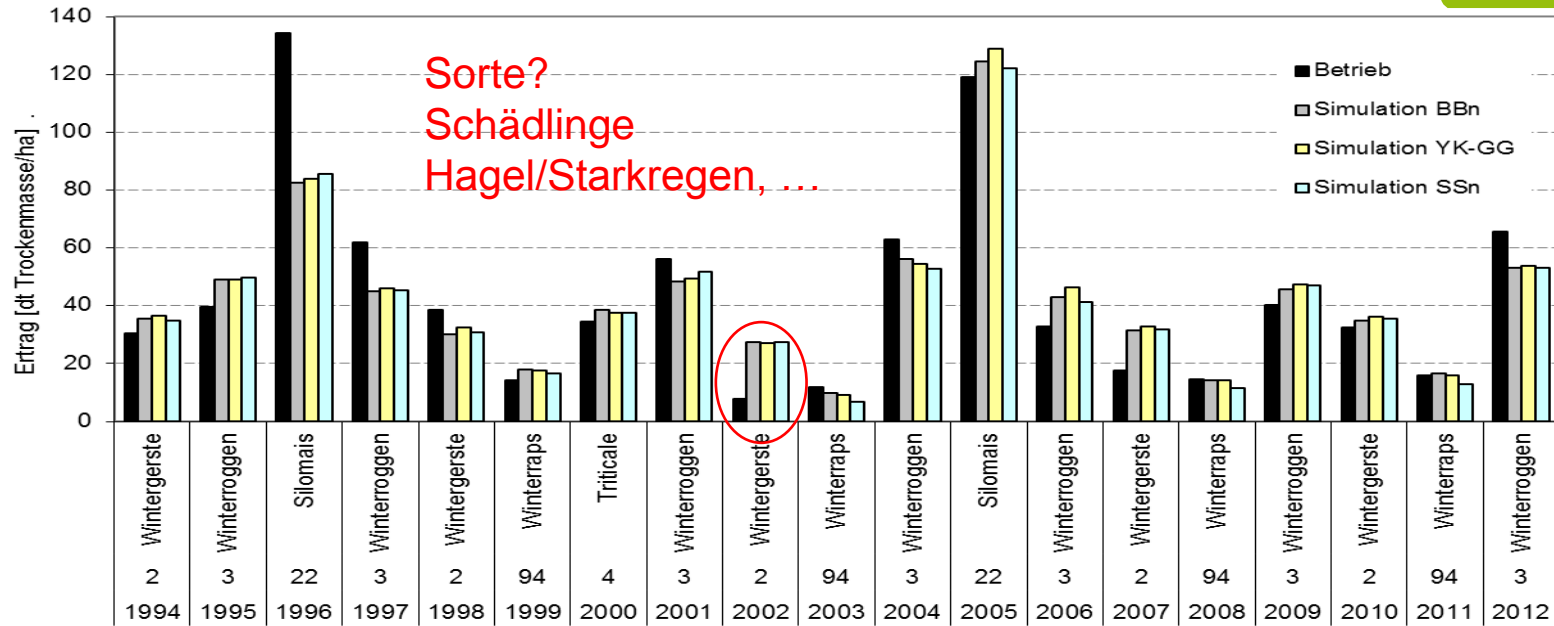


- Mitteldeutsches Tiefland (9.3°C; 660 mm)
- 8 regional typische Böden
- regional charakteristische Fruchtfolge

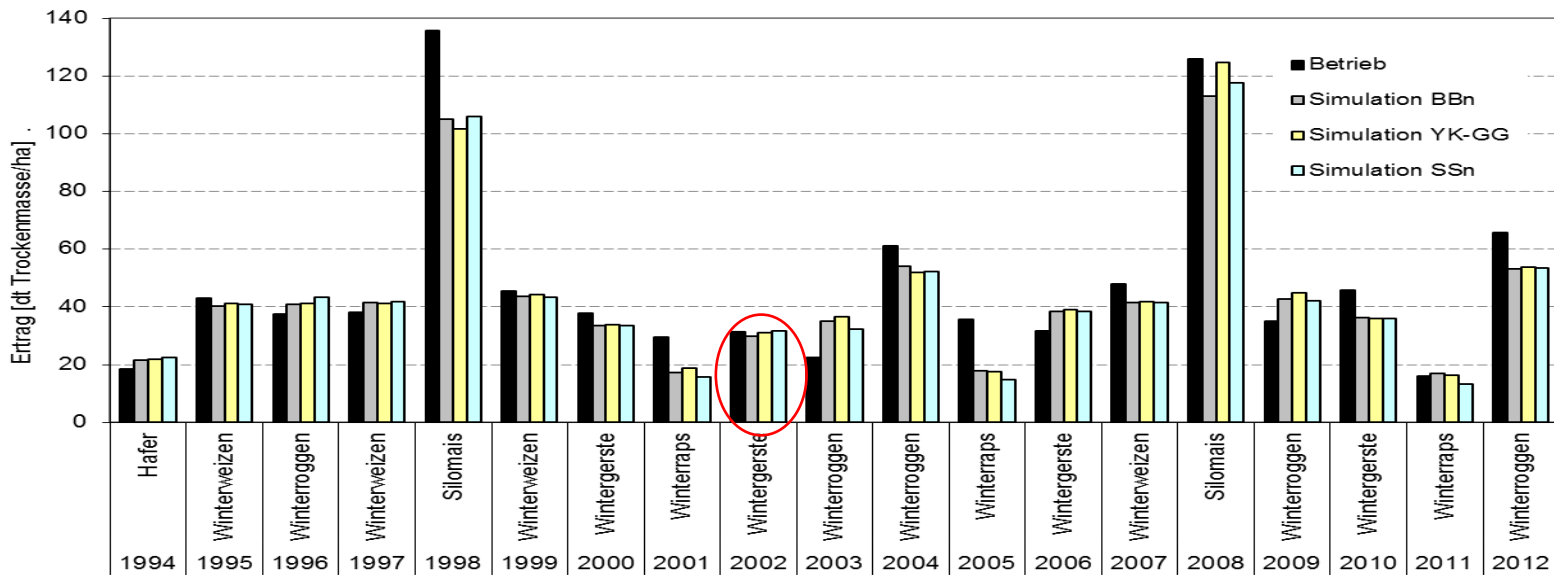
- 24 Lysimeter, Tiefe: 3 m
- Oberfläche: 1 m²
- monolithisch befüllt im Bestand (Vermeidung von Oaseneffekte)
- kontinuierliche Wägung (+- 100 g)
- Agrarmeteorologische Station (seit 1980/93)



Modellvalidierung – Erträge (abhängig vom Boden)

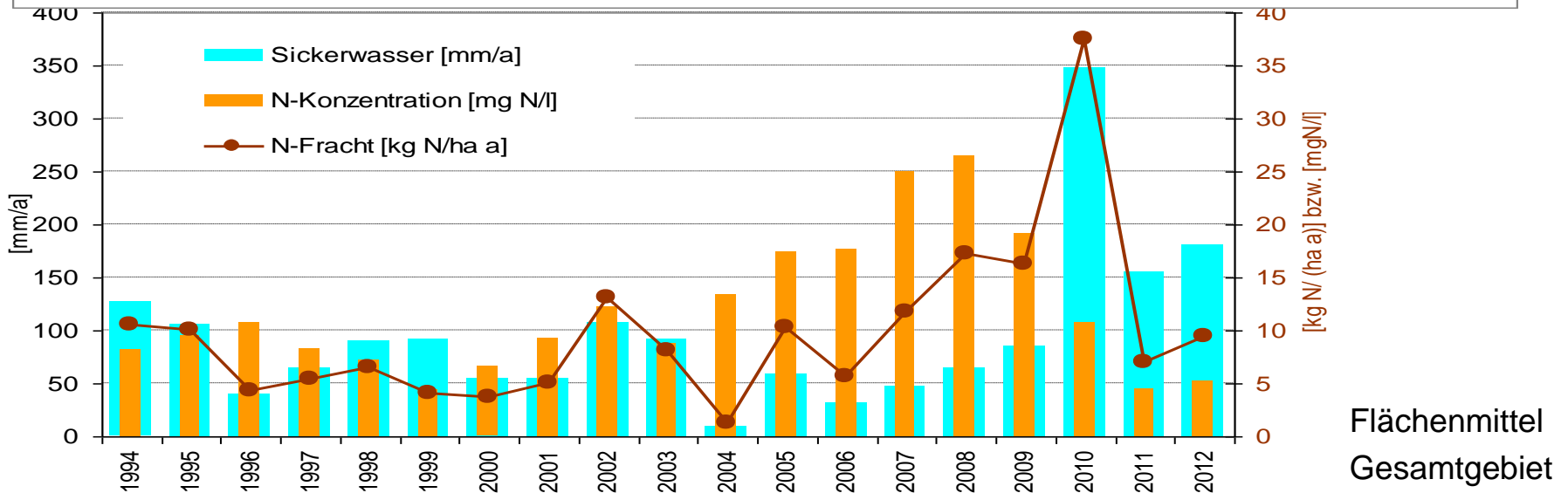
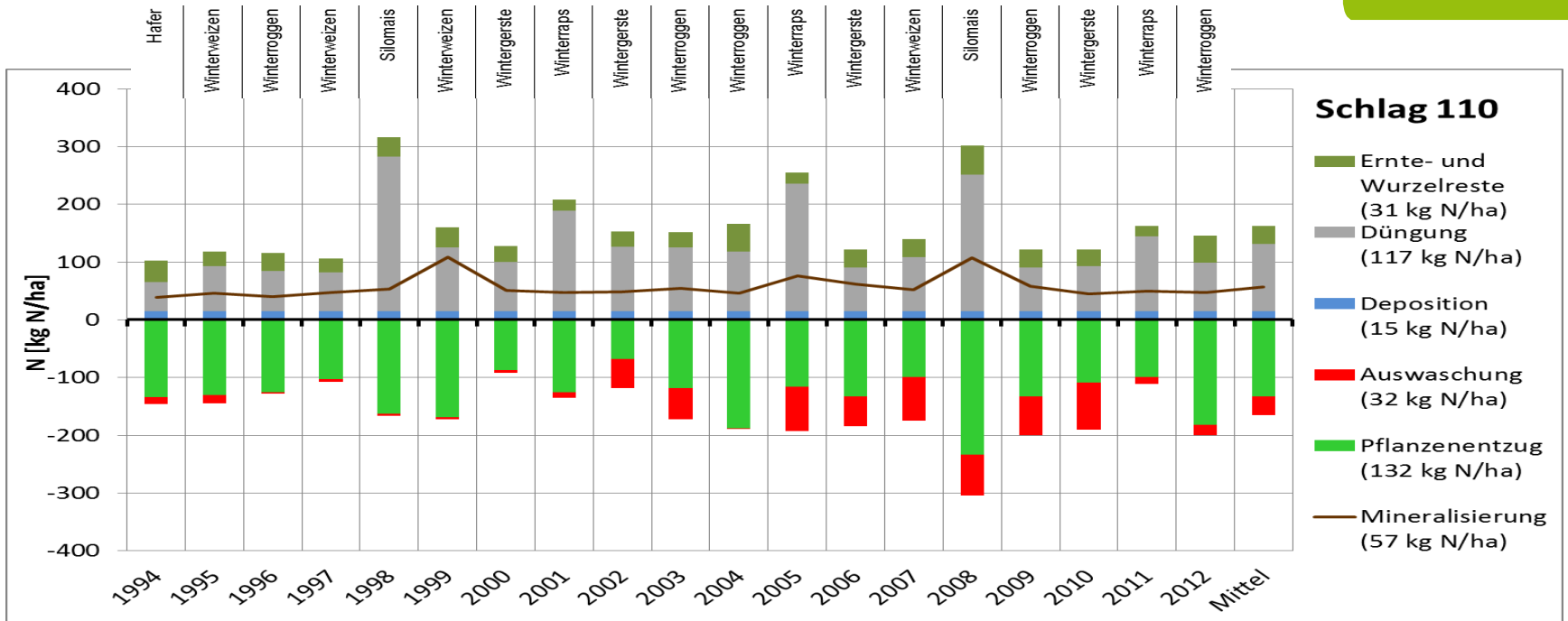


100



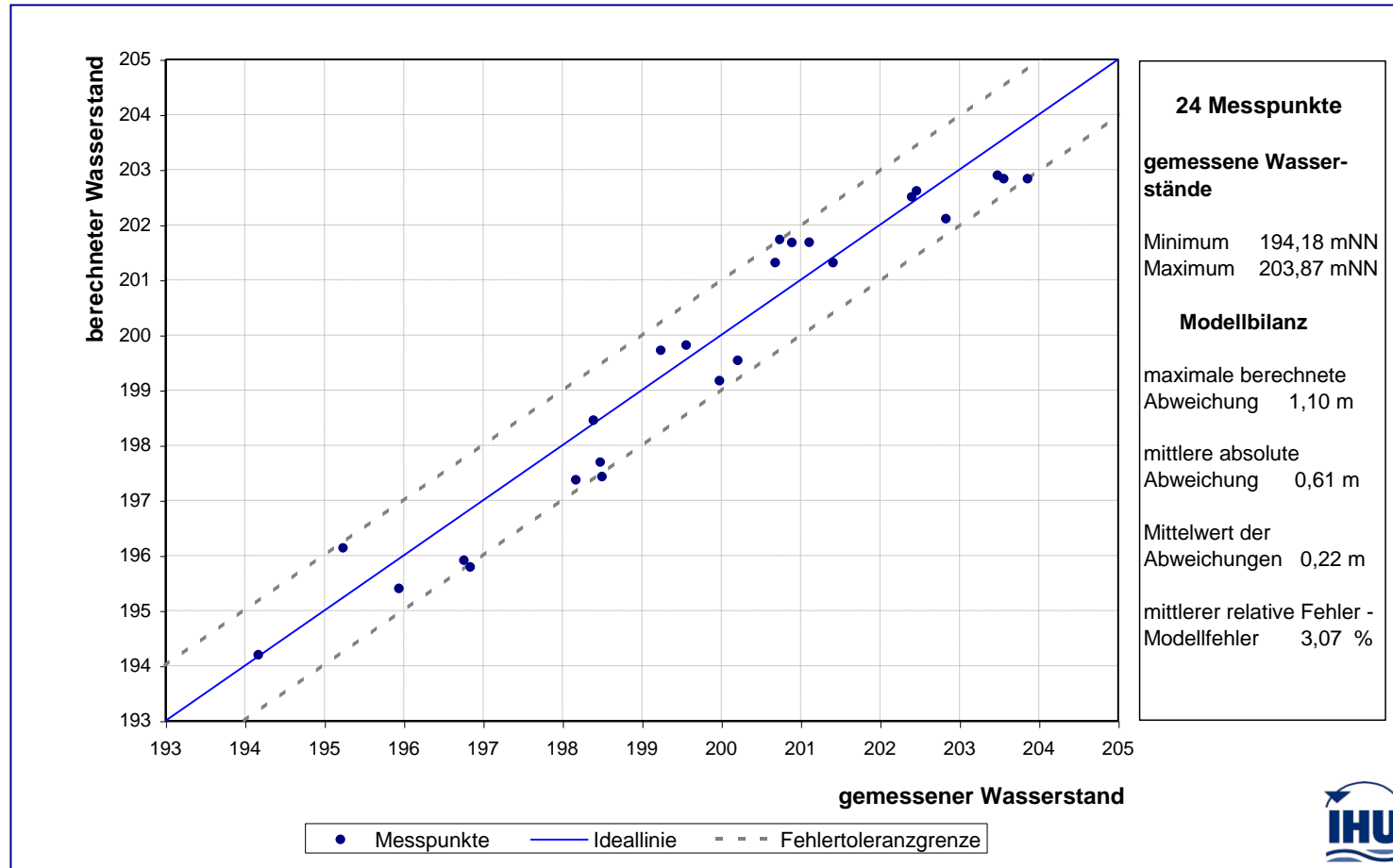
110

Modellergebnisse – N-Quellen & -Senken

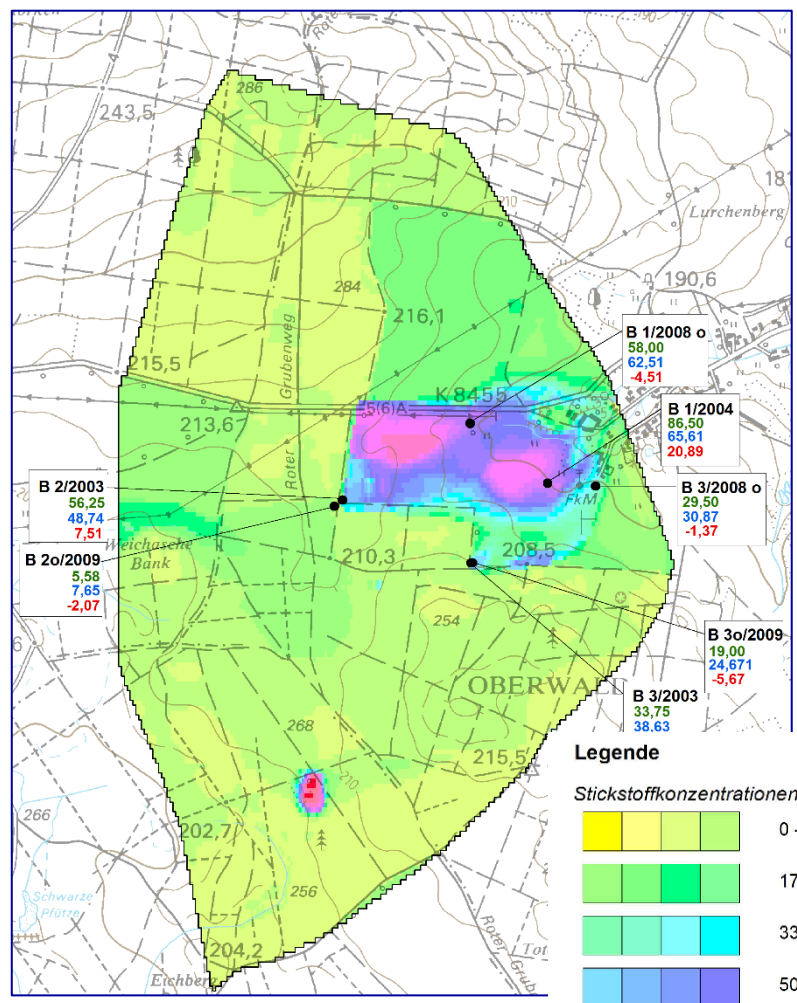


Kalibrierung des Grundwasser-Strömungsmodells

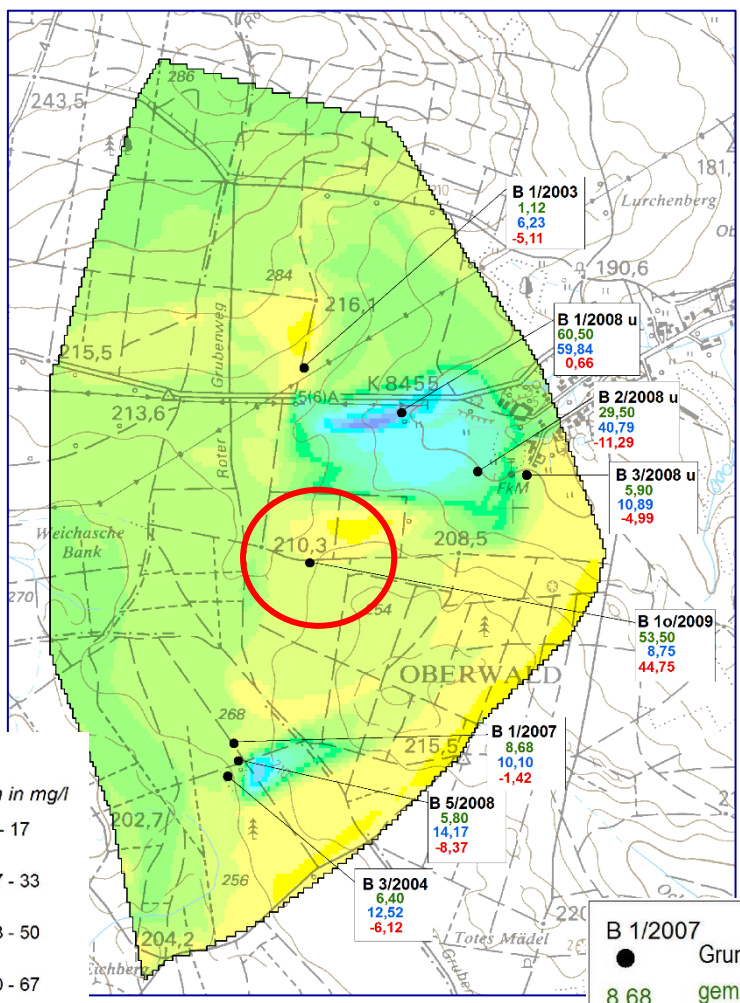
- Minimierung der Abweichung zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserständen
- Orientierung des berechneten an den aus Messdaten konstruierten Grundwassergleichenplan



Nitratkonzentration in den Grundwasserleitern (Istzustand)



oberer Grundwasserleiter



unterer Grundwasserleiter

15 Messpunkte

gemessene Nitrat-Konzentrationen

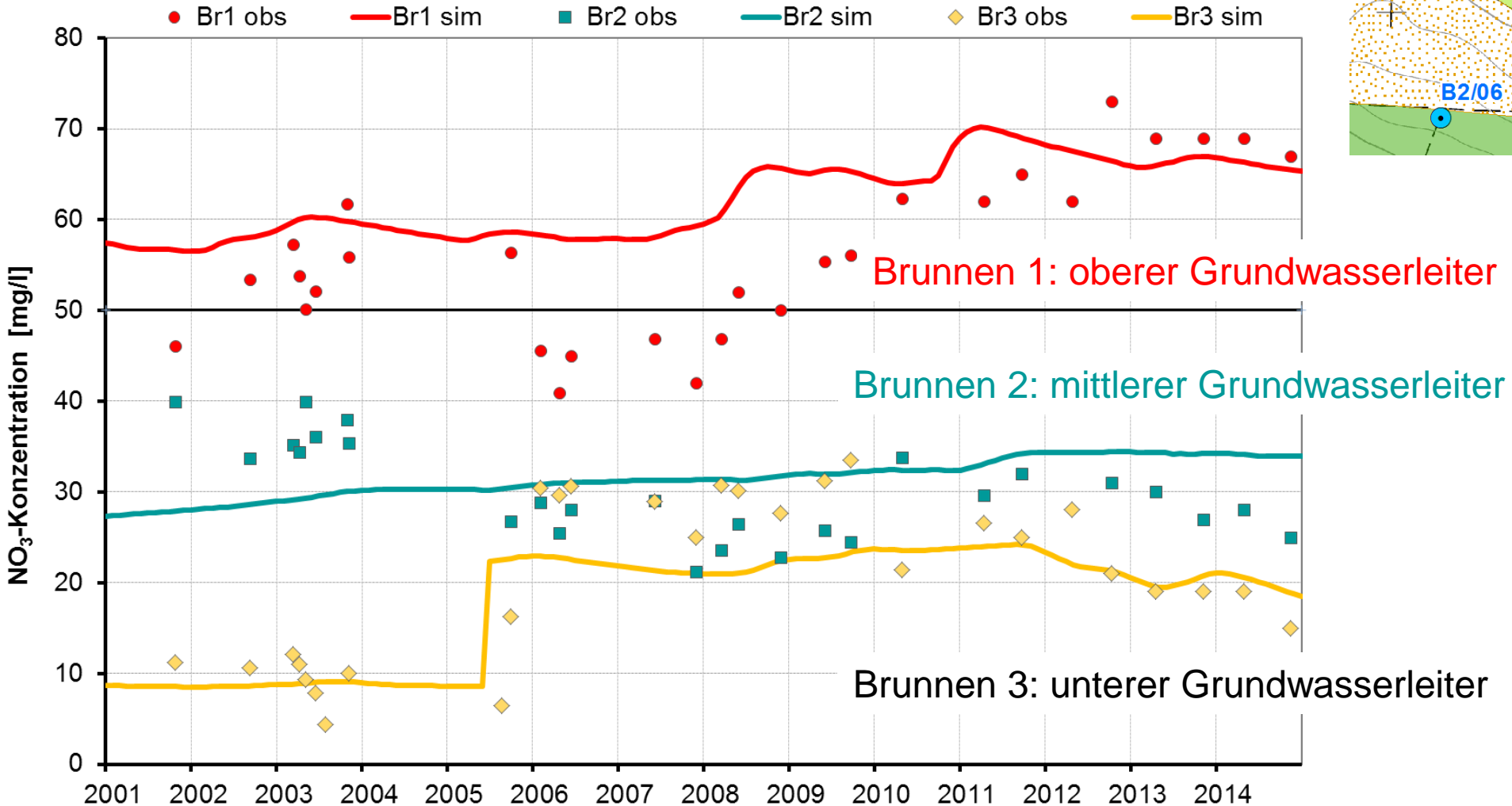
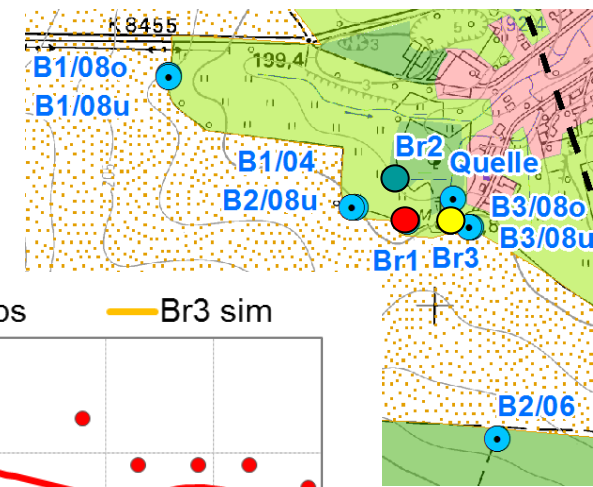
Minimum 1,12 mg/l
 Maximum 86,50 mg/l
 Messbereich 85,38 mg/l

Modellbilanz

maximale Abweichung 44,75 mg/l
 mittlere Abweichung 1,20 mg/l
 Absolute Fehler 8,64 mg/l
 relative Fehler 10,12 %

B 1/2007
 ● Grundwassermessstelle mit Beprobung
 8.68 gemessene Nitratkonzentration in mg/l
 10.098 berechnete Nitratkonzentration in mg/l
 -1.42 Differenz gemessene - berechnete Nitratkonzentration in mg/l

Nitrat im Rohwasser der Brunnen



Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung

Aufnahme der Bewirtschaftungsdaten und Auswertung Ist-Situation (1994-2014)

Bewirtschaftungsdaten von Dauertestflächen in WSG mit gleicher Ackerzahl (2001-2010)

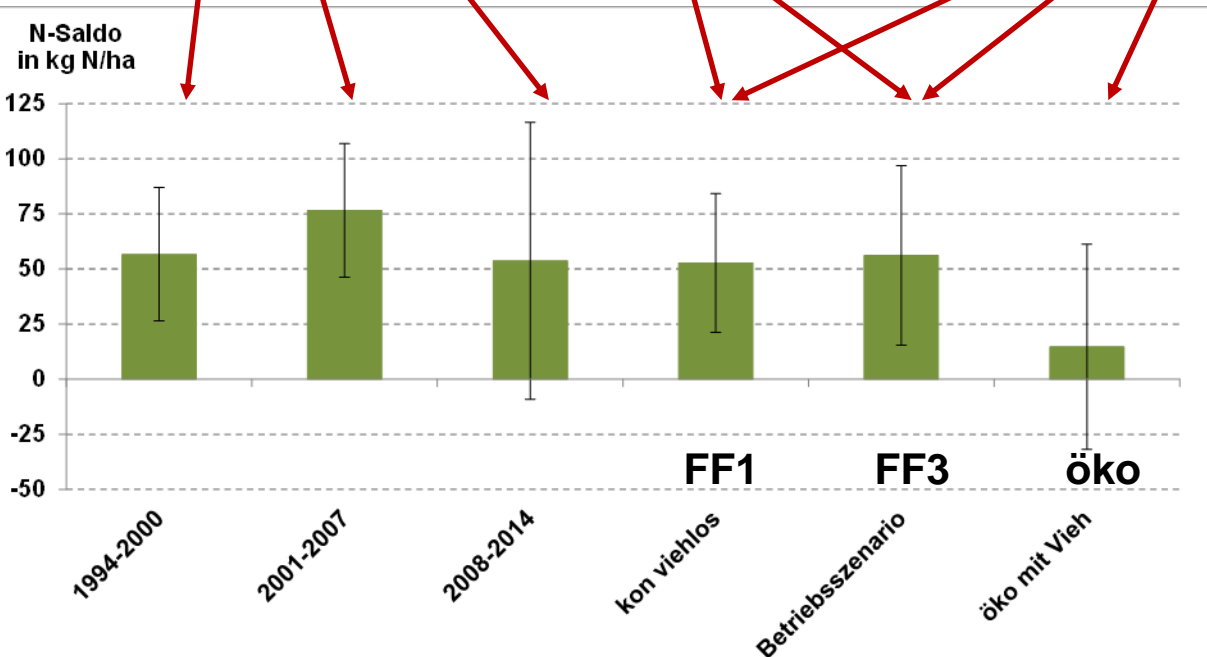
Definition einer betriebs-spezifischen Fruchtfolge

Bewirtschaftungsdaten von Dauertestflächen mit ökologischen Anbau (2001-2010)

Optimierung der Stickstoffdüngung auf Basis Düngung der DTF

Ableitung spezifischer Fruchtfolgen

Konsequente Integration von Zwischenfrüchten



Bewirtschaftungsszenarien

FF1: konventionelle optimierte Landbewirtschaftung mit einer viehlosen Fruchtfolge

FF3: konventionelle optimierte Landbewirtschaftung betriebstypisch mit einer viehlosen Fruchtfolge

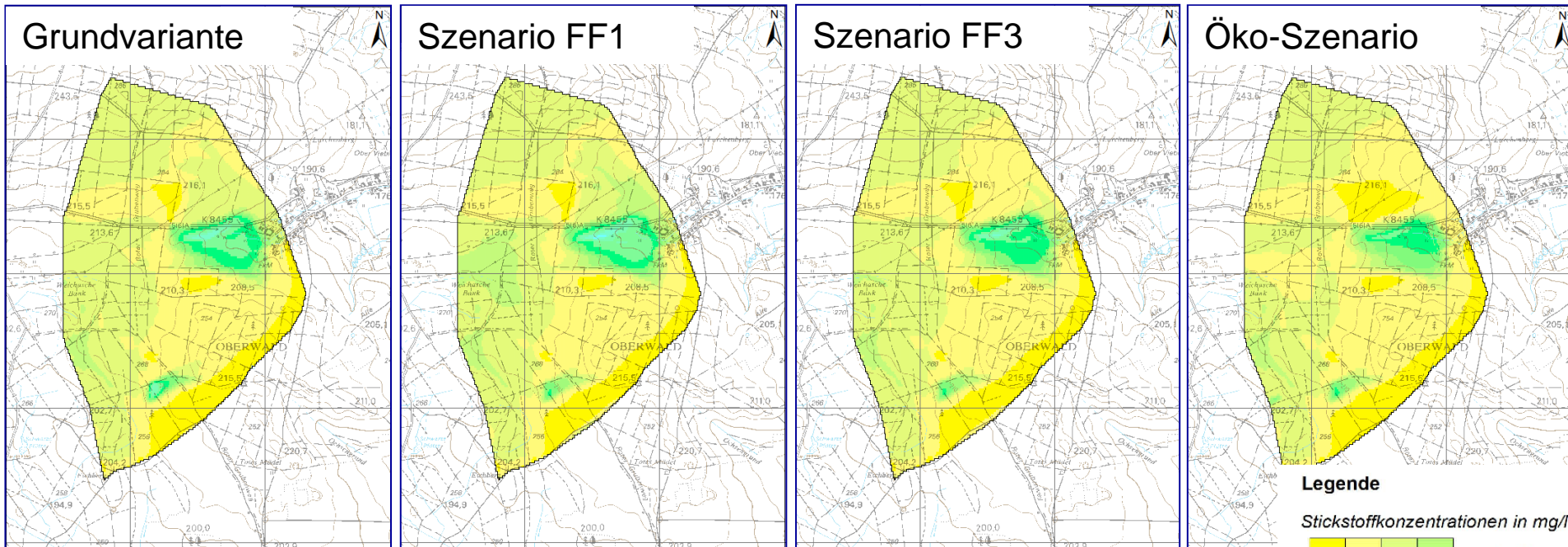
öko: ökologischer Landbau mit einer viehhaltenden Fruchtfolge

Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung

- nur geringer Einfluss auf die Grundwasserneubildungsraten
- kaum Änderung der Grundwasserströmung

Klima-Istzustand
(1994 bis 2014)

WETTREG-2010

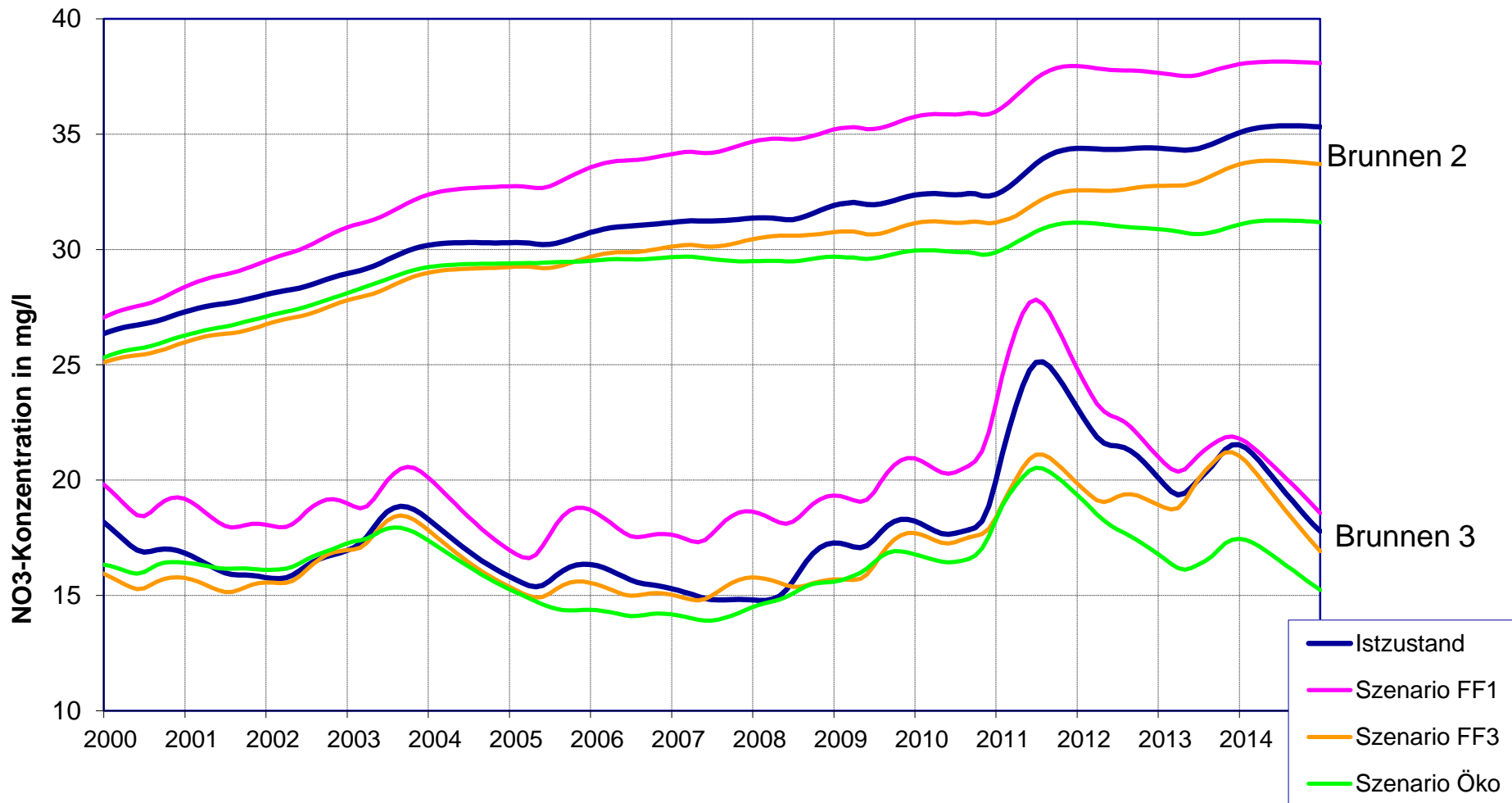


unterer Grundwasserleiter (Modellschicht 4)

Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung

Klima-Istzustand
(1994 bis 2014)

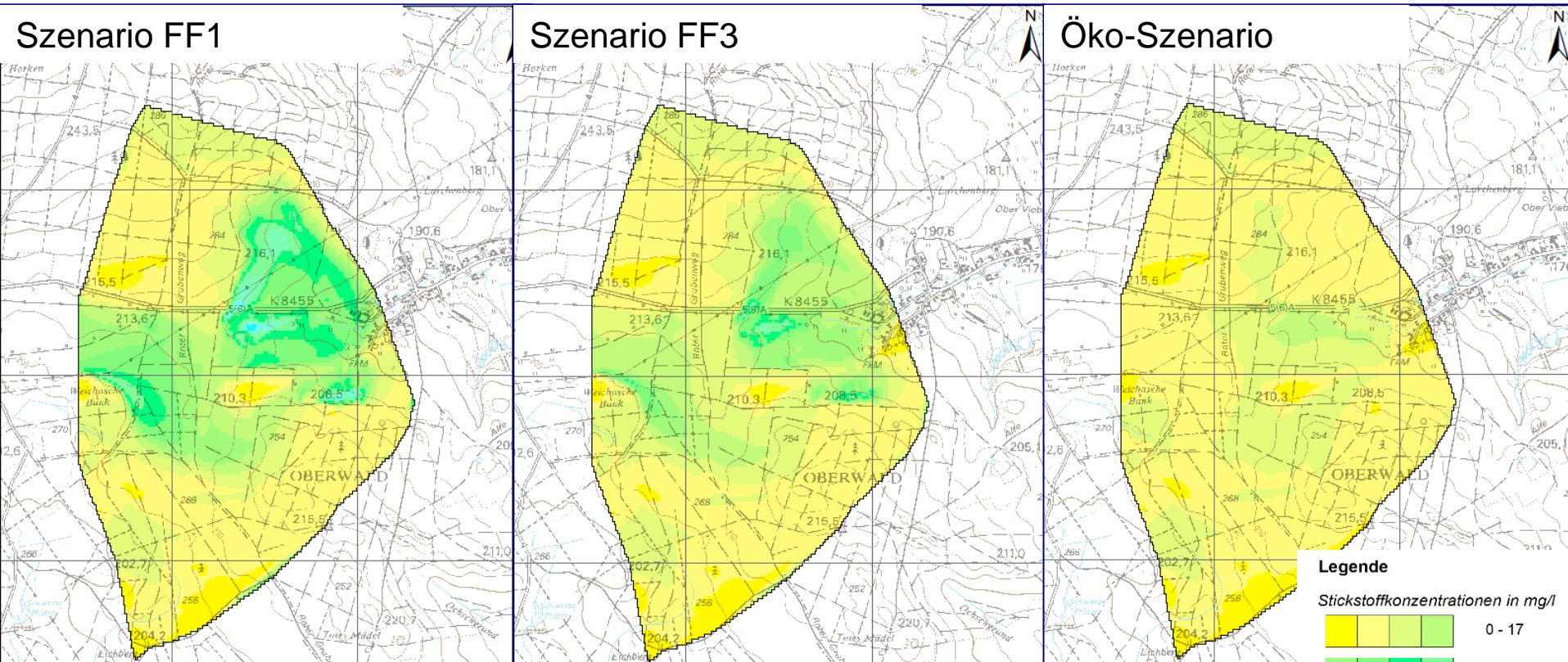
NO₃-Konzentration an den Standorten Brunnen 2 und 3



Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung

nahe Zukunft 2021 bis 2050

WETTREG-2010



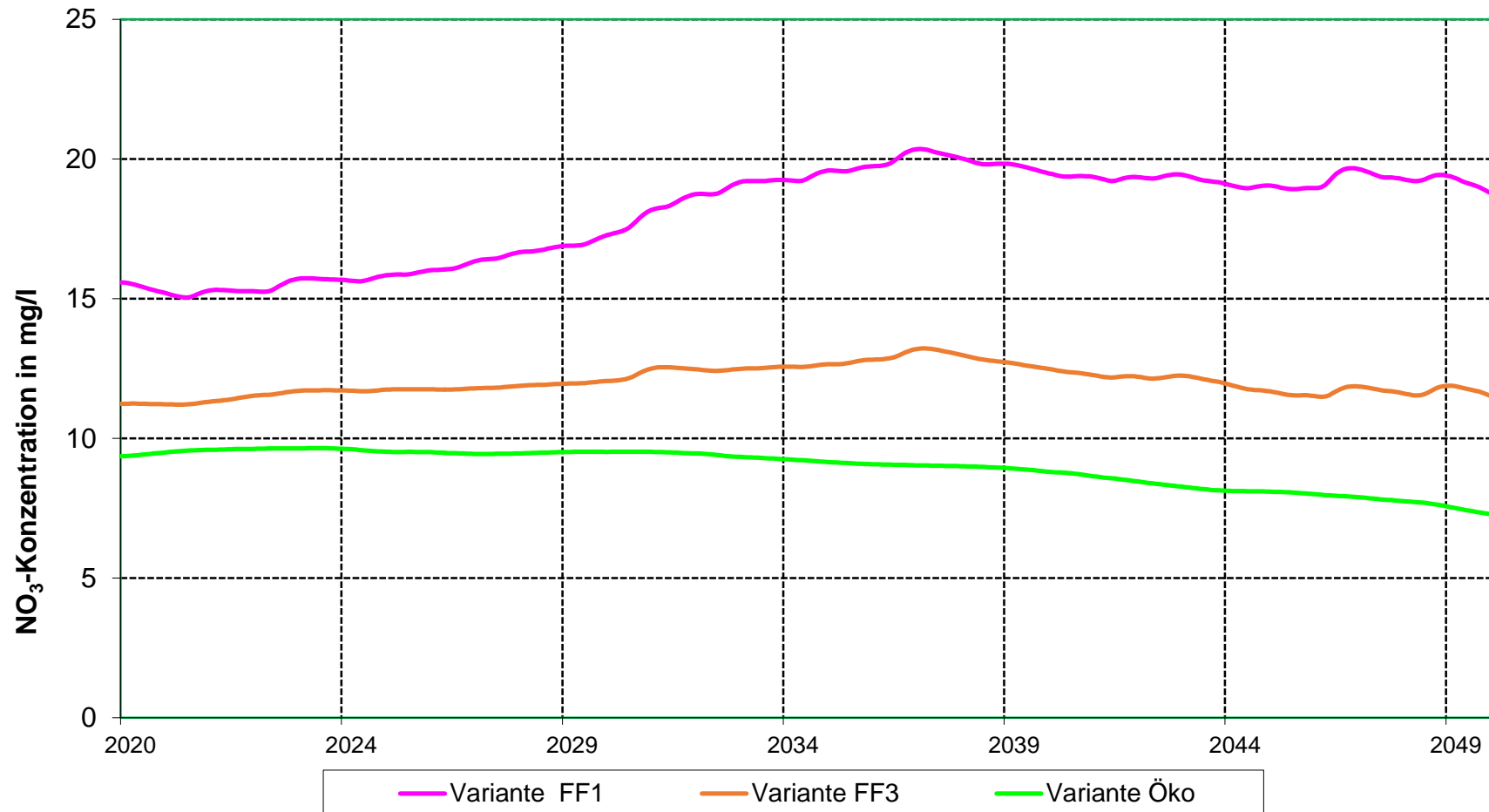
unterer Grundwasserleiter (Modellschicht 4)

Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung

nahe Zukunft 2021 bis 2050

WETTREG-2010

NO₃-Konzentration im Förderstrom von Brunnen 3



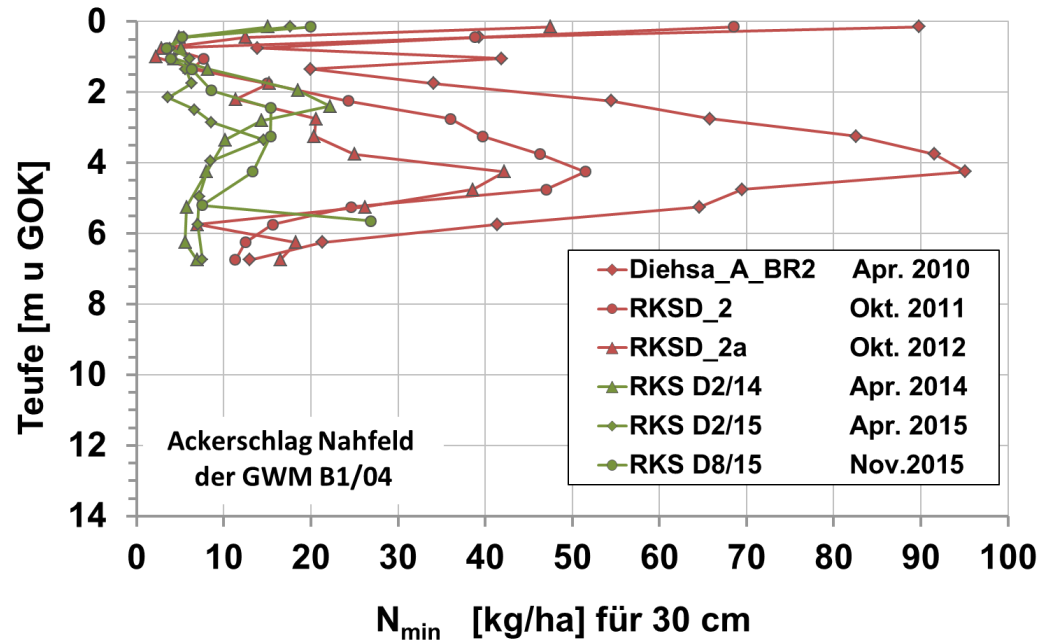
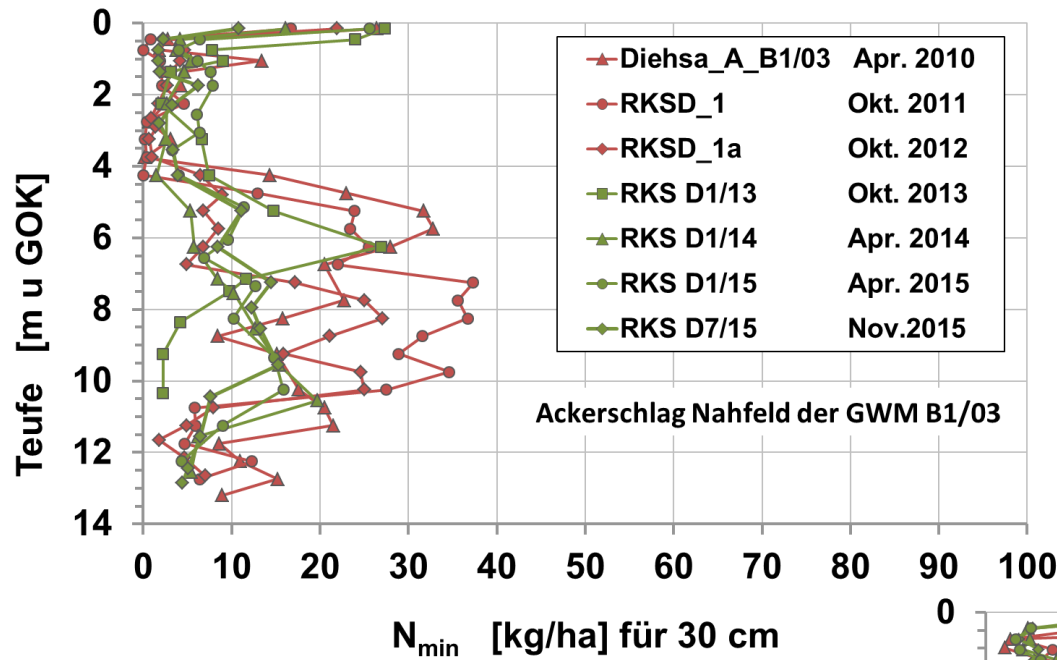
Zusammenfassung

- Modell ReArMo kann die Wirklichkeit im Wesentlichen abbilden.
- Veränderungen in der Bewirtschaftung können einen positiven Einfluss auf die Beschaffenheit des Grundwassers haben.

Wie stark dieser Einfluss ist und innerhalb welcher Zeiträume er zum Tragen kommt, hängt in hohem Maß von den konkreten Standortbedingungen und der Klimaentwicklung ab.

- Kombination Monitoring – Simulation (Datengrundlage)
- Einbeziehung der Bewirtschafter und der Wasserversorger unabdingbar
 - Erarbeitung wirksamer und ökonomisch vertretbarer Bewirtschaftungsszenarien

Ausblick – veränderte Bewirtschaftung seit 2006



Publikationen:

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Konzept / Modellbeschreibung

Stofftransportmodellierung im Sicker- und Grundwasser

Schriftenreihe, Heft 41/2011



LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Erste Ergebnisse WSG Diehsa

Grundwasser – Altlasten – Boden aktuell

Schriftenreihe, Heft 38/2014



Vielen Dank!

Modellvalidierung Lysimeterstation Brandis

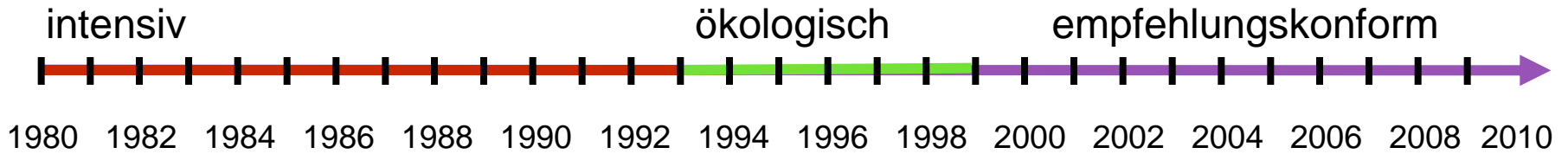


- Mitteldeutsches Tiefland (9.3°C; 660 mm)
- 8 regional typische Böden
- regional charakteristische Fruchtfolge

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



Lysimeterstation Brandis - Management



1980-92: Intensive Bewirtschaftung mit Strohabfuhr

- mineralische Düngung (im Mittel 130 kg N/ha a)
- + 5 Jahre organische Düngung (894 kg N/ha)
- + 45 kg N/ha a Deposition

N-Salden [kg N/ha a]

110 ... 65 ... 25

1993-98: Flächenstilllegung und ökologischer Landbau

- keine mineralische Düngung,
- + 200 dt/ha Stallmist im Jahr 1996 (60 kg N/ha)
- + 28 kg N/ha a Deposition

- 10 ... - 30 ... - 60

seit 1999: Empfehlungskonforme Düngung (BEFU)

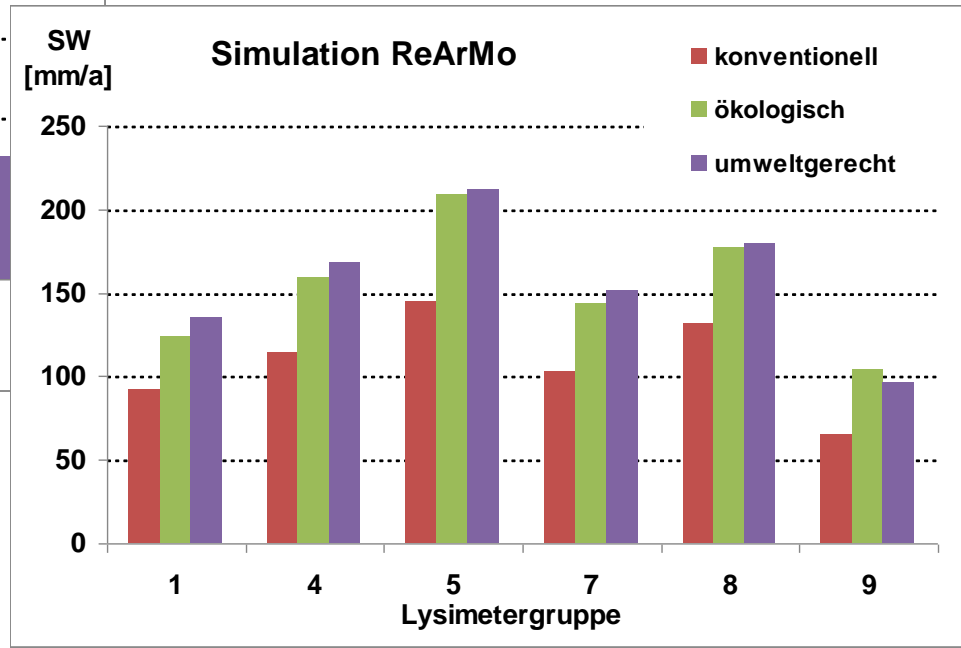
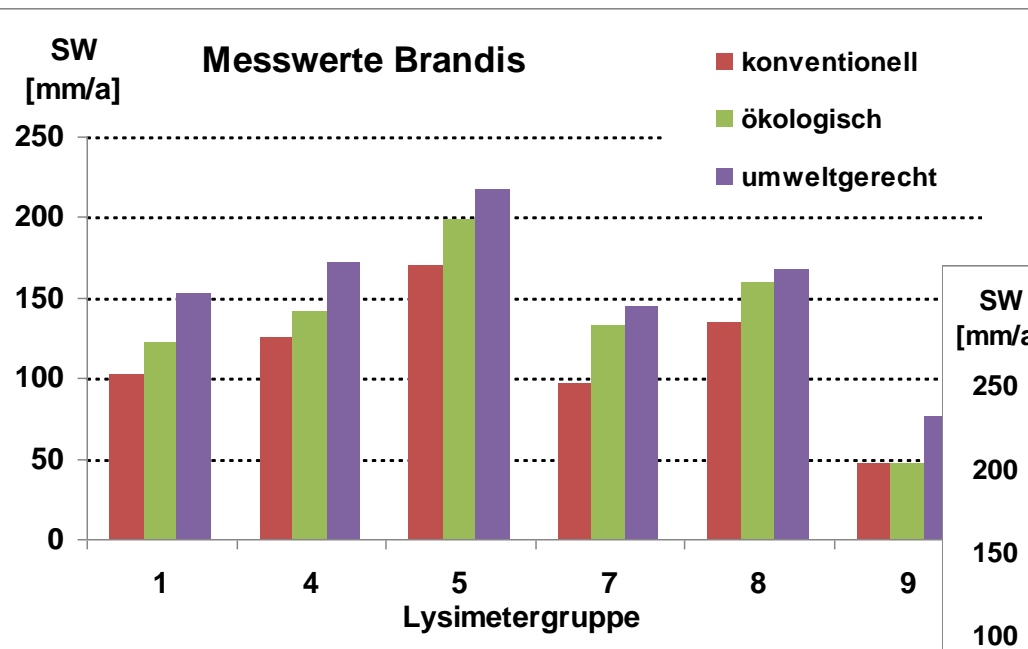
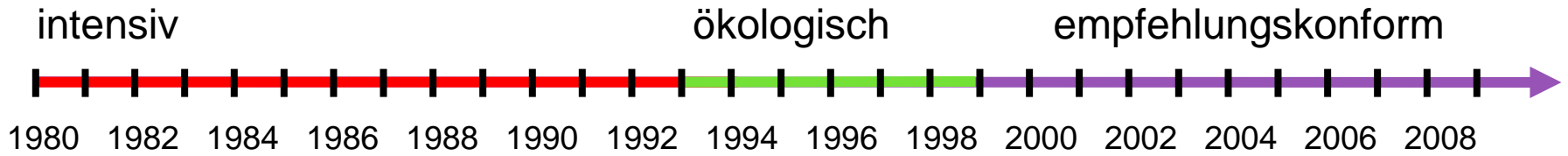
- standortbezogene Düngung (N_{\min}): 138-125 kg N /ha
- + Strohdüngung
- + 15 kg N/ha a Deposition

90 ... 50 ... 12

35  81

potential soil yield (Ackerzahl)

Lysimeterstation Brandis - Sickerwasser



Stickstoff-Auswaschung (3 m)

