

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

Beate Klöcking (BAH) & Christian Wolfig (IHU)

BAH - Büro für Angewandte Hydrologie

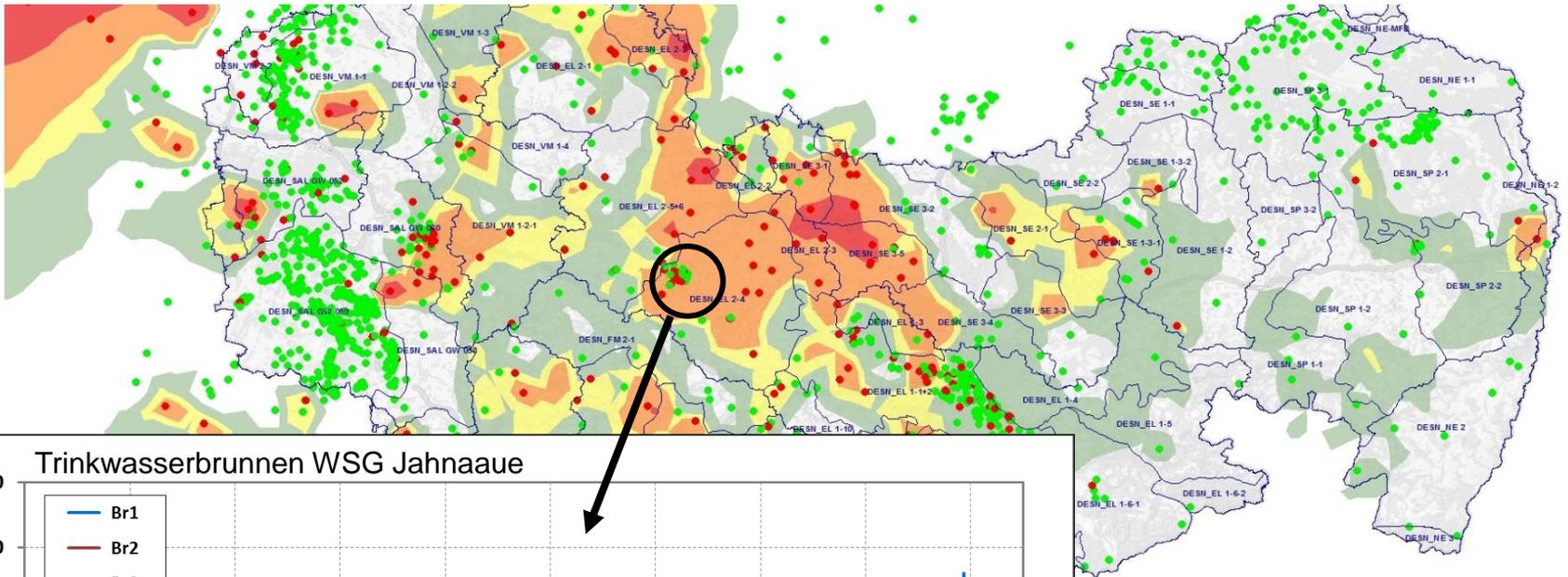
IHU - Gesellschaft für Ingenieur-, Hydro- und Umweltgeologie mbH

INL - Institut für Nachhaltige Landbewirtschaftung e. V.

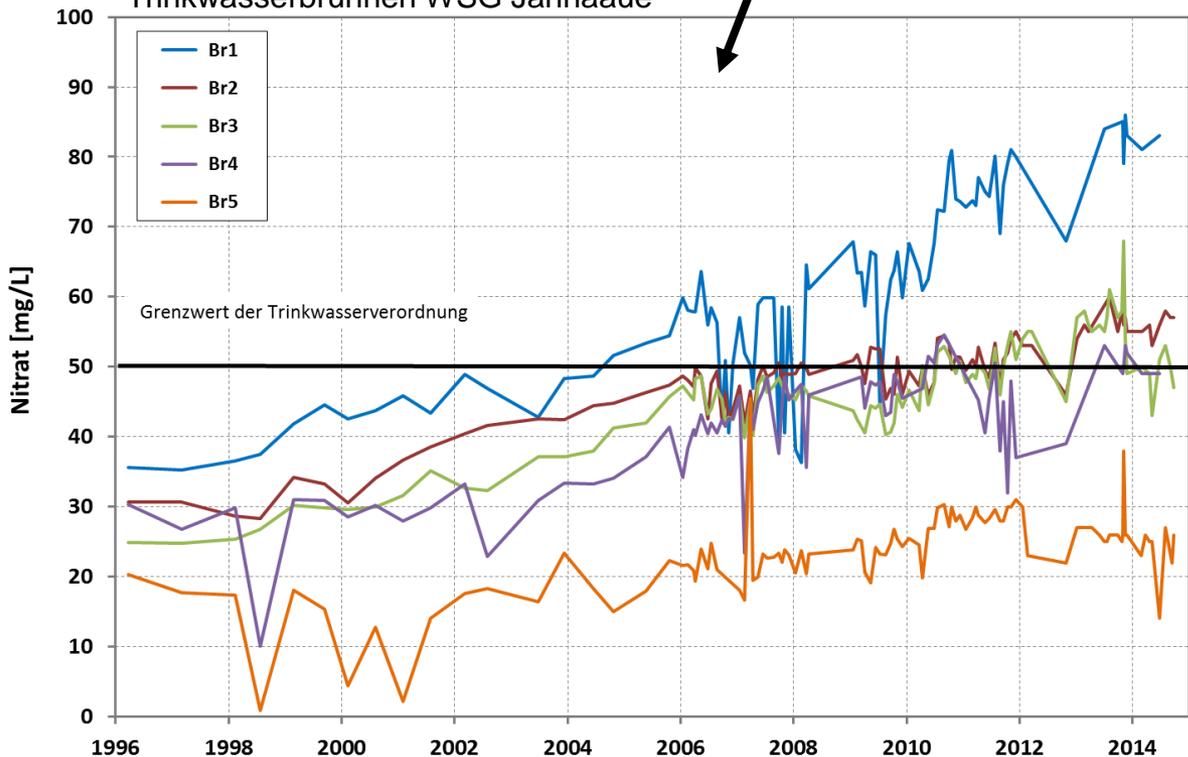
LfULG - Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

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

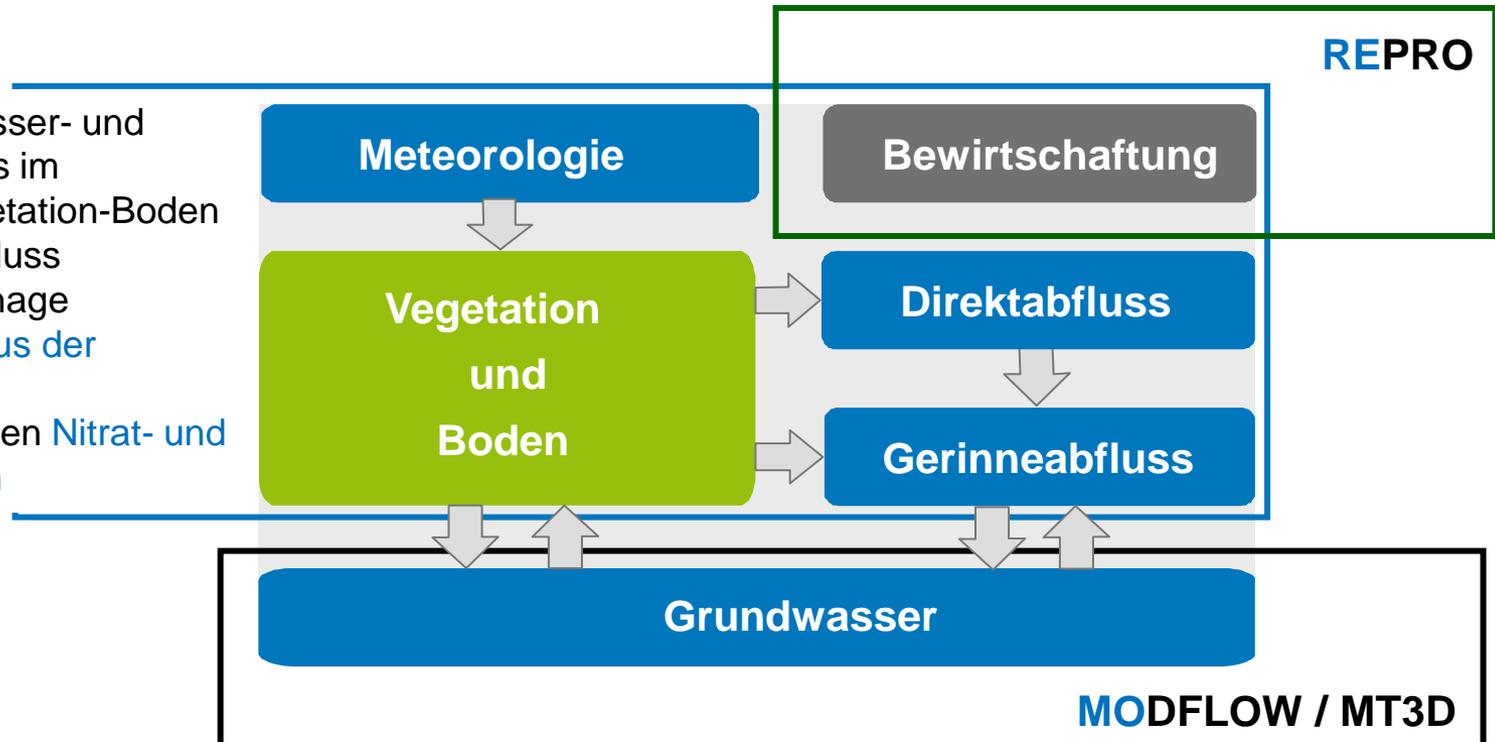
- Verständnis der Wasserströme und Stofffrachten in der ungesättigten und gesättigten Zone auf Einzugsgebietsebene bis zu den Förderbrunnen
- Bewertung von Einzugsgebieten hinsichtlich ihrer Anfälligkeit gegenüber Landnutzungsänderungen und Klimawandel
- Bewertung der Wirksamkeit von Bewirtschaftungsmaßnahmen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

ReArMo – gekoppeltes Wasser- und Stoffhaushaltsmodell

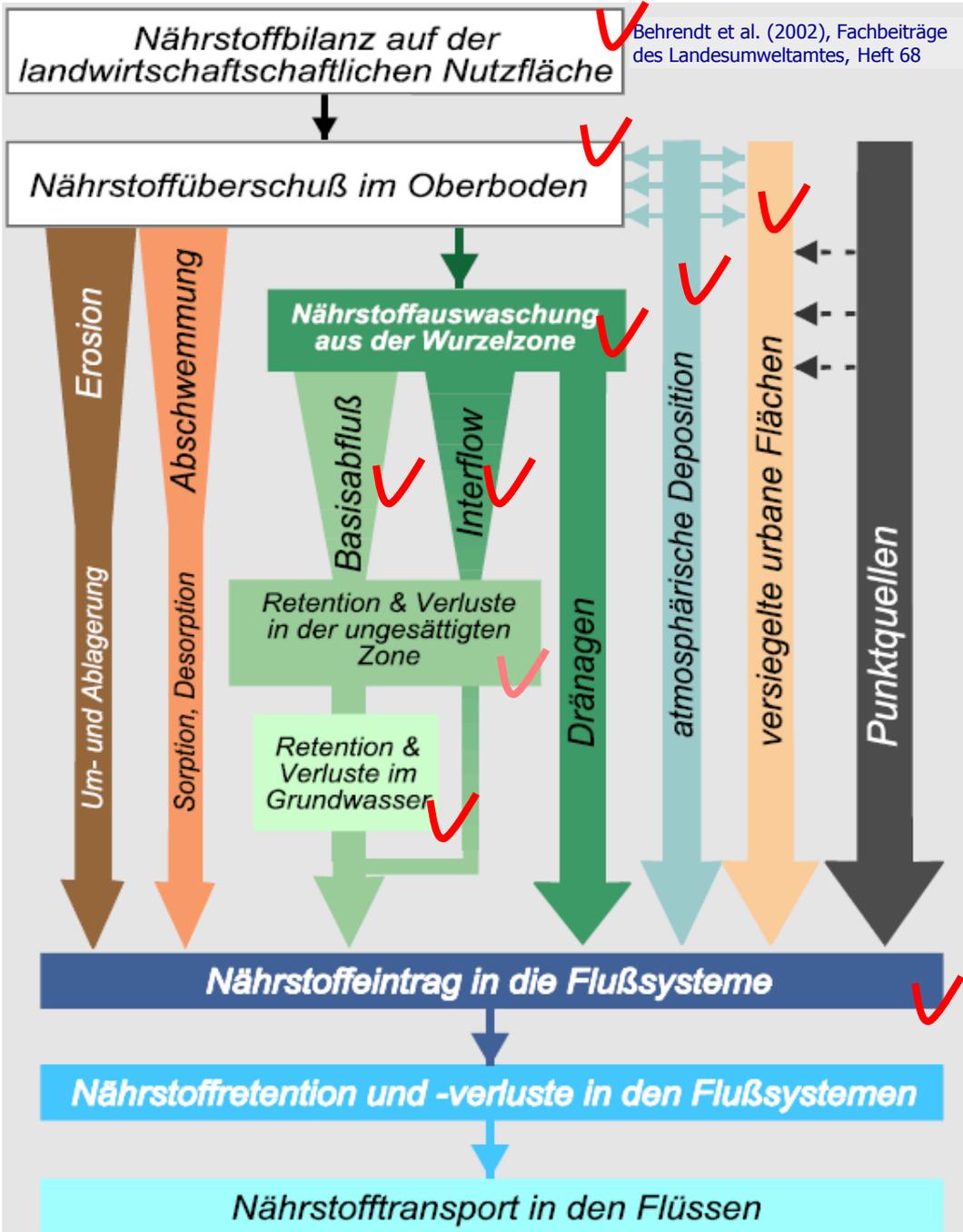
ArcEGMO

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 Jahnaue 2 (18 km²)

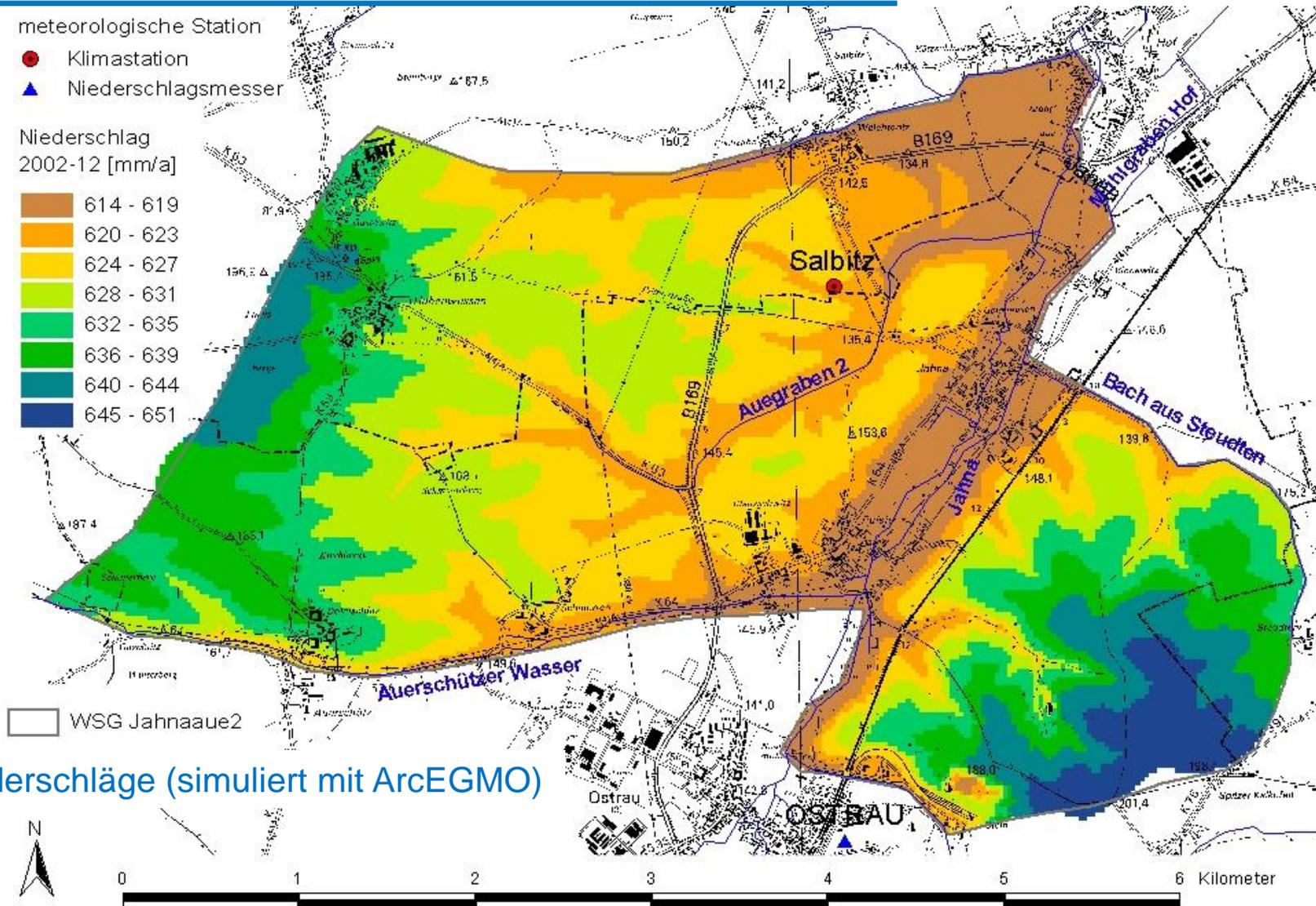
mittelsächsisches Lösshügelland

meteorologische Station

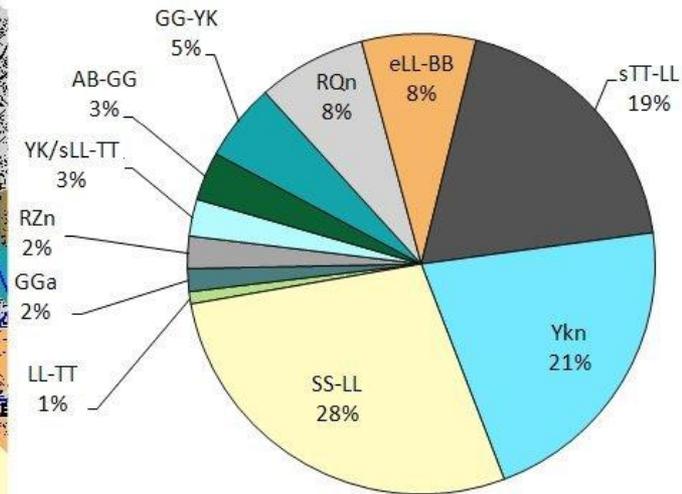
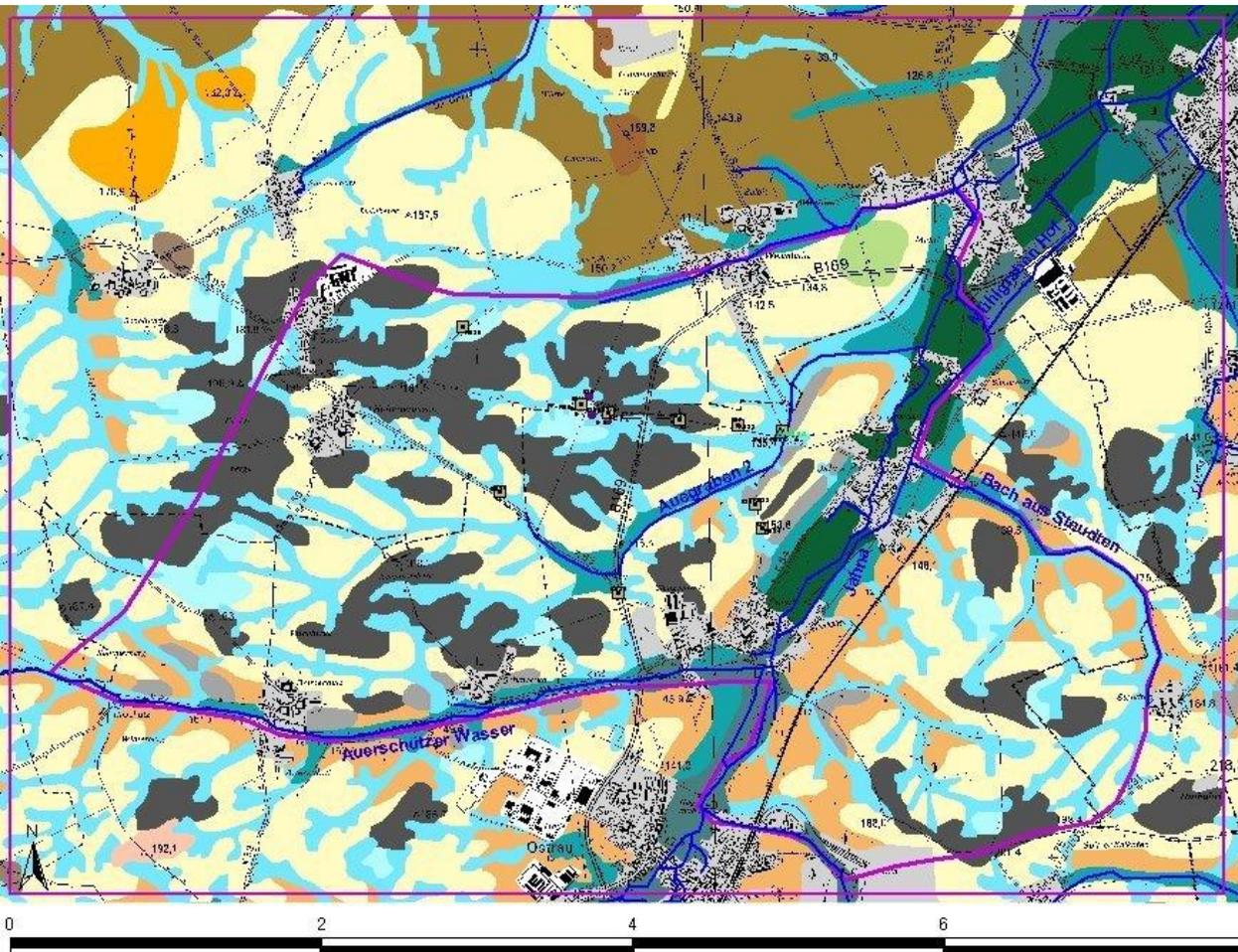
- Klimastation
- ▲ Niederschlagsmesser

Niederschlag
2002-12 [mm/a]

- 614 - 619
- 620 - 623
- 624 - 627
- 628 - 631
- 632 - 635
- 636 - 639
- 640 - 644
- 645 - 651



WSG Jahnaue 2: Böden



fruchtbare Lößböden:
(hohe Wasserspeicherfähigkeit)

SS Pseudogley

LL Parabraunerde

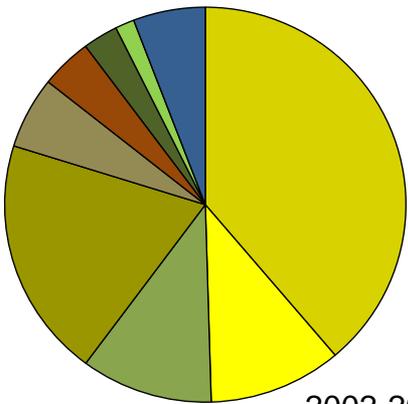
TT Schwarzerde

YKn Kolluvisol = verlagertes humoses
Bodenmaterial

BB Braunerde

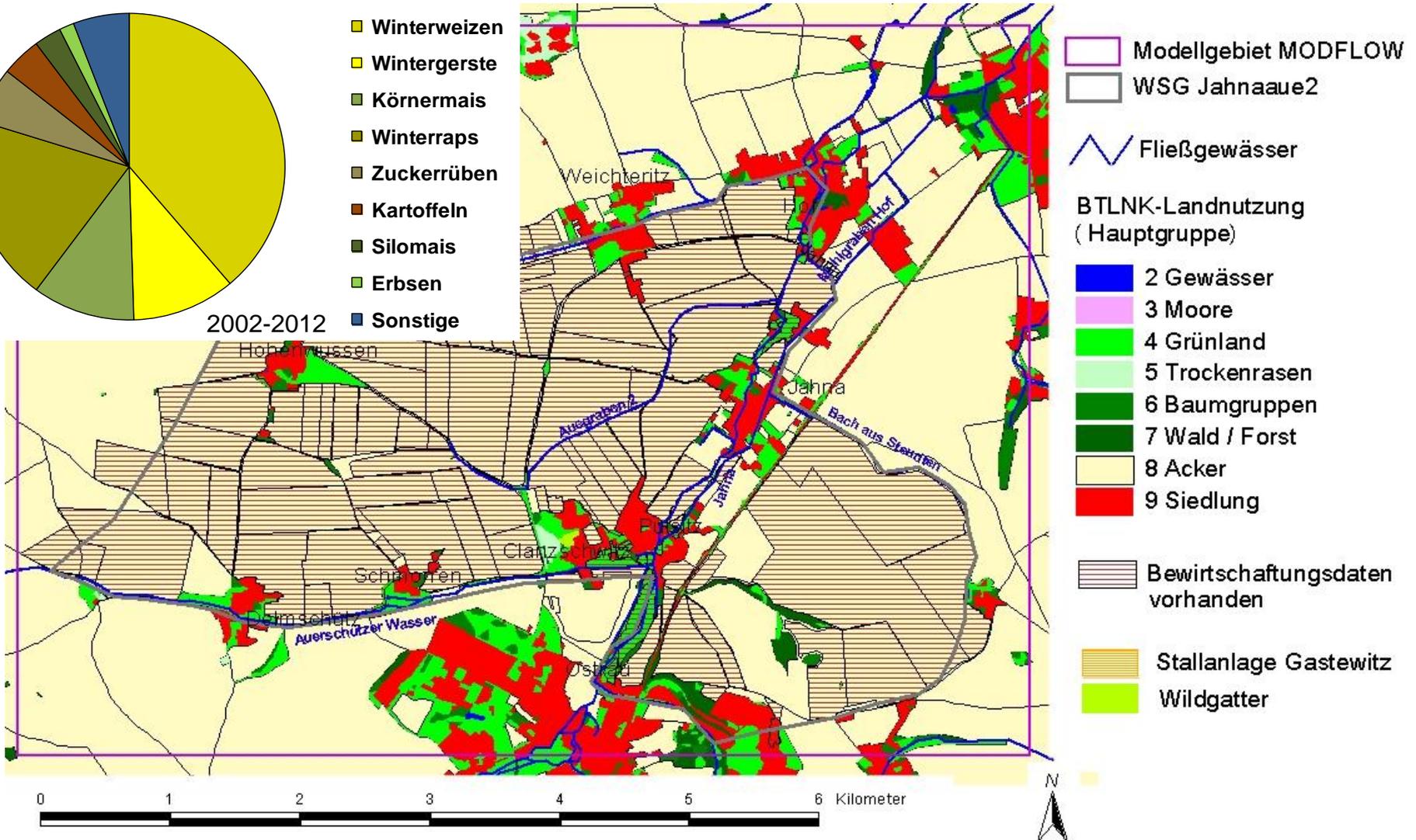
Basis: digitale Bodenkarte 1:50 000

Jahnaue 2: Landnutzung 86% Acker, 7% Siedlung, 5% Grünland



2002-2012

- Winterweizen
- Wintergerste
- Körnermais
- Winterraps
- Zuckerrüben
- Kartoffeln
- Silomais
- Erbsen
- Sonstige



- Modellgebiet MODFLOW
- WSG Jahnaue2

~ Fließgewässer

BTLNK-Landnutzung
(Hauptgruppe)

- 2 Gewässer
- 3 Moore
- 4 Grünland
- 5 Trockenrasen
- 6 Baumgruppen
- 7 Wald / Forst
- 8 Acker
- 9 Siedlung

▨ Bewirtschaftungsdaten
vorhanden

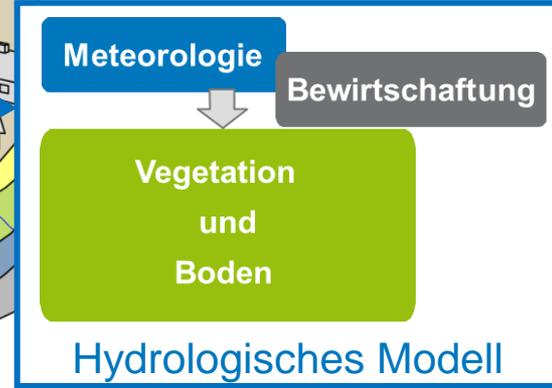
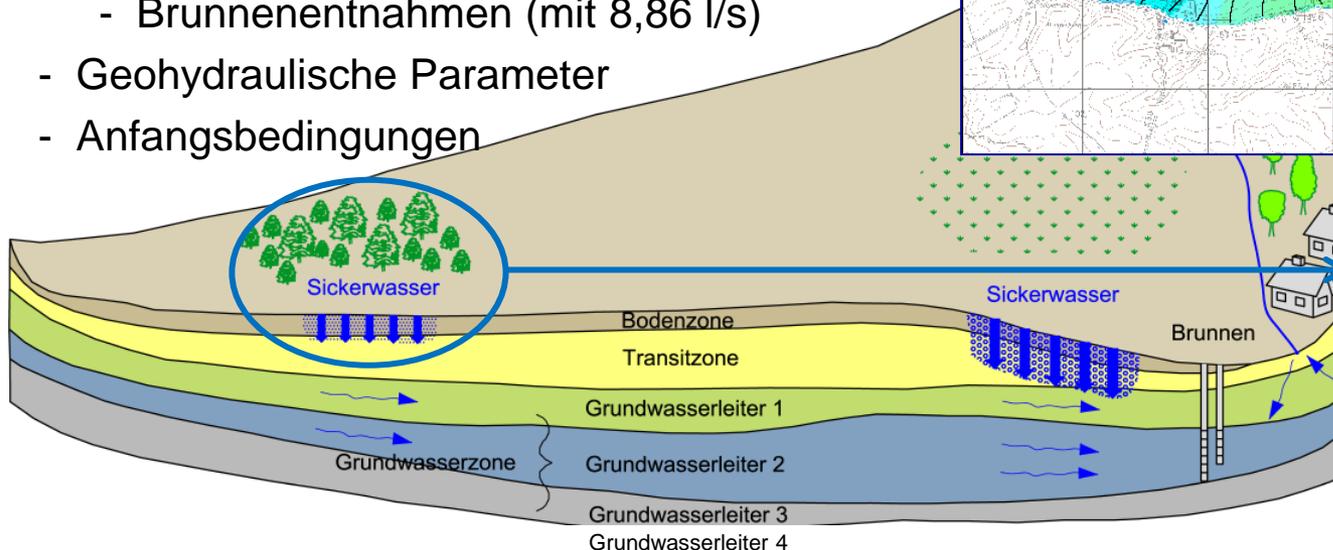
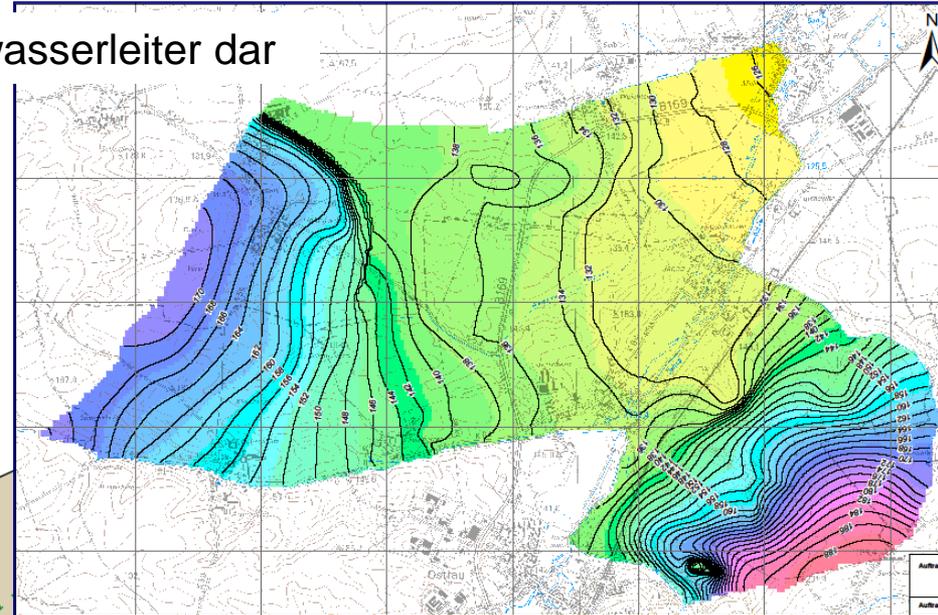
- ▨ Stallanlage Gastewitz
- ▨ Wildgatter

Hydrogeologisches Modell

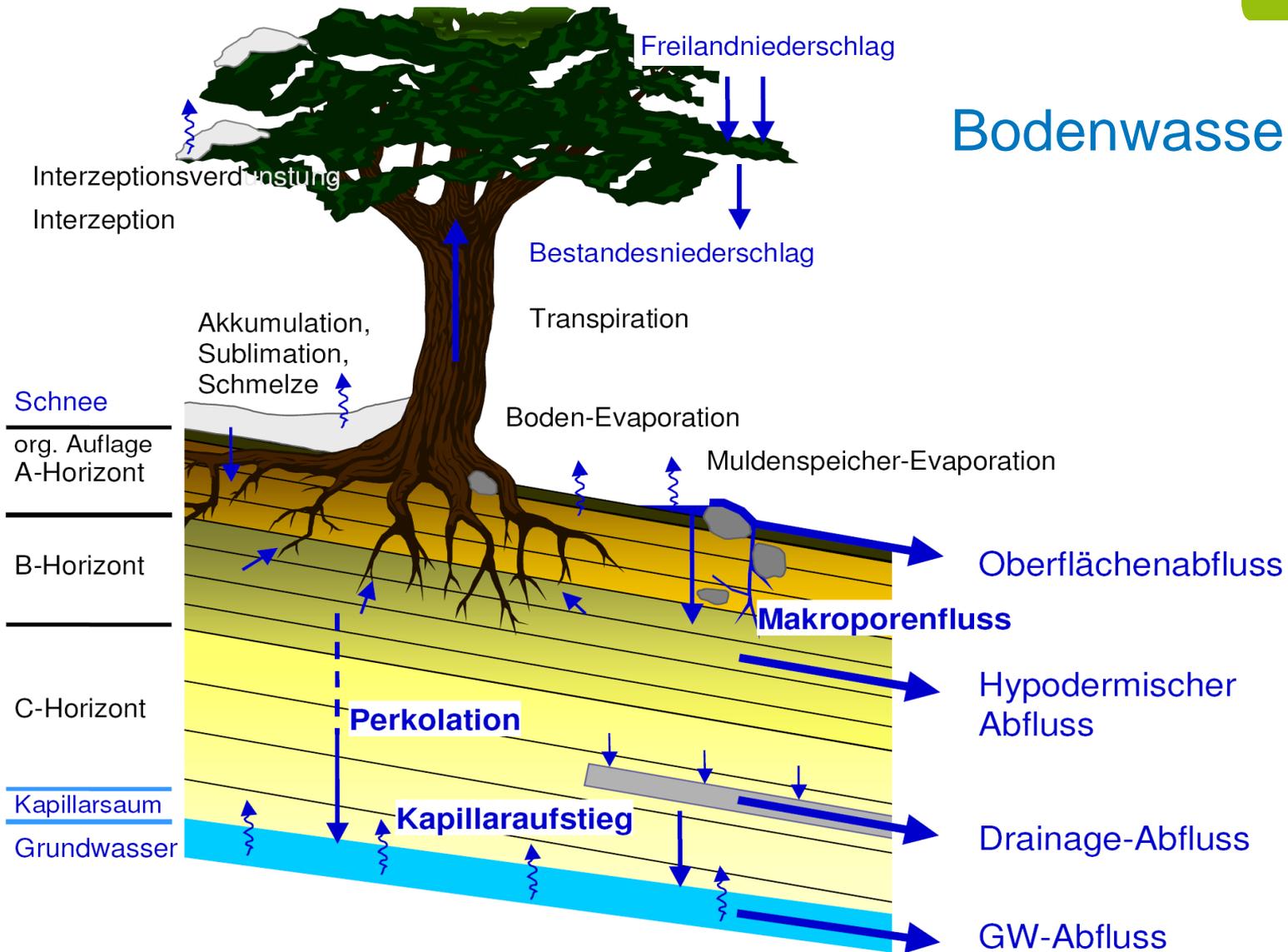
- Raster: 25 m x 25 m (ArcEGMO und MODFLOW)
- vier Modellschichten stellen den Hauptgrundwasserleiter dar

Wesentliche Modelldaten:

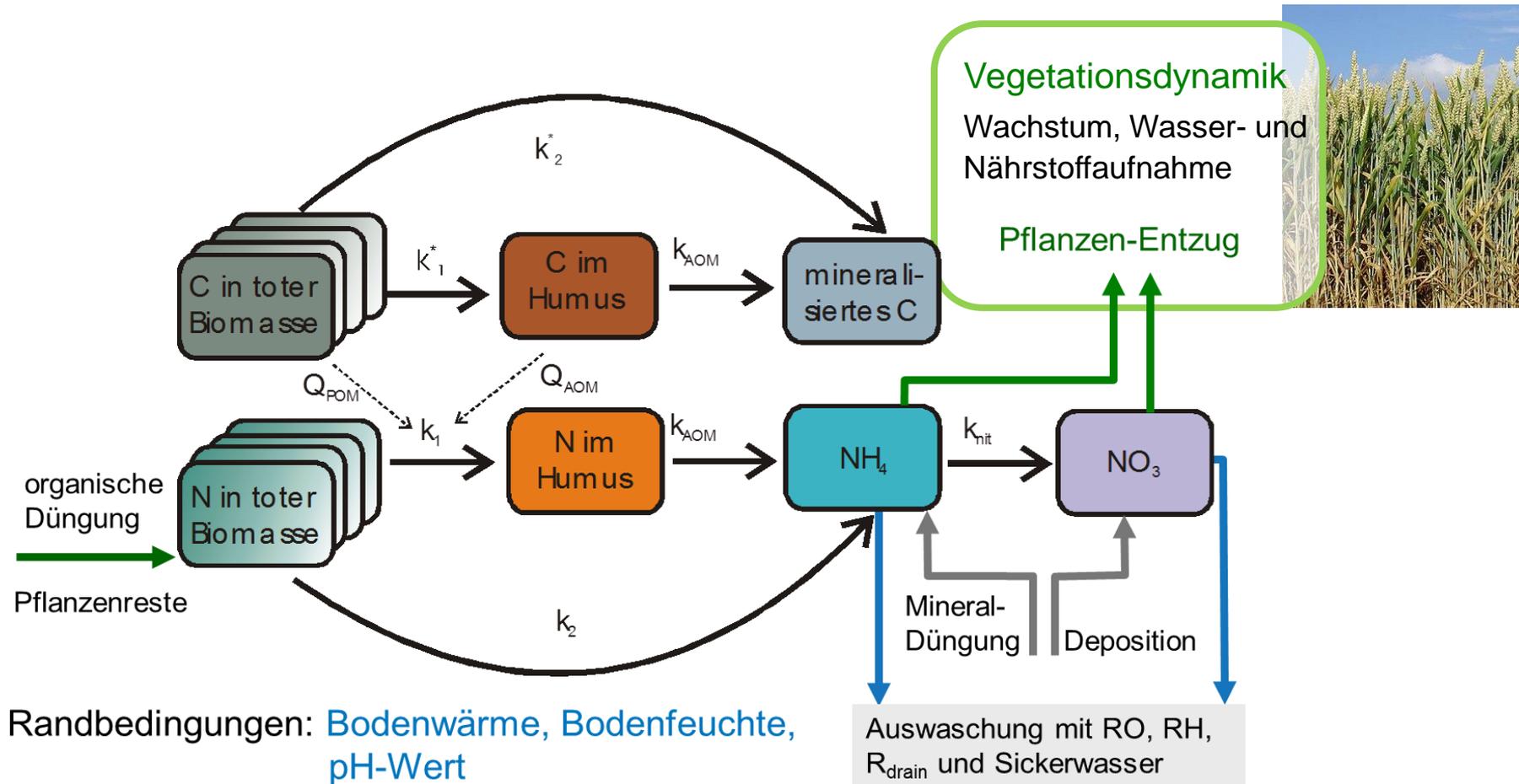
- Geometrie der Modellschichten
- Hydraulische Randbedingungen
 - Grundwasserneubildung (46,73 l/s)
 - Randzufluss (5,78 l/s)
 - Fließgewässer
 - Brunnenentnahmen (mit 8,86 l/s)
- Geohydraulische Parameter
- Anfangsbedingungen



Bodenwassermodell

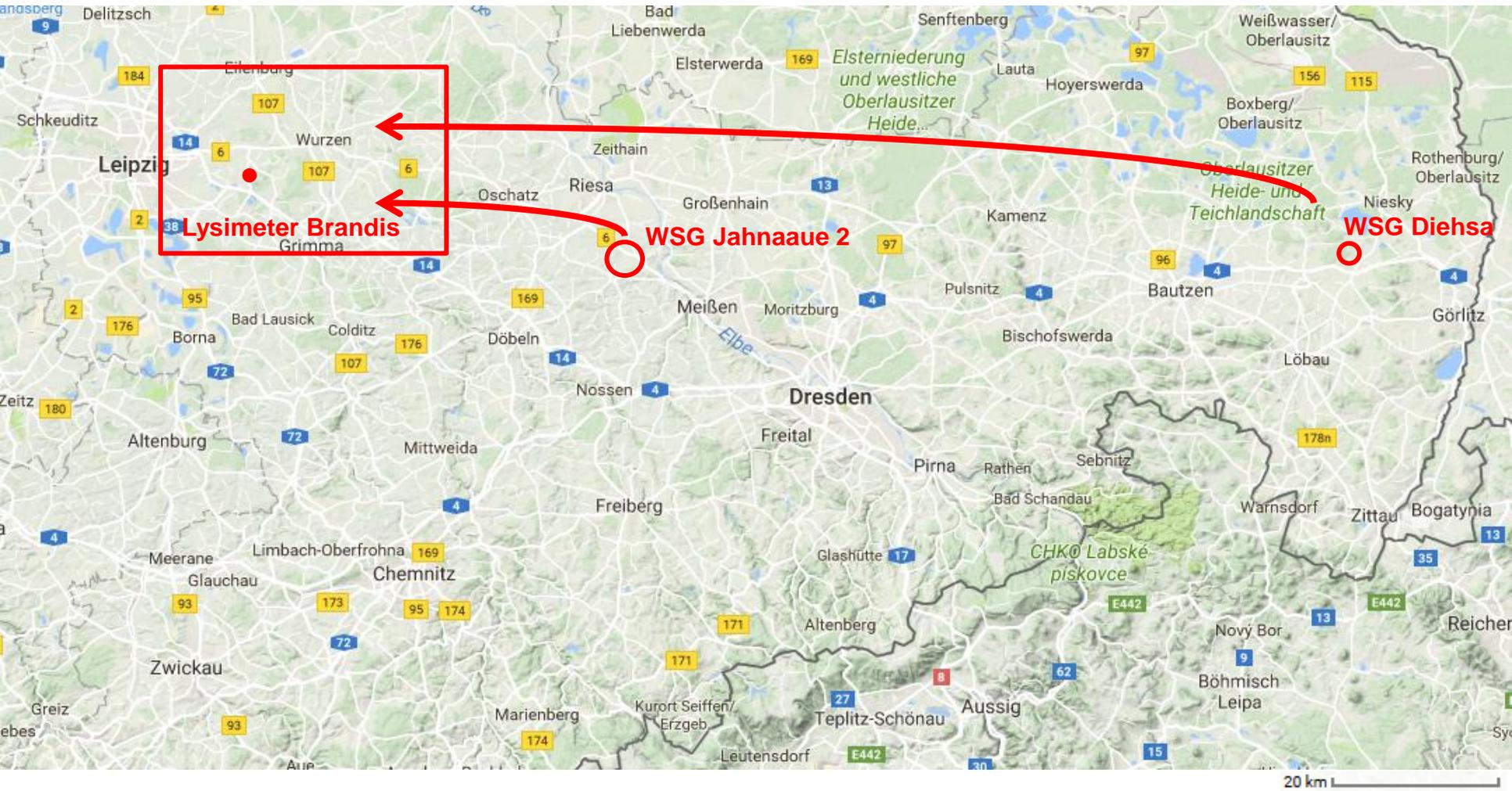


Hydrologisches Modell – C/N-Haushalt



Randbedingungen: Bodenwärme, Bodenfeuchte, pH-Wert

Modellparametrisierung und -validierung



Modellvalidierung Lysimeterstation Brandis



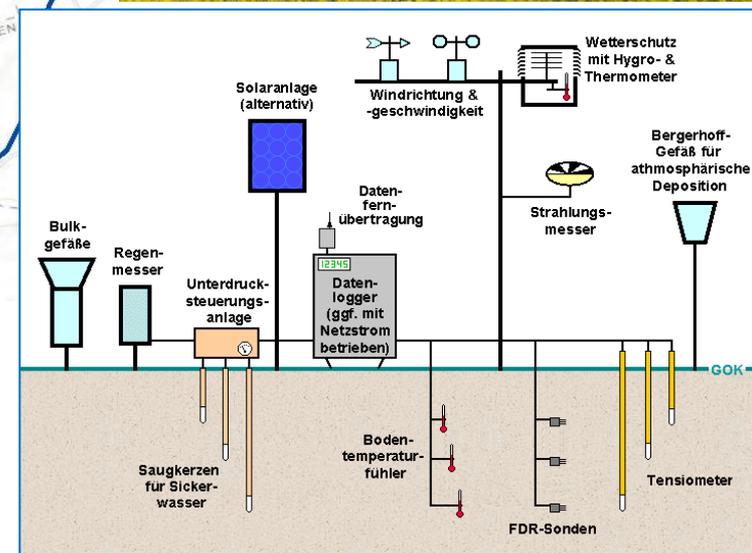
- Mitteldeutsches Tiefland (9.3°C; 660 mm)
- 8 regional typische Böden
- regional charakteristische Fruchtfolge

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

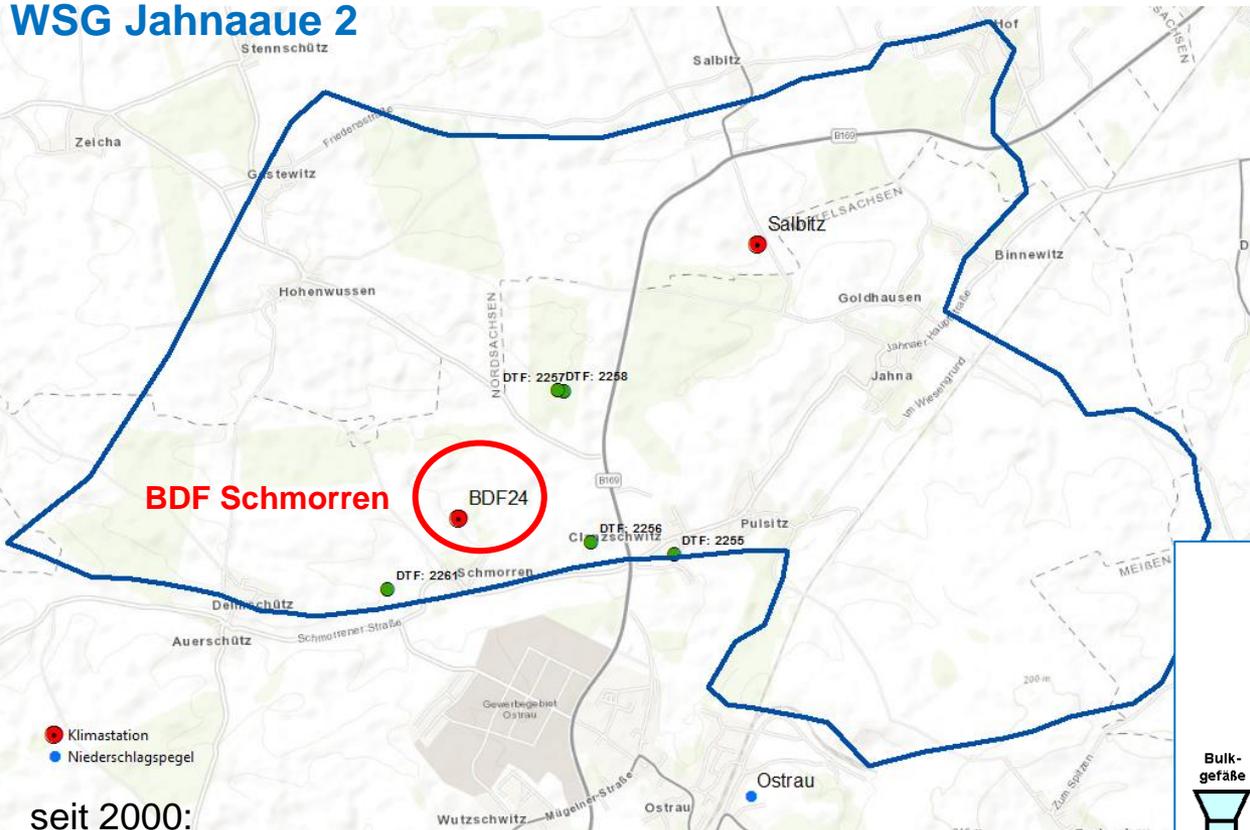


Modellparametrisierung und -validierung

Boden-Dauerbeobachtungs-Fläche des LfULG Sachsen



WSG Jahnaue 2



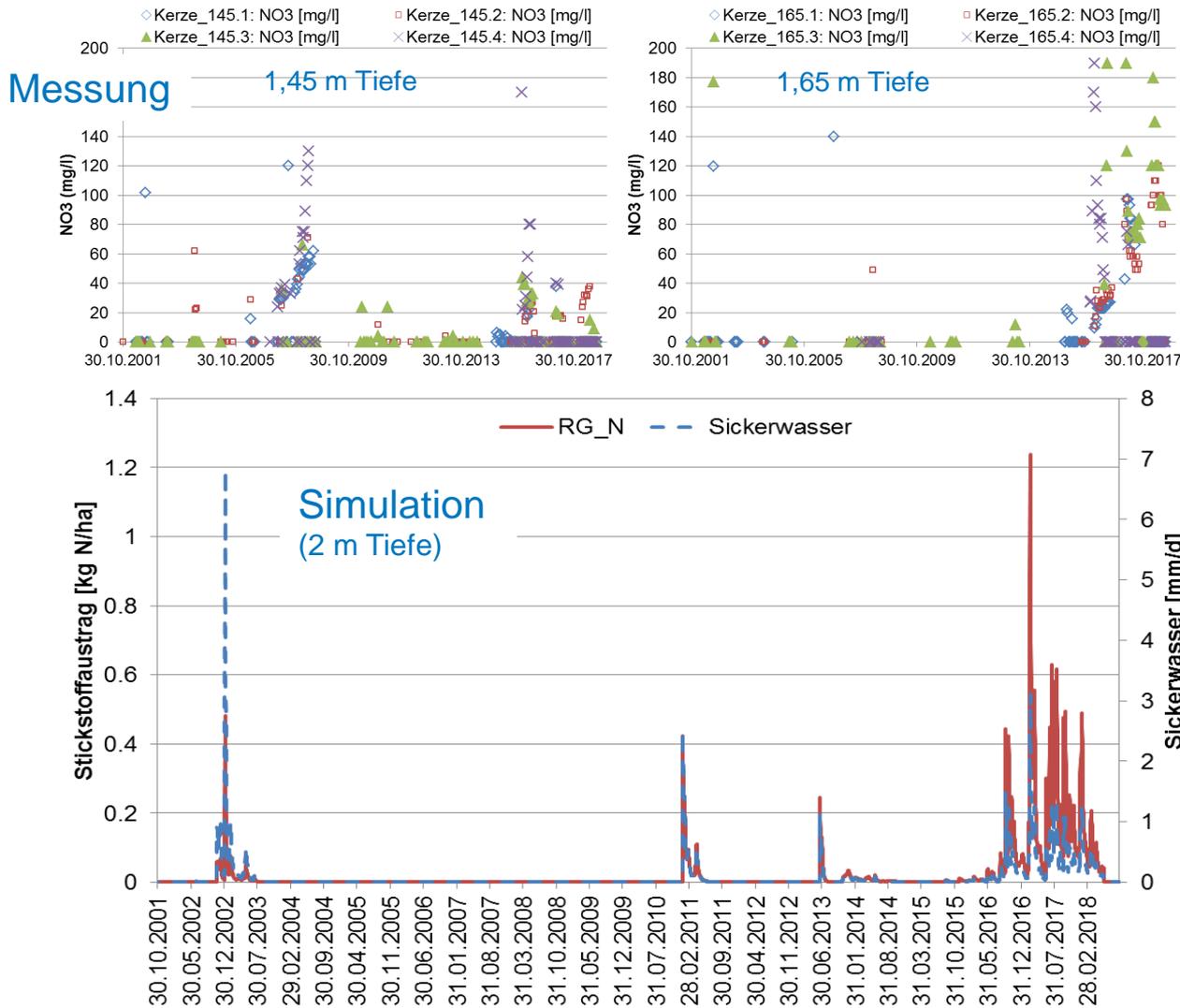
seit 2000:

Witterung, Gesamtdosition (Hauptelemente, Schwermetalle, Nichtmetalle)
Bodenparameter (in 3 Horizonten):

Bodentemperatur, Wassergehalt
Hauptelemente im Sickerwasser
mikrobielle Biomasse, Bodenatmung

Pflanzeninhaltsstoffe (Schwermetalle und Arsen)

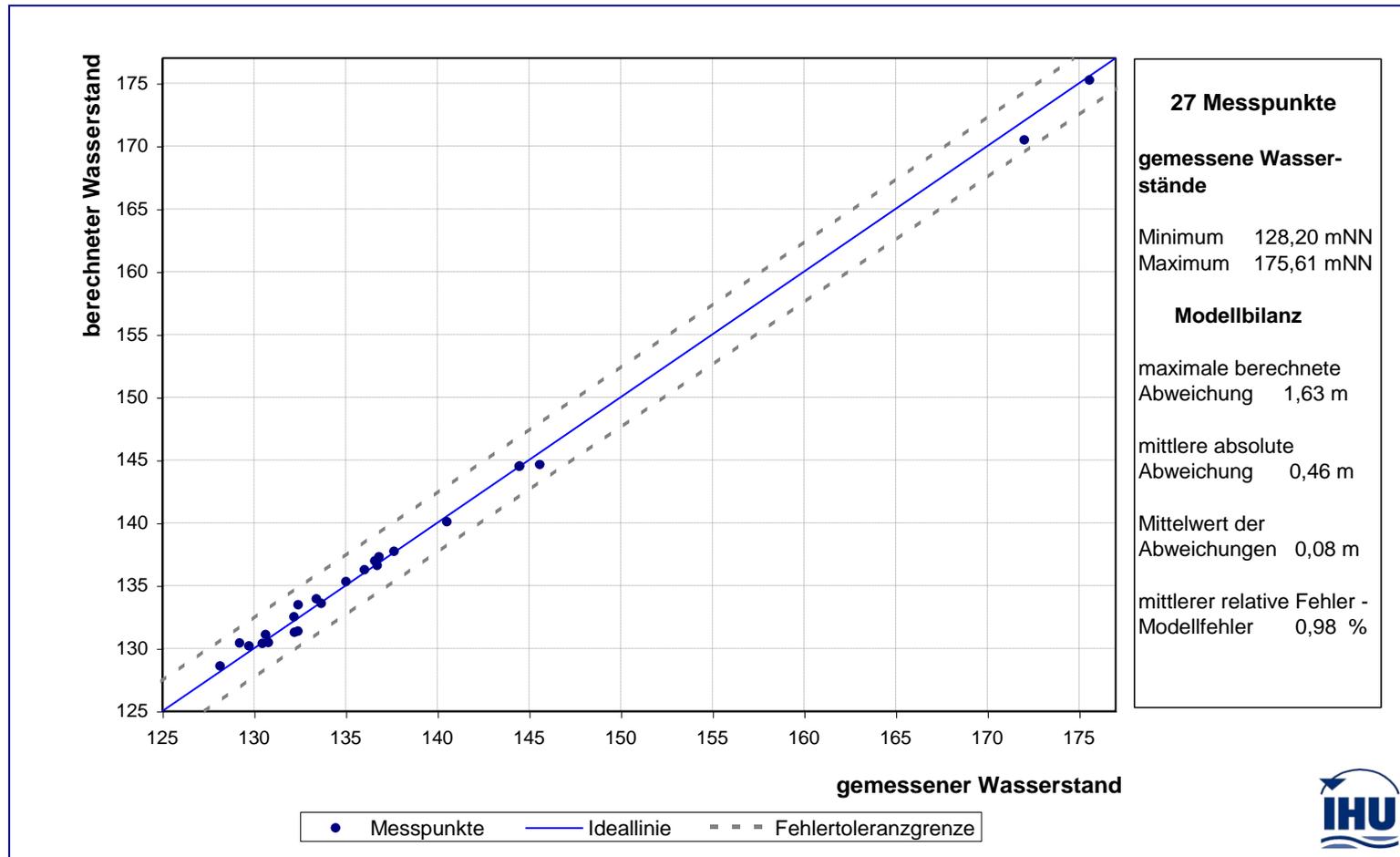
Modellparametrisierung und -validierung



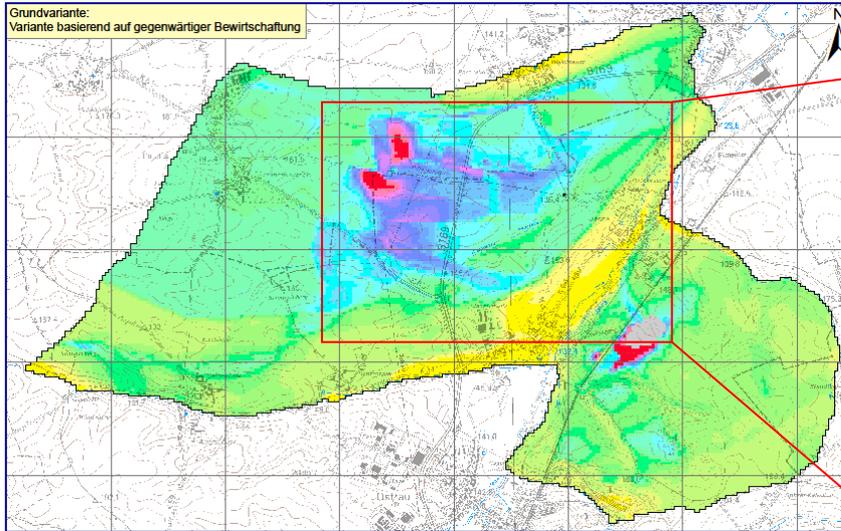
Jahr	FA
2000	Winterweizen/Senf
2001	Kartoffeln
2002	Winterweizen/Senf
2003	Zuckerrüben
2004	Winterweizen
2005	Wintergerste
2006	Kartoffeln
2007	Winterweizen/Senf
2008	Zuckerrüben
2009	Winterweizen/Senf
2010	Kartoffeln
2011	Winterweizen/Senf
2012	Zuckerrüben
2013	Winterweizen
2014	Winterraps/ Klee- und Luzerne gemenge
2015	Kartoffeln
2016	Grünbrache
2017	Grünbrache
2018	Spargel

Kalibrierung des Grundwasser-Strömungsmodells

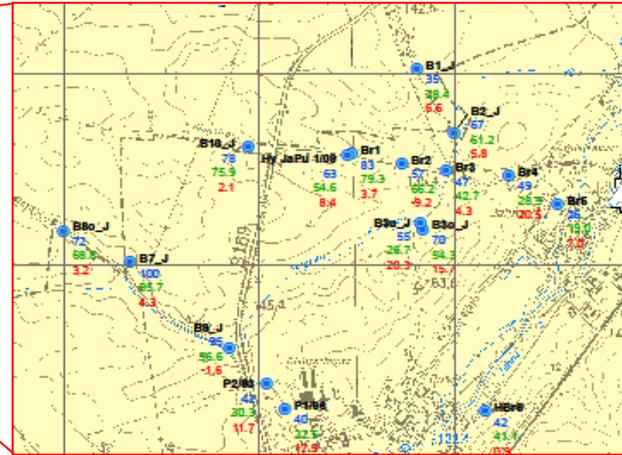
- Minimierung der Abweichung zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserständen
- Orientierung des berechneten an den aus Messdaten konstruierten Grundwassergleichenplan



Nitratkonzentration in den Grundwasserleitern (Istzustand)



Modellschicht 3



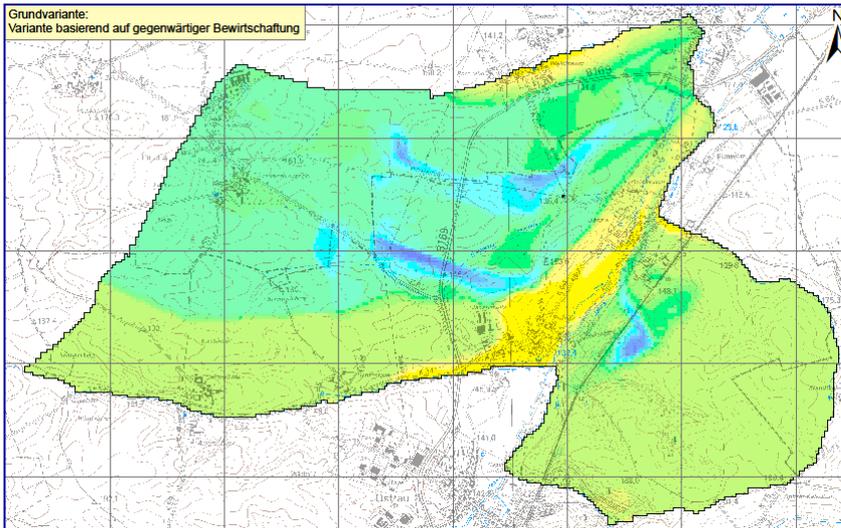
20 Messpunkte

gemessene Nitrat-Konzentrationen

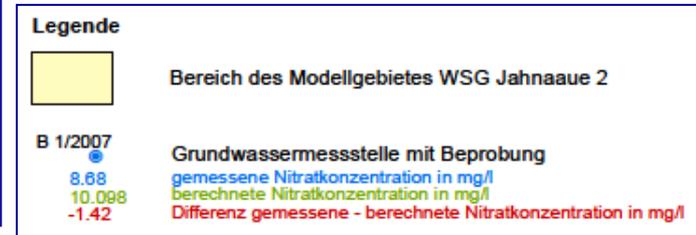
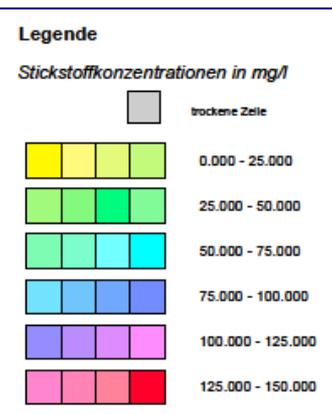
Minimum 26,00 mg/l
Maximum 100,00 mg/l
Messbereich 74,00 mg/l

Modellbilanz

maximale Abweichung 79,99 mg/l
mittlere Abweichung 10,90 mg/l
Absolute Fehler 12,55 mg/l
relative Fehler 16,97 %

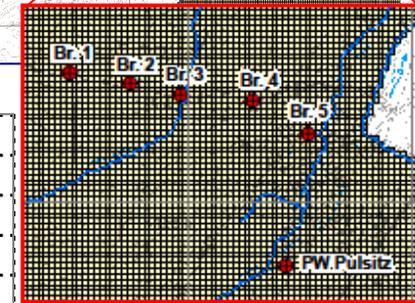
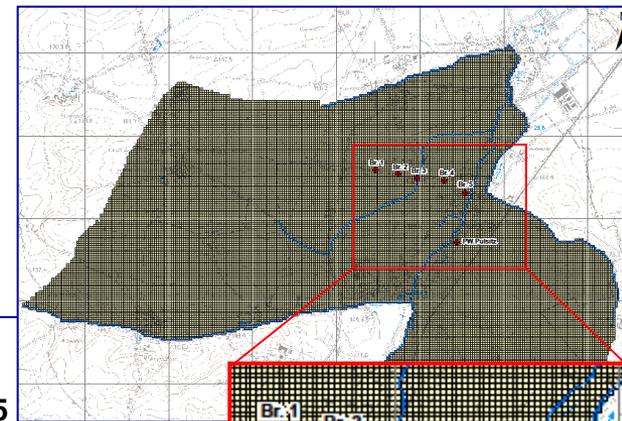


Modellschicht 4

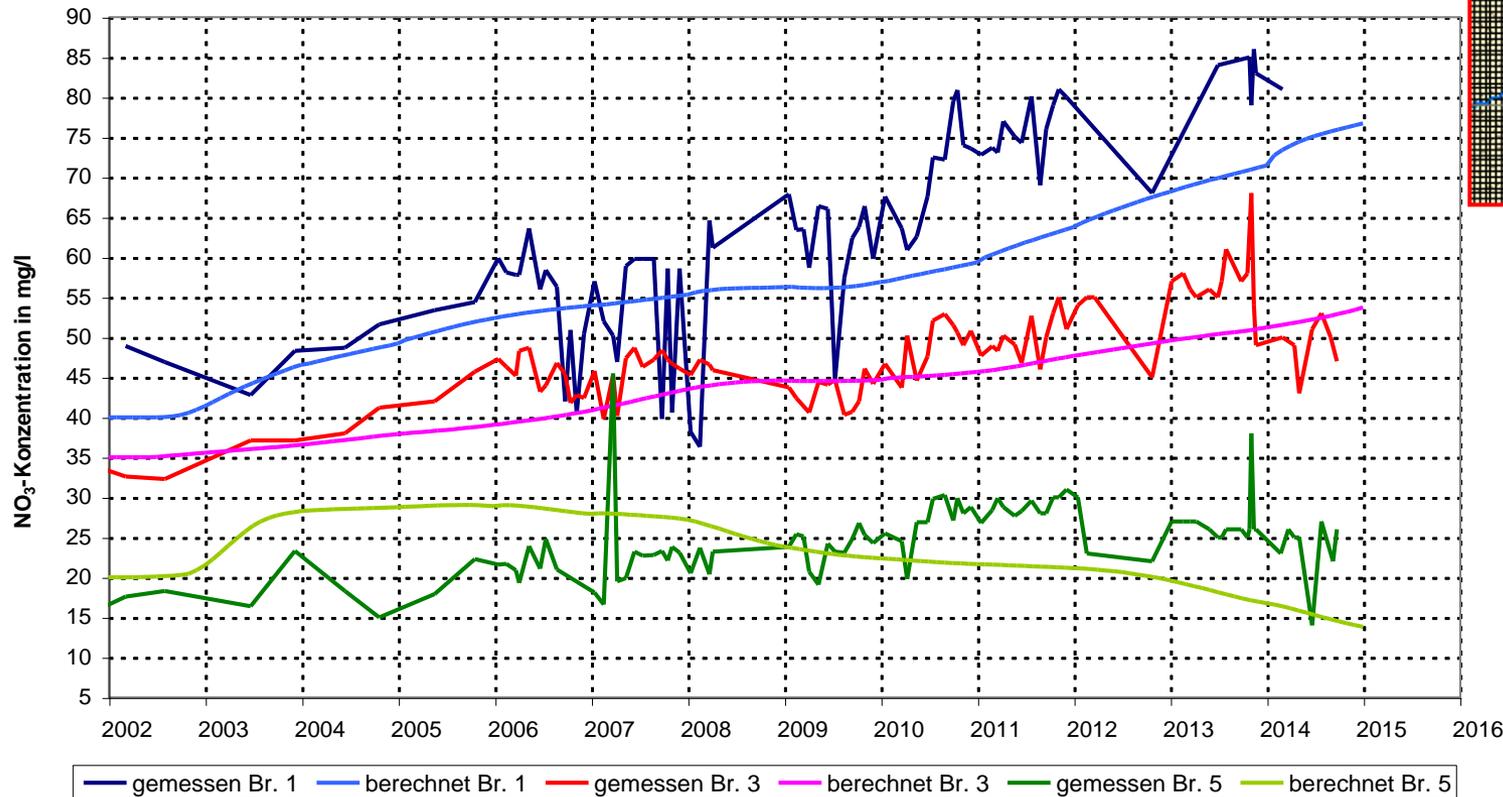


Nitrat im Rohwasser der Brunnen

Vergleich der berechneten und gemessenen Konzentrationen im Brunnen



Modell Jahna - Ausgangszustand
Ganglinien der NO_3 -Konzentration an Standorten Brunnen 1, 3 und 5



Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung

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

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

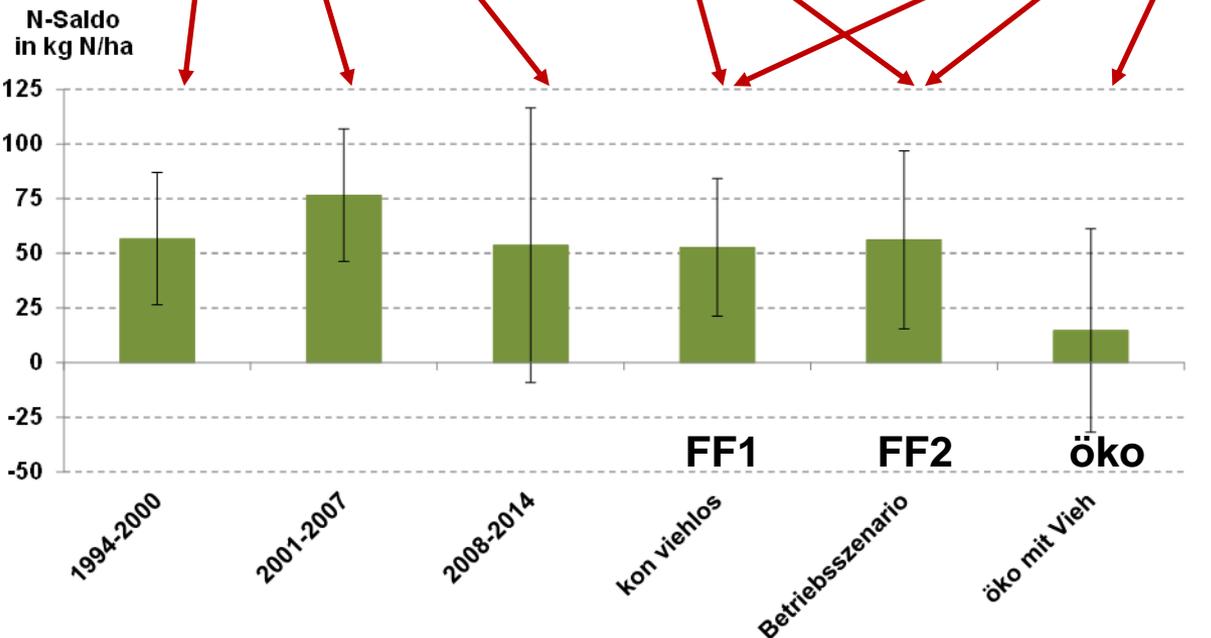
Definition einer betriebs-spezifischen Fruchtfolge

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 Landwirtschaft mit einer viehlosen Fruchtfolge

FF2: konventionelle optimierte Landwirtschaft betriebstypisch mit einer viehhaltenden Fruchtfolge

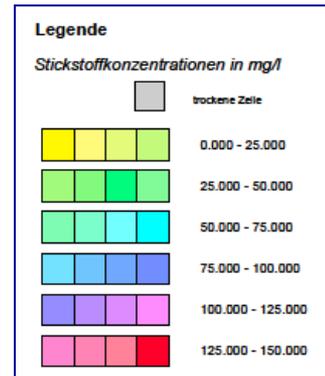
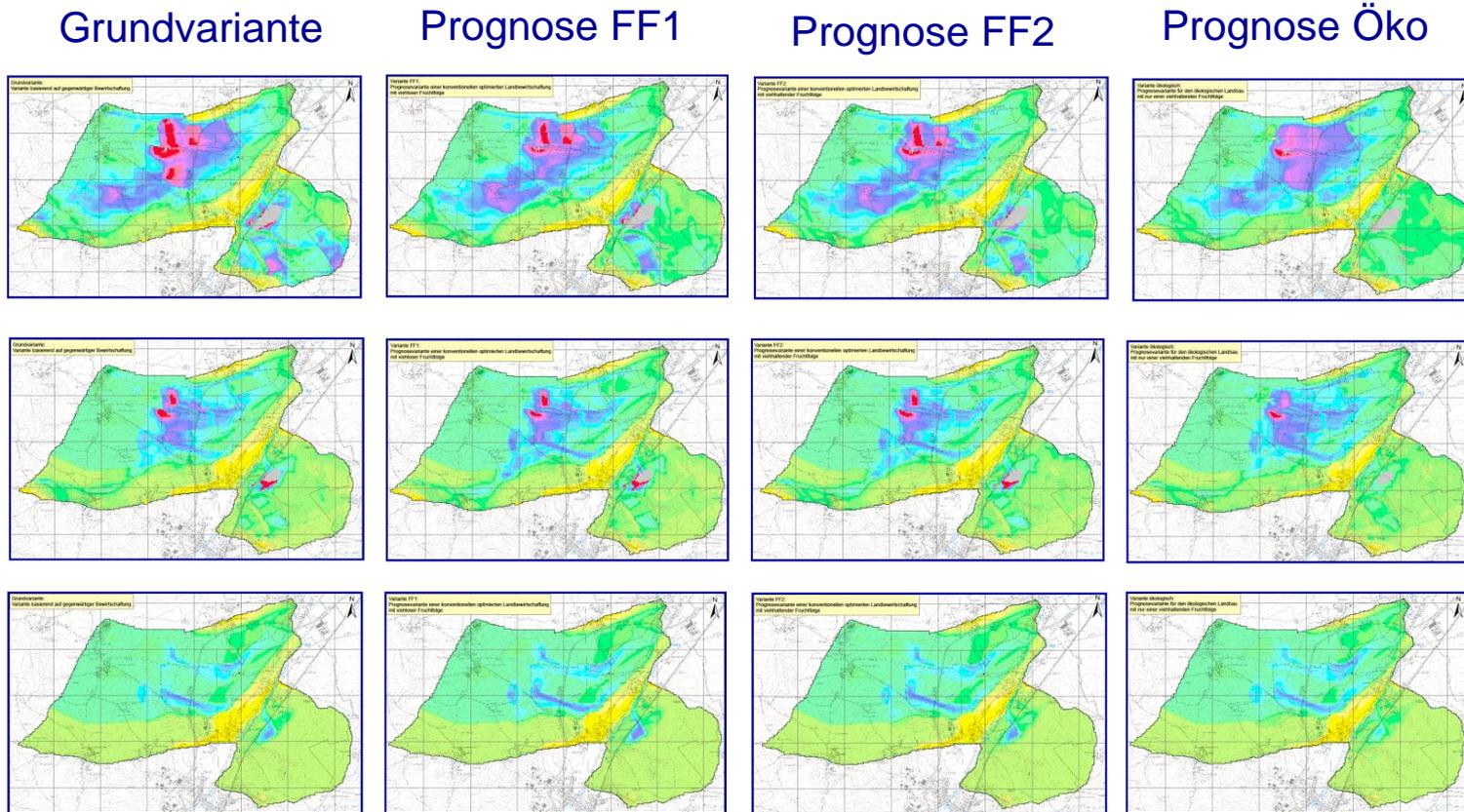
öko: ökologischer Landbau mit einer viehhaltenden Fruchtfolge

Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung

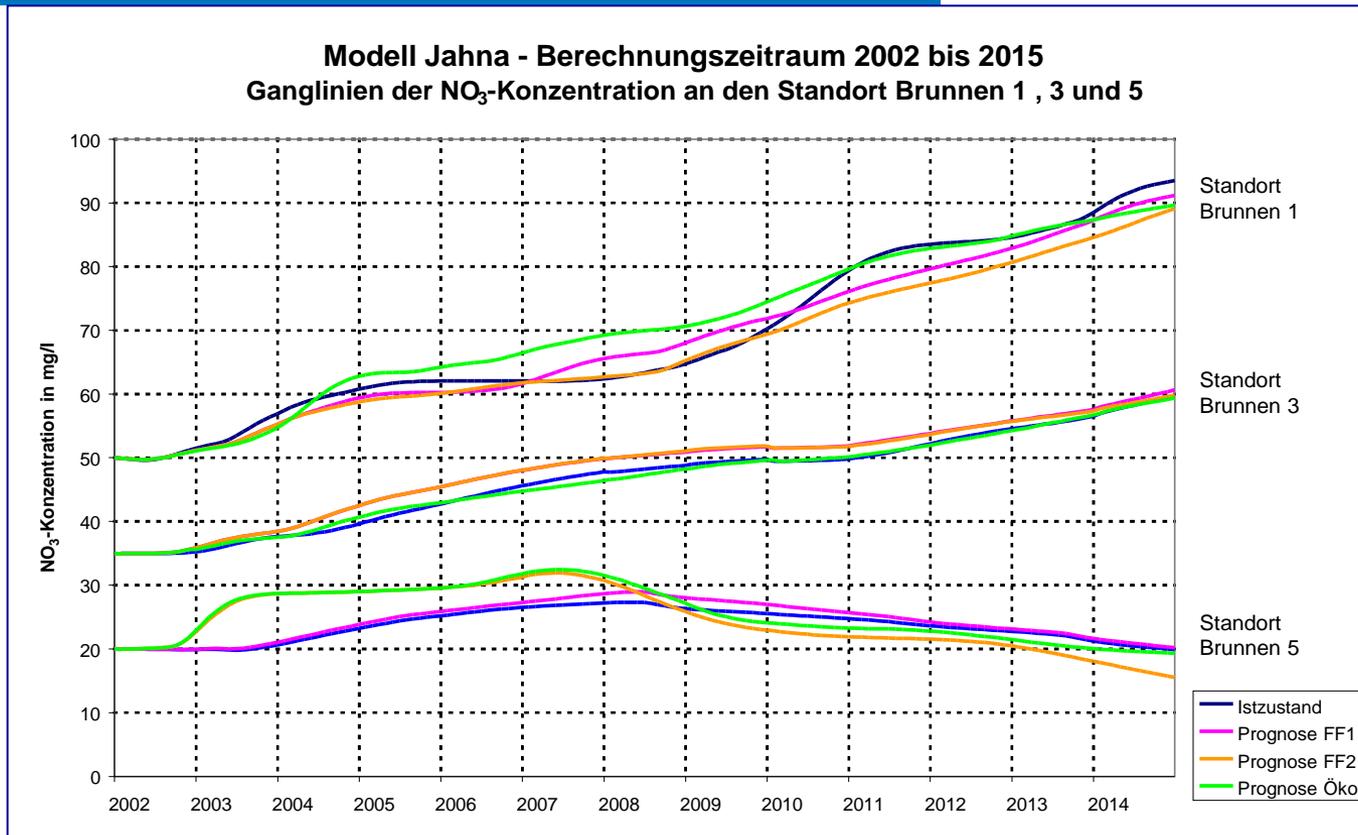
Auswirkungen auf den Nitrattransport
 Vergleich der berechneten Konzentrationsverteilungen – Nitrat
 Modellschicht 2, 3 und 4

Klima-Istzustand
 (1994 bis 2014)

WETTREG-2010



Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung



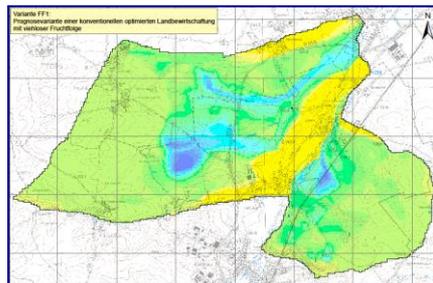
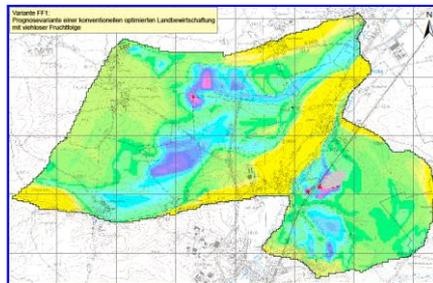
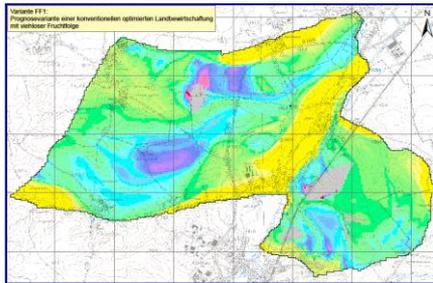
- Für alle Prognosevarianten wurden Nitratkonzentrationen berechnet, die von denen der Grundvariante nur sehr gering abweichen.
- Infolge des relativ kurzen Berechnungszeitraums, der mächtigen Bedeckung der Grundwasserleiter und der geringen Förderleistung der Brunnen in Relation zur Grundwasserneubildung können sich die Konzentrationen im Grundwasserleiter nicht stark verändern.

Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung

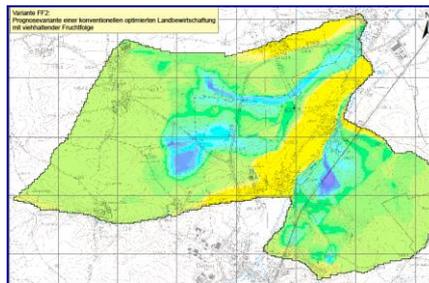
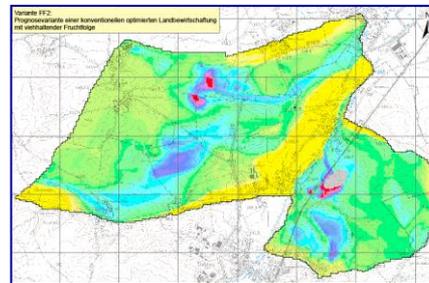
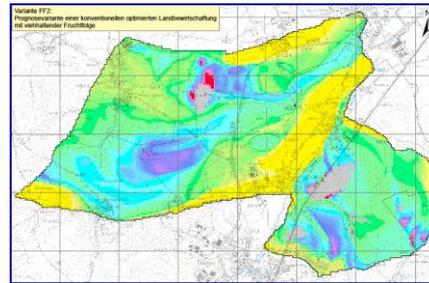
Vergleich der berechneten Konzentrationen
– Nitrat - Modellschicht 2, 3 und 4

nahe Zukunft 2021 bis 2050
WETTREG-2010

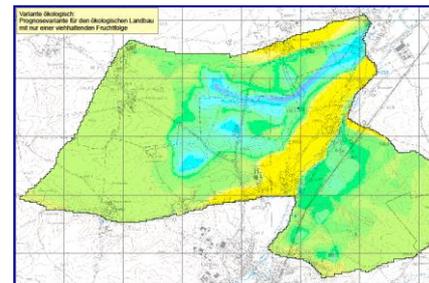
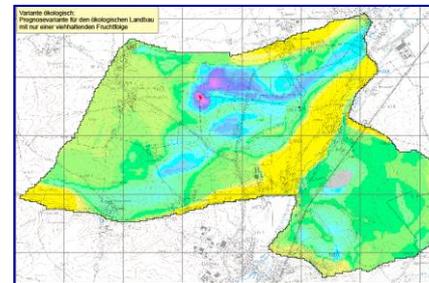
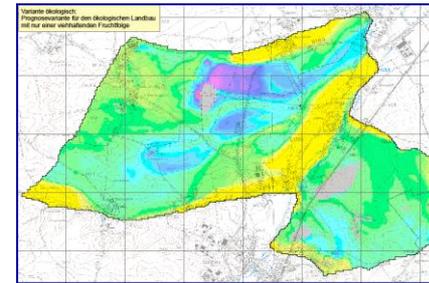
Prognose FF1



Prognose FF2



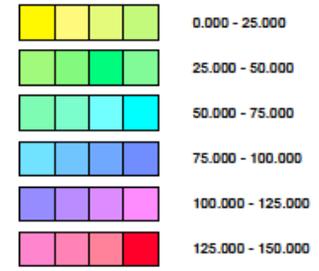
Prognose Öko



Legende

Stickstoffkonzentrationen in mg/l

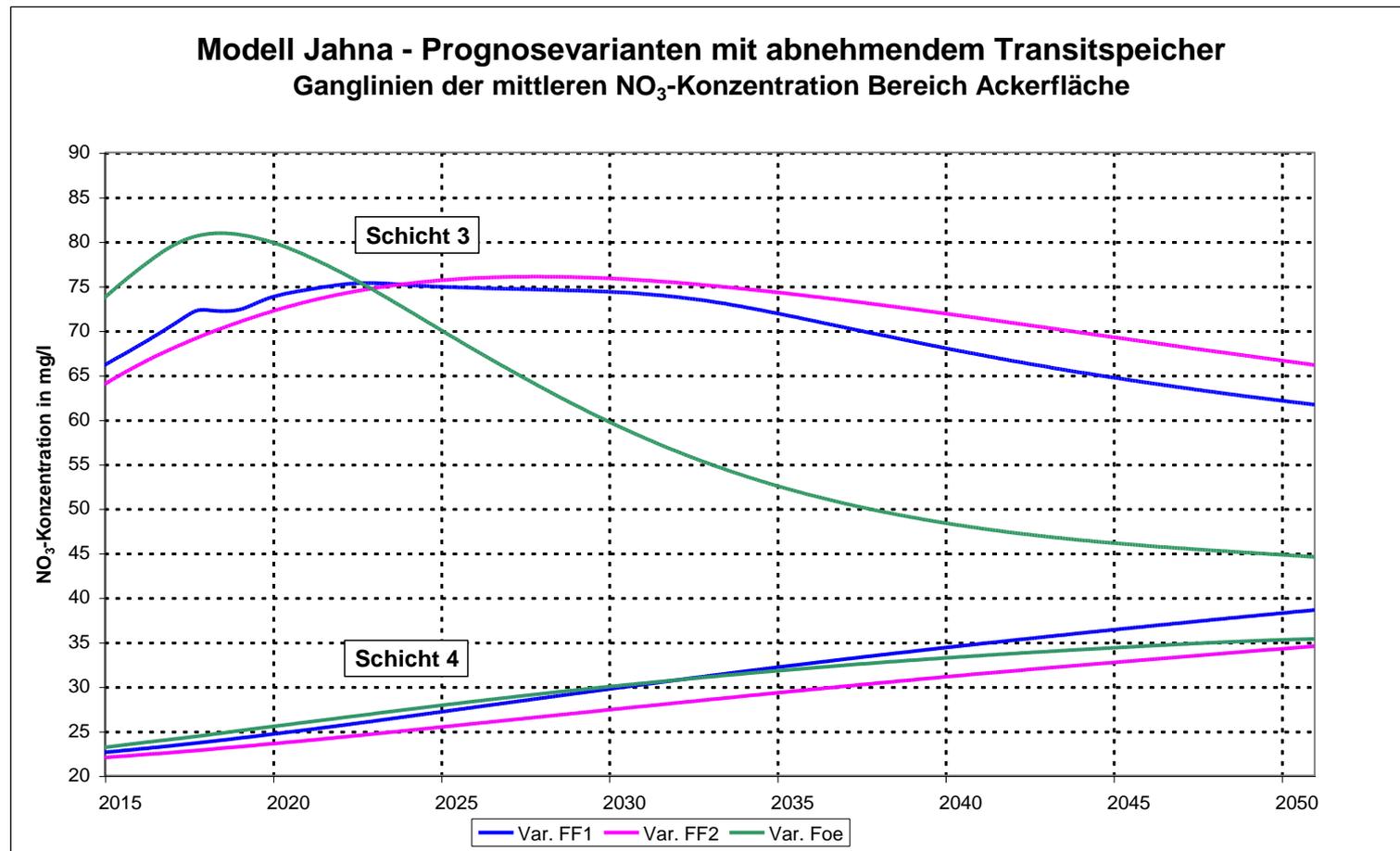
trochene Zelle



Szenariosimulationen – Änderung der Bewirtschaftung

nahe Zukunft 2021 bis 2050

WETTREG-2010



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

Publikationen:

LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Konzept / Modellbeschreibung

Stofftransportmodellierung im Sicker- und Grundwasser

Schriftenreihe, Heft 41/2011



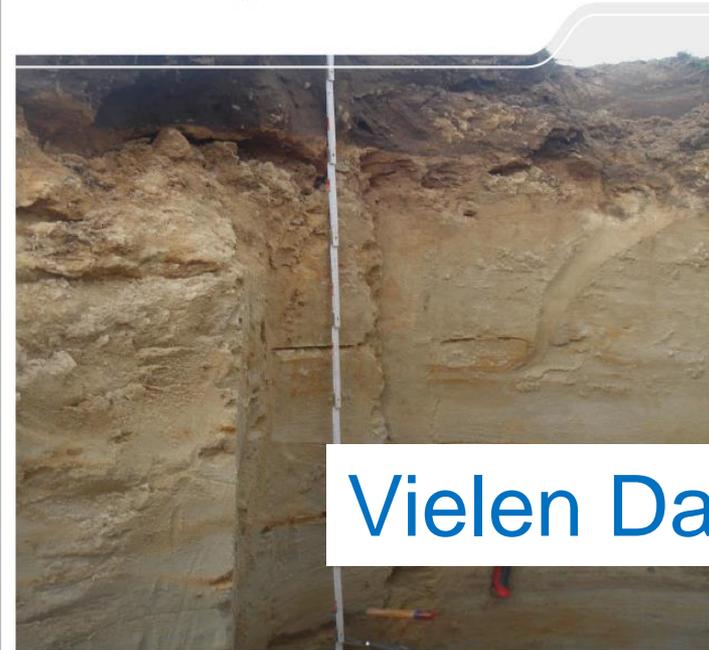
LANDESAMT FÜR UMWELT,
LANDWIRTSCHAFT
UND GEOLOGIE



Erste Ergebnisse WSG Diehsa

Grundwasser – Altlasten – Boden aktuell

Schriftenreihe, Heft 38/2014



Vielen Dank!