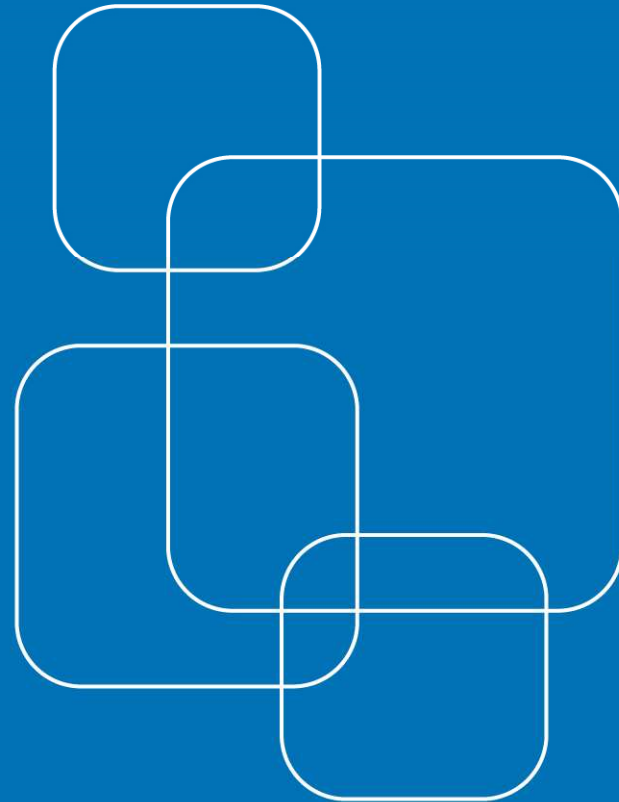


"Einsatz von Modellen für eine Grundwasser-schützende Landwirtschaft" - Methodische Vorgehensweise -

R. Fohrmann und C. Kübeck
IWW Mülheim an der Ruhr



Gefördert durch:



Einführende Erläuterungen

- ❑ Der nachfolgende Foliensatz liefert in einer schematischen Zusammenstellung einen Überblick, wie die innerhalb des Forschungsprojektes *dynaklim* eingesetzten Modelle methodisch zur Prognose von qualitativen und quantitativen Grundwasser-Beschaffenheitsänderungen eingesetzt wurden bzw. eingesetzt werden können.
- ❑ Die Folien sollen damit sowohl einen Überblick über die Möglichkeiten und Grenzen der verwendeten Modelle, den Rahmenbedingungen ihrer Einsatzmöglichkeiten als auch den wesentlichen Ergebnissen liefern, die mit diesen Modellen innerhalb von *dynaklim* erarbeitet wurden.
- ❑ Der Foliensatz gibt somit eine Orientierung zur methodischen Vorgehensweise für den Einsatz der verwendeten Modelle, kann und will aber ein tiefergehendes Studium mit der relevanten Fachliteratur, Handbüchern etc. nicht ersetzen.
- ❑ Der Foliensatz wurde weitgehend in dieser Form erstmalig präsentiert anlässlich einer Fortbildungsveranstaltung für Gewässerschutzberater der Landwirtschaftskammer NRW am 11.2.2014 in Essen.

Gliederung

- ❑ Aufgabenstellung und Zielsetzung
- ❑ Modelle als Hilfsmittel - Methodischer Ansatz
- ❑ Ungesättigte Zone - Modellierung des Stoffaustrages unter landwirtschaftlichen Nutzflächen
 - Gewässerschutz in der Landwirtschaft / Effizienzkontrolle
 - N-Austragsmodelle / CANDY (Aufbau, Einsatz)
 - *dynaklim* Anwendung: A 3.4.4 Adaptierte Bewirtschaftungskonzepte für landwirtschaftliche Nutzflächen
- ❑ Gesättigte Zone - Modellierung der Grundwasserströmung
 - Modellaufbau
 - *dynaklim* Anwendung: A 3.4.3 Nutzungskonkurrenzen
- ❑ Gesättigte Zone - Modellierung der Grundwasserbeschaffenheit
- ❑ Gesättigte Zone - Modellierung der Rohwasserbeschaffenheit

Überblick *dynaklim*



dynaklim

Dynamische Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region

Aufgabenstellung

- ❑ Wirtschaftsbedingungen in der Land- und Wasserwirtschaft werden durch die Einflussfaktoren des Klimas geprägt
- ❑ Verschiebungen im klimatischen Geschehen können vorhandene Nutzungskonflikte zwischen Land- und Wasserwirtschaft verschärfen bzw. neue auftreten lassen

Zielsetzung

- ❑ Im *dynaklim* Projekt wurde daher eine modellbasierte Methodik entwickelt, anhand der :
 - klimatisch bedingte Entwicklungstrends in der Land- und Wasserwirtschaft und
 - der Einfluss landwirtschaftlicher Anpassungsstrategien auf diese Entwicklungenquantitativ erfasst und hinsichtlich ihres Konfliktpotentials bewertet werden

Modelle als Hilfsmittel

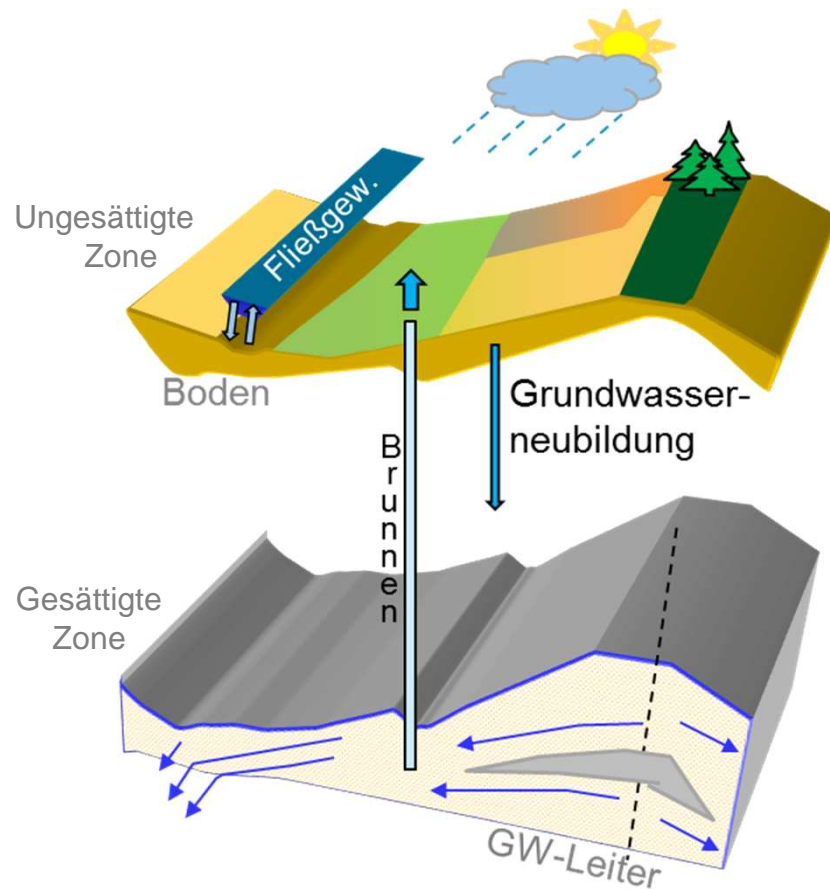
Modelle und Simulationen natürlicher Prozesse

- ❑ Modelle werden als vereinfachte Abbildung und zum Verständnis komplexer natürlicher Systeme eingesetzt
- ❑ Die Simulation ist die Anwendung von Modellen zur Datenerzeugung anhand von Modellstrukturen

Überblick Modellklassen:

- **Deterministisch:** Systemprozesse werden durch eindeutig bestimmte Zusammenhänge beschrieben (Ursache-Wirkung-Beziehung)
- **Stochastisch:** Variabilität und/oder Wahrscheinlichkeit der Systemprozesse führt zu einer Wahrscheinlichkeitsverteilung von Modellparametern und/oder Eingabegrößen; Verteilungsfunktion der Ausgabegrößen
- **Konzeptionell:** rein qualitative Beschreibung eines Zusammenhangs in Worten und Zeichnungen
- **Physikalisch:** basiert auf Naturgesetzen
- **Mechanistisch:** nutzt mathematische Operationen zur Darstellung von Kausalzusammenhängen
- **Mathematische Lösungsansätze: mathematisch/numerisch/analytisch**

Modelle als Hilfsmittel - Methodischer Ansatz



www.dynaklim.de

Basiert auf einer:

□ Gliederung des natürlichen Geosystems in Kompartimente:

- Bodenzone (ungesättigte Zone)
- Grundwasserraum (gesättigte Zone)

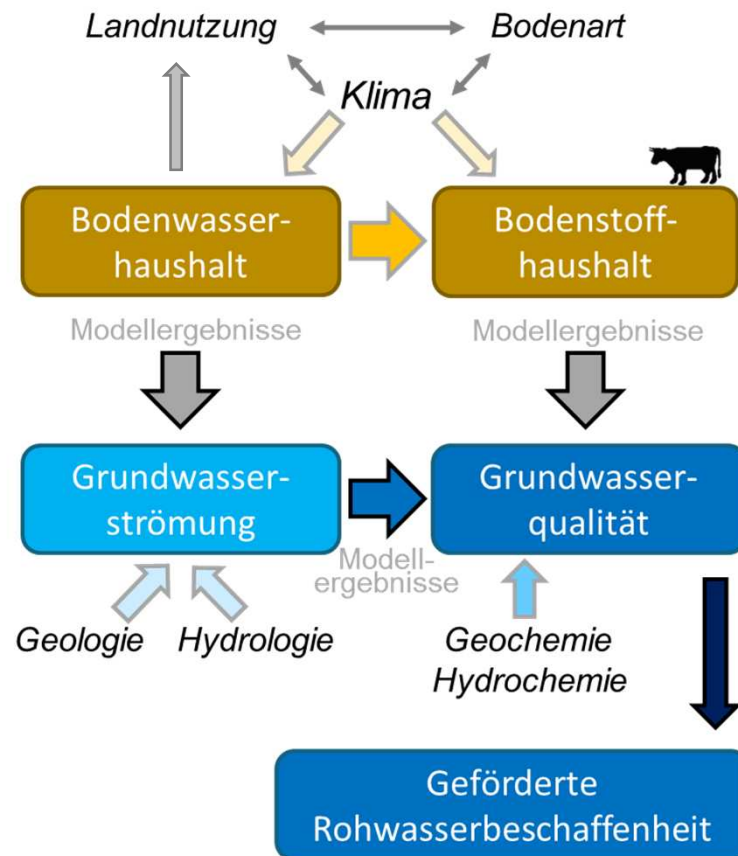
□ Unterteilung der Prozesse:

- Sickerwasser- und Grundwasserströmung
- Hydrochemische Prozesse (Lösung/Fällung/Entgasung/Abbau etc.)

□ Zeitliche Gliederung:

- Referenzzustand (1960-1991)
- Nahe Zukunft (2010-2041)
- Ferne Zukunft (2071-2100)

Modelle als Hilfsmittel - Methodischer Ansatz

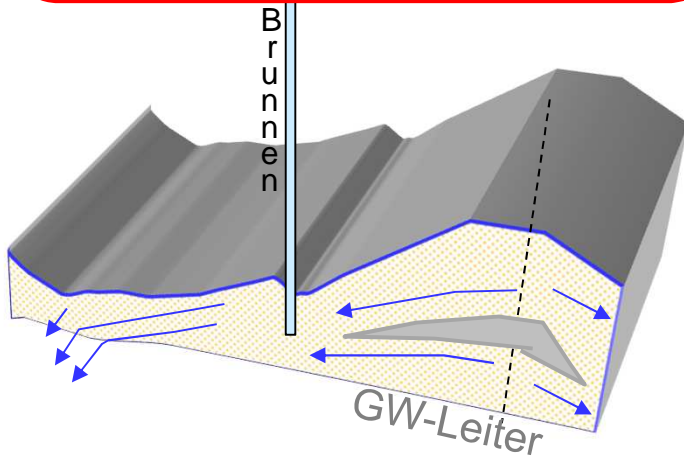
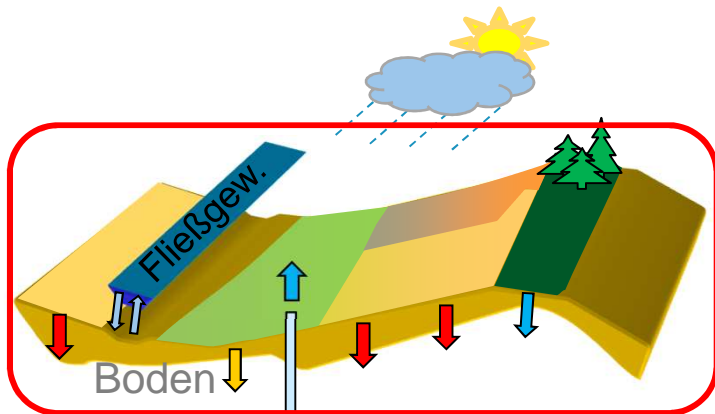


Gestufte Vorgehensweise:

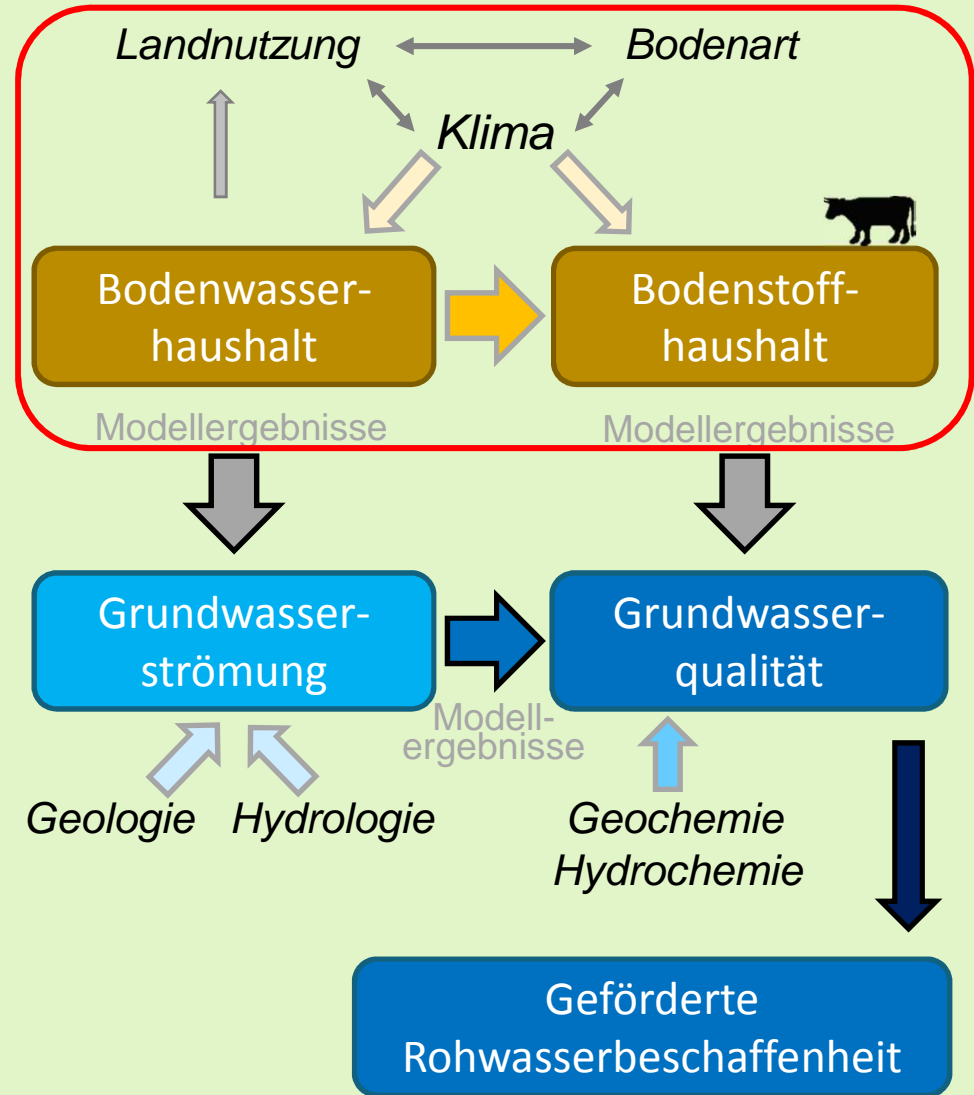
Systemkompartimente

1. Referenzzustand (retrospektive Modellierung)
 - I. Datenerhebung
 - II. Modelkonzeptionierung
 - III. Modelkalibrierung
 - IV. Plausibilitätsprüfung/Validierung
2. Nahe Zukunft/Ferne Zukunft (Prognose)
 - I. Modelkalibrierung
 - II. Sensitivitätsprüfung
 - III. Datenübergabe

Ungesättigte Zone - Bodenwasser-/Stoffhaushalt



www.dynaklim.de



Ungesättigte Zone - Gewässerschutz

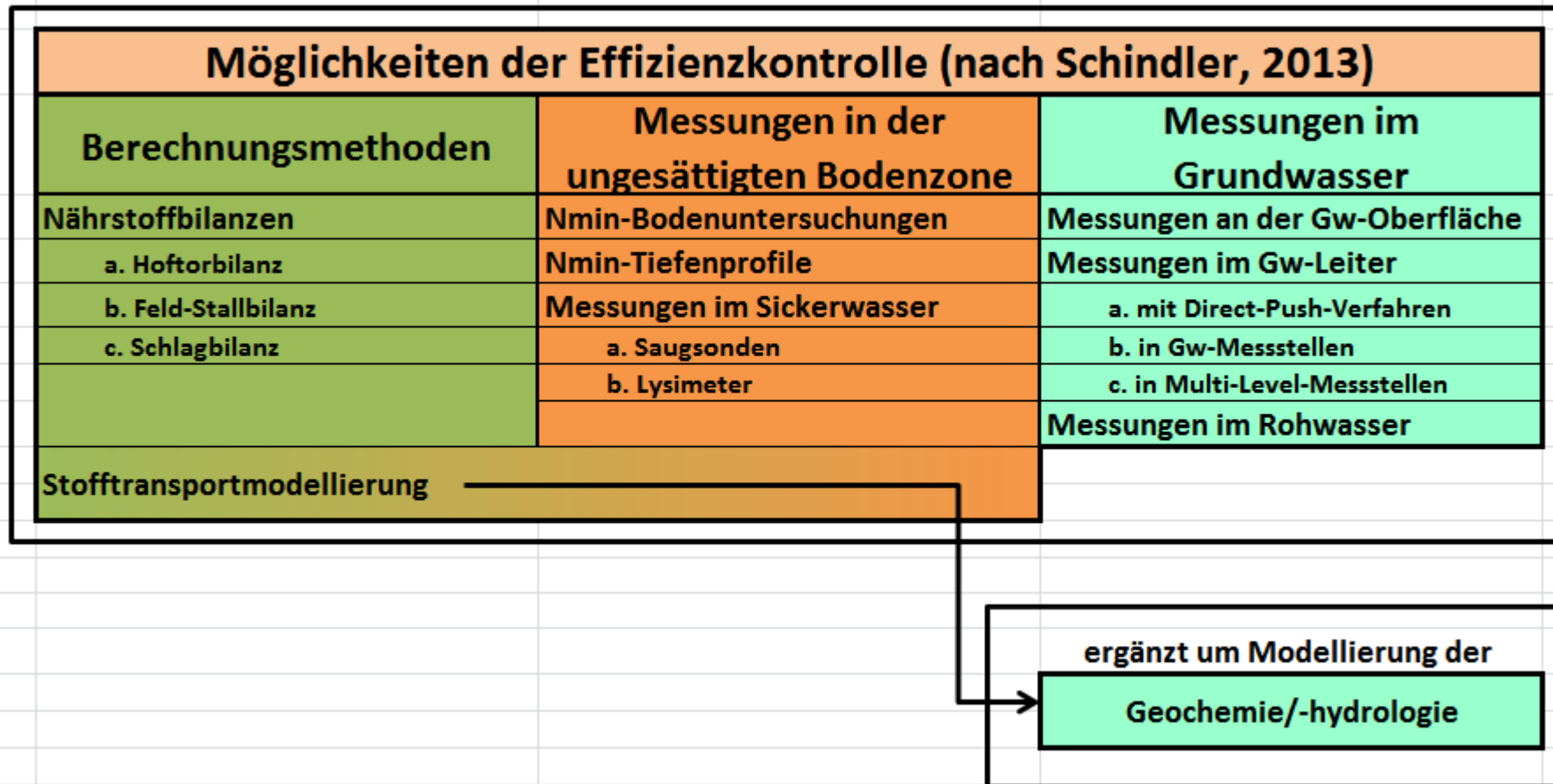
Gewässerschützende Landwirtschaft (DVGW W 104 (2004))

- ❑ **Ziel: Vermeidung von Beeinträchtigungen sowie nachhaltiger und flächendeckender Schutz von Böden und Gewässern**

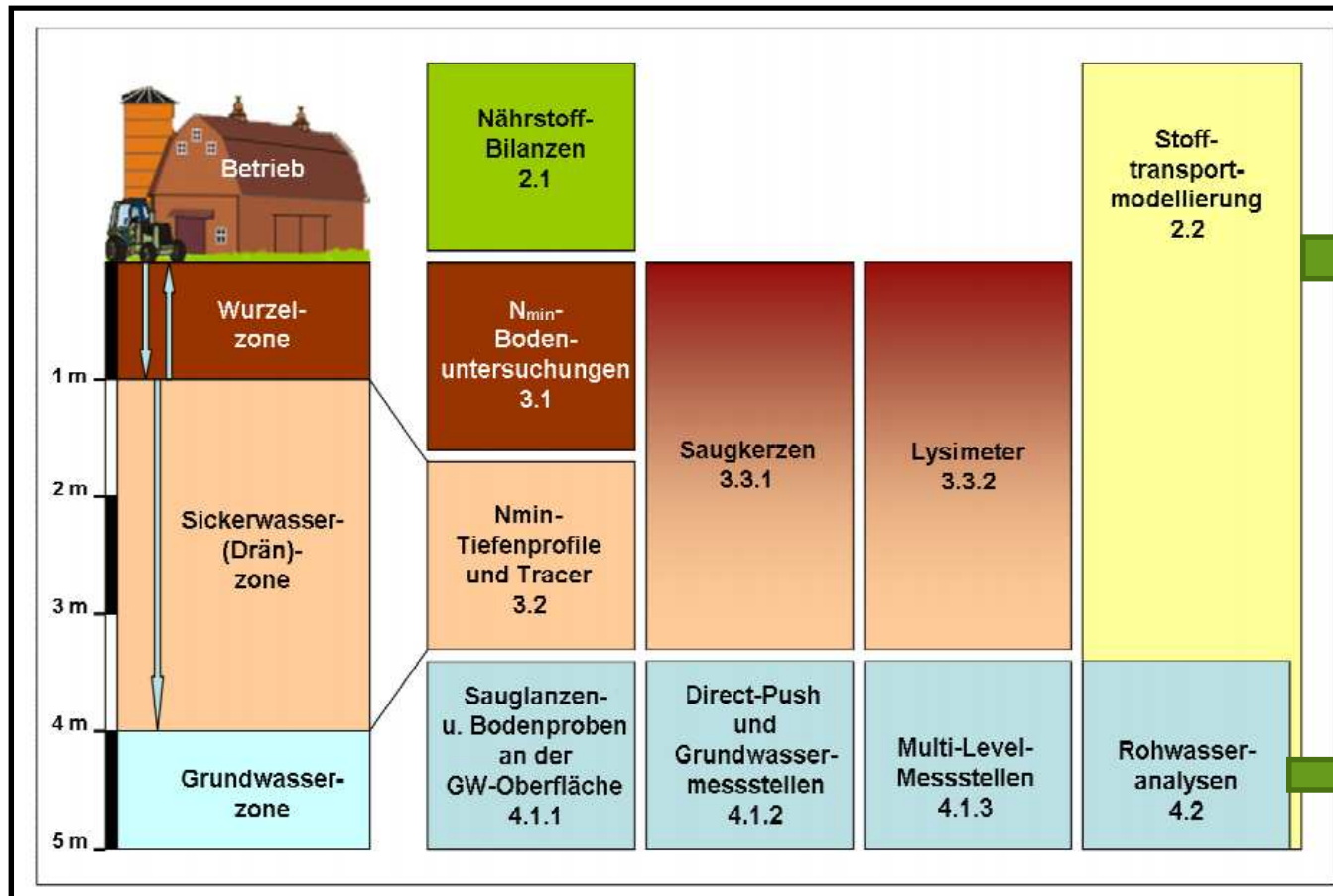
- ❑ **Forderungen:**
 - Gute fachliche Praxis
 - Beachtung des aktuellen Wissensstandes (Stand der Technik)
 - Maßnahmenanpassung an die Standort- und Betriebsverhältnisse
 - Integration von Gewässer- und Bodenschutz in die Bewirtschaftung

- **Zur Einhaltung von Emissionsstandards Entwicklung und Umsetzung von standort- und betriebsbezogenen Maßnahmen (die auch Anforderungen der guten, fachlichen Praxis übersteigen können)**
 - **Problem:** Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zeigen ihre Effizienz im Gewässer erst mit erheblicher zeitlicher Verzögerung
 - **Lösung:** Effizienzkontrollen

Ungesättigte Zone - Effizienzkontrolle



Ungesättigte Zone - Effizienzkontrolle (nach DWA-M 911)

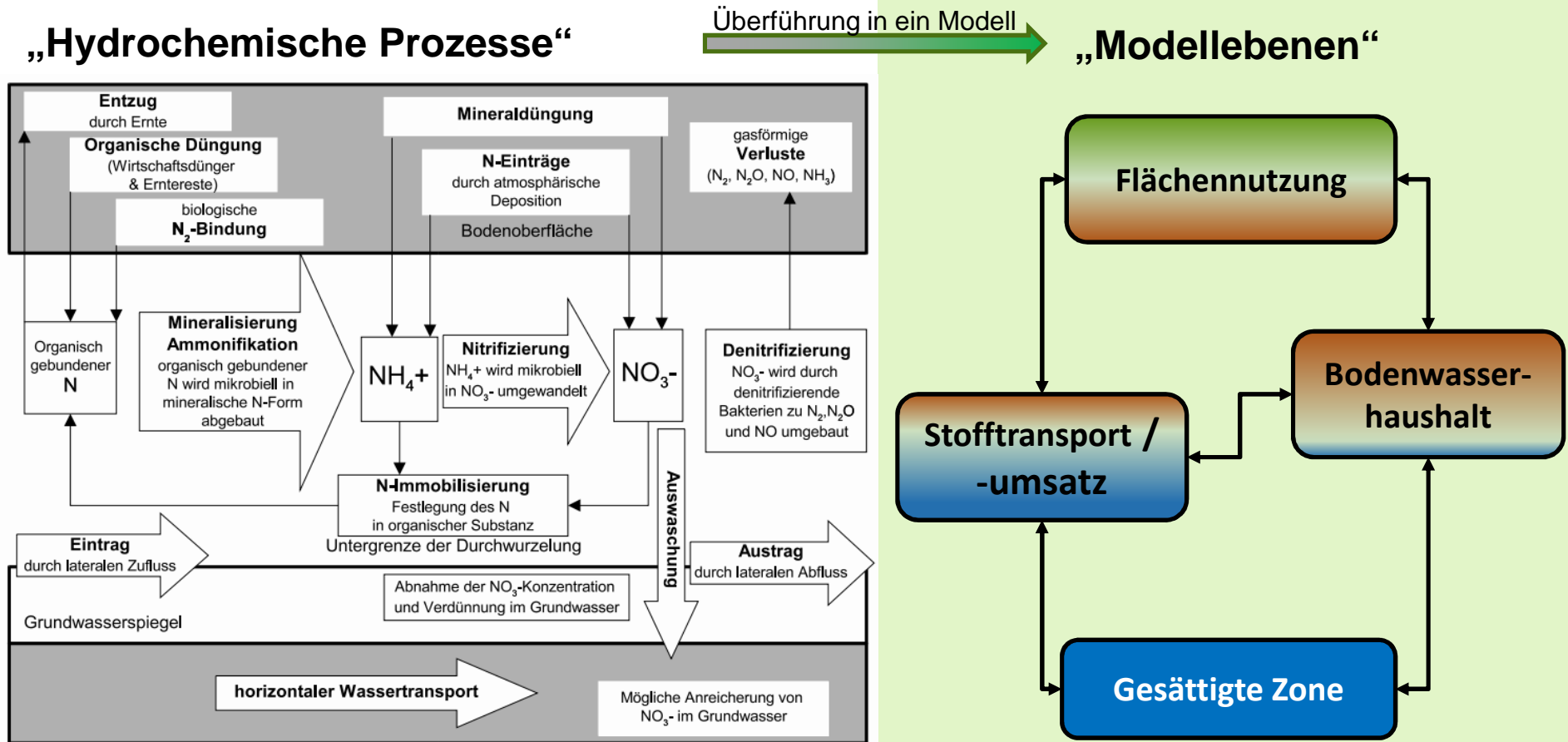


Modellierung von:
Stofftransport und Wasserhaushalt in der Wurzel- und Dränzone

Modellierung von:
Stofftransport und -umsatz in der Gw-Zone

Zonenmodell (nach Drechsler 2005, aus DWA-M 911, Weissdruck, 2013)

Ungesättigte Zone - N-Kreislauf und Stoffumsatz

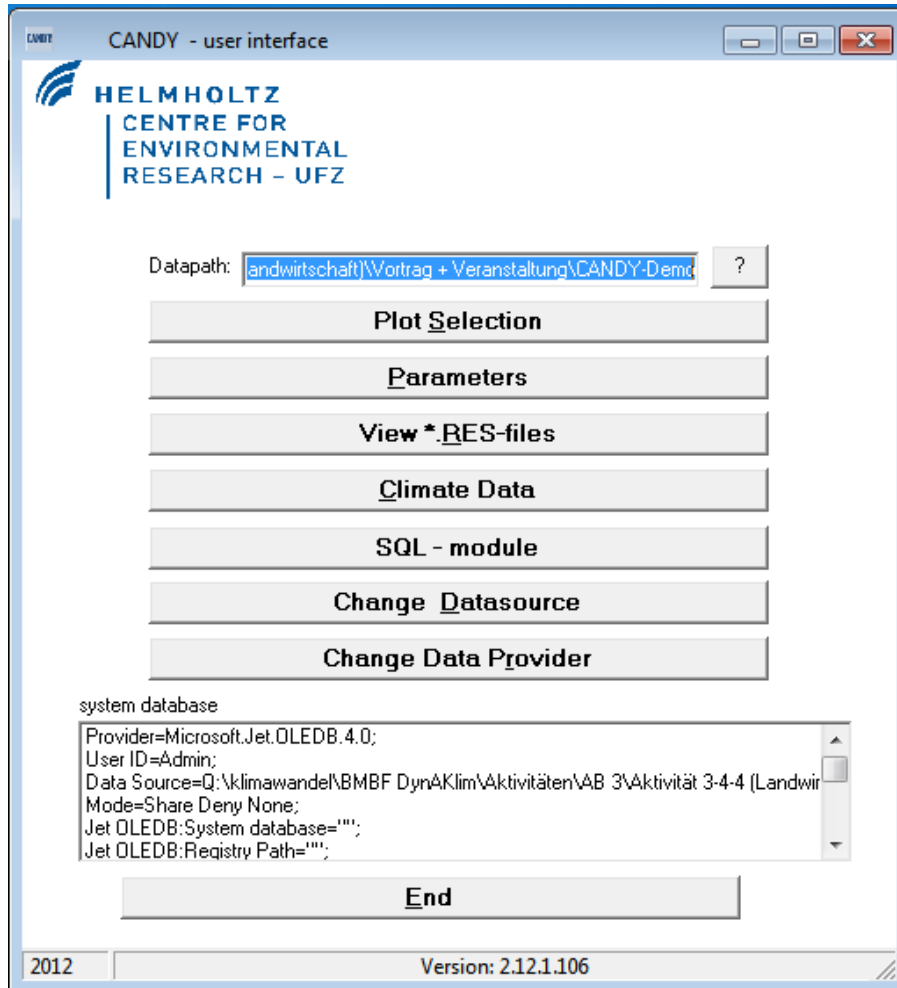


(nach Trepel, 2000, verändert nach Finke, 2004)

N-Austragsmodelle (Auswahl):

CANDY, **DYNAMIT**, **MESO-N**, **Expert-N**, **HERMES**, **MINERVA**, **RZWQM**, **SWAT**, **WASMOD**....

CANDY – Carbon And Nitrogen Dynamics (UFZ Halle – Leipzig)



Modell frei verfügbar (www.ufz.de)

www.dynaklim.de

Abbildung der C- und N-Dynamik ldw. Nutzflächen in Tagesschritten

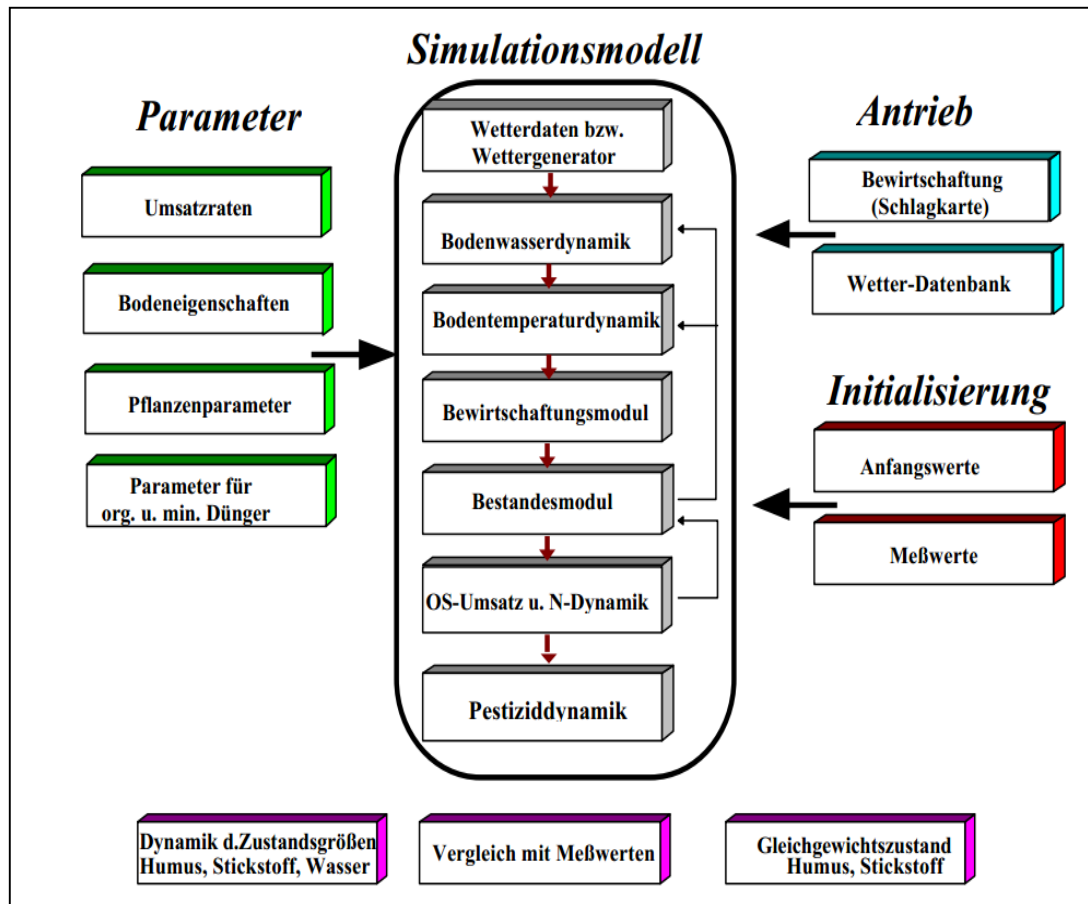
➤ auf Grundlage des simulierten Bodenwasser- und -wärmehaushaltes

➤ Bodenwasserhaushalt: einfacher Kapazitätsansatz (nach GUGLA 1969)

➤ Berechnet: Perkolation von Bodenwasser bei Feldkapazität, Interzeption und Evapotranspiration, Sickerwassermenge in 2 m Tiefe

➤ Enthält (einfaches) Pflanzenmodell, das über vorgegebenem Ertrag einige Pflanzenparameter schätzt

CANDY – Modellstruktur



aus CANDY – User Manual (www.ufz.de)

www.dynaklim.de

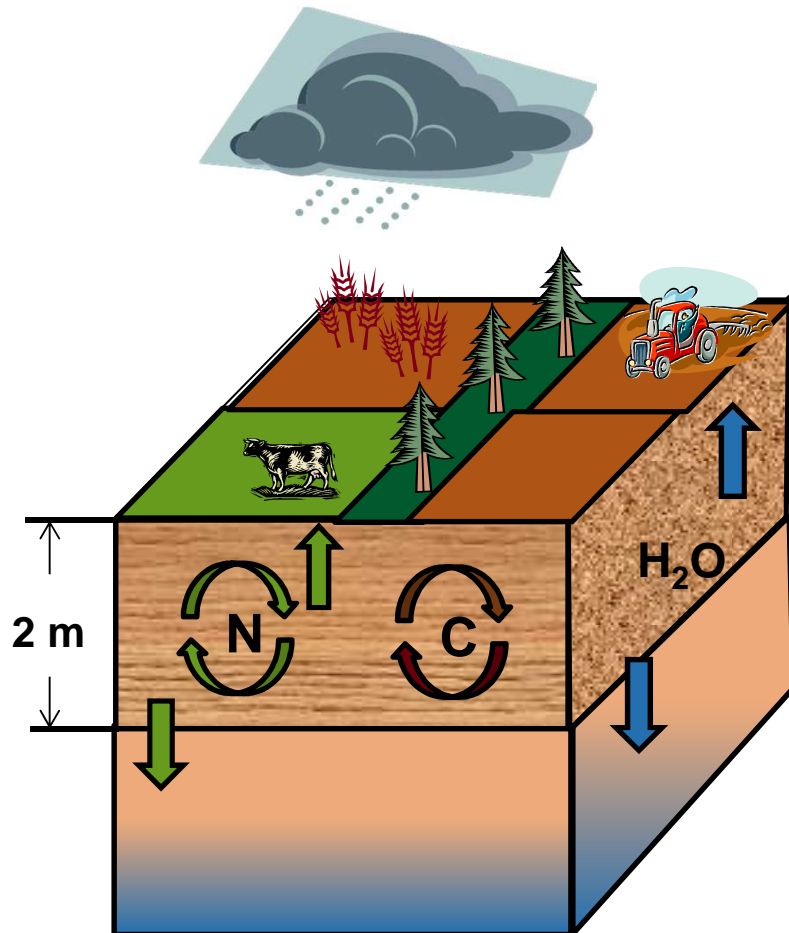
- Simulation der N- und C-Dynamik im ungesättigten Bodenprofil bis 2 m von landwirtschaftlichen Nutzflächen

Bodenprofilauflösung in homogene Schichten von 1 dm

- Modelliert wird der Klima- und Bewirtschaftungseinfluss

- Antrieb der N-Dynamik neben Bewirtschaftung und Klima insbesondere durch C-Umsatz

CANDY - Teilprozesse



www.dynaklim.de

Modellteilprozesse

Witterungseinfluss

Bodenwasserhaushalt (pot. u. akt. Evapotranspiration, Sickerung)

Bodentemperaturdynamik

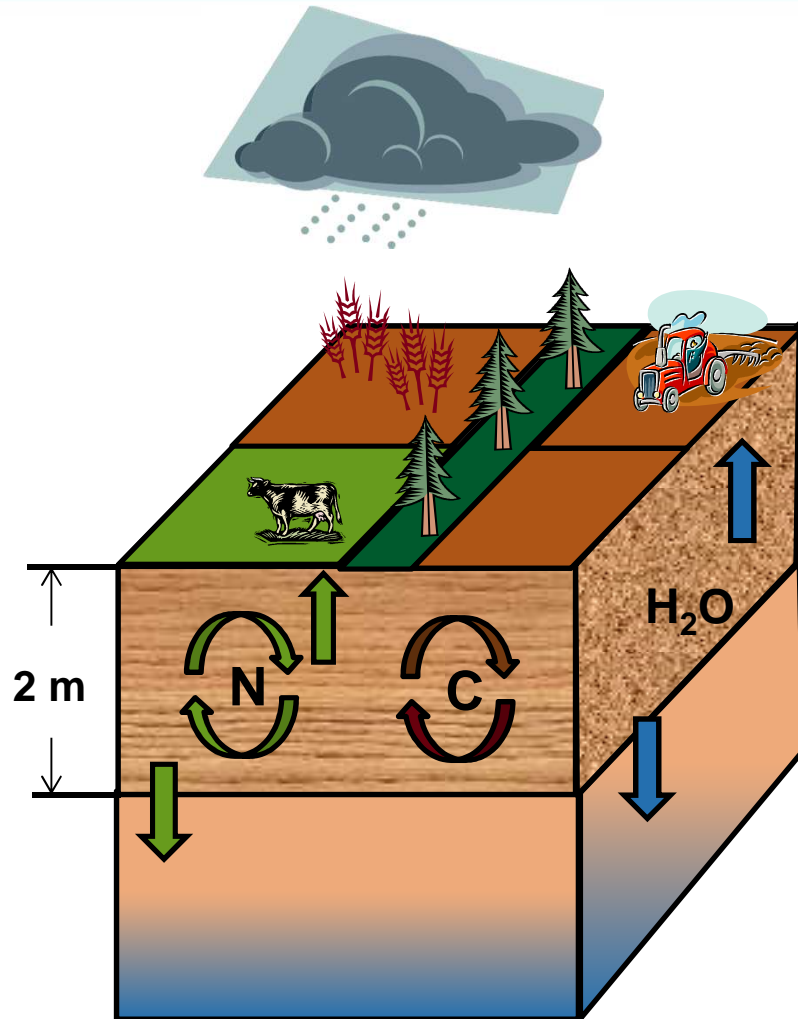
C-Umsatz (Mineralisation, Humifizierung)

N-Umsatz (Mineralisation, Immobilisation, Aufnahme, Leaching, gasförmige Verluste, symbiotische N-Fixierung)

Auswirkung von Bewirtschaftungsmaßnahmen

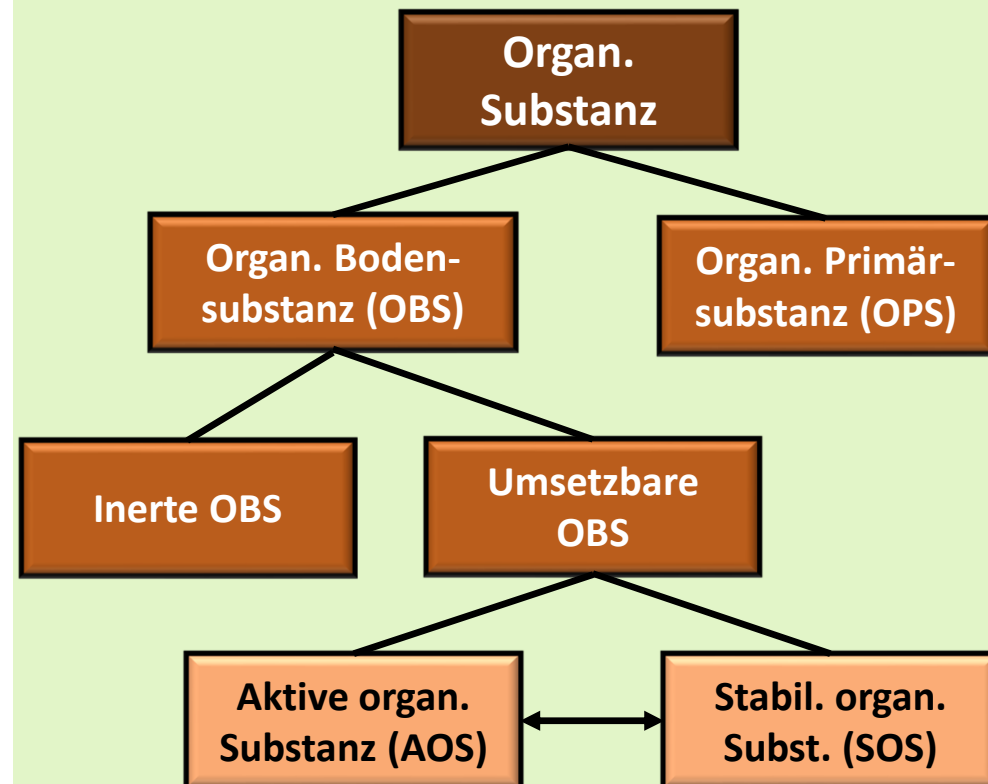
Bestandsentwicklung (Wurzeltiefe, Bedeckungsgrad, N-Bedarf)

CANDY - Organisch gebundener Kohlenstoff (Corg)



www.dynaklim.de

Organisation der Corg-Fractionen in Candy



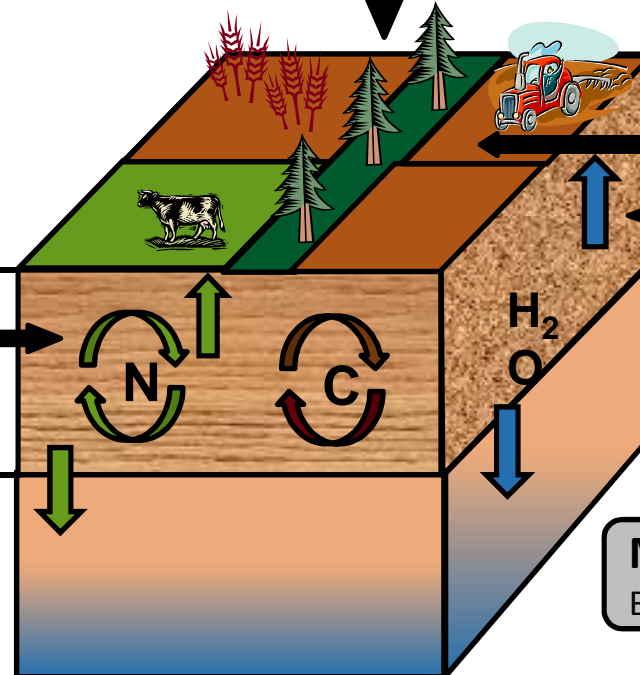
CANDY - Eingabedaten

Wetter (Niederschlag [mm];
Lufttemperatur in 2m [°C];
Globalstrahlung [J/cm^2] o.
Sonnenscheindauer [h])

**Standort (für jeden
Horizont)** (Rohdichte trocken
[g/cm^3], Corg [%], Trockensubstanz-
dichte [g/cm^3], Feldkapazität [Vol.-
%], perman. Welkepunkt [Vol.-%],
gesättigte Leitfähigkeit [mm/d],
Feinbodenanteil [Ton + Schluff in
Gew.-%])

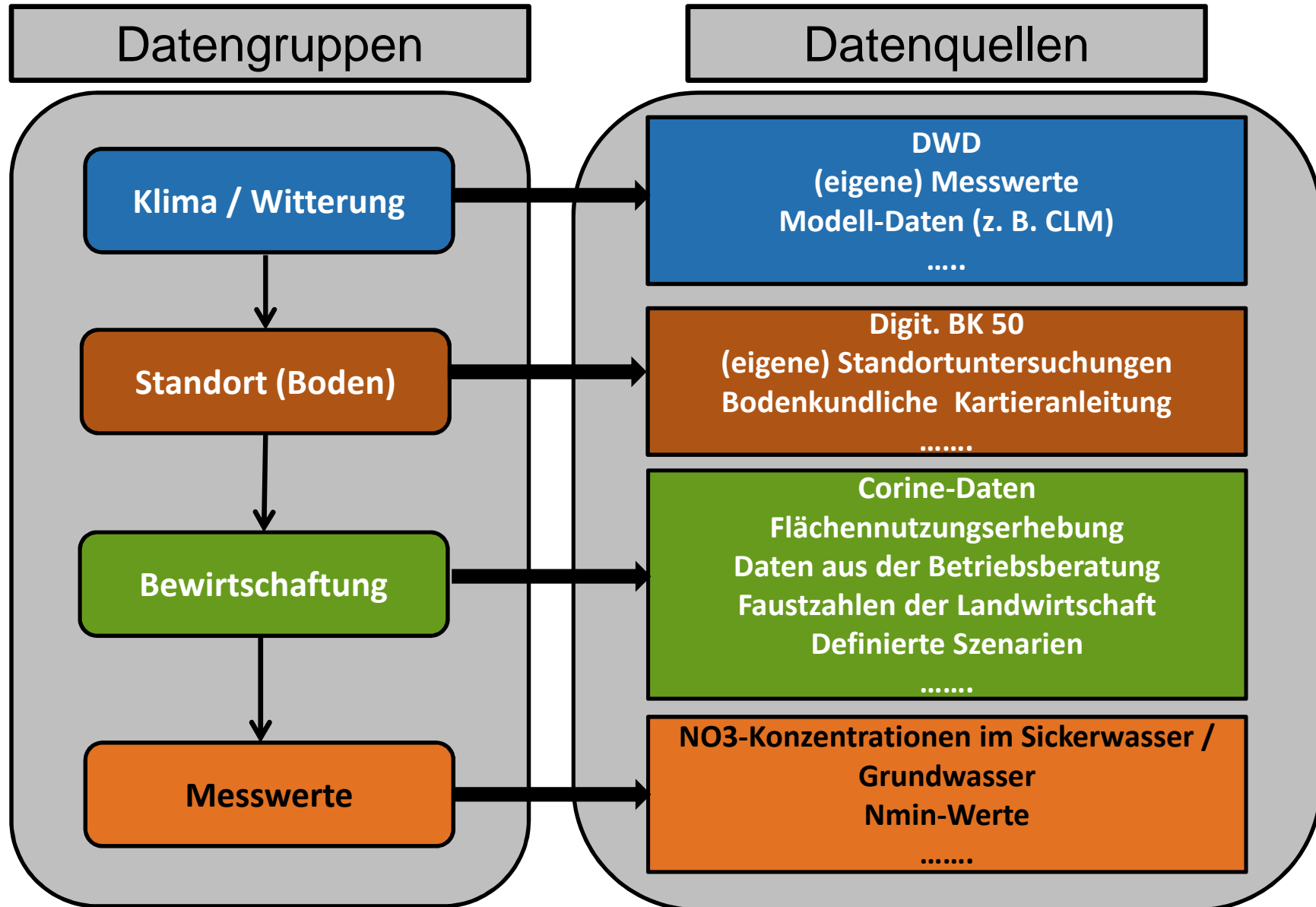
Bewirtschaftung (Aussaat [Datum,
Kultur, angestrebter Ertrag]; Ernte [Datum,
Ertrag]; Bodenbearbeitung [Datum +
Maßnahme]; min. Düngung [kg N/ha]; org.
Düngung [dt FM/ha], Beregnung,

2 m

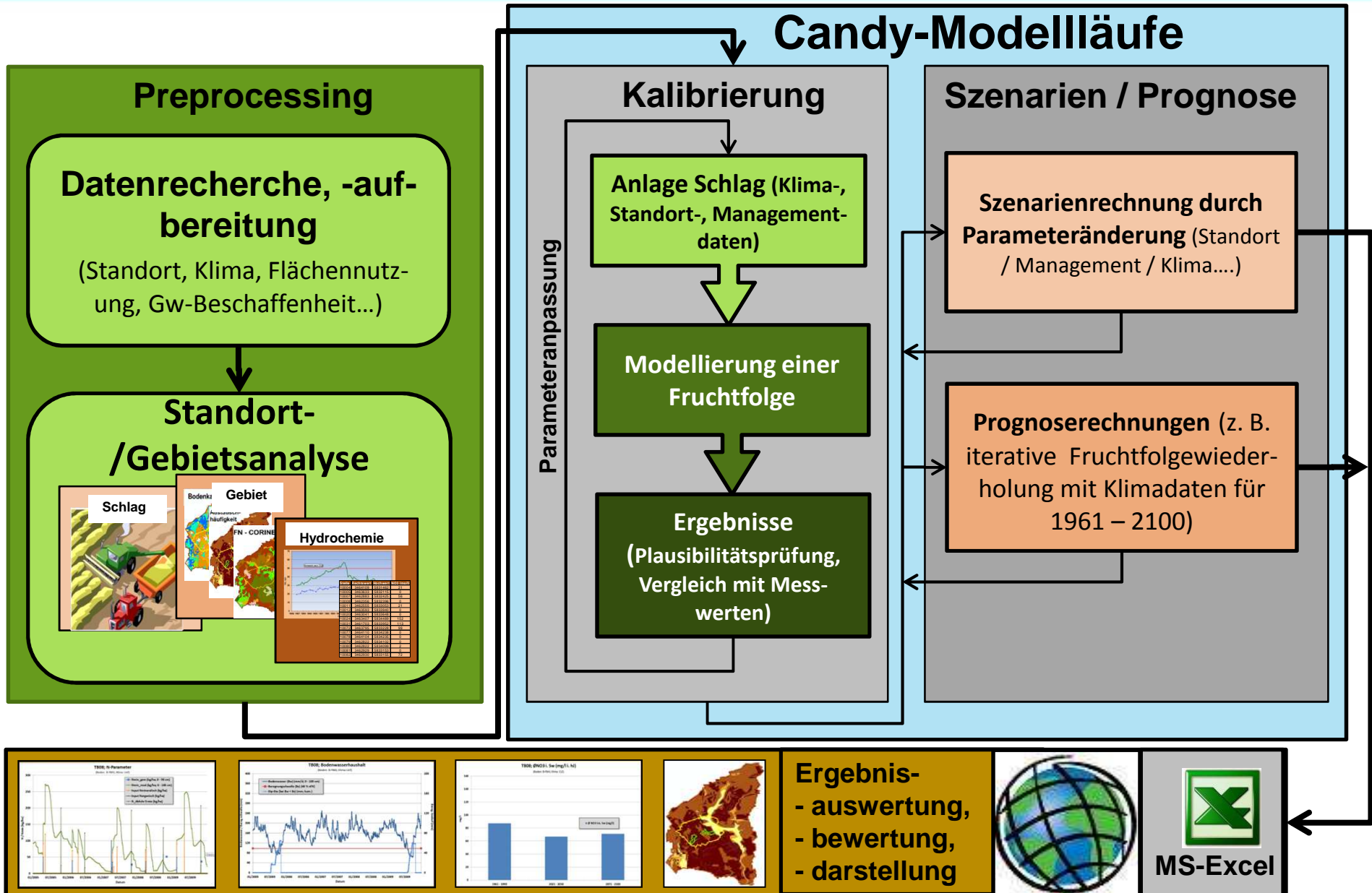


Messwerte (z. B. Nmin,
Bodenwassergehalt, Corg...)

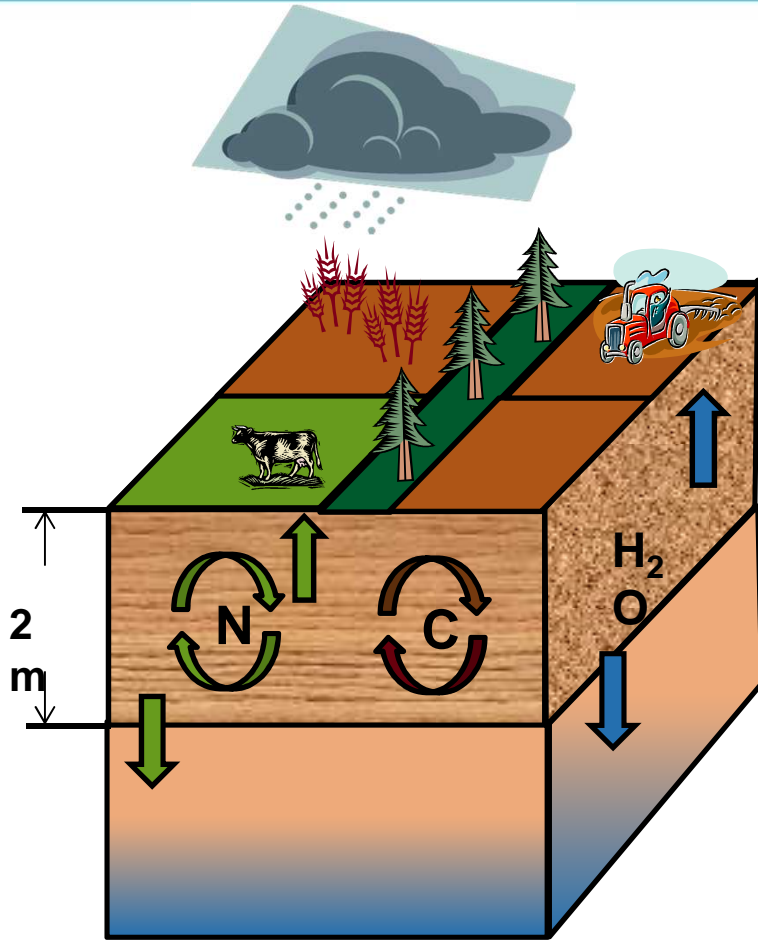
CANDY - Eingabedaten



CANDY - Simulationsablaufscheema



CANDY - Ausgabedaten



Ausgabedaten

Corg: AOS, SOS, OBS_{umsetzbar}, OPS, C_{mineralisierung},
CO₂Emiss (kg/ha bzw. dt/ha)

N: N_{leach}, N_{crop}, N_{gfv}, N_{min30/60/100}, N_{minProfil}, N_{OPS},
N_{OBS}, N_{Input_min}, N_{input_org}, N_{uptake}, NH_{4gfv}, N_{summe_sys},
N_{minSummes_sys}, N_{depos.}, N_{offtake}, N_{crop_resid}

H₂O: Ns, Ns_{korrr}, KWB, Sw, Bw_{30/100cm}, Bw_{Profil},
Ns_{Infiltration}, Etp, Eta, Transp.,.....(mm)

Temperatur: Lufttemp., Bodentemp._{30cm} (°C)

.....

Abgeleitete Daten: NO₃ im Sickerwasser
(mg/l), Bodenwasserdefizit bzw.
Bewässerungsbedarf (mm),



CANDY - Modellpotenziale/Modellgrenzen

□ Modellpotenziale

- Einsatz zur Kappung von bekannten Bewirtschaftungsproblemen
- Einsatz zur Prognose bei veränderten Bewirtschaftungsbedingungen und deren Optimierung
- Einsatz zur Optimierung von Bewirtschaftungsverfahren unter unterschiedlichen Standortbedingungen
- Einsatz zur Optimierung von Berechnungsverfahren
-
- Aber: **Es bleibt ein Modell!!!**

□ Modellgrenzen:

- Modellierung einzelner Kulturen scheint problematisch
- Parameteranpassung nicht ganz unproblematisch....
-

***dynaklim* A3.4.4 - Adaptierte Bewirtschaftungskonzepte für landwirtschaftliche Nutzflächen**

Zielsetzung:

- ❑ Erfassung der Auswirkungen veränderter klimatischer Bedingungen auf die landwirtschaftliche Flächennutzung
- ❑ Beschreibung der Konsequenzen für die qualitative und quantitative Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit
- ❑ Untersuchungsgebiet: WSG Üfter Mark der Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH

Vorgehensweise:

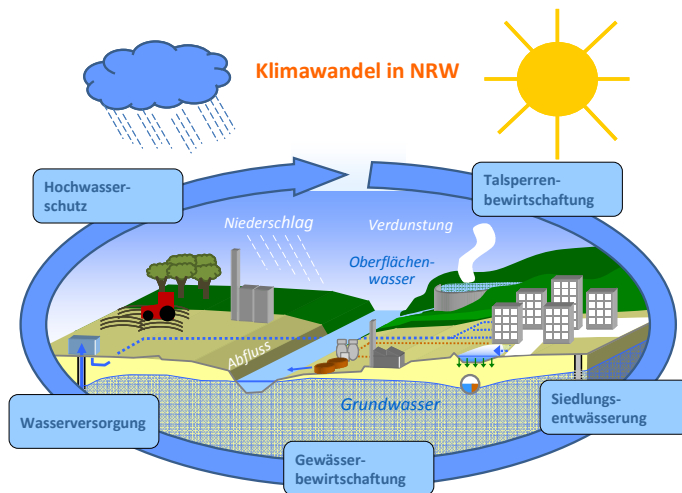
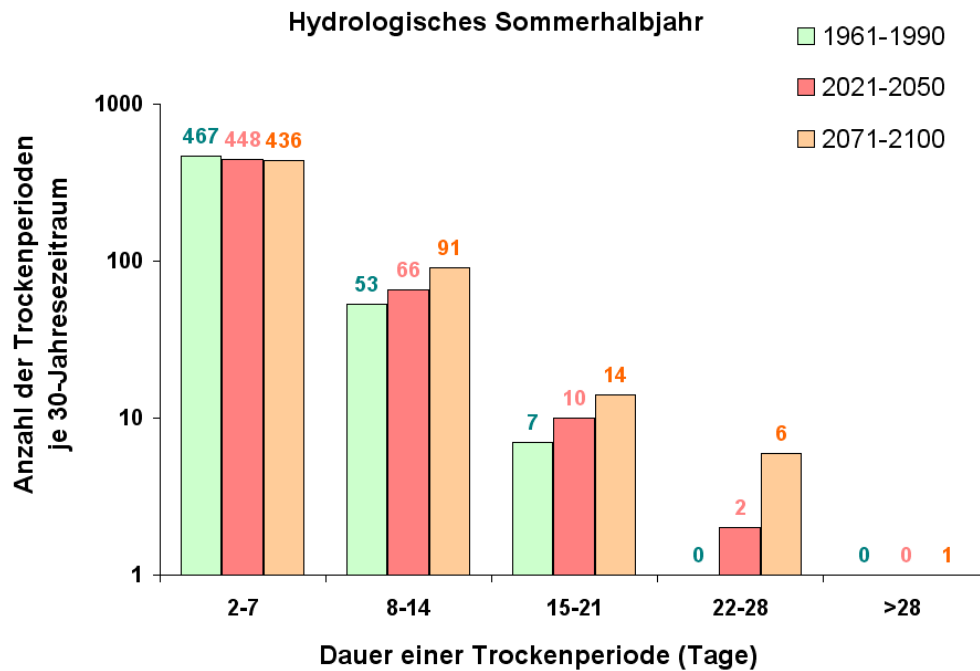
- ❑ Modellierung der Stoffumsätze (insbesondere C und N) und des Wasserhaushaltes in landwirtschaftlich genutzten Böden unter ortsüblicher ackerbaulicher Nutzung mit dem Modell CANDY
 - Erfassung der standörtlichen Rahmenbedingungen
 - Erfassung der landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsfaktoren
 - Modellanpassung über vorliegende Messwerte zum Stoffaustrag
 - Modellierung der Bewirtschaftung für den Zeitraum 1961 – 2100 mit projizierten Klimadaten
 - Ergebnisbewertung

In Kooperation mit:

- Landwirtschaftskammer NRW
- RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH



dynaklim A3.4.4 - Regionale Auswirkungen des Klimawandels



Regionale Auswirkungen des Klimawandels

(Grundlage: Projektionen CLM 1 und 2, IPCC-Szenario A1B):

- heißere Sommer mit Starkregenereignissen
- häufigere und länger anhaltende sommerliche Trockenperioden
- leichter Anstieg der Jahresniederschlagssumme
- mildere Winter

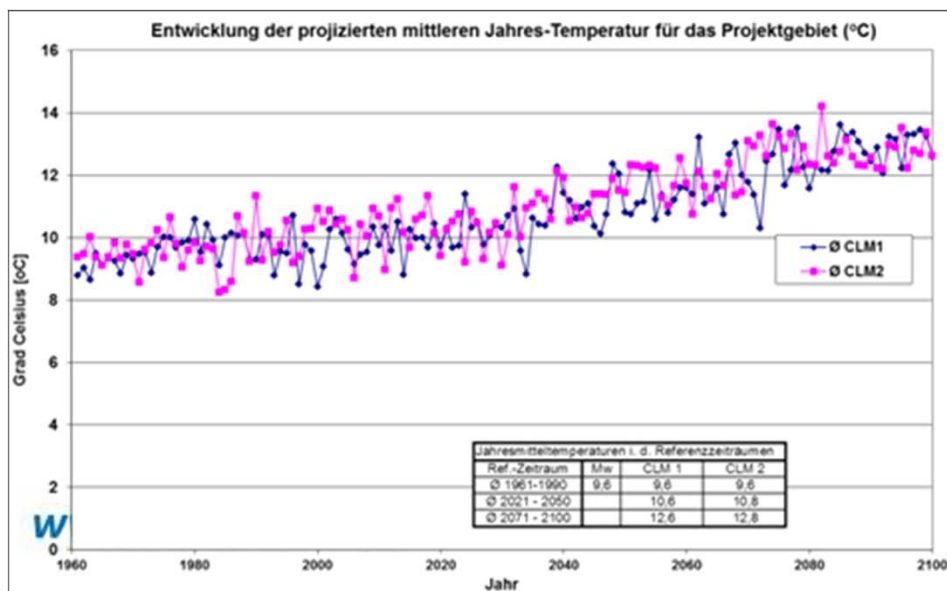
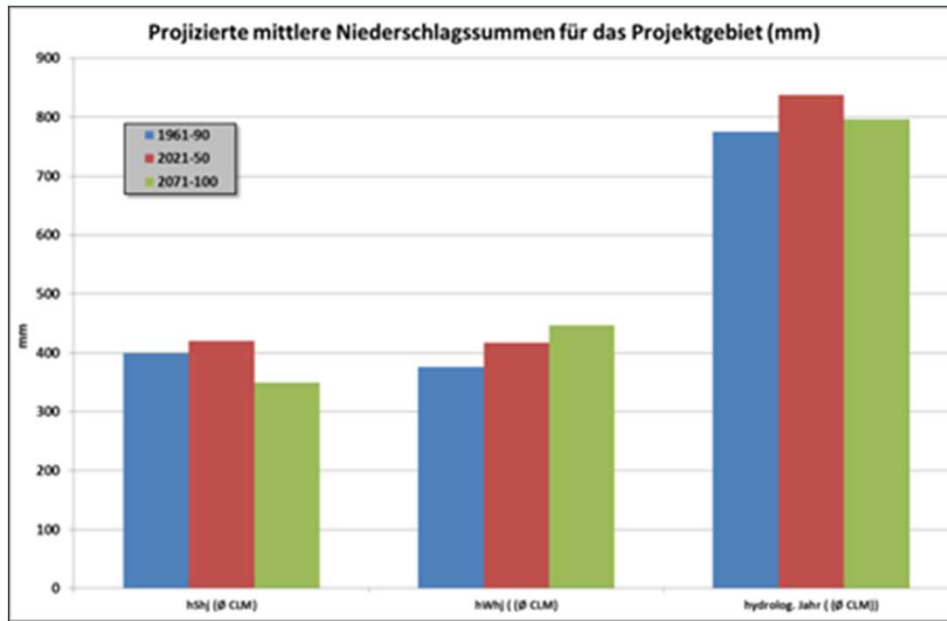
Übergreifende Fragestellungen:

- I. Welche Auswirkungen auf den Wasserkreislauf und die Wasserversorgung sind zu erwarten?
- II. Welche Anpassungsmaßnahmen sind wann erforderlich?

dynaklim 3.4.4 - Vorgehensweise

- ❑ **Modellvalidierung am Beispiel von Referenzflächen, für die Messwerte vorliegen (Profilbohrungen, Nmin-Werte; Bewirtschaftungsdaten von LWK NRW, Kreisstelle Borken)**
- ❑ **Bodendaten aus Digitale Bodenkarte 1:50.000**
- ❑ **Klimadaten:**
 - für 2000 – 2010: Mittelwerte der umliegenden DWD-Stationen
 - für 1961 – 2100: projizierte CLM-Daten (CLM 2)
- ❑ **Modellläufe**
 - für (reale) Fruchtfolgen der Referenzflächen von 2005 – 2009
 - für Musterfruchtfolgen (nach LWK NRW) für 1961 – 2100
 - für Fruchtfolgen der Referenzflächen für 1961 – 2100 für jeweils 5 (repräsentative) Standorte

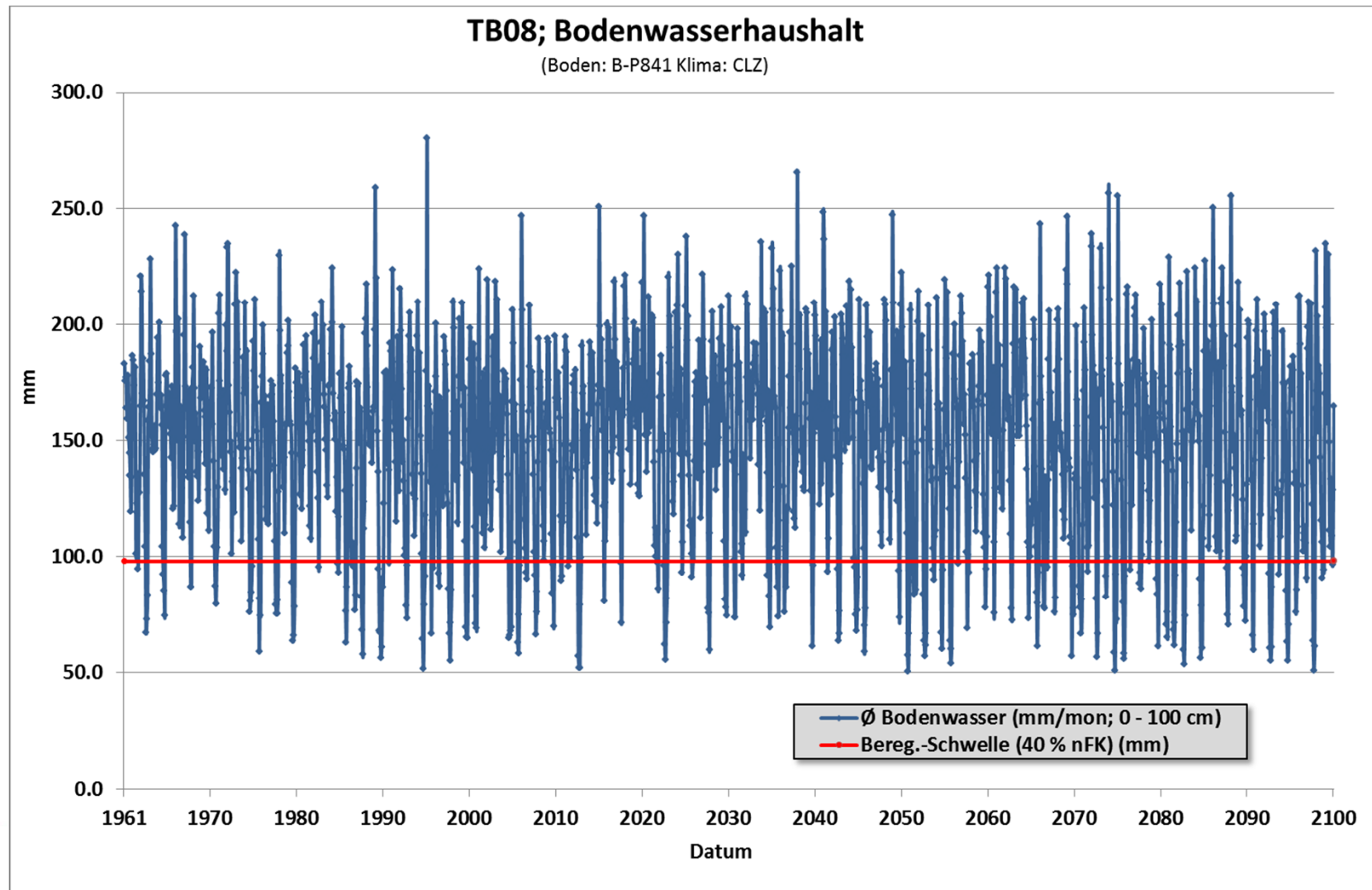
dynaklim 3.4.4 - Modellergebnisse 1961-2100



- Mit Musterfruchtfolgen (dreijährig) bzw. Fruchtfolgen der Referenzflächen
- Fruchtfolgen werden im Modellauf iterativ wiederholt, bei veränderten Klimadaten (CLM 2)
- Mittelwertbildung ausgewählter Parameter für die Betrachtungszeiträume
 - Referenzzeitraum (1961-1990)
 - nahe Zukunft (2021 – 2050)
 - ferne Zukunft (2071 – 2100)

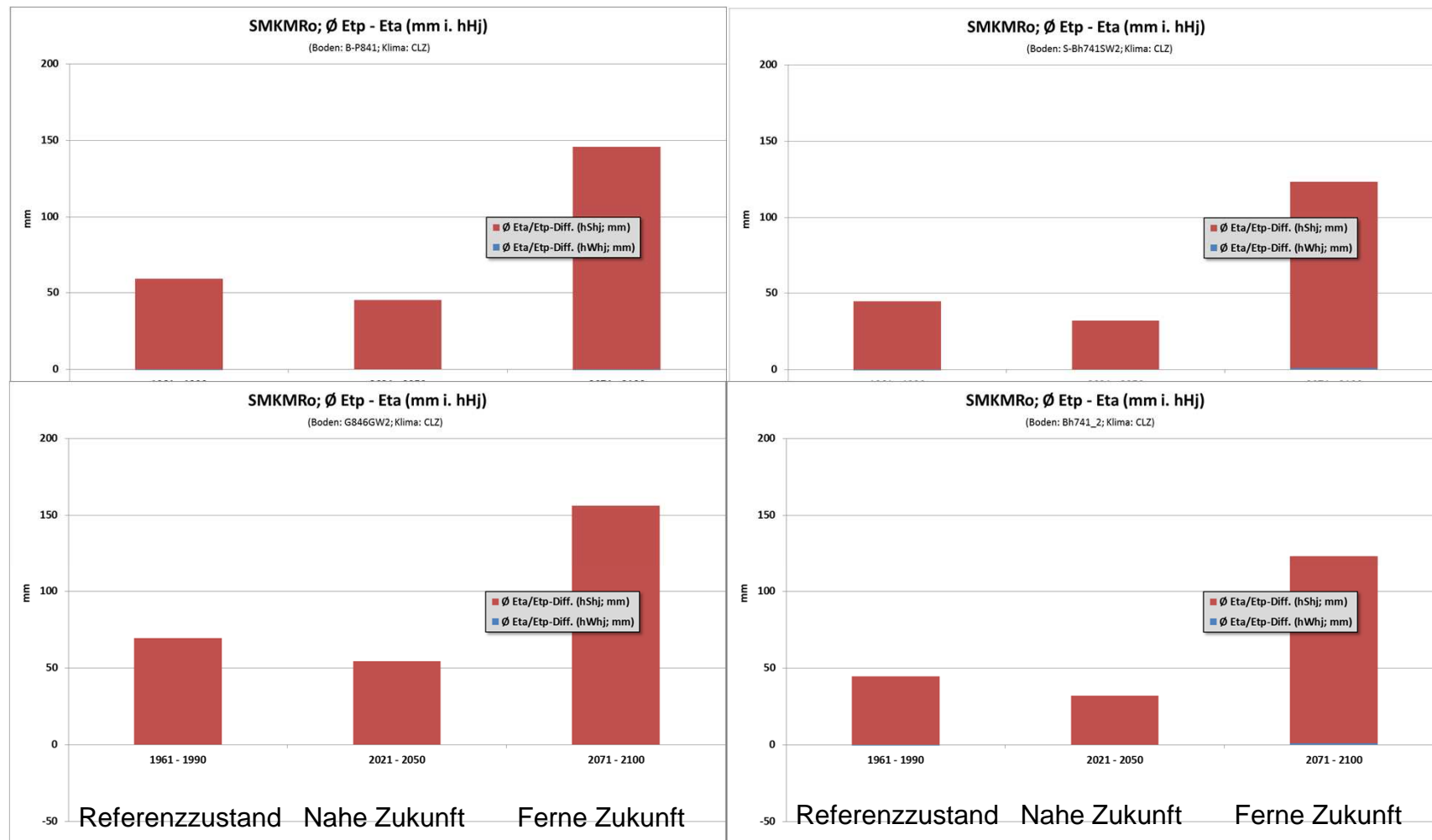
dynaklim 3.4.4 - Modellergebnisse Bodenwasserhaushalt

- Bodenwasserhaushalt für den Zeitraum 1961 - 2100 und den Referenzstandort TB 08



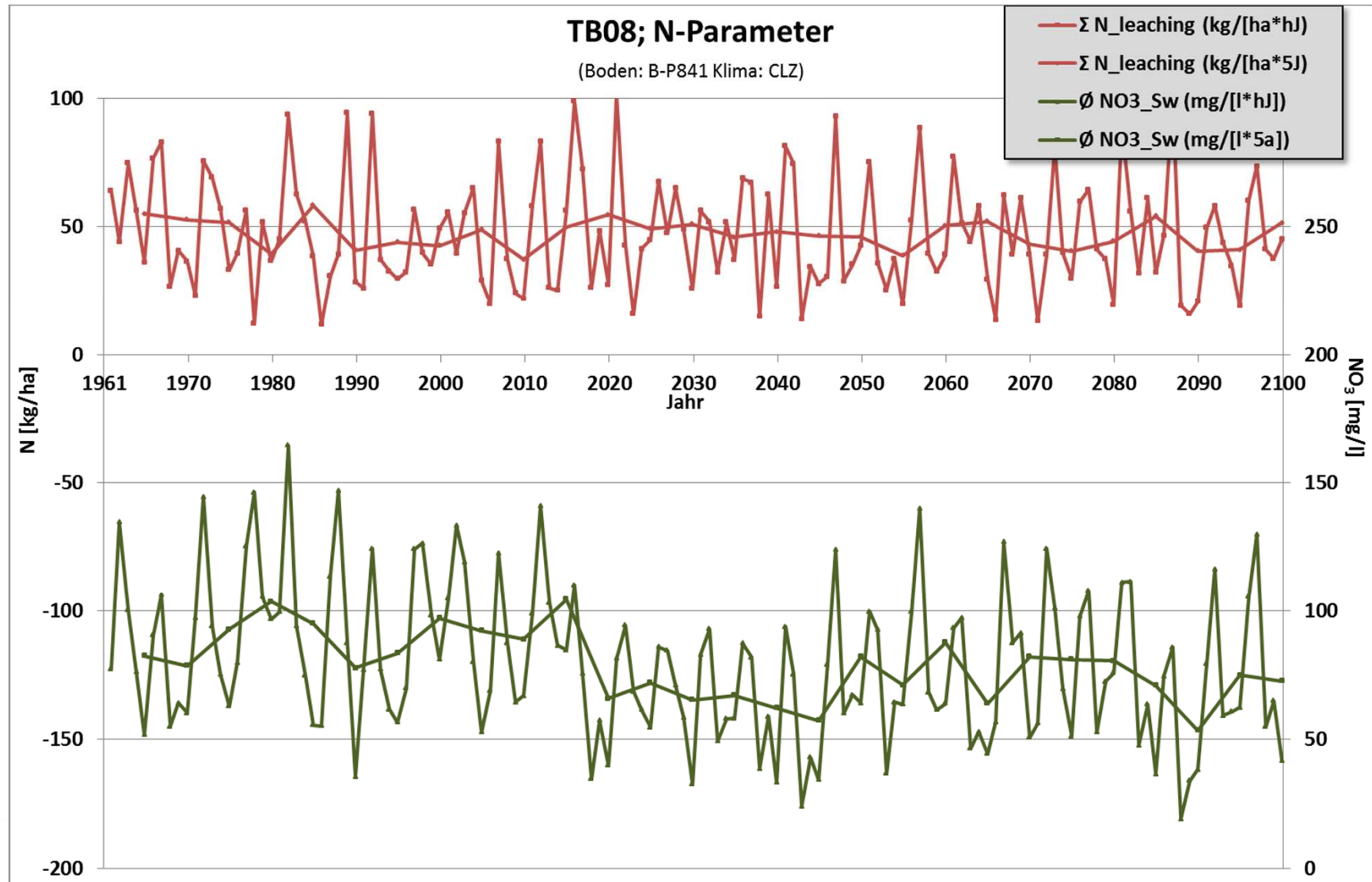
dynaklim 3.4.4 - Modellergebnisse Berechnungsbedarf

- ❑ Modellierter Bodenwasserdefizit für Fruchtfolge: Silomais - Körnermais - Roggen
- ❑ Gute Übereinstimmung mit Ergebnissen zum Berechnungsbedarf aus anderen Modellierungen (58 / 50 / 117 mm Barein et al. 2013)



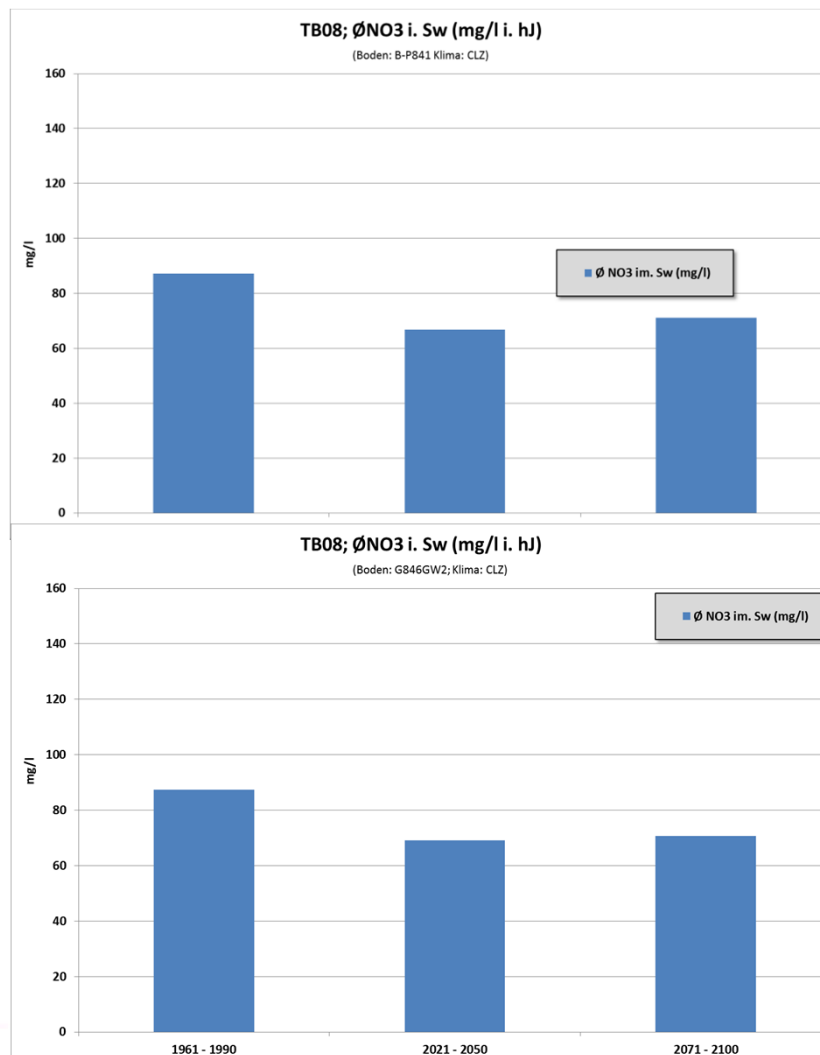
dynaklim 3.4.4 - Modellergebnisse N-Leaching

- Entwicklung N-Parameter für den Zeitraum 1961 - 2100 und den Referenzstandort TB 08



dynaklim 3.4.4 - Modellergebnisse N-Leaching

Modellierte Nitratkonzentrationen im Sickerwasser für unterschiedliche Böden



Referenzzustand Nahe Zukunft Ferne Zukunft



Referenzzustand Nahe Zukunft Ferne Zukunft

***dynaklim* 3.4.4 - Ergebniszusammenfassung**

- **Modellläufe 2005 – 2009: am Beispiel von 3 Referenzflächen mit realen Bewirtschaftungs-, Klima- und Standortdaten**
 - Ergebnisse reproduzieren den Nitrataustrag teilweise unterhalb der im Profil gemessenen Konzentrationen, beschreiben aber die standort- und fruchtfolgetypischen Variationen
 - (mögl.) Ursache: nicht exakte Abbildung der Rahmenparameter im Modell (z. B. Humusgehalt, Erträge, Bewirtschaftungsdaten etc.)

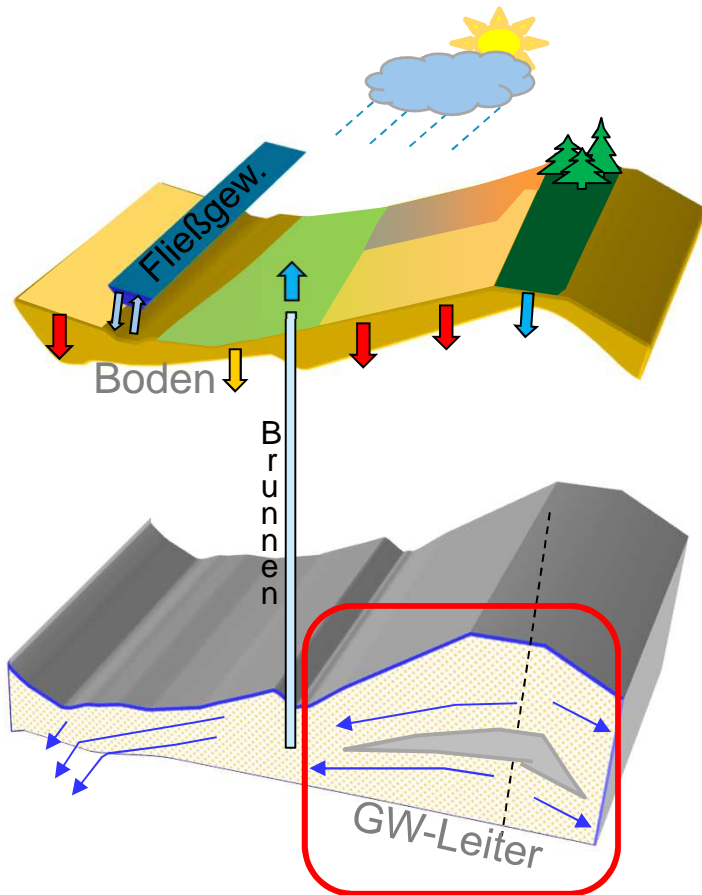
- **Modellläufe 1961 – 2100 am Beispiel der Fruchtfolgen der 3 Referenzflächen sowie von 3 (1) Musterfruchtfolgen für 5 unterschiedliche Standortbereiche (Corg-Gehalte von 0,78 – 1,67 %) mit Klimadaten CLM 2**
 - Modellierete ausgetragene Nitratkonzentrationen liegen im Durchschnitt ca. 20 – 30 % unterhalb der mittleren im Untersuchungsgebiet gemessenen Nitratkonzentrationen (ca. 100 mg/l; Drechsler 2007/2009))
 - (mögl.) Ursache: wie oben

***dynaklim* 3.4.4 - Ergebniszusammenfassung**

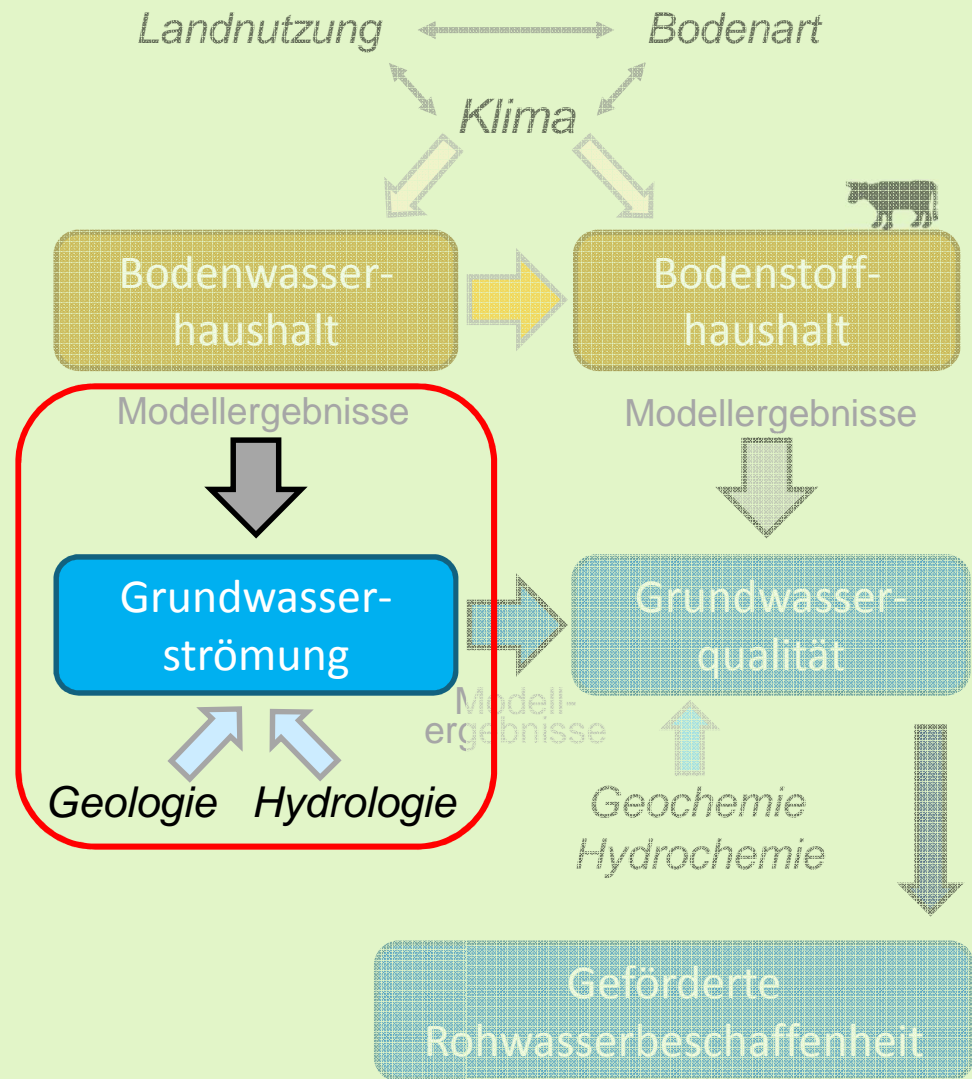
- **Bei gleichbleibenden Bewirtschaftungsbedingungen: kein signifikanter klimawandelbedingter Einfluss auf den Nitrataustrag erkennbar**
 - **Ausnahme: evtl. zunehmende Nitratkonzentrationen unter humusreichen Standorten in der fernen Zukunft (2071 – 2100) durch zunehmende Corg-Mineralisierung**

- **Bei gleichbleibenden Bewirtschaftungsbedingungen: signifikanter klimawandelbedingter Einfluss auf zunehmenden Bewässerungsbedarf insbesondere für Ferne Zukunft**
 - **Nicht berücksichtigt: zukünftige Verschiebungen von Bewirtschaftungsparametern (veränderte Kulturen, veränderte Bewirtschaftungstermine und –maßnahmen, Zuchtfortschritt, veränderte ökonomische u. politische Rahmenbedingungen; Missernten durch Wetterextreme, N-Zufuhr durch Beregnungswasser....)**

Gesättigte Zone - Grundwasserströmung



www.dynaklim.de



Gesättigte Zone - Gewässerschutz

Wasserrahmenrichtlinie WRRL 200/60/EG

□ Ziel:

- Die Wasserpolitik stärker auf eine nachhaltige und umweltverträgliche Wassernutzung auszurichten
- Guter Zustand bzw. gutes ökologisches Potenzial für alle Gewässer bis 2015 / 2021 / 2026

□ Forderungen:

- integrierter Gewässerschutz auf hohem Niveau
- Transparente und detaillierte Zustandsinformationen, Abwägungsprozesse bei Nutzungskonflikten, Entwicklung kosteneffizienter Maßnahmenpakete

□ Instrumente:

- Belastbare Monitoringkonzepte,
- Geographische Informationssysteme,
- Zusammenarbeit zahlreicher Stellen auf gleicher Augenhöhe

Gesättigte Zone - Grundwasserströmung

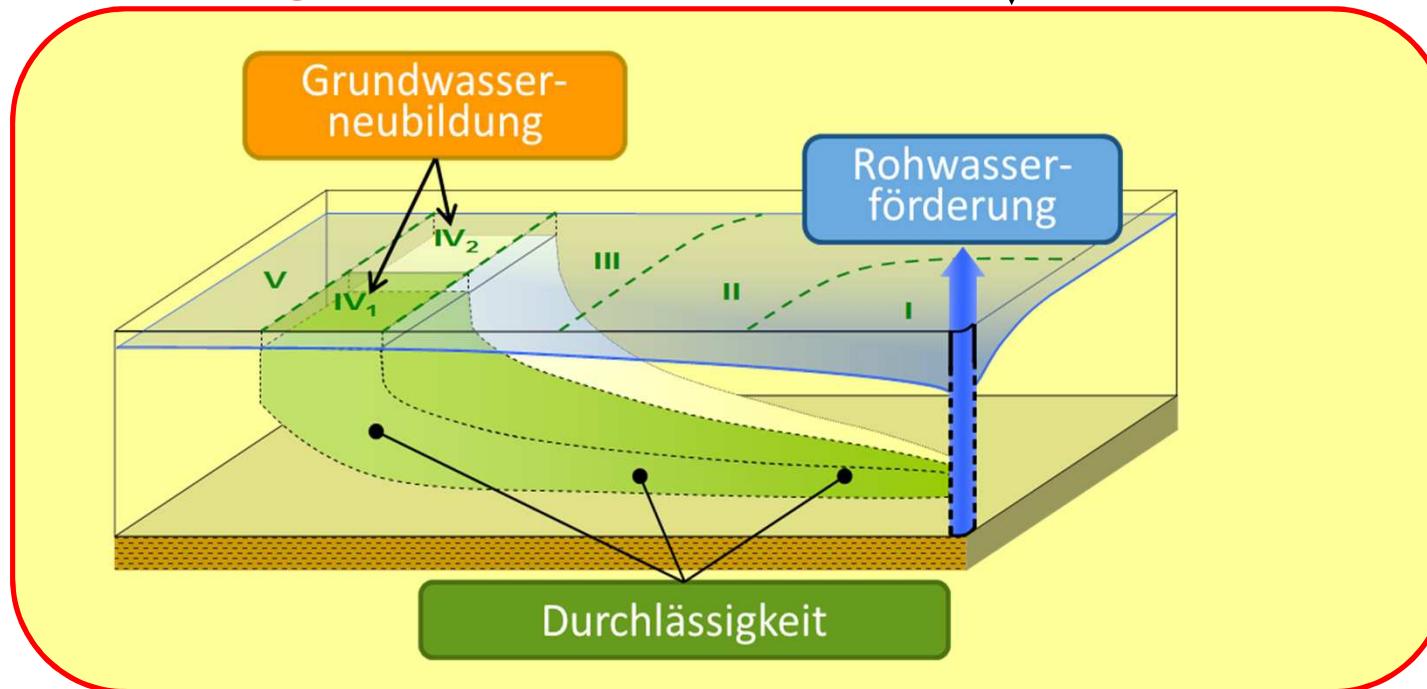
Modellergebnisse

Bodenwasserhaushalt

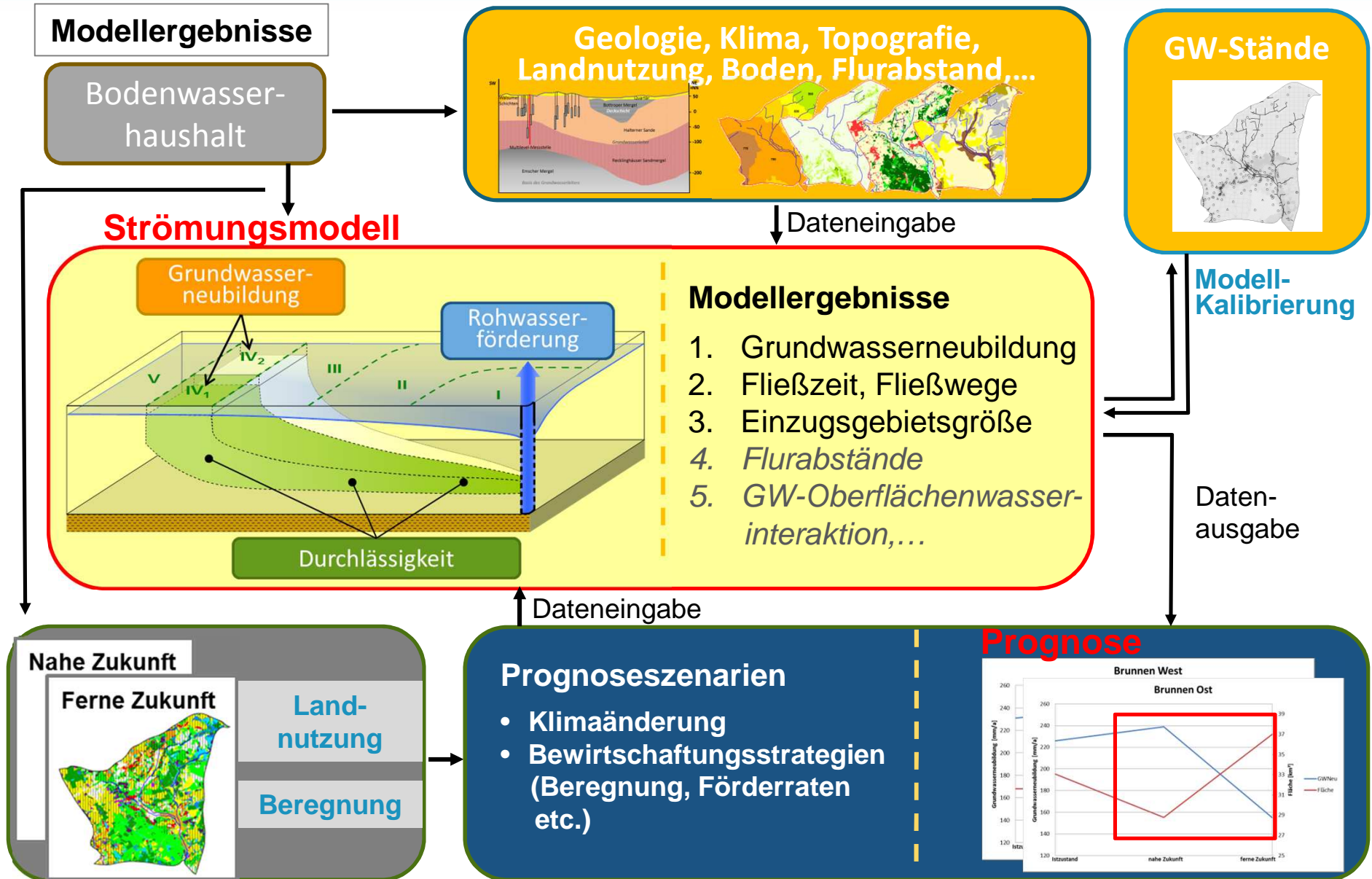
Geologie, Klima, Topografie,
Landnutzung, Boden, Flurabstand, ...

Datenerfassung
Datenaufbereitung
Skalierung

Strömungsmodell



Gesättigte Zone - Grundwasserströmung



dynaklim A3.4.3 - Nutzungskonkurrenzen / Fallbeispiel einer Wassergewinnung in der Projektregion Emscher Lippe

Zielsetzung:

- ❑ Erfassung potenziell in der Nahen und Fernen Zukunft auftretender Nutzungskonkurrenzen zwischen Land- und Wasserwirtschaft **hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Grundwassermenge**
- ❑ Unter Berücksichtigung:
 - ❑ Zukünftiger klimatischer Veränderungen (Klimaprojektion CLZ)
 - ❑ Landwirtschaftlicher Adaptionsstrategien an den Klimawandel (Beregnungsbedarf aus Bodenmodell übernommen)
- ❑ Untersuchungsgebiet: WSG Üfter Mark der Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH

Vorgehensweise:

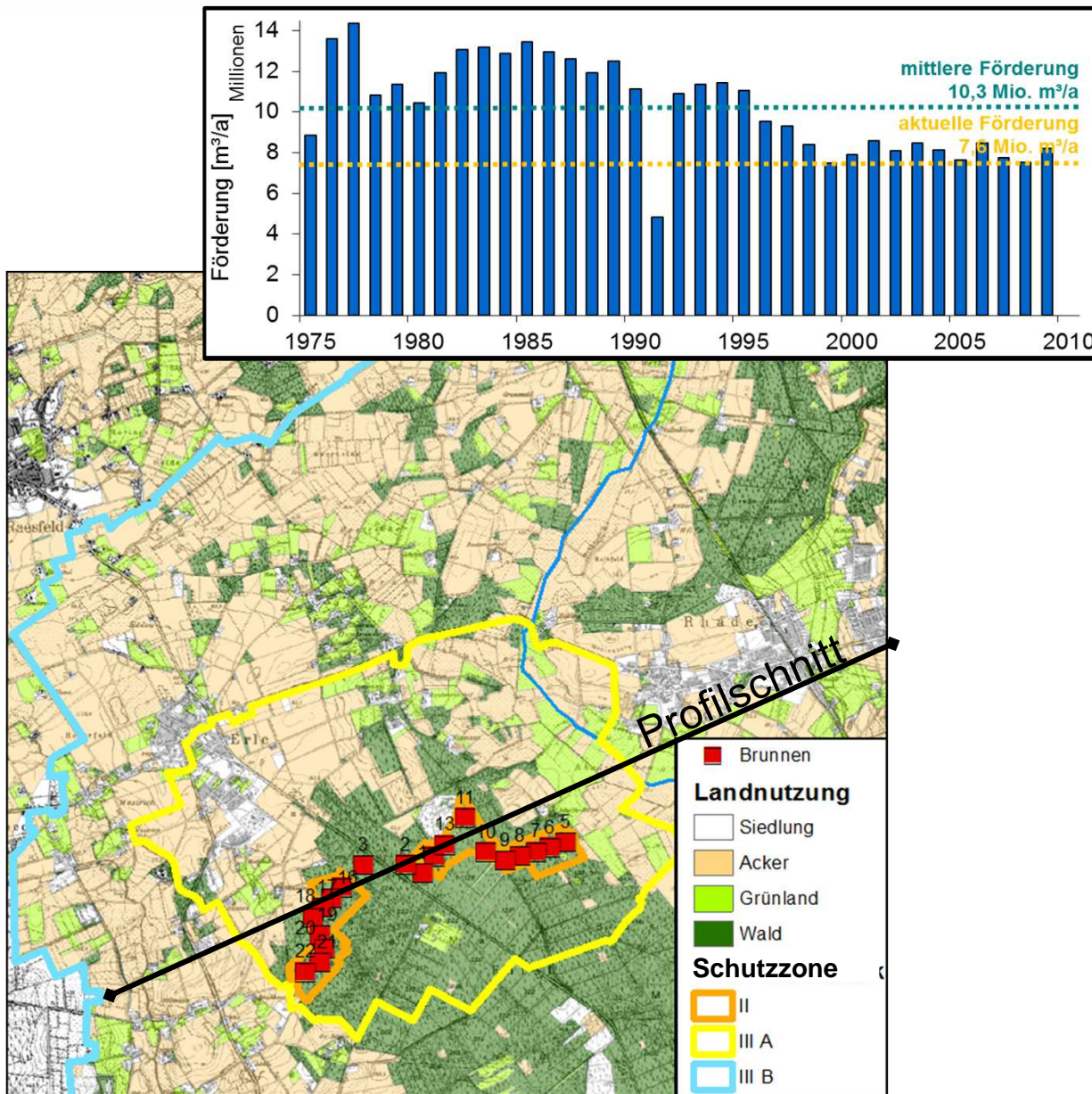
- ❑ Modellierung der Grundwasserneubildung und Grundwasserströmung mit dem Modell SPRING (ewlw: Barein et al. 2013)
 - Erfassung der standörtlichen Rahmenbedingungen (Topografie, Geologie, natürliche Vorfluter, Förderraten der Brunnen) und landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsfaktoren (Beregnung, Landnutzung mit Evapotranspiration etc.)
 - Modellanpassung über vorliegende Grundwasserstände (Stichtagsmessung)
 - Modellierung für den Zeitraum 1961 – 2100 mit projizierten Klimadaten

In Kooperation mit:

- RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH
- Emscher Lippe Wassertechnik GmbH



dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe



Dateneingabe

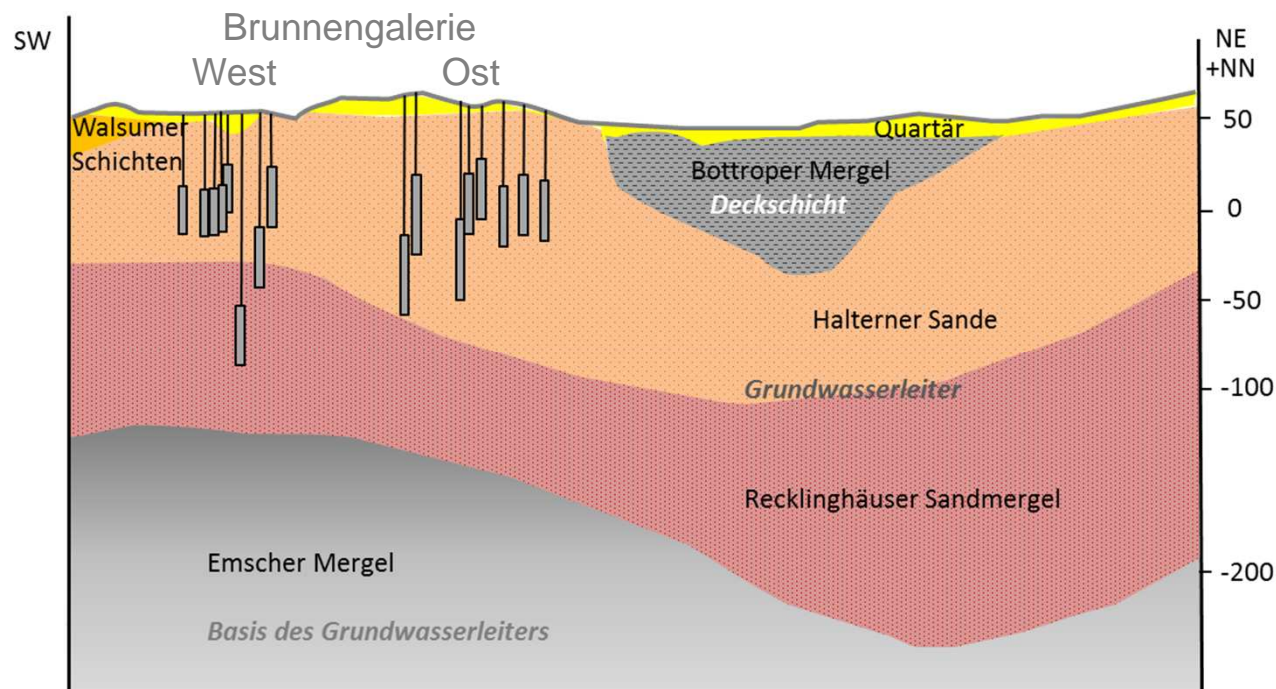
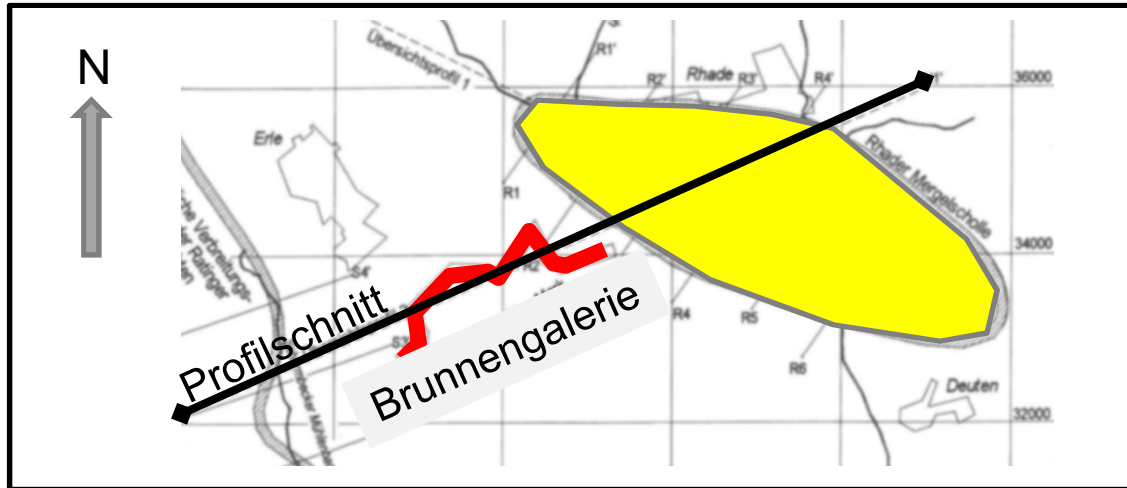
Hydrogeologische Daten

- Derzeit 20 Brunnen aktiv bis max. 100m u.GOK
- Lage der Brunnen: Waldgebiet „Üfter Mark“

Gesamtförderung

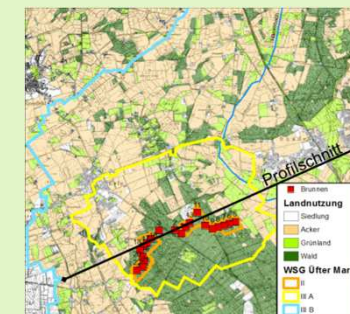
- Langjähriges Mittel: 10,3 Mio.m³/a
- Aktuelle mittlere Förderung ca. 7,67 Mio.m³/a

dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe



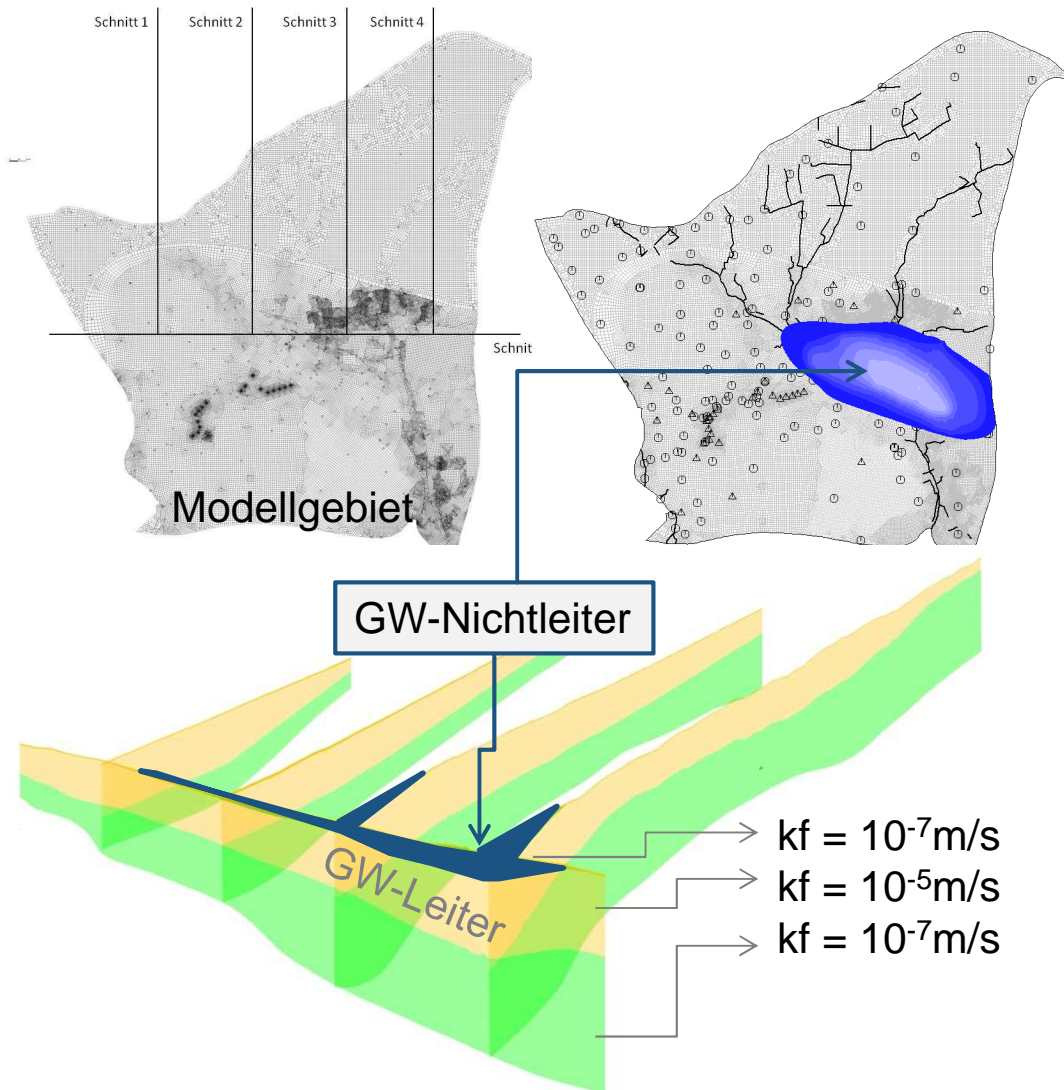
Hydrogeologische Daten

- Deckschicht: Bottroper Mergel
- Haupt-GWL: Halterner Sande (sandig-kiesig)
- Recklinghäuser Schichten (schluffig bis mergelige Sande)
- GWL-Basis: Emscher Mergel (sandiger Tonmergel)



dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe

Schnittspuren



Hydrogeologische Daten

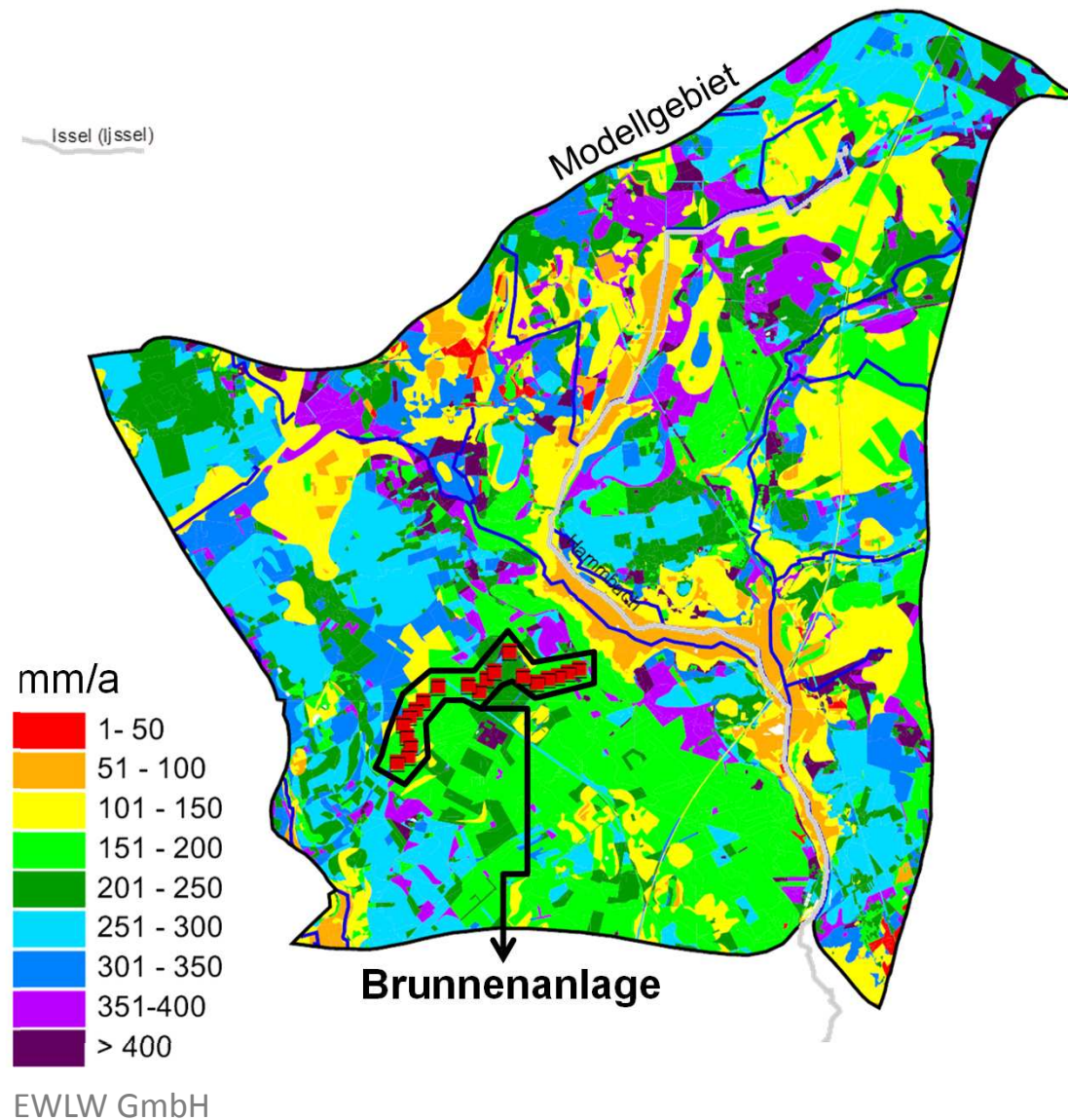
- Verbreitung von Grundwasserleiter und Nichtleiter
- Hydraulische Eigenschaften der Grundwasserleiter

(Haltener Sande und Recklinghäuser Schichten)

Grundwasserströmungsmodell

- SPRING (delta h)
- FEM, Galerkin Methode
- 3D-Simulation
- Modellierung durch EWLW (Emscher Wassertechnik und Lippe Wassertechnik GmbH)

dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse



Grundwasserneubildung

Referenzzustand (1961-1990)

- Hoch im Bereich landwirtschaftlicher Flächen auf Sandböden
- Relativ geringer in Bereichen mit Wald, geringen Flurabständen und Bebauung

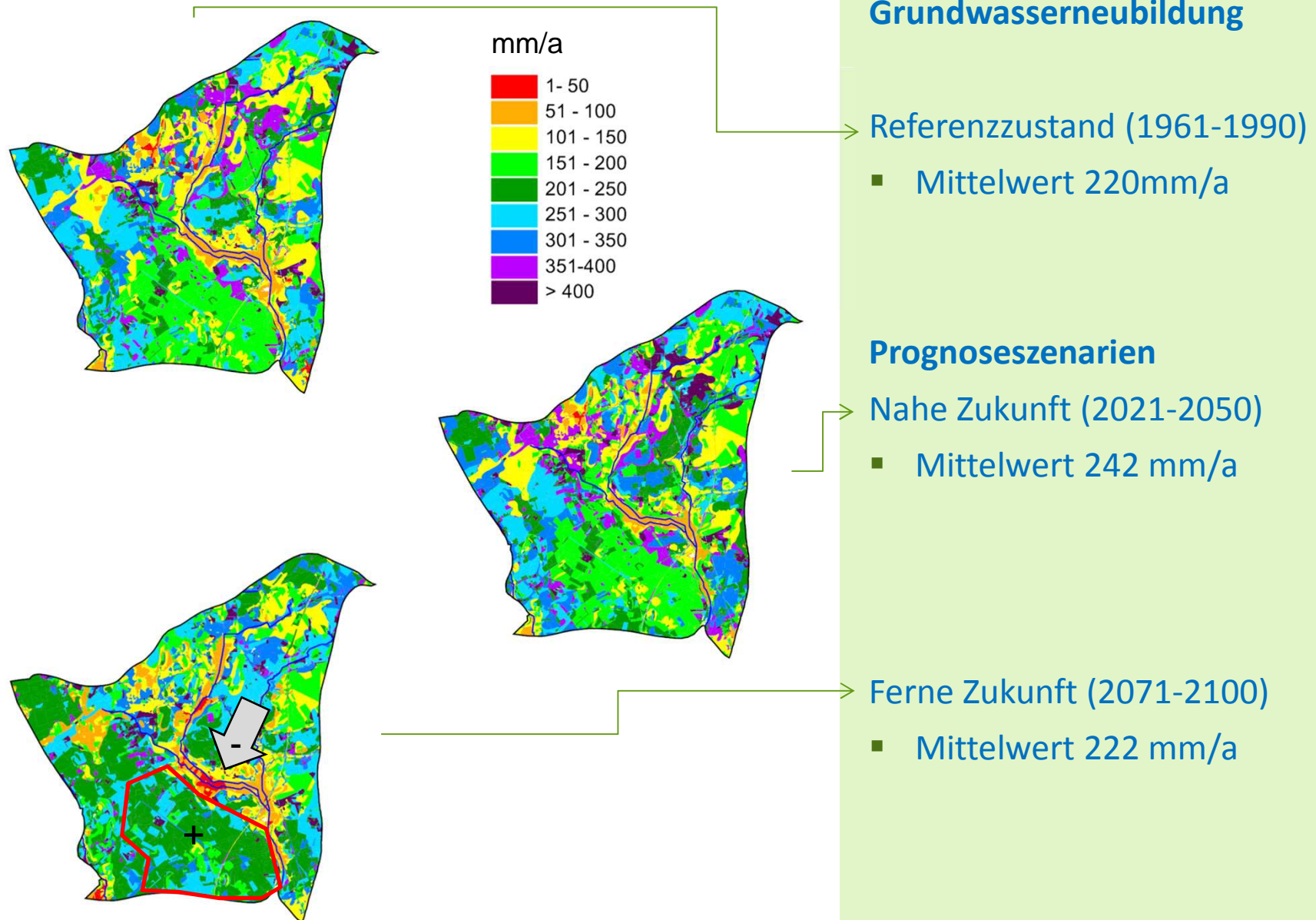


Prognoseszenarien

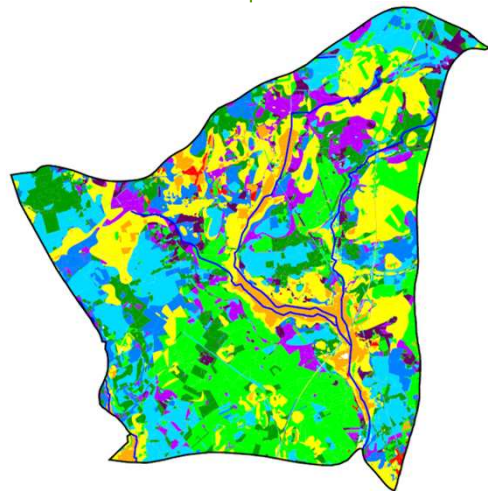
(Grundlage: Projektionen CLM 1 und 2, IPCC-Szenario A1B):

- Unveränderte Landnutzung
- Erhöhung der Beregnung landwirtschaftlicher Flächen (s. Bodenwasserhaushaltsberechnung)

dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse

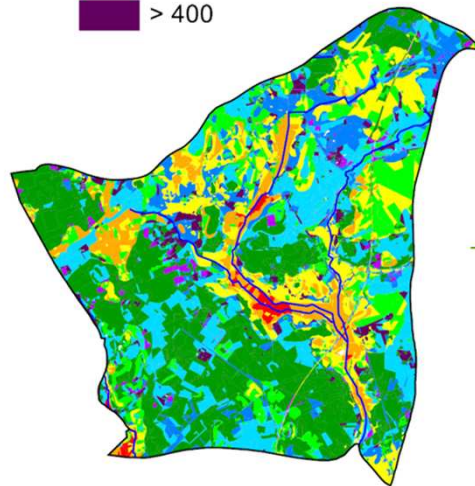
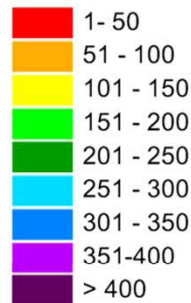


dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse

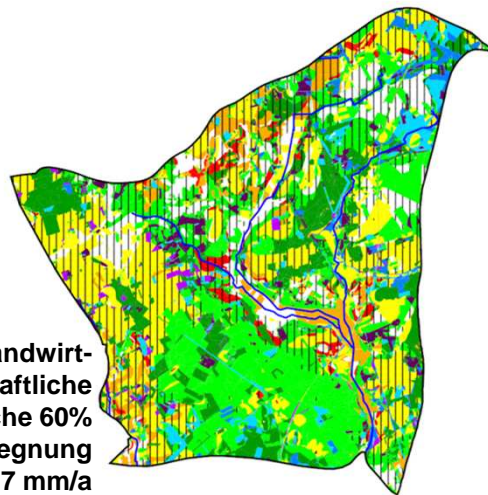


Landwirtschaftliche Fläche
20% Beregnung 12 mm/a

mm/a



Landwirtschaftliche Fläche
60% Beregnung 30 mm/a



Landwirtschaftliche Fläche
60%
Beregnung
117 mm/a

**Abnahme der GW-
Neubildung um 20 %**

Grundwasserneubildung

Referenzzustand (1961-1990)

+ Mittelwert	220 mm/a
- Beregnung	<u>5 mm/a</u>
	215 mm/a

Prognoseszenarien

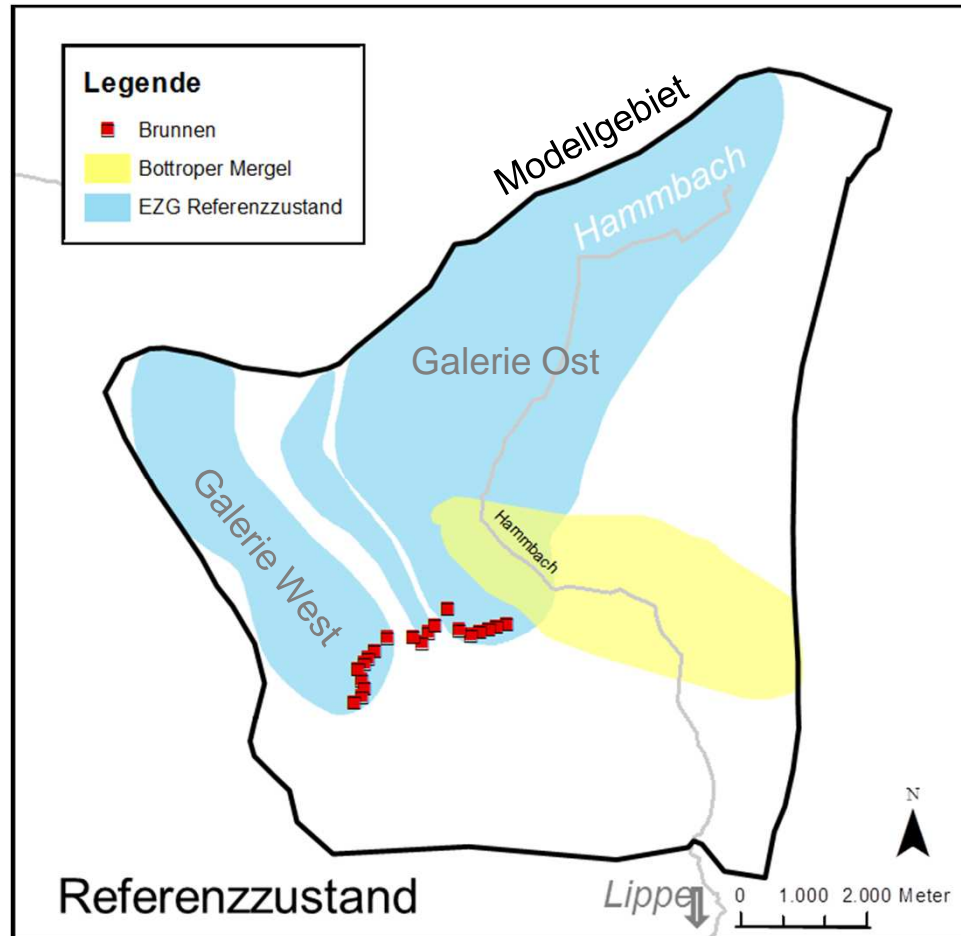
Nahe Zukunft (2021-2050)

+ Mittelwert	242 mm/a
- Beregnung	<u>13 mm/a</u>
	229 mm/a

Ferne Zukunft (2071-2100)

+ Mittelwert	222 mm/a
- Beregnung	<u>50 mm/a</u>
	172 mm/a

dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse



Einzugsgebiete Referenzzustand

Brunnengalerie West

- Größe: 10,78 km²
- + GW-Neubildung: 2,48 Mio.m³/a
- Förderung: 2,42 Mio.m³/a
- Drainage und FGW: 0,06 Mio.m³/a

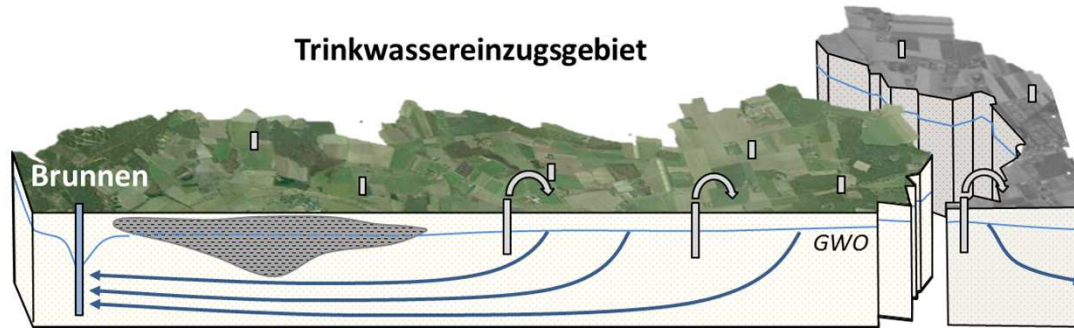
Brunnengalerie Ost

- Größe: 33,08 km²
- + GW-Neubildung: 7,40 Mio.m³/a
- Förderung: 5,25 Mio.m³/a
- Drainage und FGW: 2,15 Mio.m³/a

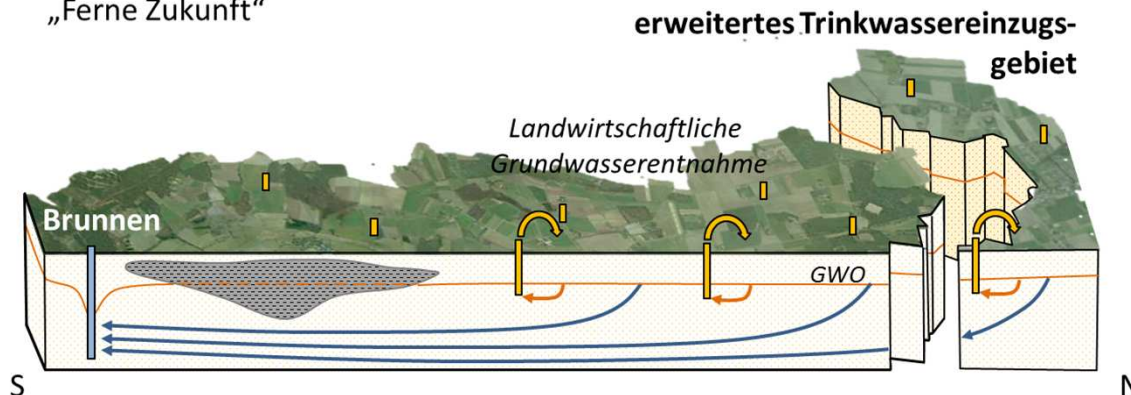
dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse/Prognose

Brunnengalerie Ost

„Referenzzustand“



„Ferne Zukunft“



www.dynaklim.de

Wasserbilanz

Ferne Zukunft Galerie Ost

- + GW-Neubildung sinkt von 7,40 auf 4,13 Mio.m³/a
- Drainage und FGW sinken von 2,15 auf 0,49 Mio.m³/a (Erhöhung des Flurabstand)

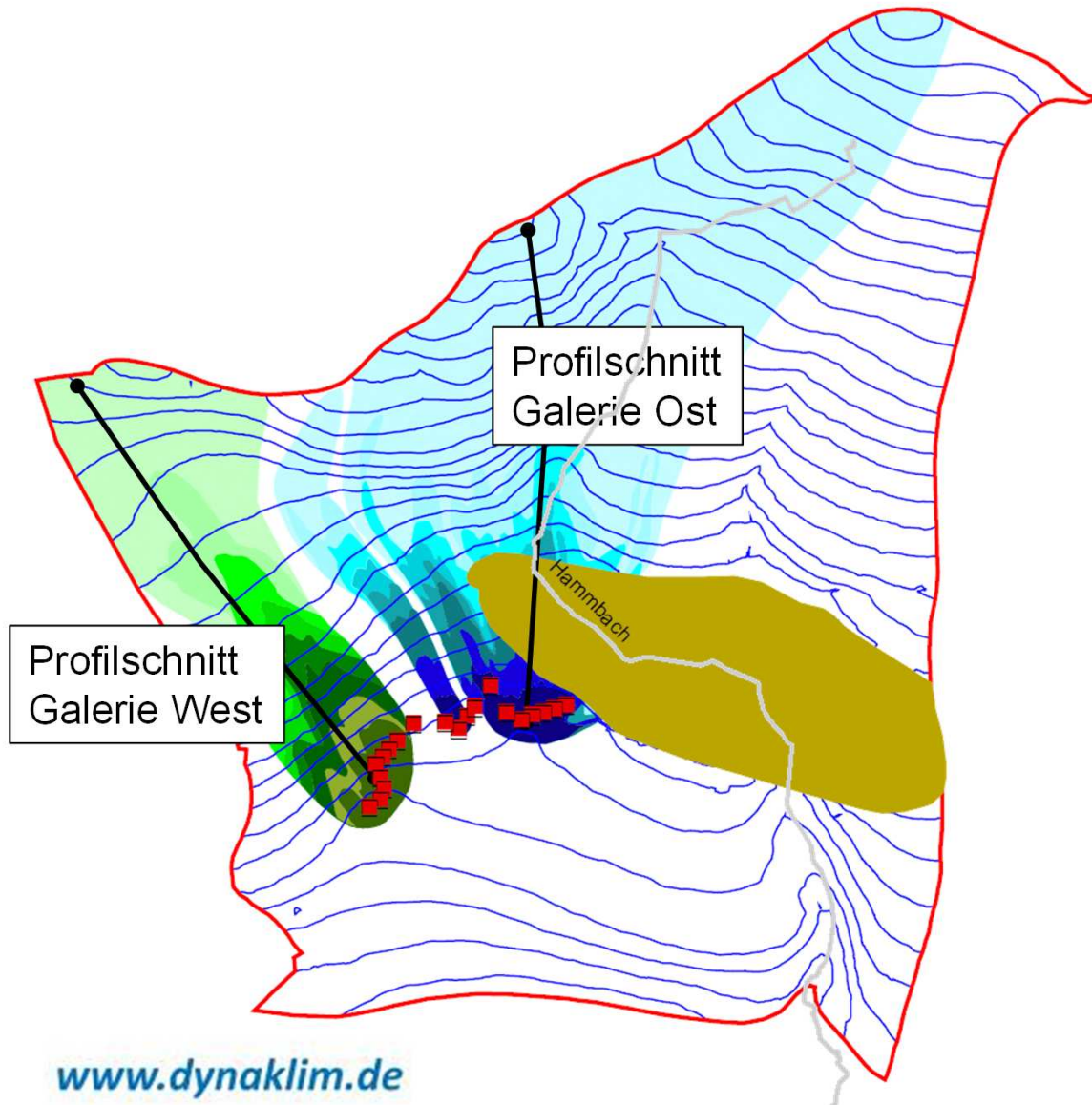
Bei gleichbleibender Förderrate entsteht ein **Defizit von 1,64 Mio.m³/a (44,19%)!!!**

- Ausweitung des Einzugsgebiets um 3,92 km² (11,85%)

Ferne Zukunft Galerie West

- Ausweitung des Einzugsgebiets um 5,67 km² (45,36%)

dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse



Fließzeit und Fließweg

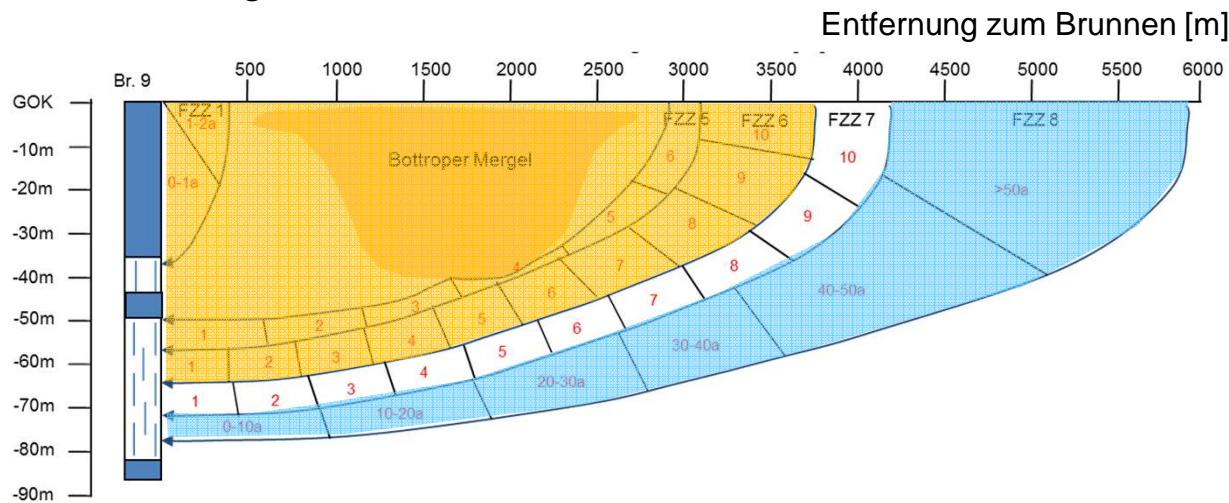
Referenzzustand

- Einzugsgebiete der Förderbrunnen (Galerie West/Ost)

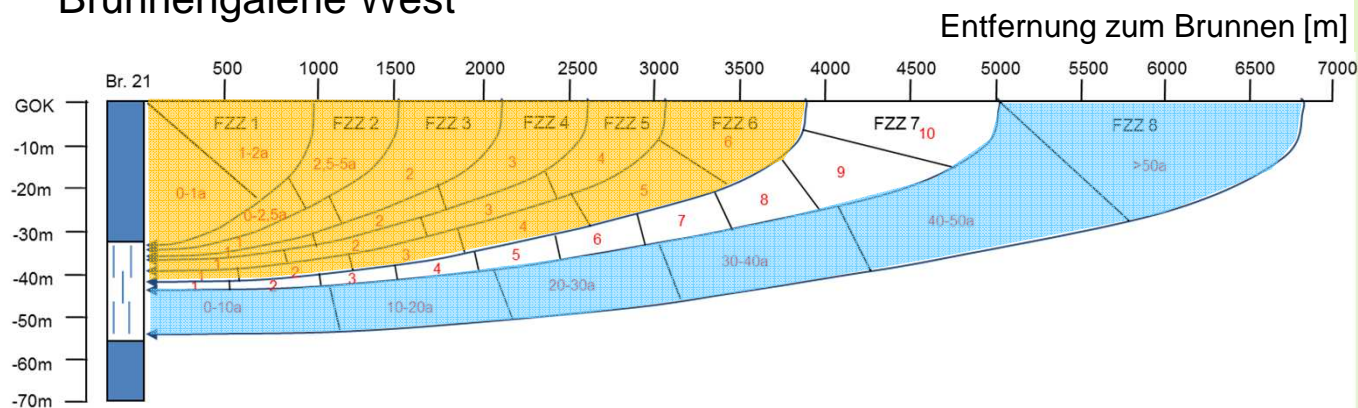


dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse

Brunnengalerie Ost



Brunnengalerie West



www.dynaklim.de

Fließzeit und Fließweg

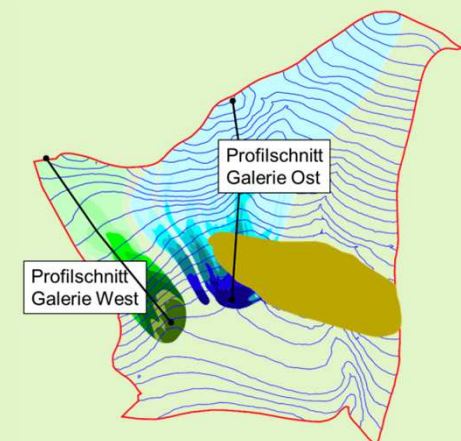
Referenzzustand

Galerie Ost

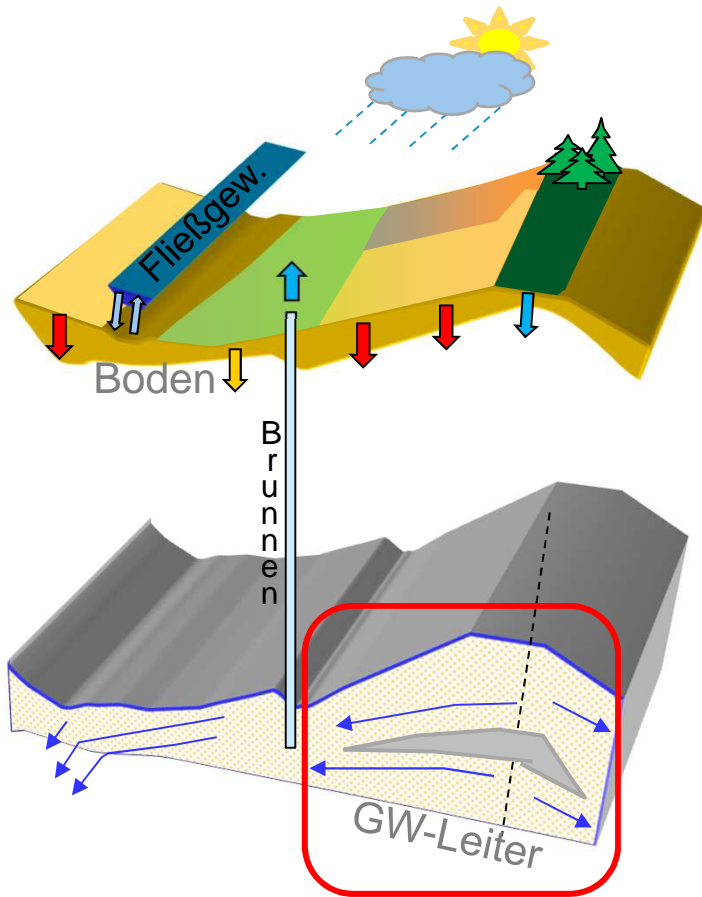
- Geringer Anteil „junges“ GW (2,4% < 10 a)
- Anteil „altes“ GW (> 30 a) 93,5%

Galerie West

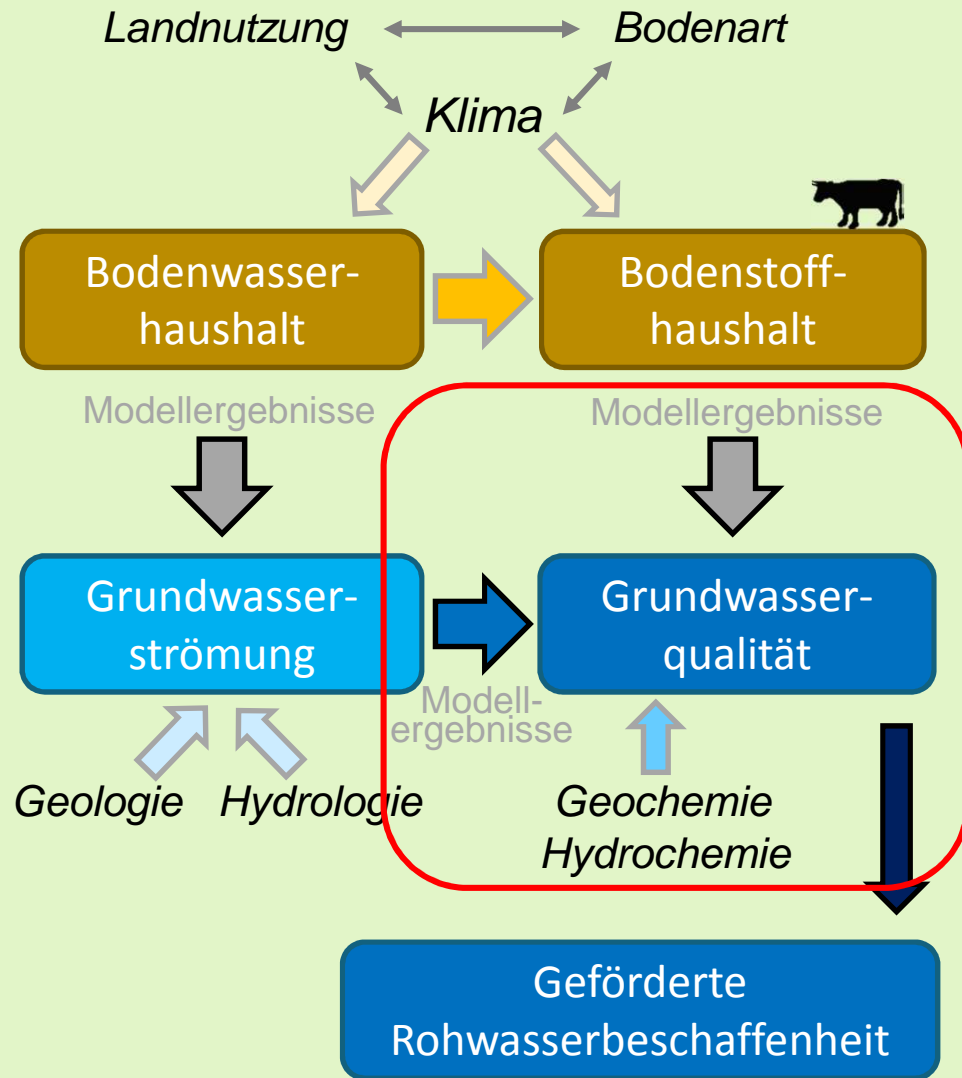
- Hoher Anteil „junges“ GW (11,9% < 10 a)
- Anteil „altes“ GW (> 30 a) 71,8%



Gesättigte Zone - Grundwasserbeschaffenheit



www.dynaklim.de



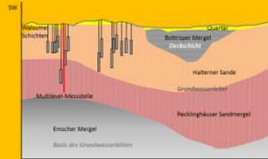
Gesättigte Zone - Grundwasserbeschaffenheit

Modellergebnisse

Bodenstoffhaushalt

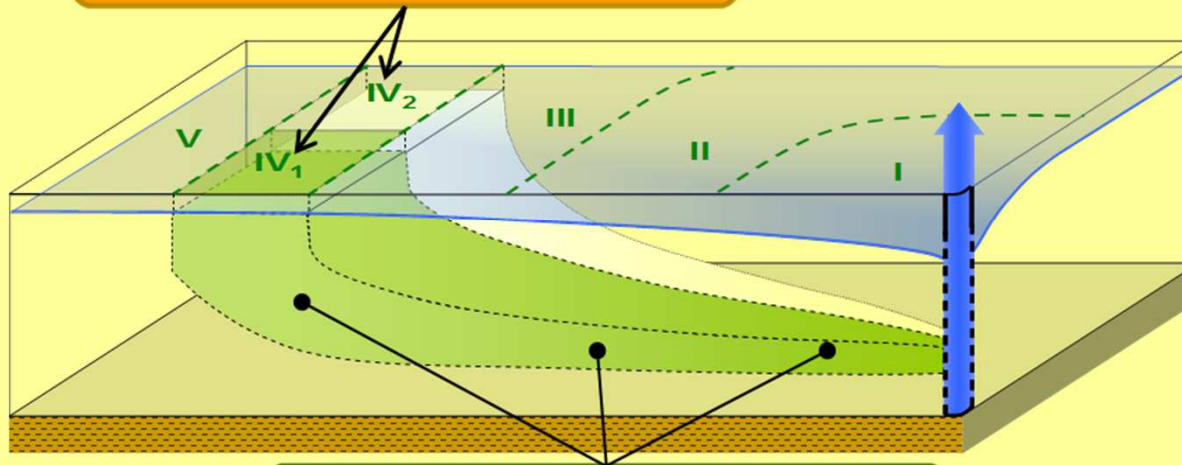
Grundwasserströmung

Geochemie GW-Chemie



Hydrochemisches Modell

Zeitlich variierende Stoffeinträge



Vorräte an reaktiven Phasen

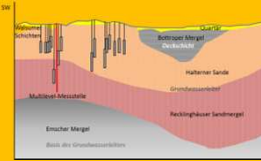
Gesättigte Zone - Grundwasserbeschaffenheit

Modellergebnisse

Bodenstoffhaushalt

Grundwasserströmung

Geochemie GW-Chemie

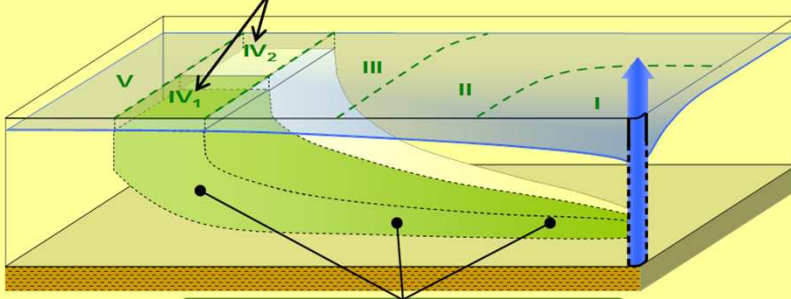


GW-Qualität



Hydrochemische Modellierung

Zeitlich variierende Stoffeinträge



Vorräte an reaktiven Phasen

Modellergebnisse

- Zeitlich und örtliche Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit
- Umsatz reaktiver Phasen
- Verbrauch des Nitratreduktionspotentials

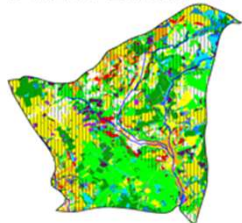
Dateneingabe

Plausibilität

Prognose

Nahe Zukunft

Ferne Zukunft



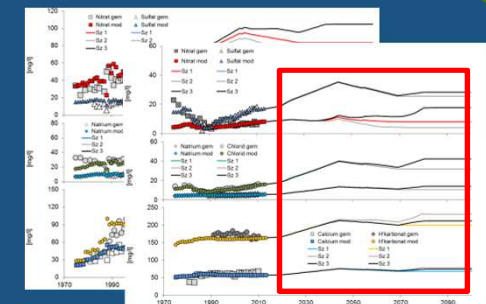
Landnutzung

Berechnung

Dateneingabe

Prognoseszenarien

- Landnutzungs- und Bewirtschaftungsstrategien (Stoffeintrag, Beregnung, Förderraten etc.)
- Wirtschaftlichkeit von Maßnahmen



dynaklim A3.4.3 - Nutzungskonkurrenzen / Fallbeispiel einer Wassergewinnung in der Projektregion Emscher Lippe

Zielsetzung:

- Erfassung potenziell in der Nahen und Fernen Zukunft auftretender Nutzungskonkurrenzen zwischen Land- und Wasserwirtschaft **hinsichtlich der sich entwickelnden Grund- und Rohwasserbeschaffenheit**
- Unter Berücksichtigung:
 - Zukünftiger klimatischer Veränderungen (Klimaprojektion CLZ)
 - Landwirtschaftlicher Adaptionstrategien an den Klimawandel (Beregnung mit Grundwasser)
 - Grundwasserneubildung und -strömung

Vorgehensweise:

- Modellierung der Grundwasserbeschaffenheit mit dem Programm PHREEQC
 - Erfassung der standörtlichen Rahmenbedingungen (Geologie, Geochemie, natürliche Vorfluter, Förderraten der Brunnen) und landwirtschaftlichen Bewirtschaftungsfaktoren (Beregnung, Landnutzung mit Stoffeintrag etc.)
 - Modellanpassung über vorliegende Daten zur Grundwasserbeschaffenheit
 - Modellierung für den Zeitraum 1961 – 2100 mit projizierten Klimadaten (Temperatur)

In Kooperation mit:

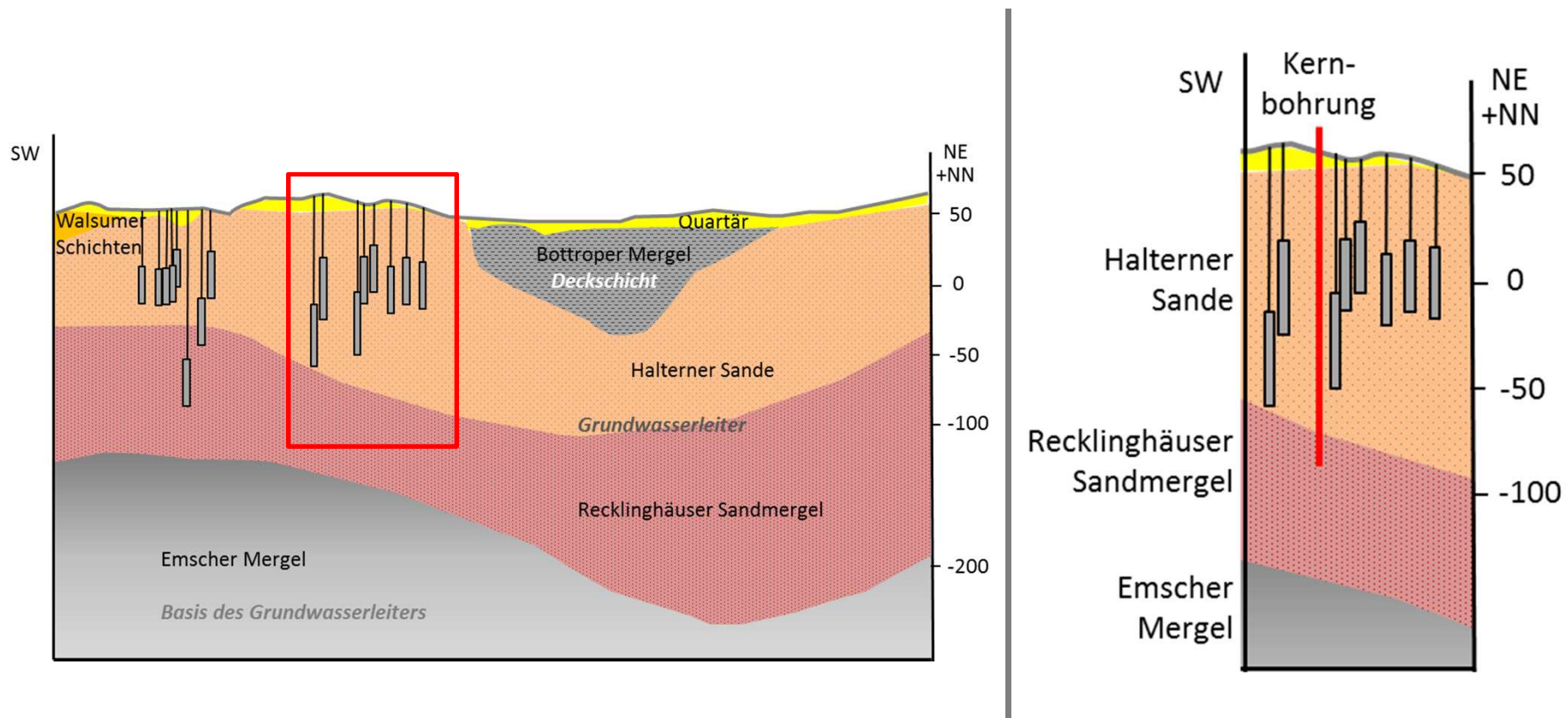
- RWW Rheinisch-Westfälische Wasserwerksgesellschaft mbH



dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe

Geochemische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

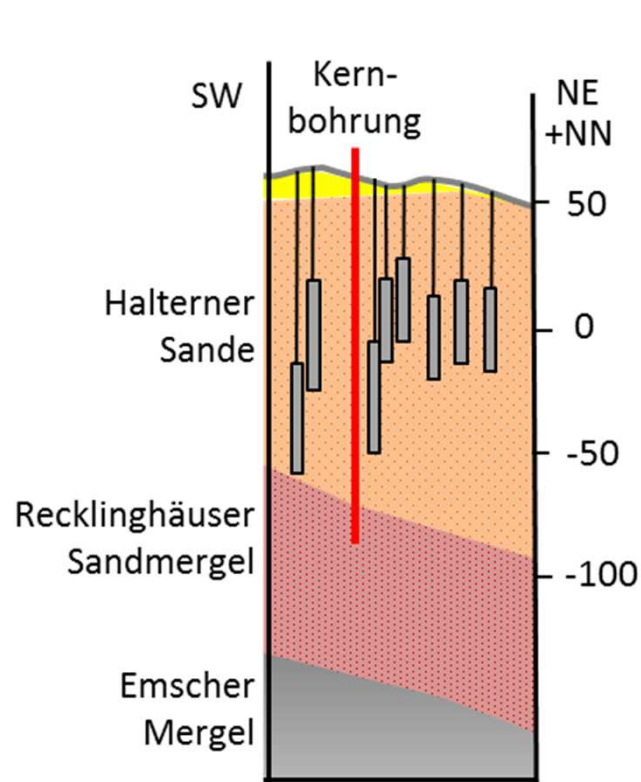
- Kernbohrung im Bereich der Brunnengalerie Ost



dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe

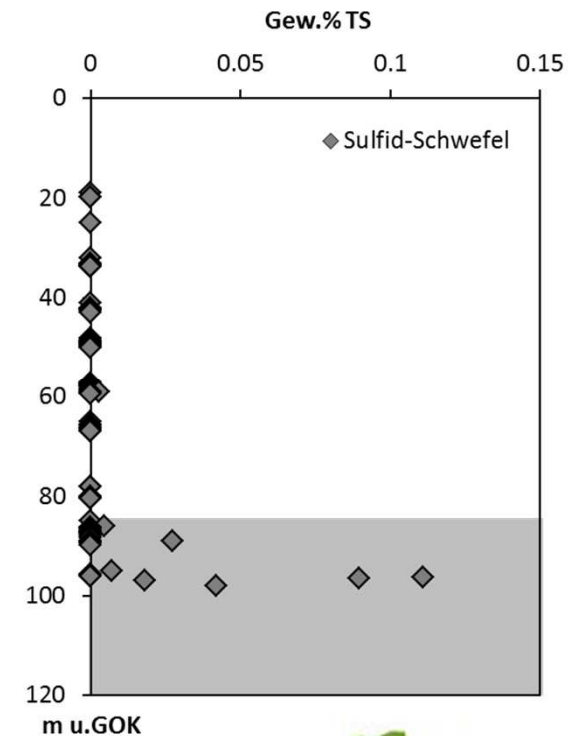
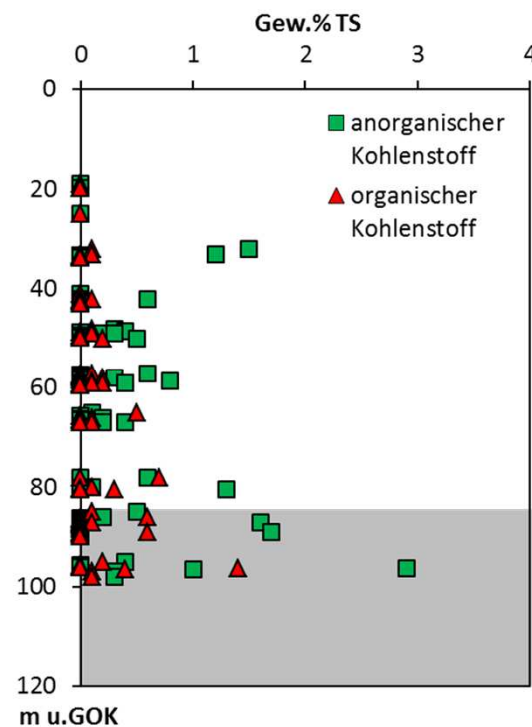
Geochemische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

- Kernbohrung im Bereich der Galerie Ost
- Tiefenspezifische Analyse der Sedimentzusammensetzung



www.dynaklim.de

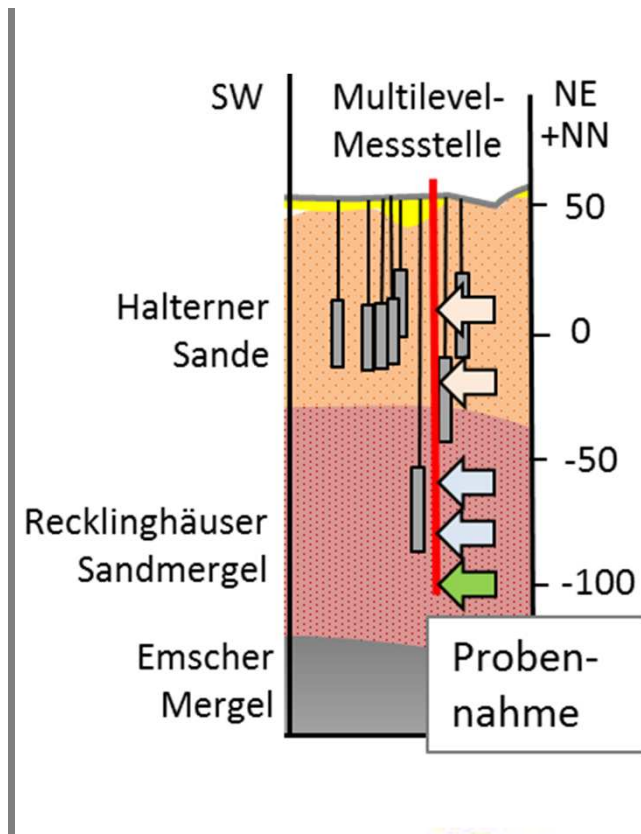
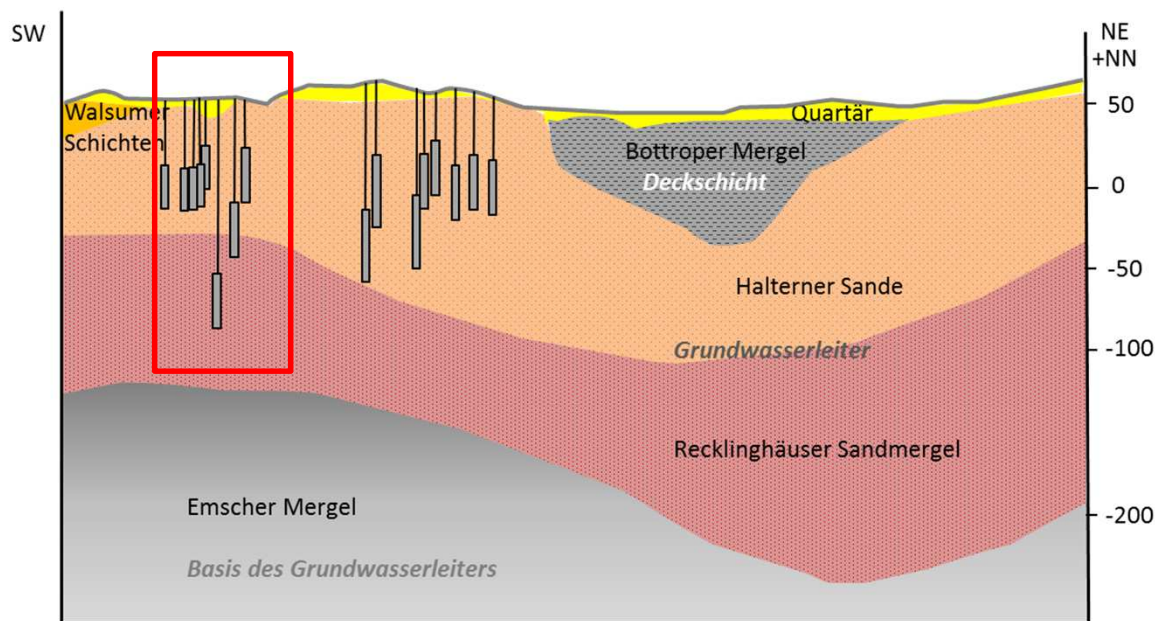
Analysenergebnisse



dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe

Hydrochemische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

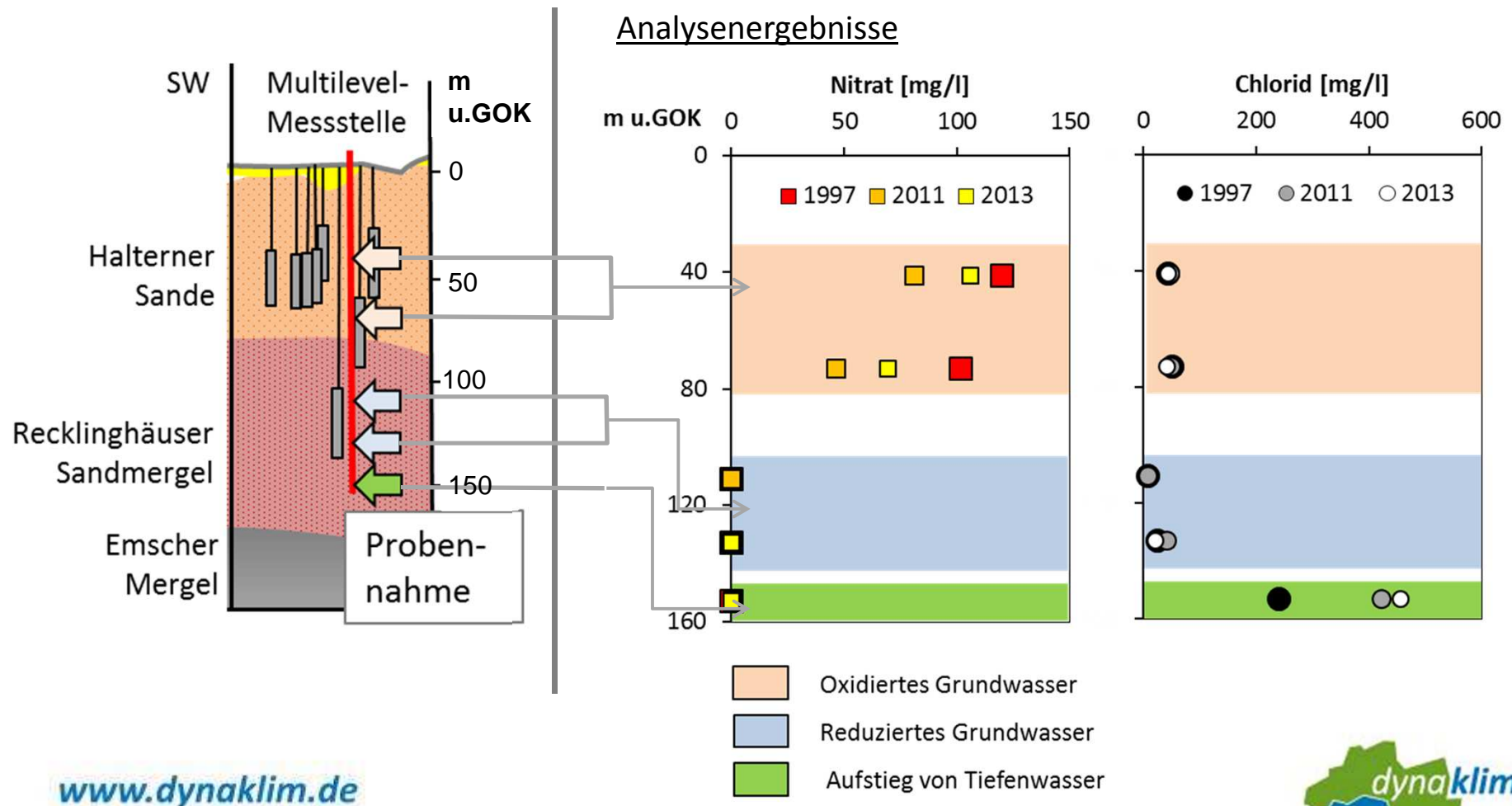
- Tiefenspezifische Analyse der Grundwasserbeschaffenheit



dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe

Hydrochemische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

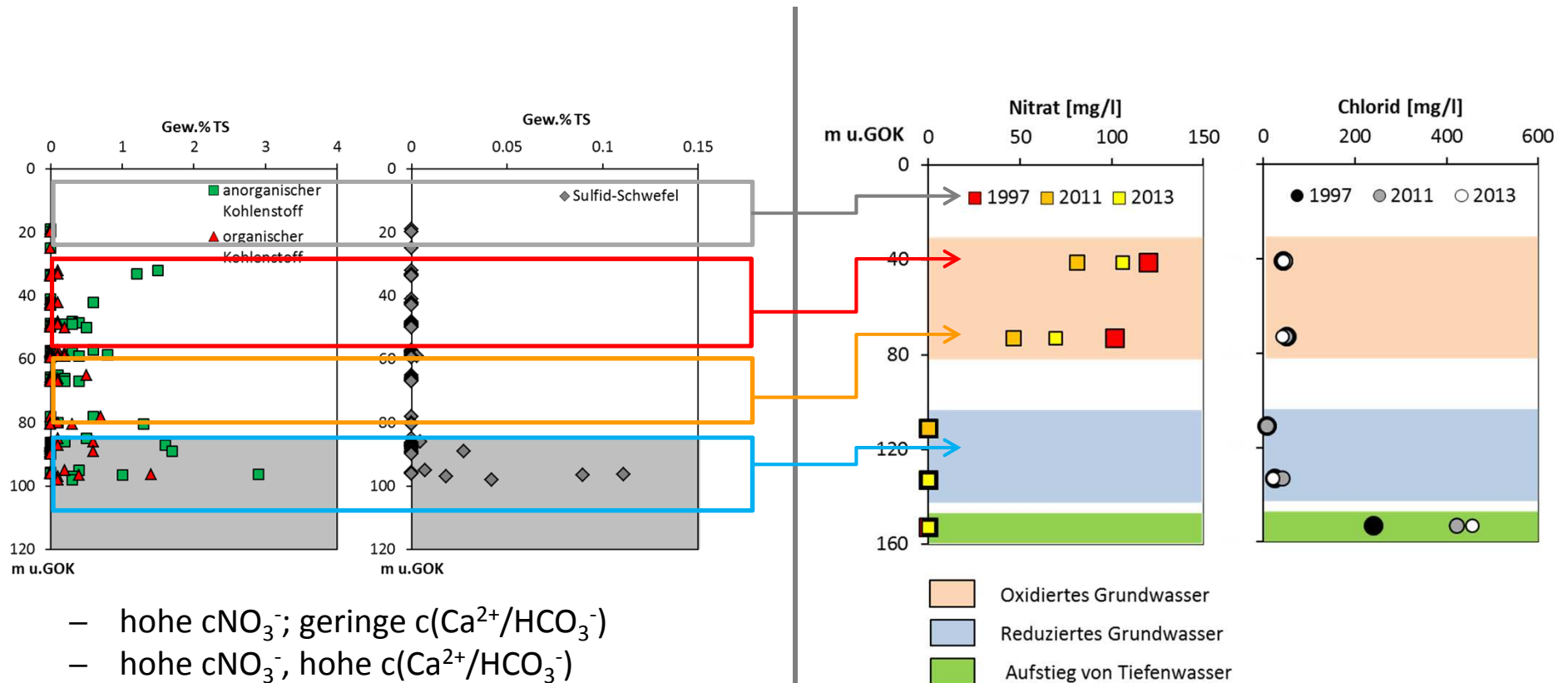
- Tiefenspezifische Analyse der Grundwasserbeschaffenheit



dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe

Geochemisch-hydrochemische Verhältnisse im Untersuchungsgebiet

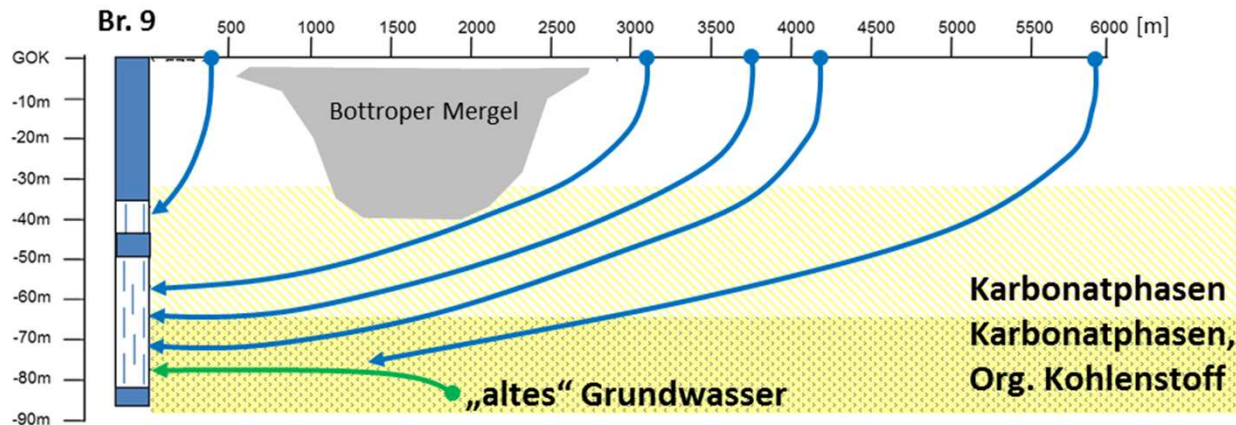
– Tiefenspezifische Verteilung reaktiver Phasen - Grundwasserqualität



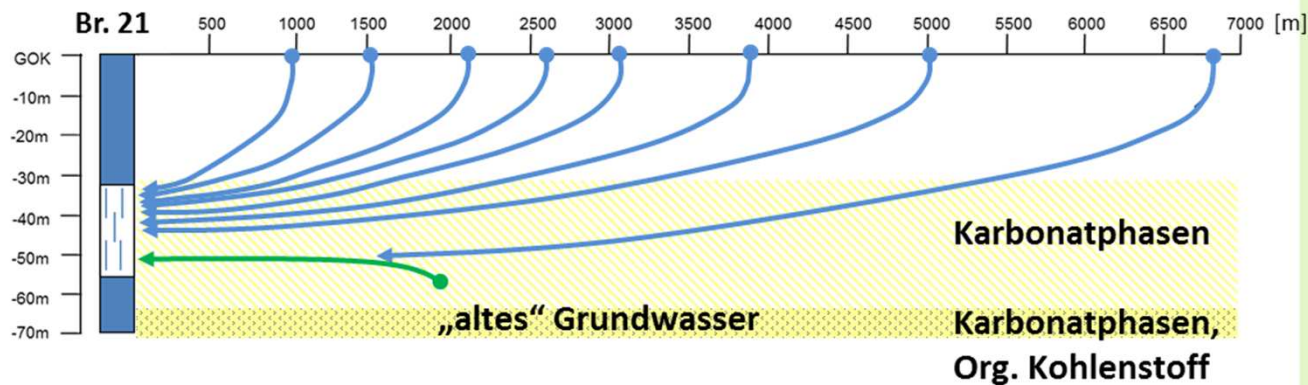
- hohe $c\text{NO}_3^-$; geringe $c(\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-)$
- hohe $c\text{NO}_3^-$, hohe $c(\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-)$
- geringere $c\text{NO}_3^-$; hohe $c(\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-)$
- keine $c\text{NO}_3^-$; hohe $c(\text{Ca}^{2+}/\text{HCO}_3^-)$; hohe $c(\text{Fe}^{2+}/\text{SO}_4^{2-})$

dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe

Galerie Ost



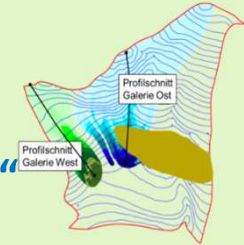
Galerie West



www.dynaklim.de

Geochemische Zusammensetzung des Aquifers

- >30 m u.GOK Karbonatphasen
- >65 m u.GOK organisch gebundener Kohlenstoff (CaCO_3)
- >90 m u.GOK Pyrit (OC, CaCO_3)

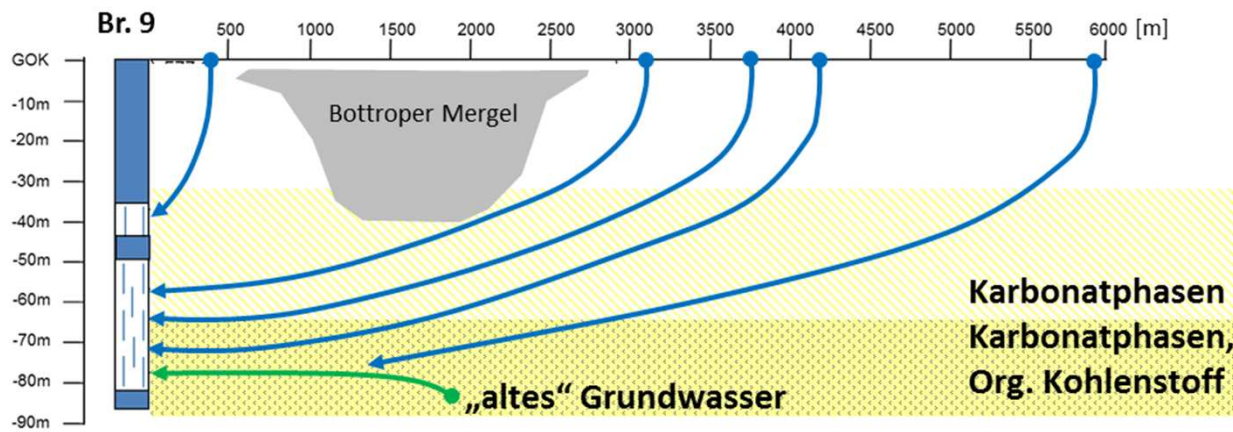


Zustrom „alten“ Grundwassers

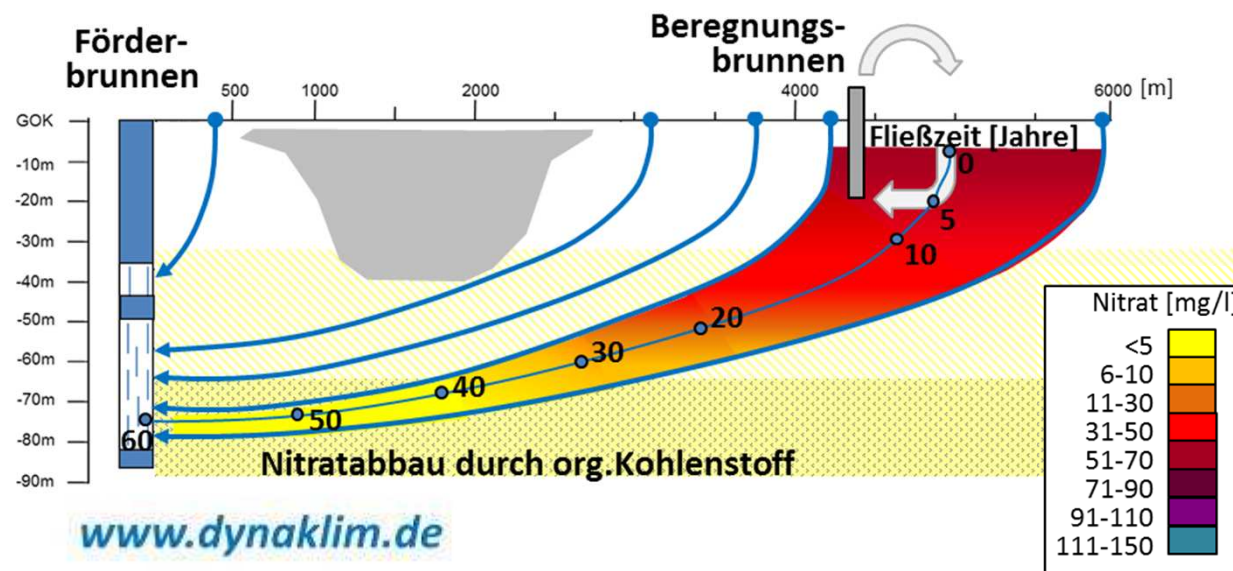
- In Förderbrunnen derzeitiger Zustand ein „altes“ GW nachweisbar (> 80 a)

dynaklim A 3.4.3 - Dateneingabe/Modellvorstellung

Galerie Ost



„Referenzzustand“ (1975)



Hydrogeochemische Modellierung auf der Basis:

- Stoffeintrag unter Landnutzungen/Böden (zeitlich/örtlich variabel) (Bodenmodell)
- Geochemischen Daten zum Aquifer (Input)
- Berechnungsmenge und Zusammensetzung des Beregnungswassers (aus Modell)

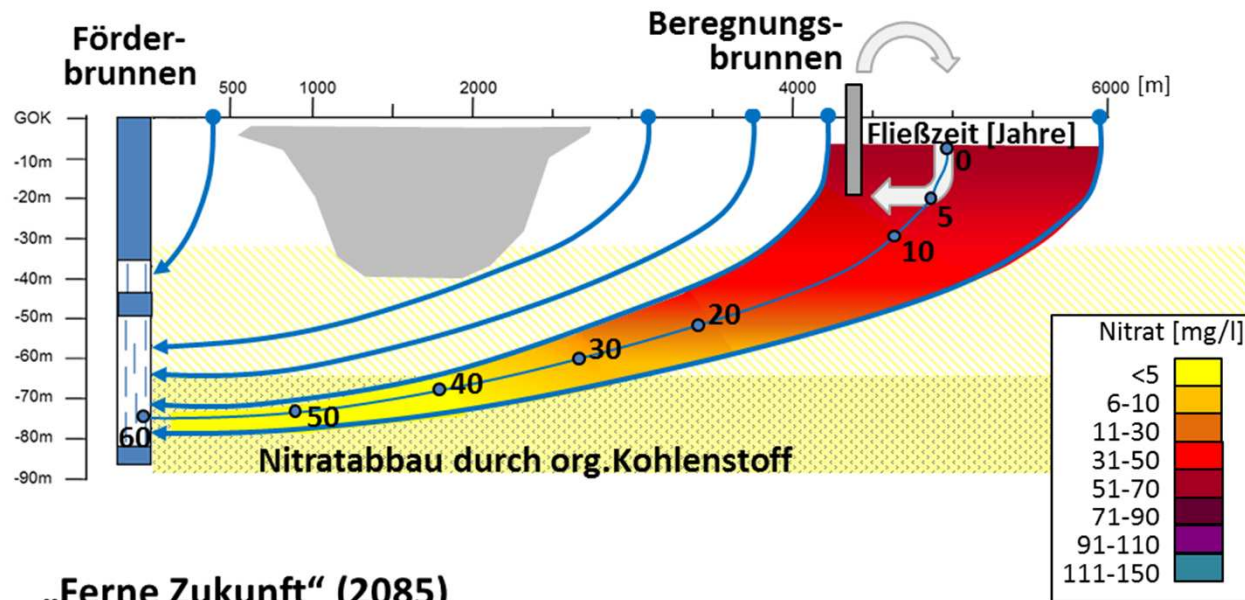


Zeitliche Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit entlang der Fließstrecke

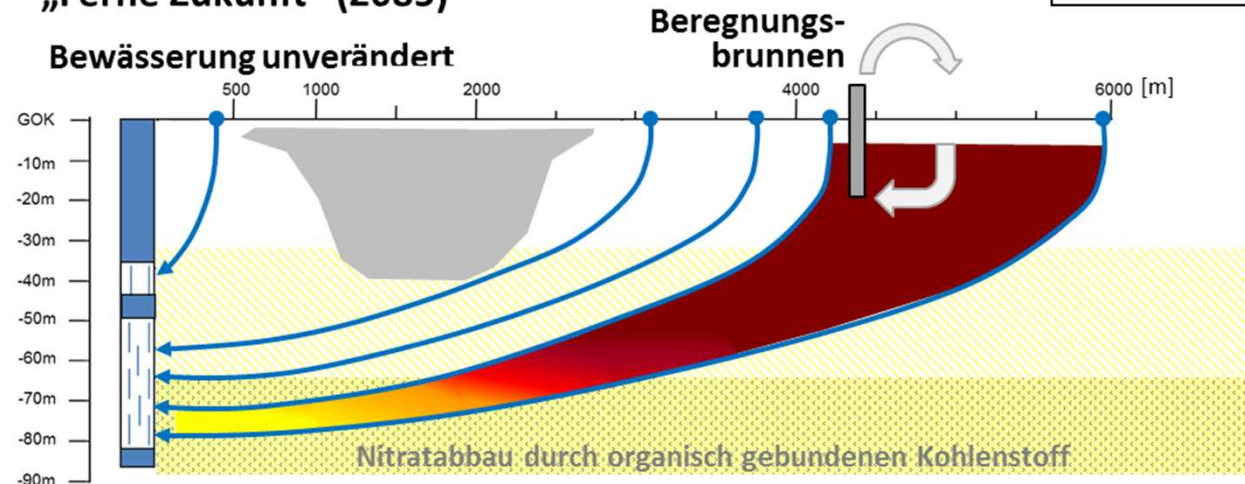
Alle Fließstrecken im EZG!

dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse/Prognoseszenarien

„Referenzzustand“ (1975)



„Ferne Zukunft“ (2085)



Prognoserechnungen

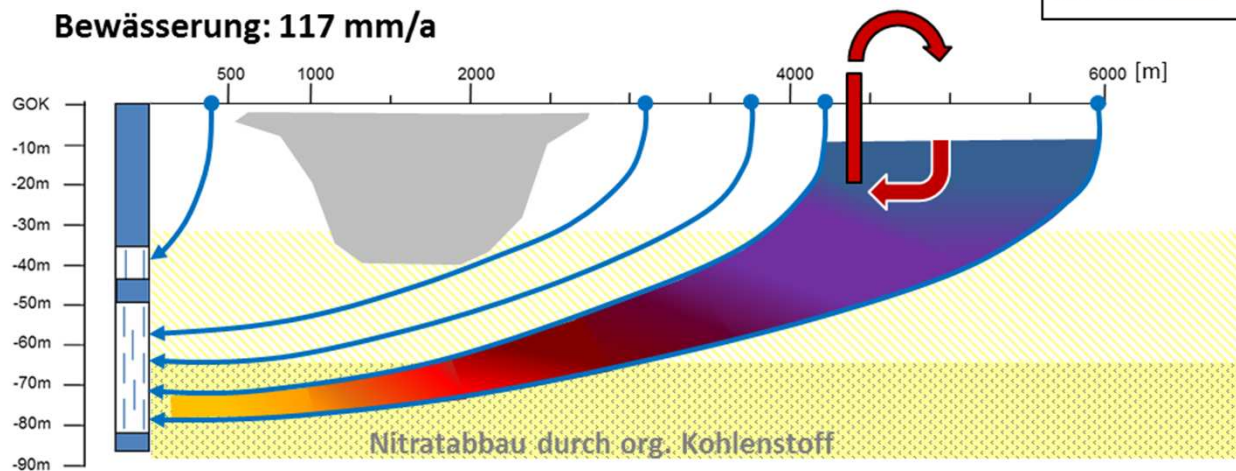
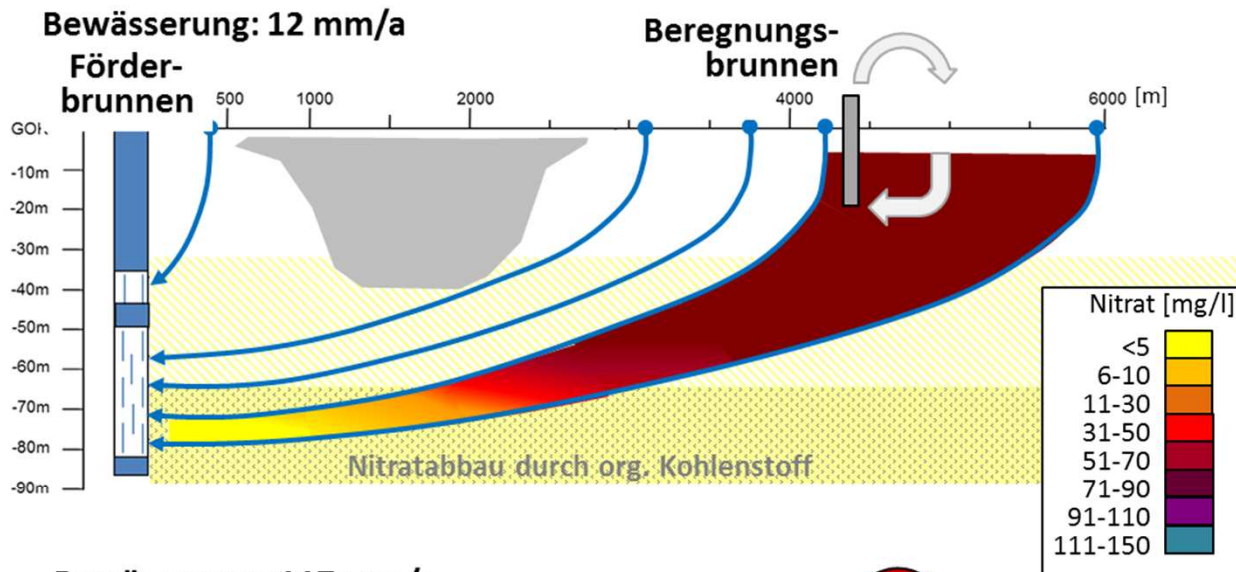
- Gleichbleibende Landnutzung/Bewirtschaftungsstrategien

Modellergebnisse

- Anstieg der Nitratkonzentration unter Ackerland (sandige Böden) im GW bis ca. 80 m u.GOK
- Ab 80 m u.GOK Nitratabbau durch org. Kohlenstoff
- **Nachlassen der Nitratabbauleistung bemerkbar!!!**

dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse/Prognoseszenarien

„Ferne Zukunft“ (2085)



Prognoserechnungen

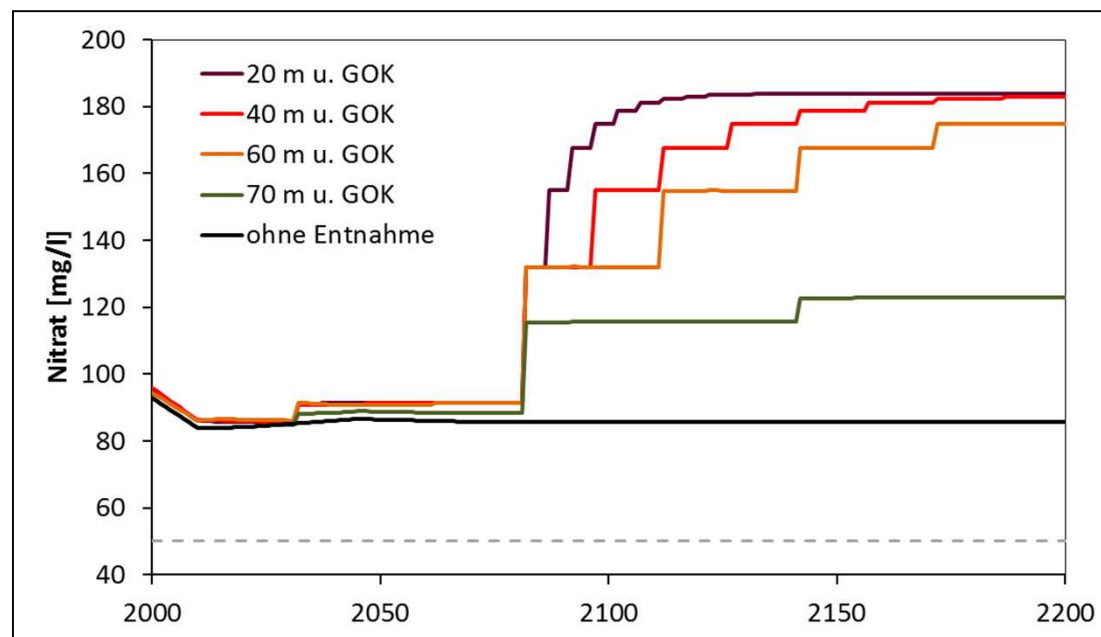
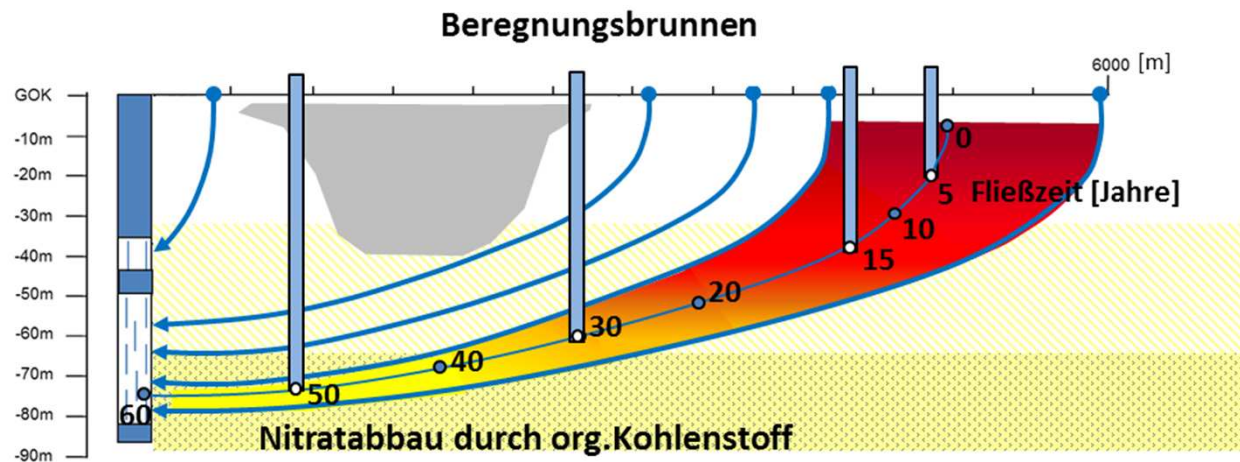
- Gleichbleibende Landnutzung
- Klimabedingte Erhöhung der Beregnungsgaben

Modellergebnisse

- Vergleichsweise stärkerer Anstieg der Nitratkonzentration
- Ab 80 m u.GOK Nitratabbau durch org. Kohlenstoff

dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse/Prognoseszenarien

„Referenzzustand“ (1975) (schematische Darstellung)



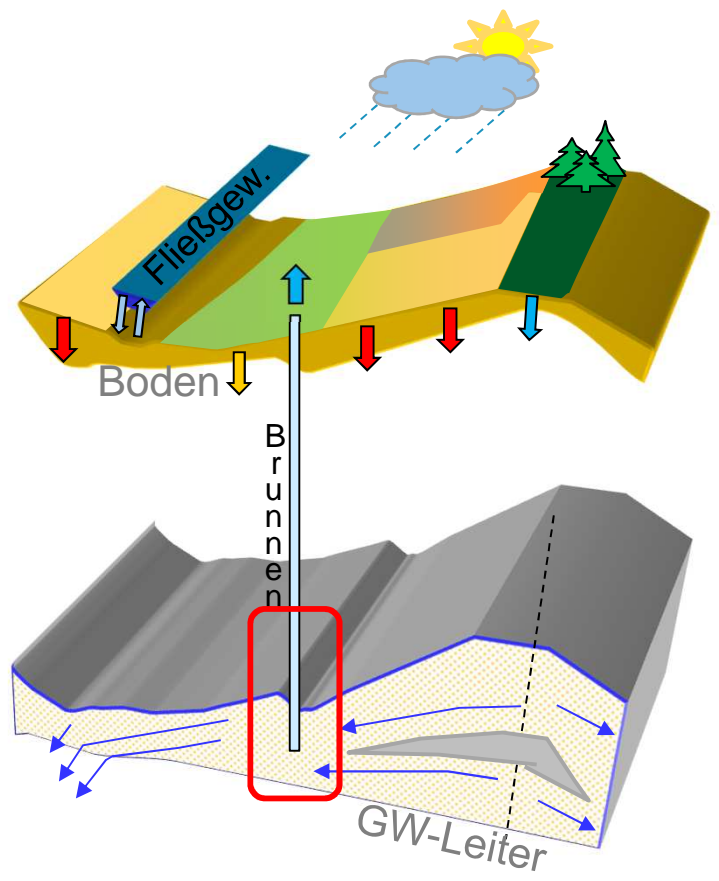
Prognoserechnungen

- Entwicklung der Nitrat-Konz. im oberflächennahen GW (GWO)
- **Abhängig von Entnahmetiefe des Wassers zur Beregnung (hypothetisches Modell)**

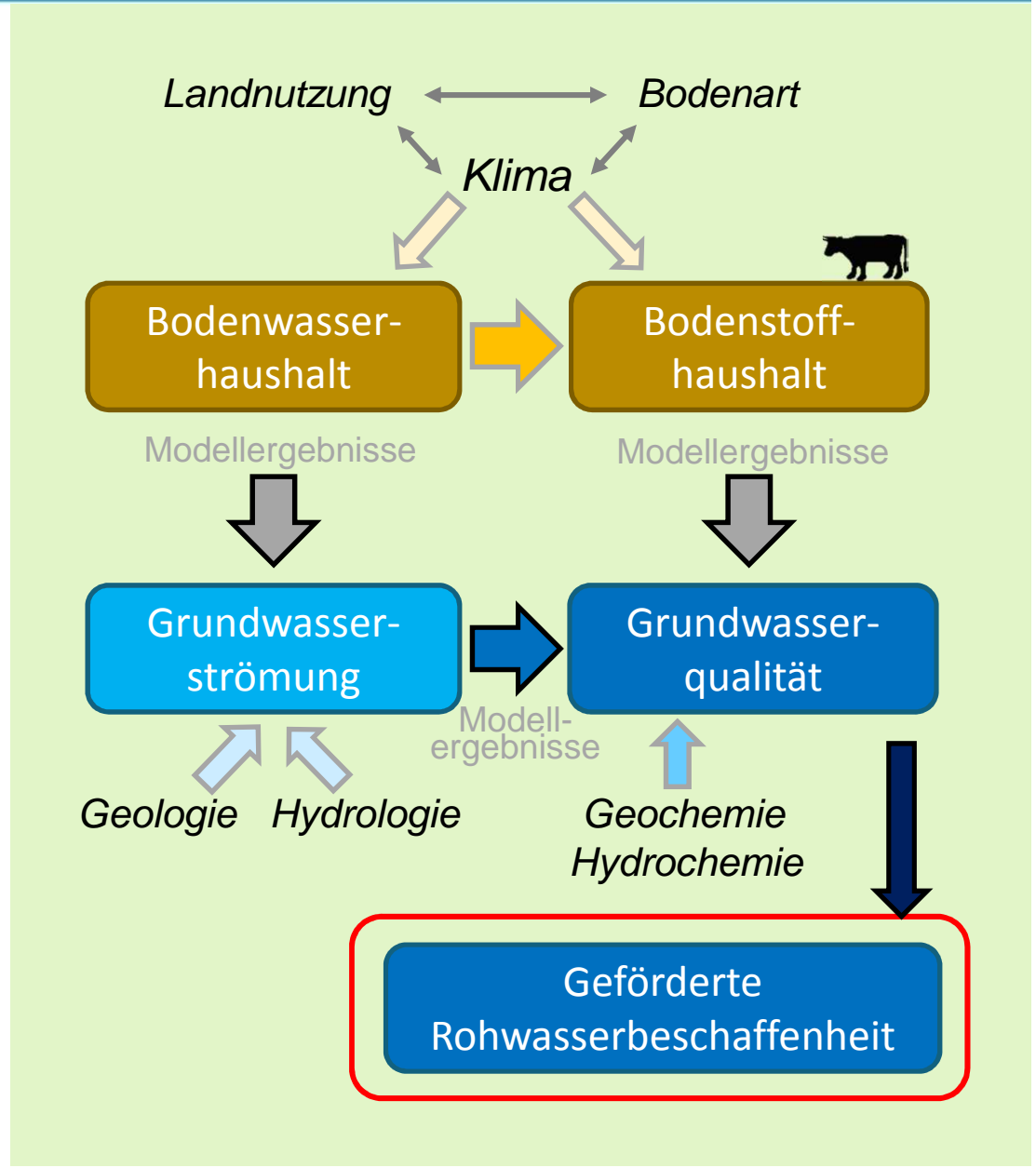
Modellergebnisse

- Mit Entnahme aus zunehmender Tiefe langsamerer Anstieg der Nitrat-Konz.
- Zirkulationszeit nimmt zu
- Entnahme > 70 m u.GOK reduziert GW

Gesättigte Zone - Rohwasserbeschaffenheit



www.dynaklim.de



Gesättigte Zone - Rohwasserbeschaffenheit

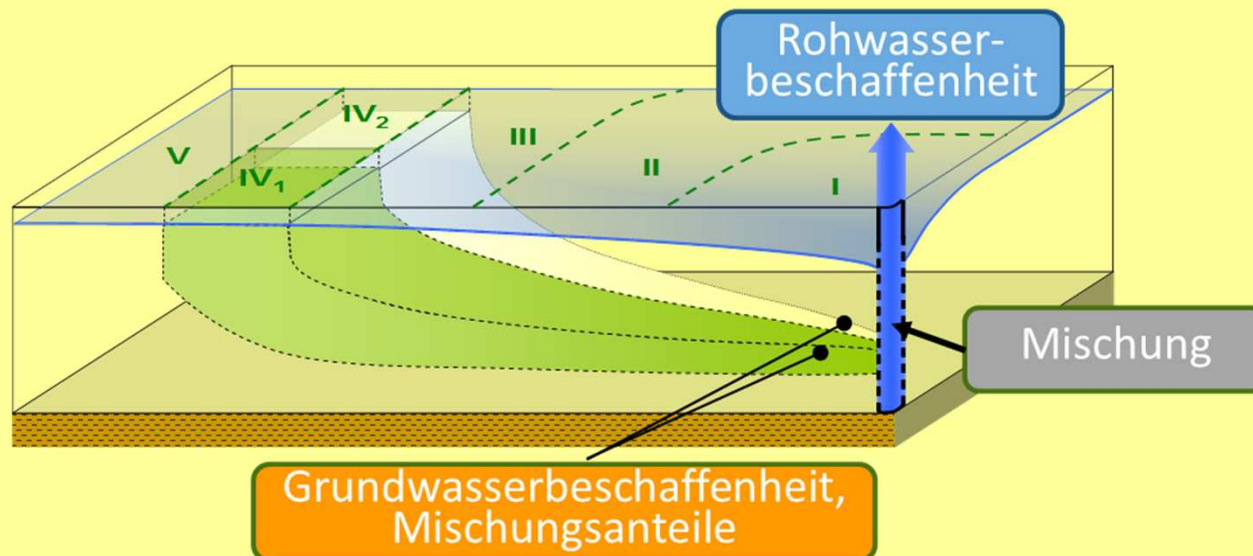
Modellergebnisse

Bodenstoff-
haushalt

Grundwasser-
strömung

Grundwasser-
chemie

Hydrochemische Modellierung



Gesättigte Zone - Rohwasserbeschaffenheit

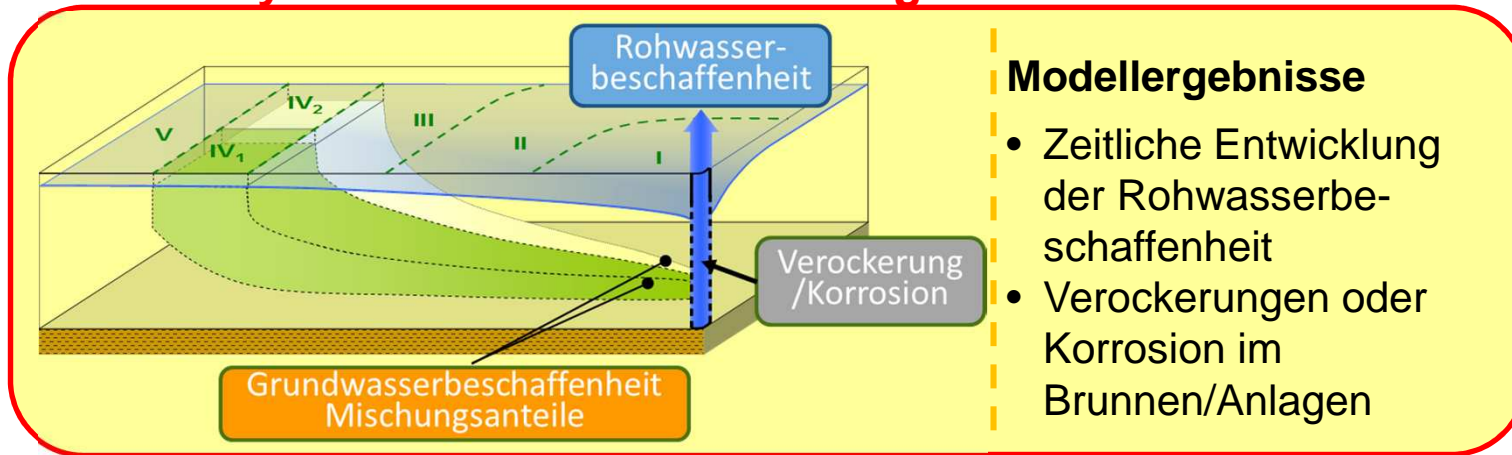
Modellergebnisse

Bodenstoffhaushalt

Grundwasserströmung

Grundwasserchemie

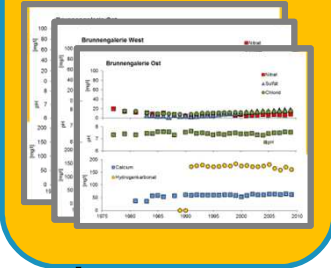
Hydrochemische Modellierung



Modellergebnisse

- Zeitliche Entwicklung der Rohwasserbeschaffenheit
- Verockerungen oder Korrosion im Brunnen/Anlagen

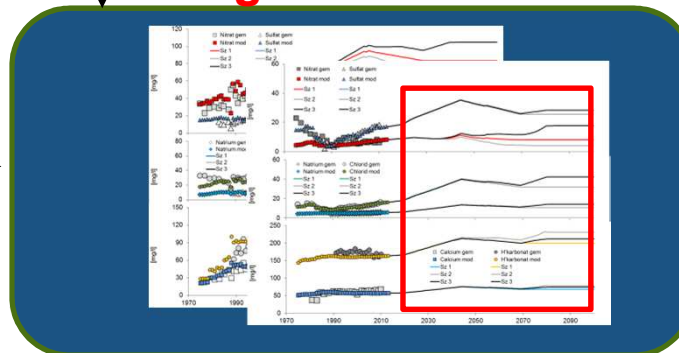
Rohwasserqualität



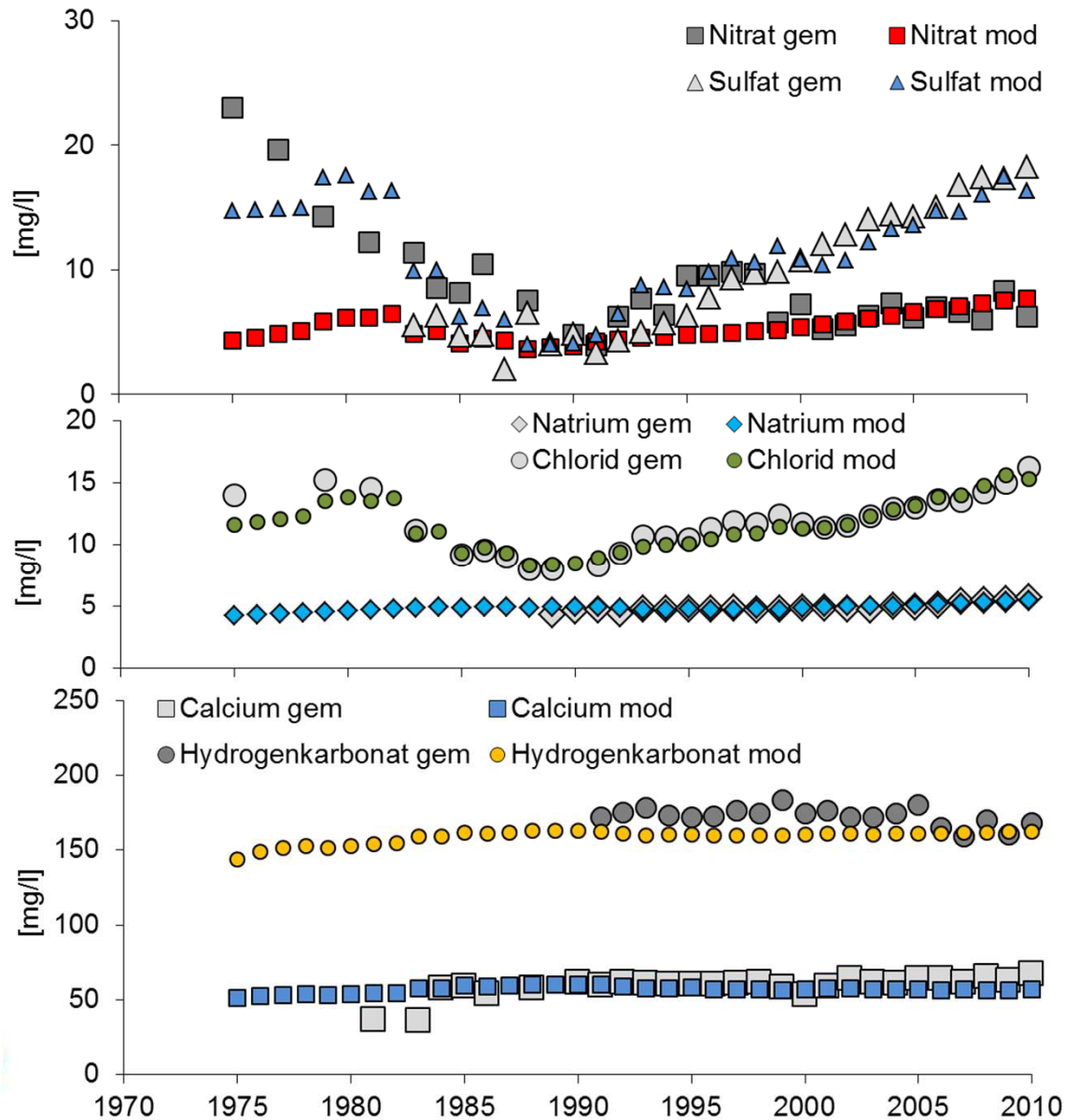
Modell-Plausibilität

Prognose

Prognose
GW-Strömung und
GW-Chemie



dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse



Retrospektive Modellierung

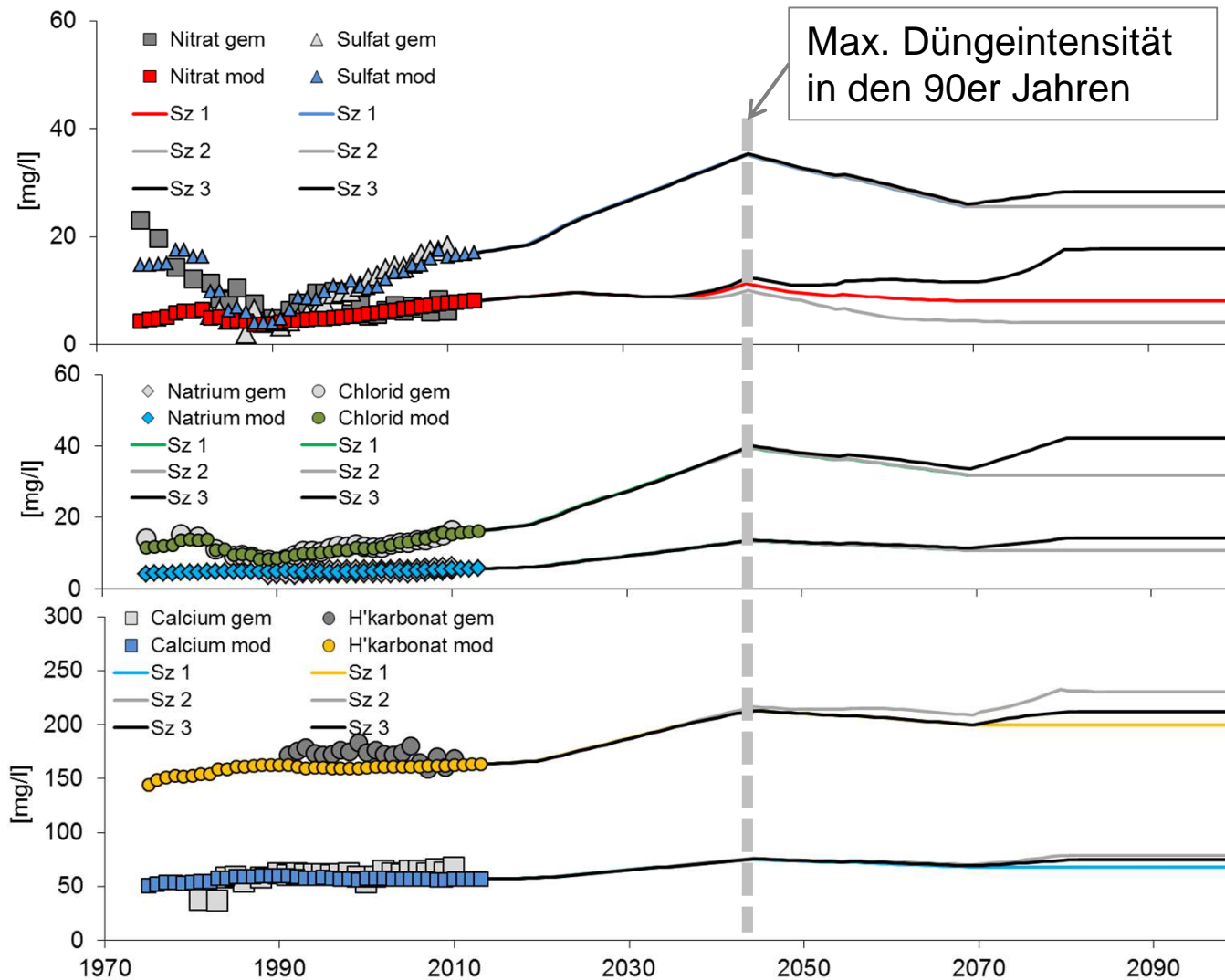
- Vergleich der zeitlichen Entwicklung zwischen Messwerten (gem) und Modell (mod) aller Parameter

Brunnengalerie Ost

Hier dargestellt:

- Nitrat und Sulfat
- Natrium und Chlorid
- Hydrogenkarbonat und Calcium

dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse/Prognoseszenarien



www.dynaklim.de

Prognoserechnungen

- Zeitliche Entwicklung der Rohwasserbeschaffenheit
- In Abhängigkeit von Stoffeintrag

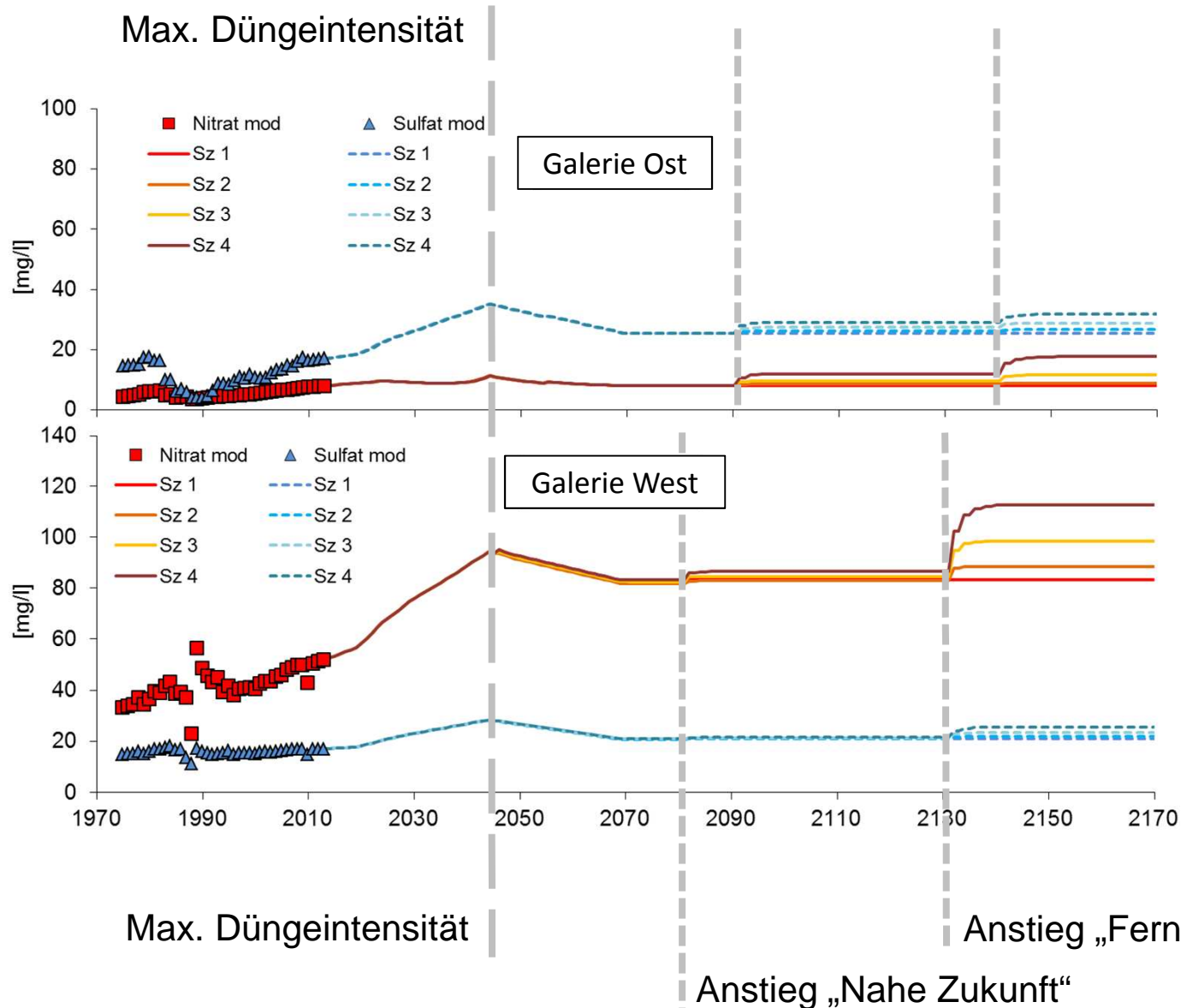
Klimaszenarien (2012-2021)

Sz 1: Referenz: unveränderte Beding.

Sz 2: steigende Temperaturen: 30% höherer Nitratabbau in der Bodenzone

Sz 3: Starkregen und Trockenperioden: um 30% höherer Stoffaustrag

dynaklim A 3.4.3 - Modellergebnisse/Prognoseszenarien



Prognoserechnungen

- Zeitliche Entwicklung der Rohwasserbeschaffenheit
- In Abhängigkeit vom Beregnungsbedarf

Galerie West

- Stoffdurchbruch schneller: kürzere Fließzeiten
- Höherer Stoffanstieg: geringer Anteil „altes GW“

***dynaklim* A 3.4.3: Zusammenfassung**

Einsatz von Modellen zur Abschätzung der Auswirkungen des Klimawandels

- ❑ Methodik zur modellbasierten Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasser- und Stoffhaushalt (Teilbereiche: Boden und Grundwasserleiter)**
- ❑ Anhand von Prognoseszenarien werden langfristige Trends in der Quantität und Qualität von Boden-/Grund-/Rohwasser berechnet**
- ❑ Modellergebnisse dienen damit als Planungs- und Entscheidungswerkzeug zur Erarbeitung nachhaltiger Bewirtschaftungskonzepte**
- ❑ Güte der Modellergebnisse hängen von der für das Wassergewinnungsgebiet zur Verfügung stehenden Datenbasis ab**
 - schrittweise Vorgehensweise
 - Plausibilitätsprüfungen zu jedem Schritt
 - gewählte Prognoseszenarien sollen die zukünftige Entwicklung wiedergeben

dynaklim A 3.4.3: Zusammenfassung

Grundwasserströmung

- ❑ Prognosen für die Klimaentwicklung ergeben nur relativ geringe Änderungen der Grundwasserneubildung
- ❑ Prognosen der zukünftigen Beregnungsraten haben entscheidenden Einfluss
- ❑ „Nahe Zukunft“: nur geringe Änderungen
- ❑ „Ferne Zukunft“: Änderungen in der Grundwasseroberfläche und damit geringere grundwasserbürtige Abflüsse in den Fließgewässern, geänderte Flächenanteile bezüglich der Nutzung im Einzugsgebiet
- Szenario „Ferne Zukunft“ besitzt das größte Konfliktpotential hinsichtlich konkurrierender Interessen:

Wasserversorgung ↔ Landwirtschaft ↔ Ökologie

dynaklim A 3.4.3: Zusammenfassung

Grund- und Rohwasserbeschaffenheit

- ❑ Mit steigendem Beregnungsbedarf landwirtschaftlicher Nutzflächen („Ferne Zukunft“) kommt es zu einer starken Beeinflussung der Grund-/Rohwasserbeschaffenheit
 - ❑ Neben der Düngung und der atmosphärischen Deposition stellt die Beregnung eine zusätzliche Eintragsquelle für Stoffe wie Nitrat, Sulfat und Hydrogenkarbonat dar
 - ❑ Berücksichtigung der mit der Beregnung eingetragenen Stofffracht bei der Stoffbilanzierung und Düngebemessung - komplex da:
 - Stoffe und Stoffkonzentrationen von Entnahmetiefe und hydrogeochemischen Verhältnissen im Grundwasserleiter abhängen
 - Stoffe und Stoffkonzentrationen sind zeitlich variabel
- Modelle als Hilfsmittel nutzbar

Weiterführende Informationen finden Sie unter:

www.iww-online.de

www.dynaklim.de



Dynamische Anpassung an die Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region (Ruhgebiet)

Home Impressum Sitemap

SEARCH

Klimawandel in der Region

Pilotprojekte

Roadmap 2020

Plattformen

Service



Quelle: www.ersli.tv

Startseite

Klimawandel in der Region

Über dynaklim

Konzept

Aktivitäten

Pilotprojekte

Roadmap 2020

Projektkoordination

Netzwerk und Partner

Plattformen

Wasserhaushalt, Infrastruktur

Wirtschaftliche Entwicklung

Organisation & Finanzierung

Zivilgesellschaft, Partizipation

dynaklim-Publikationen

Hier finden Sie die wissenschaftlichen wissenschaftlichen

2013

Nr. 45 Dezem verursachen

Nr. 44 Dezem unter landwirt KB)

Nr. 43 Novem 1422 KB)

2013

Nr. 45 Dezember 2013 Modellierung und Prognose der durch den Klimawandel verursachten Änderungen der Wasserquantität und -qualität (PDF, 3534 KB)

Nr. 44 Dezember 2013 Modellierung des Stickstoff- und Kohlenstoffhaushaltes unter landwirtschaftlichen Nutzflächen im Zeichen des Klimawandels (PDF, 3317 KB)

Nr. 43 November 2013 Bilanzierung des Grundwasserzustroms zur Lippe (PDF, 1422 KB)



Danksagung

-dem BMBF für die finanzielle Unterstützung dieser Untersuchung,

sowie den Projektpartnern



für die gute und konstruktive Zusammenarbeit!