



# Hydrogeologie und Modellierung

Wie können wir Modelle sinnvoll nutzen?



## Büro Braunschweig

Leitung: Christian Siemon  
Mitarbeiter: 7

## Firmensitz Nordhausen

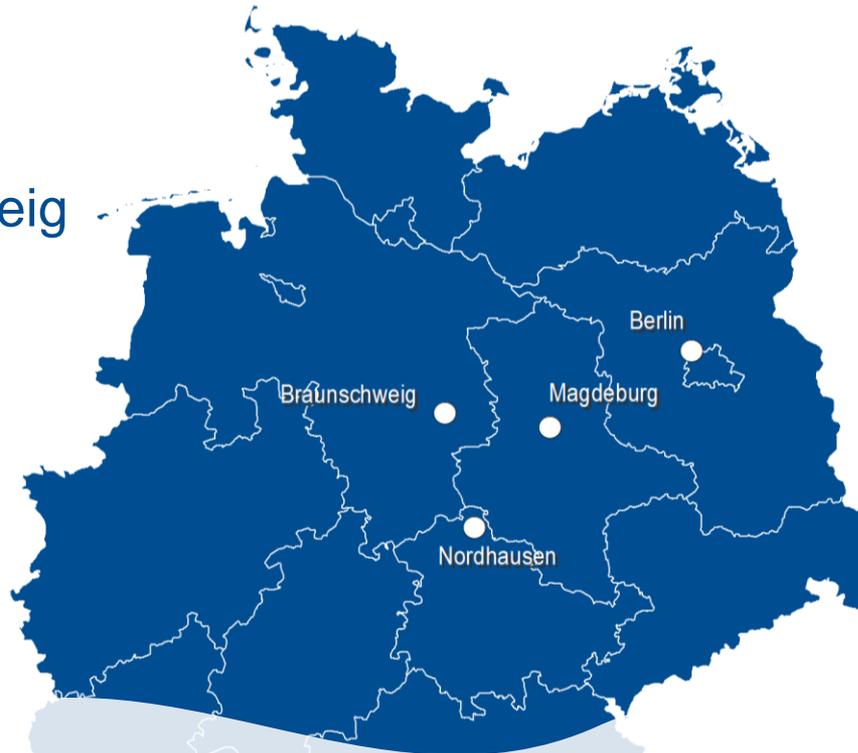
Leitung: Marco Meinert  
Mitarbeiter: 8

## Büro Berlin- Brandenburg

Leitung: Dr. Falk Bednorz  
Mitarbeiter: 4

## Büro Magdeburg

Leitung: Andreas Ogroske  
Mitarbeiter: 5



Hochwasser-  
risikomanagement

Angewandte Hydrologie/  
Hydrogeologie

Wasserwirtschaft im  
Bergbau

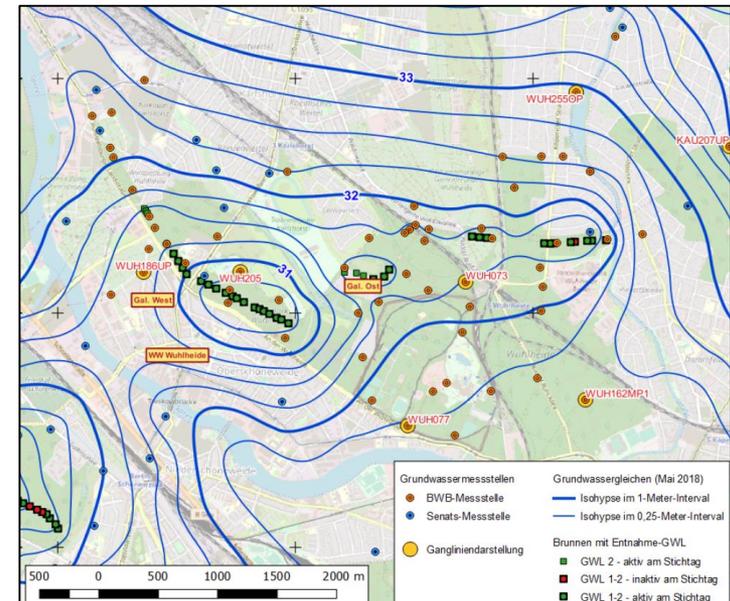
Gewässerentwicklung /  
naturnaher Wasserbau

Wassergewinnung

Umweltbegleitplanung



- Kernfragen im Wasserrechtsverfahren:
  - Auswirkung auf Grundwasserstand
  - Auswirkung auf Gebietswasserhaushalt (Abfluss)
- Komplexe Systeme mit Wechselwirkungen sind nicht durch einfache Formeln zu beschreiben
- Modelle sind prognosefähig
  - Berechnung Ist-Zustand / Vergleichszustand
  - Berechnung Prognose-Zustand (Umfeld / natürl. Schwankung konstant gehalten)
  - unmittelbar vergleichbar und Auswirkungen der Änderung (antragskonkret) direkt darstellbar





- Vorüberlegung: welche Aussagegenauigkeit ist verlangt?
- **Aufwand-Nutzen-Verhältnis muss passen**
- Var. 1: Entnahme  $< 50.000 \text{ m}^3/\text{a}$ , oberer GWL, wenig Konfliktpotenzial
  - analytische Berechnung zulässig
  - besser: 2D-Prinzipmodell (ohne Kalibrierung oder anhand GW-Gleichen)
- Var. 2: Entnahme im unteren GWL  
(oder oberer GWL  $< 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$  + normales Konfliktpotenzial)
  - 3D-Prinzipmodell (mit vereinfachten hydrogeol. Strukturen)
  - einfache Kalibrierung anhand großräumiger GW-Gleichenpläne (LHW, LBEG)
- Var. 3: Entnahmen  $> 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$  bzw. erhöhtes Konfliktpotenzial
  - hydrogeologisches Strukturmodell
  - qualifiziertes numerisches 3D-Modell
  - Kalibrierung usw.



# Sensitivitätsanalyse - „Gefühl“ für geohydraulische Wirkungen von Entnahmen **HGN**

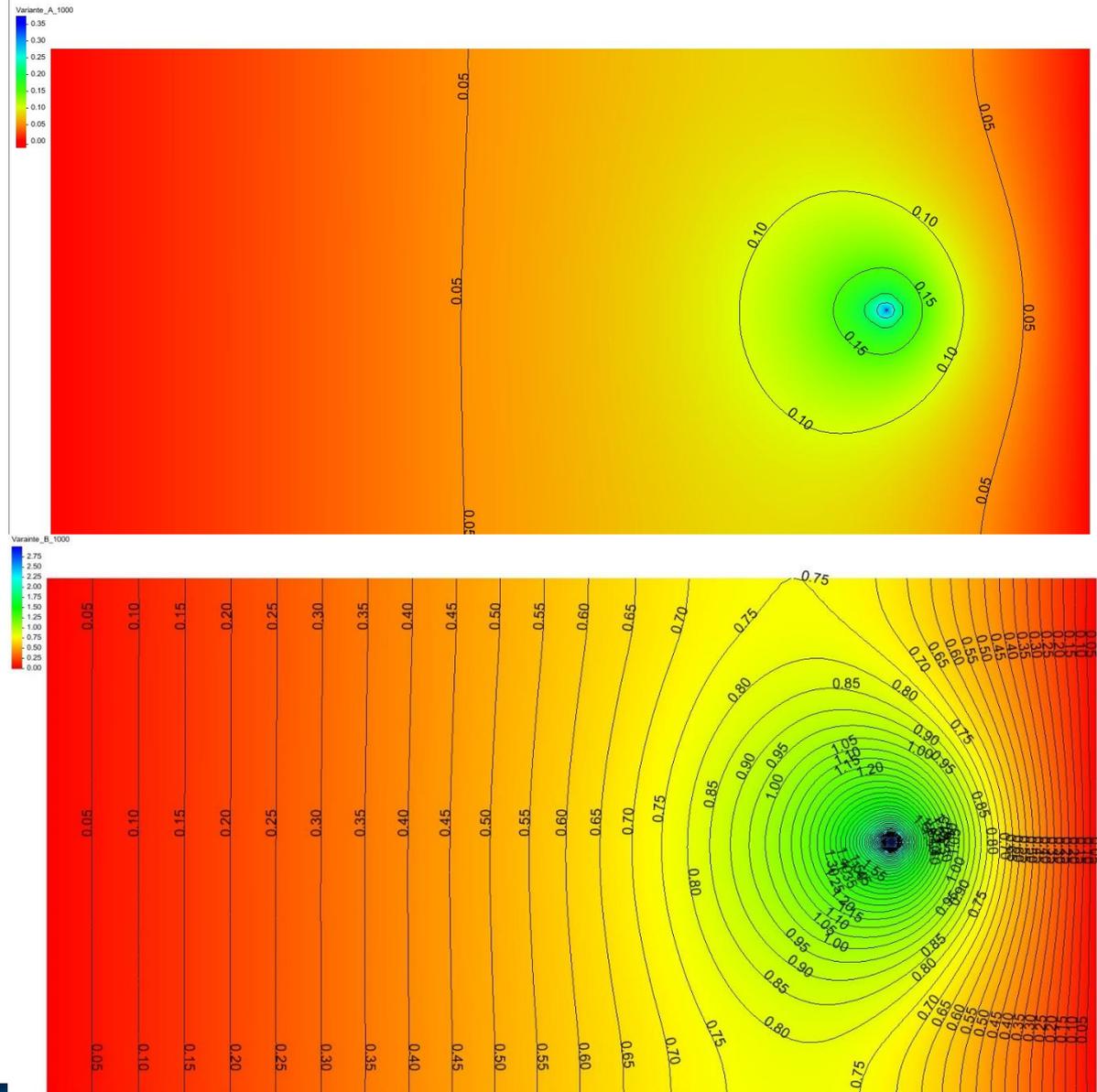
## GW-Absenkung in Abhäng. vom $k_f$ -Wert

$$k_f = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

bei höherer Durchlässigkeit  
geringere Absenkung für  
gleiche Fördermenge

wegen geringerer Absenkung  
geringere Reichweite  
(Hinweis: bei gleichem  
Absenkungsbetrag wäre die  
Reichweite bei höherem  $k_f$ -Wert  
größer, weil flacherer  
Absenktrichter)

$$k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$





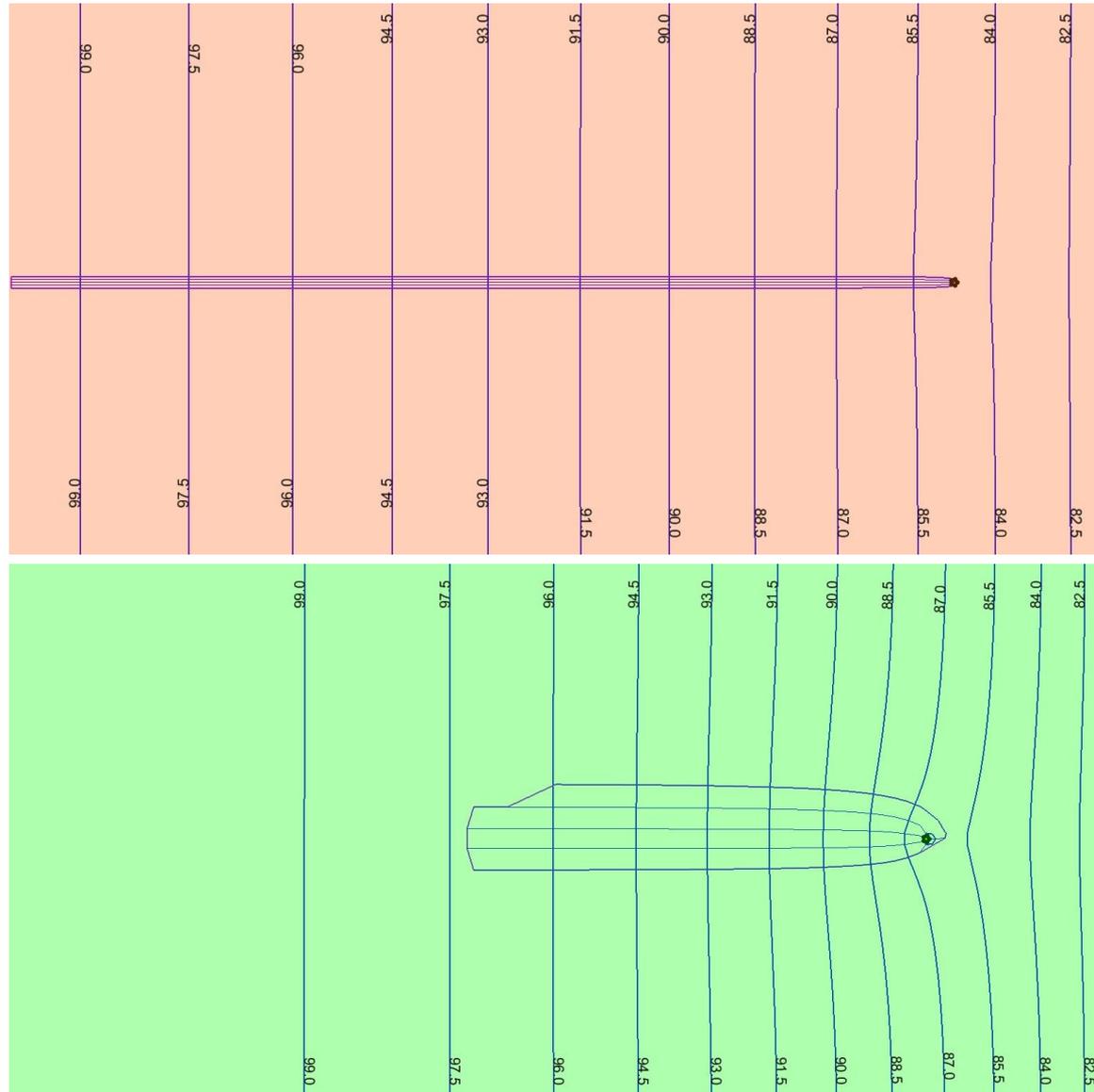
# Sensitivitätsanalyse - „Gefühl“ für geohydraulische Wirkungen von Entnahmen **HGN**

**Einzugsgebiet  
(Strombahnlinien)**  
in Abhäng. vom  $k_f$ -Wert

$$k_f = 5 * 10^{-4} \text{ m/s}$$

höhere Durchlässigkeit,  
geringere Absenkung,  
geringere Zustrombreite,  
schmales + langes EZG

$$k_f = 5 * 10^{-5} \text{ m/s}$$





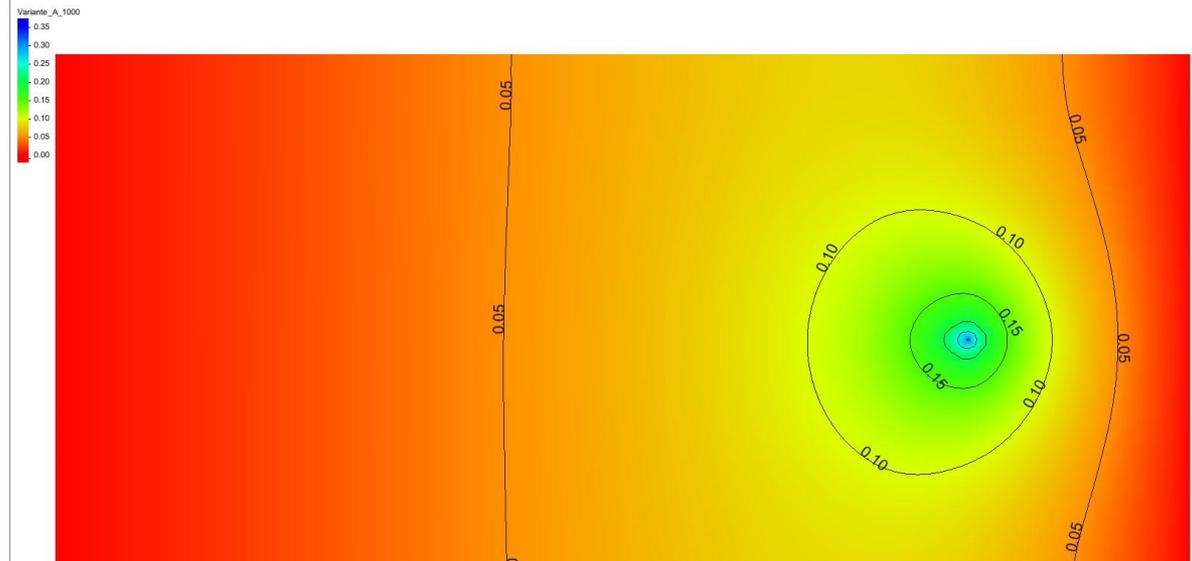
# Sensitivitätsanalyse - „Gefühl“ für geohydraulische Wirkungen von Entnahmen **HGN**

## GW-Absenkung

in Abhängigkeit von GWN

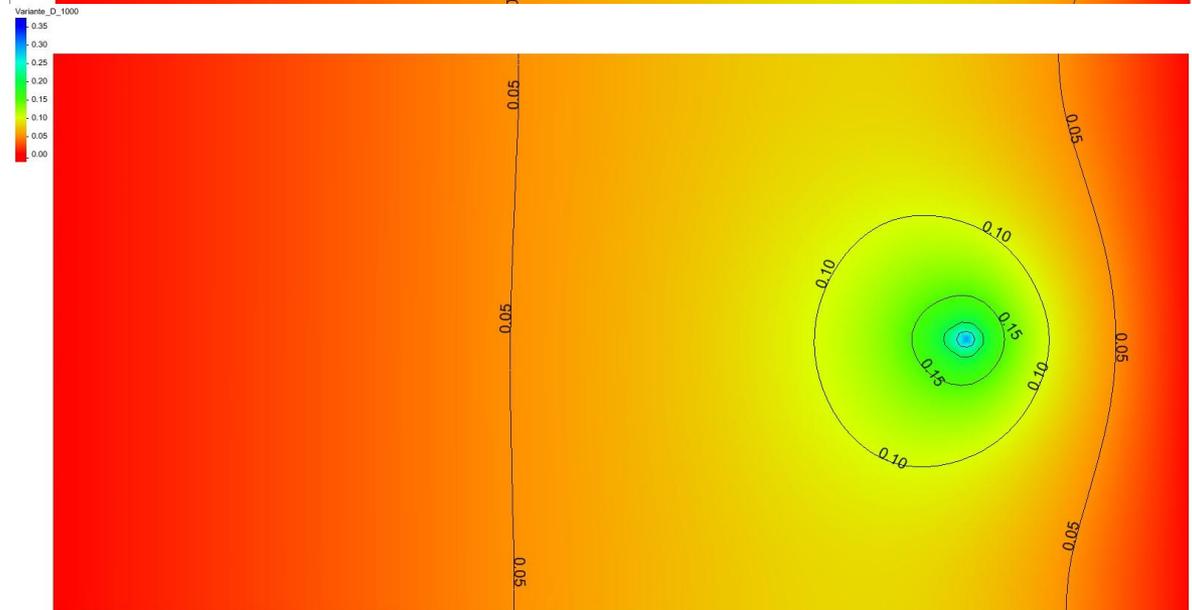
( $k_f = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ )

GWN = **50** mm/a



GWN = **200** mm/a

höhere GW-Neubildung reduziert die Absenkung nur geringfügig, aber verbessert die Wasserbilanz deutlich (→ nächste Folie)



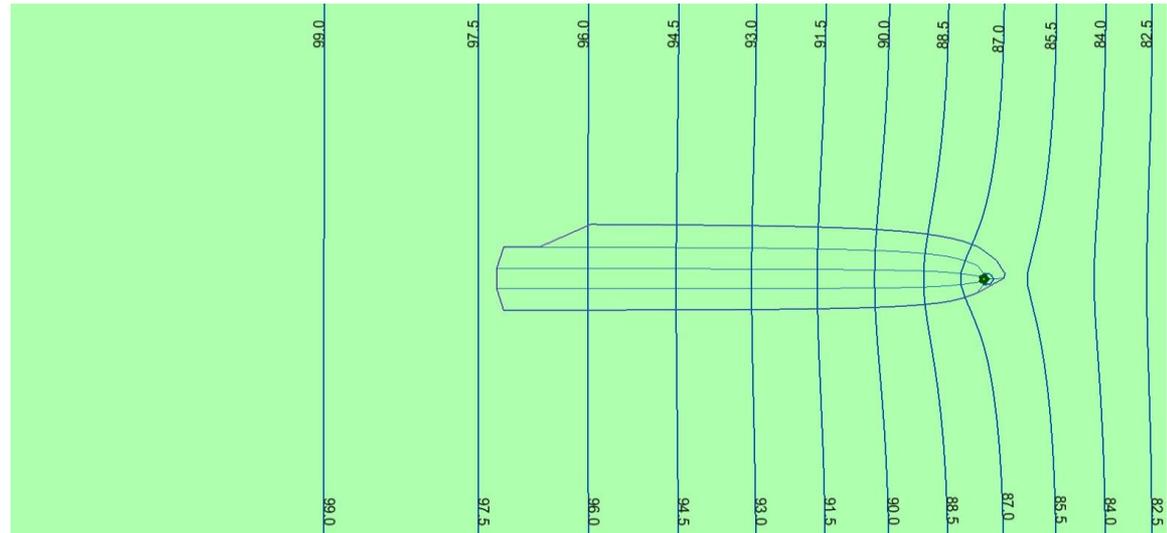


# Sensitivitätsanalyse - „Gefühl“ für geohydraulische Wirkungen von Entnahmen **HGN**

## Einzugsgebiet (Strombahnlinien) in Abhängigkeit von GWN

( $k_f = 5 * 10^{-5}$  m/s)

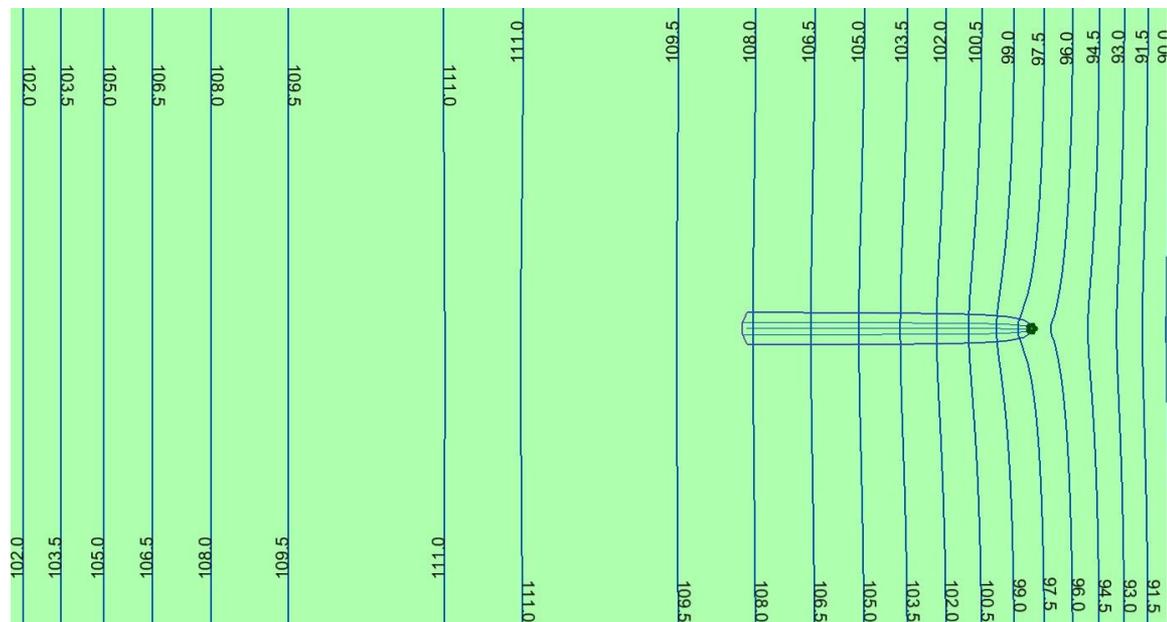
GWN = **50** mm/a



GWN = **200** mm/a

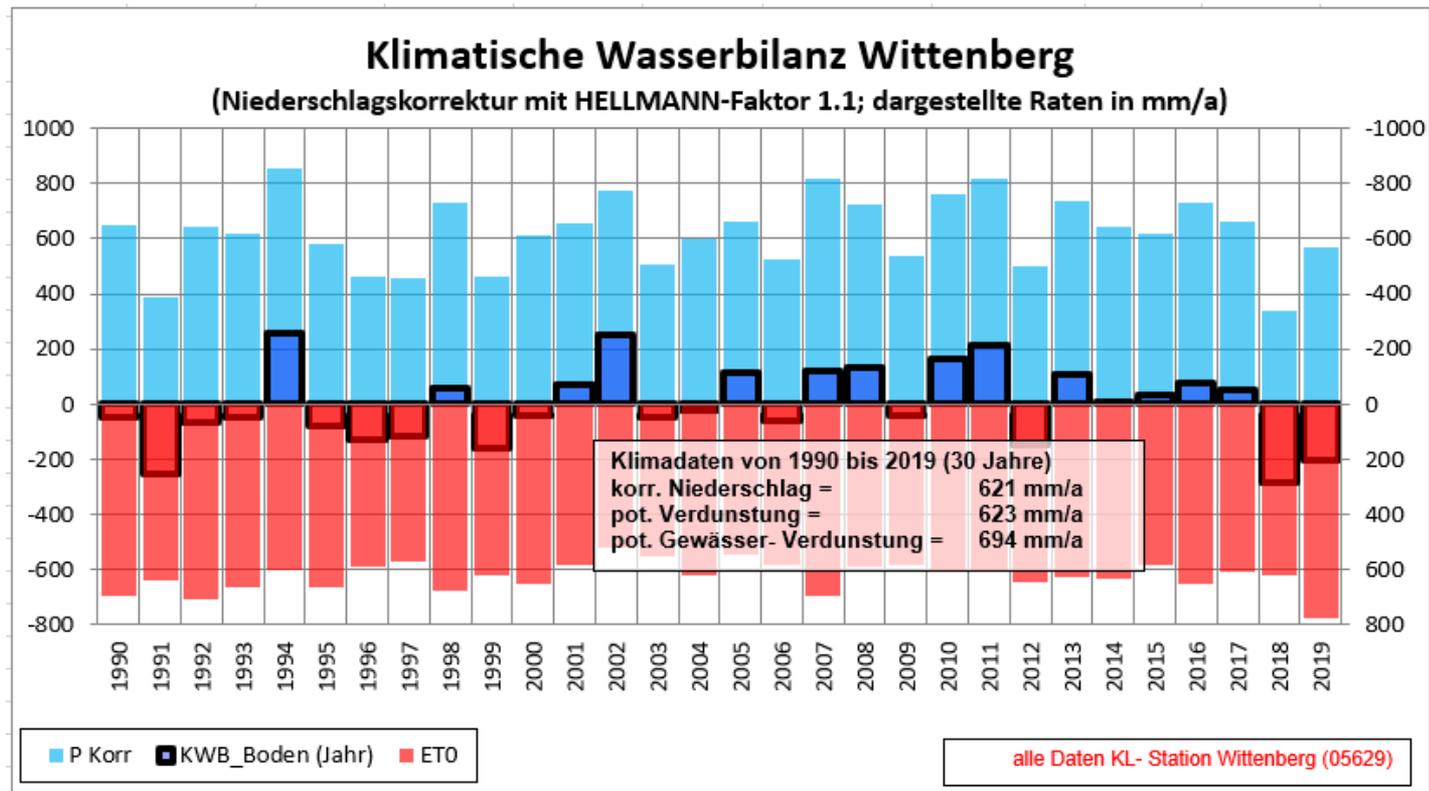
GWN bestimmt die  
Gebietswasserbilanz

im Beispiel:  
4-fache GW-Neubildung  
reduziert das EZG auf 1/4





- GWN = Triebkraft der Grundwasserströmung
- sehr große Schwankungen der GWN in Trocken- und Feuchtjahren!!!
- Hinweis: potenzielle Verdunstung > reale Verdunstung (daher klimatische Wasserbilanz z. T. negativ)





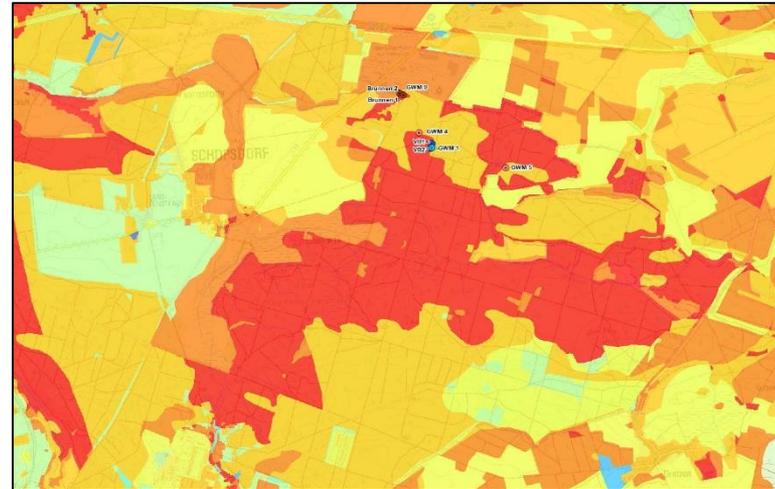
## Sachsen-Anhalt (Fallbeispiel)

Unterschiede durch  
verschiedene Berechnungs-  
verfahren und Klima-  
zeitreihen

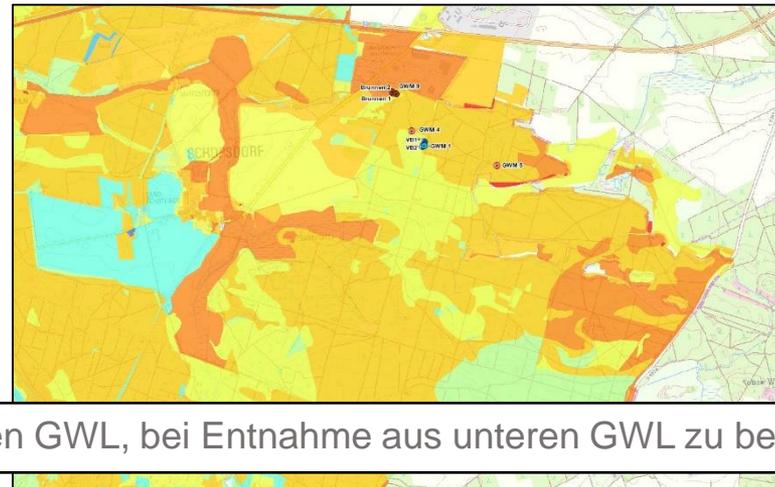


mm/a

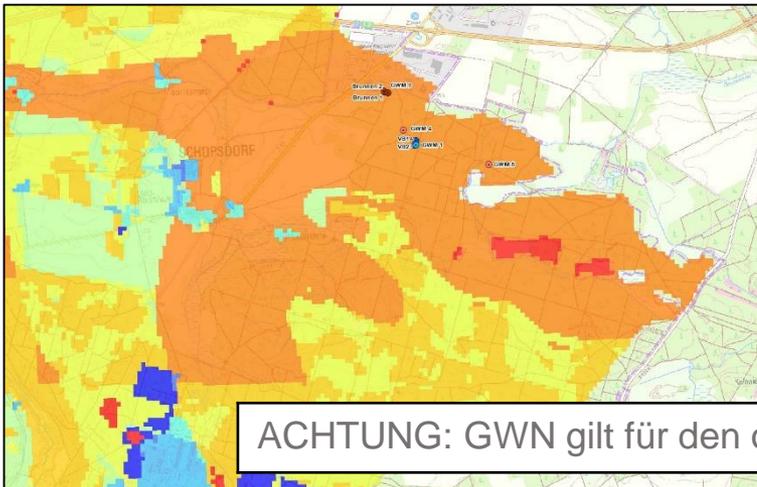
### ArcEGMO 2017



### ArcEGMO 2019



### ABIMO



ACHTUNG: GWN gilt für den oberen GWL, bei Entnahme aus unteren GWL zu beachten

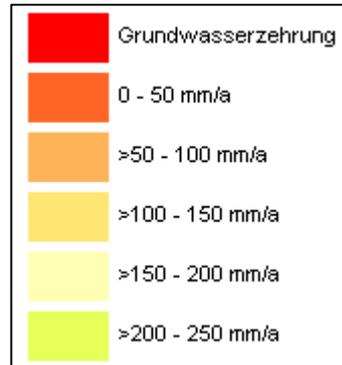
Quelle: LHW Sachsen-Anhalt



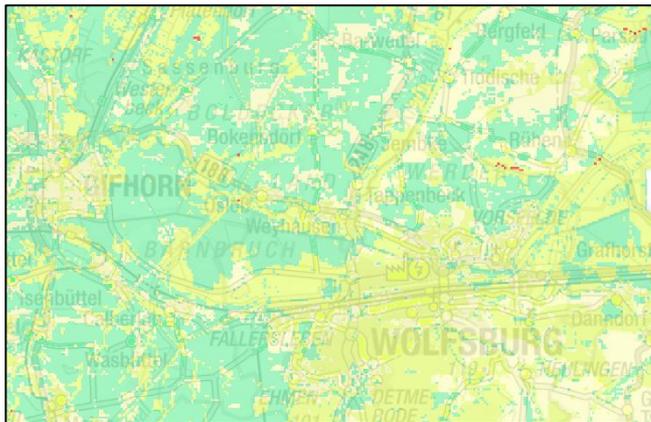
## mGrowa 1981-2010

(Raum Gifhorn / WOB)

## Jahresmittel



## Januar



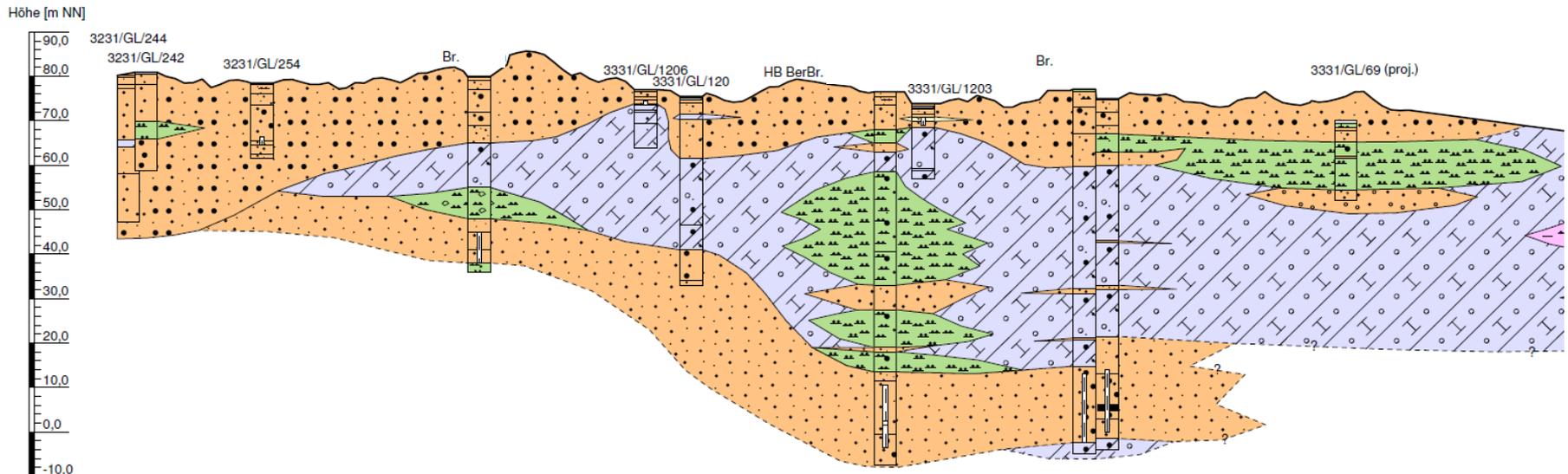
## Juli



Quelle: LBEG, nibis Kartenserver



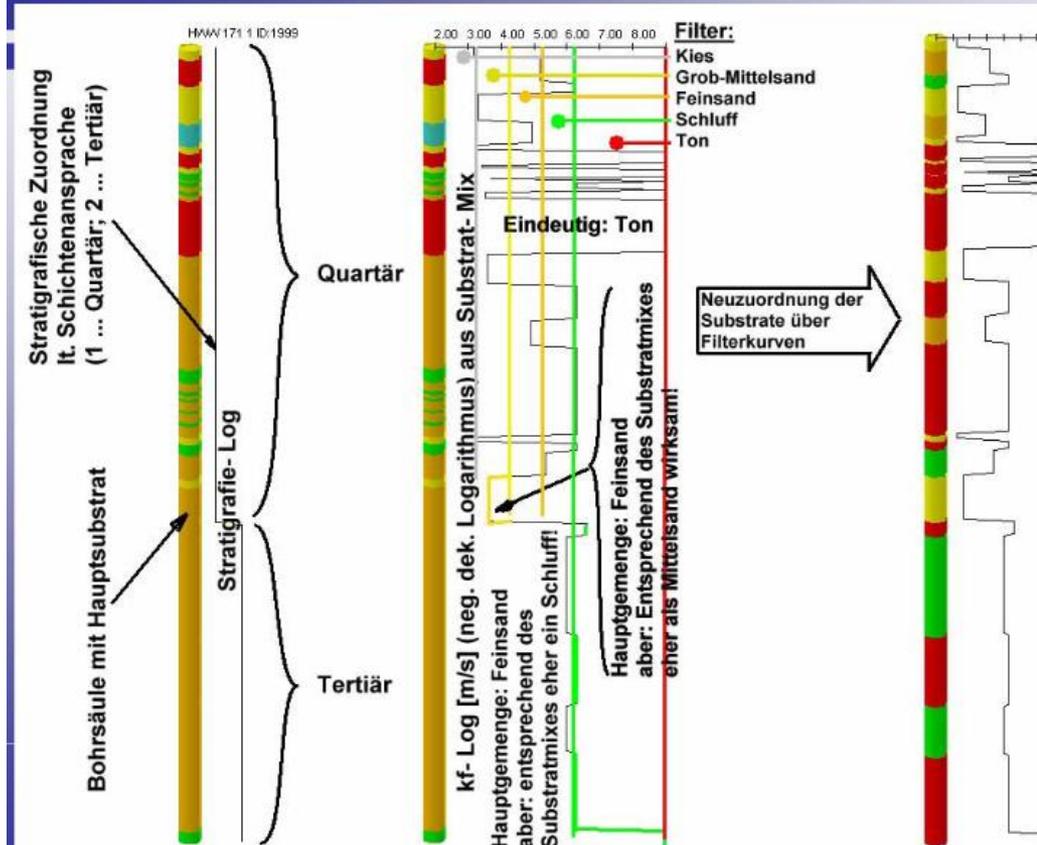
- Typischer Schichtenaufbau in Lkr. Gifhorn und Altmarkkreis: mehrere quartäre GWL
- oberflächennaher GW (frei)
- Zwischenstauer (Geschiebemergel), z. T. lückenhaft
- tieferer bedeckter GWL (gespannt)
- z. T. hydraulisch verbunden



Quelle: Agrar Jübar / A. Ogoske, Fugro, 2015



## Zusammenfassung von Schichten und Ableitung von kf-Werten aus geologischen Schichtdaten



Generierung von  
Siebkurven entsprechend  
der Schichtenansprache

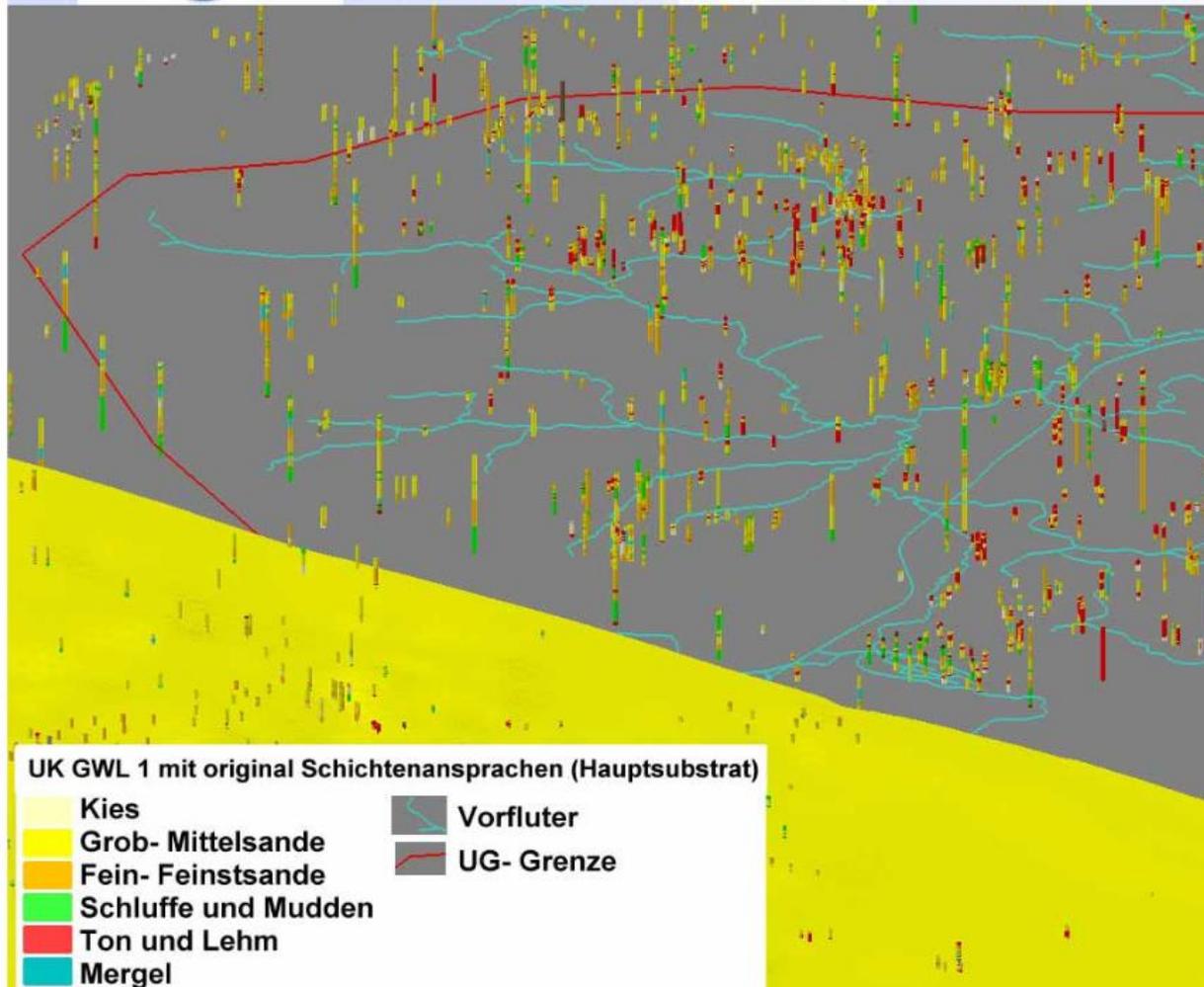
Berechnung kf- Werte aus  
generierten Siebkurven

Unterscheidung der  
Substrate in den  
Bohrsäulen nach

- GW-leitend
- GW-geringleitend
- GW-hemmend und
- GW-stauend

(Zusammenfassung von  
Schichten für  
Modellaufbau)

Quelle: HGN / Noregret



## Räumliche Visualisierung und Vernetzung von Schichtgrenzen

Export der Bohrsäulen mit

- Hauptmengebestandteil
- generierten kf- Werten und
- stratigrafischer Einordnung (sofern vorhanden)

als Bohrlochdatei

Vernetzung von Schichtgrenzen

- UK GWL 2 (Modellbasis)
- UK Zwischenstauer
- UK GWL 1

Besonderheit: Vernetzung der Stauerschichtgrenze über gesamtes Modellgebiet, auch wenn kein Stauer vorhanden ist (1 m mächtig, kf-Wert des GWL).

Quelle: HGN / Noregret

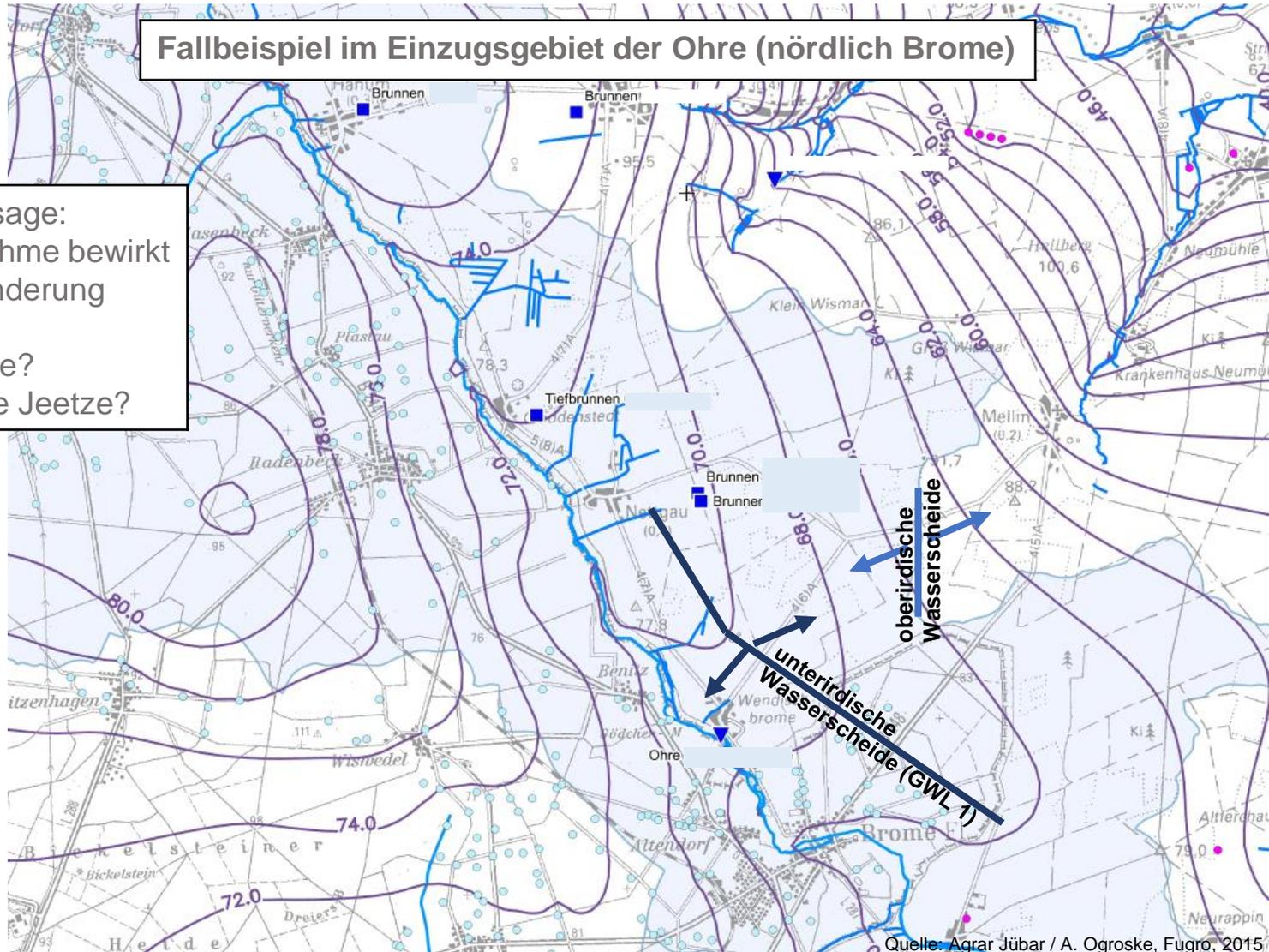


# Unterirdische / oberirdische Wasserscheide **HGN**

## Fallbeispiel im Einzugsgebiet der Ohre (nördlich Brome)

Grundaussage:  
GW-Entnahme bewirkt  
Abflussminderung

für die Ohre?  
oder für die Jeetze?

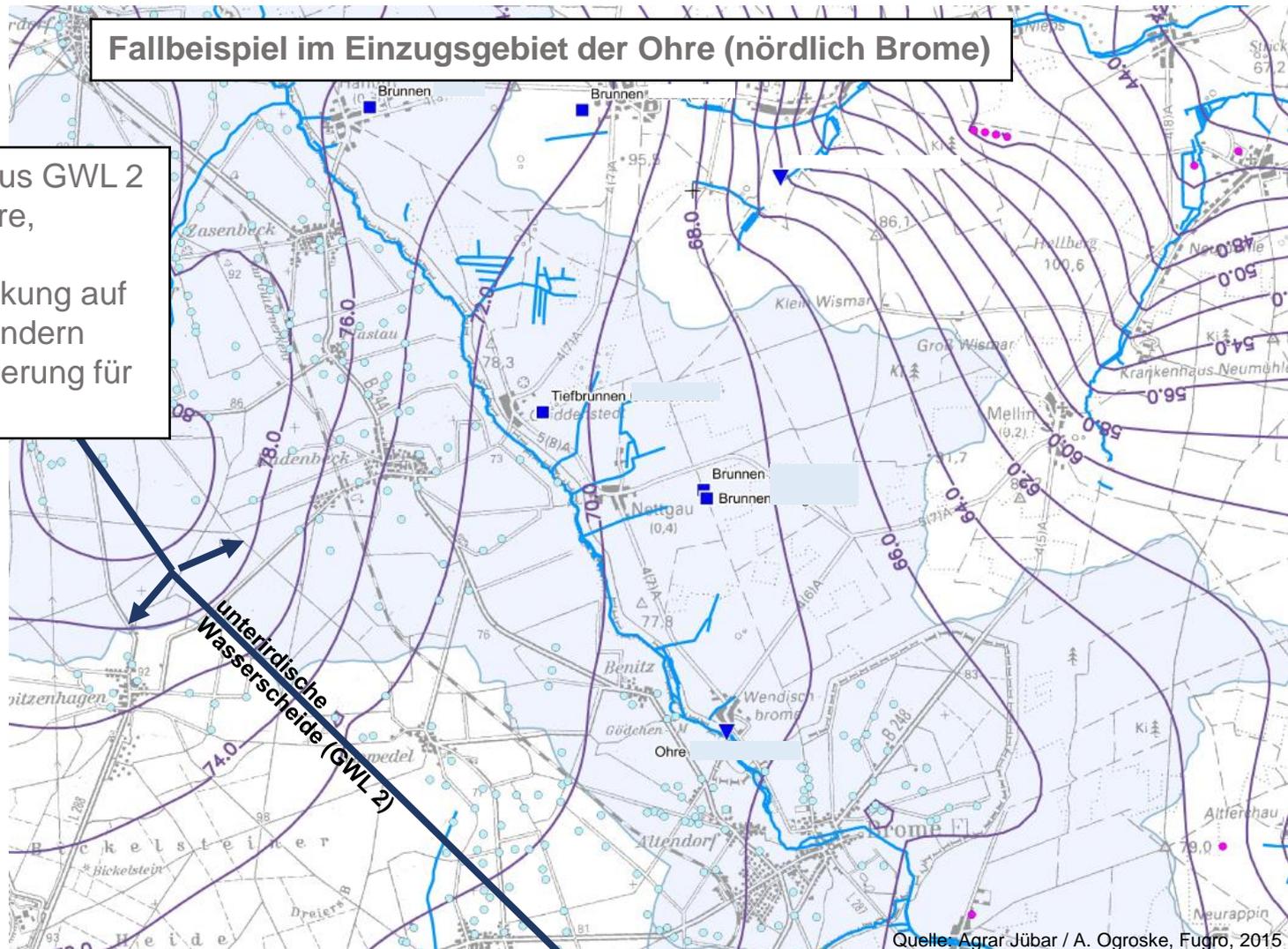


Quelle: Agrar Jübar / A. Ogroške, Fugro, 2015



## Fallbeispiel im Einzugsgebiet der Ohre (nördlich Brome)

Entnahme aus GWL 2 im GWK Ohre, aber ohne Auswirkung auf die Ohre, sondern Abflussminderung für die Jeezte

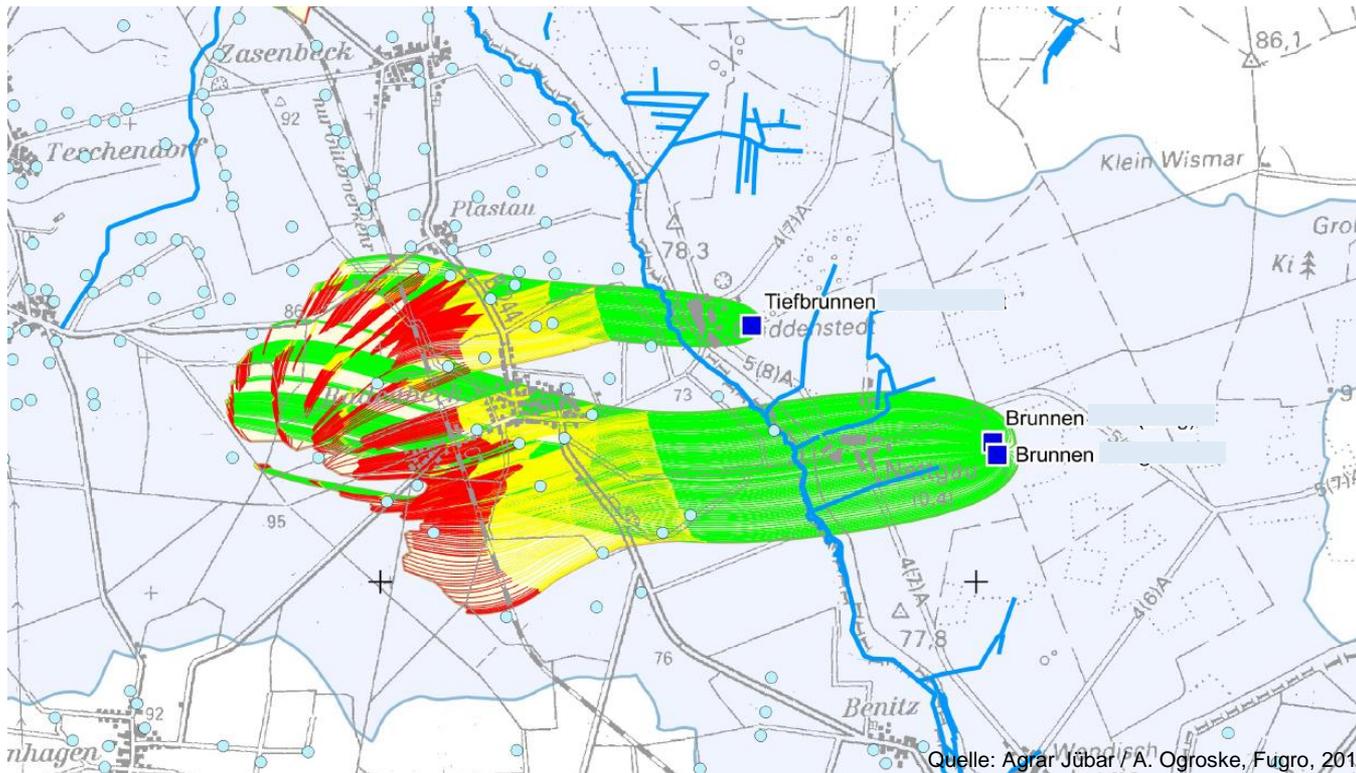


Quelle: Agrar Jübar / A. Ogrose, Fugro, 2015



## Zustrom zu Brunnen im unteren GWL

- Speisungsgebiet im oberen GWL,
- (langsame) Durchsickerung des Stauers,
- Transfer im unteren GWL zu den Brunnen



3D-Strombahnlinien

— im GWL 1

— im Stauer

— im GWL 2

■ Unterirdische Einzugsgebiete

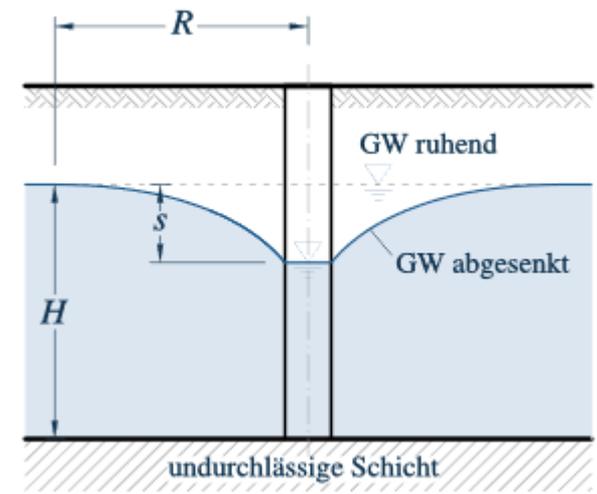
— Gewässer

■ Einzugsgebiet Ohre

Quelle: Agrar Jübar / A. Ogroske, Fugro, 2015



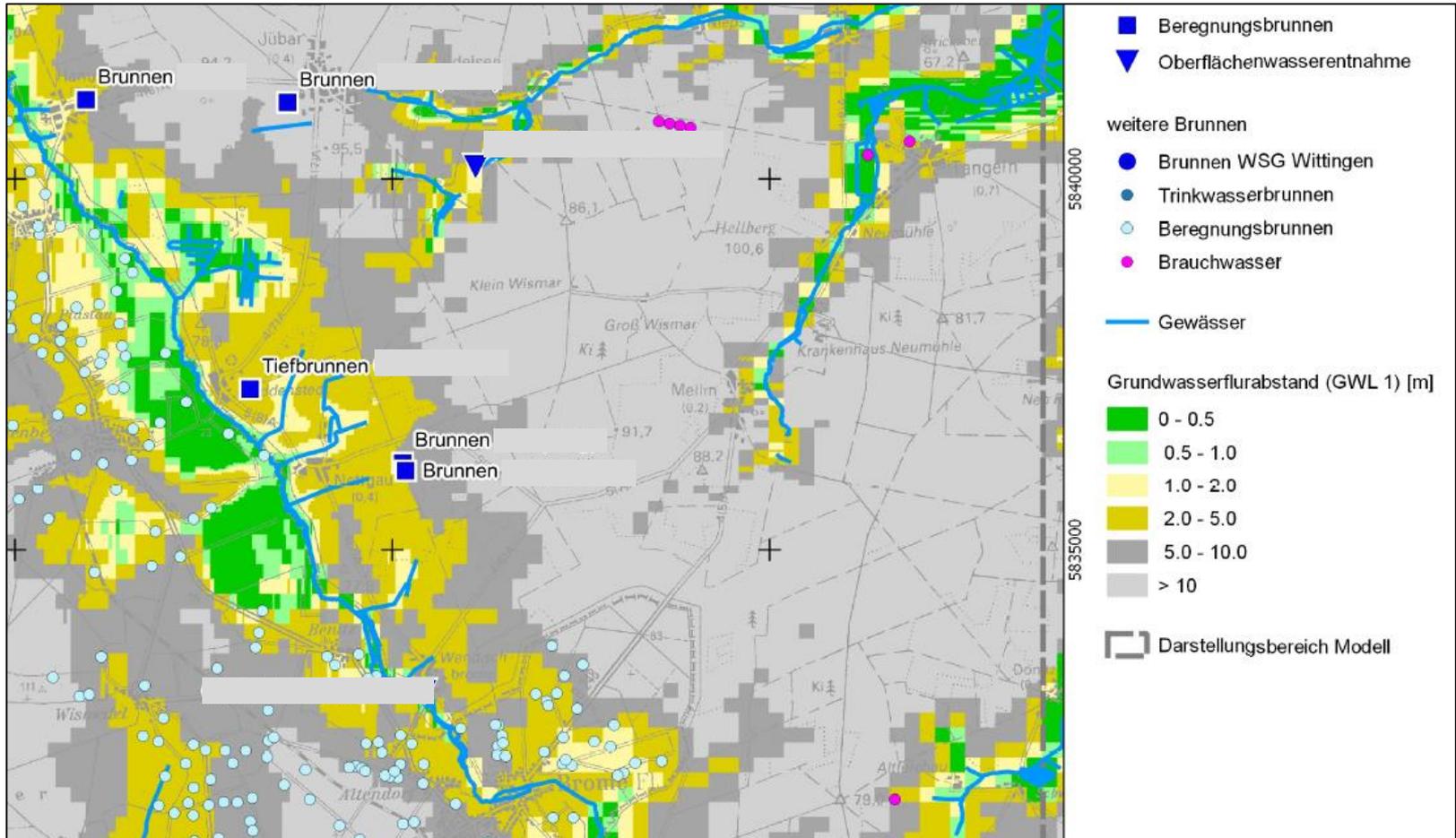
- **Fallbeispiel (fiktiv):**  
*Bach in 1 km Entfernung vom Berechnungsbrunnen ist trockengefallen*
- Brunnen (im oberen GWL): 50.000 m<sup>3</sup>/a  
(in 3 Monaten Berechnungszeit entnommen)
- Plausibilitätstest (ganz primitiv mit Zylinderformel):  
50.000 m<sup>3</sup> entspricht 0,3 m Absenkung im 500 m Umkreis (bei  $n = 0,2$ )  
(fiktive Worst-Case-Annahme, da seitlich nachströmendes GW unbeachtet)
- Gegenprüfung: fehlende GWN z. B. -50 mm  
→ 0,25 m natürliche flächenhafte Absenkung
- aber **ACHTUNG: Reichweite nach SICHARDT**  
zumeist ungeeignet (zu gering):  
1 m Absenkung im Brunnen →  $R = 67$  m  
2 m Absenkung im Brunnen →  $R = 134$  m  
( $k_f = 5 \cdot 10^{-4}$  m/s)  
*SICHARDT empirisch für Berechnung  
Brunnenzustrom entwickelt, Reichweite hierbei  
Hilfsgröße*



Grafik: [www.bauformeln.de](http://www.bauformeln.de)



Umweltrelevanz einer GW-Absenkung im Allg. auf GW-FA < 5 m beschränkt



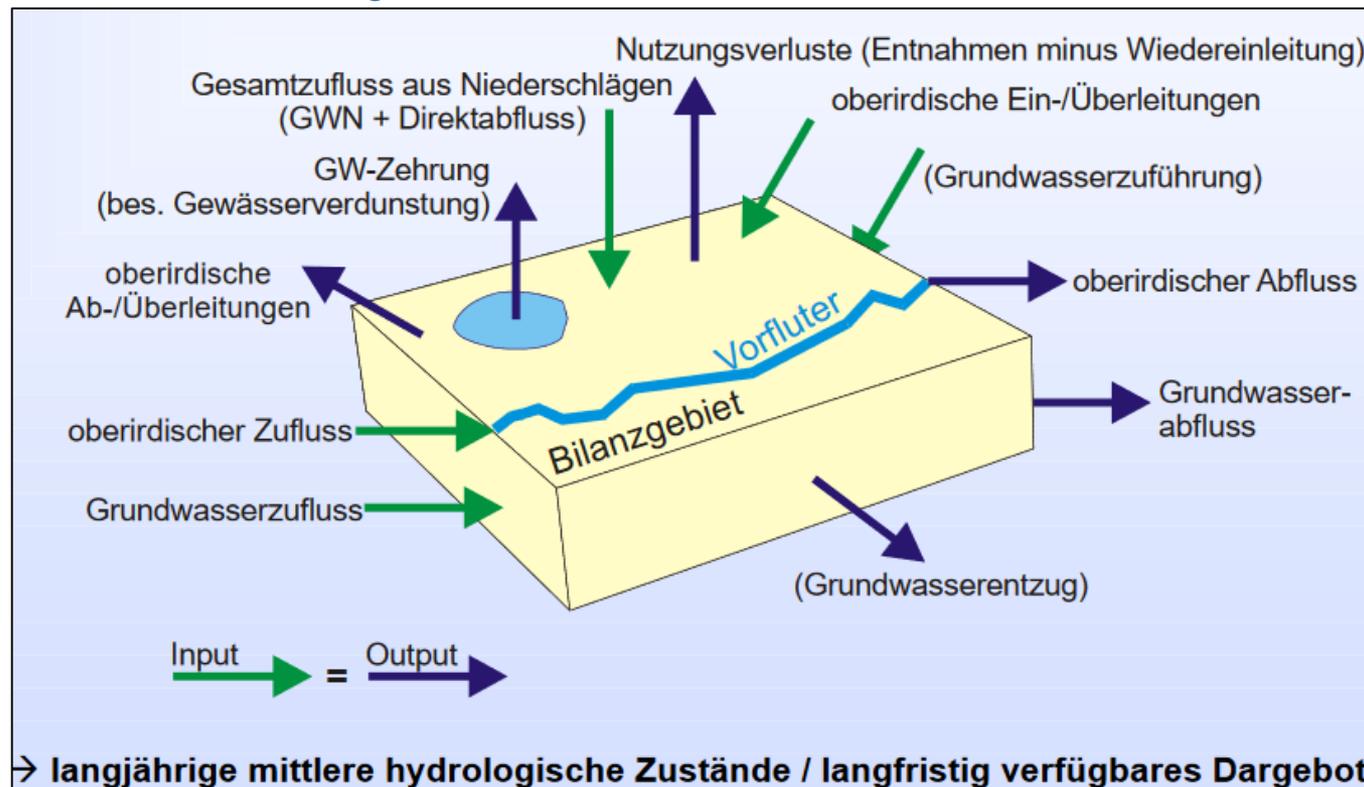
Quelle: Agrar Jübar / A. Ogroske, Fugro, 2015



- GW-Entnahme bewirkt Bilanzauswirkung für Vorfluterabfluss
- Vorfluter als Randbedingung im Modell
- vorhabensbezogene Auswirkung = Differenz Ist- zu Plan-Szenario  
→ Abflussminderung quantifizierbar

Wieviel Abflussminderung ist tolerierbar?

Welcher Anteil an der GWN ist nutzbar?



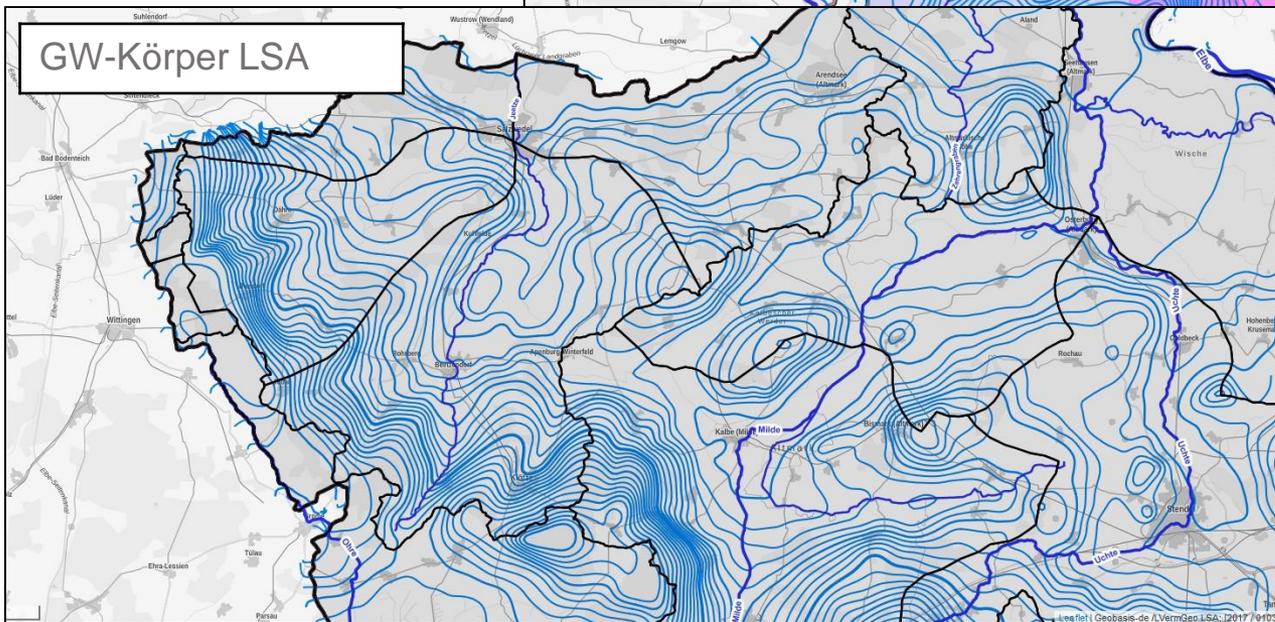
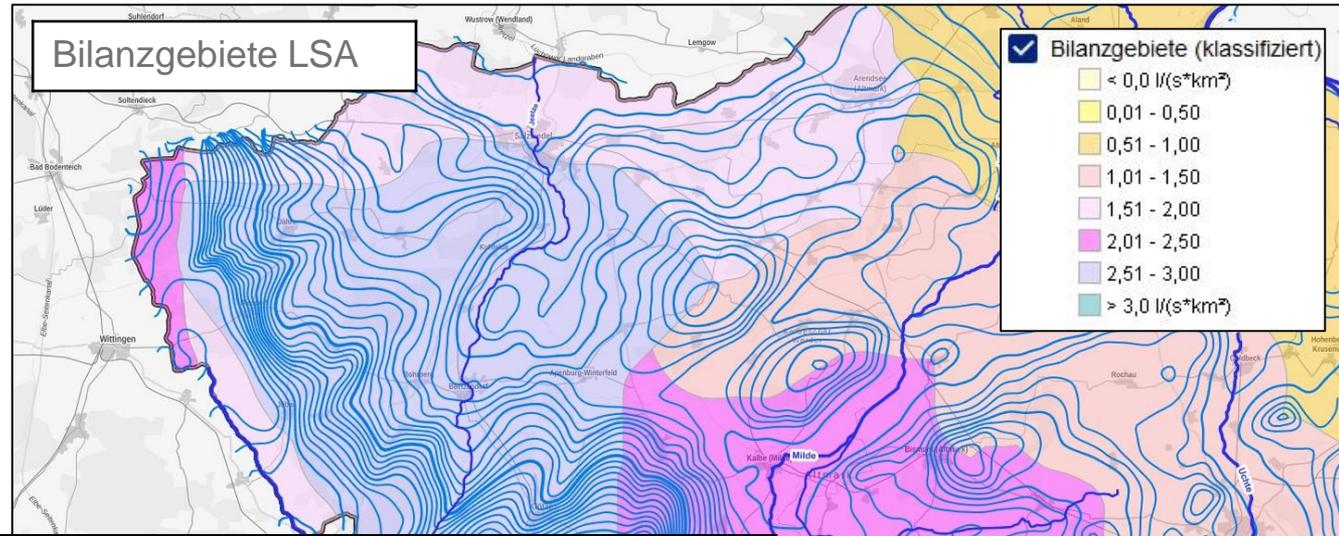
Quelle: HGN / Noregret



WRRL-Betrachtung  
(WRRL-Fachbeitrag):

Skala der Wasserbilanz:

- GW-Körper
- großräumige Bilanzgebiete



Erlaubnisantrag:

- Wirkung Antragsmenge bewerten
- Summationseffekte Brunnen im Umfeld

Skala der Wasserbilanz:

- Teilbilanzräume (wie abzugrenzen?)

Quelle: LHW Sachsen-Anhalt



- Antragskonkrete Bewertung der beantragten Entnahmemenge oder Erhöhungsmenge (Differenz zum Ist-Zustand)
  - Ist-Zustand mit tatsächlichen Entnahmen zur Kalibrierung
  - Vergleichszustand mit derzeitigen Wasserrechten
- Szenario 1: langfristige mittlere Auswirkungen → stationäre Modellrechnung
- Szenario 2: kurzfristige Effekte maximaler Entnahme → instationäre Modellrechnung (Trockenjahresszenario z. B. max. Berechnungsmenge in 90 d, GWN=0)
- *Nds.: mittlere Wirkung durch 7- bzw. 10-Jahressummen berücksichtigt (Szenario 1)*
- *LSA: nur Max. im WR definiert (d. h. auch mittlere Auswirkungsbewertung nutzt maximale Entnahmemengen → bei Berechnung sehr ungünstig)*
- Bewertung Gesamtwirkung und Summationseffekte:
  - Nullszenario (alle



- Antragskonkrete Bewertung der beantragten Entnahmemenge oder Erhöhungsmenge (Differenz zum Ist-Zustand)
  - Ist-Zustand mit tatsächlichen Entnahmen zur Kalibrierung
  - Vergleichszustand mit derzeitigen Wasserrechten
  - Auswirkungsszenarien wie Vergleichszustand zzgl. Antragsmenge
    - Szenario 1: langfristige mittlere Auswirkungen → stationäre Modellrechnung
    - Szenario 2: kurzfristige Effekte maximaler Entnahme → instationäre Modellrechn. (Trockenjahresszenario z. B. max. Berechnungsmenge in 90 d, GWN=0)
  - *Nds.: mittlere Wirkung durch 7- bzw. 10-Jahressummen berücksichtigt (Szenario 1)*
  - *LSA: nur Max. im WR definiert (d. h. auch mittlere Auswirkungsbewertung nutzt maximale Entnahmemengen → bei Berechnung sehr ungünstig)*
- Bewertung Gesamtwirkung und Summationseffekte:
  - Nullszenario (alle Entnahmen auf Null) = Gesamtwirkung aller Entnahmen im Betrachtungsraum (Aussagegebiet des Modells, i.d.R. Teilbilanzraum innerhalb eines GWK) → Ausnutzungsgrad der GWN + Abflussminderung durch alle Entnahmen



- GW-Strömungsmodelle sollten zum Standard bei Erlaubnisverfahren zur GW-Entnahme werden (behördliche Forderung)
- Bei geringen Entnahmemengen ( $< 100.000 \text{ m}^3/\text{a}$ ) können vereinfachte Modelle / Prinzipmodelle Verwendung finden (Aufwand-Nutzen-Verhältnis)
- Anforderungen an Hydrogeologische Fachgutachten für Erlaubnisverfahren zur GW-Entnahme sollten definiert werden (auch in Sachsen-Anhalt, in Nds.: Geofakten 15)
- Bewertungshilfen für den WR-Vollzug wären sinnvoll (nutzbarer Dargebotsanteil an GWN, naturschutzfachlich unkritische Absenkungsbeträge, Abflussminderung, ökolog. Mindestabfluss u. ä.)
- Standards zum Monitoring / Beweissicherung sind zu setzen und deren Kontrolle umzusetzen (u. a. tatsächliche Entnahmen aus Datenbank Entnahmeentgelt, Auswertungen GWM-Ganglinien einfordern)



**Vielen Dank!**

**HGN Beratungsgesellschaft mbH**  
**Büro Magdeburg**  
**Liebknechtstraße 42 | 39108 Magdeburg**  
**Tel.: 0391 - 99 00 42 40 | [magdeburg@hgn-beratung.de](mailto:magdeburg@hgn-beratung.de)**