… dem Wasser verbunden

HGN Beratungsgesellschaft mbH

Hydrogeologie und Modellierung

Wie können wir Modelle sinnvoll nutzen?

Netzwerk Wasser, Salzwedel, 20.11.2019

Dipl.-Geol. Andreas Ogroske

Vorwort

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

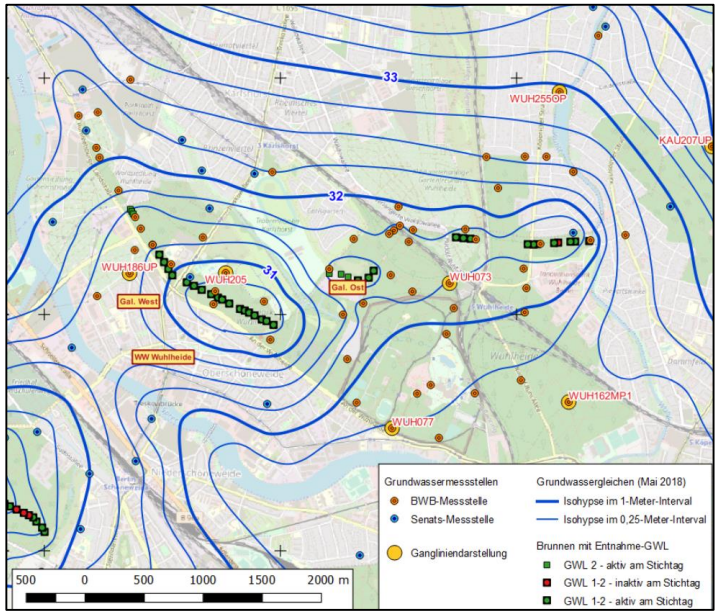
Wassergewinnung

Umweltbegleitplanung

Warum Modelle?

- 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

Wie genau muss ein Modell sein?

- Vorüberlegung: welche Aussagegenauigkeit ist verlangt?
- Aufwand-Nutzen-Verhältnis muss passen
- Var. 1: Entnahme < 50.000 m³/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 m³/a + normales Konfliktpotenzial)
  - 3D-Prinzipmodell (mit vereinfachten hydrogeol. Strukturen)
  - einfache Kalibrierung anhand großräumiger GW-Gleichenpläne (LHW, LBEG)
- Var. 3: Entnahmen > 100.000 m³/a bzw. erhöhtes Konfliktpotenzial
  - hydrogeologisches Strukturmodell
  - qualifiziertes numerisches 3D-Modell
  - Kalibrierung usw.

Sensivitätsanalyse - „Gefühl“ für geohydraulische Wirkungen von Entnahmen

GW-Absenkung

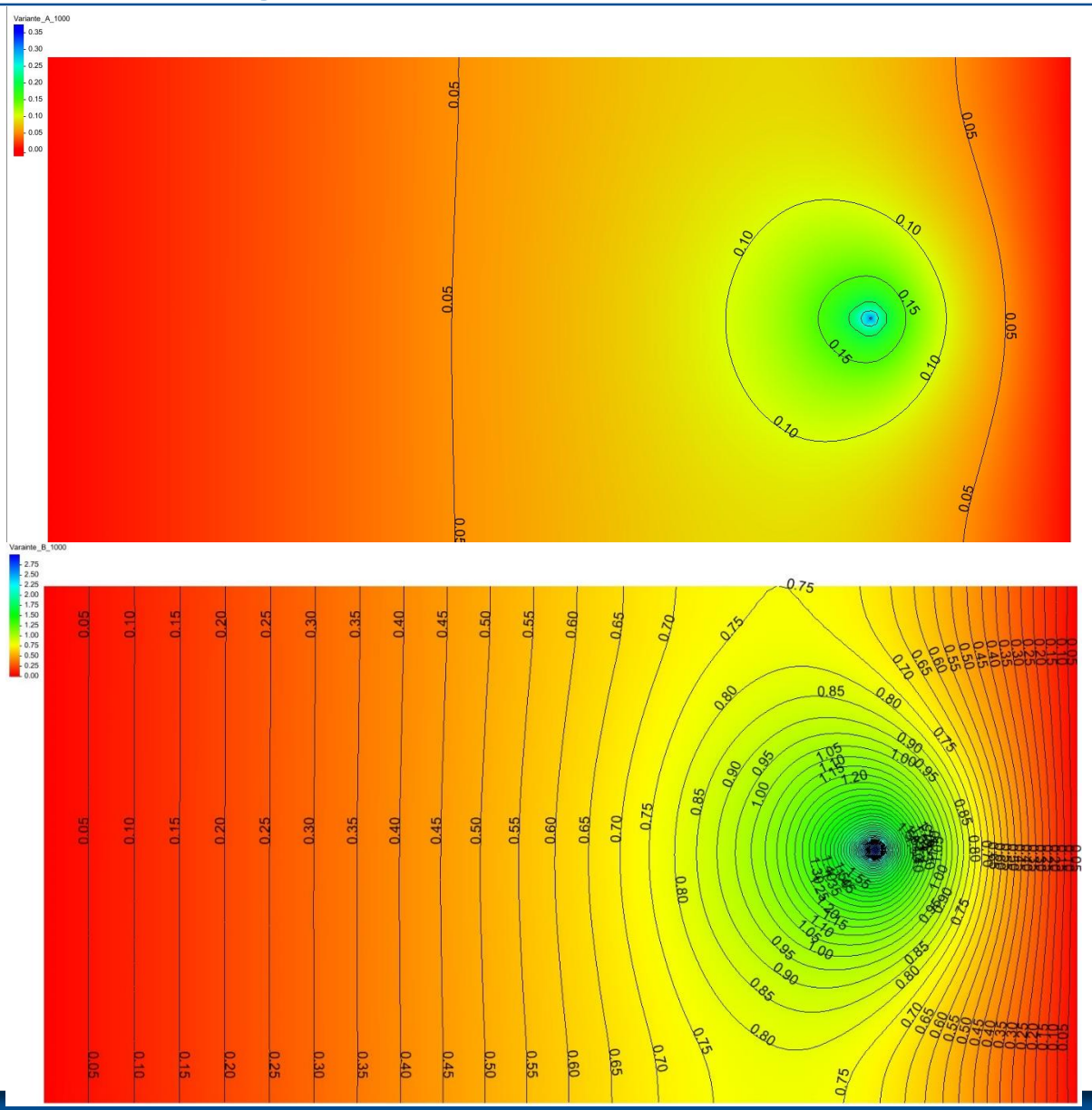
in Abhäng. vom k_f-Wert

$k_f = 5 * 10^{-4}$ 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)

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



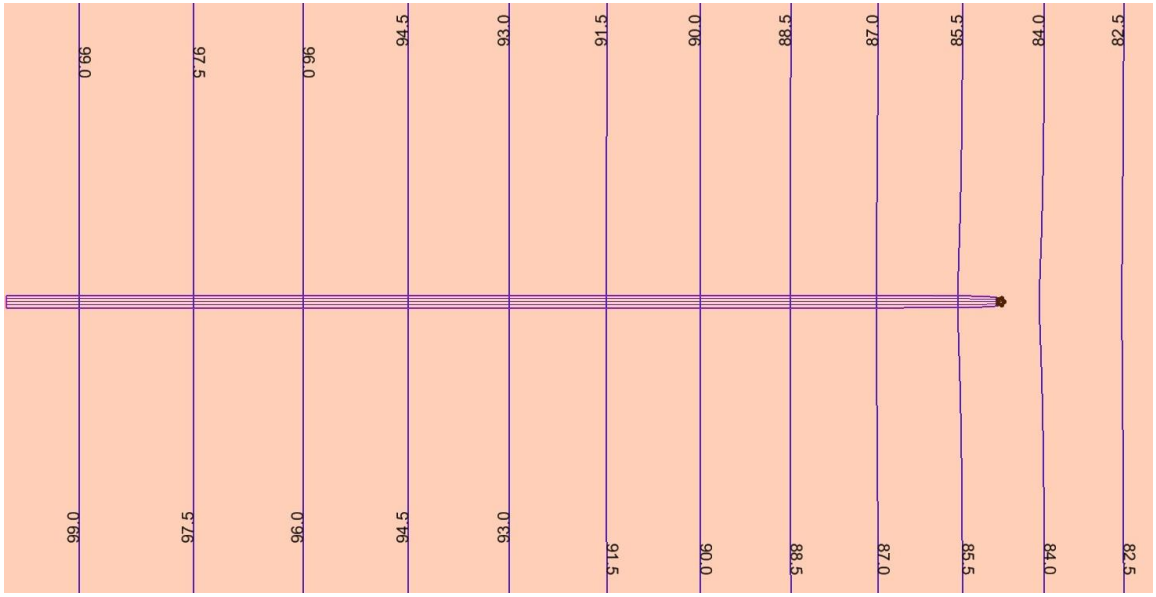
Sensitivitätsanalyse - „Gefühl“ für geohydraulische Wirkungen von Entnahmen

Einzugsgebiet (Strombahnlinien)

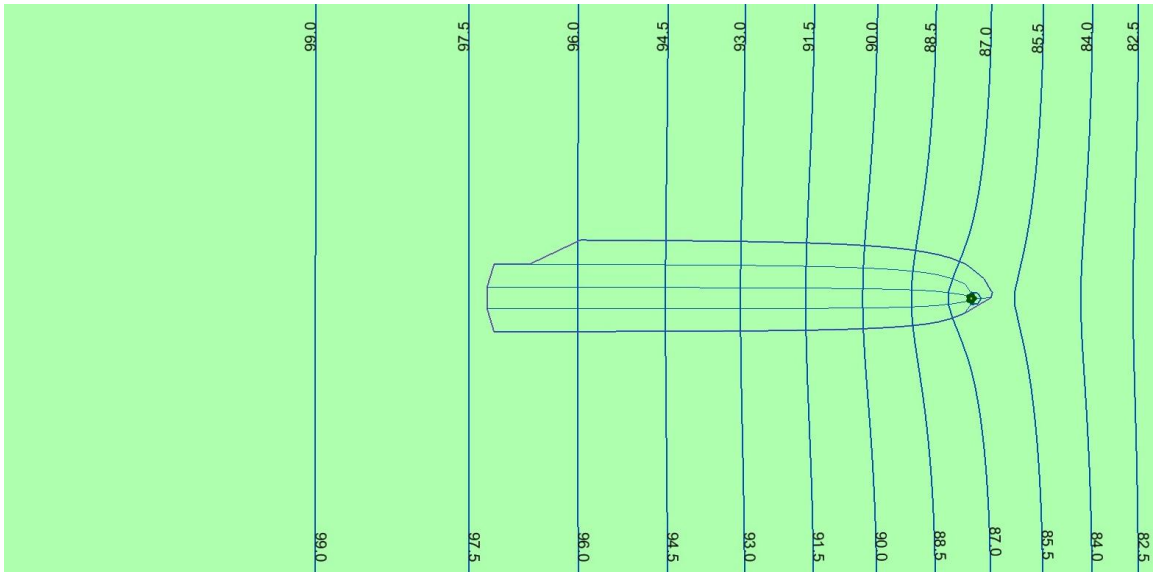
in Abhäng. vom k_f-Wert

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

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



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



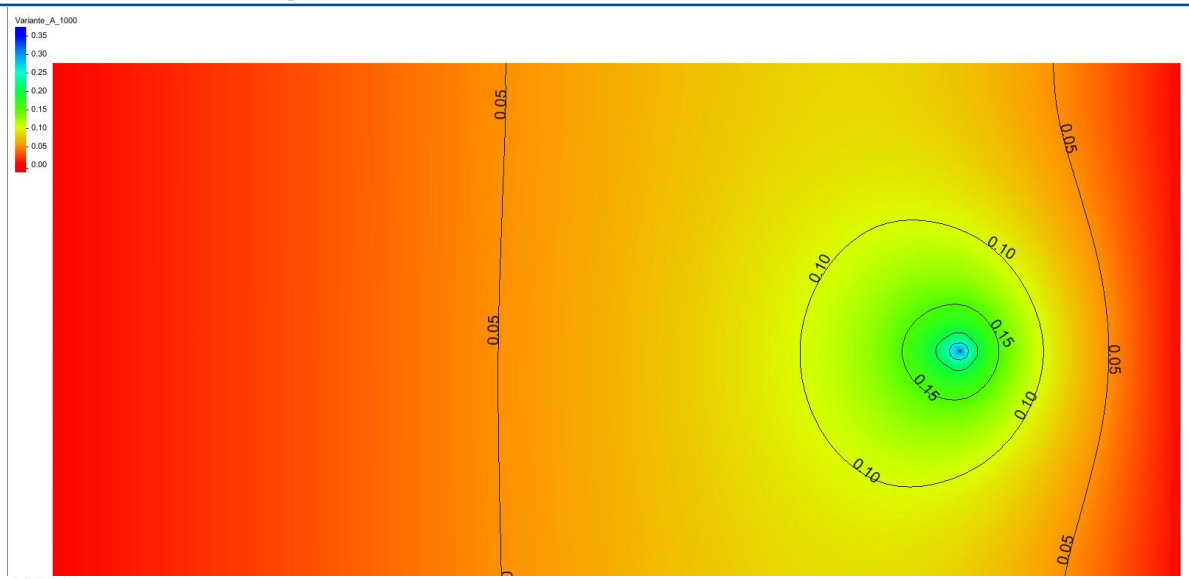
Sensivitätsanalyse - „Gefühl“ für geohydraulische Wirkungen von Entnahmen

GW-Absenkung

in Abhängigkeit von GWN

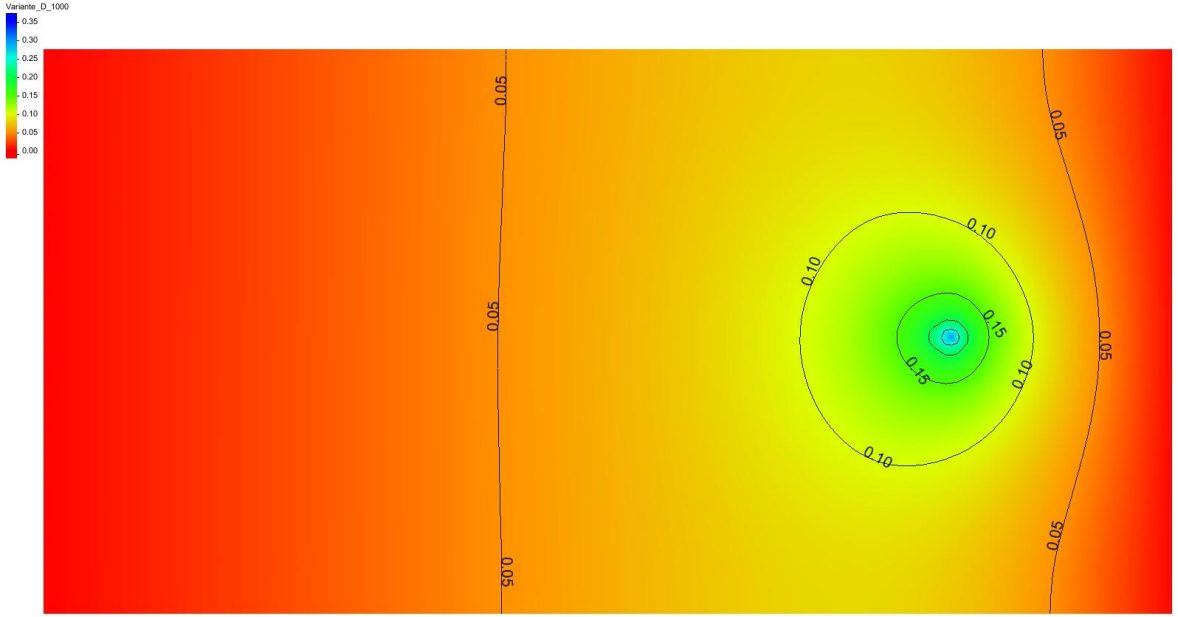
(k_f = 1 * 10^{-4} m/s)

GWN = **50** mm/a



GWN = **200** mm/a

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



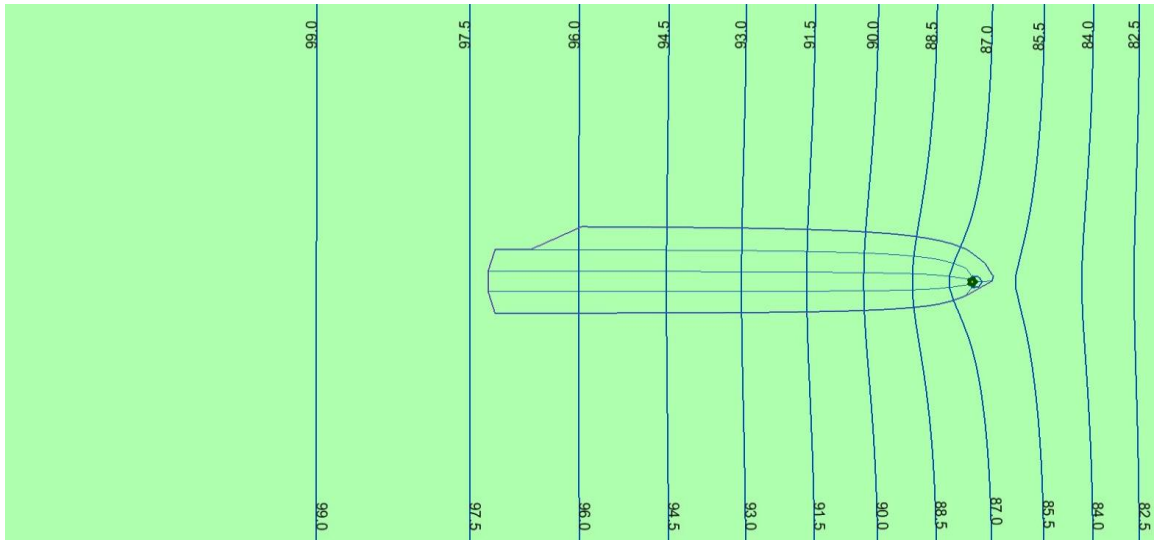
Sensitivitätsanalyse - „Gefühl“ für geohydraulische Wirkungen von Entnahmen

Einzugsgebiet (Strombahnlinien)

in Abhängigkeit von GWN

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

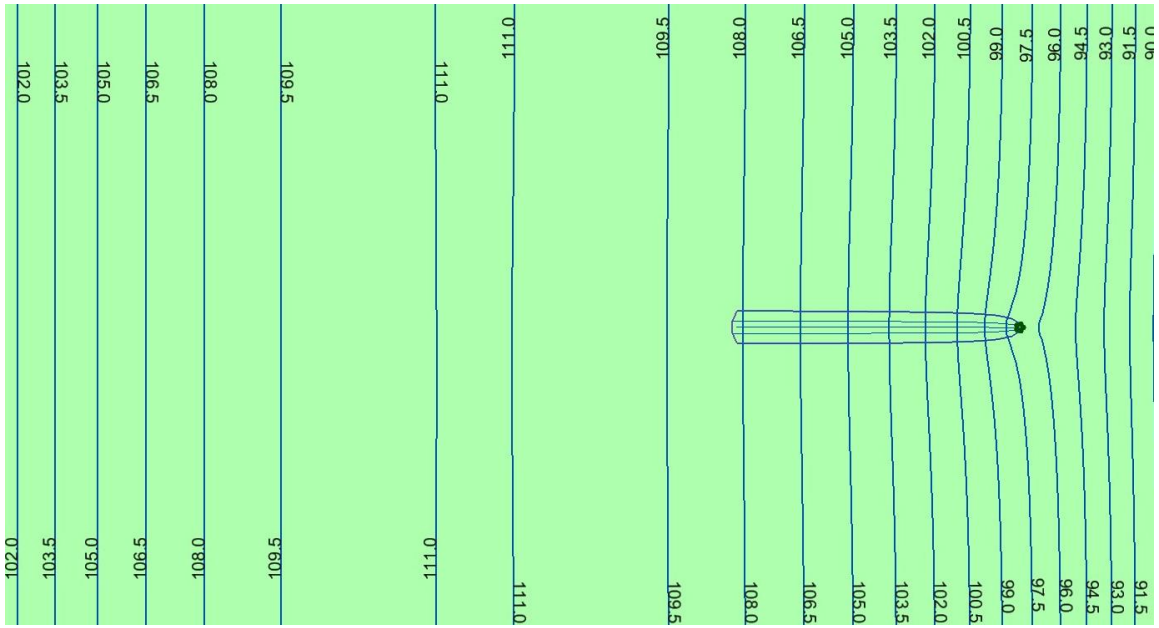
GWN = **50** mm/a



GWN = **200** mm/a

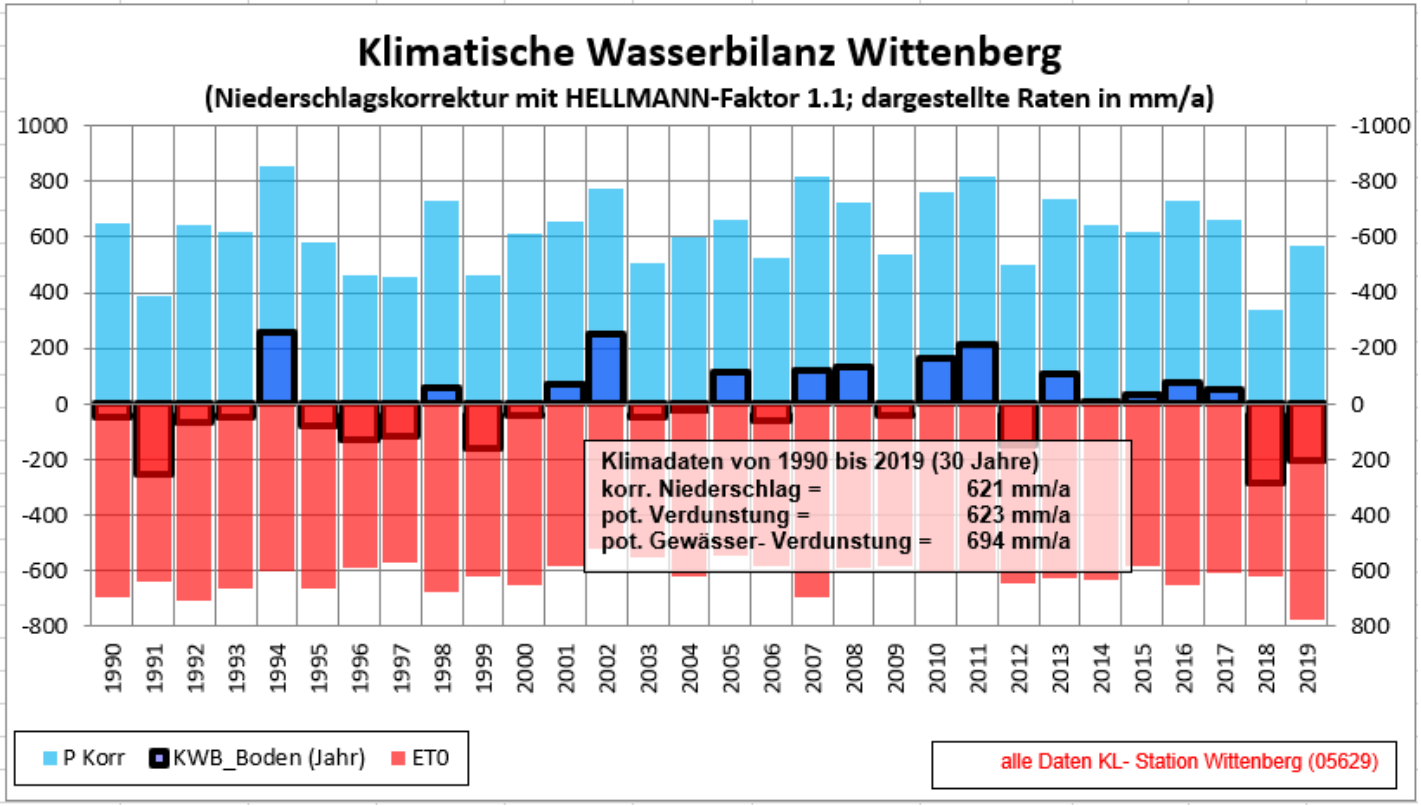
GWN bestimmt die Gebietswasserbilanz

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



Grundwasserneubildung

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



Grundwasserneubildung

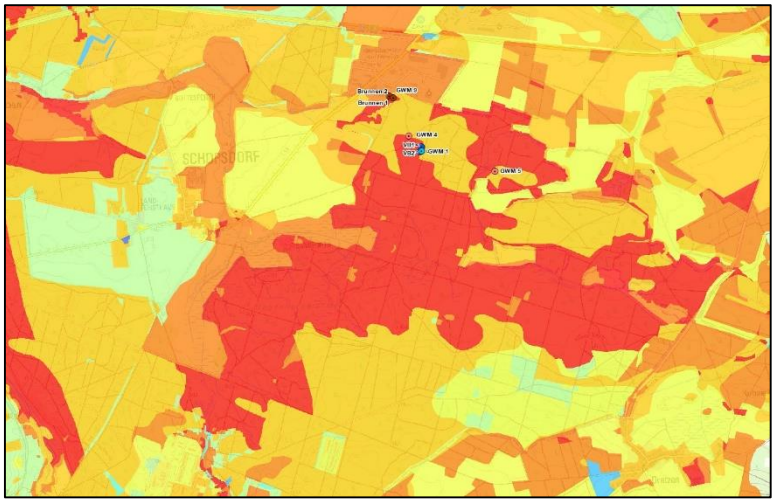
Sachsen-Anhalt
(Fallbeispiel)

Unterschiede durch verschiedene Berechnungs-verfahren und Klima-zeitreihen

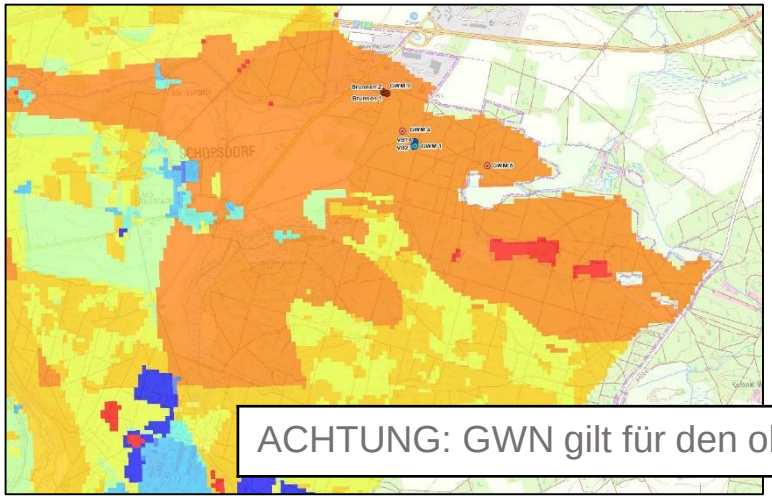
< 0 (Zehrung)
1 - 50
51 - 100
101 - 150
151 - 200
201 - 250
251 - 300
301 - 350
> 350

mm/a

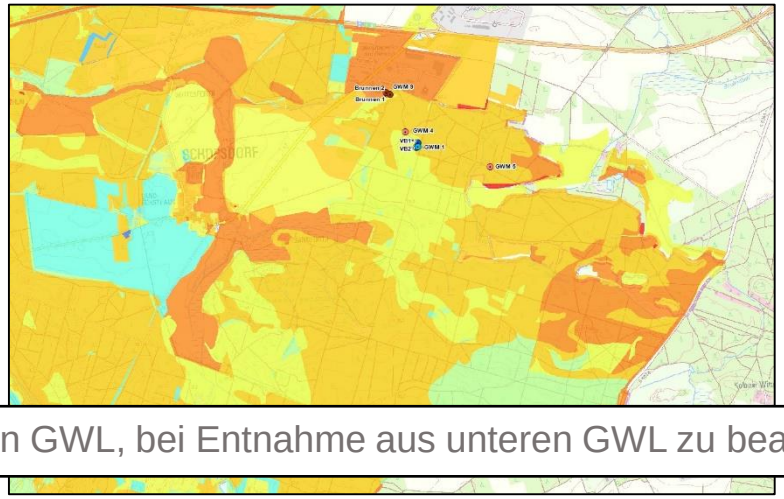
ArcEGMO 2017



ABIMO



ArcEGMO 2019



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

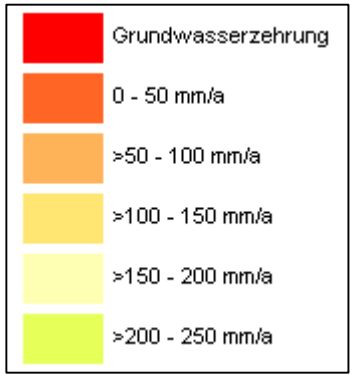
Quelle: LHW Sachsen-Anhalt

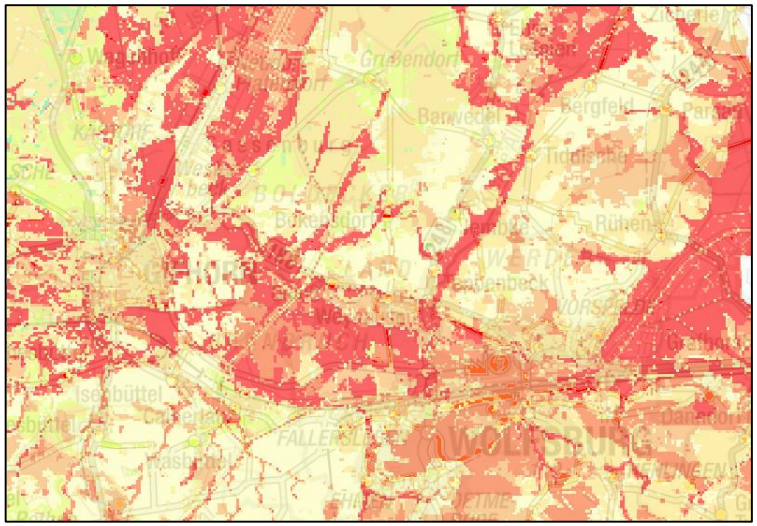
Grundwasserneubildung

mGrowa 1981-2010

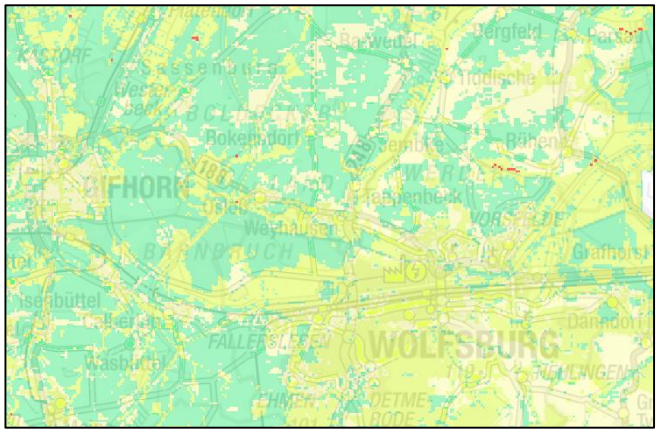
(Raum Gifhorn / WOB)

Jahresmittel

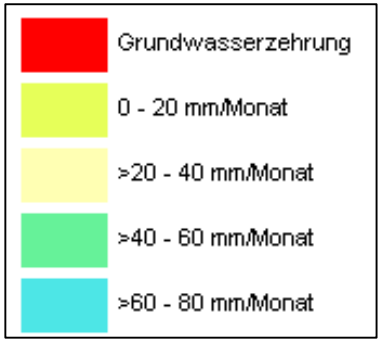




Januar



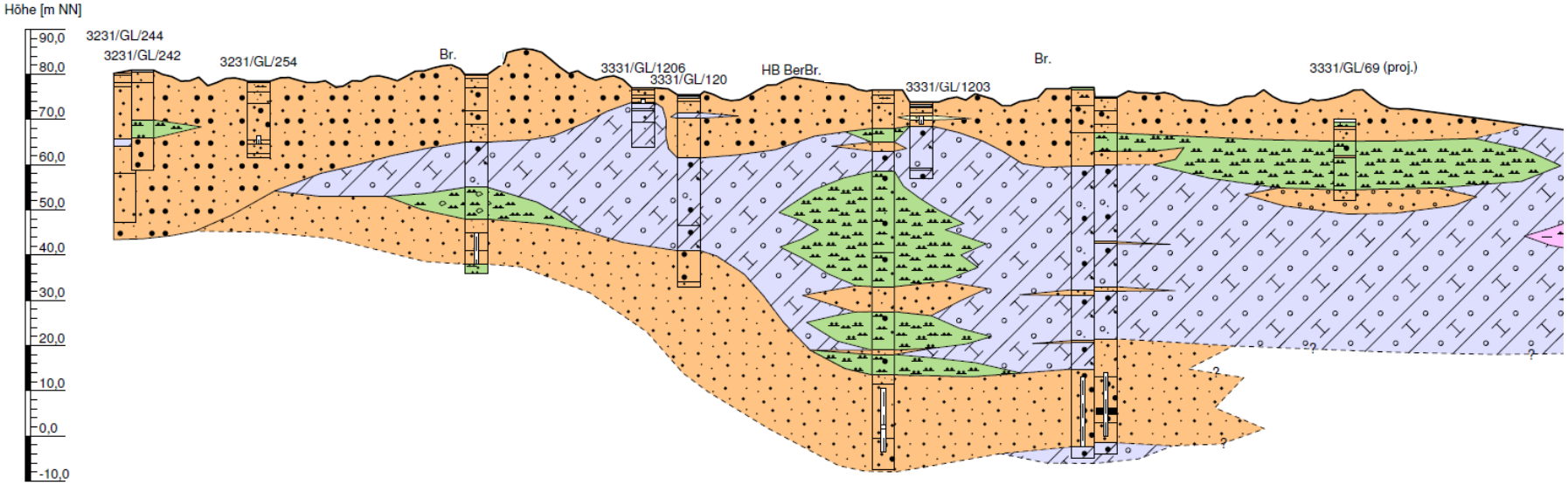
Juli



Quelle: LBEG, nibis Kartenserver

Von der Geologie zum Modell

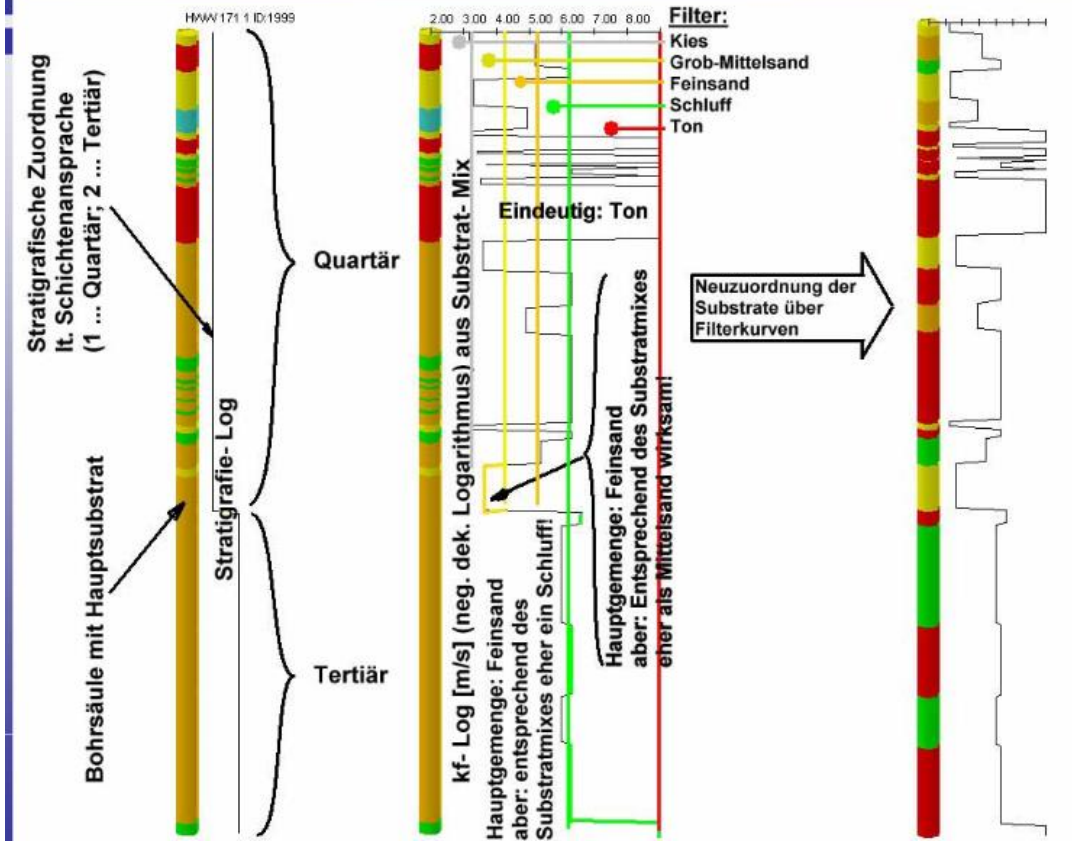
- Typischer Schichtenaufbau in Lkr. Gifhorn und Altmarkkreis: mehrere quartäre GWL
- oberflächennaher GW (frei)
- Zwischenstauer (Geschiebemergel), z. T. lückenhaft
- tieferer bedeckter GWL (gespannt)
- z. T. hydraulisch verbunden



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

Modell = Vereinfachung der Realität

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



Generierung von Siebkurven entsprechend der Schichtenansprache

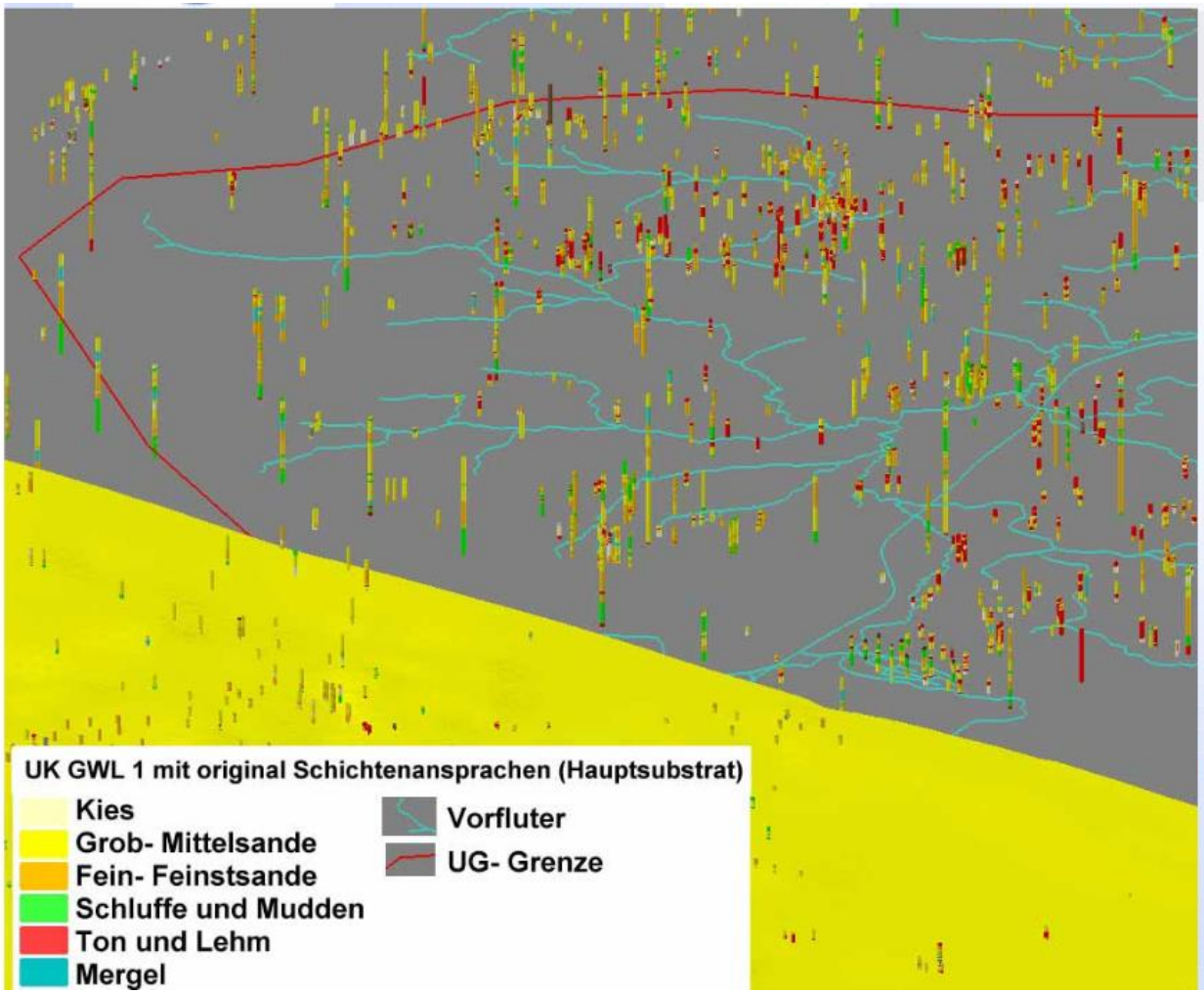
Berechnung kf- Werte aus generierten Siebkurven

Unterscheidung der Substrate in den Bohrsäulen nach
- GW-leitend
- GW-geringleitend
- GW-hemmend und
- GW-stauend

(Zusammenfassung von Schichten für Modellaufbau)

Quelle: HGN / Noregret

Vernetzung zu Modellschichten



Räumliche Visualisierung und Vernetzung von Schichtgrenzen

Export der Bohrsäulen mit
- Hauptgemengebestandteil
- generierten kf- Werten und
- stratigrafischer Einordnung (sofern vorhanden)

als Bohrlochdatei

Vernetzung von Schichtgrenzen
- UK GWL 2 (Modellbasis)
- UK Zwischenstauer
- UK GWL 1

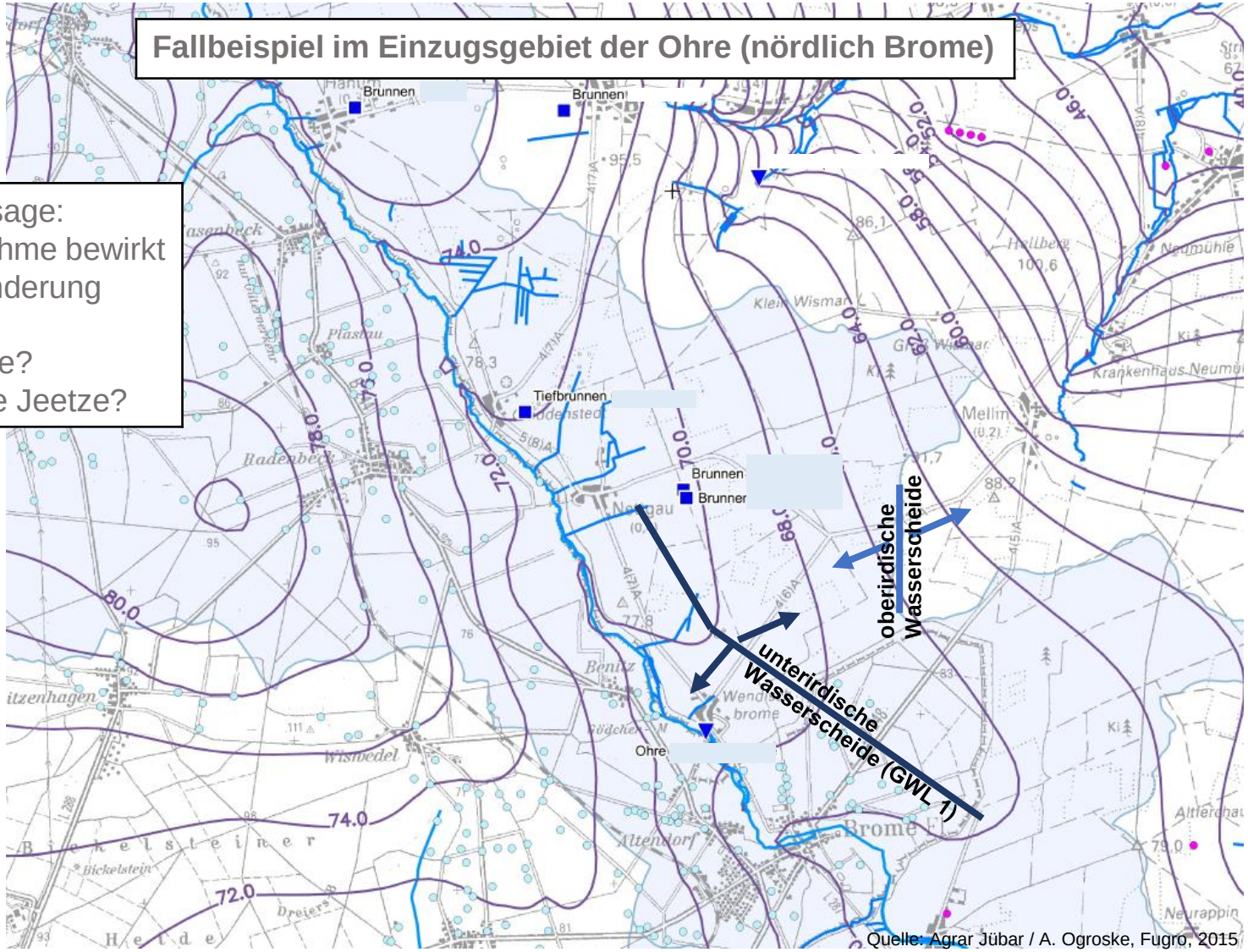
Besonderheit: Vernetzung der Stauerschichtgrenze über gesamtes Modellgebiet, auch wenn kein Stauer vorhanden ist (1 m mächtig, kf-Wert des GWL).

Quelle: HGN / Noregret

Unterirdische / oberirdische Wasserscheide

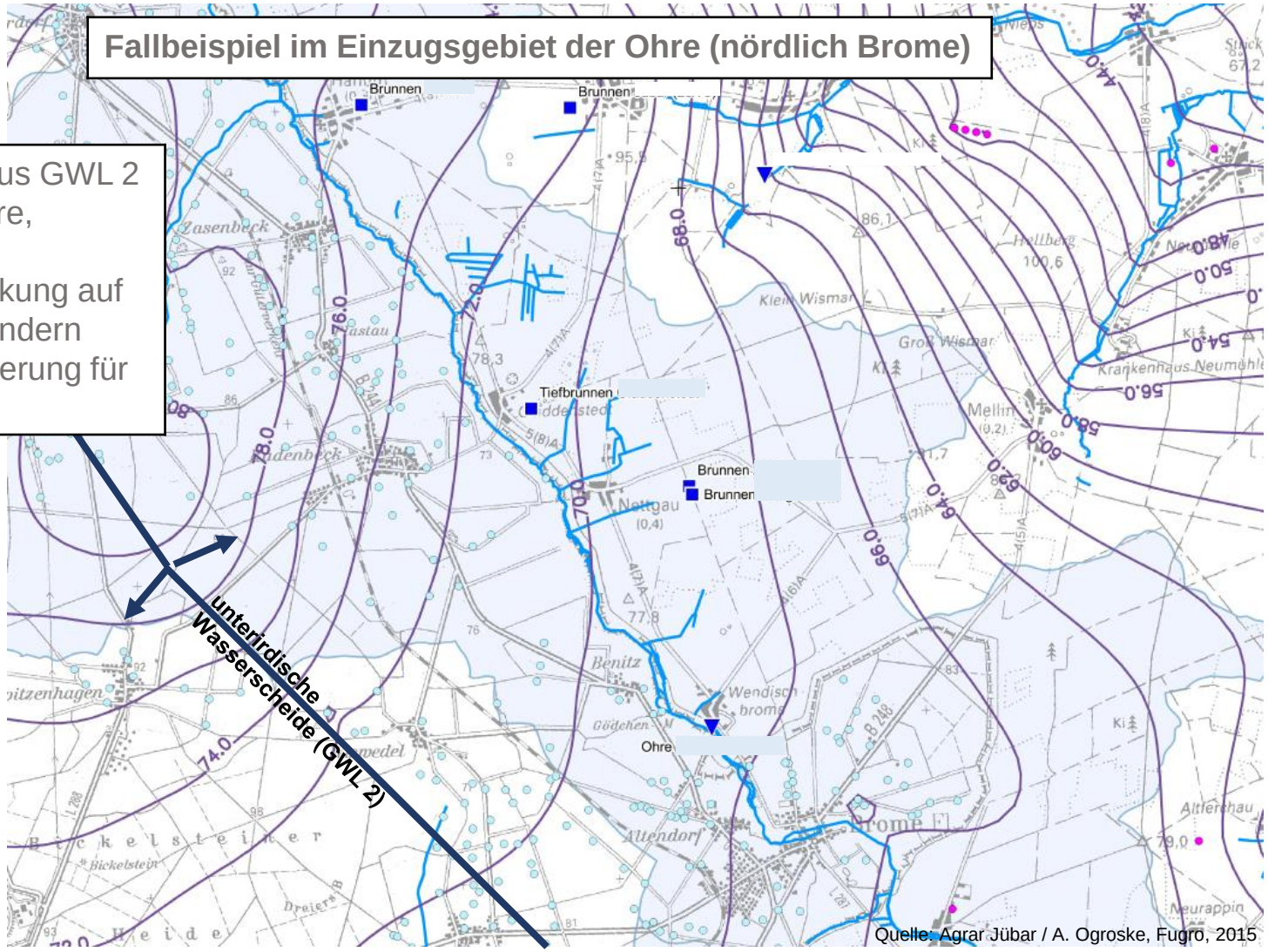
Grundaussage:
GW-Entnahme bewirkt Abflussminderung

für die Ohre?
oder für die Jeetze?



Grundwasserströmung GWL 2

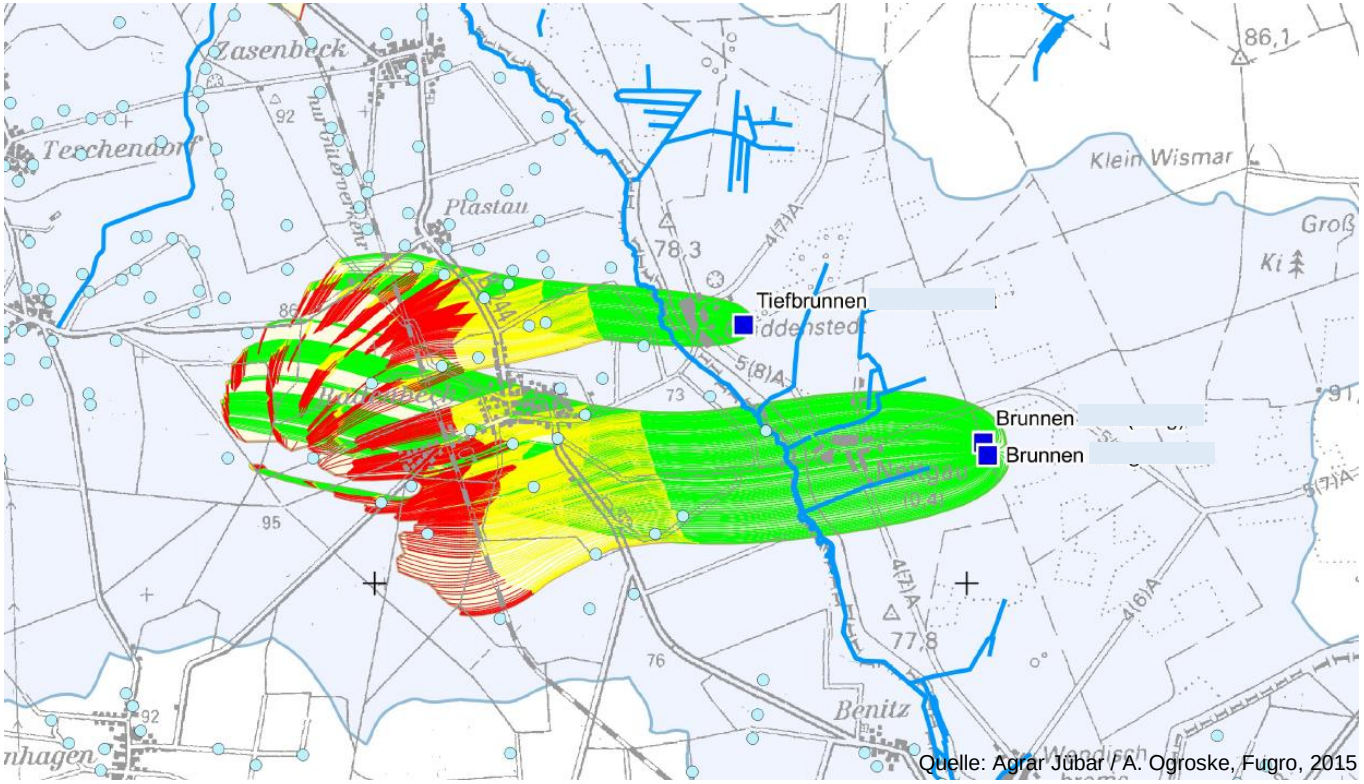
Entnahme aus GWL 2
im GWK Ohre,
aber
ohne Auswirkung auf
die Ohre, sondern
Abflussminderung für
die Jeetze



Wie kommt das Wasser zum Brunnen?

Zustrom zu Brunnen im unteren GWL

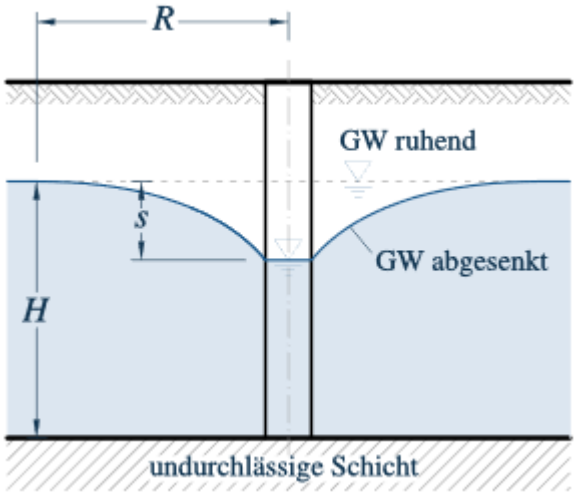
- Speisungsgebiet im oberen GWL,
- (langsame) Durchsickerung des Stauers,
- Transfer im unteren GWL zu den Brunnen



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

Reichweite der Absenkung

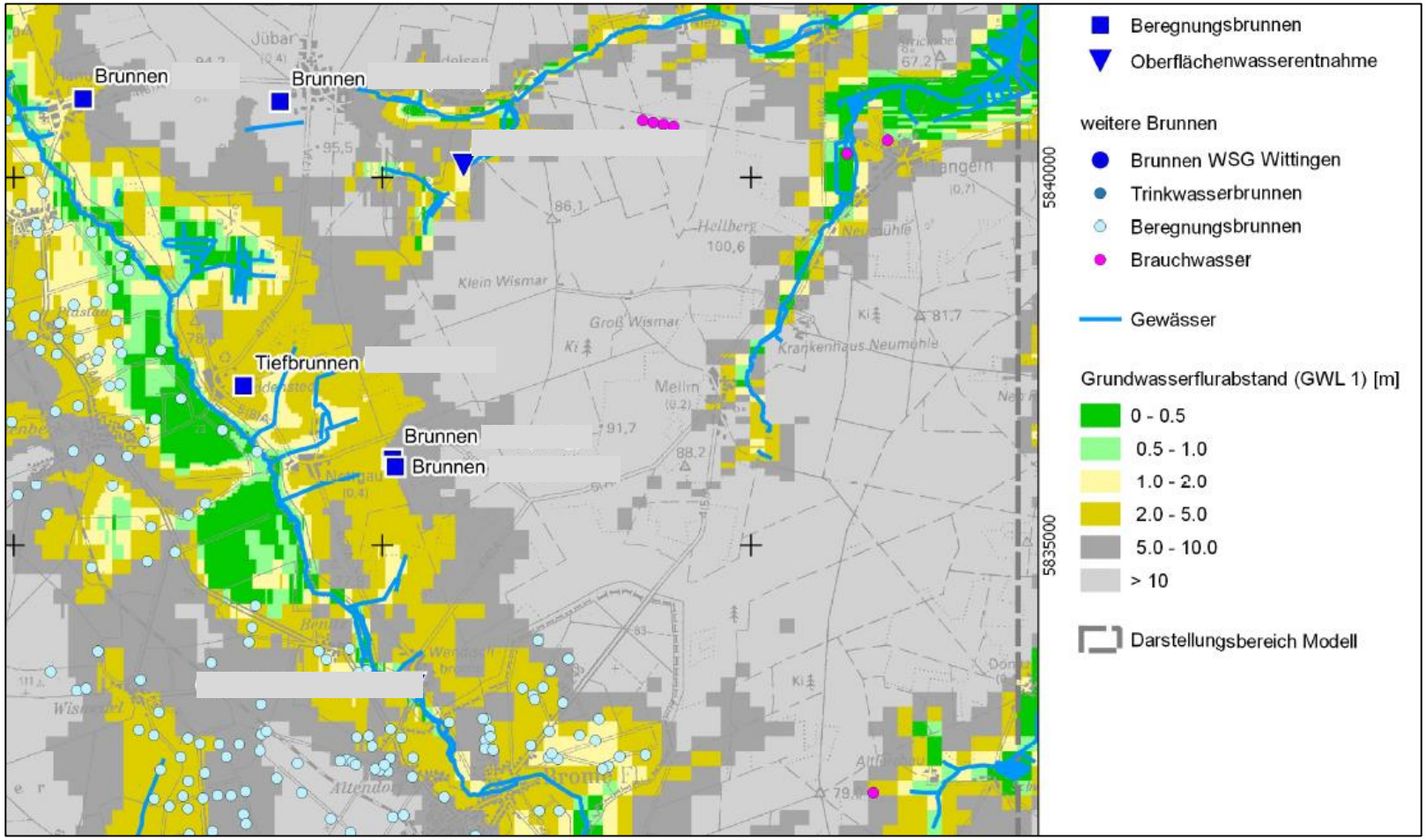
- **Fallbeispiel (fiktiv):**
  Bach in 1 km Entfernung vom Beregnungsbrunnen ist trockengefallen
- Brunnen (im oberen GWL): 50.000 m³/a
  (in 3 Monaten Beregnungszeit entnommen)
- Plausibilitätstest (ganz primitiv mit Zylinderformel):
  50.000 m³ entspricht 0,3 m Absenkung im 500 m Umkreis (bei n = 0,2)
  (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
  ($k_f = 5 * 10^{-4}$ m/s)
  SICHARDT empirisch für Berechnung Brunnenzustrom entwickelt, Reichweite hierbei Hilfsgröße



Grafik: www.bauformeln.de

GW-Flurabstände

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

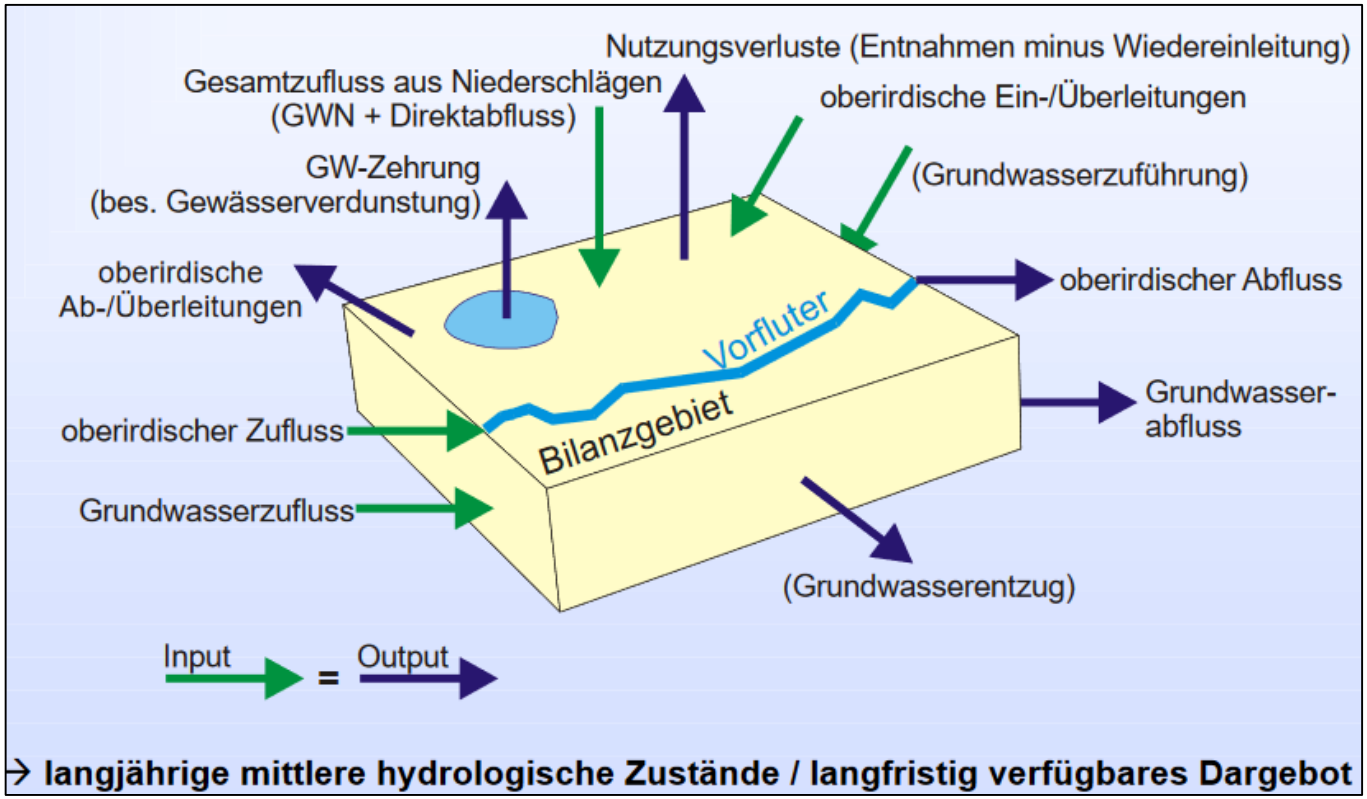


Quelle: Agrar Jübar / A. Ogroske, Fugro, 2015

Wasserbilanz

- 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?*

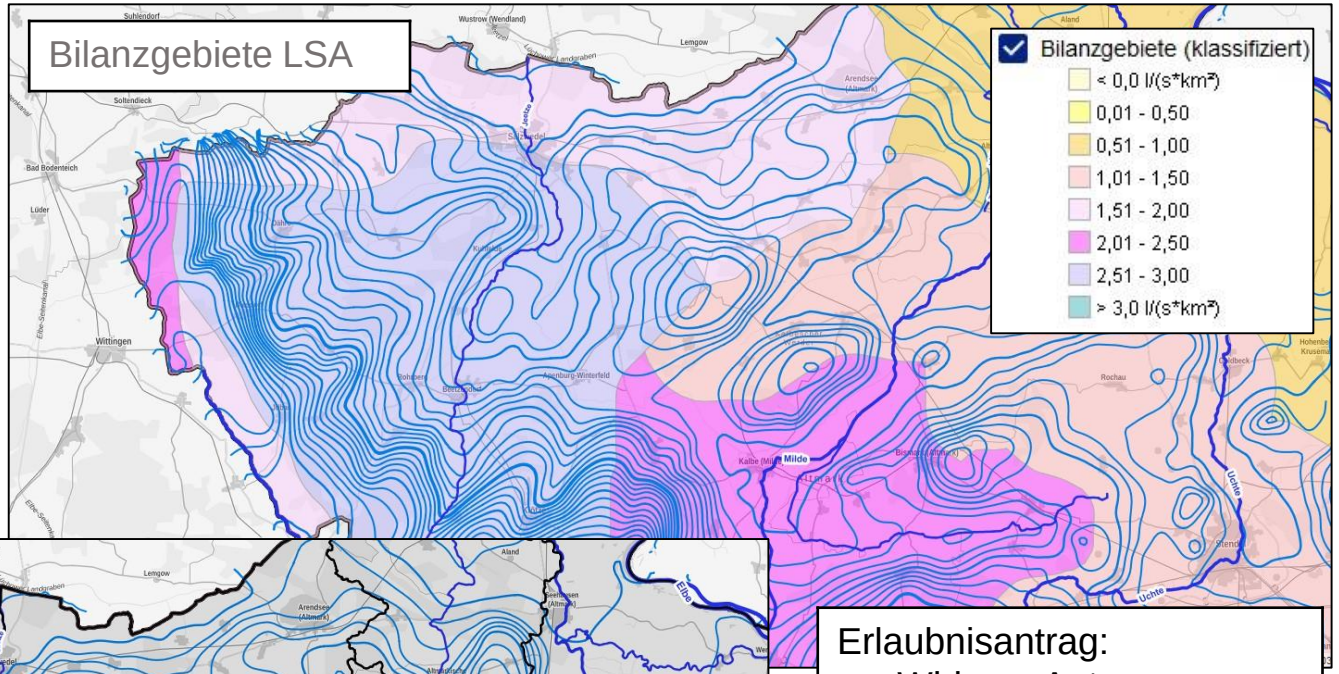


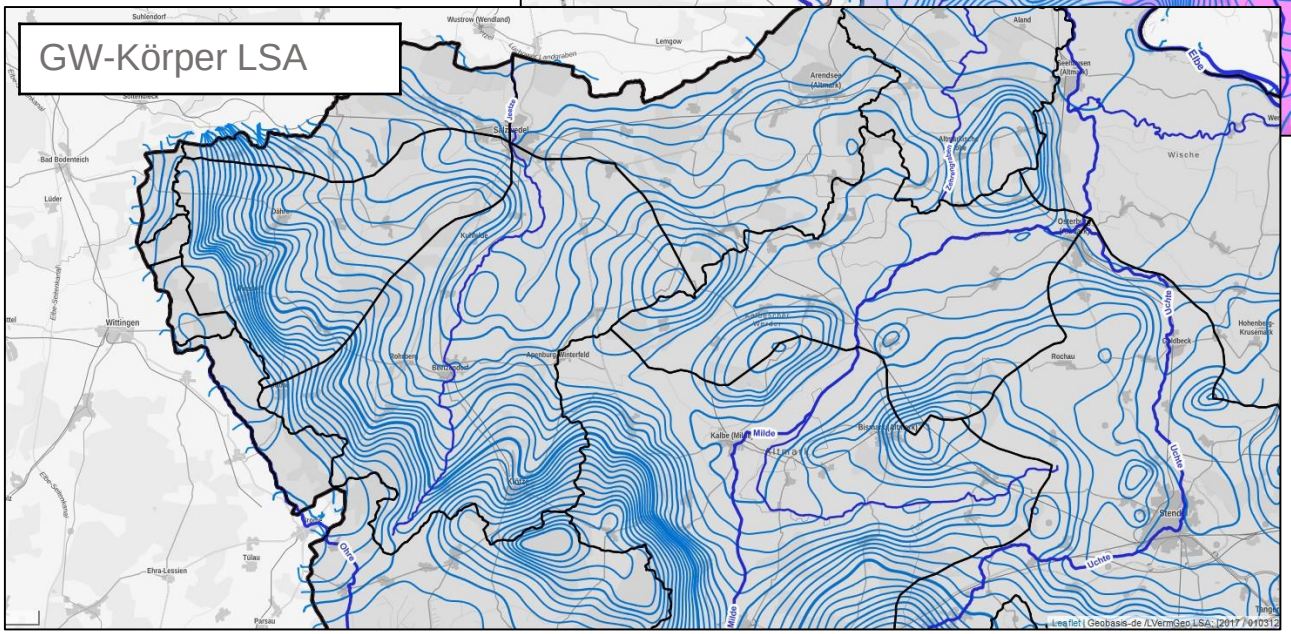
Quelle: HGN / Noregret

GW-Körper und Bilanzgebiete (LSA)

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

Modellnutzung im Wasserrechtsantrag

- 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. Beregnungsmenge 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 Beregnung sehr ungünstig)*
- Bewertung Gesamtwirkung und Summationseffekte:
  - Nullszenario (alle

Modellnutzung im Wasserrechtsantrag

- 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. Beregnungsmenge 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 Beregnung 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 + Abflussmindung durch alle Entnahmen

Fazit / Wünsche

- GW-Strömungsmodelle sollten zum Standard bei Erlaubnisverfahren zur GW-Entnahme werden (behördliche Forderung)
- Bei geringen Entnahmemengen (< 100.000 m³/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 Entnahmeentgeld, Auswertungen GWM-Ganglinien einfordern)

HGN
Beratungsgesellschaft mbH

Vielen Dank!

HGN Beratungsgesellschaft mbH
Büro Magdeburg
Liebknechtstraße 42 | 39108 Magdeburg
Tel.: 0391 - 99 00 42 40 | magdeburg@hgn-beratung.de