
„Grundwassersysteme und Numerik“

Veranstaltung im Modul Hydrosystemanalyse

- V7: Grundwassermodell Selke

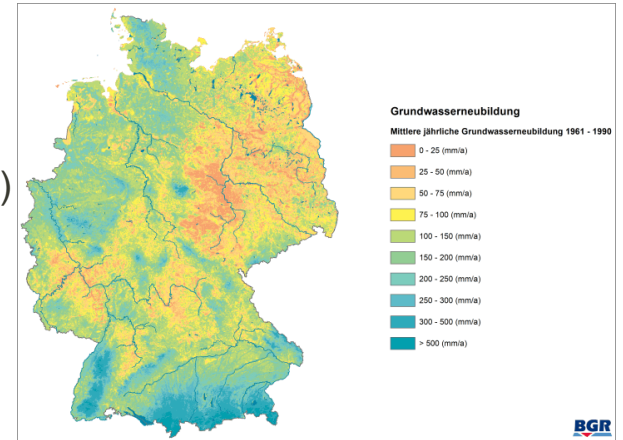
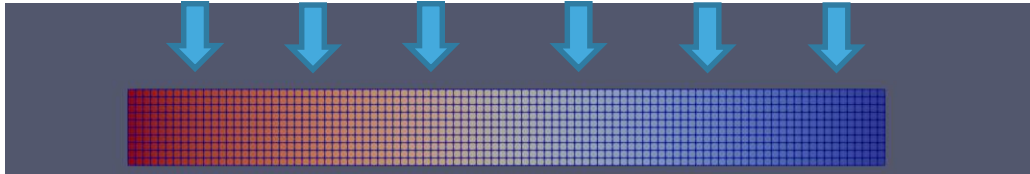
Prof. Dr. Olaf Kolditz

Dr. Erik Nixdorf
04.06.2021

Wiederholung U 6 Randgebietsmodellierung : Neubildung

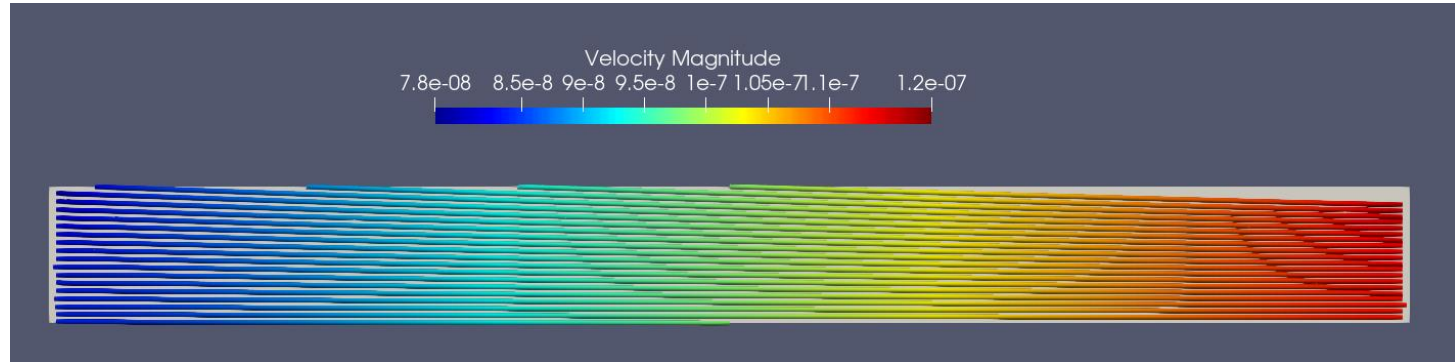
- Aufsetzen Grundwasserneubildung auf das Modell (10x1x1m)
 - 100mm/a $\sim 3.18 \times 10^{-9} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
 - Setzen als Neumannrandbedingung auf die Modelloberkante
 - Links/Rechts Dirichlet Randbedingungen (1.1m links, 1m rechts)

Neubildung

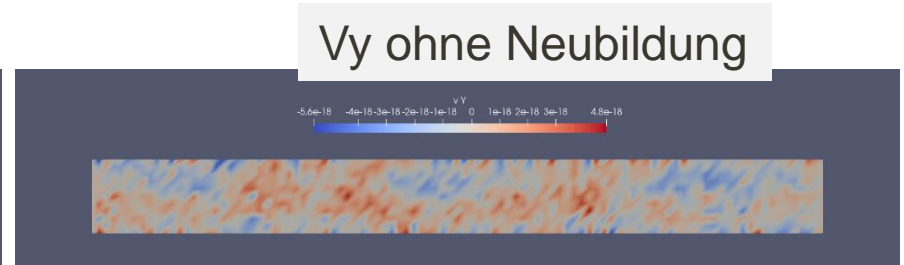
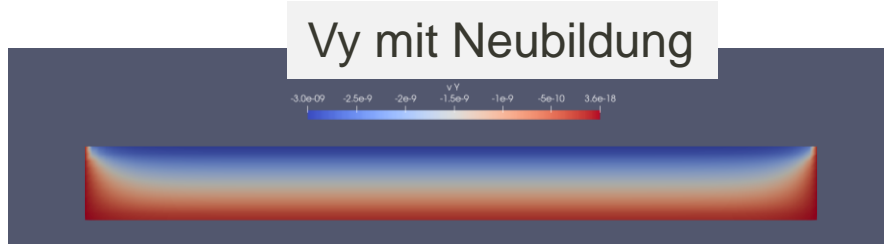


Wiederholung U 6 Randgebietsmodellierung : Neubildung

- Fließgeschwindigkeiten nehmen in x Richtung zu

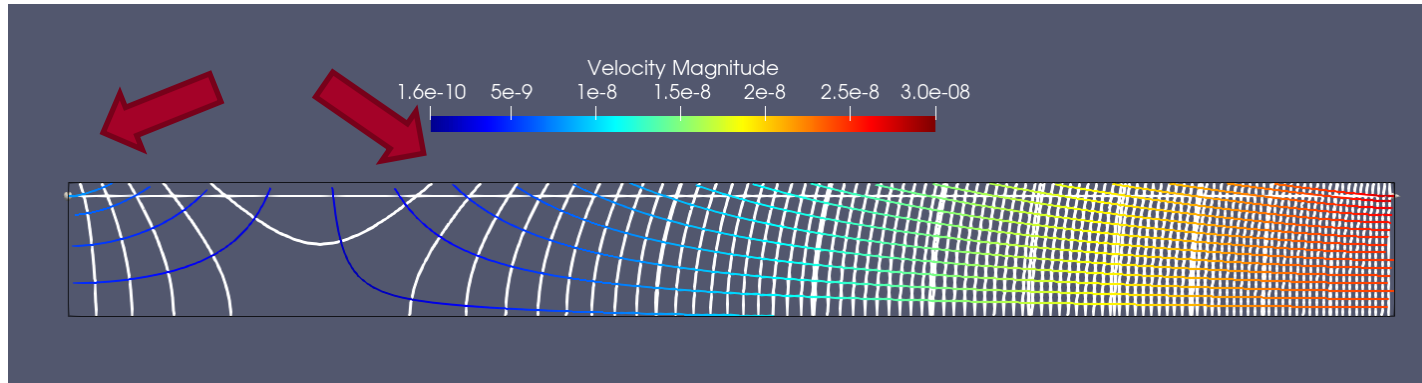


- Ausprägung eines vertikalen Geschwindigkeitsfels



Wiederholung U 6 Randgebietsmodellierung : Neubildung

- Was passiert wenn die hydraulische Leitfähigkeit sich um eine Größenordnung verringert?
- $K_2 = 0.1K_1 = 9.81 * 10^{-7} \frac{m}{s}$
- Das sich einstellende hydraulische Potential hat einen Extrempunkt im Modellgebiet → Kein Wasser wird von der linken zur rechten Randbedingung transportiert



Wiederholung U 6 Randgebietsmodellierung : Neubildung

- Die 1D Analytische Lösung kann zur Abschätzung des Einflusses der Grundwasserneubildung auf das Fließverhalten im 2D numerischen Modell genutzt werden

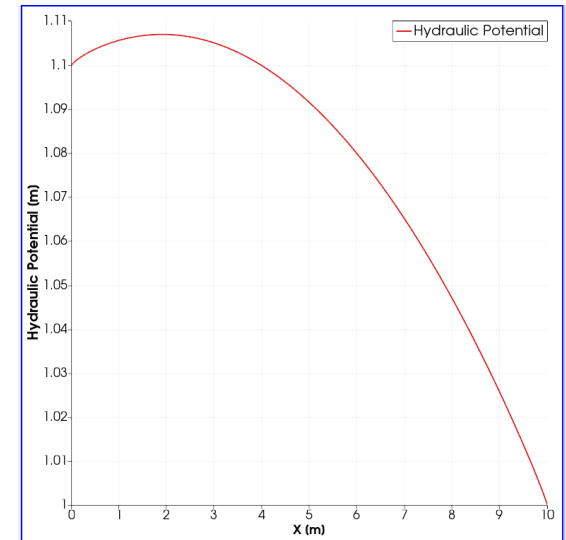
- Grundwasserströmungsgleichung gespannter Aquifer: $S \frac{\partial H}{\partial t} - \text{div}[KM \text{grad } H] - Q_V = 0$

- Lösung 1D mit Neubildung: $H = h_0 + \frac{h_1 - h_0}{L} x + \frac{N}{2KM} x(L - x)$

- Grundwasserscheide im Modellgebiet ist ein Extremwert $\rightarrow \frac{dH}{dx} = 0$

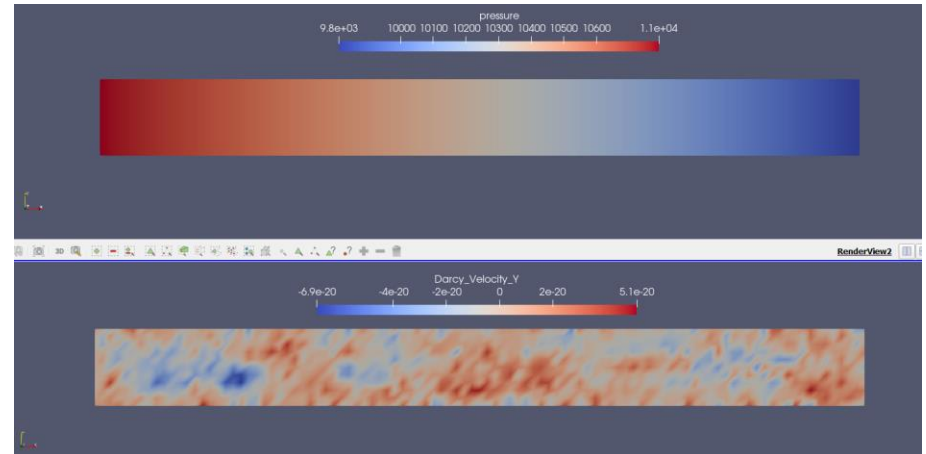
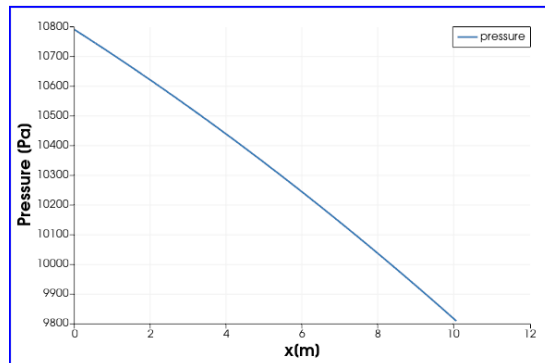
- $x_0 = \frac{L}{2} + \left(\left(\frac{h_1 - h_0}{L} \right) KM \right) \frac{1}{N}$

- Einsetzen der Parameter ergibt für die innere Grundwasserscheide die Position $x_0 = 1.92m$

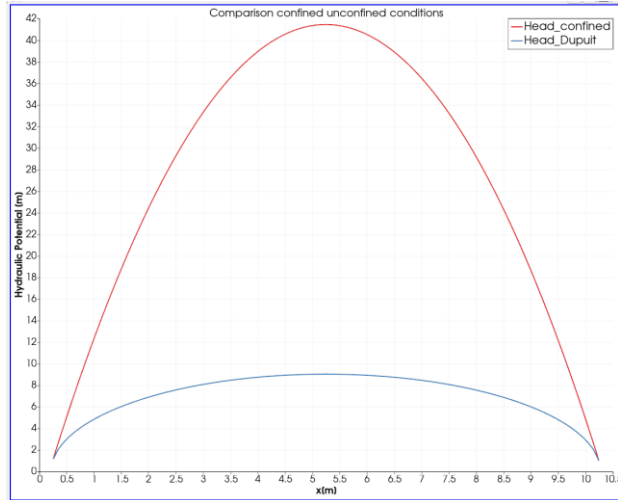


Wiederholung U 6 Randgebietsmodellierung : Neubildung Planar

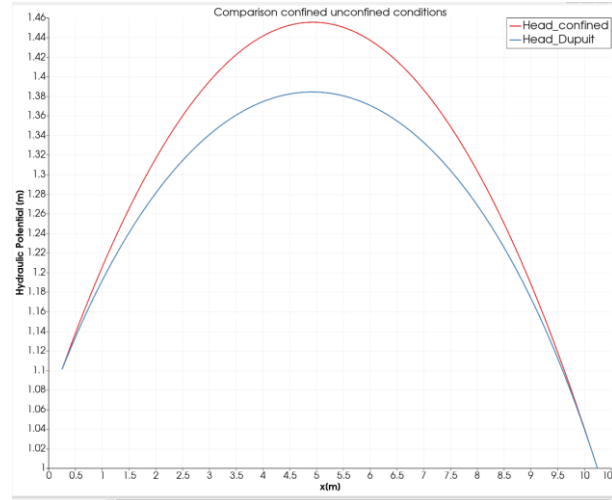
- Oberflächennahe Aquifere sind oft ungespannt, das heißt die durchströmte Aquiferfläche ist eine Funktion des hydraulischen Potentials
- Wir überführen das Querschnittsmodell in ein planares Model (Draufsicht) und setzen die Neubildung auf die gesamte Oberfläche
- Im Gegensatz zum Querschnittsmodell gibt es keine Geschwindigkeitskomponente in Y-Richtung → quasi 1D Strömungsproblem



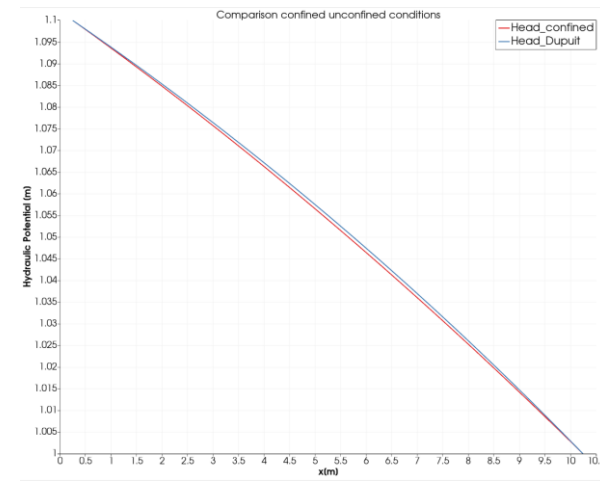
Wiederholung U 6 Randgebietsmodellierung : Neubildung Planar Dupuit



$Kf=9.81E-10$ m/s $R=3.18E-9$ m/s
 $i=0.01$



$Kf=9.81E-8$ m/s $R=3.18E-9$ m/s
 $i=0.01$

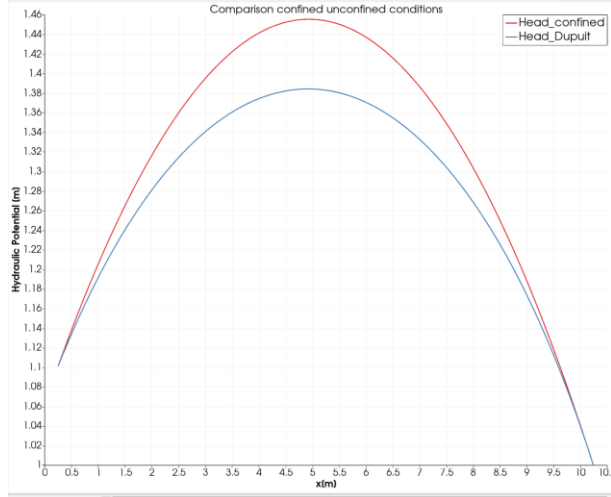


$Kf=9.81E-6$ m/s $R=3.18E-9$ m/s
 $i=0.01$

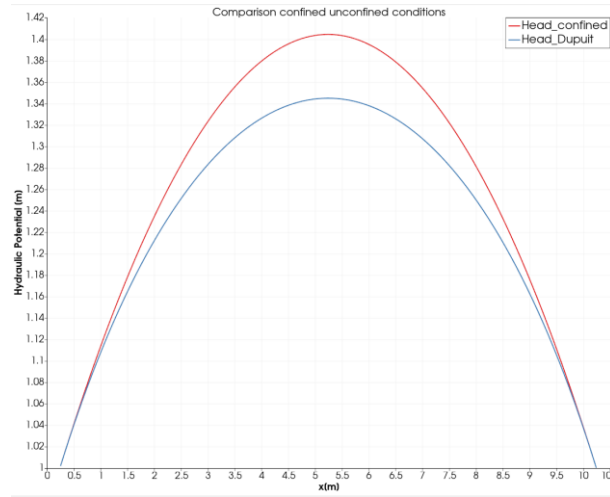
- Ein größeres Verhältnis N/K führt zu einem stärkeren Einfluss des Aquifertyps (gespannt/ungespannt) auf die Verteilung des Hydraulischen Potentials

$$h^2(x) = \frac{h_D^2 - h_0^2}{D} x + h_0^2 + \frac{N}{K} x(D - x)$$

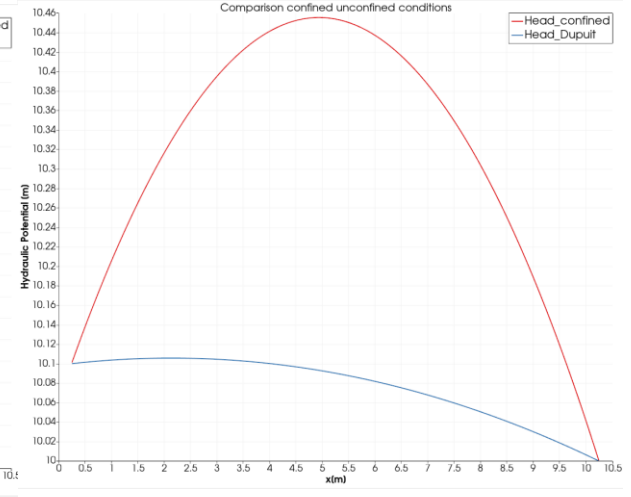
Wiederholung U 6 Randgebietsmodellierung : Neubildung Planar Dupuit



$K_f=9.81E-8$ m/s $R=3.18E-9$ m/s
 $i=0.01$, $h_l=1.1$, $h_r=1$



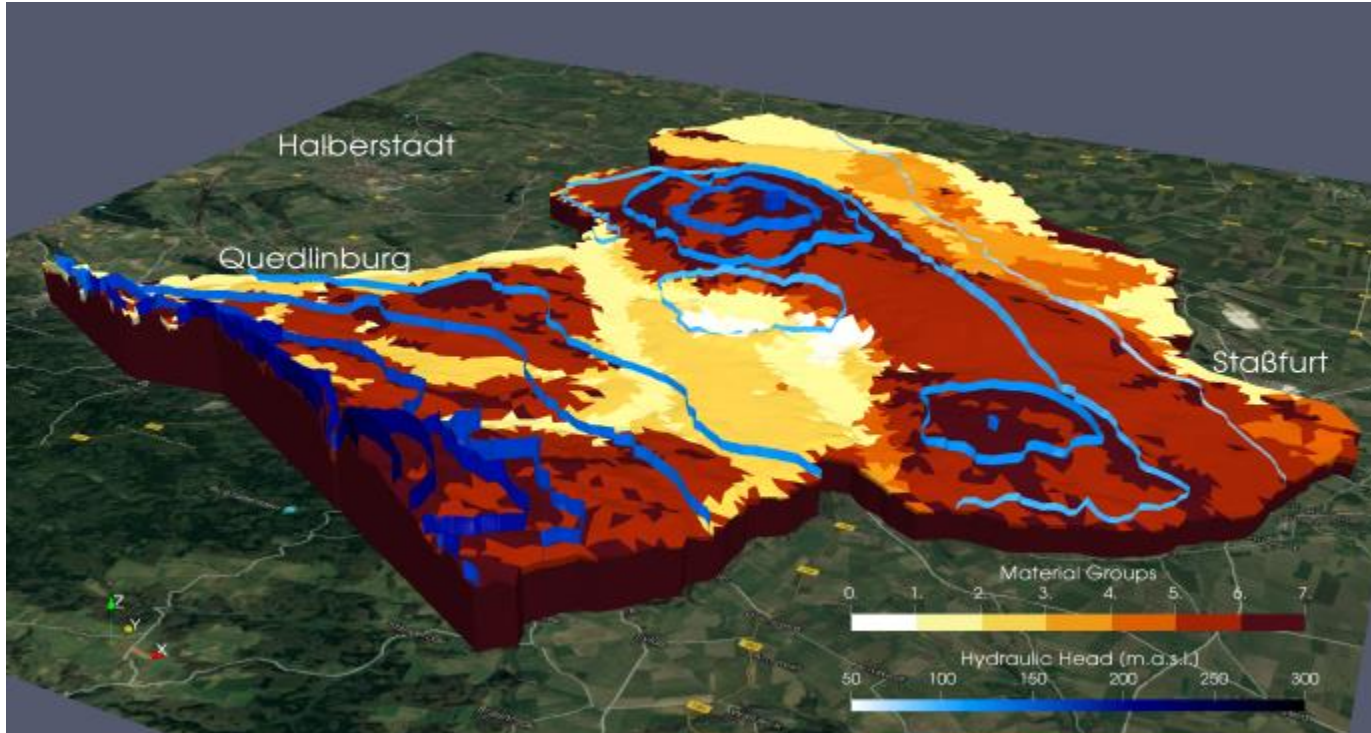
$K_f=9.81E-8$ m/s $R=3.18E-9$ m/s
 $i=0.0001$, $h_l=1.001$, $h_r=1$



$K_f=9.81E-8$ m/s $R=3.18E-9$ m/s
 $i=0.01$, $h_l=10.1$, $h_r=10$

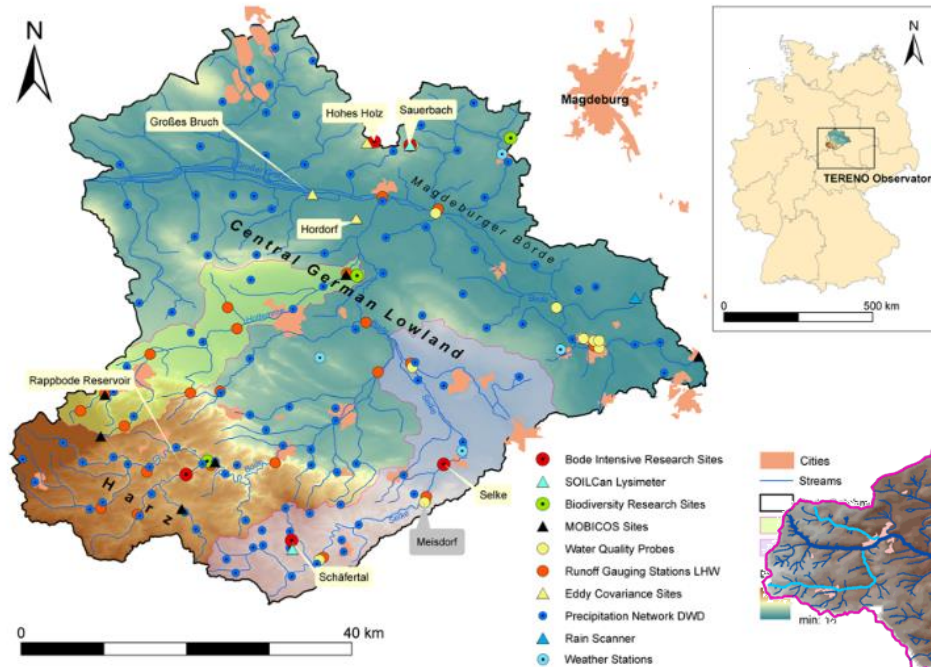
- Die Änderung der durchströmten Fläche führt dazu, dass nicht nur der Gradient i sondern auch die absoluten Werte des Hydraulischen Potentials die Gradientenverteilung des hydraulischen Potentials beeinflussen ($M_{\text{confined}}=1\text{m} \ll M_{\text{Dupuit}} \sim 10\text{m}$)

Grundwassermodellierung Selke

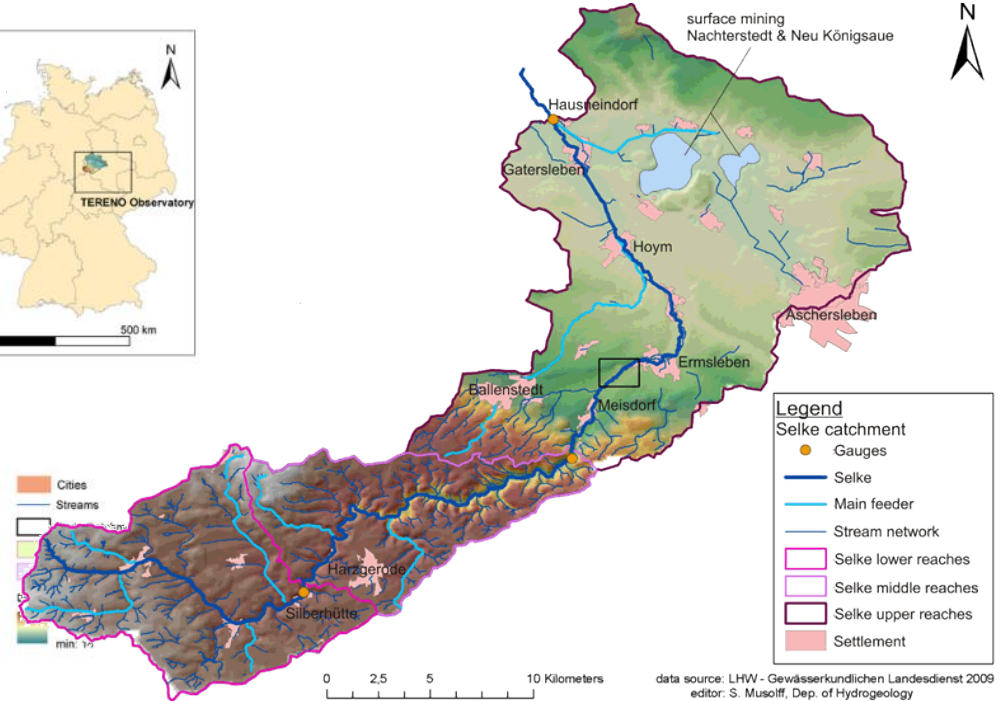


Selke Einzugsgebiet

TERENO Observatorium

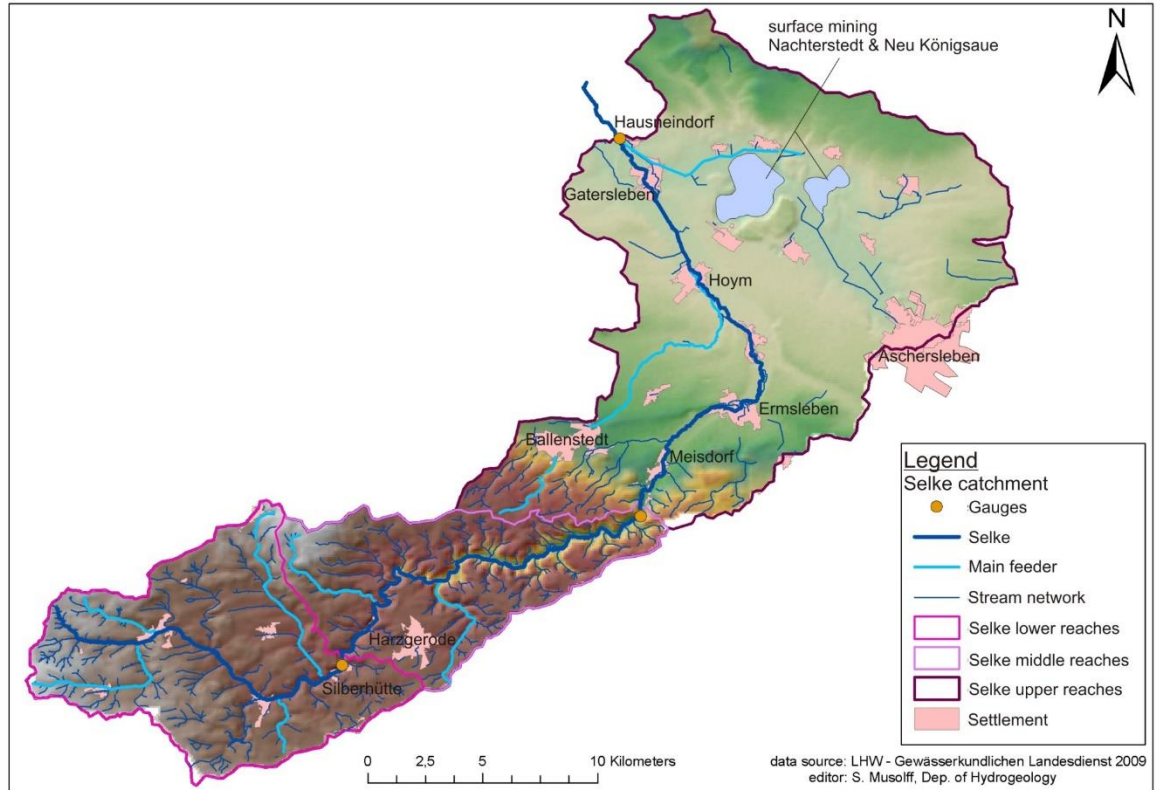


Selke Einzugsgebiet

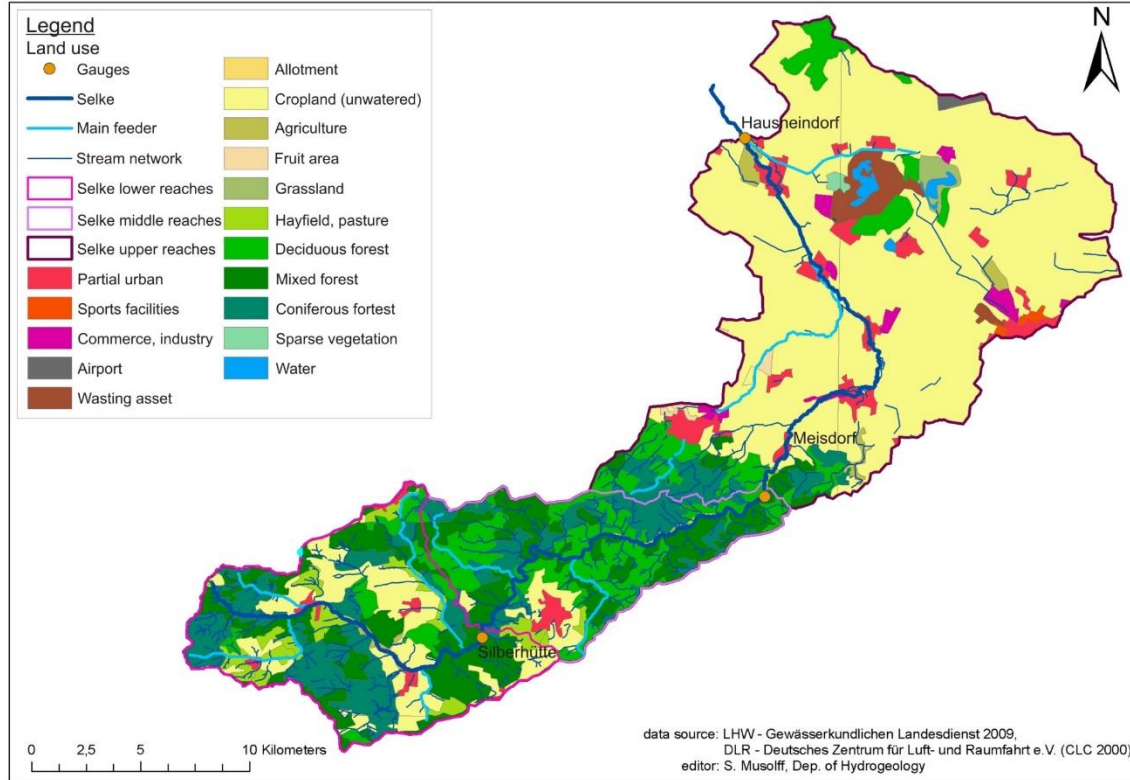


Selke Einzugsgebiet

Einzugsgebiet: 458 km²
Fließstrecke: 66.7 km
MQ: 1.5 m³/s

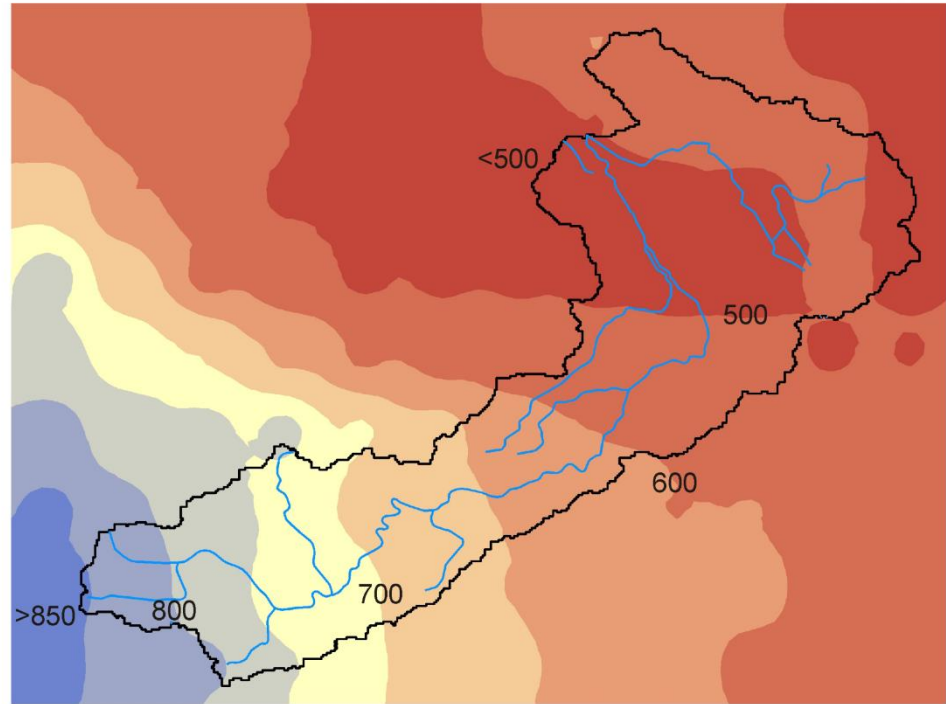


Selke Einzugsgebiet



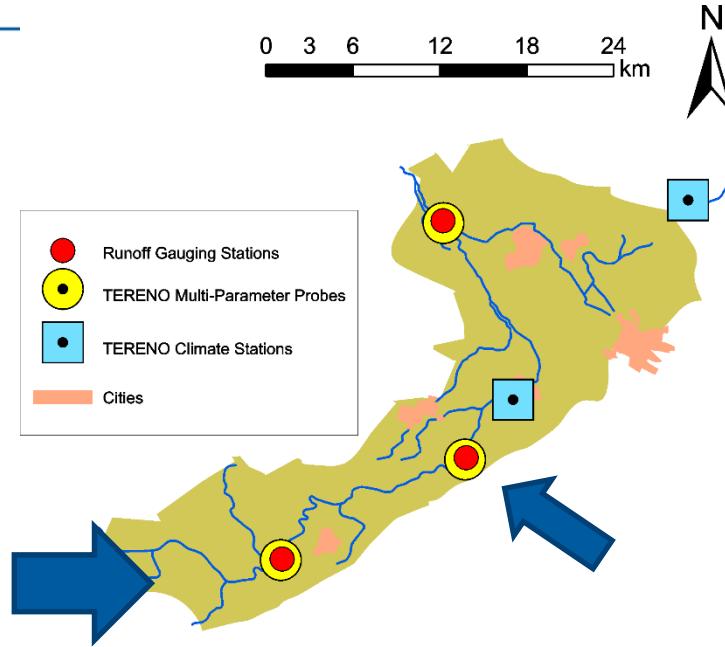
Selke Einzugsgebiet

- Jährliche Niederschlagsverteilung
- Harzschatten



N Trauth

Selke Einzugsgebiet Intensivmessgebiete

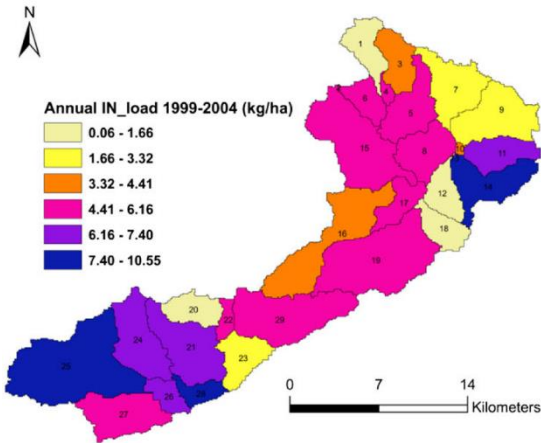


Catchment boundaries: Darstellung auf der Grundlage digitaler Daten des Landesbetriebes für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt, Gen.-Nr. LHW/5.1.3/14/2009

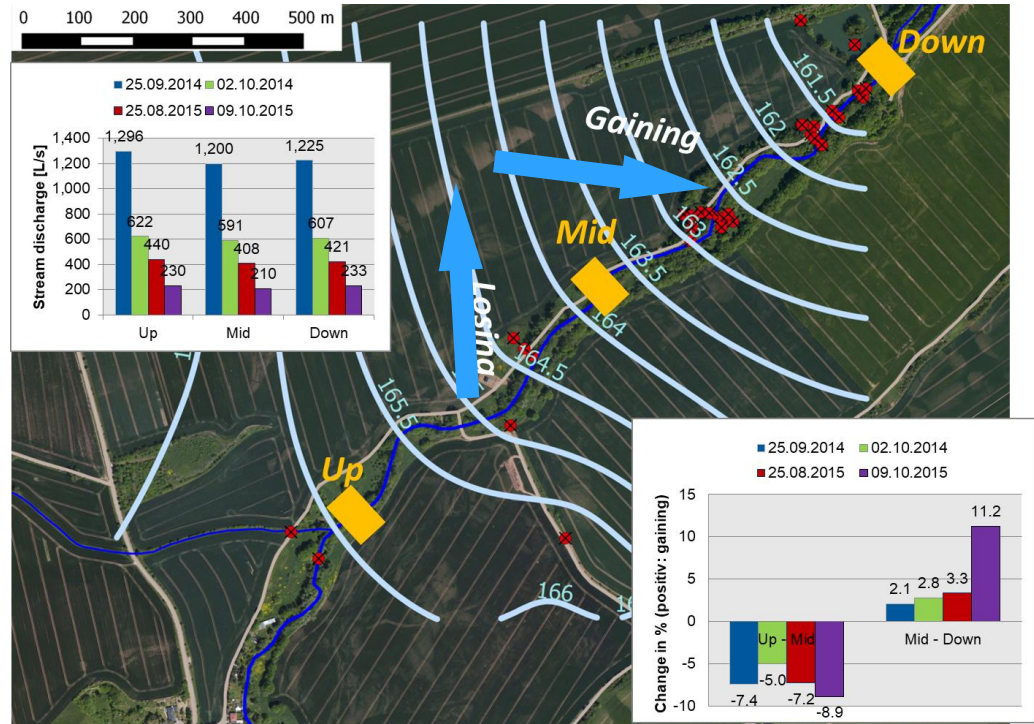
Topographic data: Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), available from <http://srtm.csi.cgiar.org>.

Selke Einzugsgebiet: GW: Flusswasseraustausch

- Im Flussnahbereich existieren alternierende Austauschbedingungen
- Einfluss auf Hydrochemie

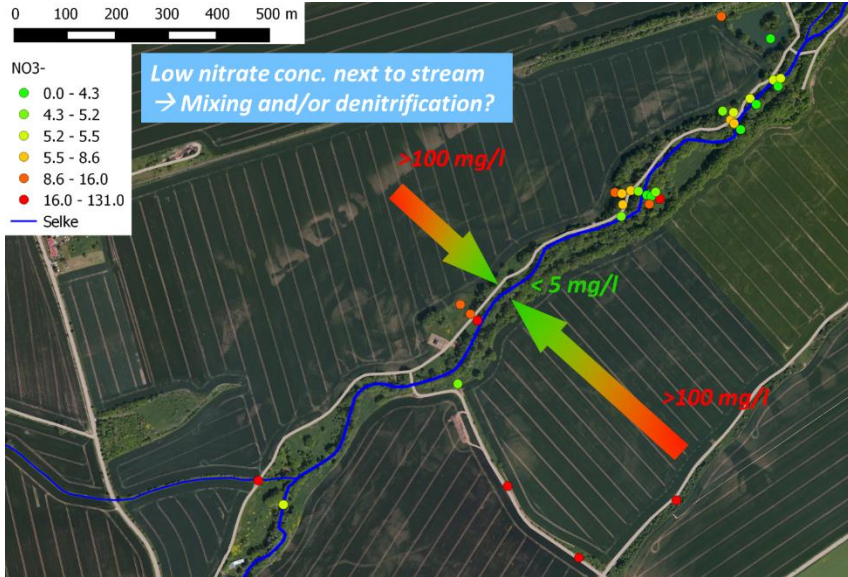


Jiang et al, 2014

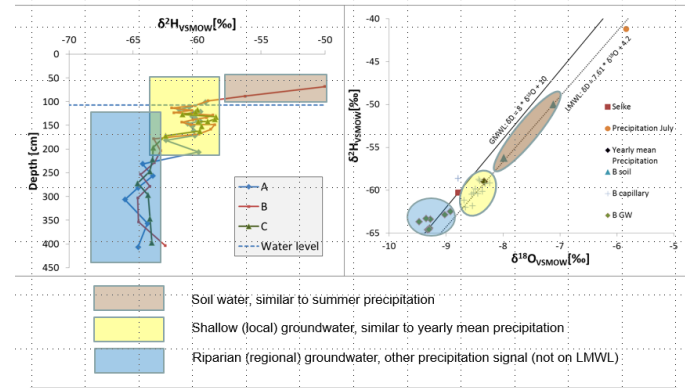
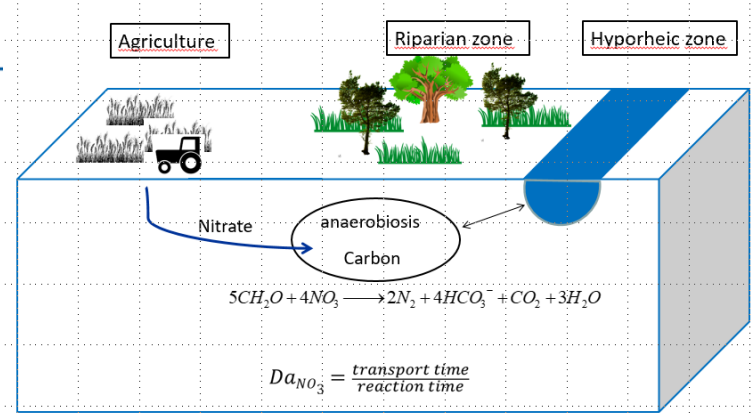


N Truth

Selke Einzugsgebiet: Nitratproblem



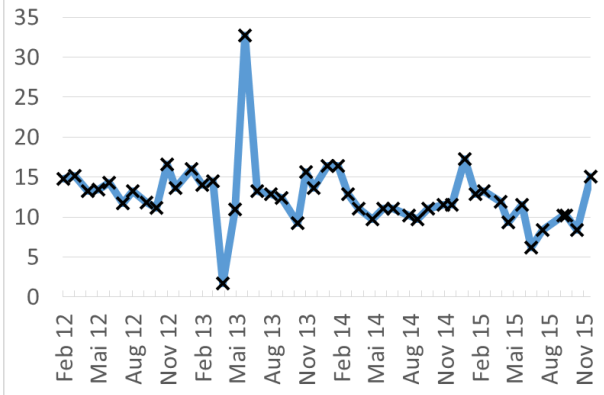
N Trauth



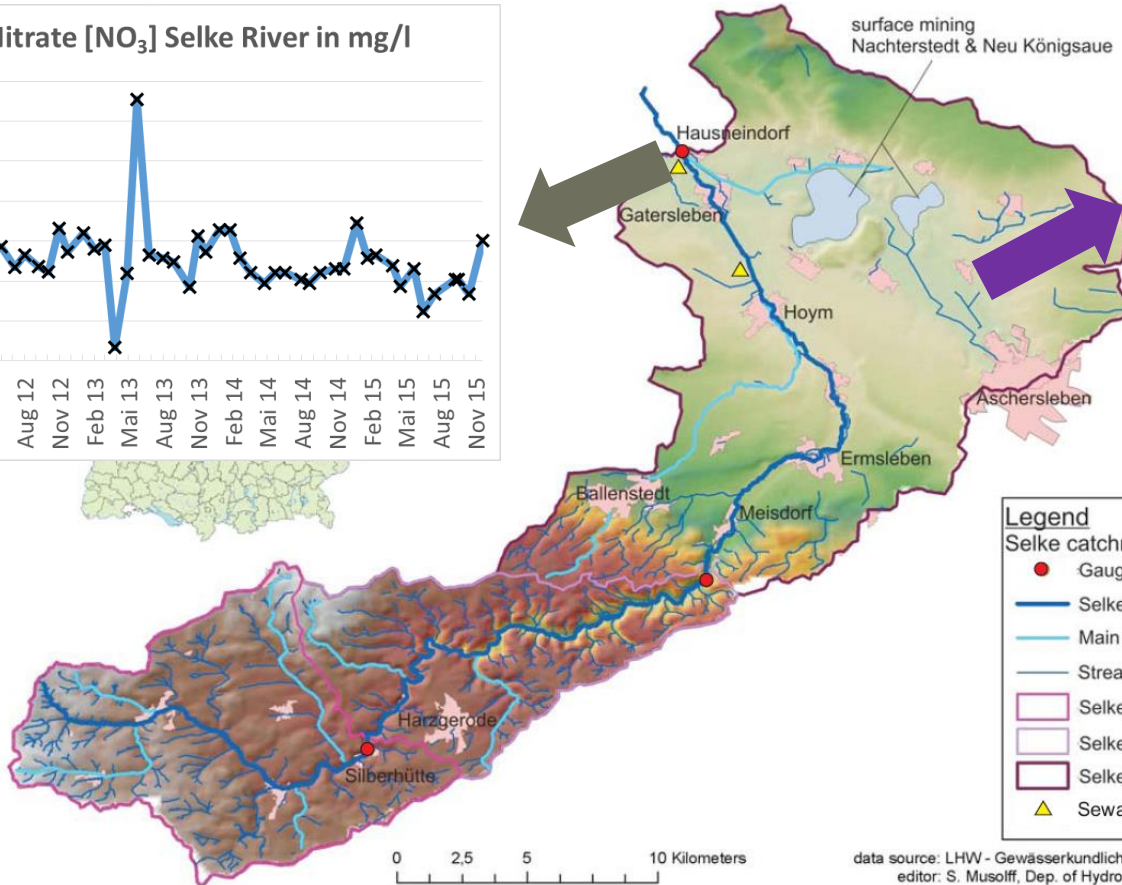
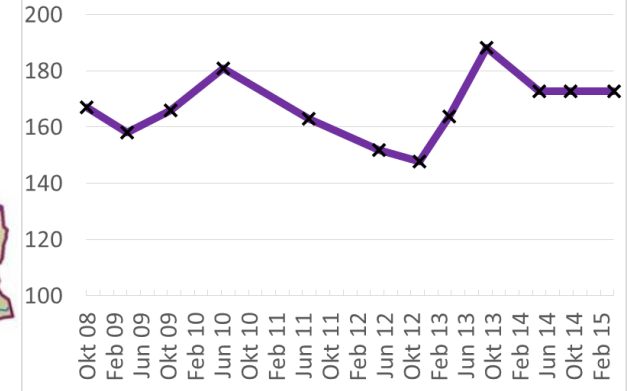
Gassen, 2016

Selkeinzugsgebiet: Nitratbelastung

Nitrate [NO₃] Selke River in mg/l



Nitrate [NO₃] Groundwater in mg/l



Legend

Selke catchment

- Gauges
- Selke
- Main feeder
- Stream network
- Selke lower reaches
- Selke middle reaches
- Selke upper reaches
- ▲ Sewage plant

data source: LHW - Gewässerkundlichen Landesdienst 2009
 editor: S. Musloff, Dep. of Hydrogeology

Selke Einzugsgebiet Geologie

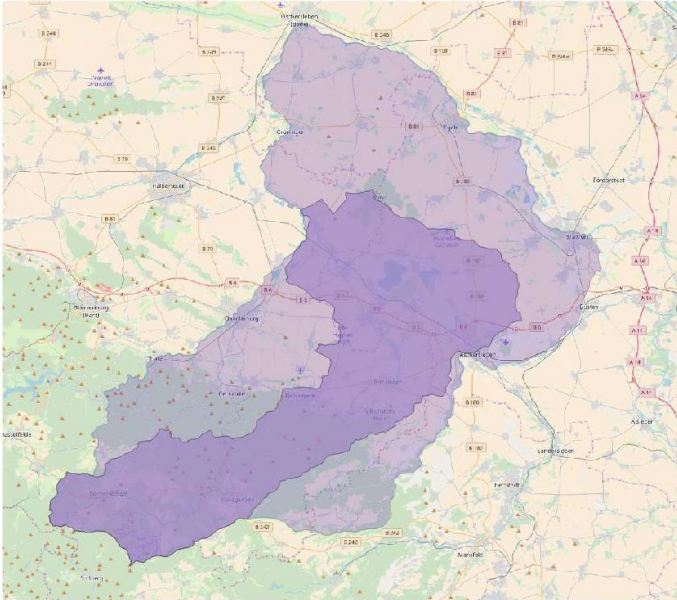


Abb. 2: Modellgebiet StruSelke 2017: Lila-Violett - vorgegebene Modellgrenze; Violett - erweiterte Modellgrenze von 1.153,377 km²

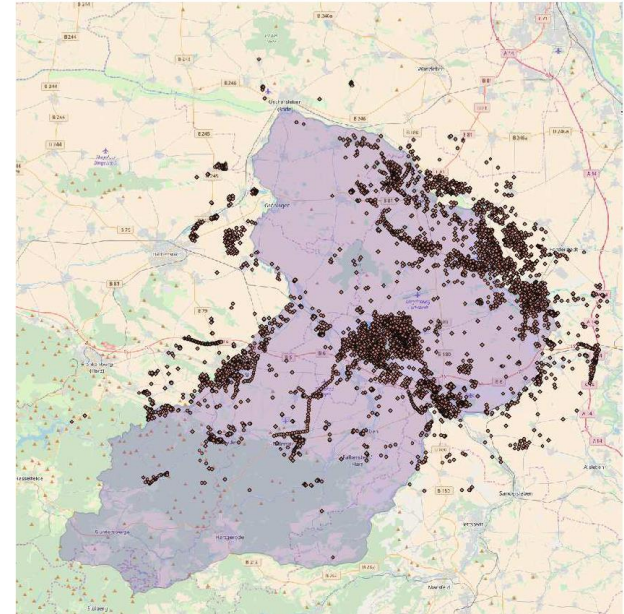
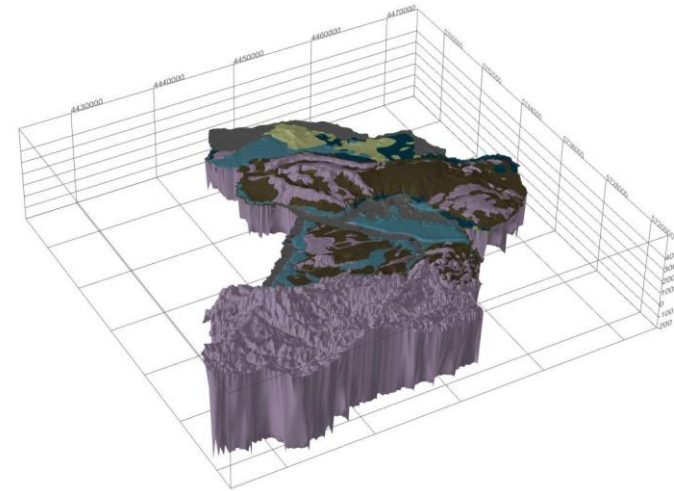


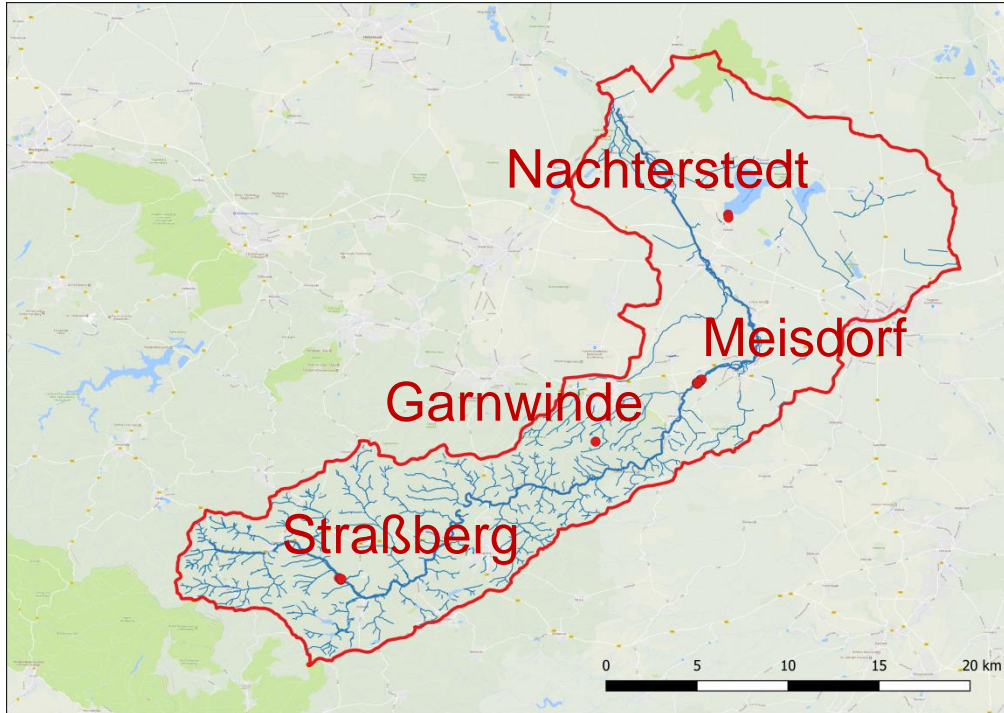
Abb.3: Die zur Verfügung stehenden Bohrdaten aus dem Datenbestand der Landesbohrdatenbank Sachsen-Anhalt 2017

Selke Einzugsgebiet: Geologie

Geologische Einheiten	Kürzel
Mining (Tagebauareale Nachterstedt)	Mi
Niederterrasse (Saale) GWL1	NTGWL1
Mittelterrasse/ Hauptterrasse (Saale) GWL3	MTGWL3
Elsterzeitliche Grundmoräne	EGM
Hochterrasse (Elster) GWL5	HTGWL5
Quartär (ungegliedert)	Q
Tertiär (ungegliedert)	T
Prätertiär	PT



Hydraulische Leitfähigkeit



Number of values

Total: 162

With geographic data: 86 (53,1 %)

Spatial distribution of kf data

Straßberg: 6

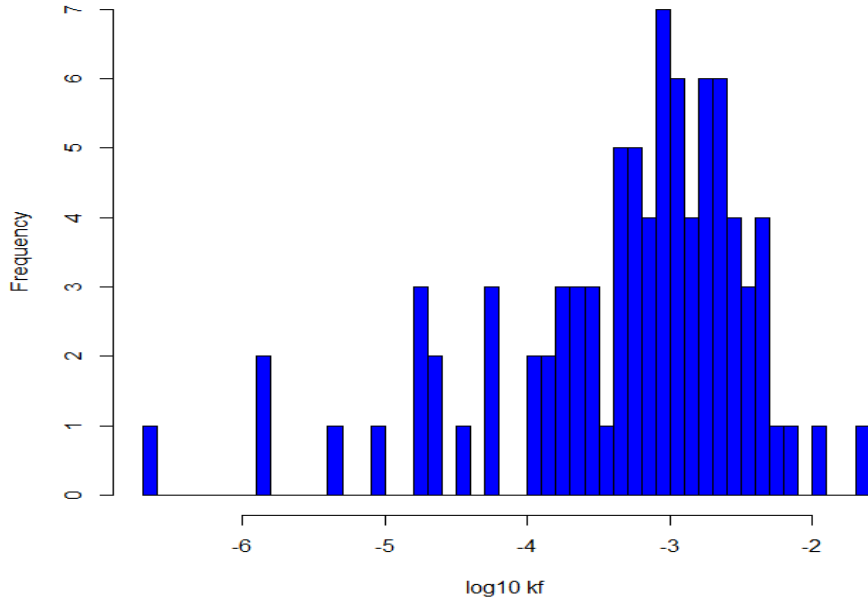
Garnwinde: 3

Meisdorf: 75 (87,2 %)

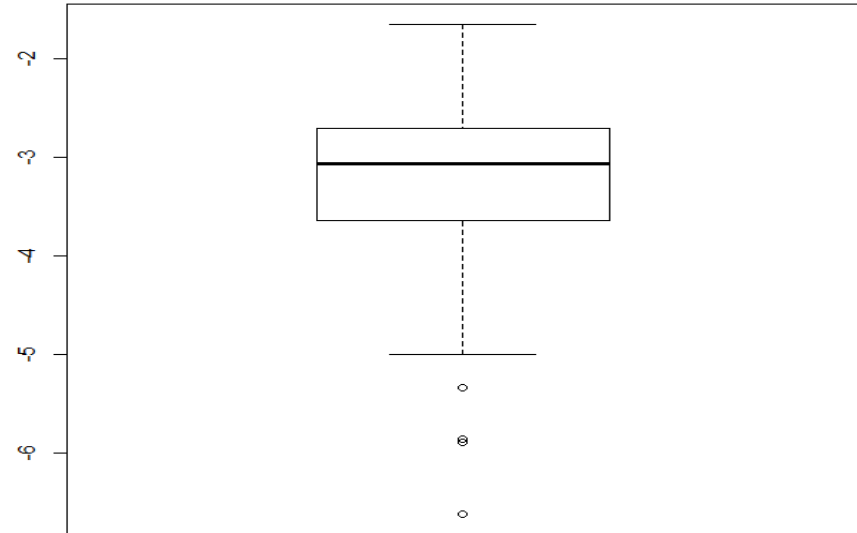
Nachterstedt: 2

Hydraulische Leitfähigkeit

Distribution of kf values



Distribution of kf values



Hydraulische Leitfähigkeit

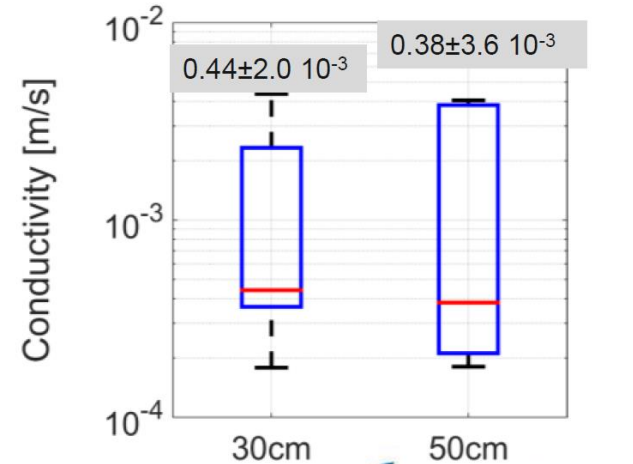
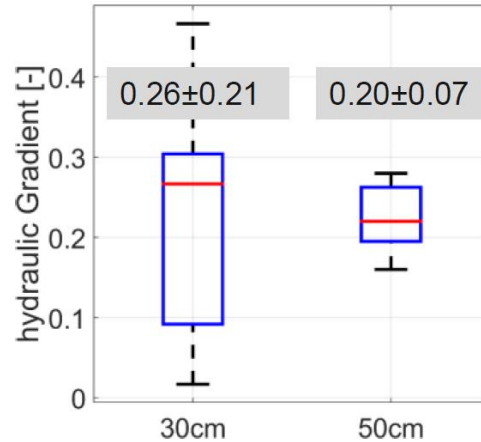
	total	Straßberg	Garnwinde	Meisdorf	Nachterstedt
geometric mean	4,96E-04	5,76E-06	1,06E-05	8,85E-04	3,57E-05
arithmetic mean	1,65E-03	9,38E-06	1,70E-04	1,88E-03	4,03E-05
median	8,50E-04	1,03E-05	1,00E-05	9,92E-04	4,03E-05
standard deviation	2,92E-03	7,71E-06	2,86E-04	3,06E-03	2,63E-05
min	2,40E-07	1,30E-06	2,40E-07	2,47E-05	2,17E-05
max	2,23E-02	1,70E-05	5,00E-04	2,23E-02	5,89E-05
amount	86	6	3	75	2

Selkemoell: Grenzschiht Hydraulische Leitfahigkeit



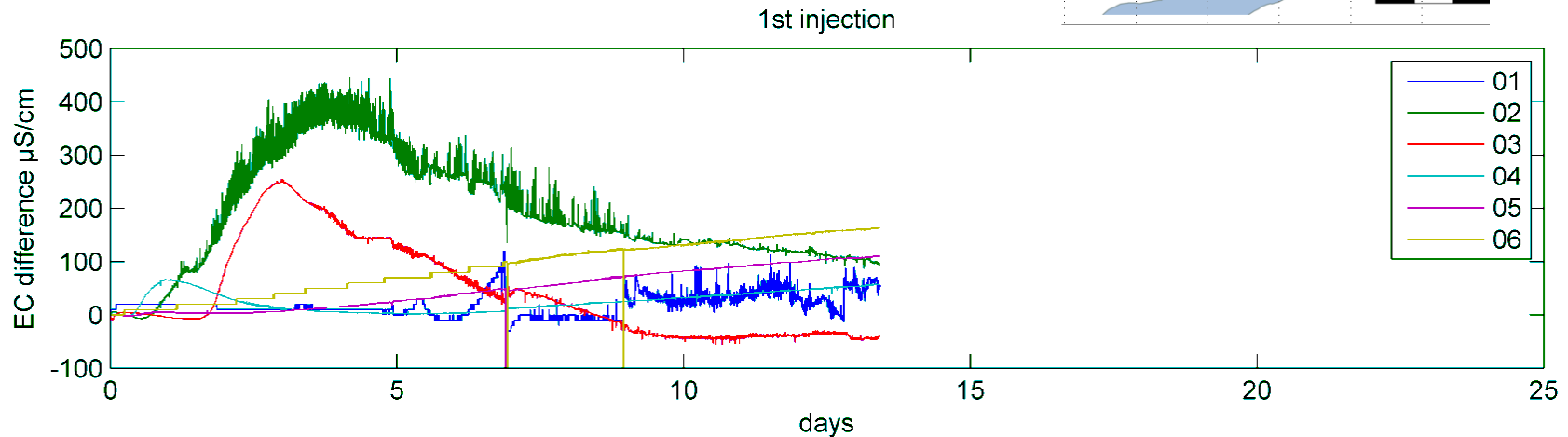
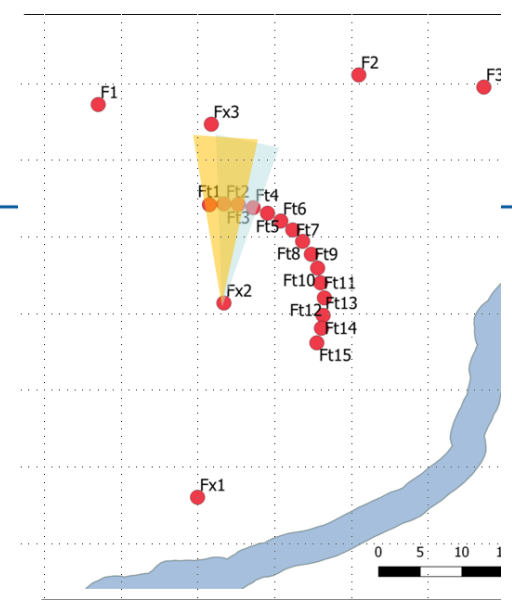
Messungen nur in einem Manderbogen!

Drilling Depth Impact



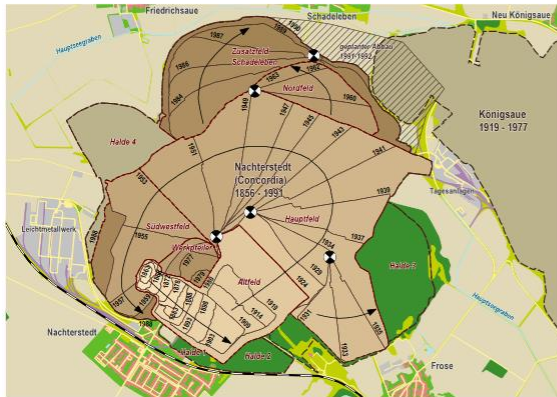
Porosität

- In der Meisdorfer Flussaue Porosität=0.3
(Gassen 2016, Petermann 2011)



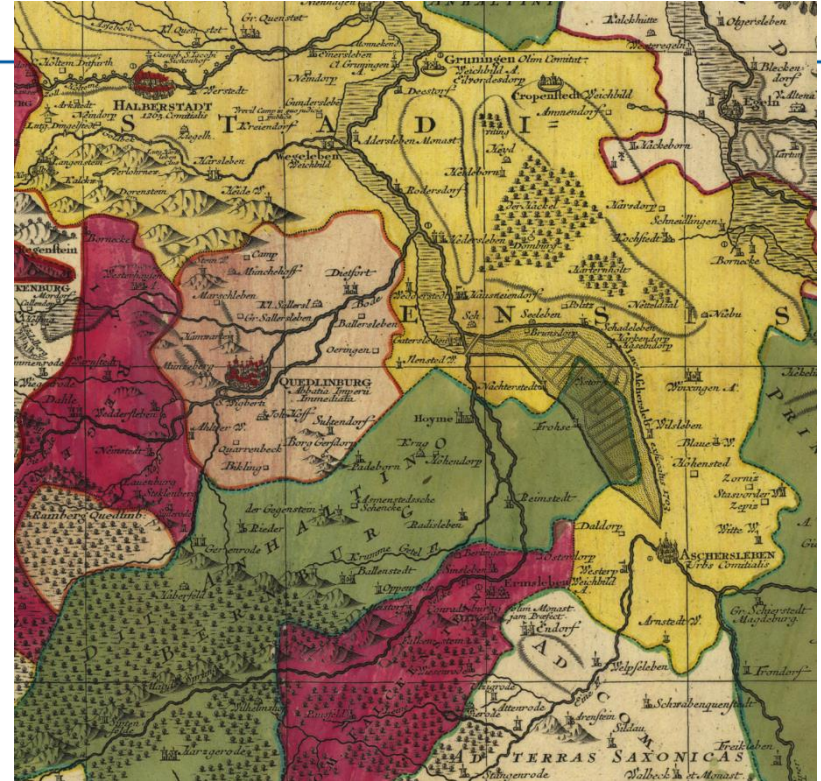
Selke Modell Bergbaufolgen

- Das Gebiet zwischen Harz und Hackel war historisch ein See und Sumpfgebiet (→Hohe Grundwasserstände)
- Braunkohlengewinnung im Tagebau von 1856 bis 1991
- Mächtigkeit der Flöze 30-50m



Tagebau Nachterstedt
(1856-1991)

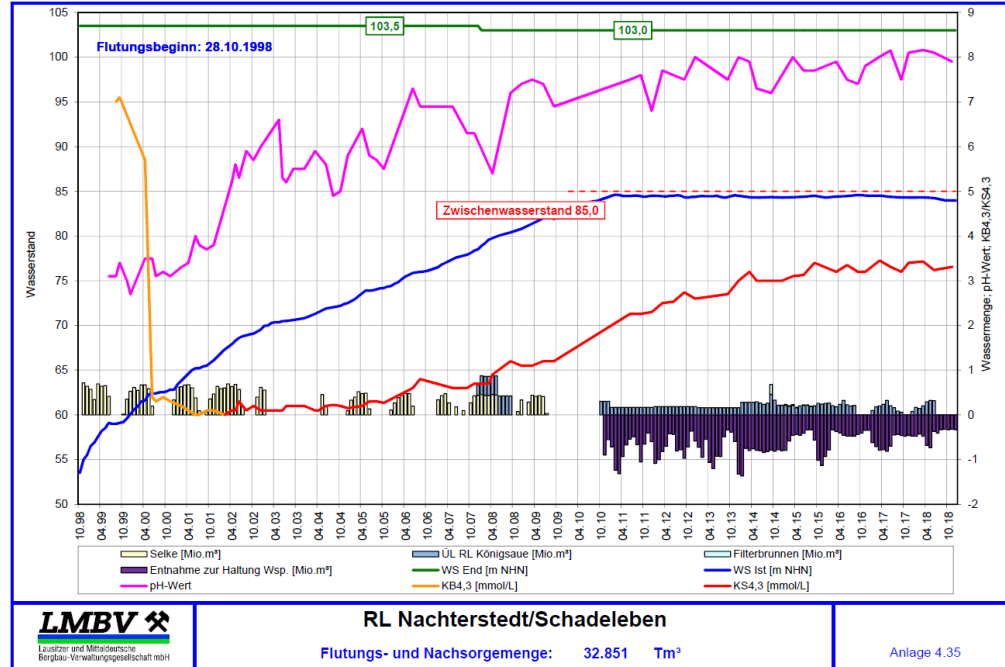
Landinanspruchnahme: 1.077 ha
Rohtkohleförderung: 174 Mio. t
Abraumbewegung: 285 Mio. m³



Wikipedia

<https://tinyurl.com/4rbktav4>

Selke Modell Bergbau



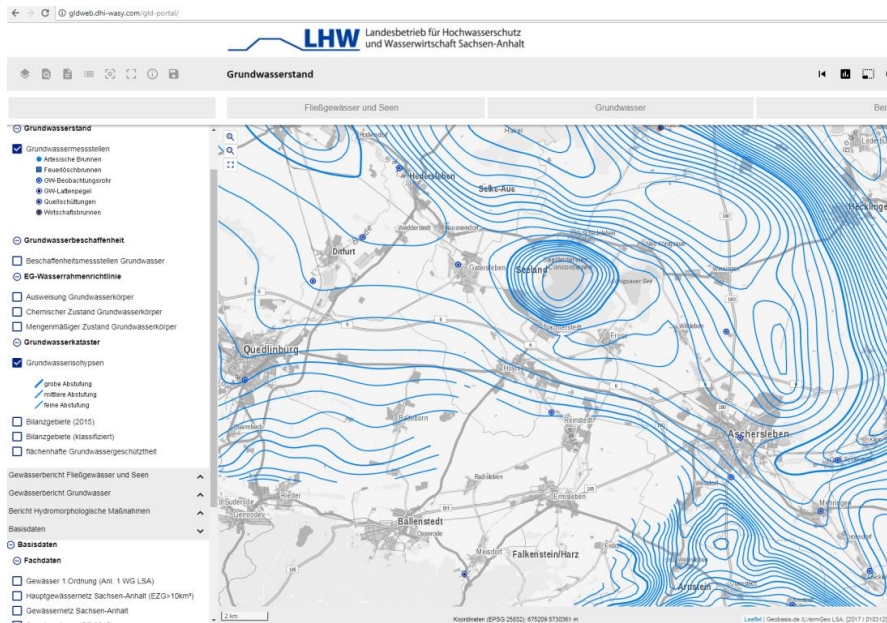
LMBV
 Lausitzer und Mitteldieselsche
 Bergbau-Vereinigungsgesellschaft mbH

RL Nachterstedt/Schadeleben

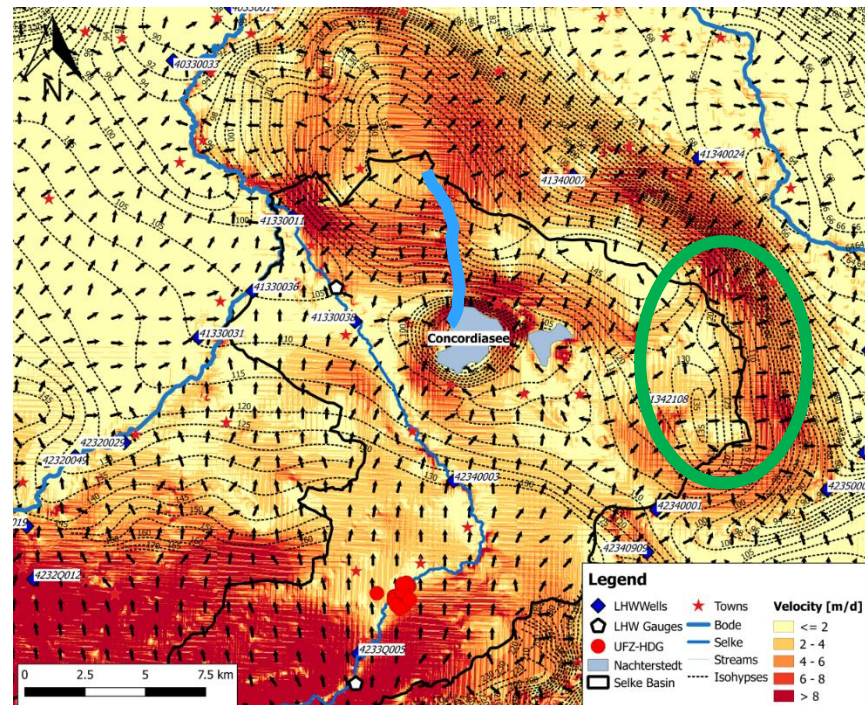
Flutungs- und Nachsorgemenge: 32.851 Tm³

Anlage 4.35

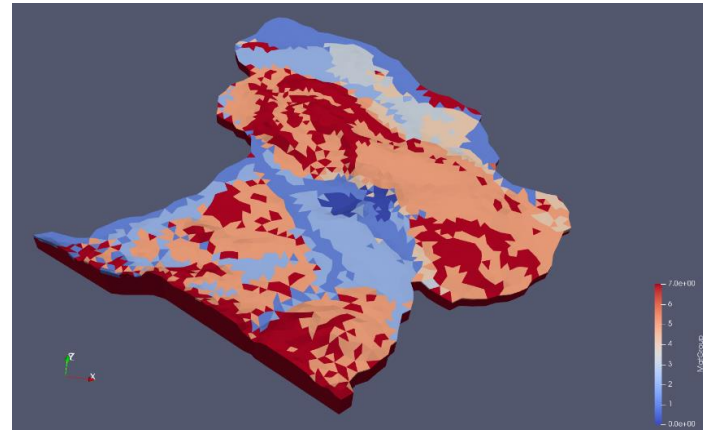
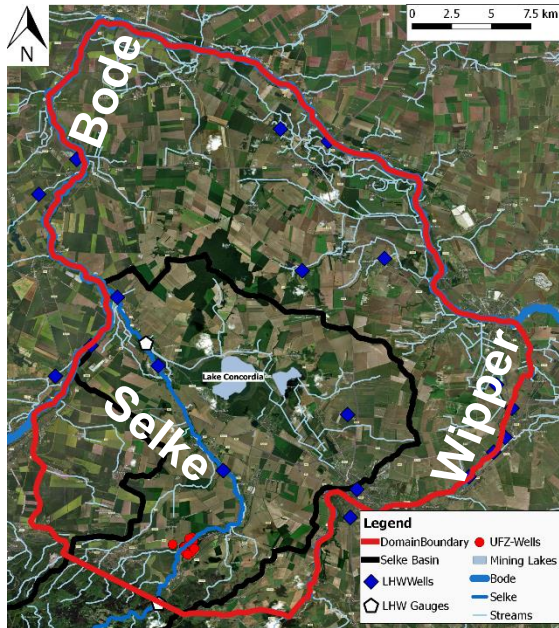
Selkemodel: Einfluss des Bergbaus



LHW Datenportal Sachsen-Anhalt

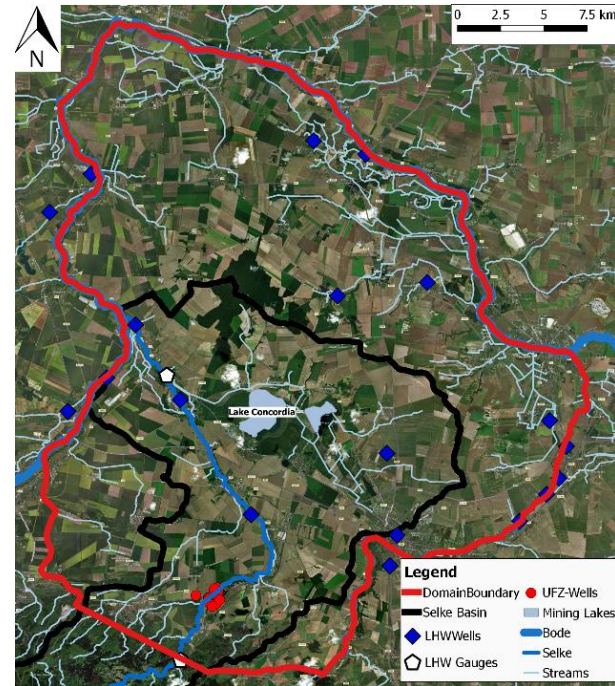


Selke Modell Abgrenzung



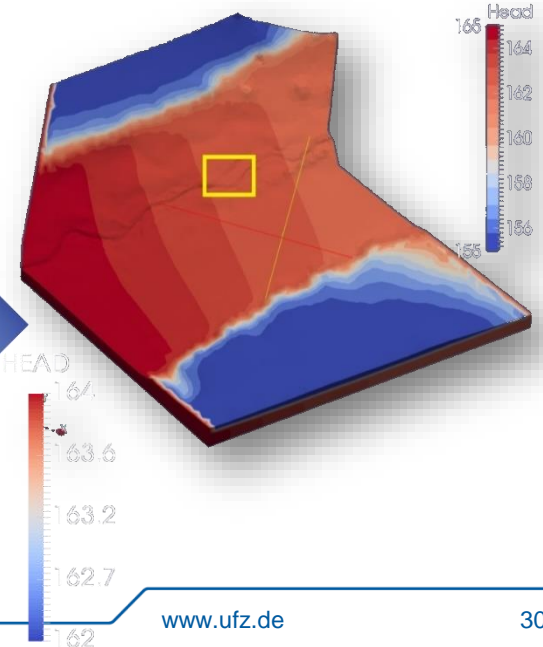
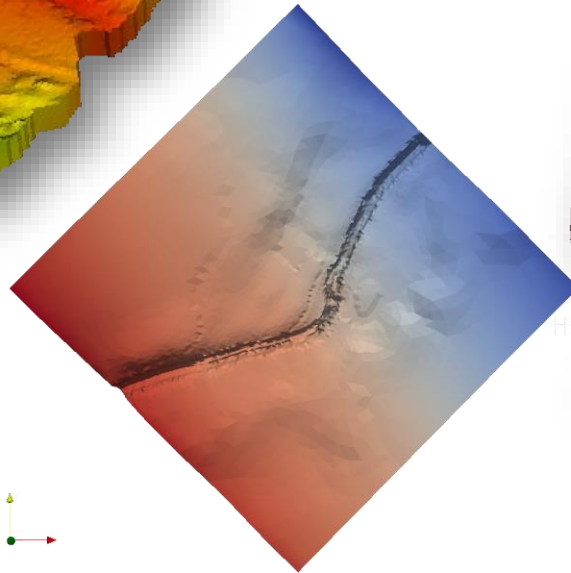
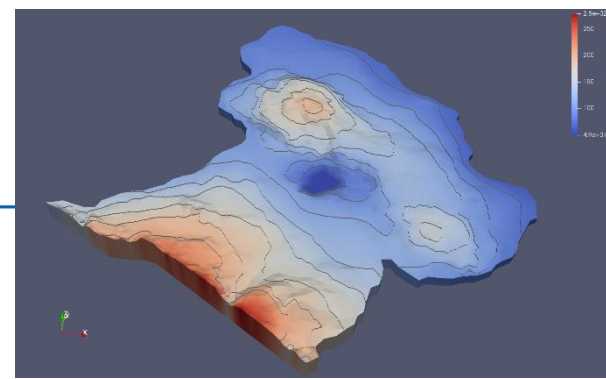
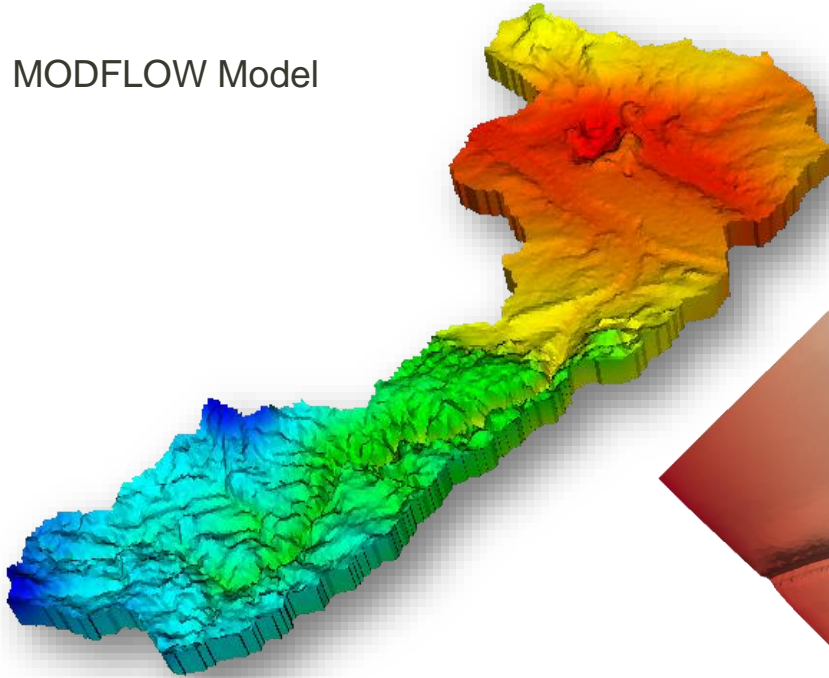
Selke Modell: Hydrometeorologische Messstellen

- 4 GWMS im Selke Einzugsgebiet (+21 in der Umgebung)
- Zeitreihendaten von 1.1.1996-31.12.2016 (theoretisch bis heute)
- Monatliche Beprobung
- 2 Selkepegel und 2 Bodepegel (15 minütliche Auflösung)
- DWD meteorologische Station Dittfurt (30 min)



Selke: Andere Grundwassermodelle

- 4+ OGS Modelle in 10 Jahren
- MODFLOW Model










Systematische Zusammenfassung

- Selkeinzugsgebiet bietet aus Hydro(geo)logischer Sicht spannende Herausforderungen:
 1. Einfluss von Tagebaurestlöchern auf die regionale Grundwasserbilanz sowie die Ausdehnung der Grundwasserkörper
 2. Verteilung, Transport und Reaktion von Nährstoffen wie Nitrat im Gewässersystem

- Ein numerisches Grundwasserströmungsmodell kann hilfreich für die Systemanalyse sein, um:
 1. Die Auswirkung der Tagebauflutung auf das Grundwasserfließverhalten zu bewerten
 2. Verweilzeiten und Fließrichtungen des Grundwassers zu bestimmen
 3. Grundwasserbewirtschaftungs- und Bilanzgrenzen zu identifizieren
 4. Den Einfluss des Grundwassers auf die Oberflächenwasserkörper (hier vor allem die Selke) zu quantifizieren und die Effizienz von Sanierungsmaßnahmen (z.B. erforderlich aus WRRL) einzuschätzen

Systematische Zusammenfassung

- Für den Aufbau eines Grundwassermodells stehen uns folgende Daten zur Verfügung (von Vorlesung 1 und Hölting & Coldewey):
 - Geländehöhen, Geologie, Basis und Oberfläche der relevanten Schichten (Grundwasserleiter) 
 - Vorflutpotenziale an Oberflächengewässern 
 - Flächendifferenzierte hydraulische Parameter wie **Durchlässigkeitsbeiwerte, Speicherkoeffizienten, Porosität** 
 - Grundwassergleichen und repräsentative Grundwasserstandsganglinien von Grundwassermessstellen 
 - Wechselwirkungen zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser (Wasserstände und **Leakagekoeffizienten**) 
 - Standorte und Mengen für Entnahmen und Versickerungen 
 - Flächendifferenzierte Grundwasserneubildung 
 - Niederschlag und Verdunstung auf offenen Wasserflächen 