



Das Grundwassermodell des LANUV

Christoph Weidner, Dorothee Levacher

3. Sitzung der Fachgruppe Flurabstandsprognose, 28.03.2017

Gliederung

Einführung

- Ablauf bei Grundwassermodellierungen
- Veranlassung und Historie der Großraummodells des LANUV
- Lage und Aufbau

Eingangsdaten und Annahmen

- Bergbaubezogene Eingangsdaten
- Grundwasserentnahmen Dritter
- Grundwasserneubildung
- Oberflächengewässer

Modellkalibrierung

- Kalibriergröße: Hydraulische Leitfähigkeiten (k_f -Werte)
- Vergleichsgrundlage: Grundwasserstände

Zusammenfassung und Ausblick

Ablauf bei Grundwassermodellierungen

Veranlassung und Modellaufbau:

- Fragestellung, Lage, Randbedingungen und Eingangsdaten
- Netzaufbau, Parametrisierung

Kalibrierung:

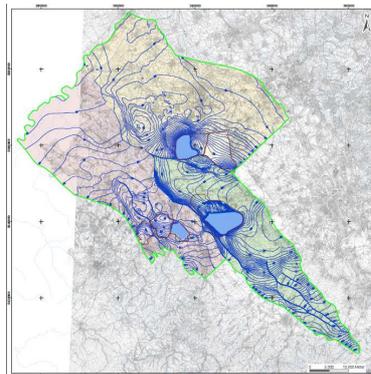
- Variation hydraulischer Leitfähigkeiten innerhalb naturwissenschaftlich plausibler Bereiche zur Anpassung der modellierten an tatsächlich gemessene Grundwasserstände

Simulation von Grundwasserständen:

- Berechnung verschiedener Varianten
- Prognose zukünftiger Entwicklungen

Ergebnisse:

- Grundwasserstand für jeden Modellknoten zu jedem Modellzeitschritt
 - GW-Ganglinien
 - GW-Gleichenpläne
- Bilanzen



Veranlassung und Historie

Das Grundwassermodell des LANUV

Bisherige Aufgaben:

- Behördenseitige Einschätzung der großräumigen Grundwassersituation für verschiedene Szenarien
- Monitoring Garzweiler II
 - Beurteilung von Einfluss auf Feuchtgebiete
 - Wasserbedarf und Dauer für Infiltrationen, Sumpfung und Restseebefüllung
- Verschwenkung der Einzugsgebiete von Trinkwassergewinnungsanlagen

Aktueller Anlass:

- Grundwasserganglinien als Eingangsdaten für das Modell zur Bodenbewegungsprognose
- Berechnung von Grundwassergleichen zur Erstellung der Flurabstandskarte

In Zukunft möglich:

- Umsetzung der Leitentscheidung von 2015

Bis 2005:
3 einzelne GW-Modelle
 Fertigstellung
 1986 (RS), 1990 (VS), 1997 (ES)
 IWW der RWTH Aachen
 eigene Software FESSIM



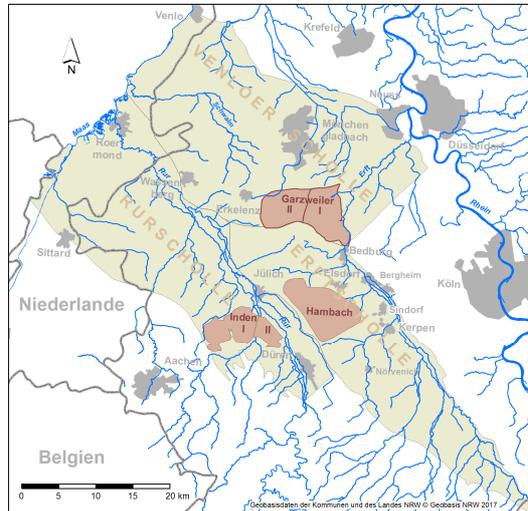
Bis 2007:
 Zusammenführung zu
Drei-Schollen-Modell
 Umstellung auf FEFLOW
 Übergabe an LANUV



Seit 2011:
 Aktualisierung & Kalibrierung
 durch GCI GmbH



Lage und Aufbau des Großraummodells des LANUV



Gebietsgröße: 3090 km²

Erftscholle
Rurscholle
Venloer Scholle

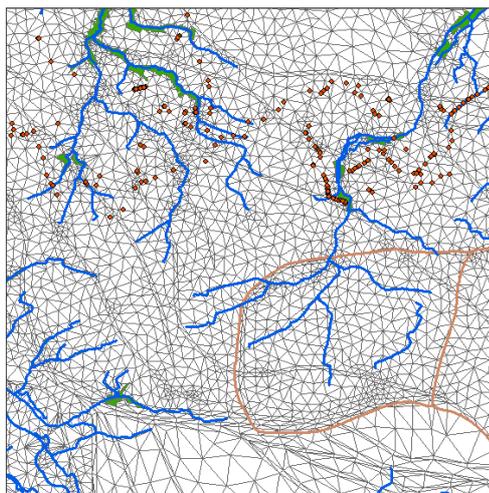
3D-Modell

instationär (1975-2200)

Modellsoftware FeFlow
der Firma DHI Wasy



Horizontale Diskretisierung



Netzknoten orientiert an
räumlichen Strukturen

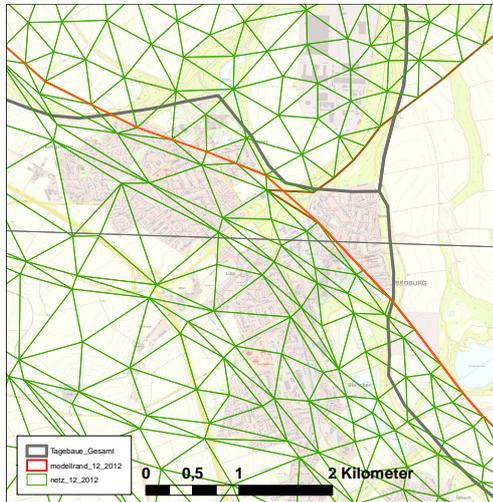
- Finite Elemente-Netz mit
> 1,75 Mio. Dreieckselementen
- 919.302 Knoten in Abständen
von 50 m (VS) bis > 1000 m (ES)

Netzverdichtung je nach
Fragestellung, für Erftscholle
geplant

- höhere Rechenzeiten
- Aussageschärfe kann nur durch
höhere Eingangsdatendichte
erhöht werden



Horizontale Diskretisierung



Netzknoten orientiert an räumlichen Strukturen

- Finite Elemente-Netz mit > 1,75 Mio. Dreieckselementen
- 919.302 Knoten in Abständen von 50 m (VS) bis > 1000 m (ES)

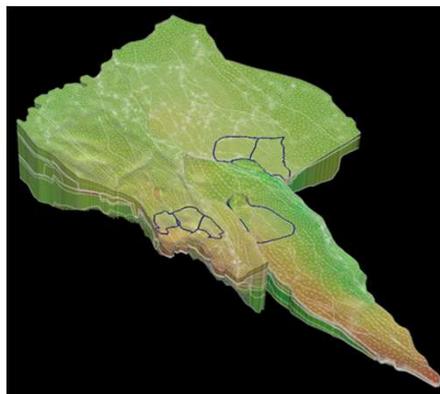
Netzverdichtung je nach Fragestellung, für Erftscholle geplant

- höhere Rechenzeiten
- Aussageschärfe kann nur durch höhere Eingangsdatendichte erhöht werden



Vertikale Diskretisierung

Layer des aktuellen FEFLOW-Modells	Venloer Scholle (VS)	Rurscholle (RS)	Erftscholle (ES)
1			
2			
3			
4			
5	14-19	14-19 / Ton 13/12	
6			Ton 13
7			
8			12
9			
10	Ton 13	Ton 11E / 11 / Ton 11A	Ton 11E / Ton 11A
11			
12	12		10
13			
14	11E	Ton 9C	Ton 9C
15			
16	11D	9B	9B
17			
18	11C	Ton 9A	Ton 9A
19			
20	10/9B/B	8	8
21			
22	Flöz 6E	Flöz 7F / Flöz 7B/D	Flöz 7F/7E / Flöz 7B
23			
24	6D	7A	7A
25			
26	6C	Flöz 6E	Flöz 6E
27			
28	6B	6D	6D
29			
30	Flöz 6A	Flöz 6C	Flöz 6C
31			
32	4-5	6B	6B
33			
34		Flöz 6A	Flöz 6A
35			
36		2-5	2-5
37			
38		Ton 1	Ton 1
39			
40		01-09	01-09



3D-Modell

- 10 GW-Leiter (blau)
- 9 GW-Stauer (orange, grau)
- 40 Modellschichten



Geologie – aktuelle Überarbeitung

Einbau der geologischen Informationen des Geologischen Dienstes

- Venloer Scholle Stand 2011
- Rurscholle Stand 2004/2005
- Erftscholle aktuell in der Überarbeitung
 - neue geologische Bearbeitung
 - 2 Stauer im Modell ergänzt

Zusammenfassung zu Modellschichten

- Z.B. Hz. 7E in Stauer integriert
- Zusammenfassung Wechsellagerung 2-5

bisheriges Modell		aktualisiertes Modell	
Schicht	hydr. Eigenschaft	Schicht	hydr. Eigenschaft
14.19 / Ton13 / 12	Leiter	14.19 Ton 13	Leiter Stauer
		12	Leiter
Ton 11E / Ton 11A	Stauer	Ton 11E / Ton 11A	Stauer
10 / Ton 9C / 9B	Leiter	10 Ton 9C	Leiter Stauer
		9B	Leiter
Ton 9A	Stauer	Ton 9A	Stauer
8	Leiter	8	Leiter
Floz 7F / 7E / Floz 7D	Stauer	Floz 7F / 7E / Floz 7D	Stauer
7A	Leiter	7A	Leiter
Floz 6E	Stauer	Floz 6E	Stauer
6D	Leiter	6D	Leiter
Floz 6C	Stauer	Floz 6C	Stauer
6B	Leiter	6B	Leiter
Floz 6A	Stauer	Floz 6A	Stauer
2 - 5	Leiter	2 - 5	Leiter
Ton 1	Stauer	Ton 1	Stauer
01-09	Leiter	01-09	Leiter

Aktualisierung Geologie Erftscholle
Stand 2017



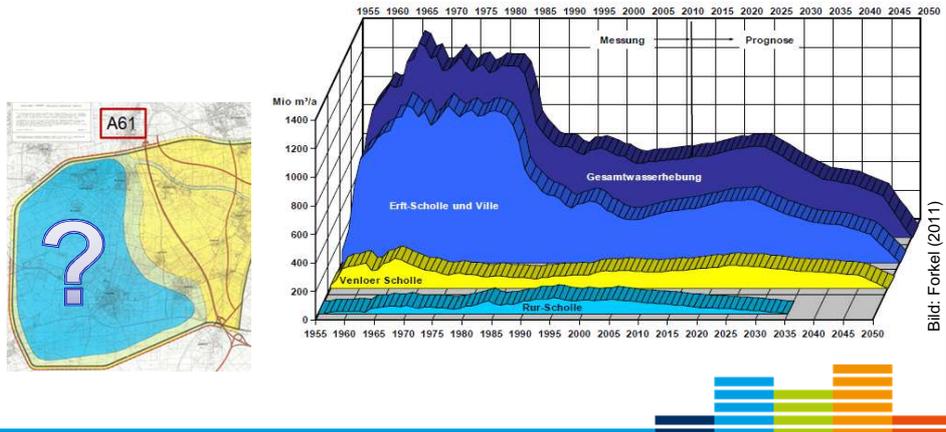
Eingangsdaten und Annahmen



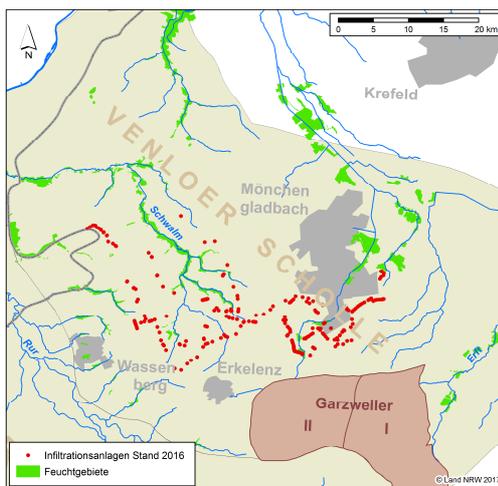
Bergbaubezogene Eingangsdaten

Datenlieferung durch die RWE Power AG:

- Tagbaufortschritt, Restseeplanung
- Lage und Mengenangaben für Sumpfungs- und Infiltrationsanlagen
- Änderungen aufgrund von Umplanungen möglich

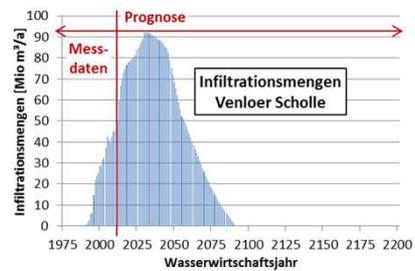


Bergbaubezogene Eingangsdaten



Infiltrationsanlagen (Venloer Scholle)

- In Betrieb: ca. 280
- Geplant: ca. 100



GW-Entnahmen Dritter

Entnahmen für

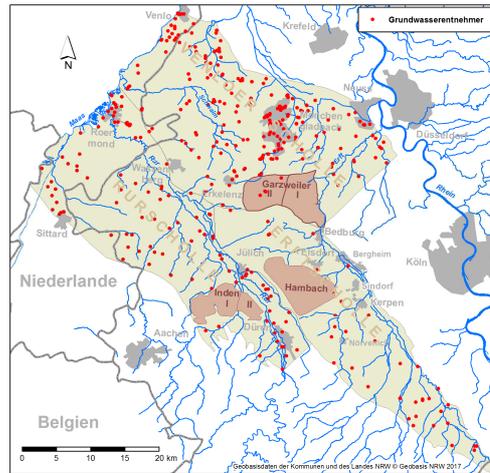
- Industrie
- Gewerbe
- Wasserversorgung

Wasserrecht > 30.000 m³/a

Jahreswerte aus
Monitoringdatenbank (EV)

Prognosezeitraum:

- Derzeit: letzter Messwert wird konstant gehalten
- Andere Szenarien möglich (z.B. demographischer Wandel)

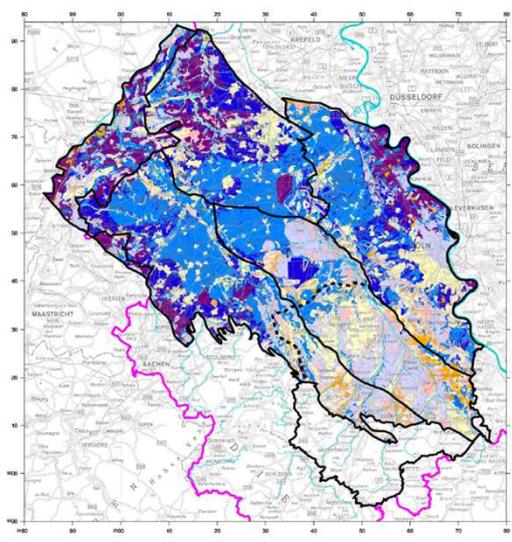


40 Entnahmen	Erftscholle
125 Entnahmen	Rurscholle
255 Entnahmen	Venloer Scholle
420 Entnahmen	gesamt

Stand: 03/2017



GW-Neubildung: räumliche Differenzierung



- Legende
- Landgrenze
 - Hydrologische Teilräume
 - - - Trennlinie zwischen Niederschlagsräumen

Mittelwert Grundwasserneubildung
nach SCHRÖDER & WYRWICH (1990)
Zeitraum 1961 - 2000, Mittelwert EV/1km²

- < 1,5 (l/s/km²)
- 1,5 - 3
- 3 - 4,5
- 4,5 - 6
- 6 - 7,5
- 7,5 - 9
- > 9

Mittelwert (1961-2000)
nach Schröder/Wyrwich

- Andere Szenarien möglich (z.B. Änderungen der Landnutzung)

Erft-Verband
AG Grundwasserneubildung
Nationaltechnische Koordinationsstelle für Vork
nach Schröder & Wyrwich (1990)
Zeitraum 1961 - 2000, Mittelwert EV/1km²
Seite 11

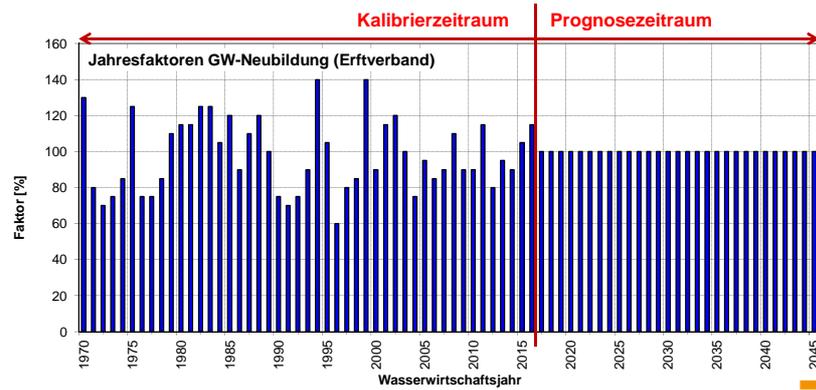


GW-Neubildung: zeitliche Variation

Kalibrierzeitraum: Jahresmittelwerte vom Erfvtverband

Prognosezeitraum: langjähriger Mittelwert (1961-2000)

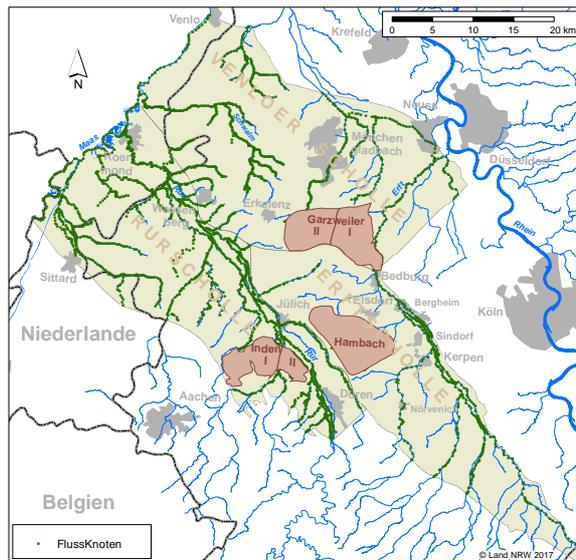
- andere Szenarien möglich (z.B. Klimawandel)



Oberflächengewässer

Berücksichtigung der relevanten Gewässer:

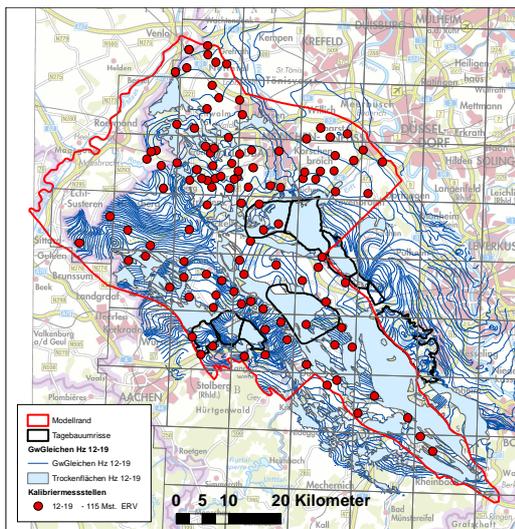
- Gewässerverlauf (Gewässerstationierungskarte)
- Mittelwasserstand (Wasserverbände, Landesflusspegel)
- Durchlässigkeit der Gewässersohle als Kalibrierparameter



Modellkalibrierung

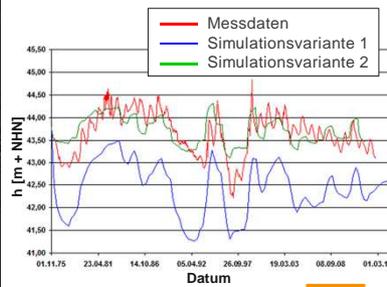
Variation hydraulischer Leitfähigkeiten innerhalb naturwissenschaftlich plausibler Bereiche zur Anpassung der modellierten an tatsächlich gemessene Grundwasserstände

Vergleichsgrundlage für die Kalibrierung



Vergleichsgrundlage für die Kalibrierung

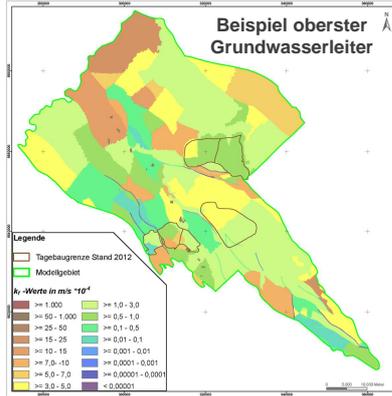
- GW-Gleichen
- GW-Ganglinien an Kalibriermessstellen



Kalibriergröße: k_f -Wert

Hydraulische Leitfähigkeit

- Nutzung als Kalibriergröße
- Abschätzung von Vertrauensbereichen aus Literaturwerten und punktuellen Bestimmungen (Pumpversuche)
- Einteilung in grobe Homogenblöcke



Vertrauensbereiche für k_f -Werte in [m/s]

geologische bis Schicht	Ertscholle	Rurscholle	Venloer Scholle
19			
18			
17			
16			
15	L1	L1	L1
14			
13			S1
12			L2
11E			S2
11D	S1	S1	L3
11C			S3
10		L2	
9C	L2	S2	
9B		L3	
9A	S2	S3	
8	L3	L4	L4
7F			
7E			
7D	S3	S4	
7C			
7B			
7A	L4	L5	
6E	S4	S5	S4
6D	L5	L6	L5
6Cb	S5	S6	S5
6Ca			
6B	L6	L7	L6
6A	S6	S7	S6
5D			



Zusammenfassung und Ausblick



Zusammenfassung

- Dreidimensionales Grundwassermodell vom obersten Grundwasserleiter bis zur Tertiärbasis
- Drei tektonische Schollen mit aktivem Tagebau
- Instationär von 1975 bis 2200
- Diskretisierung (räumliche Auflösung) orientiert an Fragestellungen und Eingangsdaten
- Eingangsdaten basieren auf der gleichen Grundlage wie die anderen Großraummodelle im Rheinischen Revier (RWE, Erftverband)
- Kalibrierung innerhalb physikalischer Vertrauensbereiche



Ausblick

Aktuelle Bearbeitung

- Einbau der neuen Geologie der Erftscholle
- Anschließende Kalibrierung

Eingangsdaten für die Flurabstandsprognose

- Simulation verschiedener Varianten (mit und ohne Bergbaueinfluss, Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren und/oder Maßnahmen, ggf. Rückkoppelung mit Bodenbewegungen)
- Export von GW-Ganglinien an Berechnungspunkten für die Bodenbewegung aus Simulationsergebnis
- GW-Gleichenpläne für die Darstellung von Flurabstandskarten

Simulationsvarianten für Leitentscheidung

Modellerweiterung südl. Rurscholle





Das Grundwassermodell des LANUV

Einflussgrößen auf die Modellgenauigkeit

Christoph Weidner, Dorothee Levacher
3. Sitzung der Fachgruppe Flurabstandsprognose,
28.03.2017

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

