



## Vorlesung / Übung:

### Fallbeispiel: Ammer-Einzugsgebiet



Dresden, 12.06.2015

Agnes Sachse<sup>1, 2</sup>

<sup>1</sup>Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ, Department of Environmental Informatics, Leipzig  
<sup>2</sup> TU Dresden, Applied Environmental System Analysis, Dresden

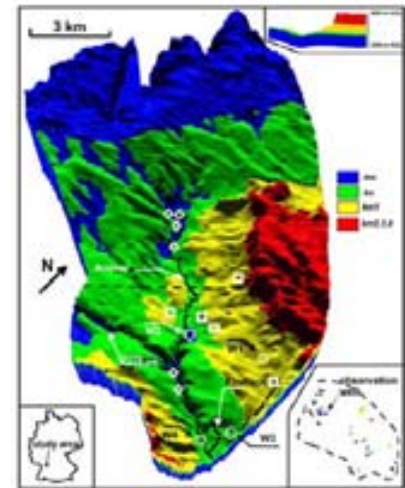


## Vergangene Vorlesung: Theis

- Linux/Ubuntu: unterschiedliche Kommandos für Zeilenende im Vergleich zu Windows
- Windows Zeilenende verwendet: "CR + LF" (= Carriage Return + Line-Feed), Linux verwendet nur "LF" (=Line-Feed)
  - entweder im Editor Konvertierung durchführen
  - oder Konvertierung mittels Tool: z.B. *fromdos pds.\**
  - oder: *dos2unix pds.\**
- Visual Studio: Problem gelöst?

# heute: Ammer Einzugsgebiet

- Einführung in wiss. Fragestellung
  - Datenaufbereitung: ArcGIS
  - Erstellen der OGS-Eingabedateien
- Modelldurchlauf



Selle et al., 2013

## Arbeitsplan der hydrologischen Modellierung

- Problemanalyse
- Datenerhebung
- Konzeptionelles Modell
- Modellaufbau/-prüfung
- Modellanwendung
- Modellpflege

**Ammer-  
Einzugsgebiet**

# Problemanalyse: Einzugsgebiet der Ammer

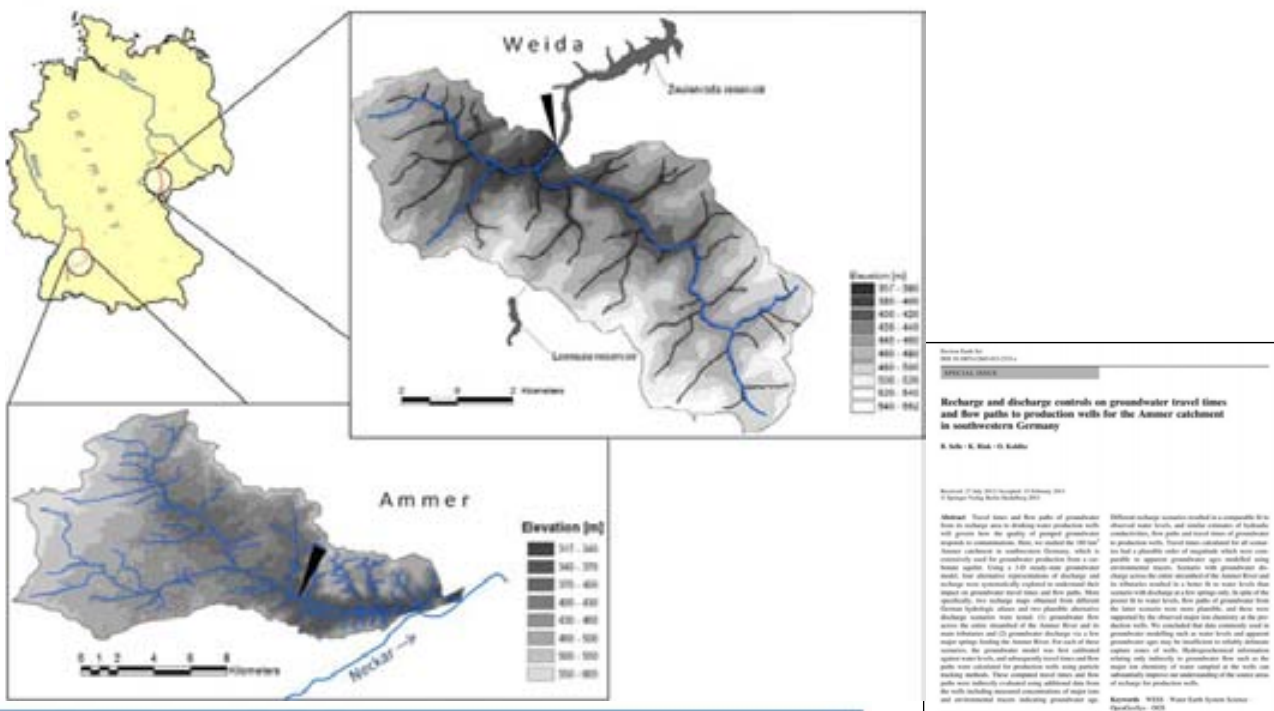
- Grundwassermodellierung in Baden-Württemberg – Hauptkomponentenanalyse von Wasserqualitäts-Parameter auf Einzugsgebietsebene (B. Selle)



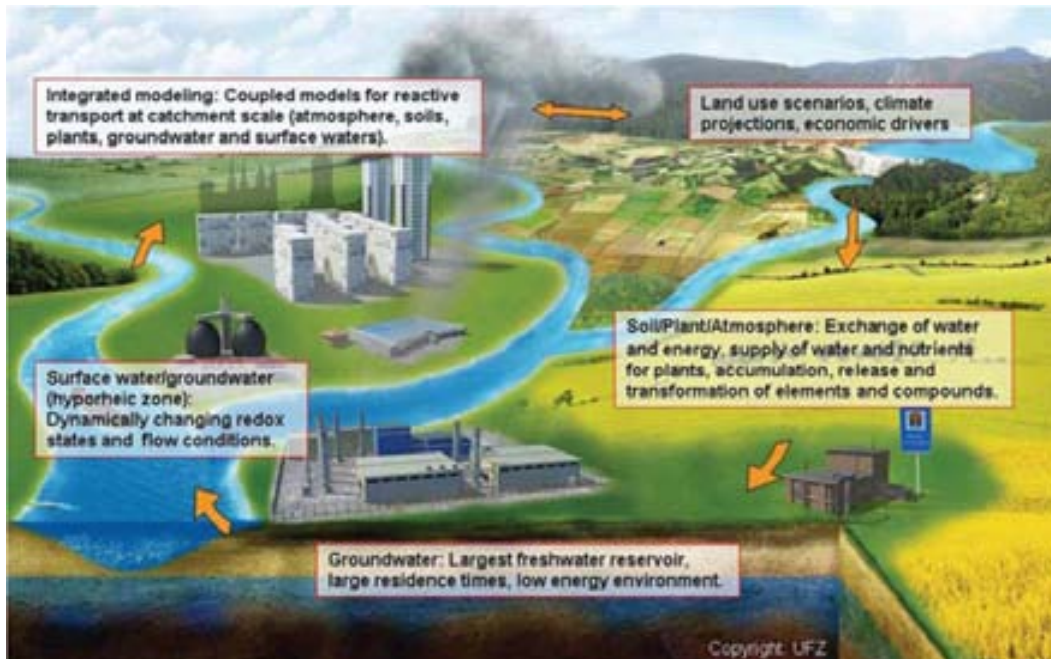
source: wikipedia.org

## Recharge and discharge controls on groundwater travel times and flow paths to production wells for the Ammer catchment in southwestern Germany

Selle et al., 2013



# WESS-Projekt



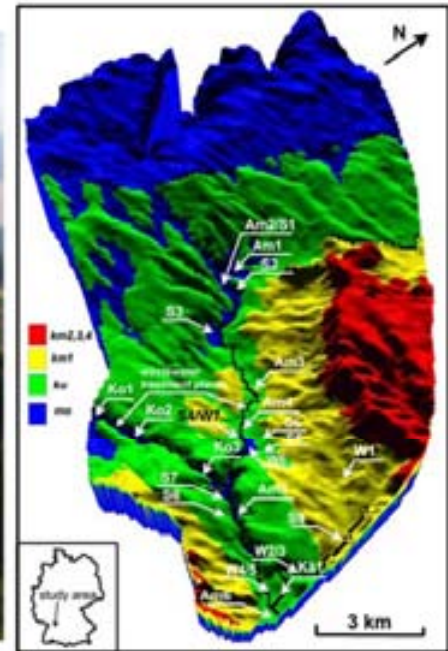
WESS workflow from the soil–plant–atmosphere to the groundwater–surface water interface including integrated modeling and future climate and land use scenarios (Grathwohl et al., 2012)

# Ammer-Einzugsgebiet

	Ammer
Catchment size [km <sup>2</sup> ]	134
min. elev. [m asl]	345
max. elev. [m asl]	600
land use	
<i>city</i>	17%
<i>agriculture</i>	71%
<i>with</i>	
- <i>arable land</i>	66%
- <i>meadow</i>	5%
<i>forest</i>	12%
population density [people * km <sup>-2</sup> ]	540
geology	karstic limestone (mo) and gypsum (km <sup>2</sup> )
soils	clayey soils, partial covered by loess
Mean air temperatur [°C]	~8
Annual precipitation [mm * a <sup>-1</sup> ]	760
Mean discharge height [mm * a <sup>-1</sup> ]	226



# Ammer-Einzugsgebiet



## Geologie

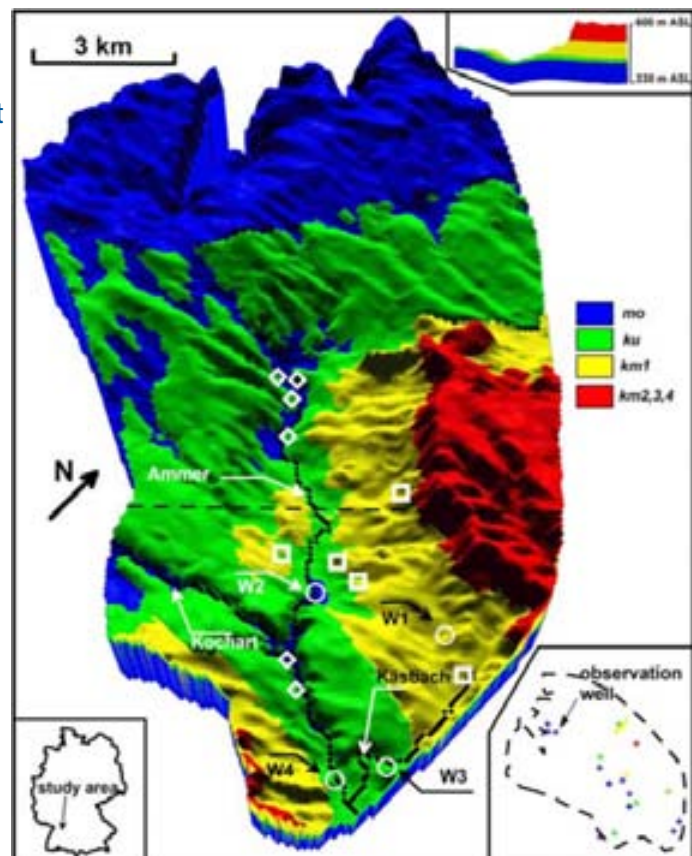
3-D Ansicht des Ammer-Einzugsgebietes mit den Flüssen Ammer, Kochart und Käsbach

- Gipskeuper-Quellen (Quadrat) und Obere Muschelkalk-Quellen (Trapez)
- Trinkwasserquellen (Kreise W1, 2, 3, 4).

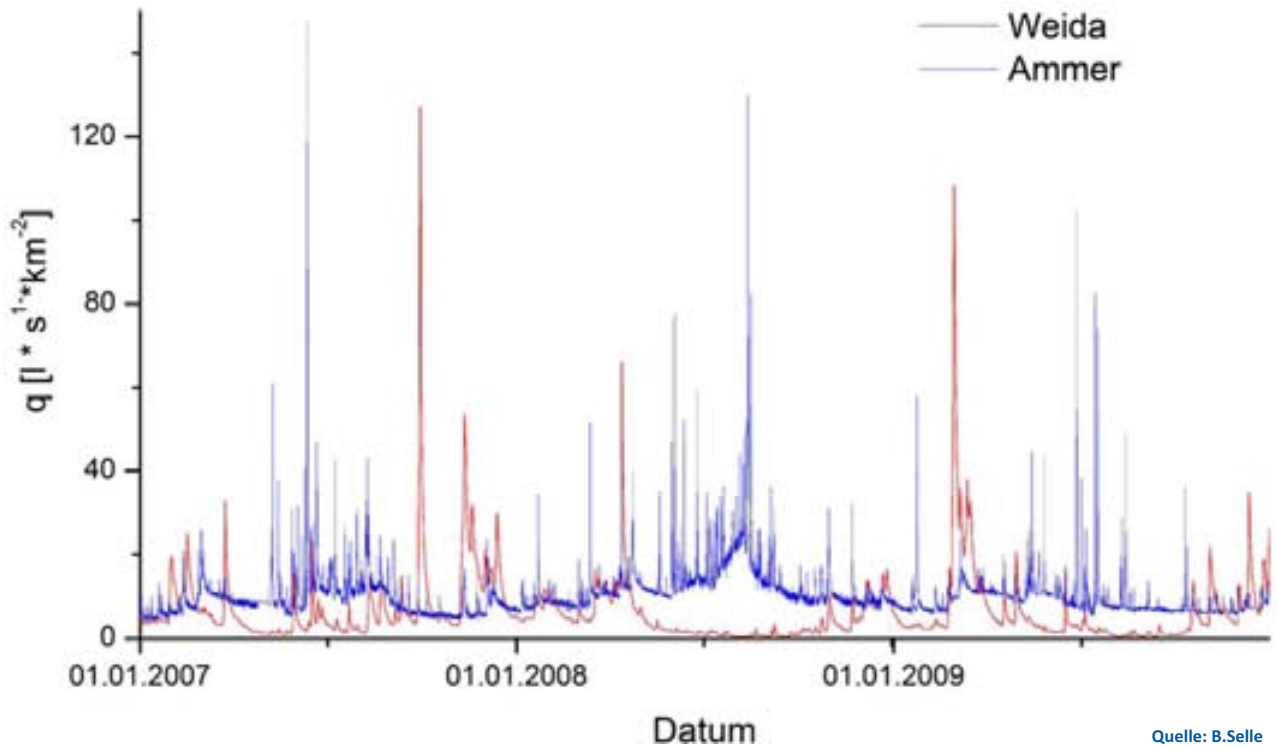
Hydrogeologische Einheiten:

- Oberer Muschelkalk (.....)
- Gipskeuper (.....)
- Lettenkeuper (.....)
- Schilfsandstein (.....)
- Bunte Mergel (.....)
- Stubensandstein (.....)

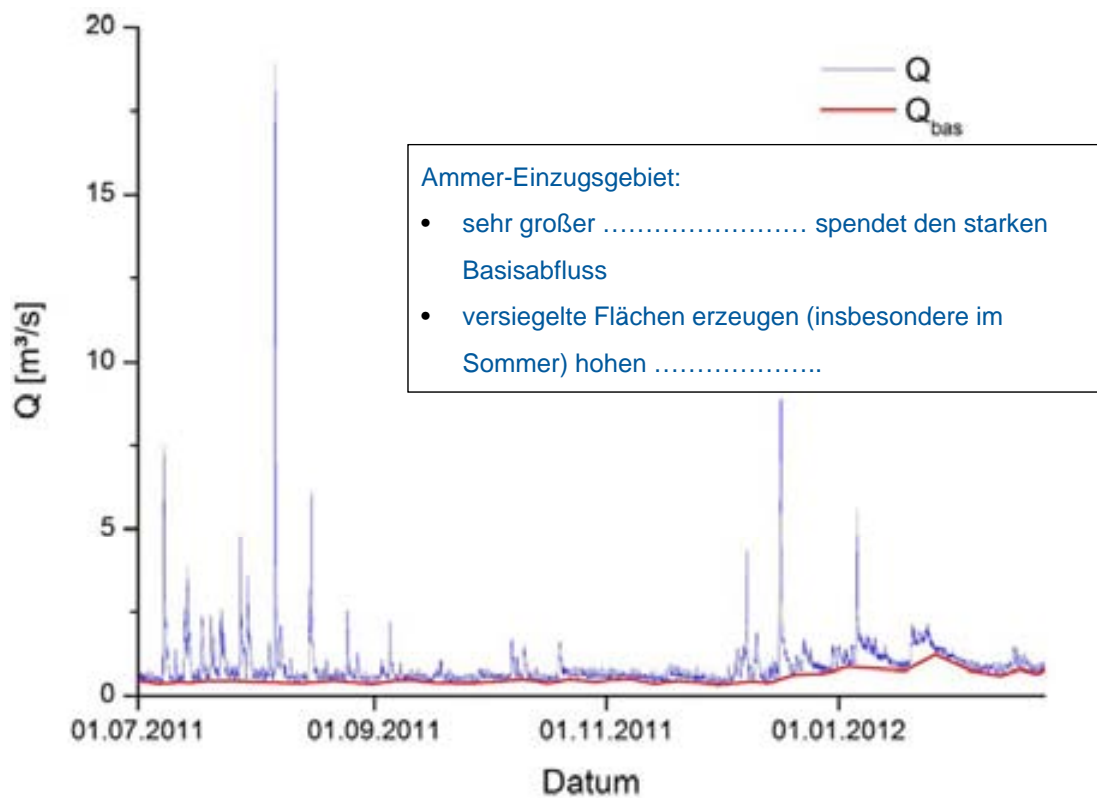
kleine Karte: Observationsbrunnen zur Kalibrierung



# kontinuierlicher Abfluss

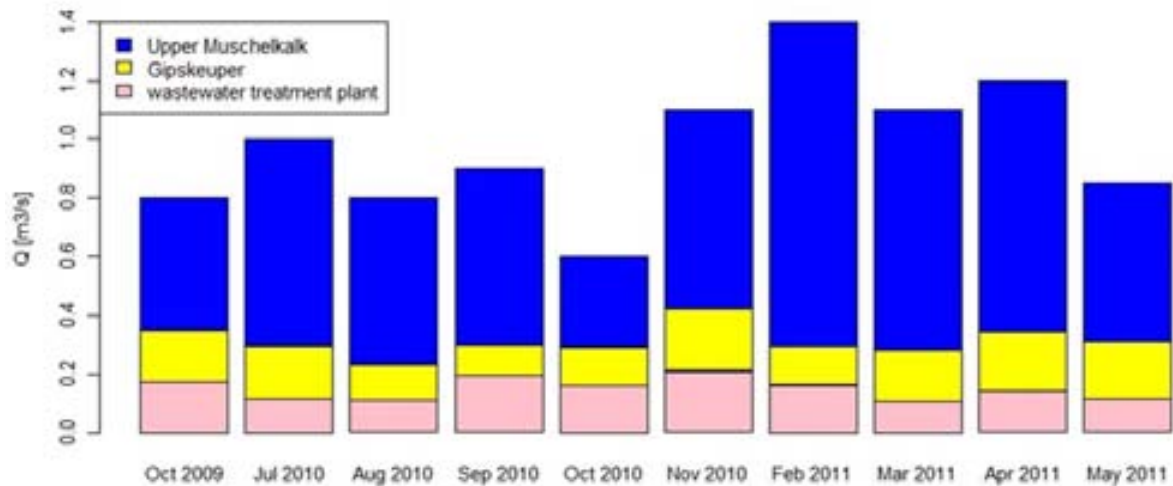


# Basisabfluss



# Herkunft des Grundwasserausflusses am Gebietsauslass

.....(EMMA): Gebietsauslass



Quelle: B.Selle

## Grundwasser und Grundwasserneubildung

- Grundwasserströmung wird durch .....forciert
- Schönbuch (Waldgebiet):
  - überwiegend Schilfsandstein, Bunte Mergel und Stubbensandstein
  - geringe Neubildung
  - untergeordnete Rolle bei Grundwasserströmung
- größter Grundwasserzutritt in Ammer durch .....  
(*mo + km1*)
- weiterer Anteil: geklärtes Abwasser aus ehemals 4 Grundwasserbrunnenfeldern (Trinkwasser) mit mittlerer Pumprate von 150l/s
- Grundwasserneubildung entlang .....

# Modellparameter: Geometrie und hydraul. Eigenschaften

- Grundwasserströmungsmodell mit OGS: .....
- Strukturmodell beinhaltet Aquifer-Modell (3D mesh):
  - DEM (minus .....
  - Einzugsgebietsgrenze: Ammer
  - unterirdische Layer (Raster) repräsentieren die 4 .....  
.....: *mo, ku, km1, km2, km3, km4*
  - Flußnetzwerk: Ammer + 2 Nebenflüsse: Käsbach + Kochart
  - 4 Pumpfelder (Grundwasser)  
→ Mesh wird entlang wichtiger geolog./hydrolog. Punkte .....
- hydraulische Leitfähigkeit in Abhängigkeit der Stratigraphie

# Modellparameter: Randbedingungen

- Einzugsgebietesgrenze: no flow
- Unterkante des *mo*-Aquifer enthält Evaporite des Mittleren Muschelkalks  
→ no flow boundary
- Entnahmehrunnen: mittlere Pumprate 35 l/s





# Grundwasserströmungsmodell: Neubildungs- und Abflussszenarien

- Langzeit-GW-Neubildung (1961-1990) wurde aus 2 Atlanten digitalisiert:  
WaBoA + HAD
  - räumliche Auflösung: .....
  - basiert auf Regionalisierung des Basisabfluss Indexes (verwendet multiple lineare Regression anhand von dominierenden Einzugsgebietscharakteristika wie .....)
  - WaBoA: 185 mm jährliche GWN
  - HAD: 105 mm jährliche GWN
- verschiedene Abflussszenarien:

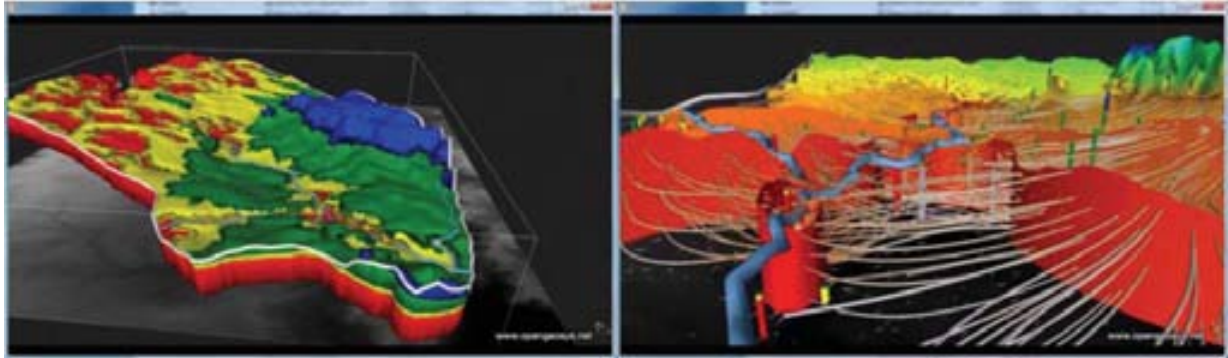
**Table 1** Summary of recharge and discharge scenarios

Discharge scenario	Recharge scenario	Discharge	Recharge
1	1	Ammer River and tributaries	WaBoA
1	2	Ammer River and tributaries	HAD
2	1	mo and km1 springs	WaBoA
2	2	mo and km1 springs	HAD

# Grundwasserströmungsmodell- Modellkalibrierung

- PEST code (Doherty 2004): Abschätzung der hydraulischen Leitfähigkeit inkl. Genauigkeit der Schätzung
- direkt an OGS gekoppelt
- Schätz-Bereiche orientieren sich an .....
- die Summe der quadrierten Differenzen zwischen den beobachteten und simulierten Wasserständen an 27 Brunnen diene als Zielfunktion für Modellkalibrierung
  - mo: 15 Beobachtungsbrunnen
  - ku: 5
  - km1: 6
  - km2...4: 1

# Visualisierung der Modellergebnisse des Ammer-Modells



The Ammer catchment: Geometrical representation (left) Groundwater flow model (including flowpaths to groundwater abstraction wells; right). Data visualization by Bilke (2012)

## Visualisierung im VISLAB Leipzig

**Let's start to develop  
step by step  
the groundwater flow model!**

**OpenGeoSys Data Explorer  
Editor (z. B. Notepad++)  
Gmsh  
ParaView**

# OGS-Tutorial

## Kapitel 5: Case Study Ammer Catchment

- Schritt-für-Schritt-Anleitung des Modellaufbaus + Simulation

<http://www.springer.com/earth+sciences+and+geography/hydrogeology/book/978-3-319-13334-8>









The screenshot shows the Springer website interface. At the top, there is a search bar and navigation links for Home, Fachbereiche, My Springer, Services, Springer Shop, and Über uns. The main content area is titled 'Hydrogeologie' and includes a breadcrumb trail: Home > Geowissenschaften & Geographie > Hydrogeologie. Below this, there are links for 'FACHGEBIETE', 'ZEITSCHRIFTEN', 'BÜCHER', and 'REIHEN'. The featured product is 'OpenGeoSys-Tutorial' by Sachse, A., Rink, K., He, W., and Kolditz, O. The book is part of the 'SpringerBriefs in Earth System Sciences' series. It is available in eBook and softcover formats. The price for the softcover is 68,84 € (gross price for Germany). The ISBN is 978-3-319-13334-8. The book is due for release on January 14, 2015. There is a 'Jetzt kaufen' button. Below the product information, there are social media sharing options for Twitter, Google+, and Facebook. An 'ABOUT THIS BOOK' section lists key features: it is the first tutorial on open-source software for hydrological processes, includes step-by-step hydrological/hydrogeological modeling, and provides detailed benchmark demonstrations.

## Modellaufbau

- numerisches Modell basiert auf den Ideen zum konzeptionellen Modell von *Pavlovskiy und Selle (2014)*
- beinhaltet die bestmögliche Charakterisierung der GWN + Aquifer-Abflusses
- für Modellaufbau wird OpenGeoSys Data Explorer verwendet

# Workflow für den Modellaufbau

	<b>ArcGIS</b> output: *.shp, *.asc	Data base: Geographic data related to topography, DEM, river network, borehole position are prepared in an ArcGIS project (Sec. 5.4)
	<b>OGS DE</b> output: *.gli, *.gal	Data integration: Data from ArcGIS can be directly imported to OGS and visualised by using the OGS Data Explorer (Sec. 5.5)
	<b>GMSH / OGS DE</b> output: *.msh, *.mmp	Domain meshing: For numerical analysis the model domain needs to be discretised into a finite element mesh. For this purpose, several meshing tools (GMSH, TetGen) are available via the Data Explorer. Assignment of material groups is also integrated into the meshing procedure (Sec. 5.6)
	<b>OGS DE</b> output: *.bc, *.st, *.ic	Initial and boundary conditions as well as source/sink terms for computing groundwater flow. (Sec. 5.7)
	<b>OGS</b> output: *.pcs, *.num, *.tin, *.out	Simulation: Finally, the groundwater model is ready for simulation. Additional OGS files have to be completed for model runs (Sec. 5.9)
	<b>OGS DE</b> output: *.vtk, *.tec	Visualisation: The OGS Data Explorer provides a large variety of tools for combined analysis of data and simulation results including 3D visualisation (Sec. 5.11)

## Eingabe-Dateien

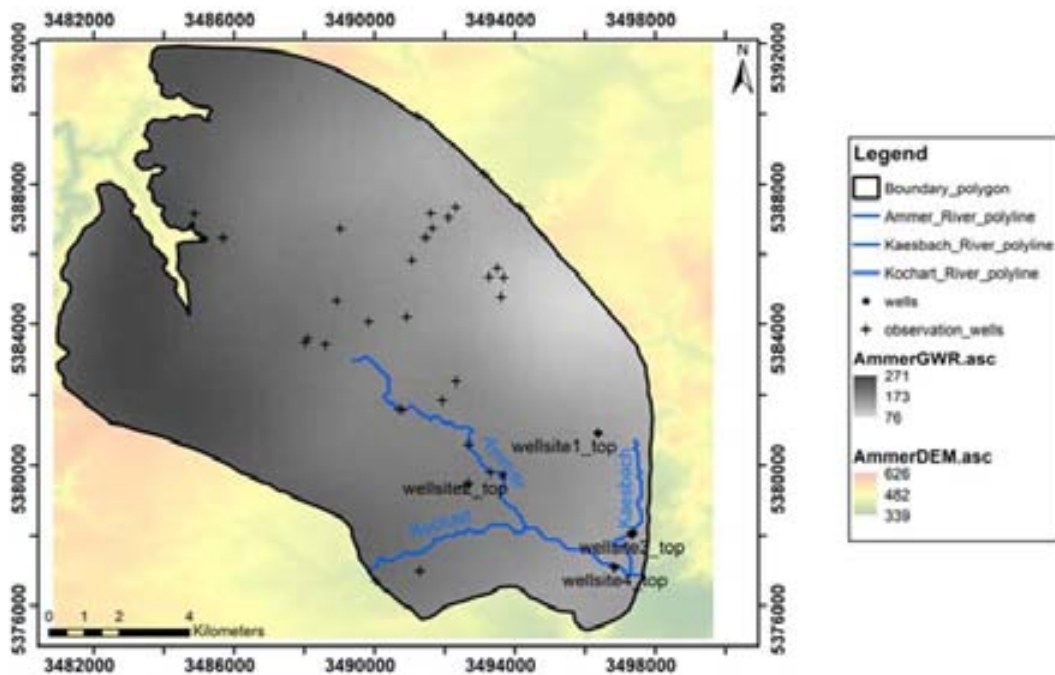
File	Description
boundary_polygon.shp	Catchment boundary
Ammer_River_Polyline.shp	Ammer River
Kaesbach_River_Polyline.shp	Kaesbach River
Kochart_River_Polyline.shp	Kochart River
wells.shp	pumping well sites
observation_wells.shp	observation wells
springs-Upper-Muschelkalk.shp	springs of Upper Muschelkalk aquifer
springs-Gipskeuper.shp	springs of Gipskeuper aquifer
1_km2_4_up.asc	Raster data of the upper boundary of Schilfsandstein/Bunte Mergel/Stubensandstein
2_km1_up.asc	Raster data the upper boundary of of Gipskeuper
3_ku_up.asc	Raster data the upper boundary of Lettenkeuper
4_mo_up.asc	Raster of upper boundary of Upper Muschelkalk
5_mo_down.asc	Raster of lower boundary of Upper Muschelkalk
AmmerDEM.asc	Digital Elevation Model
AmmerGWR.asc	Raster data of groundwater recharge

+ Import von boreholes.txt (Stationsinformation)

**Download :** <http://tutorials.opengeosys.org>

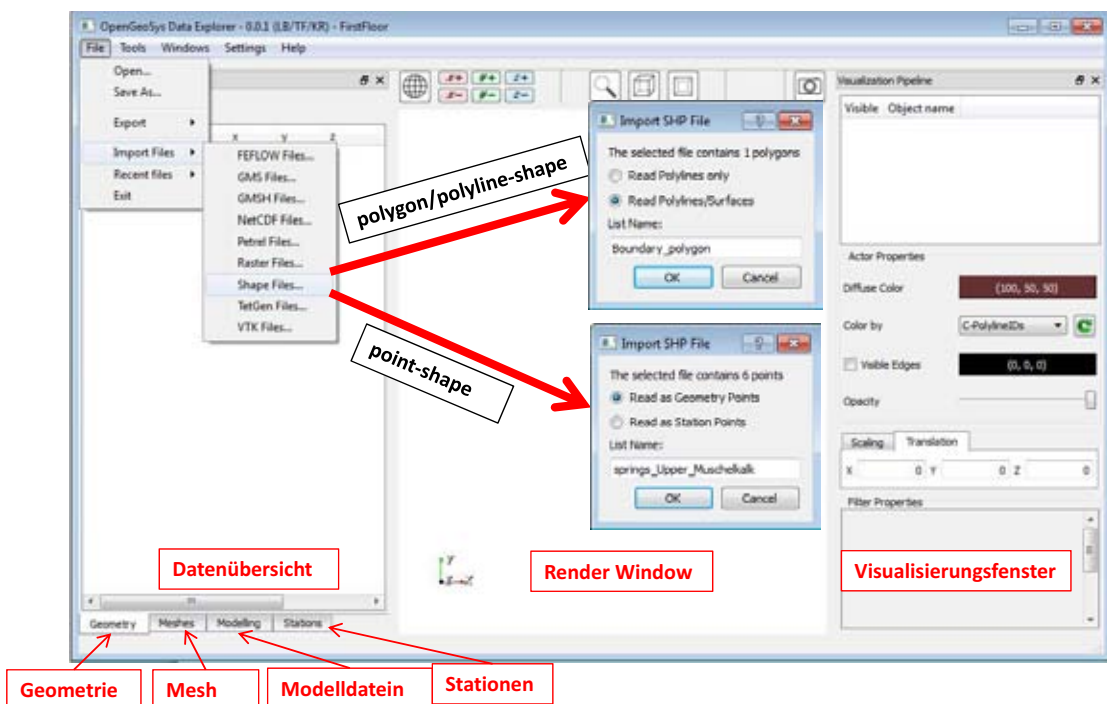


# Eingangsdaten– ArcGIS

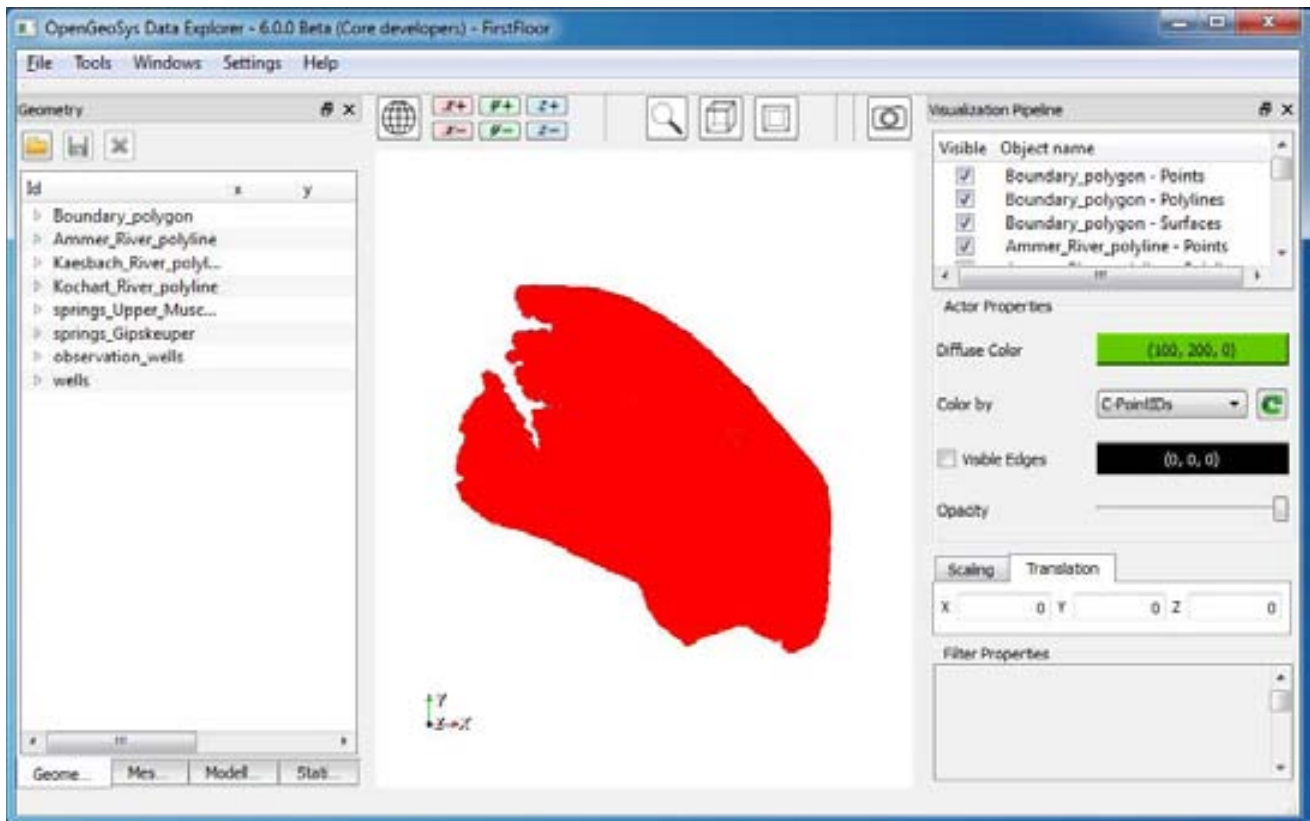


# OpenGeoSys: Datenimport

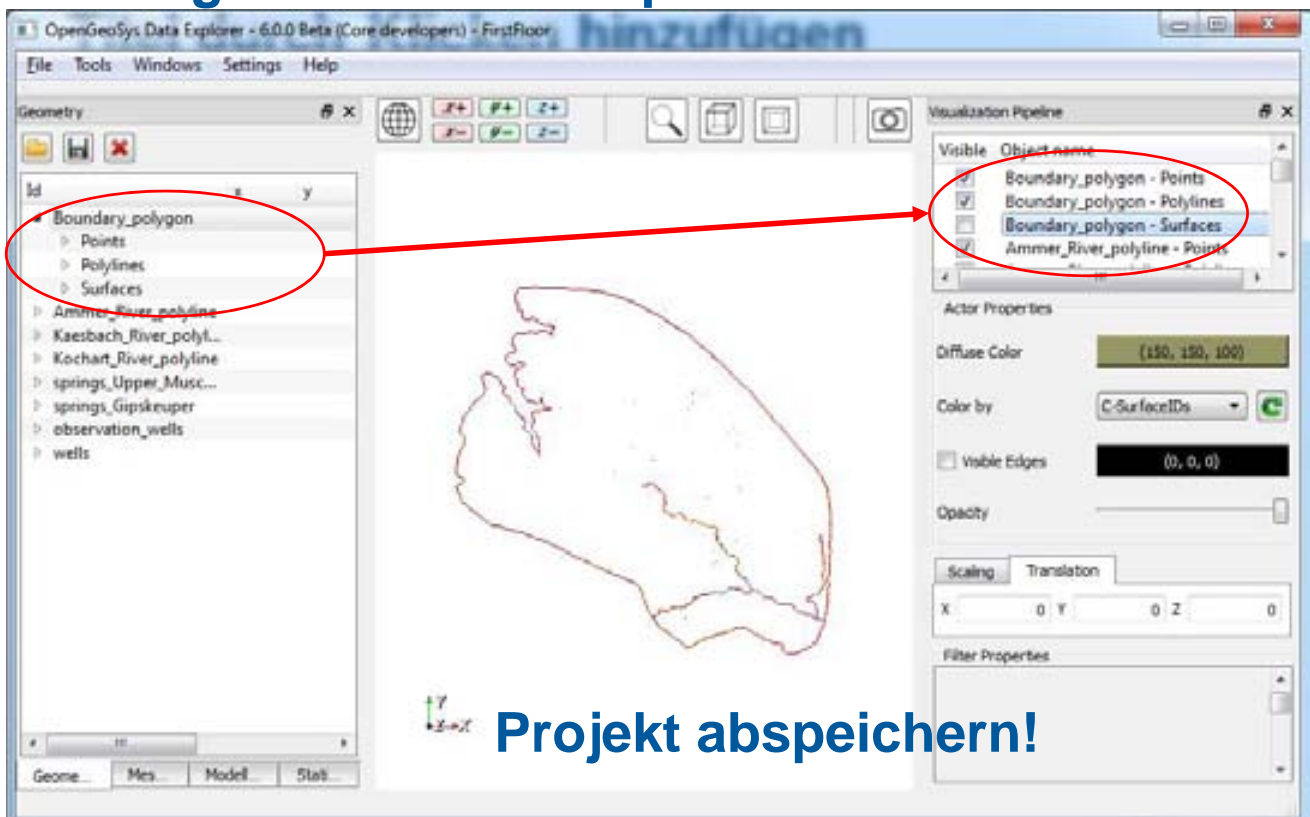
## Öffnen des OpenGeoSys Data Explorers



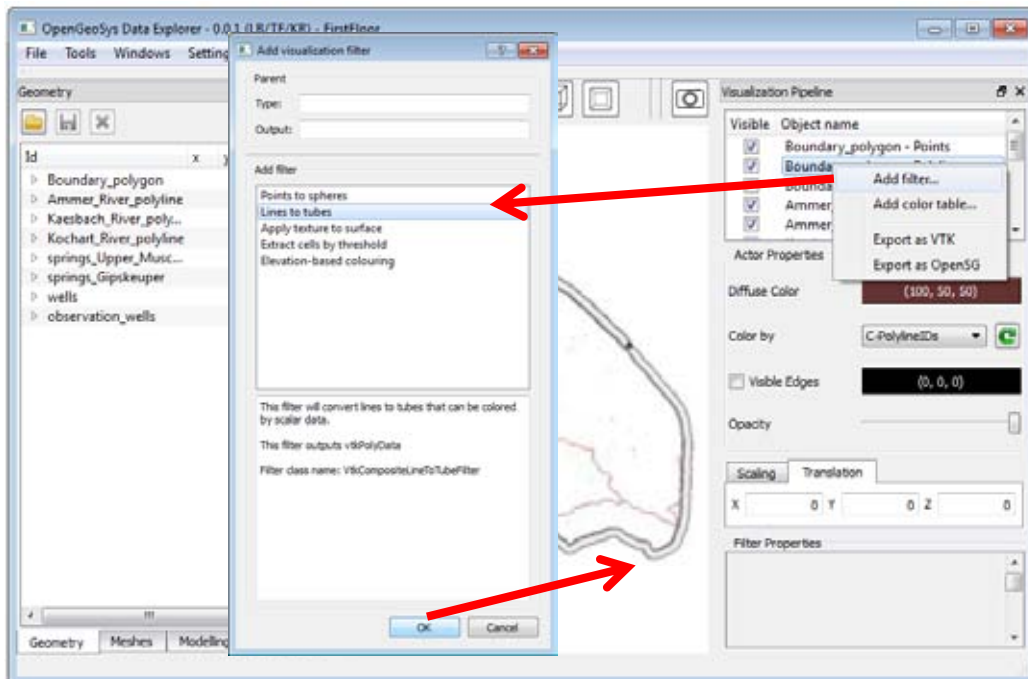
# Erfolgreicher Datenimport



# Erfolgreicher Datenimport



# Daten hervorheben



Page 29

# Daten hervorheben

Filter:

- “Lines to tubes” → Linienelemente
- “Points to sphere” → Punktelemente

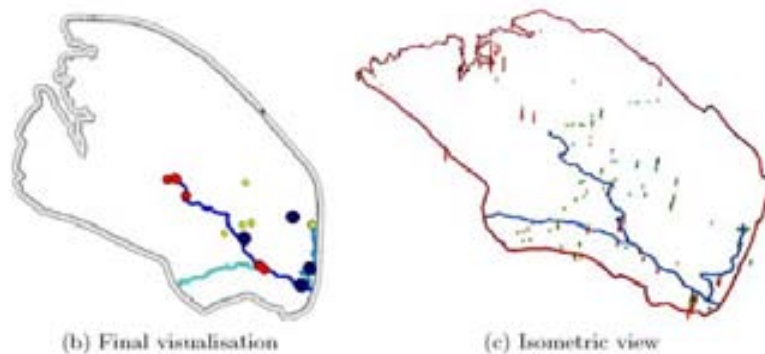
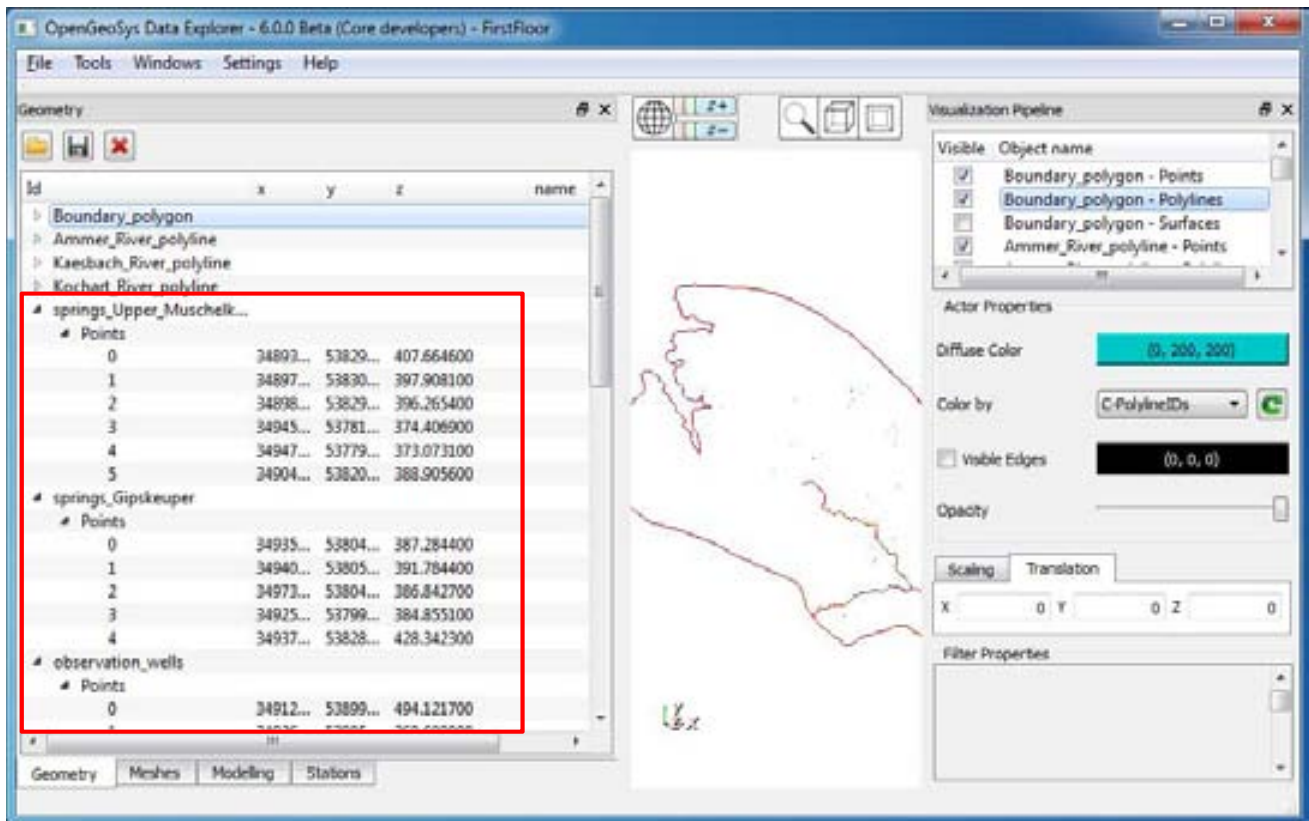


Fig. 34: Visualisation of geometry data in the *OpenGeosys Data Explorer*.

Page 30

# Zuordnen von Attributen, z.B. Name



Page 31

# Zuordnen von Attributen, z.B. Name

Zur eindeutigen Unterscheidung:

- Punkte mit Namen benennen
- Punkt auswählen
- Rechtsklick auf Punkt: "Set name"
- 23 Punktnamen zuweisen

→ Projekt abspeichern: "File" → "Save data as OpenGeoSys project (\*.gsp)"

→ diese Geometrie-Elemente sind Voraussetzung für FE Mesh-Generierung

File	Point	Name
wells	0	wellsite1_top
wells	1	wellsite1_bottom
wells	2	wellsite2_top
wells	3	wellsite2_bottom
wells	4	wellsite3_top
wells	5	wellsite3_bottom
wells	6	wellsite4_top
wells	7	wellsite4_bottom
<hr/>		
springs_Upper_Muschelkalk	0	mo_0
springs_Upper_Muschelkalk	1	mo_1
springs_Upper_Muschelkalk	2	mo_2
springs_Upper_Muschelkalk	3	mo_3
springs_Upper_Muschelkalk	4	mo_4
springs_Upper_Muschelkalk	5	mo_5
<hr/>		
springs_Gipskeuper	0	km1_0
springs_Gipskeuper	1	km1_1
springs_Gipskeuper	2	km1_2
springs_Gipskeuper	3	km1_3
springs_Gipskeuper	4	km1_4
<hr/>		
observation_wells	0	obs_well1
observation_wells	1	obs_well2
observation_wells	..	..
observation_wells	35	obs_well36

Page 32



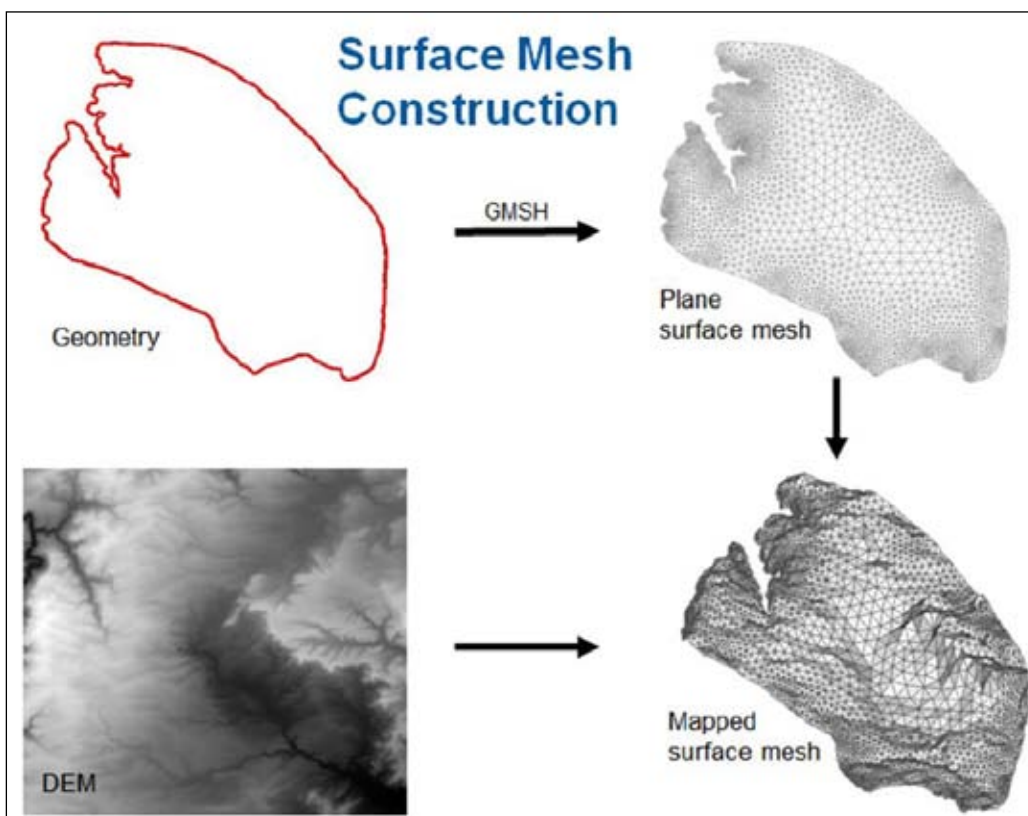
# Finite Element Meshing

- benötigt Geometriedaten (Koordinaten + Parameter) aus OGS DE
- Mesherstellung sollte mit größter Sorgfalt betrieben werden
  - Mesh sollte das Modellgebiet gut repräsentieren
  - ausreichend hohe Meshdichte
  - Eigenschaften (Porosität, Permeabilität) sind mit Meshelementen verknüpft
  - Anzahl der Elemente hinreichend klein: Simulationszeit

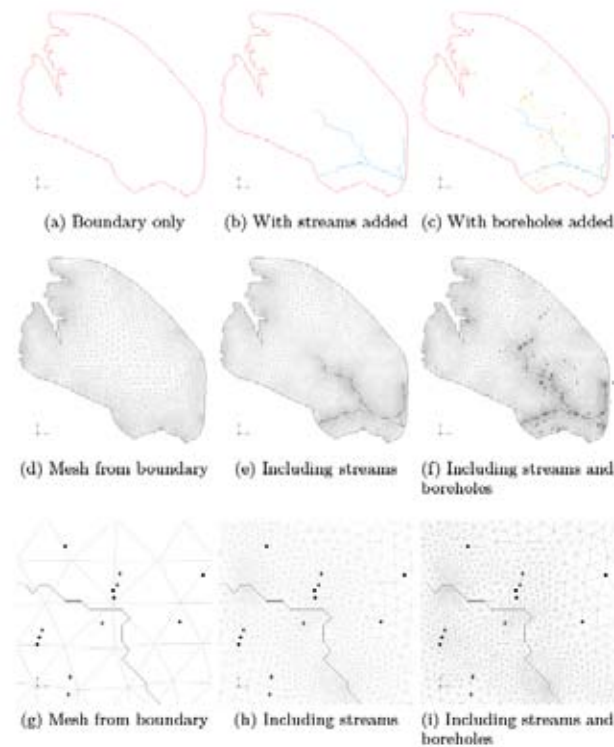
2D Mesh des Ammer-Einzugsgebietes basiert auf:

- Wasserscheide der Einzugsgebietes
- Flußnetzwek
- Quellen
- Beobachtungsbrunnen
- Grundwasser-Entnahmebrunnen

## 2D Mesh



# Verfeinerung des Meshs



## Oberflächen-Mesh: Step by Step

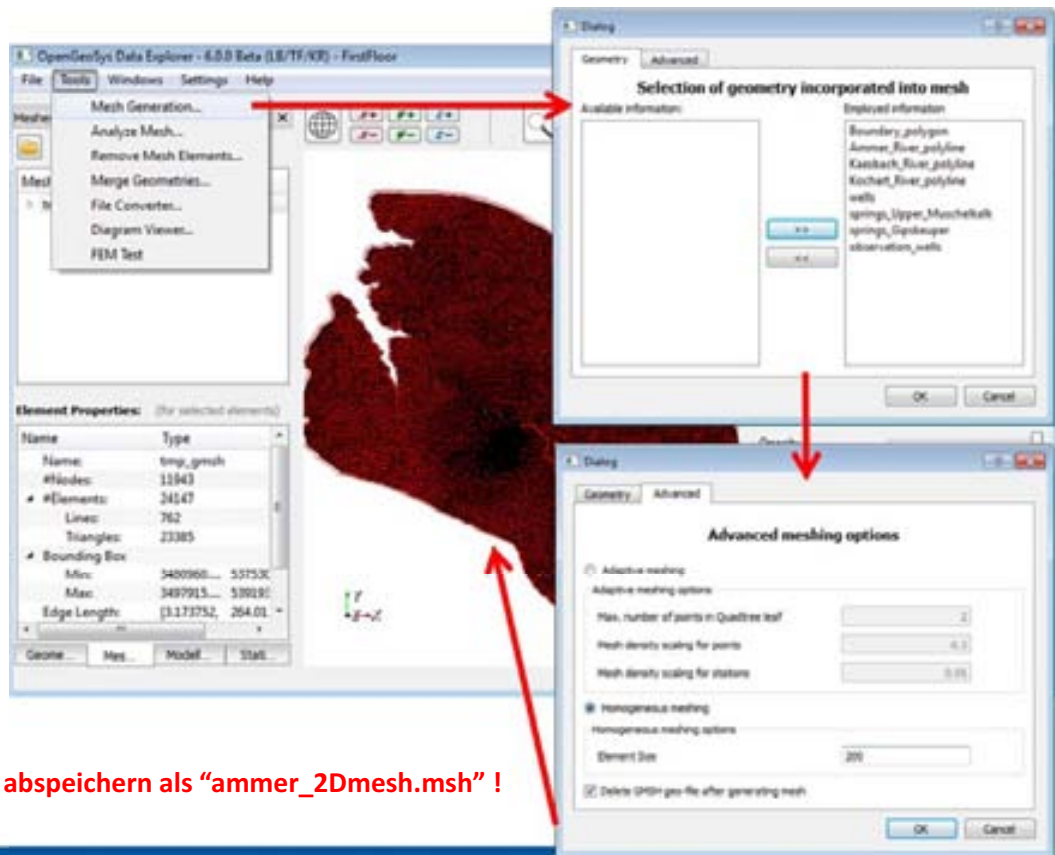
sicherstellen, dass der Mesh Generator GMSH implementiert ist

- (“Setting” → “Data Explorer Settings” → “Path”

Oberflächen-Mesh:

- “Tools” → “Mesh Generation”

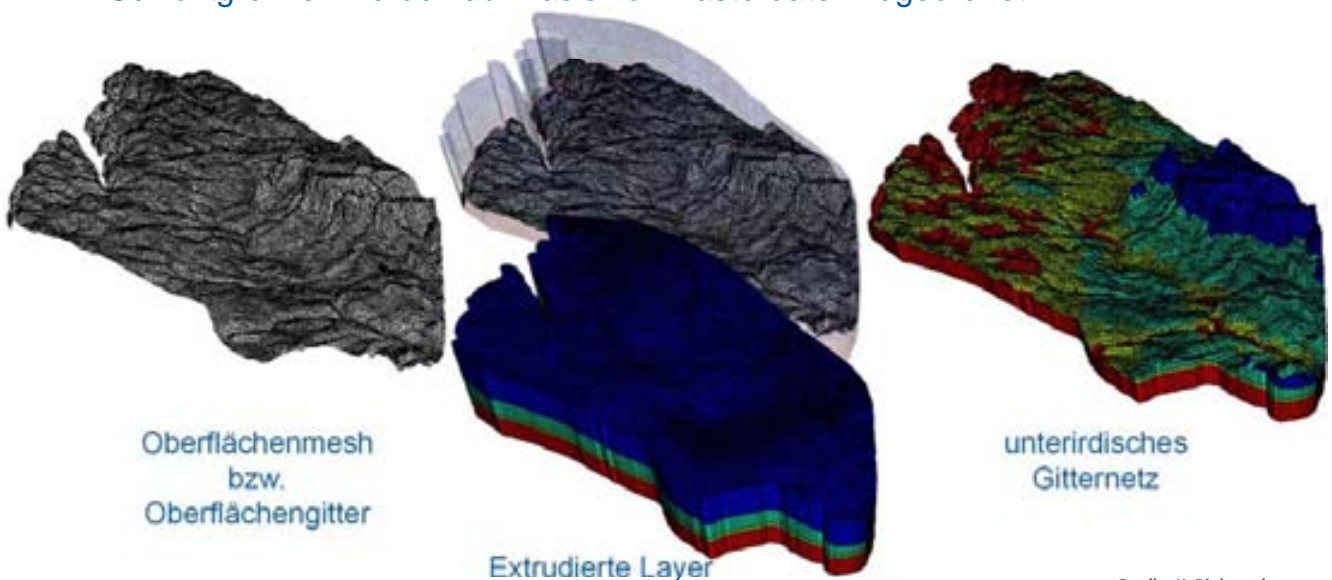
# Oberflächen-Mesh: Step by Step



Page 37

## 3D Mesh-Generierung

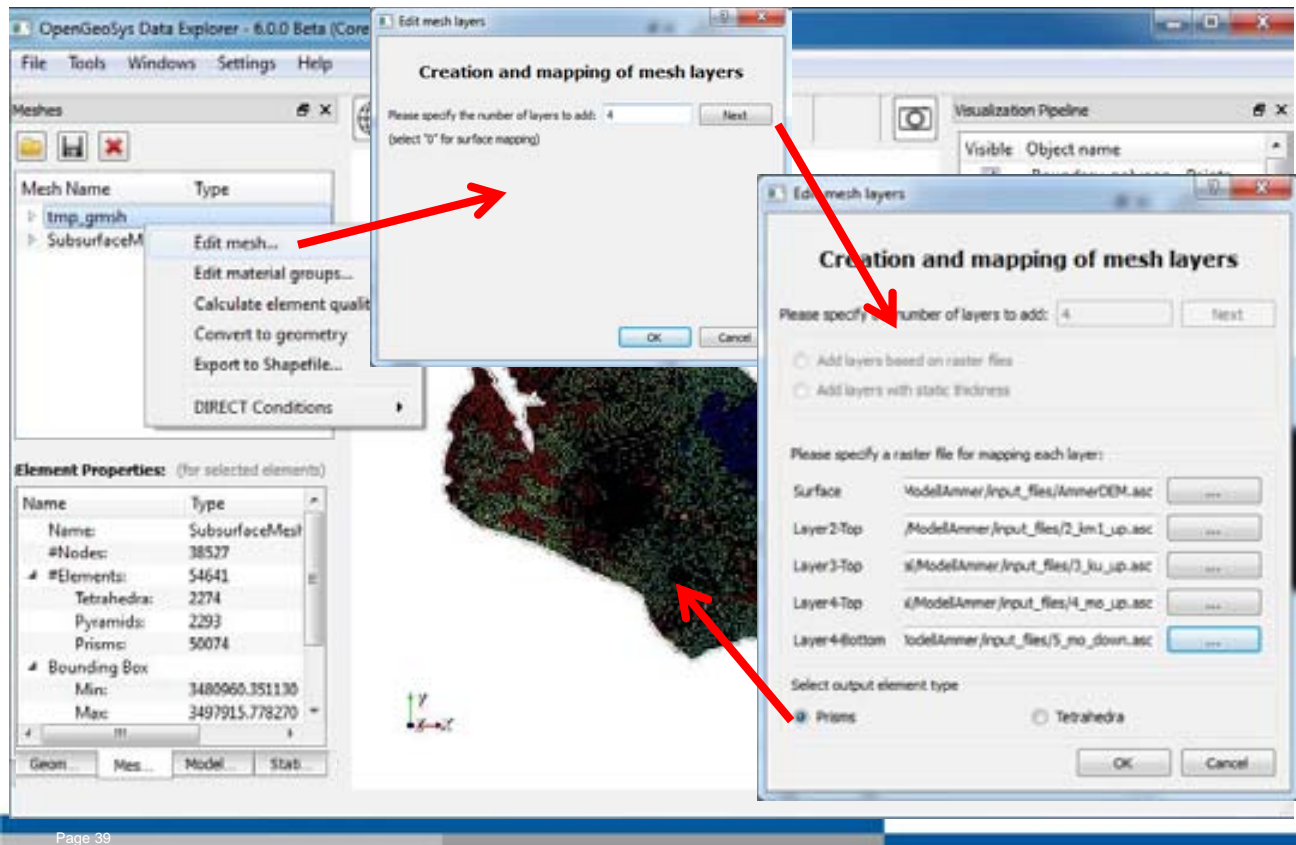
- 2D Mesh wird extrudiert (erweitert), d.h. die gewünschten Anzahl von Schichten wird unter Verwendung von Hexaeder oder Prismenelemente hinzugefügt
- Schichtgrenzen werden auf Basis von Rasterdaten zugeordnet



Page 38

Quelle: K. Rink et al.

# 3D Mesh: Volume Meshing- Step by step



## Volume Meshing: Step by step

- Schichten oberhalb der Oberfläche werden automatisch gelöscht → ausreichende Schichten
- SubsurfaceMesh als “Subsurface.vtu” (und als “ammer\_3Dmesh”) abspeichern!
- 3D mesh in “Visualisation Pipeline” mittels “Scaling Factor” von 5 überhöhen



# Zuweisen von randbedingungen

Randbedingungs-Typen:

1. Specific head boundaries (*Dirichlet Randbedingung*): Wasserstand liegt vor
2. Specified flow boundaries (*Neumann Randbedingung*): Flußrandbedingung (Volumen) → no-flow: flux=0
3. Head-dependent flow boundaries (*Cauchy Randbedingung*): Fluß über Rand in Abhängigkeit eines festgelegten Wasserstandes

Table 10: Boundary condition files for the Ammer case study.

File	Description
ammer.ic	Initial conditions
ammer.bc	Boundary conditions
ammer.st	Source terms

→ Randbedingungen werden auf Geometrie-Objekte angewendet und während der Simulation über Mesh-Knoten interpoliert

## Initiale Randbedingungen

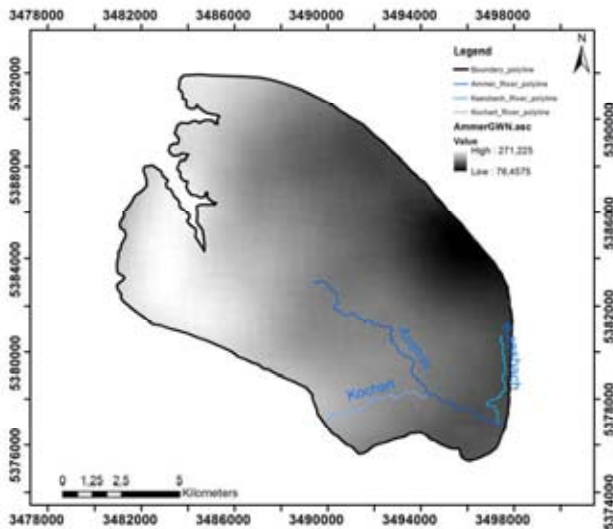
- initiale Randbedingungen (z. B. Prozesstyp: Groundwater Flow) beschreiben den initialen Wasserstand im gesamten Untersuchungsgebiet

Ammer- Einzugsgebiet:

- IC: hydraulic head: 400 m

# Quellterm

- Grundwasserneubildung (Rasterdaten: WaBoA) und
- Grundwasserentnahme (Pumpraten) an Brunnen



source: WW Tegel

# Quellterm: Grundwasserneubildung

The screenshot shows the OpenGeoSys Data Explorer interface. The 'FEM Condition Setup' dialog is open, with 'Process Type' set to 'GROUNDWATER\_FLOW', 'Condition Type' set to 'Source Term', and 'Primary Variable' set to 'HEAD'. The 'Distribution Type' is 'Direct'. The 'Value' field is empty, and the 'Calculate Values' button is highlighted. A red arrow points from the 'Calculate Values' button to the 'Create Boundary Conditions from Raster Files' dialog, which is also open. This dialog shows 'Mesh' set to 'SubsurfaceMesh' and 'Raster' set to 'orial/ModelAmmer/input\_files/AmmerGWR.asc'. The 'Calculation method' is set to 'Integrate over mesh elements' (checked), and 'Scaling' is set to '3153600000.0'. A red arrow points from the 'Integrate over mesh elements' option to the 'FEM Condition Setup' dialog. A red box at the bottom of the screenshot contains the text: 'Ergebnis: txt-Datei mit Grundwasserneubildung-Raten'.

# Quellterm: Entnahmebrunnen

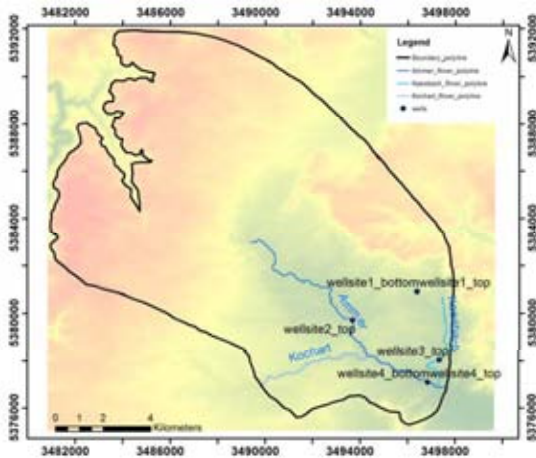
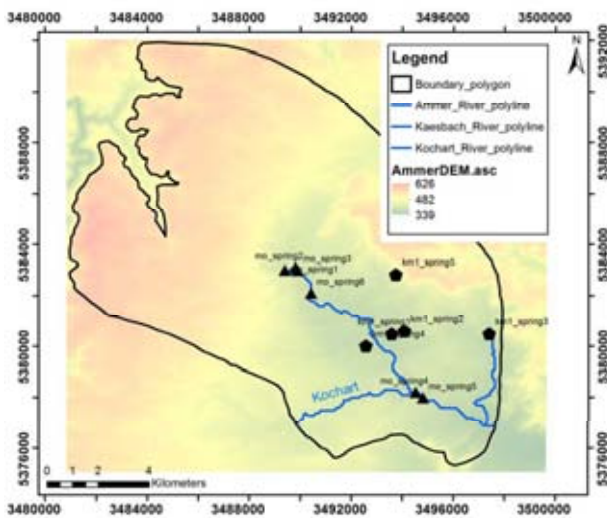


Table 11: Pumping rates of well sites

Well Points (Geometry)	Point name	pumping rate
0	wellsite1_top	$-0.017m^3/s$
1	wellsite1_bottom	$-0.017m^3/s$
2	wellsite2_top	$-0.017m^3/s$
3	wellsite2_bottom	$-0.017m^3/s$
4	wellsite3_top	$-0.017m^3/s$
5	wellsite3_bottom	$-0.017m^3/s$
6	wellsite4_top	$-0.017m^3/s$
7	wellsite4_bottom	$-0.017m^3/s$

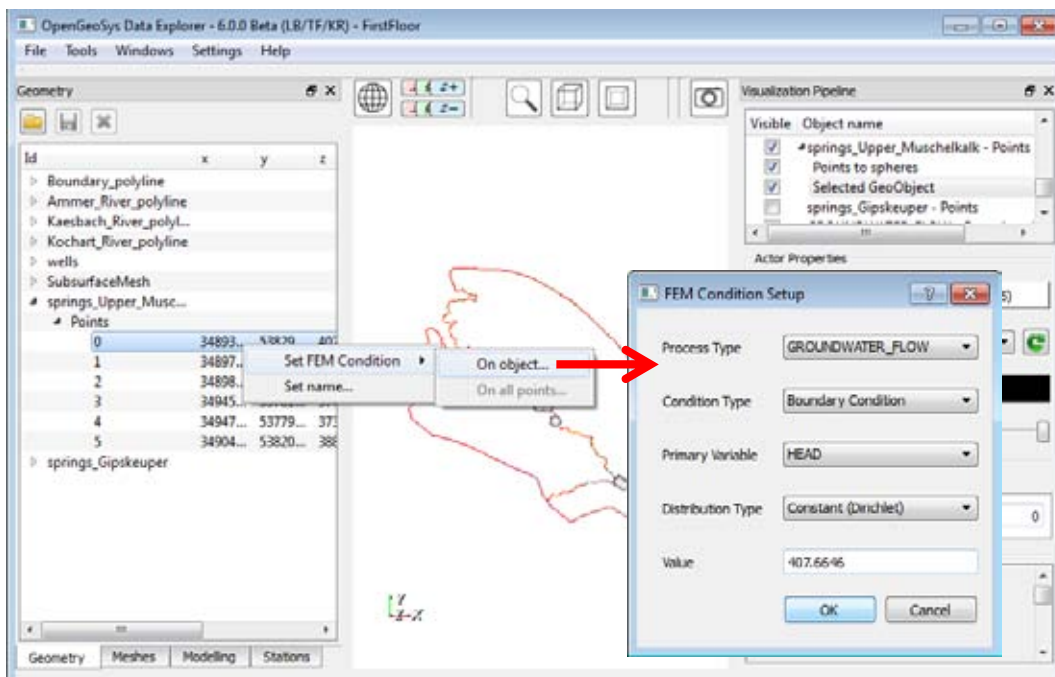
# Quellterm: Entnahmebrunnen - Neumann Randbedingung -

# Randbedingung: Wasserstand der Quellen - Dirichlet Randbedingung -



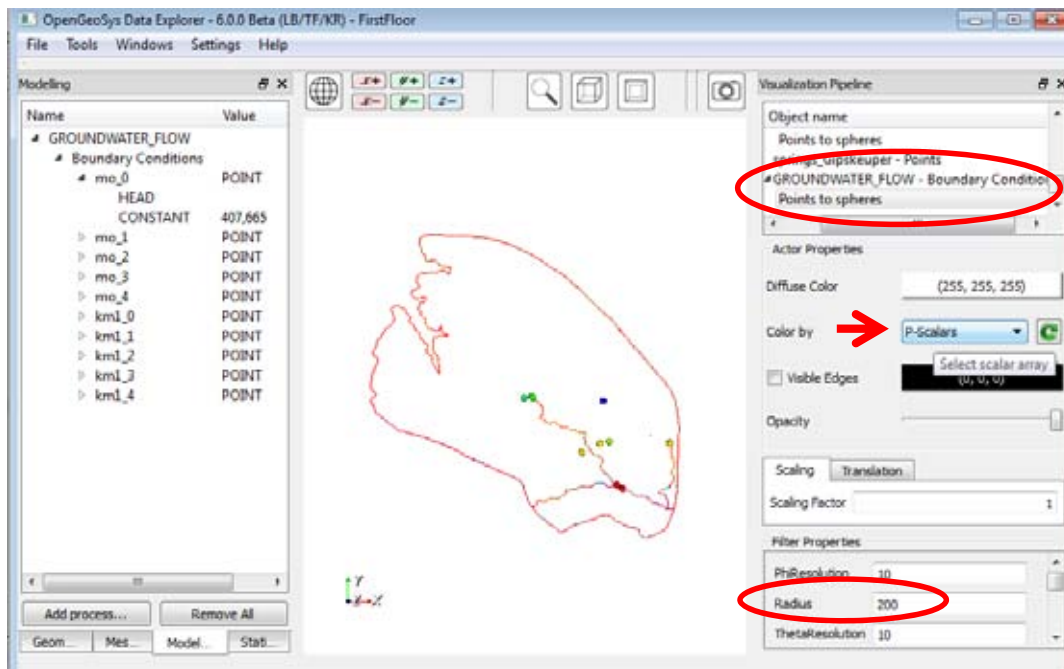
Spring	Point Name	HEAD
Upper Muschelkalk	mo_0	407.6646 m
Upper Muschelkalk	mo_1	397.9081 m
Upper Muschelkalk	mo_2	396.2654 m
Upper Muschelkalk	mo_3	374.4069 m
Upper Muschelkalk	mo_4	373.0731 m
Upper Muschelkalk	mo_5	388.9056 m
Gipskeuper	km1_0	387.2844 m
Gipskeuper	km1_1	391.7844 m
Gipskeuper	km1_2	386.8427 m
Gipskeuper	km1_3	384.8551 m
Gipskeuper	km1_4	428.3423 m

# Randbedingung: Wasserstand der Quellen - Dirichlet Randbedingung -

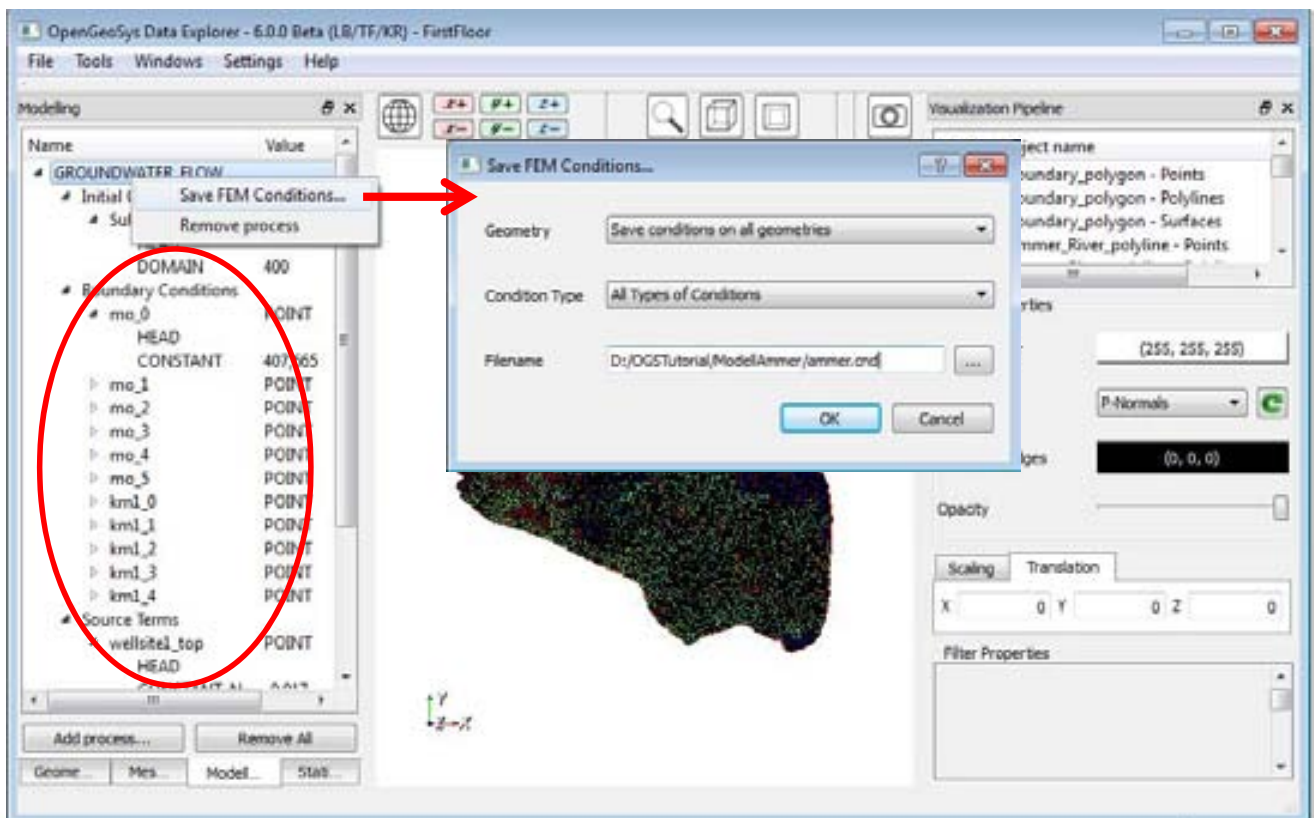




# Visualisierung der Randbedingungen



# Randbedingungen – Daten abspeichern

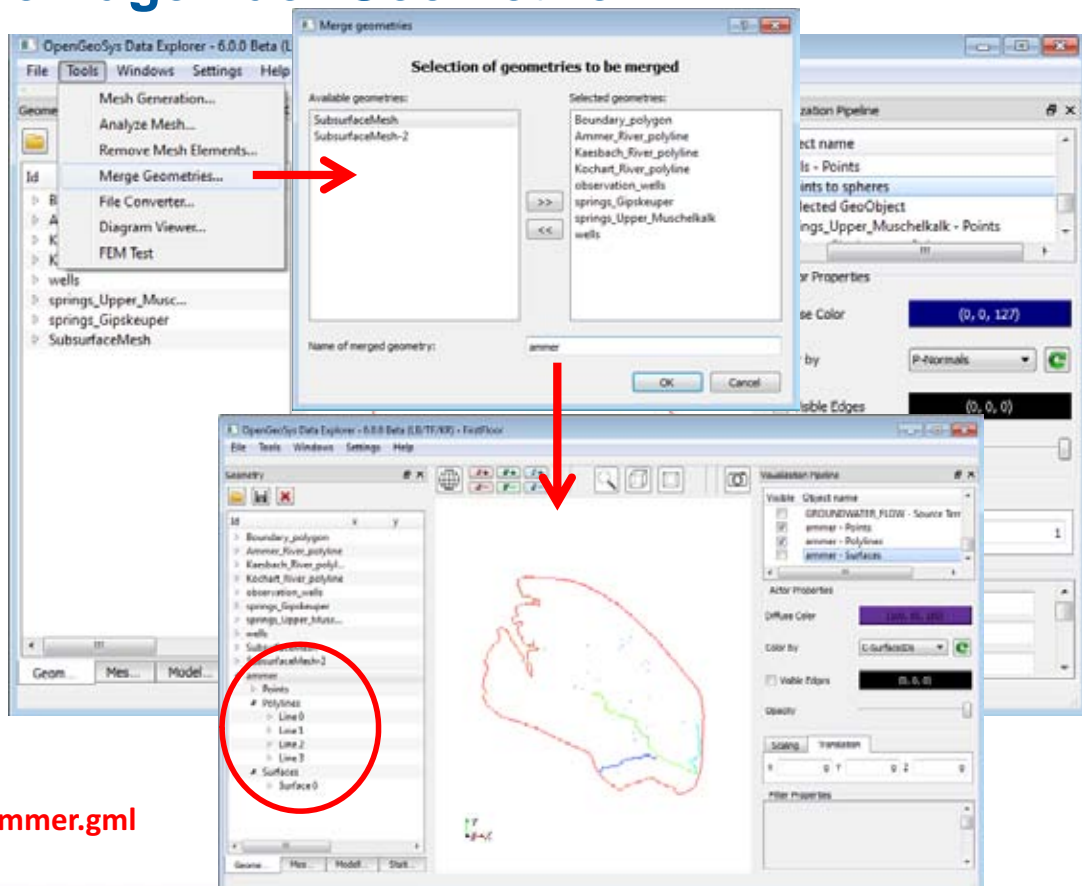




# Vorbereitung für Simulation der Grundwasserströmungsmodells

- alle Eingabe-dateien für das Grundwasserströmungsmodell sind vorbereitet
- Geometrien müssen in einer Datei zusammengefügt werden (merge)
- für die Simulation mit OGS 5: Eingabe-Dateien müssen aus OGS6-format konvertiert werden

## Zusammenfügen der Geometrie



**“ammer” als ammer.gml  
abspeichern!**

# Datei-Konvertierung (File Converter)

- Eingabe-Dateien wurden mittels OGS DE (OGS 6) erstellt
- Simulation: OGS 5.exe

→ deshalb müssen Eingabe-Dateien in OGS 5 Format umkonvertiert werden

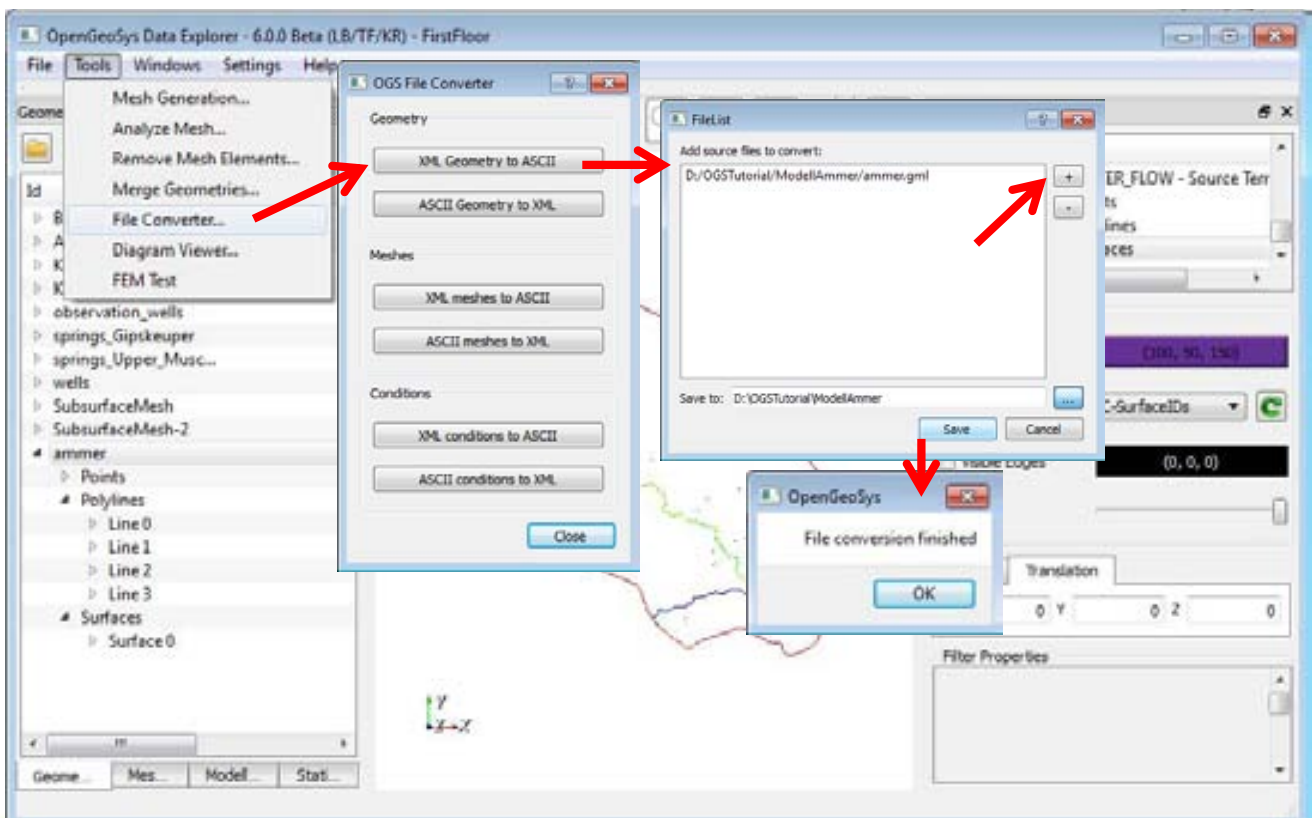
**Beachte:** OGS5-Dateien sind immer ASCII-Dateien während OGS6-Dateien XML-Dateien sind!

- Verwende “XML Geometry to ASCII” um gml-Dateien zu \*.gli-Dateien zu konvertieren
- Verwende “XML meshes to ASCII” für vtu-Dateien zu \*.msh-Dateien
- Verwende “XML conditions to ASCII” um \*.bc, \*.ic, \*.st Dateien

Table 13: File conversion overview.

OGS-6 File name	convert to OGS- 5 file	data file
ammer.gml	ammer.gli	geometry file
ammer.cnd	*.bc, *.ic, *.st	boundary condition, initial condition, source term
SubsurfaceMesh.vtu	SubsurfaceMesh.msh	mesh file

# Datei-Konvertierung



# Konvertierung von ammer.gml zu ammer.gli

```
#POINTS
0 3484965.87555 5391892.5068499995 593.15999999999997
1 3485588.0931199999 5391873.0619700002 560.78999999999996
2 3486365.8666300001 5391853.6201999998 559.41999999999996
3 3487085.3054999998 5391795.2855500001 509.88999999999999

[.]

614 3497340 5378030 315 $NAME wellsite3_bottom
615 3496850 5377085 335 $NAME wellsite4_top
616 3496850 5377085 300 $NAME wellsite4_bottom
#POLYLINE
$NAME
$POINTS
0
1
[.]

561
562
400
#SURFACE
$NAME
0
$TYPE
0
$POLYLINES
0
#STOP
```



# Konvertierung von ammer.cnd zu ammer.bc ammer.ic ammer.st

```
#BOUNDARY_CONDITION
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$PRIMARY_VARIABLE
HEAD
$GEO_TYPE
POINT mo_0
$DIS_TYPE
CONSTANT 4.076650000000e+002
#BOUNDARY_CONDITION
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$PRIMARY_VARIABLE
HEAD
$GEO_TYPE
POINT mo_1
$DIS_TYPE
CONSTANT 3.979080000000e+002
[.]

#BOUNDARY_CONDITION
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$PRIMARY_VARIABLE
HEAD
$GEO_TYPE
POINT km1_4
$DIS_TYPE
CONSTANT 4.283420000000e+002
#STOP
```

```
#INITIAL_CONDITION
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$PRIMARY_VARIABLE
HEAD
$GEO_TYPE
DOMAIN
$DIS_TYPE
CONSTANT 4.000000000000e+002
#STOP
```

```
#SOURCE_TERM
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$PRIMARY_VARIABLE
HEAD
$DIS_TYPE
DIRECT D:\OGSTutorial\ModellAmmer\direct
#SOURCE_TERM
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$PRIMARY_VARIABLE
HEAD
$GEO_TYPE
POINT wellsite1_top
$DIS_TYPE
CONSTANT_NEUMANN -1.700000000000e-002
[.]

#SOURCE_TERM
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$PRIMARY_VARIABLE
HEAD
$GEO_TYPE
POINT wellsite4_bottom
$DIS_TYPE
CONSTANT_NEUMANN -1.700000000000e-002
#STOP
```

# Konvertierung von SubsurfaceMesh.gml zu ammer.msh

```
#FEM_MSH
$PCS_TYPE
  NO_PCS
$NODES
  38610
0 3494493.58165 5386875.87966999 512.634247246868
1 3494785.24555 5386506.43623 535.5634554289
2 3494649.1376 5386700.87882999 543.367748626366

[.]

$ELEMENTS
  54731
0 3 pris 1231 1087 1089 48 1 3
1 3 pris 1231 1230 1087 48 47 1
2 3 pris 1088 1230 1231 2 47 48

[.]

2243 2 pris 5907 5906 5768 1177 1176 1132
2244 2 pris 5907 5767 5906 1177 1131 1176
2245 2 pris 5910 5911 5912 1180 1181 1182

[.]

12089 1 pris 15199 14897 15198 5907 5767 5906
12090 1 pris 15260 15194 15195 5968 5902 5903
12091 1 pris 15274 15275 15273 5970 5971 5969
```

Mesh Material_group	geological layer
0	Upper Muschelkalk
1	Lettenkeuper
2	Gipskeuper
3	Schilfsandstein, Stubensandstein, Bunte Mergel

Page 57

## Datei-Bearbeitung

- einige Eingabe-Dateien müssen mittels Editor angepaßt werden (siehe vergangene Vorlesung: Theis)

Object	File	Explanation
PCS	ammer.pcs	process definition: groundwater flow
NUM	ammer.num	numerical properties
TIM	ammer.tim	time discretisation
MMP	ammer.mmp	medium properties of geological layers
OUT	ammer.out	output configuration

Page 58



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN



HELMHOLTZ  
CENTRE FOR  
ENVIRONMENTAL  
RESEARCH - UFZ

# Datei-Bearbeitung: PCS – Prozesstype

## GROUNDWATER FLOW:

- Darcy's Gleichung
- gespannter Aquifer

Parameter	Symbol	Unit
Discharge	$Q$	$\text{m}^3/\text{s}$
Hydraulic conductivity	$K$	$\text{m}/\text{s}$
Specific Storage	$S_s$	$1/\text{m}$
Density of water (10 °C)	$\rho$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
Viscosity of water (10 °C)	$\mu$	$\text{Pa} \cdot \text{s}$

```
#PROCESS
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW ; for equation ()
#STOP
```



Verwende z. B. Notepad++!

# Datei-Bearbeitung: NUM – Numerik

Die NUM-Datei parameterisiert die Numerik des linearen Lölers der Darcy-Gleichung.

```
#NUMERICS
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$LINEAR_SOLVER
; method .... error\_tolerance max\_iterations theta precondition storage
2 0 1.000000000000e-10 2000 1.0 100 4
#STOP
```



# Datei-Bearbeitung: TIM – Zeitschritt

Die zeitliche Auflösung und Anzahl der Zeitschritte für das Grundwasserströmungsmodell wird durch die TIM-datei bereit gestellt.

Ammer Einzugsgebiet: steady state conditions

```
#TIME_STEPPING
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$TIME_START
0
$TIME_STEPS
1 1
$TIME_END
100
#STOP
```

# Datei-Bearbeitung: MMP – Materialeigenschaften

Materialeigenschaften des porösen Mediums:

- bei Prozesstyp "GROUNDWATER FLOW":  
hydraulische Leitfähigkeit
- hydraulische Leitfähigkeit aller geologischen Schichten: bottom-up-Prinzip



Mesh Group	Mater- Geological Layer	Hydraulic Conductivity
0	<i>mo</i> – Upper Muschelkalk	$4.4394111E - 05 \text{ m/s}$
1	<i>ku</i> – Lettenkeuper	$1.0000000E - 04 \text{ m/s}$
2	<i>km1</i> – Gipskeuper	$1.5000454E - 05 \text{ m/s}$
3	<i>km2, km3, km4</i> – Schilfsandstein, Bunte Mergel, Stubensandstein	$3.9741665E - 09 \text{ m/s}$

```
#MEDIUM_PROPERTIES
$NAME
mo
$GEOMETRY_DIMENSION
3
$GEOMETRY_AREA
1.000000000000E+000
$POROSITY
1 0.1
$PERMEABILITY_TENSOR
ISOTROPIC 4.4394111E-05
#MEDIUM_PROPERTIES
$NAME
ku
$GEOMETRY_DIMENSION
3
$GEOMETRY_AREA
1.000000000000E+000
$POROSITY
1 0.1
$PERMEABILITY_TENSOR
ISOTROPIC 1.0000000E-04
#MEDIUM_PROPERTIES
$NAME
km1
$GEOMETRY_DIMENSION
3
$GEOMETRY_AREA
1.000000000000E+000
$POROSITY
1 0.1
$PERMEABILITY_TENSOR
ISOTROPIC 1.5000454E-05
#MEDIUM_PROPERTIES
$NAME
km2
$GEOMETRY_DIMENSION
3
$GEOMETRY_AREA
1.000000000000E+000
$POROSITY
1 0.1
$PERMEABILITY_TENSOR
ISOTROPIC 3.9741665E-09
#STOP
```

# Datei-Bearbeitung: OUT – Ergebnisausgabe

- definiert, welches Simulations-Ergebnis in Ausgabe-Datei geschrieben werden soll
- Grundwasserfließgeschwindigkeitsfeld für das gesamte Gebiet: VELOCITY\_X1, VELOCITY\_Y1, VELOCITY\_Z1 im VTK-Format
- Grundwasserstände für einzelnen Punkte: Beobachtungsbrunnen (Tecplot-Format)

```
#OUTPUT
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$NOD_VALUES
HEAD
VELOCITY_X1
VELOCITY_Y1
VELOCITY_Z1
$GEO_TYPE
DOMAIN
$DAT_TYPE
VTK
$TIM_TYPE
STEPS 1

#OUTPUT
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$NOD_VALUES
HEAD
$GEO_TYPE
POINT obs_well11
$DAT_TYPE
TECPLOT
$TIM_TYPE
STEPS 1
$COMBINE_POINTS

[.]

#OUTPUT
$PCS_TYPE
GROUNDWATER_FLOW
$NOD_VALUES
HEAD
$GEO_TYPE
POINT obs_well135
$DAT_TYPE
TECPLOT
$TIM_TYPE
STEPS 1
$COMBINE_POINTS

#STOP
```

## Simulation

Table 18: Input files for groundwater simulation.

Object	File	Explanation
GEO	amner.gli	system geometry of Ammer catchment
MSH	amner.msh	3D finite element mesh
PCS	amner.pcs	process definition: groundwater flow
NUM	amner.num	numerical properties
TIM	amner.tim	time discretisation
IC	amner.ic	initial conditions
BC	amner.bc	boundary conditions, e.g. groundwater recharge
ST	amner.st	source/sink terms
MMP	amner.mmp	medium properties of geological layers
OUT	amner.out	output configuration
GWR	direct_values0.txt	groundwater recharge

Wichtig: Alle Dateien im gleichen Ordner!  
Füge diesem Ordner die ogs.exe hinzu!

# Start der Simulation

```
#####
##
## OpenGeoSys-Project ##
## Helmholtz Center for Environmental Research ##
## UFZ Leipzig - Environmental Informatics ##
## TU Dresden ##
## University of Kiel ##
## University of Edinburgh ##
## University of Tuebingen (ZAG) ##
## Federal Institute for Geosciences ##
## and Natural Resources (BGR) ##
##
## Version 5.5(WW) Date 22.05.2014 ##
##
#####
File name (without extension): ammer
```

Öffne ogs.exe,  
schreibe "ammer",  
klick auf ENTER,  
Simulation startet!

→ die Simulationsschritte können im Konsolenfenster nachvollzogen werden

## Simulationsergebnisse

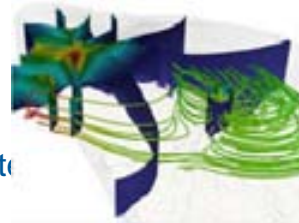
- ammer\_GROUNDWATER\_FLOW0000.vtk
- ammer\_GROUNDWATER\_FLOW0001.vtk
- ammer\_time\_obs\_well1\_GROUNDWATER\_FLOW.tec
- ammer.txt (nur wenn OGS Simulation via Kommandozeile [run.bat] gestartet wurde: ogs.exe ammer > ammer.txt)

→ txt-Datei enthält Ablauf der Simulation: welche Eingabe-Dateien wurden geladen, generiert und Details zu jedem Zeitschritt

→ Import der vtk-Dateien zuerst im OGS Data Explorer!

# Simulationsergebnisse: VTK-Dateien

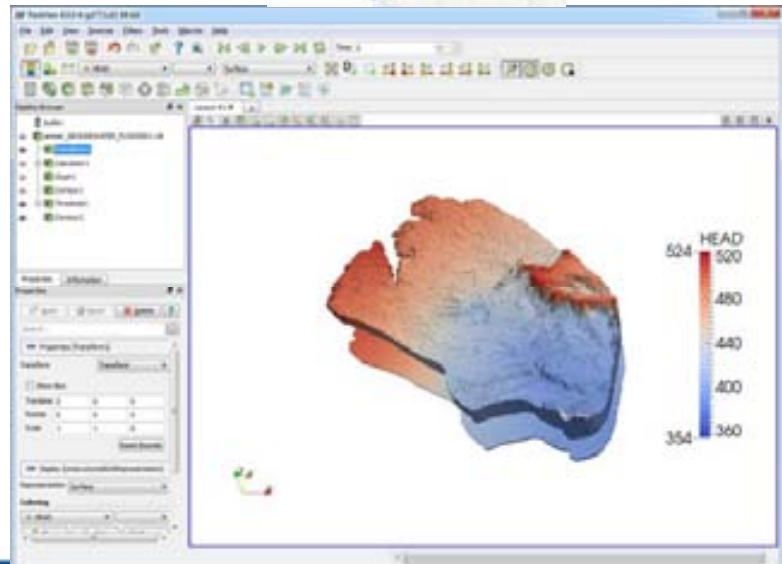
VTK-files im ParaView laden



Anwendung von verschiedenen Filtern auf vtk-Daten

- Transform
- Calculator
- Glyph
- Threshold
- Contour

Materialgruppen

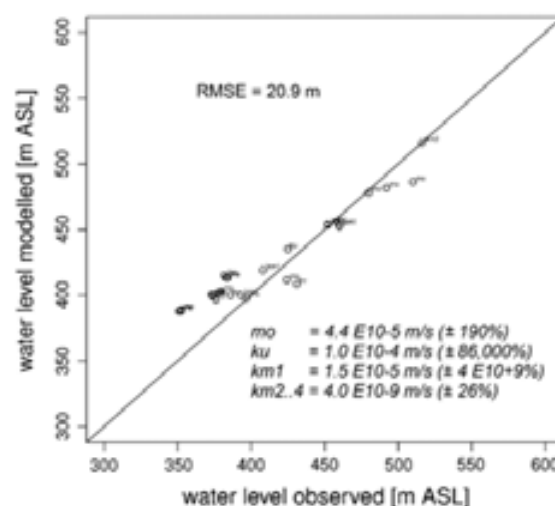


Page 67

# Simulationsergebnis: TecPlot-Dateien

Lade tec-Datei im EXCEL:

- vergleiche simulierte Wasserstände mit gemessenen Wasserständen von Beobachtungsbrunnen



Page 68



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DRESDEN



HELMHOLTZ  
CENTRE FOR  
ENVIRONMENTAL  
RESEARCH - UFZ

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Fragen?

Kontakt:  
Agnes Sachse  
agnes.sachse@ufz.de

**nächste Vorlesung am 19.06.2015**

**mit Herrn Dr. Marc Walther (UFZ Leipzig)**

**Thema: Hydrologische Modellierung mit OpenGeoSys**

**→ Computer mitbringen!**