

# Modelldokumentation Grundwassermodell Sponsheim

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Software</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>FE-Netz und Randbedingungen</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Hydrogeologische Schematisierung</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Modellkalibrierung</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Bilanzgrößen</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Aussagegenauigkeit</b>	<b>7</b>

## Anlagenverzeichnis Anhang

Anlage A1	Übersichtslageplan
Anlage A2	FE-Netz und Randbedingungen
Anlage A3	Vertikalschnitt durch das Grundwassermodell
Anlage A4	Höhenlage Aquiferbasis
Anlage A5	Höhenlage Oberkante Aquifer
Anlage A6	Berechneter Grundwassergleichenplan bei mittleren Verhältnissen (stationär)
Anlage A7	Berechnete und gemessene Grundwasserstände HW 2010/11

## 1 Software

Das Grundwassermodell Sponsheim wurde mit dem Softwarepaket SPRING® der delta h Ingenieurgesellschaft erstellt. SPRING ist ein Softwarepaket zur Erstellung und Berechnung von Grundwasserströmungs- und Stofftransportmodellen und beruht auf der Methode der Finiten Elemente (FE).

## 2 FE-Netz und Randbedingungen

Das Modellgebiet umfasst eine Fläche von ca. 6,5 x 3,5 km<sup>2</sup>. Diese Fläche wurde als FE-Netz mit 6.729 Knoten und 13.319 Elementen diskretisiert. Im geplanten Hochwasserrückhalteraum (HWR) und im angrenzenden Grabensystem wurde das Netz engmaschig angelegt, so dass die Elemente hier Seitenlängen von ca. 20 – 30 m haben. In den späteren Rechenläufen wurde das Netz zusätzlich noch lokal im Bereich der geplanten Schutzmaßnahmen (Brunnen und Rigole) verfeinert.

Das Grundwassermodell erstreckt sich in Nord-Süd Ausrichtung vom südlichen Ortsrand Gensingen bis nach Budesheim. **Anlage A1** zeigt einen Übersichtslageplan des Modellgebietes mit den geplanten Maßnahmen (neuer Deich und neue Gräben) und den vorhandenen Messstellen. Den westlichen und nördlichen Modellrand bildet jeweils der Übergang der Naheterrassen zum angrenzenden Festgestein. Im Osten wurde in etwa der Übergang von der Mittel- zur Hauptterrasse als Modellrand gewählt. Dort sind die Anteile hydraulisch leitfähiger Substrate an der Lockergesteinsmächtigkeit bereits gering. Der südliche Modellrand folgt keiner hydraulischen Systemgrenze und wurde in ausreichender Entfernung zum HWR Sponsheim gesetzt.

Die Modellränder des Grundwassermodells Sponsheim wurden so gewählt, dass das eigentliche Untersuchungsgebiet - der HWR Sponsheim und das binnenseitige Umland - im Zentrum des Grundwassermodells liegt und die Rechenergebnisse zu den Wirkungen der Flutung des HWR von den Modellrändern nicht beeinflusst werden.

Das Grundwassermodell wurde mit folgenden Randbedingungen belegt:

- Die Nahe wird als Festpotentialrand abgebildet. Im Anfangszustand sowie bei stationären Berechnungen entsprechen die Festpotentiale Mittelwasserständen. Bei der Modellierung einer Hochwasserwelle werden diese Knoten instationär für jeden Zeitschritt mit neuen Potentialen überschrieben. Bei Überschwemmung des Uferbereichs und des HWR werden auch die Knoten der überstauten Flächen im Zeitraum des Überstaus mit Festpotentialen belegt. Die Nahewasserstände entlang des Flussbettes und in den Überflutungsbereichen wurden von BGS WASSER mit einem Wasserspiegellagen-Modell berechnet und als shape-Dateien übergeben.
- Die Gräben im Ist- und Planzustand dienen nur als Entwässerungsgräben. Sie wurden in den instationären Variantenrechnungen zu Nahehochwässern mit Wasserspiegellagen belegt, die einem 5-jährigen binnenseitigem Hochwasser entsprechen (BAUER - INFRASTRUKTURPLANUNG UND WASSERBAU & BGS WASSER 2011). Im Planzustand wurde

ein optimierter Betrieb des geplanten Schöpfwerks am Durchlass des Aspisheimer Grabens in den HWR berücksichtigt (BGS WASSER 2015).

- Alle Gräben wurden mit einem sehr hohen Leakagekoeffizienten belegt, so dass sie näherungsweise wie Festpotentiale wirken. Dies entspricht einer guten Anbindung an den Grundwasserleiter bzw. einer guten Entwässerungswirkung. Die berechneten Leakage-mengen werden damit konservativ abgeschätzt.
- Am östlichen Modellrand erfolgt über eine Länge von ca. 5,6 km ein Randzufluss von insgesamt 930.000 m<sup>3</sup>/a, am westlichen Modellrand über einen kürzeren Abschnitt von ca. 2,3 km Länge ein Randzufluss von 230.000 m<sup>3</sup>/a. Die übrigen Modellränder sind undurchlässig (no-flow-boundary).
- Die Grundwasserneubildung im überwiegend landwirtschaftlich genutzten Untersuchungsgebiet wird mit 100 mm/a unter landwirtschaftlicher Nutzfläche und 50 mm/a unter den Siedlungsflächen grob abgeschätzt. Die Grundwasserneubildung ist für die zu bearbeitende Fragestellung von nachrangiger Bedeutung, da die Grundwasserstände der Niederterrasse insbesondere im Hochwasserfall von der Nahe und den übrigen Fließgewässern geprägt werden.

**Anlage A2** zeigt das FE-Netz und die Modellrandbedingungen.

### 3 Hydrogeologische Schematisierung

Das Grundwassermodell Sponsheim besteht aus insgesamt drei Elementschichten: dem quartären Grundwasserleiter (Flussschotter), dem Auenlehm und einer darüber liegenden fiktiven Elementschicht mit einem  $k_f$ -Wert = 1 m/s, mit der ein Überstau des Geländes abgebildet wird. Die Modellbasis bilden die tertiären Tone des Rupeltons. Auf der Niederterrasse liegt die Aquiferbasis bei ca. 79 - 90 müNN, auf der Mittelterrasse bei ca. 90 - 100 müNN. **Anlage A3** zeigt einen Vertikalschnitt durch das Grundwassermodell, der auf der Mittelterrasse endet. Die Lage des Vertikalschnittes findet sich in Anlage A1.

Grundlage für die hydrogeologische Schematisierung sind die Bohrkerne BK 01 - 12 (ISK 2013), die Erkundungsbohrungen B1 und B2 bei Grolsheim (HYDROSOND 2005), die Landesgrundwassermessstellen 2068, 2069 und 2197 (SGD Süd) sowie die Ergebnisse der geotechnischen Erkundungen des Vorhabens.

Die quartären Kiese, die den Grundwasserleiter bilden, haben großräumig eine Mächtigkeit von ca. 2 – 5 m. Auf der Niederterrasse wurden die Kiese mit einem  $k_f$ -Wert von  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s belegt, auf der Mittelterrasse mit einem  $k_f$ -Wert von  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.

Der Auenlehm besitzt auf der Niederterrasse großräumig eine Mächtigkeit von 0,5 – 2,5 m. Er wurde mit einem  $k_f$ -Wert von  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s in Fließrichtung (vertikale Richtung) modelliert. Im südlichen Bereich des HWR wurden Lücken in der Überdeckung des Auenlehms nachgewiesen. Um die dort bereichsweise höhere Durchsickerung nachzubilden und eine konservative Ab-

schätzung der Wirkung eines Einstaus des HWR bzgl. der Aufhöhung der Grundwasserstände und der abzuführenden Qualmwassermengen zu erlangen, wurde innerhalb des HWR der Auenlehm flächendeckend mit einem  $k_f$ -Wert von  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s in Fließrichtung (vertikale Richtung) belegt.

Am Übergang von der Nieder- zur Mittelterrasse sind die Kiese nur geringmächtig ausgebildet und stellenweise wegerodiert (ISK 2013). Auf einem ca. 500 m breiten Streifen, der dem Anstieg im Gelände bzw. dem Versatz der Aquiferbasis entspricht, wurde im Grundwassermodell über die gesamte Mächtigkeit des Modellkörpers (Flussskiese und Auenlehm) ein sehr niedriger  $k_f$ -Wert von  $1 \cdot 10^{-8}$  m/s angesetzt, um die geringe Transmissivität dieses Bereichs abzubilden.

**Anlage A4** zeigt die Höhenlage der Aquiferbasis, **Anlage A5** die Höhenlage der Oberkante des Grundwasserleiters.

## 4 Modellkalibrierung

Zunächst wurde mit den oben aufgeführten Randbedingungen und Modellparametern eine stationäre Grobkalibrierung durchgeführt. Diese diente zur Plausibilitätsprüfung der hydrogeologischen Schematisierung und zur Abschätzung der Zuflussmengen über die Modellränder. Der resultierende Grundwassergleichenplan unter stationären Verhältnissen ist in **Anlage A6** abgebildet.

Anschließend wurde das Grundwassermodell Sponsheim am Hochwasserereignis Januar 2011 instationär kalibriert. Hauptziel der instationären Modellkalibrierung war es, die durch das Nahehochwasser bedingten Grundwasserstandsänderungen nachvollziehen zu können. Bodenfeuchtesimulationen zur Ermittlung der Grundwasserneubildung in diesem Zeitraum wurden nicht durchgeführt. In Abbildung 1 ist der Verlauf des Nahehochwassers Dezember 2010 / Januar 2011 am Pegel Grolsheim dargestellt. **Anlage A7** zeigt die berechneten und die gemessenen Ganglinien an den Messstellen der Niederterrasse GWM 01/08 – GWM 04/08, Br. 210 und an der GWM 823, die westlich der Nahe liegt.

Interessant ist ein Vergleich der östlich der Nahe gemessenen Ganglinien mit der Ganglinie der Messstelle 823 westlich der Nahe (Anlage A1). Östlich der Nahe wird der Grundwasseranstieg bei einem Nahehochwasser v.a. durch den Aspischer Graben und den Dorfgraben außerordentlich wirksam begrenzt. Westlich der Nahe bei Langenlonsheim existiert ein solches Grabensystem nicht. Die Ganglinie der Messstelle 823 zeigt entsprechend eine viel stärkere Dynamik und eine deutlich größere Amplitude des Grundwasseranstiegs. Diese Charakteristik konnte in den Modellrechnungen gut nachvollzogen werden, was Modellaufbau und Parametrisierung bestätigt.

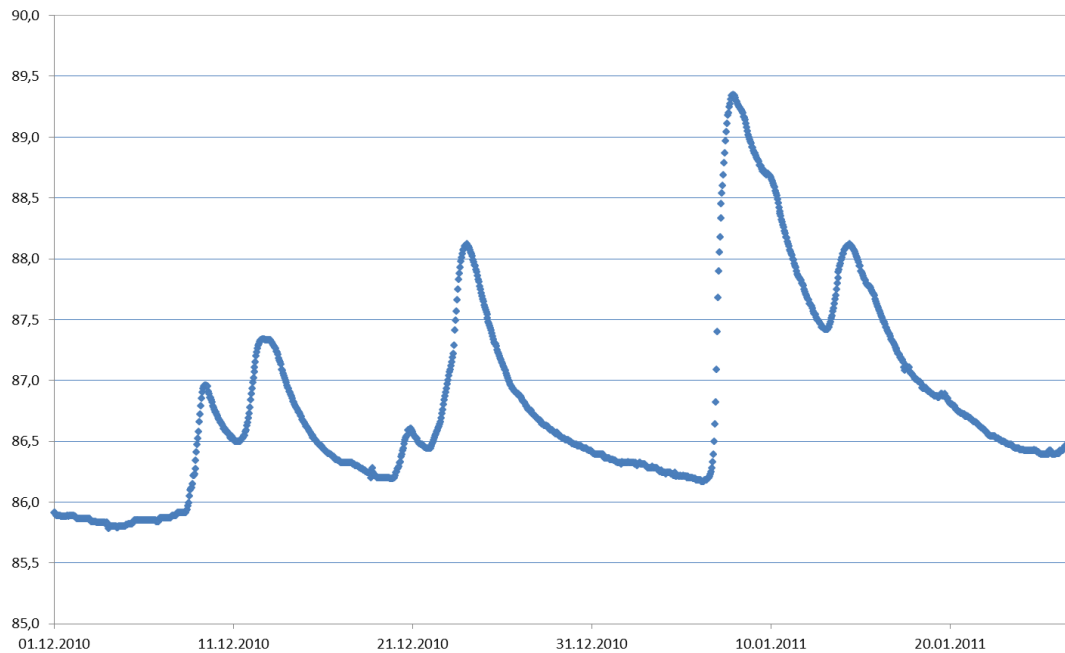


Abbildung 1 Hochwasserwelle Januar 2011 am Pegel Grolsheim

Im Rahmen der Modellkalibrierung wurden verschiedene Parameter auf ihre Sensitivität hin untersucht. Während sich eine Variation des  $k_f$ -Wertes der Flusskiese deutlich auf die Dynamik der berechneten Grundwasserganglinien bei einem Hochwasserereignis auswirkt, erwies sich die Parametrisierung des Auenlehms bzgl. der berechneten Grundwasserstände als nicht sensitiv.

Das Grundwasserstands-niveau und die Charakteristik der Ganglinien auf der Niederterrasse konnten mit dem Grundwassermodell nachvollzogen werden. Der stufenweise Anstieg des Grundwassers infolge der Hochwasserwelle bildet sich in den berechneten Ganglinien in einer vergleichbaren Größenordnung ab.

Im Bereich der Niederterrasse zwischen Sponsheim und Grolsheim liegt das Niveau der berechneten Ganglinien (z.B. GWM 04/08) ca. 0,3 – 0,5 m über den Beobachtungsdaten. Eine bessere Anpassung der Rechenergebnisse hätte durch eine lokal abweichende Wahl der Modellparameter oder auch durch eine Anpassung der Wasserstände bzw. Sohlhöhen im Dorfgraben erreicht werden können. Da aus den Beobachtungsdaten hierfür keine Hinweise vorlagen (auch nach Rücksprache mit BGS Wasser), wurde hierauf verzichtet. Die Grundwasserstandsänderung wird mit der getroffenen Parameterwahl gut wiedergegeben. Da bei Abweichung zwischen Beobachtung und Rechenergebnis die berechneten Grundwasserstände über den Beobachtungsdaten liegen, werden die Auswirkungen einer Flutung des HWR auf der sicheren Seite prognostiziert.

Eine Validierung des Grundwassermodells an einem zweiten Hochwasserereignis war aufgrund fehlender Messwerte nicht möglich. Für das Hochwasser Dezember 1993 liegen auf der Niederterrasse nur für die Messstelle GWM 2070 zwei Messwerte vor.

## 5 Bilanzgrößen

Im stationären Zustand ergeben sich folgende Bilanzgrößen:

Der Zufluss in das Modellgebiet erfolgt über den Randzufluss und die Grundwasserneubildung. 230.000 m<sup>3</sup>/a fließen über den westlichen Rand der Nahe zu, 930.000 m<sup>3</sup>/a über den östlichen Modellrand. Über die Grundwasserneubildung gelangen jährlich ca. 2 Mio. m<sup>3</sup>/a in das Modellgebiet (Modellfläche 22,86 km<sup>2</sup>). Der gesamte Zufluss von 3,2 Mio. m<sup>3</sup>/a ( ~ 0,1 l/s) fließt in die Nahe und verlässt das Modellgebiet über die Nahe.

Das binnenseitige Grabensystem ist bei mittleren Verhältnissen trocken.

## 6 Aussagegenauigkeit

Die Modellkalibrierung des Grundwassermodells Sponsheim führt zu plausiblen Bilanzgrößen. Die Ganglinien im geplanten HWR und auch in der Messstelle GWM 823 westlich der Nahe können bzgl. des Grundwasserstandsniveaus und der Dynamik nachvollzogen werden. Dies weist daraufhin, dass das Grundwassermodell das Systemverhalten im Untersuchungsgebiet richtig erfasst und modelliert.

In einigen Bereichen, in denen mit dem Grundwassermodell Aussagen über die Auswirkungen des neuen HWR getroffen werden, liegen keine langjährigen Messwerte vor, wie z.B. in den Ortslagen von Sponsheim und Dietersheim.

In der Natur wirken zahlreiche Einflussfaktoren auf das System Nahe – Boden – Grundwasser, wie z.B. die Bodenfeuchte im Ausgangszustand, die aktuellen Witterungsbedingungen oder Heterogenitäten im Untergrund. Diese können im Grundwassermodell nur bedingt berücksichtigt bzw. mit unverhältnismäßig großem Aufwand ermittelt werden. Derartige Aspekte werden im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse betrachtet. Auch unter Berücksichtigung von Modellungenauigkeiten wird die erreichbare Aussagegenauigkeit der prognostizierten Grundwasserstände auf die Größenordnung von wenigen Dezimetern abgeschätzt.

In den Modellrechnungen wurde zur Ableitung von Schutzmaßnahmen sowie der Ermittlung der Qualmwassermengen und des zu erwartenden Grundwasseranstiegs generell eine konservative Abschätzung der Modellparameter vorgenommen.

Darmstadt, 18.12.2015



Dr.-Ing. M- Kämpf



Dipl.-Geoökol. A. Spinola