



Ingenieurbüro
Auernheimer

Schwaigerstr.17-19
92224 Amberg
Tel.: 09621/429407

Auf der Höh 6
95517 Emtmannsberg
Tel.: 09209/221170

**Hydrogeologisches Gutachten
zur UVP
Tagebau Sandholz, Kainsricht**





Projekt: Hydrogeologisches Gutachten zur Umweltverträglichkeitsprüfung im Rahmen des geplanten Sandabbaus ‚TGB Sandholz‘, nördlich von Kainsricht, Dorfholz.



Übersichtslageplan mit Ortschaften im Umfeld des geplanten Tagebaus Sandholz.

Lage: Gemarkung Gebenbach, Gemeinde Gebenbach, Landkreis Amberg-Sulzbach

Auftraggeber: Strobel Quarzsand GmbH
Freihungsand 3, 92271 Freihung, Tel.: 09646 92010

Auftragnehmer: Ingenieurbüro Auernheimer, Hydrologie, Hydrogeologie, Meteorologie.
Projektnummer: 201405

Bearbeitung: Ralph Auernheimer, Dipl. Geoökologe
Universität Bayreuth, 1984

Ort/Datum: Emtmannsberg, 02.12.2015



Inhaltsverzeichnis

1	<i>Veranlassung und Aufgabenstellung</i>	1
2	<i>Durchgeführte Arbeiten</i>	2
3	<i>Zusammenfassung der Ergebnisse</i>	3
4	<i>Hydrogeologische Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes 2015</i>	8
4.1	Lage des Untersuchungsgebietes	8
4.2	Hydrogeologische Modellvorstellung	9
4.3	Fließgewässer	13
4.4	Quellen und Trinkwasserversorgungsanlagen	15
4.5	Hydrochemischer Istzustand	17
5	<i>Grundwasserströmungsmodell MODKAIN</i>	20
5.1	Räumliche Eingrenzung des Modellgebietes	20
5.2	Schichtenaufbau	22
5.3	Grundwasserstände und Grundwasserfließrichtung	23
5.4	Durchlässigkeiten	24
5.5	Grundwasserneubildung	25
5.6	Grundwasserfließzeiten	27
6	<i>Voraussichtliche hydrogeologische und hydrologische Umweltauswirkungen</i>	28
6.1	Kainsrichter Quellstrang	28
6.2	Hahnbacher Quellen	29
6.3	Fließgewässer	30
7	<i>Vorschlag zum Monitoring TGB Sandholz</i>	31



Verzeichnis der Abbildungen:

ABBILDUNG 1: ANTRAGSFLÄCHE TGB SANDHOLZ, KAINSRICHT (ROT GESTRICHELT) MIT SÜDÖSTLICHER GRENZE DER MODELLIERTEN, WAHRSCHEINLICHEN GRUNDWASSER-EINZUGSGEBIETE (HELLBLAUE SCHRAFFIERT) DER HAHNBACHER QUELLEN IM SOG. WORST CASE (SCHWARZE, DICK GESTRICHELTE LINIE) SAMT AUSGEWIESENER SCHUTZGEBIETSGRENZEN (ROSA) UND GRUNDWASSERSTÄNDEN DER 2014 (Z.B. P10/14) EINGERICHTETEN GWM. DIE SOG. ‚GLA-STÖRUNG‘ VERLÄUFT NÖRDLICH DES GEPLANTEN TGB (SCHWARZE STRICH-PUNKT-LINIE) UND KANALISIERT IN MODKAIN DEN GRUNDWASSERFLUSS RICHTUNG HAHNBACHER QUELLEN.....	5
ABBILDUNG 2: ANTRAGSFLÄCHE (ROT GESTRICHELT) MIT EINZUGSGEBIETEN DER QUELLEN (ROT: FLIEßWEGE) UND GRUNDWASSERGLEICHEN AUS MODKAIN (DUNKELBLAUE LINIEN) IM SOG. BEST CASE (D: QUELLE 4, H: HAHNBACHER QUELLEN (1,2 U. 3), KQ: KAINSRICHTER QUELLSTRANG). DIE BLAUEN PFEILE ZEIGEN DIE GRUNDWASSERFLIEßRICHTUNGEN. IM GEPLANTEN TGB SANDHOLZ LIEGEN ZWEI GRUNDWASSERSCHIEDEN.	6
ABBILDUNG 3: MESSPUNKTE MP2B UND MP 2 AM HALLANDENBACH UND EINGEZÄUNTER QUELLSTRANG KAINSRICHT KQ. DIE GRENZE OPALINUSTON-DOGGERSANDE IST ALS STRICHPUNKTLINIE BRAUN DARGESTELLT UND VERLÄUFT NAHE MP2B.....	7
ABBILDUNG 4: LAGE DER GLASSANDE IM HYDROGEOLOGISCHER N-S-SCHNITT, TGB SANDHOLZ.	10
ABBILDUNG 5: LIMONITKRUSTEN ÜBER ‚FLAMINGOSANDEN‘, FREI STEHENDER ABBAUSOCKEL KOHLGRUBE 2014.	11
ABBILDUNG 6: AUSZUG BOHRPROFIL B 1/14 (GWM 10/14), SCHLAMMSCHICHTEN UND LIMONITKRUSTEN ÜBER FLAMINGOSANDEN.	12
ABBILDUNG 7: SCHICHTENVERSATZ ENTLANG DER VERMUTETEN GLA STÖRUNG, OSTWAND HIRSCHGRUBE.	13
ABBILDUNG 8: ABFLUSSPEGEL MP 3 KAINZBACH.....	14
ABBILDUNG 9: ABFLUSSPEGEL MP 3 KAINZBACH, MESSZEITRAUM 1.1.2009 BIS 30.10.2013.....	15
ABBILDUNG 10: GESAMTSCHÜTTUNG HAHNBACHER QUELLEN.....	16
ABBILDUNG 11: SCHÜTTUNG DER EINZELNEN QUELLSTRÄNGE.....	17
ABBILDUNG 12: ROHWASSERANALYSEN HAHNBACHER QUELLEN.....	18
ABBILDUNG 13: DESETYLATRAZIN IM ROHWASSER DER HAHNBACHER QUELLEN.....	19
ABBILDUNG 14: MODELLGEBIET MIT EINER MODERATEN VARIANTE VON GRUNDWASSERGLEICHEN UND FLIEßGESCHWINDIGKEITEN. DIE NEUE ANTRAGFLÄCHE LIEGT WESTLICH DER BEREITS GENEHMIGTEN ANTRAGSFLÄCHE (ROT UMRANDET).	21
ABBILDUNG 15: S-N-SCHNITT (5-FACH ÜBERHÖHT) DURCH DAS MODELLGEBIET IM BEREICH ANTRAGSFLÄCHE SANDHOLZ ZUR VERANSCHAULICHUNG DES SCHICHTENAUFBAUS, MIT SCHICHTEINFALLEN UND GRUNDWASSERFLÄCHE.	22
ABBILDUNG 16: GRUNDWASSERSPIEGELGANGLINIE GWM 1/11 KOHLGRUBE IN MNN SEIT 2009.....	23
ABBILDUNG 17: BEISPIEL EINER MODERATEN VARIATION DER DURCHLÄSSIGKEITSBEIWERTE IN MODKAIN.	24
ABBILDUNG 18: BEISPIEL EINER MODERATEN VARIANTE DER GRUNDWASSERNEUBILDUNG IN MODKAIN: WEIß, VORWIEGEND WALDGEBIETE: 220 MM/A, GRÜN SCHWACH BEWACHSENE ACKER- UND TGB-BRACHFLÄCHEN: 300 MM/A, DUNKELBLAUE VEGETATIONSLOSE ABBAUFLÄCHEN IM TGB: 500 MM/A.....	27
ABBILDUNG 19: DARSTELLUNG DER FLIEßWEGE ZU DEN 4 QUELLEN IM TANNENSCHLAG. EINE PFEILLÄNGE ENTSPRICHT EINEM JAHR FLIEßZEIT, INSGESAMT SIND 5 JAHRE FLIEßZEIT DARGESTELLT.	28



Verzeichnis der Abkürzung

AG	Auftraggeber
TGB	Tagebau
WWA	Wasserwirtschaftsamt
GLA/LFU	ehem. Geologisches Landesamt, LFU: Bayr. Landesamt für Umwelt

Messgrößen

L/s	Liter pro Sekunde
L/(s*km ²)	Liter pro Sekunde und pro Quadratkilometer
mm	Abfluss-, Niederschlags-, Verdunstungshöhe in Millimeter: 1 Liter/Quadratmeter
mm/a	Millimeter pro Jahr: Wassermenge als Niederschlags-, Abfluss-, Verdunstungshöhe
m ³ /a	Kubikmeter (1000 Liter) pro Jahr
h, d, a	Stunde, Tag, Jahr
Mio.	Million
ha	Hektar, entspricht 10.000 Quadratmeter (m ²)
mNN	Meter über Höhennullpunkt
mg/L	Milligramm pro Liter entspricht 0.001 Gramm/Liter (g/L)
µg/L	Mikrogramm pro Liter entspricht 0.000001 g/L
µS/cm (25°C)	Mikro Siemens pro cm, elektrischen Leitfähigkeit (LF) von Wasser bei 25°C.

Wasserbilanzgrößen

MP 1	MP steht für Messpunkt an einem Oberflächengewässer
N	Niederschlag
NG	nach RICHTER korrigierter Gebietsniederschlag für die Wasserbilanz
DWD	Deutscher Wetterdienst
pET	potenzielle, maximal mögliche Evapotranspiration bei guter Wasserversorgung
aET	tatsächliche Evapotranspiration in Abhängigkeit vom Wasserangebot
Q _o	Oberflächenabfluss der nicht versickert und direkt abfließt
Q _i	Zwischenabfluss aus der ungesättigten Bodenzone, auch Interflow genannt
Q _{uk}	Kurzfristiger unterirdischer Abfluss aus dem Grundwasserspeicher
Q _{ul}	Langfristiger Basisabfluss aus dem Grundwasserspeicher
Q _{ub}	Grundwasserbegleitstrom der vom Abflusspegel nicht erfasst wird
Q _{ex}	aus dem Bilanzgebiet exportierte Wassermengen
Q _{im}	aus anderen Bilanzgebieten importierte Wassermengen
S	Speicherung von Wasser im Bilanzgebiet
HHQ	Maximaler Abfluss im Messzeitraum
MHQ	Mittlerer Hochwasserabfluss im Messzeitraum
MQ	Mittlerer Abfluss im Messzeitraum
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss im Messzeitraum,
MNQ(6)	Mittelwert aus den monatlichen MNQ-Werten in einem Messzeitraum von 6 zusammenhängenden Monaten mit minimalem MNQ-Werten, meist Sommerhalbjahr
NNQ	Minimaler Abfluss im Messzeitraum

Hydrogeologie

GOK	Geländeoberkante
GWM	Grundwassermessstelle
GWS	Grundwasserspiegel



GWL	Grundwasserleiter
GWM, P	Grundwassermessstelle, Grundwasserpegel
P 2/12	Die zweite (2) im Jahr 2012 (/12) eingerichtete Grundwassermessstelle
B	Brunnen zur Entnahme von Grundwasser
GWL	Grundwasserleiter
kf-Wert	Durchlässigkeitsbeiwert des Grundwasserleiters in m/s

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lagepläne

- Anlage 1.1 Topographische Karte 1: 25.000 mit Messnetz
- Anlage 1.2 Topographische Karte 1: 25.000 mit Grundwassergleichen im Meterabstand

Anlage 2 Grundwasseraufschlüsse

- Anlage 2.1 Bohrprofile und Ausbaupläne
- Anlage 2.2 Hydrogeologische Schnitte
- Anlage 2.3 Pumpversuche mit Probenahme

Anlage 3 Laborergebnisse

- Anlage 3.1 Grundwasseranalysen
- Anlage 3.2 Oberflächenwasseranalysen

Verwendete und ergänzende Unterlagen:

- [1] Gudden H., Treibs W. (1961): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, Blat Nr. 6436 Sulzbach - Rosenberg Nord - GLA München.
- [2] Bauberger W, Haunschild H., Schneider E., Tillmann H. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, Blatt Nr. 6437 Hirschau. - GLA München.
- [3] Bayer. Landesvermessungsamt München: Topographische Kartenblätter TK 6436, TK 6437. – München
- [4] I.B. Auernheimer (28.04.2015): Monitoring Nassabbau, Hirsch- und Kohlgrube, 2006 bis 2015
- [5] Grundwasserströmungsmodell Software MODFLOW.



1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Westlich von Atzmansricht betreibt die Firma Strobel Quarzsand GmbH auf Grundlage zugelassener Betriebspläne den Sandabbau in der Kohlgrube und der Hirschgrube (Anlage 1.1). Der Quarzsand wird mittels Hydraulikbagger hereingewonnen, mit Radladern auf LKW verladen und zur Aufbereitung in das Werk Freiungsand transportiert.

Im Zuge eines sog. Nassabbau-Verfahrens werden auch wertvolle Glassande aus dem oberen Bereich des Grundwasserleiters entnommen. Der Nassabbau ist in [4] detailliert beschrieben, behördlich genehmigt und wird im Rahmen eines Monitorings seit dem Jahr 2006 bezüglich seiner Auswirkungen auf das Grundwasser überwacht.

Die Abbaufirma plant die Erweiterung ihres Tagebaus nördlich von Kainsricht. Die Größe der geplanten Abbaufäche erfordert eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP). Folgende Kernfragen stehen im Rahmen der UVP bei der hydrogeologischen Untersuchung und Begutachtung im Vordergrund:

- Welche hydrologischen, meteorologischen und hydrogeologischen Daten liegen mittlerweile vor, um die hydrogeologische Modellvorstellung für den geplante Tagebau Sandholz und sein Umfeld zu optimieren?
- Welche Grundwasserleiter, Grundwasserstauer und hydraulisch aktiven Störungszonen sind zu beachten und welche hydraulischen Eigenschaften besitzen sie?
- Wie kann die hydrogeologische Modellvorstellung mit neuen Messdaten in einem neuen Grundwasserströmungsmodell umgesetzt werden?
- Welche Auswirkungen hat der geplante Tagebau Sandholz auf bestehende Wasserversorgungsanlagen im schlimmsten Fall (worst case)?
- Wo ist im Tagebau ein temporärer Nassabbau der wertvollen Glassande möglich und welche Auswirkungen hätte er im schlimmsten Fall auf die Wasserversorgungsanlagen?
- Welche Auswirkungen hätte der geplante Abbau im worst case auf benachbarte Fließgewässer?
- Wie kann der Abbau der Glassande gestaltet werden, um die Auswirkungen auf das hydrologische Umfeld zu minimieren?



2 Durchgeführte Arbeiten

Im Auftrag der Quarzsand Strobel GmbH führt das Ingenieurbüro Auernheimer zur Beantwortung obiger Fragen folgende Arbeiten durch:

- Datenerhebung zur Geologie, Hydrogeologie, Hydrologie, Hydrochemie und Meteorologie im Untersuchungsgebiet
- Auswertung von Daten des Auftraggebers; des Deutschen Wetterdienstes; der Wasserversorger; des WWA Amberg; des Geologischen Landesamtes München
- Planung, Installation und Betrieb eines Messnetzes aus Abflusspegeln (MP) und Grundwassermessstellen (GWM) im Rahmen des Monitorings zum Sandabbau in der Hirsch- und Kohlgrube
- Verarbeitung von Messdaten bezüglich Grundwasserneubildung, Abfluss in den Oberflächengewässern, Grundwasserspiegel, Hydraulik, Hydrochemie
- Durchführung von Abfluss-Stichtagsmessungen in Trockenwetterperioden
- Berechnung der Wasserbilanz
- Verarbeitung der Messdaten aus dem Monitoring Atzmansricht [4]
- Anfertigung von Profilschnitten im Bereich des geplanten TGB Sandholz
- Entwicklung einer hydrogeologischen Modellvorstellung mit Fokussierung der Grundwassersituation und der umliegenden Quellen
- Umsetzung der hydrogeologischen Modellvorstellung in einem dreidimensionalen Grundwassermodell (MODKAIN)
- Messungen zum hydrogeologischen Istzustand
- Modellkalibrierung mit Messdaten aus den 2014 eingerichteten GWM
- Einholen von Daten zu den Hahnbacher Quellen beim Markt Hahnbach
- Sensitivitätsanalysen in MODKAIN
- Berechnung der wahrscheinlichen Einzugsgebiete der Hahnbacher Quellen bei noch realistischen, hydrogeologischen Randbedingungen
- Berechnung der maximalen Ausdehnung sämtlicher Einzugsgebiete der Hahnbacher Quellen
- Berechnung der maximalen Ausdehnung des Einzugsgebietes der Kainsrichter Quellen
- Untersuchung von Abbauvarianten zur Vermeidung von Auswirkungen des geplanten TGB Sandholz auf das Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen



- Abflussmessungen und Beprobungen Hallandenbach zur Beschreibung des Istzustandes
- Pumpversuche und Probenahmen für eine erste umfassende hydrochemische Analyse des Grundwassers im Bereich der geplanten Abbaufäche
- Besprechungen mit den Aufsichtsbehörden, den Bergbaubetrieben und den Planern, insbesondere zur Entwicklung einer umweltfreundlichen Abbauvariante, die keine Auswirkungen auf umliegende Wasserversorgungsanlagen hat
- Präsentation der hydrogeologischen Ergebnisse im Rahmen einer frühzeitigen Öffentlichkeitsbeteiligung
- Anfertigung des vorliegenden hydrogeologischen Gutachtens

3 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Jahr 2014 lässt die Quarzsand Strobel GmbH im Zuge von Explorationsbohrungen zur Erkundung der geplanten Abbaufäche Sandholz, Kainsricht u.a. auch vier neue Grundwassermessstellen einrichten, einmessen und hydrochemisch und hydraulisch testen.

Mit den 2014 und 2015 gewonnen Messdaten aus den vier neuen GWM und den in der Hirschgrube und Kohlgrube neu eingerichteten GWM (Anlage 1.1), die zusammen Aufschluss über die Grundwasserfließrichtung geben, wird das dreidimensionale Grundwasserströmungsmodell ‚MODKAIN‘ entwickelt und kalibriert.

Nach Durchführung von Sensibilitätsanalysen liefern diverse Modellläufe unter noch realistischen Randbedingungen den sog. worst case und den sog. best case, wobei die gemessenen Grundwasserstände mit Fehlern von 0.5 m bis 0.7 m von MODKAIN getroffen werden (Anlage 1.2, Grundwassergleichen).

Es ist geplant, die Glassande bis zu einer max. Entnahmetiefe von ca. 4 m unter Grundwasserspiegel im Hangenden des Hauptgrundwasserleiters (Mächtigkeit 10 m bis 20 m) zu gewinnen und ähnlich sandiges Material aus dem oberen Dogger β einzufüllen, was seit Jahren bereits in der Hirschgrube und Kohlgrube praktiziert und



im Rahmen eines Langzeit-Monitorings überwacht wird.

Detailuntersuchungen zur Grundwasserfließrichtung im beantragten Tagebau Sandholz, Kainsricht zeigen, dass die unterirdische Wasserscheide im sog. worst case nicht aus der Geländemorphologie abgeleitet werden darf. Im geplanten TGB Sandholz liegen zwei unterirdische Wasserscheiden.

Die beantragte Tagebaufläche Sandholz ist so gestaltet, dass der eingezäunte Quellstrang der Quelle Kainsricht erhalten bleiben kann. Das Quellwasser (Schüttung: 0.5 L/s, 43 m³/Tag, 15 800 m³/a) wird in Kainsricht als Brauchwasser genutzt und unterliegt nicht mehr der Trinkwasserverordnung.

Das Quellwasser hat einen sehr hohen Nitratgehalt von 35 mg/L, ein Schutzgebiet existiert nicht.

Die Wasserqualität des Grundwassers, das dem Kainsrichter Quellstrang zuströmt, kann im Zuge des geplanten Nassabbaus von der Qualität des verfüllten Materials mit beeinflusst werden. Es ist geplant, nur Material einzufüllen, das möglichst wenig Sauerstoffzehrung im Grundwasserleiter verursachen kann.

Das schwach, aber noch messbare Grundwassergefälle in Richtung Norden und Nordwesten lässt die Schlussfolgerung zu, dass möglicherweise Grundwasser aus dem nordöstlichen Teil der Antragsfläche im sog. worst case, (Abb.1) in Richtung Einzugsgebiet Hahnbacher Quellen, auf jeden Fall aber in Richtung Quelle 4, bzw. in Richtung Gelände zwischen Quelle 4 (D) und Hahnbacher Quellen (H) strömt.

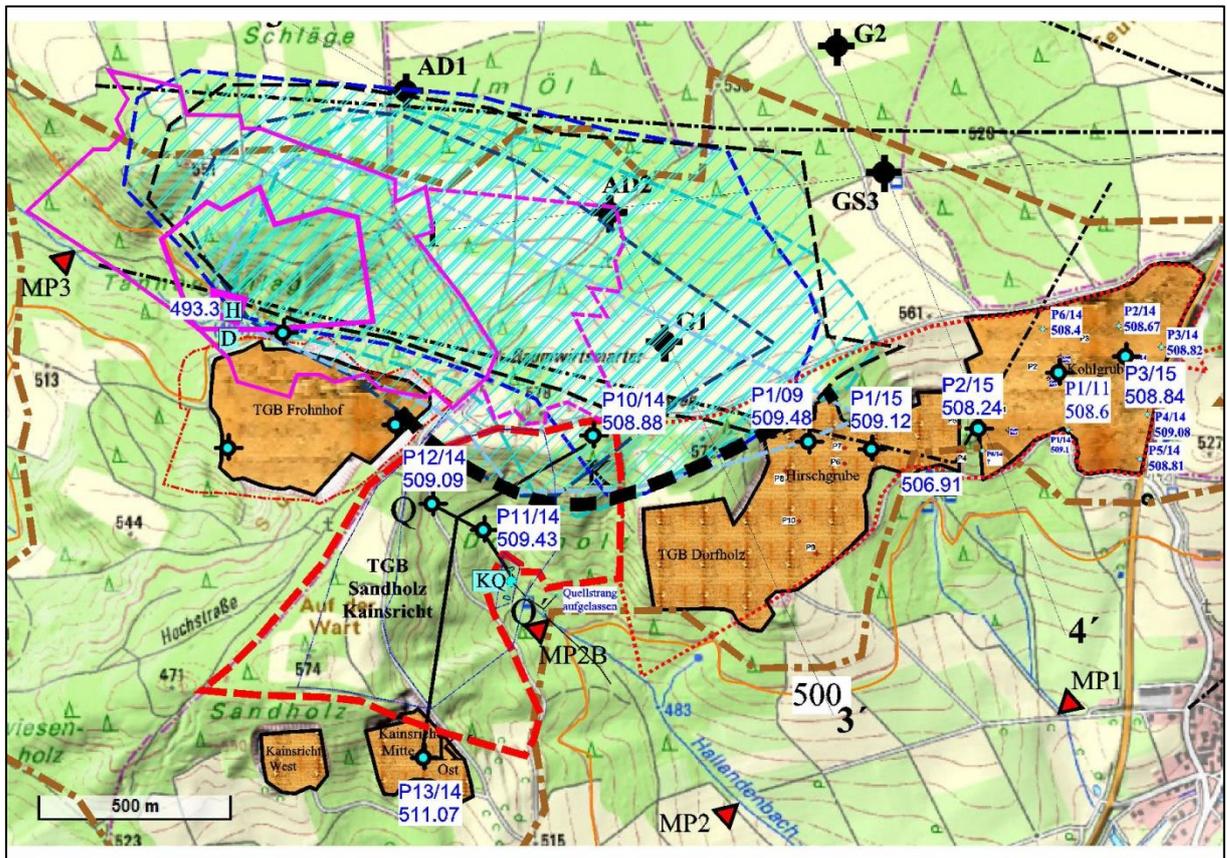


Abbildung 1: Antragsfläche TGB Sandholz, Kainsricht (rot gestrichelt) mit südöstlicher Grenze der modellierten, wahrscheinlichen Grundwasser-Einzugsgebiete der Hahnbacher Quellen (hellblaue schraffiert) im sog. worst case (schwarze, dick gestrichelte Linie) samt ausgewiesener Schutzgebietsgrenzen (rosa) und Grundwasserständen der 2014 (z.B. P10/14) eingerichteten GWM. Die sog. ‚GLA-Störung‘ verläuft nördlich des geplanten TGB (schwarze Strich-Punkt-Linie) und kanalisiert in MODKAIN den Grundwasserstrom Richtung Hahnbacher Quellen.

Vom Nordostrand der beantragten Abbaufäche Sandholz benötigt das Grundwasser im worst case in MODKAIN ca. 3 bis 4 Jahr bis es die Quellen erreicht, von der Grundwasserscheide (schwarze, dick gestrichelte Linie, Abb.1) benötigt es ca. 20 bis 30 Jahre.

Im sensiblen nordöstlichen Teil der Antragsfläche sollte im Rahmen der von der UVP vorgeschriebenen Risikominimierung zunächst kein temporärer Nassabbau zur Gewinnung der wertvollen Glassande aus dem Grundwasserleiter betrieben werden.

Bestenfalls (best case) liegt das Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen nördlich der Antragsfläche und wird vom geplanten TGB nicht beeinflusst wie die folgende Abbildung verdeutlicht.

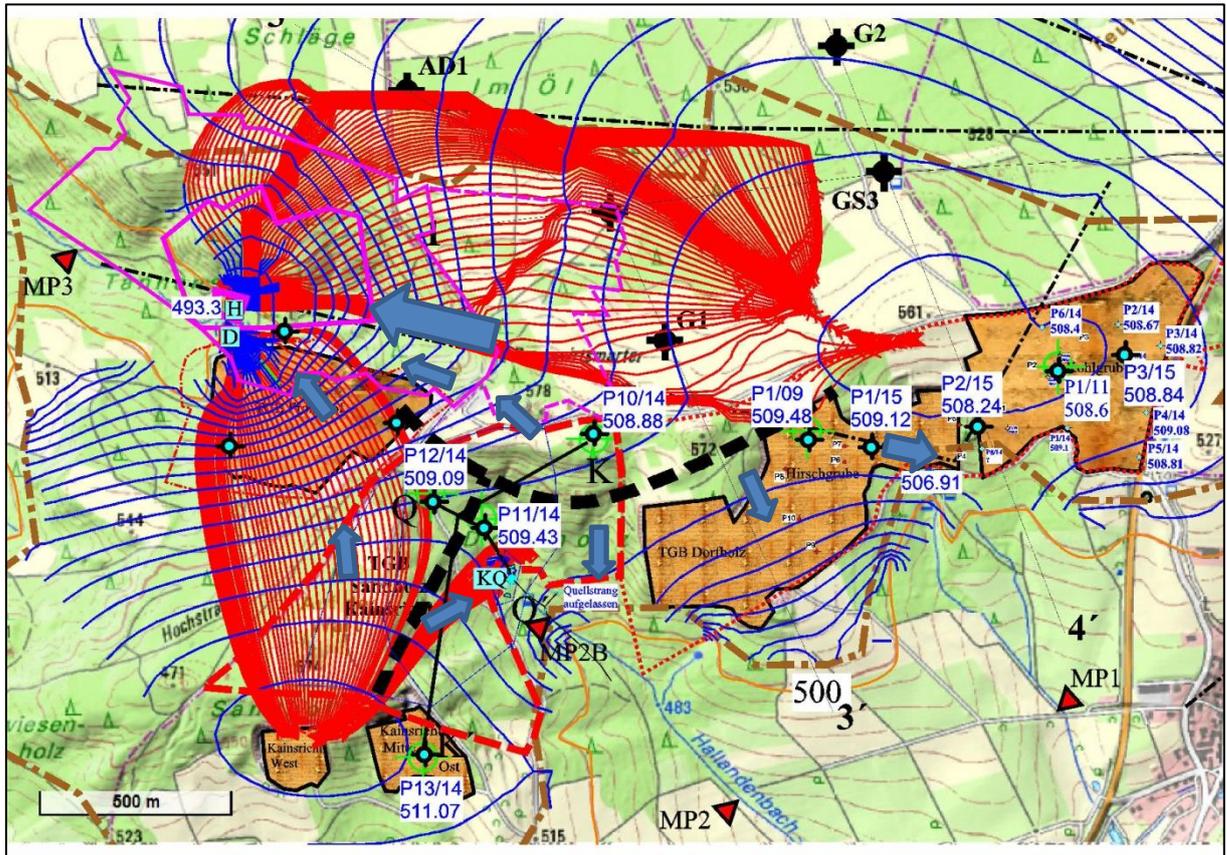


Abbildung 2: Antragsfläche (rot gestrichelt) mit Einzugsgebieten der Quellen (rot: Grundwasser-Fließwege) und Grundwassergleichen aus MODKAIN (dunkelblaue Linien) im sog. best case (D: Quelle 4, H: Hahnbacher Quellen (1,2 u. 3), KQ: Kainsrichter Quellstrang). Die blauen Pfeile zeigen die Grundwasserfließrichtungen. Im geplanten TGB Sandholz liegen zwei Grundwasserscheiden.

Die sog. GLA-Störung begrenzt im best case das Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen nach Süden. Das Grundwasser aus dem sensiblen TGB-Bereich nördlich der schwarzen, dick gestrichelten Linie aus dem sog. worst case (Abb.1) fließt im sog. best case zwischen Quelle 4 und Hahnbacher Quellen nach Westen ab. Der best case ist zwar noch modellierbar, aber eher unwahrscheinlich, da sich 90% der Modellläufe dem sog. worst case annähern.

Zum nachhaltigen Schutz der Trinkwasserversorgungsanlage Hahnbacher Quellen darf im Rahmen der Vorgaben der UVP nur der sog. worst case herangezogen werden.

Wenn die Glassande aus dem Grundwasserleiter temporär in sog. ‚Nassabbau-Kampagnen‘ mittels Hydraulikbagger entnommen werden und anschließend sandiges Material aus dem oberen Dogger β eingefüllt wird, ist eine kleinräumige, temporäre Veränderung der Grundwasserqualität möglich [4]. Der temporäre Nassabbau sollte also nicht im potenziellen Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen liegen und vorerst südlich der in Abb. 1 dargestellten schwarz gestrichelten Linie betrieben werden.

Der TGB wird keine wesentlichen Auswirkungen auf die Abflussmengen im Hallandenbach haben, da nicht geplant ist, Wasser aus dem Tagebau in umliegende Fließgewässer abzuleiten. Tagwasser, das nach Starkregen anfällt wird im TGB zwischengespeichert und versickert im TGB.

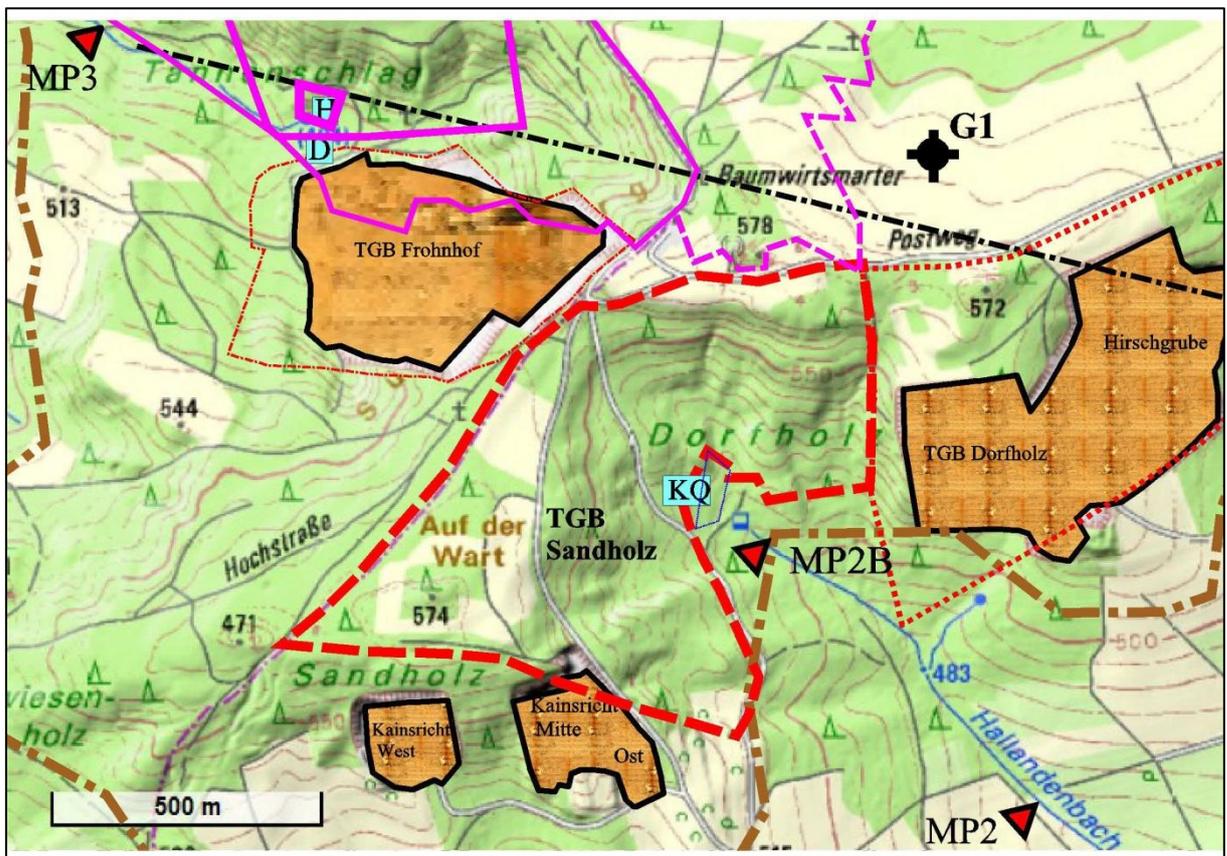


Abbildung 3: Messpunkte MP2B und MP 2 am Hallandenbach und eingezäunter Quellstrang Kainsricht KQ. Die Grenze Opalinuston-Doggersande ist als Strichpunktlinie braun dargestellt und verläuft nahe MP2B.

Auf Brachflächen ohne Aufwuchs steigt im TGB die Grundwasserneubildung gegenüber der Grundwasserneubildung auf bewaldeten Flächen deutlich an . Infolge der



erhöhten Grundwasserneubildung kann die Schüttung des Kainsrichter Quellstrangs (0,5 L/s, 04.08.2015) und der Trockenwetterabfluss im oberen Teil des Hallandenbaches (0,05 L/s, 04.08.2015, MP2B) geringfügig zunehmen. Die Abflussmengen sollten im Rahmen des geplanten Monitorings überwacht werden. Die Wasserqualität des Hallandenbaches kann im worst case, ebenso wie die Wasserqualität der Kainsrichter Brauchwasserquelle (KQ), durch den temporären Nassabbau beeinflusst werden.

Im worst case ist grundsätzlich ein vorübergehendes Absinken der Sauerstoffwerte mit Mobilisierung von Eisen und Mangan im Nahbereich des Nassabbaus zumindest kleinräumig und vorwiegend im oberen Teil des Hauptgrundwasserleiters möglich [4]. Erst nach einer denkbaren Auflassung des Kainsrichter Quellstrangs hätte der Hallandenbach am Messpunkt MP2B wieder seinen natürlichen Trockenwetterabfluss. Der geplante TGB Sandholz hat keine Auswirkungen auf sonstige umliegende Fließgewässer wie z.B. den Kainzbach, Tannenschlag (MP 3, Abb.3).

Nach obiger Zusammenfassung werden die Ergebnisse der hydrogeologischen Untersuchungen detailliert dargestellt.

4 Hydrogeologische Bestandsaufnahme des Ist-Zustandes 2015

4.1 Lage des Untersuchungsgebietes

Zwischen den Ortschaften Frohnhof und Atzmansricht bilden die vorwiegend mürben Sandsteine des Dogger β einen markanten, Ost-West verlaufenden Höhenrücken. Die höchste Erhebung liegt im Bereich Postweg, Baumwirtswärter bei ca. 578 mNN, nördlich der geplanten Abbaufäche Sandholz.

Anlage 1.1 zeigt die beantragte Abbaufäche Sandholz, Kainsricht auf der TK 1:25000 mit Messpunkten. Im beantragten TGB steigt das Gelände vom oberen Hallandenbach in Richtung Norden und Westen steil an. Die sandigen Steilhänge sind als Trockenstandorte zu bezeichnen und vorwiegend mit Kiefern bewachsen.

Auf dem Höhenrücken nördlich der Antragsfläche wird Landwirtschaft auf vorwiegend feinsandigen, wasserdurchlässigen Böden betrieben. Am geplanten Nordrand des TGB Sandholz liegt der Grundwasserspiegel im Bereich der sandigen Hochfläche ca.



60 m unter Gelände.

4.2 Hydrogeologische Modellvorstellung

Der Dogger α bildet im Untersuchungsgebiet den Grundwasserstauer aus grauschwarzen Tonen und Tonsteinen.

Darüber lagert ein vorwiegend sandiger, im oberen Bereich feinsandiger Grundwasserleiter aus klüftigen, vorwiegend mürben Feinsandsteinen mit einer Mächtigkeit von ca. 10 m. Sie sind, vom Liegenden ausgehend, zunächst dunkelgrau mit ca. 25 % Tonanteil, dann gelbrot gefärbt und zunehmend schwächer tonig. Diese sog. ‚Übergangsschicht‘ zu den Glassanden bildet den Hauptgrundwasserleiter im geplanten TGB Sandholz. Innerhalb der Übergangsschicht fließt das Grundwasser über Klüfte deutlich schneller als durch den Porenraum der Feinsande. Es liegt ein Kluft-Poren-Grundwasserleiter vor, der insbesondere im Bereich der sog. GLA-Störungszonen stark durchlässig sein kann. Die Störungen selbst sind nicht erbohrt. Die Durchlässigkeitsbeiwerte des erbohrten Hauptgrundwasserleiters liegen in den neu eingerichteten GWM im Bereich der geplanten TGB-Fläche Sandholz zwischen $5 \cdot 10^{-4}$ m/s und $3,4 \cdot 10^{-5}$ m/s (kf-Werte).

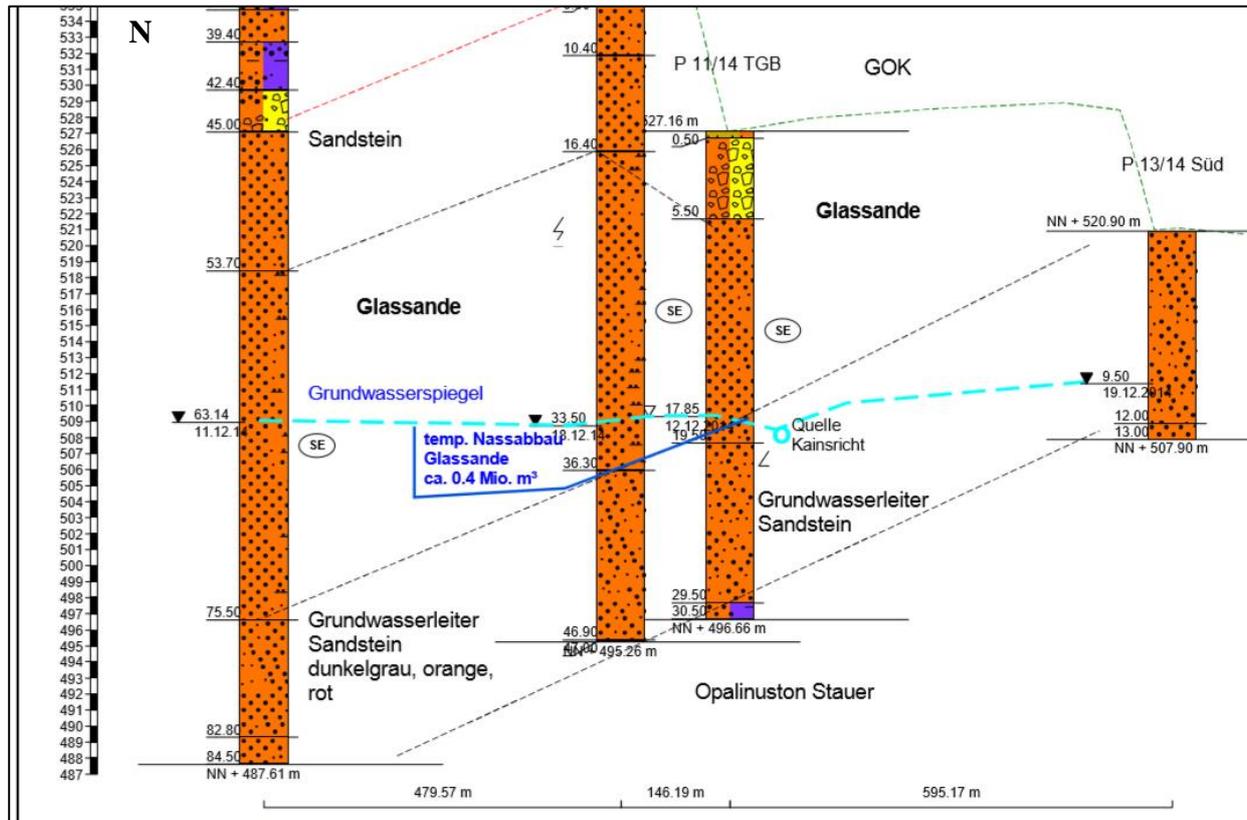


Abbildung 4: Lage der Glassande im hydrogeologischen N-S-Schnitt, TGB Sandholz.

Im Hangenden des Hauptgrundwasserleiters lagern weiße Glassande, die sich aufgrund ihrer geringen Eisen- und Aluminiumgehalte gut für die Glasindustrie als Rohstoffe eignen. Ihre Gesamtmächtigkeit wird vom GLA mit 10 m bis 40 m im Untersuchungsraum angegeben. Im geplanten TGB Sandholz erreichen sie eine maximale Mächtigkeit von 22 m am TGB-Nordrand. Sie tauchen infolge des schwachen, im Gelände mit bloßem Auge nicht mehr erkennbaren Schichteneinfallens (2°) von Süden nach Norden in das Grundwasser ein und liegen am Nordrand des geplanten TGB Sandholz bereits zu 50% im Grundwasser.

Die Überdeckung der Glassande nimmt morphologisch bedingt Richtung Postweg auf maximal 50 m zu. Die Überdeckung besteht vorwiegend aus mürben, bunten Doggersandsteinen. Sie setzen mit den sog. Flamingosanden im Hangenden der Glassande ein, gefolgt von limonithaltigen, bereichsweise tonigen, mürben Sandsteinlagen mit ausgeprägten Limonitkrusten, die teils bizarre Strukturen aufweisen und mit der Eisenausfällung in der Zone unterschiedlicher Redoxpotenziale im ehemaligen jurasischen Grundwasserbereich zusammenhängen können.



Abbildung 5: Limonitkrusten über ‚Flamingosanden‘, frei stehender Abbausockel Kohlgrube 2014.

Das Hangende der Flamingosande bildet eine Wechselfolge von tonigen bis schwach tonigen, bunten, mürben Sandsteinen. Die tonigeren Lagen werden von der Abbaufirma als ‚Schlammschichten‘ bezeichnet. Im Bohrprofil GWM 10/14 (B1/14) treten sie zwischen 17 m und 21 m, zwischen 35 m und 38 m und zwischen 39 m und 42 m auf. Besonders im oberen Bereich, ab ca. 17 m Teufe, sind lokal graue Tonlinsen von wenigen Dezimetern Mächtigkeit in den Schlammschichten eingelagert.

Die Bohrprofile zeigt Anlage 2 mit zwei Schnitten durch den geplanten TGB.

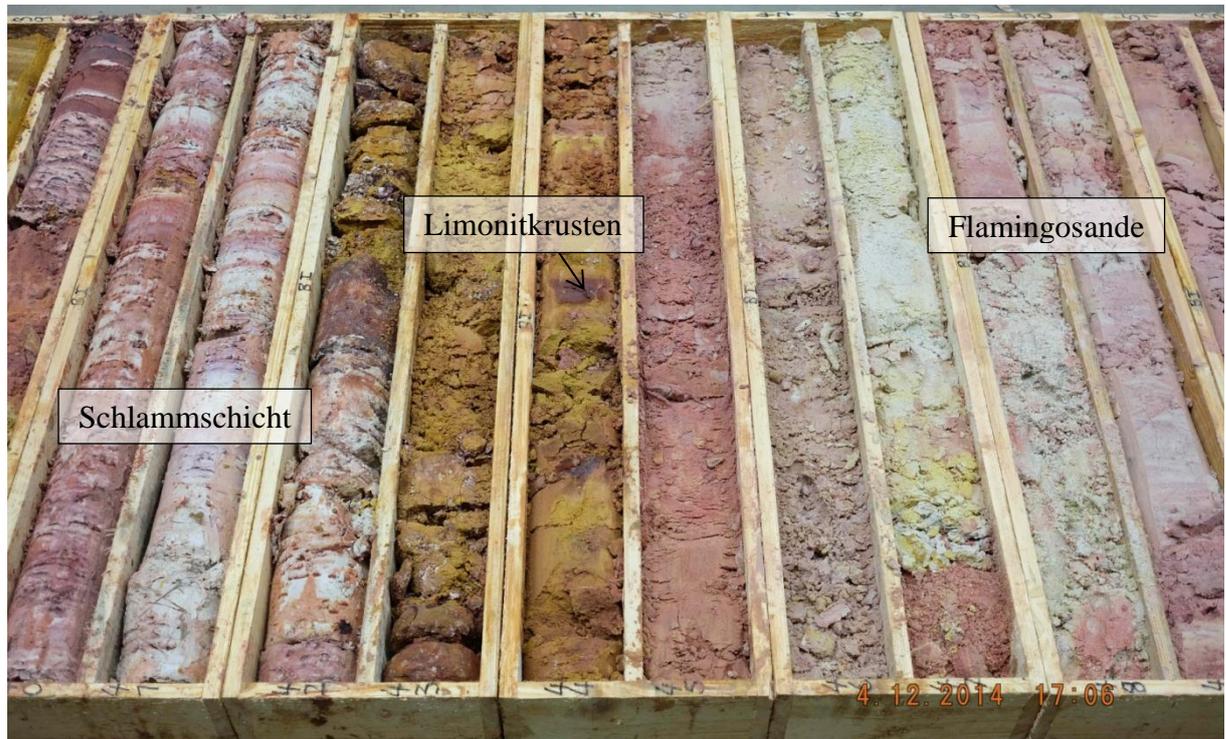


Abbildung 6: Auszug Bohrprofil B 1/14 (GWM 10/14), Schlammschichten und Limonitkrusten über Flamingosanden.

Die erbohrten tonigeren, mürben, bunten Sandsteinschichten bilden hydrogeologisch keinen, in der Fläche aushaltenden Grundwasserstauer, zumal sie als stark tonige Lagen nur lokal vorkommen, wenige Dezimeter Mächtigkeit erreichen und auf Störungszonen um Meter versetzt sein können, wie die folgende Abbildung zeigt.





Abbildung 7: Schichtenversatz entlang der vermuteten GLA Störung, Ostwand Hirschgrube.

Die Schlammschichten können hydrogeologisch als Aquitarden bezeichnet werden, die den vertikalen Sickerwasserfluss bremsen und auf Störungszonen lenkt. Mit ihrem erhöhten Tongehalt wirken sie wie natürliche Filter bei der Grundwasserneubildung. Sie werden in MODKAIN nicht programmiert, da sie die Grundwasserstände im Rahmen der Sensitivitätsanalyse nicht beeinflussen.

Gemäß geologischer Karte liegt folgender Schichtenaufbau im Nahbereich der Antragsfläche vor:

Geologische Schicht Benennung	Beschreibung der geologischen Schicht	Grundwasserleiter:	Aquitarden oder Stauer (Funktion)	Mächtigkeiten (Bereich)
Dogger Beta (β) Oberer	Feinsandstein, Tonstein, Limonitsandstein (Oberer Dogger (β)) Schwach tonige Sandsteinlagen	Kluft- und Porenraum	Tonige Sandsteinlagen (Aquit.)	70-100 m
Mittlerer	Feinsand (-sandstein): Flamingosande, Glassande nahezu Fe- u. Al-frei, Glassandäquivalente	Kluft- und Porenraum	-	
Unterer	Feinsandstein nach unten toniger	Kluft- und Porenraum	-	
Dogger Alpha (α)	Opalinuston	-	Stauer	35-75 m

4.3 Fließgewässer

Im Umfeld der Antragsfläche wird ein kontinuierlicher Abfluss ausschließlich unterhalb der Hahnbacher Quellen (1, 2, 3) und unterhalb der für die Trinkwasserversorgung nicht genutzten Quelle 4 im Tannenschlag in mehreren Gerinnen gemessen, die im Zusammenfluss den sog. ‚Kainzbach‘ bilden. Ca. 450 m abstromig der Quellen zeichnet der vom Antragsteller betriebene Abflusspegel MP 3 den wasserwirtschaftlich nicht erschlossenen Abfluss seit 20.11.2001 im Stundentakt auf (Abb.3).

Der mittlere Abfluss MQ liegt am Abflusspegel MP 3 seit 01.01.2009 bei 6,9 L/s, der mittlere Niedrigwasserabfluss MNQ bei 5,2 L/s (450 m³/Tag, 164 000 m³/Jahr).



Zusammen mit der Quellschüttung der Hahnbacher Quellen läge der MNQ im Hallandenbach am MP 3 bei ca. 11 L/s und bildet den Grundwasserabstrom in einem Fließgewässer im Nahbereich des geplanten TGB Sandholz.

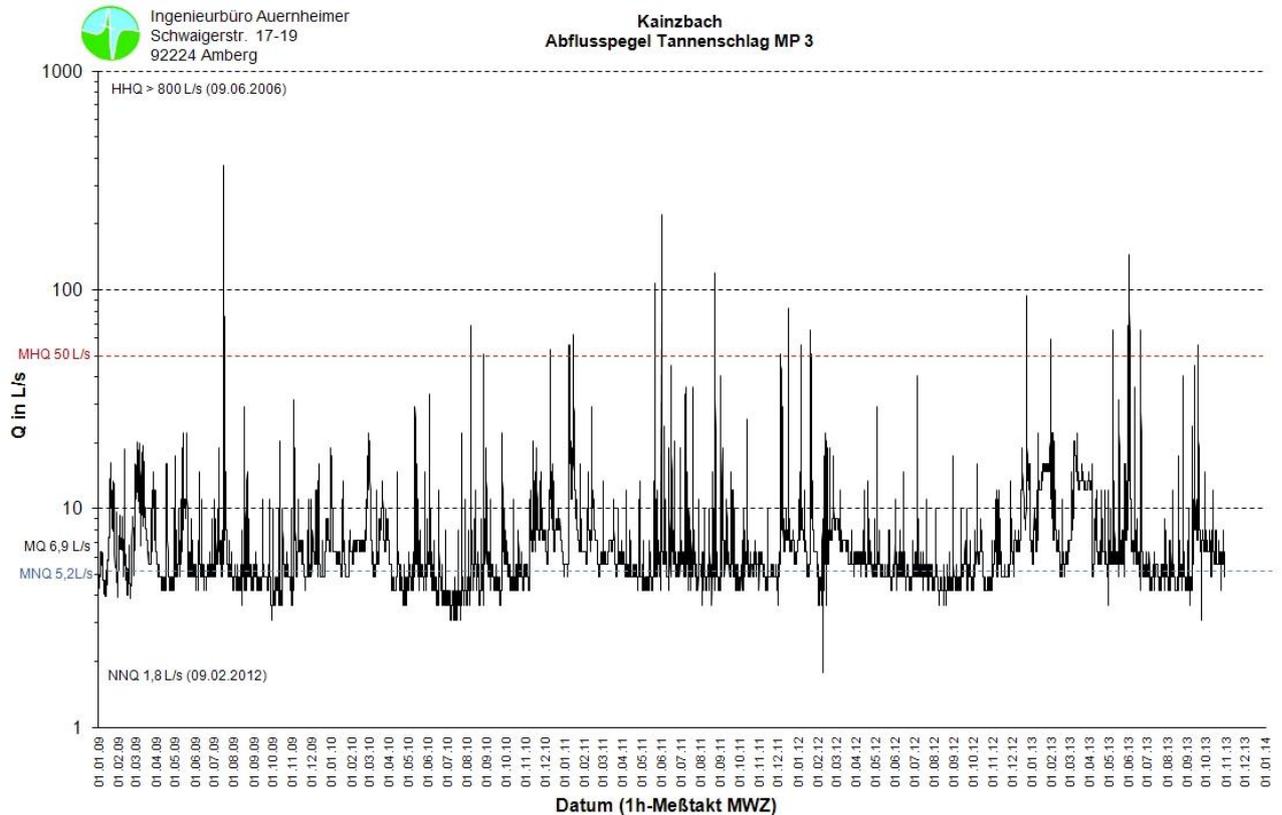


Abbildung 8: Abflusspegel MP 3 Kainzbach

Die Hahnbacher Quellen samt Quelle 4 und die auf der Fließstrecke zwischen den Quellen und dem Abflusspegel MP 3 zuzitenden Grundwässer beeinflussen den MNQ am Abflusspegel MP 3.

Das Hallandenbachbett ist im Bereich der Antragsfläche TGB Sandholz bei Trockenwetter abflusslos, das Grundwasser wird vorwiegend über den Quellstrang der Kainsrichter Quelle gesammelt (0,5 L/s, MQ) und zum Kainsrichter Hochbehälter abgeleitet. Ca. 100 m unterhalb des Kainsrichter Quellstranges, südlich der Antragsfläche, ist ein schwacher MNQ von ca. 0.05 L/s im Hallandenbach nahe dem Quellwasser-Sammelschacht messbar (MP2B, Abb.3).

Weiter abstromige zeigt der Abflusspegel MP 2 eine Abflussganglinie, die vorwiegend von Oberflächenabflüssen und vom Zwischenabfluss (Interflow) geprägt wird. Der

Abflusspegel liegt im wasserundurchlässigen Opalinuston, der keinen Grundwasserabfluss erzeugt. Ein ganzjährig, signifikanter Grundwasserabfluss, wie z.B. am Pegel MP 3 Kainzbach, ist im Hallandenbach am MP 2 nicht messbar.

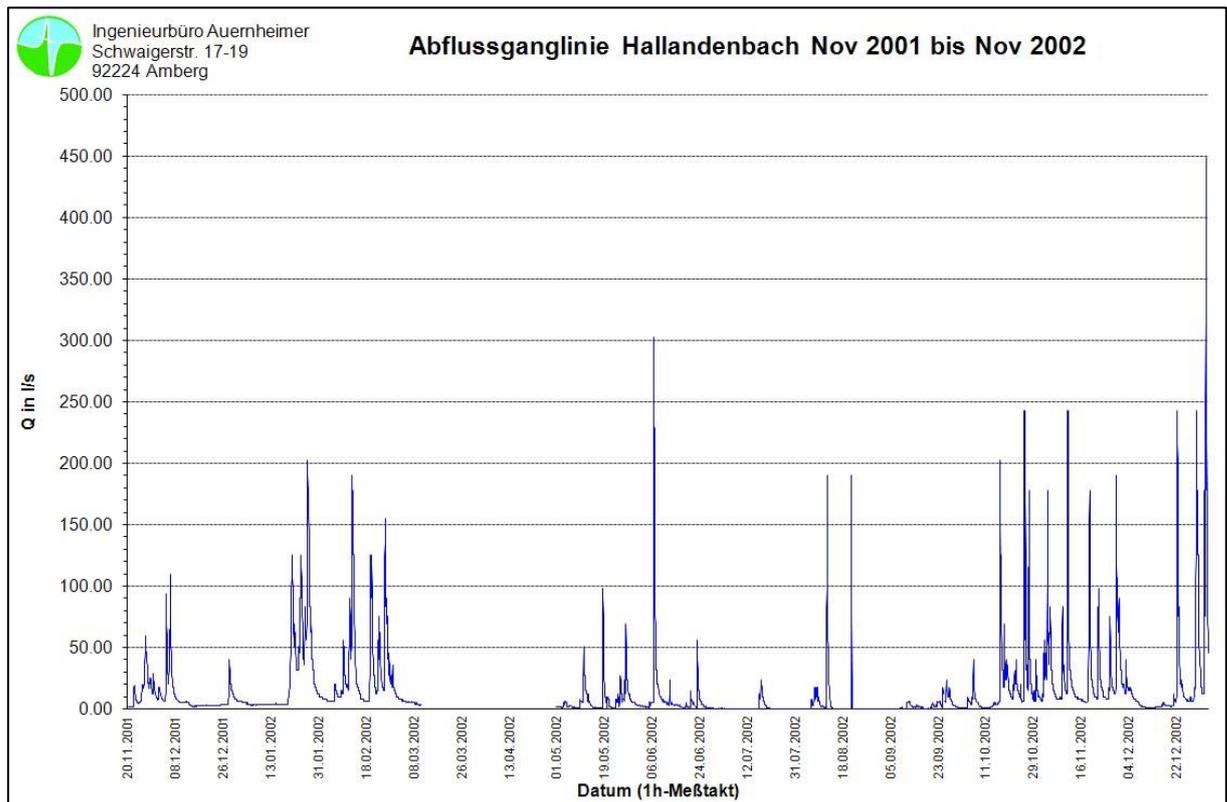


Abbildung 9: Abflusspegel MP 3 Kainzbach, Messzeitraum 1.1.2009 bis 30.10.2013

4.4 Quellen und Trinkwasserversorgungsanlagen

Im Umfeld der Antragsfläche treten Quellwässer vorwiegend auf einem Höhenniveau zwischen 494 mNN und 508 mNN aus (Anlage 1.1). Den höchsten Quellaustritt bildet der Kainsrichter Quellstrang, der bei 507.73 m NN mittig des Südrandes des geplanten TGB Sandholz. Das abgeleitete Grundwasser stammt aus dem oberen Bereich des Hauptgrundwasserleiters (Übergangsschicht). Die Antragsfläche ist so dimensioniert, dass der eingezäunte Dränagestrang erhalten bleiben kann.

Das Quellniveau liegt im Untersuchungsraum im Süden deutlich höher als im Norden. Nordwestlich des geplanten TGB Sandholz entspringen die Hahnbacher Quellen (1,2,3) bei ca. 493.3 m NN, die Quelle 4 bei ca. 494 mNN, weiter im Norden, die



Quelle Adlholz bei 481 m NN und fernab im Nordosten die Vilsquelle bei ca. 460 m NN.

Der Markt Hahnbach nutzt die Hahnbacher Quellen für seine Trinkwasserversorgung. Im Zeitraum 1991 bis 2014 liegt die mittlere Gesamtschüttung der Hahnbacher Quellen bei 5,5 L/s. Die Messung der Quellschüttung erfolgt händisch einmal jährlich. Der Rückgang der Messwerte Anfang der 1990-iger Jahre beruht - laut Aussage des Wasserversorgers - auf einer Umstellung der Messtechnik.

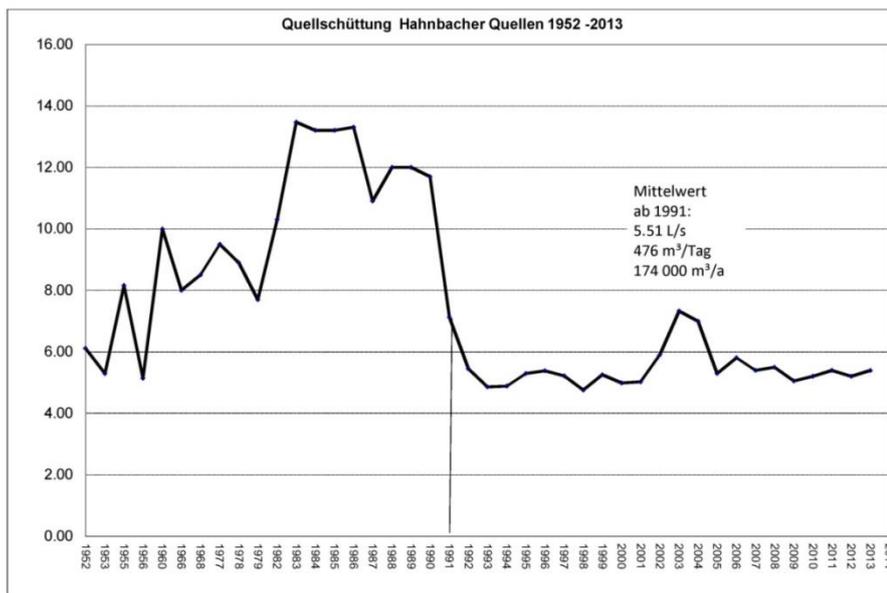


Abbildung 10: Gesamtschüttung Hahnbacher Quellen

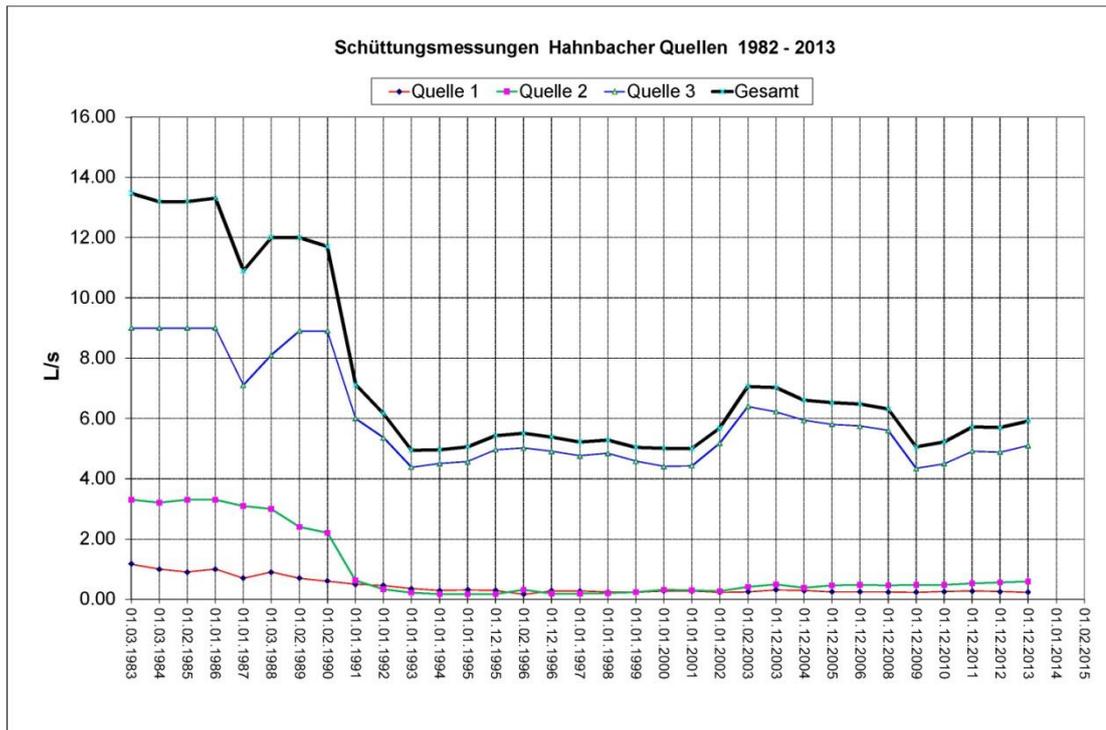


Abbildung 11: Schüttung der einzelnen Quellstränge

4.5 Hydrochemischer Istzustand

Die Rohwasseranalytik der Hahnbacher Quellen zeigt bis zum Jahr 2015 ein sehr weiches, kalkaggressives Grundwasser mit einem signifikanten Anstieg des Nitratgehaltes von 8.5 mg/L auf 13 mg/L, einhergehend mit einem Anstieg der Leitfähigkeit von 64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf 83 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Der pH-Wert des Rohwassers aus dem Doggersandstein ist nur schwach gepuffert und liegt im Bereich 4.5 bis 5.5. Die Sauerstoffwerte liegen über 8 mg/L nahe der Sauerstoffsättigung. Wegen der hohen Sauerstoffwerte ist Eisen nicht mobil und im Quellwasser nur in Spuren nachweisbar. Aluminium wird aufgrund der niedrigen pH-Werte mit bis zu 0.04 mg/L nachgewiesen. Ein weiteres Absinken des pH-Wertes würde vermutlich die Al-Konzentration ansteigen lassen.

Der erschlossenen Grundwasserleiter ist frei von Karbonaten, die den pH-Wert puffern könnten. Die Abbaufirmen bringen zum Wegebau Kalkschotter in den Sandgruben eine, was bisher zu keiner signifikanten Erhöhung des Kalkgehaltes im Quellrohwas- ser geführt hat. Der Ca-Gehalt schwankt zwischen 5 mg/L und 6 mg/L mit schwach steigender Tendenz. Das Quellwasser ist wird vom Wasserversorger aufgehärtet.

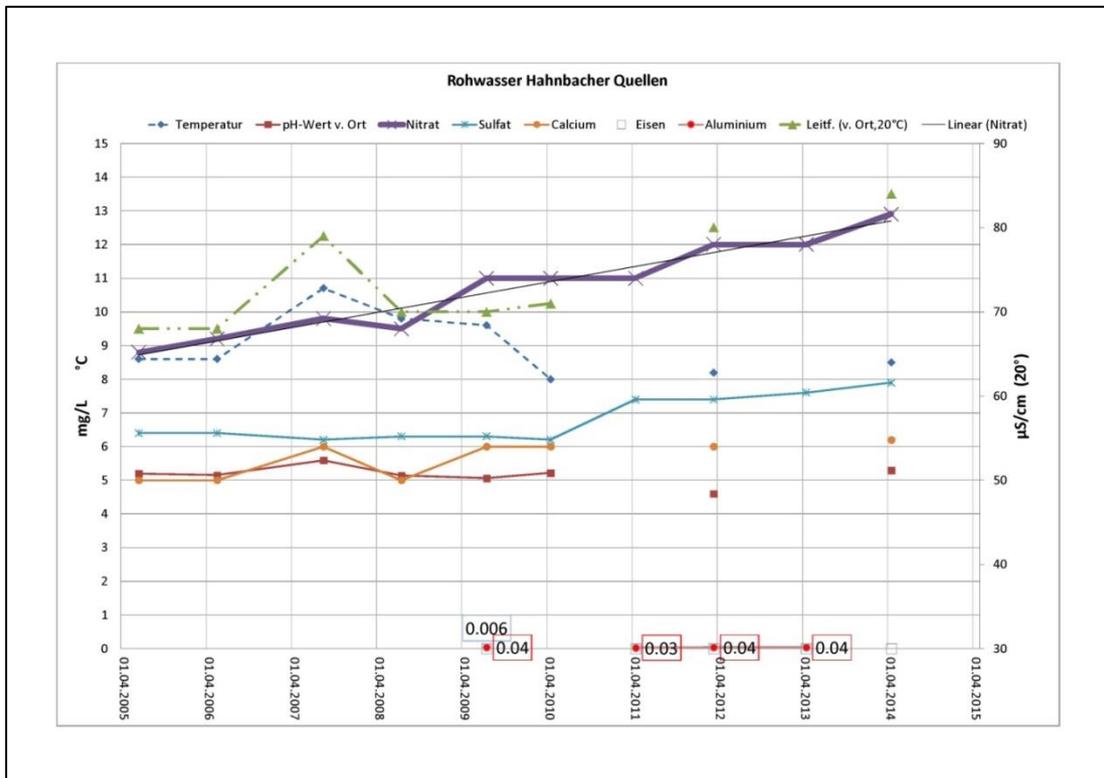


Abbildung 12: Rohwasseranalysen Hahnbacher Quellen

Desethylatrazin ist im Quellrohwasser nachweisbar und deutet auf die Lage von landwirtschaftlichen Nutzflächen im Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen. Das Schutzgebiet der Hahnbacher Quellen ist nach Osten erweitert worden. Der Durchgang der maximalen Konzentration (0,05 µg/L) erfolgte im Jahr 2009, seitdem fallen die Desethylatrazinwerte leicht und liegen seit dem Jahr 2012 im Bereich 0,03 µg/L.

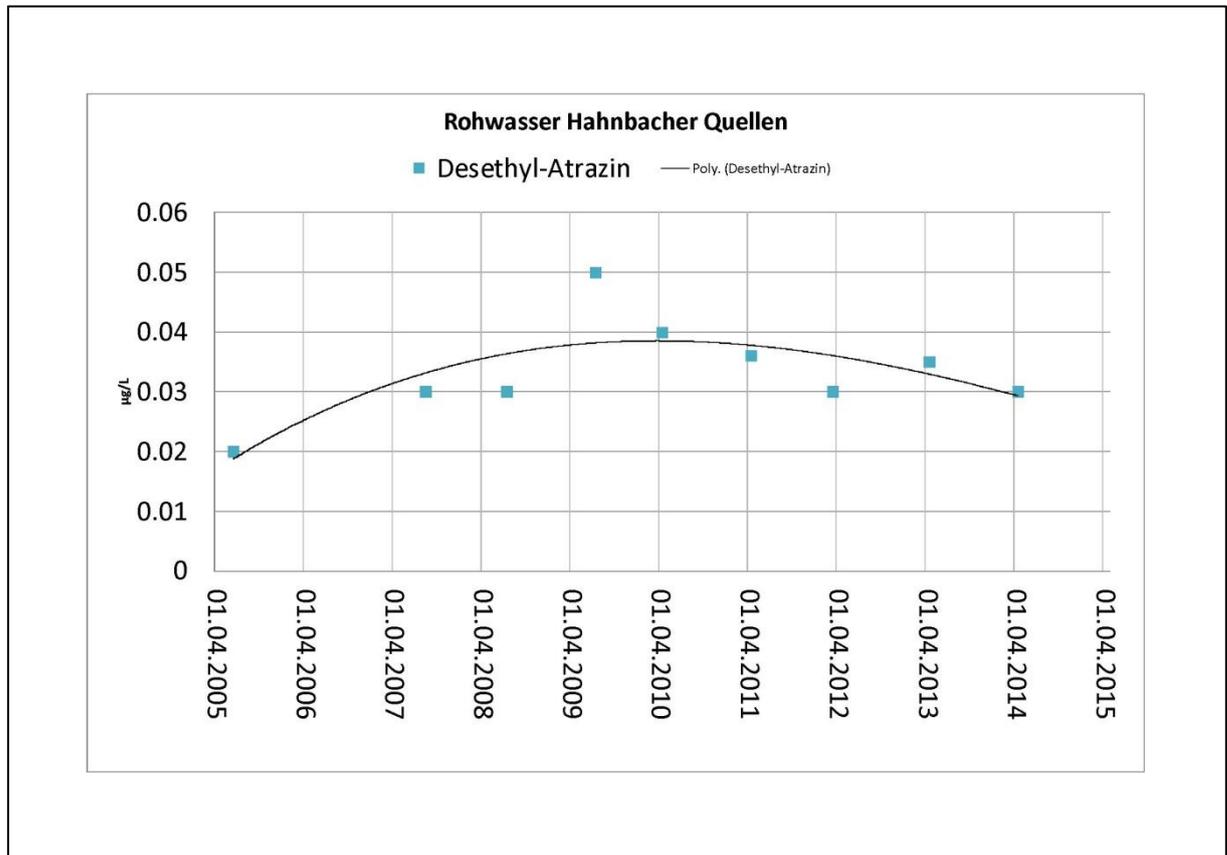


Abbildung 13: Desethylatrazin im Rohwasser der Hahnbacher Quellen.

Im Bereich des geplanten TGB Sandholz ist das Grundwasser bei hohen Sauerstoffwerten stark mit Nitrat belastet (P 11/14 mittig des TGB: 48 mg/L, P12/14 mittig: 31 mg/L, Quellstrang Kainsricht Randlage TGB: 35 mg/L, P13/14 am Südrand: 30 mg/L). Gelöstes Aluminium (bis zu 0,09 mg/L) und gelöstes Eisen (bis zu 0,05 mg/L) treten trotz der niedrigen pH-Werte um 4,8 bei hohen Sauerstoffwerten in relativ geringer Konzentration auf.

Am Nordrand der Antragsfläche wird in P10/14 bei niedrigem Nitratwert (5 mg/L) und hohen Sauerstoffwerten Atrazin (0,15 µg/L, Grenzwert Trinkwasserverordnung 0,1 µg/L) und Desethylatrazin (0,06 µg/L) im Grundwasser nachgewiesen. Das Grundwasser aus P 10/14 zeigt eine ähnliche hydrochemische Zusammensetzung wie das Grundwasser der Hahnbacher Quellen, während die übrigen GWM im Bereich der Antragsfläche deutlich höhere Nitratwerte als die Hahnbacher Quellen aufweisen und kein Desethylatrazin nachweisbar ist.



Der Hallandenbach zeigt im Oberlauf nach anhaltendem Trockenwetter Sauerstoffsättigung, 12 mg/L Nitrat und leicht erhöhte Werte an gelöstem Aluminium (0.11 mg/L) und gelöstem Eisen (0.22 mg/L) bei einem niedrigen pH-Wert von pH 5,4. Der sehr geringe Trockenwetterabfluss (0,05 L/s) stammt nicht direkt aus dem Hauptgrundwasserleiter sondern eher aus dem Interflow der oberflächennahen, vernässten Lagen im Umfeld des beprobten Hallandenbaches.

Die vorläufigen hydrochemischen Analysen deuten auf eine Lage der beantragten Abbaufäche weitgehend außerhalb des Einzugsgebietes der Hahnbacher Quellen. Der Nordostteil der geplanten Abbaufäche könnte aufgrund der hydrochemischen Daten am Rand oder auch im Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen liegen.

5 Grundwasserströmungsmodell MODKAIN

5.1 Räumliche Eingrenzung des Modellgebietes

Die relativ komplizierte Grundwasserhydraulik lässt im Bereich des geplanten TGB Sandholz eine einfache Berechnung der Grundwasserfließrichtungen nicht mehr zu und erfordert ein Grundwasserströmungsmodell. Im numerischen Grundwasserströmungsmodell MODKAIN wird besonderes Augenmerk auf mögliche Auswirkung des geplanten Abbauvorhabens auf die Hahnbacher Quellen gelegt. Im sog. worst case wird mittels MODKAIN nach einem noch wahrscheinlichen Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen mit maximaler Ausdehnung in die beantragte Abbaufäche gesucht.

MODKAIN ist mit Gauß-Krüger-Koordinaten und NN-Höhen programmiert. Das Modellgebiet erstreckt sich maximal 6 km in Ostwest-Richtung (Rechts 44 87000 bis 44 93000) und 4 km in Nordsüd-Richtung (Hoch 54 90000 bis 54 94000).

Die Modellfläche wird zunächst mit der 490 m NN Höhenlinie verkleinert und damit die Rechenzeit optimiert. Grund für die Begrenzung durch eine Höhenlinie ist die Tatsache, dass den Quellen in dem morphologisch stark strukturierten Gebiet kein Grundwasser zufließen kann, dessen piezometrische Druckfläche unterhalb des

tiefsten Höhenniveaus der Quellen - also unterhalb von 490 m NN liegt. Höher liegende Einzugsgebiete mit sekundär angeschlossenen Grundwasserleitern sind nicht vorhanden. Es handelt sich hier um eine Abgrenzung des Modellgebietes in der Fläche, im Modell selbst können die programmierten Schichten auch unter der 490 m Höhenlinie liegen. So liegt die maximal mögliche vertikale Ausdehnung der Modellschichten zwischen 400 m NN und 578 m NN.

Das mathematische 3-D-Modell wird außerdem im Südwesten - zur Vereinfachung - von der Staugrenze Dogger α /Dogger β begrenzt, die hier bei ca. 500 m NN streicht. Südlich dieser Grenzlinie kann dem 3-D-Modell – aufgrund der regionalen Topographie und Geologie - kein Grundwasser zuströmen.

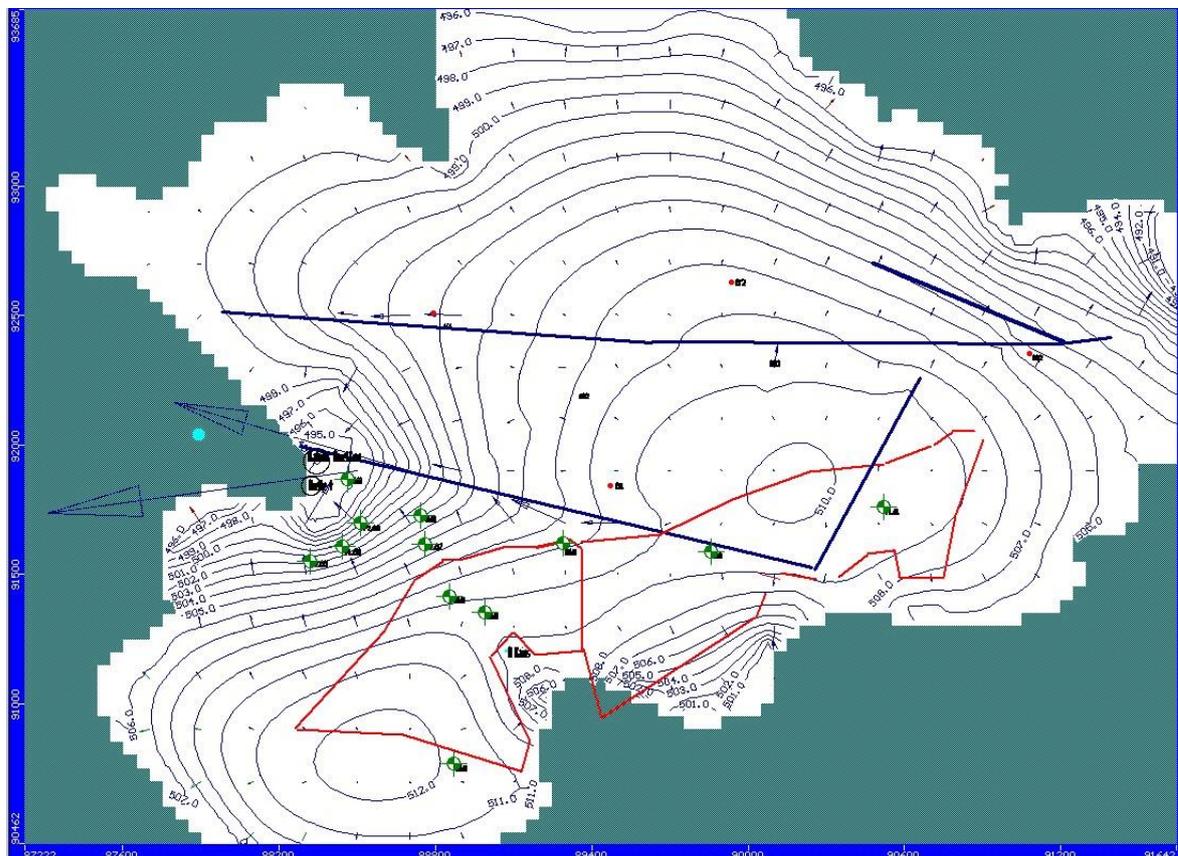


Abbildung 14: Modellgebiet mit einer moderaten Variante von Grundwassergleichungen und Fließgeschwindigkeiten. Die neue Antragsfläche liegt westlich der bereits genehmigten Antragsfläche (rot umrandet).

5.2 Schichtenaufbau

In MODKAIN sind drei Modellschichten programmiert, wovon die unterste als Stauer (Dogger α) undurchlässig ist, also aus deaktivierten Modellzellen besteht.

Der Grundwasserfluss findet somit in zwei Modellschichten statt, die dem Schichteinfallen unterliegen. Von den beiden wasserdurchlässigen Schichten soll besonders die untere, die sog. Übergangsschicht, den wasserwirtschaftlich genutzten Grundwasserleiter abbilden, die obere die Sandsteinlagen im Hangenden der Übergangsschicht.

Eine Programmierung von Aquitarden im Hangenden des Grundwasserleiters führt bei der Sensitivitätsanalyse zu keiner signifikanten Änderung der Grundwasserstände und wird verworfen.

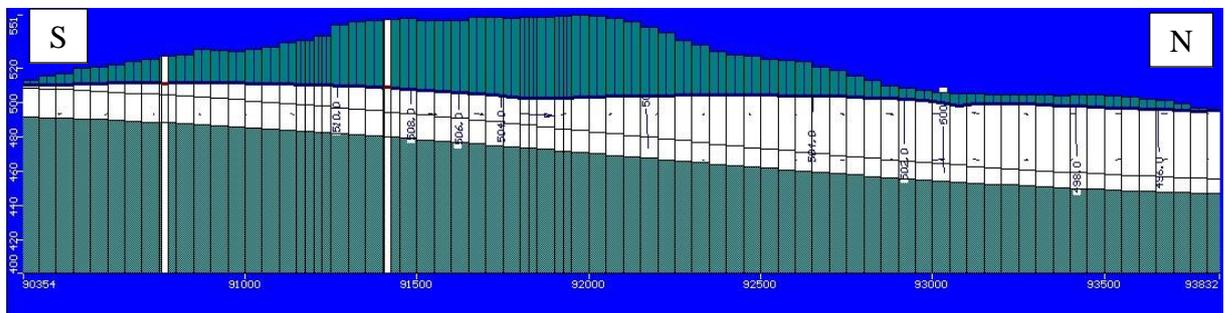


Abbildung 15: S-N-Schnitt (5-fach überhöht) durch das Modellgebiet im Bereich Antragsfläche Sandholz zur Veranschaulichung des Schichtenaufbaus, mit Schichteinfallen und Grundwasserfläche.

Im Modell fallen, gemäß dem gemessenen Schichteinfallen aus den 2014 durchgeführten Explorationsbohrungen (Anlage 2.2), die Schichten mit ca. 2° nach NNW ein und begünstigen so den Grundwasserabstrom in nördliche Richtung und die Verlagerung der unterirdischen Wasserscheide in Richtung Süden. Im Modell entsteht ein dominanter Grundwasserfluss in nördliche und schließlich in westliche Richtung zu den Hahnbacher Quellen.

5.3 Grundwasserstände und Grundwasserfließrichtung

Der Antragsteller betreibt seit Jahren sowohl temporäre als auch langfristige Grundwassermessstellen zur Beweissicherung der Auswirkungen seines temporären Nassabbaus auf die Grundwasserstände. Die GWM sind mit Datensammlern bestückt.

Die folgende Abbildung zeigt die natürliche Schwankung des Grundwasserspiegels samt temporärer Beeinflussung durch den Nassabbau, der meist nur wenige Tage dauert.

Die natürliche Schwankung des Grundwasserspiegels liegt unter 1 m innerhalb des Messzeitraums 2009 bis 2015.

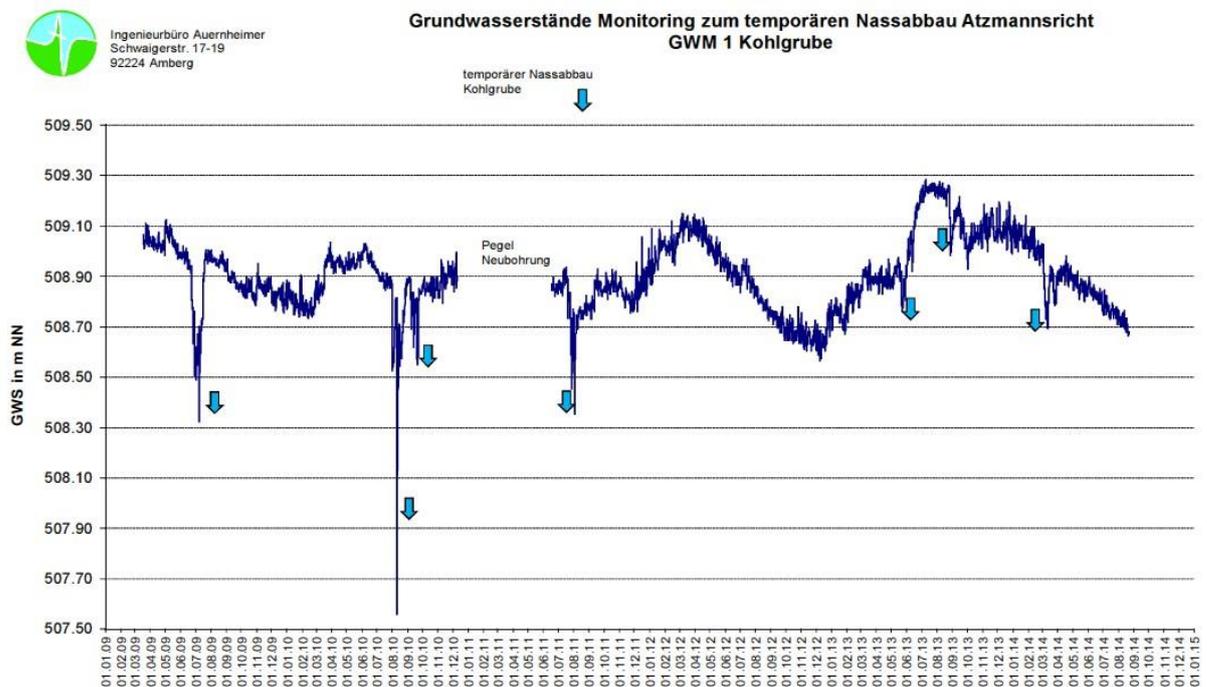


Abbildung 16: Grundwasserspiegelganglinie GWM 1/11 Kohlgrube in mNN seit 2009.

In MODKAIN sind die im Jahr 2014 vorhandenen GWM für die Modellkalibrierung programmiert. Der Fehler zwischen berechneten Grundwasserständen und gemessenen soll innerhalb der natürlichen Grundwasserspiegelschwankungen liegen, also kleiner als 1 m sein – in den meisten Modellläufen wird ein Fehler von 0.5 m realisiert. Im Bereich der beantragten Abbaufäche wird das Modell ausschließlich mit Messdaten aus aktuellen Stichtagsmessungen kalibriert.

Im geplanten TGB Sandholz sind die Grundwasserströmungen nach Nordwesten, Norden, Südwesten und Nordosten ausgerichtet. Durch den TGB Sandholz verlaufen zwei Grundwasserscheiden (Abb. 2).

5.4 Durchlässigkeiten

Bisher durchgeführten Pumpversuche zeigen im Bereich der beantragten Abbaufäche starke Schwankungen der hydraulischen Durchlässigkeit zwischen $5 \cdot 10^{-4}$ m/s und $3 \cdot 10^{-5}$ m/s (kf-Werte).

Hohe Wasserdurchlässigkeiten treten im Bereich von Klüften auf Störungszonen auf und werden im Strömungsmodell mit hohen kf-Werten abgebildet.

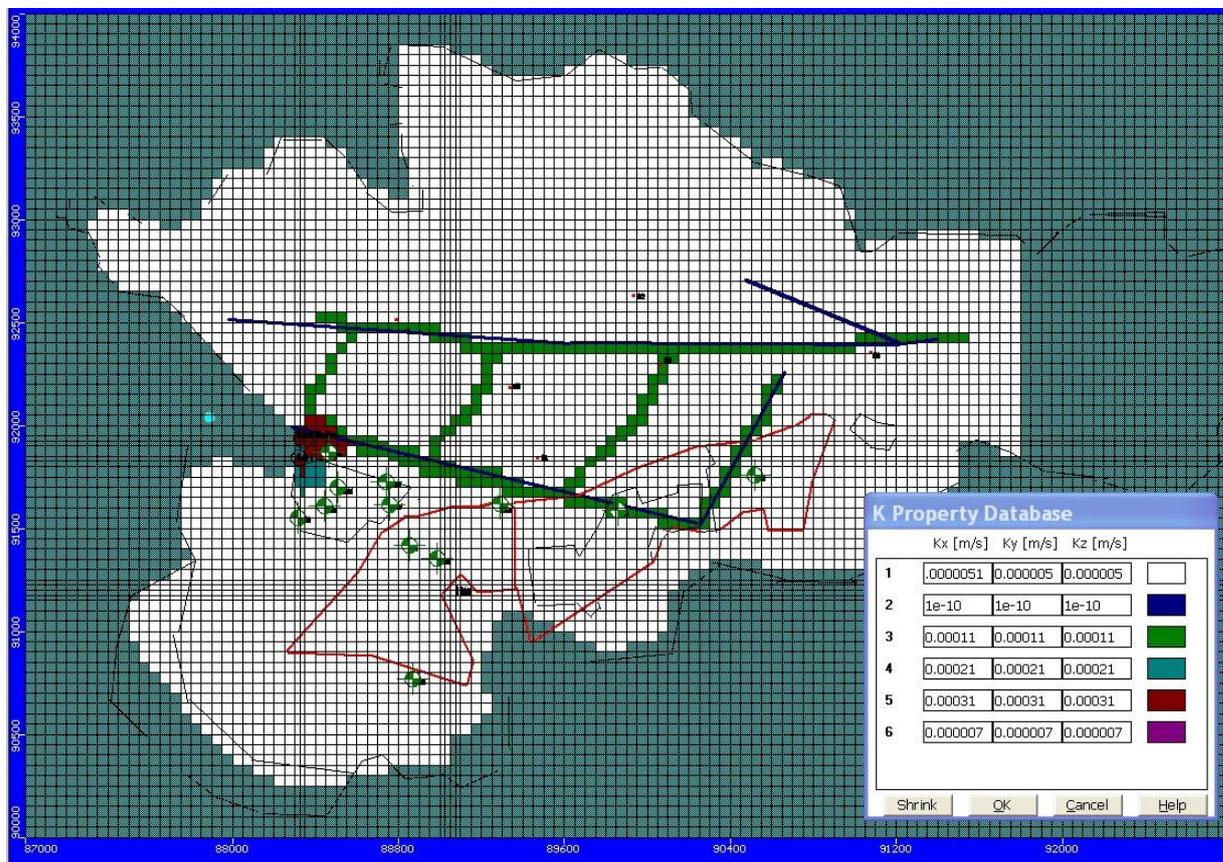


Abbildung 17: Beispiel einer moderaten Variation der Durchlässigkeitsbeiwerte in MODKAIN.



5.5 Grundwasserneubildung

Es gilt die folgende Wasserhaushaltsgleichung:

$$NG = aET + Q_o + Q_i + Q_{uk} + Q_{ul} + Q_{ub} + Q_{ex} + Q_{im} + S$$

- NG = korrigierter Gebietsniederschlag
aET = aktuelle Evapotranspiration, tatsächliche Gebietsverdunstung
Q_o = Oberflächenabfluss der nicht versickert und direkt abfließt
Q_i = Zwischenabfluss aus der ungesättigten Zone auch Interflow genannt
Q_{uk} = Kurzfristiger Abfluss aus dem Grundwasserspeicher
Q_{ul} = Langfristiger Basisabfluss aus dem Grundwasserspeicher
Q_{ub} = Grundwasserbegleitstrom der vom Abflusspegel nicht erfasst wird
Q_{ex} = aus dem Modellgebiet exportierte Wassermengen
Q_{im} = aus anderen Bilanzgebieten importierte Wassermengen
S = Änderungen im Wasserspeicher

Für die Gebietswasserbilanz und die oben beschriebene Wasserhaushaltsgleichung wird der von der Wetterstation Großschönbrunn vom DWD erfasste HELLMANN Niederschlag nach RICHTER mit dem Faktor 1.1 korrigiert. Er liegt bei durchschnittlich 828 mm/Jahr.

Langjährige Lysimetermessungen in Gießen zeigen für vegetationslose Sandflächen eine mittlere Jahresverdunstung von 170 mm (Min. 117 mm, Max. 193 mm) und für vegetationslose, schluffige Sandflächen 340 mm/a (Min. 284 mm, Max. 377 mm). Für abflusslose, feinsandige, vegetationslose Sandgrubenflächen wird in obiger Wasserhaushaltsgleichung eine mittlere Jahresverdunstung von 250 mm/a angesetzt. Die so vereinfachte klimatische Wasserbilanz zeigt für abflusslose, vegetationslose Sandflächen im Modellgebiet eine sehr hohe mittlere Grundwasserneubildung.

$$Q_u \approx NG - aET \approx 580 \text{ mm/a Grundwasserneubildung}$$

In Nordbayern liegt die mittlere GWN bei ca. 140 mm/a.

Sandflächen mit geringem Aufwuchs, wie z.B. Ackerflächen werden im Modell nach



Literaturwerten behandelt, wobei ein kaum nennenswerter Oberflächenabfluss von den Sandflächen im Doggersandstein postuliert wird.

Folgende Tabelle zeigt die minimale und maximal aET der Teilflächen. Die Werte sind der Fachliteratur entnommen.

Flächennutzung	Minimale und maximal aET mm/a
Feuchtflächen	700 – 850
Wälder	480 – 680
Wiesen u. Äcker	300 – 540
Brachflächen und Siedlungen	120 – 380

In MODKAIN wird neben den kf-Werten auch die Grundwasserneubildung variiert, um die maximale Variation des Einzugsgebietes der Hahnbacher Quellen zu berechnen. Folgende Tabelle zeigt die Spannweite der Grundwasserneubildung auf den sandigen, abflusslosen Flächen in MODKAIN:

Abflusslose Teilflächen Doggersande Q _o ist vernachlässigbar gering	Minimale GWN mm/a	Maximale GWN mm/a
Sandige Waldgebiete	150	350
Sandige Ackerflächen, zeitweise vegetationslos	290	530
Sandige Brachflächen, grundwasserfern	450	710
Feuchtflächen	0	50

Grob geschätzt hätte das zu ca. 70% bewaldete Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen eine Flächengröße zwischen ca. 0.75 km² und 0.5 km², wenn die Grundwasserneubildung im Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen zwischen 190 mm/a (6 L/(s*km²)) und 400 mm/a (12.5 L/(s*km²)) gemäß obiger Tabelle variieren kann und die vom Markt Hahnbach gemessene Quellschüttung zwischen 4.5 L/s und 6.5 L/s schwankt. Das Einzugsgebiet des Quellstrangs Kainsricht läge mit ca. 0.6 L/s mittlerer Quellschüttung und 100% Waldfläche bei ca. 0.1 km².

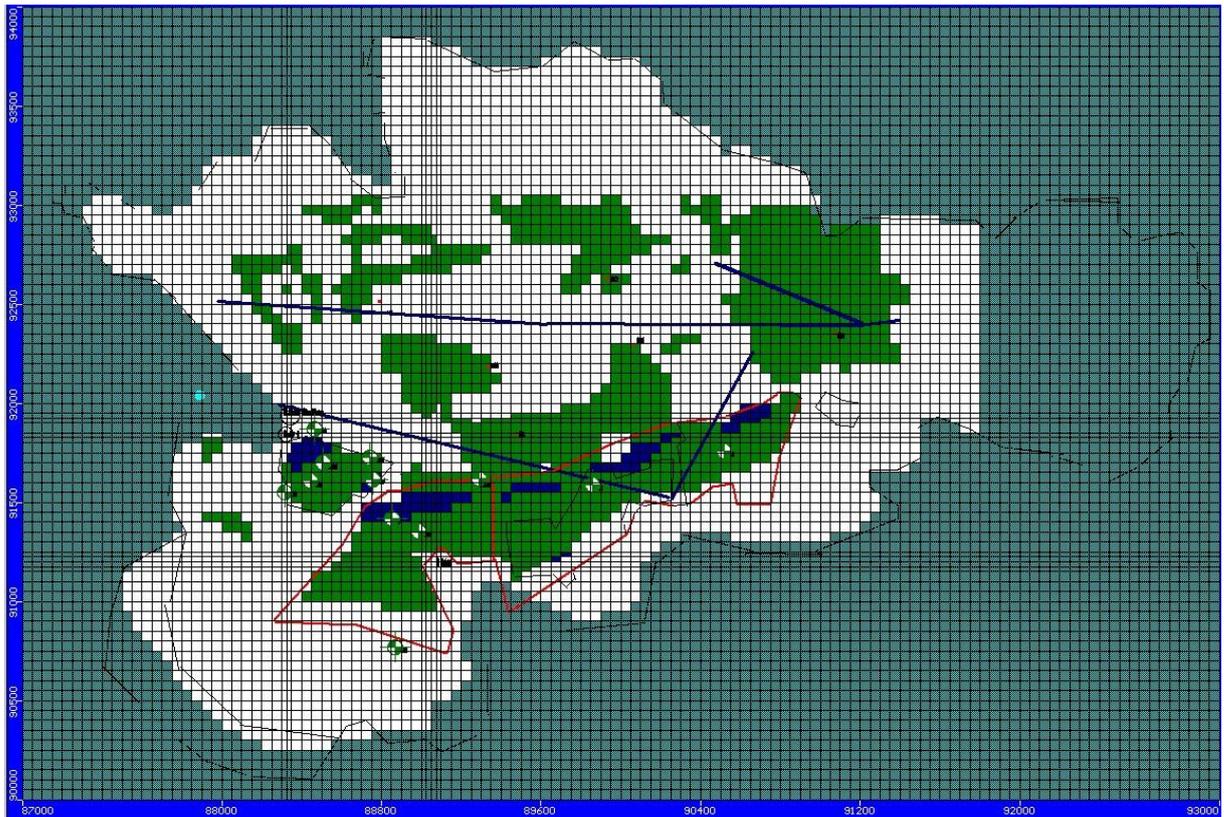


Abbildung 18: Beispiel einer moderaten Variante der Grundwasserneubildung in MODKAIN: Weiß, vorwiegend Waldgebiete: 220 mm/a, grün schwach bewachsene Acker- und TGB-Brachflächen: 300 mm/a, dunkelblaue vegetationslose Abbaufächen im TGB: 500 mm/a.

5.6 Grundwasserfließzeiten

Auf Klüften, insbesondere entlang der vom GLA postulierten Störungszonen, können im Modell bis zu 20-fach höhere Fließgeschwindigkeiten als im Porenraum der Sandstein auftreten. Das Grundwasser wird im Modell entlang der vom GLA postulierten Klüfte quasi kanalisiert und fließt schnell in Richtung Quellen ab.

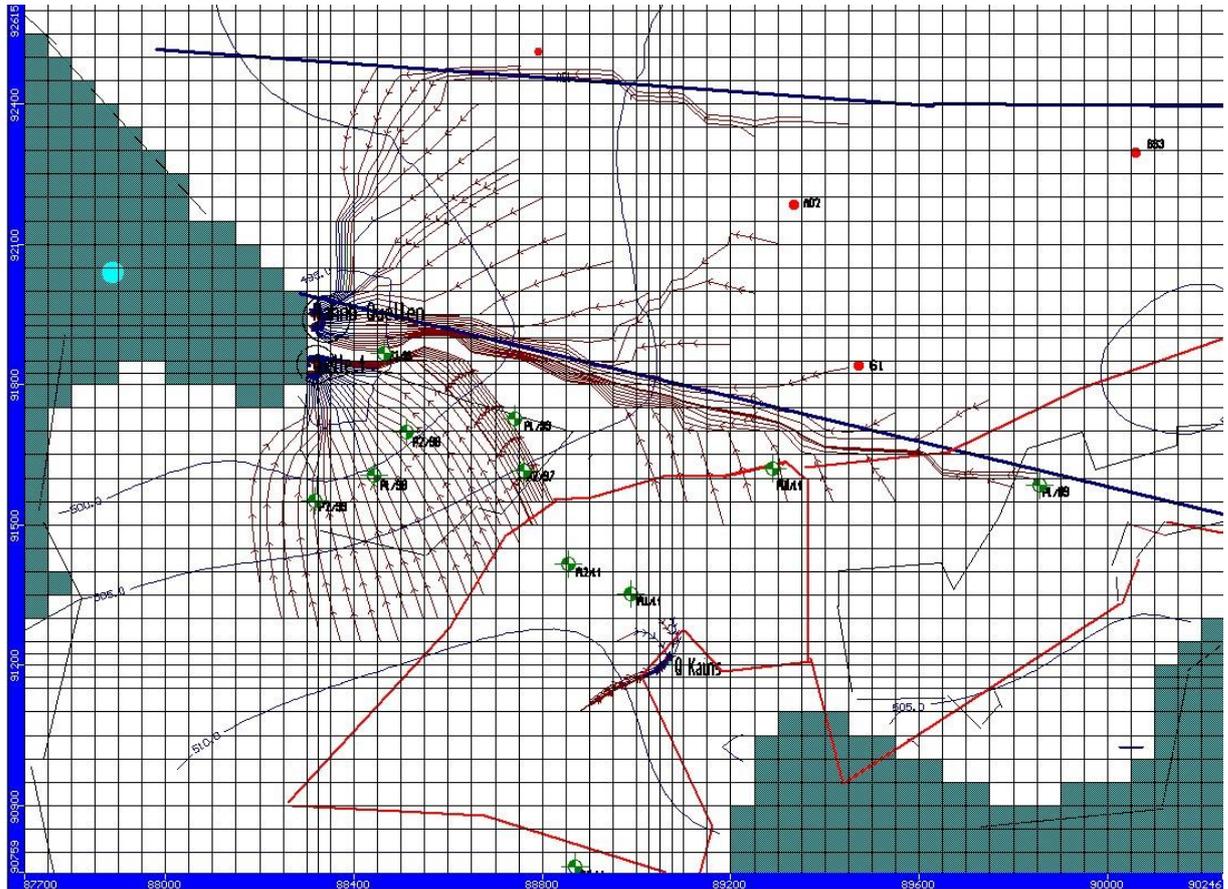


Abbildung 19: Darstellung der Fließwege zu den 4 Quellen im Tannenschlag. Eine Pfeillänge entspricht einem Jahr Fließzeit, insgesamt sind 5 Jahre Fließzeit dargestellt.

Im worst case benötigt das Grundwasser ca. 3 bis 4 Jahre vom Nordrand der Antragsfläche zu den Hahnbacher Quellen.

6 Voraussichtliche hydrogeologische und hydrologische Umweltauswirkungen

6.1 Kainsrichter Quellstrang

Gemäß MODKAIN und der durchgeführten Stichtagsmessungen an den 2014 eingerichteten GWM strömt dem Kainsrichter Quellstrang bevorzugt Grundwasser aus südwestlicher Richtung zu (Abb.2). Hier lagern die Glassande oberhalb des Grundwasserspiegels und können trocken gewonnen werden.

Nördlich des Quellstranges tauchen die Glassande in das Grundwasser ein. Hier kann



der Austausch der Glassande mit Sanden aus dem oberen Dogger die Grundwasserqualität beeinflussen. Erfahrungsgemäß [4] ist einhergehend mit dem Nassabbau ein Absinken der Sauerstoffwerte und die Mobilisierung von Eisen und Mangan im oberen Bereich des Grundwasserleiters grundsätzlich möglich, wenn z.B. Spuren von organischem Material (Blütenstaub, Wurzelreste, Humus, etc.) im Zuge des Nassabbaus in den oberen Bereich des Grundwasserleiters mit eingebracht werden. Es wird deshalb empfohlen, bei der Entnahme der Glassande im nördlichen Einzugsgebiet des Kainsrichter Quellstrangs zunächst einen 20 m-Sicherheitsabstand zur Einzäunung des Quellstrangs einzuhalten.

6.2 Hahnbacher Quellen

Das gemessene Grundwassergefälle in Richtung Norden und Nordwesten lässt die Schlussfolgerung zu, dass möglicherweise Grundwasser aus dem nordöstlichen Teil der Antragsfläche im schlimmsten Fall (worst case, Abb.1) in Richtung Einzugsgebiet Hahnbacher Quellen, auf jeden Fall aber in Richtung Quelle 4, bzw. in Richtung Gelände zwischen Quelle 4 (D) und Hahnbacher Quellen (H) abströmt.

Vom Nordostrand der beantragten TGB-Fläche benötigt das Grundwasser in MODKAIN ca. 3 bis 4 Jahr bis es die Quellen erreicht, von der Grundwasserscheide in Abb. 1 (schwarz gestrichelte Linie) ca. 20 Jahre.

Im sensiblen nordöstlichen Teil der Antragsfläche sollte vorerst also kein temporärer Nassabbau zur Gewinnung der wertvollen Glassande aus dem Grundwasserleiter betrieben werden, zumindest solange, bis genauere Daten zu den Grundwasserständen im Nordostteil des TGB vorliegen. Das Grundwassergefälle ist hier sehr schwach ausgebildet. Es wird empfohlen, weitere GWM im Nordteil des TGB dann einzurichten, wenn die Trockengewinnung der Sande in die maximale Tiefe fortgeschritten ist und außerdem die maximale Grundwasserneubildung im TGB erreicht ist. Im Istzustand 2015 liegt der Grundwasserspiegel in diesem Bereich bis zu 65 m unter Gelände.

Bestenfalls (best case) liegt das Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen nördlich der Antragsfläche und wird vom geplanten TGB nicht beeinflusst (Abb.2)



Der best case ist zwar modellierbar, erscheint aber eher unwahrscheinlich, da sich 90% der Modellläufe dem worst case annähern.

Zum nachhaltigen Schutz der Trinkwasserversorgungsanlage Hahnbacher Quellen muss der worst case bei der vorläufigen Ausweisung von Nassabbauflächen zur Risikominimierung herangezogen werden.

Wenn die Glassande aus dem Grundwasserleiter temporär in sog. ‚Nassabbau-Kampagnen‘ mittels Hydraulikbagger gefördert werden und anschließend sandiges Material aus dem oberen Dogger β eingefüllt wird, ist eine lokale Veränderung der Grundwasserqualität nicht völlig auszuschließen. Der temporäre Nassabbau sollte also nicht im Einzugsgebiet der Hahnbacher Quellen liegen und vorläufig ausschließlich südlich der in Abb. 1 dargestellten schwarz gestrichelten Linie betrieben werden.

6.3 Fließgewässer

Der TGB wird keine wesentlichen Auswirkungen auf die Abflussmengen im Hallandenbach haben, da nicht geplant ist, Wasser aus dem Tagebau in umliegende Fließgewässer abzuleiten.

Tagwasser, das nach Starkregen im TGB anfällt wird dort zwischengespeichert und versickert. Auf den vegetationslosen Sandflächen entsteht so eine maximale Grundwasserneubildung.

Infolge der erhöhten Grundwasserneubildung kann die Schüttung des Kainsrichter Quellstrangs (0,5 L/s, 04.08.2015) und der Trockenwetterabfluss im oberen Teil des Hallandenbaches (MP2B: 0,05 L/s, 04.08.2015) geringfügig zunehmen. Die Abflussmengen werden im Rahmen des geplanten ‚Monitoring Sandholz‘ gemessen.

Die Wasserqualität des Hallandenbaches kann im worst case, ebenso wie die Wasserqualität der Kainsrichter Brauchwasserquelle (KQ), durch den temporären Nassabbau beeinflusst werden.



Im worst case ist grundsätzlich ein vorübergehendes Absinken der Sauerstoffwerte mit Mobilisierung von Eisen und Mangan im Nahbereich des Nassabbau zumindest kleinräumig und vorwiegend im oberen Teil des Hauptgrundwasserleiters möglich [4].

Inwieweit die Wasserqualität des oberen Hallandenbaches und der Kainsrichter Brauchwasserquelle beeinflusst wird, zeigt das geplante Monitoring. Der sehr geringe Trockenwetterabfluss des Hallandenbaches am MP2B (Abb 3) wird nicht direkt aus dem Hauptgrundwasserleiter gespeist, sondern aus vernässten Flächen im Nahbereich von MP2B.

Abstromig von MP2B verläuft der Hallandenbach im Opalinuston und ist bei Trockenwetter abflusslos. Eine signifikante Veränderung der Wasserqualität des Hallandenbaches durch den beantragten TGB Sandholz ist im Unterlauf nicht zu erwarten, denn hier bestimmt der Opalinuston das Abflussverhalten.

Der Hallandenbach besitzt im Istzustand 2015 kein Einzugsgebiet im Hauptgrundwasserleiter des Doggersandsteins. Erst nach einer denkbaren Auflassung der Brauchwasserquelle Kainsricht würde im Oberlauf des Hallandenbaches bei Trockenwetter wieder deutlich Grundwasser aus dem Hauptgrundwasserleiter abfließen, das dann möglicherweise vom Nassabbau beeinflusst sein könnte.

Der beantragte Abbau hat keine Auswirkungen auf andere Fließgewässer, wie z.B. den Kainzbach (MP 3, Abb 3).

7 Vorschlag zum Monitoring TGB Sandholz

Im Zuge des fortschreitenden Sandabbau werden die GWM innerhalb der Tagebauflächen verlegt. Insbesondere im nördlichen Teil des TGB sollten nach Beseitigung des Abraums neue GWM zur genaueren Klärung der Lage der unterirdischen Wasserscheide Richtung Einzugsgebiet Hahnbacher Quellen eingerichtet und beprobt werden. Der geplante Abbau wird langsam voranschreiten, und die Auswirkungen auf das Grundwasser werden sich langsam entwickeln. Eine Beprobung des Grundwassers alle



zwei Jahre erscheint dabei völlig ausreichend. Im Rahmen des Monitorings zur Überwachung der Auswirkungen des TGB auf die Hydrologie wird folgendes Monitoring vorgeschlagen:

- I. Zweijährliche Beprobung des Grundwassers aus den vorhandenen GWM und Analyse gemäß Anlage 3.1, ohne BTEX, LHKW, PAK, PCB, jedoch mit Pflanzenschutzmittel, da im Istzustand 2015 Atrazin und sein Metabolit Desethylatrazin im Grundwasser an der geplanten TGB Nordgrenze im Grundwasser nachweisbar ist.
- II. Zweijährliche Beprobung des Trockenwetterabflusses im Hallandenbach am Messpunkt MP2B nach anhaltender Trockenperiode im Sommerhalbjahr samt Beprobung des Quellsammelschachtes bei MP2B und Analyse wie oben beschrieben.
- III. Aufzeichnung der Grundwasserstände in vorhandenen GWM mittels Datensammlern im 2-Stunden-Takt.
- IV. Aufzeichnung der Abflüsse im oberen Hallandenbach am MP2B im Stunden-Takt mittels Messvorrichtung und Datensammler.

Die Beprobungsintervalle müssen bei auffälligen Veränderungen der Wasserqualität verkürzt werden. Bei auffälligen Veränderungen der Wasserqualität ist deren Ursache zu klären, insbesondere bezüglich des Nassabbaus. Sollte sich im Rahmen des Monitorings herausstellen, dass die Einzugsgebietsgrenze der Hahnbacher Quellen weiter nördlich liegt, so wäre eine neue nördliche Grenze des genehmigungsfähigen Nassabbaus festzulegen und der sog. worst case neu zu definieren und vice versa, z.B. falls sich die Einzugsgebietsgrenze aufgrund erhöhter Grundwasserneubildung im TGB nach Süden verlagern sollte.

Ingenieurbüro Auernheimer
Amberg, 02.12.2015

Ralph Auernheimer
Dipl.-Geoökologe