



**JVA VS-Weigheim**  
**Flurstück 518 - Schwärzenhalde**  
**Schwarzwald-Baar-Kreis**

**Ergänzende Geotechnische Standortuntersuchung**

Auftraggeber: Landesbetrieb Vermögen und Bau  
Baden-Württemberg, Amt Konstanz  
Mainaustraße 211  
78464 Konstanz

Ansprechpartner: Landesbetrieb Vermögen und Bau  
Baden-Württemberg, Amt Konstanz  
Außenstelle Rottweil  
Schillerstraße 6, 78628 Rottweil  
Herr Eduard Schmid  
Tel.: 0741 / 482-130 [eduard.schmid@vbw.bwl.de](mailto:eduard.schmid@vbw.bwl.de)  
Fax: 0741 / 482-135

Bericht-Nr.: G12-004  
Datum: 24.10.2014  
Verteiler: Auftraggeber (3-fach)  
Textseiten: 11  
Anlagen: 7 mit insgesamt 16 Blatt

## INHALT

	Seite
<b>1. Allgemeines .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Verwendete Unterlagen.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Grundwasserbeobachtungsschächte .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Hydrologische Befunde und Bewertung.....</b>	<b>6</b>
<b>5. Wasserhaltungsmaßnahmen während der Bauzeit .....</b>	<b>9</b>
<b>6. Bautechnische Zusatzmaßnahmen für die Gebäude .....</b>	<b>10</b>
<b>7. Zusammenfassende Bewertung unter Einbeziehung der Erkenntnisse aus den geotechnischen Untersuchungen 2012 und 2013.....</b>	<b>10</b>

## ANLAGEN

	Anlage
Ausschnitt aus der Topogr. Karte mit Kennzeichnung des Untersuchungsgeländes.....	1.1
Ausschnitt aus der Geolog. Karte mit Kennzeichnung des Untersuchungsgeländes .....	1.2
Absteckplan mit Kennzeichnung der Baufelder f. d. Grundwasserbeobachtungsschächte ..	1.3

### Befunde an den Grundwasserbeobachtungsschächten Sch 1/14 bis Sch 3/14

Schichtenprofil und Schichtenverzeichnis Sch 1/14.....	2.1 - 2.2
Schichtenprofil und Schichtenverzeichnis Sch 2/14.....	3.1 - 3.2
Schichtenprofil und Schichtenverzeichnis Sch 3/14.....	4.1 - 4.2
Wasserstandsganglinie Sch 1/14 .....	5.1
Wasserstandsganglinie Sch 2/14 .....	5.2
Wasserstandsganglinie Sch 3/14 .....	5.3
Ergebnisse des Wasserabpumpversuchs mit anschl. Wiederanstieg in Sch 1/14.....	6
Laborchemische Untersuchungen an Wasserproben nach DIN 4030.....	7.1 - 7.3

## 1. Allgemeines

Das Land Baden-Württemberg plant den Neubau einer Justizvollzugsanstalt (JVA) im Städtedreieck *Rottweil-Tuttlingen-Donaueschingen*. Im Zusammenhang mit dem Standortsuchlauf des Jahres 2012, bei dem außer einer geotechnischen Bewertung des Baugrundes eine Bewertung weiterer Standortfaktoren Eingang fand, war ein unmittelbar östlich an die Bundesautobahn A 81 angrenzendes, bisher landwirtschaftlich genutztes Gelände (Maisfeld) auf dem Gebiet des *Schwarzwald-Baar-Kreises* (Gemarkung *VS-Weigheim*) geotechnisch näher zu untersuchen.

Eine umfassende Geotechnische Standortuntersuchung im Sinne einer Machbarkeitsstudie für den Doppelstandort *Tuningen* (Landkreis *Tuttlingen*) / *VS-Weigheim* (*Schwarzwald-Baar-Kreis*) wurde von uns im Jahre 2013 durchgeführt [M]. Ein Zwischenergebnis dieser Untersuchungen war, dass sowohl unter der Fläche auf Gemarkung *Tuningen*, als auch unter der angrenzenden Fläche auf Gemarkung *VS-Weigheim* mit einem Grundwasserstand gerechnet werden muss, der relativ nahe an der Geländeoberfläche liegt und dem für den Bauzustand und den Endzustand eine wesentliche Bedeutung zukommt. Entlang der Westseite verläuft teilweise innerhalb und teilweise außerhalb des Flurstücks die oberirdische *Europäische Hauptwasserscheide Rhein / Donau* (siehe Anlage 1.2).

Auf dem benachbarten Flurstück auf Gemarkung *Tuningen* war im Jahre 2013 in der Regel gespanntes und an einigen Aufschlusspunkten sogar artesisch gespanntes Grundwasser erbohrt worden.

Da von uns zudem bereits 2012 Wasseraustritte am östlichen Rand des Flurstücks 518 auf *Weigheimer* Gemarkung, nahe des Fußes des Autobahndamms, beobachtet und dokumentiert worden waren [S] und es Hinweise auf eine anmoorige Zone in der NE-Ecke des Flurstücks gab, war in [M] empfohlen worden, im Zuge der weiteren Planungen die Grundwassersituation anhand von Grundwasserbeobachtungsstellen weiter abzuklären.

Das *Institut für Geotechnik* der *Universität Stuttgart* wurde vom *Landesbetrieb Vermögen und Bau Baden-Württemberg, Amt Konstanz*, beauftragt, für das geplante Bauprojekt der JVA, die Untersuchung der Grundwassersituation in Ergänzung der Geotechnischen Standortuntersuchung [M], vorzunehmen. Nachdem im Jahre 2014 durch Bürgerentscheid ein möglicher JVA-Standort auf der Gemarkung *Tuningen* ausgeschlossen wurde, konnte die im vorliegenden Bericht dargestellte Untersuchung der Grundwassersituation auf den potentiellen Standort *VS-Weigheim, Schwärzenhalde* (Flurstück 518), eingegrenzt werden.

Als wesentliche Beurteilungsgrundlage für die Ausarbeitung des vorliegenden Berichts wurden insgesamt drei Grundwasserbeobachtungsschächte niedergebracht.

Die grundlegenden geotechnischen Gegebenheiten am potentiellen JVA-Standort *Weigheim* sind den Unterlagen [S; M] zu entnehmen.

## Topographische Lage

Das Gelände liegt auf der Topographischen Karte TK 25, Nr. 7917, *Villingen-Schwenningen-Ost*, (Mittelpunkt etwa bei R: 34 71 500, H: 53 23 400, ca. 750 mNN), nördlich angrenzend an die Landkreisgrenze. Im Osten reicht das Gelände bis an den Fuß des Autobahndamms der BAB A81, *Stuttgart – Singen*.

## 2. Verwendete Unterlagen

### Karten

- [K1] Topographische Karte TK 25, Nr. 7917, *Villingen-Schwenningen-Ost*, M 1:25.000,  
Hrsg.: Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, 1997
- [K2] Geologische Spezialkarte, Blatt 151, *Schwenningen*, M 1:25.000,  
Hrsg.: Württembergisches Statistisches Landesamt, II. Auflage, 1931

### Bisherige geotechnische Untersuchungen und Bewertungen

- [S] Standortsuchlauf für eine JVA im Städtedreieck *Rottweil-Tuttlingen-Donaueschingen*,  
Standort 6, *Weigheim*, Teil Geotechnik,  
Universität Stuttgart, Institut für Geotechnik, Az.: G12-004, Datum: 08.06.2012
- [M] JVA *Tuningen / Weigheim, Schwarzwald-Baar-Kreis*,  
Geotechnische Standortuntersuchung,  
Universität Stuttgart, Institut für Geotechnik, Az.: G12-004, Datum: 27.05.2013

### Vermessungsunterlagen

erstellt von: Vermessungsbüro *Klaus Obergfell, Schramberger Str.87, 78628 Rottweil*

- [V1] Absteckplan mit Darstellung der Baugrundaufschlusspunkte, inkl. Angabe der Geländehöhen (mNN), M 1: 1.000, Datum: 19.07.2013
- [V2] Absteckplan mit Darstellung der Lage der Baufelder für die Grundwasserbeobachtungsschächte, ohne Angabe der Geländehöhen, M 1: 1.000, Datum: 01.08.2014
- [V3] Absteckplan mit Angabe der Koordinaten der Grundwasserbeobachtungsschächte, M 1: 1.000, Datum: 23.10.2014

### 3. Grundwasserbeobachtungsschächte

Zur Beobachtung der Dynamik von Veränderungen des Grundwasserstandes in einem Maßstab, der dem einer möglichen Grundwasserhaltung im Zustand der offenen Baugrube nahe kommt und zur Vermeidung von in einem mit Mais bepflanzten Feld leicht übersehbaren Bohrlochpegeln mit Überflurausbau, war in [M] vorgeschlagen worden, mehrere Schürfe anzulegen.

Mit Blick auf die vorgesehene Beobachtungsdauer der Grundwasserstände von mehreren Wochen bis Monaten, schien es geboten, die Wandungen der Schürfe gegenüber hereinbrechenden aufgeweichten Erdschollen zu sichern. Es wurde daher ein Ausbau der Schürfe mit Schachtringen, DN 1.000, gewählt, wobei im Tiefenbereich der wasserführenden Schichten perforierte Schachtringe mit einer Hinterfüllung aus Moränekies 16/32 eingebaut wurden. In den nicht wasserführenden Zonen wurden vollwandige Schachtringe eingebaut, mit bindigem Boden aus dem Aushub der Schürfe hinterfüllt und dieser mittels Stampfer verdichtet.

Unter der jeweiligen Schachtsohle wurde eine im Mittel zwischen ca. 10 cm und ca. 20 cm starke, ebenfalls aus Moränekies bestehende Schüttung eingebracht, um einem Einspülen von Bodenteilchen in die Schächte von unten entgegenzuwirken und die im Schurf übereinander zu setzenden Schachtringe in geeigneter Weise zu betten. Durch den Schachtringausbau konnten zudem geometrisch einfach auszumessende kreiszylindrische Hohlräume geschaffen werden, die eine Erfassung von Daten (natürliche Wasserstandsänderungen, Wasserförderraten bei Pumpversuchen) auf der Grundlage manueller Messungen leicht ermöglichen.

Anmerkung: Einer Wasserstandsänderung von 1 cm Höhe in einem lotrechten kreiszylindrischen Schacht, DN 1.000, entspricht eine Änderung des Wasservolumens von 7,86  $\ell$  innerhalb des Schachtes.

Aufgrund der Ergebnisse der Beobachtungen der Bohrlochwasserstände in BK 2/13, BK 6/13 und BK 11/13 im Zusammenhang mit der Erstellung der Machbarkeitsstudie [M] war zunächst davon ausgegangen worden, dass ein Ausbau der Schürfe mit je einem perforierten Schachtring und zwei vollwandigen Schachtringen, mit einer Stapelhöhe von 1,5 m, ausreichend wäre. Eventuelle Höhendifferenzen zwischen Schachtoberkante und Geländeoberkante sollten in Abhängigkeit davon, ob die OK des obersten Schachtringes nach dem Einbau oberhalb oder unterhalb der GOK liegt, durch kegelstumpfförmiges Abböschen bis zu einer unterflur gelegenen Schachtoberkante bzw. Anschütten eines überflur herausragenden Schachtkopfes ausgeglichen werden.

Die beschriebenen Schächte wurden am 22.08.2014 von der *Walter Straßenbau KG, Trossingen*, unter unserer fachtechnischen Begleitung hergestellt.

Nach lokalem Abernten des Maises auf drei Flächen von je 12 m x 12 m Grundfläche [V2] (siehe Anlage 1.3) wurde auf jeder dieser Flächen zunächst jeweils eine Baggerschürfgrube bis in den nach örtlichem Befund obersten, als wasserführend identifizierten oder zumindest als potentiell wasserführend eingeschätzten Horizont niedergebracht. Bei allen drei Schächten erfolgte der Ausbau so, dass der perforierte Schachtring zuunterst eingebaut wurde.

**Tabelle 1: Grundwasserbeobachtungsschächte**

Schacht	Lagekoordinaten (Gauß-Krüger) [V3]		Schurfsatzpunkt (GOK) (mNN)	Oberer Schachtabschluss im Ausbauzustand 20.10.2014 [V3] (OK Riffelblech) (mNN)	Schurfsohle unter GOK (Näherung) (m)	Wasserzutritt unter GOK (m) beim Graben der Schürfe am 22.08.2014 (Näherung)
	R	H				
Sch 1/14	34 71 908,35	53 23 606,85	≈ 745,75 bis ≈ 745,45	745,45	2,7	ab 0,7 m sehr feucht in ca. 2,7 m gespanntes Grundwasser
Sch 2/14	34 71 914,97	53 23 475,11	≈ 754,3	754,27	2,6	kein Wasserzutritt
Sch 3/14	34 71 641,24	53 23 418,40	≈ 757,4	757,42	3,0	verzögter Wasserzutritt in 2,7 m - 2,8 m Tiefe

## 4. Hydrologische Befunde und Bewertung

### Beobachtungen des Wasserzustroms zu den Schächten am Tag der Schachtherstellung

Der Wasserandrang zu den drei Schächten war am 22.08.2014 unter hochsommerlichen Bedingungen uneinheitlich.

#### Sch 1/14

Rund 2 m nördlich des Grundwasserbeobachtungsschachtes wurde in ca. 0,7 m - 1,0 m Tiefe unter GOK eine landwirtschaftliche Dränageleitung aus stumpf gestoßenen Tonröhren, DN 70, ohne Falz, in einer Ummantelung aus Polystolschaum angetroffen. Diese Leitung war innen nass. Die Leitung wurde versehentlich mit dem Bagger auf 1 m Länge im oberen Teil ihres Querschnittes beschädigt, wurde aber am 20.10.2014 instand gesetzt.

Beim weiteren Niederbringen des Schurfs Sch 1/14 wurden ab 2,0 m Tiefe unter GOK sehr feuchte, teilweise mergelige und teilweise felsähnliche Schichten angetroffen, die im benachbarten Bohrprofil BK 11/13 [M, Anlage 12] vermutlich etwas tiefer anstehen.

In ca. 2,7 m Tiefe unter GOK drückte offenes Wasser aus Klüften der *Amaltheenschichten* in der Schurfsohle nach oben und stieg langsam, aber visuell erkennbar an.

#### Pumpversuch

Zur orientierenden Abschätzung des Wasserzustroms wurde am 22.08.2014 in Sch 1/14 ein Pumpversuch mit anschließender Beobachtung des Wiederanstieges des Wassers im Schacht über eine Gesamtdauer von 7 Stunden durchgeführt. Die hierbei ermittelten Zahlenwerte sind auf Anlage 6 dokumentiert.

Anmerkung: Eventuelle Pumpversuche an den beiden anderen Grundwasserbeobachtungsschächten kamen bislang nicht Betracht, da die zu ergänzenden Schachtringe erst am 20.10.2014 eingebaut werden konnten und die Geländeoberfläche zwischen Ende August und 20.10.2014 durchgängig so stark aufgeweicht war, dass diese nicht befahren werden konnte, um mit einer Pumpenausstattung an die Schächte zu gelangen.

## **Sch 2/14**

Der südlich, geodätisch oberhalb von Sch 1/14, unweit der Kreisgrenze niedergebrachte Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 2/14 wurde bis auf eine Tiefe von 2,6 m unter GOK abgeteuft, wo eine klüftige Felsbank ansteht. Bei Stillstand des Baggers war aus 2,6 m Tiefe ein „Blubbern“ akustisch wahrnehmbar. Offenes Wasser trat am 22.08.2014 aber nicht in den Schacht.

## **Sch 3/14**

Der westlich gelegene Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 3/14 wurde bis in eine Tiefe von ca. 3,0 m unter GOK hergestellt. Wasserzutritte in den Schacht waren am 22.08.2014 zunächst nicht festzustellen. Etwa 1 Stunde nach dem Einbau der Schachtringe stand die Schachtsohle (OK Sohlkies-Schüttung) vollflächig, ca. 5 cm hoch, unter Wasser. Der wasserführende Horizont lag in ca. 2,8 m bis 2,9 m Tiefe unter GOK. Die Wassermenge war für einen Pumpversuch am 22.08.2014 unzureichend.

Als Nebenbefund wurde festgestellt, dass ca. 2 m nördlich des Schachtes Sch 3/14 eine der landwirtschaftlichen Tonrohrdränageleitungen mit einer Ummantelung aus Polystyrolschaum verläuft. Die Überdeckung dieser Dränageleitung beträgt ca. 0,7 m bis 0,8 m. Sie verläuft näherungsweise in Richtung der Achse WSW-ENE und blieb bei den Schachtbauarbeiten unbeschädigt.

## **Weitere Entwicklung des Wasserstandes in den Grundwasserbeobachtungsschächten**

Der Wasseranstieg in den Grundwasserbeobachtungsschächten entwickelte sich in der Beobachtungszeit nach der Schachtherstellung uneinheitlich rasch.

Bei der Überprüfung der Schächte am 25.08.2014 war Schacht Sch 1/14 bereits übergelaufen, d.h. der Wasseranstieg hatte mehr als 1,5 m betragen. In Schacht Sch 2/14 stand das Wasser dagegen erst 23 cm hoch und in Schacht Sch 3/14 40 cm hoch über der Sohlkies-Schicht.

In den folgenden Tagen stieg das Wasser in allen Schächten kontinuierlich so stark an, dass die Wasseroberfläche über den Schachtoberkanten lag und eine Erhöhung der Schächte um je zwei vollwandige Schachtringe von je 50 cm Höhe erforderlich wurde. Die Entwicklung der Wasseranstiege geht aus den Anlagen 5.1 bis 5.3 hervor. Der Wasseranstieg bei Schacht Sch 1/14 wäre bereits zu einem früheren Zeitpunkt deutlich größer gewesen, wenn nicht die vom Bagger im oberen Teil des Querschnitts zerstörte landwirtschaftliche Dränageleitung über eine längere Zeit als Übereich gewirkt hätte. Hierdurch blieb der Wasserstand von Schacht Sch 1/14 bis zum Aufsetzen der zusätzlichen Schachtringe auf konstantem Niveau. Die hydrologische Situation im Bereich von Schacht Sch 1/14 erscheint dadurch günstiger, als dies der Wirklichkeit entspricht.

Witterungsbedingt war das teilweise anmoorige Ackergelände so stark aufgeweicht, dass es wochenlang nicht möglich war, mit einem Bagger in das Gelände einzufahren, um die Schachtringe

zu ergänzen oder eine Pumpe einzubringen. Eine Einfahrt in das Ackergelände unter den gegebenen Bedingungen hätte zu einem erheblichen Flurschaden geführt. In den Fahrspuren vom 25.08.2014 stand über eine Dauer von mehreren Wochen offenes Stagnationswasser.

Die zu ergänzenden Schachtringe konnten schließlich am 20.10.2014 mit Hilfe eines leichten Mini-Kettenbaggers eingebaut werden.

Von dem anmoorigen Boden wurde der Glühverlust gem. DIN 18128 als bodenmechanischer Orientierungswert an drei Proben bestimmt. Die Werte für den Glühverlust  $V_{gl}$  streuten zwischen 9,2 M.-% und 11,2 M.-%.

### **Laborchemische Befunde an Wasserproben aus den Grundwasserbeobachtungsschächten**

Zur Beurteilung der Betonaggressivität des Grundwassers nach DIN 4030 und zur Bestimmung weiterer Grundwasser-Inhaltsstoffe wurden von uns am 22.08.2014 aus den Schächten Sch 1/14 und Sch 3/14 und am 25.08.2014 aus Schacht Sch 2/14 Grundwasserproben entnommen.

Die Laborbefunde sind auf den Anlagen 7.1 bis 7.3 aufgelistet.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Grundwasserproben nur schwach mineralisiert waren und keine betonaggressiven Eigenschaften im Sinne von DIN 4030 aufwiesen.

Im Fall einer Einleitung abgepumpten Grundwassers in Vorfluter oder Abwasserkanäle ist nicht auszuschließen, dass die zuständigen Behörden bzw. Betreiber den Nachweis weiterer Inhaltsstoffe fordern.

### **Hydrologische Bewertung**

Die ergänzenden hydrologischen Untersuchungen auf dem Flurstück 518 fanden bisher unter spätsommerlichen und herbstlichen Witterungsbedingungen, bei denen zeitweise an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen Regenfälle zu verzeichnen waren, statt. Nach den bisherigen Messergebnissen ist von einem unmittelbaren Zusammenhang zwischen Niederschlagsmenge und Grundwasserniveau auszugehen, wobei zeitliche Verzögerungen gering sind.

Die Randbedingungen Dauerstarkregen bzw. Schneeschmelze sind bei den bisherigen Untersuchungen nicht aufgetreten.

Die Untersuchungen haben bestätigt, dass der Schwankungsbereich des entspannten Grundwasserspiegels nur wenig unter bzw. im Bereich der Geländeoberfläche variiert und damit Unterflur-Technikgeschosse und Gründungen in die Tiefenzone des Grundwassers einbinden und entweder ständig eingestaut sind oder in Wasserwechselzonen liegen.

Die Befunde aus den Schächten Sch 2/14 und Sch 3/14 zeigen, dass diese Feststellung auch für Flurstückbereiche gilt, die im Gelände geodätisch oben liegen, z. B. entlang des Wirtschaftsweges, an der Landkreisgrenze bzw. im westlichen Teil des Flurstücks, wo zunächst ein etwas tiefer unter der GOK liegender Grundwasserspiegel vermutet worden war.

Nach den Beobachtungen in den Schürfen finden maßgebende Grundwasserströmungen in flächig entwickelten Kluftwasserleitern der höheren *Lias*-Schichten (Kalkstein- und Kalkmergelsteinbänke der *Posidonienschiefer* und der *Amaltheenschichten*) statt, die primär als Gründungshorizont in Betracht kommen. Auf dem Flurstück 518 ist im Mittel von einer Grundwasserströmung in nordöstlicher Richtung auszugehen.

Es ist damit zu rechnen, dass beim Baugrubenaushub grundwasserführende Schichten angeschnitten werden. Im Fall eines bautechnischen Eingriffs in den geodätisch tief gelegenen Zonen des Flurstücks ist darüber hinaus nicht auszuschließen, dass außer Grundwasser, das sich bis unmittelbar an die Geländeoberfläche entspannt, auch artesisch gespanntes Grundwasser angeschnitten wird.

Das gesamte Baufeld besteht ab GOK aus wasserhaltenden *Lias*-Verwitterungsböden und in Richtung des Grundwasserbeobachtungsschachtes Sch 1/14 aus anmoorigen Böden. Der Grundwasserflurabstand ist gering. Bereits bei einer geringen Verdichtung des Bodens an der Geländeoberfläche, wie sie durch Befahren des Geländes unvermeidbar ist, bilden sich infolge von Niederschlägen leicht Stagnationswasserflächen und stark aufgeweichte, schlackartige Bodenzonen. Dieser Effekt dürfte sich dann noch verstärken, wenn die bislang funktionsfähigen landwirtschaftlichen Dränageleitungen durch oberflächennahe Erdbewegungen zerstört werden sollten.

## 5. Wasserhaltungsmaßnahmen während der Bauzeit

Im Bereich von Baugruben ist eine offene Wasserhaltung mit nachgeschalteten Absetzbecken einzuplanen. Bei der Festlegung der vorzuhaltenden Förderkapazität ist davon auszugehen, dass im Baugrund kein Wasser versickert und das abzuleitende Wasser Tonsedimente enthält, die vor der Einleitung in die Vorflut in ausreichendem Maße zu entfernen sind.

Abgepumptes Wasser darf wegen der darin enthaltenen Eisen- und Schwefelverbindungen unter Umständen nicht unbehandelt in die öffentliche Kanalisation geleitet werden.

Bei der Dimensionierung von Absetzbecken für die Bauwasserhaltung und für die Abschätzung der erforderlichen Verweilzeit von schwebstoffhaltigem Wasser in Absetzbecken ist zu berücksichtigen, dass tonkörnige Schwebstoffe nur sehr langsam sedimentieren.

Da im Baugrund nur schwer Wasser versickert, ist der Sonderfall zu berücksichtigen, dass sich bei Stromausfall bzw. Pumpenausfall in den Baugruben ein offener Wasserspiegel einstellen kann. Die Sicherheit gegenüber hydraulischem Grundbruch ist nachzuweisen. Zudem ist die Auftriebssicherheit von Baukörpern für jeden Bauzustand nachzuweisen. Es sollten auch Vorsorgemaßnahmen für den Fall des Überlaufens von Baugruben im Zusammenhang mit einem Pumpenausfall getroffen werden.

Die Möglichkeit eines wasserdichten Baugrubenverbaus ist unter den gegebenen Bedingungen nur in Verbindung mit einer wasserdichten Baugrubensohle zweckmäßig.

## 6. Bautechnische Zusatzmaßnahmen für die Gebäude

Beim optionalen JVA-Standort VS-Weigheim sind für alle Bauwerke auf Dauer Maßnahmen gegen drückendes Grundwasser erforderlich. Bauwerksteile, die unterhalb der GOK liegen, sind in Form von *Weißen Wannen* auszuführen.

Der Aspekt möglicher mineralogischer Umwandlungsvorgänge, wie sie im Fall von austrocknenden Schichten initiiert werden können und Quellerscheinungen nach sich ziehen können, ist weiterhin zu beachten, da derzeit nicht abschließend beantwortet werden kann, ob und wie sich die Grundwassersituation auf dem Fl.St. 518 infolge der Bebauung langfristig verändert.

Mögliche Vorsorgemaßnahmen gegen Schäden durch Quellerscheinungen sind in [M, Abschnitt 7] beschrieben.

## 7. Zusammenfassende Bewertung unter Einbeziehung der Erkenntnisse aus den geotechnischen Untersuchungen 2012 und 2013

Die Deckschichten des nach Norden einfallenden Flurstücks 518, *Schwärzenhalde*, bestehen aus schwer wasserabgebenden, ausgeprägt plastischen Verwitterungstonen und teilweise aus anmorigen Böden. Diese Böden sind witterungsabhängig oft wochenlang nicht oder nur bedingt befahrbar, so dass während der Bauzeit voraussichtlich gesonderte Baustraßen notwendig werden. Unter diesen Böden stehen klüftige Tonstein-, Tonmergelstein- und Kalkmergelstein-Serien der höheren *Lias*-Schichten an, deren Kluftsystem von einem flächenhaft entwickelten, gespannten Grundwasserkörper eingenommen wird. In topographisch tief gelegenen Zonen kann artesisch gespanntes Grundwasser auftreten. Die Grundwasser führenden Schichten sind zugleich vorrangig in Be tracht zu ziehende Flachgründungshorizonte, da die Deckschichten für die Einleitung von Bauwerksgründungslasten ungeeignet sind. Erdbauliche Eingriffe für Baugruben und Gründungen führen unter den gegebenen Bedingungen zu einer Entspannung des Grundwassers bis in den Bereich der Geländeoberfläche. Die Aufwendungen für die Wasserhaltung beim Bau, einschließlich der wasserdicht umschlossenen Baugruben und der Auftriebssicherung sind erheblich.

Bei Untergeschossen in Wasserwechselzonen und oberhalb des Grundwasserspiegels sowie bei einem Grundwasserentzug auf Dauer ist nicht auszuschließen, dass durch Austrocknung mineralogische Umwandlungsvorgänge und Quellphänomene initiiert werden, die bauliche Zusatzmaßnahmen (s. Abschnitt 7) erforderlich machen.

Untergeschosse sind auf Dauer gegen drückendes Grundwasser auszulegen.

Insgesamt sind die geotechnischen Randbedingungen für eine Bebauung des Fl.St. 518 schwierig. Eine Bebauung des Flurstücks mit größeren Gebäuden ist mit kostenintensiven tiefbautechnischen Aufwendungen verbunden.



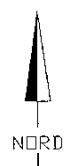
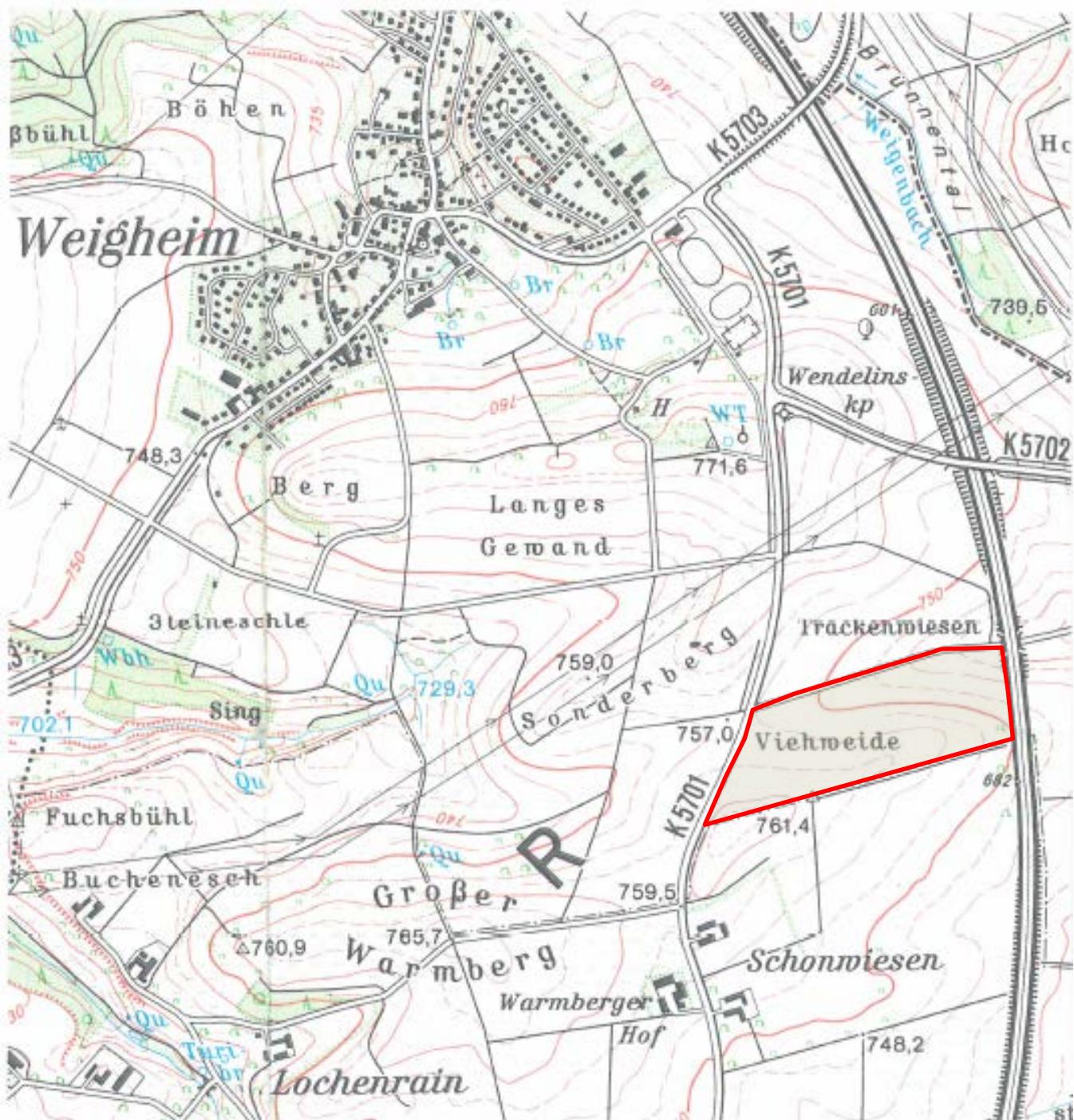
Sollte das im vorliegenden Bericht beschriebene Gelände für die vorgesehene Bebauung durch eine JVA in Betracht kommen, sollte die Beobachtung der Wasserstände in den Schächten bis auf weiteres, mindestens aber bis nach der Schneeschmelze im Frühjahr 2015, fortgesetzt werden, da erst im Frühjahr von extremalen Wasserständen im Baugrund auszugehen ist. In diesem Zusammenhang könnten auch die noch ausstehenden Pumpversuche an den Schächten 2/14 und 3/14 durchgeführt werden. Die hieraus gewonnenen zusätzlichen Erkenntnisse können von uns im Bedarfsfall im Rahmen eines Geotechnischen Berichtes (Baugrund- und Gründungsgutachten) bewertet werden.

Zur weiteren Fachdiskussion stehen wir gerne zur Verfügung.

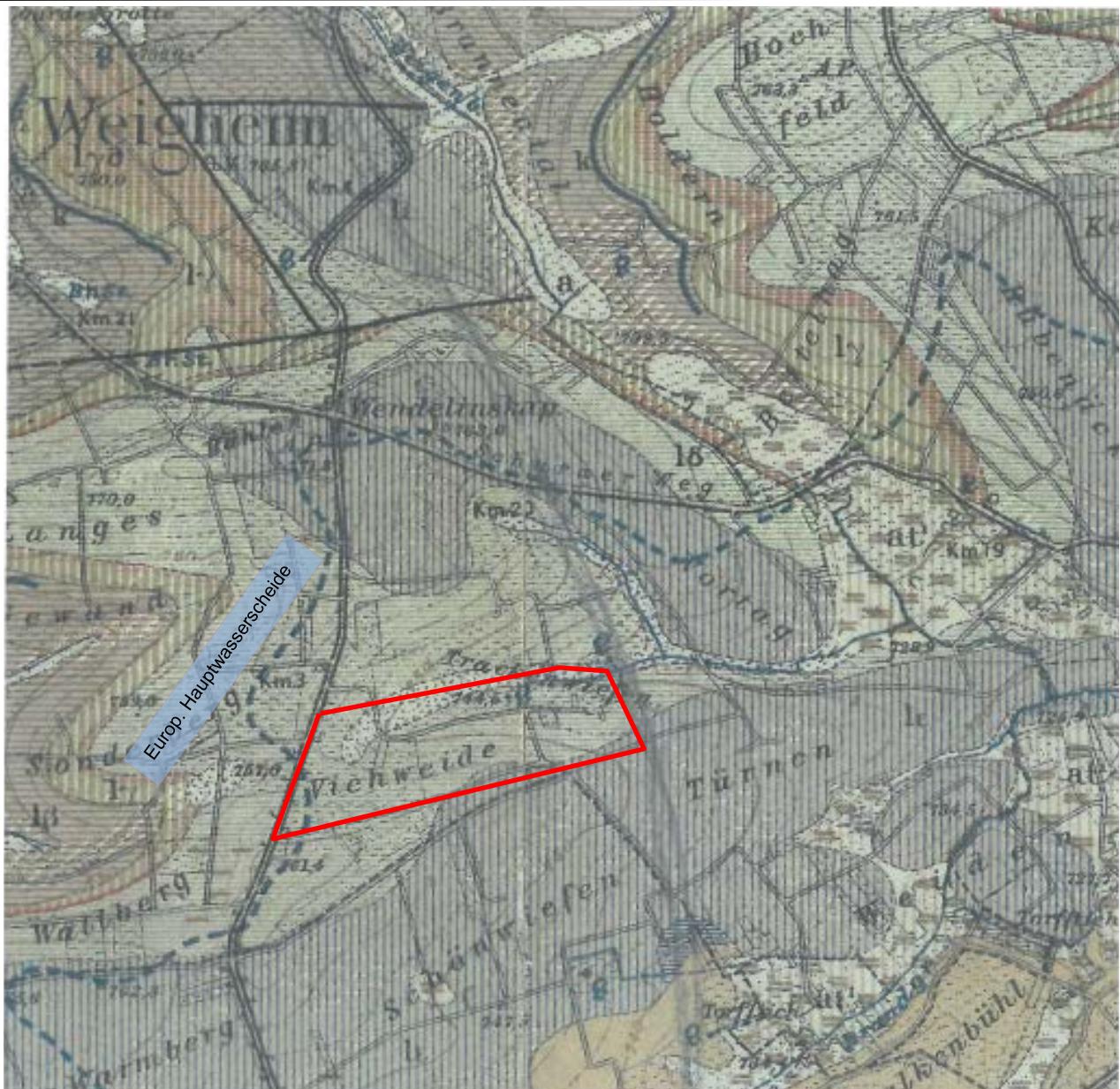
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann  
Direktor des Institutes für Geotechnik der Universität Stuttgart

Dipl.-Ing. Tobias Bräutigam  
Projektleiter

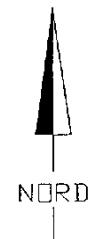
**Auszug aus der Topographischen Karte  
TK 25 Nr. 7917, Villingen-Schwenningen-Ost,  
mit Kennzeichnung der Lage des Untersuchungsgeländes**



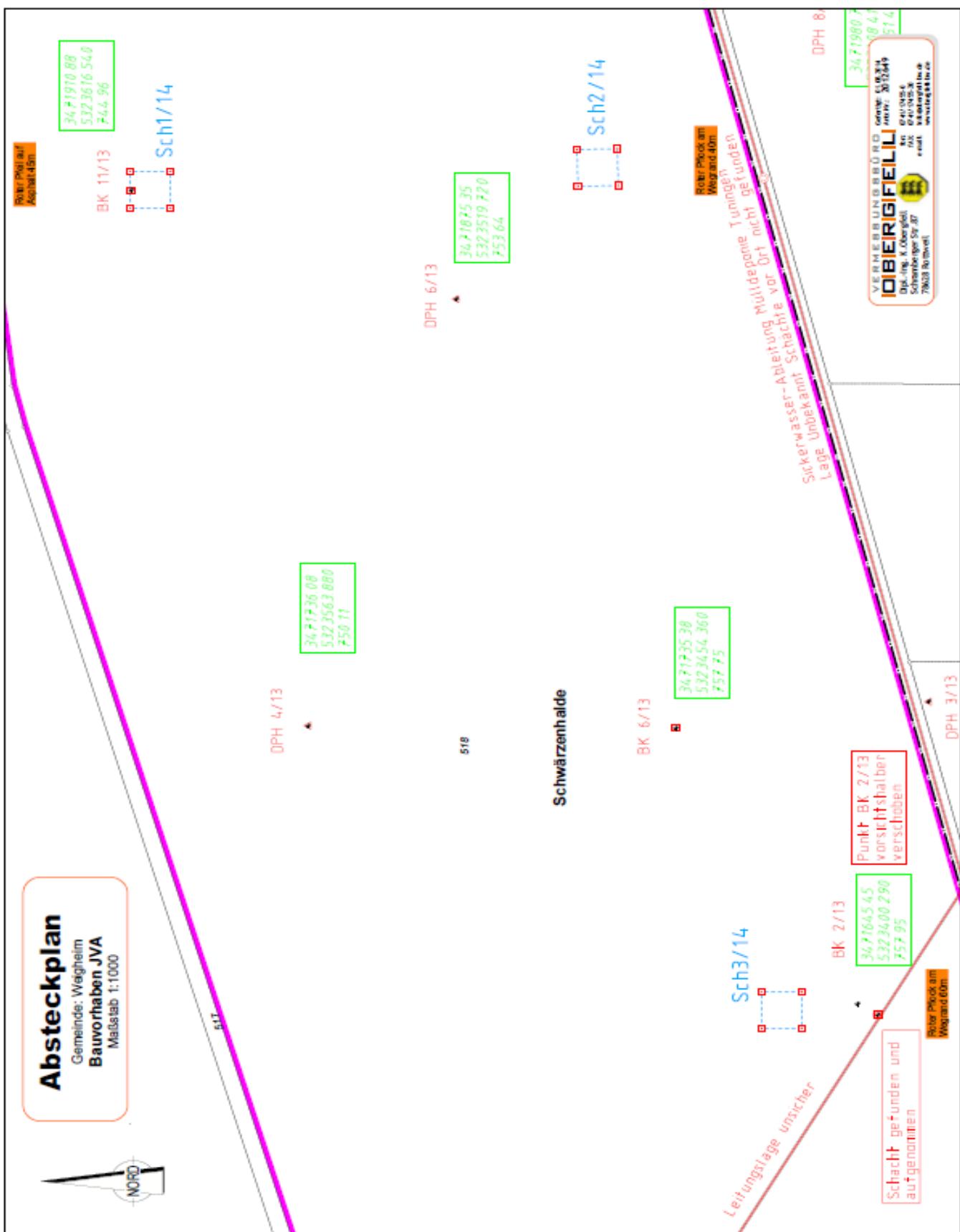
**Auszug aus der Geologischen Karte**  
**Blatt 151, Schwenningen,**  
**mit Kennzeichnung der Lage des Untersuchungsgeländes**



- l $\beta$  Turneriton
- k Kalkbank innerhalb des Turneritons
- l $\gamma$  Numismalismergel
- l $\delta$  Amaltheenschichten
- l $\varepsilon$  Posidonienschiefere
- at' Flachmoor

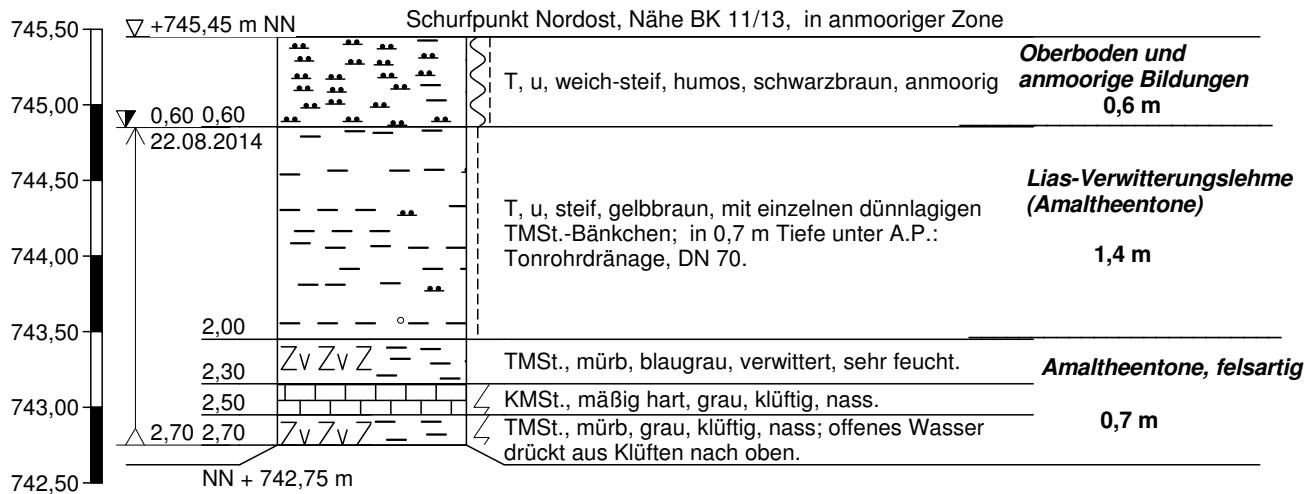


**Absteckplan des Untersuchungsgeländes  
mit Kennzeichnung der je 12 m x 12 m großen Baufelder  
im Maisfeld für die Errichtung der Grundwasserbeobachtungsschächte**



**Geotechn. Untersuchung des möglichen JVA-Standortes Weigheim, Fl.St. 518****Sch 1/14**

22.08.2014



Der Wasserstand im ausgebauten Schacht lag am 24.10.2014 8 cm unter OK Schacht, also näherungsweise in 745,37 mNN.



## Herstellung von Grundwasserbeobachtungsschächten

### Sch 1/14

**VS-Weigheim, Schwärzenhalde, Fl.St. 518**

Ausführendes Bauunternehmen mit Bagger: *Walter Straßenbau KG, Trossingen*,  
Radbagger mit Tieflöffelausrüstung, Fabrikat: *Volvo*, Typ: *EW 160B*, Ausführung: 22.08.2014.

Der Aushub für den Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 1/14 erfasste die Deckschichten und die Felsauflockerungszone.

Sch 1/14: R: 34 71 908,35 H: 53 23 606,85 A.P.: 745,45 mNN Schachttiefe: ca. 2,7 m

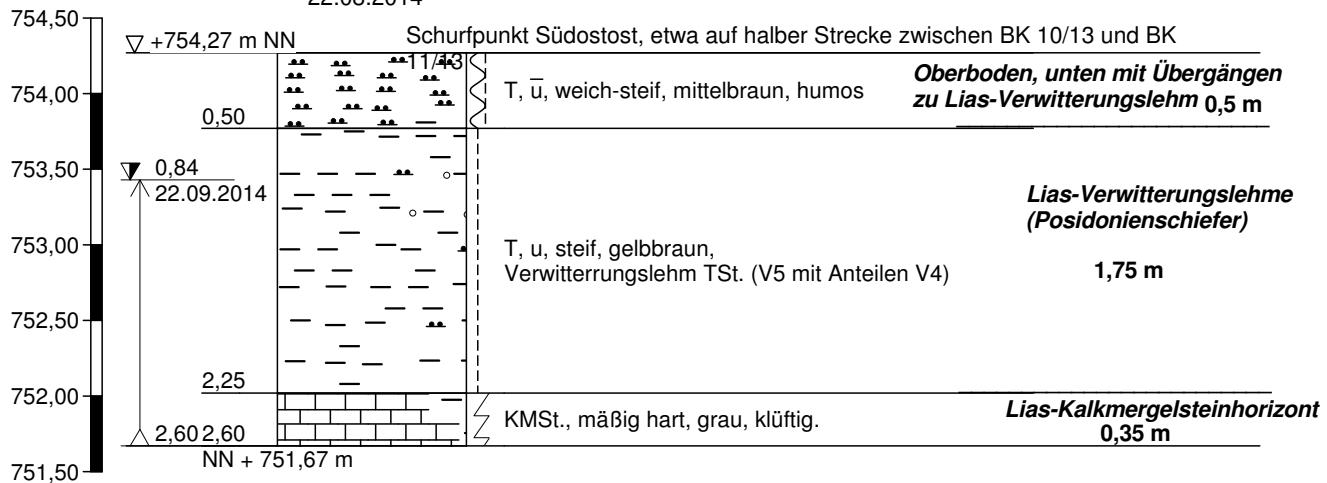
Tiefe [m]	Tiefen- band [m]	Höhe (mNN)	Schichtenbeschreibung
0,0	0,0-0,6 (0,6)	745,45	T, u, weich-steif, humos, schwarzbraun, anmoorig, steinfrei, erdfeucht.
0,6	0,6-2,0 (1,4)	744,85	T, u, steif, gelbbraun, mit einzelnen dünnlagigen KSt.-Bänkchen, <i>Lias</i> -Verwitterungslehm.
			In 0,7 m Tiefe unter Gelände verläuft eine landwirtschaftliche Tonrohr-Dränage, DN 70, näherungsweise in Richtung der Achse WSW-ENE.
2,0	2,0-2,3 (0,3)	743,45	TMSt., mürb, blaugrau, sehr feucht, aber zunächst ohne Zutritt offenen Wassers. Nach ca. 15 Minuten war in ca. 2,0 m Tiefe unter A.P. ein schwacher Wasserzutritt von der Südseite in die Schachtbaugrube festzustellen.
2,3	2,3-2,5 (0,2)	743,15	KMSt., mäßig hart, gelblich grau, bankig.
2,5	2,5-2,7 (0,2)	742,95	TMSt./KMSt., mürb-mäßig hart, grau, klüftig; Wasser tritt aus Klüften in der Schachtsohle empor und steigt innerhalb des Schachtes langsam an.
2,7		742,75	Aushubsohle.

Ausbau des Grundwasserbeobachtungsschachtes am 22.08.2014 zunächst mit drei Schachtringen mit Falz, DN 1.000, je 0,5 m hoch. Sohlfäche aus Moränekies 16/32, im Mittel ca. 10 cm - 20 cm stark. Perforierter Schachtring in ca. 2,1 m - 2,6 m Tiefe unter A.P., mit Moränekies 16/32, hinterfüllt; Kiesschürze auf Südseite des Arbeitsraumes bis in ca. 1,8 m Tiefe unter A.P. nach oben gezogen; restlichen Arbeitsraum mit bindigem Boden (steif) verfüllt und mit Stampfer verdichtet.

Zwei weitere Schachtringe (vollwandig) wurden am 20.10.2014 oben aufgesetzt und mit Riffelblechrohre abgedeckt.

**Geotechn. Untersuchung des möglichen JVA-Standortes Weigheim, Fl.St. 518****Sch 2/14**

22.08.2014



Die Geländeoberfläche im Bereich Sch 2/14 liegt näherungsweise in Höhe OK Schachtabdeckung.

Der Wasserstand im ausgebauten Schacht lag am 24.10.2014 81 cm unter OK Schachtabdeckung.

Die Kote 754,27 mNN entspricht OK Schachtabdeckung (Riffelblech).



## Herstellung von Grundwasserbeobachtungsschächten

### Sch 2/14

#### VS-Weigheim, Schwärzenhalde, Fl.St. 518

Ausführendes Bauunternehmen mit Bagger: *Walter Straßenbau KG, Trossingen*,  
Radbagger mit Tieflöffelausrüstung, Fabrikat: *Volvo*, Typ: *EW 160B*, Ausführung: 22.08.2014.

Der Aushub für den Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 2/14 erfasste die Deckschichten und die Felsauflockerungszone.

Sch 2/14: R: 34 71 914,97 H: 53 23 475,11 A.P.: 754,11 mNN Schachttiefe: 2,6 m

Tiefe [m]	Tiefen- band [m]	Höhe (mNN)	Schichtenbeschreibung
0,0	0,0-0,5 (0,5)	754,1	T, <u>u</u> , weich-steif, humos, mittelbraun, erdfeucht. Verwitterungslehm des <i>Posidonienschiefers</i> .
0,5	0,5-2,25 (1,75)	753,6	T, u, steif, gelbbraun, lokal mit einzelnen kleinen TSt.- Plättchen, Verwitterungslehm des <i>Posidonienschiefers</i> ; in 1,0 m Tiefe unter A.P.: wenige Zentimeter starke Lage schiefrigen Tonsteins, dünnplattig, dunkelgrau.
2,25	2,25-2,6 (0,35)	752,85	KMSt., mäßig hart, grau, klüftig
2,6		752,5	Aushubsohle.

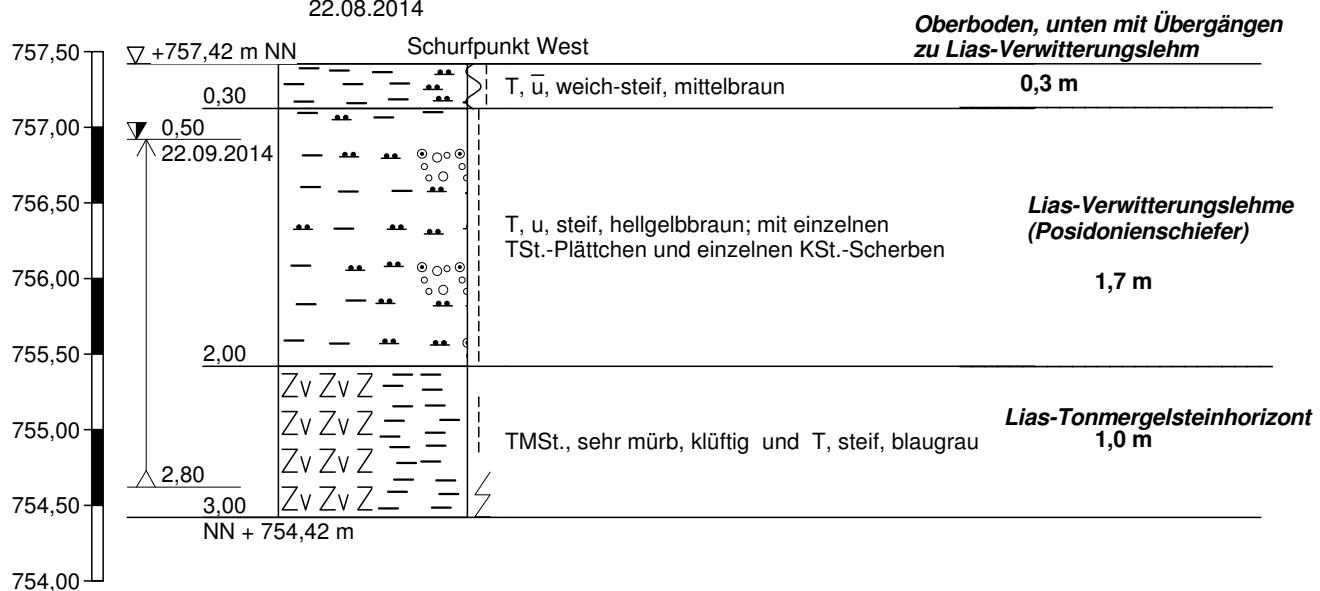
Ausbau des Grundwasserbeobachtungsschachtes am 22.08.2014 zunächst mit drei Schachtringen mit Falz, DN 1.000, je 0,5 m hoch. Sohle aus Moränekies 16/32, ca. 10 cm stark.

Perforierter Schachtring in ca. 2,0 m - 2,5 m Tiefe unter A.P., mit Moränekies 16/32, hinterfüllt; restlichen Arbeitsraum mit bindigem Boden (steif) verfüllt und mit Stampfer verdichtet.

Zwei weitere Schachtringe (vollwandig) wurden am 20.10.2014 oben aufgesetzt und mit Riffelblechronde abgedeckt.

**Geotechn. Untersuchung des möglichen JVA-Standortes Weigheim, Fl.St. 518****Sch 3/14**

22.08.2014



Die Geländeoberfläche im Bereich Sch 3/14 liegt näherungsweise in Höhe OK Schachtabdeckung.

Der Wasserstand im ausgebauten Schacht lag am 24.10.2014 43 cm unter OK Schachtabdeckung.

Die Kote 757,42 mNN entspricht OK Schachtabdeckung (Riffelblech).



## Herstellung von Grundwasserbeobachtungsschächten

### Sch 3/14

#### **VS-Weigheim, Schwärzenhalde, Fl.St. 518**

Ausführendes Bauunternehmen mit Bagger: *Walter Straßenbau KG, Trossingen*,  
Radbagger mit Tieflöffelausrüstung, Fabrikat: *Volvo*, Typ: *EW 160B*, Ausführung: 22.08.2014.

Der Aushub für den Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 3/14 erfasste die Deckschichten und die Felsauflockerungszone.

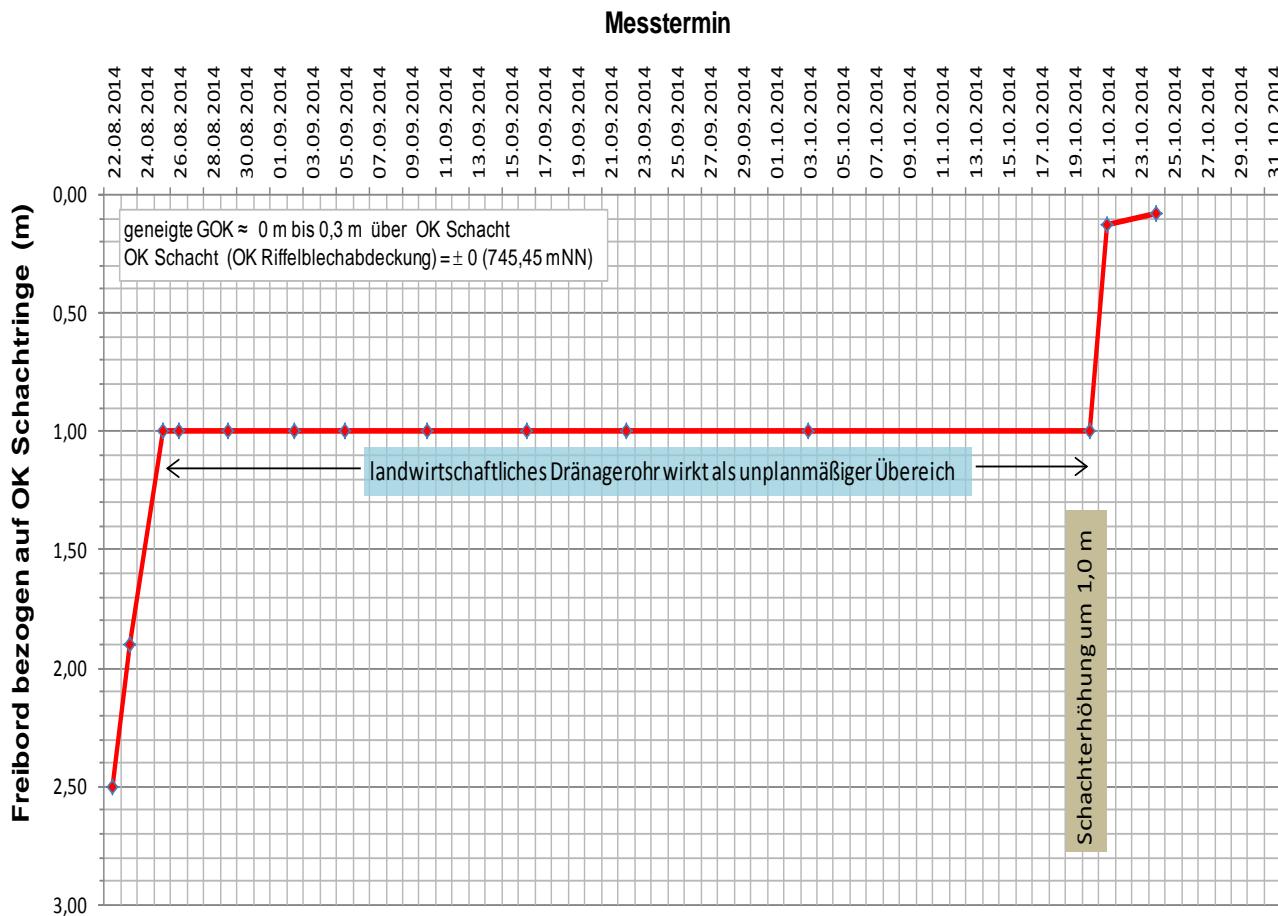
Sch 3/14: R: 34 71 641,24 H: 53 23 418,40 A.P.: 757,42 mNN Schachttiefe: ca. 3,0 m

Tiefe [m]	Tiefenband [m]	Höhe (mNN)	Schichtenbeschreibung
0,0	0,0-0,3 (0,3)	757,4	T, <u>u</u> , weich-steif, humos, mittelbraun, erdfeucht. Verwitterungslehm des <i>Posidonienschiefers</i> .
0,3	0,3-2,0 (1,7)	757,1	T, u, steif, hellgelbbraun, lokal mit einzelnen kleinen TSt.-Plättchen, Verwitterungslehm des <i>Posidonienschiefers</i> ; mit Einlagerungen von KSt.-Stücken, von wenige Zentimeter starkem schiefrigem Tonstein, dünnplattig, dunkelgrau, sowie einzelnen Ziegelbröckchen
2,0	2,0-3,0 (1,0)	755,4	TMSt., sehr mürb und T, steif, blaugrau, klüftig. Wasserzutritt in 2,8 m - 2,9 m Tiefe unter A.P. zu beobachten.
3,0		754,4	Aushubsohle.

Ausbau des Grundwasserbeobachtungsschachtes am 22.08.2014 zunächst mit drei Schachtringen mit Falz, DN 1.000, je 0,5 m hoch. Sohle aus Moränekies 16/32, im Mittel ca. 10 cm - 20 cm stark. Perforierter Schachtring in ca. 2,4 m - 2,9 m Tiefe unter A.P., mit Moränekies 16/32, hinterfüllt; restlichen Arbeitsraum mit bindigem Boden (steif) verfüllt und mit Stampfer verdichtet.

Zwei weitere Schachtringe (vollwandig) wurden am 20.10.2014 oben aufgesetzt und mit Riffelblechronde abgedeckt.

## Ganglinie des Wasserstandes im Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 1/14

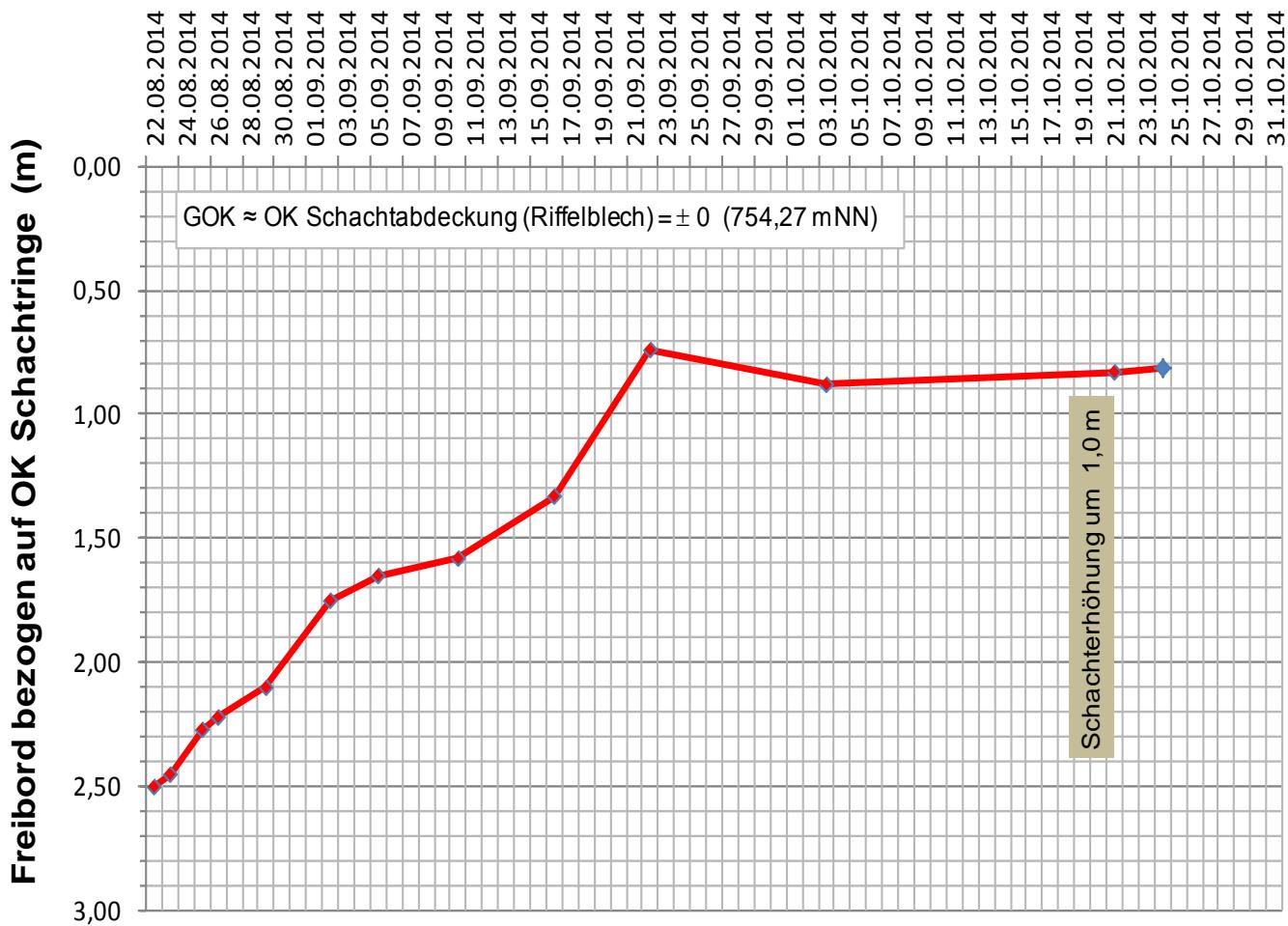


Die Zahlenangaben des Freibordes beziehen sich auf den Endausbauzustand des Schachtes (lichte Schachttiefe bis OK Sohlkies 2,5 m). Die Schachterhöhung erfolgte am 20.10.2014. Ältere Messdaten wurden auf den Endausbauzustand umgerechnet.

Aufgrund einer lokalen (inzwischen behobenen) Beschädigung wirkte die bestehende landwirtschaftliche Tonrohrdränage zeitweise als Übereich.

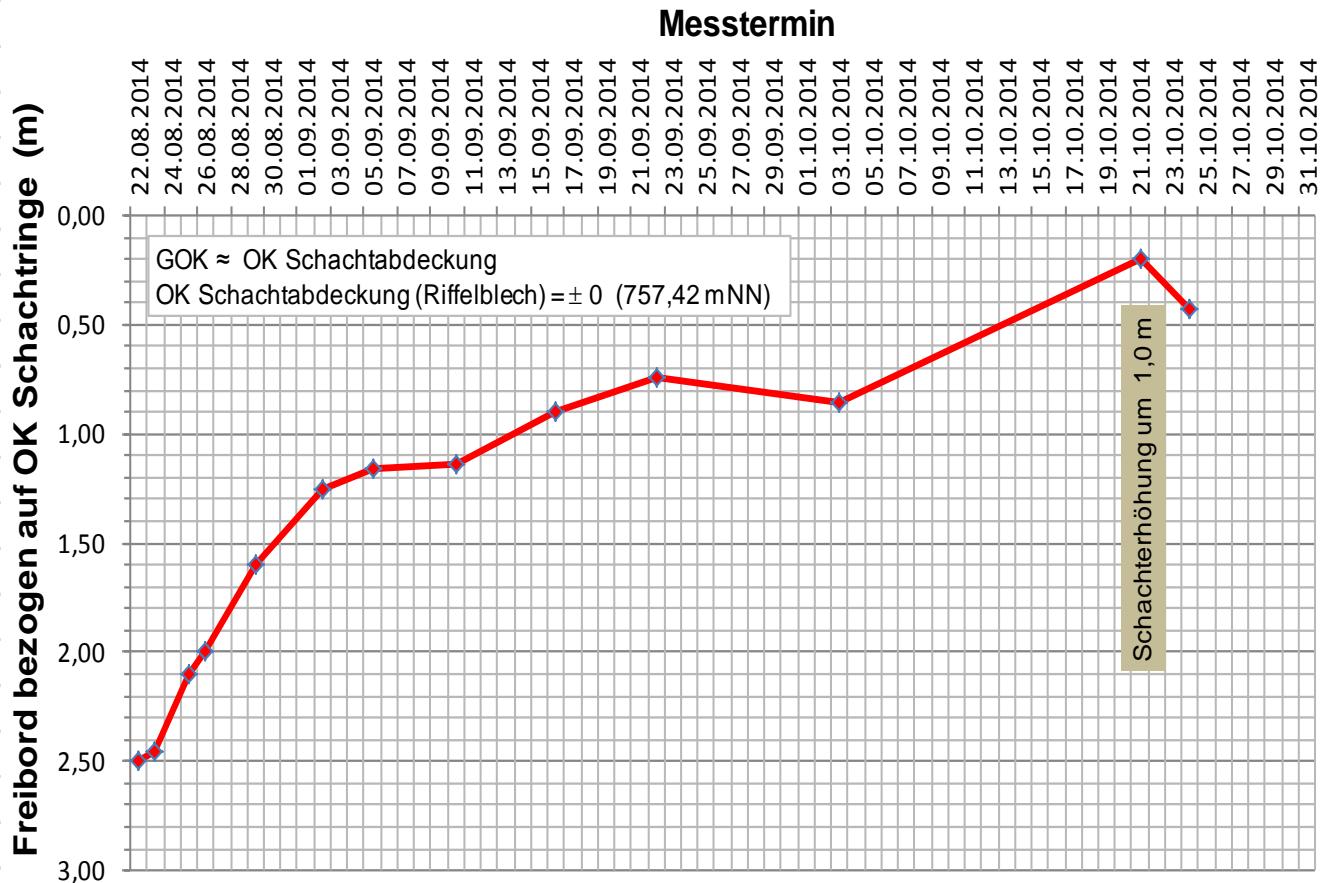
## Ganglinie des Wasserstandes im Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 2/14

### Messtermin



Die Zahlenangaben des Freibordes beziehen sich auf den Endausbauzustand des Schachtes (lichte Schachttiefe bis OK Sohlkies 2,5 m). Die Schachterhöhung erfolgte am 20.10.2014. Ältere Messdaten wurden auf den Endausbauzustand umgerechnet.

## Ganglinie des Wasserstandes im Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 3/14



Die Zahlenangaben des Freibordes beziehen sich auf den Endausbauzustand des Schachtes (lichte Schachttiefe bis OK Sohlkies 2,5 m). Die Schachterhöhung erfolgte am 20.10.2014. Ältere Messdaten wurden auf den Endausbauzustand umgerechnet.



## Pumpversuch im Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 1/14 mit Beobachtung des Wiederanstiegs des Wasserstandes

Weigheim, Sch 1/14, Pumpversuch mit Beobachtung des Wiederanstiegs des Wasserstandes im Schacht							
$t_{\text{gesamt}}$	$t_{\text{Pump}}$	$t_{\text{Wiederanstieg}}$	Mittlerer Wasserstand über Sohlfilter	Mittlerer Wiederanstieg Wasserstand	Mittlerer Wasser- zustrom	inkrementeller Wiederanstieg Wasserstand	inkrementeller Wasser- zustrom
(min)	(min)	(min)	(cm)	(cm / min)	( $\ell$ / min)	(cm / min)	( $\ell$ / min)
0	0		43				
2	2		35				
3	3		30				
4	4		20				
6	6		10				
7	7		6				
7		0	6				
8		1	7	1,00	7,86	1,00	7,86
12		5	8	0,40	3,14	0,25	1,97
15		8	9	0,38	2,95	0,33	2,59
22		15	10	0,27	2,10	0,14	1,10
29		22	11	0,23	1,78	0,14	1,10
54		47	16,5	0,22	1,75	0,22	1,73
86		79	21	0,19	1,49	0,14	1,10
193		186	36	0,16	1,27	0,14	1,10
253		246	41	0,14	1,12	0,08	0,63
307		300	48	0,14	1,10	0,13	1,02
420		413	60	0,13	1,03	0,11	0,86

Der Gesamtversuch wurde am 22.08.2014 über eine Dauer von 7 Stunden durchgeführt.

### Abpumpvorgang:

Es wurde 7 Minuten lang Wasser abgepumpt. In dieser Zeit fiel der Schachtpiegel um 37 cm bis zu einem pumpentechnisch nicht förderbaren Restwasserstand von 6 cm.

Der angenommene Zustrom in 7 Minuten zum Schacht (mit ca. 2  $\ell$ /min) entspricht einer Wasserspiegeldifferenz im Schacht von ca. 1,8 cm.

Die näherungsweise abgepumpte Wassermenge liegt damit in der Größenordnung von 305  $\ell$ , d. h. bei ca. 43,6  $\ell$  / min.

### Anstieg des Wassers im Schacht nach Ende des Abpumpens:

Der Anstieg des Wasserstandes im Schacht betrug bis zum Versuchsende 54 cm (davon 37 cm Wiederanstieg) in einem Zeitraum von 413 Minuten.

Der mittlere Zustrom zum Schacht betrug damit 424,5  $\ell$  bzw. 1,03  $\ell$ /min.

Nach Versuchsende stieg das Wasser im Schacht Sch 1/14 kontinuierlich weiter an.

Für die Annahme, dass das Wasser vollständig über die Sohle des Schachtes (0,785 m<sup>2</sup>) eingedrungen ist, errechnet sich eine mittlere Zuströmungsgeschwindigkeit von 1,31  $\ell$ /(min · m<sup>2</sup>).



## Laborchemische Untersuchung von Wasserproben auf Betonaggressivität

### Beurteilungsgrundlage: DIN 4030-1

#### Grundwasseruntersuchung VS-Weigheim, Fl.St. 518, Schwärzenhalde

Probenahme aus Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 1/14 am 22.08.2014

Parameter	Einheit	Probe aus Schacht 1/14	Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030-1			Bestimmungs- grenze
			schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend	
<b>Sensorische Prüfungen</b>						
Färbung		ohne	---	---	---	
Trübung		ohne	---	---	---	
Geruch		ohne	---	---	---	
<b>Physikalisch-chemische Parameter</b>						
pH-Wert		7,69	6,5 bis 5,5	< 5,5 bis 4,5	< 4,5	0
Elektr. Leitfähigkeit bei 20°C	µS/cm	432	---	---	---	10
Elektr. Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	482	---	---	---	10
<b>Kationen</b>						
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0,20	15 bis 30	> 30 bis 60	> 60	0,01
Calcium Ca <sup>2+</sup>	mg/l	110	---	---	---	1
Magnesium Mg <sup>2+</sup>	mg/l	7	300 bis 1.000	> 1.000 bis 3.000	> 3.000	1
<b>Summarische Parameter</b>						
Oxidierbarkeit (als KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	3,2	---	---	---	0,5
<b>Anionen</b>						
Chlorid Cl <sup>-</sup>	mg/l	14	---	---	---	1
Nitrat NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 1	---	---	---	1
Sulfat SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	53	200 bis 600	> 600 bis 3.000	> 3.000	1
Sulfid S <sup>2-</sup> leicht freisetzbar	mg/l	< 0,020	---	---	---	0,02
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	4,46	---	---	---	0,1
<b>Berechnete Werte</b>						
Gesamthärte	mmol/l	3,0	---	---	---	0,1
Gesamthärte	mg/l CaO	168	---	---	---	10
Carbonathärte	mg/l CaO	125	---	---	---	berechnet
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	43	---	---	---	3
Kalklösende Kohlensäure	mg/l	-0,2	15 bis 40	> 40 bis 100	> 100	-20
<b>Sonstige Untersuchungsparameter</b>						
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mg/l	4,45	---	---	---	0,1

#### Beurteilung

Das Wasser gilt als nicht betonangreifend.

Nach DIN 4030-2 (2008-06), Bild 1, sind besondere Maßnahmen nach DIN 1045-2 nicht erforderlich.



## Laborchemische Untersuchung von Wasserproben auf Betonaggressivität

### Beurteilungsgrundlage: DIN 4030-1

#### Grundwasseruntersuchung VS-Weigheim, Fl.St. 518, Schwärzenhalde

Probenahme aus Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 2/14 am 22.08.2014

Parameter	Einheit	Probe aus Schacht 2/14	Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030-1			Bestimmungs- grenze
			schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend	
<b>Sensorische Prüfungen</b>						
Färbung		ohne	---	---	---	
Trübung		ohne	---	---	---	
Geruch		ohne	---	---	---	
<b>Physikalisch-chemische Parameter</b>						
pH-Wert		7,78	6,5 bis 5,5	< 5,5 bis 4,5	< 4,5	0
Elektr. Leitfähigkeit bei 20°C	µS/cm	447	---	---	---	10
Elektr. Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	499	---	---	---	10
<b>Kationen</b>						
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0,13	15 bis 30	> 30 bis 60	> 60	0,01
Calcium Ca <sup>2+</sup>	mg/l	86	---	---	---	1
Magnesium Mg <sup>2+</sup>	mg/l	16	300 bis 1.000	> 1.000 bis 3.000	> 3.000	1
<b>Summarische Parameter</b>						
Oxidierbarkeit (als KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	3,8	---	---	---	0,5
<b>Anionen</b>						
Chlorid Cl <sup>-</sup>	mg/l	11	---	---	---	1
Nitrat NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	14	---	---	---	1
Sulfat SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	40	200 bis 600	> 600 bis 3.000	> 3.000	1
Sulfid S <sup>2-</sup> leicht freisetzbar	mg/l	< 0,020	---	---	---	0,02
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	4,76	---	---	---	0,1
<b>Berechnete Werte</b>						
Gesamthärte	mmol/l	2,8	---	---	---	0,1
Gesamthärte	mg/l CaO	157	---	---	---	10
Carbonathärte	mg/l CaO	133	---	---	---	berechnet
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	24	---	---	---	3
Kalklösende Kohlensäure	mg/l	0,0	15 bis 40	> 40 bis 100	> 100	-20
<b>Sonstige Untersuchungsparameter</b>						
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mg/l	4,76	---	---	---	0,1

#### Beurteilung

Das Wasser gilt als nicht betonangreifend.

Nach DIN 4030-2 (2008-06), Bild 1, sind besondere Maßnahmen nach DIN 1045-2 nicht erforderlich.



## Laborchemische Untersuchung von Wasserproben auf Betonaggressivität

### Beurteilungsgrundlage: DIN 4030-1

#### Grundwasseruntersuchung VS-Weigheim, Fl.St. 518, Schwärzenhalde

Probenahme aus Grundwasserbeobachtungsschacht Sch 3/14 am 22.08.2014

Parameter	Einheit	Probe aus Schacht 3/14	Grenzwerte zur Beurteilung nach DIN 4030-1			Bestimmungs- grenze
			schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend	
<b>Sensorische Prüfungen</b>						
Färbung		ohne	---	---	---	
Trübung		ohne	---	---	---	
Geruch		ohne	---	---	---	
<b>Physikalisch-chemische Parameter</b>						
pH-Wert		7,86	6,5 bis 5,5	< 5,5 bis 4,5	< 4,5	0
Elektr. Leitfähigkeit bei 20°C	µS/cm	537	---	---	---	10
Elektr. Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	599	---	---	---	10
<b>Kationen</b>						
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	0,16	15 bis 30	> 30 bis 60	> 60	0,01
Calcium Ca <sup>2+</sup>	mg/l	100	---	---	---	1
Magnesium Mg <sup>2+</sup>	mg/l	26	300 bis 1.000	> 1.000 bis 3.000	> 3.000	1
<b>Summarische Parameter</b>						
Oxidierbarkeit (als KMnO <sub>4</sub> )	mg/l	6,0	---	---	---	0,5
<b>Anionen</b>						
Chlorid Cl <sup>-</sup>	mg/l	24	---	---	---	1
Nitrat NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	< 1	---	---	---	1
Sulfat SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	56	200 bis 600	> 600 bis 3.000	> 3.000	1
Sulfid S <sup>2-</sup> leicht freisetzbar	mg/l	< 0,020	---	---	---	0,02
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	5,68	---	---	---	0,1
<b>Berechnete Werte</b>						
Gesamthärte	mmol/l	3,6	---	---	---	0,1
Gesamthärte	mg/l CaO	202	---	---	---	10
Carbonathärte	mg/l CaO	159	---	---	---	berechnet
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	43	---	---	---	3
Kalklösende Kohlensäure	mg/l	0,9	15 bis 40	> 40 bis 100	> 100	-20
<b>Sonstige Untersuchungsparameter</b>						
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mg/l	5,72	---	---	---	0,1

#### Beurteilung

Das Wasser gilt als nicht betonangreifend.

Nach DIN 4030-2 (2008-06), Bild 1, sind besondere Maßnahmen nach DIN 1045-2 nicht erforderlich.