

Heßbrühlstr. 21
70565 Stuttgart
Telefon (0711) 237 19 36 00
Telefax (0711) 237 19 36 01

Retentionsraum Neckartal:
Beurteilung der betriebsbedingten Auswirkungen auf die
Brunnen der Stadtwerke Tübingen

Auftraggeber: Universitätsstadt Tübingen
 Fachbereich Tiefbau
 Walter-Simon Straße 12
 72072 Tübingen

Auftragsdatum: 23.2.2016

Auftragsnummer: A608

Berichtsnummer: A608-1

Bearbeitung: Dipl.-Ing. Bernhard Keim

Stuttgart, 03.06.2016



Bernhard Keim

INHALT

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	2
TABELLENVERZEICHNIS	3
1 Anlass und Fragestellung	4
2 Hydrogeologische Verhältnisse	5
2.1 Grundwasserleiter und Überdeckung	5
2.2 Grundwasserverhältnisse	7
2.3 Zwischenfazit.....	9
3 Prognose von Infiltrationsraten und Infiltrationsraten in Bereichen mit geringer Auelehm-Mächtigkeit.....	10
4 Ergebnisse	11
5 Beurteilung der betriebsbedingten Auswirkungen des geplanten Retentionsraums	12
LITERATURVERZEICHNIS.....	13

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2.1: Untergrundaufbau anhand der Aufschlüsse RKS 1, RKS 2 und RKS 3 (Gerweck & Potthoff, 2015).....	5
Abbildung 2.2: Lageplan mit Grundwassermessstellen und Aufschlüssen im Umfeld des geplanten Retentionsraums	6

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2.1:	Tiefenlage des Auelehms und Grundwasserstände an der RKS 1, RKS 2 und RKS 3 (Gerweck & Potthoff, 2015)	7
Tabelle 2.2:	Auswertung der Grundwasserverhältnisse am 22/23.07.1985 (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, 1985)	8
Tabelle 2.3:	Grundwasserverhältnisse am 5.7.2013	9

1 Anlass und Fragestellung

Bei Neckar-Hochwässern wird das rechte Vorland (zwischen Bahnlinie und Neckar) im Unteren Neckartal bei Tübingen auf Höhe der Kläranlage überflutet. Die Stadt Tübingen plant zusätzlichen Rückhalteraum in diesem Gebiet zu schaffen. Dazu soll ein Querdamm parallel zu einem vorhandenen Weg errichtet werden. Damit werden die Einstauhöhe im Vorland vergrößert und zusätzlicher Rückhalteraum gewonnen.

Dieser Querdamm liegt in Zone II unweit der Grenze zur Zone I des Schutzgebiets für den Vertikal- und den Horizontalbrunnen der Stadtwerke Tübingen im Unteren Neckartal. Der geplante Rückhalteraum befindet sich in der Zone II des Schutzgebiets. Die beiden Brunnen im Unteren Neckartal sind eine wichtige Ressource für die öffentliche Trinkwasserversorgung Tübingens.

Im Falle von Neckarhochwässern mit Ausuferungen werden die Brunnen im Unteren Neckartal auch ohne den zusätzlichen Damm außer Betrieb genommen. Diese Vorsichtsmaßnahme wird durchgeführt, da Neckarwasser in Brunnennähe in den Untergrund eindringt und in diesem Fall die Verweilzeit des Wassers im Untergrund für eine natürliche Reinigungs- und Filterfunktion nicht mehr ausreicht.

Vorliegende Stellungnahme befasst sich mit den Auswirkungen des Betriebs des Retentionsraums auf die Brunnen im Unteren Neckartal.

2 Hydrogeologische Verhältnisse

2.1 Grundwasserleiter und Überdeckung

Die Neckarkiese bilden den Grundwasserleiter im Unteren Neckartal, der von den beiden Stadtwerke-Brunnen erschlossen wird. Die Neckarkiese weisen mit einem k_f -Wert von 0,007 m/s eine gute Durchlässigkeit auf. Die Mächtigkeit der Kiese liegt bei ca. 10 m.

Die Neckarkiese werden von geringdurchlässigen Auelehmschichten mit wechselnder Mächtigkeit überdeckt.

Die Basis der Neckarkiese wird von den Unteren Bunten Mergeln gebildet. Diese weisen deutlich geringere Durchlässigkeiten auf als die Neckarkiese und sind daher für den Grundwasserumsatz von untergeordneter Bedeutung.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Bereich des Dammes drei Aufschlüsse erstellt. Abb. 2.1a und Abb. 2.1b zeigen die mit RKS 1, RKS2 und RKS3 benannten Aufschlüsse. Die Lage dieser Aufschlüsse ist in Abb. 2.2 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Neckarkiese an der RKS1 und der RKS2 mit vergleichsweise mächtigem Auelehm überlagert sind. Dagegen weist die RKS3 nur geringe Auelehm-Mächtigkeiten auf.

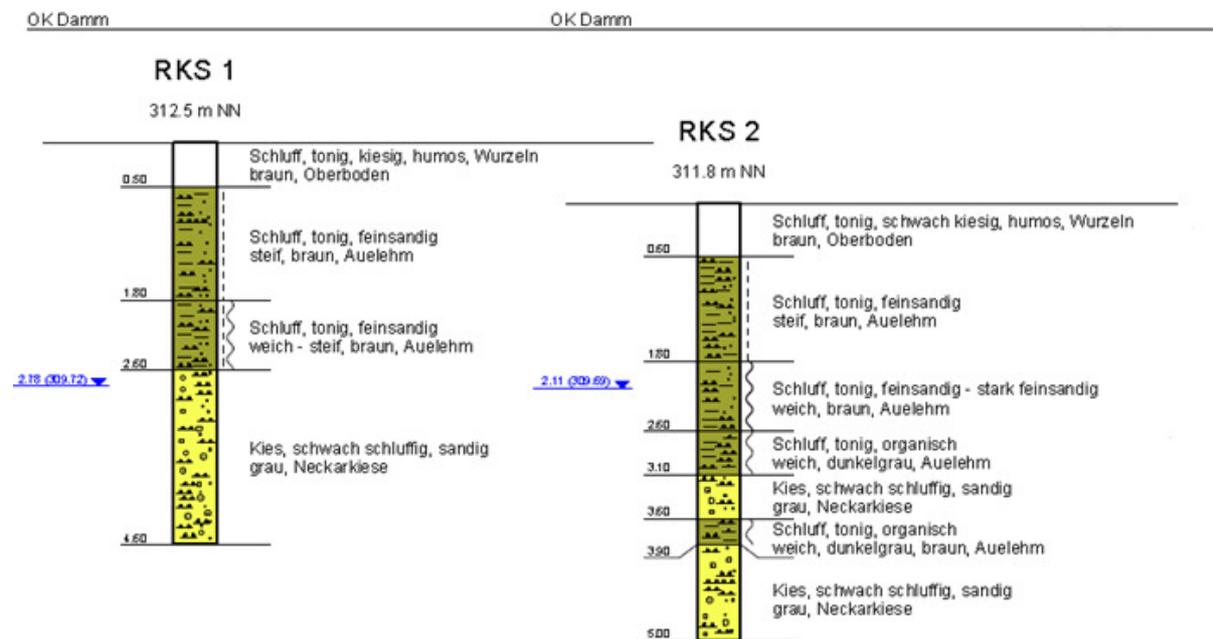


Abbildung 2.1a: Untergrundaufbau anhand der Aufschlüsse RKS 1 und RKS 2 (Gerweck & Potthoff, 2015)

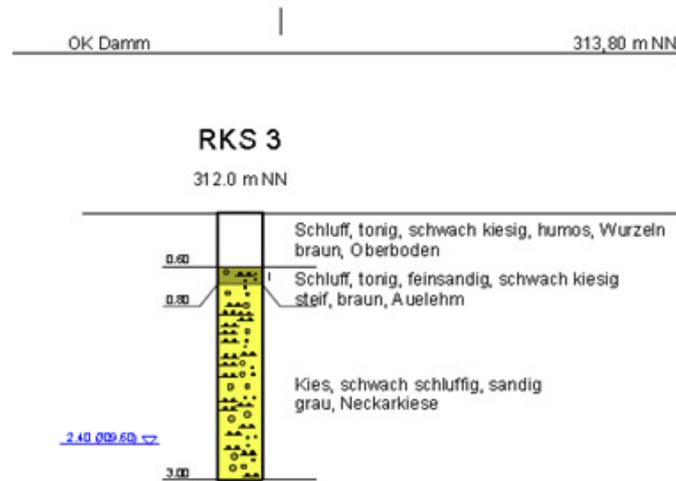


Abbildung 2.1b: Untergrundaufbau anhand des Aufschlusses RKS 3 (Gerweck & Potthoff, 2015)

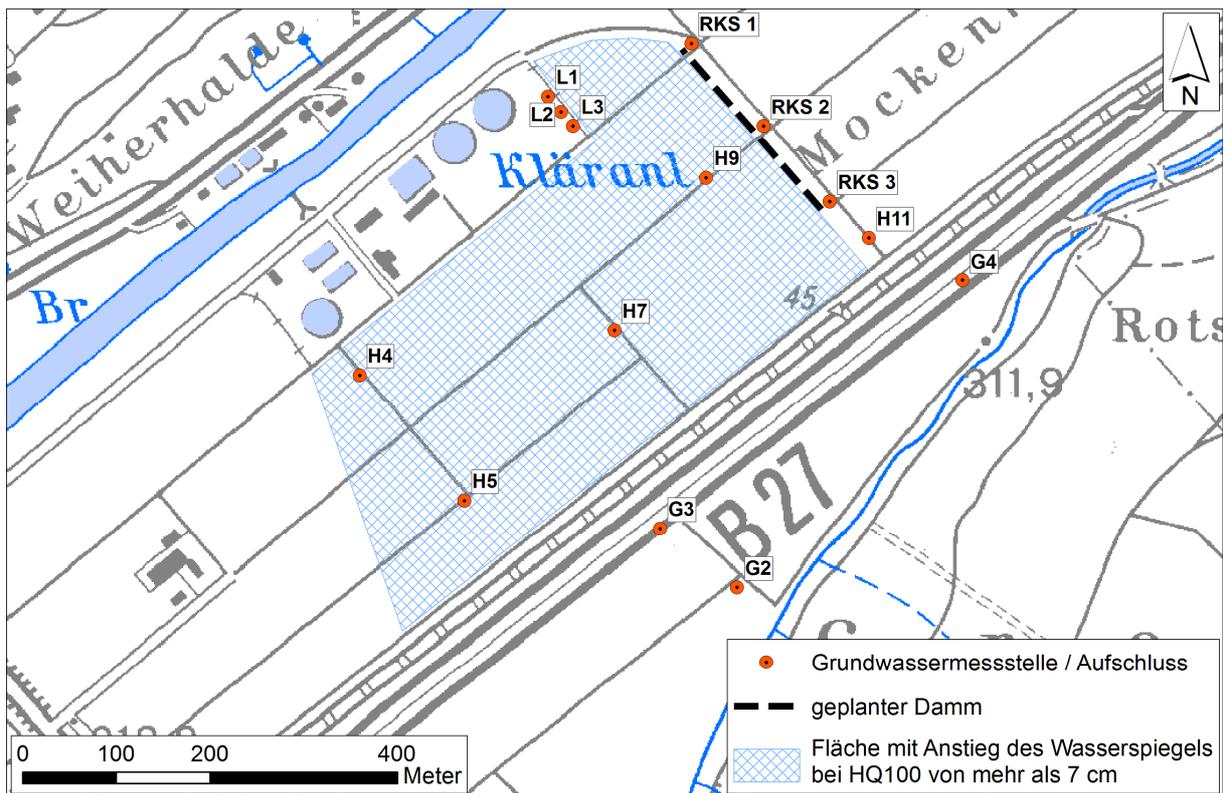


Abbildung 2.2: Lageplan mit Grundwassermessstellen und Aufschlüssen im Umfeld des geplanten Retentionsraums

2.2 Grundwasserverhältnisse

In Tab. 2.1 sind die Grundwasserstände am 31.7.2015 zusätzlich zur Tiefenlage des Auelehms dokumentiert. In der RKS 1 liegt der Grundwasserstand ca. 2 dm unter der Grenze zum Auelehm. Hier sind die Grundwasserverhältnisse bei Normalwasserständen ungespannt (oder frei). Ein geringer Anstieg des Grundwasserstands führt hier allerdings dazu, dass die Grundwasserverhältnisse gespannt werden. In der RKS 2 befindet sich der Grundwasserstand innerhalb des Auelehms. Hier sind die Neckarkiese gespannt. Die RKS3 zeigt, wie bereits erwähnt, die geringste Auelehm-Mächtigkeit. Die Grundwasserverhältnisse sind ungespannt (oder frei).

Tabelle 2.1: Tiefenlage des Auelehms und Grundwasserstände an der RKS 1, RKS 2 und RKS 3 (Gerweck & Potthoff, 2015)

Aufschluss	Grundwasserstand am 31.7.2015 (m+NN)	Unterkante Auelehm (m+NN)	Differenz Unterkante Auelehm-Grundwasserstand (m)	Grundwasserverhältnisse
RKS 1	309,72	309,90	0,18	Ungespannt aber bei Neckar-Hochwasser vermutlich gespannt
RKS 2	309,69	308,70	-0,99	Gespannt
RKS 3	309,60	311,20	1,60	Ungespannt

Die mit der RKS1 bis 3 erkundeten Verhältnisse passen sehr gut zu den Erkundungsergebnissen aus den 80-er Jahren. Eine Auswertung (Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Messungen der Grundwasserhöhen am 22/23.07.1985, Anlage 6 von Gutachten II/3-2217/86) des Geologischen Landesamts (heute Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau) an Bohrungen (Lage der Bohrungen siehe Abb. 2.2) im Zustrom zu den beiden Stadtwerkebrunnen ergab folgende Ergebnisse (siehe Tabelle 2.2):

*Tabelle 2.2: Auswertung der Grundwasserverhältnisse am 22/23.07.1985
(Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, 1985)*

Messstelle	Grundwasserstand am 22./23.07.1985 (m+NN)	Unterkante Auelehm (m+NN)	Differenz Unterkante Auelehm- Grundwasserstand (m)	Grundwasserverhältnisse
H4	310,80	311,15	0,35	Ungespannt aber bei Neckar-Hochwasser vermutlich gespannt
H5	310,46	310,84	0,38	Ungespannt aber bei Neckar-Hochwasser vermutlich gespannt
G3	310,31	310,01	-,30	Gespannt
G2	310,49	310,75	0,26	Ungespannt aber bei Neckar-Hochwasser vermutlich gespannt
H7	310,02	311,15	1,13	Ungespannt
H9	309,60	310,24	0,64	Ungespannt aber bei Neckar-Hochwasser vermutlich gespannt (siehe Tab. 2.3)
H11	309,33	310,25	0,92	Ungespannt
G4	309,52	308,96	-0,56	Gespannt

Hinweis: G2, G3, G4 zwischenzeitlich nicht mehr vorhanden

Im Zuge der Überwachung der Kläranlage werden jährlich Grundwasserstände an ausgewählten Grundwassermessstellen gemessen. Im Jahr 2013 fand die Messung am 5.7.2103 und damit ca.1 Monat nach dem jüngsten größeren Neckarhochwasser statt. Tab. 2.3 dokumentiert die gemessenen Grundwasserstände. Ferner sind die Grundwasserverhältnisse für die Messstellen mit bekanntem Untergrundaufbau charakterisiert. Es bestätigt das Bild, dass zum Teil gespannte Verhältnisse vorliegen. Ungespannte Verhältnisse überwiegen, aber ein bei Hochwasser zu erwartender Grundwasseranstieg von wenigen dm führt dazu, dass gespannte Verhältnisse auf großer Fläche vorliegen.

Tabelle 2.3: Grundwasserverhältnisse am 5.7.2013

Messstelle	Grundwasserstand am 5.7.2013 (m+NN)	Unterkante Auelehms (m+NN)	Differenz Unterkante Auelehms- Grundwasserstand (m)	Grundwasserverhältnisse
L1	310,3	310,33	0,03	Ungespannt aber bei Neckar-Hochwasser vermutlich gespannt
L2	310,3	309,06	-1,24	Gespannt
L3	310,3	310,86	0,56	Ungespannt aber bei Neckar-Hochwasser vermutlich gespannt
H4	310,91	311,15	0,24	Ungespannt aber bei Neckar-Hochwasser vermutlich gespannt
H9	310,16	310,24	0,08	Ungespannt aber bei Neckar-Hochwasser vermutlich gespannt

Hinweis: L1 bis L3 wurden zur Überwachung der Kläranlage errichtet; diese standen 1985 noch nicht zur Verfügung. Die auf dem Kläranlagengelände befindliche L4 wurde 3 m unter Gelände Magerbeton angetroffen. Hier liegt ein durch frühere Bautätigkeiten auf dem Kläranlagengelände gestörter Untergrundaufbau vor, der für die vorliegende Fragestellung keine Aussagekraft besitzt. Daher wurde die L4 nicht berücksichtigt.

2.3 Zwischenfazit

Einige Bereiche im Unteren Neckartal weisen bereits bei Normalstau des Neckars gespannte Verhältnisse auf. Wesentliche Bereiche sind bereits jetzt (d.h. ohne Wirkungen des geplanten Retentionsraums) im Hochwasserfall gespannt. In diesen beiden Bereichen ist ein zeitweise erhöhter Stau ohne Wirkung, da die Neckarkiese bereits jetzt (d.h. ohne Retentionsraum) im Hochwasserfall vollständig gefüllt sind und die guten Mächtigkeiten des Auelehms nur eine geringe Infiltration von Wasser in den Untergrund erwarten lassen.

Im Hinblick auf den geplanten Retentionsraum sind die Bereiche zu betrachten, in denen reduzierte Auelehm-Mächtigkeiten vorhanden sind. Dieser erstreckt sich von der RKS 3 bzw. H11 in Richtung der H7.

3 Prognose von Infiltrationsraten und Infiltrationsraten in Bereichen mit geringer Auelehm-Mächtigkeit

Berechnungsgrundlagen

Die Infiltrationsgeschwindigkeiten v_f werden mit Hilfe der Darcy- Gleichung berechnet. Bei dem konservativen stationären Ansatz wird von einer maximalen Stauhöhe für das HQ₁₀₀ und dem zugehörigen Einstauzeitraum einer Hochwasserwelle über HQ₅₀ ausgegangen. Die Annahmen für den Einstauzeitraum basieren auf der Überlegung, dass die Überflutung stattfindet, wenn der Neckar-Abfluss über dem HQ₅₀ liegt.

$$v_f = k_f \frac{dh}{m}$$

Für Auelehm wird ein k_f - Wert von 1×10^{-6} m/s angenommen. Die Mächtigkeit m der Auelehmschicht ist der RKS 3 entnommen, die von allen bekannten Bohrprofilen die geringste Mächtigkeit zeigt (konservativer Ansatz). Um die Oberkante der Auelehmschicht zu benennen, werden 0,6 m für die Oberbodenschicht aus Schluff, Ton, Kies und Wurzeln von den jeweiligen Geländeoberkante abgezogen (konservativer Ansatz). Damit liegt die verwendete Mächtigkeit bei 0,2 m.

Die Differenz aus Stauhöhe und Oberkante der Auelehmschicht geht als dh in die Berechnung ein. Im momentanen Bestand beträgt die Stauhöhe 313,19 m NN. Bei Umsetzung des Retentionsraums 313,55 m NN. Die Oberkante der Auelehmschicht in der RKS 3 liegt bei 311,4 m NN. Daraus erhält man $dh = 1,79$ m im Bestand und $dh = 2,15$ m für die Planung.

Um den Durchfluss des eingestauten Wassers durch den Untergrund zu berechnen wird die Filtrationsgeschwindigkeit v_f mit der Fläche des Retentionsraumes multipliziert. Diese wird mit $A = 20\,000$ m² (Streifen von ca. 40 m Breite und einer Länge von 500 m) abgeschätzt.

$$Q = v_f A$$

Aus dem berechneten Durchfluss kann auf das infiltrierte Volumen geschlossen werden, indem mit der Einstauzeit t_{Ein} multipliziert wird. Bei einem Hochwasserereignis beträgt diese momentan 10 h und wird nach Ausbau des Retentionsraums auf 10,5 h ansteigen.

$$V = Q t_{Ein}$$

4 Ergebnisse

Über eine Fläche von 20.000 m² mit reduzierter Auelehmmächtigkeit strömen bei Höchststau im Bestand 179 l/s und bei Umsetzung der Planung 215 l/s anstatt. Das sind 36 l/s zusätzlich. Daraus resultiert ein zusätzliches Infiltrationsvolumen von 1.683 m³ (8.127 m³ anstatt 6.444 m³) Wasser, wenn man den Volleinstau über die gesamte Einstauzeit annimmt (konservativer Ansatz).

Bereits die Infiltrationsraten im Bestand belegen, dass es richtig ist, bei Neckar-Hochwässer mit Überflutung der Vorländer die Brunnen im Unteren Neckartal vorsorglich außer Betrieb zu nehmen, da Wasser mit unzureichender Qualität in den genutzten Grundwasserleiter gelangen kann. Insbesondere kleinste mikrobiologische Belastungen aus dem Neckar können bereits im Bestand zu unerwünschten Verhältnissen führen. Dagegen tritt bei gelösten Schadstoffen ein Verdünnungseffekt mit dem bereits im Kiesgrundwasserleiter vorhanden Grundwasser auf. Ob sich dadurch bereits im Bestand Grenzwertüberschreitungen ergeben, hängt letztlich nur davon ab, welcher Kontaminationsgrad für den Neckar angenommen wird.

Festzuhalten ist, dass der geplante Retentionsraum zu keiner neuen Problematik führt. Die bereits vorhandene Problematik wird durch den Retentionsraum durch eine geringe Mehrinfiltration etwas verstärkt.

5 Beurteilung der betriebsbedingten Auswirkungen des geplanten Retentionsraums

Einige Bereiche im Unteren Neckartal weisen bereits bei Normalstau des Neckars gespannte Verhältnisse auf. Wesentliche Bereiche sind bereits jetzt (d.h. ohne Wirkungen des geplanten Retentionsraums) im Hochwasserfall gespannt. In diesen beiden Bereichen ist ein zeitweise erhöhter Stau im geplanten Retentionsraum ohne Wirkung, da die Neckarkiese bereits jetzt (d.h. ohne Retentionsraum) im Hochwasserfall vollständig gefüllt sind und die guten Mächtigkeiten des Auelehms nur eine geringe vertikale Infiltration von Wasser in den Untergrund erwarten lassen.

Merkliche maßnahmenbedingte (Betrieb des Retentionsraums) erhöhte Infiltrationsraten bzw. Infiltrationsvolumen sind im Bereich mit reduzierter Auelehmmächtigkeit zu erwarten. Dieser Bereich kann mit einer Fläche von ca. 20.000 m² angenommen werden. Dort infiltrieren in den 10,5 Stunden mit erhöhtem Einstau 36 l/s (215 l/s anstatt 179 l/s) zusätzlich. Daraus resultiert ein zusätzliches Infiltrationsvolumen von 1.683 m³ (8.127 m³ anstatt 6.444 m³) Wasser. Diese Zahlen basieren auf einer überschlägigen Berechnung.

Die Zahlen der zusätzlichen Infiltration relativieren sich, wenn man die direkte Neckarinfiltration im Vorland während eines Hochwassers mitberücksichtigt. Hier sind bei Neckarhochwässern Infiltrationsraten von wenigen 100 l/s zu erwarten.

Festzuhalten ist, dass der geplante Retentionsraum zu keiner neuen Problematik führt. Auch ohne Retentionsraum führen Neckar-Hochwässer mit Überflutung der Vorländer dazu, dass die Brunnen im Unteren Neckartal vorsorglich außer Betrieb genommen werden müssen. Setzt man das bei Betrieb des Retentionsraums zusätzlich infiltrierte Volumen in Relation zum natürlichen Grundwasserabstrom (ca. 50 l/s), strömt das zusätzlich infiltrierte Volumen in ca. 10 Stunden ab.

Als konkrete Betroffenheit der Stadtwerke-Brunnen im Unteren Neckartal ist daher eine Verlängerung der Außerbetriebnahme in der Größenordnung von 1 Tag nach Betrieb des Retentionsraums zu nennen. Dies ist darin begründet, dass aus dem Überflutungsbereich zusätzliches Wasser in den Untergrund gelangen kann, das in Relation zum vorhandenen Grundwasser eine schlechtere Qualität oder gar Verunreinigungen (gelöste Schadstoffe) aufweisen kann. Und dieses Mehr an Wasser sollte abströmt sein, bevor die Brunnen wieder für die Trinkwasserversorgung ans Netz genommen werden.

LITERATURVERZEICHNIS

Dr. H. Gerweck, S. Potthoff, Büro für angewandte Geowissenschaften,
Geotechnisches Gutachten für den geplanten Retentionsraumausgleichsdamm an
der Kläranlage in Tübingen- Lustnau, 19.08.2015, Az 15 074

Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Messungen der Grundwasserhöhen
am 22/23.07.1985, Anlagen 1 und 6 von Gutachten II/3-2217/8