

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE

Dipl.-Ing. G. Zeiser, Dipl.-Ing. (FH) K. Deis



BFI ZEISER GmbH & Co. KG
MÜHLGRABEN 34
73479 ELLWANGEN

Telefon 0 79 61/ 933 89-0
Telefax 0 79 61/ 933 89-29
e-mail bfi@bfi-zeiser.de
Internet www.bfi-zeiser.de

Baugrunduntersuchung
Altlastenerkundung
Labor- und Feldversuche
Beweissicherung
Erschütterungsmessungen
Erdstatische Nachweise
Wasserbau
Fachplanung/Bauleitung
Aufschlussbohrungen
Kleinbohrpfähle
Brunnen/Geothermie

BFI ZEISER GmbH & Co. KG · Mühlgraben 34 · 73479 Ellwangen

Bündnis 90/Die Grünen
Stadtratsfraktion im
Aalener Gemeinderat
Reichsstädter Straße 22
73470 Aalen

Ihre Zeichen

Unsere Zeichen

Datum

gz-pl/ Az. 119881

23.04.2020

Aalen-Unterkochen, Quecksilberschaden Parkplatzzerweiterung

hier: Stellungnahme zu den bisherigen Untersuchungsergebnissen mit
Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Auftraggeber:

Bündnis 90/Die Grünen
Stadtratsfraktion im
Aalener Gemeinderat
Reichsstädter Straße 22
73470 Aalen

Umweltgeologische
Beratung und
Untersuchung:

Büro für Ingenieurgeologie
BFI Zeiser GmbH & Co. KG
Mühlgraben 34
73479 Ellwangen

INHALTSVERZEICHNIS

Textteil	Seite
1. Vorgang und Aufgabenstellung	4
2. Verwendete Unterlagen	4
3. Untergrund und Grundwasser.....	4
3.1 Untergundaufbau	4
3.2 Grundwasserverhältnisse	5
4. Quecksilberbelastung	5
4.1 Boden	5
4.2 Grundwasser	6
5. Bewertung der Ergebnisse	7
5.1 Schadstoffpotenzial.....	7
5.2 Schadstoffausbreitung	8
5.3 Bodenschutzrechtliche Bewertung	9
6. Empfehlungen	10
6.1 Ergänzende Untersuchungen im Rahmen des Monitorings	10
6.2 Maßnahmen	11

Anlagenteil

Anlage 1.1:	Übersichtslageplan	M 1 : 5.000
Anlage 1.2:	Lageplan mit Lage der Bohrungen Sowie Grundwasserfließrichtung	M 1 : 250
Anlage 2:	Bohrprofil GWM 3 mit Wasserständen und Quecksilbergehalten	M 1 : 50
Anlage 3:	Emissionsberechnung	

1. Vorgang und Aufgabenstellung

Das BFI wurde vom Bündnis 90/Die Grünen mit der gutachterlichen Bewertung der Bodenverunreinigung durch Quecksilber auf dem Flurstück 1057/2 der Gemarkung Unterkochen beauftragt (Lage s. Anlage 1.1).

2. Verwendete Unterlagen

Folgende Unterlagen standen uns zur Verfügung:

- Altlastenbericht zur Parkplatzerweiterung Sporthalle, Geotechnik Aalen, vom 24.10.2017.
- 3. Folgebericht zum Grundwassermonitoring, Geotechnik Aalen, vom 29.11.2019.
- Aktenvermerk Nr. 03, Geotechnik Aalen, vom 15.11.2019.
- Sitzungsvorlage Nr. 6619/028, Dezernat II, Tiefbauamt.

3. Untergrund und Grundwasser

3.1 Untergrundaufbau

Gemäß dem Altlastenbericht vom 24.10.2017 wurden auf dem Grundstück insgesamt 15 Bohrungen (BS 1 – BS 15) bis max. 7,50 m Tiefe durchgeführt (Lage s. Anlage 1.2). Mit den Bohrungen wurden zunächst Auffüllungen bis in Tiefen zwischen zumeist rund 2 m und 3 m Tiefe, max. 3,50 m Tiefe, erkundet. Darunter wurden zunächst bindige Auelehme in sehr unterschiedlichen Mächtigkeiten zwischen 0,20 m (BS 9) und über 3 m (BS 14) angetroffen, die bis zur Endteufe von Sanden und Kiesen mit Torflagen unterlagert werden. Das Festgestein (Jura-Kalkstein) wurde nicht erreicht.

3.2 Grundwasserverhältnisse

Im Umfeld des belasteten Northwest-Teils wurden 3 Grundwassermessstellen (GWM 1 – GWM 3) im Durchmesser 5“ (125 mm) bis 8 m Tiefe innerhalb der Sande und Kiese eingerichtet, wobei auch hier das Festgestein nicht erreicht wurde. Gemäß den insgesamt 10 Stichtagsmessungen Wasserstände (28.08.2017 – 22.11.2019) liegt der Flurabstand des Grundwassers zwischen etwa 2,7 m und 3,8 m unter Gelände. Die Schwankungsbreite der Grundwasserstände liegt in den drei Grundwassermessstellen zwischen etwa 1,1 m und 1,3 m, wobei erwartungsgemäß bei den Messungen im Frühjahr die höchsten und bei denen im Herbst die niedrigsten Grundwasserstände vorliegen. Das Grundwasser fließt bei allen 10 Stichtagsmessungen nach Nordwesten in Richtung des Kochers, wobei das Grundwassergefälle i (hydraulischer Gradient) zumeist recht einheitlich zwischen 0,014 und 0,016 liegt. Lediglich bei der Messung am 28.08.2017 wurde ein deutlich geringeres Gefälle von 0,007 und am 15.04.2019 ein deutlich höheres Gefälle von 0,025 ermittelt. Hier ist anzunehmen, dass es nach starken Niederschlägen im Frühjahr zu einer Infiltration von Oberflächenwasser aus dem unmittelbar östlich von GWM 3 verlaufenden Häselbach und damit zu einem im Vergleich zu den anderen Messstellen überproportionalen Anstieg des Wasserspiegels in der nahe gelegenen GWM 3 kommt. Dies hat Auswirkungen auf die Quecksilbergehalte im Grundwasser (vgl. Kap. 4.2).

4. Quecksilberbelastung

4.1 Boden

Zunächst wurde aus den Auffüllungen der Bohrungen BS 1, BS 4 und BS 7 im Nordwestteil eine Mischprobe hergestellt und nach VwV Boden/Deponieverordnung analysiert. Dabei wurde ein hoher Quecksilber(Hg)-Gehalt von 200 mg/kg im Feststoff und 19 µg/l im Eluat festgestellt. Der Eluatgehalt lag deutlich über dem Prüfwert der BBodSchV von 1 µg/l. Zudem war auch der Arsengehalt im Eluat mit 5,1 µg/l erhöht; der Wert lag jedoch unter dem Prüfwert der BBodSchV von 10 µg/l. Der Chromgehalt lag mit 100 µg/l jedoch deutlich über dem Prüfwert von 50 µg/l. Falls es sich bei dem Chrom um das

deutlich mobilere und toxische Chromat (Chrom IV) handelt, wäre der Prüfwert für Chromat von 8 µg/l erheblich überschritten.

Zur Eingrenzung der in der Mischprobe aus dem Nordwestteil festgestellten Hg-Belastung wurden zunächst die Einzelproben analysiert, wobei die Bohrung BS 7 als Schwerpunkt identifiziert wurde. Anschließend erfolgte mit den Bohrungen BS 8 bis BS 15 eine weitere Eingrenzung des Schadens. Dabei wurden im Nordwestteil des Grundstücks z. T. sehr hohe Hg-Gehalte bis zu 7.600 mg/kg im Feststoff und bis zu 4.600 µg/l im Eluat gemessen. Die höchsten Belastungen mit Hg-Gehalten über 1000 mg/kg wurden in den Bohrungen BS 7, BS 9, BS 15 und GWM 3 festgestellt, die eine Fläche von ca. 10 m x 20 m umfassen. Die unmittelbar südlich, nördlich und östlich dieses Hot-Spot-Bereiches gelegenen Bohrungen BS 8, BS 10, BS 11, BS 12, BS 13 weisen noch erhöhte Hg-Gehalte zwischen knapp 100 mg/kg und 740 mg/kg auf. Solche erhöhten Hg-Gehalte über 100 mg/kg wurden dabei nur in den bis zu rund 3 m mächtigen Auffüllungen nachgewiesen. In den darunter anstehenden Böden sind die Feststoffgehalte mit unter 10 mg/kg (in BS 9 bis 30 mg/kg) zumeist gering, jedoch liegen in BS 9 und BS 11 auch in den anstehenden Böden teils erhöhte Hg-Gehalte im Eluat oberhalb des Prüfwertes der BBodSchV von 1 µg/l vor. Die Hg-Belastungen mit Prüfwertüberschreitungen von über 1 µg/l in Bohrungen BS 7, BS 9, BS 11, BS 13 und BS 15 wurden zur Tiefe nicht eingegrenzt, so dass hier tiefer reichende Belastungen (> 3 m) nicht ausgeschlossen werden können.

4.2 Grundwasser

Vor dem Klarpumpen der Grundwassermessstellen im August 2017 wurden aus GWM 1 bis GWM 3 je eine Schöpfprobe entnommen und auf Hg untersucht, und zwar in der unfiltrierten und der filtrierten Probe. Dabei wurden in den unfiltrierten Proben Hg-Gehalte von 1,9 µg/l, 0,465 µg/l und 2,0 µg/l gemessen, während in den filtrierten Proben kein Hg nachweisbar war. Hierbei ist auffällig, dass auch in den Messstellen, in denen im Bohrgut aus dem Grundwasserbereich der Bohrungen kein Hg im Feststoff und Eluat nachweisbar war (also GWM 1 und GWM 2), Hg in den unfiltrierten Proben gemessen wurde. Dies deutet auf einen an Schwebstoffe gebundenen Transport des Quecksilbers hin. In den am 28.09.2017

entnommenen Pumpproben wurde nur in GWM 3 ein geringer Hg-Gehalt von 0,12 µg/l gemessen.

Während des Grundwassermonitorings zwischen dem 24.04.2018 und dem 22.11.2019 wurden zu insgesamt 4 Terminen Wasserproben als Pumpproben entnommen und auf Hg analysiert. Dabei wurden, außer am 15.04.2019 in GWM 3, kein Quecksilber nachgewiesen. Der Wert in GWM 3 lag jedoch mit 0,74 µg/l unterhalb des Prüfwertes der BBodSchV von 1 µg/l.

Die im Grundwasser (Pumpproben) gemessenen Hg-Gehalte sind im Bohrprofil in Anlage 2 den jeweils bei der Probenahme gemessenen Wasserständen und den im Boden gemessenen Eluatgehalten zugeordnet. Danach ist ersichtlich, dass der höchste Hg-Gehalt von 0,74 µg/l mit dem hohen Wasserstand von 2,70 m u. GOK korreliert. Bei diesem Wasserstand besteht nämlich Kontakt zu der hoch mit Quecksilber belasteten Auffüllung (900 µg/l im Eluat).

5. Bewertung der Ergebnisse

5.1 Schadstoffpotenzial

Gemäß den Bodenuntersuchungen scheint sich in den Auffüllungen im Bereich GWM 3 – BS 7 – BS 9 – BS 15 ein Hot-Spot der Hg-Belastung mit Werten über 1.000 mg/kg im Feststoff und über 1.000 µg/l im Eluat zu befinden. In den randlichen Bereichen, bei BS 10, BS 11 sowie BS 12, BS 13, wurden jedoch noch Hg-Gehalte über 100 mg/kg nachgewiesen, wobei die Eluatgehalte, außer in BS 11 mit 120 µg/l, nur noch zwischen etwa 1 µg/l und 5 µg/l liegen. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Hg-Gehalte an grundsätzlich inhomogene Auffüllungen gebunden sind, so dass horizontal und vertikal starke Schwankungen der Gehalte auftreten, die eine wirkliche Abgrenzung der Belastung unsicher machen. Dazu kommt, dass insbesondere in den stark belasteten Bohrungen BS 7 und BS 15 keine Abgrenzung zur Tiefe erfolgte; so wurde in BS 7 der ab 2,50 m Tiefe anstehende Auelehm unterhalb der belasteten Auffüllung nicht untersucht und in BS 15 die bis mindestens 3,00 m Tiefe reichende, belastete Auffüllung zur Tiefe nicht abgegrenzt. Jedoch wäre ein Durchbohren der dichtenden

Auelehmschichten im Schadensbereich, wie dies bei GWM 3 und BS 9 bereits erfolgte, wegen der Verschleppung der Belastungen in tiefere Bodenschichten, insbesondere in den Grundwasserleiter, auch nicht empfehlenswert. Im Übrigen könnten die bei BS 9 und GWM 3 auch in den tieferen Bodenschichten festgestellten Belastungen auf solche Verschleppungen zurückzuführen sein.

5.2 Schadstoffausbreitung

Die Ausbreitung der Quecksilberbelastung hängt stark von der Bindungsform des Quecksilbers ab, zu der aber keine Erkenntnisse vorliegen. Quecksilber kann im Boden als metallisches Quecksilber oder in ionischer Form (z.B. Quecksilberchloride in 1- oder 2-wertiger Form) vorliegen. Die Umwandlung in organische Quecksilberverbindungen (z. B. Methylquecksilber) findet im Boden nur untergeordnet statt.

Die Wasserlöslichkeit von metallischem Quecksilber ist mit $0,06 \mu\text{g/l}$ sehr gering, während 1-wertiges Quecksilberchlorid schon eine Wasserlöslichkeit von ca. 2 mg/l , 2-wertiges Quecksilberchlorid jedoch von ca. 70.000 mg/l aufweist. Die früher vielfach erfolgte industrielle Verwendung von Quecksilberchloriden sowie die hohen Eluatgehalte in den Bodenproben deuten darauf hin, dass das nachgewiesene Quecksilber als Quecksilberchlorid vorliegt.

Gemäß den Bohr- und Analysenergebnissen liegen die Belastungen in den Auffüllungen oberhalb des Grundwassers, so dass zumindest bei normalen Grundwasserständen kein Grundwasserkontakt besteht. So wurde in den abstromigen Grundwassermessstellen GWM 1 und GWM 2 in keiner Beprobung Quecksilber nachgewiesen. Lediglich im unmittelbaren Schadenbereich bei GWM 3 war Quecksilber bei hohem Wasserstand im Kontaktgrundwasser zur Auffüllung nachweisbar (Beprobung vom 15.04.2019, $0,74 \mu\text{g/l}$). Der weitere Transport mit dem Grundwasser ist jedoch eingeschränkt: So wird Quecksilber z. B. unter reduzierenden Bedingungen als Sulfide festgelegt. Weiterhin wird Quecksilber von mineralischer Substanz (Tonminerale, Eisen-/Manganoxide) und besonders stark von organischer Substanz adsorbiert und damit immobilisiert. Somit kann Quecksilber im Grundwasserleiter als wenig mobil angesehen werden. Jedoch

können bei Vorliegen hoher Chloridgehalte im Grundwasser wasserlösliche Chloro-Hg-Komplexe gebildet werden, zudem ist ein partikelgebundener Transport in Makroporen möglich. Auf Letzteres könnten die in den unfiltrierten Wasserproben aus GWM 1 – GWM 3 festgestellten Hg-Gehalte von 1,9 µg/l, 0,465 µg/l und 2,0 µg/l hindeuten (vgl. Kap. 4.2). Jedoch wäre die Reichweite eines solchen Transports stark eingeschränkt, was ggfs. zu überprüfen wäre (s. Kap. 6.1).

5.3 Bodenschutzrechtliche Bewertung

Die BBodSchV nennt für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser einen Prüfwert von 1 µg/l. Bei Unterschreitung dieses Prüfwertes gilt nach § 4 Abs. 2 der BBodSchV der Verdacht einer schädlichen Bodenveränderung oder Altlast als ausgeräumt.

Demgegenüber steht die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) der LAWA (Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) in der “Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser“ in der aktualisierten und überarbeiteten Fassung von 2016. Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) wird definiert als Konzentration, bei der trotz Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxikologischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechend abgeleiteter Werte eingehalten werden. Ziel für das Grundwasser ist der Erhalt der Nutzbarkeit als Trinkwasser und der Erhalt des Lebensraumes sowie der im Zusammenhang stehenden Oberflächengewässer und Landökosysteme. Der GFS-Wert für Quecksilber liegt bei 0,1 µg/l, also 10-fach niedriger als der Prüfwert der BBodSchV. Damit ergeben sich Überschneidungen zwischen Wasser- und Bodenschutzrecht. Im wasserrechtlichen Sinne besteht bei Überschreitung der GFS eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit, wobei aber nicht abschließend ein Gefahrenverdacht oder ein Gefahrentatbestand beschrieben wird. Die GFS sind also nicht unmittelbar als Sanierungsziele für das Grundwasser heranzuziehen. Gemäß §4, Abs. 4 BBodSchV müssen weitere Bewertungskriterien, wie die ausgetragene Fracht im Grundwasser (Emission), berücksichtigt werden. Für die Fracht im Grundwasser werden in der “Verwaltungsvorschrift über Orientierungswerte für die Bearbeitung von Altlasten und Schadensfällen

(Umweltministerium Baden-Württemberg, 1998) maximal zulässige Emissionswerte $E_{\max}$ genannt. Für Quecksilber liegt dieser bei 1,5 g/d. Gemäß der Emissionsberechnung in Anlage 3 kann die max. Emission unter Ansatz des in GWM 3 gemessenen Hg-Gehaltes von 0,74 µg/l mg/l mit 0,00045 g/d abgeschätzt werden. Unter Ansatz des in der abstromigen GWM 1 gemessenen Hg-Gehaltes von 1,9 µg/l in der unfiltrierten Probe (an Schwebstoffe adsorbiertes Hg) würde sich eine max. Emission (E_A) von 0,0015 g/d ergeben. Beide Werte liegen erheblich unter dem $E_{\max}$ -Wert. Eine Sanierungsnotwendigkeit kann derzeit nicht festgestellt werden.

6. Empfehlungen

6.1 Ergänzende Untersuchungen im Rahmen des Monitorings

Entsprechend der Untersuchung an unfiltrierten Schöpfproben liegen Hinweise auf einen partikelgebundenen Quecksilbertransport vor. Bei den weiteren Probennahmen im Rahmen des Monitorings sollten an den Grundwassermessstellen filtrierte und unfiltrierte Pumpproben an den Grundwassermessstellen überprüft werden. Dabei sollten Wasserproben für die Quecksilberbestimmung konserviert werden (Säurezusatz), da es ansonsten zu Minderbefunden infolge Ausfällungen z. B. von Eisenoxiden, an denen sich das Hg bindet, kommen kann.

In der Analyse der Mischprobe der "Auffüllung Nordwest" (BS 1, BS 4, BS 7) wurden neben dem erhöhten Quecksilbergehalt auch erhöhte Eluatwerte für Arsen und Chrom festgestellt, wobei der Chromgehalt 2-fach über dem Prüfwert der BBodSchV lag. Da die Bohrungen BS 1 und BS 4 zumindest hinsichtlich der Quecksilbergehalte unauffällig waren, d. h. die Belastung nur auf den Anteil von BS 7 in der Mischprobe zurückzuführen war, ist auch bei Arsen und Chrom lokal mit deutlich höheren Gehalten in der Auffüllung zu rechnen. Daher sollten künftige Wasserproben auch auf Arsen und Chrom/Chromat untersucht werden.

6.2 Maßnahmen

Nach derzeitigem Stand der Erkundung und vorbehaltlich der Ergebnisse ggfs. weiterer Grundwasseruntersuchungen kann weder aus bodenschutz- noch aus wasserrechtlicher Sicht derzeit eine Sanierungsnotwendigkeit, also ein Aushub der belasteten Materialien, erkannt werden. Weder eine Komplettsanierung bis etwa 6 m Tiefe noch ein Teilaushub der hochbelasteten Bereiche oberhalb des Grundwassers würden angesichts nicht nachweisbarer Gehalte im Abstrom eine Verbesserung der Situation bewirken. Insbesondere bestünde bei einem Aushub im Grundwasserbereich die Gefahr einer Mobilisierung des Quecksilbers im Untergrund durch Änderung der Milieuverhältnisse. Zusätzlich würden sich, auch durch die erforderliche Wasserhaltung, erhebliche umwelt- und arbeitsschutzrelevante Risiken ergeben. Auch wäre eine solche Komplettsanierung vorab kaum kalkulierbar, da es erhebliche Unsicherheiten bezüglich der Abgrenzung der Verunreinigung seitlich und zur Tiefe gibt.

Es ist jedoch zu empfehlen, die Oberfläche so zu versiegeln, dass kein Niederschlagswasser in die belasteten Auffüllungen mehr eindringen kann und damit eine Verlagerung des in der ungesättigten Zone vorhandenen Quecksilber in den Grundwasserbereich verhindert wird. Dieses kann im Zuge des geplanten Parkplatzneubaus mit einer dichten Asphaltdecke realisiert werden.

Das bei der Herstellung des Planums anfallende Bodenmaterial wird aufgrund der Quecksilbergehalte im Eluat zumindest teilweise in die Deponieklasse DK 3 (bei Quecksilber im Eluat $> 20 \mu\text{g/l}$) einzustufen sein. Hierbei ist z.B. bei einer Ablagerung auf der Sonderabfalldeponie Billigheim mit Kosten incl. Transport von netto 200 EUR zu rechnen. Alternativ wäre eine Verwertung als Versatzmaterial im Salzbergwerk Heilbronn möglich, die Kosten würden sich auf etwa netto 100 EUR/t belaufen. Jedoch wäre eine bergrechtliche Genehmigung erforderlich, wobei mit einem Genehmigungszeitraum von mehreren Monaten zu rechnen ist. Bei einer angenommenen Grundfläche von ca. 20 m x 20 m und einer Aushubtiefe von angenommen 0,30 m könnten sich Entsorgungskosten von rund 24.000 EUR ergeben.

Für das BFI:



Dipl.-Ing. G. Zeiser

Sachbearbeiter:



Dipl.-Geol. P. Lemke
öffentlich bestellter und
vereidigter Sachverständiger für Altlasten



BFI

BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE
BFI Zeiser GmbH & Co.KG
Mühlgraben 34 73479 Ellwangen
Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929

Az: 119881

Anlage: 1.1

Projekt: Aalen-Unterkochen, Quecksilberschaden Parkplatzzerweiterung

Übersichtsplan

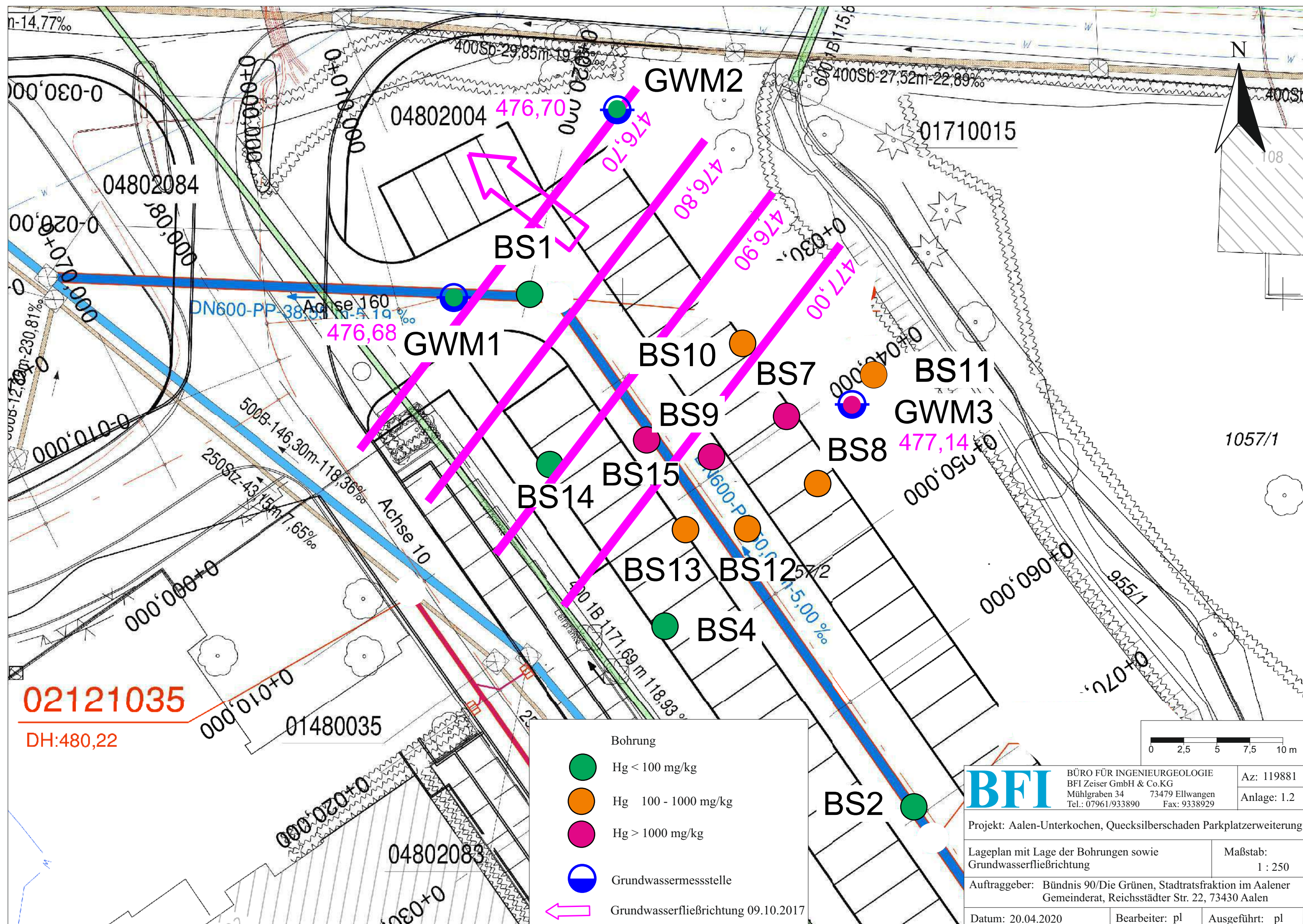
Maßstab:
1 : 5000

Auftraggeber: Bündnis 90/Die Grünen, Stadtratsfraktion im Aalener
Gemeinderat, Reichsstädter Str. 22, 73430 Aalen

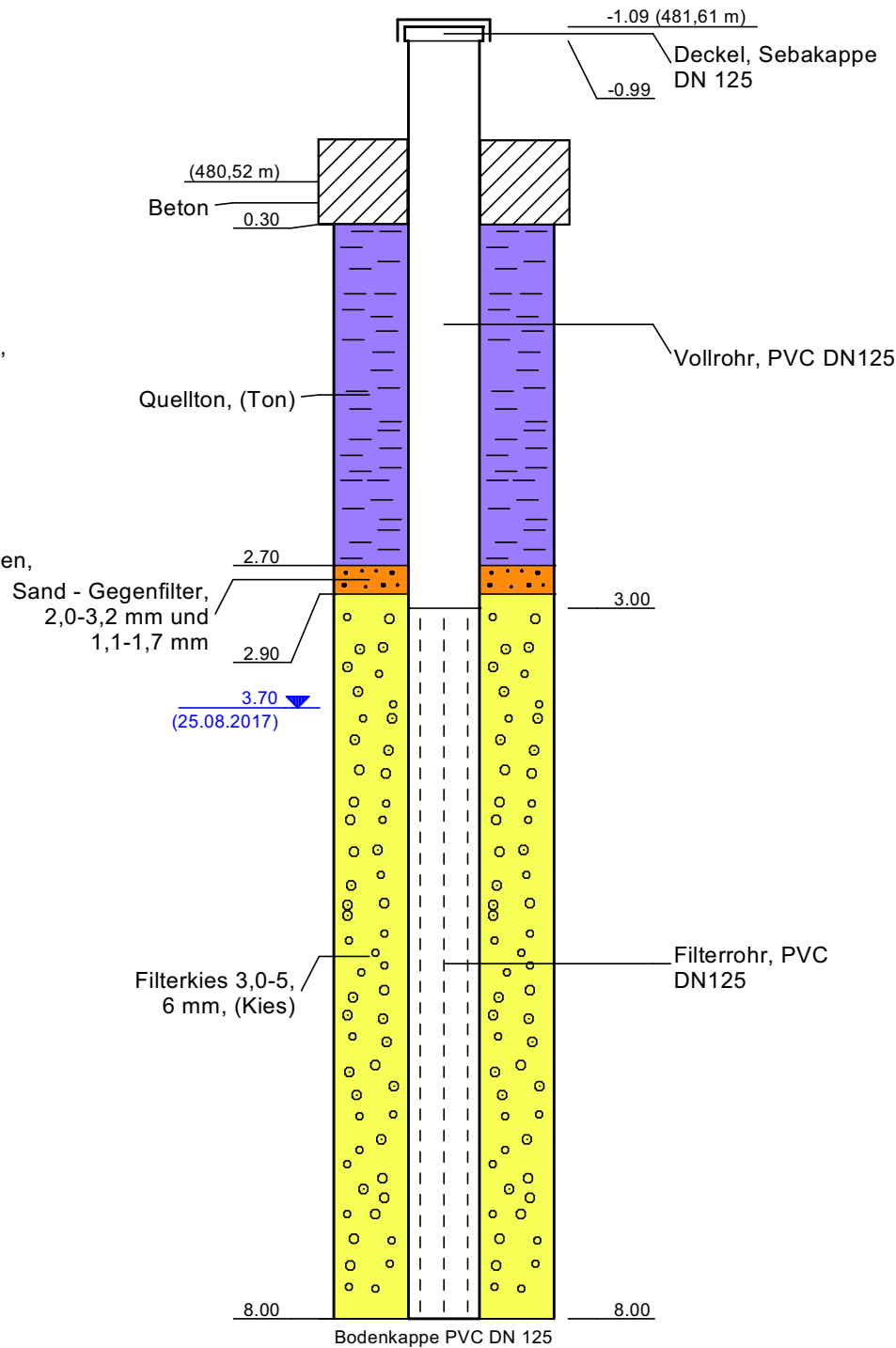
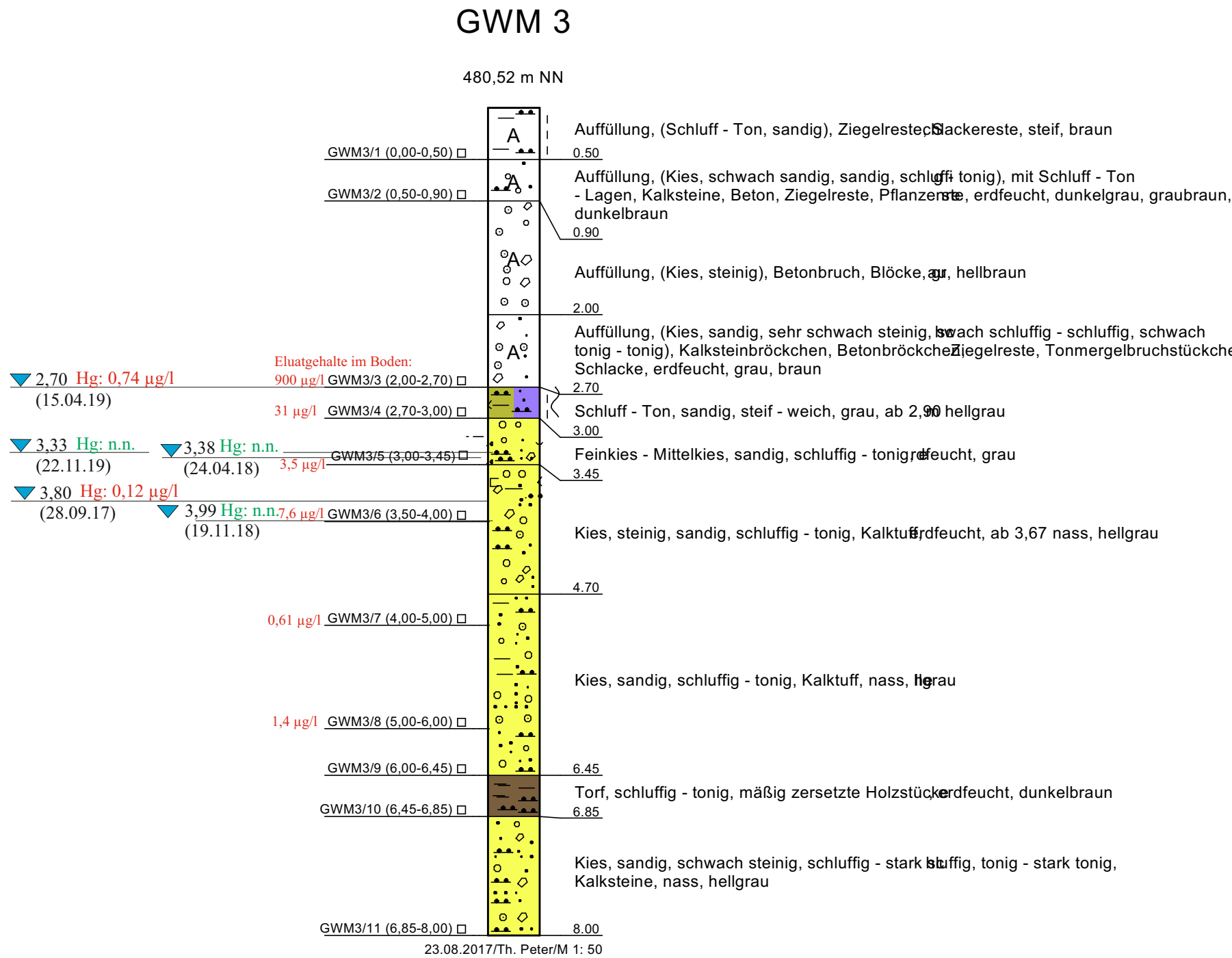
Datum: 20.04.2020

Bearbeiter: pl

Ausgeführt: pl



Ausbau GWM 3



BFI	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 119881
		Anlage: 2
Projekt: Aalen-Unterkochen, Quecksilberschaden Parkplatzerweiterung		
Bohrprofil GWM 3 mit Wasserständen und Quecksilbergehalzten		Maßstab: 1 : 50
Auftraggeber: Bündnis 90/Die Grünen, Stadtratsfraktion im Aalener Gemeinderat, Reichsstädter Str. 22, 73430 Aalen		
Datum: 20.04.2020	Bearbeiter: pl	Ausgeführt: pl

Hydrogeologisches Arbeitsmodell

Abstrom GWM 3

Geometrie			Erläuterungen
A_{SiWa}	m ²	300	geschätzte Belastungsfläche
B_A	m	20	
h_{GW}	m	7,00	GW - OK Fels
A_A	m ²	140	$B_A \times h_{GW}$
Hydraulik			Erläuterungen
Fließricht.	°		Nordwesten
k_f	m/s	5,00E-04	geschätzt aus Bodenansprache
i	--	0,0001	Differenz GWM 3 - GWM 1
Volumenströme			Erläuterungen
Q_A	m ³ /d	0,605	$k_f \times A_A \times i \times 86400$
Q_{SiWa}	m ³ /d	0,15	$(A_{SiWa} \times GWN) / 365000$
GWN	mm/a	180	
Emissionen		Quecksilber	Erläuterungen
E_{max}	g/d zulässig	1,5	aus VwV Orientierungswerte
c_A	mg/l	0,0019	Analyse GWM 3 v. 15.04.2019
$E_{(A)}$	g/d	0,00115	$(Q_A \times c_A - Q_{ZT} \times c_Z)$

Abkürzungen:

A_{SiWa}	= Grundfläche des Gefahren- bzw. Schadensherdes, die der Sickerwasserstrom durchsick
B_A	= Breite der GW-Querschnittsfläche
h_{GW}	= Grundwassermächtigkeit
A_A	= GW-Querschnittsfläche im unmittelbaren Abstrom des Gefahren- bzw. Schadensherdes
T	= Transmissivität
k_f	= Durchlässigkeitsbeiwert
i	= Grundwassergefälle
Q_A	= GW-Volumenstrom über die Breite des Gefahrenherdes
Q_{SiWa}	= Sickerwasserstrom, der dem GW zuströmt
GWN	= Grundwasserneubildung
c_Z	= Schadstoffkonzentration im GW-Zustrom
c_A	= Schadstoffkonzentration im Abstrom eines Gefahren- bzw. Schadensherd
$E_{(A)}$	= Schadstoffemission, berechnet aus der Erkundung des Grundwassers im Abstrom

	BÜRO FÜR INGENIEURGEOLOGIE BFI Zeiser GmbH & Co.KG Mühlgraben 34 73479 Ellwangen Tel.: 07961/933890 Fax: 9338929	Az: 119881
		Anlage: 3
Projekt: Aalen-Unterkochen, Quecksilberschaden Parkplatzerweiterung		
Emissionsberechnung		
Auftraggeber: Bündnis 90/Die Grünen, Stadtratsfraktion im Aalener Gemeinderat, Reichsstädter Str. 22, 73430 Aalen		
Datum: 20.04.2020	Bearbeiter: pl	Ausgeführt: pl