

Altablagerung „ehemaliger Gemeindemüllplatz Michelbach“

VFD-Nr.: 534 014 170 000 004

Grundwasser-Monitoring

39. Bericht



Auftraggeber:



Magistrat der Universitätsstadt Marburg
Fachdienst Umwelt, Klima und Naturschutz, fairer Handel
Am Plan 3
D-35037 Marburg

Projektleiter:

Dipl.-Geol. A. Steih-Winkler

☎ (06421) 201 - 404

Ing.-Angebot:

09.07.2021

Ingenieurvertrag:

vom 15. November 2021

Erstellt durch:



Rendsburger Landstraße 196-198

D-24113 Kiel

☎ (0431) 649 59 - 0

Fax (0431) 649 59 - 59

Projektleitung:

Dipl.-Geol. A. Voß

Kiel, den 30.12.2021

I Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	1
2	Grundwasseruntersuchungsprogramm	4
2.1	Stichtagsmessungen	4
2.2	Vor-Ort-Messungen	5
2.3	Laboruntersuchungen	5
3	Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse	7
3.1	Stichtagsmessungen	7
3.2	Grundwasserbeschaffenheit	11
3.3	Analytik	14
3.3.1	Bewertungsgrundlagen	14
3.4	Grundwasser	17
3.4.1	Vor-Ort-Parameter	17
3.4.2	Laboranalytik	19
4	Gefährdungsabschätzung	22
5	Feststellung des Handlungsbedarfs	24

II Verzeichnis der Anlagen

1	Übersichtslageplan	M=1:10.000
2	Grundwassergleichenplan vom 05.10.2021	M=1:2.000
3	Protokolle der Vor-Ort-Messungen und Probennahmen vom 05.10.2021 sowie Laborprüfberichte Labor WARTIG vom 30.10.2021	

III Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Parameterliste der Stadt Marburg für Wasser (HLfU WA 3.1)	6
Tab. 2: Parameterliste der Stadt Marburg für Wasser (HLfU WA 3.2)	7
Tab. 3: Ergebnisse der Stichtagsmessungen	8
Tab. 4: Ergebnisse der Messung der Vor-Ort-Parameter	17
Tab. 5: Ergebnisse der Laboranalysen der anorganischen Inhaltsstoffe	19
Tab. 6: Ergebnisse der Laboranalysen der organischen Inhaltsstoffe	21

IV Verzeichnis Abbildungen

Abbildung 1: Niederschlagsverläufe 2021	10
Abbildung 2: Darstellung der Ionenverhältnisse im Piper-Diagramm (Michelbach)	13
Abbildung 3: Darstellung der Ionenverhältnisse im Piper-Diagramm (Igelpfuhl)	14

V Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen

AOX	Adsorbierbare organische Halogenverbindungen
BTEX	monoaromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylole)
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf, der zur Oxidation der in 1 l Wasser gelösten, organischen Substanz (zu CO ₂ und H ₂ O) erforderlich ist
DOC	der in 1 l Wasser gelöste, organische gebundene Kohlenstoff
GW	Grundwasser
GWM	Grundwassermessstelle
LCKW / LHKW	leichtflüchtige chlorierte / halogenierte Kohlenwasserstoffe
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PCB	Polychlorierte Biphenyle
POX	ausblasbare organische Halogene (Brom , Chlor, Fluor, Jod)
TVO	Trinkwasserverordnung



1 Veranlassung

Die Verwaltung der Stadt Marburg erfasst seit 1985 die Altlasten im Stadtgebiet. Dabei wurden bis Ende 1991 insgesamt 60 ehemalige Mülldeponien ermittelt. Dazu gehört auch die ca. 3,5 ha große Altablagerung Michelbach / Flur 12. Von Anfang 1960 - ca. 1972/73 betrieben die Nachbargemeinden Michelbach und Marbach dort eine Hausmülldeponie. Die Altablagerung befindet sich in einem ehemaligen Steinbruch, in dem unterkarbonische Grauwacken und Schiefer der Elnhausen-Formation anstehen.

Aufgrund von Einlagerungen eines nahegelegenen pharmazeutischen Unternehmens kam in einer ersten Erkundungsphase durch die Stadt Marburg die bislang unbestätigte Vermutung auf, dort seien auch mit Milzbrandregnern belastete Abfälle abgelagert worden (siehe: "Umweltschutz in Marburg", Band 9 „Altlasten“, 1992).

Zur vorsorglichen Überwachung des Grundwasserpfadens hat das Umweltamt der Stadt Marburg 1989 bereits eine Grundwassermessstelle im Umfeld der Deponie eingerichtet. Diese Messstelle (im Folgenden „Pegel 7“ bezeichnet) und der im Abstrombereich der Altablagerung gelegene Trinkwasserbrunnen Michelbach wurden 1989 auf die im "Handbuch Altablagerungen" des Hessischen Landesamtes für Umwelt festgelegten Parameter und auf Milzbrand untersucht. Die Keime wurden damals in keiner der beiden Grundwasserproben nachgewiesen.

Die IKU INGENIEURKONTOR FÜR UMWELTPLANUNG GmbH hat 1995 im Rahmen der Erarbeitung eines Untersuchungskonzeptes eine Grundlagenermittlung insbesondere zur Milzbrandproblematik und erste geophysikalische Voruntersuchungen an der Altablagerung durchgeführt. Aus den Ergebnissen der geophysikalischen Untersuchungen und der Grundlagenermittlung wurde ein detailliertes Untersuchungsprogramm zur Gefährdungsabschätzung an der Altablagerung erstellt.

1997 wurde ein Untersuchungsprogramm beschlossen, das die Einrichtung von drei Grundwassermessstellen vorsah, um das Emissionsverhalten der Deponie im Hinblick auf die Grundwassersituation und vor dem Hintergrund der Trinkwasserhaltung Michelbach zu klären.

Am 29.07.1998 wurde die IKU GmbH vom Magistrat der Universitätsstadt Marburg, vertreten durch das Amt für Grünflächen, Umwelt und Naturschutz, mit der Durchführung der Erkundung des Grundwasserpfadens gemäß o.g. Untersuchungsprogramm beauftragt.

In Nachfolge der IKU GmbH wurde das Vertragsverhältnis mit Schreiben vom 14.07.2000 auf die UMWELT INGENIEUR CONSULT GmbH (uic) übertragen. Seit Juni 2007 führt uic das Projekt nach einem Firmenzusammenschluss als IPP Ingenieurgesellschaft Possel u. Partner GmbH mit allen Rechten und Pflichten weiter.

Am 18.06.2001 wurde von uic das Gutachten „Altablagerung ehemaliger Gemeindemüllplatz Michelbach-Erkundung des Grundwasserpfadens“ vorgelegt.



Im Ergebnis der dort vorgelegten Grundwasser-Untersuchungen wurde nachgewiesen, dass bei der Altablagerung Michelbach durchsickernde Niederschlagswässer Belastungskomponenten aus dem Ablagerungsinventar herauslösen. Zudem wird ein Teil der Deponate in Zeiten höherer Grundwasserstände nachweislich durchströmt. Hinzu können Stoffgruppen aus der landwirtschaftlichen Nutzung (Düngung) im unmittelbaren Umfeld auftreten. Gemäß den vorangegangenen Recherchen sowie den Grundwasseruntersuchungen liegen die Deponiesohle und ein Teil der Deponate im Grundwasserschwankungsbereich, so dass Stoffumwandlungen und Rückhaltefunktionen der ungesättigten Zone **nicht** in Ansatz gebracht werden können. Darüber hinaus existieren keine technischen Barrieren für Schadstoffrückhaltungen am Ort der Schadstoffherkunft. Gelöste Fremdstoffe werden in räumlicher und zeitlicher Verbreitung in das Grundwasser dispergiert, der weitere Verfrachtungspfad hängt von der Geometrie des grundwasserdurchlässigen Klufthohlrauminventars ab und dort von den theoretisch und praktisch möglichen Retardationsfaktoren. Diese bekannten, komplexen Mechanismen sind insbesondere abhängig von der Dauer der Verweilzeit des betrachteten Grundwasseranteils im Grundwasserleiter sowie von der zur Verfügungsstellung der Retardationsmechanismen (z. B. mechanische Filterung, Ausfällung, Mitfällung, Sorption, Abbau). Diese sind in Kluftgrundwasserleitern als sehr eingeschränkt zu bewerten.

Die Tatsache wurde umso gravierender bewertet, da im weiteren Grundwasserabstrom von der Altablagerung über GWM 3 nach Norden in einer Entfernung von ca. 800 m die Trinkwasserfassung Michelbach mit Pumpeneinsatz arbeitet. Hierdurch wird ein hydraulisch nicht unerheblicher Absenktrichter geschaffen, der das Grundwassergefälle zwischen Deponie, GWM 3 und Förderbrunnen versteilt und damit die Grundwasser- Abstandsgeschwindigkeit erhöht. Die potentielle Pfadverknüpfung durch hydraulische Anzapfung des dortigen Zechstein- Aquifers an den Grundwasser - oberstromigen Karbon- Aquifer ist hydraulisch relevant.

Als zusammenfassendes Ergebnis musste eine mögliche Grundwasserpfadnutzung durch nachteilige, persistente Grundwasserinhaltsstoffe, ausgehend von der Altablagerung dem Grundwassergefälle folgend und in den Entnahmetrichter der Trinkwasserfassung Michelbach gelangend, befürchtet werden. Milzbrandsporen wurden weder in den untersuchten Bodenproben noch im Grundwasser nachgewiesen.

Auf der Grundlage der am 18.06.2001 vorgelegten Untersuchungsergebnisse des Hauptgutachtens wurde in Hinblick auf die ausgesprochene potentielle Besorgnis bezüglich des Grundwasserschutzes mit Blick auf die Trinkwassergewinnung in Michelbach die turnusmäßige Grundwasserbeprobung in den vier Messstellen jeweils zum Ende des hydrologischen Halbjahres-d.h. erstmalig im November 2001 und im April 2002 empfohlen.

Mit Schreiben vom 24.09.2001 wurde uic mit den weiteren Arbeiten betraut.

In dem Bericht zum 1.Grundwasser-Monitoring vom 24.07.2002 wurden die Messergebnisse der Beprobung vom 13.11.2001 und 12.04.2002 vorgelegt und bewertet und im Zusammenhang mit den bereits bekannten Daten diskutiert.



In den hydrologischen Winterhalbjahren zeigte sich eine bemerkenswerte Aufhöhung der Grundwasserstände. Der Deponiefuß wurde in den Wintermonaten von Grundwasser durchströmt. Dabei war die Hauptabflussrichtung nach NNW in Richtung der Trinkwasserfassung Michelbach gegeben.

Zur fachlich notwendigen Einrahmung dieser Messungen wurden bereits im Frühjahr 2003 durch uic im Auftrag des Magistrats der Stadt Marburg die Kartierung der bestehenden Oberflächenabdeckung der Deponie sowie die Messungen der aktuellen Deponiegasemissionen durchgeführt. Vom Büro Dr. Haas sind ergänzend zu dieser Kampagne Redoxmilieu-Untersuchungen an den Deponie-Messstellen durchgeführt worden, die den Austrag von Deponie-Inhaltsstoffen in das Grundwasser belegen und in deren Ergebnis die Durchführung der o. g. weiteren Messungen als ebenfalls dringlich erforderlich angesehen werden.

Im Frühjahr 2006 wurde im Rahmen von weiterführenden Untersuchungen des Grundwasserpfades die etwa 600 m nordwestlich gelegene ehemalige Bauschuttdeponie „Igelpfuhl“ untersucht (s. Bericht uic 2007). Unter anderem wurde auch eine neue Grundwassermessstelle „Igel 1“ im Abstrom der Altablagerung errichtet und beprobt. Die Messstelle wurde mit in das laufende Monitoring-Programm der Deponie Michelbach übernommen. Die Ergebnisse der Grundwasseranalytik in GWM „Igel 1“ wurden erstmals im Rahmen des 9. Berichtes gemeinsam mit den Untersuchungsergebnissen der Probennahme vom 12.10.2006 dargestellt. Als Ergebnis wurde festgestellt, dass die gemessenen Wasserstände wie erwartet im Bereich der Herbstmessungen der Vorjahre lagen. Dabei zeigte sich wiederum im lateralen Abstrom gelegenen GWM 2 die größte Schwankungsbreite. Der Herbstpegel lag um fast 5 m tiefer als im Frühjahr. Ähnliche Schwankungen waren auch schon in den Vorjahren beobachtet worden.

Am 12. Mai 2010 wurde ein Ortstermin durchgeführt. Ziel des Ortstermins war eine Fachbegehung der aktuellen Verhältnisse vor Ort. Im Zuge der Straßenbaumaßnahme (Umverlegung und Teilneubau der L3092) und damit einhergehender Bodenbewegungen war die Situation betreffend der Lage der Deponie Michelbach zu den stattgefundenen Baumaßnahmen neu zu bewerten. Außerdem wurde der Zustand der zur Verfügung stehenden Grundwasser-Messstellen überprüft und die Notwendigkeit von weiterführenden Untersuchungen diskutiert. Im Ergebnis wurden zwei Protokolle erstellt, die zum einen dringend notwendige Sofortmaßnahmen in Bezug auf die Funktionstüchtigkeit der Messstelle Igel 1 und zum anderen fachlich erforderliche Untersuchungen im Rahmen des Grundwasser-Monitorings darstellen.

Im Feb.-März 2014 wurden im Rahmen der Untersuchung des Grundwasserpfades drei neue Grundwassermessstellen errichtet. Es handelt sich um die Pegel „Igel 2“ und „Igel 4“ in der Umgebung der Bauschuttdeponie Igelpfuhl sowie um die „GWM 4“ als Ersatz für Pegel 7 im Süden des ehemaligen Gemeinemüllplatzes Michelbach. Pegel 7 wurde fachgerecht zurückgebaut und verfüllt. Außerdem wurde die Messstelle „Igel 1“, die in den vorangegangenen Messkampagnen nicht gemessen werden konnte, wieder gängig gemacht. Die Arbeiten erfolgten unter der Fachbauleitung von IPP – es wurde ein diesbezügliches Bautagebuch erstellt. Hierzu wird auf den Dokumentationsbericht von IPP vom 30.06.2014 verwiesen.



Für die folgenden Kampagnen stehen nunmehr insgesamt sieben Grundwassermessstellen zur Verfügung.

[...]

Im 38. Bericht wurden die Untersuchungsergebnisse der Probenahme vom 22.04.2021 vorgestellt und das hydrologische Winterhalbjahr 2020/2021 bewertet. Die Messstelle Igel 4 konnte vom Probenehmer auf Grund des geringen Wasserdargebotes wie in der Vormessung nur mittels Schöpfer beprobt werden – die Ergebnisse waren nur unter Vorbehalt auswertbar. Die Messstelle Igel 2 war weiterhin defekt und konnte nicht beprobt werden. Die gemessenen Wasserstände lagen im Vergleich zu der Vorjahresmessung wegen des wiederum trockenen Jahresverlaufes erneut einige Dezimeter niedriger.

Die Bearbeitung des vorliegenden 39. Berichtes erfolgt auf Grundlage des Angebots von IPP vom 09.07.2021 sowie der Beauftragung durch die Stadt Marburg vom 15.11.2021. Die Untersuchungsergebnisse der Probenahme vom 05.10.2021 werden hiermit turnusgemäß vorgestellt und bewerten das hydrologische Sommerhalbjahr 2021.

2 Grundwasseruntersuchungsprogramm

2.1 Stichtagsmessungen

Am 05.10.2021 wurde von Mitarbeitern der Fa. Wartig in den Grundwassermessstellen GWM 1-4 sowie Igel 1, 2 und 4 vor der Grundwasserentnahme die jeweilige Stichtagsmessung mittels Lichtlot durchgeführt. Die Messstellen Igel 2 und 4 konnten vom Probenehmer auf Grund des geringen Wasserdargebotes wieder nur mittels Schöpfer beprobt werden. Die Ergebnisse werden daher im Weiteren unter Vorbehalt bewertet.

Der Trinkwasserbrunnen Michelbach wurde ebenfalls am 05.10.2021 beprobt.

Anhand der gemessenen GW-Pegelstände wurde ein aktueller Grundwassergleichenplan erstellt (s. Anlage 2).



2.2 Vor-Ort-Messungen

Die Grundwasser-Probenahmen aus den Messstellen (GWM 1-4 sowie Igel 1, 2 und 4) sowie dem Trinkwasserbrunnen erfolgten am 05.10.2021 durch die Fa. Wartig Chemieberatung GmbH, Marburg, im Anschluss an die Stichtagsmessungen. Die Probennahme erfolgte (mit Ausnahme von Igel 2 und 4 sowie dem Trinkwasserbrunnen) mit einer Unterwasserpumpe unter Kontrolle der physikochemischen Vor-Ort-Parameter: pH-Wert, elektrische Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, Temperatur und Redoxpotential mittels Durchflussmesszelle.

Durch entsprechend langes Vorpumpen wurde das in den Messstellenrohren stehende Wasservolumen vor Beginn der Probennahme mehrfach ausgetauscht und erneuert, so dass sichergestellt war, repräsentative Proben zu gewinnen. Die Probennahmen erfolgten nach Erreichen der Leitfähigkeits- und Temperaturkonstanz. Die Messstellen Igel 2 und 4 wurden mittels Schöpfgerät beprobt.

Über die Wasser- Probennahme wurden Protokolle geführt, die in Anlage 3 beigefügt sind.

2.3 Laboruntersuchungen

Die analytischen Untersuchungen der Grundwasserproben erfolgten durch das Labor Wartig Chemieberatung GmbH, Marburg (akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC: 17025: 2018).

Die Grundwasserproben aus den Grundwassermessstellen (GWM 1-4, Igel 1, 2 und 4) und dem Trinkwasserbrunnen Michelbach wurden gemäß der Parameterliste der Stadt Marburg für Wasser (HLfU WA 3.1 und HLfU WA 3.2, Positionen 24-37, 52-56) analysiert.

Die Laborberichte vom 30.10.2021 liegen ebenfalls als Anlage 3 bei.



Tab. 1: Parameterliste der Stadt Marburg für Wasser (HLfU WA 3.1)

Lf Nr	Parameter Nr.	Parameter	Lf Nr	Parameter Nr.	Parameter
01	10111	Wassertemperatur	23	11820	Blei
02	10614	pH-Wert	24	11800	Quecksilber
03	10710	Redox-Potential	25	11290	Kupfer
04	10810	El.-Leitfähigkeit	26	11480	Cadmium
05	12810	Sauerstoff in Wasser	27	11340	Selen
06	13310	Chlorid	28	11330	Arsen
07	13130	Sulfat	29	11050	Bor
08	12460	Nitrit	30	14320	Abdampfrückstand
09	12440	Nitrat	31	14350	Glührückstand
10	14710	Hydrogencarbonat	32	15320	CSB
11	12620	Phosphor, gesamt	33	13360	AOX
12	12480	Ammonium	34	15430	Kohlenwasserstoffe H18
13	11110	Natrium	35	15471	Phenol-Index
14	11190	Kalium	36	15240	DOC
15	11120	Magnesium	37	133600	POX
16	11200	Calcium	38	17955	Fluoranthren
17	11250	Mangan	39	17918	Benzo(b)fluoranthren
18	11260	Eisen, gesamt	40	17919	Benzo(k)fluoranthren
19	12310	Cyanid, gesamt	41	17927	Benzo(ghi)perylene
20	11240	Chrom, gesamt	42	17929	Benzo(a)pyren
21	11300	Zink	43	17957	Indeno(1,2,3-cd)pyren
22	11280	Nickel			



Tab. 2: Parameterliste der Stadt Marburg für Wasser (HLfU WA 3.2)

Lf Nr	Parameter Nr.	Parameter	Lf Nr	Parameter Nr.	Parameter
24	17116	Trichlormethan	52	17401	Benzol
25	17118	Tetrachlormethan	53	17402	Toluol
26	17122	1,1-Dichlorethan	54	17403	Ethylbenzol
27	17123	1,2-Dichlorethan	55	174035	Xylol
28	17124	1,1,1-Trichlorethan	56	17404	O-Xylol
29	17125	1,1,2-Trichlorethan			
30	17128	1,1,2,2-Tetrachlorethan			
31	17129	Hexachlorethan			
32	171310	Chlorethen			
33	17132	1,1-Dichlorethen			
34	171324	trans1,2-Dichlorethen			
35	171327	cis 1,2-Dichlorethen			
36	17134	Trichlorethen			
37	17135	Tetrachlorethen			

3 Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse

3.1 Stichtagsmessungen

Die Auswertung der Stichtagsmessung vom 05.10.2021 repräsentiert die Grundwassermorphologie am Ende des hydrologischen Sommerhalbjahres 2021 mit jahreszeitlich bedingt etwas niedrigeren Grundwasserständen als in der Vormesskampagne im Winter 2020/2021 (höhere Verdunstung bei gleichzeitig höherem Wasserbedarf der Vegetation).

Im Vergleich zur letzten Herbstmesskampagne im Vorjahr (2020) liegen die Grundwasserstände im Bereich der Deponie Michelbach wieder etwas höher – nach den zuletzt geringeren Jahresniederschläge in den Jahren 2018 bis 2020 erholt sich der Grundwasserstand allmählich und gleicht sich langsam wieder dem Vorniveau aus den Jahren bis 2017 an.



Tab. 3: Ergebnisse der Stichtagsmessungen

		Wasserstand [m u. MP]													
Mess- stelle	Höhe Messpkt [NN+m]	16.3.05	13.10.05	29.3.06	12.10.06	21.3.07	1.10.07	31.3.08	18.11.08	7.4.09	30.9.09	12.4.10	26.11.10	18.4.11	
GWM 1	296,43	5,60	4,89	4,57	4,96	4,22	4,38	4,50	4,82	4,58	5,12	4,65	5,05	5,00	
GWM 2	296,57	4,10	9,48	4,17	9,33	4,30	4,84	3,90	9,64	3,97	9,83	4,05	8,41	5,81	
GWM 3	270,53	5,90	7,43	6,50	7,22	5,68	5,62	5,53	6,85	5,63	7,49	5,65	6,48	6,45	
Pegel 7	297,65	11,53	12,63	11,82	12,70	10,40	11,70	9,88	11,62	10,80	11,97	10,05	11,52	11,58	
Igel 1	256,43				22,37	14,49	17,89	14,25	21,05	18,18	22,66	16,05			
		Höhe Grundwasserstand [NN+m]													
GWM 1	296,43	290,83	291,54	291,86	291,47	292,21	292,05	291,93	291,61	291,85	291,31	291,78	291,38	291,43	
GWM 2	296,57	292,47	287,09	292,40	287,24	292,27	291,73	292,67	286,93	292,60	286,74	292,52	288,16	290,76	
GWM 3	270,53	264,63	263,10	264,03	263,31	264,85	264,91	265,00	263,68	264,90	263,04	264,88	264,05	264,08	
Pegel 7	297,65	286,12	285,02	285,83	284,95	287,25	285,95	287,77	286,03	286,85	285,68	287,60	286,13	286,07	
Igel 1	256,43				234,06	241,94	238,54	242,18	235,38	238,25	233,77	240,38			

		Wasserstand [m u. MP]											
Mess- stelle	Höhe Messpkt [NN+m]	14.10.11	19.3.12	24.9.12	6.3.13	16.10.13	7.4.14	27.10.14	24.4.15	16.10.15	4.4.16	26.9.16	
GWM 1	296,43	5,55	5,42	5,19	4,92	4,90	4,58	4,50	4,28	5,05	4,50	5,80	
GWM 2	296,57	9,99	7,49	8,65	4,12	8,67	5,47	8,21	4,45	9,82	4,50	9,46	
GWM 3	270,53	7,64	6,25	6,91	5,50	7,05	6,14	5,89	5,73	7,54	5,40	7,42	
GWM 4	303,11						10,12	10,41	9,54	12,90	9,85	12,01	
Pegel 7	297,65	11,83	10,72	10,99	9,87	10,72	-	-	-	-	-	-	
Igel 1	256,43						16,61	19,43	15,24	21,93	16,35	21,68	
Igel 2	252,13						11,37	11,45	9,84	12,67	10,34	13,55	
Igel 4	255,04						12,75	13,09	12,10	-	12,55	13,39	
		Höhe Grundwasserstand [NN+m]											
GWM 1	296,43	290,88	291,01	291,24	291,51	291,53	291,85	291,93	292,15	291,38	291,93	290,63	
GWM 2	296,57	286,58	289,08	287,92	292,45	287,90	291,10	288,36	292,12	286,75	292,07	287,11	
GWM 3	270,53	262,89	264,28	263,62	265,03	263,48	264,39	264,64	264,80	262,99	265,13	263,11	
GWM 4	303,11						292,99	292,70	293,57	290,21	293,26	291,10	
Pegel 7	297,65	285,82	286,93	286,66	287,78	286,93	-	-	-	-	-	-	
Igel 1	256,43						239,82	237,00	241,19	234,50	240,08	234,75	
Igel 2	252,13						240,76	240,68	242,29	239,46	241,79	238,58	
Igel 4	255,04						242,29	241,95	242,94	-	242,49	241,65	



Wasserstand [m u. MP]											
Mess- stelle	Höhe Messpkt [NN+m]	07.04.17	26.10.17	19.03.18	06.09.18	10.04.19	18.11.19	19.03.20	12.11.20	22.04.21	05.10.21
GWM 1	296,43	5,57	5,19	4,68	5,05	5,26	5,62	5,04	5,83	5,46	5,55
GWM 2	296,57	9,51	8,07	3,95	9,47	5,42	10,06	4,03	10,94	4,28	9,42
GWM 3	270,53	6,29	6,11	6,45	7,13	5,82	7,6	5,14	7,78	6	7,31
GWM 4	303,11	12,02	11,07	10,1	11,56	11,11	12,63	9,35	12,86	11,28	12,31
Pegel 7	297,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Igel 1	256,43	23,70	21,64	15,43	21,04	19,59	25,32	14,51	24,6	20,29	23,99
Igel 2	252,13	12,90	12,92	10,22	-	12,62	-	-	-	-	13,68
Igel 4	255,04	13,85	14,13	12,43	13,09	13,27	14,32	10,28	14,03	13,41	14,33
Höhe Grundwasserstand [NN+m]											
GWM 1	296,43	290,86	291,24	291,75	291,38	291,17	290,81	291,39	290,60	290,97	290,88
GWM 2	296,57	287,06	288,50	292,62	287,10	291,15	286,51	292,54	285,63	292,29	287,15
GWM 3	270,53	264,24	264,42	264,08	263,40	264,71	262,93	265,39	262,75	264,53	263,22
GWM 4	303,11	291,09	292,04	293,01	291,55	292,00	290,48	293,76	290,25	291,83	290,80
Pegel 7	297,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Igel 1	256,43	232,73	234,79	241,00	235,39	236,84	231,11	241,92	231,83	236,14	232,44
Igel 2	252,13	239,23	239,21	241,91	-	239,51	-	-	-	-	238,45
Igel 4	255,04	241,19	240,91	242,61	241,95	241,77	240,72	244,76	241,01	241,63	240,71

Die aktuelle Messung vom 05.10.2021 wurde **rot** hervorgehoben.

Im Vergleich zur vorigen Messkampagne im Frühjahr 2021 liegen die Grundwasserstände auf Grund des vergangenen Sommers durchweg etwas niedriger: in GWM 1 sind es 0,09m, in GWM 2 maximal 5,14m.

Verglichen mit der Herbstmessung im Vorjahr 2020, als die Wasserstände in Folge der besonders trockenen Jahre 2018 – 2020 stark abgesunken waren, liegen die Wasserstände der aktuellen Messkampagne wieder etwas höher, haben sich aber noch nicht gänzlich den Werten der Jahre bis 2017 angeglichen.

Aus der nachfolgenden Abbildung 1 ist ersichtlich, dass die Jahresniederschlagssumme an der Messstation Marburg-Mitte 2020 mit 567,2 Litern noch deutlich unter dem langjährigen Mittel von 652,6 l lag – im Vergleich zum sehr trockenen Jahr 2020 fielen aber über 43 Liter mehr an Niederschlägen.

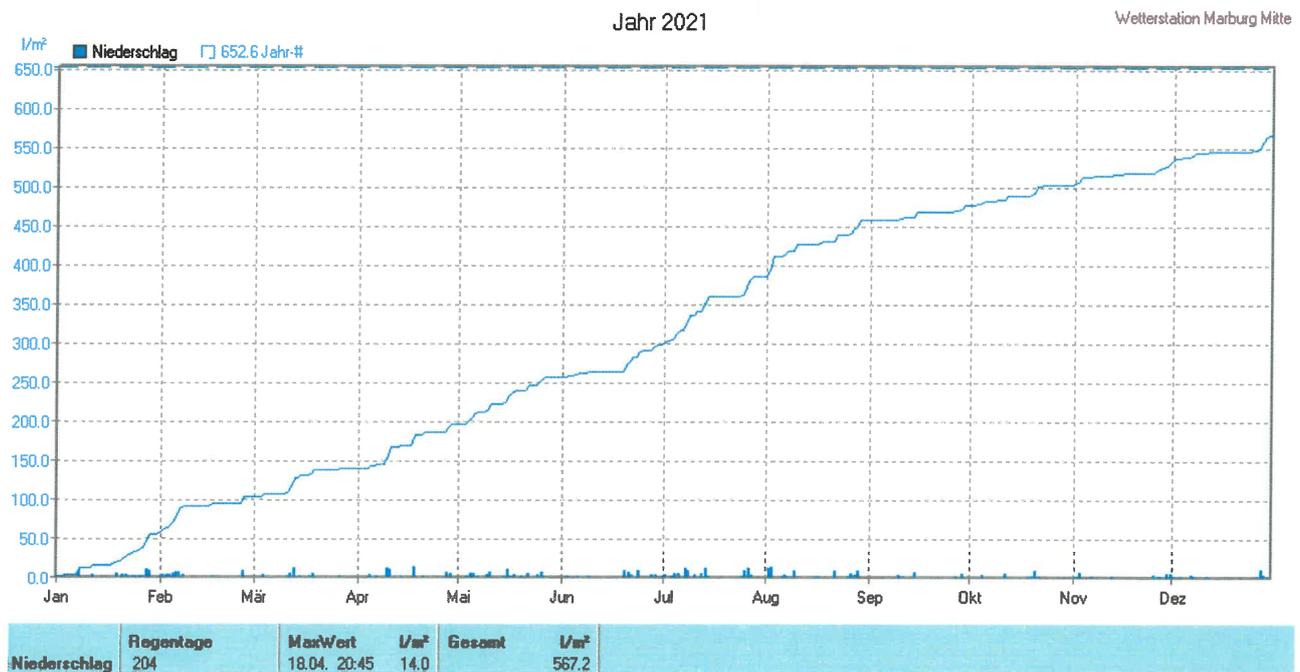


Abbildung 1: Jahresverlauf der Niederschläge 2021 für die Wetterstation Marburg-Mitte (Quelle: www.wettereule.de)

Die Wasserstände in den umfangreich zur Verfügung stehenden Messstellen müssen in den folgenden Kampagnen weiter beobachtet und überprüft werden.

In der Erlaubniserteilung des **Regierungspräsidiums Gießen** (Abteilung IV Umwelt – Dezernat 41.4) vom 27.03.2018 zur Grundwasserentnahme zur öffentlichen Trinkwasserversorgung aus dem Tiefbrunnen „Michelbach“, Gemarkung Michelbach, Flur 16, Flurstück 52/3 wird neben einer Gefährdungsabschätzung (für die Altablagerungen Michelbach und Dachspfuhl/Igelpfuhr – liegen inzwischen vor: IPP 2019) **die Beibehaltung des halbjährigen Grundwassermonitorings aus fachlicher Sicht zur Auflage gemacht.**

Die Auswertung der Stichtagsmessung vom 05.10.2021 und der aus den Grundwasserständen abgeleitete Grundwassergleichenplan (siehe Anlage 2) repräsentieren die Grundwasserströmungsverhältnisse zum Beginn der Grundwasser-Probennahme: Die Grundwasseroberfläche orientiert sich demnach analog zu den vorangegangenen Messungen im Wesentlichen an den topographischen Verhältnissen.

Die in älteren Messkampagnen im Untersuchungsgebiet postulierte Grundwasserscheide im Zentralbereich der Altablagerung ist nicht mehr nachweisbar. GWM 4 ist somit als Anstrom-Messstelle zu betrachten. Die Strömungsrichtung ist demnach von der Altablagerung im Bereich zwischen den Messstellen GWM 1-3 maßgeblich mit $i=0,08$ nach NNW (Richtung Trinkwasserbrunnen Michelbach) gerichtet. Mit deutlich geringerem Gradienten und leicht anderer Richtung strömt das Grundwasser zwischen GWM 4 und der Altablagerung ebenfalls in Richtung NW.



Die Abstromverhältnisse im Bereich des Igelpfuhls sind ebenfalls in Anlage 2 ersichtlich. Entsprechend den ermittelten Grundwasserständen strömt das oberflächennahe Grundwasser ebenfalls grob in Richtung des Trinkwasserbrunnens Michelbach (NE).

Auf Grund der hydraulisch z.T. extremen Grundwasserbewegungen im Jahresverlauf – dokumentiert durch das Pegelnetz – sind die weiterführenden Messungen essentiell.

3.2 Grundwasserbeschaffenheit

Bei der Auswertung der hydrochemischen Analysendaten wurde schrittweise wie folgt vorgegangen:

- Hydrochemische Typisierung des Grundwassers anhand der gelösten Hauptinhaltsstoffe
- Definition hydrochemischer Beschaffenheitsmuster für die Differenzierung des An- und Abstroms einschließlich der Charakterisierung der beobachtbaren Emissionen auf dem Grundwasserpfad anhand von Ionenverhältnissen und Einzelstoffdiskussionen

Die chemische Beschaffenheit von Grundwässern hängt von Versickerungs-/Lösungsinhalten und von der löslichen chemisch- petrographischen Beschaffenheit des durchflossenen Grundwasserleiters ab. Alles wird überprägt durch unterschiedlichste anthropogene Einflüsse. Denkansatz ist, dass die Beschaffenheit von Grundwasser, also die in einer Analyse wiedergegebenen Ionengehalte, das Ergebnis von physikalisch-chemischen Prozessen in Richtung auf einen Gleichgewichtszustand sind.

Daher sind Analysen nur punktuell zu werten und nur zeitlich-regional dynamisch zu verstehen. Hierzu geben die an acht verschiedenen Orten (GWM 1-4, Igel 1, 4, Trinkwasserbrunnen Michelbach) vorliegenden Grundwasseranalysen Hinweise wie folgt:

Typisierung des Grundwassers

FURTAK & LANGGUTH (1967) stellten ein Vierstoff-Diagramm zur qualitativen Charakterisierung der Wässer nach Kennzahlenintervallen vor. Dafür wird die Konzentration der im Grundwasser enthaltenen Ionen und Anionen in ein Piper-Diagramm eingetragen. Dieses wird in die verschiedenen Kennzahlen-Felder unterteilt. Die jeweiligen Feldergruppen, in Klammern die chemischen Kennzahlen in der Folge Erdalkalien / Hydrogencarbonat / Chlorid (Einheit: Äqui.-%) lauten:

Normal erdalkalische Wässer

- | | | |
|----|----------------------------------|----------------------|
| a) | überwiegend hydrogencarbonatisch | (> 80// > 60/ < 10) |
| b) | hydrogencarbonatisch-sulfatisch | (> 80// 40-60/ < 10) |
| c) | überwiegend sulfatisch | (> 80// < 40/ < 10) |



Erdalkalische Wässer mit höherem Alkaligehalt

- | | | |
|----|----------------------------------|----------------------|
| d) | überwiegend hydrogencarbonatisch | (50-80// > 50/ < 20) |
| e) | überwiegend sulfatisch | (50-80// < 50/ < 20) |
| | überwiegend chloridisch | (50-80// < 50/ > 50) |

Alkalische Wässer

- | | | |
|----|-------------------------------------|---------------------|
| f) | überwiegend (hydrogen-)carbonatisch | (< 50// > 50/ < 50) |
| g) | überwiegend sulfatisch-chloridisch | (< 50// < 50/ > 50) |
| | überwiegend chloridisch | (< 50// < 20/ > 70) |

Der weitaus größte Teil aller süßen Grundwässer der Welt sind in der Feldergruppe a anzutreffen. So sind auch die hier analysierten Grundwässer als „normal erdalkalische, überwiegend hydrogencarbonatische Wässer“ einzuordnen. Die im Trinkwasserbrunnen Michelbach geförderten Wässer sind dem Grundwassertyp des Deponie-Abstrombrunnens GWM 3 ähnlich, ein Beweis der hydraulischen Verbindung der Grundwasservorkommen beider Aquifere.

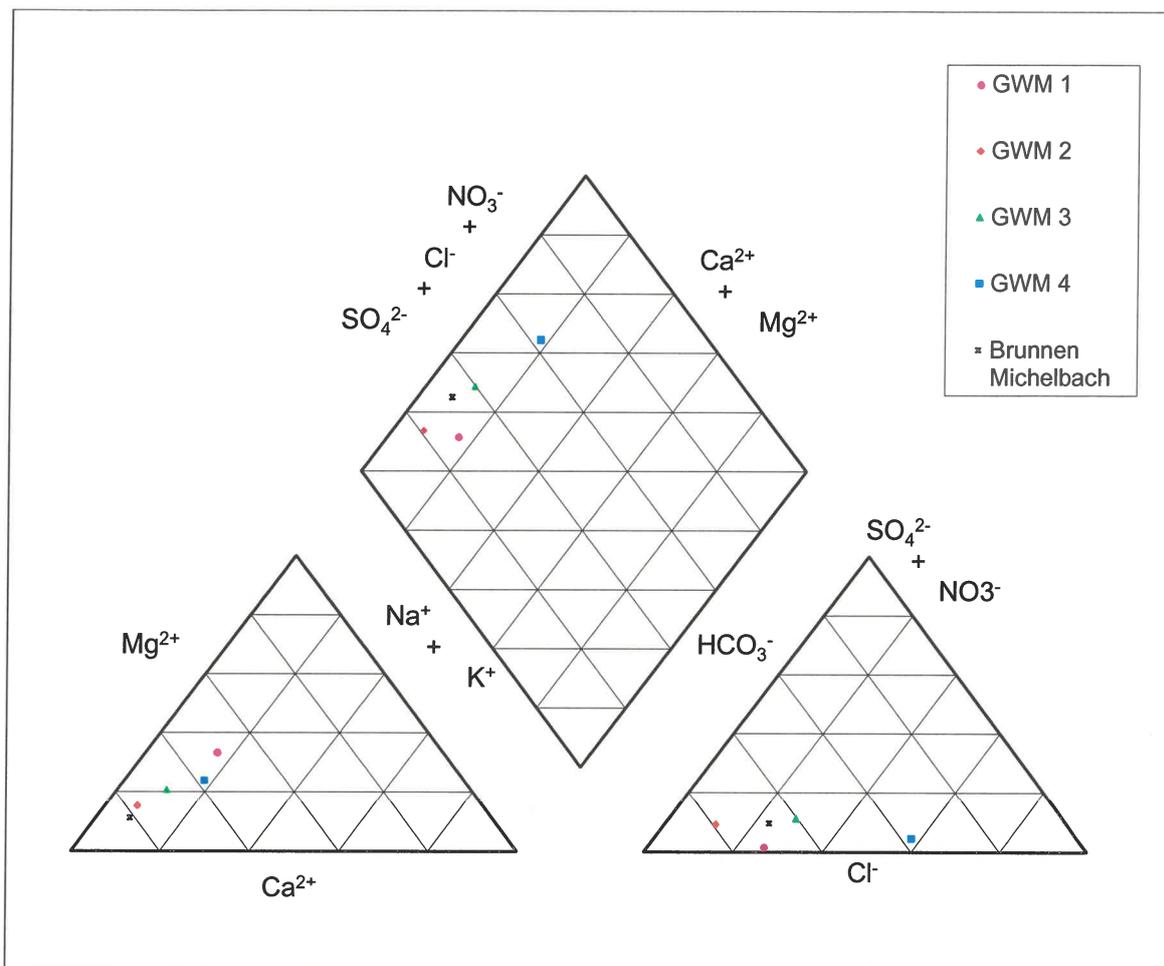


Abbildung 2: Darstellung der Ionenverhältnisse im Piper-Diagramm für den 05.10.2021 - Bereich ehemaliger Gemeindemüllplatz Michelbach

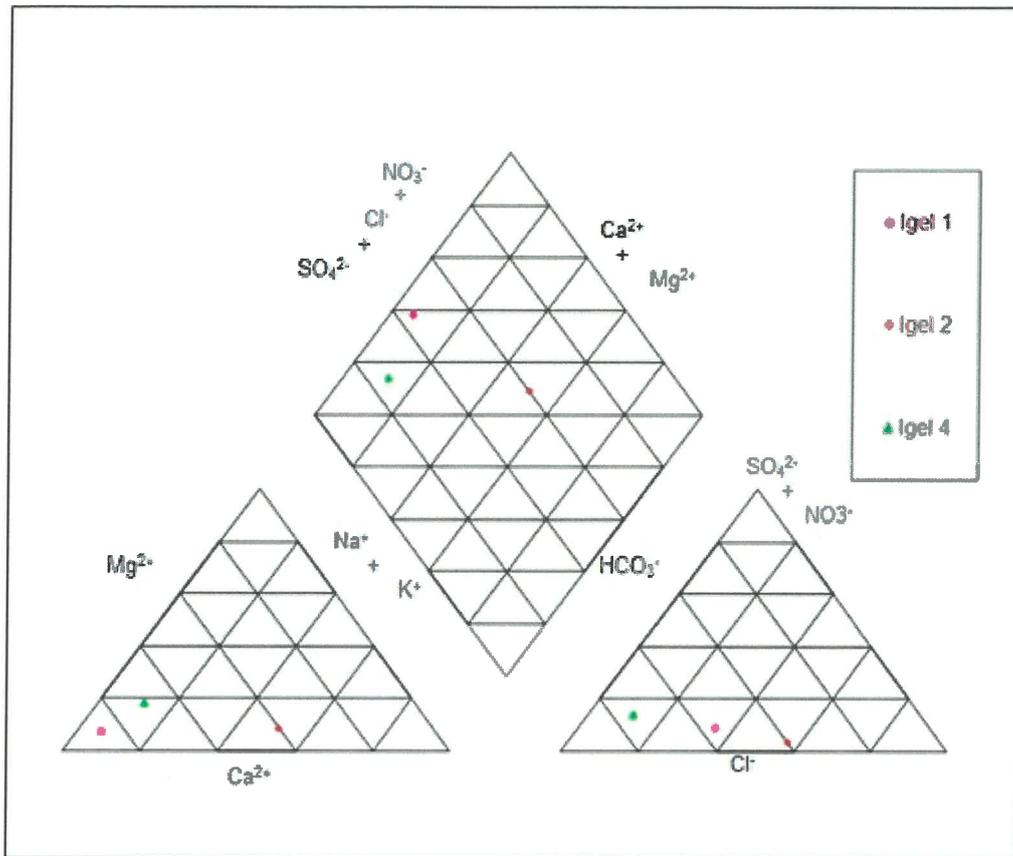


Abbildung 4: Darstellung der Ionenverhältnisse im Piper-Diagramm für den 05.10.2021 – Bereich Bauschuttanlage Igelpfuhl

3.3 Analytik

3.3.1 Bewertungsgrundlagen

Die im Grundwasser gemessenen Konzentrationen wurden insbesondere in Anbetracht der derzeitigen und geplanten Nutzung mit den Richtwerten der nachfolgend diskutierten Bewertungsmaßstäbe analog der Vorgehensweise im Hauptgutachten vom 18.06.01 verglichen:

- Das **Bundes-Bodenschutzgesetz** (BBodSchG) ist am 01.03.1999 in Kraft getreten. In der **Bodenschutz- und Altlastenverordnung** (BBodSchV) vom 12.07.1999 werden Vorsorgewerte für verschiedene Bodenarten sowie Prüf- und Maßnahmewerte für verschiedene Nutzungsarten genannt. Gemäß Definition der Vorsorgewerte besteht bei Überschreitung dieser die Besorgnis einer schädlichen Bodenverunreinigung, so dass künftige, zusätzliche Bodenbelastungen vermieden werden sollen.
- Bei Überschreitung der Prüfwerte ist eine weitergehende Einzelfallprüfung notwendig und die Feststellung, ob eine schädliche Bodenveränderung vorliegt oder eine Altlast. Im vorliegenden Fall sind die Vorsorgewerte für Sand bzw. Humus < 8% sowie die Nutzung als Industrie- und



Gewerbegrundstücke relevant. Zusätzlich ist eine Sickerwasserprognose für die von der Verdachtsfläche ausgehenden Gefahren für das Grundwasser zu erstellen.

○ Wirkungspfad Boden-Mensch (direkter Kontakt)

Direkter Kontakt mit belastetem Boden kann zur direkten (oral, inhalativ) und dermalen Aufnahme von Schadstoffen führen und damit zu einer Gefährdung der menschlichen Gesundheit. Im Unterschied zu anderen Gefährdungspfaden kommt es dabei weniger auf die Möglichkeit der Freisetzung und der Ausbreitung von Schadstoffen an als vielmehr auf die Möglichkeiten des Zugangs zum Schadstoffinventar. Gefährdet sind Personen, die z. B. bei Baumaßnahmen Kontakt mit dem Boden haben. Die Stoffe können dabei durch Verschlucken oder über die Haut aufgenommen werden.

○ Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze

Bei den Böden im Untersuchungsgebiet handelt es sich im Wesentlichen um anthropogen veränderte, d. h. aufgebrachte oder umgesetzte, Bodenmaterialien sowie um Böden im Sinne der Bodenkunde, die durch die anthropogene Vornutzung überprägt wurden. Die oberste Bodenschicht im Untersuchungsgebiet dient zum Teil als Pflanzenstandort. Dabei spielt im Untersuchungsgebiet die Wirkung fester und flüssiger Schadstoffe im Boden auf Pflanzen, insbesondere Futterpflanzen für die beheimatete Tierwelt, eine wesentliche Rolle. Hierbei ist zu beachten, dass nicht nur der unmittelbare Bereich der Kontaminationsbereiche mit Schadstoffen belastet sein kann, sondern dass auch die Möglichkeit von Schadstoffeinträgen in Böden der Umgebung insbesondere durch Verwehungen, Abschwemmungen und Umlagerungen besteht.

○ Wirkungspfad Boden-Grundwasser

Der Grundwasserpfad ist besonders sensibel für Verunreinigungen. Die Stoffwanderung in Boden und Grundwasser erfolgt physikalisch mit der Schwerkraft, wobei z. B. versickerndes Niederschlagswasser als Transportmedium dient, und der Grundwasserströmung. Außerdem findet ein nicht unmittelbar an ein Transportmedium gekoppelter, physikochemischer Stofftransport in Richtung eines Konzentrationsgefälles (Diffusion) statt. Das Migrationsverhalten von Stoffen im Boden und Grundwasser hängt von einer Vielzahl an Einzelfaktoren ab. Der Stofftransport wird außerdem durch die geologische und hydrogeologische Situation, insbesondere durch die hydraulische Durchlässigkeit des Aquifers bestimmt. Das Grundwasser kann im betrachteten Fall demnach dadurch verunreinigt werden, dass

- Niederschlagswässer Schadstoffe auf dem Wege durch die ungesättigte Bodenzone aufnehmen und als belastetes Sickerwasser in das Grundwasser gelangen oder
- die Kontaminationen vom Grundwasser direkt durchströmt und wasserlösliche Inhaltsstoffe durch Auslaugung gelöst und transportiert werden.



- **Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe** (Trinkwasserverordnung TVO) vom 01.01.2003 (novelliert 2011). Die Verordnung regelt die Qualität und Güte des Trinkwassers. Danach muss Trinkwasser frei sein von Krankheitserregern. In Trinkwasser dürfen die in der Anlage 2 der TVO festgesetzten Grenzwerte für chemische Stoffe nicht überschritten werden. Andere als die in der Anlage 2 aufgeführten Stoffe und radioaktive Stoffe darf das Trinkwasser nicht in Konzentrationen enthalten, die geeignet sind, die menschliche Gesundheit zu schädigen. Konzentrationen von chemischen Stoffen, die das Trinkwasser verunreinigen oder die Beschaffenheit des Trinkwassers nachteilig beeinflussen können, sollen so niedrig gehalten werden, wie dies nach dem Stand der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles möglich ist. Um einer nachteiligen Beeinflussung des Trinkwassers vorzubeugen und um eine einwandfreie Beschaffenheit des Trinkwassers sicherzustellen, dürfen im Trinkwasser die in Anlage 2 festgesetzten Grenzwerte nicht überschritten werden. Des Weiteren sind in der TVO sogenannte „Indikatorparameter“ festgelegt, bei denen eine Überschreitung des jeweiligen Grenzwertes eine Überprüfung der Ursachen nach sich zieht.

Hinweis: Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die TVO hier nicht zur Qualitätsbewertung der in Frage kommenden Grundwässer herangezogen wird. Sie wird lediglich ergänzend diskutiert, um eine eventuelle Relevanz der Lage der Altablagerung in der Trinkwasserschutzzone IIIa der Wasserfassung Michelbach zu berücksichtigen.

- **„Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden“** der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) von 1994. Die LAWA-Empfehlungen stellen eine Leitlinie für den wasserrechtlichen Vollzug dar, anhand dieser der Einzelfall individuell bewertet werden kann. Im Anhang werden ausschließlich Orientierungswerte, d. h. neben Prüfwerten für Basisparameter zur Vor- und Hauptuntersuchung von Grundwasser auch Prüf- und Maßnahmenschwelienwerte für einige Leitparameter der Hauptuntersuchung von Grundwasser sowie Orientierungswerte (Prüf- und Maßnahmenschwelienwerte) für Bodenbelastungen mit leichtflüchtigen und lipophilen organischen Stoffen definiert:

Referenz- bzw. Hintergrundwerte geben den geogenen Hintergrund an.

„Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser (LAWA, Dez. 2004 – Aktualisierte und überarbeitete Fassung von 2016)“: Zur einheitlichen Bewertung von Grundwasserverunreinigungen werden nachvollziehbare Bewertungskriterien benötigt. Ein hierfür von der LAWA als geeignet angesehener Maßstab ist die Geringfügigkeitsschwelle (GFS). Sie bildet die Grenze zwischen einer geringfügigen Veränderung der chemischen Beschaffenheit des Grundwassers und einer schädlichen Verunreinigung.

In den nachfolgenden Tabellen sind die Gehalte der untersuchten Inhaltsstoffe den o. g. Grenz-, Prüf- und Maßnahmenschwelienwerten vergleichend gegenübergestellt. Die Schadstoffgehalte, die die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) der LAWA, die Grenzwerte der TVO oder die Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser der BBodSchV überschreiten, sind fett hervorgehoben.



3.4 Grundwasser

3.4.1 Vor-Ort-Parameter

Bei den gemessenen Vor-Ort-Parametern lässt sich folgendes feststellen:

Tab. 4: Ergebnisse der Messung der Vor-Ort-Parameter

Messstelle			GWM 1	GWM 2	GWM 3	GWM 4	Michelbach	Igel 1	Igel 2*	Igel 4*
Parameter	Einheit	TVO								
05.10.2021										
Färbung			farblos	farblos	farblos	schw. rosa	farblos	farblos	rotbraun	rotbraun
Trübung			klar	schw. trüb	klar	trüb	klar	klar	undurchsichtig	undurchsichtig
Geruch			ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	jauchig	erdig
Temperatur	°C		10,8	9,3	10,2	12,1	11,3	9,8	10,1	9,9
pH-Wert		≥ 6,5 und ≤ 9,5	6,85	7,45	7,22	6,59	7,43	7,23	7,03	7,04
elektr. Leitf.	µS/cm	2790 bei 25 °C	633	341	533	477	555	531	1.330	698
Redoxpotential	mV		371	471	478	469	448	418	257	377
Sauerstoff	mg/l		0,60	5,3	5,2	3,4	7,7	7,5	3,6	7,2

*: Igel 2 und 4: Schöpfprobe

Die gemessenen Temperaturen von 9,3 – 12,1 °C im Grundwasser stellen typische Werte für oberflächennahes Grundwasser in diesem Jahresabschnitt dar - die Werte liegen im Bereich der bisherigen Messungen.

Die pH-Werte der Grundwässer liegen allgemein im neutralen Bereich um pH 7.

Auffällig ist, dass der pH-Wert in der Messstelle GWM 2 um mehr als 1 angestiegen ist, während er in anderen Messstellen mehr oder weniger auf dem gleichen Niveau verbleibt und in GWM 1 sogar absinkt.



Die elektrischen Leitfähigkeiten der Wässer, die ein orientierendes Maß für die Konzentration an gelösten Ionen sind und temperaturabhängig auf 25°C bezogen werden, liegt für GWM 1 auf dem bekannten hohen Niveau bei 633, während die anderen GWM deutlich niedriger liegen.

GWM 2 hatte in der vorigen Messkampagne mit 146 $\mu\text{S}/\text{cm}$ einen sehr niedrigeren Wert und liegt nun wieder im Bereich der entsprechenden Herbstmessung im Vorjahr – die Schwankungen in der Leitfähigkeit korrelieren hierbei mit den Schwankungen im Wasserstand bei GWM 2.

Die elektrische Leitfähigkeit bei Igel 1 liegt mit einem Wert von 595 $\mu\text{S}/\text{cm}$ im leicht erhöhten Bereich und in ähnlicher Größenordnung wie auch der Trinkwasserbrunnen (555 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Die Sauerstoffgehalte der Grundwässer liegen zum Ende des Sommerhalbjahres 2021 überraschend hoch zwischen 3,4 und 7,7 mg/l. In GWM 1 ist zum wiederholten Male der geringste Sauerstoffgehalt festzustellen – es sind sauerstoffzehrende mikrobiologische Prozesse im Bereich von GWM 1 zu vermuten.

Oxidation und Reduktion sind im Grundwasser verbreitete, wesentliche geo-hydrochemische Prozesse. Das Redoxpotential (E_h) bestimmt zusammen mit dem pH-Wert die Löslichkeit bzw. Mobilität einiger relevanter Schadstoffe. Oxidierende Bedingungen sind gekennzeichnet durch erhöhte Sauerstoffgehalte ($> 5 \text{ mg/l}$) sowie E_h -Werte $> 100 \text{ mV}$, andernfalls liegen reduzierende Bedingungen vor. Das Redoxverhalten der untersuchten Grundwässer liegt wie in den vorherigen Messungen einheitlich im Bereich von 371mV bis 478mV und ist damit als oxidierend einzustufen.

Die Tendenz innerhalb der Messstellen GWM 1 und GWM 2 ist allerdings widersprüchlich: während in GWM 1 das Redoxpotential um fast 100 gefallen ist, wurde in GWM 2 der genau gegenteilige Effekt beobachtet.

Die Werte in den beiden Messstellen Igel 2 und Igel 4 werden auf Grund der durchgeführten Schöpfprobenahme nicht näher betrachtet.



3.4.2 Laboranalytik

Im Grundwasser wurden die nachfolgend aufgelisteten, **anorganischen** Inhaltstoffe (u. a. Kationen, Anionen, Schwermetalle) analysiert:

Tab. 5: Ergebnisse der Laboranalysen der anorganischen Inhaltstoffe (Laborbericht 30.10.2021, Probennahme: 05.10.2021)

Messstelle		LAWA GFS	TVO	BBod SchV *	GWM 1	GWM 2	GWM 3	GWM 4	Brunnen Michel- bach	Igel 1	Igel 2**	Igel 4**
Parameter	Einheit											
Hydrogen- carbonat	mg/l				300	190	200	110	240	230	280	200
Chlorid	mg/l	250	250		39	7,4	30	83	24	18	230	7,5
Sulfat	mg/l	250	250		5,3	18	30	11	27	28	22	30
Nitrit	mg/l		0,5		< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,13	< 0,04
Nitrat	mg/l		50		42	15	44	27	43	120	<0,5	19
Phosphor, ges.	mgP/l				0,22	< 0,01	0,11	0,13	0,13	0,10	0,12	< 0,01
Bor	mg/l	0,18	1		0,13	< 0,10	0,12	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10
Cyanid, ges.	mg/l	0,01	0,05	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,013	< 0,005	< 0,005
Ammonium- N	mgN/l		0,5		< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	< 0,04	5,0	< 0,04
Natrium	mg/l		200		24	14	16	20	10	9,6	110	8,3
Kalium	mg/l				3,7	2,1	2,4	2,2	1,8	1,6	5,8	2,2
Magnesium	mg/l				29	15	17	15	8,3	5	11	7,9
Calcium	mg/l				72	81	77	60	100	110	82	49
Eisen, ges.	mg/l		0,2		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,09	< 0,02
Mangan	mg/l		0,05		< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,44	< 0,01
Arsen	mg/l	0,0032	0,01	0,01	< 0,001	0,002	0,002	< 0,001	0,004	0,005	0,009	< 0,001
Selen	mg/l	0,003	0,01	0,01	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Quecksilber	mg/l	0,0001	0,001	0,001	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002
Zink	mg/l	0,060		0,5	< 0,05	0,07	< 0,05	0,07	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Blei	mg/l	0,0012	0,01	0,025	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Chrom, ges.	mg/l	0,0034	0,05	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Kupfer	mg/l	0,054	2	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Nickel	mg/l	0,007	0,02	0,05	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cadmium	mg/l	0,0003	0,003	0,005	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002	< 0,0002

TVO: Trinkwasserverordnung

GFS: Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA

* Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser

** Igel 4: Schöpfprobe – Igel 2 Schöpfprobe



Die Werte der untersuchten Wasserproben zeigen eine ähnliche Mineralisation mit Anionen, Erdalkali- und Alkali-Kationen (vgl. Piper-Diagramme, Abb.2 und 3).

In GWM 4 zeigen sich im Vergleich zu den anderen Grundwassermessstellen („GWM“) und dem Brunnen Michelbach leicht unterschiedliche Gehalte. Außerdem war im Chemismus von GWM 4 wiederholt eine deutliche Veränderung festzustellen – diese Werte konnten mit der jetzigen Messkampagne bestätigt werden. Es wurden auffällig höhere Werte der Chlorid-Ionen sowie niedrigere Werte von Hydrogencarbonat-Ionen nachgewiesen. GWM 4 ist als Anstrombrunnen eher nicht durch die Altablagerung beeinflusst.

Eine leichte Abweichung im Chemismus zu den Ergebnissen der letzten Messung zeigt sich auch für GWM 2 (vgl. Piper-Diagramme, Abb. 2).

Nitrit und die reduzierte Stickstoffverbindung Ammonium wurden lediglich in der Wasserprobe aus IGEL 2 nachgewiesen, jedoch handelt es sich hierbei um eine nicht repräsentative Schöpfprobe.

Auch in dieser Messung konnten in GWM1, GWM3, GWM 4, Igel 1 und im Brunnen Michelbach leicht erhöhte Gehalte von Nitrat nachgewiesen werden, was eventuell auf einen Sickerwassereinfluss durch landwirtschaftlich belastetes Wasser hindeutet („Nitrat-Problematik“).

Für IGEL 2 ist ein erhöhter Eisengehalt und Mangangehalt festgestellt worden – da es sich um eine Schöpfprobe handelt sind diese Werte aber nicht repräsentativ. In den übrigen Messstellen konnten diese Parameter nicht nachgewiesen werden.

Zum wiederholten Mal konnten im Trinkbrunnen Michelbach und im Pegel IGEL 1 Spuren von Arsen nachgewiesen werden. Zusätzlich konnte Arsen im Pegel IGEL 2 nachgewiesen, wobei es sich hier um eine nicht repräsentative Probe handelt.

Bor konnte in geringen Mengen in GWM 1 und GWM 3 nachgewiesen werden, Gesamtcyanide traten in Messstelle IGEL 1 auf.

In keiner der Messstellen wurden nennenswerte Schwermetallmuster in den analysierten Grundwässern nachgewiesen, lediglich eine leicht erhöhte Zinkkonzentration in GWM 2 und GWM 4.

Die Ergebnisse der chemischen Wasseranalyse aus der Schöpfprobe aus Igel 2 und Igel 4 werden wieder lediglich unter Vorbehalt betrachtet – es handelt sich nicht um repräsentative Grundwasserproben.



Im Grundwasser wurden die in Tabelle 6 aufgelisteten, **organischen** Inhaltstoffe analysiert:

Tab. 6: Ergebnisse der Laboranalysen der organischen Inhaltsstoffe (Laborbericht 30.10.2021)

Messstelle		LAWA GFS	TVO	BBod SchV*	GWM 1	GWM 2	GWM 3	GWM 4	Brunnen Michel- bach	Igel 1	Igel 2**	Igel 4**
Parameter	Einheit											
CSB	mg/l											
DOC	mg/l				1,6	3,4	1,6	3,8	2,5	1,5	9,9	3,3
AOX	mg/l				< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01
POX	mg/l											
Phenolindex	mg/l	0,008		0,02	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
KW	mg/l	0,1		0,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	-**
PAK nach TVO***	mg/l	0,000032	0,0001		n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	200	-**
Benzo-(a)pyren	mg/l	0,00001	0,00001		<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00002	-**
1,2-Dichlo- rethan	mg/l	0,003	0,003									
Tetrachlor- ethen + Tri- chlorethen	mg/l	0,01	0,01		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Vinylchlorid	mg/l	0,0005	0,0005		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
LHKW	mg/l	0,02		0,01	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Benzol	mg/l	0,001	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
BTEX	mg/l	0,02		0,02	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
PCB	mg/l				< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	-**

TVO: Trinkwasserverordnung

GFS: Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA

* Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser

** Messstelle Igel 4: Schöpfprobe, die Parameter Mineralölkohlenwasserstoffe, PAK und PCB konnten aufgrund der geringen Probenmenge, die gewonnen werden konnte, nicht analysiert werden. – Messstelle Igel 2: Schöpfprobe

*** Summe aus Benzo(b)fluoranthen; Benzo(k)fluoranthen; Benzo(ghi)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren

Die Schadstoffparameter Kohlenwasserstoffe (KW), Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW), der Summenparameter BTEX (Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol) und Werte für den Phenolindex konnten nicht nachgewiesen werden. Im Vergleich zur letzten Messung traten Ergebnisse über der Nachweisgrenze für AOX-Gehalte (Summenparameter für adsorbierbare organische Halogenverbindungen) im Pegel IGEL 2 auf. Diese Messstelle weist zudem eine deutlich erhöhte Konzentration von Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) auf. Die Ergebnisse dieser Messstelle stammen aus einer Schöpfprobe und stellen keine repräsentativen Werte dar.

An **allen** Messstellen konnten erneut Werte für den gelösten Kohlenstoffanteil (DOC) festgestellt werden (1,5 – 3,8 mg/l). Nachdem die Werte zur letzten Messkampagne vorwiegend gestiegen waren, sanken die Werte in fast allen Messstellen wieder. Die Ausnahme macht auch diesmal Pegel IGEL 4. Der höchsten Werte wurden in IGEL 2 (9,9mg/l, nicht repräsentativ) und GWM 4 mit einem Gehalt von 3,8mg/l ermittelt.



Die Ergebnisse der chemischen Wasseranalyse aus der Schöpfprobe Igel 2 und Igel 4 werden lediglich unter Vorbehalt betrachtet – es handelt sich nicht um eine repräsentative Grundwasserprobe.

4 Gefährdungsabschätzung

Die ökotoxikologischen Bewertungen der festgestellten Problemstoffe sind in dem Gutachten der UIC vom 18.06.2001 ausführlich dargelegt.

Es wurde insbesondere darauf verwiesen, dass Schwankungstendenzen von maßgeblichen Grundwasserinhaltsstoffen regelmäßig zu überprüfen sind, denn diese geben den ersten begründeten und konkreten Hinweis auf Durchströmung (bzw. Nicht-Durchströmung) des Deponiefußes bei entsprechenden Grundwasserständen.

Besondere Auffälligkeiten mit Nachweis von bedenklichen Verschmutzungsindikatoren betrafen in der Analytik des Hauptgutachtens die Grundwässer des Abstrombrunnens GWM 3 und des Lateralbrunnens GWM 1. Die Situation hat sich an den bisherigen Beprobungsterminen bis 2021 dahingehend nicht geändert - die durchgehend hohe Gesamtmineralisation im Grundwasser des Abstrompegels GWM 3 und des Lateralbrunnens GWM 1 ist Fakt.

Es muss jedoch immer wieder betont werden, dass es im Kluftaquifer des grundwasserführenden Untergrundes zunächst nicht relevant ist, ob die nachgewiesenen wechselnden Grundwasserbelastungsmuster nur für den Abstrombrunnen beweis aussagend sind, die weitgehend unbekanntes Fließvorgänge im Untergrund lassen auch belastete Grundwässer im Lateralbereich der Deponie z.B. in Hauptabflussrichtungen übertreten und umgekehrt.

Bewiesen ist die Pfadverknüpfung des Zechsteinaquifers (in dem der Trinkwasserbrunnen Michelbach fördert) mit dem Grundwasser-oberstromigen karbonischen Kluftaquifer, in welchem sich der Deponiefuß sowie die Grundwasser-Beobachtungsbrunnen befinden (siehe Hauptgutachten vom 18.06.2001).

Als Adressat des nachgewiesenen betroffenen Schutzgutes Grundwasser verbleibt daher weiterhin die Trinkwasser-Gewinnungsanlage Michelbach. Die Entfernung zu der Anlage beträgt ab der Deponie sowie dem Igelpfuhl je ca. 800 m. Der potentiell nachteilige Wirkungspfad über das Grundwasser im Grundwassergefälle und im Entnahmetrichter der Brunnenanlage ist relevant. Die Feststellung eines Besorgnis eines Übertrittes von Problemstoffen aus der Deponie in das geförderte Grundwasser und folgend in das zur Nutzung bereitgestellte Trinkwasser bleibt bestehen. Da die GWM 3, genau wie der Trinkwasserbrunnen Michelbach, in der von der Deponie nach NNW gerichteten Grundwasserfließrichtung liegt, ist ein Einfluss vom ehemaligen Gemeindemüllplatz wahrscheinlich und weitere Beobachtungen unerlässlich (**Fortführung des GW-Monitorings**).



Eine weitere Problematik tritt nach der Stilllegung von Pegel 7 und mit dem Neubau und Ersatz durch GWM 4 (ca. 20 m östlich von Pegel 7) hinzu, wie schon bei der Diskussion des aktuellen Grundwassergleichenplanes angemerkt. Das Grundwasser strömt demnach mit leichtem Gradienten von Süden über → GWM 4 in Richtung → Deponiekörper → GWM 3 → Brunnen Michelbach.

Die in Pegel 7 über viele Jahre gemessenen geochemisch unausgewogenen Reaktivitäten, die das dort analysierte Grundwasser nicht an die übrige Grundwasserlandschaft adaptierten, lassen nach den Beprobungen von GWM 4 nicht mehr den Schluss auf eine Beeinflussung durch die Deponie zu.

Die bis dato ungeklärten und bis 2021 verzeichneten Auffälligkeiten im Muster des Grundwassers bei GWM 4, für die als Quelle dieser Belastungsindikatoren auf Grund des Strömungsgradienten nicht die zur Untersuchung anstehende Deponie zurückgeführt werden kann, resultieren mit hoher Wahrscheinlichkeit ebenfalls nicht, wie vormals postuliert, aus einem bisher unentdeckten Belastungskörper, etwa im angrenzenden Wald. Diesbezüglich wurden **von IPP die Berichte „Weiterführende Untersuchungen zur Altablagerung Ehemaliger Gemeindemüllplatz in Michelbach“ (27.04.2018) sowie „Einzelfallrecherche gem. HLNUG der ehem. Bauschuttdeponie Igelpfuhl/Dachspfuhl“ (21.08.2018) vorgelegt.** Als Ergebnis wurde ausgeführt, dass es keine Hinweise auf weitere Verdachtsflächen im Grundwasseranstrom gibt.

Die im Umfeld der Altablagerung Igelpfuhl fertiggestellten Pegel Igel 2, der seit einiger Zeit verstopft und nicht zugänglich war, und Igel 4 sowie der wieder nutzbare Pegel Igel 1 zeigen in einer engbegrenzten Grundwasserlandschaft den eindeutigen Abstrom etwa Richtung Trinkwasserbrunnen Michelbach. Obgleich in einer vergleichenden Analytik der drei Beobachtungspegel bislang keine typischen und gravierenden Indikatoren auf Deponieeinfluss einer mutmaßlichen Bauschuttdeponie festgestellt werden konnten, kann im Fall der Altablagerung Igelpfuhl eine vergleichbare Situation der potentiellen Gefährdung durch Verfrachtung belasteter Sickerwässer in das genutzte Grundwasservorkommen nicht ausgeschlossen werden. Im aktuell vorgelegten **IPP-Bericht „Einzelfallrecherche gem. HLNUG der ehem. Bauschuttdeponie Igelpfuhl/Dachspfuhl“ (13.12.2018)** konnten keine weiteren Hinweise auf eine Schadstoffbelastung festgestellt werden.

Die Begründung hierfür ist einmal in der vergleichbaren topographischen Nähe vom Igelpfuhl zum Brunnenstandort Michelbach (800 m), der topographischen Tiefenlage von Igelpfuhl (ca. 257 m), der Höhendifferenz von ca. 20 m zum Standort Trinkwasserbrunnen und der indirekten Verknüpfung durch ein E-W verlaufendes Bachtal mit der Grundwasserabflussrichtung, welches hinsichtlich des Bachtals zwanglos einem gleich orientierten Kluftsystem zugeordnet werden kann. Im tieferen Untergrund hat der Aufstoß druckentlasteter saliner Zechsteinwässer die Verbindung zu tiefgreifenden Grundwasservorkommen bewiesen (Igel 1 - Analytik 02.06.2006 und Bericht Igelpfuhl vom 15.06.2007 sowie Igel 2 Voranalytik vom 10.03.2014 und Analytik vom 07.04. und 25.11.2014), die hydraulische Verknüpfung zu oberflächennahen Grund- und Sickerwässern sowie zu Oberflächenstauwässern am Deponierand ist zwingend logisch. Jedoch sind Filter- und Absorptionsprozesse bei Sickerwässern aus dem Deponiekörper mit bisher unbekannter Tiefenlage in das Grundwasser, bedingt durch die auffallend tiefe Grundwasseroberfläche (Igel 4: ca. 13 m u.MP), positiv zu bewerten.



Es wird wieder auf die relativ und z.T. erheblich variierenden Werte des Redoxpotentials im Brunnen Michelbach hingewiesen, und dies ohne relevante Labornachweise auf fehlende, zusätzliche oder reduktiv/oxidativ wirkende Redoxpartner. Der sensible Wert des Redoxpotentials sollte im Brunnen Michelbach weiterhin der speziellen Überwachung unterworfen werden. Außerdem wurden im Rohwasser des Brunnens wiederholt Spuren von Arsen und Nitrat festgestellt.

Da durch vorausschauende frühzeitige Sicherungsmaßnahmen und Flächenstilllegung auf den Flächen oberhalb der Deponie durch die Stadt Marburg sowohl ein direkter Kontakt zwischen Schadstoff und Mensch als auch die Aufnahme durch angebaute Pflanzen unmöglich geworden ist, wiegt eine potentielle Gefährdung des Grundwassers durch der Deponie zuzuordnende Stoffe und Stoffreaktionen umso mehr.

5 Feststellung des Handlungsbedarfs

Aus gutachterlicher Sicht und der ausgesprochenen, weiterhin bestehenden potentiellen Besorgnis im Hinblick auf den Grundwasserschutz in Bezug auf die Trinkwassergewinnung in Michelbach wird folgende Vorgehensweise anempfohlen:

- Fortsetzung des Grundwasser-Monitoring-Programms, d.h. Wiederholungsmessungen (Stichtagsmessungen und Grundwasserprobennahmen) sollten weiterhin im hydrologischen Jahr jeweils zu Ende des hydrologischen Sommer- und Winterhalbjahres durchgeführt werden, um insbesondere die Schwankungstendenzen der Konzentration von maßgeblichen Wasserinhaltsstoffen, die mit der nachgewiesenen Durchströmung des unteren Deponiekörpers zusammenhängen, zu systematisieren. **Die Fortsetzung des Grundwassermonitorings Michelbach und Dachspfuhl/Igelpfuhr wird vom Regierungspräsidium Gießen gemäß dem Schreiben vom 27.03.2018 als Auflage im Zuge der Erlaubniserteilung zur Grundwasserentnahme zur öffentlichen Trinkwasserversorgung (befristet bis 27.03.2048) gefordert.**

Auf die exakte Einhaltung der Mess- und Analysetermine im hydrologischen Jahr wird hingewiesen, d.h. die Messungen und Beprobungen sind zeitlich eng orientiert an die Termine zu **Ende Oktober bzw. Ende April** des Jahres durchzuführen. Die Zeitspanne zwischen Probenahme und Laborbericht sollte durch geeignete Organisation deutlich verkürzt werden.

In den Messstellen IGEL 2 und IGEL 4 können seit langem nur noch Schöpfproben durchgeführt werden, was zu nicht repräsentativen Ergebnissen der Analyseparameter führt. Aufgrund dessen könnte eventuell von einer weiteren Beprobung abgesehen werden.

Neben der Fortsetzung des Grundwassermonitorings wurde vom Regierungspräsidium Gießen ebenfalls die Durchführung einer Gefährdungsabschätzung für die Altablagerungen Michelbach und Igelpfuhr/Dachspfuhr gefordert – die entsprechenden Berichte („Einzelfallrecherche gem. HLNUG“) wurden durch IPP am 21.08.2018 bzw. 13.12.2018 vorgelegt.



Im Hinblick auf eine Sickerwasserprognose für den Bereich der Altablagerung liegt mittlerweile eine Stellungnahme des RP Gießen vom 10.04.2019 vor – demnach ist eine Sickerwasserprognose aus fachlicher Sicht zunächst nicht erforderlich. Dies kann sich, in Abhängigkeit der weiteren Ergebnisse im Rahmen des Grundwassermonitorings, jedoch ändern.

Als nächste Schritte sind zeitnah folgende Tätigkeiten umzusetzen:

- Fortsetzung des Grundwasser-Monitorings mit den Messkampagnen im April 2022 und Oktober 2022
- **Aufnahme des Parameters „Milzbrandsporen“ im Laboranalytikumfang für GWM 1 bis GWM 4 inkl. Brunnen Michelbach**
- **Instandsetzung von Pegel Igel 2 und Igel 4 oder Einstellung der Beprobung dieser Messstellen**

Sämtliche Aussagen und Bewertungen basieren auf den dokumentierten Untersuchungen und wurden nach bestem fachlichem Wissen und Gewissen erarbeitet.

gez. Dipl.-Ing. H. Possel
(Geschäftsführung)


 **IPP** Ingenieure für Bau, Umwelt
und Stadtentwicklung
i. V. Dipl.-Geol. A. Voß
IPP Ingenieure für Bau, Umwelt und Stadtentwicklung Partner GmbH
Renzburgener Landstr. 196-198 D-24113 Kiel
Tel. +49 (431) 6 49 59 0, Fax +49 (431) 6 49 59 59
www.ipp-gruppe.de