

Altablagerung „ehemaliger Gemeindemüllplatz Michelbach“

VFD-Nr.: 534 014 170 000 004

Grundwasser-Monitoring

41. Bericht



Auftraggeber:



Magistrat der Universitätsstadt Marburg
Fachkraft für Arbeitssicherheit
Am Krekel 55
D-35039 Marburg

Projektleiter:

Dipl.-Geol. A. Steih-Winkler

☎ (06421) 201 - 404

Ing.-Angebot:

15.08.2022

Ingenieurvertrag:

vom 19. August 2022

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 30.12.2022

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	8
3.1	Stichtagsmessungen	8
3.2	Grundwasserbeschaffenheit	14
3.3	Analytik	16
3.3.1	Bewertungsgrundlagen	16
3.4	Grundwasser	19
3.4.1	Vor-Ort-Parameter	19
3.4.2	Laboranalytik	21
4	Gefährdungsabschätzung	24
5	Feststellung des Handlungsbedarfs	26

II Verzeichnis der Anlagen

1	Übersichtslageplan	M=1:10.000
2	Grundwassergleichenplan vom 24.11.2022	M=1:2.000
3	Protokolle der Vor-Ort-Messungen und Probennahmen vom 24.11.2022 sowie Laborprüfberichte Labor WARTIG vom 16.12.2022	

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: Parameterliste der zusätzlich untersuchten polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)	7
Tab. 4: Grundwasserstände 2005-2022	8
Tab. 4: Ergebnisse der Messung der Vor-Ort-Parameter	19
Tab. 5: Ergebnisse der Laboranalysen der anorganischen Inhaltsstoffe	21
Tab. 6: Ergebnisse der Laboranalysen der organischen Inhaltsstoffe	23

IV Verzeichnis Abbildungen

Abbildung 1: Niederschlagsverläufe 2021	10
Abbildung 2: Niederschlagsverläufe 2022	10
Abbildung 3: Vergleich der Grundwasserstände 2005 – 2022	
Abbildung 4: Darstellung der Ionenverhältnisse im Piper-Diagramm (Michelbach)	13
Abbildung 5: 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 Grundwasserpfades 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 Grundwasserpfades 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 Grundwasserpfades“ 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 Absenkekanal 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 die Stadt Marburg im Auftrag des Magistrats 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 vom 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 Gemeindemüllplatzes 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 40. Bericht wurden die Untersuchungsergebnisse der Probenahme vom 08.03.2022 vorgestellt und das hydrologische Winterhalbjahr 2021/22 bewertet. Die Wasserstände lagen in den meisten Messstellen auf einem etwas höheren Niveau wie zur Vorjahresmessung. Die Ergebnisse der Messstellen IGEL 2 und IGEL 4 waren erneut nicht repräsentativ, da wegen des geringen Wasserdargebots nur Schöpfproben genommen werden konnte. Beide Messstellen sind beschädigt. Der Umfang der Analyseparameter wurde um Dioxine und Furane ergänzt.

Die Bearbeitung des vorliegenden 41. Berichtes erfolgt auf Grundlage des Angebots von IPP vom 15.08.2022 sowie der Beauftragung durch die Stadt Marburg vom 19.08.2022. Die Untersuchungsergebnisse der Probenahme vom 24.11.2022 werden hiermit turnusgemäß vorgestellt und bewerten das hydrologische Sommerhalbjahr 2022.

2 Grundwasseruntersuchungsprogramm

2.1 Stichtagsmessungen

Am 24.11.2022 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 24.11.2022 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 24.11.2022 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 Wasserprobennahme 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. Zusätzlich wurden in dieser Messkampagne in Abstimmung mit dem Regierungspräsidium Gießen (Schreiben vom 13.09.2022) erstmals auch die Verdachtsparameter polychlorierte Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F) untersucht. Die Analytik wurde von einem nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiertes Labor analog zum Verfahren DIN 38407-F33 durchgeführt.

Die Laborberichte vom 16.12.2022 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	Fluoranthen
17	11250	Mangan	39	17918	Benzo(b)fluoranthen
18	11260	Eisen, gesamt	40	17919	Benzo(k)fluoranthen
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			

Tab. 3: Parameterliste der zusätzlich untersuchten polychlorierten Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane (PCDD/F)

Parameter
2,3,7,8 Tetra-CDD
1,2,3,7,8-Penta-CDD
1,2,3,4,7,8-Hexa-CDD
1,2,3,6,7,8-Hexa-CDD
1,2,3,7,8,9-Hexa-CDD
1,2,3,4,6,7,8-Hepta-CDD
Octa-CDD
2,3,7,8-Tetra-CDF
1,2,3,7,8-Penta-CDF
2,3,4,7,8-Penta-CDF
1,2,3,4,7,8-Hexa-CDF
1,2,3,6,7,8-Hexa-CDF
1,2,3,7,8,9-Hexa-CDF
2,3,4,6,7,8-Hexa-CDF
1,2,3,4,6,7,8-Hepta-CDF
1,2,3,4,7,8,9-Hepta-CDF
Octa-CDF



3 Darstellung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse

3.1 Stichtagsmessungen

Die Ergebnisse der Stichtagsmessung vom 24.11.2022 zeigten jahreszeitlich bedingt etwas niedrigere Grundwasserstände als in der vorherigen Messkampagne im März 2022 und repräsentieren damit die Grundwassermorphologie am Ende des hydrologischen Sommerhalbjahres 2022 (höhere Verdunstung, höherer Wasserbedarf der Vegetation als im Winter).

Tab. 4: Grundwasserstände 2005-2022

Wasserstand [m u. MP]											
Mess- stelle	Höhe Messpkt	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
GWM 1	296,43	5,60	4,89	4,57	4,96	4,22	4,38	4,50	4,82	4,58	5,12
GWM 2	296,57	4,10	9,48	4,17	9,33	4,30	4,84	3,90	9,64	3,97	9,83
GWM 3	270,53	5,90	7,43	6,50	7,22	5,68	5,62	5,53	6,85	5,63	7,49
GWM 4	303,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pegel 7	297,65	11,53	12,63	11,82	12,70	10,40	11,70	9,88	11,62	10,80	11,97
Igel 1	256,43	-	-	-	22,37	14,49	17,89	14,25	21,05	18,18	22,66
Igel 2	252,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Igel 4	255,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
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
GWM 2	296,57	292,47	287,09	292,40	287,24	292,27	291,73	292,67	286,93	292,60	286,74
GWM 3	270,53	264,63	263,10	264,03	263,31	264,85	264,91	265,00	263,68	264,90	263,04
GWM 4	303,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pegel 7	297,65	286,12	285,02	285,83	284,95	287,25	285,95	287,77	286,03	286,85	285,68
Igel 1	256,43	-	-	-	234,06	241,94	238,54	242,18	235,38	238,25	233,77
Igel 2	252,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Igel 4	255,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Wasserstand [m u. MP]											
Mess- stelle	Höhe Messpkt [NN+m]	12.4.10	26.11.10	18.4.11	14.10.11	19.3.12	24.9.12	6.3.13	16.10.13	7.4.14	27.10.14
GWM 1	296,43	4,65	5,05	5,00	5,55	5,42	5,19	4,92	4,90	4,58	4,50
GWM 2	296,57	4,05	8,41	5,81	9,99	7,49	8,65	4,12	8,67	5,47	8,21
GWM 3	270,53	5,65	6,48	6,45	7,64	6,25	6,91	5,50	7,05	6,14	5,89
GWM 4	303,11	-	-	-	-	-	-	-	-	10,12	10,41
Pegel 7	297,65	10,05	11,52	11,58	11,83	10,72	10,99	9,87	10,72	-	-
Igel 1	256,43	16,05	-	-	-	-	-	-	-	16,61	19,43
Igel 2	252,13	-	-	-	-	-	-	-	-	11,37	11,45
Igel 4	255,04	-	-	-	-	-	-	-	-	12,75	13,09
Höhe Grundwasserstand [NN+m]											
GWM 1	296,43	291,78	291,38	291,43	290,88	291,01	291,24	291,51	291,53	291,85	291,93
GWM 2	296,57	292,52	288,16	290,76	286,58	289,08	287,92	292,45	287,90	291,10	288,36
GWM 3	270,53	264,88	264,05	264,08	262,89	264,28	263,62	265,03	263,48	264,39	264,64
GWM 4	303,11	-	-	-	-	-	-	-	-	292,99	292,70
Pegel 7	297,65	287,60	286,13	286,07	285,82	286,93	286,66	287,78	286,93	-	-
Igel 1	256,43	240,38	-	-	-	-	-	-	-	239,82	237,00
Igel 2	252,13	-	-	-	-	-	-	-	-	240,76	240,68
Igel 4	255,04	-	-	-	-	-	-	-	-	242,29	241,95
Mess- stelle	Höhe Messpkt	24.4.15	16.10.15	4.4.16	26.9.16	07.04.20 17	26.10.17	19.03.20 18	06.09.18	10.04.19	18.11.19
GWM 1	296,43	4,28	5,05	4,50	5,80	5,57	5,19	4,68	5,05	5,26	5,62
GWM 2	296,57	4,45	9,82	4,50	9,46	9,51	8,07	3,95	9,47	5,42	10,06
GWM 3	270,53	5,73	7,54	5,40	7,42	6,29	6,11	6,45	7,13	5,82	7,60
GWM 4	303,11	9,54	12,90	9,85	12,01	12,02	11,07	10,10	11,56	11,11	12,63
Pegel 7	297,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Igel 1	256,43	15,24	21,93	16,35	21,68	23,70	21,64	15,43	21,04	19,59	25,32
Igel 2	252,13	9,84	12,67	10,34	13,55	12,90	12,92	10,22	-	12,62	-
Igel 4	255,04	12,10	-	12,55	13,39	13,85	14,13	12,43	13,09	13,27	14,32
GWM 1	296,43	292,15	291,38	291,93	290,63	290,86	291,24	291,75	291,38	291,17	290,81
GWM 2	296,57	292,12	286,75	292,07	287,11	287,06	288,50	292,62	287,10	291,15	286,51
GWM 3	270,53	264,80	262,99	265,13	263,11	264,24	264,42	264,08	263,40	264,71	262,93
GWM 4	303,11	293,57	290,21	293,26	291,10	291,09	292,04	293,01	291,55	292,00	290,48
Pegel 7	297,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Igel 1	256,43	241,19	234,50	240,08	234,75	232,73	234,79	241,00	235,39	236,84	231,11
Igel 2	252,13	242,29	239,46	241,79	238,58	239,23	239,21	241,91	-	239,51	-
Igel 4	255,04	242,94	-	242,49	241,65	241,19	240,91	242,61	241,95	241,77	240,72



Wasser-stand							
Mess-stelle	Höhe Messpkt	19.03.20	12.11.20	22.04.21	05.10.21	08.03.22	24.11.2022
GWM 1	296,43	5,04	5,83	5,46	5,55	5,37	5,68
GWM 2	296,57	4,03	10,94	4,28	9,42	5,58	10,27
GWM 3	270,53	5,14	7,78	6,00	7,31	5,44	7,48
GWM 4	303,11	9,35	12,86	11,28	12,31	10,63	12,66
Pegel 7	297,65	-	-	-	-	-	-
Igel 1	256,43	14,51	24,60	20,29	23,99	18,76	24,83
Igel 2	252,13	-	-	-	13,68	11,39	12,63
Igel 4	255,04	10,28	14,03	13,41	14,33	12,43	14,22
GWM 1	296,43	291,39	290,60	290,97	290,88	291,06	290,75
GWM 2	296,57	292,54	285,63	292,29	287,15	290,99	286,30
GWM 3	270,53	265,39	262,75	264,53	263,22	265,09	263,05
GWM 4	303,11	293,76	290,25	291,83	290,80	292,48	290,45
Pegel 7	297,65	-	-	-	-	-	-
Igel 1	256,43	241,92	231,83	236,14	232,44	237,67	231,60
Igel 2	252,13	-	-	-	238,45	240,74	239,50
Igel 4	255,04	244,76	241,01	241,63	240,71	242,61	240,82

Die aktuelle Messung vom 24.11.2022 wurde rot hervorgehoben.

Die Wasserspiegel in den vier Grundwassermessstellen GWM 1 -4 liegen zwischen 0,31m (GWM 1) und 4,69m (GWM 4) deutlich niedriger als zum Zeitpunkt der Vormesskampagne im Frühjahr (Jahresgang).

Auch im Vergleich zum Vorjahr (Herbst 2021) liegen diese Grundwasserspiegel niedriger – allerdings nur um 0,13m bis 0,85m (Trend zu sinkendem Grundwasserstand).

Die folgenden Abbildungen zeigen im Hinblick auf die jährliche Grundwasserneubildung die Niederschlagsverläufe der Jahre 2021 und 2022.

Abbildung 2 zeigt, dass die Jahresniederschlagssumme von 556,1 l/m³ an der Messstation Marburg-Mitte 2022 leicht unter dem Wert des Vorjahres liegt. Das langjährige Mittel von 652,6 l wurde auch in diesem Jahr deutlich unterschritten. Der Verlauf der Niederschlagswerte zeigt einen besonders trockenen August und einen niederschlagsreichen September.

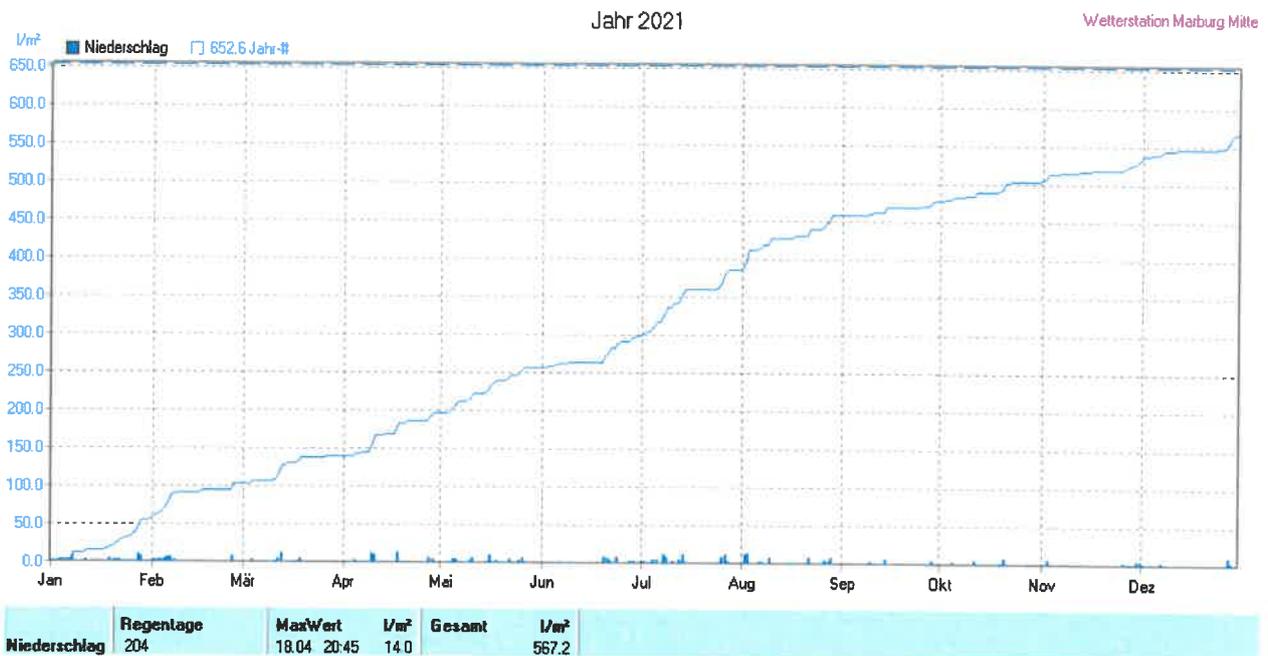


Abbildung 1: Jahresverlauf der Niederschläge 2021 für die Wetterstation Marburg-Mitte (Quelle: www.wettereule.de)

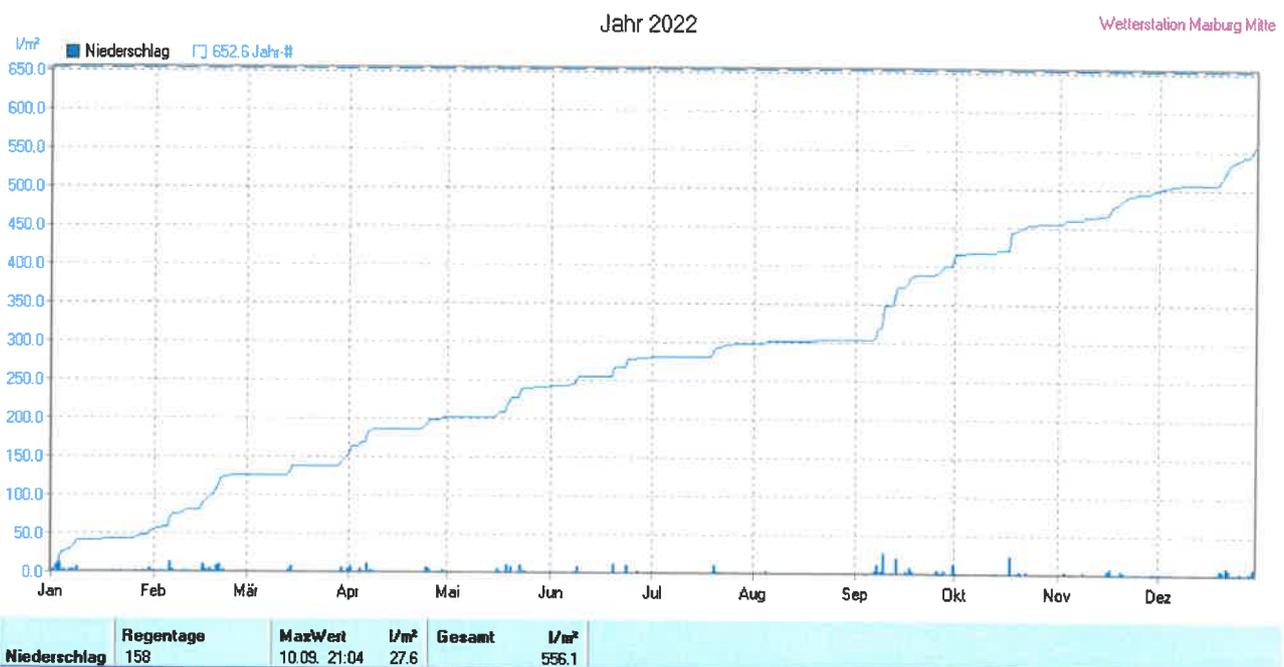


Abbildung 2: Jahresverlauf der Niederschläge 2022 für die Wetterstation Marburg-Mitte (Quelle: Wettereule.de)

Außerdem wurden besonders hohe Temperaturen aufgezeichnet. Der durchschnittliche Wert (11,22 °C) liegt 2,27 ° über dem des Vorjahres, bei einem maximal gemessenen Wert von 39,1 °C (2021: 34,1 °C).



Die leicht geringere Jahresniederschlagssumme 2022, eine höhere Verdunstung durch die höheren Temperaturen und die schlechtere Versickerung im niederschlagsreichen September, nach dem besonders trockenen August (überwiegend oberflächlicher Abfluss) haben zu einem niedrigeren Wasserstand im Vergleich zur Vorjahresmessung 2021 geführt.

Die grafische Auswertung der Grundwasserstände von GWM 1 bis 4 und Igel 1 sind in den Diagrammen in Abbildung 3 dargestellt. Die jahreszeitlich bedingte Schwankung mit höheren Grundwasserständen im Frühjahr und niedrigeren Wasserständen im Herbst ist eindeutig zu erkennen.

Insgesamt zeichnet sich außerdem über den Zeitraum von 2005 bis 2022 in allen Messstellen die Tendenz zur Abnahme des Grundwasserspiegels ab (vgl. eingblendete Trendlinien). Das Maß der natürlichen Grundwasserabsenkung liegt je nach Messstelle zwischen etwa 0,30 m und 4,0.

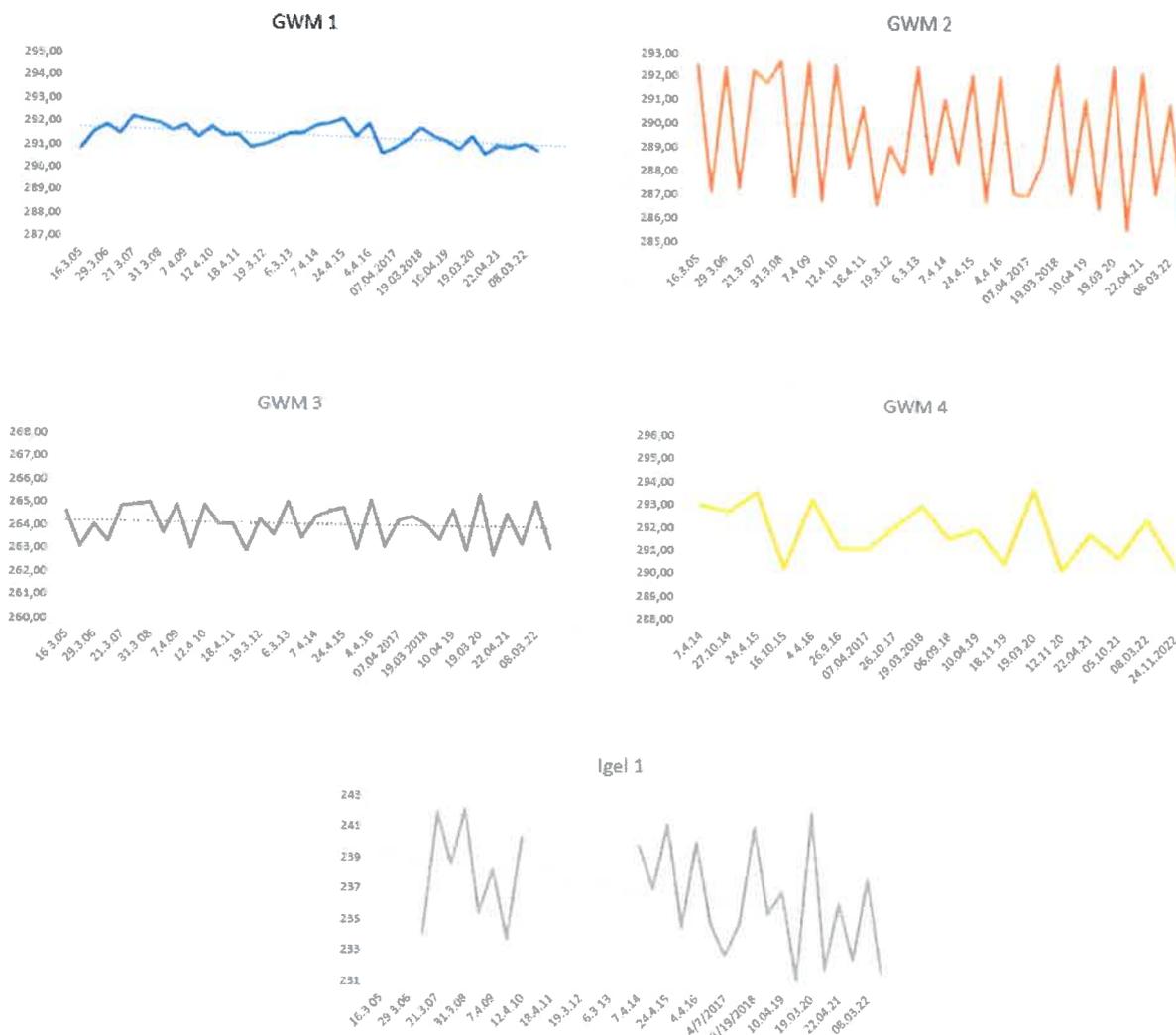


Abbildung 3: Vergleich der Grundwasserstände 2005 - 2022



Vor allem die Grundwasserstände der letzten vier Herbstmessungen liegen in fast allen Messstellen unter dem Mittelwert der letzten 18 hydrologischen Sommerhalbjahre. Die Wasserstände in den zur Verfügung stehenden Messstellen sollten daher in den folgenden Kampagnen weiter beobachtet und überprüft werden (möglicher Einfluss des Klimawandels).

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 24.11.2022 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 $i=0,09$ 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 Igelpfuhs 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, 2, 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 hydrogen-carbonatische Wässer“ einzuordnen.

Die im Trinkwasserbrunnen Michelbach geförderten Wässer sind dem Grundwassertyp des Depone-Abstrombrunnens GWM 3 ähnlich, ein Beweis der hydraulischen Verbindung der Grundwasservorkommen beider Aquifere.

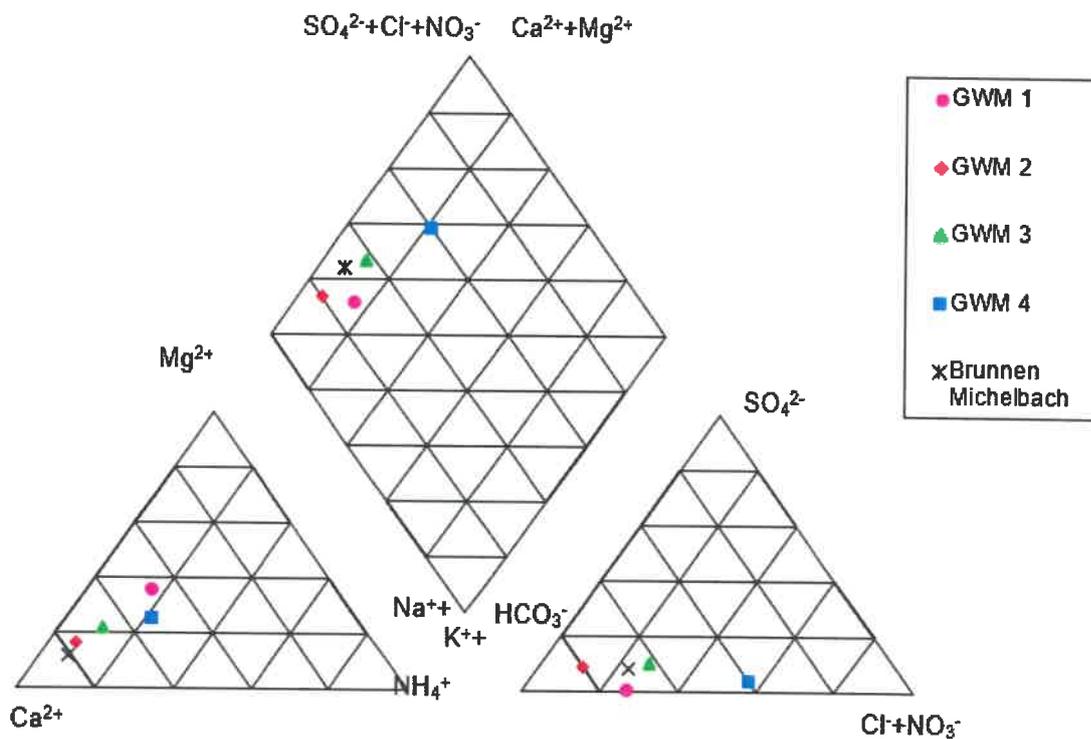


Abbildung 4: Darstellung der Ionenverhältnisse im Piper-Diagramm für den 24.11.2022 - Bereich ehemaliger Gemeindepfandplatz Michelbach

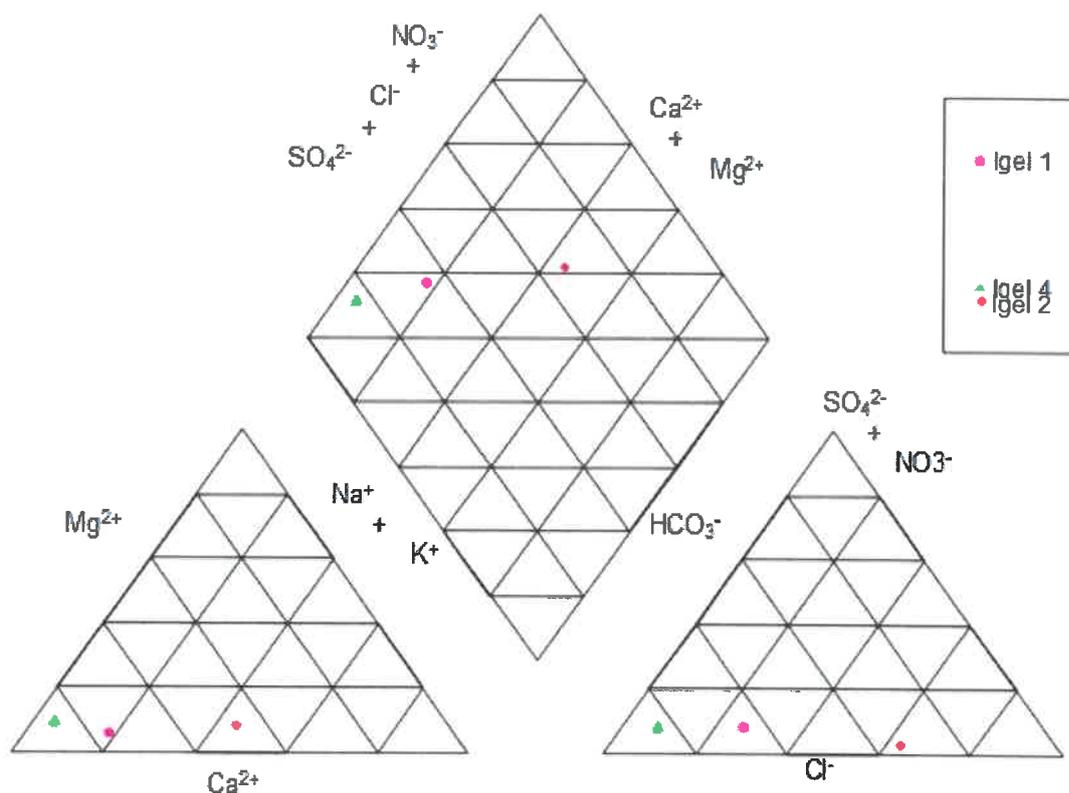


Abbildung 5: Darstellung der Ionenverhältnisse im Piper-Diagramm für den 24.11.2022 – Bereich Bauschutt-ablagerung Igelpfuhl

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 Maßnahmenschwellenwerte für einige Leitparameter der Hauptuntersuchung von Grundwasser sowie Orientierungswerte (Prüf- und Maßnahmenschwellenwerte) 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 Maßnahmenschwellenwerten 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. 5: 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								
24.11.2022										
Färbung			farblos	farblos	farblos	dunkel-rosa	farblos	farblos	rotbraun	rotbraun
Trübung			klar	klar	klar	stark trübe	klar	klar	undurchsichtig	undurchsichtig
Geruch			ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	ohne	faulig	ohne
Temperatur	°C		10,4	9,40	10,2	10,0	8,90	9,90	10,8	9,30
pH-Wert		≥ 6,5 und ≤ 9,5	6,88	7,52	7,24	6,54	7,65	7,10	7,06	7,18
elektr. Leitf.	µS/cm	2790 bei 25 °C	642	365	549	578	571	641	1.570	692
Redoxpotential	mV		490	518	439	466	404	524	348	331
Sauerstoff	mg/l		0,50	6,7	5,2	5,1	7,6	8,2	6,4	5,4

*: Igel 2 und 4: Schöpfprobe

Die Werte in den beiden Messstellen Igel 2 und Igel 4 werden auf Grund der durchgeführten Schöpfbeprobung nicht näher betrachtet – hier sorgt der geringe Grundwassernachfluss dafür, dass das analysierte Wasser nicht repräsentativ ist und die Ergebnisse der chemischen Laborergebnisse nur eingeschränkt verwertbar sind.

Auch die Wasserprobe aus GWM 4 ist stark trübe und verfärbt – ansonsten weisen die Ergebnisse der physiko-chemischen Vor-Ort-Parameter aber keine Auffälligkeiten in dieser GWM auf.

Die gemessenen Temperaturen von 8,90 – 10,8 °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.



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 642 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Werte von GWM 3, GWM 4, Igel 1 und dem Brunnen Michelbach liegen in einem ähnlichen Bereich wie in den Vormessungen, die aktuelle Messung zeigt Werte zwischen 549 und 641 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die geringste Leitfähigkeit wurde, wie in den vorherigen Messungen, in GWM 2 nachgewiesen (365 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Igel 2 zeigte wie im Herbst 2021 einen sehr hohen Wert von 1.570 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Achtung: Schöpfprobe).

Die Sauerstoffgehalte der Grundwässer lagen in der Herbstmessung 2022 zwischen 0,5 und 8,2 mg/l. In GWM 1 ist zum wiederholten Mal der geringste Sauerstoffgehalt festzustellen (0,50 mg/l) – es sind sauerstoffzehrende mikrobiologische Prozesse im Bereich von GWM 1 zu vermuten.

Die Sauerstoffkonzentrationen in Igel 1 und Brunnen Michelbach veränderten sich im Vergleich zur Messung am Ende des hydrologischen Sommerhalbjahres 2021 kaum und blieben somit auf einem hohen Niveau zwischen 7,6 und 8,2. Der Gehalt von Sauerstoff in GWM 4 ist jeweils erneut leicht gestiegen.

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 mg/l) oder E_h -Werte > 100 mV, andernfalls liegen reduzierende Bedingungen vor. Das Redoxverhalten der untersuchten Grundwässer liegt ähnlich zu den vorherigen Messungen einheitlich im Bereich von 404 mV (Brunnen Michelbach) bis 524 mV (Igel 1) und ist damit als oxidierend einzustufen – in GWM 1 bei sehr geringem Sauerstoffgehalt.



3.4.2 Laboranalytik

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

Tab. 6: Ergebnisse der Laboranalysen der anorganischen Inhaltsstoffe (Laborbericht 16.12.2022, Probennahme: 24.11.2022)

Messtelle		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				290	190	200	120	240	260	280	380
Chlorid	mg/l	250	250		35	5,6	26	81	23	40	300	5,6
Sulfat	mg/l	250	250		4,1	18	27	11	24	25	21	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		44	16	43	27	40	39	13	26
Phosphor, ges.	mgP/l				<0,01	< 0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	< 0,01
Bor	mg/l	0,18	1		<0,10	< 0,10	<0,10	< 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	<0,005	< 0,005	< 0,005
Ammonium- N	mgN/l		0,5		< 0,04	<0,04	< 0,04	0,04	< 0,04	< 0,04	1,6	0,05
Natrium	mg/l		200		23	5,1	13	25	8,9	27	150	7,5
Kalium	mg/l				3,6	1,7	2,0	2,7	1,7	1,9	4,0	2,5
Magnesium	mg/l				30	7,7	15	17	8,8	4,5	16	9,5
Calcium	mg/l				65	58	75	57	96	100	140	140
Eisen, ges.	mg/l		0,2		< 0,02	0,05	0,16	0,80	< 0,02	0,05	0,32	0,10
Mangan	mg/l		0,05		< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	1,1	0,30
Arsen	mg/l	0,0032	0,01	0,01	< 0,001	0,001	0,002	0,001	0,003	0,005	0,003	< 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	<0,05	< 0,05	<0,05	< 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, mit Bodensatz – Igel 2 Schöpfprobe, Messstelle stark beschädigt



Die Werte der untersuchten Wasserproben zeigen eine ähnliche Mineralisation mit Anionen, Erdalkali- und Alkali-Kationen (vgl. Piper-Diagramme, Abb.3 und 4).

Im Chemismus von GWM 4 wurden im Vergleich zu den anderen Messstellen deutlich höhere Eisen- und Chloridwerte nachgewiesen – dieser Befund korreliert mit dem organoleptischen Hinweis „stark trübe – dunkelrosa Färbung“. GWM 4 ist augenscheinlich als Anstrombrunnen eher nicht durch die Altablagerung sondern von den hydrogeochemischen Bedingungen im Anstrombereich im Süden beeinflusst (vgl. auch die Darstellung des Grundwasser-Chemismus im Piper-Diagramm, Abb. 3).

GWM 1 zeigt über die letzten Jahre eine generell höhere Konzentration von Magnesium und Kalium im Vergleich zu den übrigen Messstellen.

Eine leichte Abweichung im Chemismus zu den Ergebnissen der letzten Messung zeigt sich auch in dieser Messkampagne für GWM 2 (vgl. Piper-Diagramme, Abb. 3).

Die reduzierte Stickstoffverbindung Ammonium konnte erneut in der Wasserprobe aus IGEL 2 und ebenfalls in IGEL 4 nachgewiesen, jedoch handelt es sich hierbei um eine nicht repräsentative Schöpfproben. Ammonium trat in dieser Messung in GWM 1 und GWM 4 nicht mehr auf.

Auch in dieser Messung konnten in GWM1, GWM3, 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“). Keiner der Nitratwerte überschreitet in dieser Messung den Grenzwert der Trinkwasserverordnung.

Eisen war in dieser Messung in allen Messstellen am Igelpfuhl nachweisbar sowie ebenfalls in den GWM 2, 3 und 4. Die Konzentration in GWM 4 überschreitet auch in dieser Messkampagne den Grenzwert der Trinkwasserverordnung und befindet sich auf einem ähnlichen Niveau wie in der Frühjahrmessung 2022 (0,8 mg/l). Der Eisenwert der GWM 2 ist wieder auf das Niveau der Jahre 2020 und 2021 gesunken und überschreitet den Grenzwert der Trinkwasserverordnung nicht mehr.

Für IGEL 2 ist ein wiederholt ein erhöhter Natrium- und Mangangehalt festgestellt worden – da es sich um eine Schöpfprobe handelt sind diese Werte aber nicht repräsentativ. In den übrigen Messstellen konnten für diese Parameter keine erhöhten Werte festgestellt werden. Nachweisen ließ sich Mangan aber auch in GWM 4 und Igel 4.

Zum wiederholten Mal konnten im Trinkbrunnen Michelbach, der GWM 2, GWM 3, GWM 4 und im Pegel IGEL 1 Spuren von Arsen nachgewiesen werden- möglicherweise handelt es sich um geogene Quellen. Zusätzlich konnte Arsen im Pegel IGEL 2 nachgewiesen, wobei es sich hier um eine nicht repräsentative Probe handelt.

Gesamtcyanide konnten auch in dieser Messkampagne nicht mehr nachgewiesen werden. In der Frühjahrmessung trat Bor in den Messstellen GWM 1, GWM 2 und im Brunnen Michelbach in Spuren auf, in der Messung vom 24.11.2022 liegen die Werte für diesen Analyseparameter unter der Bestimmungsgrenze.



In keiner der Messstellen wurden nennenswerte Schwermetallmuster in den analysierten Grundwässern nachgewiesen. Die leicht erhöhte Zinkkonzentration aus der Messung Ende 2021 in GWM 2 und GWM 4, wurde in der aktuellen Messung zum wiederholten Mal nicht vorgefunden.

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. 7: Ergebnisse der Laboranalysen der organischen Inhaltsstoffe (Laborbericht 25.04.2022)

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	mgC/l				1,6	2,0	1,5	1,7	2,0	2,0	3,4	2,7
AOX	mgCl/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	(zu geringe Problemmenge)
PAK nach TVO***	mg/l	0,000032	0,0001		n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Benzo-(a)pyren	mg/l	0,00001	0,00001		<0,00002	<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	< 0,005

TVO: Trinkwasserverordnung

GFS: Geringfügigkeitsschwellenwert nach LAWA

* Prüfwerte für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser

** Messstelle Igel 4: Schöpfprobe mit Bodensatz, Messstelle Igel 2: Schöpfprobe, Messstelle stark beschädigt

*** 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), PCB 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) in den Messstellen GWM1, GWM2 und IGEL 4 nicht mehr auf.

An **allen** Messstellen konnten erneut Werte für den gelösten Kohlenstoffanteil (DOC) festgestellt werden (1,6 – 3,4 mg/l). Die Konzentrationen sind in allen Messstellen gesunken und liegen auf dem Niveau der Vorjahresmessung Herbst 2021 und somit im Bereich von natürlich mineralisierten Wässern.

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

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 potenziell nachteilige Wirkungspfad über das Grundwasser im Grundwassergefälle und im Entnahmetrichter der Brunnenanlage ist relevant. Die Feststellung einer 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**).

Mit dem Neubau von GWM 4 (ca. 20 m östlich von Pegel 7) wurde ersichtlich, dass das Grundwasser mit leichtem Gradienten von Süden über → GWM 4 in Richtung → Deponiekörper → GWM 3 → Brunnen Michelbach strömt – die bisherigen Beprobungen von GWM 4 lassen nicht mehr den Schluss auf eine Beeinflussung durch die Deponie zu.

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 engbemessenen 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 potenziellen Gefährdung durch Verfrachtung belasteter Sickerwässer in das genutzte Grundwasservorkommen nicht ausgeschlossen 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.

Im vorgelegten IPP-Bericht „Einzelfallrecherche gem. HLNUG der ehem. Bauschuttdeponie Igelpfuhl/Dachspfuhl“ (13.12.2018) konnten keine weiteren Hinweise auf eine Schadstoffbelastung festgestellt werden.



5 Feststellung des Handlungsbedarfs

Aus gutachterlicher Sicht und der ausgesprochenen, weiterhin bestehenden potenziellen Besorgnis im Hinblick auf den Grundwasserschutz in Bezug auf die Trinkwassergewinnung in Michelbach – **auch vor dem Hintergrund des sich wandelnden Klimas mit schwankenden Grundwasserständen und Extremwetterlagen** - wird folgende Vorgehensweise anempfahlen:

- 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 Igelpfuhl 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. Des Weiteren wurde im Schreiben vom 13.09.2022 erneut auf die Notwendigkeit der Fortführung des Grundwassermonitorings hingewiesen und nach Austausch mit dem Gesundheitsamt Marburg sollte auch in der nächsten regulären Messkampagne (April 2023) ebenfalls eine Analyse auf Dioxine und Furane stattfinden.**

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. Gemäß dem Schreiben des Regierungspräsidiums Gießen vom 13.09.2022 sollen die Messstellen IGEL 2 und IGEL 4 instandgesetzt werden. Falls dies nicht ohne erheblichen Aufwand möglich sein sollte sind ggf. zumindest eine neue Grundwassermessstelle zu errichten. Die Instandsetzung wird auch vom Hessischen Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie empfohlen (Schreiben vom 30.08.2022).

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



Um belastbarere Aussagen für eine Sickerwasserprognose zu gewinnen, wurde durch IPP die Errichtung von zwei weiteren Messstellen, im Anstrom und im Abstrom der Altablagerung, vorgeschlagen. Das Regierungspräsidium Gießen bezeichnete diese Maßnahme als sinnvoll und unerlässlich (Schreiben vom 13.09.2022) und favorisiert, wie auch das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (Schreiben vom 30.08.2022) einen stationären Ausbau, um die Messstellen auch in das langfristige Grundwassermonitoring zu integrieren.

Auf die Untersuchung des Vorhandenseins von Milzbrandsporen auf dem ehem. Gemeindemüllplatz Michelbach wird verzichtet. (Siehe Kurzstellungnahme zur Milzbrandthematik, IPP, 31.05.2022 und Schreiben des Regierungspräsidiums Gießen vom 13.09.2022)

Als nächste Schritte sind zeitnah folgende Tätigkeiten umzusetzen:

- Fortsetzung des Grundwasser-Monitorings mit der Messkampagne im April 2023, mit dem schon in der Oktober Messung 2022 erweiterten Analyseumfang (plus Dioxine und Furane)
- Instandsetzung der Messstellen IGEL 2 und IGEL 4 oder Errichtung zumindest einer neuen Messstelle
- Erweiterung des Messstellennetzes um zwei weitere stationäre Grundwassermessstellen (GWM 5, GWM 6)

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