

## Ingenieurgeologisches Gutachten

---

<b>Projekt-Nr.:</b>	250226
<b>Bauvorhaben:</b>	<b>Umbau und Erweiterung Grundschule Brunnthal und Anschluss Vereinsheim an die Heizzentrale Schulstraße 2 85649 Brunnthal-Hofolding</b> (Flur-Nr.: 19; 133/1; 132/10 Gemarkung Brunnthal)
<b>Auftraggeber:</b>	Gemeinde Brunnthal Münchner Str. 5 85649 Brunnthal
<b>Architekturbüro:</b>	Farthofer Architekten Sägewerkstraße 3 83395 Freilassing
<b>Umfang:</b>	15 Seiten, 6 Tabellen und 8 Anlagen
<b>Datum:</b>	17.04.2025
<b>Ausführung:</b>	GHB Consult GmbH Dipl.-Geol. N. Kampik Moosstraße 7 82319 Starnberg
<b>Bearbeiter:</b>	F. Fuchs, Ing. für Umweltplanung
<b>Projektleitung:</b>	N. Kampik, Dipl.-Geol. BDG

## **Inhaltsverzeichnis**

1	Anlass	3
2	Untergrundverhältnisse	4
2.1	Geologie	4
2.2	Schichtenfolge und Lagerungsdichte des Bodens	5
2.3	Grund- und Schichtwasser	6
2.4	Schadstoffuntersuchungen	6
2.4.1	Boden	6
2.4.2	Schwarzdecke	8
2.4	Homogenbereiche nach DIN 18300	8
2.5	Bodenkennwerte	10
3	Gründungsempfehlungen	11
3.1	Baugrund- und Gründungssituation	11
3.2	Baugrube	12
3.3	Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten oder auf einer Bodenplatte	12
3.4	Weitere bautechnische Hinweise	14
4	Versickerung von Niederschlagswasser	14

## **Anlagen**

1	Übersichtslageplan (unmaßstäblich)
2	Lageplan mit Aufschlusspunkten, M 1:1.000
3.1-6	Bodenprofil der Bohrsondierungen BS 1-6, M 1:50
4.1-4	Diagramm der Rammsondierungen DPH 1-4, M 1:50
5.1-3	Siebandanalysen DIN 18 123
6	Chemisch-analytische Untersuchungen
7	Luftbildauswertung der Firma Geolog Fuß/ Hepp GbR
8.1-2	Fotodokumentation

## **Unterlagen**

/1/	Entwurfsplanung, Grundrisse sowie Schnitte, M 1:200; Architektur Farthofer, Freilassing vom 03.12.2024
-----	--

## 1 Anlass

Auf dem Grundstück an der Schulstraße 2 in Brunnthal ist die Erweiterung der Grundschule im Innenhof und nach Norden geplant. Ferner soll das Vereinsheim des Fußballvereins an die Heizzentrale der Schule angeschlossen werden. Wir wurden mit der Erstellung eines ingenieur-geologischen Baugrundgutachtens beauftragt. Die Lage des Bauvorhabens ist auf dem Übersichtslageplan der Anlage 1 markiert.

Die Geländeoberfläche des Baugrundstücks weist keine nennenswerten Geländeunterschiede auf und befindet sich entsprechend den Untersuchungspunkten auf Kote ~590 m NHN. Der Altbestand wurde bereits mehrfach umgebaut und erweitert.

Zu dem geplanten Bauvorhaben liegt uns die Planung vom 03.12.2024 vor /U1/. Gemäß den vorliegenden Unterlagen sowie der mündlichen Mitteilung der Bauherrschaft ist von folgenden Höhenkoten für den Neubau auszugehen:

Gebäudenull	± 0,00 m	591,23 m NHN
FOK Keller Heizzentrale/ Hackschnitzel	- 3,40 m	587,83 m NHN
FOK Stuhllager/ Handarbeit	- 2,95 m	588,28 m NHN

### - Baugrunduntersuchung

Zur Baugrunduntersuchung wurden am 04./05.03.2025 an den im Lageplan der Anlage 2 bezeichneten Stellen insgesamt

- 5 Kleinbohrungen (BS 1 - 5) zur Bestimmung der Schichtenfolge und zur Probenahme bis zu 7,0 m Tiefe unter OK Gelände abgeteuft.
- 4 schwere Rammsondierungen (DPH 1 - 4) in die gewachsenen Böden in bis zu 3,6 m unter OK Gelände geführt.

Gebohrt wurde mit einer Bohrsonde mit Kern-Ø 60 - 80 mm. Mit der Bohrsonde wird ein Bohrkern entsprechend der Schichtenfolge des Untergrundes gewonnen. Bei der Rammsondierung wird eine konische Rammspitze mit definierter Energie in den Untergrund gerammt. Gemessen werden die Schlagzahlwerte  $N_{10}$  entsprechend der Anzahl der Rammschläge je 10 cm Eindringtiefe, die in das Rammdiagramm eingetragen werden. Anhand der Schlagzahlwerte können Rückschlüsse auf die Lagerungsdichte des Bodens gezogen werden.

Alle Bohransatzpunkte wurden nach Lage und Höhe mit Bezug auf m NHN auf die Oberkante Fußboden Schulhaus mit Höhenkote 591,23 m NHN eingemessen /U1/.

Die Ansprache der aufgeschlossenen Bodenschichten erfolgte nach DIN 4022-1 (Anlage 3). Die Rammdiagramme der schweren Rammsondierungen liegen als Anlage 4 bei. Zur Klassifizierung des Bodens wurden Proben entnommen und in unserem bodenmechanischen Labor

untersucht. Die Ergebnisse sind in der Anlage 5 des Gutachtens dokumentiert. Die chemisch-analytische Untersuchung liegt der Anlage 6 bei.

Durch die Firma Geolog Fuß & Hepp GbR wurde ein Luftbild für eine Bewertung des Kampfmittelverdachts angefordert, ausgewertet und fachlich beurteilt.

Zur Festlegung der Mindestanforderungen an Umfang und Qualität der geotechnischen Untersuchungen, Berechnungen und der Bauüberwachung wurde in Abhängigkeit von der Schwierigkeit der baulichen Anlage und des Baugrunds die geotechnische Kategorie **GK 2** (mittlerer Schwierigkeitsgrad) gewählt.

## **2      Untergrundverhältnisse**

### **2.1    Geologie**

Das untersuchte Grundstück liegt südöstlich der Landeshauptstadt München auf einer Höhe von ca. 590 m NHN. Geologisch gesehen gehört das Untersuchungsgebiet zur Münchener Schotterebene, genauer Hochterrasse, die sich zwischen dem tertiären Hügelland im Norden, den pleistozänen Moränenzügen im Südwesten, Süden und Südosten erstreckt.

Die Schichtenfolge in diesem Bereich ist geprägt durch quartäre fluviatile Ablagerungen der Isar. Diese Kiese können stratigraphisch nach den jeweiligen Schüttungen und Alter unterschieden werden. Hier handelt es sich um Niederterrassenschotter, die lokal von Lößlehen überlagert werden. Das jeweilige Verbreitungsgebiet der Schichten wird durch die stark wechselnden Ablagerungsbedingungen des alternierenden Flusslaufs der Isar gekennzeichnet. Je nach Strömungsenergie kann es auch zu stillwasserfaziellen Ablagerungen kommen, die durch Schluff- und Sandlinsen im quartären Kies dokumentiert werden. Im Untersuchungsgebiet wurden derartigen Einschaltungen nicht angetroffen. Ferner muss mit Rollkieslagen gerechnet werden. Im Verbreitungsgebiet können auch verbackene Kiese und lokal Nagelfluh (calzitisch verbackene felsartige Konglomerate) vorkommen.

Die Basis der quartären Ablagerungen bilden die tertiären Schichten der Vorlandmolasse in ca. 40 m Tiefe. Die Schichtgrenzen zwischen quartären Kiesen und tertiären Ablagerungen weisen erfahrungsgemäß ein deutliches Relief aus Rinnen, Mulden und Erhebungen mit z.T. erheblichen Höhenunterschieden auf.

## **2.2 Schichtenfolge und Lagerungsdichte des Bodens**

### **- Bodenprofil rund um das Schulhaus**

In Bohrung BS 1 wurde eine rund 0,3 m mächtige, sandig, schluffige Oberbodenauflage festgestellt. Darunter wurde bis 1,2 m Tiefe eine Rotlage als sandiger, kiesiger Schluff mit organischen Beimengungen erbohrt. Die Konsistenz der Rotlage, als Verwitterungshorizont der quartären Kiessande, ist als steif zu beschreiben. Die Rotlage darf nach örtlicher Bodenansprache der Bodengruppe UL nach DIN 18 196 zugeordnet werden.

Auf der Nordseite wurde vor dem Souterrain und steilen Böschung in Bohrung BS 4 ein umgelagerter Kies mit wenigen Ziegel- und Ascheresten bis 2,5 m Tiefe lockerer Lagerung erbohrt. Darunter wurde ein mitteldicht gelagerter, aufgefüllter, sandiger Kies bis 3,2 m Tiefe unter GOK festgestellt.

Im Innenhof des Schulgebäudes wurde unter der Betonplasterdecke und Splittbett bis rund 0,6 m Tiefe ein aufgefüllter, sandiger, schwach schluffiger Kies lockerer bis sehr dichter Lagerung erbohrt. Darunter wurden geringmächtige Reste anstehender Rotlage und Verwitterungsersatz bis rund 0,8 - 0,9 m Tiefe unter GOK in Form schluffiger Kiese und kiesigen Schluffs festgestellt.

Im Liegenden wurden in allen Bohrungen quartäre dicht bis sehr dicht gelagerte Kiessande erbohrt. Der Kies ist überwiegend weit abgestuft und kann der Bodengruppe GW - GU nach DIN 18196 zugeordnet werden. Der Kies zeigt entsprechend der Siebanalyse einen Feinkornanteil zwischen 5,4 – 7,9 % Gew%. Die Korngrößenverteilungen sind in Anlage 5 beigelegt. Mit einem gewissen Steinanteil (ca. 5 -15 %) ist zu rechnen, der aber bohrbedingt (DN 60 - 80) nicht in der Schappe bleibt, sondern seitlich weggedrückt oder während des Bohrvorgangs zerkleinert wird. Die Kiessande reichen im Gemeindegebiet Brunnthal-Hofolding gemäß umliegender Tiefbohrungen > 40 m unter GOK. Vereinzelt wurde felsartiger Nagelfluh (Konglomerat: calzitisch verfestigter Kies) angetroffen.

### **- Bodenprofil Anschluss Fernwärme**

Die Bohrungen BS 2 und BS 3 wurden jeweils in der Schulstraße und der Zufahrt zum Vereinsheim niedergebracht. Hier liegt eine Versiegelung mit Asphaltdecke in einer Mächtigkeit von 0,1 – 0,15 m vor. Darunter folgt ein Straßenunterbau schwach schluffiger, sandiger Kiese von 0,6 – 0,7 m Tiefe unter Straßenniveau.

Das Liegende bilden schwach schluffige, sandige Kiese dichter Lagerung der Bodengruppe GU-GW.

#### - Lagerungsdichte

Der Oberboden sowie Rotlage weist mit  $N_{10} = 1 - 4$  Schlägen auf eine lockere Lagerung bzw. weiche - steife Konsistenz hin. Die aufgefüllten Böden auf der Nordseite des Schulhauses weisen in DPH 2 und DPH 3 mit  $N_{10} = 1 - 5$  Schlägen ebenfalls auf eine lockere Lagerung hin. Die Schäden in der Pflasterdecke des Gehwegs sind hier auch oberflächlich Hinweis auf die tiefreichend vorliegenden lockeren Auffüllböden.

Im Innenhof wurde DPH 4 niedergebracht. Unterhalb der Pflasterdecke weisen  $N_{10} = 8-12$  Schläge in dem Kiesunterbau auf eine mitteldichte Lagerung hin.

Die anstehenden quartären Kiessande zeigen sehr hohe Eindringwiderstände mit  $N_{10} = 20$  bis  $>70$  Schlägen. Lokal muss mit Verhärtungen gerechnet werden. Insgesamt weisen die Werte in den natürlich anstehenden Kiesen auf eine sehr dichte Lagerung hin. Aufgrund des ausbleibenden Sondierfortschritts mussten die Rammsondierungen jeweils vorzeitig beendet werden.

## **2.3 Grund- und Schichtwasser**

Das Grundwasser wurde in den durchgeführten Kleinbohrungen vom 04.03.2025 nicht angetroffen und liegt nach umliegenden, online einsehbaren Großbohrungen entlang der Autobahn sowie nördlich von Hofolding in Tiefen zwischen 29,6 m unter GOK (~566,6 m NHN) und 37,1 m unter GOK (~571,0 m NHN). Die Grundwasserfließrichtung verläuft in Richtung Norden.

Grundwasser ist für das Bauvorhaben daher auch bei höchsten Wasserständen nicht relevant.

## **2.4 Schadstoffuntersuchungen**

### **2.4.1 Boden**

Insgesamt wurde 4 Einzelproben nach dem Parameterumfang des „Verfüll-Leitfadens - Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen“ in der Fassung vom 15.07.2021 (i.W. LVGBT) in der Feinfraktion,  $< 2$  mm, durch das nach DIN ISO 17025 akkreditierte Labor BVU GmbH, Markt Rettenbach untersucht.

Nachfolgend ist die Bewertung nach LVGBT tabellarisch zusammengefasst:

Probe	Beschreibung	Auffälligkeiten Einzelparameter / Einstu-	LVGBT
-------	--------------	---	-------

		fung nach dem Verfüll-Leiffaden (LVGBT)				Einstufung Gesamt
		Parameter	Einheit	Messwert	LVGBT	
BS 2/ 0,1 – 0,6 m	<i>Straßenunterbau Kies</i>	KW pH	mg/kg -	119 9,23	Z 1.1 -	<b>Z 1.1</b>
BS 4/ 0,12 – 3,5 m	<i>Auffüllung Rotlage mit Kies, Bauschutt</i>	pH	--	10,46	Z 0	<b>Z 1.1</b> wg. Bauschutt
BS 5/ 0,15 – 0,4 m	<i>Unterbau Pflaster- belag Innenhof</i>	-	-	-	-	<b>Z 0</b>
BS 6/ 0,4 – 0,8 m	<i>Rotlage</i>	-	-	-	-	<b>Z 0</b>

Tab. 1. Einstufungen der untersuchten Probe nach LVGBT

Im Straßenunterbau als auch den Auffüllungen auf der Nordseite des Schulgebäudes wurde neben Kies auch Bauschutt festgestellt. In Bohrsondierung BS 2 wurden Kohlenwasserstoffe (KW) mit 119 mg/kg nachgewiesen. Das Aushubmaterial ist der **Zuordnungsklasse Z 1.1** zuzuordnen: zum einen wegen der Kohlenwasserstoffbelastung, zum anderen (BS 4) wegen den Fremddanteilen (Bauschutt), die eine Bewertung als natürlichen Bodenaushub verhindern.

Bei dem Kies des Pflasterunterbaus im Innenhof handelt es sich weitgehend um umgelagerte, anstehende Kiese und Fremddanteile lagen im Bohrgut augenscheinlich auch nicht vor. Es handelt es sich nach der chem.-analytischen Ergebnissen um **Z 0-Material**, welches in eine Verwertungsmaßnahme für unbelasteten Bodenaushub verbracht werden kann.

In der aufgefüllten Rotlage im Umgriff des Bestands wurden geringe Mengen Ziegelbruch und Aschereste festgestellt. Nachdem in den letzten Jahren die annehmenden Stellen bei Bodenaushub der Zuordnungsklasse Z 0 jedwede Art anthropogener Beimengungen ablehnen können, kann eine Entsorgung als Material der Zuordnungsklasse Z 1.1 nicht restlos ausgeschlossen werden.

Aufgrund der punktuellen Aufschlussweise können Abweichungen von dem Untersuchungsergebnis nicht restlos ausgeschlossen werden, so dass in Ausschreibungen zu Erdarbeiten die Zuordnungsklassen Z 0, Z 1.1, Z 1.2, Z 2 und vorsorglich > Z 2 also Deponieklassen DK 0 - III Berücksichtigung finden sollten.

Wir empfehlen aufgefüllte Böden (Vermischung mit Bauschutt beim Rückbau), die nicht eingebaut werden können, als Haufwerke zu lagern (wir empfehlen max. 250 m³ pro Haufwerk) und nach einer entsprechenden Analytik einer geordneten Verwertung zuzuführen. Je nach Haufwerksgröße und Homogenität werden nach LAGA PN 98 und LfU-Merkblatt „Boden- und Bauschutthaufwerke“ (April 2016) mehrere Analysen pro Haufwerk notwendig. Falls sich herausstellt, dass das Material nach LVGBT eine > Z 2-Einstufung erhalten hat, ist i.d.R. eine Analytik nach Deponieverordnung (DepV) in der Gesamtfraktion notwendig. Die Abfuhr benötigt meist einige Zeit, so dass entsprechende behördlich, genehmigte Bereitstellungsflächen vorzuhalten sind. Die einschlägigen Arbeitsschutzregelungen sind zu beachten. Eine Abdeckung der Haufwerke sollte ebenfalls, aufgrund der Gewichtsreduzierung und der einhergehenden Kostenersparnis, in Betracht gezogen werden.



## 2.4.2 Schwarzdecke

Die Bewertung der Schwarzdecke erfolgt nach LfU-Merkblatt 3.4/1, Stand 2019. Die Analytik erfolgt auf den Leitparameter PAK aus der Gesamtfraktion.

Probe	Ergebnis	Bewertung nach LfU 3.4/1
BS 2/ 0,0 – 0,1 m	$\Sigma$ PAK 1,92 mg/kg	<b>Ausbauasphalt</b>
BS 3/ 0,0 – 0,15 m	$\Sigma$ PAK 11 mg/kg	<b>gering verunreinigter Ausbauasphalt</b>

Tab 2. Bewertung nach LfU-Merkblatt 3.4/1

Die Probe der Schwarzdecke aus der Schulstraße weist mit 11 mg/kg eine geringe PAK-Belastung auf (siehe Tab. 3). Nach LfU-Merkblatt 3.4/1 handelt es sich um einen gering verunreinigten Ausbauasphalt. Die Probe vor dem Vereinsheim ist unbedenklich.

PAK-Gehalte in mg/kg	Bezeichnung	Folge
$\leq 10$	Ausbauasphalt	Kann i.W. ohne besondere Anforderungen bzgl. Boden- und Gewässerschutz verwendet werden
$> 10$ bis $\leq 25$	Ausbauasphalt, gering verunreinigt	Einsatz in ungebundener Form nur unter wasserundurchlässiger Schicht
$> 25$	Pechhaltiger Straßen- aufbruch	Aufbereitung nur im Kaltmischverfahren zulässig. Erhöhte Anforderungen / Einschränkungen bzgl. Verwertung
$\geq 1000$	Gefährlicher, pechhaltiger Straßenauflauf	Zuordnung zu Abfallschlüssel 17 03 01*, Einstufung als gefährlicher Abfall nach der AVV

Tab. 3 Information zur Verwertung, LfW-Merkblatt 3.4/1, Bayerisches Landesamt für Umwelt, 03.05.2017 (aktualisiert August 2017)

## 2.4 Homogenbereiche nach DIN 18300

Im Jahr 2015 wurde die Umstellung der DIN 18300 beschlossen. Die neue DIN heißt jetzt DIN 18300:2015-08, bei der die Böden nach Homogenbereichen eingeteilt werden. Hierbei werden die „alten“ Charakteristika wie Lösen, Laden und Fördern mit den „neuen“ Charakteristika des Behandelns, Einbauens und Verdichtens vereint. In Tabelle 4 werden die Homogenbereiche dargestellt.

Bodenart	Bodenklassen nach DIN 18300 (alt)	Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300: 2015-08 (neu)
----------	--------------------------------------	---



<b>Oberboden</b>	Oberboden, Klasse 1	O
<b>Auffüllung (Straßenunterbau)</b> Kies, sandig, schluffig, <b>mitteldicht – dicht gelagert</b>	leicht lösbarer Boden, Klasse 3	A1
<b>Rotlage, umgelagert</b> , kiesig, sandig, mit org. Beimengungen, <b>steif</b>	Mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 4	A2
<b>Auffüllung</b> Kies, sandig, sehr stark schluffig, <b>locker gelagert</b>	Mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 4	A3
<b>Rotlage: Schluff</b> , kiesig, sandig, mit org. Beimengungen, <b>steif</b>	Mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 4	B1
<b>Kies</b> , sandig bis stark sandig, sehr schwach schluffig bis schw. schluffig, <b>dicht</b>	Leicht lösbarer Boden, Klasse 3	B2
<b>Dito</b> - mit höchstens 30 Gew.-% Steine von > 63 mm bis 0,01 m³ Rauminhalt (Kugel von ca. 0,3 Ø)	Mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 4	
<b>Dito</b> - mit mehr als 30 Gew.-% Steine von > 63 mm bis 0,01 m³ Rauminhalt (Kugel von ca. 0,3 Ø)	Schwer lösbarer Boden, Klasse 5	

Tab. 4 Bodenklassen nach DIN 18300, Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08

**Homogenbereich O:** Oberboden, der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, ist in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Der Oberboden stellt aufgrund der organischen Bestandteile eine Herausforderung bei der Entsorgung dar und sollte auf der Baustelle verbleiben und bei der Landschaftsgestaltung wiederverwendet werden. Falls dieser nicht wiederverwendet werden kann, müsste er – je nach Erdbauunternehmen und Deponiebetreiber - beprobt und deklariert werden. Wir empfehlen, den Oberboden als Haufwerk aufzuhalden und nach einer entsprechenden Analytik: LVGBT (Leitfaden zur Verfüllung in Gruben, Brüchen und Tagebauen) und TOC (gesamter organischer Kohlenstoff – englisch: **t**otal **o**rganic **c**arbon) sowie DOC (gelöster organisch gebundener Kohlenstoff – englisch: **d**issolved **o**rganic **c**arbon) zu untersuchen und einer geordneten Verwertung zuzuführen.

**Homogenbereich A1:** Auffüllungen des Straßenunterbaus bestehen hier aus einem schwach schluffigen sandigen Kies. Die Lösbarkeit ist entsprechend Bodenklasse 3 als leicht schwer lösbarer Boden zu beurteilen. Ein Wiedereinbau ist aus geotechnischer und umweltfachlicher Sicht unter undurchlässigen Belägen (z.B. Asphalt) möglich. Dazu sollte das Haufwerk vor Verwässerung geschützt (abgedeckt) bereitgehalten werden.

**Homogenbereich A2 + A3:** Die umgelagerte Rotlage sowie aufgefüllten stark schluffigen Kiese können müssen aufgrund des Bauschuttanteils unter Umständen trotz deren Unbedenklichkeit als Z 1.1 Material bewertet werden. Für den fachgerechten Einbau sind diese Böden aufgrund des hohen Lehm- und Schluffanteils nicht geeignet und auch nicht frostsicher.

Wir empfehlen, die künstlich aufgefüllten Böden bis zur Gründungstiefe als Haufwerke aufzuhalden und nach einer entsprechenden Analytik (LVGBT – siehe unten) einer geordneten

Verwertung zuzuführen. Bei überwiegendem Kiesanteil und einer wirtschaftlich durchführbaren Trennung unterschiedlicher Fraktionen, kann auch ein Wiedereinbau unterhalb der Frosteinwirkungszone angedacht werden.

In Ausschreibungen zu Erdarbeiten sollte auf der sicheren Seite liegend neben den Zuordnungsklassen Z 0 auch die Zuordnungsklassen Z 1.1, Z 1.2 sowie Z 2 nach LVGBT berücksichtigt werden. Ferner sollte auch der TOC und DOC berücksichtigt werden.

**Homogenbereich B1:** Der natürlich anstehende Schluff / Rotlage kann aus geotechnischer Sicht nicht qualifiziert im Erdbau wiederverwendet werden und ist fachgerecht zu entsorgen oder zur Geländemodellierung zu verwenden. Die Rotlage ist im Allgemeinen als unbelastet zu bewerten und entspricht nach LVGBT der Zuordnungsklasse Z 0.

**Homogenbereich B2:** Der quartäre Kies liegt meist entsprechend seiner Genese in gebänderter Lagerung vor, wobei sich die Kornzusammensetzung horizontal abwechseln kann. Die Lösbarkeit ist entsprechend Bodenklasse 3 als leicht lösbarer Boden zu beurteilen. Der Kies zeigt entsprechend der Siebanalyse einen Feinkornanteil zwischen 5,6 – 7,9 % Gew-%. Insgesamt sind die angetroffenen Kiessande zum Wiedereinbau aus geotechnischer Sicht geeignet. Mit einem gewissen Steinanteil (ca. 5 -15 %) ist zu rechnen, der aber bohrbedingt (DN 60 - 80) nicht in der Schappe bleibt, sondern seitlich weggedrückt oder während des Bohrvorgangs zerkleinert wird. Die Kiessande reichen im Gemeindegebiet Brunnthal-Hofolding gemäß umliegender Tiefbohrungen > 40 m unter GOK. Vereinzelt wurde felsartiger Nagelfluh (Konglomerat: calzitisch verfestigter Kies) angetroffen.

## **2.5 Bodenkennwerte**

Es können die mittleren Bodenkennwerte abgeschätzt werden:

<b>Bodenkennwerte</b>	<b>Rotlage, umgelagert, kiesig, sandig, mit org. Beimengungen, <b>steif</b> und <b>Auffüllung Kies</b>, sandig, sehr stark schluffig, <b>locker gelagert</b></b>	<b>Rotlage, kiesig, sandig, mit org. Beimengungen, <b>steif</b></b>	<b>Kies, sandig, schwach schluffig bis schluffig, <b>sehr dicht</b></b>
Wichte kN/m³	19	19	20
Reibungswinkel Grad	25,0	25,0	37,5
Kohäsion c' kN/m²	4	4	-
Undrain. Kohäsion c <sub>u</sub> kN/m²	-/25	25	-
Wassergehalt w <sub>n</sub> in %	3-25	15-25	3-6
Konsistenzzahl I <sub>c</sub> (-)	-/>0,75	>0,75	-
Plastizitätszahl I <sub>p</sub> (%)	-/5-25	5-25	-
Organische Anteile in %	0-4	0-4	0-4
Stein- und Blockanteil in %	0-5	0	5-15
Steifezahl Es (Erstb.) MN/m²	5	5	100
Bodengruppe	UL, UM, GU, GU_	UL, UM	GU, GU_
Homogenbereich	A	B1	B2
Frostempfindlichkeit	F2-F3	F3	F1-F3

Tab 5: Bodenkennwerte

### 3 Gründungsempfehlungen

#### 3.1 Baugrund- und Gründungssituation

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann die folgende Bestandssituation abgeleitet werden:

- Der natürlich anstehende Kies stellt einen sehr gut tragfähigen und wenig setzungsempfindlichen Bau- und Untergrund für das geplante Bauwerk dar.
- Bei den vorliegenden Verhältnissen können Keller oder Bauwerke sowohl auf Einzel- und Streifenfundamenten als auch auf einer Bodenplatte gegründet werden.
- Es ist eine Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Sickerwasser ausreichend
- Alle Gründungssohlen liegen deutlich über den höchsten zu erwartenden Grundwasserständen. Grundwasser ist für das Bauvorhaben nicht relevant.

### 3.2 Baugrube

Die Aushubtiefe beträgt bis zu 3,8 m Tiefe. Zur Erstellung der Baugrube sind DIN 4124 und 4123 zu beachten. Böschungen im dicht gelagerten Kies dürften bis 50° frei geböscht werden. Als Witterungsschutz sollten die Böschungen mit Folie abgehängt werden. Böschungskronen sind im Abstand von 2,0 m lastfrei zu halten (Kran, LKW-Verkehr etc.).

Liegen Gründungssohlen (Hackschnitzel, Heizungsraum) tiefer als die Gründung des Bestands ist eine Unterfangung notwendig. Hier bietet sich eine händische, abschnittsweise Unterfangung nach DIN 4123 an.

Im Falle von räumlichen Zwängen, wo keine freie Böschung möglich ist, bietet sich ein Bohlträgerverbau / Berliner Verbau an. Dieser ist aufgrund der dichten Lagerung vorzubohren, um Erschütterungen zu vermeiden.

### 3.3 Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten oder auf einer Bodenplatte

Nach DIN EN 1990:2010-12 und DIN 1054: 2010-12 sind bei der Planung von Gründungsmaßnahmen Bemessungssituationen (BS-P, BS-T, BS-A und BS-E) wichtig und sollten klassifiziert werden. Hier haben wir es mit vorübergehenden Situationen **BS-T** (Transient Situations) und **BS-P** (Persistent - Situations) zu tun, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände beziehen, wie Bauzustände bei der Herstellung des Bauwerks und der Baugrubenkonstruktionen. Nach Eurocode EC 7 (Tab. A 2.1, 2.2 und 2.3) wird je nach Bemessungssituation bei Teilsicherheitswerten für Einwirkungen und Beanspruchungen bei Nachweisen differenziert.

Gemäß DIN 1998-1/NA:2011-01 ist Brunnthal **keiner Erdbebenzone** zugeordnet.

Die Gründungssohlen aller Bauteile müssen mit schwerer Rüttelplatte nachverdichtet werden. Die Bodenplatte kann auf dem nachverdichteten Kiesplanum aufgelagert werden. Eventuell wird lokal ein Bodenaustausch von wenigen Dezimetern notwendig sein, wenn inhomogene Verhältnisse vorliegen (z.B. Steinlagen, Schlufflinsen). Als Nachweis der fachgerechten Verdichtung ist unter lastabtragenden Bauteilen eine Proctordichte  $D_{Pr} \geq 100\%$  bspw. über Versuche mit dem leichten Fallgewichtsgerät  $EV_{dyn} \geq 50 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen.

#### - Gründung auf Steifen- und Einzelfundamenten

Für die Bemessungswerte des Sohldruckwiderstands  $\sigma_{R,d}$  können folgende Werte angenommen werden:

Fundament- einbindetiefe	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands kN/m <sup>2</sup> mit Fundamentbreiten von					
	0,5 m	1,0 m	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
0,5 m	280	420	460	390	350	310
1,0 m	380	520	500	430	380	340
1,5 m	480	620	550	480	410	360
2,0 m	560	700	590	500	430	390

Tab. 6: Bemessungswerte

Für Einzelfundamente mit Seitenabmessungen  $a/b < 2$  können die Werte der Tab. 6 um 20 % erhöht werden. Die Angaben gelten für die lotrechte und mittige Belastung der Fundamente. Zur Gewährleistung der Sicherheit gegen Grundbruch sind Mindesteinbindetiefen der Fundamente von 0,5 m (ab OK Fußboden) einzuhalten.

#### - Gründung auf einer Bodenplatte

Alternativ könnte das Gebäude auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte gegründet werden. Die Bodenplatte kann auf dem nachverdichteten Kiesplanum aufgelagert werden. Die mittleren flächigen Bemessungswerte des Sohlwiderstands können unter der Bodenplatte mit  $\sigma_{R,d} \leq 300$  kN/m<sup>2</sup> und in den randlichen Spitzen mit  $\sigma_{R,d} \leq 360$  kN/m<sup>2</sup> angesetzt werden.

Für die Bemessung der Bodenplatte nach dem Bettungsmodulverfahren kann die Bettungszahl mit  $k_s \approx 50$  MN/m<sup>3</sup> angesetzt werden. Wird das Steifezahlverfahren angewendet, kann eine Steifezahl  $E_s$  (Erstbel.) von 100 MN/m<sup>2</sup> angesetzt werden.

#### - Setzungen

Mit den angegebenen Bemessungswerten werden Setzungen der Bodenplatte und der Fundamente erfahrungsgemäß  $s = 0,5 - 1,0$  cm nicht übersteigen.

#### - Abdichtung

Alle Gründungssohlen liegen deutlich über den höchsten zu erwartenden Grundwasserständen. Grundwasser ist für das Bauvorhaben auch bei Höchstständen nicht relevant. Für erdbeberührte Bauwerksteile ist entsprechend DIN 18533 eine Abdichtung nach Wassereinwirkklasse **W1.1-E** vorzusehen.

In jedem Fall sind die Arbeitsräume sowie die Sohle vor der Verfüllung bzw. Pflasterung sorgfältig zu reinigen (überstehende Betonreste der Sauberkeitsschicht etc.) um einen Aufstau von Sickerwasser zu vermeiden.

### 3.4 Weitere bautechnische Hinweise

#### - Verdichtungsanforderungen

Die Arbeitsräume müssen ebenfalls lagenweise verfüllt und verdichtet werden. Der Verdichtungsgrad des eingebauten Kiesel sollte  $\geq 100\%$  DPr entsprechen, um später keine Sackungen zu erwarten.

#### - Aufstellung des Baukrans

Der Kranstandplatz sollte in den kieseligen Horizont ab 0,6 m Tiefe geführt werden. Es können hier ebenfalls die Werte der Tabelle 6 angewendet werden.

#### - Ing.-geol. Bauüberwachung

Bei der geotechnischen Kategorie GK 2 (mittlerer Schwierigkeitsgrad) ist eine Bauüberwachung empfehlenswert. Es sollten (bauseits) Verdichtungskontrollen in Form von Rammsondierungen oder Plattendruckversuchen durchgeführt werden.

#### - Winterbaustelle

Mit dem Thema Frost im Baugrund sollte wie folgt umgegangen werden:

- Zum Schutz vor Frost sollte beim Aushub eine Schutzschicht von 70 cm auf der Gründungssohle belassen werden.
- Wenn die Temperaturen nicht unter dem Gefrierpunkt liegen, müssen die Fundamentsohlen nach dem Verdichten mittels Sauberkeitsschicht versiegelt werden.
- Es darf nicht auf gefrorenen Untergrund betoniert werden.
- Sind Fundamente schon betoniert worden, muss seitlich als Schutz angeschüttet werden.

## 4 Versickerung von Niederschlagswasser

Der Wasserdurchlässigkeitswert (kf-Wert) des Kiesel liegt nach Berechnungen aus der Siebanalyse nach DIN 18 123 bei rund  $k_f = 1,4 - 2,1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  (Anlage 5). Somit kann mit dem Reduzierungsfaktor bei Siebungen von 0,1 ein Rechenwert (i.M.) von  $k_f = 1,7 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  angesetzt werden.

Die Gesamtfläche der an eine Versickerungseinrichtung angeschlossenen Dachfläche ist durch einen TGA -Planer zu bestimmen. Bei den Dachflächen sollten als Vorreinigungsanlage

Siebe oder Körbe zum Grobstoffrückhalt eingebaut werden. Ferner sollte eine Absetzeinrichtung für die mitgeführten absetzbaren Stoffe vorgeschaltet werden. Bei der baulichen Ausführung ist auf einen gleichmäßigen – auf die gesamte Länge verteilten – Wassereintritt zu achten.

Aufgrund der in den letzten Jahren zunehmenden Zahl an Starkniederschlägen und extremen Wetterereignissen empfehlen wir die Kapazität der Versickerungsanlagen um 20 % zu erhöhen. Aufgrund der sehr dichten Lagerung sollten die Kiessande im Versickerungskegel und der Sohle der Versickerungseinrichtung auf mindestens 1,0 m Tiefe mit dem Reißzahn aufgelockert werden.

Als Versickerungsmöglichkeiten kommen hier alle Systeme in Frage. Für Planung, Bau und Betrieb der Versickerungsanlagen sind die Merkblätter DWA-A 138 und M-153 heranzuziehen.

Für weitere Fragen stehen wir gern zur Verfügung.

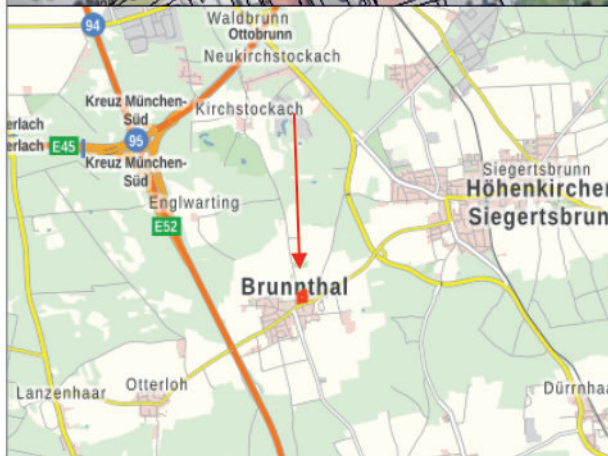
Starnberg, den 17.04.2025



N. Kampik, Dipl.-Geol. BDG

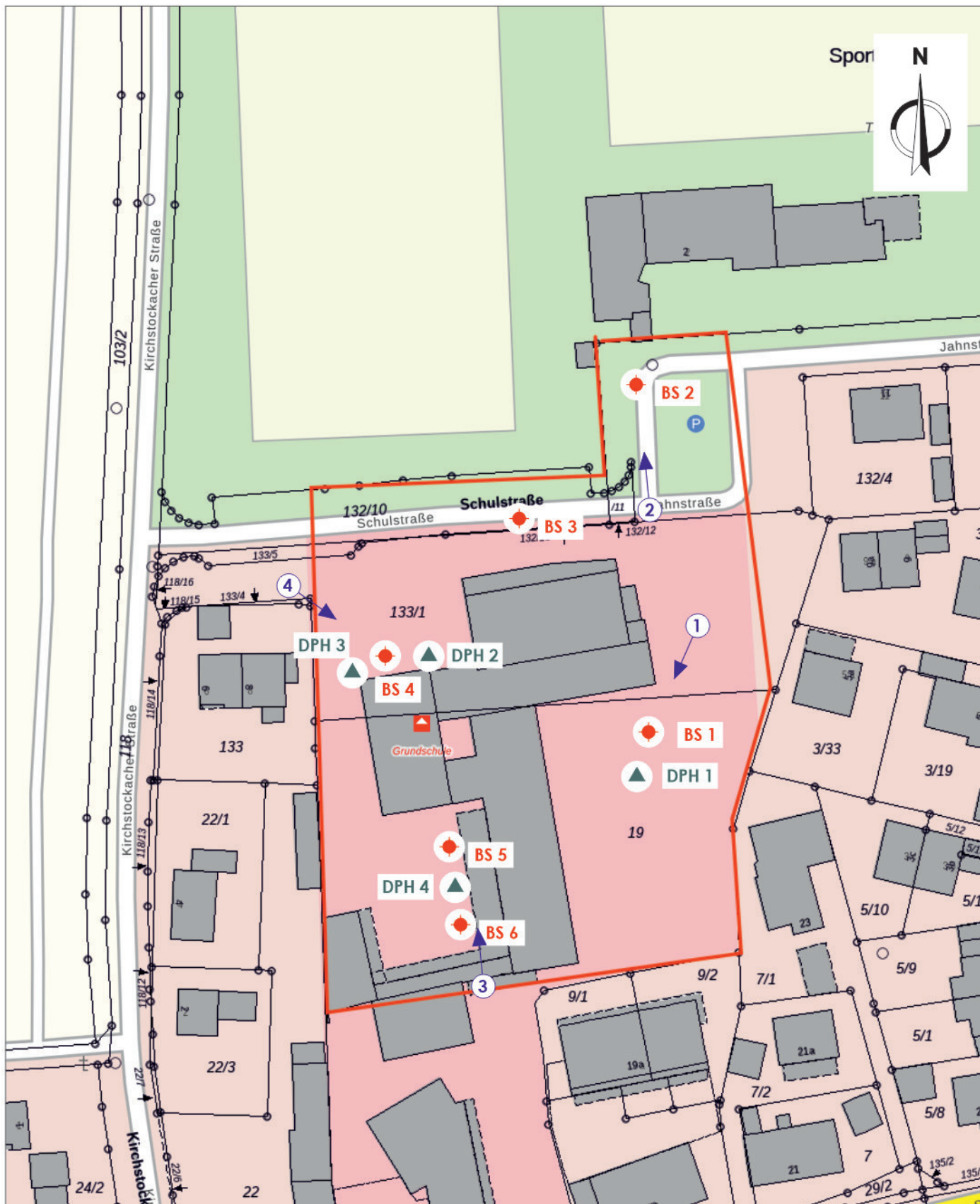
**GHB Consult GmbH**





Auftraggeber:		Gemeinde Brunntal Münchner Str. 5 85649 Brunntal	
Projekt:		<b>Umbau Grundschule und Verbindung FW Sportheim Schulstraße 2 85649 Brunntal</b>	
Planbezeichnung:		Übersichtsplan	
Projektnummer:		250226	Maßstab: unmaßstäblich
GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88 0 Fax: 08151 / 656 88 99		<b>GEO HYDRO BAU CONSULT</b>	Bearbeiter: N. Kampik
			Zeichner: F. Fuchs
			Datum: 30.03.2025
			Anlage: 1





#### Legende:

- ◆ **BS 1-5** Sondierbohrungen
- ▲ **DPH 1-4** schwere Rammsondierungen
- 1 ➡ Foto-Nr. mit Blickrichtung

Maßstab 1 : 1.000



Auftraggeber: Gemeinde Brunnthal  
Münchner Str. 5  
85649 Brunnthal

Projekt: **Umbau Grundschule und Verbindung FW Sportheim  
Schulstraße 2  
85649 Brunnthal**

Planbezeichnung: Lageplan

Projektnummer: 250226

Maßstab: 1: 1000

GHB Consult GmbH  
N. Kampik, Dipl.-Geol.  
Moosstraße 7  
82319 Starnberg  
Tel.: 08151 / 656 88 0  
Fax: 08151 / 656 88 99

**GEO  
HYDRO  
BAU  
CONSULT**

Bearbeiter: N. Kampik

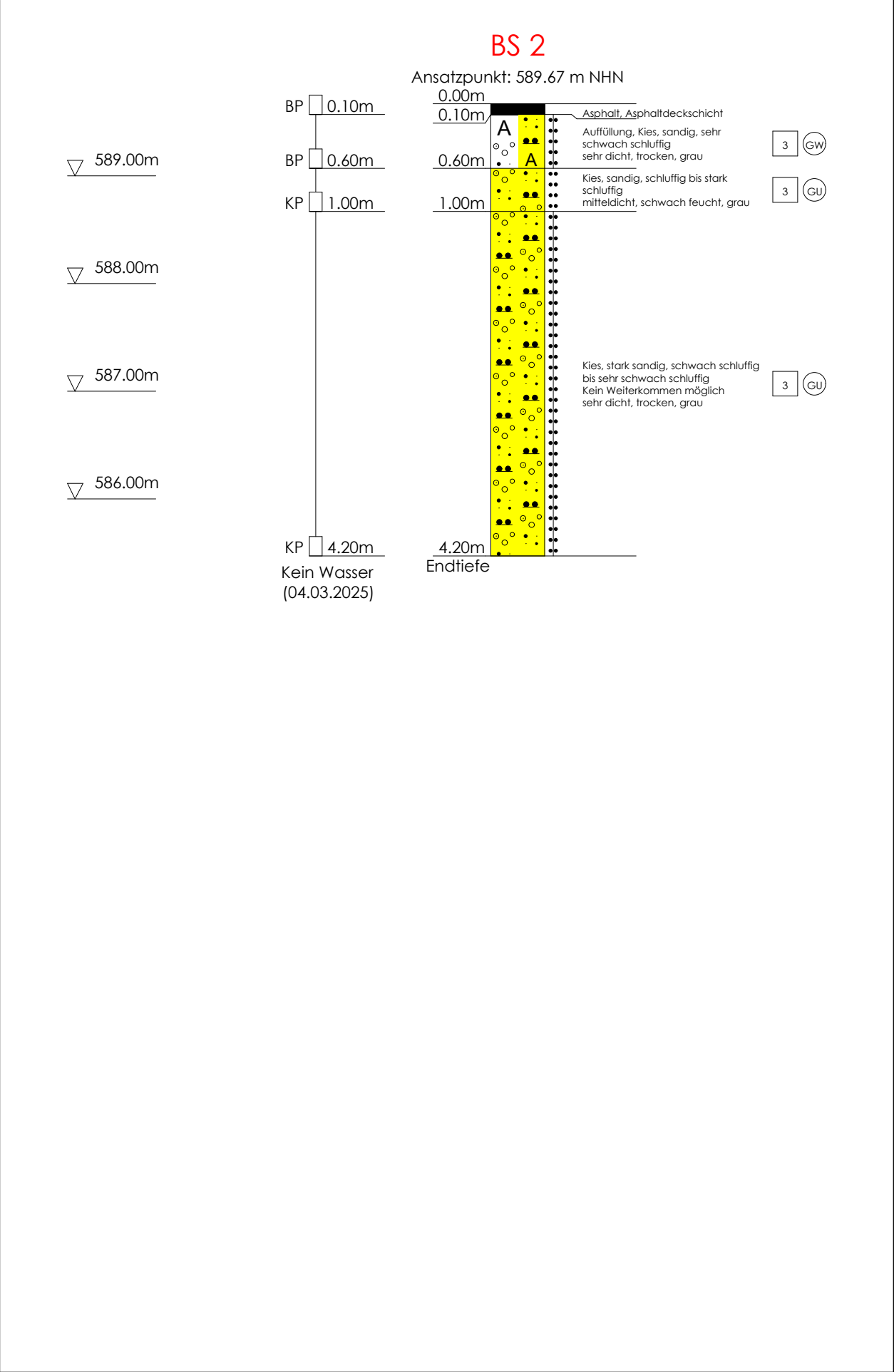
Zeichner: F. Fuchs

Datum: 30.09.2025

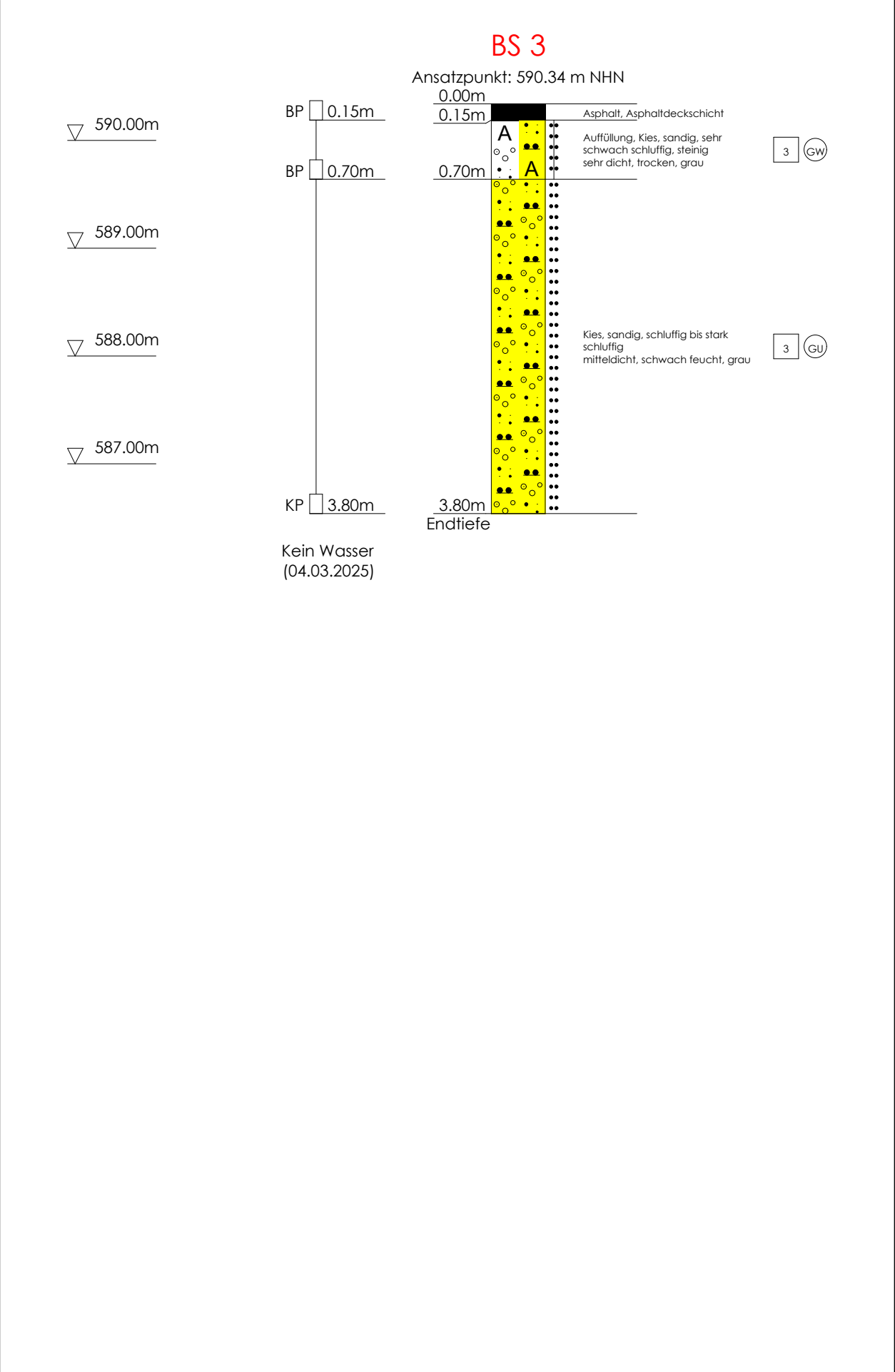
Anlage: 2



GHB Consult GmbH	Projekt : Gemeinde Brunnthal, Schulstraße, Brunnthal
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 250226
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.2
Tel: 08151/ 656 88 - 0	Maßstab : 1: 50
Bohrprofil DIN 4023 DIN 4023	

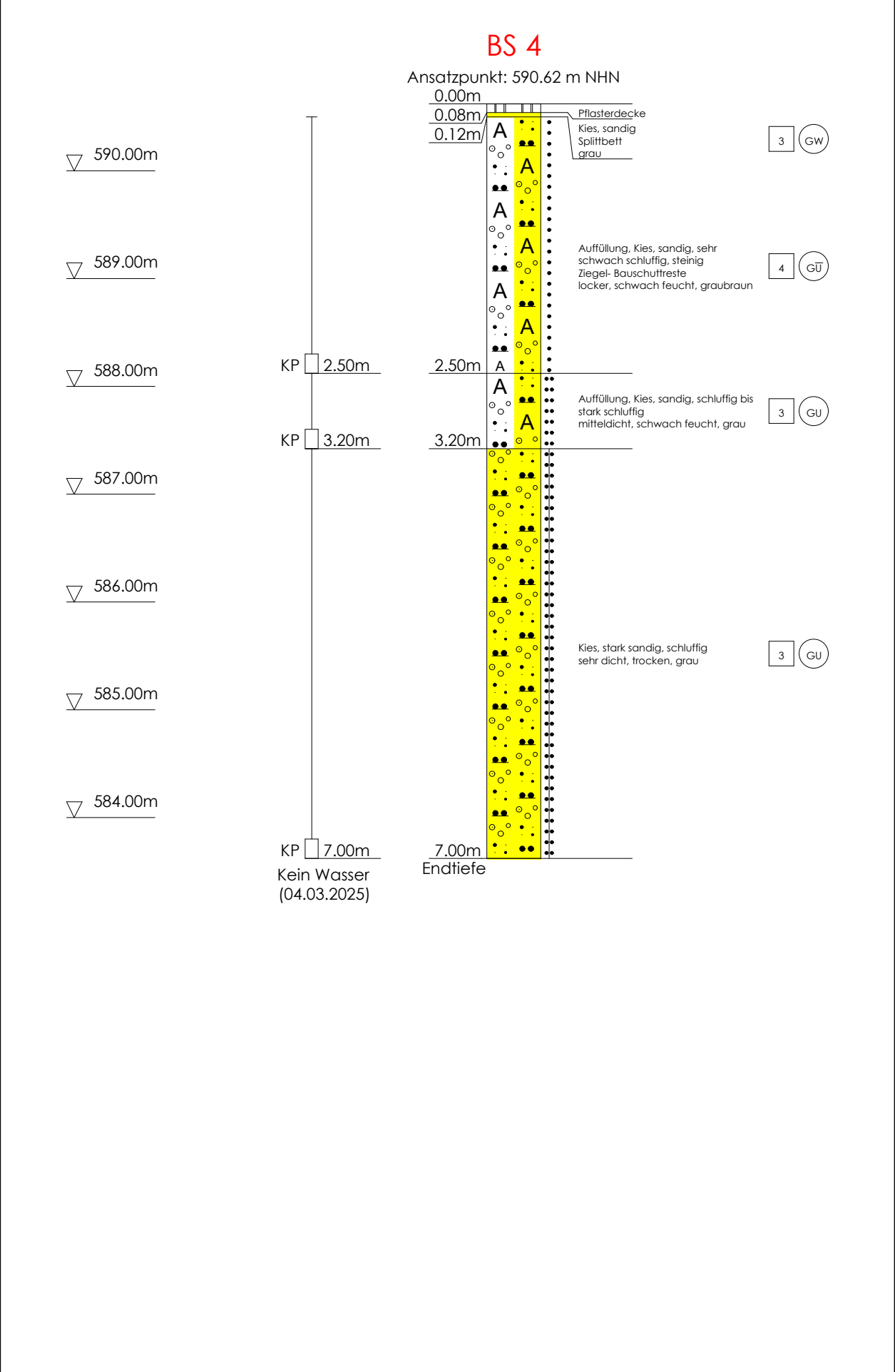


GHB Consult GmbH	Projekt : Gemeinde Brunnthal, Schulstraße, Brunnthal
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 250226
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.3
Tel: 08151/ 656 88 - 0	Maßstab : 1: 50
Bohrprofil DIN 4023 DIN 4023	



GHB Consult GmbH	Projekt : Gemeinde Brunnthal, Schulstraße, Brunnthal
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 250226
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.4
Tel: 08151/ 656 88 - 0	Maßstab : 1: 50

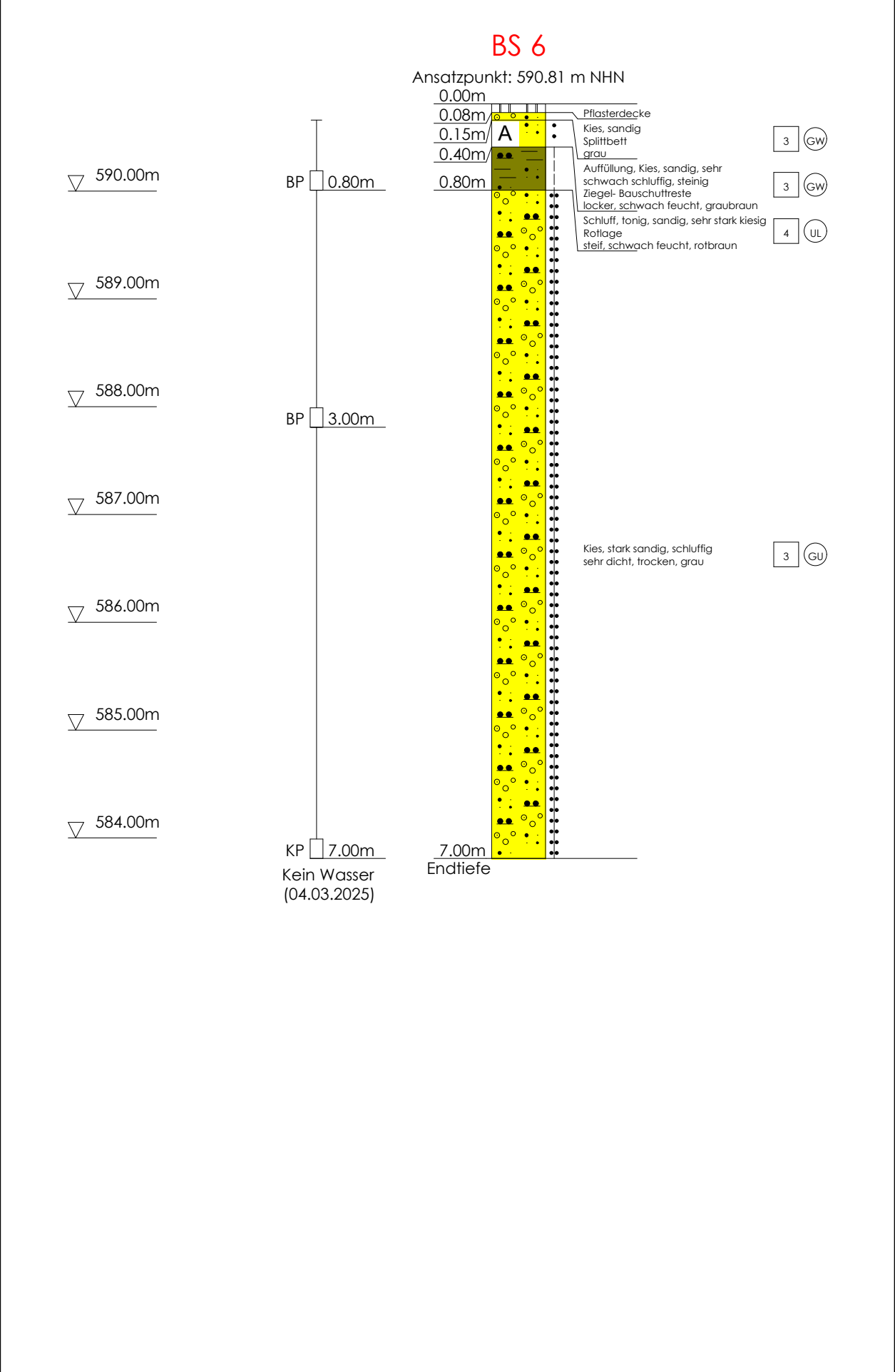
Bohrprofil DIN 4023  
DIN 4023







GHB Consult GmbH	Projekt : Gemeinde Brunnthal, Schulstraße, Brunnthal
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 250226
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.6
Tel: 08151/ 656 88 - 0	Maßstab : 1: 50
Bohrprofil DIN 4023 DIN 4023	



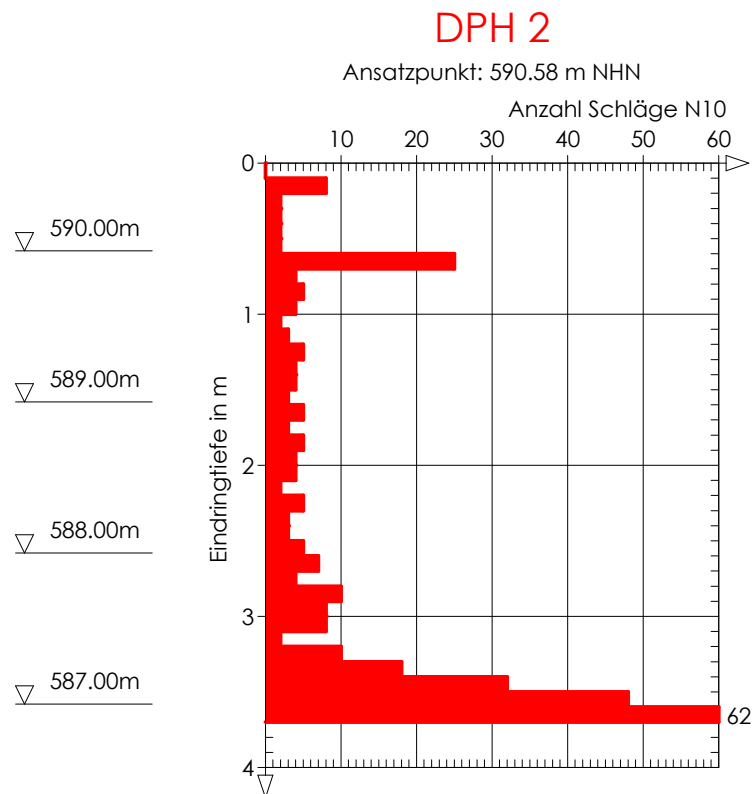
[illegible]

Projekt :	Gemeinde Brunnthal, Schulstraße, Brunnthal
Projektnr.:	250226
Anlage	4.1
Datum:	04.03.2025
Maßstab :	1: 50



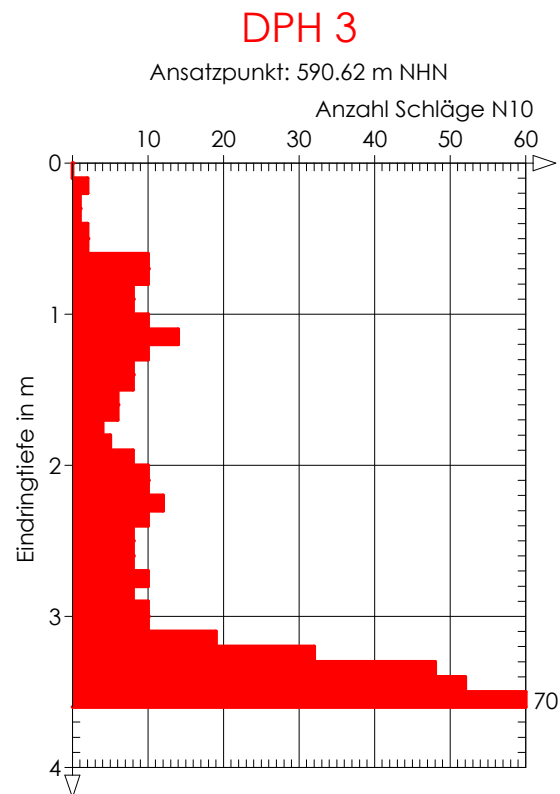
[illegible]

Projekt :	Gemeinde Brunnthal, Schulstraße, Brunnthal
Projektnr.:	250226
Anlage	4.2
Datum:	04.03.2025
Maßstab :	1: 50



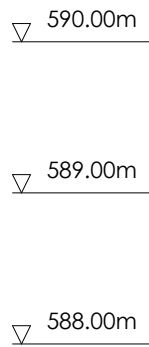
[illegible]

Projekt :	Gemeinde Brunnthal, Schulstraße, Brunnthal
Projektnr.:	250226
Anlage	4.3
Datum:	04.03.2025
Maßstab :	1: 50

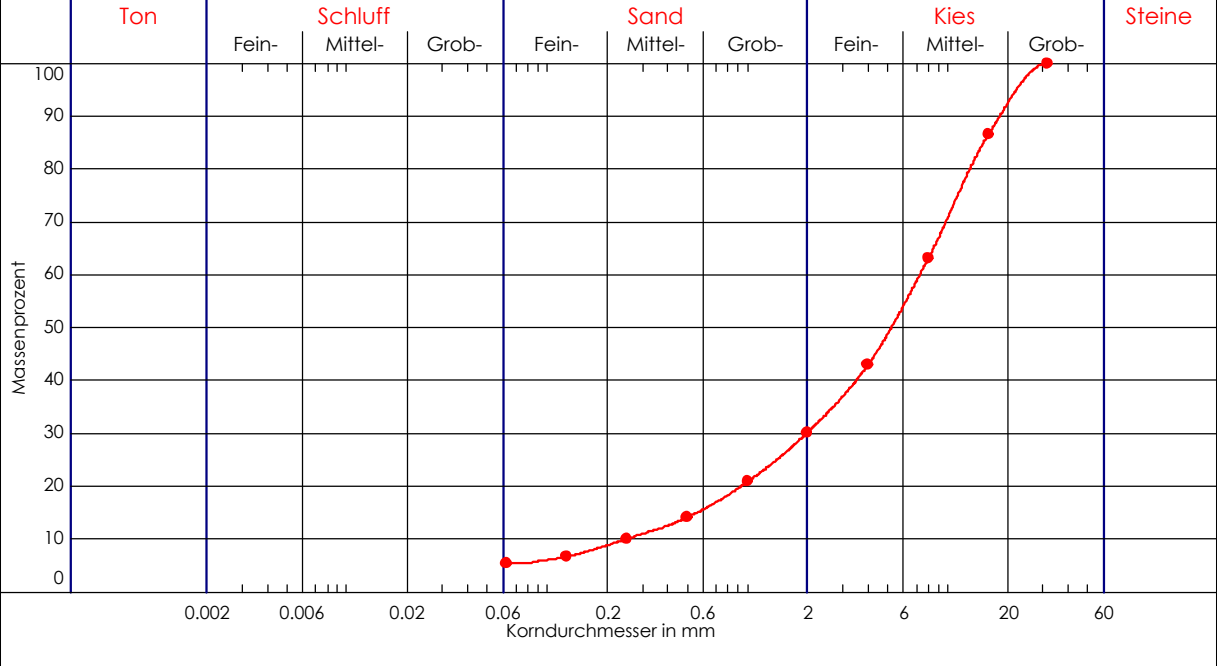


[illegible]

Projekt :	Gemeinde Brunnthal, Schulstraße, Brunnthal
Projektnr.:	250226
Anlage	4.4
Datum:	04.03.2025
Maßstab :	1: 50

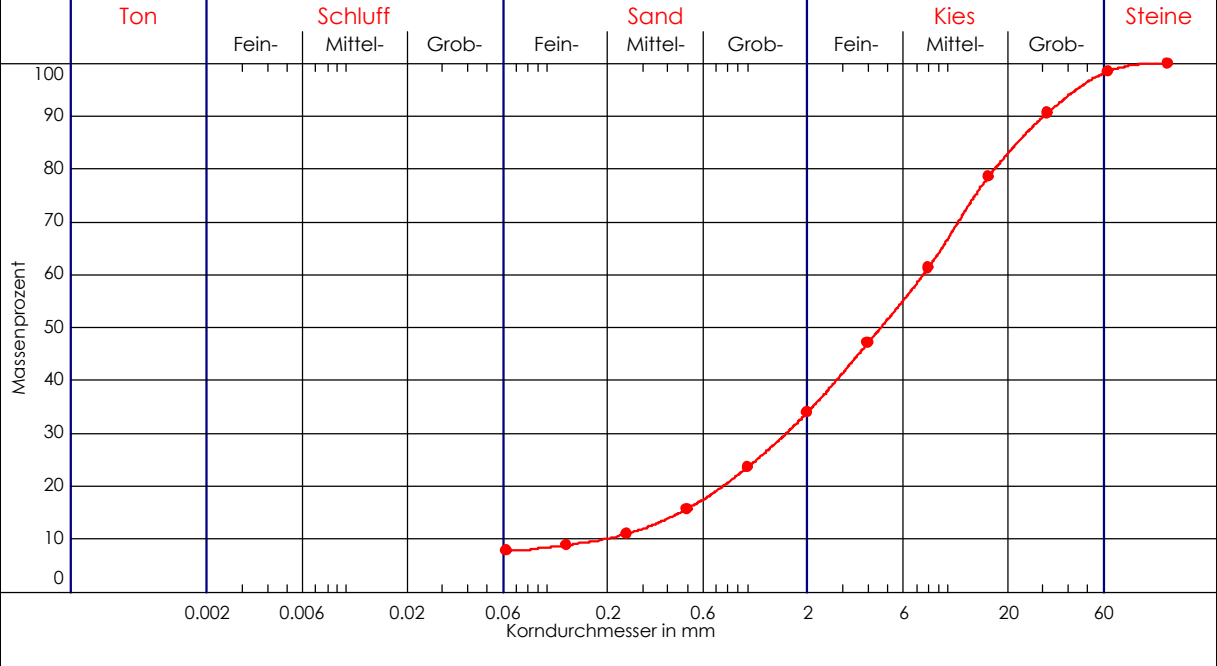


GHB Consult GmbH	Projekt : Schulstraße 2, Brunnthal
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 250226
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage: 5.1
Tel: 08151 / 656 88-0	Datum : 28.03.2025
Kornverteilung DIN EN ISO 17892-4	



Entnahmestelle	BS 1			
Entnahmetiefe	1,5 - 3,0			
Labornummer	—●— BS 1			
Ungleichförm. U	29.4			
Krümmungszahl	2.2			
d10 / d60	0.247/7.252 mm			
Anteil <0.063 mm	5.4 %			
Frostempfindl.kl.	F2			
Kornkennzahl	0127			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/5.4/24.8/69.8 %			
Bodenart	mG,fg,gs',gg',ms',u'			
Bodengruppe	GU			
kf nach Beyer	2.8E-04 m/s			
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)			
kf nach Hazen	- (Cu > 5 )			
kf nach Seiler	2.1E-03 m/s			
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)			

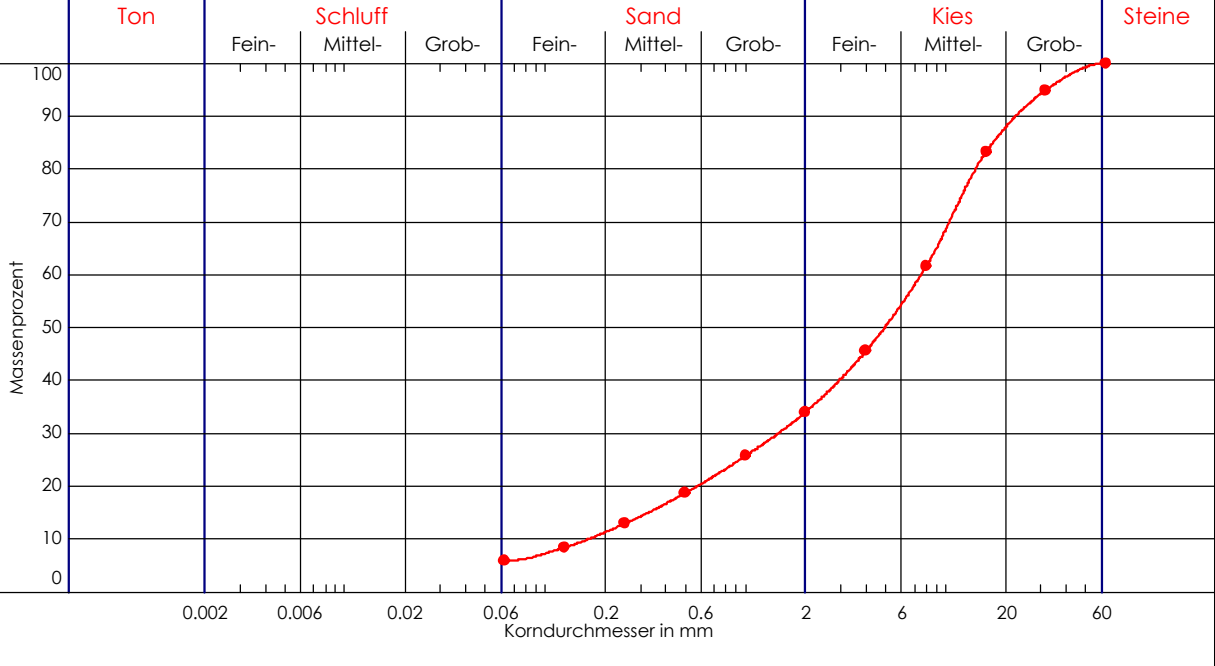
GHB Consult GmbH	Projekt : Schulstraße 2, Brunnthal
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 250226
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage: 5.2
Tel: 08151 / 656 88-0	Datum : 28.03.2025
Kornverteilung DIN EN ISO 17892-4	



Entnahmestelle	BS 3			
Entnahmetiefe	0,7 - 3,8 m			
Labornummer	—●— BS 3			
Ungleichförm. U	38.9			
Krümmungszahl	1.7			
d10 / d60	0.194/7.561 mm			
Anteil <0.063 mm	7.9 %			
Frostempfindl.kl.	F2			
Kornkennzahl	0136			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/7.9/26.2/64.4/1.6 %			
Bodenart	mG,fg,gs,gg,ms',u'			
Bodengruppe	GU			
kf nach Beyer	- (Cu > 30 )			
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)			
kf nach Hazen	- (Cu > 5 )			
kf nach Seiler	1.7E-03 m/s			
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)			



GHB Consult GmbH	Projekt : Schulstraße 2, Brunnthal
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 250226
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage: 5.3
Tel: 08151 / 656 88-0	Datum : 28.03.2025
Kornverteilung DIN EN ISO 17892-4	



Entnahmestelle	BS 5			
Entnahmetiefe	0,9 - 5,0 m			
Labornummer	—●— BS 5			
Ungleichförm. U	46.0			
Krümmungszahl	1.7			
d10 / d60	0.164/7.534 mm			
Anteil <0.063 mm	5.9 %			
Frostempfindl.kl.	F2			
Kornkennzahl	0037			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/5.9/28.2/65.9 %			
Bodenart	mG,s,fg,gg',u'			
Bodengruppe	GU			
kf nach Beyer	- (Cu > 30 )			
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)			
kf nach Hazen	- (Cu > 5 )			
kf nach Seiler	1.4E-03 m/s			
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)			

GHB Consult GmbH

Moosstraße 7, Haus A  
82319 Starnberg

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>473/5098</b>	<b>Datum:</b>	<b>10.03.2025</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

## 1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : GHB Consult GmbH  
 Projekt : Gemeinde Brunthal, Hoferding  
 Projekt-Nr. : 250226 Kst.-Stelle :  
 Art der Probe : Boden Art der Probenahme :  
 Entnahmestelle : Entnahmedatum : 04.03.2025  
 Originalbezeich. : BS 4/0,12 - 3,5 m Probeneingang : 05.03.2025  
 Probenbezeich. : 473/5098 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Untersuchungszeitraum : 05.03.2025 - 10.03.2025

## 2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion (LVGBT:2021-07)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe							DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	91,6	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2017-09
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	26	-	-	-	-	Siebung

## 3 Ergebnisse der Untersuchung aus der Fraktion < 2mm (LVGBT:2021-07)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Arsen	[mg/kg TS]	2,9	20 20	30	50	150	DIN ISO 22036:2009-06
Blei	[mg/kg TS]	4,8	40 70	140	300	1000	DIN ISO 22036:2009-06
Cadmium	[mg/kg TS]	0,18	0,4 1	2	3	10	DIN ISO 22036:2009-06
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	10	30 60	120	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Kupfer	[mg/kg TS]	7,8	20 40	80	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Nickel	[mg/kg TS]	7,6	15 50	100	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Quecksilber	[mg/kg TS]	< 0,02	0,1 0,5	1	3	10	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 1					DIN ISO 22036:2009-06
Zink	[mg/kg TS]	17	60 150	300	500	1500	DIN ISO 22036:2009-06
Aufschluß mit Königswasser							DIN EN 13657 :2003-01
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5	1	3	10	15	DIN 38 409 -17 :2005-12
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30					DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50	100	300	500	1000	DIN EN 14039 :2005-01
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25	1	10	30	100	DIN EN ISO 17380:2013-10

### 3.1 PCB, PAK

Parameter	Einheit	Messwert		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01						
Σ PCB (6):	[mg/kg TS]	n.n.		0,05	0,1	0,5	1,0	DIN EN 15308 :2016-12
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04			0,5	1,0		
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04			0,3	1,0	1,0	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(g,h,i)perylene	[mg/kg TS]	< 0,04						
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	n.n.		3	5	15	20	DIN ISO 18287 :2006-05

### 4 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung (l : s)		10 : 1						DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[ - ]	10,46		6,5-9	6,5-9	6-12	5,5-12	DIN EN ISO 10523 04-2012
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	138		500	500 2000 <sup>2)</sup>	1000 2500 <sup>2)</sup>	1500 3000 <sup>2)</sup>	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 3		10	10	40	60	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5		20	25	100	200	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,1		2	2	5	10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		15	30/50 <sup>3)</sup>	75	150	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5		50	50	150	300	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5		40	50	150	200	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,05		0,2	0,2/0,5 <sup>3)</sup>	1	2	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[µg/l]	< 1		< 1	1	3	10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Zink	[µg/l]	< 10		100	100	300	600	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Phenolindex	[µg/l]	< 10		10	10	50	100	DIN EN ISO 14402:1999-12
Cyanid (gesamt)	[µg/l]	< 5		10	10	50	100	EN ISO 14403 :2012-10
Chlorid	[mg/l]	13		250	250	250	250	EN ISO 10304: 2009-07
Sulfat	[mg/l]	9		250	250	250 300 <sup>2)</sup>	250 600 <sup>2)</sup>	EN ISO 10304 :2009-07

2) Im Rahmen der erlaubten Verfüllung mit Bauschutt ist eine Überschreitung der Zuordnungswerte für Chlorid, Sulfat, die elektrische Leitfähigkeit, Chrom (ges.) und Quecksilber bis zu den jeweils höheren Werten zulässig. Darüber hinaus darf das Verfüllmaterial keine anderen Belastungen beinhalten.  
Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (LVGBT:2021-07) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt. Es handelt sich um absolute Messwerte.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 10.03.2025

**Onlinedokument ohne Unterschrift**

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele  
(Laborleiter)

Teilarbeitsbereich	MU* [%]
Bestimmung von Probenvorbehandlung in Boden/Gestein und Abfall mittels keine	
Bestimmung von TS in Boden/Gestein und Abfall mittels Gravimetrische Untersuchungen	10
Bestimmung von Schwermetalle in Boden/Gestein und Abfall mittels Induktiv gekoppelte Plasma (ICP-OES)	15
Bestimmung von Quecksilber in Boden/Gestein und Abfall mittels Atomabsorptionsspektrometrie	15
Bestimmung von EOX in Boden/Gestein und Abfall mittels Elektrodenmessung	20
Bestimmung von MKW in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit FID-Detektor	20
Bestimmung von Cyanid in Boden/Gestein und Abfall mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von PCB in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20
Bestimmung von PAK in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20
Bestimmung von Probenvorbehandlung in Boden/Gestein und Abfall mittels Elution	5
Bestimmung von Leitfähigkeit in Wasser mittels Elektrodenmessung	10
Bestimmung von pH-Wert in Wasser mittels Elektrodenmessung	10
Bestimmung von Schwermetalle in Wasser mittels Induktiv gekoppelte Plasma -Massenspektrometrie (ICP-MS)	15
Bestimmung von Quecksilber in Wasser mittels Atomabsorptionsspektrometrie	10
Bestimmung von Phenole in Wasser mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von Cyanid in Wasser mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von Chlorid in Wasser mittels Ionenchromatographie	15
Bestimmung von Sulfat in Wasser mittels Ionenchromatographie	15

Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (LVGBT:2021-07) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt.  
Es handelt sich um absolute Messwerte. MU\*: Erweiterte Messunsicherheit  $k=2$

GHB Consult GmbH

Moosstraße 7, Haus A  
82319 Starnberg

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>473/5099</b>	<b>Datum:</b>	<b>10.03.2025</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

## 1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : GHB Consult GmbH  
 Projekt : Gemeinde Brunthal, Hoferding  
 Projekt-Nr. : 250226 Kst.-Stelle :  
 Art der Probe : Boden Art der Probenahme :  
 Entnahmestelle : Entnahmedatum : 04.03.2025  
 Originalbezeich. : BS 5/0,15 - 0,4 m Probeneingang : 05.03.2025  
 Probenbezeich. : 473/5099 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Untersuchungszeitraum : 05.03.2025 - 10.03.2025

## 2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion (LVGBT:2021-07)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe							DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	94,9	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2017-09
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	10	-	-	-	-	Siebung

## 3 Ergebnisse der Untersuchung aus der Fraktion < 2mm (LVGBT:2021-07)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Arsen	[mg/kg TS]	1,8	20 20	30	50	150	DIN ISO 22036:2009-06
Blei	[mg/kg TS]	3,8	40 70	140	300	1000	DIN ISO 22036:2009-06
Cadmium	[mg/kg TS]	0,15	0,4 1	2	3	10	DIN ISO 22036:2009-06
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	8,5	30 60	120	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Kupfer	[mg/kg TS]	12	20 40	80	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Nickel	[mg/kg TS]	6,5	15 50	100	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Quecksilber	[mg/kg TS]	< 0,02	0,1 0,5	1	3	10	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 1					DIN ISO 22036:2009-06
Zink	[mg/kg TS]	24	60 150	300	500	1500	DIN ISO 22036:2009-06
Aufschluß mit Königswasser							DIN EN 13657 :2003-01
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5	1	3	10	15	DIN 38 409 -17 :2005-12
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	30					DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50	100	300	500	1000	DIN EN 14039 :2005-01
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25	1	10	30	100	DIN EN ISO 17380:2013-10

### 3.1 PCB, PAK

Parameter	Einheit	Messwert		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01						
Σ PCB (6):	[mg/kg TS]	n.n.		0,05	0,1	0,5	1,0	DIN EN 15308 :2016-12
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04			0,5	1,0		
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04			0,3	1,0	1,0	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(g,h,i)perylene	[mg/kg TS]	< 0,04						
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	n.n.		3	5	15	20	DIN ISO 18287 :2006-05

### 4 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung (l : s)		10 : 1						DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[ - ]	9,73		6,5-9	6,5-9	6-12	5,5-12	DIN EN ISO 10523 04-2012
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	55		500	500 2000 <sup>2)</sup>	1000 2500 <sup>2)</sup>	1500 3000 <sup>2)</sup>	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 3		10	10	40	60	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5		20	25	100	200	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,1		2	2	5	10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		15	30/50 <sup>3)</sup>	75	150	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5		50	50	150	300	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5		40	50	150	200	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,05		0,2	02/05 <sup>3)</sup>	1	2	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[µg/l]	< 1		< 1	1	3	10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Zink	[µg/l]	< 10		100	100	300	600	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Phenolindex	[µg/l]	< 10		10	10	50	100	DIN EN ISO 14402:1999-12
Cyanid (gesamt)	[µg/l]	< 5		10	10	50	100	EN ISO 14403 :2012-10
Chlorid	[mg/l]	4		250	250	250	250	EN ISO 10304: 2009-07
Sulfat	[mg/l]	< 5		250	250	250 300 <sup>2)</sup>	250 600 <sup>2)</sup>	EN ISO 10304 :2009-07

2) Im Rahmen der erlaubten Verfüllung mit Bauschutt ist eine Überschreitung der Zuordnungswerte für Chlorid, Sulfat, die elektrische Leitfähigkeit, Chrom (ges.) und Quecksilber bis zu den jeweils höheren Werten zulässig. Darüber hinaus darf das Verfüllmaterial keine anderen Belastungen beinhalten.  
Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (LVGBT:2021-07) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt. Es handelt sich um absolute Messwerte.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 10.03.2025

**Onlinedokument ohne Unterschrift**

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele  
(Laborleiter)

Teilarbeitsbereich	MU* [%]
Bestimmung von Probenvorbehandlung in Boden/Gestein und Abfall mittels keine	
Bestimmung von TS in Boden/Gestein und Abfall mittels Gravimetrische Untersuchungen	10
Bestimmung von Schwermetalle in Boden/Gestein und Abfall mittels Induktiv gekoppelte Plasma (ICP-OES)	15
Bestimmung von Quecksilber in Boden/Gestein und Abfall mittels Atomabsorptionsspektrometrie	15
Bestimmung von EOX in Boden/Gestein und Abfall mittels Elektrodenmessung	20
Bestimmung von MKW in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit FID-Detektor	20
Bestimmung von Cyanid in Boden/Gestein und Abfall mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von PCB in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20
Bestimmung von PAK in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20
Bestimmung von Probenvorbehandlung in Boden/Gestein und Abfall mittels Elution	5
Bestimmung von Leitfähigkeit in Wasser mittels Elektrodenmessung	10
Bestimmung von pH-Wert in Wasser mittels Elektrodenmessung	10
Bestimmung von Schwermetalle in Wasser mittels Induktiv gekoppelte Plasma -Massenspektrometrie (ICP-MS)	15
Bestimmung von Quecksilber in Wasser mittels Atomabsorptionsspektrometrie	10
Bestimmung von Phenole in Wasser mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von Cyanid in Wasser mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von Chlorid in Wasser mittels Ionenchromatographie	15
Bestimmung von Sulfat in Wasser mittels Ionenchromatographie	15

Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (LVGBT:2021-07) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt.  
Es handelt sich um absolute Messwerte. MU\*: Erweiterte Messunsicherheit  $k=2$



GHB Consult GmbH

Moosstraße 7, Haus A  
82319 Starnberg

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>473/5100</b>	<b>Datum:</b>	<b>10.03.2025</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

## 1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : GHB Consult GmbH  
 Projekt : Gemeinde Brunthal, Hoferding  
 Projekt-Nr. : 250226 Kst.-Stelle :  
 Art der Probe : Boden Art der Probenahme :  
 Entnahmestelle : Entnahmedatum : 04.03.2025  
 Originalbezeich. : BS 6/0,4 - 0,8 m Probeneingang : 05.03.2025  
 Probenbezeich. : 473/5100 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Untersuchungszeitraum : 05.03.2025 - 10.03.2025

## 2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion (LVGBT:2021-07)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe							DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	84,3	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2017-09
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	69	-	-	-	-	Siebung

## 3 Ergebnisse der Untersuchung aus der Fraktion < 2mm (LVGBT:2021-07)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Arsen	[mg/kg TS]	6,9	20 20	30	50	150	DIN ISO 22036:2009-06
Blei	[mg/kg TS]	12	40 70	140	300	1000	DIN ISO 22036:2009-06
Cadmium	[mg/kg TS]	0,35	0,4 1	2	3	10	DIN ISO 22036:2009-06
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	30	30 60	120	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Kupfer	[mg/kg TS]	19	20 40	80	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Nickel	[mg/kg TS]	22	15 50	100	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,02	0,1 0,5	1	3	10	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 1					DIN ISO 22036:2009-06
Zink	[mg/kg TS]	44	60 150	300	500	1500	DIN ISO 22036:2009-06
Aufschluß mit Königswasser							DIN EN 13657 :2003-01
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5	1	3	10	15	DIN 38 409 -17 :2005-12
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30					DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	< 50	100	300	500	1000	DIN EN 14039 :2005-01
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25	1	10	30	100	DIN EN ISO 17380:2013-10

### 3.1 PCB, PAK

Parameter	Einheit	Messwert		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01						
Σ PCB (6):	[mg/kg TS]	n.n.		0,05	0,1	0,5	1,0	DIN EN 15308 :2016-12
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04			0,5	1,0		
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Phenanthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Pyren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04			0,3	1,0	1,0	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(g,h,i)perylene	[mg/kg TS]	< 0,04						
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	n.n.		3	5	15	20	DIN ISO 18287 :2006-05

## 4 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung (l : s)		10 : 1						DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[ - ]	8,52		6,5-9	6,5-9	6-12	5,5-12	DIN EN ISO 10523 04-2012
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	100		500	500 2000 <sup>2)</sup>	1000 2500 <sup>2)</sup>	1500 3000 <sup>2)</sup>	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 3		10	10	40	60	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5		20	25	100	200	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,1		2	2	5	10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		15	30/50 <sup>3)</sup>	75	150	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5		50	50	150	300	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5		40	50	150	200	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,05		0,2	02/05 <sup>3)</sup>	1	2	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[µg/l]	< 1		< 1	1	3	10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Zink	[µg/l]	< 10		100	100	300	600	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Phenolindex	[µg/l]	< 10		10	10	50	100	DIN EN ISO 14402:1999-12
Cyanid (gesamt)	[µg/l]	< 5		10	10	50	100	EN ISO 14403 :2012-10
Chlorid	[mg/l]	4		250	250	250	250	EN ISO 10304: 2009-07
Sulfat	[mg/l]	< 5		250	250	250 300 <sup>2)</sup>	250 600 <sup>2)</sup>	EN ISO 10304 :2009-07

2) Im Rahmen der erlaubten Verfüllung mit Bauschutt ist eine Überschreitung der Zuordnungswerte für Chlorid, Sulfat, die elektrische Leitfähigkeit, Chrom (ges.) und Quecksilber bis zu den jeweils höheren Werten zulässig. Darüber hinaus darf das Verfüllmaterial keine anderen Belastungen beinhalten.  
Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (LVGBT:2021-07) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt. Es handelt sich um absolute Messwerte.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 10.03.2025

**Onlinedokument ohne Unterschrift**

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele  
(Laborleiter)

Teilarbeitsbereich	MU* [%]
Bestimmung von Probenvorbehandlung in Boden/Gestein und Abfall mittels keine	
Bestimmung von TS in Boden/Gestein und Abfall mittels Gravimetrische Untersuchungen	10
Bestimmung von Schwermetalle in Boden/Gestein und Abfall mittels Induktiv gekoppelte Plasma (ICP-OES)	15
Bestimmung von Quecksilber in Boden/Gestein und Abfall mittels Atomabsorptionsspektrometrie	15
Bestimmung von EOX in Boden/Gestein und Abfall mittels Elektrodenmessung	20
Bestimmung von MKW in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit FID-Detektor	20
Bestimmung von Cyanid in Boden/Gestein und Abfall mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von PCB in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20
Bestimmung von PAK in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20
Bestimmung von Probenvorbehandlung in Boden/Gestein und Abfall mittels Elution	5
Bestimmung von Leitfähigkeit in Wasser mittels Elektrodenmessung	10
Bestimmung von pH-Wert in Wasser mittels Elektrodenmessung	10
Bestimmung von Schwermetalle in Wasser mittels Induktiv gekoppelte Plasma -Massenspektrometrie (ICP-MS)	15
Bestimmung von Quecksilber in Wasser mittels Atomabsorptionsspektrometrie	10
Bestimmung von Phenole in Wasser mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von Cyanid in Wasser mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von Chlorid in Wasser mittels Ionenchromatographie	15
Bestimmung von Sulfat in Wasser mittels Ionenchromatographie	15

Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (LVGBT:2021-07) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt.  
Es handelt sich um absolute Messwerte. MU\*: Erweiterte Messunsicherheit  $k=2$

GHB Consult GmbH  
Moosstraße 7, Haus A  
82319 Starnberg

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>473/5101</b>	<b>Datum:</b>	<b>12.03.2025</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

### Allgemeine Angaben

Auftraggeber : GHB Consult GmbH  
Projekt : Gemeinde Brunnthal, Hoferding Projekt-Nr. : 250226  
Entnahmestelle : Art der Probenahme :  
Art der Probe : Schwarzdecke Entnahmedatum : 04.03.2025  
Probeneingang : 05.03.2025 Originalbezeich. : BS 2/0,0 - 0,1 m  
Probenbezeich. : 473/5101 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
Untersuchungszeitraum : 05.03.2025 – 12.03.2025

### 1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	98,8	DIN EN 14346 : 2007-03
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04	
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Fluoren	[mg/kg TS]	0,05	
Phenanthren	[mg/kg TS]	0,28	
Anthracen	[mg/kg TS]	0,08	
Fluoranthren	[mg/kg TS]	0,35	
Pyren	[mg/kg TS]	0,27	
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,2	
Chrysen	[mg/kg TS]	0,16	
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,18	
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,05	
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,1	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04	
Benzo(g,h,i)perylene	[mg/kg TS]	0,1	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	0,1	
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	<b>[mg/kg TS]</b>	<b>1,92</b>	<b>DIN ISO 18287 :2006-05</b>

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 12.03.2025

Onlinedokument ohne Unterschrift

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele  
(Laborleiter)

Teilarbeitsbereich	MU* [%]
Bestimmung von TS in Boden/Gestein und Abfall mittels Gravimetrische Untersuchungen	10
Bestimmung von PAK in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20

Es handelt sich um absolute Messwerte. MU\*: Erweiterte Messunsicherheit  $k=2$

GHB Consult GmbH  
Moosstraße 7, Haus A  
82319 Starnberg

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>473/5102</b>	<b>Datum:</b>	<b>12.03.2025</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

**Allgemeine Angaben**

Auftraggeber : GHB Consult GmbH  
Projekt : Gemeinde Brunnthal, Hoferding Projekt-Nr. : 250226  
Entnahmestelle : Art der Probenahme :  
Art der Probe : Schwarzdecke Entnahmedatum : 04.03.2025  
Probeneingang : 05.03.2025 Originalbezeich. : BS 3/0,0 - 0,15 m  
Probenbezeich. : 473/5102 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
Untersuchungszeitraum : 05.03.2025 – 12.03.2025

**1 Ergebnisse der Untersuchung aus der Originalsubstanz**

Parameter	Einheit	Messwert	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe			DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	99,9	DIN EN 14346 : 2007-03
Naphthalin	[mg/kg TS]	0,15	
Acenaphthen	[mg/kg TS]	0,07	
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	0,2	
Fluoren	[mg/kg TS]	0,29	
Phenanthren	[mg/kg TS]	1,4	
Anthracen	[mg/kg TS]	0,48	
Fluoranthren	[mg/kg TS]	2,3	
Pyren	[mg/kg TS]	1,7	
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	0,92	
Chrysen	[mg/kg TS]	0,58	
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,89	
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	0,38	
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	0,64	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	0,22	
Benzo(g,h,i)perylene	[mg/kg TS]	0,4	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	0,42	
<b>Σ PAK (EPA Liste):</b>	<b>[mg/kg TS]</b>	<b>11</b>	<b>DIN ISO 18287 :2006-05</b>

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

Markt Rettenbach, den 12.03.2025

**Onlinedokument ohne Unterschrift**Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele  
(Laborleiter)

Teilarbeitsbereich	MU* [%]
Bestimmung von TS in Boden/Gestein und Abfall mittels Gravimetrische Untersuchungen	10
Bestimmung von PAK in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20

Es handelt sich um absolute Messwerte. MU\*: Erweiterte Messunsicherheit k=2

GHB Consult GmbH

Moosstraße 7, Haus A  
82319 Starnberg

<b>Analysenbericht Nr.</b>	<b>473/5097</b>	<b>Datum:</b>	<b>10.03.2025</b>
----------------------------	-----------------	---------------	-------------------

## 1 Allgemeine Angaben

Auftraggeber : GHB Consult GmbH  
 Projekt : Gemeinde Brunthal, Hoferding  
 Projekt-Nr. : 250226 Kst.-Stelle :  
 Art der Probe : Boden Art der Probenahme :  
 Entnahmestelle : Entnahmedatum : 04.03.2025  
 Originalbezeich. : BS 2/0,1 - 0,6 m Probeneingang : 05.03.2025  
 Probenbezeich. : 473/5097 Probenehmer : von Seiten des Auftraggebers  
 Untersuchungszeitraum : 05.03.2025 - 10.03.2025

## 2 Ergebnisse der Untersuchung aus der Ges.-Fraktion (LVGBT:2021-07)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Erstellen der Prüfprobe aus Laborprobe							DIN 19747:2009-07
Trockensubstanz	[%]	94,9	-	-	-	-	DIN EN 14346 : 2017-09
Fraktion < 2 mm	[Masse %]	14	-	-	-	-	Siebung

## 3 Ergebnisse der Untersuchung aus der Fraktion < 2mm (LVGBT:2021-07)

Parameter	Einheit	Messwert	Z 0 (S   L/L)	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Arsen	[mg/kg TS]	2,4	20 20	30	50	150	DIN ISO 22036:2009-06
Blei	[mg/kg TS]	4,8	40 70	140	300	1000	DIN ISO 22036:2009-06
Cadmium	[mg/kg TS]	0,18	0,4 1	2	3	10	DIN ISO 22036:2009-06
Chrom (gesamt)	[mg/kg TS]	9,2	30 60	120	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Kupfer	[mg/kg TS]	8,2	20 40	80	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Nickel	[mg/kg TS]	6,4	15 50	100	200	600	DIN ISO 22036:2009-06
Quecksilber	[mg/kg TS]	0,02	0,1 0,5	1	3	10	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[mg/kg TS]	< 1					DIN ISO 22036:2009-06
Zink	[mg/kg TS]	17	60 150	300	500	1500	DIN ISO 22036:2009-06
Aufschluß mit Königswasser							DIN EN 13657 :2003-01
EOX	[mg/kg TS]	< 0,5	1	3	10	15	DIN 38 409 -17 :2005-12
MKW (C10 – C22)	[mg/kg TS]	< 30					DIN EN 14039 :2005-01
MKW (C10 – C40)	[mg/kg TS]	119	100	300	500	1000	DIN EN 14039 :2005-01
Cyanid (gesamt)	[mg/kg TS]	< 0,25	1	10	30	100	DIN EN ISO 17380:2013-10



### 3.1 PCB, PAK

Parameter	Einheit	Messwert		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
PCB 28	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 52	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 101	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 138	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 153	[mg/kg TS]	< 0,01						
PCB 180	[mg/kg TS]	< 0,01						
Σ PCB (6):	[mg/kg TS]	n.n.		0,05	0,1	0,5	1,0	DIN EN 15308 :2016-12
Naphthalin	[mg/kg TS]	< 0,04			0,5	1,0		
Acenaphthen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Acenaphthylen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Fluoren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Phenanthren	[mg/kg TS]	0,04						
Anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Fluoranthren	[mg/kg TS]	0,06						
Pyren	[mg/kg TS]	0,05						
Benzo(a)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Chrysen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(b)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(k)fluoranthren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(a)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04			0,3	1,0	1,0	
Dibenz(a,h)anthracen	[mg/kg TS]	< 0,04						
Benzo(g,h,i)perylene	[mg/kg TS]	< 0,04						
Indeno(1,2,3-cd)pyren	[mg/kg TS]	< 0,04						
Σ PAK (EPA Liste):	[mg/kg TS]	0,15		3	5	15	20	DIN ISO 18287 :2006-05

### 4 Ergebnisse der Untersuchung aus dem Eluat

Parameter	Einheit	Messwert		Z 0	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Methode
Eluatherstellung (l : s)		10 : 1						DIN EN 12457-4 : 2003-01
pH-Wert	[ - ]	9,23		6,5-9	6,5-9	6-12	5,5-12	DIN EN ISO 10523 04-2012
elektr. Leitfähigkeit	[µS/cm]	86		500	500 2000 <sup>2)</sup>	1000 2500 <sup>2)</sup>	1500 3000 <sup>2)</sup>	DIN EN 27 888 : 1993
Arsen	[µg/l]	< 3		10	10	40	60	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Blei	[µg/l]	< 5		20	25	100	200	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Cadmium	[µg/l]	< 0,1		2	2	5	10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Chrom (gesamt)	[µg/l]	< 5		15	30/50 <sup>3)</sup>	75	150	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Kupfer	[µg/l]	< 5		50	50	150	300	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Nickel	[µg/l]	< 5		40	50	150	200	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Quecksilber	[µg/l]	< 0,05		0,2	02/05 <sup>3)</sup>	1	2	DIN EN ISO 12846 :2012-08
Thallium	[µg/l]	< 1		< 1	1	3	10	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Zink	[µg/l]	< 10		100	100	300	600	DIN EN ISO 17294-2 :2017-01
Phenolindex	[µg/l]	< 10		10	10	50	100	DIN EN ISO 14402:1999-12
Cyanid (gesamt)	[µg/l]	< 5		10	10	50	100	EN ISO 14403 :2012-10
Chlorid	[mg/l]	5		250	250	250	250	EN ISO 10304: 2009-07
Sulfat	[mg/l]	< 5		250	250	250 300 <sup>2)</sup>	250 600 <sup>2)</sup>	EN ISO 10304 :2009-07

2) Im Rahmen der erlaubten Verfüllung mit Bauschutt ist eine Überschreitung der Zuordnungswerte für Chlorid, Sulfat, die elektrische Leitfähigkeit, Chrom (ges.) und Quecksilber bis zu den jeweils höheren Werten zulässig. Darüber hinaus darf das Verfüllmaterial keine anderen Belastungen beinhalten.  
Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (LVGBT:2021-07) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt. Es handelt sich um absolute Messwerte.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände.

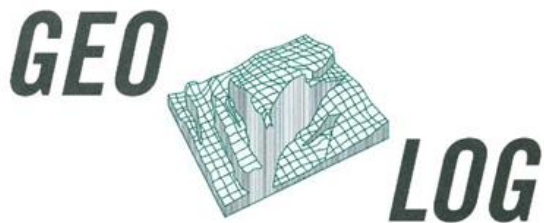
Markt Rettenbach, den 10.03.2025

**Onlinedokument ohne Unterschrift**

Dipl.-Ing. (FH) E. Schindele  
(Laborleiter)

Teilarbeitsbereich	MU* [%]
Bestimmung von Probenvorbehandlung in Boden/Gestein und Abfall mittels keine	
Bestimmung von TS in Boden/Gestein und Abfall mittels Gravimetrische Untersuchungen	10
Bestimmung von Schwermetalle in Boden/Gestein und Abfall mittels Induktiv gekoppelte Plasma (ICP-OES)	15
Bestimmung von Quecksilber in Boden/Gestein und Abfall mittels Atomabsorptionsspektrometrie	15
Bestimmung von EOX in Boden/Gestein und Abfall mittels Elektrodenmessung	20
Bestimmung von MKW in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit FID-Detektor	20
Bestimmung von Cyanid in Boden/Gestein und Abfall mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von PCB in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20
Bestimmung von PAK in Boden/Gestein und Abfall mittels Gaschromatographie mit massenselek. MS-, MS/MS-Detektor	20
Bestimmung von Probenvorbehandlung in Boden/Gestein und Abfall mittels Elution	5
Bestimmung von Leitfähigkeit in Wasser mittels Elektrodenmessung	10
Bestimmung von pH-Wert in Wasser mittels Elektrodenmessung	10
Bestimmung von Schwermetalle in Wasser mittels Induktiv gekoppelte Plasma -Massenspektrometrie (ICP-MS)	15
Bestimmung von Quecksilber in Wasser mittels Atomabsorptionsspektrometrie	10
Bestimmung von Phenole in Wasser mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von Cyanid in Wasser mittels Photometrie mit Fließ- und Durchflussanalytik	15
Bestimmung von Chlorid in Wasser mittels Ionenchromatographie	15
Bestimmung von Sulfat in Wasser mittels Ionenchromatographie	15

Bei der Konformitätsbetrachtung durch Grenzwertgegenüberstellung (LVGBT:2021-07) werden Messunsicherheiten nicht mitberücksichtigt.  
Es handelt sich um absolute Messwerte. MU\*: Erweiterte Messunsicherheit  $k=2$



#### Ingenieurbüro für Geophysik und Geologie

- Kampfmittelerkundung
- Bauwerksuntersuchung
- Erschütterungsmessung
- Geophysikalische Messungen
  - Archäologie
  - Lagerstättenprospektion
  - Grundwassererschließung
  - Leitungsortung

# ***Luftbildauswertung***

***zum***

***Bauvorhaben: Grundschule 85649 Brunnthal, Schulstraße 2***

***Datum: 20.03.2025***

Auftraggeber	Bearbeitung
<b>Gemeinde Brunnthal</b> <b>Münchner Str. 5</b> <b>85649 Brunnthal</b>  Über: GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg  <u>Ansprechpartner</u> Herr Florian Fuchs E-Mail: <a href="mailto:fuchs@ghb-consult.de">fuchs@ghb-consult.de</a> 0152/54971086	<b>GEOLOG Ch. Fuß/W. Hepp GbR</b>  Ingenieurbüro für Geophysik und Geologie Glatzer Straße 5a 82319 Starnberg Tel.: 08151/2807-0, Fax: -2 E-Mail: <a href="mailto:info@geolog2000.de">info@geolog2000.de</a> Unser Zeichen: lk

## ***Inhaltsverzeichnis***

Inhaltsverzeichnis .....	1
1 Vorbemerkung und Aufgabenstellung .....	2
2 Luftbildbeschaffung/ Quellen .....	3
2.1 Verwendetes Bildmaterial .....	3
3 Auswertung Kriegsaltlasten – Vorgehensweise .....	4
4 Schadenskartierung und Gefährdungsabschätzung .....	5
4.1 Auswertung Kriegsaltlasten anhand historischer Luftbilder .....	5
5 Übersicht zur Luftbildauswertung hinsichtlich Kriegsaltlasten .....	7
6 Allgemeine Informationen .....	10
6.1 Baufachliche Richtlinie Kampfmittelräumung (BFR KMR) .....	10
6.2 Informationen historisches Bildmaterial und Bildqualität .....	11

## **1 Vorbemerkung und Aufgabenstellung**

Geplante Bauarbeiten in an der Grundschule 85649 Brunnthal in der Schulstraße 2 erfordern Eingriffe in den Untergrund. Das geplante Areal ist im Lageplan in Abbildung 1 umrissen.

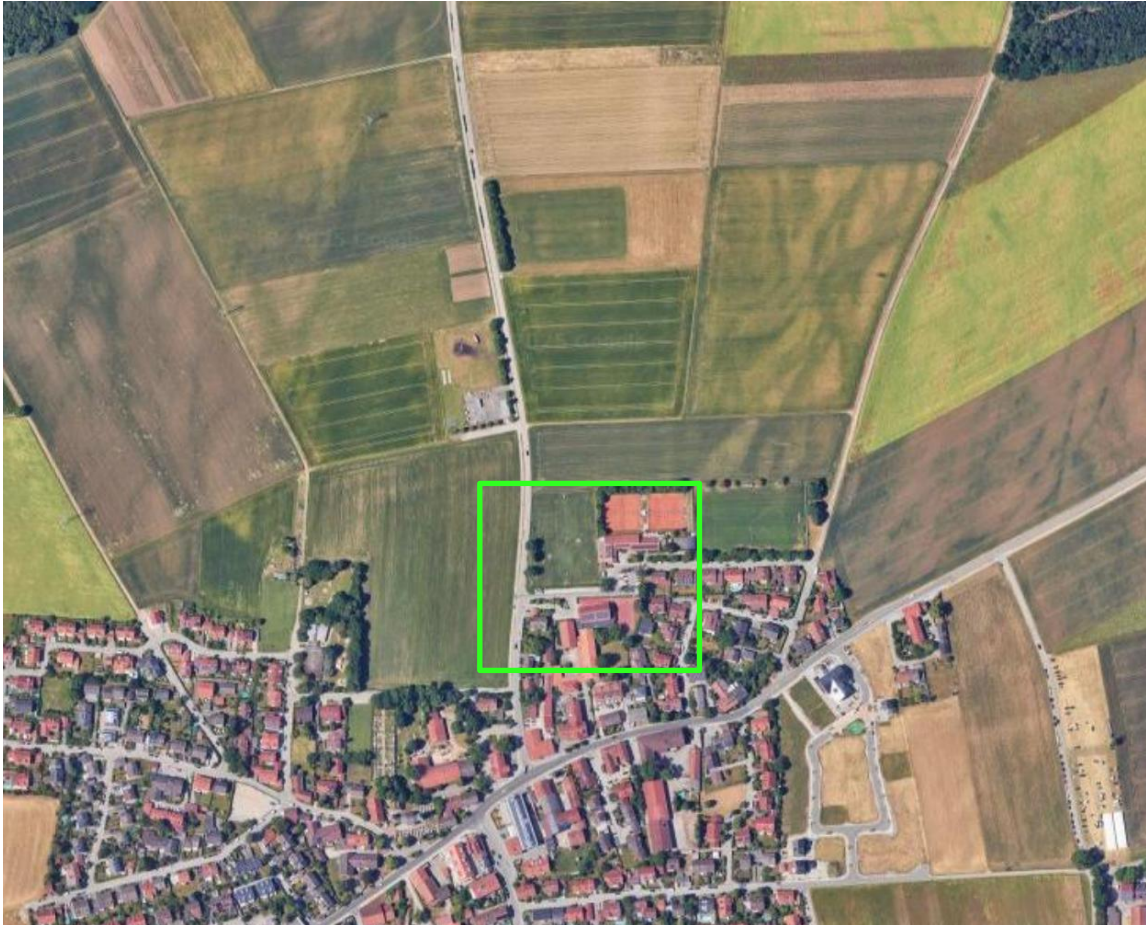


Abbildung 1: Planungsgebiet 85649 Brunnthal, Schulstraße 2; aktuelles Luftbild (c) LDBV.

Da der Bereich, in dem sich die Planungsfläche befindet, während des zweiten Weltkrieges möglicherweise Luftangriffen der alliierten Streitkräfte ausgesetzt war und sich auf der Planungsfläche mögliche Blindgänger/Bombentreffer verzeichnen lassen, wurden wir von Ihnen beauftragt eine historische Luftbildrecherche auf Kriegseinwirkungen durch Kampfmittel bezüglich der betroffenen Fläche durchzuführen.

## 2 Luftbildbeschaffung/ Quellen

Als Quelle für historische Luftbilder wird die Datenbank des Landesamtes für Digitalisierung, Breitband und Vermessung herangezogen. Ergänzend verfügt unser Büro über ein großes Archiv kriegsrelevanter Literatur sowie entsprechendem Bildmaterial.

Die Luftbilder der Kriegsjahre stammen von Überflügen der United States Army Air Forces (USAAF) sowie der britischen Royal Air Force (RAF). Durch eine Recherche kann für das angefragte Untersuchungsgebiet geeignetes Bildmaterial gefunden werden. Handelt es sich um Bilder der amerikanischen Streitkräfte, können diese beim Landesamt bestellt werden. Bilder der britischen Streitkräfte (Royal Air Force) unterliegen vertraglich bedingten Nutzungsbeschränkungen und dürfen nur an Behörden und Bundesländer und nur zum Zweck der Auffindung nicht explodierter Munition bzw. für den Zweck der Ortung unterirdischer Bestände von gefährlichem und/oder toxischem Material abgegeben werden. Trotz dieser Einschränkungen kann mit einem erhöhten Kosten- und Zeitaufwand eine Bestellung der Bilder in England erfolgen. Es besteht jedoch die Möglichkeit britische Luftbilder von geschultem Personal vor Ort im Landesamt einsehen zu lassen und hinsichtlich Kampfmittel auszuwerten.

### 2.1 Verwendetes Bildmaterial

Für die Luftbilder der Kriegsbefliegungen durch die Alliierten (1942 - 1945) konnten für das betroffene Gebiet mehrere verwertbare Luftbilder der englischen Streitkräfte ausfindig gemacht werden. Diese wurden durch uns in England für eine Auswertung hinsichtlich mögliche Kampfmittelbelastungen als digitaler Abzug erworben. In Tabelle 1 ist das verwendete Bildmaterial aufgelistet.

LUFTBILD	LUFTBILDNR.	FLUGDATUM	MAßSTAB	BEFUND
683/1149	4007	25.04.1945	1:8500	Bild ausreichend scharf Guter Maßstab Kriegseinwirkungen erkennbar
US 7GR292	4172	16.04.1945	1:8500	Bild ausreichend scharf Guter Maßstab Kriegseinwirkungen erkennbar

Tab. 1: Verwendetes Bildmaterial



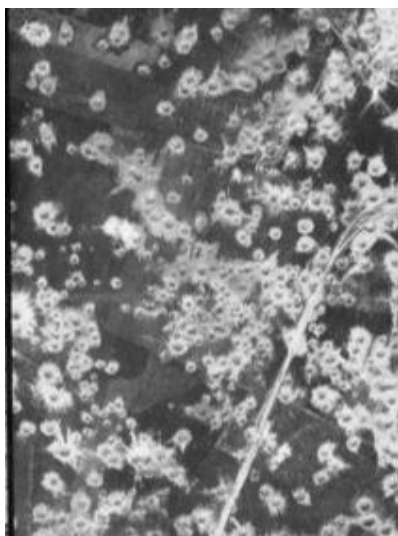
### **3 Auswertung Kriegsaltlasten – Vorgehensweise**

Bombeneinschläge in Freiflächen sind durch ihre kreisförmigen, hellen Auswurfstrukturen im Luftbild gut zu erkennen. In bewaldeten Bereichen ist dies in der Regel kaum möglich, da Spuren von Einschlägen durch den Bewuchs verdeckt werden. Ergänzend, verfahrensbedingt ohne den Anspruch auf einen vollständigen Nachweis, können digitale Geländemodelle zur Detektion von Sprengtrichtern in die Auswertung einbezogen werden.

Sind Einschläge dagegen im Gebäudebestand zu vermuten, kann dies nur indirekt an der Beschädigung oder Zerstörung derselben erkannt werden. Trefferstellen sind nicht mehr punktgenau zu lokalisieren. Die Bereiche mit Bombentreffern können dabei jeweils mehrere Einschläge darstellen.

Sind Sprengbomben detoniert, ist primär an dieser Stelle von keiner Gefahr auszugehen. Bei den alliierten Angriffen ist jedoch ein gewisser Prozentsatz an Fliegerbomben beim Aufschlag bzw. einige Tage danach (u.a. auch beim Bomben mit Langzeitzündern) nicht detoniert. Diese entscherte, jedoch nicht detonierte Munition wird als sog. Blindgänger bezeichnet. Sie liegt bis zum heutigen Tag im Untergrund und kann z.B. im Zuge von Baumaßnahmen nach wie vor detonieren. Blindgänger können in Luftbildern gelegentlich durch „Eintauchstellen“ im Suchfeld ausgemacht werden.

Als Verursachungsszenarien für eine möglich Kampfmittelbelastung sind auch der militärische Regelbetrieb und taktische Ziele zu berücksichtigen, z.B. Flakstellungen, Deckungsgräben, Einmannbunker oder weitere militärisch genutzte Bereiche befinden wie Munitionsschuppen usw. Diese Areale können durch Kleinmunition (Bodenkämpfe, Munitionstransport, Geschützfeuer, Übungen) und Artilleriemunition (größere Rohrmunition) belastet. Sind die Bomben detoniert, sind die dadurch entstandenen Bombentrichter oftmals mit „Kriegsschutt“ verfüllt worden. Der bei deiner eventuellen Baumaßnahme anfallende Aushub kann Kleinmunition und Schadstoffbelastungen aufweisen, die eine gesonderte Entsorgung erfordern. In Abbildung 2 sind exemplarisch verschiedene Kriegseinwirkungen in Luftbildern dargestellt.



Bombeneinschläge  
Sprengkräftige Abwurfmunition



Gebäudeschäden  
Brandbomben



Flakstellung  
Artilleriemunition

Abbildung 2 Exemplarische Darstellung von luftbildsichtigen Kriegseinwirkungen und Boden-Luft- und Boden-Boden-Stellungen (Quelle: Luftbilder des LDBV).

## **4 Schadenskartierung und Gefährdungsabschätzung**

### **4.1 Auswertung Kriegsaltlasten anhand historischer Luftbilder**

Die Bodensicht auf das Untersuchungsgebiet ist bei den vorliegenden Luftbildern von 1945 ungetrübt. Die Qualität der Luftbilder ist ausreichend scharf. Zur Zeit der Aufnahme war das Untersuchungsgebiet noch nicht bebaut. Das Untersuchungsgebiet liegt nördlich des alten, bereits zu erkennenden Stadtkerns von Brunnthal.

1. Auf den Luftbildern lassen sich rund um die Untersuchungsfläche keine Bombentrichter mit Auswurfmasse erkennen, was auf sprengkräftige Abwurfmunition zurückzuführen ist.
2. Auf den Feldern rund um den Ort sind zahlreiche Stellungen, Ein-Mann-Bunker, sowie im Bau befindliche Flakstellungen zu erkennen.
3. Im Norden der Untersuchungsfläche sind auf den Feldern zahlreiche Fahrspuren zu erkennen. Die Spuren sind vor allem West-Ost ausgerichtet. Einige Fahrspuren führen aber auch nach Norden in die angrenzenden Wälder.
4. Am Waldrand sind Strukturen zu erkennen die auf einige Flugzeuge hindeuten.
5. Weitere Lichtungen und Strukturen im Wald lassen darauf schließen, dass es dort zu weiteren militärischen Aktivitäten gekommen sein muss.

Die weitere Recherche von Literatur und Internet hat ergeben, dass der Forst um die heutige A8 ab 1944 als Versteck für Flugzeuge gedient hat. Gegen Kriegsende wurden intakte Flugzeuge von den umliegenden stark bombardierten Militärstützpunkten in die Waldgebiete um Brunnthal gebracht. Die Stellungen sollten dem Schutz der letzten Flugzeuge dienen. Aus der Recherche ergibt sich weiterhin, dass die Flugzeuge nicht unentdeckt blieben und im April 1945 durch Kampfflugzeuge der US-Armee angegriffen wurden.

<https://www.sueddeutsche.de/muenchen/landkreismuenchen/brunnthal-friedhof-der-kampffjets-1.3284657>

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass im Untersuchungsgebiet bei Erdarbeiten mit einem deutlich erhöhten Risiko für das Auffinden von Kriegsaltlasten/Kampfmittel zu rechnen ist. Hierbei ist mit Bombenblindgängern ebenso wie Kleinmunition zu rechnen.

Für eine Kampfmittelfreigabe, sollte daher vor Ort auf Kampfmittel untersucht werden. Die Maßnahme sollte nach Stand der Technik als digitale Flächenmessung durch eine Fachfirma nach § 7 SprengG durchgeführt werden (Geomagnetikmessungen), wodurch alle möglichen metallischen Objekte im Untergrund detektiert werden können. Falls aufgrund von starker Verfüllung und Bauschutt eine derartige Messung nicht zielführend sein sollte, können weitere Messverfahren angewandt werden. Falls auch dies keine erwünschten Ergebnisse liefern sollte, wird eine begleitende Aushubüberwachung empfohlen. Abhängig von den Gegebenheiten vor Ort, können wir ein Messkonzept erstellen und -wenn gewünscht- weitere Schritte einleiten (vgl. Anhang 6.1).



In dem folgenden Lageplan ist der Umriss des verwendeten Luftbildes dargestellt.

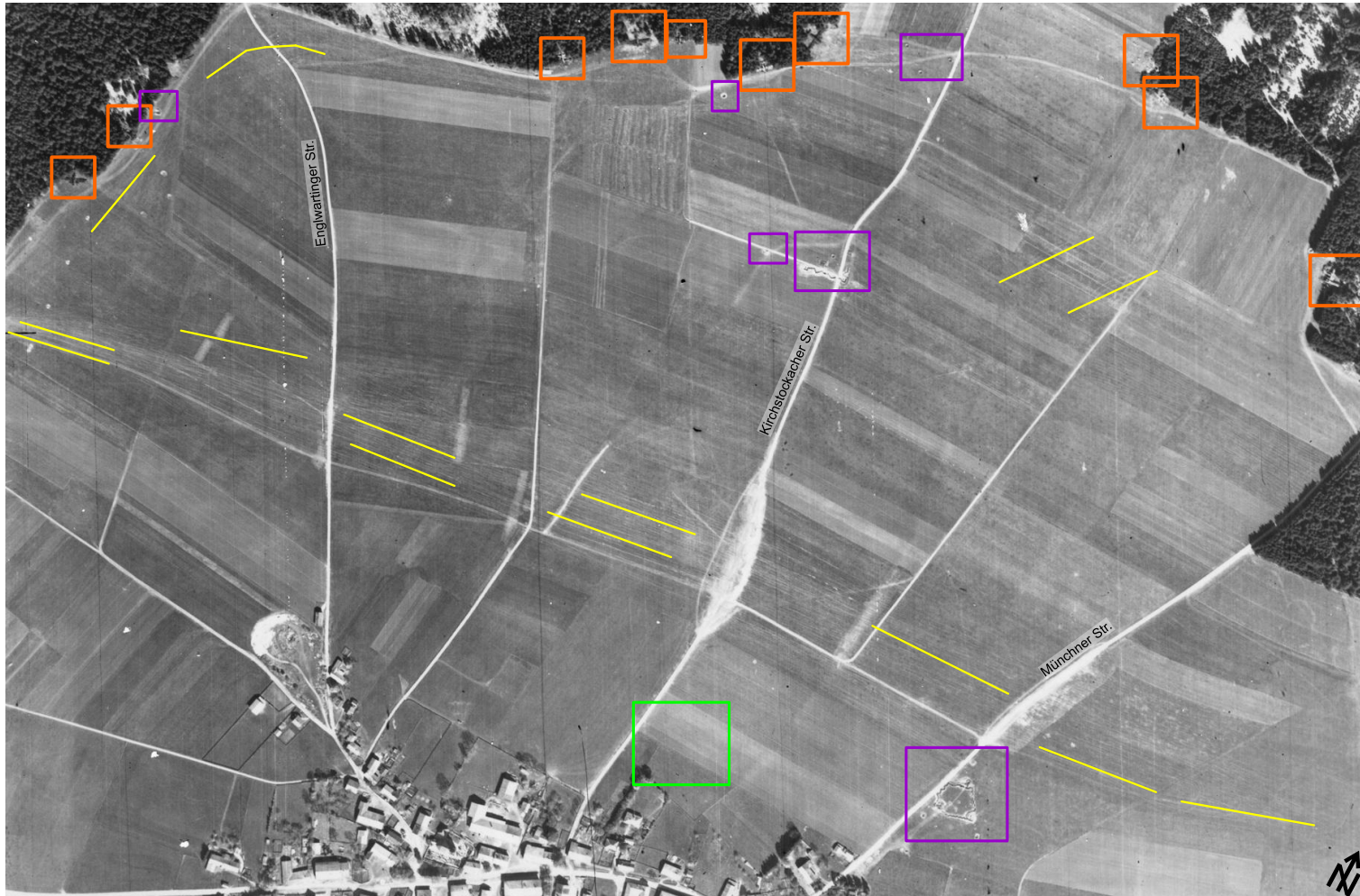
**(Die Recherche bezieht sich lediglich auf die vorhandenen Luftbilder und den markierten Untersuchungsbereich. Eine absolute Kampfmittelfreiheit kann nie bescheinigt werden (vgl. 6.2))**

Starnberg den 20.03.2025



L.Klinksik  
M.Sc. Geowiss.

## ***5 Übersicht zur Luftbildauswertung hinsichtlich Kriegsallasten***



## LEGENDE:

**Luftbild 683/1149 4007  
vom 25.04.1945**

Untersuchungsbereich



Stellungen

Flak/Splitterschutzgräben/Bunker



Flugzeuge

Unterschiedliche Baureihen



Fahrspuren

Richtung/Beispiele



Bombentrichter

Anzeichen sprengkräftige Abwurfmunition



Verdacht auf ältere,  
möglicherweise bereits  
wiederverfüllte Bombentrichter;  
mögliche Blindgängerverdachtspunkte





## LEGENDE:

**Luftbild US 7GR292 4172  
vom 16.04.1945**

Untersuchungsbereich



Stellungen

Flak/Splitterschutzgräben/Bunker



Flugzeuge/ Stellplätze

Unterschiedliche Typen von Flugzeugen



Fahrspuren

Richtung/Beispiele



Bombentrichter

Anzeichen sprengkräftige Abwurfmunition



Verdacht auf ältere,  
möglicherweise bereits  
wiederverfüllte Bombentrichter;  
mögliche Blindgängerverdachtspunkte



## **6 Allgemeine Informationen**

### **6.1 Baufachliche Richtlinie Kampfmittelräumung (BFR KMR)**

Die Sichtung und Auswertung von historischem Bildmaterial orientiert sich an der ersten Phase der *Baufachlichen Richtlinie Kampfmittelräumung* (BFR KMR) – Arbeitshilfen zur Erkundung, Planung und Räumung von Kampfmitteln auf Liegenschaften des Bundes in der Fassung vom September 2018.<sup>1</sup>

Die BFR KMR, herausgegeben vom Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat sowie dem Bundesministerium der Verteidigung, richten sich an Kampfmittelräummaßnahmen auf Bundesliegenschaften. Da es sich hierbei um Richtlinien handelt, sind diese nicht als nicht verpflichtend anzusehen, dennoch gelten sie als Stand der Technik und können daher als Leitfaden und Planungsgrundlage für Bauvorhaben herangezogen werden.

Dabei wird die Kampfmittelräumung einer Fläche in mehrere Phasen unterteilt:

- Phase A: Historische Erkundung der möglichen Kampfmittelbelastung und Bewertung.
- Phase B: Technische Erkundung der möglichen bzw. festgestellten Kampfmittelbelastung und Gefährdungsabschätzung.
- Phase C1: Räumkonzept, Ausschreibung und Vergabe der Leistungen.
- Phase C2: Räumung, Abnahme und Dokumentation.

Bei konkreten Hinweisen auf eine Kampfmittelbelastung bei Liegenschaften oder Flächen, ist dieser Verdacht demnach zuerst in der Phase A zu überprüfen. Für eine Bewertung sind die notwendigen Daten in der Regel im Rahmen einer *Historisch-genetischen Rekonstruktion der Kampfmittelbelastung* (HgR-KM) zu ermitteln.

Hierfür werden Archivalien herangezogen und sowohl historische Luftbilder als auch Sekundärquellen wie z.B. Literatur und Internetinformationen verwendet. Im besten Fall kann auf diesem Weg eine Aussage -möglichst multitemporal- über die Kriegsvorgänge und somit die potenzielle Kampfmittelbelastung/kontaminationsverdächtige Flächen (KVF) auf dem Planungsareal getroffen werden und mögliche weitere Maßnahmen empfohlen werden.

Dieser Bericht ist der Phase A zuzuordnen. Sollte das Ergebnis weitere Erkundungen erforderlich machen, stehen wir ihnen auch für weitere Phasen gerne zur Verfügung.

---

<sup>1</sup> <https://www.arbeitshilfen-kampfmittelraeumung.de>



## 6.2 Informationen historisches Bildmaterial und Bildqualität

Nach den Erfahrungen aus dem 1. Weltkrieg wurde auch im 2. Weltkrieg auf die Auswertung von Luftbildern gesetzt. Diese Art der Aufklärungsmethode galt als schnell, objektiv und präzise. Etwa 1940 begann die Royal Air Force (RAF) mit dem Aufbau einer Luftbildaufklärungsgruppe. Die USA (Air Force) folgte mit dem Kriegsbeitritt 1942.

Während des 2. Weltkrieges schossen die Alliierten ca. 50 Millionen Luftbilder zur strategisch-taktischen Kriegsaufklärung. Bevorzugte Motive waren Truppenbewegungen, geeignete Landungsplätze, deutsche Stellungen sowie wichtige Kriegsziele wie Rüstungsbetriebe, Häfen, Bahnlinien, Brücken, relevante Städte/Dörfer, Flussläufe und Wald- und Industriegebiete.

In den Jahren 1940-1945 flogen die Alliierten Flugzeuge über 60.000 Aufklärungseinsätze. Grundsätzlich wurde nach jedem Bombenangriff der alliierten Luftstreitkräfte eine Befliegung mit hochgenauen Luftbildkameras des zuvor bombardierten Gebietes durchgeführt. Die Anzahl der historischen Luftbilder steigt mit dem Verlauf des Krieges. So wurden zwischen 1939 und 1942 lediglich 6% des Gesamtbestandes fotografiert. 37% der Kriegsbilder stammen aus den letzten vier Monaten von 1944 und 41% aus den ersten drei Monaten des Jahres 1945. Der größte Anteil von 75% ist im letzten halben Jahr vor Kriegsende entstanden.

Eine maßstabsgetreue nach Lagekoordinaten exakte Überlagerung des historischen Bildmaterials mit dem heutigen Bildausschnitt<sup>2</sup> kann nicht garantiert werden. Geländeungenauigkeiten, Höhendifferenzen und Roll- und Nickneigungen des Flugzeuges ergeben **Verzerrungen** der historischen Luftbilder und machen eine exakte, lückenlose Überlagerung nicht möglich.

Ein weiteres Hindernis für eine uneingeschränkte Kampfmittelfreigabe über historische Luftbilder, liegt darin begründet, dass Luftbilder lediglich eine **Momentaufnahme** des abgebildeten Gebietes darstellen. Ein Luftbild ohne sichtbare Kriegseinwirkungen kann nicht automatisch für ein kampfmittelfreies Areal stehen. Mögliche Kriegsschäden oder Bombentrichter aus den Vorjahren können durch landwirtschaftliche Nutzung, Wiederaufbau oder aus anderen Gründen beseitigt oder überprägt worden sein und somit nicht mehr erkannt werden. Zudem besteht die Möglichkeit, dass nach dem Aufnahmedatum weitere nicht dokumentierte Angriffe stattgefunden haben. So können in den meisten Fällen nicht alle kampfmittelrelevanten Zeiträume durch Luftbilder erfasst werden.

Aufgrund der meist kleinen Maßstäbe können die Bilder über kleinkalibrige Artilleriemunition, vergrabene oder versteckte Munition keine klaren Auskünfte geben. Für weitere Einschränkungen hinsichtlich einer Aussage über die Kampfmittelsituation sind Gewässer sowie große Waldgebiete verantwortlich. Durch dichten Baumbestand können Sprengtrichter sowie weitere Kriegsschäden nicht klar erkannt werden. Sollte sich im Bereich der Untersuchungsfläche ein Gewässer befinden, muss damit gerechnet werden, dass Munition oder sonstiges Kriegsgerät dort entsorgt worden ist, oder es zu Notabwürfen gekommen ist.

---

<sup>2</sup> Orthofoto Web-Map-Service LDBV2023

<b>Projekt:</b>	BV Gemeinde Brunnthal, Schulstraße 2, Brunnthal	GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88 0 www.ghb-consult.de	<b>GEO HYDRO BAU CONSULT</b>
<b>Anlage:</b>	8.1		
<b>Projektnr.:</b>	250226		



Foto 1



Foto 2



<b>Projekt:</b>	BV Gemeinde Brunnthal, Schulstraße 2, Brunnthal	GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88 0 www.ghb-consult.de	<b>GEO HYDRO BAU CONSULT</b>
<b>Anlage:</b>	8.2		
<b>Projektnr.:</b>	250226		



Foto 3

