

Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg

Regierungspräsidium Tübingen

Bundestraße B 27

von NK 7520 060 n NK 7420 003 Stat. 048 bis NK 7420 003 n NK 7420 062 Stat. 0 696

B 27 Tübingen (Bläsibad) – B 28, Schindhaubasistunnel

PROJIS-Nr.: 08 91 8082 00

# Feststellungsentwurf

## UNTERLAGE 20.3

Verwertungskonzept für den Tunnelausbruch

Aufgestellt:  
Regierungspräsidium Tübingen  
Abt. 4 - Mobilität, Verkehr, Straßen  
Ref. 44 - Planung

Tübingen, den 28.06.2024

## Regierungspräsidium Tübingen

### - Referat 42 -

Datum: 13.09.2023

Az.: 42-6 B27\_Schindhau Verwertungskonzept

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Dr. Dominik Eckert

Durchwahl: 07071 757 3608

B 27 Tübingen (Bläsibad) - B28, Schindhaubasistunnel

### Verwertungskonzept für den Tunnelausbruch

#### Anlagen:

1. Bohrkernfotos mit Tiefenprofil des Sulfatgehalts

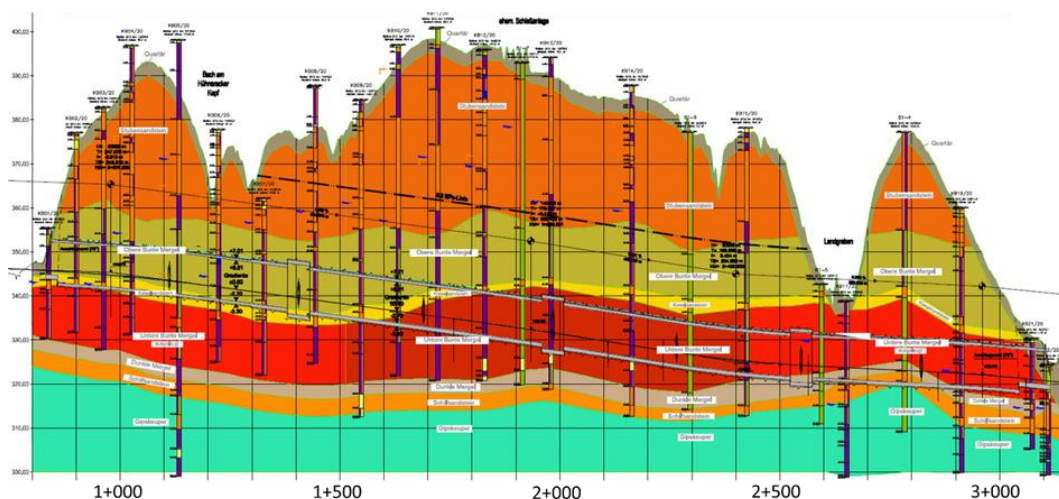
#### 1. Vorhabenbeschreibung

Im Zuge des 4-streifigen Ausbaus der B 27 ist die östliche Umgehung von Tübingen geplant. Zwischen dem Tübinger Kreuz und dem Bereich Bläsibad in Dußlingen ist hierfür als zentrales Bauwerk der Schindhaubasistunnel mit einer Gesamtlänge von ca. 2,3 km geplant. Der Tunnel kommt in den geologischen Schichten des Mittleren Keuper zu liegen.

Im Zeitraum von Herbst 2020 bis Frühjahr 2021 wurde eine Baugrunderkundung mit 22 Bohrungen entlang der geplanten Tunneltrasse durchgeführt. Auf Basis der Untersuchungen wurde von der LGA Bautechnik aus Nürnberg ein Geotechnisches Gutachten sowie ein 3D-Baugrundmodell für den Tunnel erstellt.

Geologischer Längsschnitt von Süd (Bläsibad) nach Nord (Tübinger Kreuz)

*(Auszug aus dem Geotechnischen Gutachten der LGA Bautechnik)*

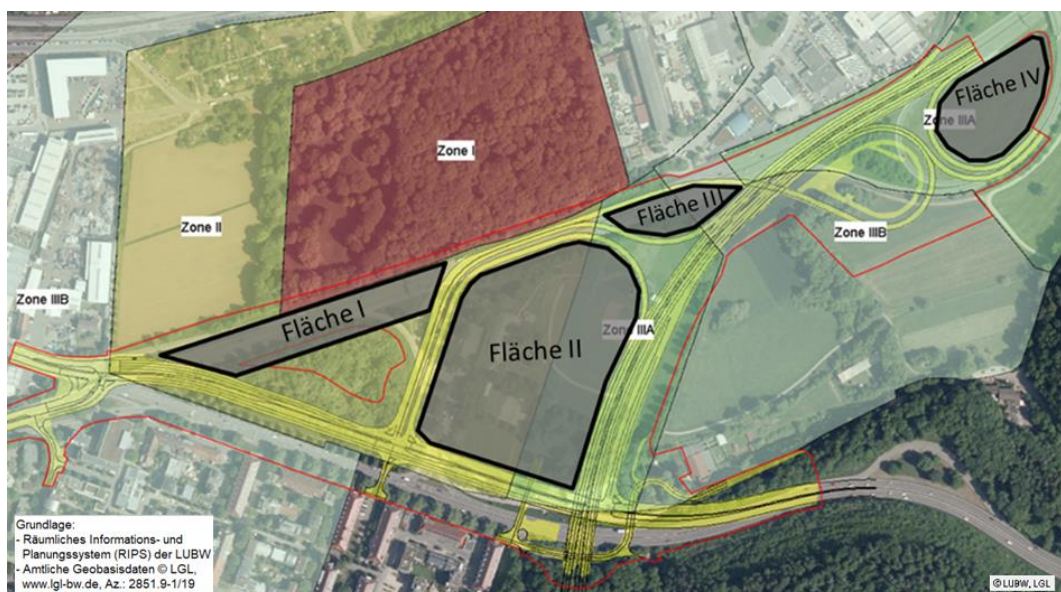


Insgesamt ist mit ca. 500.000 m<sup>3</sup> Ausbruchmaterial aus dem Tunnel zu rechnen. Auf Basis des 3D-Baugrundmodells verteilt sich die Gesamtausbruchmenge auf die einzelnen geologischen Einheiten wie folgt.

Homogenbereich		Ausbruchvolumen [m <sup>3</sup> ]	Anteil
X1	Stubensandstein	-	-
X2	Obere Bunte Mergel	153.373	31.2%
X3	Kieselsandstein	32.702	6.7%
X4	Untere Bunte Mergel	161.790	32.9%
X4A	Untere Bunte Mergel, ausgelaugt	120.959	24.6%
X5	Dunkle Mergel	15.377	3.1%
X6	Schilfsandstein	7.157	1.5%
X7	Gipskeuper	197	0.04%
<b>Gesamt:</b>		<b>491.555</b>	<b>100%</b>

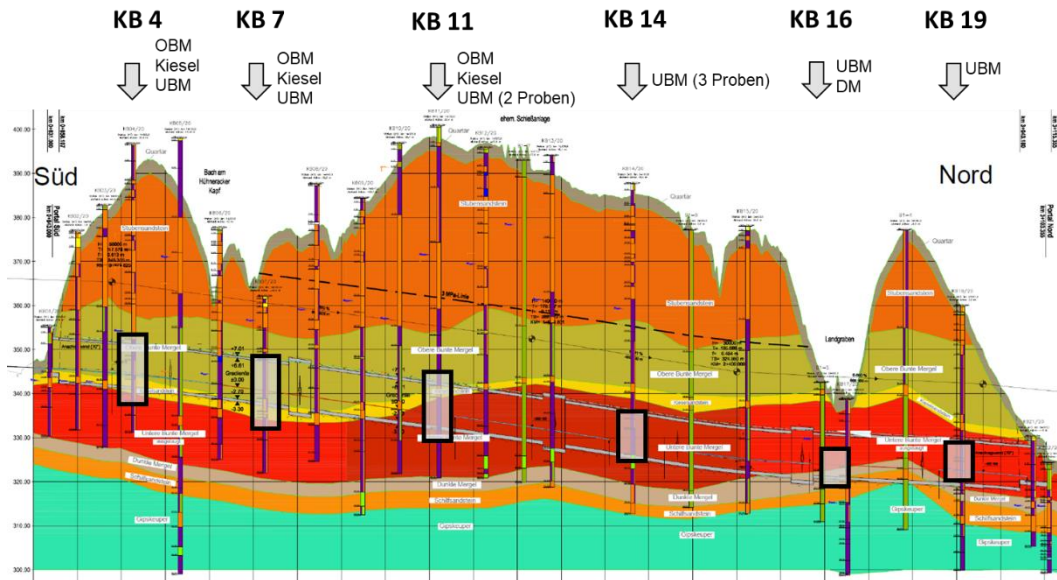
Für den Straßenbau in den Knotenpunkten nördlich und südlich des Tunnels ist die Massenbilanz für Erdbewegungen nahezu ausgeglichen, so dass innerhalb der Maßnahme in technischen Bauwerken (Dammschüttungen, Lärmschutzwälle, etc.) nur untergeordnete Massen (ca. 12.000 m<sup>3</sup>) aus dem Tunnel eine Verwertung finden können.

Im Bereich des Knotenpunkts Nord sind im Zuge der Straßenbaumaßnahme Gelände-modellierungen vorgesehen. Hierfür wurden vom Umweltplanungsbüro Menz aus Tübingen nachfolgend dargestellte potentielle Flächen nach umwelt- und naturschutzfachlichen Belangen ausgewählt. Die Flächen liegen im Bereich der Wasserschutzgebiete Aubrunnen und Unteres Neckartal in den Schutzzonen II, IIIA und IIIB.



## 2. Bodenbezogene Datenerfassung und Bewertung

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden 16 Mischproben aus den Bohrungen KB 4, 7, 11, 14, 16 und 19 von der LGA Bautechnik entnommen und im Labor Agrolab auf den Parameterumfang BBodSchV (Vorsorgewerte), VwV Boden und DepV analysiert. Es zeigte sich hierbei, dass insbesondere Sulfat der einstufigsrelevante Parameter ist.



Nach Durchführung der o. g. Untersuchungen, wurde im Sommer 2021 die Einführung der Mantelverordnung beschlossen. Die Umsetzung der Straßenbaumaßnahme erfolgt nach Inkrafttreten der Mantelverordnung. Die Regelungen der Mantelverordnung sind somit maßgeblich für die Bodenverwertung.

Die maßnahmeninterne Verwertung von Bodenmaterial für Geländemodellierungen (unterhalb einer durchwurzelbaren Bodenschicht) ist in der neugefassten BBodSchV (Artikel 2 der MantelV) geregelt. Es sind die Vorsorgewerte gem. Anlage 1, Tabellen 1 & 2 einzuhalten, oder das Bodenmaterial muss nach Anlage 1, Tabelle 3 der ErsatzbaustoffV als BM-0 Material klassifiziert sein. Für das vorliegende Bodenmaterial sind die Vorsorgewerte für Lehm/Schluff anzusetzen.

Die Schichten des Mittleren Keuper können Sulfatgestein führen. Somit ist neben den Vorsorgewerten nach BBodSchV der Sulfatgehalt im Eluat für die Bewertung einzubeziehen.

Da es keine Hinweise auf erhöhte Sulfatgehalte im Bereich der geplanten Geländemodellierungen gibt, ist nach Vorabstimmung mit der Unteren Wasser- und Bodenschutzbehörde (E-Mail vom 11.08.2022) der BM-0 Grenzwert für Sulfat im WF2 Eluat von 250 mg/l einzuhalten. Dies gilt unabhängig von der WSG Zone für alle in Frage kommenden Flächen.

Nachfolgend sind die Ergebnisse der chemischen Analysen dargestellt und bewertet.

### Vorsorgewerte für anorganische Stoffe [mg/kg TM]

Parameter	Vorsorge- werte Lehm/Schluff	KB 04/20 OBM 48,0-53,0m	KB 04/20 Kiesel 53,5-58,6m	KB 04/20 UBM 58,6-62,0m	KB 07/20 OBM/ Kiesel 17,0-25,0m	KB 07/20 Kiesel 25,2-27,0m	KB 07/20 UBM 27,0-32,0m	KB 11/20 OBM 57,0-58,2m	KB 11/20 Kiesel 58,2-62,0m
Arsen	20	4,8	<4,0	5,9	<4,0	<4,0	6,8	<4,0	<4,0
Blei	70	11,0	6,6	21,0	12,0	<4,0	31,0	14,0	<4,0
Cadmium	1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Chrom, ges.	60	32,0	18,0	37,0	50,0	14,0	45,0	53,0	13,0
Kupfer	40	3,7	54,0	6,1	3,2	420,0	7,0	2,3	73,0
Nickel	50	25,0	14,0	31,0	35,0	9,0	38,0	34,0	8,2
Quecksilber	0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Thallium	1	0,3	0,2	0,3	0,6	<0,1	0,4	0,6	0,2
Zink	150	64,3	41,8	73,2	49,1	22,5	89,2	50,3	21,5
Parameter	Vorsorge- werte Lehm/Schluff	KB 11/20 UBM 62,0-69,0m	KB 11/20 UBM 69,0-71,5m	KB 14/20 UBM 50,0-54,5m	KB 14/20 UBM 54,5-61,5m	KB 14/20 UBM 61,5-64,0m	KB 16/20 UBM 15,0-23,0m	KB 16/20 DM 23,8-27,0m	KB 19/20 UBM 54,0-60,0m
Arsen	20	24,0	<4,0	5,7	5,5	<4,0	9,6	6,2	7,1
Blei	70	12,0	12,0	20,0	5,9	6,0	8,1	10,0	6,1
Cadmium	1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Chrom, ges.	60	25,0	24,0	44,0	28,0	26,0	41,0	37,0	29,0
Kupfer	40	5,1	2,8	5,5	3,3	3,0	7,8	4,4	16,0
Nickel	50	28,0	19,0	36,0	24,0	20,0	35,0	29,0	23,0
Quecksilber	0,3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Thallium	1	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2
Zink	150	51,9	39,9	84,9	41,8	32,5	58,2	57,6	67,8

Überschreitung Vorsorgewert in rot

### Vorsorgewerte für organische Stoffe [mg/kg TM]

PAK und PCB wurden in keiner Probe nachgewiesen.

Die durchgeführten Feststoffuntersuchungen zeigen eine Überschreitung des Kupfer-Vorsorgewerts für die drei Proben aus dem Kiesel sandstein. Das Ausbruchmaterial aus dem Kiesel sandstein kann somit keiner Verwertung in bodenähnlicher Anwendung nach den Vorgaben der BBodSchV (z. B. Geländemodellierung) zugeführt werden.

Eine Probe aus den nicht ausgelaugten Unteren Bunten Mergeln zeigt mit einem Arsengehalt von 24 mg/kg eine leichte Überschreitung des Vorsorgewerts.

Weitere Überschreitungen von Vorsorgewerten liegen nicht vor.



**Sulfatgehalte im WF2 Eluat [mg/l]**

(Schüttelversuch nach DIN 19529)

Nr.	Einheit	Probe	Sulfat [mg/l] WF2 Eluat
1	OBM	MP KB 2,3,4 OBM	4,5
2	OBM	MPKB 6,7,8 OBM	41,0
3	OBM	MP KB 9,10,11 OBM	220,0
4	UBM	MP KB 9,10 UBM	290,0
5	UBM	KB 11 62,0 - 63,1 m	430,0
6	UBM	KB 11 64,0 - 65,1 m	420,0
7	UBM	KB 11 66,0 - 68,1 m	540,0
8	UBM	MP KB11 69,0 - 69,1 m & KB 12 64,0 - 64,1 m	2.700,0
9	UBM	KB 12 56,0 - 57,1 m	570,0
10	UBM	KB 12 58,0 - 59,4 m	570,0
11	UBM	KB 12 60,0 - 61,3 m	510,0
12	UBM	KB 12 62,0 - 63,1 m	2.900,0
13	UBM	KB 12 65,0 - 66,1 m	2.700,0
14	UBM	KB 13 54,0 - 55,1 m	570,0
15	UBM	KB 13 56,0 - 58,1 m	720,0
16	UBM	KB 13 59,0 - 60,1 m	3.000,0
17	UBM	KB 13 61,0 - 62,1 m	2.500,0
18	UBM	KB 13 63,0 - 64,1 m	2.100,0
19	UBM	KB 13 65,0 - 67,1 m	3.100,0
20	UBM	KB 14 51,0 - 53,1 m	510,0
21	UBM	KB 14 54,0 - 55,1 m	2.500,0
22	UBM	KB 14 56,0 - 57,1 m	3.000,0
23	UBM	KB 14 58,0 - 59,3 m	2.900,0
24	UBM	KB 14 60,0 - 61,1 m	2.900,0
25	UBM	KB 14 62,0 - 63,1 m	1.800,0
26	UBM	KB 15 45,0 - 47,3 m	180,0
27	UBM	KB 15 48,3 - 49,4 m	2.000,0
28	UBM	KB 15 50,3 - 51,7 m	2.100,0
29	UBM	KB 15 52,2 - 53,1 m	1.600,0
30	UBM	KB 15 54,0 - 55,1 m	190,0
31	UBM	KB 15 56,2 - 57,2 m	95,0
32	UBM	MP KB 16,17 UBM	35,0
33	UBM	MP KB 19 UBM	1.800,0
34	UBM	MP KB 20,21 UBM	170,0
35	DM	MP KB 16,17,19 DM	190,0
36	Schilfs.	MP KB 16,17,19 SS	60,0

Überschreitung BM-0 (250 mg/l) in rot

Die durchgeführten Sulfat-Analysen im WF2-Eluat zeigen Überschreitungen des BM-0 Materialwerts von 250 mg/l für die Proben aus den nicht ausgelaugten Unteren Bunten Mergeln (Bohrungen KB 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) sowie für die Probe aus der KB 19. Die tiefenorientierte Beprobung zeigt vertikale Konzentrationsunterschiede. Die stark erhöhten Sulfatgehalte ( $> 1.000 \text{ mg/l}$ ) korrelieren hierbei mit den visuell am Bohrkern zu erkennenden Gipsanteilen (siehe Anlage 1).

#### Sulfatgehalte im Bereich der geplanten Auftragsflächen

Im Bereich der potentiellen Bodenauftragsflächen am Knotenpunkt Nord im Neckartal, stehen oberflächennah Auffüllungen, Auelehm und Neckarkies an. Im Neckarkies wurden 3 Grundwassermessstellen ausgebaut. Nachfolgend dargestellt sind die gemessenen Sulfatgehalte im Neckarkies-Grundwasserleiter.

Die gemessenen Sulfat-Konzentrationen im Grundwasserleiter liegen unterhalb des Grenzwerts der Trinkwasserverordnung von 250 mg/l. Es liegen keine Anhaltspunkte für natürlich bedingt erhöhte Sulfatkonzentrationen im Grundwasser im Bereich der geplanten Auftragsflächen für den Tunnelausbruch vor.

GWM	Sulfat [mg/l]
KB 25/20	49
KB 27/20	58
KB 33/20	20
KB 41/20	81
Aubrunnen	138*

\* Angabe der SWT (Messung bei Pumpversuch im Herbst 2016)

Lageplan der Beprobungspunkte



### 3. Verwertungskonzept

Es ist vorgesehen die anfallenden Ausbruchmassen aus dem Tunnel, soweit in Bezug auf die Stoffgehalte möglich, für Geländemodellierungen im Bereich des Knotenpunkts Nord zu verwenden. Als Ersatzbaustoff im Straßenbau (in technischen Bauwerken wie Dämmen, Lärmschutzwällen, etc.) können lediglich untergeordnete Massen aus dem Tunnel verwertet werden (ca. 12.000 m<sup>3</sup>).

Die vorgesehenen Flächen für die Geländemodellierungen liegen im Bereich der Wasserschutzgebiete Aubrunnen und Unteres Neckartal in den Zonen II, IIIA und IIIB. Erhöhte Sulfatgehalte liegen in diesem Bereich nicht vor. Für die Verwertung im Rahmen von Geländemodellierungen ist nach Abstimmung mit der Unteren Wasser- und Bodenschutzbehörde (E-Mail vom 11.08.2022) sowohl für die WSG Zone II als auch die Zonen IIIA und IIIB der BM-0 Grenzwert für Sulfat (250 mg/l im WF2-Eluat) einzuhalten.

Auf Grundlage der durchgeführten in-situ-Beprobung, des dreidimensionalen Baugrundmodells und der geschilderten Randbedingungen, können etwa 50 bis 60 % der anfallenden Ausbruchmassen aus dem Tunnel innerhalb der Maßnahme verwertet werden und etwa 40 bis 50 % müssen aufgrund von Gipsanteilen und den daraus resultierenden erhöhten Sulfatgehalten entsorgt werden.

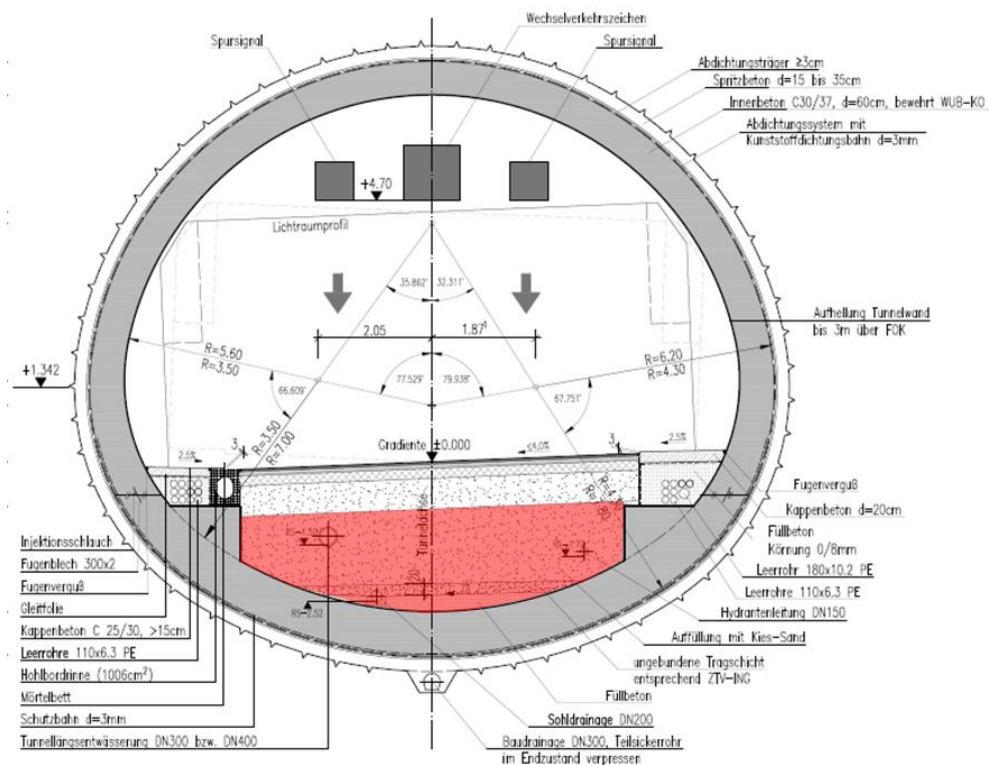
Im Detail können die in der Tabelle am Ende dieses Abschnitts dargestellten Verwertungswege für die Ausbruchmassen aus dem Tunnel festgelegt werden.

Der Übergangsbereich von den nicht ausgelaugten Unteren Bunten Mergeln zu den ausgelaugten Unteren Bunten Mergeln kann auf Grundlage der durchgeführten Erkundungen auf ca. Bau-km 2+500 gelegt werden. Der Übergang ist jedoch fließend und eine scharfe Grenzziehung ist nicht möglich. Des Weiteren zeigen die erhöhten Sulfatgehalte aus der Bohrung KB 19, dass auch im Bereich der ausgelaugten Unteren Bunten Mergel bereichsweise noch mit einer residualen Gipsführung zu rechnen ist. Im Bereich ab etwa Bau-km 2+400 ist daher der Gipsanteil visuell im Ausbruchprofil und durch stichpunktartige chemische Analysen fortlaufend zu bewerten. So kann die Separierung der Ausbruchmassen mit Sulfatgehalten  $\leq$  und  $>$  BM-0 (250 mg/l im WF2 Eluat) gewährleistet werden.

Falls bereichsweise die Separierung der Ausbruchmassen im Tunnelquerschnitt, nach den in der Tabelle aufgeführten Einheiten, nicht möglich sein sollte, sind diese Ausbruchmassen auf gesonderten Haufwerken zu lagern und zu beproben.

Der Kieseisandstein zeigt erhöhte Kupfergehalte und kann daher nicht für Geländemodellierungen verwendet werden. Gleichzeitig weist das aus der Sandsteinbank gebrochene Material bautechnische Eigenschaften auf, die eine Verwertung im Straßenbau generell zulassen. So wird im Tunnelbauwerk Material zur Auffüllung unterhalb der ungebundenen Tragschicht benötigt. Der Bereich ist im nachfolgend dargestellten Tunnelquerschnitt rot eingefärbt.





Der maximal gemessene Kupfergehalt im Feststoff liegt mit 420 mg/kg über dem BM-F3 Materialwert der ErsatzbaustoffV von 320 mg/kg. Die durchgeführten Eluat-Untersuchungen hingegen zeigten für keine der drei Proben aus dem Kiesel sandstein einen erhöhten Kupfergehalt.

Aufgrund der wasserdichten Ausführung des Tunnelbauwerks, ist das Kiesel sandstein-Material nach dem Einbau von der Umwelt abgekapselt. Es kann somit kein Austrag des enthaltenen Kupfers erfolgen. Eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit oder eine schädliche Bodenveränderung sind somit nicht zu besorgen.

Im Rahmen einer Vorabstimmung hat die Untere Wasser- und Bodenschutzbehörde dem angedachten Vorgehen für die Verwertung des Kiesel sandsteins grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit signalisiert (Mail vom 06.05.2022). Hiermit beantragen wir nach §21 Abs. 2 ErsatzbaustoffV die Zulassung der angedachten Einbauweise für den Kiesel sandstein im wasserdicht ausgeführten Tunnelbauwerk.

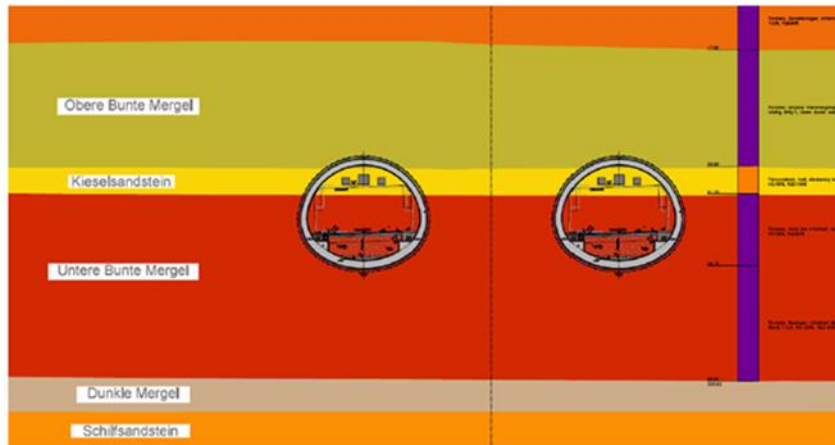
Einheit	Ausbruchvolumen	Einstufung nach MantelIV auf Basis der in-situ-Beprobung	Verwertungsweg
<b>Obere Bunte M.</b>	ca. 153.000 m <sup>3</sup>	Vorsorgewerte eingehalten; Sulfatgehalt ≤ BM-0	Maßnahmeninterne Verwertung auf Basis der durchgeführten in-situ-Beprobung. Geländemodellierung Knotenpunkt Nord in WSG Zone II oder III.
<b>Kieselsandstein</b>	ca. 33.000 m <sup>3</sup>	Vorsorgewert für Kupfer überschritten; Sulfatgehalt ≤ BM-0	Maßnahmeninterne Verwertung auf Basis der durchgeführten in-situ-Beprobung. Auffüllung unterhalb der Schottertragschicht im wasserdicht ausgeführten Tunnelbauwerk.
<b>Untere Bunte M. nicht ausgelaugt</b> <i>ca. 1+500 bis ca. 2+500</i>	ca. 162.000 m <sup>3</sup>	Vorsorgewerte eingehalten (bis auf eine Einzelwertüberschreitung für Arsen); Kalotte: Sulfatgehalte > BM-0 Strosse: Sulfatgehalte >> BM-0	Die maßnahmeninterne Verwertung ist nicht möglich. Maßnahmenexterne Verwertung zur Verfüllung von Abgrabungen in vergleichbarer Geologie oder ggf. Entsorgung.
<b>Untere Bunte M. ausgelaugt</b> <i>ca. 2+500 bis Nordportal</i>	ca. 121.000 m <sup>3</sup>	Vorsorgewerte eingehalten; Sulfatgehalt in KB 16, 17, 20, 21 ≤ BM-0; Sulfatgehalt in KB 19/20 >> BM-0	Geländemodellierung Knotenpunkt Nord in WSG Zone II oder III wenn Sulfat ≤ BM-0 bei Beprobung des Materials nach dem Ausbruch. Andernfalls maßnahmenexterne Verwertung zur Verfüllung von Abgrabungen in vergleichbarer Geologie oder ggf. Entsorgung.
<b>Dunkle Mergel + Schilfsandstein</b>	ca. 22.000 m <sup>3</sup>	Vorsorgewerte eingehalten; Sulfatgehalt ≤ BM-0	Maßnahmeninterne Verwertung auf Basis der durchgeführten in-situ-Beprobung. Geländemodellierung Knotenpunkt Nord in WSG Zone II oder III.

#### **4. Zwischenlagerung**

Muss Ausbruchmaterial aus dem Tunnel auf der Baustelle zwischengelagert werden, sind folgende Vorgaben zu beachten:

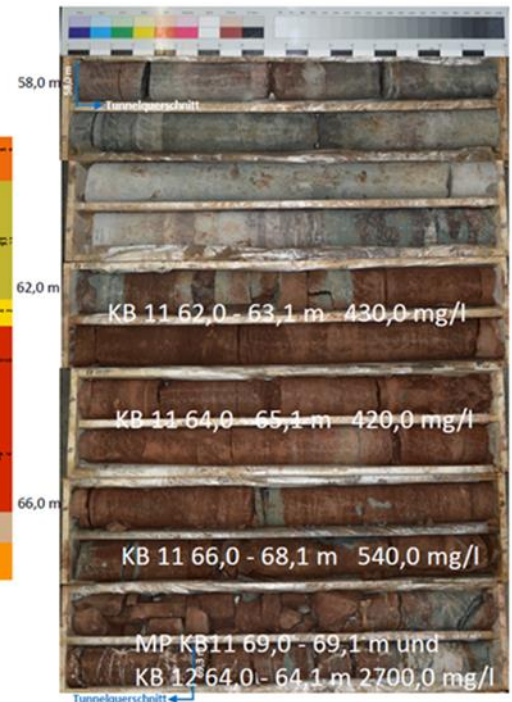
- eine Zwischenlagerung ist generell nur außerhalb der WSG Zone II zulässig;
- die Zwischenlagerung von Bodenmaterial, für das auf Basis der in-situ Untersuchungen Überschreitungen von Vorsorgewerten und/oder dem BM-0 Materialwert für Sulfat nicht ausgeschlossen werden können (Kieselsandstein, Obere Bunte Mergel ca. 1+500 bis ca. 2+500, Obere Bunte Mergel ca. 2+500 bis Nordportal), ist ausschließlich auf befestigten Flächen mit einer entsprechenden Entwässerung zulässig.

## KB 11/20 – km 1+720,9



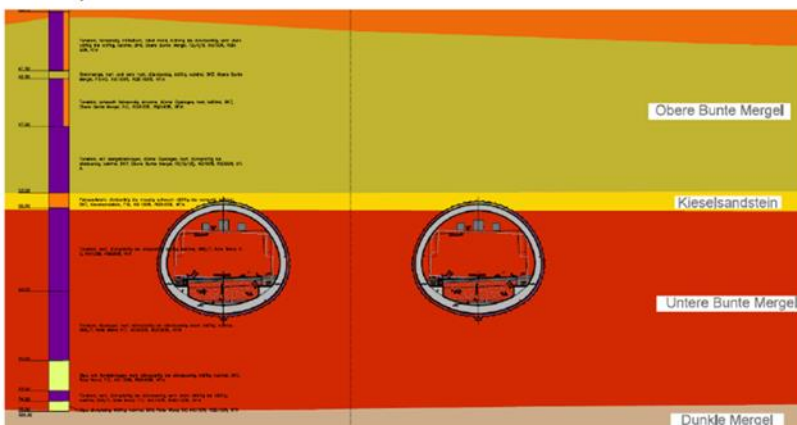
→ Tunnelquerschnitt:

- 1,0 m OBM (58,0 – 59,0 m u. GOK)
- 2,7 m Kieselsandstein (59,0 – 61,7 m u. GOK)
- 7,6 m UBM (61,7 – 69,3 m u. GOK)



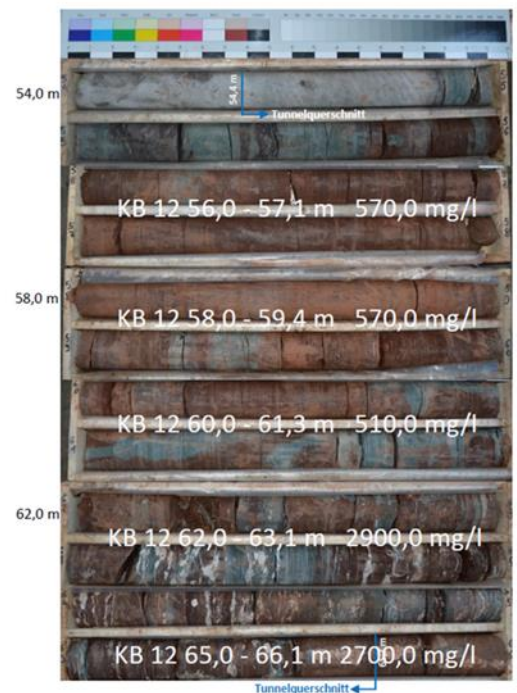
## KB 12/20 – km 1+827,6

KB 12/20



→ Tunnelquerschnitt:

- 0,6 m Kieselsandstein (54,4 – 55,0 m u. GOK)
- 10,7 m UBM (55,0 – 65,7 m u. GOK)

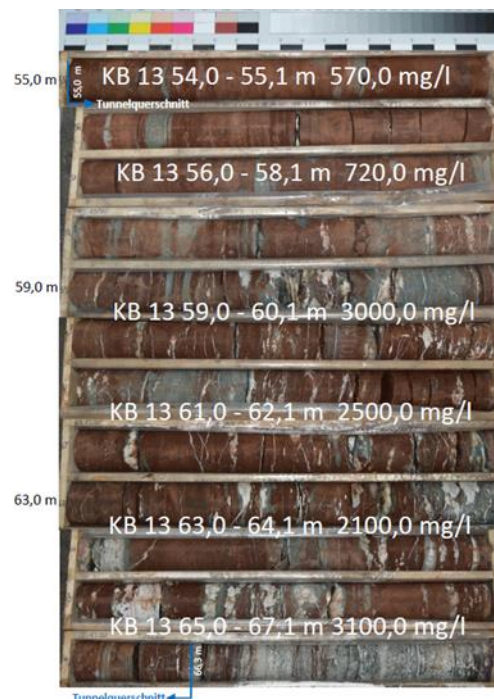




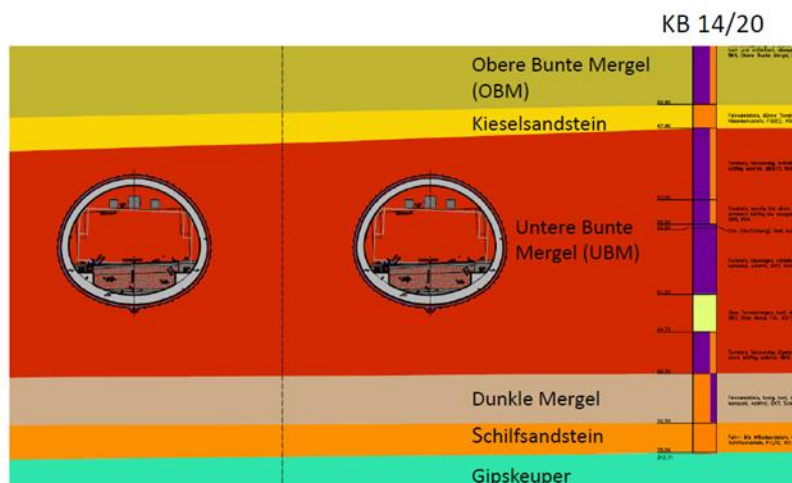
## KB 13/20 – km 1+978,8



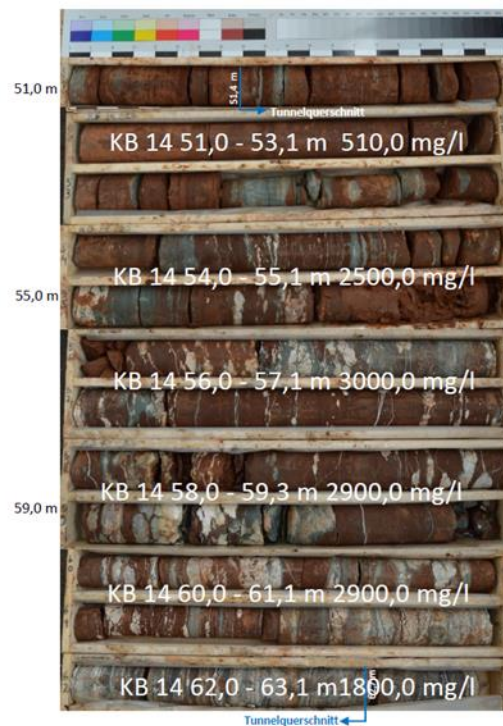
→ Tunnelquerschnitt:  
11,3 m UBM (55,0 – 66,3 m u. GOK)



## KB 14/20 – km 2+162,8

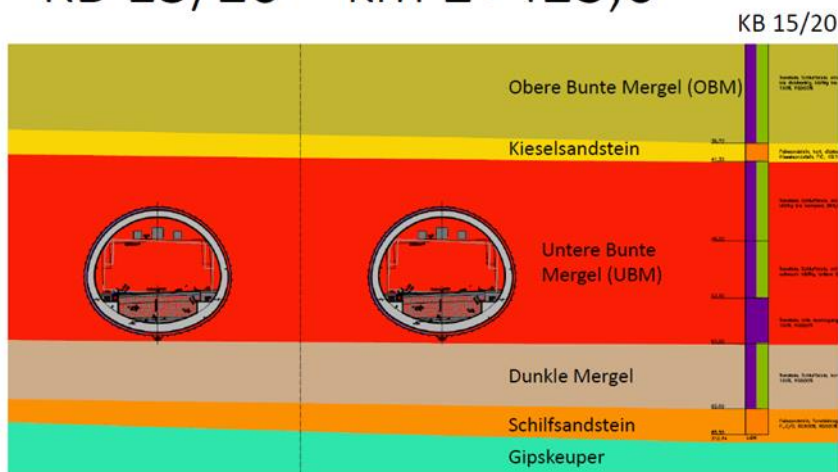


→ Tunnelquerschnitt:  
11,3 m UBM (51,4 – 62,7 m u. GOK)





## KB 15/20 – km 2+423,0



→ Tunnelquerschnitt:  
 11,3 m UBM (45,3 – 56,6 m u. GOK) ausgelaugt (?)

