

## Geotechnischer Bericht Baugrunduntersuchungen

**Projekt-Nr. 15399-bgr-01**

**Projekt: SOLNHOFEN Landkreis Weißenburg - Gunzenhausen  
Erschließung Baugebiet „Am Bieswanger Weg“**

**Auftraggeber: Gemeinde Solnhofen  
Bahnhofstraße 8  
91807 Solnhofen**

**Planer: Ingenieurbüro Christoph Kuhn  
Stadtbachweg 2  
91781 Weißenburg i. Bay.**

**Bearbeiter: Jens Radtke, M.Sc.**

Bayreuth, den 05.02.2019

## INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Vorbemerkung	3
2. Unterlagen	3
3. Lage und Geologie	4
4. Bauvorhaben	5
5. Baugrund	5
5.1 Aufbau	5
5.2 Hydrologie	6
6. Kennwerte Boden	7
6.1 Bodenmechanische Laborversuche Bodenproben	7
6.2 Charakteristische Bodenkenngrößen	7
6.3 Chemische Analysen von Bodenproben nach LAGA/DepV	8
7. Einteilung nach DIN 18 300:2016-09 Erdarbeiten	9
7.1 Festlegung der Homogenbereiche	9
7.2 Homogenbereich O1	10
7.3 Homogenbereich B1	11
7.4 Homogenbereich X1	12
8. Straßenbau	14
8.1 Bemessung des Straßenoberbaus	14
8.2 Bauweisen auf F1-Böden	14
9. Rohrleitungsbau	15
10. Beurteilung der Versickerungsfähigkeit	16
11. Baumaßnahmen	17
12. Bauüberwachung und Abnahme	18
13. Zusammenfassung	18

Anlage 1:	Lageplan
Anlagen 2.1 und 2.2:	Schnitte
Anlagen 3:	Bodenmechanische Laborversuche
Anlagen 4.1 bis 4.4:	Chemische Laborversuche

## 1. Vorbemerkung

Die Gemeinde Solnhofen beabsichtigt die Erschließung eines Baugebiets und beauftragte daher das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, zu den geplanten Leitungs- und Straßenbaumaßnahmen von bodenmechanischer Seite Stellung zu nehmen.

Mit diesem Bericht werden die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen sowie die Einteilung in Homogenbereiche zusammenfassend dargestellt.

## 2. Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden im Wesentlichen die folgenden Unterlagen verwendet:

- Geologische Karte von Bayern M 1 : 25 000  
Blatt 7131 Monheim
- Vom Ing.-Büro Christoph Kuhn, Weißenburg i. Bay.:  
Bebauungsplan M 1 : 500 (Stand: 13.09.2018)
- Ergebnisse von Baggerschürfen, Kleinrammbohrungen, Rammsondierungen und Laborversuchen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth
- Ergebnisse von chemischen Bodenanalysen durch das AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg
- Ergebnisse von Ortsbesichtigungen und Besprechungen zwischen Vertretern des Auftraggebers, des Ingenieurbüros Christoph Kuhn und dem Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder

### 3. Lage und Geologie

Die Gemeinde Solnhofen liegt an der Altmühl mittig zwischen den Städten Treuchtlingen und Eichstätt. Das vorgesehene Baufeld liegt nordöstlich des Ortskerns von Solnhofen. Es soll zwischen den Sportflächen des TC Solnhofen und des TSG Solnhofen in einer Schleife an zwei Punkten an den Bieswanger Weg anschließen.

Großräumig betrachtet liegt Solnhofen im Tal der Altmühl. Die Altmühl umläuft den Ortskern von Solnhofen westlich bis südwestlich von Nordost kommend. Südlich des Ortskerns knickt die Altmühl nach Osten ab.

Großräumig betrachtet fällt das Gelände von Osten kommend in Richtung Altmühltal verhältnismäßig moderat ab. Hierbei handelt es sich offensichtlich um das Kurveninnere der Mäanderschleife der Altmühl (Gleithang). Von Westen her kommend fällt das Gelände jedoch sehr steil der Altmühl zu. Hierbei handelt es sich offensichtlich um das Kurvenäußere der Mäanderschleife der Altmühl (Prallhang).

Im unmittelbaren Baufeld steigt das Gelände von West nach Ost und von Süd nach Nord jeweils um etwa 10 m an.

Das unmittelbare Baufeld ist derzeit unbefestigt und wird als landwirtschaftliche Grünfläche sowie Lagerfläche für Brennholz genutzt. An der östlichen Grenze des Baufeldes verläuft ein geschotterter Wirtschaftsweg. An der westlichen Grenze verläuft ein asphaltierter Geh- und Radweg.

Unter den vorhandenen Oberflächenbefestigungen, künstlichen Auffüllungen früherer Baumaßnahmen und oberflächennahen Deckschichten sind entsprechend der **Geologischen Karte** im Baubereich lediglich **Dolomit sowie Riffdolomit aus den Kimmeridge-Schichten des höheren Malm  $\delta$  aus dem Erdzeitalter des Oberen Juras** zu erwarten. Hierbei handelt es sich erfahrungsgemäß um dickbankige und massige gelbgraue und graue Dolomitgesteine die durch Absanden verwittern und zunächst in größere Steine und Blöcke zerfallen. Zur Oberfläche hin sind die Festgesteine bis in wechselnde Tiefen unterschiedlich stark verwittert.

Eine tektonische Störungszone ist im unmittelbaren Baubereich nicht nachgewiesen.

Nach DIN EN 1998-1/NA:2011-01 gehört Solnhofen zur **Erdbebenzone 1** und befindet sich in einer Region der **Untergrundklasse R** (Gebiet mit felsartigem Gesteinsgrund).

## 4. Bauvorhaben

Es ist die **Erschließung eines Baugebiets** am östlichen Ortsrand von Solnhofen geplant. Hierfür ist die Verlegung von Entwässerungsleitungen notwendig.

Der frostsichere Oberbau der Straße soll gemäß den „Richtlinien zur Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12“ bemessen werden. Nach Angabe des zuständigen Planungsbüros wird die Straße in die Belastungsklasse Bk0,3 eingeteilt.

Beträgt die vorgesehene Grabtiefe für die Rohrleitungen mehr als 2,0 m, ist die Baumaßnahme gemäß DIN 4020 in die **Geotechnische Kategorie 2** einzuteilen.

Zur Vermessung der Bohransatzpunkte in Lage und Höhe wurde ein Global Positioning System (GPS) verwendet.

## 5. Baugrund

### 5.1 Aufbau

Der Untergrund wurde insgesamt durch fünf Baggerschürfen (Sch1 bis Sch5), drei Kleinrammbohrungen (KRB1 bis KRB3) und zwei Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH1 und DPH2) erkundet (s. Lageplan Anlage 1). Die Ergebnisse sind entsprechend den Kennzeichnungen der DIN 4023 in zwei von Nordwest nach Südost verlaufenden Schnitten (s. Anlagen 2.1 und 2.2) dargestellt.

Unter rund 20 cm bis 30 cm dicken Mutterbodenschichten folgen in allen Aufschlüssen kiesige oder steinige Zersetzprodukte der anstehenden Festgesteine mit wechselnden Anteilen der Kornfraktionen Schluff, Sand, Kies, Steine und Blöcke. Die Farbe war wechselnd hellgrau und gelbgrau.

In allen Aufschlüssen musste der Aufschlussfortschritt zwischen 0,80 m und 1,80 m eingestellt werden, da die Lagerungsdichte der Zersatzböden oder die Größe der Steine bzw. Blöcke keinen weiteren Fortschritt ermöglichten.

Der im Untergrund anstehende Dolomit zerfällt zunächst in größere Steine und Blöcke und sandet in den Zwischenbereichen ab. Dadurch entsteht eine Verwitterungszone die mit abnehmendem Verwitterungsgrad größer werdende Steine und Blöcke enthält und dadurch zunehmenden Widerstand gegen mechanisches Lösen leistet.

Durch die **Sondierungen mit der schweren Rammsonde** werden die vorliegenden Aufschlüsse ergänzt. Erfahrungsgemäß kann ab etwa vier Schlägen pro 10 cm Eindringung der Sondierspitze von einer zumindest mitteldichten Lagerung von Kiesen und Steinen bzw. einer vergleichbaren Festigkeit der bindigen Böden ausgegangen werden.

Die Sondierungen zeigen nur oberflächennah ungenügende Schlagzahlen. In der DPH1 steigen die Schlagzahlen bis in eine Tiefe von 0,80 m rasch auf ausreichende Werte und anschließend kontinuierlich auf Werte > 50 an. In der DPH2 ist der Anstieg der Schlagzahlen eher sprunghaft bis in eine Tiefe von 0,60 m.

**Abweichungen und Besonderheiten** sind in einem unterschiedlichen Schichtgrenzenverlauf, in Schichtinhomogenitäten sowie in wechselnden Verwitterungsintensitäten und Klüftigkeiten der anstehenden Festgesteine zu erwarten.

## 5.2 Hydrologie

Grundwasser wurde im Rahmen der Felduntersuchungen nicht festgestellt. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen muss jedoch im gesamten Baubereich mit einem Zulauf von Sickerwasser und Oberflächenwasser gerechnet werden.

## 6. Kennwerte Boden

### 6.1 Bodenmechanische Laborversuche Bodenproben

Insgesamt wurden drei Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN ISO 22 475 entnommen und im eigenen Baugrundlabor hinsichtlich bodenmechanischer Parameter untersucht. An diesen Proben wurden zwei **Siebanalysen** durchgeführt (s. Anlage 3). Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen werden in dem Kapitel 7 zusammengefasst.

Die **Siebanalysen** (s. Anlage 3) ergaben zwei grobkörnige Kiese mit Feinanteilgehalten kleiner 0,06 mm von 0,5 % bis 1,5 %.

Gemäß der DIN 18 196 gehören die untersuchten Böden zu den Bodengruppen GI und GW. Diese sind als nicht frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F1) einzustufen.

### 6.2 Charakteristische Bodenkenngrößen

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse können erfahrungsgemäß vereinfachend die folgenden charakteristischen Bodenkenngrößen angesetzt werden:

#### Kiese und Steine (Verwitterungszone)

Feuchtwichte	$\gamma = 21,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 11,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 35,0^\circ$
Steifemodul	$E_s = 30 \text{ bis } 40 \text{ MN/m}^2$

#### Festgesteine

Feuchtwichte	$\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 12,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 37,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 50 \text{ bis } 80 \text{ MN/m}^2$

### 6.3 Chemische Analysen von Bodenproben nach LAGA/DepV

Zur Beurteilung der möglichen Wiederverwertung wurden im Zuge der Baugrunduntersuchungen zusätzliche Bodenproben entnommen und hinsichtlich ihrer umweltrelevanten Inhaltsstoffe analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen sind in der Anlage 4.1 bis 4.4 dargestellt.

Es wurden Bodenproben aus dem gewachsenen Boden der Schürfen Sch3 und Sch4 sowie der Bohrung KRB3 entnommen. Aus diesen Einzelproben wurde eine Mischprobe gebildet. Diese wurde dem AGROLAB Labor, Bruckberg, zur Analyse auf nutzungsbedingte Schadstoffe überstellt. Die Mischprobe wurde auf die Parameter der LAGA-Richtlinie und der Deponieverordnung hin untersucht.

Aus den Aufschlüssen wurden folgende Bodenproben entnommen und zu einer **Mischprobe (MP1)** vereinigt:

Aufschluss	Entnahmetiefe	Bodenart
Sch3	0,50 m - 1,00 m	Kies, u, s, x
Sch4	0,50 m - 1,00 m	Kies, u, s, x
KRB3	1,50 m - 1,90 m	Kies, u, s, x

Hinsichtlich der **LAGA-Richtlinie** liegen in der Mischprobe die Feststoffgehalte alle unter dem jeweiligen Z0-Zuordnungswert. Lediglich der pH-Wert im Eluat liegt mit 9,1 knapp über dem Z0-Zuordnungswert. Da die Proben vorwiegend Karbonatgesteine sowie deren Verwitterungsprodukte beinhalten und Karbonate nachweislich den pH-Wert erhöhen, kann dieser erhöhte pH-Wert darauf zurückgeführt werden. Vorbehaltlich einer repräsentativen Beprobung wäre der Aushub somit als **Z0-Material** nach der LAGA-Richtlinie einzustufen, da eine Überschreitung des pH-Werts alleine kein Ausschlusskriterium darstellt. An einen offenen Wiedereinbau an anderer Stelle wären dann aus umweltfachlicher Sicht keine besonderen Bedingungen geknüpft.

Hinsichtlich der **Deponieverordnung** werden alle DK0-Zuordnungswerte eingehalten. Eine Entsorgung des Aushubs könnte daher vorbehaltlich einer repräsentativen Beprobung im Haufwerk auf einer Deponie der Klasse **DK0** oder höher erfolgen.

Da es sich bislang nur um stichprobenartige Ergebnisse handelt, kann eine endgültige Beurteilung hinsichtlich der Wiederverwertung bzw. der Entsorgung jedoch erst nach dem Aushub und einer repräsentativen Beprobung entsprechend der anfallenden Kubatur erfolgen.

Die Untersuchungen dienen lediglich als Planungs- und Ausschreibungsgrundlage. **Für eine fachgerechte Entsorgung gemäß den gültigen Regelwerken ist dieser Analysenumfang nicht ausreichend.**

## 7. Einteilung nach DIN 18 300:2016-09 Erdarbeiten

Die Einteilung der Homogenbereiche erfolgt vorläufig auf Grundlage des vorliegenden Planungsstands. Sollten sich im Verlauf der weiteren Planungsphase bzw. der Bauausführung Änderungen ergeben, ist die Einteilung der Homogenbereiche erneut zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen. Im Falle von maßgeblichen Änderungen der Bauausführung können weitere Untersuchungen bzw. die Fortschreibung der Homogenbereiche notwendig werden.

### 7.1 Festlegung der Homogenbereiche

Bei der Bezeichnung der Homogenbereiche sind die Buchstaben B (überwiegend Boden), X (überwiegend Fels) und O (überwiegend Mutterboden) zu verwenden. Zudem werden die Homogenbereiche nummeriert.

Es ist die Erschließung eines Baugebiets geplant. Das Baufeld ist unbefestigt und mit Mutterboden bedeckt. Darunter folgen kiesige und steinige Zersetzungsprodukte der anstehenden Festgesteine. Diese werden zumindest lokal voraussichtlich noch in bautechnisch relevanten Tiefen von Festgesteinen unterlagert.

Die beim Aushub anfallenden Böden sollen nach Möglichkeit wiederverwendet, eventuell an anderer Stelle wiedereingebaut bzw. entsorgt werden.

Um die Böden besser beschreiben zu können, werden zudem noch die Bodenklassen entsprechend der alten DIN 18 300:2012-09 mit angegeben. Zur Einstufung der Homogenbereiche während der Aushubarbeiten stehen wir gerne zur Verfügung.

Aus den durchgeführten Aufschlüssen ergibt sich die folgende Einteilung der Homogenbereiche:

Homogenbereich	Bodenschicht	Benennung
O1	Oberboden	-
B1	Kiese, Steine und Blöcke als Zersatzprodukte der anstehenden Dolomite	Kiese, Steine und Blöcke
X1	Blöcke mit größerem Rauminhalt sowie Festgesteine des anstehenden Dolomits	Blöcke und Festgesteine

Aufgrund der stichprobenhaften Probenentnahme sind Abweichungen in den Eigenschaften und Kennwerten innerhalb der einzelnen Homogenbereiche grundsätzlich möglich.

## 7.2 Homogenbereich O1

Der **Mutterboden** wird in den Homogenbereich O1 eingeteilt. Die Böden des Homogenbereichs O1 wurden in allen Aufschlüssen mit Mächtigkeiten von 20 cm bis 30 cm aufgeschlossen.

Der Mutterboden entsprach gemäß der ehemaligen DIN 18 300: 2012-09 der Bodenklasse 1.

### 7.3 Homogenbereich B1

Die grobkörnigen Kiese, Steine und kleinvolumigen Blöcke werden in dem Homogenbereich B1 zusammengefasst. Sie wurden in allen Bohrungen unter dem Mutterboden aufgeschlossen. Deren Färbung reicht von hellgrau bis gelbgrau und braun. Die Lagerungsdichte nimmt mit zunehmender Aufschlusstiefe beständig zu.

Die Böden des Homogenbereichs B1 können mit größeren Hydraulikbaggern gut gelöst werden. Ein fachgerechter Wiedereinbau ist grundsätzlich möglich. Aus bodenmechanischer Sicht ist ein Wiedereinbau auch hochwertig in Form eines verdichtungswilligen Schotters möglich, wenn mittels Sieblöffel Steine und Blöcke abgetrennt werden. Diese könnten dann mittels Brecher ebenfalls zu einem Schotter gebrochen werden.

Die Eigenschaften und Kennwerte des Homogenbereichs B1 wurden im Rahmen der Felduntersuchungen sowie anhand von bodenmechanischen Versuchen im hauseigenen Labor und chemischen Laboruntersuchungen ermittelt und werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

Eigenschaften und Kennwerte für Boden (Auszug) nach VOB/C				
<b>Ortsübliche Bezeichnung</b>	Kiese, Steine und Blöcke als Zersatzprodukte der anstehenden Dolomite			
<b>Korngrößenverteilung [%]</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>S</b>	<b>G</b>
Kornanteile mind.	-	0,5	14,9	54,0
Kornanteile max.	-	1,5	36,7	75,0
Mittelwert	-	1,0	25,8	64,5
Standardabweichung (n-1) (Labor-Nr. 01 und 02)	-	0,5	10,9	10,5
	besonders im grobkörnigen Bereich können deutliche Abweichungen von den Ergebnissen der Korngrößenverteilungen auftreten			
<b>Massenanteile Steine und Blöcke [%]</b>	ca. 10 % (Versuchswerte) bis zu > 50 % (Erfahrungswerte)			

<b>Dichte [g/cm<sup>3</sup>]</b>	Gemäß Literatur: GW bei U > 15 locker gelagert = 1,8 bis GW bei U > 15 dicht gelagert: $\rho = 2,2$
<b>Undrained Scherfestigkeit für bindige Böden [kN/m<sup>2</sup>]</b>	keine bindigen Böden angetroffen
<b>Plastizitätszahl [%]</b>	keine bindigen Böden angetroffen
<b>Konsistenzzahl [%]</b>	keine bindigen Böden angetroffen
<b>Lagerungsdichte</b>	locker bis dicht
<b>Organischer Anteil [%]</b>	keine sensorischen Hinweise
<b>Benennung und Beschreibung org. Böden</b>	nicht organisch
<b>Bodengruppen</b>	GI, GW (Versuchswerte) SU, SU*, GU, GU*, SI, SW (Erfahrungswerte)

Entsprechend der ehemaligen DIN 18300:2012-09 wären diese Böden in die 3 bis 5 (leicht bis schwer lösbare Böden) eingestuft worden. Zusätzlich kann aufgrund der Anteile an Steinen bereits eine Einstufung in die Bodenklasse 6 (leicht lösbarer Fels) möglich sein.

## 7.4 Homogenbereich X1

In den Homogenbereich X1 werden die voraussichtlich in den vorgesehenen Aushubtieffen anstehenden Festgesteine sowie Blöcke zusammengefasst, wenn die Größe der Blöcke die vorgesehene Baugrube übersteigt oder ein Lösen mittels größeren üblichen Hydraulikbaggern ohne besondere Maßnahmen nicht mehr möglich ist. Dies betrifft erfahrungsgemäß Blöcke mit etwa 0,5 m<sup>3</sup> Rauminhalt und größer.

Die Festgesteine und größeren Blöcke des Homogenbereichs X1 können mit großen Hydraulikbaggern voraussichtlich nicht mehr ohne zusätzliche Maßnahmen gelöst werden. Hier kann ein Lösen zum Beispiel mittels Specht oder Reißzahn erforderlich werden.

Die Beschreibung erfolgt aufgrund von Erfahrungswerten. Der Homogenbereich X1 wird von den mürben bis festen Dolomitsteinen aus dem Jura gebildet. Dafür können die folgenden Eigenschaften und Kennwerte angegeben werden:

<b>Ortsübliche Bezeichnung</b>	Dolomitgesteine
<b>Benennung</b>	Massige Sedimentgesteine
<b>Dichte [g/cm<sup>3</sup>]</b>	2,2 bis 2,6 (Erfahrungswerte)
<b>Verwitterung und Veränderung</b>	frisch bis zerfallen (nach Tabelle 2 DIN EN ISO 14689-1)
<b>Veränderlichkeit des Gesteins</b>	nicht veränderlich (nach Tabelle 3 DIN EN ISO 14689-1)
<b>Einaxiale Druckfestigkeit [MN/m<sup>2</sup>]</b>	50 bis > 250
<b>Trennflächenrichtung</b>	ungeregelt
<b>Trennflächenabstand</b>	Ca. < 2,0 cm bis > 200 cm
<b>Gesteinskörperform</b>	vielflächig (nach Tabelle 10 DIN EN ISO 14689-1)

Entsprechend der ehemaligen DIN 18 300:2012-09 wären die Festgesteine in die Bodenklassen 6 und 7 (leicht bis schwer lösbarer Fels) eingeteilt worden.

## 8. Straßenbau

### 8.1 Bemessung des Straßenoberbaus

Die Dicke des frostsicheren Oberbaus der Verkehrswege bestimmt sich nach den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12“. Im Bereich des voraussichtlichen Erdplanums stehen hier Kiese der Frostempfindlichkeitsklasse F1 bis in eine Tiefe von mindestens 1,5 m an. Für die Bemessung des frostsicheren Oberbaus kann daher einheitlich die **Frostempfindlichkeitsklasse F1** angesetzt werden.

Für die Belastungsklasse Bk0,3 **kann hier die Frostschuttschicht entfallen**, da bis in eine Tiefe von mindestens 1,5 m unter der Fahrbahnoberfläche die Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F1 bzw. Festgesteine, aus der diese Böden resultieren, anstehen.

### 8.2 Bauweisen auf F1-Böden

Bei Bauweisen mit Asphalttragschichten ist auf der Oberkante des F1-Bodens für die **Belastungsklasse Bk0,3** ein Verformungsmodul der Wiederbelastung von  $E_{v2}$  größer oder gleich 100 MPa auf diesen Böden gefordert.

**Kann dieser Verformungsmodul erreicht werden**, werden an den Untergrund die Anforderungen der ZTV SoB-StB an den Verdichtungsgrad von Frostschuttschichten gestellt. Können diese Anforderungen eingehalten werden, kann die Wahl und Dicke der restlichen ungebundenen und gebundenen Schichten des Oberbaus gemäß RStO 12 ab der Oberkante Frostschuttschicht erfolgen. Gerade aufgrund der hohen Anteile an Steinen und Blöcken ist das **Erreichen dieser Anforderungen jedoch als unwahrscheinlich** anzusehen.

**Kann dieser Verformungsmodul nicht erreicht oder die Anforderungen der ZTV SoB-StB nicht eingehalten werden**, ist eine Tragschicht ohne Bindemittel (z.B. Schottertragschicht, Kiestragschicht oder Frostschuttschicht) nach der Tabelle 8 RStO12 vorzusehen. Eine Schotter- oder Kiestragschicht kann gemäß Tafel 1 Zeile 5 unmittelbar auf dem F1-Boden angeordnet werden.

Zu Baubeginn sollten **Probefelder** angelegt und mittels Plattendruckversuchen geprüft werden. Abhängig von den Ergebnissen können dann die endgültigen eventuellen Bodenaustauschmaßnahmen und Austauschdicken für die einzelnen Bereiche festgelegt werden.

Bei geänderten Voraussetzungen oder abweichenden Untergrundverhältnissen bitten wir um umgehende Rücksprache.

## 9. Rohrleitungsbau

Es ist die Verlegung von Entwässerungsleitungen vorgesehen.

Aus Gründen der Frostsicherheit ist eine Mindestgründungstiefe der Rohrleitungen von 1,20 m unter der Geländeoberfläche einzuhalten.

In den vorgesehenen Rohrsohlen stehen voraussichtlich Kiese, Steine und Blöcke mit größtenteils sandigen Beimengungen an. Diese sind für eine fachgerechte Rohrbettung als ausreichend tragfähig einzustufen. Gegebenenfalls kann zum Ausgleich unterschiedlicher Untergrundverhältnisse durch aufragende Steine und Blöcke oder entstehenden Fehlstellen nach Lösen und Beräumen dieser Steine und Blöcke das Einbringen eines Schotterpolsters erforderlich werden. Hierzu wäre ein verdichtungswilliges Schottermaterial mit feinerem Größtkorn z.B. der Körnung 0/32 mm geeignet.

Die Arbeiten für das Auflagerbett und die Verfüllung der Leitungszone (von Grabensohle bis in eine Höhe von mindestens 30 cm über dem Rohrscheitel) sind entsprechend den Vorschriften der ZTVA-StB 12 durchzuführen.

Liegt die Trasse der zu verlegenden Leitung innerhalb befestigter Verkehrswege sind oberhalb der Leitungszone zur Verminderung der Setzungen nichtbindige bis schwach bindige, grob- und gemischtkörnige Erdstoffe einzubauen.

Hierfür können die beim Aushub anfallenden Kiese wiederverwendet werden. Diese sollten vor dem Wiedereinbau jedoch von Steinen und Blöcken (z.B. mittels Sieblöffel) beräumt werden. Eine Aufbereitung der Steine und Blöcke zur Eignung für den Wiedereinbau könnte jedoch durch eine Zerkleinerung mittels Brecher erfolgen. Für die erforderliche Frostschutzschicht ist ein geprüftes frostsicheres Material zu verwenden.

## 10. Beurteilung der Versickerungsfähigkeit

Es sollte die Versickerungsfähigkeit des Untergrundes aus bodenmechanischer Sicht beurteilt werden. Während der Baugrunduntersuchungen wurde unter dem Oberboden zunächst ein intermittierend bis weitgestuftes Kies-Sand-Gemisch angetroffen. Hierbei handelt es sich um die unmittelbare obere Verwitterungszone der anstehenden Bank- und Riffdolomite aus den Kimmeridge-Schichten (Oberer Jura).

Die Bestimmung der zutreffenden Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Wert) wurde für die anstehenden Böden im eigenen Baugrundlabor ermittelt. Die Böden weisen nach der empirischen Formel von BEYER Durchlässigkeitsbeiwerte von  $k_f = 7,4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$  bis  $2,3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  auf und sind somit gemäß den Festlegungen des DWA-Merkblatts A 138 für eine fachgerechte Versickerung aus bodenmechanischer Sicht grundsätzlich als geeignet einzustufen.

In verhältnismäßig geringen Aufschlusstiefen von 0,60 m bis 2,00 m war jedoch eine Erhöhung der Aufschlusstiefe weder mit einem Kleinrammbohrgerät noch mit einem größeren Hydraulikbagger möglich. Es ist daher anzunehmen, dass hier bereits festere Festgesteinszonen erreicht werden.

Im Hinblick auf eine fachgerechte Versickerung ergeben sich trotz der grundsätzlichen bodenmechanischen Eignung der aufgeschlossenen Lockergesteine verschiedene Probleme, welche einer fachgerechten Versickerung von anfallendem Niederschlags- und Oberflächenwasser entgegenstehen.

Gemäß der Beurteilung der Erlaubnisfreiheit von Niederschlagswassereinleitungen (BEN) liegt die Gemeinde Solnhofen ganz oder teilweise in einem Karstgebiet mit kluftigem Untergrund. Grundwasser und Grundwasserleiter sind hier aufgrund fehlender oder gering ausgebildeter Sickerstrecken besonders empfindlich. Gemäß der Untersuchungen ist besonders im vorgesehenen Baufeld mit einer verhältnismäßig oberflächennah liegenden Felsoberkante und somit sehr geringmächtigem Sickerraum bis zum Erreichen von Karstklüften zu rechnen. Aus hydrogeologischer Sicht ist von der Errichtung einer Versickerungsanlage daher abzuraten.

Weiterhin besteht das Risiko der Ausbildung eines Schichtenwasserhorizonts auf der Felsoberkante, welcher durch die Versickerungsanlage gespeist wird. Dieses Schichtenwasser könnte dann der Morphologie des Hanges folgend die Grundwassersituation der hangabwärts liegenden Grundstücke nachhaltig verändern. Schäden an der Bebauung auf diesen Grundstücken infolge von geänderten Grundwasserbedingungen wären dann nicht auszuschließen.

Aus diesen Gründen wird empfohlen, auf die Errichtung einer Versickerungsanlage zu verzichten.

## 11. Baumaßnahmen

**Temporäre Baugrubenböschungen** können oberhalb des Grundwasserspiegels in den Kiesen sowie den entfestigten Festgesteinen unter 45° hergestellt werden.

Die Baugrubensicherung im Leitungsbau kann auch mittels **gegenseitig ausgesteifter Verbauelemente** erfolgen.

Anfallendes Schichten- oder Niederschlagswasser ist während der Bauzeit zu fassen und mittels einer fachgerechten offenen **Wasserhaltung** abzuleiten.

Alle Erdarbeiten und **Verdichtungskontrollen** sind gemäß den ZTV E-StB 17 auszuführen. Ein unmittelbares Befahren des Planums ist zu vermeiden. Auflockerungen sind fachgerecht nachzuverdichten.

Freigelegte **Rohr- und Gründungssohlen** sind von aufgeweichten Erdstoffen zu säubern und gegebenenfalls nachzuverdichten.

Durch die notwendigen Verdichtungsarbeiten sind Erschütterungen der angrenzenden Bebauung zu erwarten. Die Notwendigkeit einer **Beweissicherung** der näher zur Baumaßnahme angeordneten Gebäude ist daher zu prüfen.

## 12. Bauüberwachung und Abnahme

Die Erdarbeiten sind unter Beachtung dieses Berichts fachgerecht auszuführen.

Für geotechnische Beratungen während der Bauzeit vor Ort stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Ein Exemplar dieses Berichts ist durch den Bauherrn bzw. seinen Vertreter zur ständigen Einsichtnahme auf der Baustelle auszulegen.

Da die Baugrunduntersuchungen stichprobenartige, punktuelle Aufschlüsse darstellen, sind Abweichungen möglich. Bei geänderten Voraussetzungen oder abweichenden Untergrund- bzw. Grundwasserverhältnissen ist eine umgehende Rücksprache erforderlich.

## 13. Zusammenfassung

Das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, wurde beauftragt, für die Erschließung eines Baugebiets in Solnhofen anhand durchgeführter Baugrunduntersuchungen die erforderlichen Maßnahmen für den Straßen- und Leitungsbau aus bodenmechanischer Sicht zu beurteilen und den Boden in Homogenbereiche gemäß DIN 18 300:2016-09 einzuteilen.

Zur Erkundung des Untergrundes wurden insgesamt fünf Baggerschürfen, drei Kleinrammbohrungen und zwei Sondierungen mit der schweren Rammsonde ausgeführt. Mit allen Aufschlüssen wurden lediglich Aufschlusstiefen zwischen 0,60 m und 2,00 m erreicht.

Im Bereich der Rohrsohlen sind daher dicht gelagerte kiesige und steinige Verwitterungsprodukte oder bereits die Festgesteine des anstehenden Dolomits zu erwarten. Diese sind für eine fachgerechte Rohrbettung als ausreichend tragfähig anzusehen. Gegebenenfalls können Ausgleichmaßnahmen unterschiedlicher Untergrundverhältnisse erforderlich werden.

Im vorgesehenen Erdplanum für den Verkehrswegebau wurden Kiese und Steine der Frosempfindlichkeitsklasse F1 aufgeschlossen. Notwendige Verformungsmoduln können hier voraussichtlich erreicht werden. Geforderte Verdichtungsgrade gemäß den Anforderungen der ZTV SoB-StB an Frostschutzschichten werden jedoch vermutlich nicht erreicht, weshalb eine Tragschicht ohne Bindemittel vorgesehen werden muss.

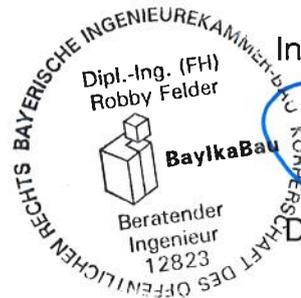
Zu besonderen Punkten der Ausführung wurde im Einzelnen Stellung genommen. Die Böden wurden auf umweltrelevante Inhaltsstoffe hin untersucht. Vorbehaltlich einer repräsentativen Beprobung kann ein Wiedereinbau uneingeschränkt offen erfolgen. Der Untergrund wurde in drei Homogenbereiche eingeteilt.

Für weitere Fragen bodenmechanischer und gründungstechnischer Art stehen wir gerne zur Verfügung.

Der Bearbeiter



Jens Radtke, M.Sc.



Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder GmbH



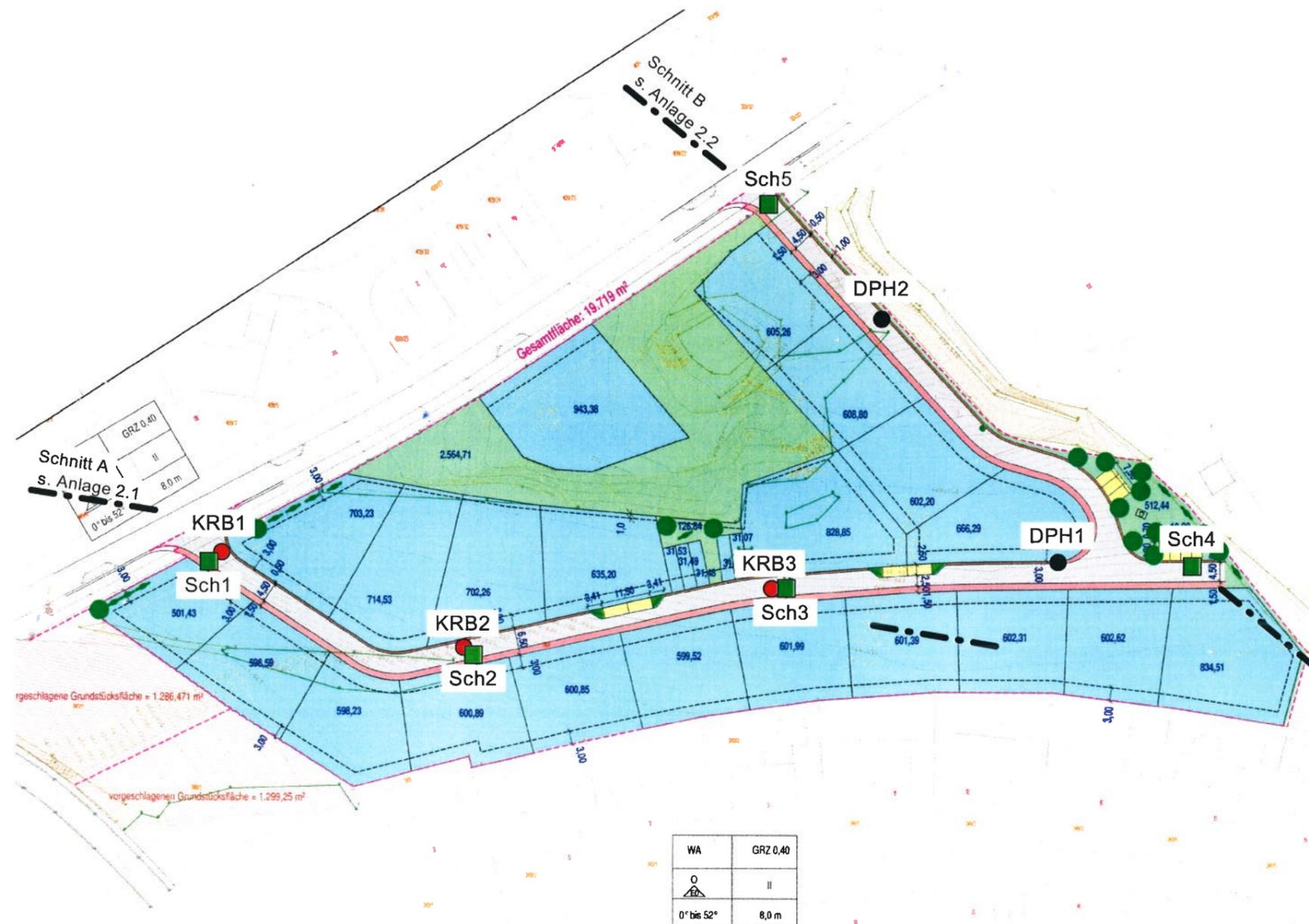
Dipl.-Ing. (FH) Felder

Auftrag: 15399-bgr-01 Anlage 1

Projekt: BG Bieswanger Weg

Ort: Solnhofen

# Lageplan



GRZ 0,40
II
8,0 m
0° bis 52°

WA	GRZ 0,40
O	II
0° bis 52°	8,0 m

M 1 : 1.250

- KRB Kleinrammbohrung
- DPH Schwere Rammsondierung
- Sch Schürfgrube

gez.: kk

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

	T (Ton)		S (Sand)		X (Steine)
	t (tonig)		s (sandig)		x (steinig)
	U (Schluff)		G (Kies)		Mu (Mutterboden)
	u (schluffig)		g (kiesig)		Kst (Kalkstein)

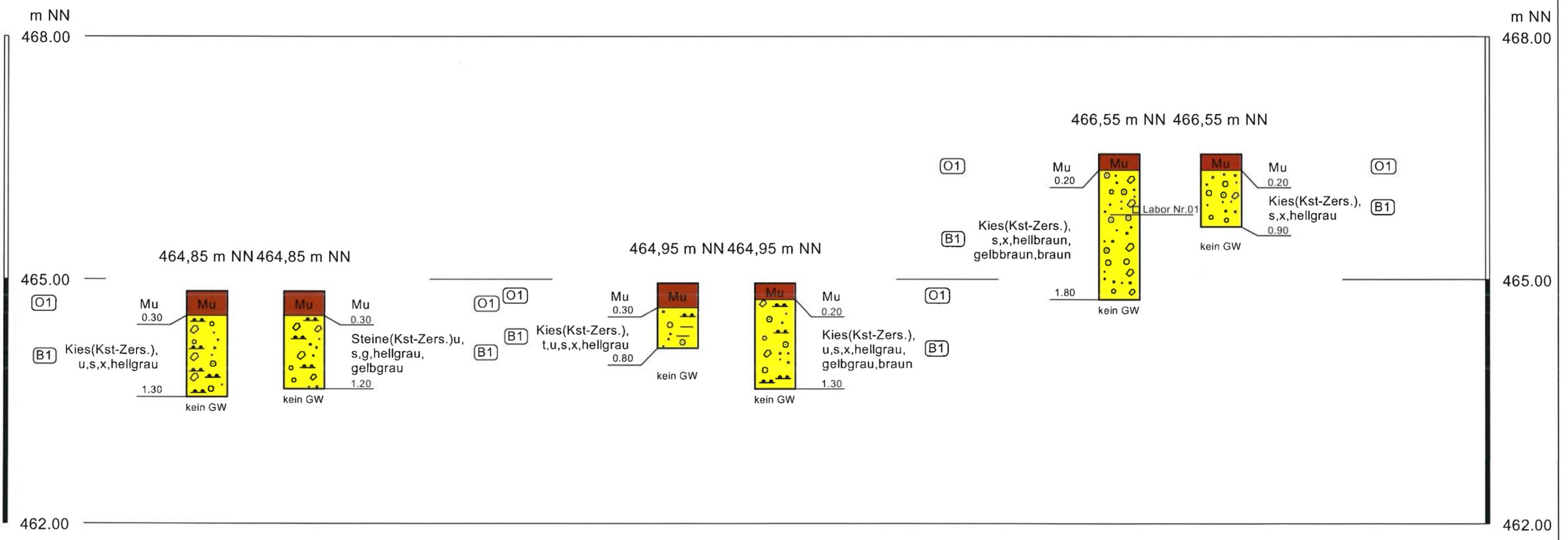
Tiefe ▽ Datum GW angetroffen  
 Tiefe ▽ Datum GW Ruhe  
 (Fels) schwach verwittert  
 ((Fels)) stark verwittert  
 entfestigt  
 S(Fels) Sand (Felszersatz)  
 Labor-Nr. □ Bohrprobe (gestört)  
 □ Homogenbereich

KRB1 Sch1

KRB2 Sch2

Sch3 KRB3

Schnitt A



M.d.H. 1 : 50  
 M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1  
 gez.: kk

Schnitt B

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

	T (Ton)		S (Sand)		X (Steine)
	t (tonig)		s (sandig)		x (steinig)
	U (Schluff)		G (Kies)		Mu (Mutterboden)
	u (schluffig)		g (kiesig)		Kst (Kalkstein)

Tiefe ▽ Datum GW angetroffen  
 Tiefe ▽ Datum GW Ruhe

(Fels) schwach verwittert  
 ((Fels)) stark verwittert  
 entfestigt  
 S(Fels) Sand (Felszersatz)

Labor-Nr. □ Bohrprobe (gestört)

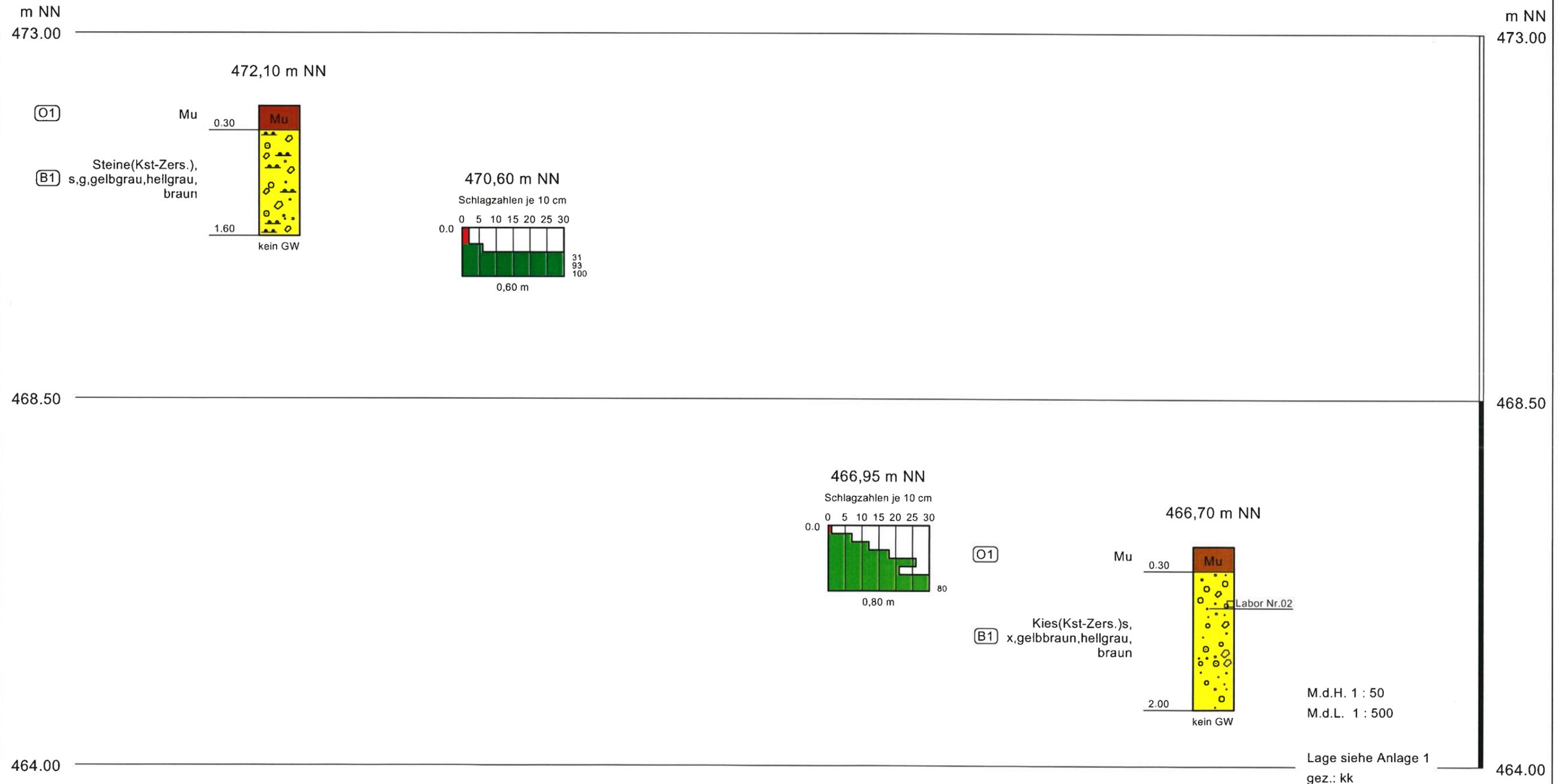
□ Homogenbereich

Sch5

DPH2

DPH1

Sch4



M.d.H. 1 : 50  
 M.d.L. 1 : 500

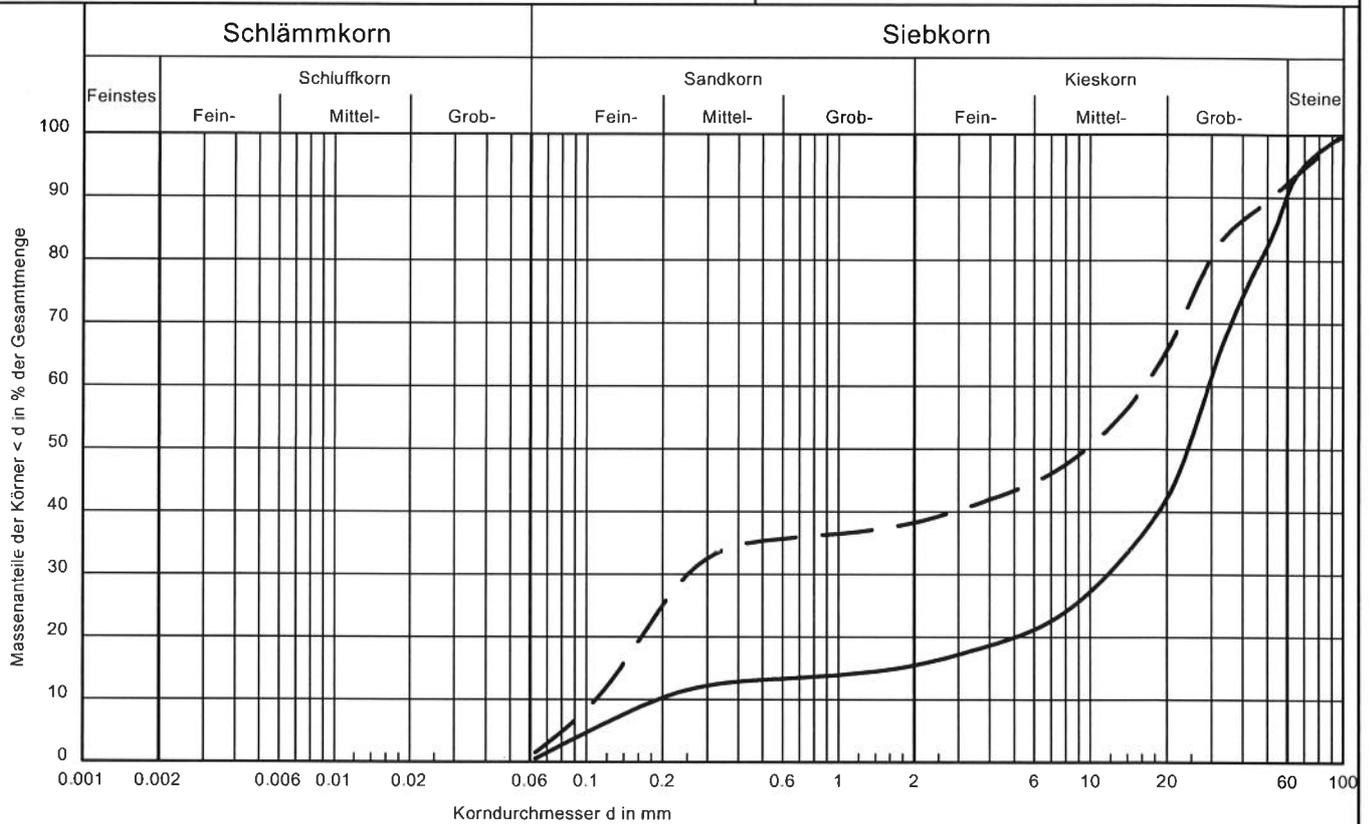
Lage siehe Anlage 1  
 gez.: kk

**Körnungslinie**  
**SOLNHOFEN**  
 BG Bieswanger Weg

Probe entnommen am: 08.01.2019  
 Art der Entnahme: gestört  
 Arbeitsweise: Siebanalyse

Bearbeiter: Kaiser

Datum: 16.01.2019



Labor Nr.	01	02
Signatur	—	— —
Bodenart	Kies,s	Kies,s
Bodengruppe / Homogenbereich	GI / -	GW / -
Entnahmestelle / Tiefe	Sch3 / 0,5-1,0 m	Sch4 / 0,5-1,0 m
Korndurchmesser d10/d60 [mm]	0.1914 / 29.1480	0.1087 / 16.3156
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	152.3/24.5	150.1/0.0
Frostsicherheit	F1	F1
k-Wert nach Beyer	$2.3 \cdot 10^{-4}$	$7.4 \cdot 10^{-5}$
Anteile T/U/S/G [%]	- /0.5/14.9/75.0	- /1.5/36.7/54.0

							PN 15399-bgr-01		
							SOLNHOFEN		
							BG Bieswanger Weg		
							Anlage 4.1		
<b>Schadstoffparameter nach LAGA (Feststoff)</b>									
Probenahme:	08.01.2019								
	<b>Parameter:</b>								
<b>Probe:</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>KW-Index</b>	<b>EOX</b>	<b>Cyanide</b>	<b>PAK</b>	<b>LHKW</b>	<b>BTX</b>	<b>PCB</b>	
				(ges.)					
		[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
<b>MP1</b>	7,8	<50	<1,0	<0,3	<0,05	<0,2	<0,1	<0,01	
<b>LAGA:</b>									
Z 0-Wert	5,5-8	100	1	1	1	<1	<1	0,02	
Z 1.1-Wert	5,5-8	300	3	10	5	1	1	0,1	
Z 1.2-Wert	5-9	500	10	30	15	3	3	0,5	
Z 2-Wert	-	1000	15	100	20	5	5	1	
	<b>Parameter:</b>								
<b>Probe:</b>	<b>As</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Hg</b>	<b>Tl</b>	<b>Zn</b>
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
<b>MP1</b>	<2,0	<4,0	<0,2	1,7	3,2	4,7	<0,05	<0,1	8
<b>LAGA:</b>									
Z 0-Wert	20	100	0,6	50	40	40	0,3	0,5	120
Z 1.1-Wert	30	200	1	100	100	100	1	1	300
Z 1.2-Wert	50	300	3	200	200	200	3	3	500
Z 2-Wert	150	1000	10	600	600	600	10	10	1500

							PN 15399-bgr-01		
							SOLNHOFEN		
							BG Bieswanger Weg		
							Anlage 4.2		
<b>Schadstoffparameter nach LAGA (Eluat)</b>									
Probenahme:	08.01.2019								
	<b>Parameter:</b>								
<b>Probe:</b>	<b>pH</b>	<b>elektr. Leitf.</b>	<b>Chlorid</b>	<b>Sulfat</b>	<b>Cyanide ges.</b>	<b>Phenol-index</b>			
		[µS/cm]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			
<b>MP1</b>	<b>9,3</b>	<b>44</b>	<b>&lt;2,0</b>	<b>&lt;2,0</b>	<b>&lt;0,005</b>	<b>&lt;0,01</b>			
<b>LAGA-Richtlinie:</b>									
Z 0-Wert	6,5-9	500	10	50	<0,01	<0,01			
Z 1.1-Wert	6,5-9	500	10	50	0,01	0,01			
Z 1.2-Wert	6-12	1000	20	100	0,05	0,05			
Z 2-Wert	5,5-12	1500	30	150	0,1	0,1			
	<b>Parameter:</b>								
<b>Probe:</b>	<b>As</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Ni</b>	<b>Hg</b>	<b>TI</b>	<b>Zn</b>
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
<b>MP1</b>	<b>&lt;0,005</b>	<b>&lt;0,005</b>	<b>&lt;0,0005</b>	<b>&lt;0,005</b>	<b>&lt;0,005</b>	<b>&lt;0,005</b>	<b>&lt;0,0002</b>	<b>&lt;0,0005</b>	<b>&lt;0,05</b>
<b>LAGA-Richtlinie:</b>									
Z 0-Wert	0,01	0,02	0,002	0,015	0,05	0,04	0,0002	<0,001	0,1
Z 1.1-Wert	0,01	0,04	0,002	0,03	0,05	0,05	0,0002	0,001	0,1
Z 1.2-Wert	0,04	0,1	0,005	0,075	0,15	0,15	0,001	0,003	0,3
Z 2-Wert	0,06	0,2	0,01	0,15	0,3	0,2	0,002	0,005	0,6

						PN 15399-bgr-01	
						SOLNHOFEN	
						BG Bieswanger Weg	
						Anlage 4.3	
<b>Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Feststoff)</b>							
Probenahme:	08.01.2019						
	<b>Parameter:</b>						
<b>Probe:</b>	<b>Glühverlust</b>	<b>TOC</b>	<b>BTX</b>	<b>KW-Index</b>	<b>PCB</b>	<b>PAK</b>	<b>Extrahierbare lipophile Stoffe</b>
			Summe		Summe	Summe	
	[Masse-%]	[Masse-%]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[Masse-%]
<b>MP1</b>	2,6	0,13	<0,1	<50	<0,01	<0,05	<0,05
<b>Zuordnungswerte</b>							
Geologische Barriere	≤ 3	≤ 1	≤ 1	≤ 100	≤ 0,02	≤ 1	
DK 0	≤ 3	≤ 1	≤ 6	≤ 500	≤ 1	≤ 30	≤ 0,1
DK I	≤ 3	≤ 1	≤ 30	≤ 4000	≤ 2	≤ 500	≤ 0,4
DK II	≤ 5	≤ 3	≤ 60	≤ 8000	≤ 2	≤ 1000	≤ 0,8
DK III	≤ 10	≤ 6					≤ 4

						PN 15399-bgr-01		
						SOLNHOFEN		
						BG Bieswanger Weg		
						Anlage 4.4		
<b>Schadstoffparameter nach Deponieverordnung DepV (Eluat)</b>								
Probenahme:	08.01.2019							
	<b>Parameter:</b>							
<b>Probe:</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>DOC</b>	<b>Phenole</b>	<b>Arsen</b>	<b>Blei</b>	<b>Cadmium</b>	<b>Kupfer</b>	<b>Nickel</b>
		[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
<b>MP1</b>	9,3	<1	<0,01	<0,005	<0,005	<0,0005	<0,005	<0,005
<b>Zuordnungswerte</b>								
Geologische Barriere	6,5 - 9		≤ 0,05	≤ 0,01	≤ 0,02	≤ 0,002	≤ 0,05	≤ 0,04
DK 0	5,5 - 13	≤ 50	≤ 0,1	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,004	≤ 0,2	≤ 0,04
DK I	5,5 - 13	≤ 50	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 0,05	≤ 1	≤ 0,2
DK II	5,5 - 13	≤ 80	≤ 0,2	≤ 0,2	≤ 1	≤ 0,1	≤ 5	≤ 1
DK III	4 - 13	≤ 100	≤ 2,5	≤ 2,5	≤ 6	≤ 0,5	≤ 10	≤ 4
	<b>Parameter:</b>							
<b>Probe:</b>	<b>Zink</b>	<b>Chlorid</b>	<b>Sulfat</b>	<b>Cyanid</b>	<b>Fluorid</b>	<b>Barium</b>	<b>Quecksilber</b>	
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
<b>MP1</b>	<0,05	<2,0	<2,0	<0,005	<0,50	<0,01	<0,0002	
<b>Zuordnungswerte</b>								
Geologische Barriere	≤ 0,1	≤ 10	≤ 50	≤ 0,01			≤ 0,0002	
DK 0	≤ 0,4	≤ 80	≤ 100	≤ 0,01	≤ 1	≤ 2	≤ 0,001	
DK I	≤ 2	≤ 1.500	≤ 2.000	≤ 0,1	≤ 5	≤ 5	≤ 0,005	
DK II	≤ 5	≤ 1.500	≤ 2.000	≤ 0,5	≤ 15	≤ 10	≤ 0,02	
DK III	≤ 20	≤ 2.500	≤ 5.000	≤ 1	≤ 50	≤ 30	≤ 0,2	
	<b>Parameter:</b>							
<b>Probe:</b>	<b>Chrom</b>	<b>Molybdän</b>	<b>Antimon</b>	<b>Selen</b>	<b>Gesamtgehalt an gelösten Feststoffen</b>			
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]			
<b>MP1</b>	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<200			
<b>Zuordnungswerte</b>								
Geologische Barriere					≤ 400			
DK 0	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,1	≤ 0,01	≤ 400			
DK I	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,12	≤ 0,03	≤ 3.000			
DK II	≤ 1	≤ 1	≤ 0,15	≤ 0,05	≤ 6.000			
DK III	≤ 7	≤ 3	≤ 1	≤ 1	≤ 10.000			