

[illegible]





Technische Universität München

TUM · MPA BAU · Abteilung Baustoffe
Franz-Langinger-Straße 10 · 81245 München · Germany

Kraftwerk Jochenstein DKJ
Am Kraftwerk 2
94107 Untergriesbach

cbm · Centrum Baustoffe
und Materialprüfung
MPA BAU,
Abteilung Baustoffe

Franz-Langinger-Straße 10
81245 München
Germany

Tel +49.89.289.27066
Fax +49.89.289.27069
www.cbm.bgu.tum.de

UNTERSUCHUNGSBERICHT

Prüfzeugnis

Nr.: 52-19-1552-01

FG Gesteine

Datum
21.02.2020

Unser Zeichen
Wi/KW

Bearbeiter
Westiner

E-Mail
baustoffe@cbm.bgu.tum.de

Betrifft: Bauvorhaben Energiespeicher Riedl
Untersuchungen an Bohrkernproben einschließlich Brechversuch
Bohrkernserie PB 3

Bezug: Ihr Auftrag vom 18.11.2019
Bestellnummer 4500425848

Dieser Bericht umfasst:
11 Textseiten (inkl. Deckblatt)

1. ALLGEMEINES

1.1 Angaben zur Probe

Herkunft/Werk:	Energiespeicher Riedl
Art:	natürliche Gesteinskörnung
Petrographischer Typ:	Festgestein - Gneis, unebrochen
Korngruppe:	Bohrkerne
Bezeichnung/Entnahmestelle:	Bohrkern PB 3 (14,0-16,0) Bohrkern PB 3 (16,0-18,0) Bohrkern PB 3 (18-20)
Tag der Probeanlieferung:	13.12.2019
durch:	Auftraggeber
Bemerkung:	Die Bohrkerne wurden zu einer Sammelprobe vereinigt. Dieses Gesteinsmaterial wurde mit einer Laborprallmühle in einem dreistufigen Prozess zerkleinert, anschließend erfolgten die bautechnischen Untersuchungen.

1.2 Vorschriften und Richtlinien

DIN EN 13043	„Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen“
TL Gestein-StB 04	„Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2018“ (Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr Az. 49-43415-4-3 vom 18.03.2019)
TP Gestein-StB	„Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2008“ (mit * wurden Prüfverfahren nach DIN EN gekennzeichnet, bei denen Ergänzungen und Präzisierungen nach TP Gestein-StB berücksichtigt wurden; siehe Abschnitt 1.1 der TL Gestein-StB)
TL Asphalt-StB 07	„Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausgabe 2007“ (Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern Nr. II D9-43434-001/08 vom 28.08.2017)
ZTV Asphalt-StB 07	„Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausgabe 2007“ (Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern Nr. II D9-43415-004/08 vom 28.08.2017)

2. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Brechversuch

Das Gesteinsmaterial wurde in drei Brechstufen zerkleinert. Zunächst wurde es händisch mit Hammer auf Handstückgröße zerschlagen (Vorzerkleinerung). Anschließend erfolgte ein aufbrechen des Gesteinsmaterials mit dem Laborbackenbrecher (Spaltweite 40 mm). Als dritte Brechstufe wurde das Gesteinsmaterial mit einer Laborprallmühle (Spaltweite 20 mm) aufbereitet. Der sich aus dem Brechgut ergebende Kornanteil größer 16 mm wurde abgesiebt und der Laborprallmühle erneut zugeführt. Dies geschah so lange, bis ein Baustoffgemisch 0/16 vorlag.

Vorzerkleinerung (händisch)	
Zeitdauer in Stunden	3
Grad der Anstrengung (leicht – mittel – groß)	mittel
Korngröße nach Zerkleinerung in mm	32/125
Backenbrecherversuch	
Zeitdauer in Stunden	1
Grad der Anstrengung (leicht – mittel – groß)	mittel
Korngröße nach Zerkleinerung in mm	0/45
Prallmühlenversuch	
Anzahl der Durchgänge	3
Grad der Belastung (leicht – mittel – groß)	mittel
Korngröße nach Zerkleinerung in mm	0/16

Brechversuch - Petrographische Beurteilung

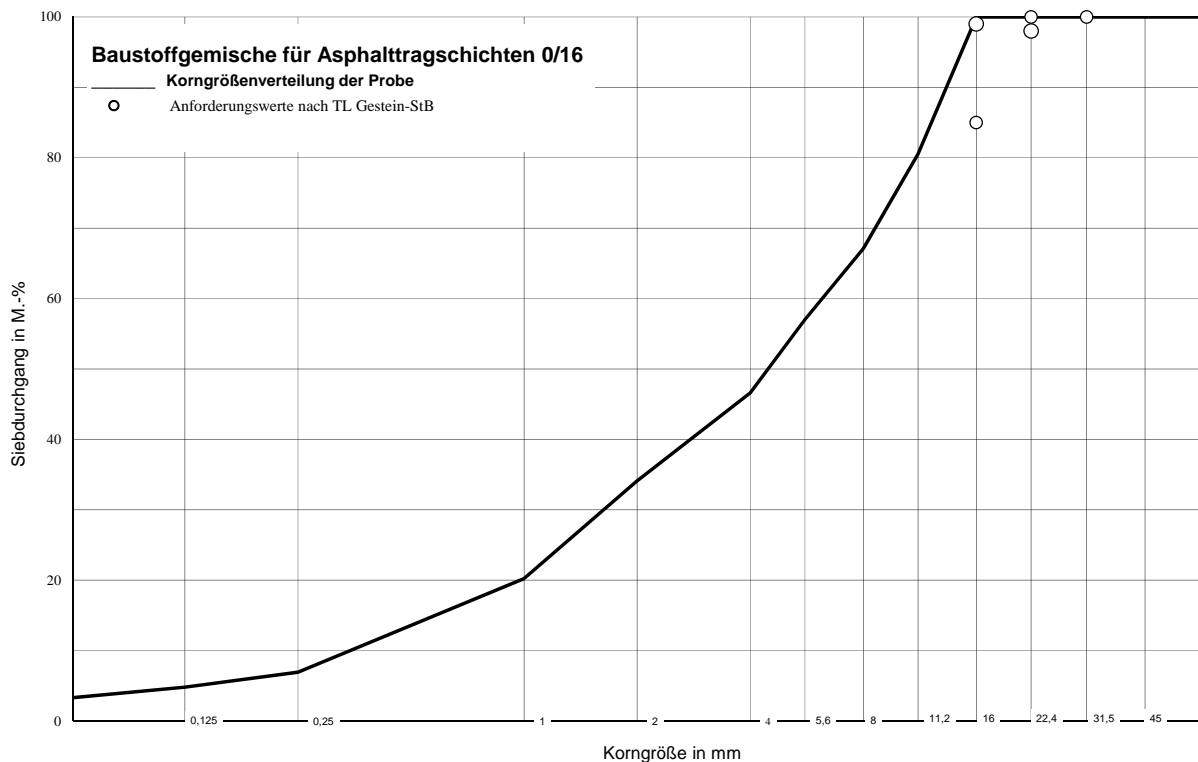
Die petrographische Beurteilung erfolgte nach DIN EN 932-3 an den Gesteinskörnungen und ist in nachstehender Tabelle angegeben:

Art der Entstehung	metamorph
Gesteinsart	Festgestein - Gneis
Gesteinsbeschreibung	schwarz, sehr homogen, grobkörnig mit undeutlicher Schieferung/Einregelung; Einsprenglinge (weiß) bis ca. 0,5 cm; Mineralbestand (Feldspat, Quarz, Glimmer, Mafite)
Petrographische Ansprache	Das Gesteinsmaterial besteht aus gebrochenen, unregelmäßig geformten, schafkantigen Körnern. Es besitzt scharfe Kanten, sehr raue Bruchflächen und ein gleichmäßiges dichtes Gefüge ohne offene Klüftung. Beim Schlag mit dem Hammer erweist es sich als sehr hart, der Bruch ist splittrig bis scharfkantig. Nennenswerte Risse, verwitterte oder mergelig-tonige Einlagerungen können beim untersuchten Gesteinsmaterial nicht erkannt werden.

Brechversuch - Kornzusammensetzung und Gehalt an Feinanteilen

Die Kornzusammensetzung und der Gehalt an Feinanteilen (Korn < 0,063 mm) des aufbereiteten Gesteinsmaterials wurde nach DIN EN 933-1 bestimmt. Die Kornzusammensetzung und der Gehalt an Feinanteilen ergeben sich aus der nachstehenden Tabelle und Abbildung:

Prüfsieb mm	Rückstand M.-%	Durchgang M.-%
63	0,0	100,0
45	0,0	100,0
31,5	0,0	100,0
22,4	0,0	100,0
16	0,0	100,0
11,2	19,5	80,5
8	13,4	67,1
5,6	10,1	57,0
4	10,4	46,6
2	12,5	34,1
1	13,9	20,2
0,25	13,3	6,9
0,125	2,1	4,8
0,063	1,5	3,3
< 0,063	3,3	



Brechversuch – Kornform

Kornformkennzahl

Die Kornform wurde nach DIN EN 933 - 4 mit dem Kornform-Messschieber ermittelt und als Kornformkennzahl S /angegeben:

Kornklasse	8/12,5
Kornformkennzahl S /[M.-%]	10,1
Kategorie	S_{20}

Kornklasse	11/16	8/11	5/8	2/5
Kornformkennzahl S /[M.-%]	13,4	10,5	8,9	8,2
Kategorie	S_{20}	S_{20}	S_{20}	S_{20}

Nach den TL Asphalt-StB 07 unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei der Kornformkennzahl von groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck- (Ausnahme: für Offenporiger Asphalt) und Asphaltbinderschichten Kategorie S_{20} . Für Gesteinskörnungen für Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten gilt Kategorie S_{50} . Für Gesteinskörnungen für Offenporigen Asphalt gilt Kategorie S_{15} .

Plattigkeitskennzahl

Die Kornform wurde nach DIN EN 933 – 3 durch Stabsiebung ermittelt und als Plattigkeitskennzahl F angegeben:

Kornklasse	11/16	8/11	5/8	2/5
Plattigkeitskennzahl F /[M.-%]	13,8	14,5	16,1	16,5
Kategorie	F_{20}	F_{20}	F_{20}	F_{20}

Nach den TL Asphalt-StB 07 unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei der Plattigkeitskennzahl I von groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck- (Ausnahme: für Offenporiger Asphalt) und Asphaltbinderschichten Kategorie F_{20} . Für Gesteinskörnungen für Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten gilt Kategorie F_{50} . Für Gesteinskörnungen für Offenporigen Asphalt gilt Kategorie F_{15} .

Brechversuch - Anteil gebrochener Kornoberfläche

Der Anteil der gebrochenen Kornoberfläche der groben Gesteinskörnungen mit $d > 4$ mm wurde nach DIN EN 933 – 5 bestimmt¹⁾.

¹⁾ Bei Gesteinskörnungen aus gebrochenem Festgestein ist nach den TL Gestein-StB davon auszugehen, dass sie der Kategorie $C_{100/0}$ (mind. 90 M.-% vollständig gebrochene Körner, 100 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und 0 M.-% vollständig gerundete Körner) entsprechen. Eine Prüfung ist nicht erforderlich.

Nach den TL Asphalt-StB unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei groben Gesteinskörnungen für Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten „AC T N“ und „AC T L“ die Kategorie C_{NR} (keine Anforderung). Für Gesteinskörnungen für Asphalttragschichten „AC T S“ gilt Kategorie $C_{50/30}$ (min. 50 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und max. 30 M.-% vollständig gerundete Körner). Groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck- (Ausnahme: für Offenporiger Asphalt) und Asphaltbinderschichten können grundsätzlich die Kategorien $C_{100/0}$ (min. 90 M.-% vollständig gebrochene Körner, 100 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und 0 M.-% vollständig gerundete Körner), $C_{95/1}$ (min. 30 M.-% vollständig gebrochene Körner, min. 95 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und max. 1 M.-% vollständig gerundete Körner) oder $C_{90/1}$ (min. 30 M.-% vollständig gebrochene Körner, min. 90 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und max. 1 M.-% vollständig gerundete Körner) zugewiesen werden. Hierbei gilt zusätzlich für Gesteinskörnungen für Asphaltbinderschichten „AC B S“ und Splittmastixasphalt „SMA S“ unter Berücksichtigung der Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern Nr. II D9-43415-004/08 vom 24.04.2014 zur ZTV Asphalt-StB, dass bei den Kategorien $C_{95/1}$ und $C_{90/1}$ in den Korngruppen der Anteil der vollständig gebrochenen Körnern min. 45 M.-% betragen muss. Für Gesteinskörnungen für Offenporigen Asphalt gilt ausschließlich Kategorie $C_{100/0}$.

Brechversuch - Anteil an leichtgewichtigen organischen Verunreinigungen

Die nach Abschnitt 14.2 der DIN EN 1744-1 durchgeführte Bestimmung des Anteils an leichtgewichtigen organischen Verunreinigungen erbrachte die nachfolgend dargestellten Ergebnisse:

Kornklasse	11/16	8/11	5/8	2/5
Gehalt an leichtgew. org. Verunreinigungen [M.-%]	0,00	0,00	0,00	0,00
Kategorie	$m_{LPC}0,10$	$m_{LPC}0,10$	$m_{LPC}0,10$	$m_{LPC}0,10$

Nach den TL Asphalt-StB unter Bezug zur DIN EN 13043 darf bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck-, Asphaltbinder-, Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten der Anteil an leichtgewichtigen organischen Verunreinigungen max. 0,10 M.-% betragen.

Brechversuch - Kornrohddichte

Die nach DIN EN 1097-6, Anhang A an der Korngruppe 8/12,5 durchgeführte Bestimmung der Kornrohddichte (Trockenrohddichte) erbrachte das nachfolgend dargestellte Ergebnis:

Trockenrohddichte ρ_p [Mg/m ³]	2,755
---	-------

In den TL Asphalt-StB 07 unter Bezug zur DIN EN 13043 sind keine Kategorien zur Beurteilung der Kornrohddichte enthalten. Nach TL Asphalt-StB 07 ist die Kornrohddichte zu bestimmen und anzugeben.

Brechversuch - Widerstand gegen Zertrümmerung

Der Widerstand gegen Zertrümmerung der groben Gesteinskörnungen wurde nach DIN EN 1097 - 2 mit dem Schlagversuch an der Prüfkornklasse 8/12,5 mm ermittelt und als Schlagzertrümmerungswert angegeben:

Schlagzertrümmerungswert SZ	17,3
Kategorie	SZ_{18}

Nach den TL Asphalt-StB 07 unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei groben Gesteinskörnungen für Asphalttrag- und Asphaltdeckschichten „AC D L“ die Kategorie SZ_{26} . Abweichend hiervon kann unter Berücksichtigung der Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern Nr. II D9-43434-001/08 vom 10.11.2008 zur TL Asphalt-StB 07 bei ungebrochenem Kies für Asphalttragschichten der Schlagzertrümmerungswert bis max. 30 M.-% reichen (bei Kategorie SZ_{35}). Bei groben Gesteinskörnungen für Asphalttragdeck-, Asphaltbinderschichten „AC B N“ bzw. „AC 16 B S der Bauklassen II und III“ und Asphaltdeckschichten „MA N“ und „AC D N“ gilt Kategorie SZ_{22} . Bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltbinderschichten „AC 22 B S“, „AC 16 B S der Bauklassen SV und I“ und Asphaltdeckschichten „AC D S“, „SMA“, „MA S“ und „PA“ gilt Kategorie SZ_{18} .

Nach den TL Beton-StB 07 gilt bei groben Gesteinskörnungen für hydraulisch gebundene Tragschichten, Betontragschichten, Unterbeton und Oberbeton der Belastungsklassen Bk1,8 – Bk0,3 als Anforderung Kategorie SZ_{26} . Für Oberbeton der Belastungsklassen Bk100 – Bk3,2 gilt Kategorie SZ_{22} . Für Oberbeton (Waschbeton) gilt Kategorie SZ_{18} .

Brechversuch - Widerstand gegen Hitzebeanspruchung

Der Widerstand gegen Hitzebeanspruchung der groben Gesteinskörnungen wurde nach DIN EN 1367-5* ermittelt:

	Unterkorn / [M.-%]	Festigkeit bei Hitzebeanspruchung V_{SZ}
	0,3	1,5
Anforderung	< 3	≤ 3

Nach den TL Asphalt-StB muss bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck-, Asphaltbinder-, Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten bei der Untersuchung des Widerstands gegen Hitzebeanspruchung der groben Gesteinskörnung der Anteil an Unterkorn / unter 3 M.-% liegen und darf gleichzeitig die Festigkeit V_{SZ} (Festigkeitsänderung) bei Hitzebeanspruchung max. 3 % betragen. Für Abstreumaterial besteht keine Anforderung.

Brechversuch - Affinität zwischen groben Gesteinskörnungen und Bitumen

Die Affinität zwischen groben Gesteinskörnungen und Bitumen wurde nach EN 12697-11* mit dem Verfahren A an der Prüfkornklasse 8/11,2 mm unter Verwendung eines Bitumens 50/70 ermittelt und als Grad der Umhüllung nach 6 h und nach 24 h angegeben:

	Prüfer A	Prüfer B	Mittelwert
Grad der Umhüllung nach 6 h [M.-%]	80	80	80
Grad der Umhüllung nach 24 h [M.-%]	45	40	40

In den TL Asphalt-StB unter Bezug zur DIN EN 13043 sind keine Kategorien zur Beurteilung der Affinität zwischen grober Gesteinskörnung und Bitumen enthalten. Nach TL Asphalt-StB ist der Grad der Umhüllung zu bestimmen und nach TL Gestein-StB der Wert nach 6 h anzugeben.

Brechversuch - Widerstand gegen Frost-Beanspruchung

Der Widerstand gegen Frost-Beanspruchung der groben Gesteinskörnungen wurde nach DIN EN 1367 – 1 an der Prüfkornklasse 8/16 mm ermittelt und als Widerstand gegen Frost-Beanspruchung F angegeben (Durchgang durch das Prüfsieb 4 mm):

Frost-Tau-Widerstand F [M.-%]	0,2
Kategorie	F_1

Nach den TL Asphalt-StB unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltbinder- und Asphalttragdeckschichten Kategorie F_1 bzw. für Asphalttragschichten Kategorie F_4 .

Brechversuch - Widerstand gegen Frost-Tausalzbeanspruchung

Der Widerstand gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung der groben Gesteinskörnungen wurde nach DIN EN 1367-6 mit einer Frost-Tau-Wechselprüfung an einer Prüfkörnung 8/11,2 mm unter Verwendung einer 1%igen NaCl-Lösung ermittelt und als Widerstand gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung FTS (in M.-%) angegeben (Durchgang durch das Prüfsieb 4 mm):

Frost-Tausalz-Widerstand FTS [M.-%]	0,5
Anforderung	≤ 5 (Bk100 – Bk0,3)

Nach den TL Asphalt-StB gilt bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeckschichten und Abstreumaterial die grundsätzliche Anforderung, dass der Durchgang durch das Prüfsieb max. 8 M.-%, betragen darf. Bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeckschichten und Abstreumaterial im Bereich der Belastungsklassen Bk100 – Bk3,2 darf der Durchgang durch das Prüfsieb max. 5 M.-%, betragen.

Liegt der Frost-Tausalz-Widerstand, bestimmt nach DIN EN 1367 – 6 mit einem Frost-Tau-Wechsel-Versuch an der Prüfkörnung 8/11 mm unter Verwendung einer 1%igen NaCl-Lösung unter 5 M.-%, so ist aufgrund des am MPA BAU – Abteilung Baustoffe vorliegenden Erfahrungshintergrundes auch die Anforderung an den Widerstand gegen Frost-Beanspruchung der Kategorie F_1 oder F_4 erfüllt. Eine Prüfung nach DIN EN 1367-1 (Prüfmedium Wasser) ist somit nicht durchzuführen. Die Anforderung an den Widerstand gegen Frost-Beanspruchung von groben Gesteinskörnungen für Asphaltbinder- und Asphalttragdeckschichten (Kategorie F_1) bzw. Asphalttragschichten (Kategorie F_4) wird somit erfüllt.

Brechversuch - Sandeigenschaften

Der Anteil an feiner Gesteinskörnung (Korn < 2 mm, Sandanteil) wurde hinsichtlich seiner weiteren Eigenschaften untersucht. Die Untersuchungsergebnisse sind in nachfolgender Tabelle wiedergegeben:

Nr.	Prüfgegenstand		Prüfergebnis	Kategorie	Anforderung
1	Kornzusammensetzung DIN EN 933-1* Durchgang $\leq 0,063$ mm Durchgang $\leq 0,063$ mm* (*bezogen auf Durchgang 2 mm)	M.-%	3,3 9,7	$f_3, f_{16}, f_{\text{angegeben}}$ ---	Wert ist anzugeben ---
2	Grobe organische Verunreinigungen DIN EN 1744-1, Abschn. 14.2		0,0	$m_{\text{LPC}0,10}$	$m_{\text{LPC}0,10}$
3	Fließkoeffizient DIN EN 933-6*		44,3	$E_{\text{CS}38}$	Wert ist anzugeben
4	Rohdichte (< 0,125 mm) DIN EN 1097-7	Mg/m ³	2,807	---	---
5	Rohdichte (0,063/2 mm) DIN EN 1097-6, Anhang A zu bestimmen, wenn Feinanteil > 10 M.-%	Mg/m ³	2,764	---	---
6	Rigden-Hohlraumgehalt DIN EN 1097-4 zu bestimmen, wenn Feinanteil > 10 M.-%	Vol.-%	41,8	$V_{28/45}$	$V_{28/45}$
7	Erweichungspunkterhöhung DIN EN 13179-1* zu bestimmen, wenn Feinanteil > 10 M.-%	°C	15,0	$\Delta_{\text{R\&B}8/25}$	$\Delta_{\text{R\&B}8/25}$
8	Wasserempfindlichkeit TP Gestein-StB, Teil 6.6.3 Wasseraufnahme Quellung Schüttel-Abrieb zu bestimmen, wenn Feinanteil > 3 M.-%	Vol.-% Vol.-% M.-%	Serie E Serie F 22,4 16,5 1,9 1,4 15,2 14,2	--- --- ---	--- --- $\leq 25^{1,2,4)}; \leq 60^{1,3)}$ ¹⁾ gilt für Serie E ²⁾ gilt für Deck-, Tragdeck- und Bindersch. ³⁾ gilt für Tragschichten ⁴⁾ bei $f > 16: \leq 15$
9	Wasserlöslichkeit DIN EN 1744-1, Abschn. 16* zu bestimmen, wenn Feinanteil > 10 M.-%	M.-%	1,0	WS_{10}	WS_{10}

3. BEURTEILUNG

Dem in Labor gebrochenen natürlichen Gesteinsmaterial (Gneis) können hinsichtlich der untersuchten Prüfmerkmale folgende Kategorien nach TL Gestein-StB zugewiesen werden:

Anteil grobe Gesteinskörnung (Splitt) 2/16:

$$m_{\text{LPC}0,10} - S_{20} - F_{20} - C_{100/0} - SZ_{18} - F_1$$

Die Anforderung an den Widerstand gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung von groben Gesteinskörnungen nach den TL Asphalt-StB 07 für Asphaltdeckschichten der Belastungsklassen Bk1,8 – Bk0,3 (max. 8 M.-%) wird erfüllt. Zudem wird die Anforderung für Asphaltdeckschichten der Belastungsklassen Bk100 – Bk3,2 erfüllt (max. 5 M.-%).

Die Anforderung an den Widerstand gegen Hitzebeanspruchung von groben Gesteinskörnungen nach den TL Asphalt-StB wird erfüllt.

Anteil feine Gesteinskörnung (Sand) 0/2:

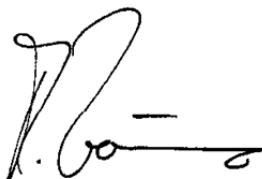
$$m_{\text{LPC}0,10} - E_{\text{CS}38} - V_{28/45} - \Delta_{\text{R\&B}8/25} - WS_{10}$$

Der Schüttel-Abrieb (Serie E) liegt unter dem für feine Gesteinskörnungen für Asphalttragschichten in Bayern geltenden Höchstwert (max. 60 M.-%). Zudem wird die Anforderung für feine Gesteinskörnungen für Asphaltdeck-, Asphaltbinder- und Asphalttragdeckschichten erfüllt (max. 25 M.-%).

MATERIALPRÜFUNGSAMT FÜR DAS BAUWESEN ABTEILUNG BAUSTOFFE

Leiter der RAP Stra Prüfstelle

stellv. Leiter der RAP Stra Prüfstelle





Ltd.Akad.Dir. Dr.-Ing. Th. Wörner
AG 5 "Bitumenhaltige Baustoffe und Gesteine"

Dipl.-Geol. Dr.rer.nat. E. Westiner
FG 5-3 „Gesteine“



Ausgangsmaterial



nach Brechversuch



Technische Universität München

TUM · MPA BAU · Abteilung Baustoffe
Franz-Langinger-Straße 10 · 81245 München · Germany

Kraftwerk Jochenstein DKJ
Am Kraftwerk 2
94107 Untergriesbach

cbm · Centrum Baustoffe
und Materialprüfung
MPA BAU,
Abteilung Baustoffe

Franz-Langinger-Straße 10
81245 München
Germany

Tel +49.89.289.27066
Fax +49.89.289.27069
www.cbm.bgu.tum.de

UNTERSUCHUNGSBERICHT

Prüfzeugnis

Nr.: 52-19-1552-02

FG Gesteine

Datum
21.02.2020

Unser Zeichen
Wi/KW

Bearbeiter
Westiner

E-Mail
baustoffe@cbm.bgu.tum.de

Betrifft: Bauvorhaben Energiespeicher Riedl
Untersuchungen an Bohrkernproben einschließlich Brechversuch
Bohrkernserie PB 4

Bezug: Ihr Auftrag vom 18.11.2019
Bestellnummer 4500425848

Dieser Bericht umfasst:
11 Textseiten (inkl. Deckblatt)

1. ALLGEMEINES

1.1 Angaben zur Probe

Herkunft/Werk:	Energiespeicher Riedl
Art:	natürliche Gesteinskörnung
Petrographischer Typ:	Festgestein - Gneis, unebrochen
Korngruppe:	Bohrkerne
Bezeichnung/Entnahmestelle:	Bohrkern PB 4 (16-18) Bohrkern PB 4 (18-20) Bohrkern PB 4 (20-22)
Tag der Probeanlieferung:	13.12.2019
durch:	Auftraggeber
Bemerkung:	Die Bohrkerne wurden zu einer Sammelprobe vereinigt. Dieses Gesteinsmaterial wurde mit einer Laborprallmühle in einem dreistufigen Prozess zerkleinert, anschließend erfolgten die bautechnischen Untersuchungen.

1.2 Vorschriften und Richtlinien

DIN EN 13043	„Gesteinskörnungen für Asphalt und Oberflächenbehandlungen für Straßen, Flugplätze und andere Verkehrsflächen“
TL Gestein-StB 04	„Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2004, Fassung 2018“ (Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Wohnen, Bau und Verkehr Az. 49-43415-4-3 vom 18.03.2019)
TP Gestein-StB	„Technische Prüfvorschriften für Gesteinskörnungen im Straßenbau, Ausgabe 2008“ (mit * wurden Prüfverfahren nach DIN EN gekennzeichnet, bei denen Ergänzungen und Präzisierungen nach TP Gestein-StB berücksichtigt wurden; siehe Abschnitt 1.1 der TL Gestein-StB)
TL Asphalt-StB 07	„Technische Lieferbedingungen für Asphaltmischgut für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausgabe 2007“ (Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern Nr. II D9-43434-001/08 vom 28.08.2017)
ZTV Asphalt-StB 07	„Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, Ausgabe 2007“ (Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern Nr. II D9-43415-004/08 vom 28.08.2017)

2. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

Brechversuch

Das Gesteinsmaterial wurde in drei Brechstufen zerkleinert. Zunächst wurde es händisch mit Hammer auf Handstückgröße zerschlagen (Vorzerkleinerung). Anschließend erfolgte ein aufbrechen des Gesteinsmaterials mit dem Laborbackenbrecher (Spaltweite 40 mm). Als dritte Brechstufe wurde das Gesteinsmaterial mit einer Laborprallmühle (Spaltweite 20 mm) aufbereitet. Der sich aus dem Brechgut ergebende Kornanteil größer 16 mm wurde abgesiebt und der Laborprallmühle erneut zugeführt. Dies geschah so lange, bis ein Baustoffgemisch 0/16 vorlag.

Vorzerkleinerung (händisch)	
Zeitdauer in Stunden	3
Grad der Anstrengung (leicht – mittel – groß)	mittel
Korngröße nach Zerkleinerung in mm	32/125
Backenbrecherversuch	
Zeitdauer in Stunden	1
Grad der Anstrengung (leicht – mittel – groß)	mittel
Korngröße nach Zerkleinerung in mm	0/45
Prallmühlenversuch	
Anzahl der Durchgänge	3
Grad der Belastung (leicht – mittel – groß)	mittel
Korngröße nach Zerkleinerung in mm	0/16

Brechversuch - Petrographische Beurteilung

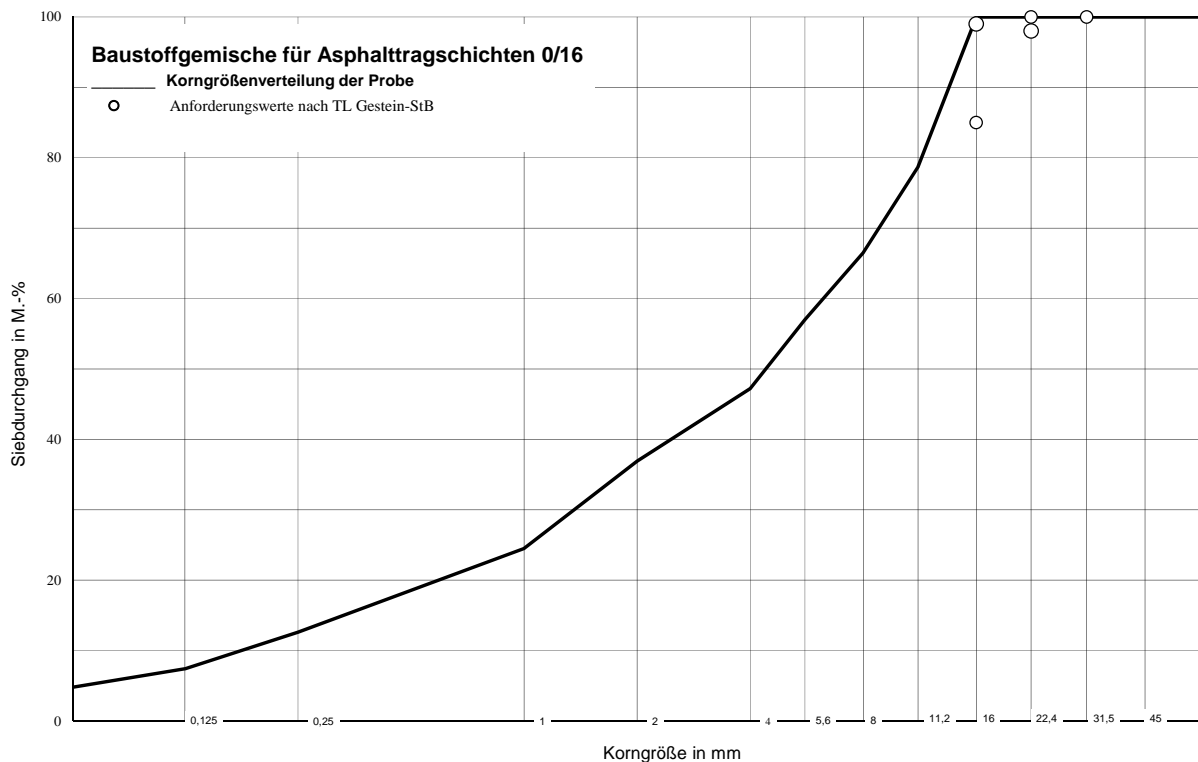
Die petrographische Beurteilung erfolgte nach DIN EN 932-3 an den Gesteinskörnungen und ist in nachstehender Tabelle angegeben:

Art der Entstehung	metamorph
Gesteinsart	Festgestein - Gneis
Gesteinsbeschreibung	dunkelgrau bis schwarz, homogen, grobkörnig mit undeutlicher Schieferung/Einregelung; Einsprenglinge (weiß) bis ca. 0,5 cm; Mineralbestand (Feldspat, Quarz, Glimmer, Mafite)
Petrographische Ansprache	Das Gesteinsmaterial besteht aus gebrochenen, unregelmäßig geformten, schafkantigen Körnern. Es besitzt scharfe Kanten, sehr raue Bruchflächen und ein gleichmäßiges dichtes Gefüge ohne offene Klüftung. Beim Schlag mit dem Hammer erweist es sich als sehr hart, der Bruch ist splittrig bis scharfkantig. Nennenswerte Risse, verwitterte oder mergelig-tonige Einlagerungen können beim untersuchten Gesteinsmaterial nicht erkannt werden.

Brechversuch - Kornzusammensetzung und Gehalt an Feinanteilen

Die Kornzusammensetzung und der Gehalt an Feinanteilen (Korn < 0,063 mm) des aufbereiteten Gesteinsmaterials wurde nach DIN EN 933-1 bestimmt. Die Kornzusammensetzung und der Gehalt an Feinanteilen ergeben sich aus der nachstehenden Tabelle und Abbildung:

Prüfsieb mm	Rückstand M.-%	Durchgang M.-%
63	0,0	100,0
45	0,0	100,0
31,5	0,0	100,0
22,4	0,0	100,0
16	0,0	100,0
11,2	21,3	78,7
8	12,2	66,5
5,6	9,5	57,0
4	9,8	47,2
2	10,3	36,9
1	12,4	24,5
0,25	11,9	12,6
0,125	5,2	7,4
0,063	2,6	4,8
< 0,063	4,8	



Brechversuch – Kornform

Kornformkennzahl

Die Kornform wurde nach DIN EN 933 - 4 mit dem Kornform-Messschieber ermittelt und als Kornformkennzahl S /angegeben:

Kornklasse	8/12,5
Kornformkennzahl S /[M.-%]	12,3
Kategorie	S_{20}

Kornklasse	11/16	8/11	5/8	2/5
Kornformkennzahl S /[M.-%]	14,1	11,5	10,3	11,1
Kategorie	S_{20}	S_{20}	S_{20}	S_{20}

Nach den TL Asphalt-StB 07 unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei der Kornformkennzahl von groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck- (Ausnahme: für Offenporiger Asphalt) und Asphaltbinderschichten Kategorie S_{20} . Für Gesteinskörnungen für Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten gilt Kategorie S_{50} . Für Gesteinskörnungen für Offenporigen Asphalt gilt Kategorie S_{15} .

Plattigkeitskennzahl

Die Kornform wurde nach DIN EN 933 – 3 durch Stabsiebung ermittelt und als Plattigkeitskennzahl F angegeben:

Kornklasse	11/16	8/11	5/8	2/5
Plattigkeitskennzahl F /[M.-%]	14,5	16,8	17,2	15,4
Kategorie	F_{20}	F_{20}	F_{20}	F_{20}

Nach den TL Asphalt-StB 07 unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei der Plattigkeitskennzahl I von groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck- (Ausnahme: für Offenporiger Asphalt) und Asphaltbinderschichten Kategorie F_{20} . Für Gesteinskörnungen für Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten gilt Kategorie F_{50} . Für Gesteinskörnungen für Offenporigen Asphalt gilt Kategorie F_{15} .

Brechversuch - Anteil gebrochener Kornoberfläche

Der Anteil der gebrochenen Kornoberfläche der groben Gesteinskörnungen mit $d > 4$ mm wurde nach DIN EN 933 – 5 bestimmt¹⁾.

¹⁾ Bei Gesteinskörnungen aus gebrochenem Festgestein ist nach den TL Gestein-StB davon auszugehen, dass sie der Kategorie $C_{100/0}$ (mind. 90 M.-% vollständig gebrochene Körner, 100 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und 0 M.-% vollständig gerundete Körner) entsprechen. Eine Prüfung ist nicht erforderlich.

Nach den TL Asphalt-StB unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei groben Gesteinskörnungen für Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten „AC T N“ und „AC T L“ die Kategorie C_{NR} (keine Anforderung). Für Gesteinskörnungen für Asphalttragschichten „AC T S“ gilt Kategorie $C_{50/30}$ (min. 50 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und max. 30 M.-% vollständig gerundete Körner). Groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck- (Ausnahme: für Offenporiger Asphalt) und Asphaltbinderschichten können grundsätzlich die Kategorien $C_{100/0}$ (min. 90 M.-% vollständig gebrochene Körner, 100 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und 0 M.-% vollständig gerundete Körner), $C_{95/1}$ (min. 30 M.-% vollständig gebrochene Körner, min. 95 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und max. 1 M.-% vollständig gerundete Körner) oder $C_{90/1}$ (min. 30 M.-% vollständig gebrochene Körner, min. 90 M.-% vollständig gebrochene und teilweise gebrochene Körner und max. 1 M.-% vollständig gerundete Körner) zugewiesen werden. Hierbei gilt zusätzlich für Gesteinskörnungen für Asphaltbinderschichten „AC B S“ und Splittmastixasphalt „SMA S“ unter Berücksichtigung der Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern Nr. II D9-43415-004/08 vom 24.04.2014 zur ZTV Asphalt-StB, dass bei den Kategorien $C_{95/1}$ und $C_{90/1}$ in den Korngruppen der Anteil der vollständig gebrochenen Körnern min. 45 M.-% betragen muss. Für Gesteinskörnungen für Offenporigen Asphalt gilt ausschließlich Kategorie $C_{100/0}$.

Brechversuch - Anteil an leichtgewichtigen organischen Verunreinigungen

Die nach Abschnitt 14.2 der DIN EN 1744-1 durchgeführte Bestimmung des Anteils an leichtgewichtigen organischen Verunreinigungen erbrachte die nachfolgend dargestellten Ergebnisse:

Kornklasse	11/16	8/11	5/8	2/5
Gehalt an leichtgew. org. Verunreinigungen [M.-%]	0,00	0,00	0,00	0,00
Kategorie	$m_{LPC}0,10$	$m_{LPC}0,10$	$m_{LPC}0,10$	$m_{LPC}0,10$

Nach den TL Asphalt-StB unter Bezug zur DIN EN 13043 darf bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck-, Asphaltbinder-, Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten der Anteil an leichtgewichtigen organischen Verunreinigungen max. 0,10 M.-% betragen.

Brechversuch - Kornrohddichte

Die nach DIN EN 1097-6, Anhang A an der Korngruppe 8/12,5 durchgeführte Bestimmung der Kornrohddichte (Trockenrohddichte) erbrachte das nachfolgend dargestellte Ergebnis:

Trockenrohddichte ρ_p [Mg/m ³]	2,715
---	-------

In den TL Asphalt-StB 07 unter Bezug zur DIN EN 13043 sind keine Kategorien zur Beurteilung der Kornrohddichte enthalten. Nach TL Asphalt-StB 07 ist die Kornrohddichte zu bestimmen und anzugeben.

Brechversuch - Widerstand gegen Zertrümmerung

Der Widerstand gegen Zertrümmerung der groben Gesteinskörnungen wurde nach DIN EN 1097 - 2 mit dem Schlagversuch an der Prüfkornklasse 8/12,5 mm ermittelt und als Schlagzertrümmerungswert angegeben:

Schlagzertrümmerungswert SZ	18,0
Kategorie	SZ_{18}

Nach den TL Asphalt-StB 07 unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei groben Gesteinskörnungen für Asphalttrag- und Asphaltdeckschichten „AC D L“ die Kategorie SZ_{26} . Abweichend hiervon kann unter Berücksichtigung der Bekanntmachung der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern Nr. II D9-43434-001/08 vom 10.11.2008 zur TL Asphalt-StB 07 bei ungebrochenem Kies für Asphalttragschichten der Schlagzertrümmerungswert bis max. 30 M.-% reichen (bei Kategorie SZ_{35}). Bei groben Gesteinskörnungen für Asphalttragdeck-, Asphaltbinderschichten „AC B N“ bzw. „AC 16 B S der Bauklassen II und III“ und Asphaltdeckschichten „MA N“ und „AC D N“ gilt Kategorie SZ_{22} . Bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltbinderschichten „AC 22 B S“, „AC 16 B S der Bauklassen SV und I“ und Asphaltdeckschichten „AC D S“, „SMA“, „MA S“ und „PA“ gilt Kategorie SZ_{18} .

Nach den TL Beton-StB 07 gilt bei groben Gesteinskörnungen für hydraulisch gebundene Tragschichten, Betontragschichten, Unterbeton und Oberbeton der Belastungsklassen Bk1,8 – Bk0,3 als Anforderung Kategorie SZ_{26} . Für Oberbeton der Belastungsklassen Bk100 – Bk3,2 gilt Kategorie SZ_{22} . Für Oberbeton (Waschbeton) gilt Kategorie SZ_{18} .

Brechversuch - Widerstand gegen Hitzebeanspruchung

Der Widerstand gegen Hitzebeanspruchung der groben Gesteinskörnungen wurde nach DIN EN 1367-5* ermittelt:

	Unterkorn / [M.-%]	Festigkeit bei Hitzebeanspruchung V_{SZ}
	0,0	0,4
Anforderung	< 3	≤ 3

Nach den TL Asphalt-StB muss bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeck-, Asphaltbinder-, Asphalttragdeck- und Asphalttragschichten bei der Untersuchung des Widerstands gegen Hitzebeanspruchung der groben Gesteinskörnung der Anteil an Unterkorn / unter 3 M.-% liegen und darf gleichzeitig die Festigkeit V_{SZ} (Festigkeitsänderung) bei Hitzebeanspruchung max. 3 % betragen. Für Abstreumaterial besteht keine Anforderung.

Brechversuch - Affinität zwischen groben Gesteinskörnungen und Bitumen

Die Affinität zwischen groben Gesteinskörnungen und Bitumen wurde nach EN 12697-11* mit dem Verfahren A an der Prüfkornklasse 8/11,2 mm unter Verwendung eines Bitumens 50/70 ermittelt und als Grad der Umhüllung nach 6 h und nach 24 h angegeben:

	Prüfer A	Prüfer B	Mittelwert
Grad der Umhüllung nach 6 h [M.-%]	85	80	80
Grad der Umhüllung nach 24 h [M.-%]	45	45	45

In den TL Asphalt-StB unter Bezug zur DIN EN 13043 sind keine Kategorien zur Beurteilung der Affinität zwischen grober Gesteinskörnung und Bitumen enthalten. Nach TL Asphalt-StB ist der Grad der Umhüllung zu bestimmen und nach TL Gestein-StB der Wert nach 6 h anzugeben.

Brechversuch - Widerstand gegen Frost-Beanspruchung

Der Widerstand gegen Frost-Beanspruchung der groben Gesteinskörnungen wurde nach DIN EN 1367 – 1 an der Prüfkornklasse 8/16 mm ermittelt und als Widerstand gegen Frost-Beanspruchung F angegeben (Durchgang durch das Prüfsieb 4 mm):

Frost-Tau-Widerstand F [M.-%]	0,7
Kategorie	F_1

Nach den TL Asphalt-StB unter Bezug zur DIN EN 13043 gilt bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltbinder- und Asphalttragdeckschichten Kategorie F_1 bzw. für Asphalttragschichten Kategorie F_4 .

Brechversuch - Widerstand gegen Frost-Tausalzbeanspruchung

Der Widerstand gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung der groben Gesteinskörnungen wurde nach DIN EN 1367-6 mit einer Frost-Tau-Wechselprüfung an einer Prüfkörnung 8/11,2 mm unter Verwendung einer 1%igen NaCl-Lösung ermittelt und als Widerstand gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung FTS (in M.-%) angegeben (Durchgang durch das Prüfsieb 4 mm):

Frost-Tausalz-Widerstand FTS [M.-%]	0,9
Anforderung	≤ 5 (Bk100 – Bk0,3)

Nach den TL Asphalt-StB gilt bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeckschichten und Abstreumaterial die grundsätzliche Anforderung, dass der Durchgang durch das Prüfsieb max. 8 M.-%, betragen darf. Bei groben Gesteinskörnungen für Asphaltdeckschichten und Abstreumaterial im Bereich der Belastungsklassen Bk100 – Bk3,2 darf der Durchgang durch das Prüfsieb max. 5 M.-%, betragen.

Liegt der Frost-Tausalz-Widerstand, bestimmt nach DIN EN 1367 – 6 mit einem Frost-Tau-Wechsel-Versuch an der Prüfkörnung 8/11 mm unter Verwendung einer 1%igen NaCl-Lösung unter 5 M.-%, so ist aufgrund des am MPA BAU – Abteilung Baustoffe vorliegenden Erfahrungshintergrundes auch die Anforderung an den Widerstand gegen Frost-Beanspruchung der Kategorie F_1 oder F_4 erfüllt. Eine Prüfung nach DIN EN 1367-1 (Prüfmedium Wasser) ist somit nicht durchzuführen. Die Anforderung an den Widerstand gegen Frost-Beanspruchung von groben Gesteinskörnungen für Asphaltbinder- und Asphalttragdeckschichten (Kategorie F_1) bzw. Asphalttragschichten (Kategorie F_4) wird somit erfüllt.

Brechversuch - Sandeigenschaften

Der Anteil an feiner Gesteinskörnung (Korn < 2 mm, Sandanteil) wurde hinsichtlich seiner weiteren Eigenschaften untersucht. Die Untersuchungsergebnisse sind in nachfolgender Tabelle wiedergegeben:

Nr.	Prüfgegenstand		Prüfergebnis	Kategorie	Anforderung
1	Kornzusammensetzung DIN EN 933-1* Durchgang $\leq 0,063$ mm Durchgang $\leq 0,063$ mm* (*bezogen auf Durchgang 2 mm)	M.-%	4,8 13,0	$f_3, f_{16}, f_{\text{angegeben}}$ ---	Wert ist anzugeben ---
2	Grobe organische Verunreinigungen DIN EN 1744-1, Abschn. 14.2		0,0	$m_{\text{LPC}0,10}$	$m_{\text{LPC}0,10}$
3	Fließkoeffizient DIN EN 933-6*		44,4	$E_{\text{CS}38}$	Wert ist anzugeben
4	Rohdichte (< 0,125 mm) DIN EN 1097-7	Mg/m ³	2,796	---	---
5	Rohdichte (0,063/2 mm) DIN EN 1097-6, Anhang A zu bestimmen, wenn Feinanteil > 10 M.-%	Mg/m ³	2,759	---	---
6	Rigden-Hohlraumgehalt DIN EN 1097-4 zu bestimmen, wenn Feinanteil > 10 M.-%	Vol.-%	41,1	$V_{28/45}$	$V_{28/45}$
7	Erweichungspunkterhöhung DIN EN 13179-1* zu bestimmen, wenn Feinanteil > 10 M.-%	°C	14,5	$\Delta_{\text{R\&B}8/25}$	$\Delta_{\text{R\&B}8/25}$
8	Wasserempfindlichkeit TP Gestein-StB, Teil 6.6.3 Wasseraufnahme Quellung Schüttel-Abrieb zu bestimmen, wenn Feinanteil > 3 M.-%	Vol.-% Vol.-% M.-%	Serie E Serie F 21,5 16,5 2,0 2,0 12,8 12,7	--- --- ---	--- --- $\leq 25^{1,2,4)}; \leq 60^{1,3)}$ ¹⁾ gilt für Serie E ²⁾ gilt für Deck-, Tragdeck- und Bindersch. ³⁾ gilt für Tragschichten ⁴⁾ bei $f > 16: \leq 15$
9	Wasserlöslichkeit DIN EN 1744-1, Abschn. 16* zu bestimmen, wenn Feinanteil > 10 M.-%	M.-%	1,3	WS_{10}	WS_{10}

3. BEURTEILUNG

Dem in Labor gebrochenen natürlichen Gesteinsmaterial (Gneis) können hinsichtlich der untersuchten Prüfmerkmale folgende Kategorien nach TL Gestein-StB zugewiesen werden:

Anteil grobe Gesteinskörnung (Splitt) 2/16:

$$m_{\text{LPC}0,10} - S_{20} - F_{20} - C_{100/0} - SZ_{18} - F_1$$

Die Anforderung an den Widerstand gegen Frost-Tausalz-Beanspruchung von groben Gesteinskörnungen nach den TL Asphalt-StB 07 für Asphaltdeckschichten der Belastungsklassen Bk1,8 – Bk0,3 (max. 8 M.-%) wird erfüllt. Zudem wird die Anforderung für Asphaltdeckschichten der Belastungsklassen Bk100 – Bk3,2 erfüllt (max. 5 M.-%).

Die Anforderung an den Widerstand gegen Hitzebeanspruchung von groben Gesteinskörnungen nach den TL Asphalt-StB wird erfüllt.

Anteil feine Gesteinskörnung (Sand) 0/2:

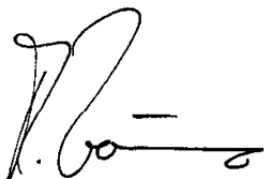
$$m_{\text{LPC}0,10} - E_{\text{CS}38} - V_{28/45} - \Delta_{\text{R\&B}8/25} - WS_{10}$$

Der Schüttel-Abrieb (Serie E) liegt unter dem für feine Gesteinskörnungen für Asphalttragschichten in Bayern geltenden Höchstwert (max. 60 M.-%). Zudem wird die Anforderung für feine Gesteinskörnungen für Asphaltdeck-, Asphaltbinder- und Asphalttragdeckschichten erfüllt (max. 25 M.-%).

MATERIALPRÜFUNGSAMT FÜR DAS BAUWESEN ABTEILUNG BAUSTOFFE

Leiter der RAP Stra Prüfstelle

stellv. Leiter der RAP Stra Prüfstelle



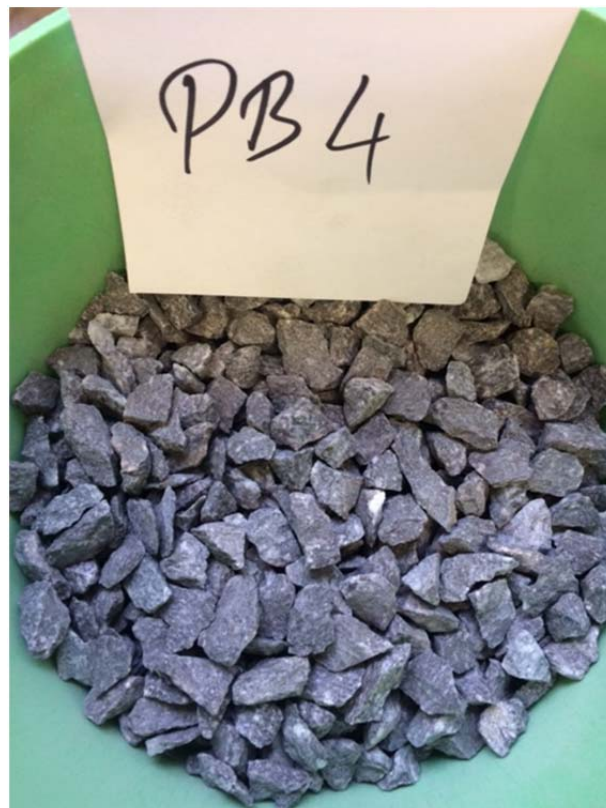


Ltd.Akad.Dir. Dr.-Ing. Th. Wörner
AG 5 "Bitumenhaltige Baustoffe und Gesteine"

Dipl.-Geol. Dr.rer.nat. E. Westiner
FG 5-3 „Gesteine“



Ausgangsmaterial



nach Brechversuch