



**Untersuchungen zur Optimierung des Systems**  
**Basisabdichtung für den Standort Hattorf**  
**des Werkes Werra,**  
**Haldenerweiterung Phase 3 (RM HA3)**

**- Zwischenbericht -**

Im Auftrag der:  
K+S Minerals and Agriculture GmbH  
Postfach 10 20 29  
34111 Kassel



---

**Untersuchung zur Optimierung des Systems Basisabdichtung für den Standort Hattorf des  
Werkes Werra, Haldenerweiterung Phase 3 (RM HA3)**

---

**Auftraggeber:** K+S Minerals and Agriculture GmbH  
Postfach 10 20 29  
34111 Kassel

**Ansprechpartner:** Herr Artschwager

**Bestelldatum:** 26.05.2021

**Bestellnummer:** 6702589234/0009/E38

---

**Auftragnehmer:** Geotechnisches Büro Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH  
Neuenhofstraße 112  
52078 Aachen

**Projektbearbeiter:** Herr Dr.-Ing. M. Nendza  
Frau M. Bruchmann, M.Sc.

**Projektnummer:** 21.020

**Berichtsdatum:** 25.11.2021

**Berichtsumfang:** 29 Seiten (einschließlich Deckblatt und Inhaltsverzeichnis)  
15 Anlagen

---



## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Anforderungen / Prüfumfang .....</b>	<b>1</b>
<b>2.1</b>	<b>Anforderungen .....</b>	<b>1</b>
<b>2.2</b>	<b>Verwendete Unterlagen .....</b>	<b>3</b>
2.2.1	Projektbezogene Unterlagen .....	3
2.2.2	DIN-Normen.....	3
2.2.3	Sonstige Unterlagen .....	3
<b>2.3</b>	<b>Durchgeführte Untersuchungen .....</b>	<b>4</b>
<b>2.4</b>	<b>Anlieferung Grundmaterial und Zusatzstoffe .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Laboruntersuchungen .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1</b>	<b>Grundmaterialien .....</b>	<b>5</b>
3.1.1	Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Fremdbestandteile .....	5
3.1.2	Wassergehalt .....	6
3.1.3	Kornverteilung.....	7
3.1.4	Glühverlust.....	9
3.1.5	Kalkgehalt 9	
<b>3.2</b>	<b>Bentonit IBECO SEAL 80 .....</b>	<b>10</b>
3.2.1	Wassergehalte .....	10
3.2.2	Korngrößenverteilung .....	10
3.2.3	Wasseraufnahmefähigkeit .....	11
<b>3.3</b>	<b>Dichtung untere Lage (uL) .....</b>	<b>11</b>
3.3.1	Kornverteilung.....	12
3.3.2	Proctorversuche.....	12
3.3.3	Wasserdurchlässigkeit .....	14
3.3.4	Scherfestigkeit .....	17
<b>3.4</b>	<b>Dichtung obere Lage (oL) .....</b>	<b>18</b>
3.4.1	Korngrößenverteilung .....	18
3.4.2	Proctorversuche.....	19
3.4.3	Wasserdurchlässigkeit .....	20
3.4.4	Scherversuche .....	23
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse.....</b>	<b>23</b>



## **Anlagenverzeichnis**

<b>Anl. 1</b>	Bestimmung der Wassergehalte an Grundmaterialien
<b>Anl. 2</b>	Bestimmung der Korngrößenverteilung an Grundmaterialien
<b>Anl. 3</b>	Bestimmung des Glühverlustes an Grundmaterialien
<b>Anl. 4</b>	Bestimmung des Kalkgehaltes an Grundmaterialien
<b>Anl. 5</b>	Bestimmung des Wassergehaltes an IBECO SEAL 80
<b>Anl. 6</b>	Bestimmung der Korngrößenverteilung an IBECO SEAL 80
<b>Anl. 7</b>	Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit an IBECO SEAL 80
<b>Anl. 8</b>	Bestimmung der Korngrößenverteilung – untere Lage
<b>Anl. 9</b>	Bestimmung der Proctordichte – untere Lage
<b>Anl. 10</b>	Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes – untere Lage
<b>Anl. 11</b>	Bestimmung der direkten Scherfestigkeit – untere Lage
<b>Anl. 12</b>	Bestimmung der Korngrößenverteilung – obere Lage
<b>Anl. 13</b>	Bestimmung der Proctordichte – obere Lage
<b>Anl. 14</b>	Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes – obere Lage
<b>Anl. 15</b>	Bestimmung der direkten Scherfestigkeit – obere Lage



## **1           Veranlassung**

Die K+S Minerals and Agriculture GmbH (nachfolgend K+S) betreibt am Standort Hattorf eine ESTA-Rückstandshalde, für die zur Standortsicherung das Vorhaben Haldenerweiterung Hattorf (RM HA) in drei Phasen umgesetzt wird. In der genehmigten Phase 1 ist die Flächenvorbereitung der Haldenaufstandsfläche mit Errichtung des Systems Basisabdichtung (SyBa) abgeschlossen. Die Phase 2 wurde mit Stand 08/2021 beantragt und befindet sich in Genehmigung. Für die geplante Beantragung und Inanspruchnahme der Phase 3 soll die für die in Phase 1 genehmigte und für Phase 2 beantragte Basisabdichtung in Form einer zweilagigen mineralischen Dichtung bei gleichwertiger haldenspezifischer Eignung optimiert werden.

In diesem Zusammenhang hat K+S die Geotechnisches Büro Prof. Düllmann GmbH beauftragt, basierend auf den Eignungsuntersuchungen zum System Basisabdichtung gemäß dem Materialkonzept Zielitz (vergleiche hierzu Band 3.29.1N2 des Rahmenbetriebsplans RM HA Phase 2 bzw. Bergrechtliches Planfeststellungsverfahren „Haldenkapazitätserweiterung II Werk Zielitz (HKE II)“, Band 7 der Antragsunterlage, Fachgutachten System Basisabdichtung, 23.02.2018) Untersuchungen zu deren Fortschreibung / Konkretisierung für das Werk Werra unter Verwendung regional verfügbarer Materialien (Gesteinskörnungen) sowie gleicher Additive / Hilfsstoffe (Bentonit und Polymer) durchzuführen.

## **2           Anforderungen / Prüfumfang**

### **2.1       Anforderungen**

Die Anforderungen an die herzustellenden unteren und oberen Lagen der zweilagigen mineralischen Dichtung sind in der Tabelle 1 aufgeführt. Die angegebenen Parameter sind in der Eignungsprüfung nachzuweisen bzw. zu ermitteln.

Die Durchlässigkeit (Lagen und gesamt) wurde von K+S auf Basis eines Nachweises der Gleichwertigkeit zum System aus Phase 1 und 2 vorgegeben, um die angestrebte Optimierung des SyBa durch Reduzierung der Dicke der Einzellagen sowie der Gesamtlagenstärke zu erreichen. Die übrigen Anforderungen gemäß Tabelle 2 entsprechen denen in den Antragsunterlagen zu den Phasen 1 (Planfeststellungsbeschluss vom 10.10.2018) und 2 RM HA (Antrag Stand 08/2021) bzw. in Bezug auf Glühverlust, Kalkgehalt, pH-Wert und Leitfähigkeit denen im QMP, der in Anlehnung an die „Bundeseinheitlichen Qualitätsstandards“ der LAGA-ad hoc-Arbeitsgruppe „Deponietechnik“ zur Errichtung des SyBa in Phase 1 aufgestellt und umgesetzt wurde.



**Tabelle 1: Anforderungen an das Dichtungssystem**

Vorgaben und Parameter / Grenzwerte	Dichtungsschicht, untere Lage (uL)	Dichtungsschicht, obere Lage (oL)
<b>Dichtigkeit und Festigkeit</b>		
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f \leq 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$	$k_f \leq 2,2 \cdot 10^{-10} \text{ m/s}$
Gesamtdurchlässigkeit	wie Einzellagen	
Reibungswinkel	$\varphi' \geq 30^\circ$	$\varphi' \geq 35^\circ$
<b>Aufbau und Zusammensetzung</b>		
Schichtdicke	$\geq 10 \dots 15 \text{ cm}$	$\geq 20 \dots 25 \text{ cm}$ (inkl. Opfer-schicht)
Korngruppe	0/2 mm	0/8 mm
Kornform	rund oder doppelt gebrochen	rund oder doppelt gebrochen
Kornabstufung	0/2 ohne Ausfallkörnung	angenähert an Fuller-kurve
Tonzugabe	$\geq 20 \text{ Gew. \%}$	$> 12 \text{ Gew. \%}$
Polymerzugabe	$\geq 0,4 \text{ Gew. \%}$	keine
Verdichtungsgrad $D_{Pr}$	Ergebnis der Eignungsuntersuchung	
Einbauwassergehalt	Ergebnis der Eignungsuntersuchung	
Glühverlust	$\leq 1,5 \%$	$\leq 1,5 \%$
Kalkgehalt	$\leq 15,0 \%$	$\leq 15,0 \%$
pH-Wert	4,5 – 10,0	4,5 – 10,0
elektrische Leitfähigkeit	$\leq 500 \mu\text{S/cm}$	$\leq 500 \mu\text{S/cm}$

In den im Band 3.29.1N2 dokumentierten Langzeituntersuchungen zum Durchlässigkeitsbeiwert der mineralischen Dichtung des Materialkonzepts Zielitz sind als Additive in der unteren und oberen Lage das Bentonit IBECO SEAL 80 der Fa. IMERYS sowie in der unteren Lage ein Polymer mit dem Produktnamen Argipol P, geliefert von der Fa. Phrikolat, eingesetzt worden.

Um auf den Erfahrungen und Langzeitnachweisen zum Materialkonzept Zielitz aufbauen zu können, wurde bei den gegenständlichen Eignungsuntersuchungen das gleiche Bentonitprodukt sowie



ein Polymerprodukt verwendet, das eine vergleichbare chemische Zusammensetzung und Struktur zum Polymer Argipol P aufweist. Zur Gleichwertigkeit des Polymerprodukts Polimac der Fa. BDC International b.v. liegt ein entsprechender Untersuchungsbericht (Band 3.29.2N 3, Anlage 4) vor.

## **2.2 Verwendete Unterlagen**

### **2.2.1 Projektbezogene Unterlagen**

- Band 3.29.1N2 Rahmenbetriebsplan 04/09-HA, Phase 2 (identisch mit Band 3.29.1N2 des vorliegenden Rahmenbetriebsplans zur Phase 3)
- bergrechtliches Planfeststellungsverfahren „Haldenkapazitätserweiterung II Werk Zielitz (HKE II)“

### **2.2.2 DIN-Normen**

- DIN EN ISO 17892-1:2015-03: Bestimmung des Wassergehaltes
- DIN EN ISO 17892-4:2017-04: Bestimmung der Korngrößenverteilung
- DIN EN ISO 17892-11:2021-03: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit
- DIN 18130-1:1998-05: Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit
- DIN 18128:2002-12: Bestimmung des Glühverlustes
- DIN 18129:2011-07: Bestimmung des Kalkgehaltes
- DIN 18132:2012-04: Bestimmung der Wasseraufnahmefähigkeit
- DIN 18127:2012-09: Bestimmung der Proctordichte
- DIN 18137-3:2002-09: Direkter Scherversuch
- DIN ISO 11265:1997-06: Bestimmung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit
- DIN ISO 10390:2005-12: Bestimmung des pH-Wertes

### **2.2.3 Sonstige Unterlagen**

- Produktdatenblatt IBECO SEAL 80



## **2.3 Durchgeführte Untersuchungen**

Im Zuge der durchgeführten Untersuchungen wurden an den Ausgangsmaterialien die folgenden klassifizierenden Kennwerte bestimmt:

- elektrische Leitfähigkeit nach DIN ISO 11265
- pH-Wert nach DIN ISO 10390
- Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
- Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
- Glühverlust nach DIN 18128
- Kalkgehalt nach DIN 18129

Für die Materialmischungen der oberen und unteren Lage wurden die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

- Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
- Proctor nach DIN 18127, normal und modifiziert (Variation der Verdichtungsenergie)
- k-Wert-Untersuchungen nach DIN EN ISO 17892-11 bzw. DIN 18130
- direkte Scherversuche nach DIN 18137-3

## **2.4 Anlieferung Grundmaterial und Zusatzstoffe**

Im Dezember 2020 wurden von der Beisheim GmbH nachfolgende Grundmaterialien in das Labor der Geotechnischen Prüfstelle geliefert:

- 1 Big Bag Grundmaterial Oberzella Körnung 0/1
- 1 Big Bag Grundmaterial Immelborn Körnung 2/8
- 1 Big Bag Grundmaterial Immelborn Körnung 0/8
- 2 Big Bags Grundmaterial Fambach Körnung 0/2

Diese Grundmaterialien wurden in den letzten Jahren im Rahmen der Flächenvorbereitungen zu den Haldenerweiterungen Hattorf und Wintershall eingesetzt. Als „Substitut 2“ liegt zu den Dichtungsgemischen in der unteren und oberen Lage gemäß Anlage 12 zu Band 1.1.1E3 des aktuellen RBP eine entsprechende Eignungsprüfung vor.

Im Februar 2021 wurde durch die Firma Imerys das Aktiv-Bentonit IBECO SEAL 80 sowie im März 2021 durch die BDC Group das Polymer Polimac P geliefert.





Aus jedem Big Bag wurden Materialproben entnommen und zu jeweils drei repräsentativen Mischproben zusammengefasst. Ebenso wurde bei IBECO SEAL 80 vorgegangen.

Zusätzlich wurde im Mai 2021 Haldenwasser vom Standort durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

### **3 Laboruntersuchungen**

#### **3.1 Grundmaterialien**

Die Grundmaterialien wurden jeweils in Big Bags geliefert, wobei vom Material Fambach 0/2 insgesamt zwei Big Bags geliefert wurden. Als Eingangskontrolle wurden Untersuchungen zur Ermittlung des Wassergehalts, der Kornverteilung, des Glühverlusts und des Kalkgehalts durchgeführt. Die Dokumentation und die Versuchsprotokolle der einzelnen Untersuchungen an den gelieferten Grundmaterialien sind den Anlagen 1 – 4 zu entnehmen. Weiter wurden die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, des pH-Wertes sowie eine visuelle Begutachtung hinsichtlich Fremdbestandteile vorgenommen.

##### **3.1.1 Elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und Fremdbestandteile**

An den angelieferten Grundmaterialien wurden die elektrische Leitfähigkeit gemäß DIN ISO 11265 sowie der pH-Wert gemäß DIN ISO 10390 bestimmt. Die Ergebnisse sind nachfolgender Tabelle 2 zu entnehmen.

Die Prüfung auf Fremdbestandteile in den Ausgangsmaterialien wurde visuell vorgenommen. Es konnten keine Fremdkörper in den angelieferten Materialien festgestellt werden.



**Tabelle 2: Ergebnisse der Bestimmung von Leitfähigkeit und pH-Wert an den Grundmaterialien**

	pH-Wert [-]	Anforderung erfüllt?	Elektrische Leitfähigkeit [μS/cm]	Anforderung erfüllt?
Anforderung	4,5 – 10,0		≤ 500	
Oberzella 1	7,5	ja	55	ja
Oberzella 2	8,0	ja	49	ja
Oberzella 3	7,8	ja	51	ja
Immelborn 2/8-1	7,8	ja	67	ja
Immelborn 2/8-2	7,7	ja	65	ja
Immelborn 2/8-3	7,6	ja	68	ja
Immelborn 0/8-1	7,4	ja	75	ja
Immelborn 0/8-2	7,2	ja	79	ja
Immelborn 0/8-3	7,3	ja	77	ja
Fambach 0/2-1	8,3	ja	56	ja
Fambach 0/2-2	7,9	ja	54	ja
Fambach 0/2-3	8,1	ja	56	ja
Fambach 0/2-4	8,5	ja	57	ja
Fambach 0/2-5	8,1	ja	54	ja
Fambach 0/2-6	7,9	ja	60	ja

### 3.1.2 Wassergehalt

Der Wassergehalt im Anlieferungszustand wurde gemäß DIN EN ISO 17892-1 an jeweils drei Proben ermittelt. Die Mittelwerte der unterschiedlichen Grundmaterialien sind Tabelle 3 zu entnehmen, die entsprechenden Versuchsprotokolle sind der Anlage 1 zu entnehmen.

**Tabelle 3: Mittlere Wassergehalte der Grundmaterialien**

	Gemittelter Wassergehalt [%]
Oberzella 0/1	15,2
Immelborn 2/8	3,7
Immelborn 0/8	5,0
Fambach I 0/2	3,3
Fambach II 0/2	4,6

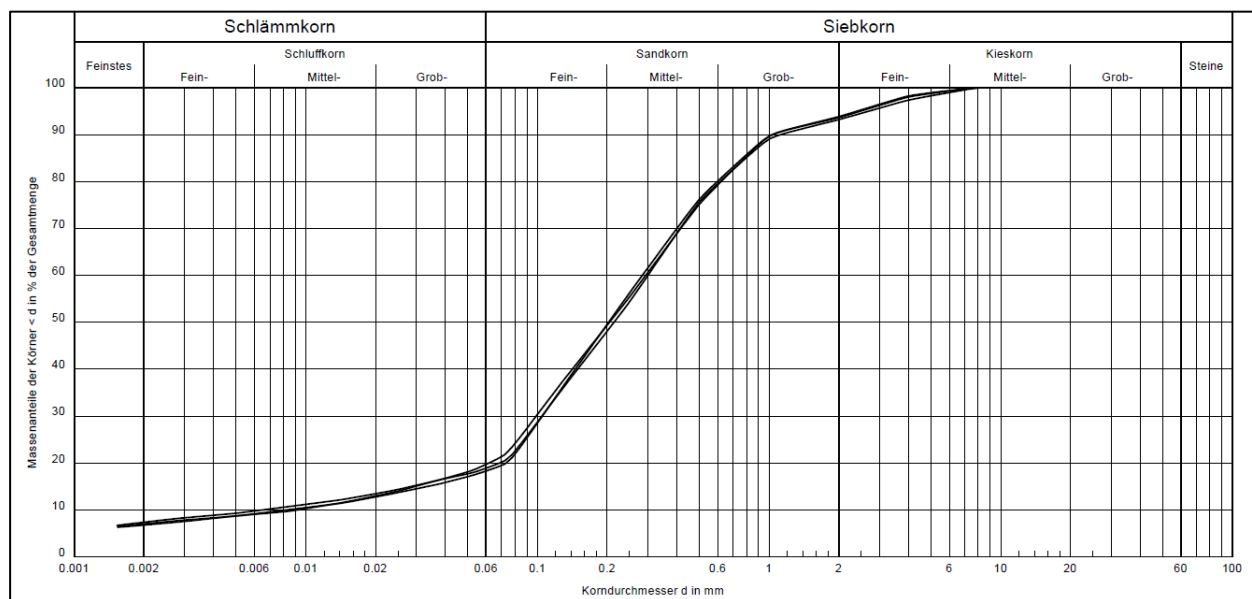


### 3.1.3 Kornverteilung

Die Korngrößenverteilung der Grundmaterialien wurde an je drei Proben durch kombinierte Sieb-Schlammanalyse bzw. Nasssiebung nach DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. In Tabelle 4 sind die ermittelten Massenanteile der einzelnen Grundmaterialien sowie die Bodenart nach DIN 18196 zusammengefasst. Die Abbildungen 1 bis 4 zeigen die ermittelten Kornzusammensetzungen der einzelnen Materialien. Die graphischen Darstellungen der einzelnen Korngrößenverteilungen sind der Anlage 2 zu entnehmen.

**Tabelle 4:** Mittlere Massenanteile der Grundmaterialien

	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Bodenart nach DIN 18196
Oberzella 0/1	7,1	12,3	74,2	6,5	S, t', u', fg'
Immelborn 2/8	-	0,2	1,6	98,2	fG, mg+
Immelborn 0/8	-	0,4	61,0	38,6	S, fg, mg'
Fambach I+II 0/2	-	0,4	89,8	9,8	mS, gS, fg'



**Abbildung 1:** Körnungsband Oberzella 0/1, n = 3

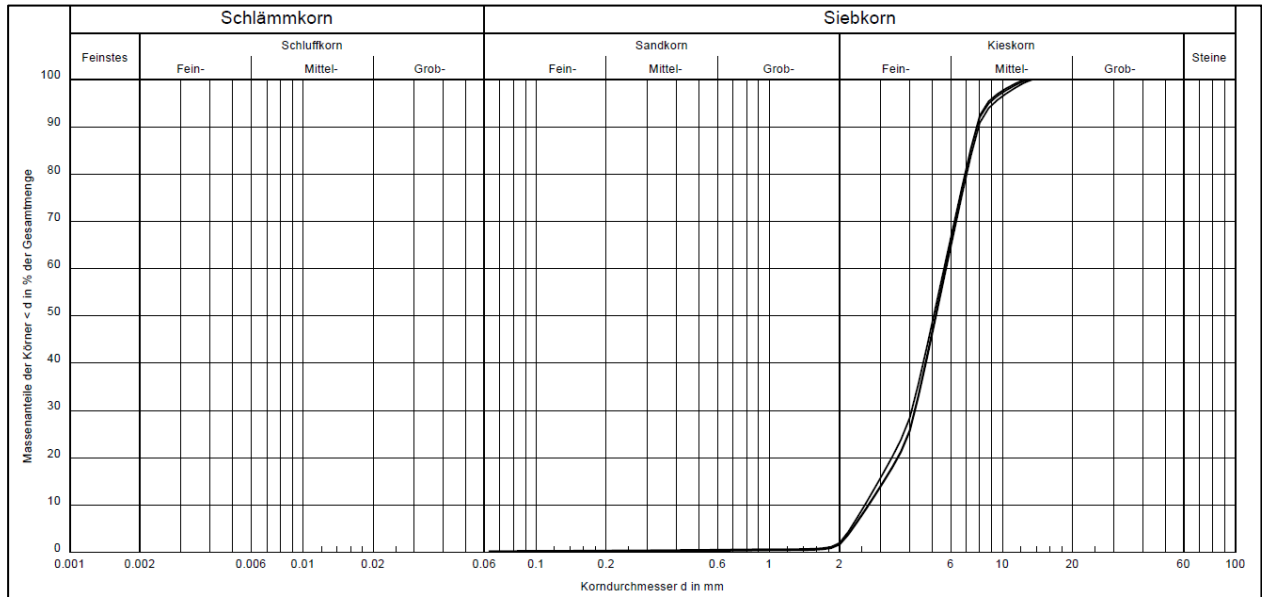


Abbildung 2: Körnungsband Immelborn 2/8, n = 3

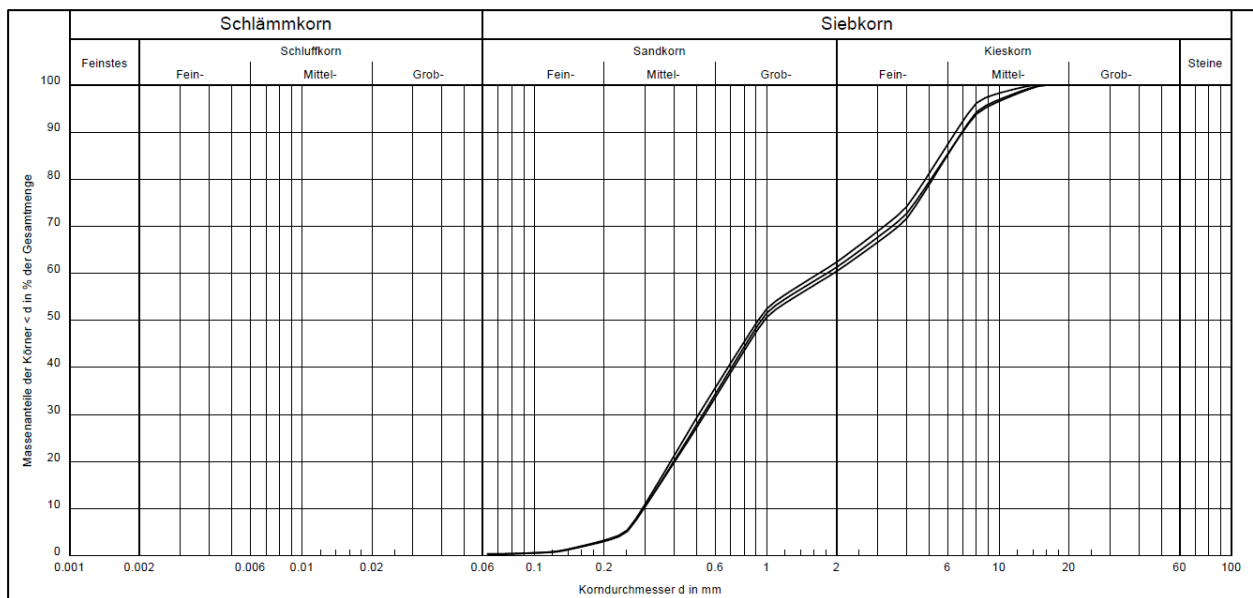
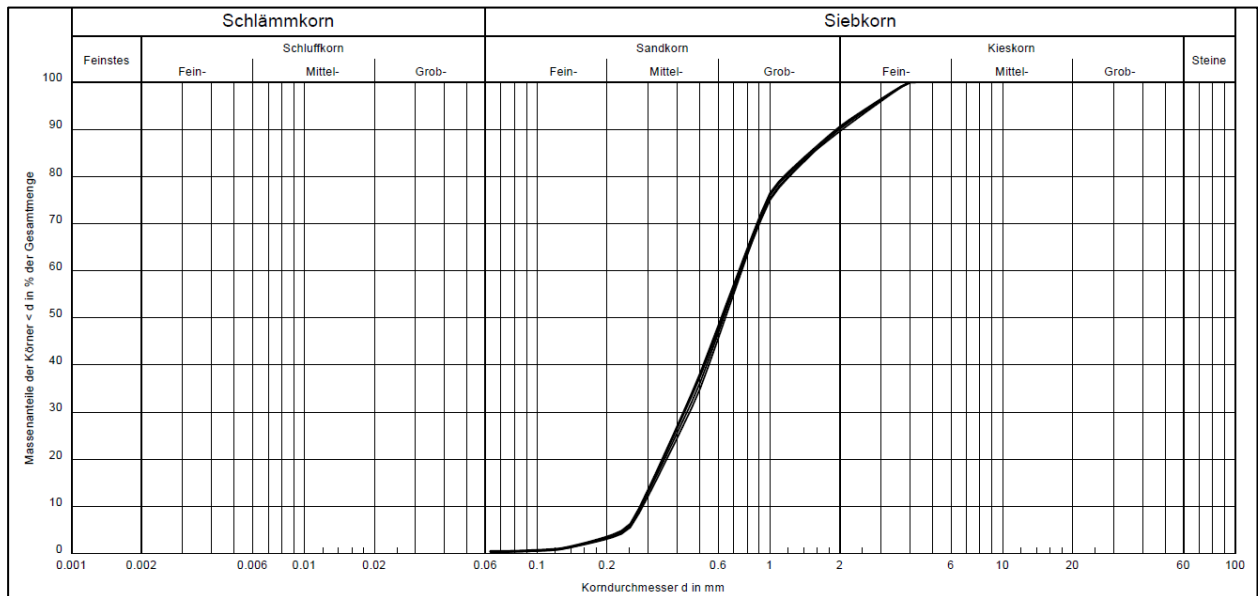


Abbildung 3: Körnungsband Immelborn 0/8, n = 3



**Abbildung 4:** Körnungsband Fambach 0/2, n = 6

### 3.1.4 Glühverlust

Der Glühverlust wurde gemäß DIN 18128 an je drei laborativ erzeugten Proben bestimmt. Die gemittelten Glühverluste der einzelnen Materialien sind in Tabelle 5 aufgeführt. Die Versuchsprotokolle sind der Anlage 3 beigelegt.

**Tabelle 5:** Mittlere Glühverluste der Grundmaterialien

	Gemittelter Glühverlust [%]	Anforderung erfüllt?
Anforderung	$\leq 1,50$	-
Oberzella 0/1	1,32	ja
Immelborn 2/8	0,69	ja
Immelborn 0/8	0,31	ja
Fambach I+II 0/2	0,20	ja

### 3.1.5 Kalkgehalt

Der Kalkgehalt wurde gemäß DIN 18129 an je drei Proben bestimmt. Die gemittelten Kalkgehalte der jeweiligen Materialien sind in Tabelle 6 aufgeführt, die Versuchsprotokolle in Anlage 4.



**Tabelle 6:** Mittlerer Kalkgehalt der Grundmaterialien

	Gemittelter Kalkgehalt [%]	Anforderung erfüllt?
Anforderung	$\leq 15$	-
Oberzella 0/1	0,35	ja
Immelborn 2/8	5,68	ja
Immelborn 0/8	0,42	ja
Fambach I+II 0/2	2,21	ja

### 3.2 Bentonit IBECO SEAL 80

#### 3.2.1 Wassergehalte

An drei Proben wurde der Wassergehalt gemäß DIN EN ISO 17892-1 bestimmt. Er beträgt im Mittel 11,3 % und entspricht damit den Angaben des Produktdatenblattes ( $11 \pm 3$  %). Das entsprechende Versuchsprotokoll ist der Anlage 5 zu entnehmen.

#### 3.2.2 Korngrößenverteilung

Ebenso wie an den Ausgangsmaterialien wurden auch am Zusatzstoff IBECO SEAL 80 stichprobenartig drei Korngrößenverteilungen gemäß DIN EN ISO 17892-4 mittels kombinierter Siebana-lyse durchgeführt. Die einzelnen Kornzusammensetzungen sind Tabelle 7 zu entnehmen. Im Mittel beträgt der Tonanteil 76,7 %, der Schluffanteil 15,6 % und der Sandanteil 7,6 %. Gemäß DIN 18196 ist das Material als schluffiger, schwach feinsandiger Ton zu klassifizieren. Die graphische Darstel-lung der einzelnen Korngrößenverteilungen ist Anlage 6 zu entnehmen. Abbildung 5 zeigt ein ent-sprechendes Körnungsband.

**Tabelle 7:** Kornzusammensetzung IBECO SEAL 80

	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Bodenart nach DIN 18196
Ibecoseal 1	76,4	14,9	8,7	-	T, u', fs'
Ibecoseal 2	79,2	15,3	5,4	-	T, u, fs'
Ibecoseal 3	74,6	16,7	8,7	-	T, u, fs'

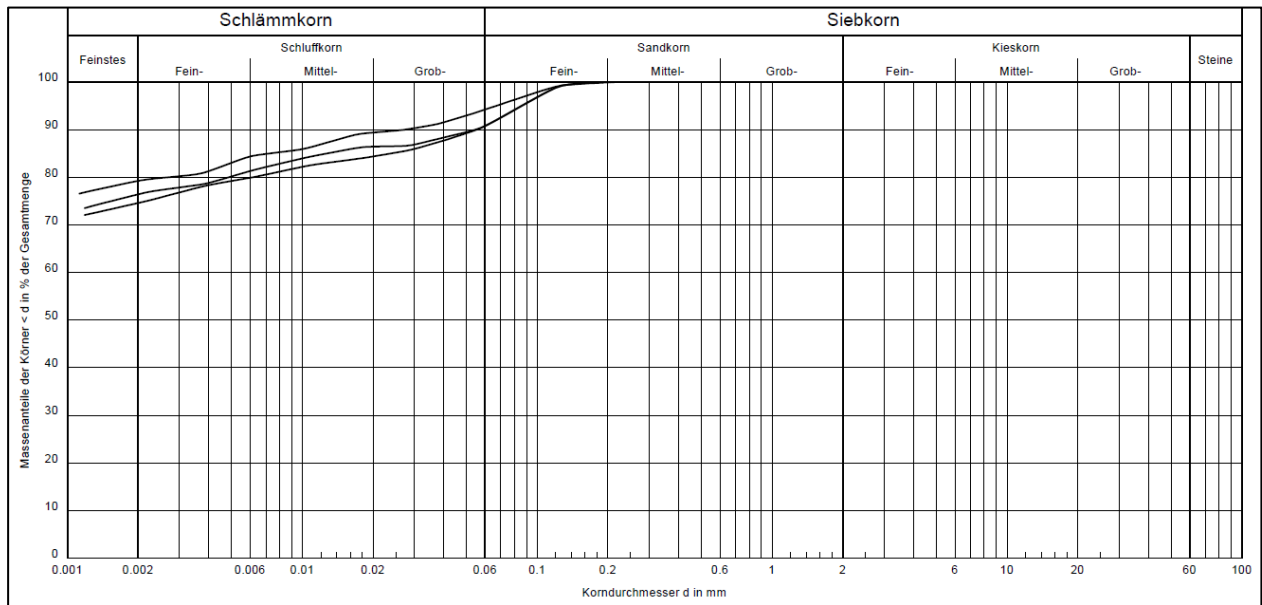


Abbildung 5: Körnungsband IBECO SEAL 80, n = 3

### 3.2.3 Wasseraufnahmefähigkeit

An drei Proben wurde die Wasseraufnahmefähigkeit nach DIN 18132 bestimmt. Dabei wurde der Versuch bei zwei Proben mit Leitungswasser (Standort Aachen) und einer mit dem angelieferten Haldenwasser durchgeführt. Dabei ergab sich für die beiden Versuche mit Leitungswasser eine mittlere Wasseraufnahmefähigkeit von 506,1 %. Dies entspricht der auf dem Produktdatenblatt angegebenen Wasseraufnahmefähigkeit. Bei dem Versuch mit Haldenwasser lag die Wasseraufnahmefähigkeit bei 52,3 %. Die entsprechenden Versuchsprotokolle sind der Anlage 7 zu entnehmen.

### 3.3 Dichtung untere Lage (uL)

Die Dichtung der unteren Lage (uL) wurde gemäß der Vorgabe mit dem folgenden Mischungsverhältnis hergestellt:

- 80 % Grundmaterial Fambach Körnung 0/2
- 19,6 % IBECO SEAL 80
- 0,4 % Polymer

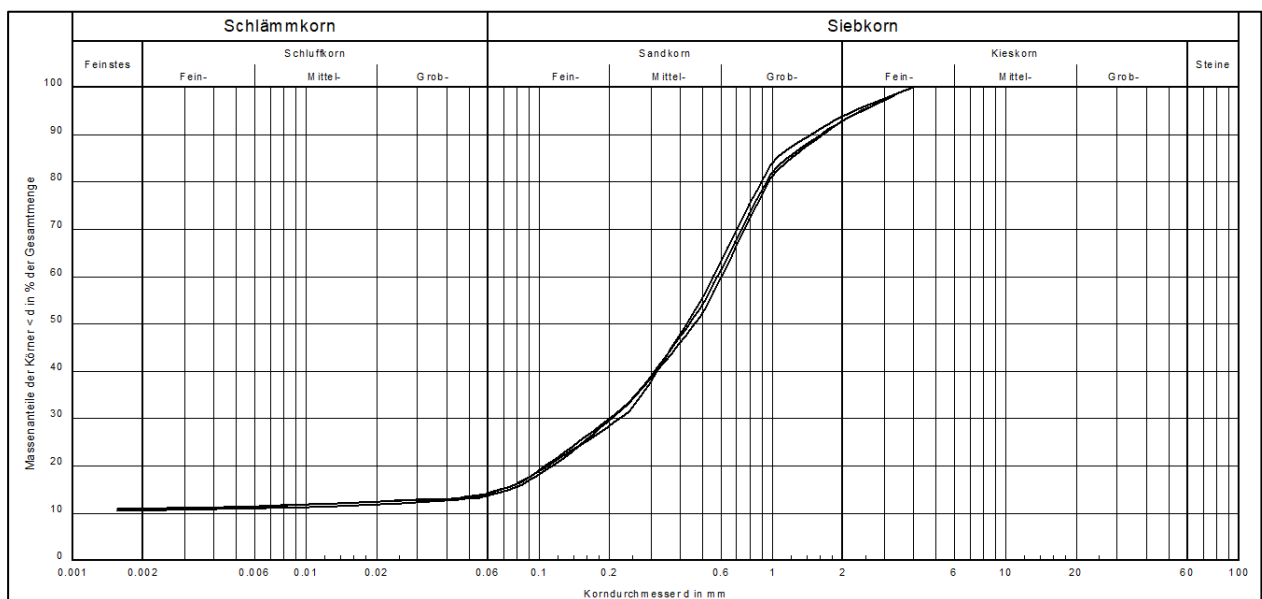


### 3.3.1 Kornverteilung

Die Korngrößenverteilung der Materialmischung wurde an je drei Proben durch kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. In Tabelle 8 sind die ermittelten Massenanteile sowie die Bodenart nach DIN 18196 zusammengefasst. Die Abbildung 6 zeigt die ermittelten Kornzusammensetzungen. Die graphischen Darstellungen der einzelnen Korngrößenverteilungen sind der Anlage 8 zu entnehmen.

**Tabelle 8:** Kornzusammensetzung Mischung untere Lage

	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Bodenart nach DIN 18196
uL 1	11,0	3,5	78,6	6,9	S, t', fg'
uL 2	10,6	3,9	79,5	6,1	S, t', fg'
uL 3	10,6	3,4	79,0	7,1	S, t', fg'



**Abbildung 6:** Körnungsband Materialmischung untere Lage, n = 3

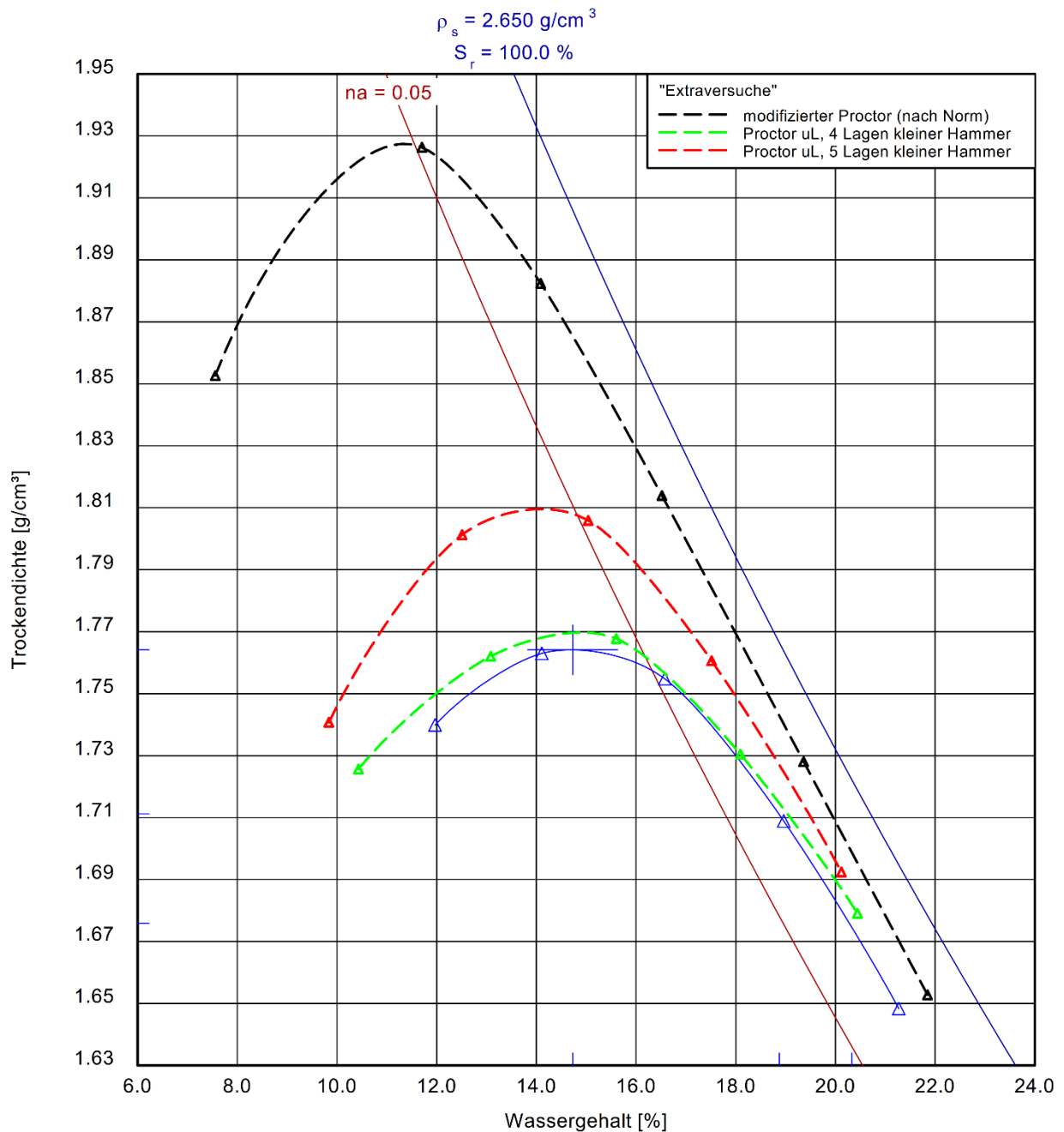
### 3.3.2 Proctorversuche

Zur Ermittlung der erzielbaren Dichte der Materialmischung der unteren Lage in Abhängigkeit vom Wassergehalt wurden Proctorversuche mit einer Variation der Verdichtungsenergie durchgeführt. Mit der Standardverdichtungsenergie nach DIN 18127 wurde eine Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1,764 \text{ g/cm}^3$  bei einem Proctorwassergehalt von  $w_{Pr} = 14,7 \%$  ermittelt. Für den modifizierten Proctorversuch nach DIN 18127 ergab die Auswertung eine Proctordichte von mod.  $\rho_{Pr} = 1,927 \text{ g/cm}^3$  mit einem





Proctorwassergehalt von  $w_{Pr} = 11,3 \%$ . Die projektbezogene Modifizierung ergab bei einem 4-lagigen Einbau eine Proctordichte von  $\rho_{Pr} = 1,770 \text{ g/cm}^3$  mit einem Proctorwassergehalt von  $w_{Pr} = 15,0 \%$  und bei einem 5-lagigen Einbau eine Proctordichte von  $\rho_{Pr} = 1,810 \text{ g/cm}^3$  mit einem Proctorwassergehalt von  $w_{Pr} = 14,2 \%$  jeweils unter Verwendung eines Fallgewichtes von 2,5 kg. Abbildung 7 zeigt die graphische Auswertung der durchgeführten Proctorserien.



**Abbildung 7:** Ergebnisse der Proctorserien; blau: Serie 1, schwarz: Serie 2, grün: Serie 3, rot: Serie 4



Auf der Grundlage der vorliegenden Erfahrungen der Bauausführung der Basisabdichtung am Standort Zielitz sollte abstimmungsgemäß im Rahmen der Eignungsuntersuchungen eine Trocken-dichte von mindestens  $1,8 \text{ g/cm}^3$  angestrebt werden. Die durchgeführten Proctorversuche ergaben, dass dieser Zielwert mit einem 5-lagigen Einbau und der Verwendung eines Fallgewichtes mit 2,5 kg und 25 Schlägen je Schicht erzielt werden kann. Die Randbedingungen und Ergebnisse der durchgeführten Proctorversuche an der Materialmischung der unteren Lage sind in der Tabelle 9 zusammengefasst. Die Dokumentation der durchgeführten Einzelversuche können Anlage 9 entnommen werden.

**Tabelle 9:** Zusammenfassung der Proctorversuche an der Materialmischung untere Lage (uL)

Serie	Versuchs- zylinder $\varnothing$ [mm]	Fallgewicht [kg]	Anzahl der Schichten	Schläge je Schicht	$\rho_{Pr}$ [ $\text{g/m}^3$ ]	$w_{Pr}$ [%]
1 <sup>1)</sup>	100	2,5	3	25	1,764	14,7
2 <sup>2)</sup>	100	4,5	5	25	1,927	11,3
3 <sup>3)</sup>	100	2,5	4	25	1,770	15,0
4 <sup>3)</sup>	100	2,5	5	25	1,810	14,2

<sup>1)</sup> Standardproctor gemäß DIN 18127

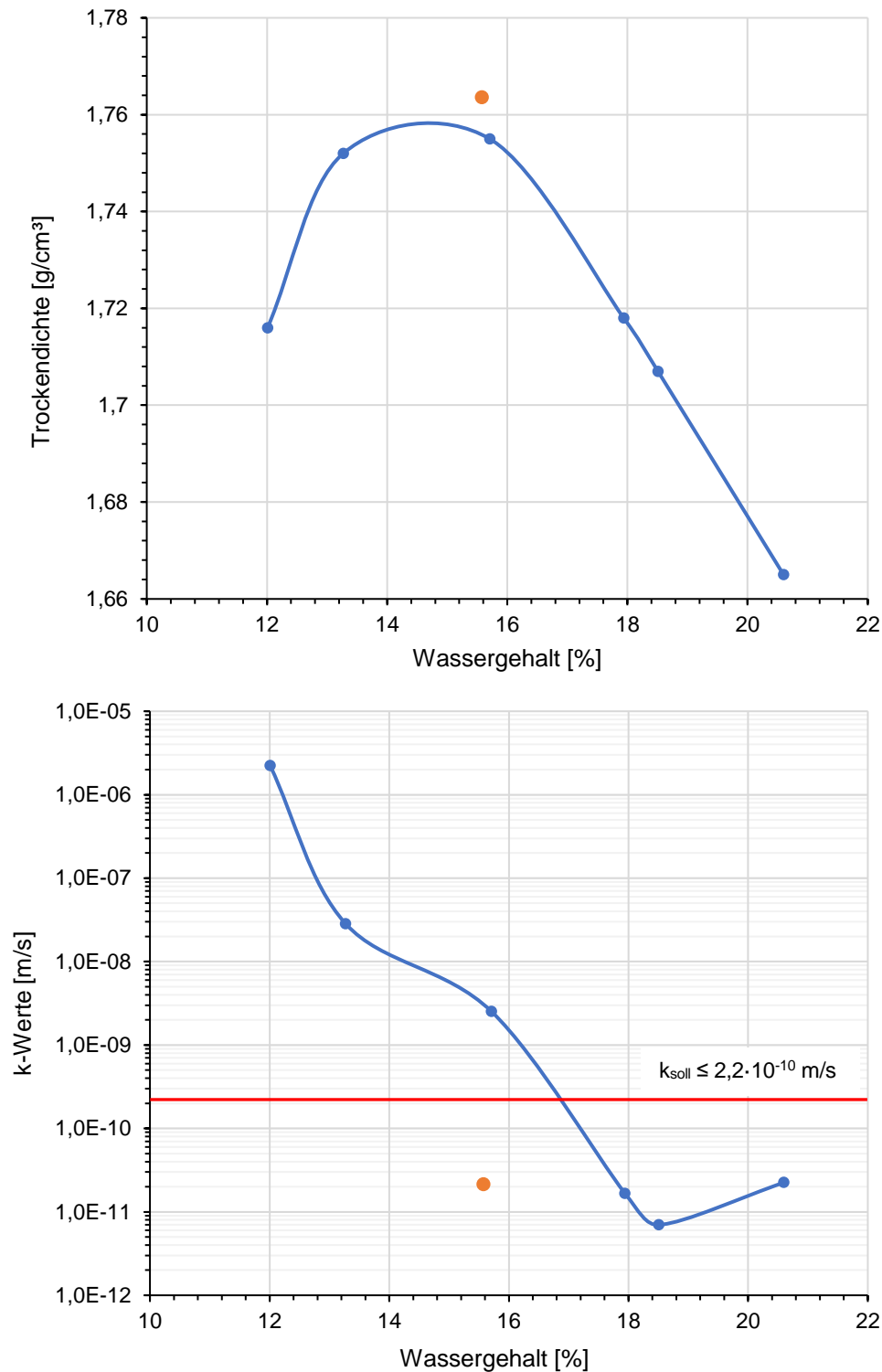
<sup>2)</sup> Modifikation gemäß DIN 18127

<sup>3)</sup> projektbezogene Modifikation

### 3.3.3 Wasserdurchlässigkeit

Die Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwerts nach DIN 18130 erfolgte an zylindrischen Prüfkörpern mit einem Durchmesser von 100 mm die entsprechend den Ausführungen in Abschnitt 0 im Proctorversuch verdichtet hergestellt wurden. Nach dem Einbau der Proben in die Triaxialzelle schloss sich gemäß Vorgabe eine fünftägige „Reifezeit“ ohne Durchströmung an (siehe Band 3.29.1N 2). Nachfolgend wurden die Prüfkörper mit Haldenwasser (Standort Hattorf) und einem Gradienten von  $i = 30$  hydraulisch beaufschlagt.

Die Versuchsergebnisse belegen die für das untersuchte Materialgemisch zu erwartende sehr starke Abhängigkeit des  $k$ -Wertes vom Einbauwassergehalt. Eine Darstellung der Abhängigkeit der ermittelten  $k$ -Werte vom Einbauwassergehalt und der Einbaudichte zeigt Abbildung 8. Hierbei zeigt die blaue Linie die Ergebnisse der Proben, die mit Standardverdichtung gemäß Proctor (3 Lagen à 25 Schläge) hergestellt wurden. Der orange Punkt zeigt den Mittelwert von drei Proben, die mit modifizierter Verdichtung (4 Lagen à 25 Schläge) hergestellt wurden.



**Abbildung 8:** Darstellung der Abhängigkeit der k-Werte vom Einbauwassergehalt und der Einbaudichte  
 blaue Linie: Standardverdichtung gemäß Proctor (Serie 1)  
 oranger Punkt: modifizierte Proctorverdichtung, 4 Lagen à 25 Schläge, Mittelwert  $n = 3$  (Serie 3)



Die erhöhte Verdichtungsenergie führt nicht zu einer signifikanten Zunahme der Trockendichte im Bereich des Proctorwassergehaltes. Hinsichtlich des k-Wertes weisen jedoch die Proben, die mit höherer Verdichtungsenergie hergestellt wurden (Serie 3), deutlich geringere k-Werte auf (oranger Punkt in Abbildung 8). Mit k-Werten zwischen  $1,2 \cdot 10^{-11}$  m/s und  $3,3 \cdot 10^{-11}$  m/s ist zudem die quantitative Streuung der ermittelten Ergebnisse geringer.

In Tabelle 10 sind die ermittelten k-Werte für die unterschiedlich verdichteten Dichtungsproben und die Einbauparameter zusammengefasst. Die Versuchsprotokolle sind der Anlage 10 zu entnehmen.

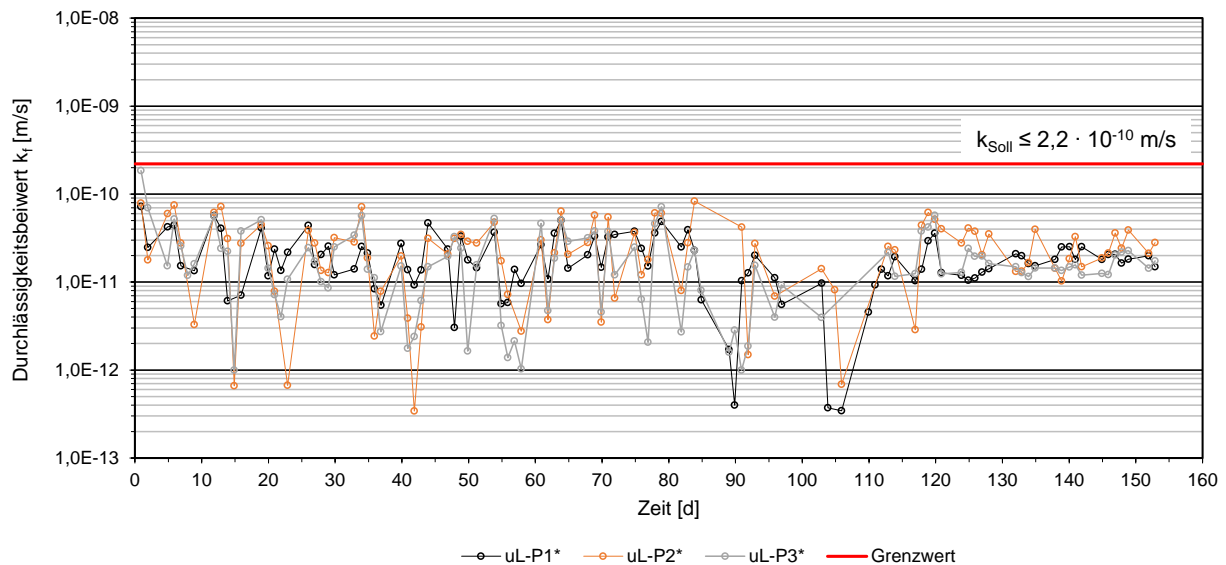
**Tabelle 10:**  $k_{10}$ -Werte für  $i = 30$  und Einbauparameter

Probe	w	$\rho_d$	$k_{10}$ -Wert
	%	g/cm <sup>3</sup>	m/s
Serie 1: normal verdichtet ( $A = 0,6$ MNm/m <sup>3</sup> , 3 Lagen à 25 Schläge)			
uL-3-WE1	12,01	1,716	$2,2 \cdot 10^{-6}$
uL-3-WE2	13,27	1,752	$2,9 \cdot 10^{-8}$
uL-3-WE3	15,71	1,755	$1,3 \cdot 10^{-7}$
uL-3-WE4	17,94	1,718	$1,7 \cdot 10^{-11}$
uL-3-WE5	20,60	1,665	$2,3 \cdot 10^{-11}$
uL-P2- $w_{opt}$	15,12	1,742	$2,0 \cdot 10^{-7}$
uL-P3- $w_{opt}$	15,36	1,751	$2,3 \cdot 10^{-8}$
Serie 3: modifiziert verdichtet ( $A = 0,8$ MNm/m <sup>3</sup> , 4 Lagen à 25 Schläge)			
uL-P1*- $w_{opt}$	15,14	1,774	$1,2 \cdot 10^{-11}$
uL-P2*- $w_{opt}$	15,58	1,759	$3,3 \cdot 10^{-11}$
uL-P3*- $w_{opt}$	16,01	1,758	$1,7 \cdot 10^{-11}$
Serie 4: modifiziert verdichtet ( $A = 1,0$ MNm/m <sup>3</sup> , 5 Lagen à 25 Schläge)			
uL-P1**- $w_{opt}$	14,98	1,812	1)
uL-P2**- $w_{opt}$	15,02	1,808	1)
uL-P3**- $w_{opt}$	14,94	1,810	1)

1) Die Durchlässigkeitsuntersuchungen der Proben der Serie 4 liefern zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch keine vollständig auswertbaren Ergebnisse



Abbildung 9 zeigt die zeitlichen Verläufe der ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte über eine Dauer von ca. 155 Tagen der Serie 3.



**Abbildung 9:** k-Wert-Verläufe untere Lage, Serie 3: Proben uL-P1\*, uL-P2\* und uL-P3\*

### 3.3.4 Scherfestigkeit

An der Materialmischung der unteren Lage wurden Rahmenscherversuche gemäß DIN 18137-3 durchgeführt. Die Ausführung der Scherversuche erfolgte im Unterauftrag durch die RWTH Aachen, Institut für Geomechanik und Untergrundtechnik. Der verwendete Scherrahmen hat Abmessungen von 6 x 6 cm. Der Scherversuch wurde bestehend aus insgesamt vier Teilversuchen mit Normalspannungen von 200 kN/m<sup>2</sup>, 400 kN/m<sup>2</sup>, 600 kN/m<sup>2</sup> und 1.200 kN/m<sup>2</sup> ausgeführt. Die Vorschubgeschwindigkeit des Scherrahmens betrug 0,01 mm/min. Der Einbau der Materialmischung in den Scherrahmen erfolgte nach einer fünftägigen „Reifezeit“. Die Konsolidationszeit im Scherrahmen betrug 24 Stunden.

Die Auswertung des Scherversuches ergab die folgenden Scherparameter:

- Reibungswinkel  $\varphi' = 31,6^\circ$
- Kohäsion  $c' = 66,0 \text{ kN/m}^2$
- Ersatzreibungswinkel  $\varphi'$  bei  $c' = 0$ :  $\varphi'_{c=0} = 34,8^\circ$



Die ausführliche Dokumentation des Scherversuches der Materialmischung der unteren Lage kann Anlage 11 entnommen werden.

### 3.4 Dichtung obere Lage (oL)

Die Dichtung der oberen Lage (oL) wurde gemäß Vorgabe mit dem folgenden Mischungsverhältnis hergestellt:

- 48 % Grundmaterial Immelborn Körnung 2/8
- 40 % Grundmaterial Fambach Körnung 0/2
- 12 % IBECO SEAL 80

#### 3.4.1 Korngrößenverteilung

Die Korngrößenverteilung der Materialmischung wurde an je drei Proben durch kombinierte Siebanalyse nach DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. In Tabelle 11 sind die ermittelten Massenanteile sowie die Bodenart nach DIN 18196 zusammengefasst. Die Abbildung 10 zeigt die ermittelten Kornzusammensetzungen. Die graphischen Darstellungen der einzelnen Korngrößenverteilungen sind der Anlage 12 zu entnehmen.

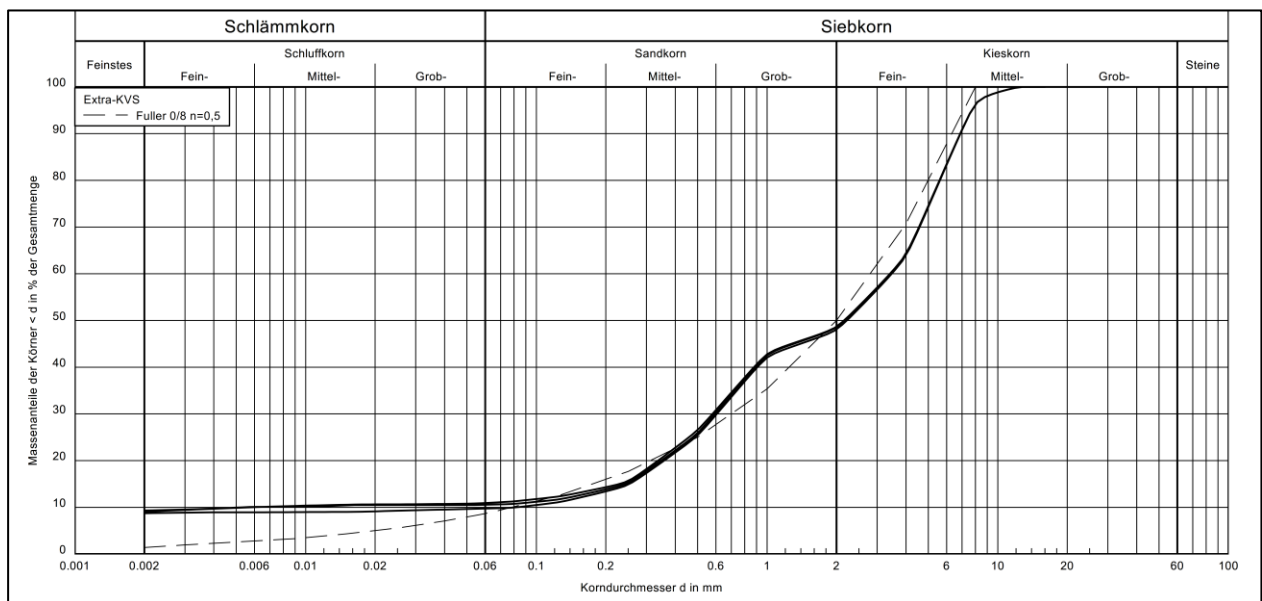


Abbildung 10: Körnungsband obere Lage, n = 3, Fuller-Kurve 0/8 (Rundkorn)



**Tabelle 11:** Kornzusammensetzung Mischung obere Lage

	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Bodenart nach DIN 18196
oL 1	-	11,0	37,7	51,3	G, ms, gs, u'
oL 2	-	9,8	38,4	51,9	G, ms, gs, u'
oL 3	-	10,6	38,0	51,4	G, ms, gs, u'

### 3.4.2 Proctorversuche

Zur Ermittlung der erzielbaren Dichte der Materialmischung der oberen Lage in Abhängigkeit vom Wassergehalt wurden Proctorversuche mit einer Variation der Verdichtungsenergie durchgeführt. Mit der Standardverdichtungsenergie nach DIN 18127 wurde eine Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1,888 \text{ g/cm}^3$  bei einem Proctorwassergehalt von  $w_{Pr} = 13,3 \%$  ermittelt. Für den modifizierten Proctorversuch nach DIN 18127 ergab die Auswertung eine Proctordichte von mod  $\rho_{Pr} = 2,046 \text{ g/cm}^3$  mit einem Proctorwassergehalt von  $w_{Pr} = 8,6 \%$ . Eine Variation der Verdichtungsenergie mit einem 5-lagigen Einbau und der Verwendung eines Fallgewichtes mit 2,5 kg und 25 Schlägen je Schicht erzielte eine Proctordichte von  $\rho_{Pr} = 1,938 \text{ g/cm}^3$  bei einem Proctorwassergehalt von  $w_{Pr} = 12,7 \%$ .

Die Randbedingungen und Ergebnisse der durchgeführten Proctorversuche an der Materialmischung der oberen Lage sind in der Tabelle 12 zusammengefasst.

**Tabelle 12:** Zusammenfassung der Proctorversuche an der Materialmischung obere Lage (oL)

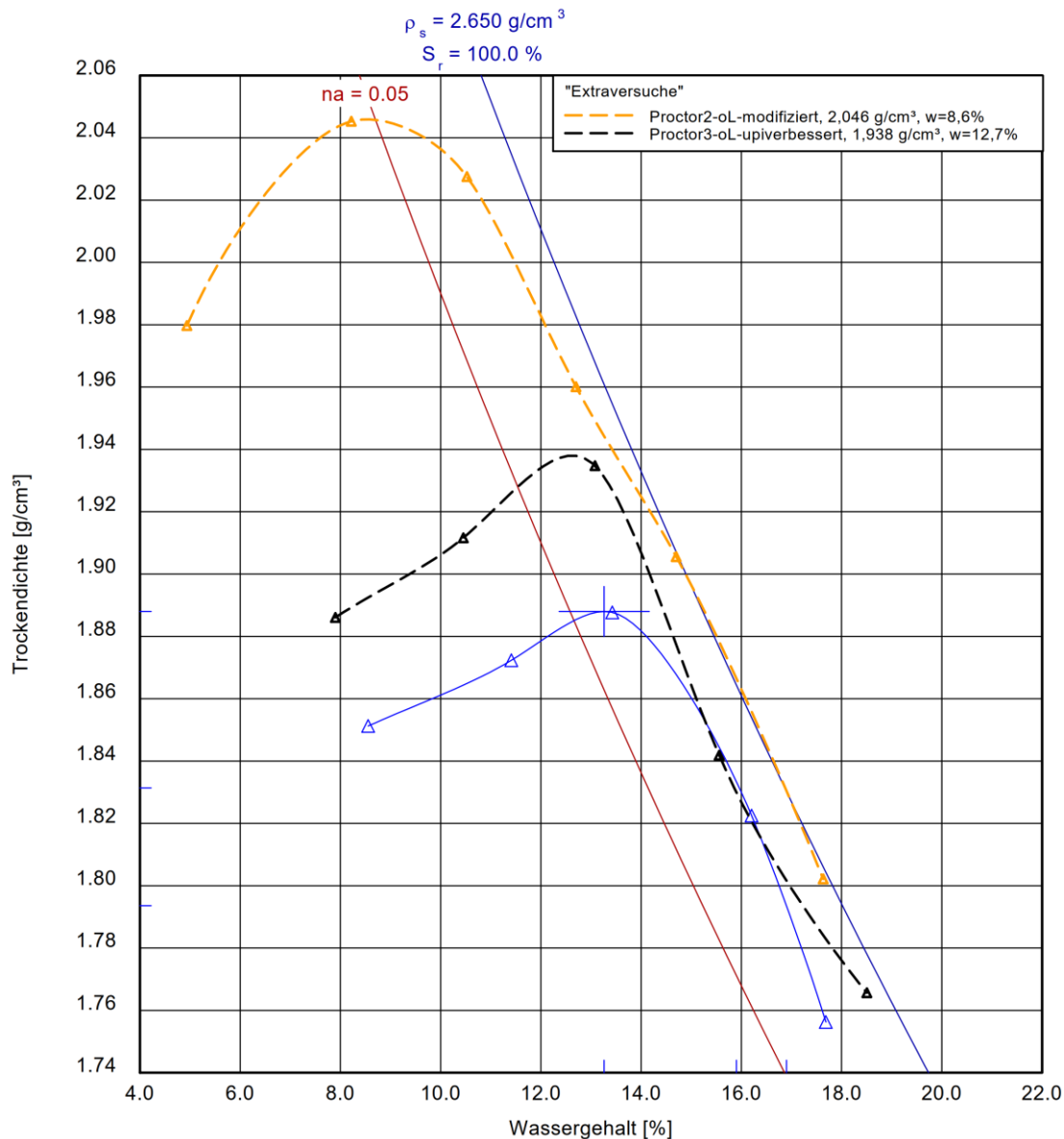
Serie	Versuchs- zylinder Ø [mm]	Fallgewicht [kg]	Anzahl der Schichten	Schläge je Schicht	$\rho_{Pr} [\text{g/m}^3]$	$w_{Pr} [\%]$
1 <sup>1)</sup>	100	2,5	3	25	1,888	13,3
2 <sup>2)</sup>	100	4,5	5	25	2,046	8,6
3 <sup>3)</sup>	100	2,5	5	25	1,938	12,7

<sup>1)</sup> Standardproctor gemäß DIN 18127

<sup>2)</sup> Modifikation gemäß DIN 18127

<sup>3)</sup> projektbezogene Modifikation

Die Dokumentation der durchgeführten Einzelversuche kann Anlage 13 entnommen werden. Abbildung 11 zeigt die graphische Auswertung der Proctorversuche mit Standardverdichtung, modifizierter Proctorverdichtung nach DIN 18127 und angepasster Verdichtung ( $A = 1,0 \text{ MNm/m}^3$ , 5 Lagen à 25 Schläge).

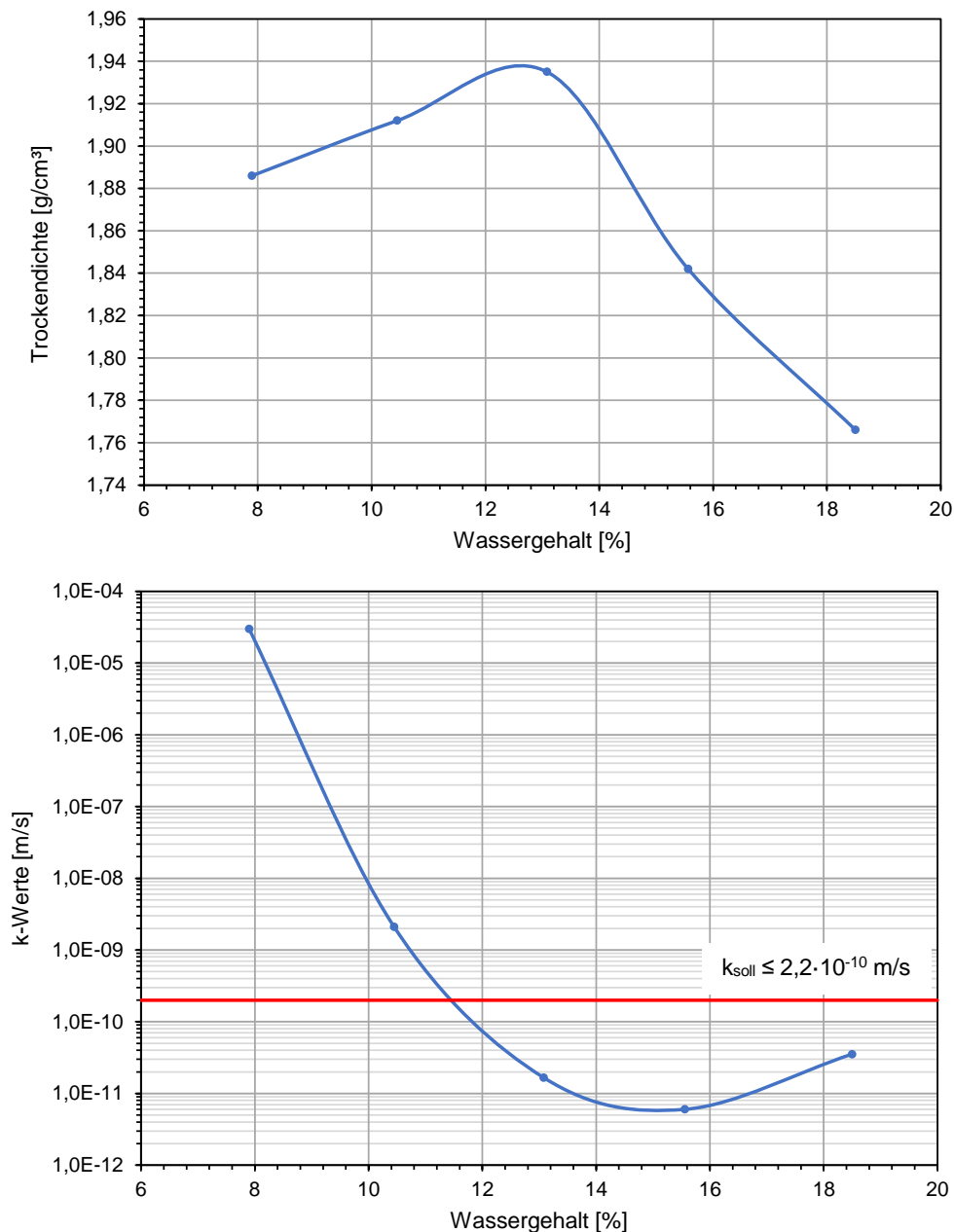


**Abbildung 11:** Ergebnisse der Proctorversuche mit Standardverdichtung, modifizierter Proctorverdichtung nach DIN 18127 und angepasster Verdichtung ( $A = 1,0 \text{ MNm/m}^3$ , 5 Lagen à 25 Schläge)

### 3.4.3 Wasserdurchlässigkeit

Die Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwerts nach DIN 18130 erfolgte für die Materialproben der oberen Lage analog zu den Untersuchungen an der unteren Lage. Nach dem Einbau der Proben in die Triaxialzelle schloss sich eine fünftägige „Reifezeit“ ohne Durchströmung an. Nachfolgend wurden die Prüfkörper mit Haldenwasser (Standort Hattorf) und einem Gradienten von  $i = 30$  hydraulisch beaufschlagt.





**Abbildung 12:** Darstellung der Abhängigkeit der k-Werte vom Einbauwassergehalt und der Einbaudichte, blaue Linie: Serie 3: modifiziert verdichtet (5 Lagen à 25 Schläge)

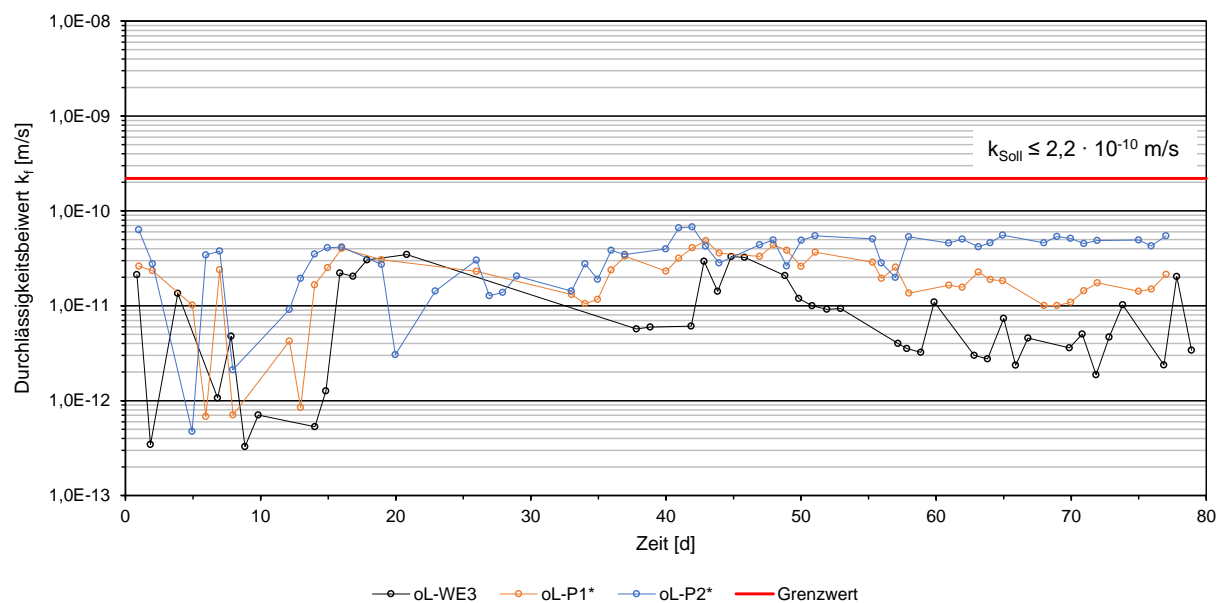
Die Abhängigkeit der ermittelten k-Werte vom Einbauwassergehalt ist für die Serie 3 der oberen Lage (modifiziert verdichtet, 5 Lagen à 25 Schläge) in Abbildung 12 dargestellt. Für die Proben der Serie 3 der oberen Lage mit Proctorwassergehalt werden nach einer Durchströmungsdauer von ca. 60 Tagen k-Werte zwischen  $1,7 \cdot 10^{-11}$  m/s und  $4,1 \cdot 10^{-11}$  m/s dokumentiert.



In Tabelle 13 sind die ermittelten k-Werte und die Einbauparameter für die Proben der Serie 3 der oberen Lage zusammengefasst.

**Tabelle 13:**  $k_{10}$ -Werte für  $i = 30$  und Einbauparameter

Probe	w	$\rho_d$	$k_{10}$ -Wert
	%	g/cm <sup>3</sup>	m/s
Serie 3: modifiziert verdichtet ( $A = 1,0 \text{ MNm/m}^3$ , 5 Lagen à 25 Schläge)			
oL-WE1	7,90	1,886	$> 1 \cdot 10^{-5}$
oL-WE2	10,45	1,912	$2,1 \cdot 10^{-9}$
oL-WE3	13,08	1,935	$1,7 \cdot 10^{-11}$
oL-WE4	15,56	1,842	$6,0 \cdot 10^{-12}$
oL-WE5	18,50	1,766	$3,5 \cdot 10^{-11}$
oL-P1*-w <sub>opt</sub>	13,38	1,928	$3,4 \cdot 10^{-11}$
oL-P2*-w <sub>opt</sub>	12,88	1,932	$4,1 \cdot 10^{-11}$



**Abbildung 13:** k-Wert-Verläufe obere Lage



#### 3.4.4 Scherversuche

An der Materialmischung der oberen Lage wurden Rahmenscherversuche gemäß DIN 18137-3 durchgeführt. Die Ausführung der Scherversuche erfolgte im Unterauftrag durch die RWTH Aachen, Institut für Geomechanik und Untergrundtechnik. Der verwendete Scherrahmen hat Abmessungen von 15 x 15 cm. Der Scherversuch wurde bestehend aus insgesamt drei Teilversuchen mit Normalspannungen von 200 kN/m<sup>2</sup>, 600 kN/m<sup>2</sup> und 1.200 kN/m<sup>2</sup> ausgeführt. Die Vorschubgeschwindigkeit des Scherrahmens betrug 0,1 mm/min.

Die Auswertung des Scherversuches ergab die folgenden Scherparameter:

- Reibungswinkel  $\varphi' = 35,5^\circ$
- Kohäsion  $c' = 14,1 \text{ kN/m}^2$
- Ersatzreibungswinkel  $\varphi'$  bei  $c' = 0$ :  $\varphi'_{c=0} = 36,1^\circ$

Die ausführliche Dokumentation des Scherversuches der Materialmischung der oberen Lage kann Anlage 15 entnommen werden.

## 4 Zusammenfassung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Die Geotechnische Büro Prof. Düllmann GmbH wurde von der K+S GmbH beauftragt, basierend auf den Eignungsuntersuchungen zum System Basisabdichtung gemäß dem Materialkonzept Zielitz laborative Untersuchungen zu deren Fortschreibung / Konkretisierung für das Werk Werra unter Verwendung regional verfügbarer Materialien (Gesteinskörnungen) sowie gleicher Additive / Hilfsstoffe (Bentonit und Polymer) durchzuführen. Die im Rahmen der Eignungsuntersuchungen einzuhaltenden Anforderungen sind in Abschnitt 2.1, Tabelle 1 zusammengefasst.

In einem ersten Schritt wurden die für die Untersuchungen vom Auftraggeber gelieferten Grundmaterialien und Additive untersucht. Hierbei wurden die gestellten Anforderungen erfüllt.

Im nächsten Schritt der Untersuchungen wurden Testmischungen für die untere und obere Lage hergestellt. Zur Bewertung des Einflusses der aufgetragenen Verdichtungsenergie auf die erzielbare Materialdichte wurden unterschiedliche Proctorserien für die untere und obere Lage durchgeführt. Es wurde die erforderliche Verdichtungsenergie ermittelt, mit der für die Materialmischung der unteren Lage eine Trockendichte von  $\rho_d \geq 1,80 \text{ g/cm}^3$  und für die Materialmischung der oberen Lage eine Trockendichte von  $\rho_d \geq 1,93 \text{ g/cm}^3$  erzielt werden kann.



Die durchgeführten Durchlässigkeitsuntersuchungen ergeben für die Materialmischung der unteren Lage nach einer Prüfdauer von ca. 155 Tagen einen mittleren Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f \leq 2,3 \cdot 10^{-11}$  m/s und für die Materialmischung der oberen Lage nach einer Prüfdauer von ca. 60 Tagen einen mittleren Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f \leq 3,1 \cdot 10^{-11}$  m/s. Die gestellte Anforderung von  $k_{f,soll} \leq 2,2 \cdot 10^{-10}$  m/s wird somit von beiden Materialmischungen eingehalten. Die Langzeit-Durchlässigkeitsuntersuchungen beider Materialmischungen der oberen und unteren Lage sind noch nicht abgeschlossen.

Die durchgeführten Scherversuche halten die gestellten Anforderungen an den Reibungswinkel von  $\varphi'_{uL} \geq 30^\circ$  und  $\varphi'_{oL} \geq 35^\circ$  ein.

Zusammenfassend werden zum jetzigen Stand der durchgeführten laborativen Eignungsuntersuchungen die gestellten Materialanforderungen vollständig eingehalten. Hieraus kann die grundsätzliche Eignung der untersuchten Materialmischungen der oberen und unteren Lage des Systems Basisabdichtung für die Phase 3 der Haldenerweiterung Hattorf abgeleitet werden.



M.Sc. M. Bruchmann



Dr.-Ing. M. Nendza

# **Anlage 1**

## **Bestimmung der Wassergehalte an Grundmaterialien**

Seitenanzahl: 5



## Bestimmung des Wassergehalts ( nach DIN EN ISO 17892-1: 2015-03 )

Projekt-Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	13.01.2021
Auftraggeber:	K+S Minerals & Agriculture GmbH		

Probenbezeichnung:	-	O1	O2	O3	
Entnahmestelle:	-	Oberzella 0/1			
Entnahmetiefe:	m	-	-	-	
Entnahme durch:	-	-	-	-	
Entnahmedatum:	-	-	-	-	
Art d. Entnahme:	-	gestört	gestört	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.20	16.12.20	16.12.20	
Bodenart:	-	S, t', u', fg'	S, t', u', fg'	S, t', u', fg'	

### Wassergehaltsbestimmung:

Waage:	Nr	-	5	5	5	
Fehler der Wägung:	$\Delta m$	g	0,01	0,01	0,01	
Feuchtmasse + Tara:	$A = m + m_B$	g	206,46	311,00	225,86	
Trockenmasse + Tara:	$B = m_d + m_B$	g	180,20	270,29	197,12	
Tara:	$C = m_B$	g	6,84	6,80	6,72	
Wasser:	$m_W = A - B$	g	26,26	40,71	28,74	
Trockenmasse:	$m_d = B - C$	g	173,36	263,49	190,40	
Wassergehalt:	$w = m_W / m_d * 100$	%	15,1	15,5	15,1	
Messunsicherheit:	$\Delta w$	%	0,01	0,01	0,01	

### Bemerkungen:



## Bestimmung des Wassergehalts ( nach DIN EN ISO 17892-1: 2015-03 )

Projekt-Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	13.01.2021
Auftraggeber:	K+S Minerals & Agriculture GmbH		

Probenbezeichnung:	-	la1	la2	la3	
Entnahmestelle:	-	Immelborn 2/8			
Entnahmetiefe:	m	-	-	-	
Entnahme durch:	-	-	-	-	
Entnahmedatum:	-	-	-	-	
Art d. Entnahme:	-	gestört	gestört	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.20	16.12.20	16.12.20	
Bodenart:	-	fG, mg+	fG, mg+	fG, mg+	

### Wassergehaltsbestimmung:

Waage:	Nr	-	5	5	5	
Fehler der Wägung:	$\Delta m$	g	0,01	0,01	0,01	
Feuchtmasse + Tara:	$A = m + m_B$	g	1333,20	1034,70	1260,39	
Trockenmasse + Tara:	$B = m_d + m_B$	g	1292,72	1003,70	1220,81	
Tara:	$C = m_B$	g	157,95	158,33	158,11	
Wasser:	$m_W = A - B$	g	40,48	31,00	39,58	
Trockenmasse:	$m_d = B - C$	g	1134,77	845,37	1062,70	
Wassergehalt:	$w = m_W / m_d * 100$	%	3,6	3,7	3,7	
Messunsicherheit:	$\Delta w$	%	0,00	0,00	0,00	

### Bemerkungen:



## Bestimmung des Wassergehalts ( nach DIN EN ISO 17892-1: 2015-03 )

Projekt-Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	13.01.2021
Auftraggeber:	K+S Minerals & Agriculture GmbH		

Probenbezeichnung:	-	lb1	lb2	lb3	
Entnahmestelle:	-	Immelborn 0/8			
Entnahmetiefe:	m	-	-	-	
Entnahme durch:	-	-	-	-	
Entnahmedatum:	-	-	-	-	
Art d. Entnahme:	-	gestört	gestört	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.20	16.12.20	16.12.20	
Bodenart:	-	S, fg, mg'	S, fg, mg'	S, fg, mg'	

### Wassergehaltsbestimmung:

Waage:	Nr	-	5	5	5	
Fehler der Wägung:	$\Delta m$	g	0,01	0,01	0,01	
Feuchtmasse + Tara:	$A = m + m_B$	g	1429,49	1413,11	1250,12	
Trockenmasse + Tara:	$B = m_d + m_B$	g	1371,70	1350,70	1196,79	
Tara:	$C = m_B$	g	160,05	157,95	159,07	
Wasser:	$m_W = A - B$	g	57,79	62,41	53,33	
Trockenmasse:	$m_d = B - C$	g	1211,65	1192,75	1037,72	
Wassergehalt:	$w = m_W / m_d * 100$	%	4,8	5,2	5,1	
Messunsicherheit:	$\Delta w$	%	0,00	0,00	0,00	

### Bemerkungen:





## Bestimmung des Wassergehalts ( nach DIN EN ISO 17892-1: 2015-03 )

Projekt-Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	13.01.2021
Auftraggeber:	K+S Minerals & Agriculture GmbH		

Probenbezeichnung:	-	F1	F2	F3	
Entnahmestelle:	-	Fambach I 0/2			
Entnahmetiefe:	m	-	-	-	
Entnahme durch:	-	-	-	-	
Entnahmedatum:	-	-	-	-	
Art d. Entnahme:	-	gestört	gestört	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.20	16.12.20	16.12.20	
Bodenart:	-	mS, gS, fg'	mS, gS, fg'	mS, gS, fg'	

### Wassergehaltsbestimmung:

Waage:	Nr	-	5	5	5	
Fehler der Wägung:	$\Delta m$	g	0,01	0,01	0,01	
Feuchtmasse + Tara:	$A = m + m_B$	g	857,90	980,45	1042,83	
Trockenmasse + Tara:	$B = m_d + m_B$	g	835,20	954,60	1016,20	
Tara:	$C = m_B$	g	159,33	161,03	158,51	
Wasser:	$m_W = A - B$	g	22,70	25,85	26,63	
Trockenmasse:	$m_d = B - C$	g	675,87	793,57	857,69	
Wassergehalt:	$w = m_W / m_d * 100$	%	3,4	3,3	3,1	
Messunsicherheit:	$\Delta w$	%	0,00	0,00	0,00	

### Bemerkungen:



## Bestimmung des Wassergehalts ( nach DIN EN ISO 17892-1: 2015-03 )

Projekt-Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 2	Datum:	13.01.2021
Auftraggeber:	K+S Minerals & Agriculture GmbH		

Probenbezeichnung:	-	F4	F5	F6	
Entnahmestelle:	-	Fambach II 0/2			
Entnahmetiefe:	m	-	-	-	
Entnahme durch:	-	-	-	-	
Entnahmedatum:	-	-	-	-	
Art d. Entnahme:	-	gestört	gestört	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.20	16.12.20	16.12.20	
Bodenart:	-	mS, gS, fg'	mS, gS, fg'	mS, gS, fg'	

### Wassergehaltsbestimmung:

Waage:	Nr	-	5	5	5	
Fehler der Wägung:	$\Delta m$	g	0,01	0,01	0,01	
Feuchtmasse + Tara:	$A = m + m_B$	g	1137,54	741,30	881,15	
Trockenmasse + Tara:	$B = m_d + m_B$	g	1097,10	714,10	849,70	
Tara:	$C = m_B$	g	158,64	164,95	168,62	
Wasser:	$m_W = A - B$	g	40,44	27,20	31,45	
Trockenmasse:	$m_d = B - C$	g	938,46	549,15	681,08	
Wassergehalt:	$w = m_W / m_d * 100$	%	4,3	5,0	4,6	
Messunsicherheit:	$\Delta w$	%	0,00	0,00	0,00	

### Bemerkungen:

# **Anlage 2**

## **Bestimmung der Korngrößenverteilung an Grundmaterialien**

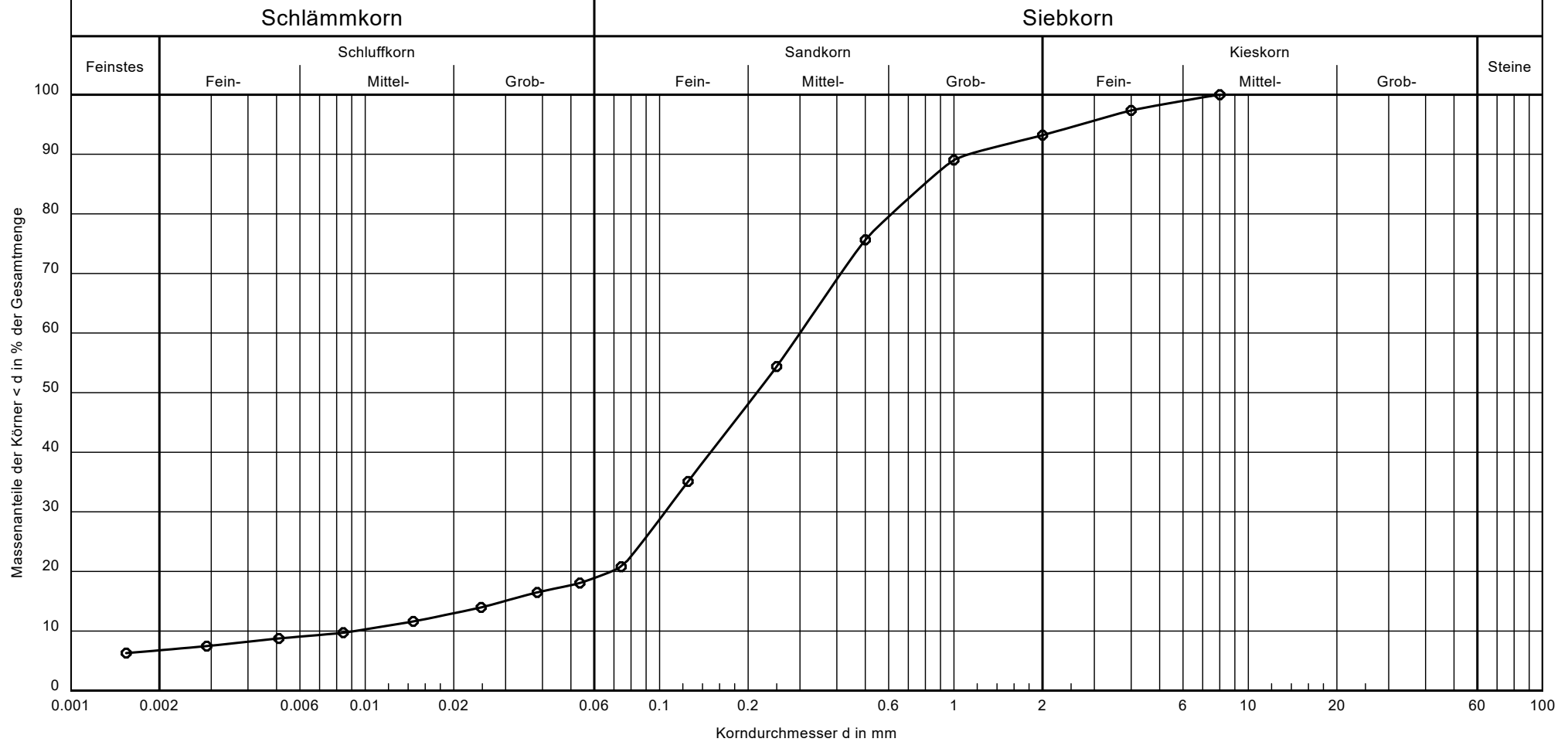
Seitenanzahl: 15



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lippert  
 ausgeführt am: 10.05.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



Probenbezeichnung:	O1
Entnahmestelle:	Oberzella 0/1
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, t', u', fg'
Anteile:	6.8/12.5/73.9/6.8

Bemerkungen:

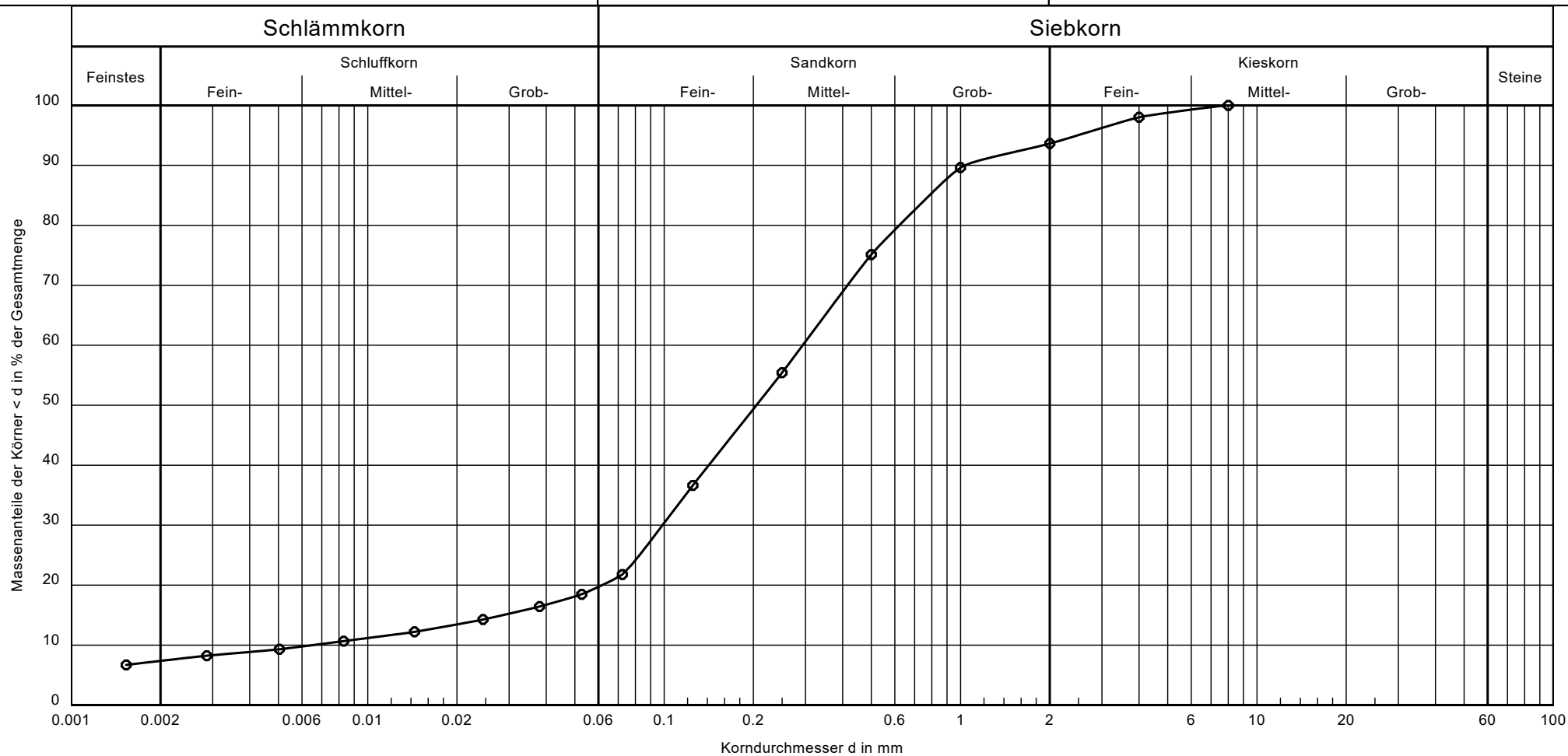
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 2.1



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lippert  
 ausgeführt am: 10.05.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



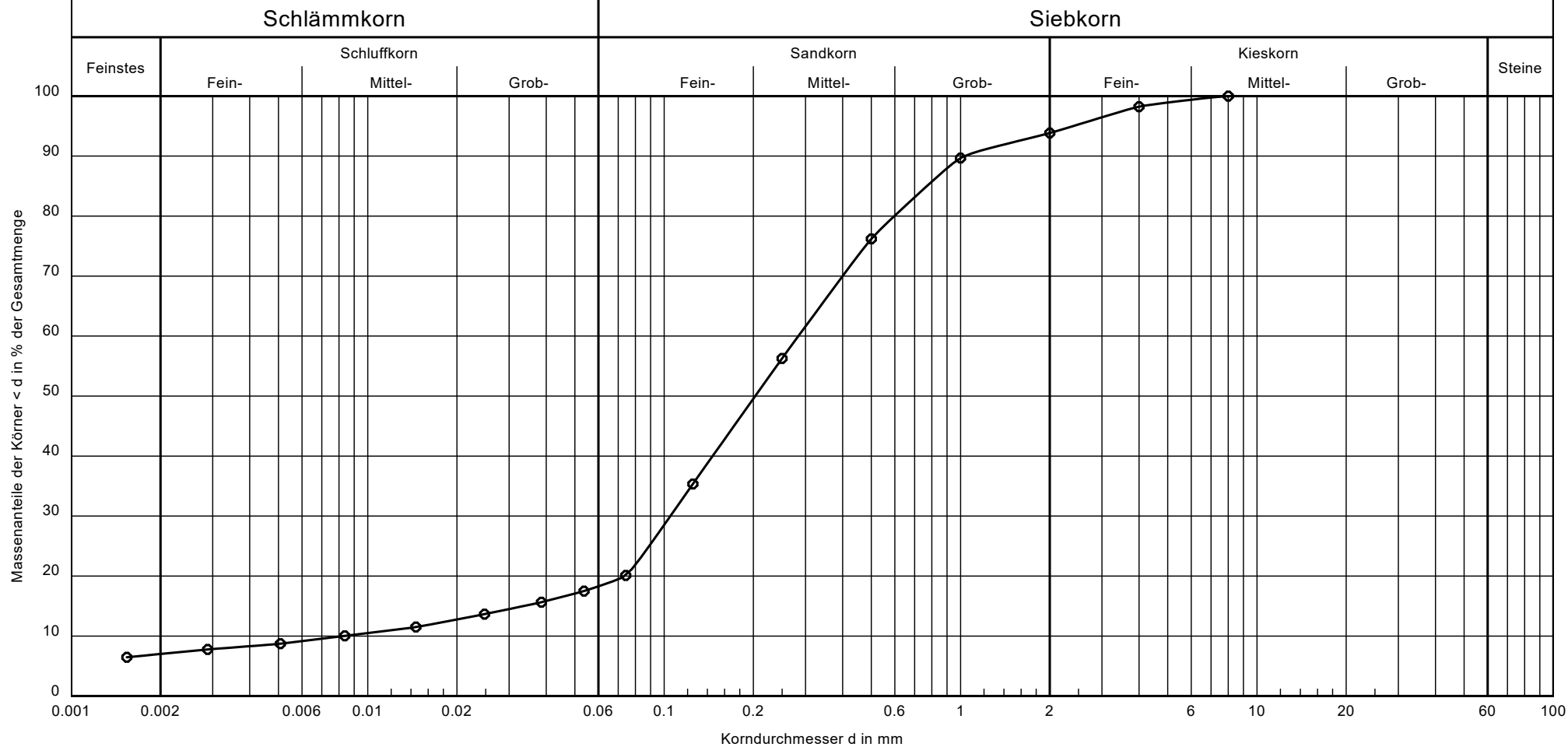
Probenbezeichnung:	O2	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 2.2
Entnahmestelle:	Oberzella 0/1		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	S, t', u', fg'		
Anteile:	7.4/12.8/73.4/6.4		



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lippert  
 ausgeführt am: 10.05.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



Probenbezeichnung:	O3
Entnahmestelle:	Oberzella 0/1
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, t', u', fg'
Anteile:	7.0/11.6/75.2/6.2

Bemerkungen:

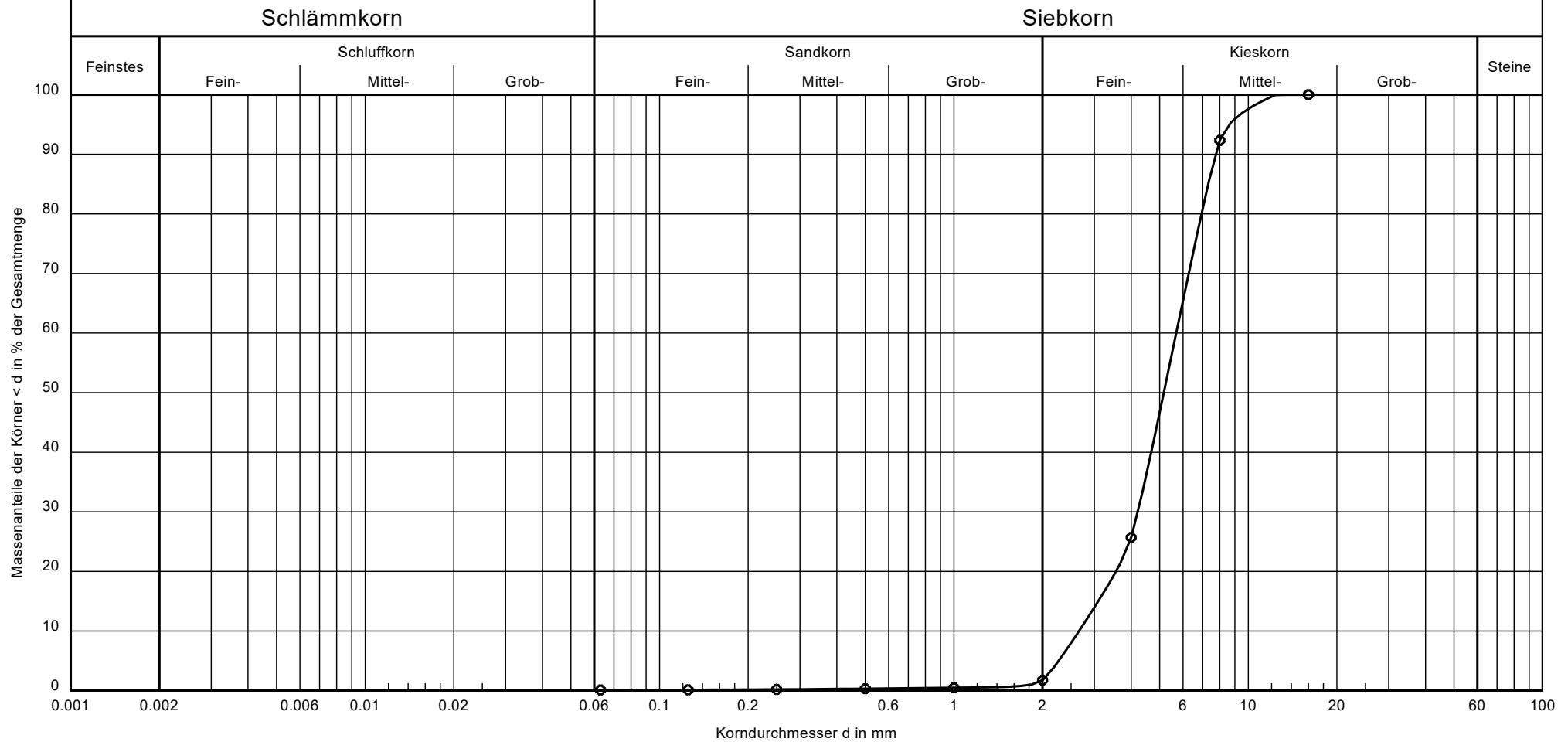
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 2.3



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lüllmann  
 ausgeführt am: 13.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	la1
Entnahmestelle:	Immelborn 2/8
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	fG, m $\bar{g}$
Anteile:	- / 0.1 / 1.6 / 98.2

Bemerkungen:

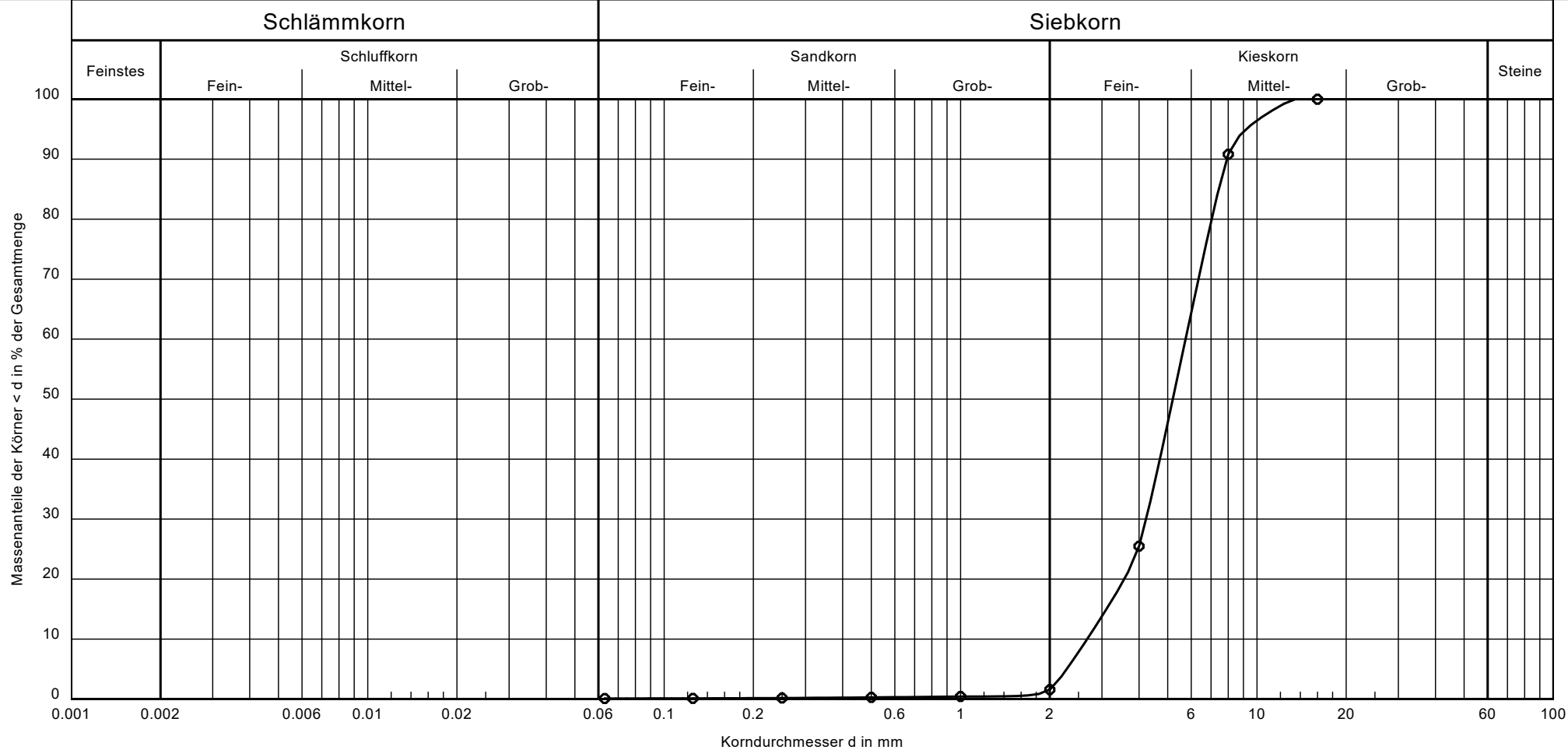
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 2.4



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lüllmann  
 ausgeführt am: 13.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:

la2

Entnahmestelle:

Immelborn 2/8

Entnahmetiefe:

-

Art der Entnahme:

gestört

Bodenart:

fG, m<sub>G</sub>

Anteile:

- / 0.1/1.5/98.4

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 2.5

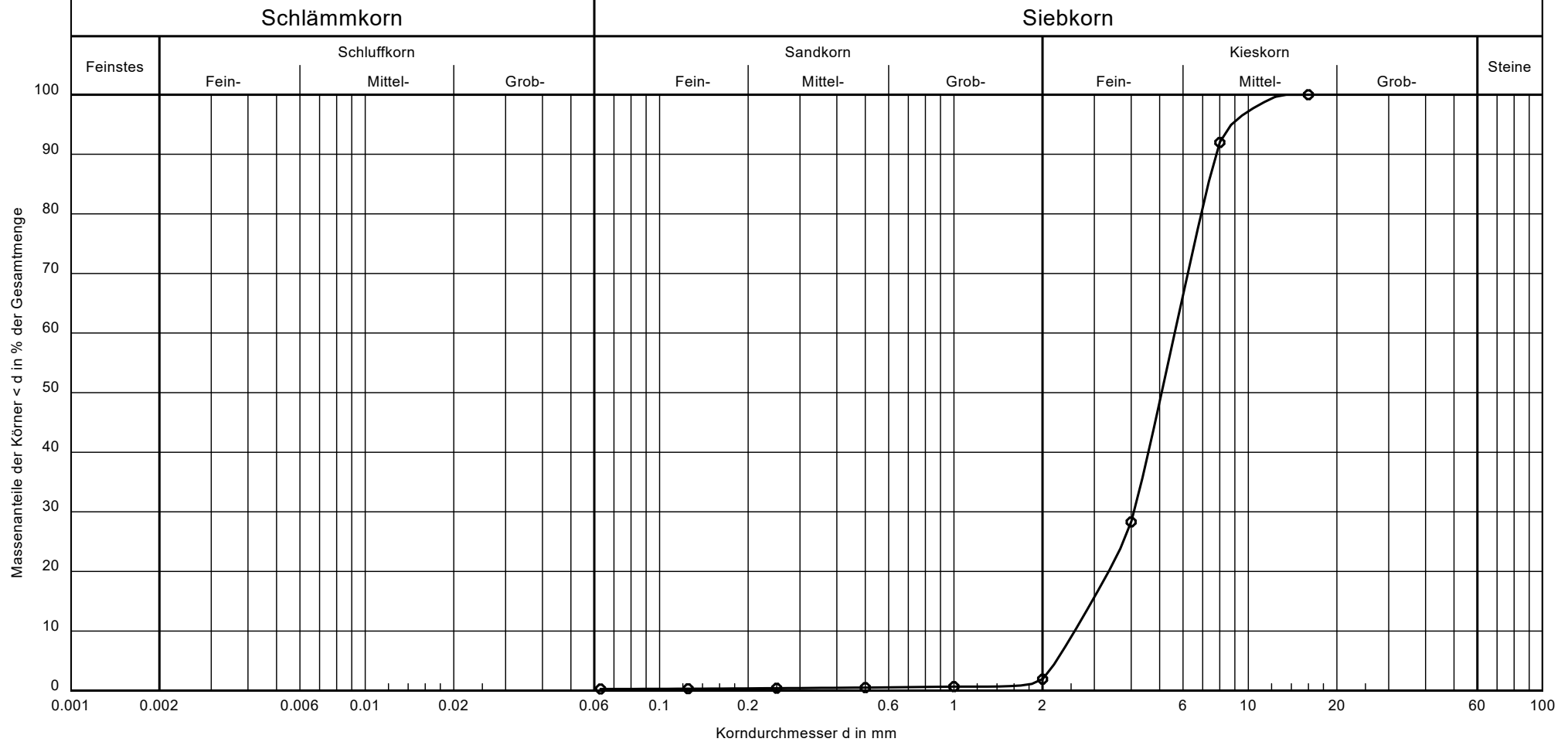




# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 15.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



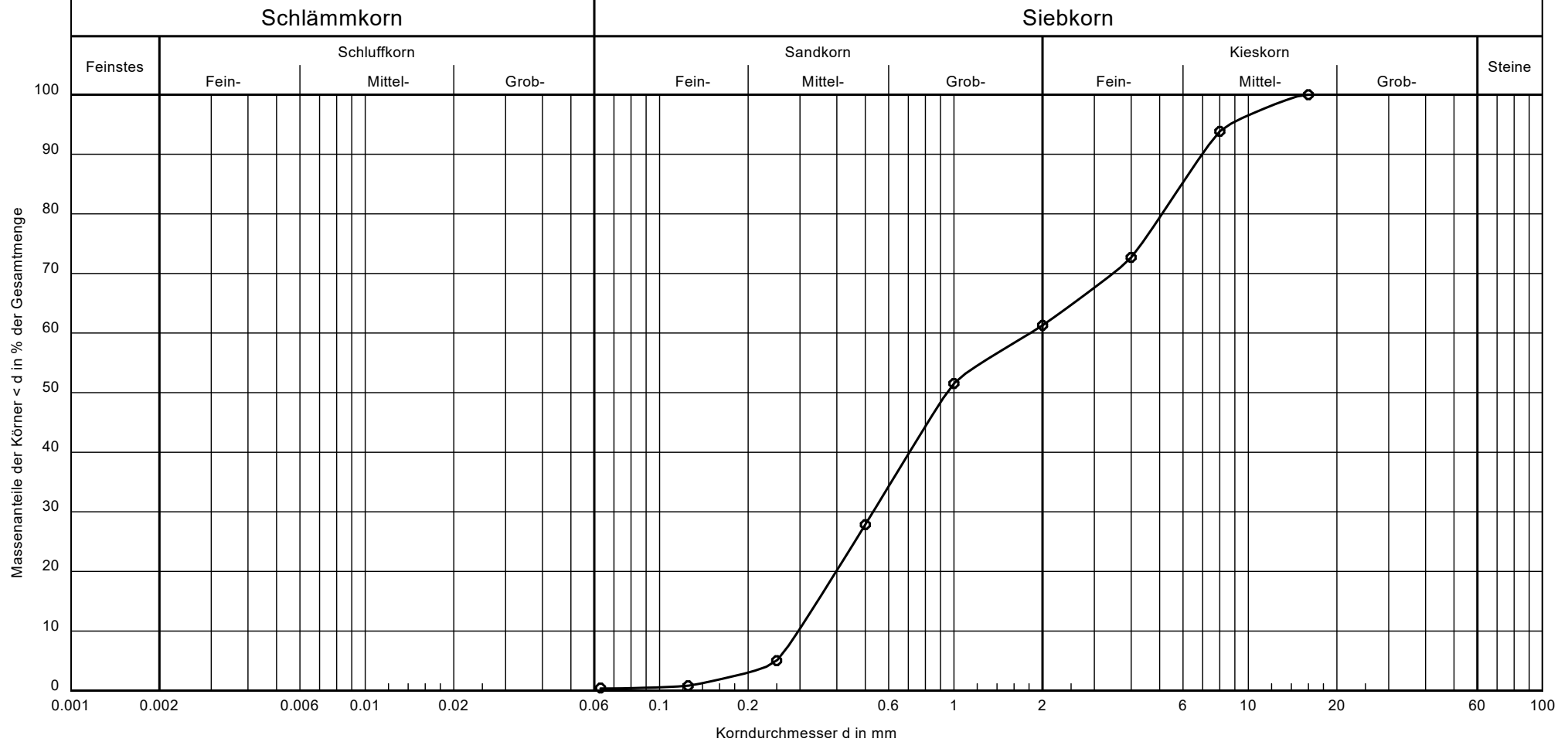
Probenbezeichnung:	la3	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 2.6
Entnahmestelle:	Immelborn 2/8		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	fG, m $\bar{g}$		
Anteile:	- / 0.3 / 1.7 / 98.0		



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 15.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	lb1
Entnahmestelle:	Immelborn 0/8
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, fg, mg'
Anteile:	- / 0.4/60.9/38.7

Bemerkungen:

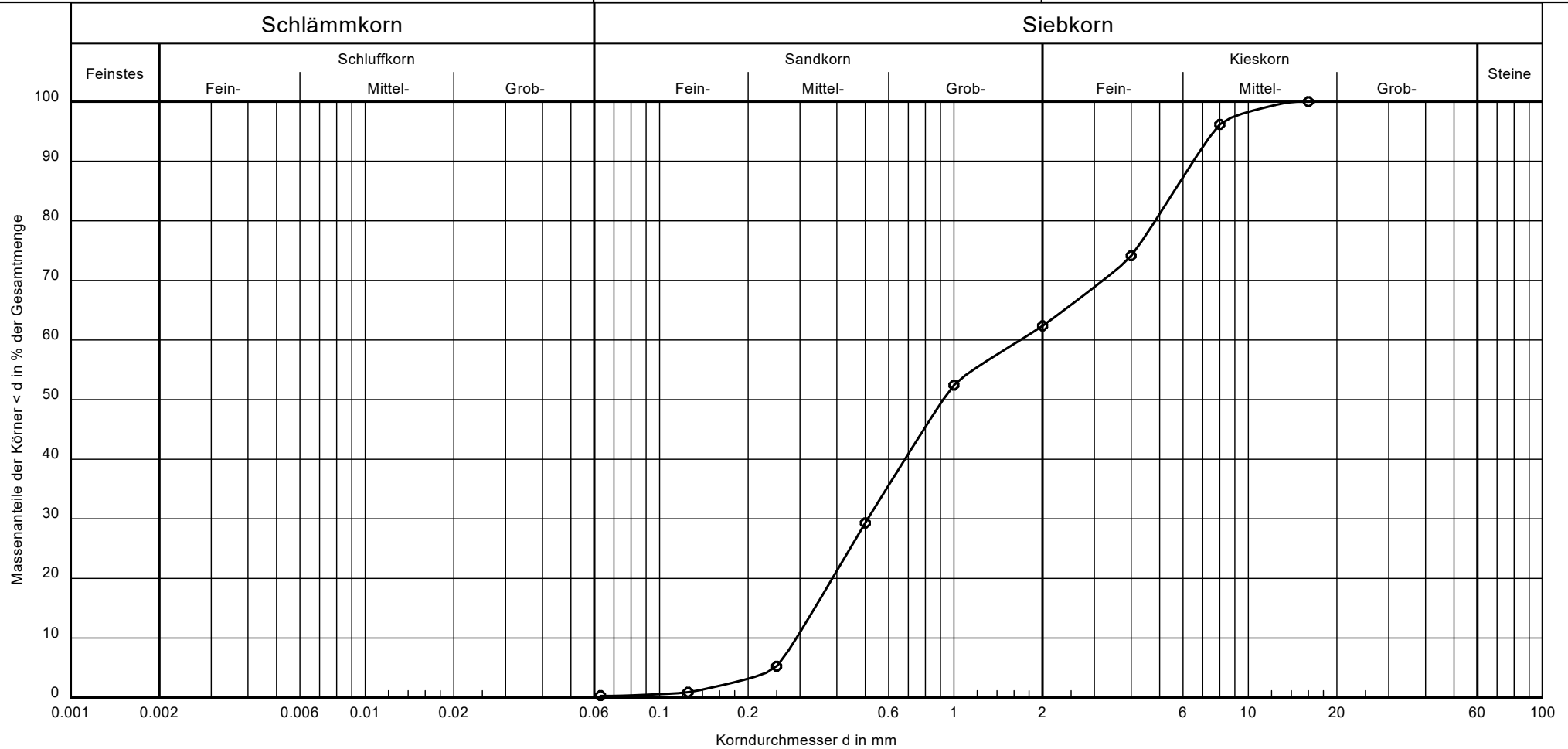
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 2.7



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 15.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



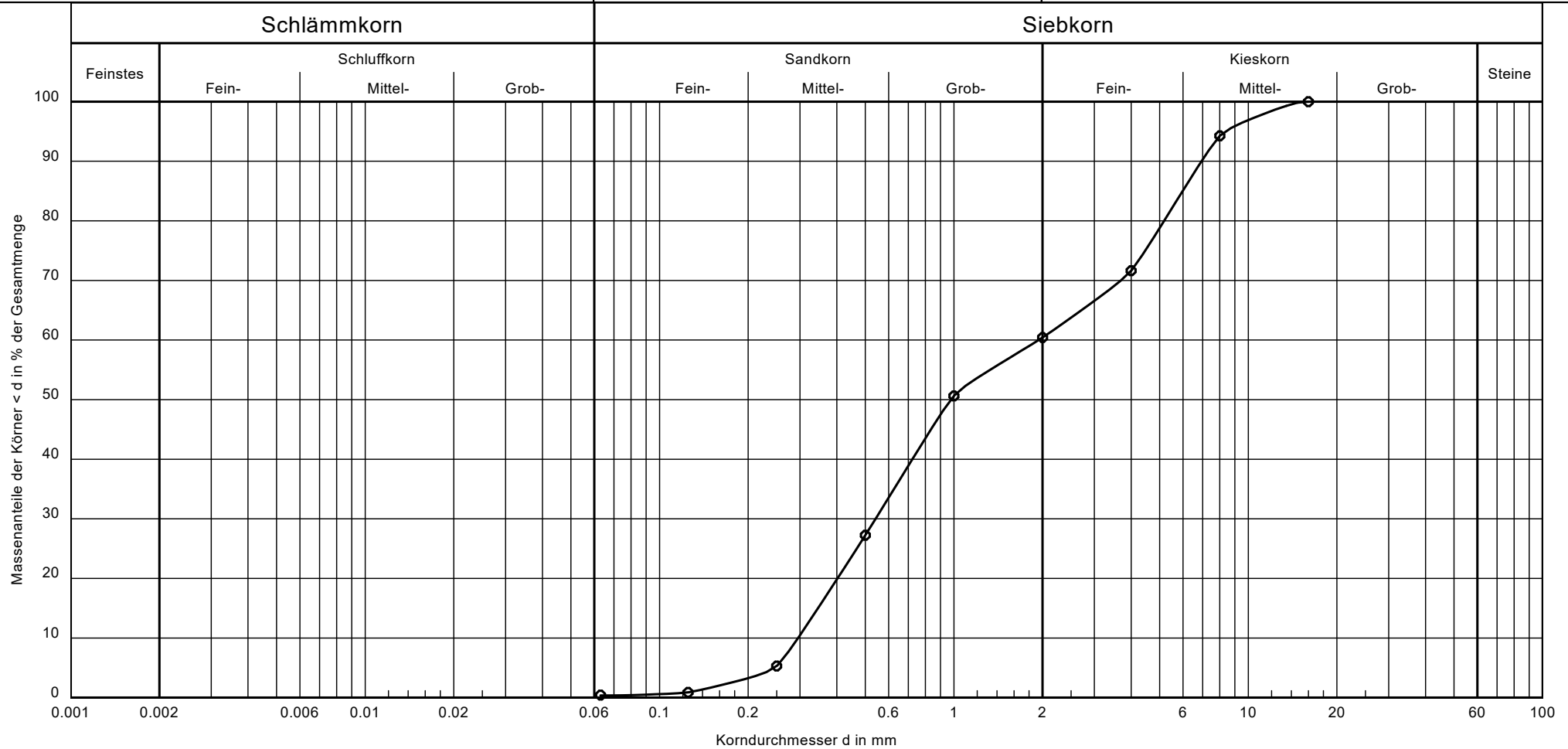
Probenbezeichnung:	lb2	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 2.8
Entnahmestelle:	Immelborn 0/8		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	S, fg, mg'		
Anteile:	- / 0.3/62.1/37.6		



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 15.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



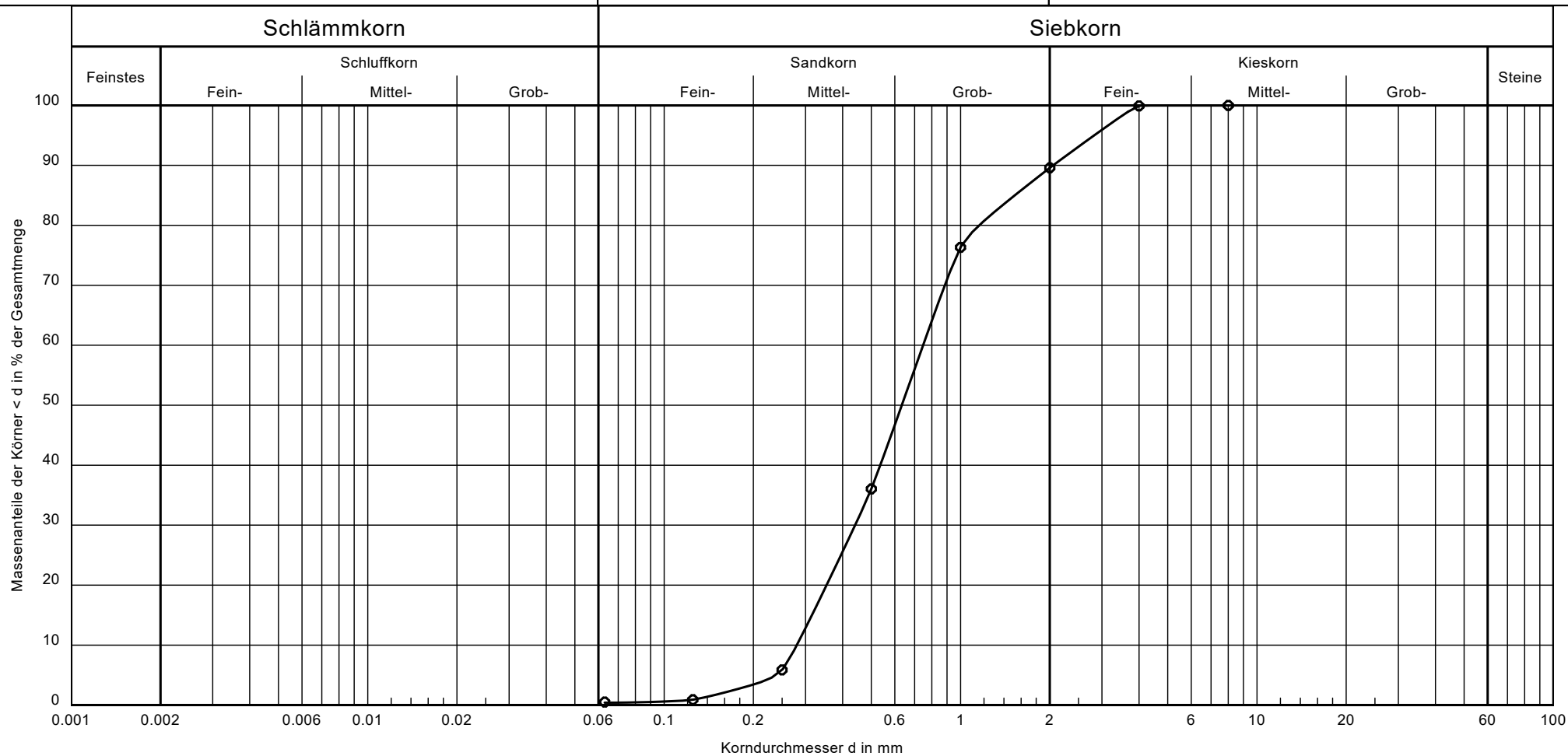
Probenbezeichnung:	lb3	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 2.9
Entnahmestelle:	Immelborn 0/8		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	S, fg, mg'		
Anteile:	- / 0.4 / 60.1 / 39.6		



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 15.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	F1
Entnahmestelle:	Fambach I 0/2
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	mS, gS, fg'
Anteile:	- / 0.4/89.2/10.4

Bemerkungen:

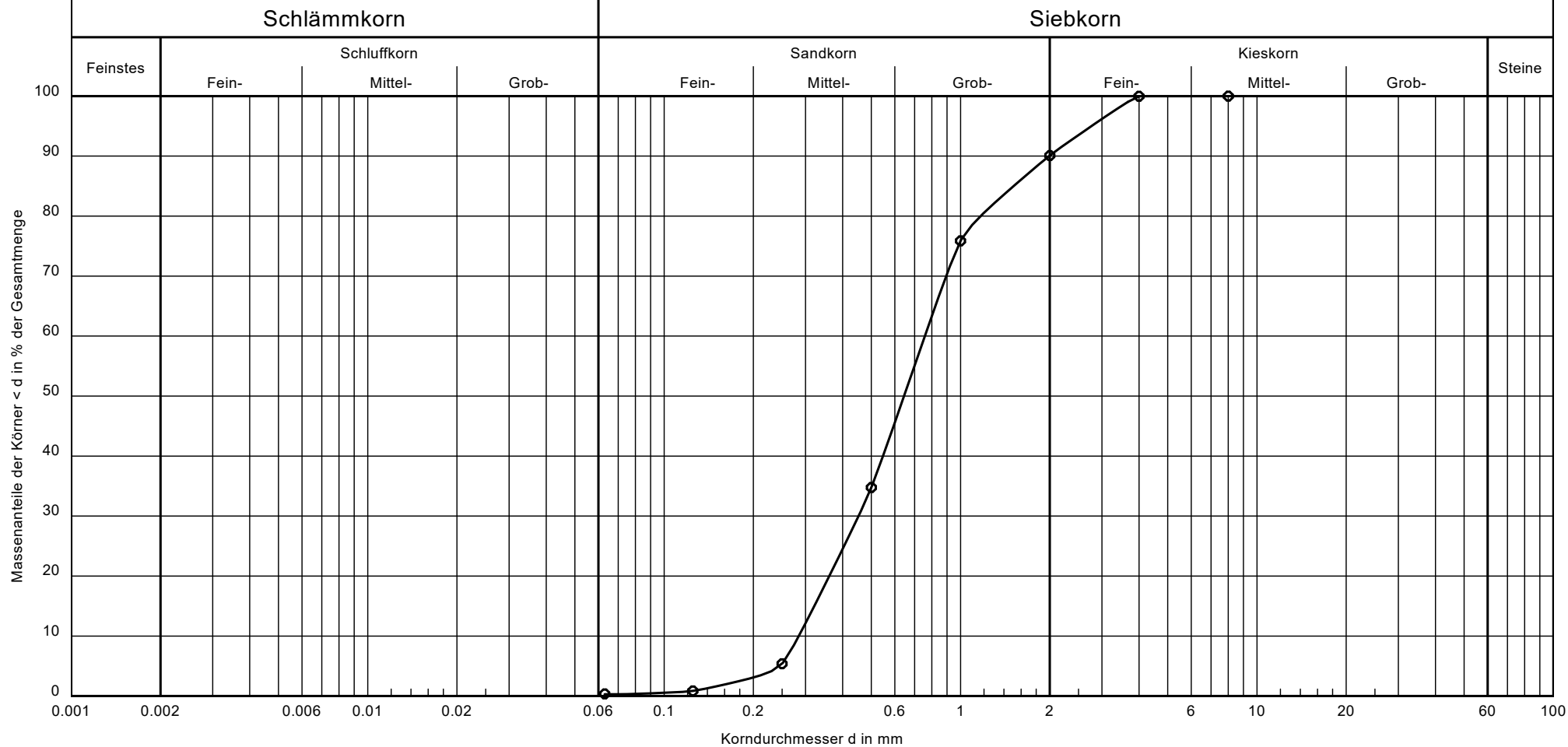
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 2.10



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 18.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	F2
Entnahmestelle:	Fambach I 0/2
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	mS, gS, fg'
Anteile:	- / 0.3/89.8/9.9

Bemerkungen:

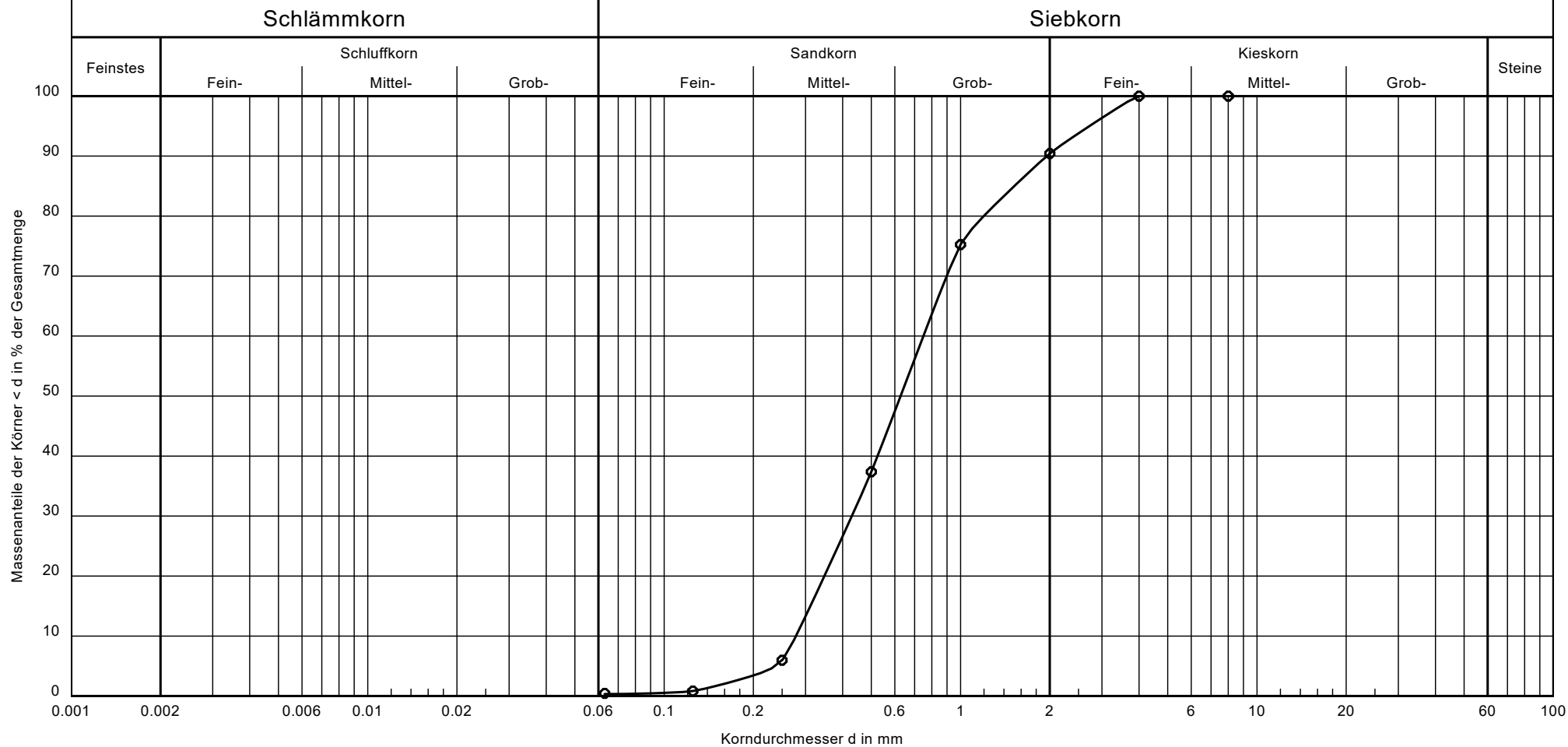
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 2.11



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 18.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	F3
Entnahmestelle:	Fambach I 0/2
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	mS, gS, fg'
Anteile:	- / 0.3/90.1/9.6

Bemerkungen:

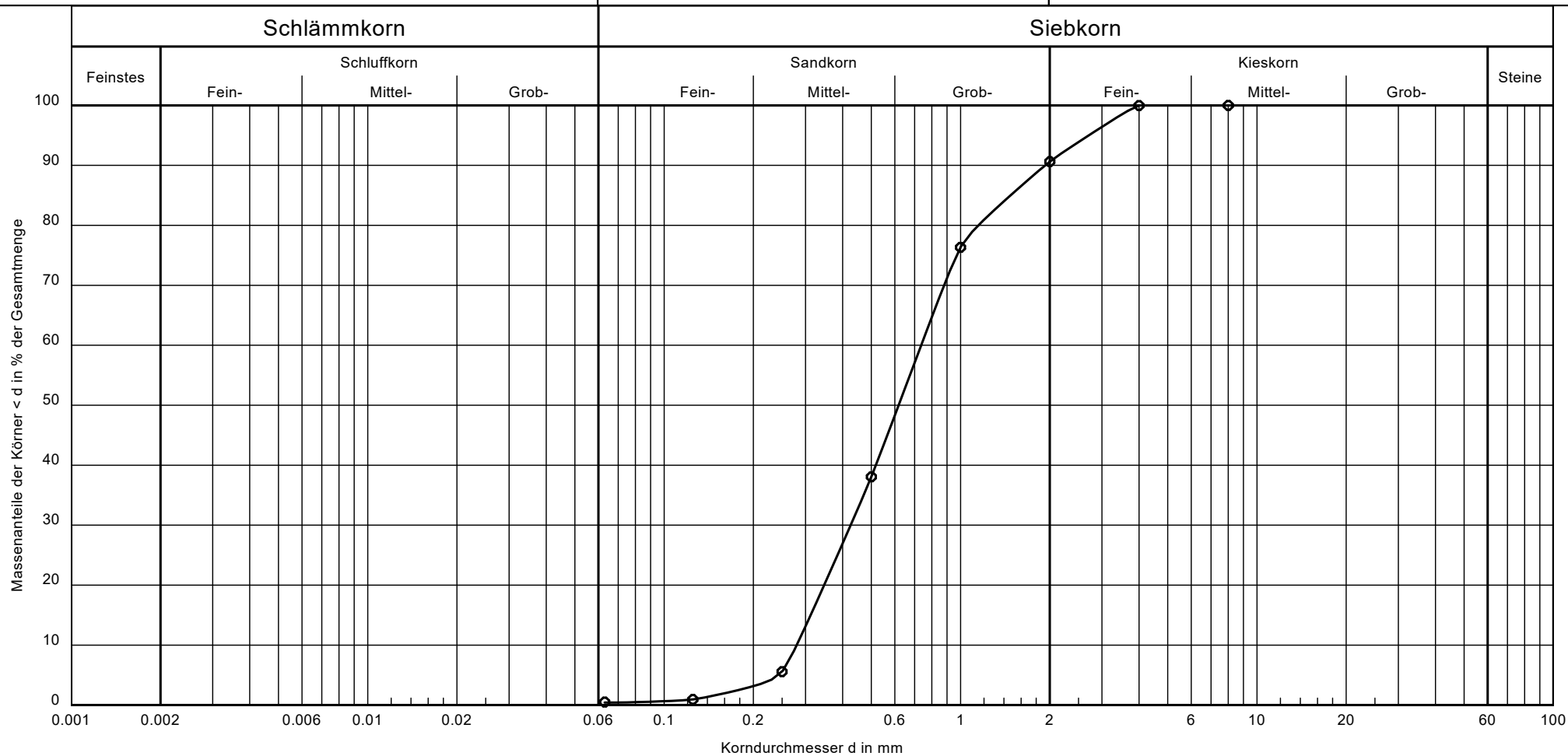
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 2.12



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 18.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	F4	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 2.13
Entnahmestelle:	Fambach II 0/2		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	mS, gS, fg'		
Anteile:	- / 0.4 / 90.2 / 9.4		

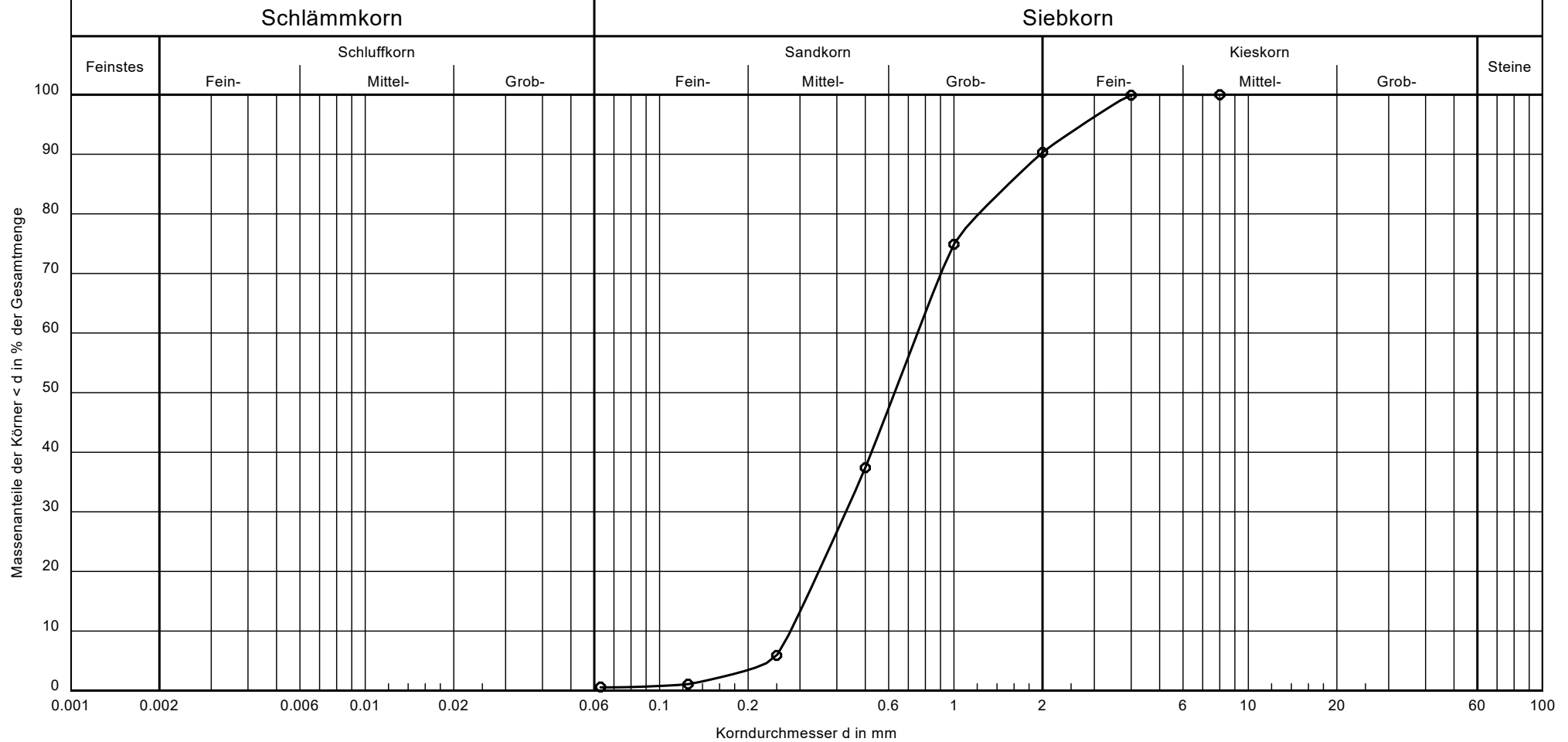




# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 18.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



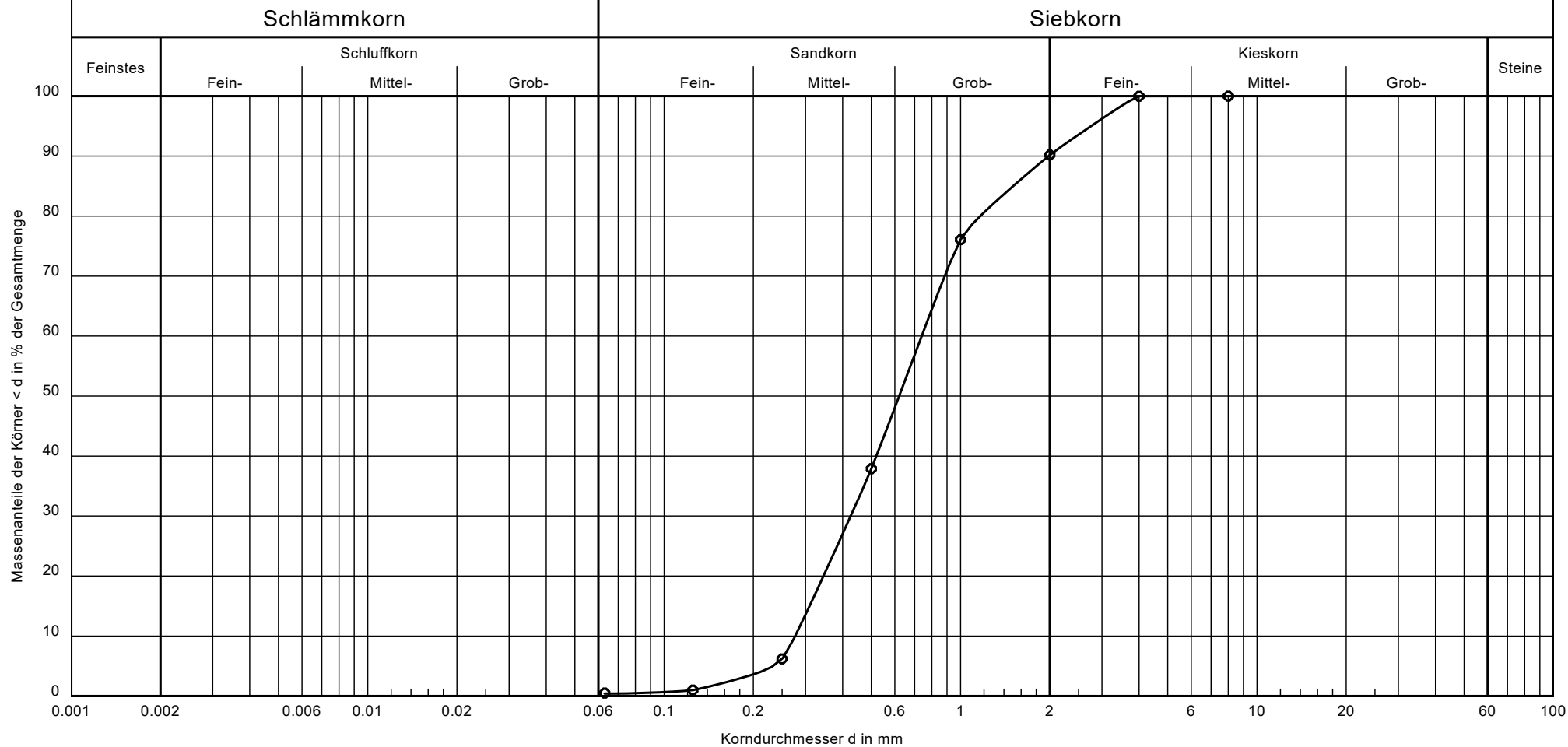
Probenbezeichnung:	F5	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 2.14
Entnahmestelle:	Fambach II 0/2		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	mS, gS, fg'		
Anteile:	- / 0.5/89.8/9.7		



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Omar  
 ausgeführt am: 18.01.2021  
 Arbeitsweise: Nasssiebung



Probenbezeichnung:	F6	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 2.15
Entnahmestelle:	Fambach II 0/2		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	mS, gS, fg'		
Anteile:	- / 0.4/89.8/9.8		

# **Anlage 3**

## **Bestimmung des Glühverlustes an Grundmaterialien**

Seitenanzahl: 15



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	14.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	O1		
Entnahmestelle:	-	Oberzella 0/1	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	S, t', u', fg'	

Tara Nr.:		-	4	5	6
Trockenmasse + Tara:	A	g	46,53	45,84	45,61
Masse gegläht + Tara:	B	g	46,32	45,64	45,40
Tara:	C	g	31,02	30,77	30,30
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,21	0,20	0,21
Trockenmasse:	A - C	g	15,51	15,07	15,31
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	1,35	1,33	1,37
Glühverlust : Mittelwert		%	1,35		
Standardabweichung:		%	0,02		
Variationskoeffizient:		%	1,66		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	14.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	O2		
Entnahmestelle:	-	Oberzella 0/1	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	S, t', u', fg'	

Tara Nr.:		-	7	8	9
Trockenmasse + Tara:	A	g	46,69	39,52	47,72
Masse geglüht + Tara:	B	g	46,48	39,31	47,51
Tara:	C	g	31,14	24,19	32,26
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,21	0,21	0,21
Trockenmasse:	A - C	g	15,55	15,33	15,46
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	1,35	1,37	1,36
Glühverlust : Mittelwert		%	1,36		
Standardabweichung:		%	0,01		
Variationskoeffizient:		%	0,72		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	14.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	O3		
Entnahmestelle:	-	Oberzella 0/1	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	S, t', u', fg'	

Tara Nr.:		-	10	11	12
Trockenmasse + Tara:	A	g	46,84	45,87	45,97
Masse geglüht + Tara:	B	g	46,65	45,68	45,77
Tara:	C	g	31,24	30,67	30,30
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,19	0,19	0,20
Trockenmasse:	A - C	g	15,60	15,20	15,67
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	1,22	1,25	1,28
Glühverlust : Mittelwert		%	1,25		
Standardabweichung:		%	0,03		
Variationskoeffizient:		%	2,34		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.04.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	Ia1		
Entnahmestelle:	-	Immelborn 2/8	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	fG, mg+	

Tara Nr.:		-	1	2	3
Trockenmasse + Tara:	A	g	42,08	39,37	46,34
Masse geglüht + Tara:	B	g	42,00	39,28	46,24
Tara:	C	g	27,41	24,36	29,91
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,08	0,09	0,10
Trockenmasse:	A - C	g	14,68	15,01	16,43
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	0,57	0,60	0,61
Glühverlust : Mittelwert		%	0,59		
Standardabweichung:		%	0,02		
Variationskoeffizient:		%	3,20		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.04.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	la2		
Entnahmestelle:	-	Immelborn 2/8	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	fG, mg+	

Tara Nr.:		-	4	5	6
Trockenmasse + Tara:	A	g	43,17	45,26	45,52
Masse geglüht + Tara:	B	g	43,06	45,16	45,41
Tara:	C	g	28,06	30,67	30,30
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,11	0,10	0,11
Trockenmasse:	A - C	g	15,12	14,59	15,21
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	0,73	0,70	0,73
Glühverlust : Mittelwert		%	0,72		
Standardabweichung:		%	0,02		
Variationskoeffizient:		%	2,38		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.





## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar	
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.04.2021	
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH			
Probe Nr.:	la3			
Entnahmestelle:	-	Immelborn 2/8		
Entnahmetiefe:	m	-		
Entnahme durch:	-	-		
Entnahme am:	-	-		
Art der Entnahme:	-	gestört		
Eingangsdatum:	-	16.12.2020		
Bodenart:	-	fG, mg+		
Tara Nr.:	-	7	8	9
Trockenmasse + Tara:	A	g	46,27	46,62
Masse geglüht + Tara:	B	g	46,16	46,51
Tara:	C	g	31,14	31,24
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,12	0,11
Trockenmasse:	A - C	g	15,13	15,38
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$	%	0,77	0,74	0,77
Glühverlust : Mittelwert	%	0,76		
Standardabweichung:	%	0,02		
Variationskoeffizient:	%	2,40		
Bemerkungen:				
FB PL M19, Version 02, 20.02.2017 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.				



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	19.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	lb1		
Entnahmestelle:	-	Immelborn 0/8	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	S, fg, mg'	

Tara Nr.:		-	1	2	3
Trockenmasse + Tara:	A	g	45,58	42,65	46,78
Masse geglüht + Tara:	B	g	45,53	42,60	46,73
Tara:	C	g	29,24	27,40	29,99
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,05	0,04	0,05
Trockenmasse:	A - C	g	16,34	15,25	16,79
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	0,31	0,29	0,30
Glühverlust : Mittelwert		%	0,30		
Standardabweichung:		%	0,01		
Variationskoeffizient:		%	3,95		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	21.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	lb2		
Entnahmestelle:	-	Immelborn 0/8	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	S, fg, mg'	

Tara Nr.:		-	1	2	3
Trockenmasse + Tara:	A	g	45,13	40,48	47,12
Masse geglüht + Tara:	B	g	45,08	40,43	47,07
Tara:	C	g	29,99	24,88	31,14
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,05	0,05	0,05
Trockenmasse:	A - C	g	15,14	15,60	15,98
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	0,32	0,31	0,33
Glühverlust : Mittelwert		%	0,32		
Standardabweichung:		%	0,01		
Variationskoeffizient:		%	1,90		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	19.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	lb3		
Entnahmestelle:	-	Immelborn 0/8	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	S, fg, mg'	

Tara Nr.:		-	4	5	6
Trockenmasse + Tara:	A	g	47,27	46,32	47,87
Masse geglüht + Tara:	B	g	47,23	46,27	47,82
Tara:	C	g	32,26	29,91	31,24
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,05	0,05	0,05
Trockenmasse:	A - C	g	15,01	16,41	16,62

Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$	%	0,31	0,29	0,29
Glühverlust : Mittelwert	%	0,30		
Standardabweichung:	%	0,01		
Variationskoeffizient:	%	4,41		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	19.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			F1		
Entnahmestelle:	-		Fambach I / 0/2		
Entnahmetiefe:	m		-		
Entnahme durch:	-		-		
Entnahme am:	-		-		
Art der Entnahme:	-		gestört		
Eingangsdatum:	-		16.12.2020		
Bodenart:	-		mS, gS, fg'		
Tara Nr.:		-	10	11	12
Trockenmasse + Tara:	A	g	39,37	46,00	45,37
Masse geglüht + Tara:	B	g	39,34	45,96	45,34
Tara:	C	g	24,31	30,30	28,06
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,03	0,03	0,04
Trockenmasse:	A - C	g	15,06	15,69	17,32
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) * 100$		%	0,21	0,22	0,21
Glühverlust : Mittelwert		%	0,21		
Standardabweichung:		%	0,01		
Variationskoeffizient:		%	2,64		

Bemerkungen:



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	F2		
Entnahmestelle:	-	Fambach I / 0/2	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	mS, gS, fg'	

Tara Nr.:		-	1	2	3
Trockenmasse + Tara:	A	g	45,23	47,57	45,56
Masse geglüht + Tara:	B	g	45,20	47,53	45,53
Tara:	C	g	31,24	32,26	30,30
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,03	0,03	0,03
Trockenmasse:	A - C	g	13,99	15,30	15,26
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	0,19	0,22	0,21
Glühverlust : Mittelwert		%	0,20		
Standardabweichung:		%	0,02		
Variationskoeffizient:		%	7,72		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	F3		
Entnahmestelle:	-	Fambach I / 0/2	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	mS, gS, fg'	

Tara Nr.:		-	4	5	6
Trockenmasse + Tara:	A	g	40,00	42,93	45,48
Masse geglüht + Tara:	B	g	39,97	42,90	45,44
Tara:	C	g	24,31	27,40	29,98
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,03	0,04	0,03
Trockenmasse:	A - C	g	15,69	15,53	15,49
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	0,22	0,23	0,22
Glühverlust : Mittelwert		%	0,22		
Standardabweichung:		%	0,01		
Variationskoeffizient:		%	3,62		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	F4		
Entnahmestelle:	-	Fambach II / 0/2	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	mS, gS, fg'	

Tara Nr.:		-	7	8	9
Trockenmasse + Tara:	A	g	44,30	47,31	45,75
Masse geglüht + Tara:	B	g	44,27	47,28	45,72
Tara:	C	g	28,06	31,14	30,30
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,03	0,03	0,03
Trockenmasse:	A - C	g	16,24	16,17	15,44
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	0,17	0,17	0,17
Glühverlust : Mittelwert		%	0,17		
Standardabweichung:		%	0,00		
Variationskoeffizient:		%	0,72		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.





## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	F5		
Entnahmestelle:	-	Fambach II / 0/2	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	mS, gS, fg'	

Tara Nr.:		-	10	11	12
Trockenmasse + Tara:	A	g	46,20	45,04	45,71
Masse geglüht + Tara:	B	g	46,17	45,01	45,68
Tara:	C	g	29,91	29,24	28,30
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,03	0,03	0,03
Trockenmasse:	A - C	g	16,29	15,81	17,41
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	0,18	0,18	0,17
Glühverlust : Mittelwert		%	0,18		
Standardabweichung:		%	0,01		
Variationskoeffizient:		%	3,34		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.



## Bestimmung des Glühverlustes ( nach DIN 18128 - GL )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	21.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:	F6		
Entnahmestelle:	-	Fambach II / 0/2	
Entnahmetiefe:	m	-	
Entnahme durch:	-	-	
Entnahme am:	-	-	
Art der Entnahme:	-	gestört	
Eingangsdatum:	-	16.12.2020	
Bodenart:	-	mS, gS, fg'	

Tara Nr.:		-	4	5	6
Trockenmasse + Tara:	A	g	41,38	46,97	43,40
Masse geglüht + Tara:	B	g	41,35	46,94	43,37
Tara:	C	g	24,31	31,24	27,41
Glühverlust (Masse):	A - B	g	0,03	0,03	0,03
Trockenmasse:	A - C	g	17,07	15,73	15,99
Glühverlust: $V_{Gl} = (A - B)/(A - C) \cdot 100$		%	0,20	0,19	0,19
Glühverlust : Mittelwert		%	0,19		
Standardabweichung:		%	0,01		
Variationskoeffizient:		%	3,12		

Bemerkungen:

FB PL M19, Version 02, 20.02.2017  
 Der Prüfbericht darf nur ungekürzt und mit Genehmigung der Geotechnischen Prüfstelle Prof. Dr.-Ing. H. Düllmann GmbH an Dritte weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.

# **Anlage 4**

## **Bestimmung des Kalkgehaltes an Grundmaterialien**

Seitenanzahl: 15



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	18.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			O1		
Entnahmestelle:		-	Oberzella 0/1		
Entnahmetiefe:		m	-		
Entnahme durch:		-	-		
Entnahme am:		-	-		
Art der Entnahme:		-	gestört		
Eingangsdatum:		-	16.12.2020		
Bodenart:		-	S, t', u', fg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	998	998	998
Temperatur:	T	°C	23,7	23,7	23,7
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	4,486	4,464	4,529
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm³	4,9	4,9	5,0
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	0,44	0,45	0,45
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	0,45		
Standardabweichung:		%	0,00		
Variationskoeffizient:		%	0,53		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	18.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			O2		
Entnahmestelle:		-	Oberzella 0/1		
Entnahmetiefe:		m	-		
Entnahme durch:		-	-		
Entnahme am:		-	-		
Art der Entnahme:		-	gestört		
Eingangsdatum:		-	16.12.2020		
Bodenart:		-	S, t', u', fg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	998	998	998
Temperatur:	T	°C	23,7	23,7	23,7
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	4,588	4,509	4,481
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm³	4,3	4,2	4,2
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	0,38	0,38	0,38
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	0,38		
Standardabweichung:		%	0,00		
Variationskoeffizient:		%	0,36		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	18.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			O3		
Entnahmestelle:		-	Oberzella 0/1		
Entnahmetiefe:		m	-		
Entnahme durch:		-	-		
Entnahme am:		-	-		
Art der Entnahme:		-	gestört		
Eingangsdatum:		-	16.12.2020		
Bodenart:		-	S, t', u', fg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	998	998	998
Temperatur:	T	°C	23,6	23,6	23,6
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	4,682	4,619	4,588
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm³	2,4	2,4	2,3
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	0,21	0,21	0,20
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	0,21		
Standardabweichung:		%	0,00		
Variationskoeffizient:		%	1,81		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	19.04.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			Ia1		
Entnahmestelle:		-	Immelborn 2/8		
Entnahmetiefe:		m	-		
Entnahme durch:		-	-		
Entnahme am:		-	-		
Art der Entnahme:		-	gestört		
Eingangsdatum:		-	16.12.2020		
Bodenart:		-	fG, mg+		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	995	995	995
Temperatur:	T	°C	23,0	23,0	23,0
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	1,711	1,176	1,713
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm³	25,0	17,6	24,6
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	5,93	6,07	5,83
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	5,94		
Standardabweichung:		%	0,12		
Variationskoeffizient:		%	2,08		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	19.04.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			Ia2		
Entnahmestelle:	-		Immelborn 2/8		
Entnahmetiefe:	m		-		
Entnahme durch:	-		-		
Entnahme am:	-		-		
Art der Entnahme:	-		gestört		
Eingangsdatum:	-		16.12.2020		
Bodenart:	-		fG, mg+		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	995	995	995
Temperatur:	T	°C	23,3	23,3	23,3
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	1,892	1,033	1,699
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm <sup>3</sup>	25,8	15,0	22,4
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	5,53	5,89	5,34
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	5,59		
Standardabweichung:		%	0,28		
Variationskoeffizient:		%	4,93		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:





## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	18.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			la3		
Entnahmestelle:		-	Immelborn 2/8		
Entnahmetiefe:		m	-		
Entnahme durch:		-	-		
Entnahme am:		-	-		
Art der Entnahme:		-	gestört		
Eingangsdatum:		-	16.12.2020		
Bodenart:		-	fG, mg+		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	997	997	997
Temperatur:	T	°C	22,7	22,7	22,7
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	1,824	1,791	1,764
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm³	24,4	24,3	24,2
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	5,44	5,52	5,58
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	5,52		
Standardabweichung:		%	0,07		
Variationskoeffizient:		%	1,26		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	18.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			lb1		
Entnahmestelle:	-		Immelborn 0/8		
Entnahmetiefe:	m		-		
Entnahme durch:	-		-		
Entnahme am:	-		-		
Art der Entnahme:	-		gestört		
Eingangsdatum:	-		16.12.2020		
Bodenart:	-		S, fg, mg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	997	997	997
Temperatur:	T	°C	22,8	22,8	22,8
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	4,701	4,654	4,617
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm <sup>3</sup>	6,0	5,9	5,8
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	0,52	0,52	0,51
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	0,52		
Standardabweichung:		%	0,00		
Variationskoeffizient:		%	0,80		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	18.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			lb2		
Entnahmestelle:		-	Immelborn 0/8		
Entnahmetiefe:		m	-		
Entnahme durch:		-	-		
Entnahme am:		-	-		
Art der Entnahme:		-	gestört		
Eingangsdatum:		-	16.12.2020		
Bodenart:		-	S, fg, mg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	997	997	997
Temperatur:	T	°C	22,8	22,8	22,8
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	4,905	4,737	4,712
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm³	5,1	5,0	5,0
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	0,42	0,43	0,43
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	0,43		
Standardabweichung:		%	0,00		
Variationskoeffizient:		%	1,05		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	18.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			lb3		
Entnahmestelle:		-	Immelborn 0/8		
Entnahmetiefe:		m	-		
Entnahme durch:		-	-		
Entnahme am:		-	-		
Art der Entnahme:		-	gestört		
Eingangsdatum:		-	16.12.2020		
Bodenart:		-	S, fg, mg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	997	997	997
Temperatur:	T	°C	22,8	22,8	22,8
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	4,784	4,707	4,712
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm³	3,8	3,6	3,7
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	0,32	0,31	0,32
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	0,32		
Standardabweichung:		%	0,01		
Variationskoeffizient:		%	1,93		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	18.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			F1		
Entnahmestelle:	-		Fambach I 0/2		
Entnahmetiefe:	m		-		
Entnahme durch:	-		-		
Entnahme am:	-		-		
Art der Entnahme:	-		gestört		
Eingangsdatum:	-		16.12.2020		
Bodenart:	-		mS, gS, fg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	996	996	996
Temperatur:	T	°C	22,7	22,7	22,7
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	2,499	2,409	2,476
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm <sup>3</sup>	14,3	13,3	14,2
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	2,33	2,24	2,33
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	2,30		
Standardabweichung:		%	0,05		
Variationskoeffizient:		%	2,12		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			F2		
Entnahmestelle:	-		Fambach I 0/2		
Entnahmetiefe:	m		-		
Entnahme durch:	-		-		
Entnahme am:	-		-		
Art der Entnahme:	-		gestört		
Eingangsdatum:	-		16.12.2020		
Bodenart:	-		mS, gS, fg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	976	976	976
Temperatur:	T	°C	24,2	24,2	24,2
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	2,126	2,246	2,197
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm <sup>3</sup>	12,1	13,1	12,6
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	2,26	2,31	2,27
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	2,28		
Standardabweichung:		%	0,03		
Variationskoeffizient:		%	1,26		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			F3		
Entnahmestelle:	-		Fambach I 0/2		
Entnahmetiefe:	m		-		
Entnahme durch:	-		-		
Entnahme am:	-		-		
Art der Entnahme:	-		gestört		
Eingangsdatum:	-		16.12.2020		
Bodenart:	-		mS, gS, fg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	976	976	976
Temperatur:	T	°C	24,1	24,1	24,1
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	2,130	2,166	2,117
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm <sup>3</sup>	11,9	11,7	11,6
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	2,22	2,14	2,17
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	2,18		
Standardabweichung:		%	0,04		
Variationskoeffizient:		%	1,69		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			F4		
Entnahmestelle:		-	Fambach II 0/2		
Entnahmetiefe:		m	-		
Entnahme durch:		-	-		
Entnahme am:		-	-		
Art der Entnahme:		-	gestört		
Eingangsdatum:		-	16.12.2020		
Bodenart:		-	mS, gS, fg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	976	976	976
Temperatur:	T	°C	24,4	24,4	24,4
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	2,106	2,086	2,019
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm³	10,9	10,9	10,8
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	2,05	2,07	2,12
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	2,08		
Standardabweichung:		%	0,04		
Variationskoeffizient:		%	1,70		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:





## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			F5		
Entnahmestelle:	-		Fambach II 0/2		
Entnahmetiefe:	m		-		
Entnahme durch:	-		-		
Entnahme am:	-		-		
Art der Entnahme:	-		gestört		
Eingangsdatum:	-		16.12.2020		
Bodenart:	-		mS, gS, fg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	978	978	978
Temperatur:	T	°C	24,2	24,2	24,2
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	2,219	2,403	2,120
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm <sup>3</sup>	12,0	12,8	11,8
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	2,15	2,12	2,21
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	2,16		
Standardabweichung:		%	0,05		
Variationskoeffizient:		%	2,24		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:



## Bestimmung des Kalkgehalts ( nach DIN 18129 - G )

Projekt Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Omar
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	20.01.2021
Auftraggeber:	K + S Minerals & Agriculture GmbH		

Probe Nr.:			F6		
Entnahmestelle:	-		Fambach II 0/2		
Entnahmetiefe:	m		-		
Entnahme durch:	-		-		
Entnahme am:	-		-		
Art der Entnahme:	-		gestört		
Eingangsdatum:	-		16.12.2020		
Bodenart:	-		mS, gS, fg'		
Luftdruck:	P <sub>abs</sub>	hPa	978	978	978
Temperatur:	T	°C	24,6	24,6	24,6
Trockenmasse:	m <sub>d</sub>	g	2,150	2,024	2,073
Geräteablesung:	V <sub>G</sub>	cm <sup>3</sup>	13,0	10,9	11,9
Kalkgehalt:	V <sub>Ca</sub>	%	2,40	2,14	2,28
Kalkgehalt:	Mittelwert	%	2,27		
Standardabweichung:		%	0,13		
Variationskoeffizient:		%	5,78		

Berechnungsgrundlage:

$$V_{Ca} = \frac{P_{abs} * V_G * 0,1207}{(273 + T) * m_d} [\%]$$

Bemerkungen:

# **Anlage 5**

Bestimmung des Wassergehaltes  
an IBECO SEAL 80

Seitenanzahl: 1



## Bestimmung des Wassergehalts ( nach DIN EN ISO 17892-1: 2015-03 )

Projekt-Nr.:	21.020	ausgeführt durch:	Lippert
Projekt:	Eignungsuntersuchungen RM HA 3	Datum:	22.04.2021
Auftraggeber:	K+S Minerals & Agriculture GmbH		

Probenbezeichnung:	-	Ibecoseal 1	Ibecoseal 2	Ibecoseal 3	
Entnahmestelle:	-	Ibecoseal 80			
Entnahmetiefe:	m	-	-	-	
Entnahme durch:	-	-	-	-	
Entnahmedatum:	-	-	-	-	
Art d. Entnahme:	-	gestört	gestört	gestört	
Eingangsdatum:	-	01.02.21	01.02.21	01.02.21	
Bodenart:	-	T, u', fs'	T, u, fs'	T, u, fs'	

### Wassergehaltsbestimmung:

Waage:	Nr	-	5	5	5	
Fehler der Wägung:	$\Delta m$	g	0,01	0,01	0,01	
Feuchtmasse + Tara:	$A = m + m_B$	g	135,59	172,28	155,63	
Trockenmasse + Tara:	$B = m_d + m_B$	g	122,57	155,17	140,60	
Tara:	$C = m_B$	g	6,73	6,73	6,75	
Wasser:	$m_W = A - B$	g	13,02	17,11	15,03	
Trockenmasse:	$m_d = B - C$	g	115,84	148,44	133,85	
Wassergehalt:	$w = m_W / m_d * 100$	%	11,2	11,5	11,2	
Messunsicherheit:	$\Delta w$	%	0,01	0,01	0,01	

### Bemerkungen:

# **Anlage 6**

## **Bestimmung der Korngrößenverteilung an IBECO SEAL 80**

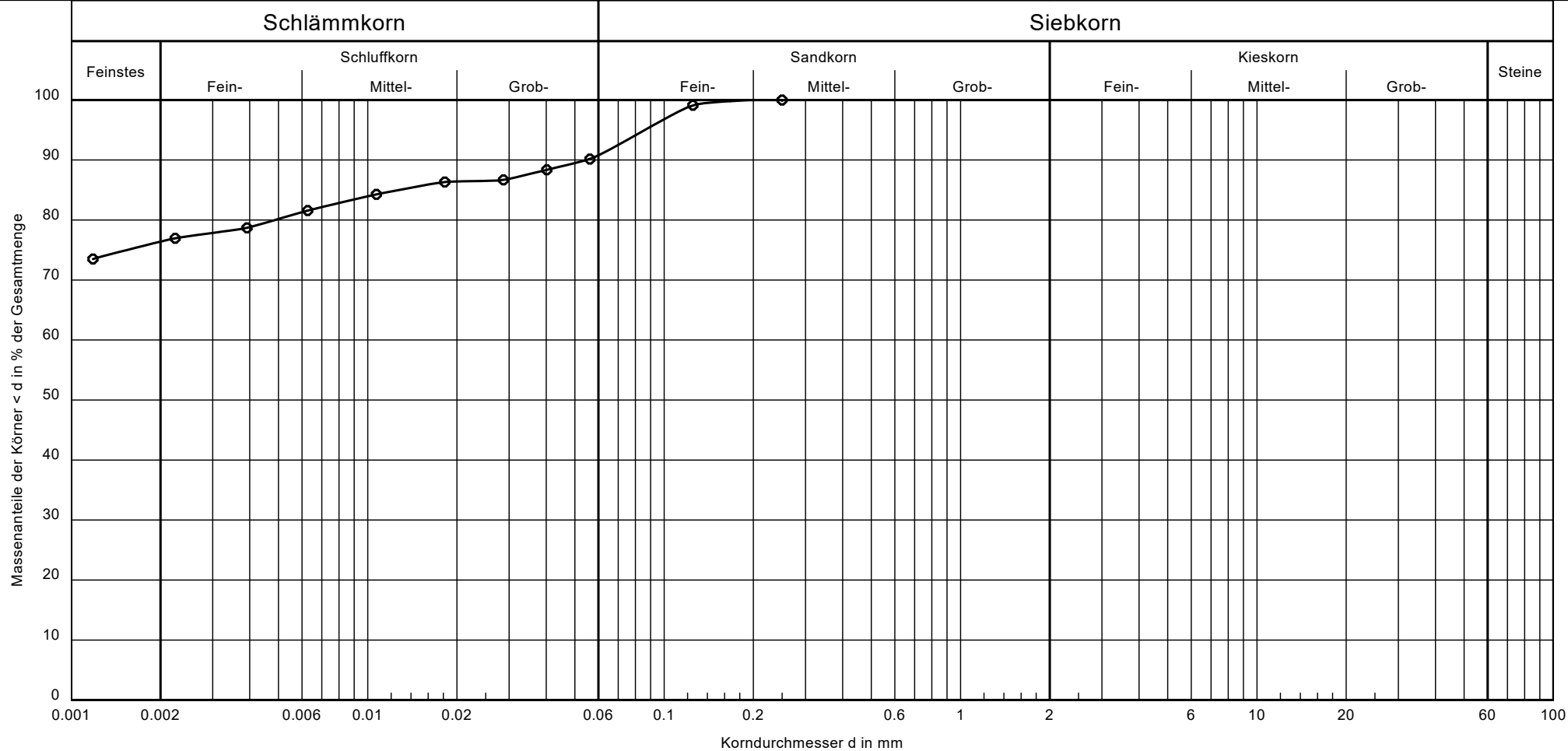
Seitenanzahl: 3



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lippert  
 ausgeführt am: 31.05.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



Probenbezeichnung:	lbecoseal 1
Entnahmestelle:	-
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	T, u', fs'
Anteile:	76.4/14.9/8.7/ -

Bemerkungen:

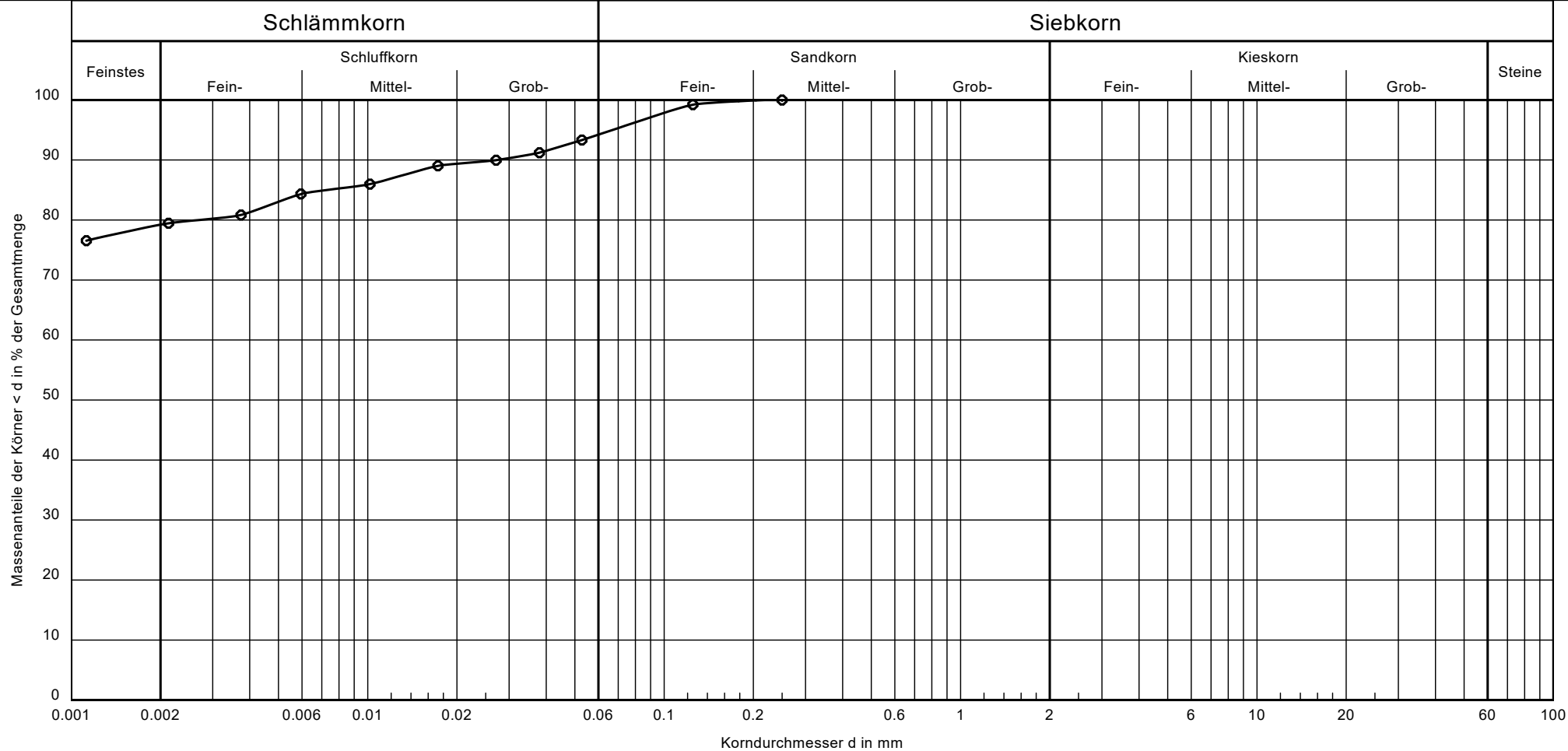
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 6.1



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lippert  
 ausgeführt am: 31.05.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



Probenbezeichnung:	lbecoseal 2
Entnahmestelle:	-
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	T, u, fs'
Anteile:	79.2/15.3/5.4/ -

Bemerkungen:

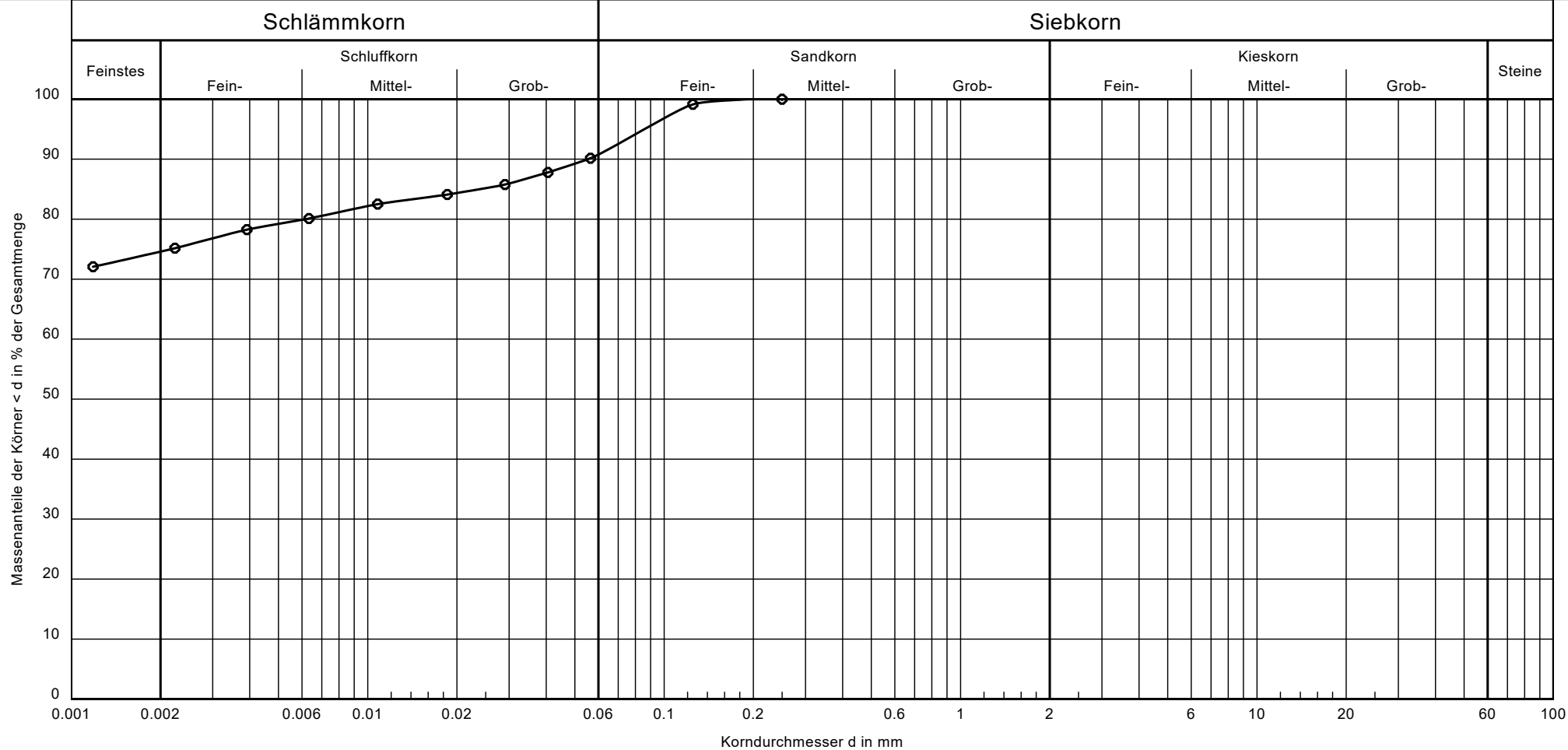
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 6.2



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lippert  
 ausgeführt am: 31.05.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



Probenbezeichnung:	lbecoseal 3
Entnahmestelle:	-
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	T, u, fs'
Anteile:	74.6/16.7/8.7/ -

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 6.3



# **Anlage 7**

Bestimmung der Wasseraufnahme-  
fähigkeit an IBECO SEAL 80

Seitenanzahl: 3



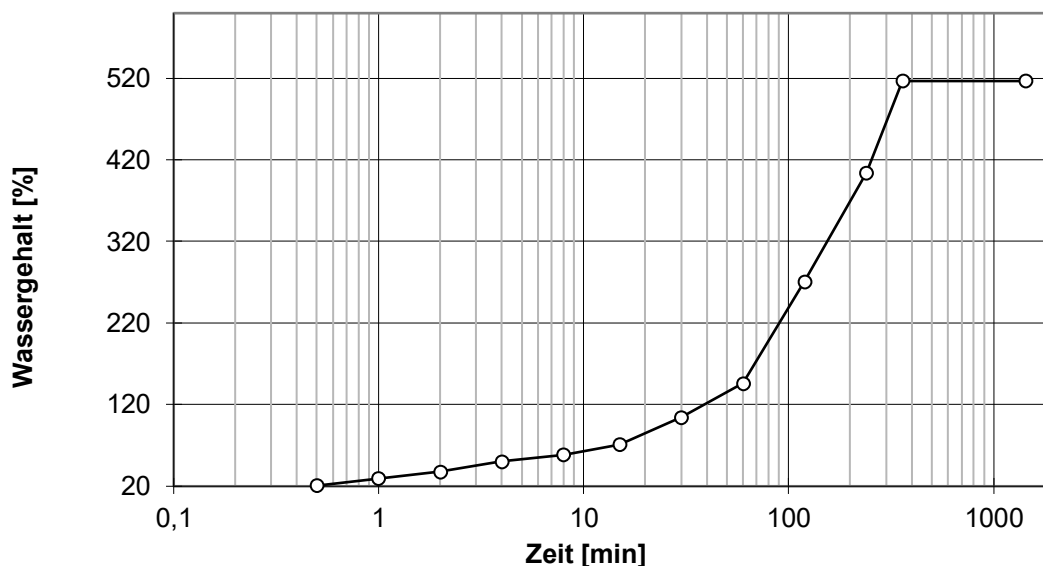
## Wasseraufnahmefähigkeit ( nach DIN 18132 - A )

Projekt Nr.:	21.020	Probenbezeichnung:	Ibecoseal 1
Projekt:	Eignungsuntersuchung RM HA3	Ausgeführt durch:	Lippert
Auftraggeber:	K+S Minerals & Agriculture GmbH	Datum:	17.05.2021
Entnahmestelle:	-	Eingangsdatum:	-
Entnahmetiefe:	-	Entnahme durch:	-
Art der Entnahme:	gestört	Entnahmedatum:	-
		Bodenart:	Ibecoseal 80 / Wasser

Beginn der Messung 10:37 Uhr					Raumtemperatur: 23,2 °C				
Zeit min	Ablesung ml	Verdunstung ml	m <sub>w</sub> ml	w <sub>A</sub> %	Zeit min	Ablesung ml	Verdunstung ml	m <sub>w</sub> ml	w <sub>A</sub> %
0,5	0,025		0,025	20,8	30	0,125		0,125	104,2
1	0,035		0,035	29,2	60	0,175		0,175	145,8
2	0,045		0,045	37,5	120	0,325		0,325	270,8
4	0,060		0,060	50,0	240	0,485		0,485	404,2
8	0,070		0,070	58,3	360	0,620		0,620	516,7
15	0,085		0,085	70,8	1440	0,620		0,620	516,7

Trockenmasse m<sub>t</sub>= 0,120 g

Wasseraufnahmevermögen w<sub>A</sub>= 516,7 %



Bemerkungen:



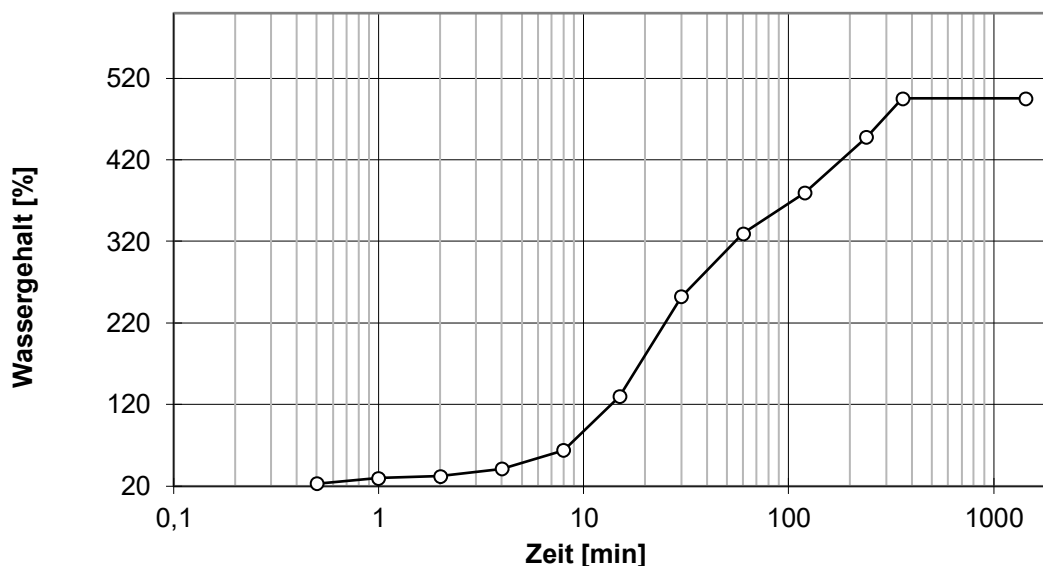
## Wasseraufnahmefähigkeit ( nach DIN 18132 - A )

Projekt Nr.:	21.020	Probenbezeichnung:	Ibecoseal 2
Projekt:	Eignungsuntersuchung RM HA3	Ausgeführt durch:	Lippert
Auftraggeber:	K+S Minerals & Agriculture GmbH	Datum:	17.05.2021
Entnahmestelle:	-	Eingangsdatum:	-
Entnahmetiefe:	-	Entnahme durch:	-
Art der Entnahme:	gestört	Entnahmedatum:	-
		Bodenart:	Ibecoseal 80 / Wasser

Beginn der Messung 10:28 Uhr					Raumtemperatur: 23 °C				
Zeit min	Ablesung ml	Verdunstung ml	m <sub>w</sub> ml	w <sub>A</sub> %	Zeit min	Ablesung ml	Verdunstung ml	m <sub>w</sub> ml	w <sub>A</sub> %
0,5	0,050		0,050	22,7	30	0,555		0,555	252,3
1	0,065		0,065	29,5	60	0,725		0,725	329,5
2	0,070		0,070	31,8	120	0,835		0,835	379,5
4	0,090		0,090	40,9	240	0,985		0,985	447,7
8	0,140		0,140	63,6	360	1,090		1,090	495,5
15	0,285		0,285	129,5	1440	1,090		1,090	495,5

Trockenmasse m<sub>t</sub>= 0,220 g

Wasseraufnahmevermögen w<sub>A</sub>= 495,5 %



Bemerkungen:



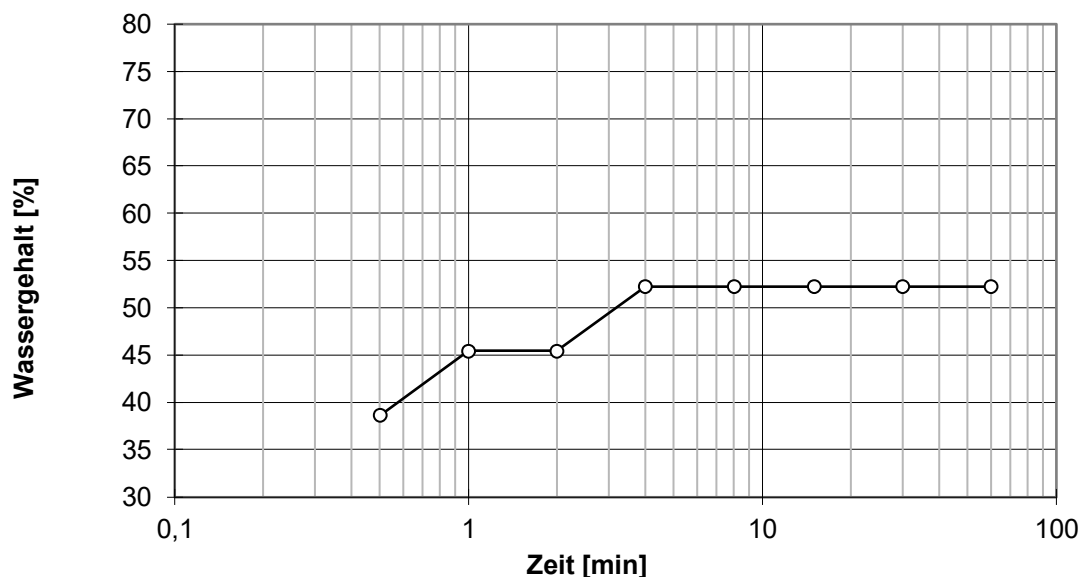
## Wasseraufnahmefähigkeit ( nach DIN 18132 - A )

Projekt Nr.:	21.020	Probenbezeichnung:	Ibecoseal 3
Projekt:	Eignungsuntersuchung RM HA3	Ausgeführt durch:	Lippert
Auftraggeber:	K+S Minerals & Agriculture GmbH	Datum:	17.05.2021
Entnahmestelle:	-	Eingangsdatum:	-
Entnahmetiefe:	-	Entnahme durch:	-
Art der Entnahme:	gestört	Entnahmedatum:	-
		Bodenart:	Ibecoseal 80 / Haldenwasser

Beginn der Messung 11:00 Uhr					Raumtemperatur: 23,2 °C				
Zeit min	Ablesung ml	Verdunstung ml	m <sub>w</sub> ml	w <sub>A</sub> %	Zeit min	Ablesung ml	Verdunstung ml	m <sub>w</sub> ml	w <sub>A</sub> %
0,5	0,085		0,085	38,6	30	0,115		0,115	52,3
1	0,100		0,100	45,5	60	0,115		0,115	52,3
2	0,100		0,100	45,5	120				
4	0,115		0,115	52,3	240				
8	0,115		0,115	52,3	360				
15	0,115		0,115	52,3	1440				

Trockenmasse m<sub>t</sub>= 0,220 g

Wasseraufnahmevermögen w<sub>A</sub>= 52,3 %



Bemerkungen:

# **Anlage 8**

## **Bestimmung der Korngrößenverteilung untere Lage**

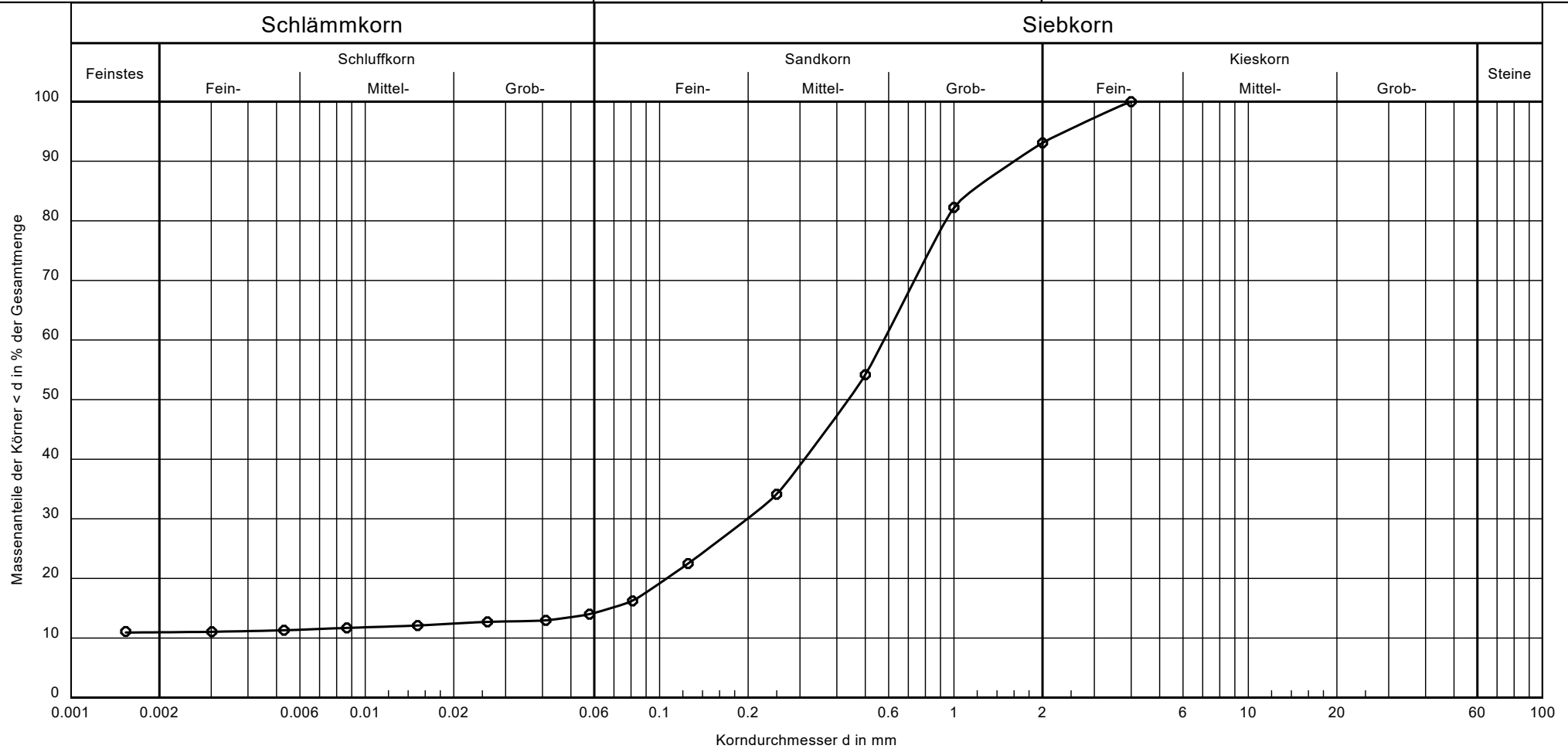
Seitenanzahl: 3



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Laschet  
 ausgeführt am: 26.04.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



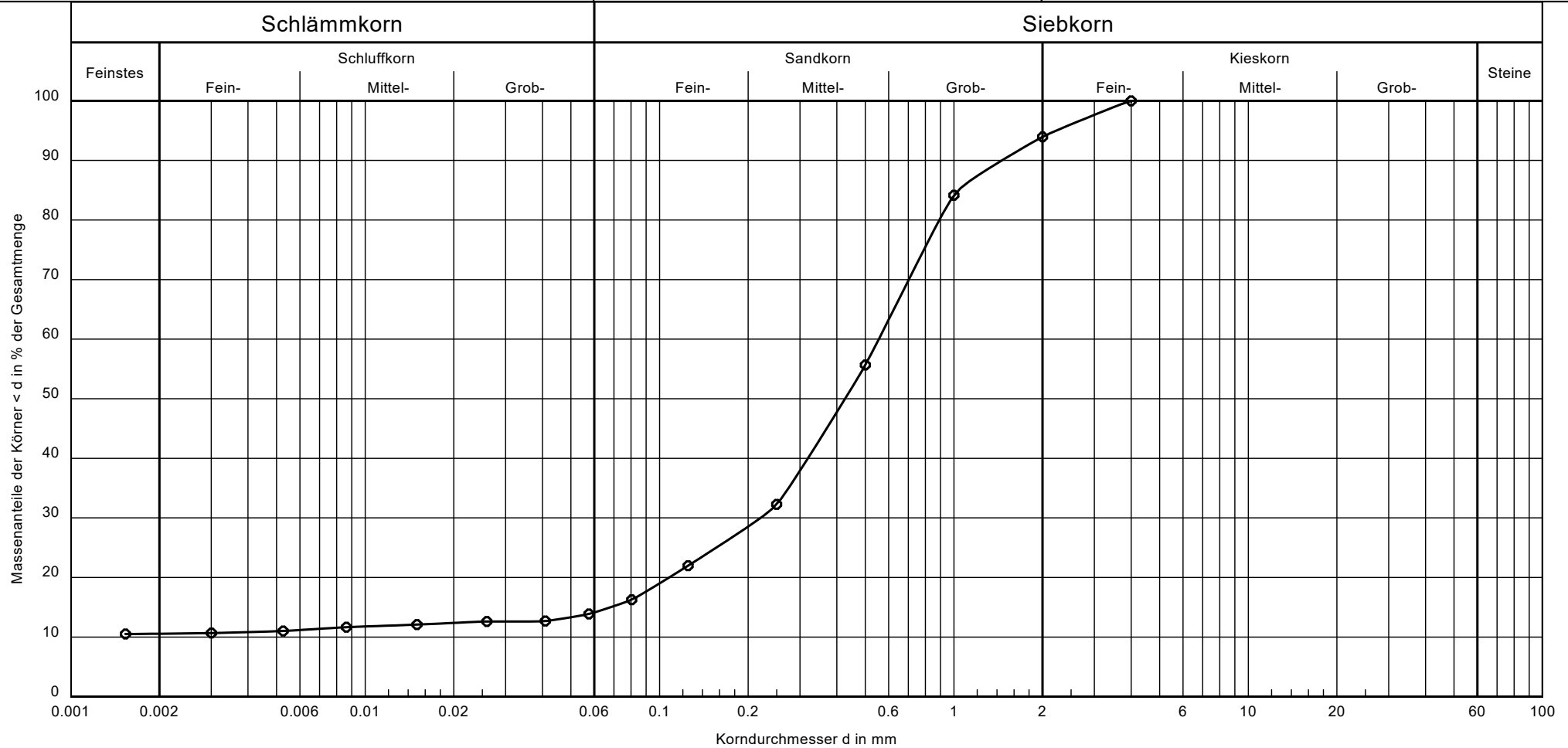
Probenbezeichnung:	uL 1	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 8.1
Entnahmestelle:	-		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	S, t', fg'		
Anteile:	11.0/3.5/78.6/6.9		



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Laschet  
 ausgeführt am: 26.04.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



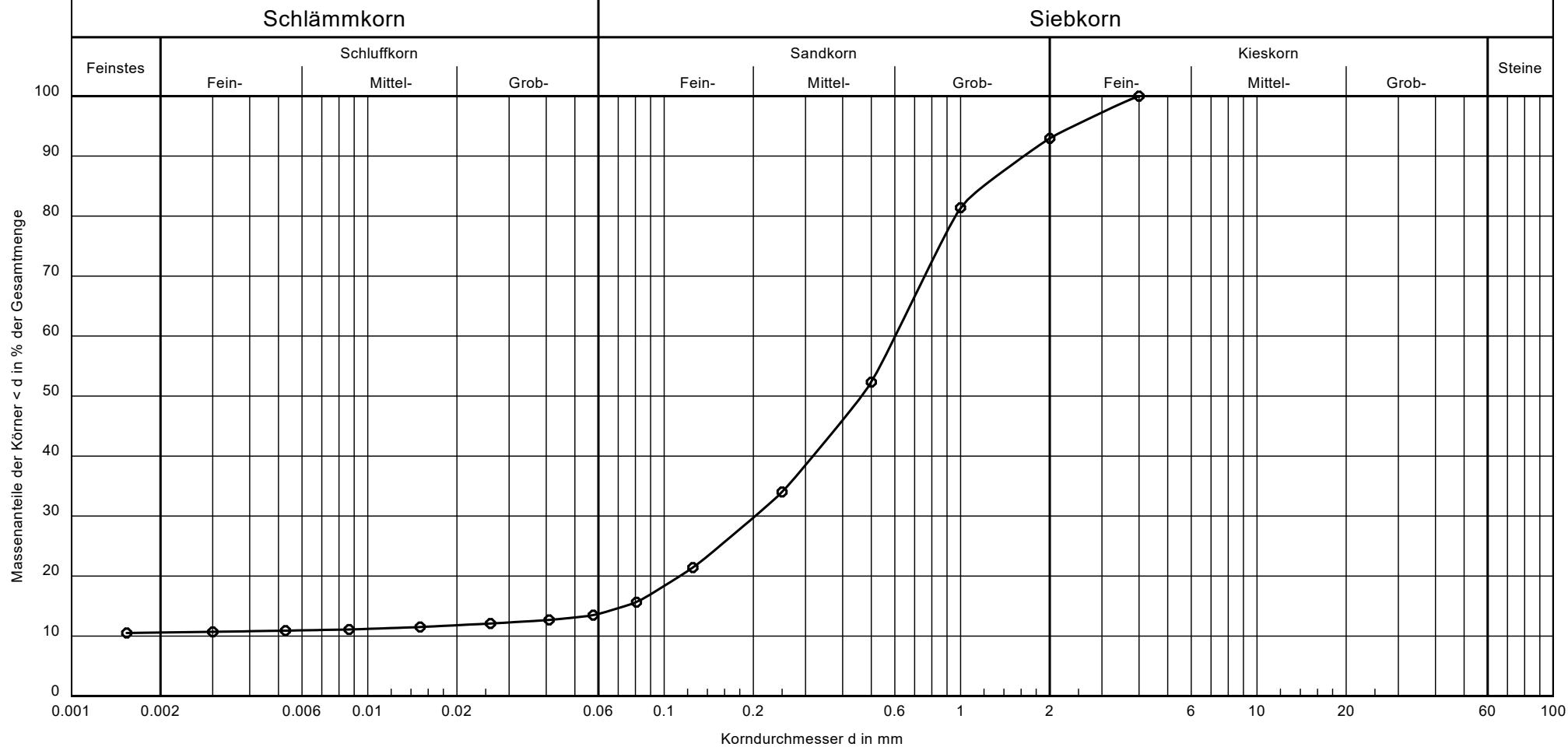
Probenbezeichnung:	uL 2	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 8.2
Entnahmestelle:	-		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	S, t', fg'		
Anteile:	10.6/3.9/79.5/6.1		



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Laschet  
 ausgeführt am: 26.04.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



Probenbezeichnung:	uL 3
Entnahmestelle:	-
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	S, t', fg'
Anteile:	10.6/3.4/79.0/7.1

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 8.3



# **Anlage 9**

## **Bestimmung der Proctordichte untere Lage**

Seitenanzahl: 4



# Proctorkurve nach DIN 18 127

K+S Minerals and Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchung SyBa HA3

Bearbeiter: Lippert

Datum: 10.06.2021

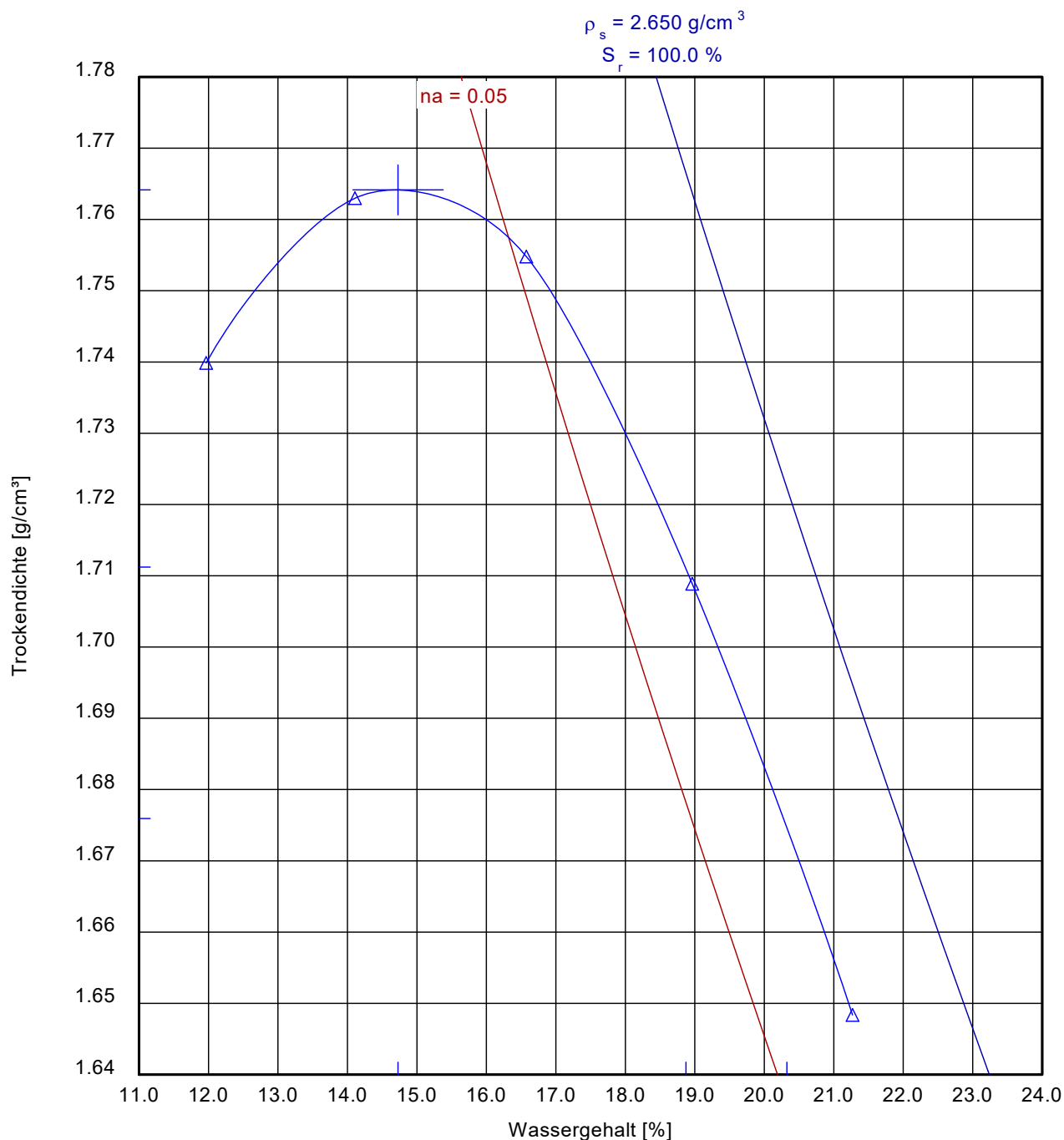
Probenbezeichnung: Proctor 1 untere Lage

Entnahmestelle: -

Tiefe: -

Bodenart: 80 % 0/2 + 19,6 % Ibecoseal + 0,4 % Polymer

Probe entnommen am: -



100 % der Proctordichte  $\rho_{pr} = 1.764 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{pr} = 14.7 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.711 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 18.9 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.676 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 20.3 \%$



# Proctorkurve nach DIN 18 127

**K+S Minerals and Agriculture GmbH**  
**Eignungsuntersuchung SyBa HA3**

Bearbeiter: Lippert

Datum: 10.06.2021

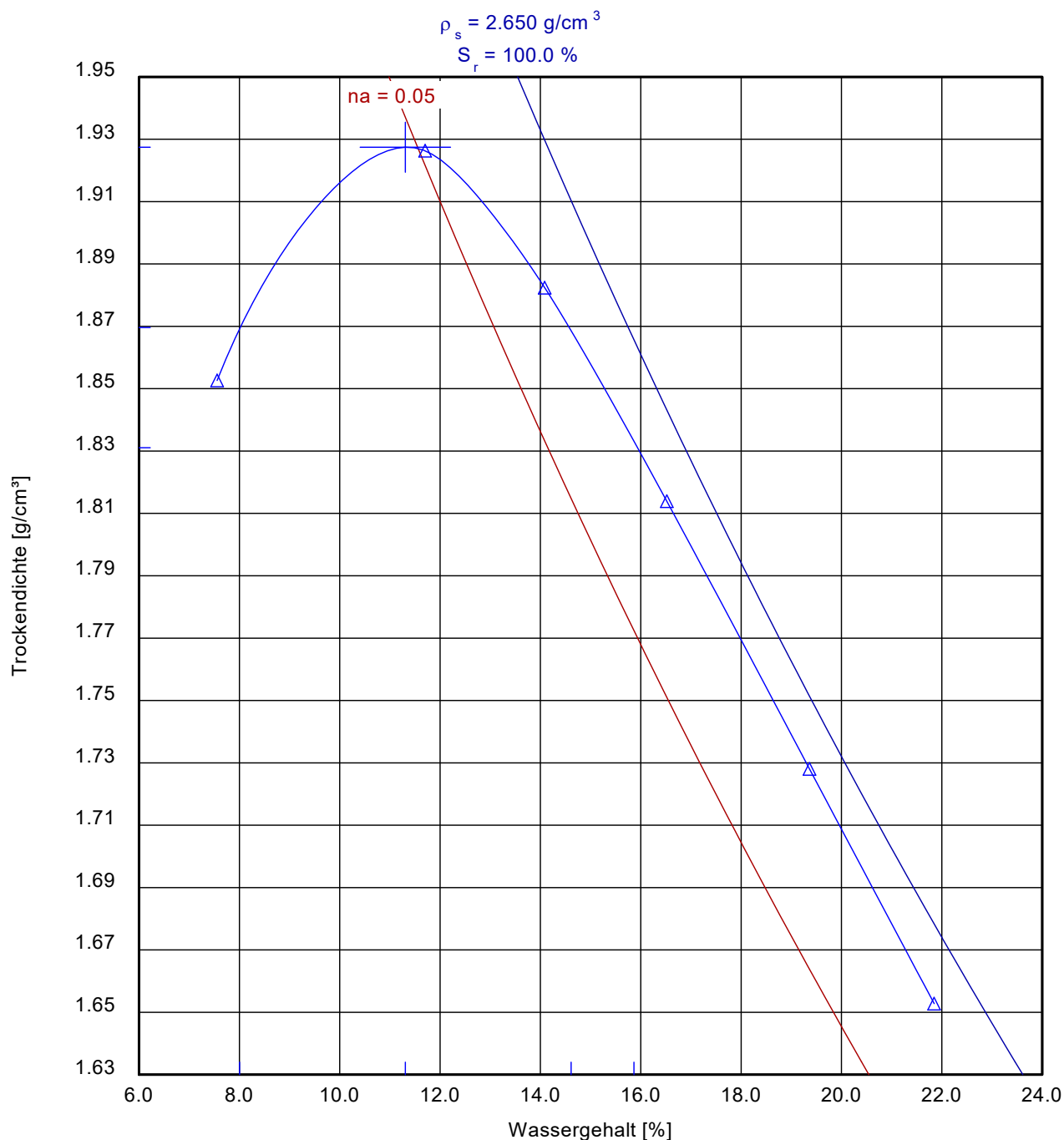
Probenbezeichnung: Proctor 2 untere Lage-modifiziert

Entnahmestelle: -

Tiefe: -

Bodenart: 80 % 0/2 + 19,6 % Ibecoseal + 0,4 % Polymer

Probe entnommen am: -



100 % der Proctordichte  $\rho_{pr} = 1.927 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{pr} = 11.3 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.870 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 8.0 / 14.6 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.831 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 15.9 \%$



# Proctorkurve nach DIN 18 127

**K+S Minerals and Agriculture GmbH**  
**Eignungsuntersuchung SyBa HA3**

Bearbeiter: Lippert

Datum: 16.11.2021

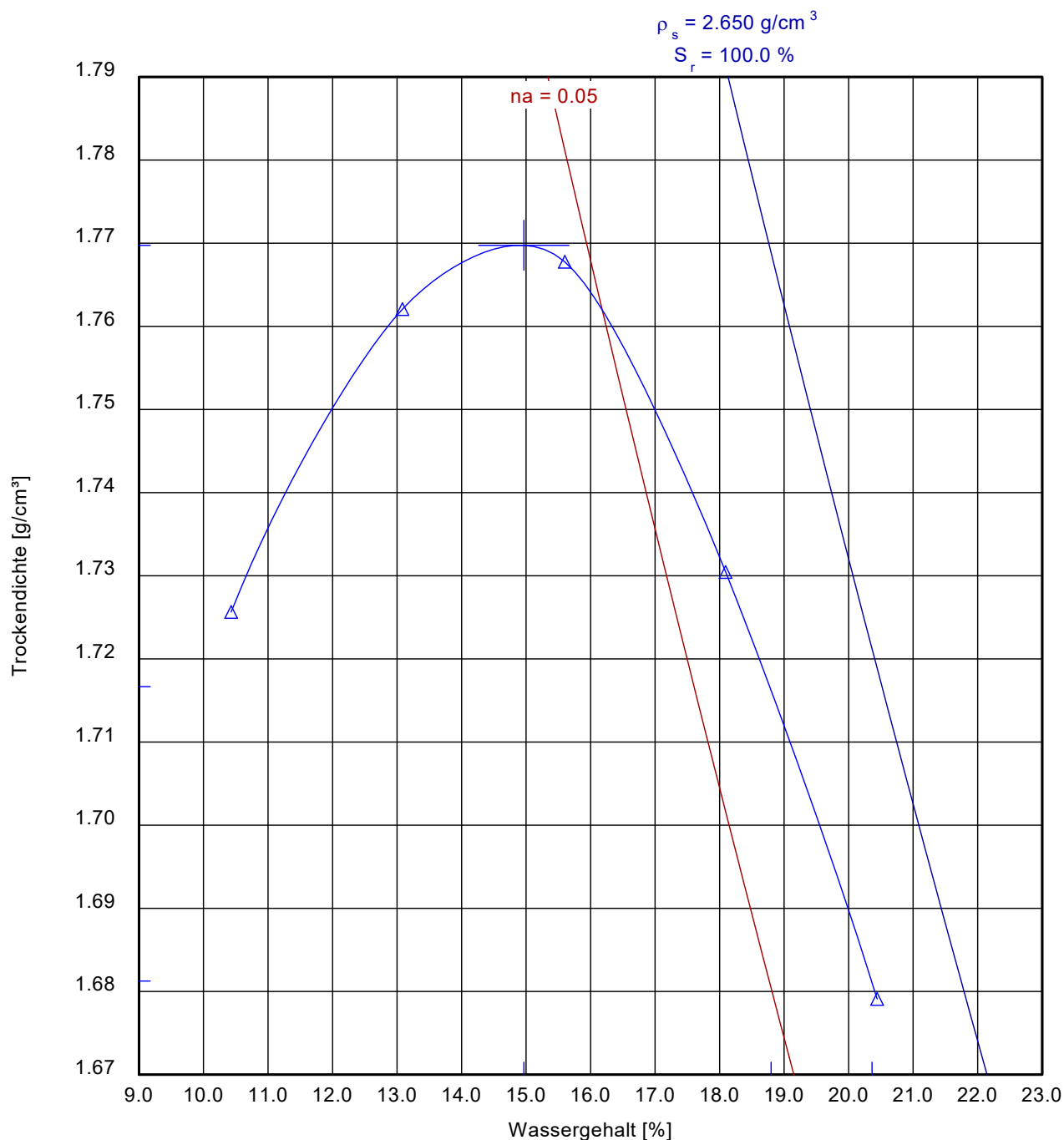
Probenbezeichnung: Proctor 2 untere Lage-modifiziert

Entnahmestelle: -

Tiefe: -

Bodenart: 80 % 0/2 + 19,6 % Ibecoseal + 0,4 % Polymer

Probe entnommen am: -



100 % der Proctordichte  $\rho_{pr} = 1.770 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{pr} = 15.0 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.717 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 18.8 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.681 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 20.4 \%$



# Proctorkurve nach DIN 18 127

K+S Minerals and Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchung SyBa HA3

Bearbeiter: Lippert

Datum: 17.11.2021

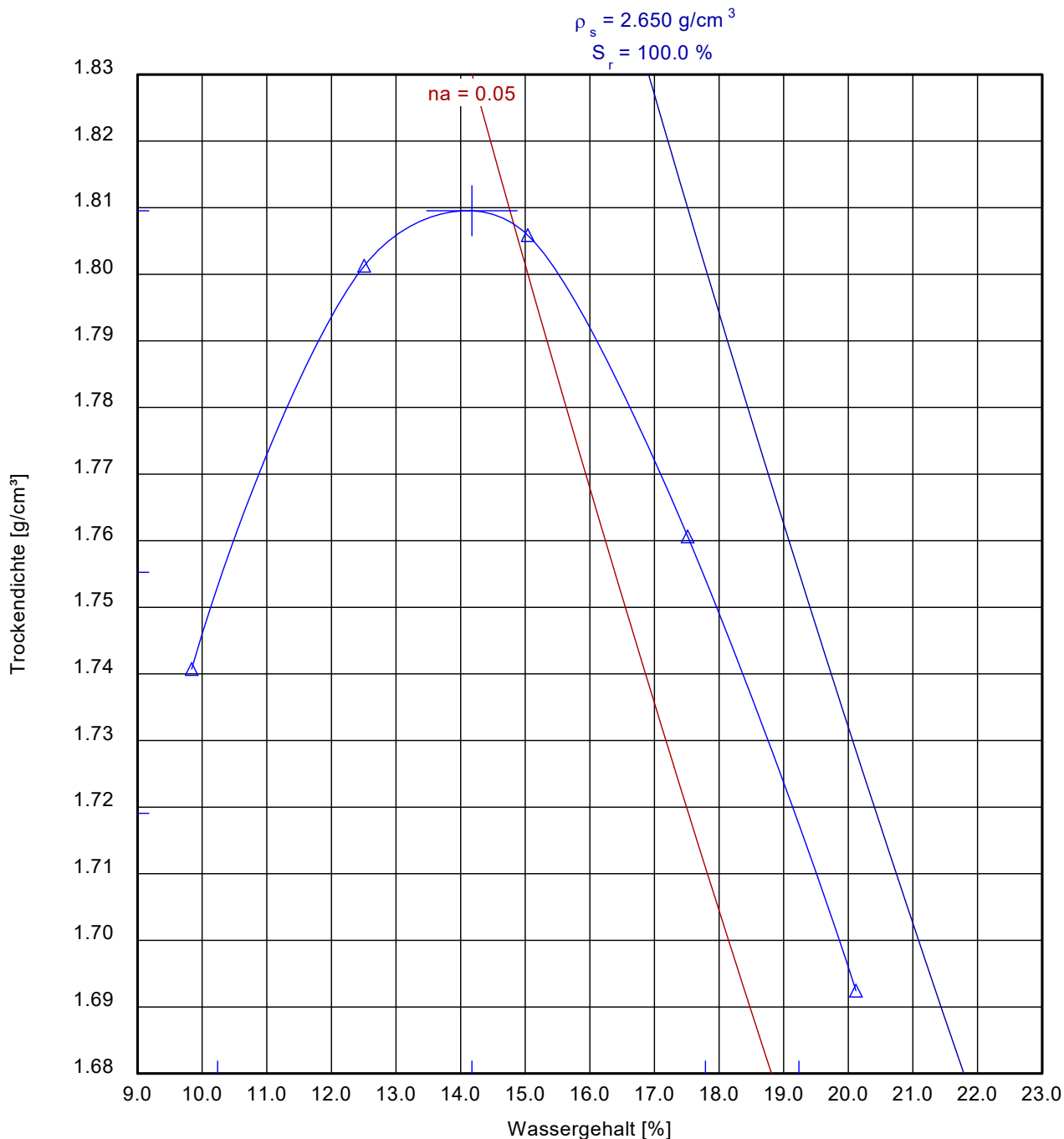
Probenbezeichnung: Proctor 4 untere Lage-5Lage kleiner Hammer

Entnahmestelle: -

Tiefe: -

Bodenart: 80 % 0/2 + 19,6 % Ibeseal + 0,4 % Polymer

Probe entnommen am: -



100 % der Proctordichte  $\rho_{pr} = 1.810 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{pr} = 14.2 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.755 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 10.2 / 17.8 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.719 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 19.2 \%$

# **Anlage 10**

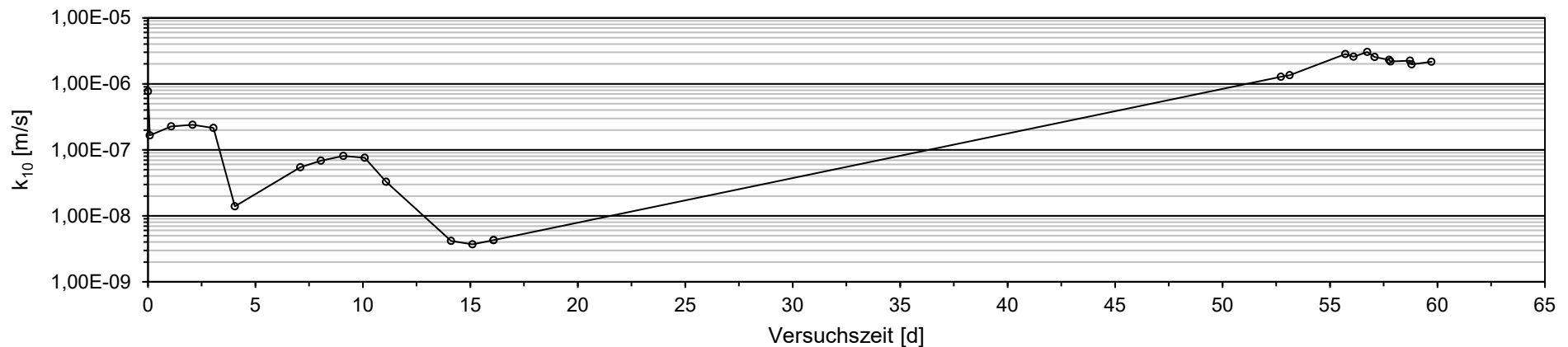
Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit  
untere Lage

Seitenanzahl: 10



**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

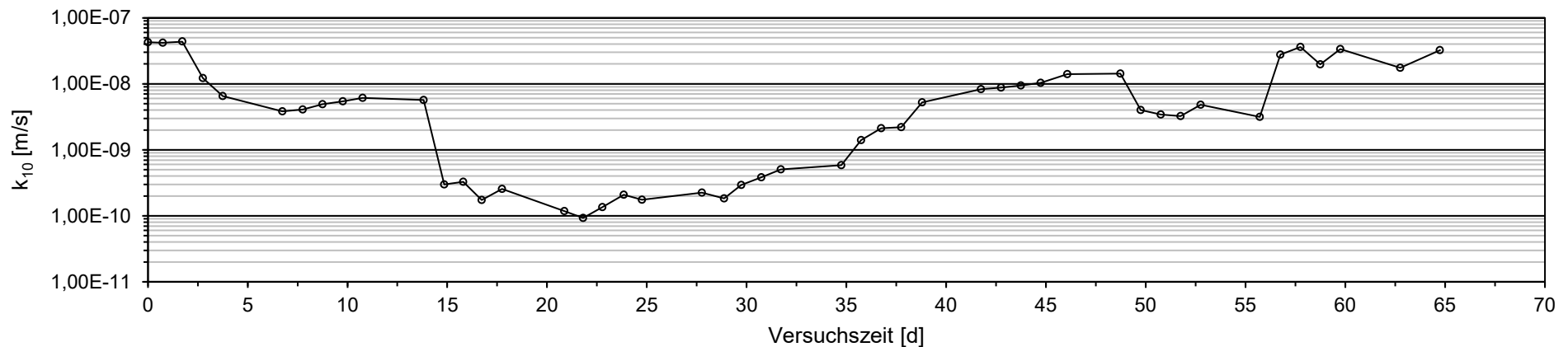
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	uL-WE1	Auftraggeber:	K+S	Datum:	23.06.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1812
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	12,01	Porenzahl e [-]:	0,54	
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	1,923	Luftporenanteil n <sub>a</sub> [%]:	14,61	
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,716	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	58,52	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	19,48	Porenzahl e [-]:	0,55	
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	2,046	Luftporenanzahl n <sub>a</sub> [%]:	2,02	
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,712	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	94,28	
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: k<sub>10</sub> [m/s] = 2,24E-06</b>		





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert	
Probe-Nr.:	uL-WE2	Auftraggeber:	K+S	Datum:	23.06.2021	
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:		
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage		
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser		
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:	1870
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48		
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	13,27	Porenzahl e [-]:	0,51		
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	1,984	Luftporenanteil n <sub>a</sub> [%]:	10,65		
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,752	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	68,57		
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	18,54	Porenzahl e [-]:	0,49		
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	2,103	Luftporenanzahl n <sub>a</sub> [%]:	0,16		
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,774	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	99,51		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	Stabilisierter Endwert: k <sub>10</sub> [m/s] = 2,93E-08			

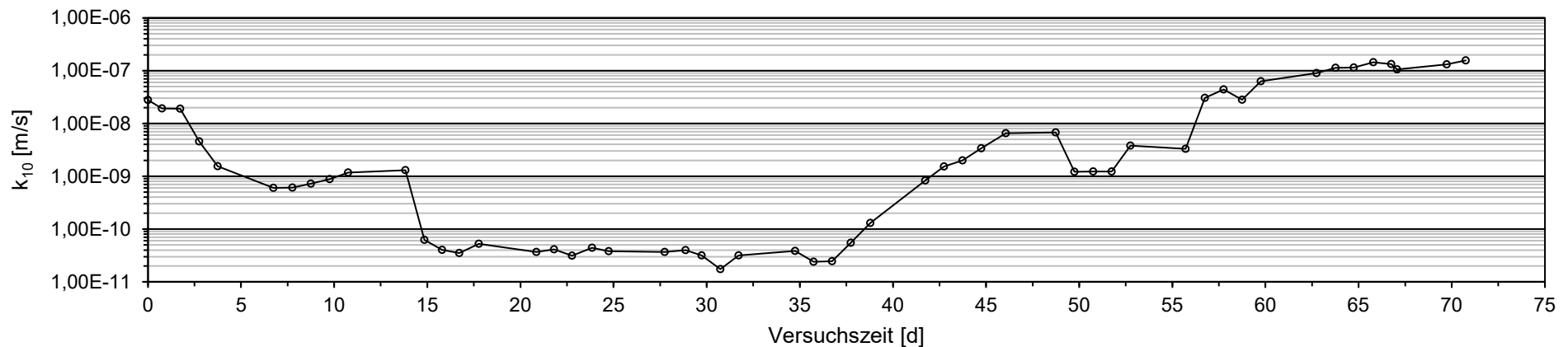






**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

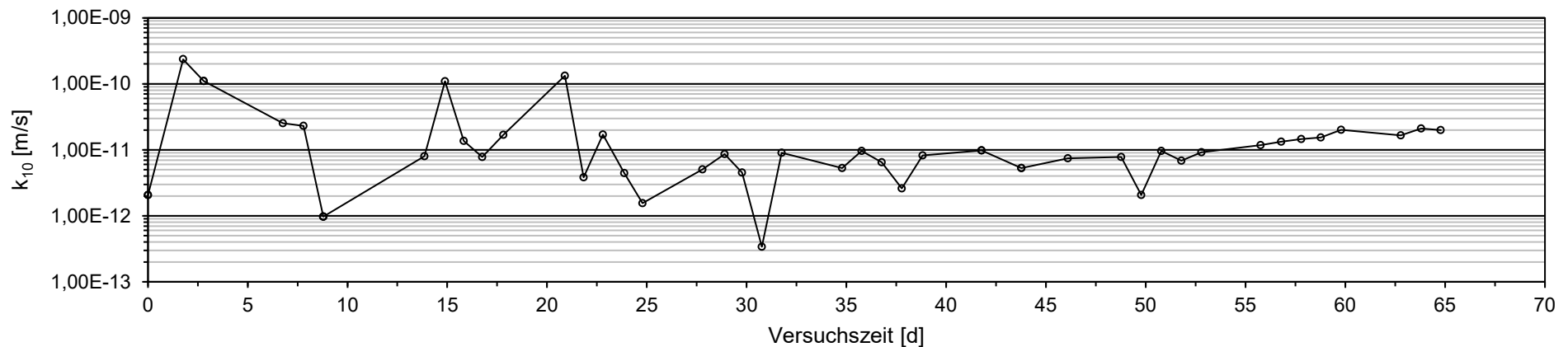
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	uL-WE3	Auftraggeber:	K+S	Datum:	23.06.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1914
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	15,71	Porenzahl e [-]:	0,51	
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	2,031	Luftporenanteil n <sub>a</sub> [%]:	6,20	
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,755	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	81,65	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:		Luftporenanzahl n <sub>a</sub> [%]:		
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:		Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	Stabilisierter Endwert: k <sub>10</sub> [m/s] = 1,27E-07		





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

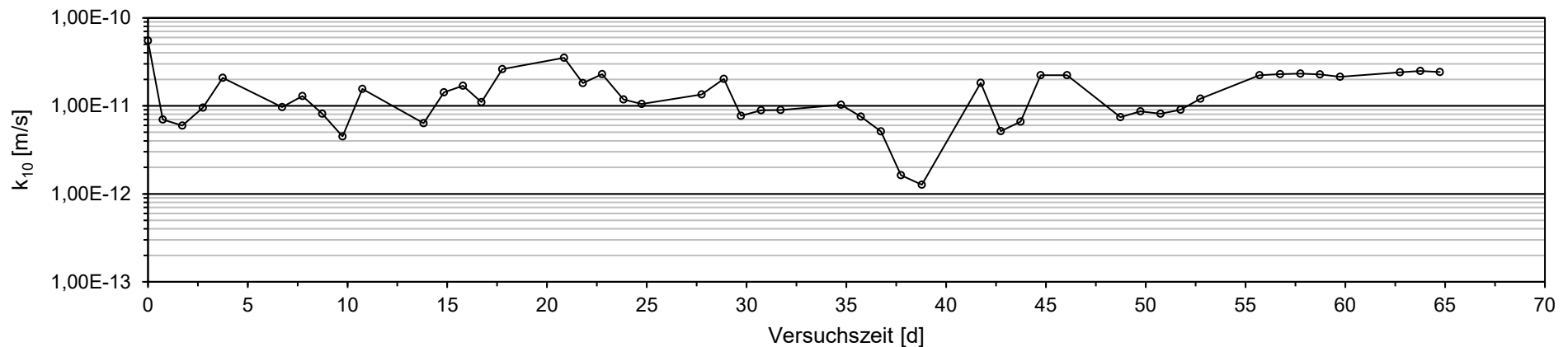
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	uL-WE4	Auftraggeber:	K+S	Datum:	23.06.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1910
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	17,94	Porenzahl e [-]:	0,54	
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	2,027	Luftporenanteil n <sub>a</sub> [%]:	4,33	
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,718	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	87,68	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	20,20	Porenzahl e [-]:	0,54	
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	2,074	Luftporenanzahl n <sub>a</sub> [%]:	0,03	
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,725	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	99,90	
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: k<sub>10</sub> [m/s] = 1,73E-11</b>		





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

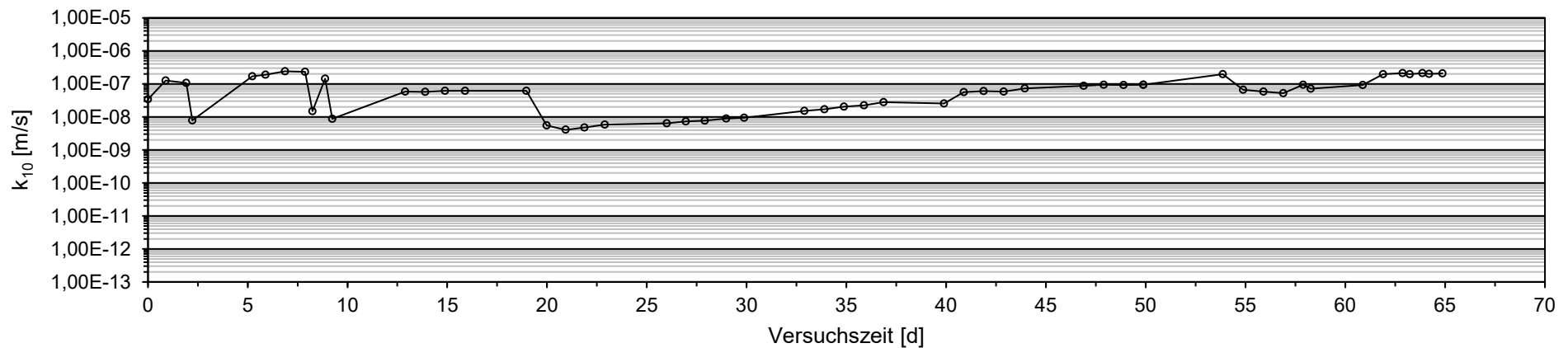
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	uL-WE5	Auftraggeber:	K+S	Datum:	23.06.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1893
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	20,60	Porenzahl e [-]:	0,59	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,009	Luftporenanteil $n_a$ [%]:	2,84	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,665	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	92,34	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	22,02	Porenzahl e [-]:	0,58	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,042	Luftporenanzahl $n_a$ [%]:	0,00	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,673	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	100,00	
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: <math>k_{10}</math> [m/s] = 2,32E-11</b>		





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

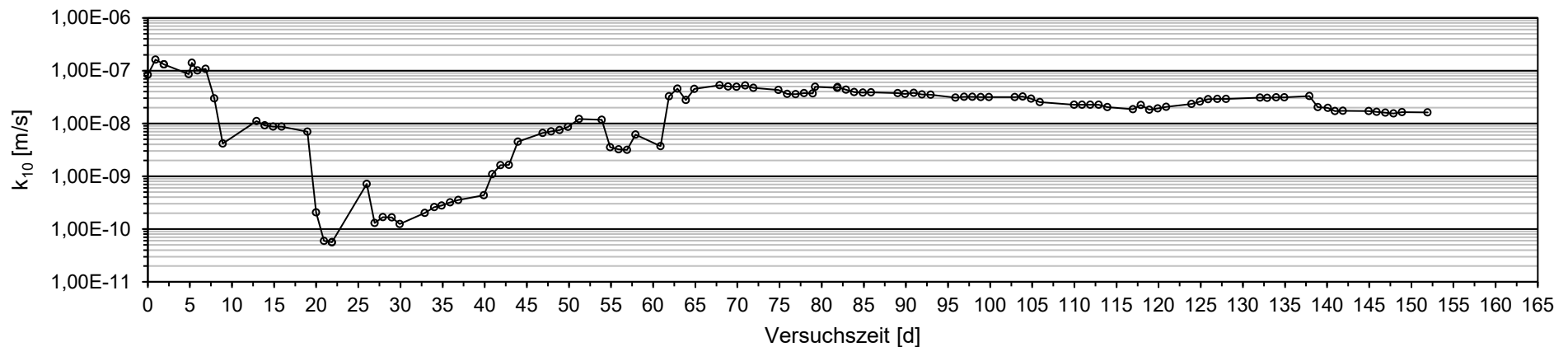
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	uL-P2-wopt	Auftraggeber:	K+S	Datum:	18.06.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1889
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	15,12	Porenzahl e [-]:	0,52	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,004	Luftporenanteil $n_a$ [%]:	7,98	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,741	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	76,75	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	19,76	Porenzahl e [-]:	0,52	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,082	Luftporenanzahl $n_a$ [%]:	0,04	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,738	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	99,87	
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: <math>k_{10}</math> [m/s] = 2,04E-07</b>		





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

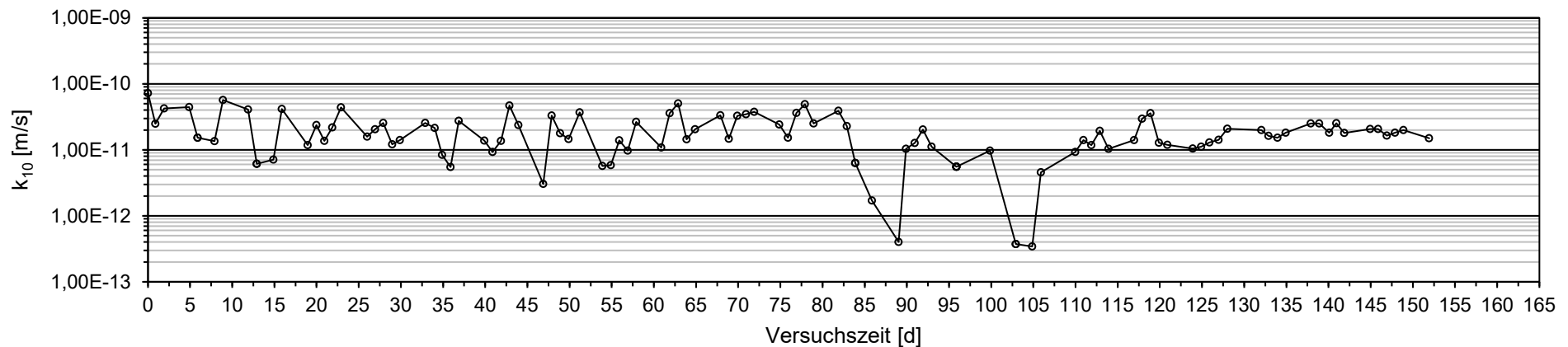
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	uL-P3-wopt	Auftraggeber:	K+S	Datum:	18.06.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1904
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	15,36	Porenzahl e [-]:	0,51	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,020	Luftporenanteil $n_a$ [%]:	7,02	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,751	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	79,31	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:		Luftporenanzahl $n_a$ [%]:		
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:		Sättigungsgrad $S_r$ [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: <math>k_{10}</math> [m/s] = 1,73E-08</b>		





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	uL-P1*-wopt	Auftraggeber:	K+S	Datum:	18.06.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1925
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	15,14	Porenzahl e [-]:	0,49	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,042	Luftporenanteil $n_a$ [%]:	6,20	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,774	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	81,24	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:		Luftporenanzahl $n_a$ [%]:		
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:		Sättigungsgrad $S_r$ [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: <math>k_{10}</math> [m/s] = 1,96E-11</b>		

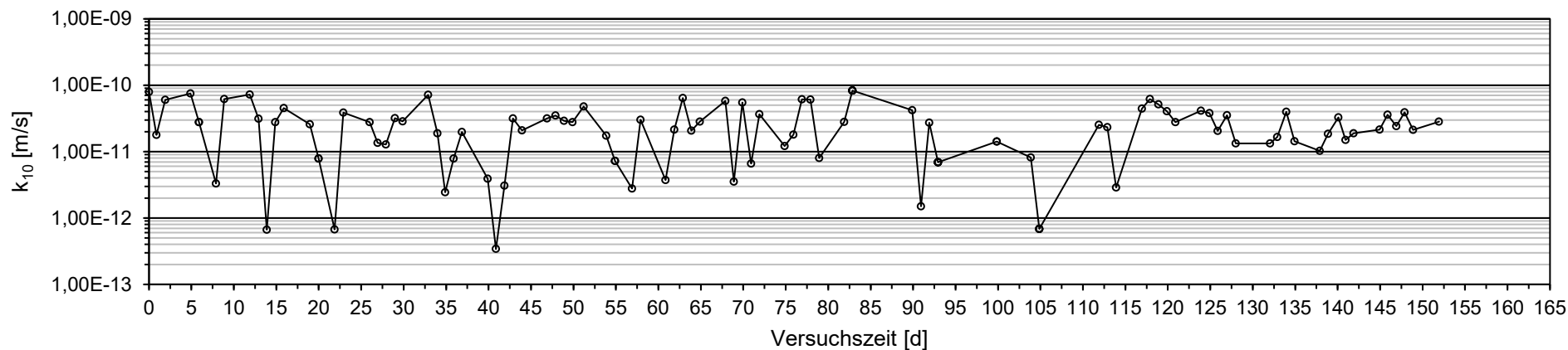




# Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes

nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

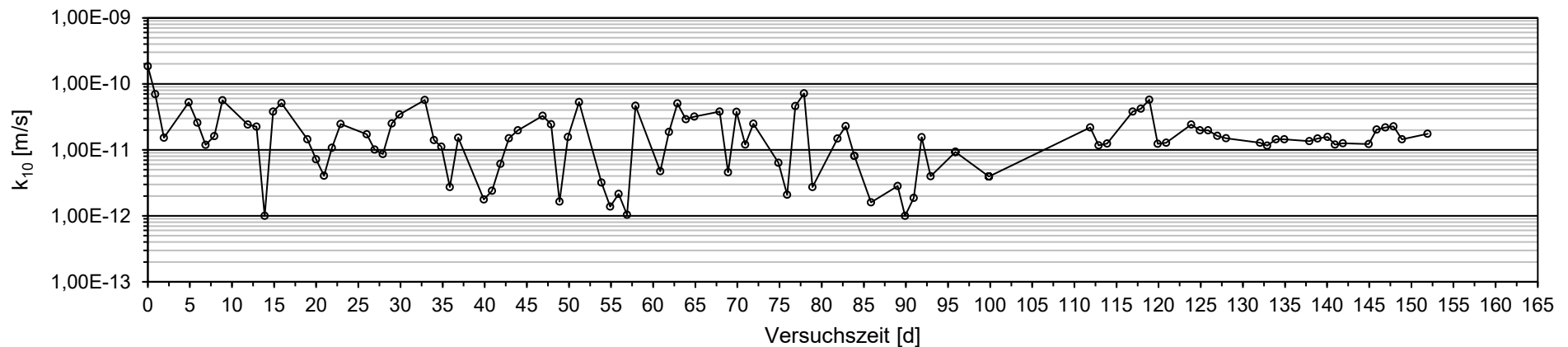
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3		Bearbeiter:	Lippert	
Probe-Nr.:	uL-P2*-wopt	Auftraggeber:	K+S		Datum:	18.06.2021	
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-		Bemerkungen:		
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-		Reifezeit: 5 Tage		
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage		Prüfmedium: Haldenwasser		
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:	1916	
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48			
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	15,58		Porenzahl e [-]:	0,51		
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	2,033		Luftporenanteil n <sub>a</sub> [%]:	6,22		
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,759		Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	81,49		
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:			Porenzahl e [-]:			
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:			Luftporenanzahl n <sub>a</sub> [%]:			
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:			Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:			
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30		Stablisierter Endwert: k <sub>10</sub> [m/s] = 2,33E-11			





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	uL-P3*-wopt	Auftraggeber:	K+S	Datum:	18.06.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	untere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1922
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	16,01	Porenzahl e [-]:	0,51	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,039	Luftporenanteil $n_a$ [%]:	5,52	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,758	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	83,60	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:		Luftporenanzahl $n_a$ [%]:		
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:		Sättigungsgrad $S_r$ [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: <math>k_{10}</math> [m/s] = 1,57E-11</b>		





# **Anlage 11**

Bestimmung der direkten Scherfestigkeit  
untere Lage

Seitenanzahl: 3



Anlage-Nr.:

3.1.1

## Scherversuch

DIN 18137-3

Projektbezeichnung:	Duellmann_21-02	Projektbezeichnung AG:	RM HA 3	Labornummer:	1695
Projektnummer:	21243	Projektnummer AG:	21.020	Probenbezeichnung:	untere Lage
Entnahmestelle:	-	Entnahmedatum:	15.10.2021	Ausgeföhrt von:	AL/BE
Entnahmetiefe:	- m u. GOK	Eingangsdatum:	20.10.&02.11.2021	Ausgeföhrt am:	20.10.-05.11.2021
Art der Entnahme:	gestört	Bodenart:	siehe A 1	DIN 4022	Bodengruppe: siehe A 1
					DIN 18196

Versuch Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	[-]
Schergerät Nr.:	1	1	1	1	1	-	-	[-]
Normalspannung Konsolidierung:	$\sigma'_c$	200	400	600	1200	-	-	[kN/m <sup>2</sup> ]
Normalspannung Scherversuch:	$\sigma'$	200	400	600	1200	-	-	[kN/m <sup>2</sup> ]
Seitenlängen a / b Scherkasten:	a/b	6,00	6,00	6,00	6,00	-	-	[cm]
Probenfläche:	A	36,00	36,00	36,00	36,00	-	-	[cm <sup>2</sup> ]
Probenhöhe Einbau:	$h_{pE}$	2,75	2,75	2,75	2,75	-	-	[cm]
Probenvolumen Einbau:	$V_{pE}$	99,00	99,00	99,00	99,00	-	-	[cm <sup>3</sup> ]
Probenhöhe n. Konsolidierung:	$h_{pC}$	2,56	2,49	2,44	2,3218	-	-	[cm]
Probenvolumen n. Konsolidierung:	$V_{pC}$	92,07	89,68	87,94	83,58	-	-	[cm <sup>3</sup> ]
Probenhöhe Versuchsende:	$h_{pA}$	2,57	2,49	2,41	2,26	-	-	[cm]
Probenvolumen Versuchsende:	$V_{pA}$	92,38	89,74	86,87	81,46	-	-	[cm <sup>3</sup> ]
Probenmasse:	m	190,41	195,11	197,05	197,15	-	-	[g]
Wassergehalt Einbau:	$w_E$	0,139	0,139	0,152	0,155	-	-	[1]
Wassergehalt Versuchsende:	$w_A$	0,139	0,138	0,145	0,145	-	-	[1]
Feuchtdichte bei Einbau:	$\rho_E$	1,923	1,971	1,990	1,991	-	-	[g/cm <sup>3</sup> ]
Trockendichte bei Einbau:	$\rho_{dE}$	1,689	1,731	1,727	1,723	-	-	[g/cm <sup>3</sup> ]
Feuchtdichte Versuchsende:	$\rho_A$	2,063	2,174	2,254	2,398	-	-	[g/cm <sup>3</sup> ]
Trockendichte Versuchsende:	$\rho_{dA}$	1,810	1,909	1,968	2,095	-	-	[g/cm <sup>3</sup> ]
maximale Scherspannung:	$\tau$	176,12	328,51	435,26	801,47	-	-	[kN/m <sup>2</sup> ]
Scherweg bei $\tau_{max}$ :	-	3,79	4,69	5,14	7,42	-	-	[mm]
effektiver Reibungswinkel:	$\varphi'$	31,62					-	[°]
effektive Kohäsion:	$c'$	65,986					-	[kN/m <sup>2</sup> ]
$\varphi'$ bei $c' = 0$ :	$\varphi'_{c=0}$	34,79					-	[°]

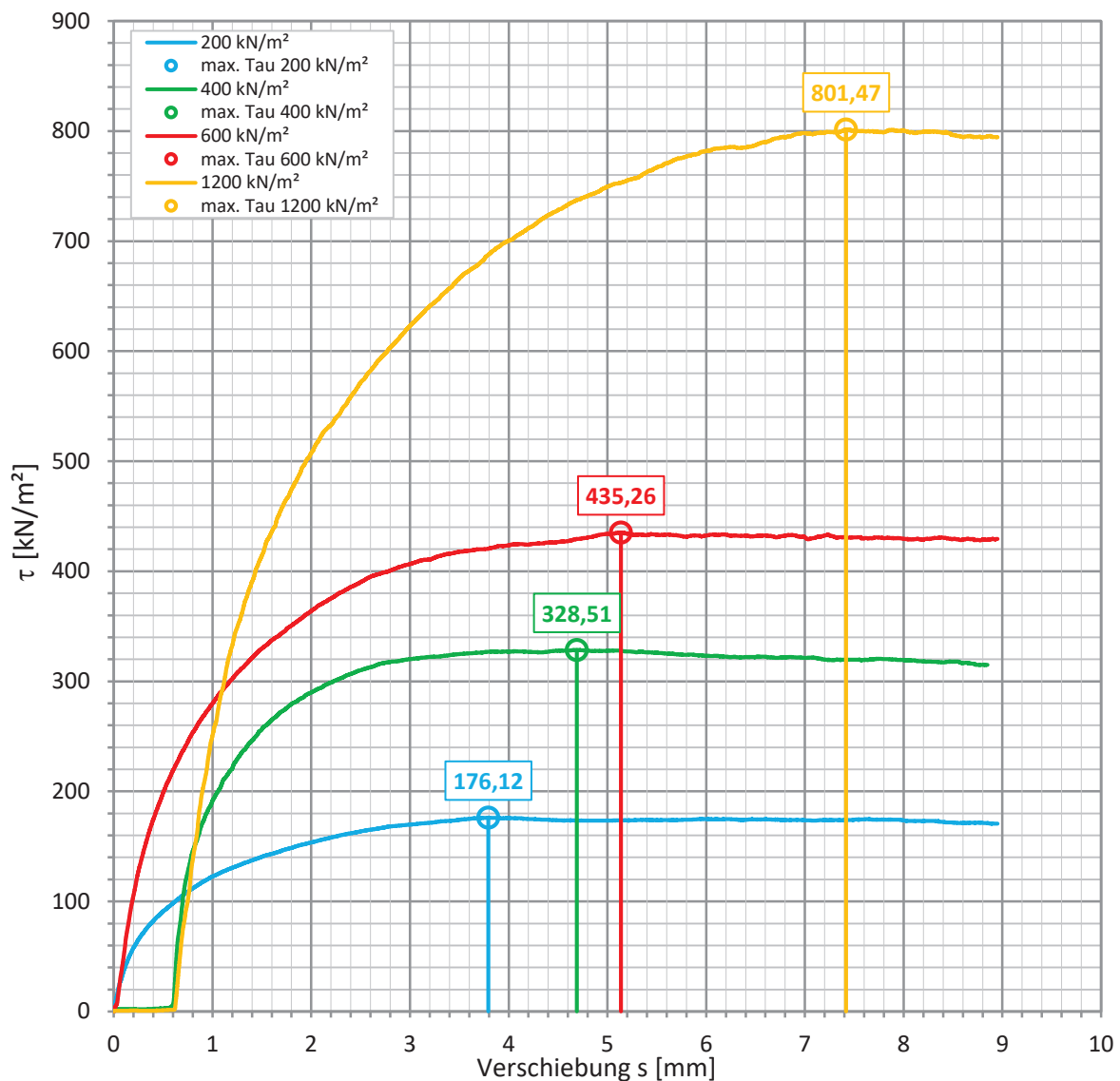


## Scherversuch

DIN 18137-3

Projektbezeichnung:	Duellmann_21-02	Projektbezeichnung AG:	RM HA 3
Projektnummer:	21243	Projektnummer AG:	21.020
Labornummer:	1695	Eingangsdatum:	20.10.&02.11.2021
Probenbezeichnung:	untere Lage	Ausgeföhrt von:	AL/BE
Entnahmestelle:	-	Ausgeföhrt am:	20.10.-05.11.2021
Entnahmetiefe:	-	Bodenart:	siehe A 1
Art der Entnahme:	gestört	Bodengruppe:	siehe A 1
Art des Einbaus:	ungestört	Vorschubgeschwindigkeit:	0,01
			[mm/min]

Scherspannungs - Verschiebungs - Diagramm



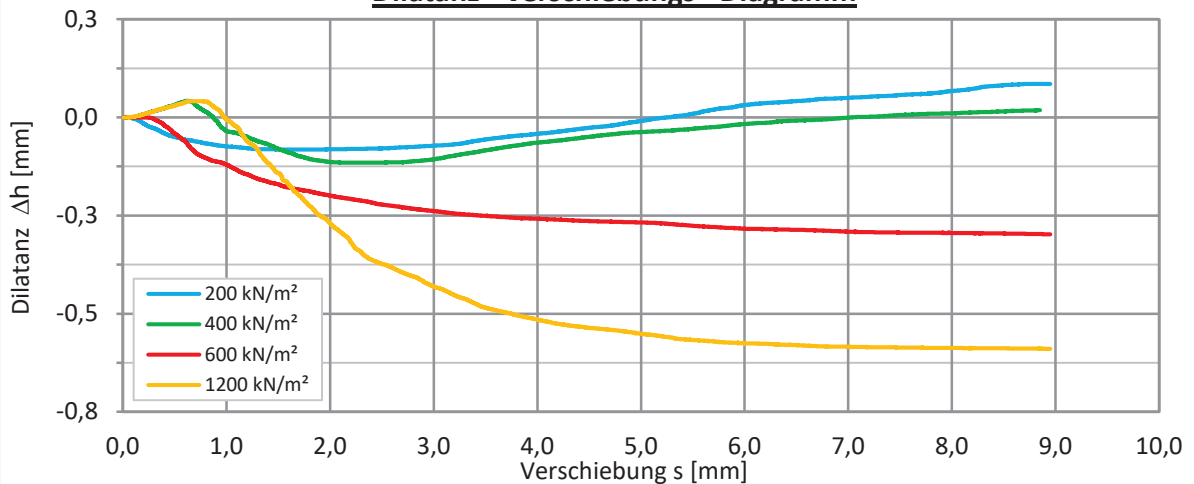


## Scherversuch

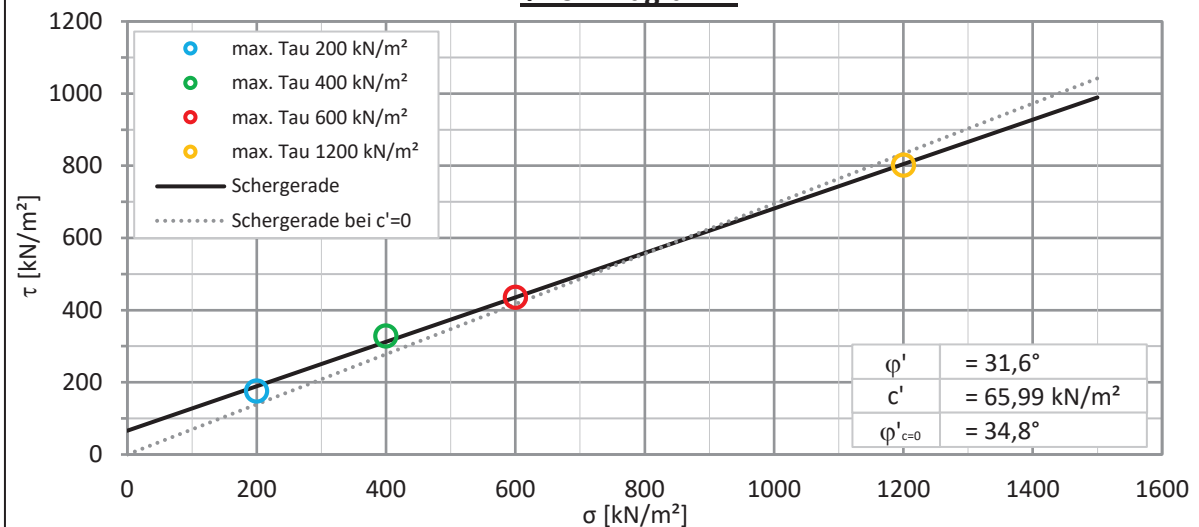
DIN 18137-3

Projektbezeichnung:	Duellmann_21-02	Projektbezeichnung AG:	RM HA 3
Projektnummer:	21243	Projektnummer AG:	21.020
Labornummer:	1695	Eingangsdatum:	20.10.&02.11.2021
Probenbezeichnung:	untere Lage	Ausgeführt von:	AL/BE
Entnahmestelle:	-	Ausgeführt am:	20.10.-05.11.2021
Entnahmetiefe:	-	Bodenart:	siehe A 1
Art der Entnahme:	gestört	Bodengruppe:	siehe A 1
			DIN 4022
			DIN 18196

**Dilatanz - Verschiebungs - Diagramm**



**$\tau$  -  $\sigma$  - Diagramm**



Bemerkungen:

geprüft:

i.A.

# **Anlage 12**

Bestimmung der Korngrößenverteilung

obere Lage

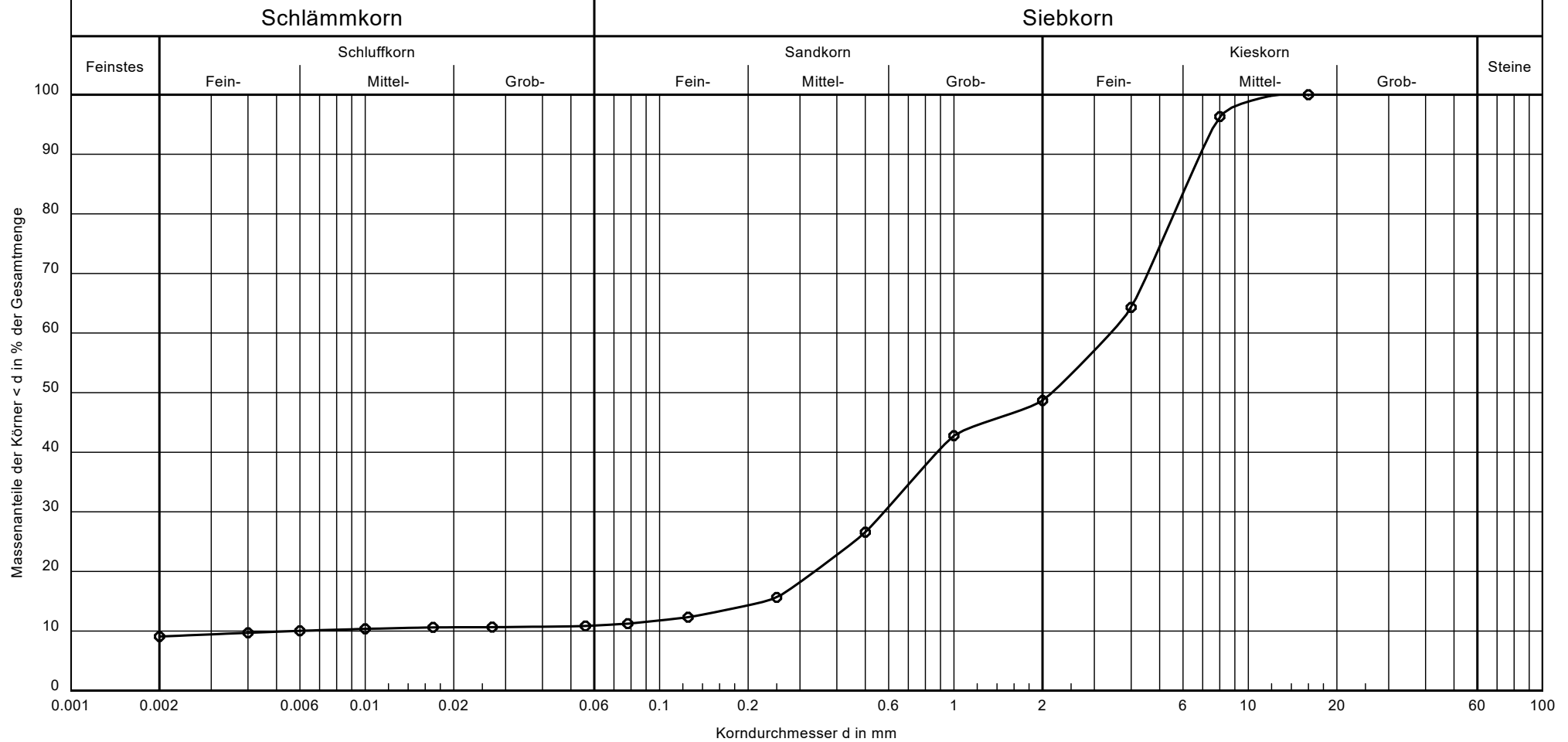
Seitenanzahl: 3



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lippert  
 ausgeführt am: 21.05.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



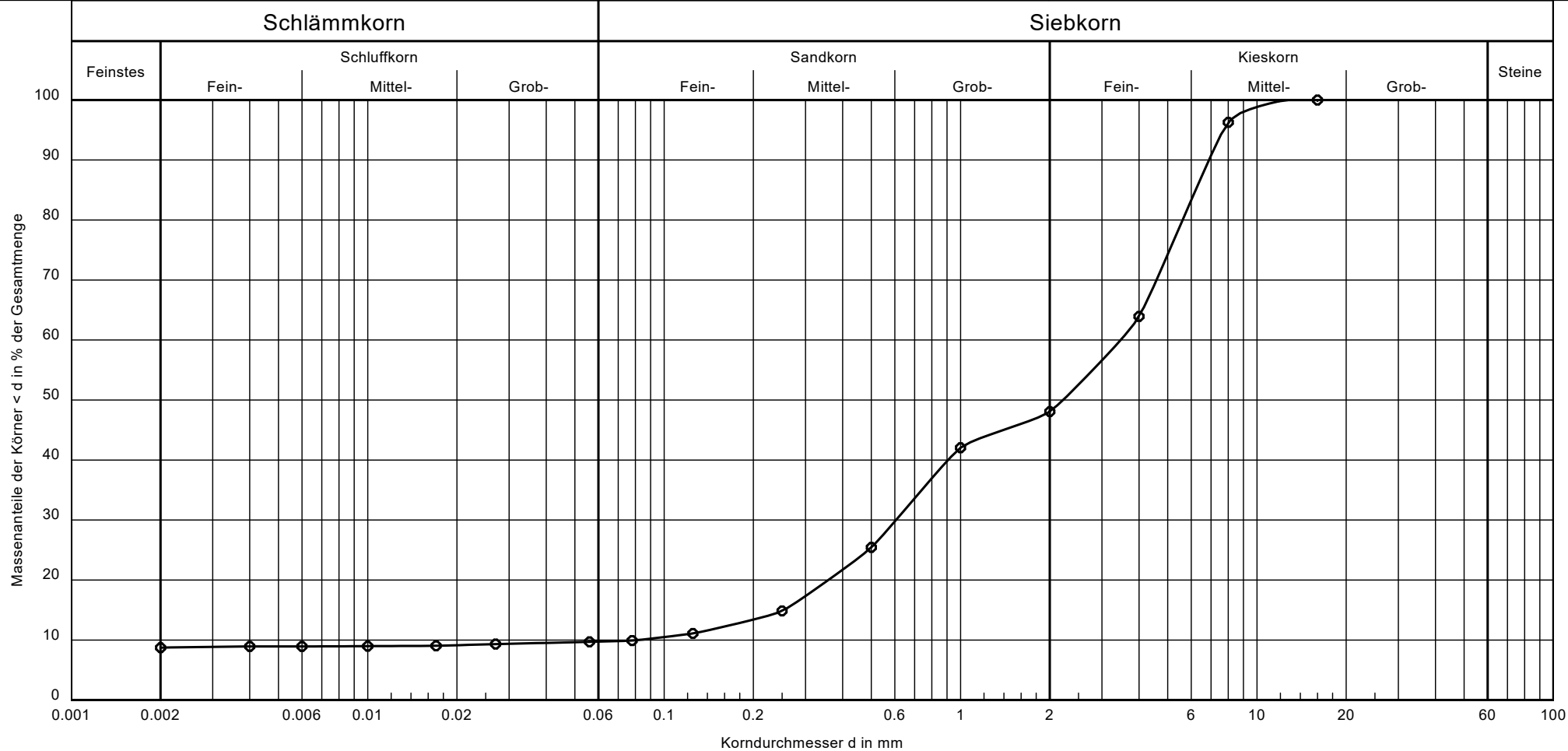
Probenbezeichnung:	oL1	Bemerkungen:	Projekt-Nr.: 21.020 Anlage: 12.1
Entnahmestelle:	-		
Entnahmetiefe:	-		
Art der Entnahme:	gestört		
Bodenart:	G, ms, gs, u'		
Anteile:	- /11.0/37.7/51.3		



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lippert  
 ausgeführt am: 21.05.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



Probenbezeichnung:	oL2
Entnahmestelle:	-
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	G, ms, gs, u'
Anteile:	- /9.8/38.4/51.9

Bemerkungen:

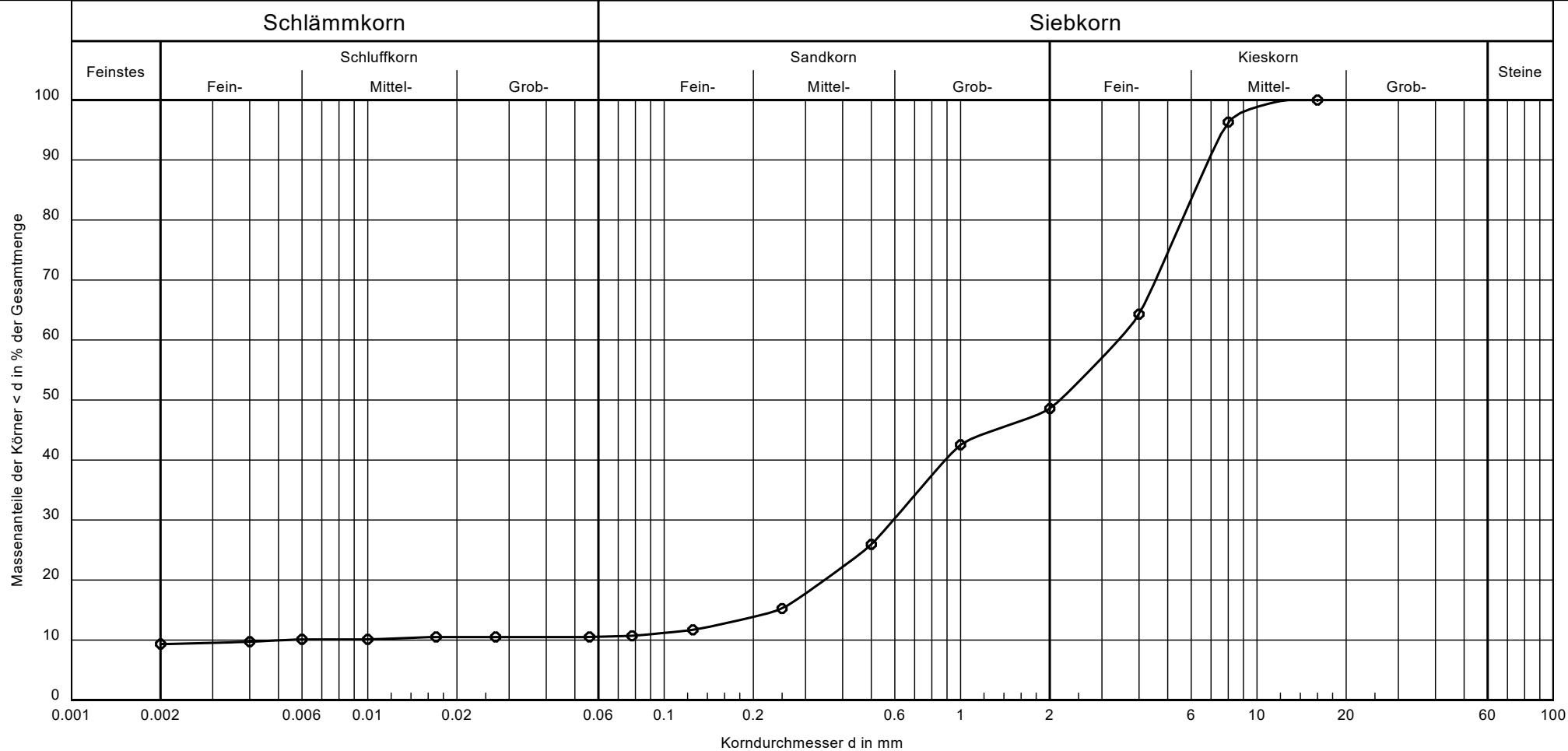
Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 12.2



# Körnungslinie

K + S Minerals & Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchungen RM HA 3

Entnahmedatum: -  
 ausgeführt durch: Lippert  
 ausgeführt am: 21.05.2021  
 Arbeitsweise: kombinierte Siebanalyse



Probenbezeichnung:	oL3
Entnahmestelle:	-
Entnahmetiefe:	-
Art der Entnahme:	gestört
Bodenart:	G, ms, gs, u'
Anteile:	- /10.6/38.0/51.4

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:  
 21.020  
 Anlage:  
 12.3



# **Anlage 13**

Bestimmung der Proctordichte

obere Lage

Seitenanzahl: 3



# Proctorkurve nach DIN 18 127

**K+S Minerals and Agriculture GmbH**  
**Eignungsuntersuchung SyBa HA3**

Bearbeiter: Lippert

Datum: 09.06.2021

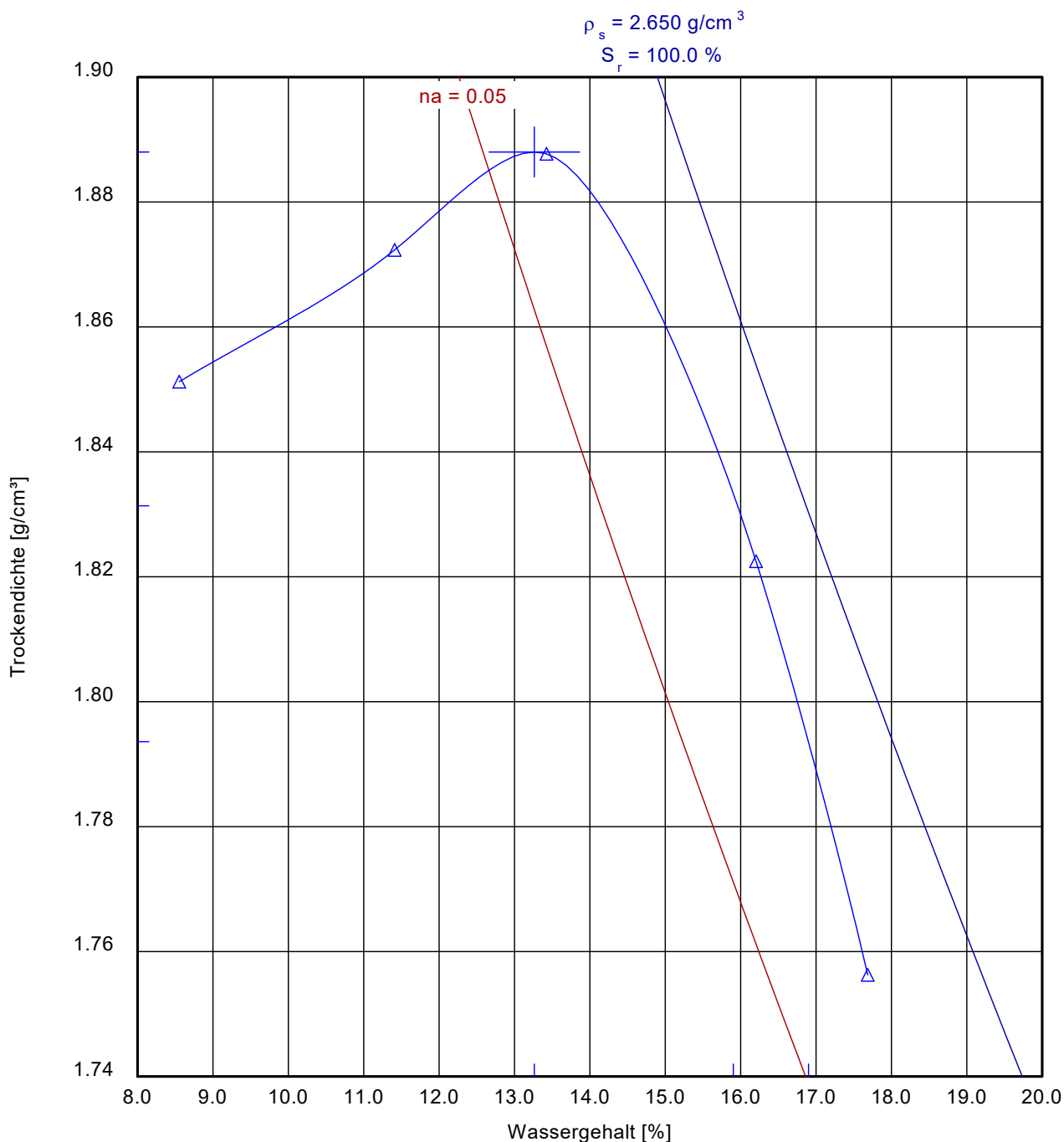
Probenbezeichnung: Proctor 2 obere Lage

Entnahmestelle: -

Tiefe: -

Bodenart: 40 % 0/2 + 48 % 2/8 + 12 % Ibecoseal80 + kein Polymer

Probe entnommen am: -



100 % der Proctordichte  $\rho_{pr} = 1.888 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{pr} = 13.3 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.831 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 15.9 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.794 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 16.9 \%$



# Proctorkurve nach DIN 18 127

**K+S Minerals and Agriculture GmbH**  
**Eignungsuntersuchung SyBa HA3**

Bearbeiter: Lippert

Datum: 11.06.2021

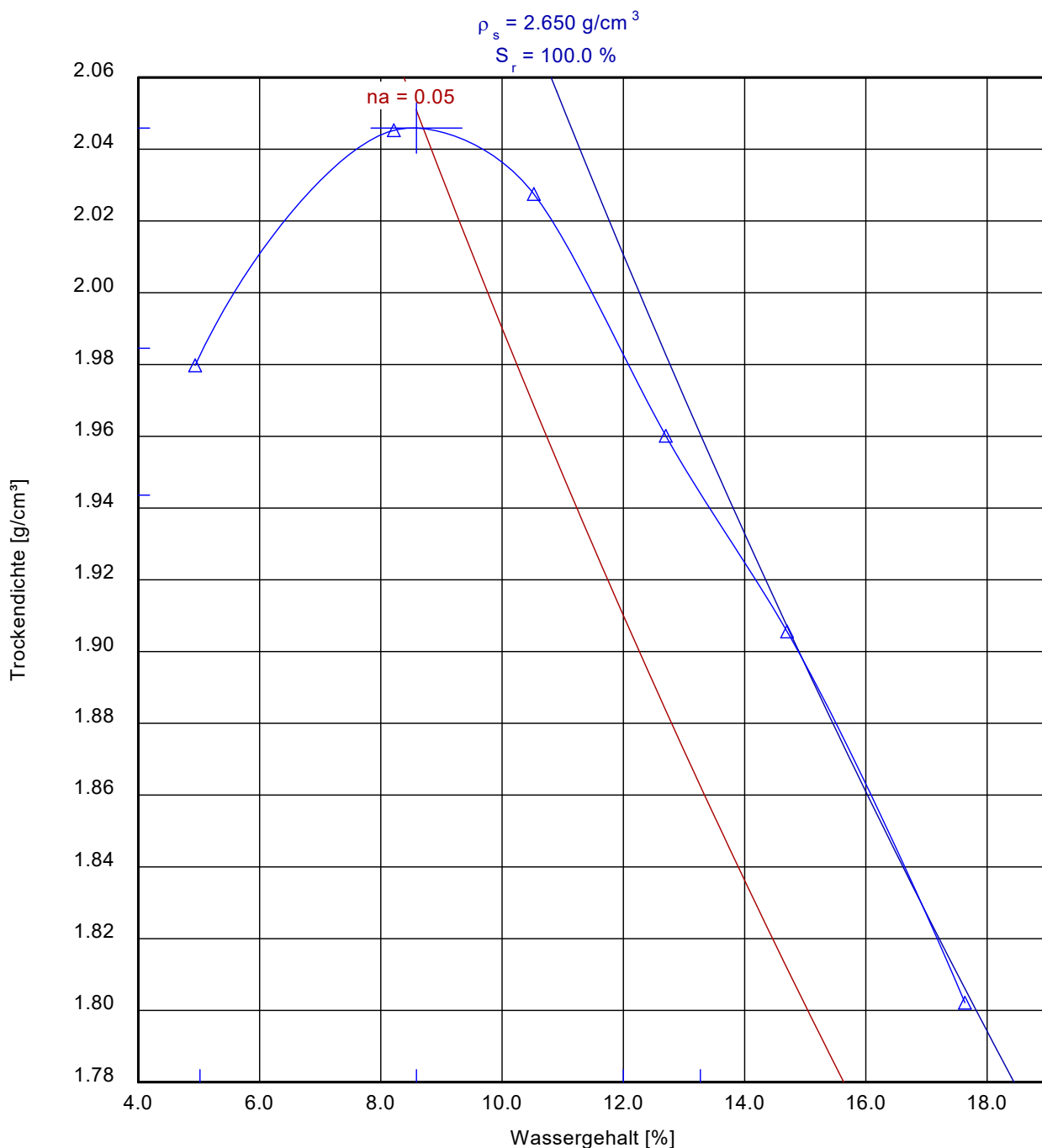
Probenbezeichnung: Proctor 2 obere Lage-modifiziert

Entnahmestelle: -

Tiefe: -

Bodenart: 40 % 0/2 + 48 % 2/8 + 12 % Ibecoseal80 + kein Polymer

Probe entnommen am: -



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 2.046 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 8.6 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.985 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 5.0 / 12.0 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.944 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 13.3 \%$



# Proctorkurve nach DIN 18 127

K+S Minerals and Agriculture GmbH  
 Eignungsuntersuchung SyBa HA3

Bearbeiter: Lippert

Datum: 01.09.2021

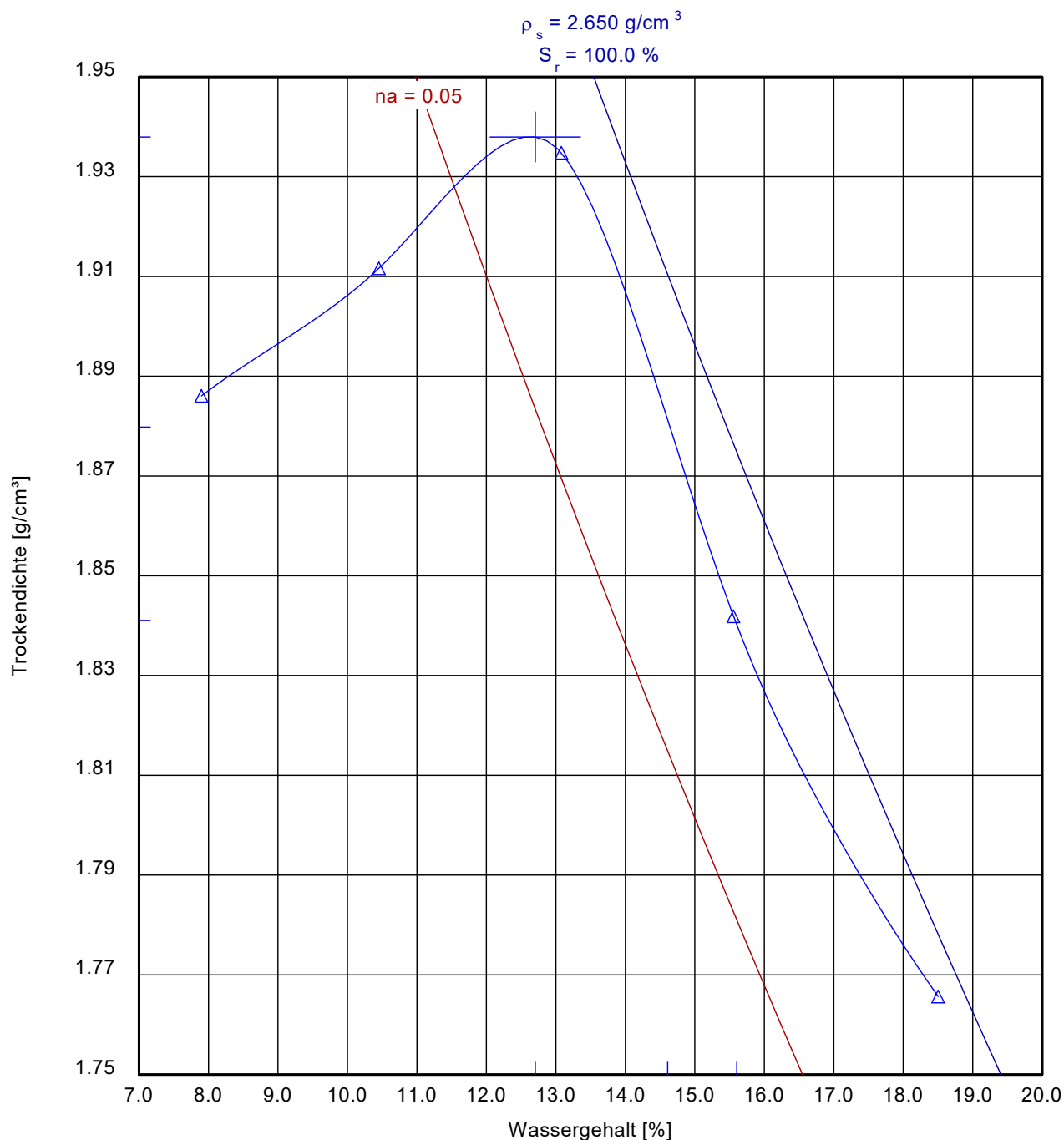
Probenbezeichnung: Proctor 3 obere Lage-upi verbessert

Entnahmestelle: -

Tiefe: -

Bodenart: 40 % 0/2 + 48 % 2/8 + 12 % Ibecoseal80 + kein Polymer

Probe entnommen am: -



100 % der Proctordichte  $\rho_{\text{Pr}} = 1.938 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{\text{Pr}} = 12.7 \%$

97.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.880 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 14.6 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.841 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 15.6 \%$

# **Anlage 14**

Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit

obere Lage

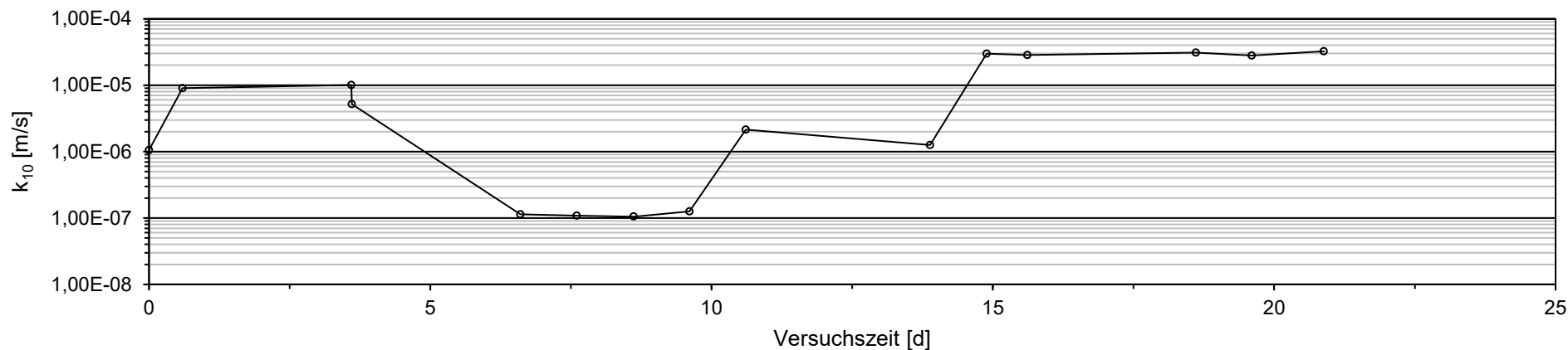
Seitenanzahl: 7



### Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes

nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

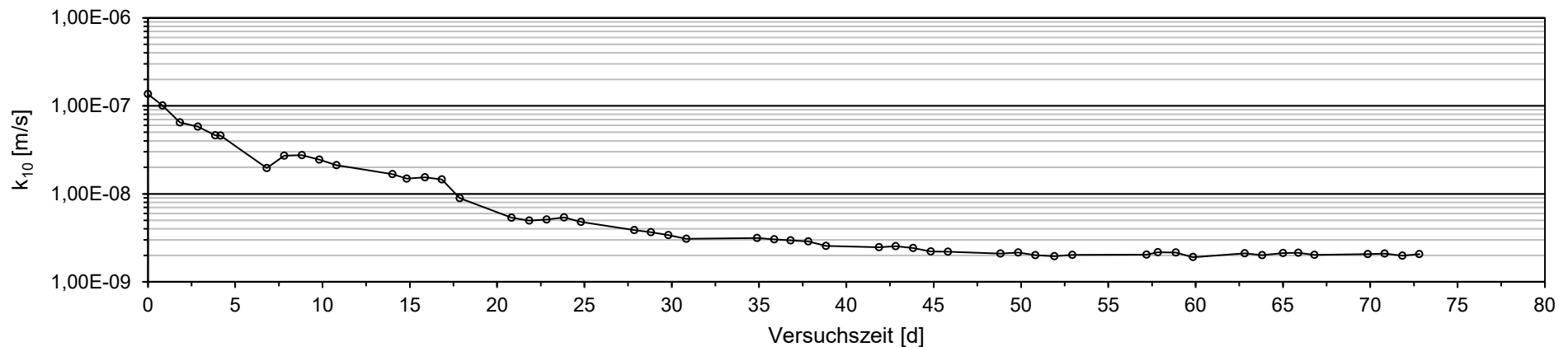
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	oL-WE1	Auftraggeber:	K+S	Datum:	02.09.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	obere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	2006
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	7,90	Porenzahl e [-]:	0,41	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,035	Luftporenanteil $n_a$ [%]:	13,93	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,886	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	51,69	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:		Luftporenanzahl $n_a$ [%]:		
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:		Sättigungsgrad $S_r$ [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	Stabilisierter Endwert: $k_{10}$ [m/s] = 3,00E-05		





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

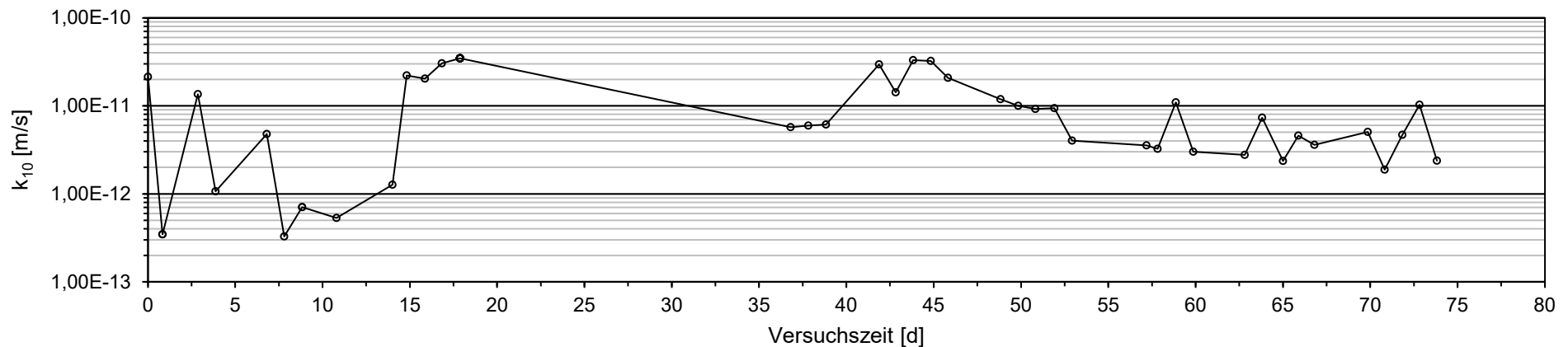
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	oL-WE2	Auftraggeber:	K+S	Datum:	02.09.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	obere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1990
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	10,45	Porenzahl e [-]:	0,39	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,111	Luftporenanteil $n_a$ [%]:	7,88	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,912	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	71,70	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:		Luftporenanzahl $n_a$ [%]:		
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:		Sättigungsgrad $S_r$ [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: <math>k_{10}</math> [m/s] = 2,06E-09</b>		





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	oL-WE3	Auftraggeber:	K+S	Datum:	02.09.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	obere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	2062
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	13,08	Porenzahl e [-]:	0,37	
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	2,188	Luftporenanteil n <sub>a</sub> [%]:	1,68	
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,935	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	93,77	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:		Luftporenanzahl n <sub>a</sub> [%]:		
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:		Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: k<sub>10</sub> [m/s] = 5,90E-12</b>		

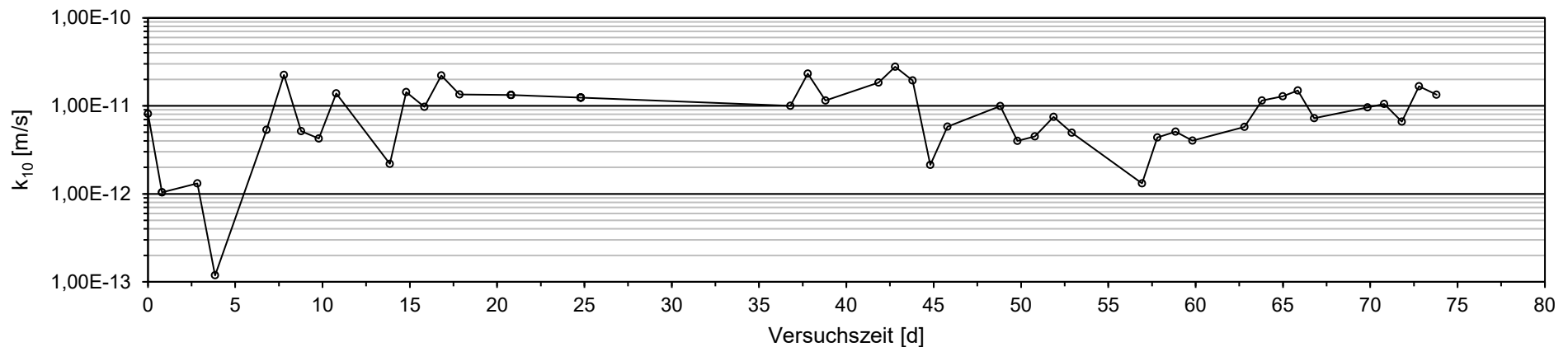






**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	oL-WE4	Auftraggeber:	K+S	Datum:	02.09.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	obere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	2006
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	15,56	Porenzahl e [-]:	0,44	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,128	Luftporenanteil $n_a$ [%]:	1,84	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,842	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	93,97	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:		Luftporenanteil $n_a$ [%]:		
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:		Sättigungsgrad $S_r$ [%]:		
Versuchsrandbedingungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: <math>k_{10}</math> [m/s] = 1,11E-11</b>		

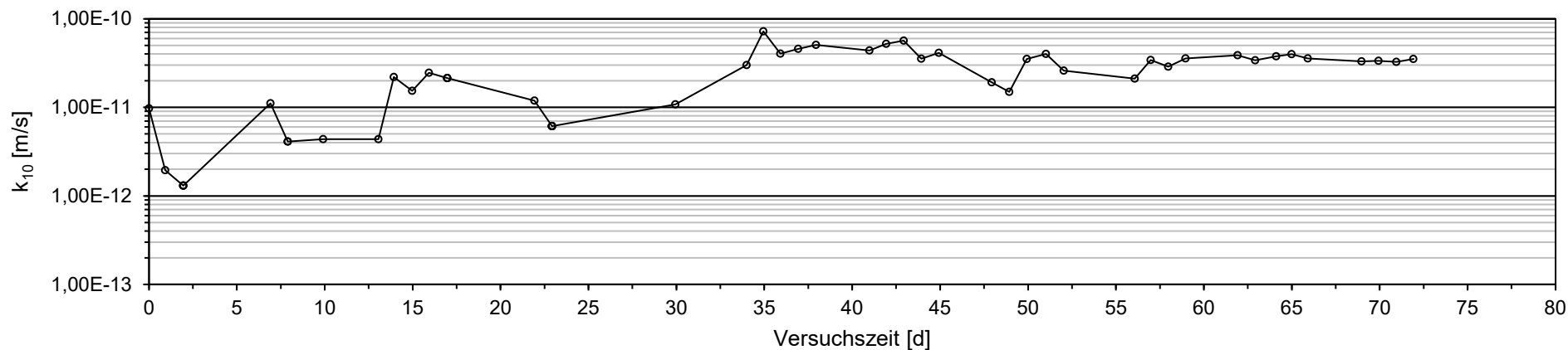




### Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes

nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	oL-WE5	Auftraggeber:	K+S	Datum:	02.09.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	obere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	1972
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	18,50	Porenzahl e [-]:	0,50	
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:	2,092	Luftporenanteil $n_a$ [%]:	0,70	
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:	1,766	Sättigungsgrad $S_r$ [%]:	97,89	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte $\rho$ [Mg/m³]:		Luftporenanzahl $n_a$ [%]:		
	Trockendichte $\rho_d$ [Mg/m³]:		Sättigungsgrad $S_r$ [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: <math>k_{10}</math> [m/s] = 3,52E-11</b>		

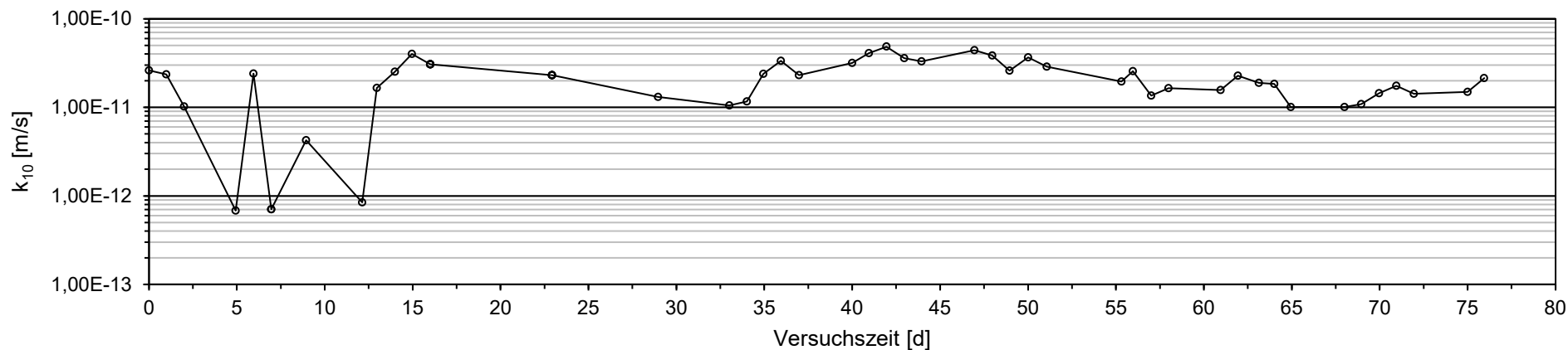




# Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes

nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

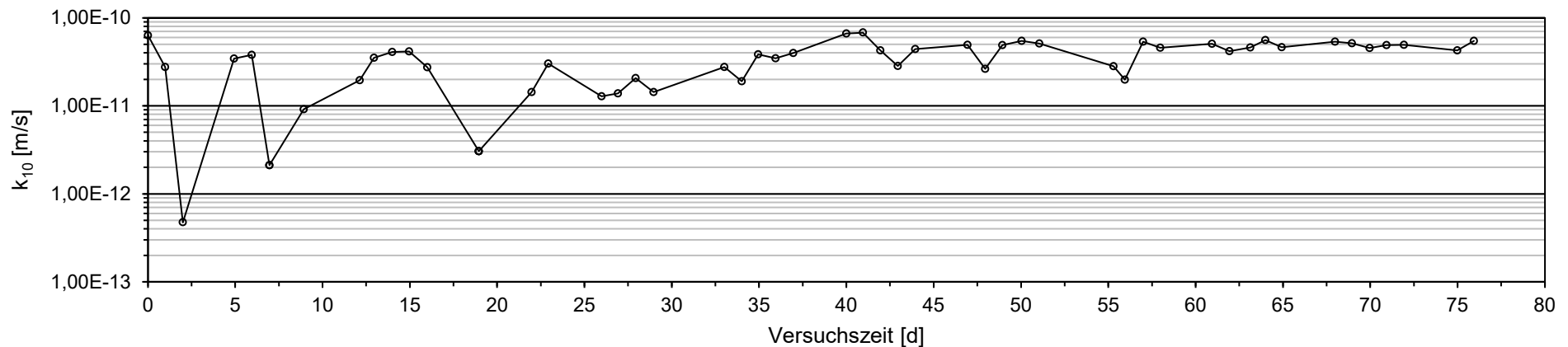
Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	oL-P1*-wopt	Auftraggeber:	K+S	Datum:	03.09.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	obere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	2060
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	13,38	Porenzahl e [-]:	0,37	
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	2,186	Luftporenanteil n <sub>a</sub> [%]:	1,46	
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,928	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	94,65	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:		Luftporenanzahl n <sub>a</sub> [%]:		
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:		Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	Stabilisierter Endwert: k <sub>10</sub> [m/s] = 1,53E-11		





**Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes**  
 nach DIN EN ISO 17892-11 / DIN 18130-1

Projekt-Nr.:	21.020	Projekt:	RM HA3	Bearbeiter:	Lippert
Probe-Nr.:	oL-P2*-wopt	Auftraggeber:	K+S	Datum:	03.09.2021
Entnahmestelle:	-	Entnahme durch:	-	Bemerkungen:	
Entnahmetiefe:	-	Art der Entnahme:	-	Reifezeit: 5 Tage	
Entnahmedatum:	-	Bodenart:	obere Lage	Prüfmedium: Haldenwasser	
Probenabmessungen:	Höhe h [cm]:	12	Durchmesser d [cm]:	10	Probenmasse m [g]:
	Fläche A [cm²]:	78,54	Volumen V [cm³]:	942,48	2055
Einbaudaten:	Wassergehalt w [%]:	12,88	Porenzahl e [-]:	0,37	
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:	2,180	Luftporenanteil n <sub>a</sub> [%]:	2,23	
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:	1,932	Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:	91,78	
Ausbaudaten:	Wassergehalt w [%]:		Porenzahl e [-]:		
	Feuchtdichte ρ [Mg/m³]:		Luftporenanteil n <sub>a</sub> [%]:		
	Trockendichte ρ <sub>d</sub> [Mg/m³]:		Sättigungsgrad S <sub>r</sub> [%]:		
Versuchsrandbedinungen:	hydraulischer Gradient i [-]:	30	<b>Stabilisierter Endwert: k<sub>10</sub> [m/s] = 4,90E-11</b>		



# **Anlage 15**

Bestimmung der direkten Scherfestigkeit

obere Lage

Seitenanzahl: 3

**Scherversuch**

DIN 18137-3

Projektbezeichnung:	Duellmann_21-02	Projektbezeichnung AG:	RM HA 3
Projektnummer:	21243	Projektnummer AG:	21.020
Labornummer:	1695-2	Eingangsdatum:	02.-04.11.2021
Probenbezeichnung:	obere Lage	Ausgeföhrt von:	AL/BE
Entnahmestelle:	-	Ausgeföhrt am:	02.-04.11.2021
Entnahmetiefe:	-	m u. GOK	Bodenart: siehe A 1
Art der Entnahme:	gestört	Bodengruppe:	siehe A 1
Art des Einbaus:	gestört	Vorschubgeschwindigkeit:	0,1 [mm/min]

<b>Versuch Nr.:</b>	-	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>[-]</b>
Schergerät Nr.:	-	1	1	1	[-]
Normalspannung Konsolidierung:	$\sigma'_C$	200	600	1200	[kN/m <sup>2</sup> ]
Normalspannung Scherversuch:	$\sigma'$	200	600	1200	[kN/m <sup>2</sup> ]
Seitenlänge a Scherkasten:	a	15,25	15,25	15,25	[cm]
Seitenlänge b Scherkasten:	b	15,25	15,25	15,25	[cm]
Probenfläche:	A	232,56	232,56	232,56	[cm <sup>2</sup> ]
Probenhöhe Einbau:	$h_{p,E}$	12,94	12,94	12,94	[cm]
Probenvolumen Einbau:	$V_{p,E}$	3.009,36	3.009,36	3.009,36	[cm <sup>3</sup> ]
Probenhöhe n. Konsolidierung:	$h_{p,C}$	12,80	12,61	12,84	[cm]
Probenvolumen Einbau:	$V_{p,C}$	2.976,71	2.932,55	2.986,68	[cm <sup>3</sup> ]
Probenhöhe Versuchsende:	$h_{p,A}$	12,79	12,63	12,85	[cm]
Probenvolumen Versuchsende:	$V_{p,A}$	2.973,72	2.936,30	2.988,66	[cm <sup>3</sup> ]
Probenmasse:	m	6.569,50	6.569,50	6.569,50	[g]
Wassergehalt Einbau:	$w_E$	0,130	0,130	0,130	[1]
Wassergehalt Versuchsende:	$w_A$	0,130	0,130	0,130	[1]
Feuchtdichte bei Einbau:	$\rho_E$	2,183	2,183	2,183	[g/cm <sup>3</sup> ]
Trockendichte bei Einbau:	$\rho_{d,E}$	1,932	1,932	1,932	[g/cm <sup>3</sup> ]
Feuchtdichte Versuchsende:	$\rho_A$	2,209	2,237	2,198	[g/cm <sup>3</sup> ]
Trockendichte Versuchsende:	$\rho_{d,A}$	1,955	1,980	1,945	[g/cm <sup>3</sup> ]
maximale Scherspannung:	$\tau$	156,66	441,57	869,21	[kN/m <sup>2</sup> ]
Scherweg bei $\tau_{max.}$ :	-	9,87	21,10	22,79	[mm]
<b>effektiver Reibungswinkel:</b>	$\varphi'$	<b>35,47</b>			<b>[°]</b>
<b>effektive Kohäsion:</b>	<b>c'</b>	<b>14,104</b>			<b>[kN/m<sup>2</sup>]</b>
$\varphi'$ bei $c' = 0$ :	$\varphi'_{c=0}$	36,05			[°]

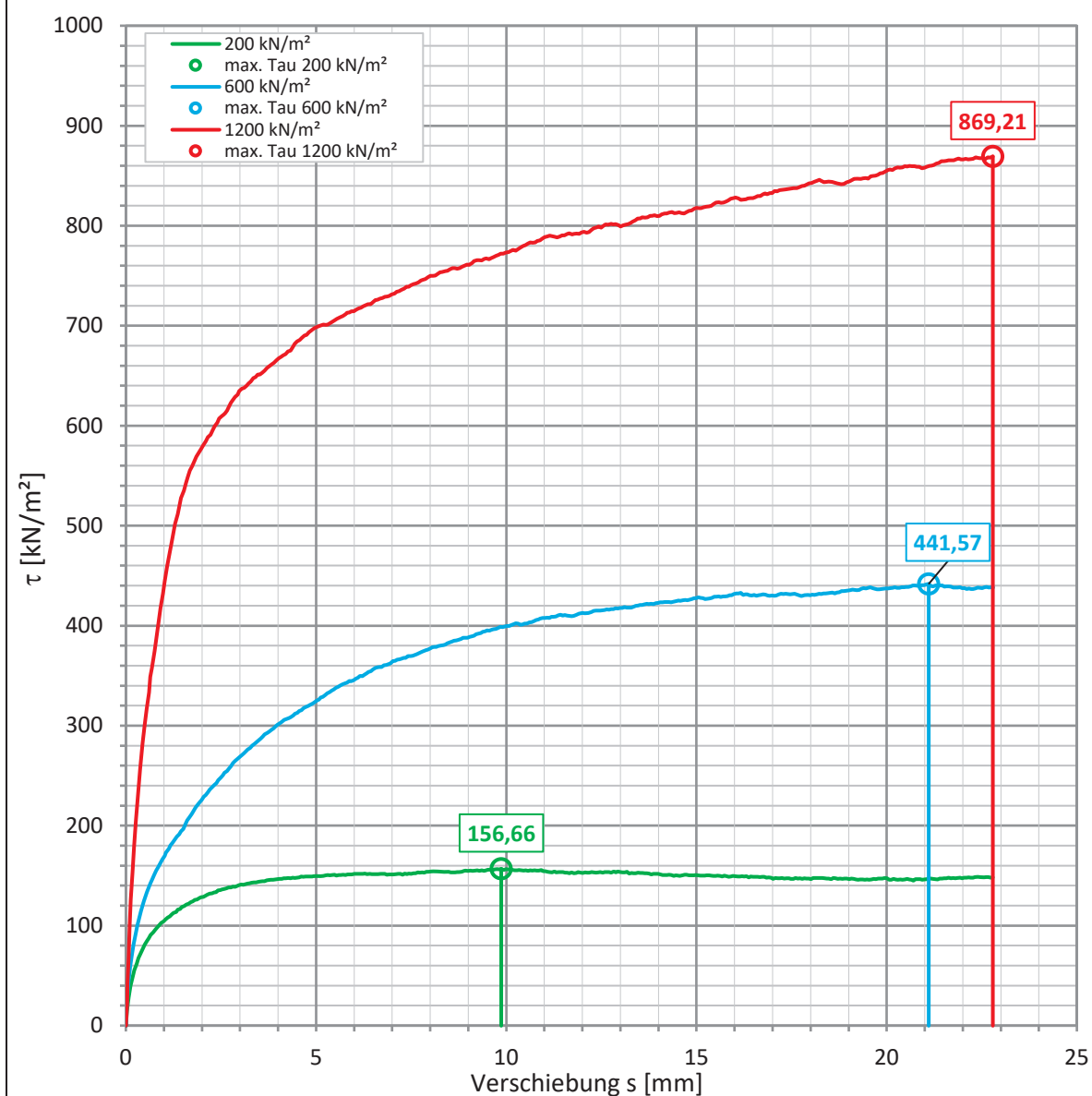


## Scherversuch

DIN 18137-3

Projektbezeichnung:	Duellmann_21-02	Projektbezeichnung AG:	RM HA 3
Projektnummer:	21243	Projektnummer AG:	21.020
Labornummer:	1695-2	Eingangsdatum:	02.-04.11.2021
Probenbezeichnung:	obere Lage	Ausgeföhrt von:	AL/BE
Entnahmestelle:	-	Ausgeföhrt am:	02.-04.11.2021
Entnahmetiefe:	-	Material:	siehe A 1
Art der Entnahme:	gestört	Bodengruppe:	siehe A 1

Scherspannungs - Verschiebungs - Diagramm



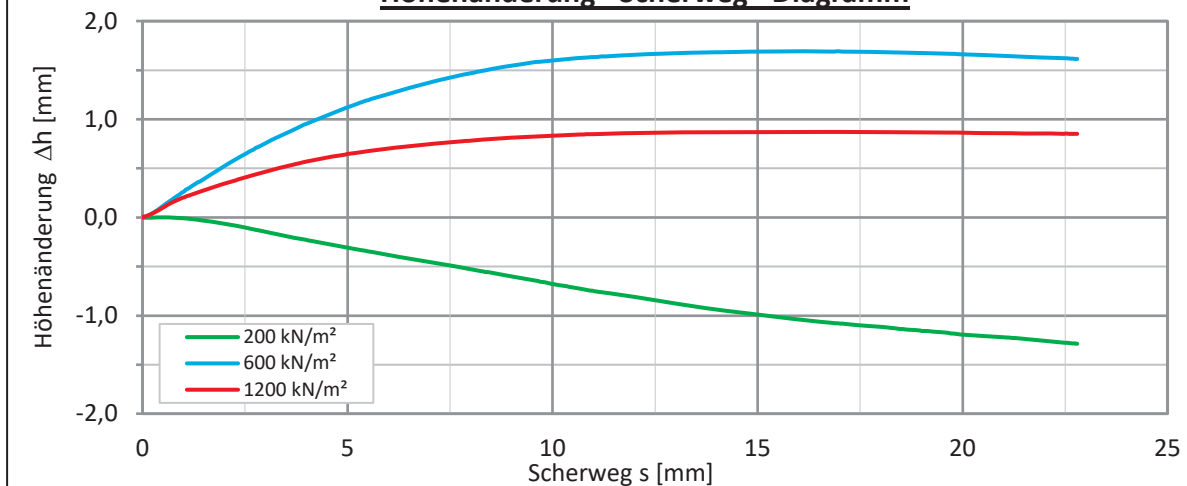


## Scherversuch

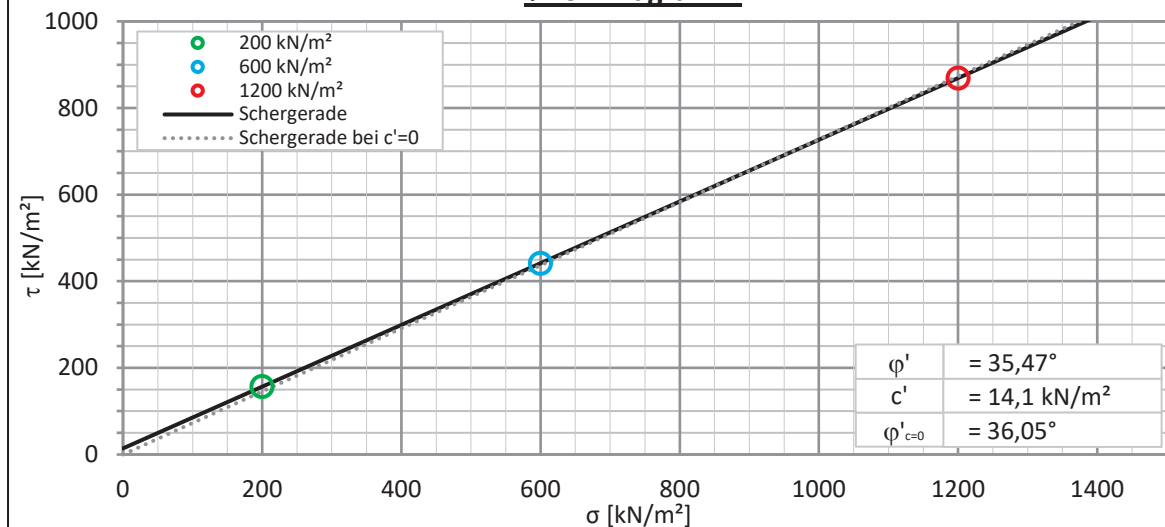
DIN 18137-3

Projektbezeichnung:	Duellmann_21-02	Projektbezeichnung AG:	RM HA 3
Projektnummer:	21243	Projektnummer AG:	21.020
Labornummer:	1695-2	Eingangsdatum:	02.-04.11.2021
Probenbezeichnung:	obere Lage	Ausgeführt von:	AL/BE
Entnahmestelle:	-	Ausgeführt am:	02.-04.11.2021
Entnahmetiefe:	-	Material:	siehe A 1
Art der Entnahme:	gestört	Bodengruppe:	siehe A 1

### Höhenänderung - Scherweg - Diagramm



### $\tau$ - $\sigma$ - Diagramm



Bemerkungen:

geprüft:

i.A.