

**Quarzkies- und Quarzsandtagebau
der Fa. Holcim Kies und Splitt GmbH in
Niederweimar bei Marburg**

**Geotechnische Auswirkungen
der Süderweiterung
auf die benachbarten Ortslagen
Wenkbach und Argenstein**

Erläuterungsbericht

Auftraggeber:	Holcim Kies und Splitt GmbH c/o Holcim (Deutschland) GmbH Tropowitzstraße 5 22529 Hamburg
Auftragnehmer:	TABERG Ingenieure GmbH Zum Pier 77 44536 Lünen
Projekt-Nr.	22-0089
Gutachter:	Dr.-Ing. R. Scherbeck
Mitarbeiter:	Dr.-Ing. M. Asslan Dr. rer. nat. Till Hellenkamp Simone Stüken
Datum:	13.09.2023
Umfang:	43 Seiten und 4 Anlagen

I	Inhaltsverzeichnis	Seite
I	Inhaltsverzeichnis	2
II	Anlagenverzeichnis	3
III	Verwendete Unterlagen	4
1	Vorgang und Aufgabenstellung	4
1.1	Geotechnischer Beitrag zur Grundwasserabsenkung	4
1.2	Allgemeine Beschreibung des Vorhabens	5
2	Ausgangssituation	10
2.1	Lage	10
2.2	Geologie	11
2.3	Angrenzende Bebauung	12
3	Hydraulische Situation	13
3.1	Grundwassersituation bis 2021	13
3.1.1	Zurückliegende Entwicklung des GW-Standes für Wenkbach	14
3.1.2	Zurückliegende Entwicklung des GW-Standes für Argenstein	17
3.2	Grundwasserprognosemodell für die Erweiterungsfläche	20
3.2.1	Vorbemerkungen	20
3.2.2	Unterteilung in Abbauphasen	21
3.2.3	Prognose zur Entwicklung des Grundwasserstandes	22
4	Geotechnische Erkundung und Versuche	26
4.1	Auswertung von Altgutachten	26
4.2	Feldversuche	27
4.3	Laborversuche	30
4.3.1	Bodenmechanische Kennzeichnung	30
4.3.2	Verdichtungsfähigkeit	31
4.3.3	Schrumpfverhalten	31
5	Geotechnische Rückschlüsse	34
5.1	Senkungen infolge Grundwasserabsenkung	34
5.1.1	Lastinduzierter Setzungsanteil	34
5.1.2	Austrocknungsinduzierte Senkung	36
5.1.3	Bodenbewegungen bei GW-Absenkung	36

5.2	Hebungspotenzial infolge Grundwasserwiederanstieg	37
5.2.1	Hebung infolge Bodenentlastung	37
5.2.2	Schwellungsinduzierte Hebung	37
5.2.3	Bodenbewegungen bei GW-Wiederanstieg	38
5.3	Bodensenkung aufgrund von klimabedingter Austrocknung	38
5.4	Auswirkung einer Überflutung	40
5.5	Geotechnische Gefährdungsabschätzung	42
6	Zusammenfassung	43

II Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lagepläne

- Anlage 1.1: Übersichtslageplan 1:15.000
- Anlage 1.2: Lageplan Erweiterungsfläche 1:500
- Anlage 1.3: Lageplan zur Ausführung der Lastplattendruckversuche 1:200
- Anlage 1.4: Lageplan der Proben P1, P2 und P3 des Lehms

Anlage 2: Schematisches geotechnisches Profil

- Anlage 2.1: Aufschlüsse
- Anlage 2.2: Schnitte A, B und E
- Anlage 2.3: Schnitte C und D

Anlage 3: Geotechnische Berechnungen

Anlage 4: Ergebnisse der Feld- und Laborversuche

- Anlage 4.1: Ergebnisse der Lastplattendruckversuche
- Anlage 4.2: Körnungslinien der Sieb- und Schlämmanalysen
- Anlage 4.3: Fließ- und Ausrollgrenze
- Anlage 4.4: Proctorversuche
- Anlage 4.5: Wassergehalt
- Anlage 4.6: Ergebnisse der Versuche zur Schrumpfgrenze

III Verwendete Unterlagen

- /1/ TABERG Ingenieure GmbH (2020): Ortsbegehung zur Vorerkundung der Kiesgrube, Probenahme und Lastplattendruckversuche vom 05.10.2022 sowie einer weiteren Erkundung des Auenlehms vom 18.01.2023.
- /2/ Kleiner, Warko KG, Frankfurt (1968): Schichtenverzeichnisse der Kiesbohrungen 18 bis 26 vom 07.10.1968.

- /3/ Geowissenschaftliches Büro Dr. Aschenbrenner (1999): Gutachten über die Auswirkung des Kies-/Sandabbau- und Rückverfüllungsvorhabens Quarzkies-/Sand-Tagebau Niederweimar vom 09.06.1997.
- /4/ Meschede (2017): Geologie Deutschlands – Ein prozessorientierter Ansatz. Verlag Springer Spektrum, 2. Auflage mit 252 Seiten.
- /5/ Hessisches Landesamt für Bodenforschung (1995): Geologische Karte von Preußen und benachbarten Bundesstaaten. GK25 Blatt 5218 Niederwalgern mit Erläuterungen von 1913.
- /6/ HG - Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH, Gießen (2023): Grundwassermodelle zur Kiesgrube Niederweimar, Übergabe als *.shp-Datei.
 - a) Grundwasserstände und Grundwassergleichplan zwischen 2005 und 2021 und
 - b) Prognose zu den Grundwasserständen im Rahmen der acht planmäßigen Abbauphasen sowie der geplanten Rückverfüllung und Teilrückverfüllung zur Erweiterungsfläche.
- /7/ HLNUG (2023): Grundwassermessdaten der Messstelle Marburg-Lahnberge, Download der Messdaten am 09.02.2023 um 16:30 Uhr www.hlnug.de/static/pegel
- /8/ Prof. Dr.-Ing. Stoll & Partner Ingenieurgesellschaft mbH (2022): Abbauplanung der Erweiterungsfläche an der Kiesgrube Niederweimar zwischen den Orten Wenkbach und Argenstein. *.shp-Datei zum Abbau (8 Phasen) und zur Rückverfüllung (5 Phasen).
- /9/ Christow, C.K. (1969): Anwendung der Methode „spezifische Setzung“ zur Ermittlung der Setzungen infolge einer Grundwasserabsenkung. Die Bautechnik 10.
- /10/ HG - Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH, Gießen Hydrogeologisches Gutachten zum bergrechtlichen Planfeststellungsverfahren zur Erweiterung des Kiesabbaus der Holcim Kies & Splitt GmbH südlich der K62. Entwurf vom 23.05.2023.
- /11/ Bioplan Marburg GmbH (2023): Erweiterung des Quarzkiestagebaus Niederweimar – Landschaftspflegerischer Begleitplan (LBP) incl. Wiedernutzbarmachungsplan.

1 Vorgang und Aufgabenstellung

1.1 Geotechnischer Beitrag zur Grundwasserabsenkung

Die Holcim Kies und Splitt GmbH plant die Erweiterung des Quarzkies- und Quarzsandtagebaus Niederweimar in südwestliche Richtung. Der Abbau der Lagerstätte soll als Trockenabbau erfolgen. Hierzu muss der bestehende Absenktrichter nach Süden ausgedehnt werden. Das Grundwasser wird bis auf Höhe der Tagebausohle abgesenkt. Da die Erweiterungsfläche zwischen den beiden Ortslagen Wenkbach im Westen und Argenstein im Osten liegt, soll die

Auswirkung der Ausdehnung des Absenktrichters zwischen die beiden Ortslagen geotechnisch beurteilt werden.

Aus diesem Grund wurde die TABERG Ingenieure GmbH (TABERG) als Fachbüro für Baugrund und Geotechnik beauftragt, eine entsprechende geotechnische Untersuchung und Beurteilung der örtlichen Situation vorzunehmen.

Grundlage der geotechnischen Abschätzung und Schlussfolgerungen bilden die durch das Büro TABERG ausgeführten Ortsbegehungen, die geotechnischen Feld- und Laborversuche sowie die zur Verfügung stehenden geotechnischen Daten des AG. Insbesondere wird hier auf das hydraulische Untergrundmodell, das durch das Büro für Hydrogeologie und Umwelt GmbH aus Gießen (Büro HG) erstellt wurde, hingewiesen.

Als zentrale geotechnische Fragestellung wird nachfolgend im vorliegenden Erläuterungsbericht auf die Beurteilung der Setzungsempfindlichkeit infolge der geplanten Grundwasserabsenkung eingegangen. Zusätzlich ist das Hebungspotenzial beim Grundwasserwiederanstieg im Fokus der Betrachtungen.

1.2 Allgemeine Beschreibung des Vorhabens

Die Holcim Kies & Splitt GmbH betreibt im Regierungsbezirk Gießen, Landkreis Marburg-Biedenkopf den Quarkies-/Quarzsandtagebau Niederweimar auf dem Gebiet der Gemeinde Weimar (Lahn) in den Gemarkungen Niederweimar, Argenstein und Wenkbach. Der Betrieb steht unter Bergrecht; zuständige Aufsichtsbehörde ist das Regierungspräsidium Gießen, Abteilung IV, Dezernat 44.1 Bergaufsicht.

Der Tagebau ist in seinen heutigen Grenzen durch die Rahmenbetriebsplanzulassung vom 20.10.2000 mit 4 Nachträgen genehmigt und wird auf Grundlage der Hauptbetriebsplanzulassung vom 08.12.2022 (Az.: RBGI-44-76d1000/123-2013/2) geführt, dessen Zulassung bis zum 30.06.2025 befristet ist. Der Tagebau wird begrenzt von der ehemaligen Bundesstraße B 3 im Osten, der Main-Weser-Bahn im Westen, der B 255 (Ortsumgehung Niederweimar) im Norden sowie der Kreisstraße K 62 im Süden.

Innerhalb der aktuell genehmigten Abbaugrenzen wird in absehbarer Zeit der Endstand der Kiesgewinnung erreicht werden, sodass eine Weiterführung des für die Versorgung des Marktes mit hochwertigen Baurohstoffen sehr bedeutsamen Betriebes nur durch eine Erweiterung des Tagebaus sichergestellt werden kann.

Aufgrund der Festlegungen im aktuell gültigen Regionalplan Mittelhessen (2010) einschließlich dessen im Entwurf vorliegenden Fortschreibung, der geologisch bedingten Lagerstättenverhältnisse im Lahntal und auf der Basis der seit vielen Jahren geführten Abstimmungen ist geplant, die Erweiterung als eigenständigen Tagebau südlich der K 62 aufzuschließen (siehe Abbildung

1). Das als „Süderweiterung“ bezeichnete Vorhaben dient der weiteren Absicherung der Rohstoffversorgung in Mittelhessen und ist aufgrund der zur Neige gehenden nutzbaren Kieslagerstätten im hiesigen Raum von regionaler Bedeutung und damit auch im öffentlichen Interesse.

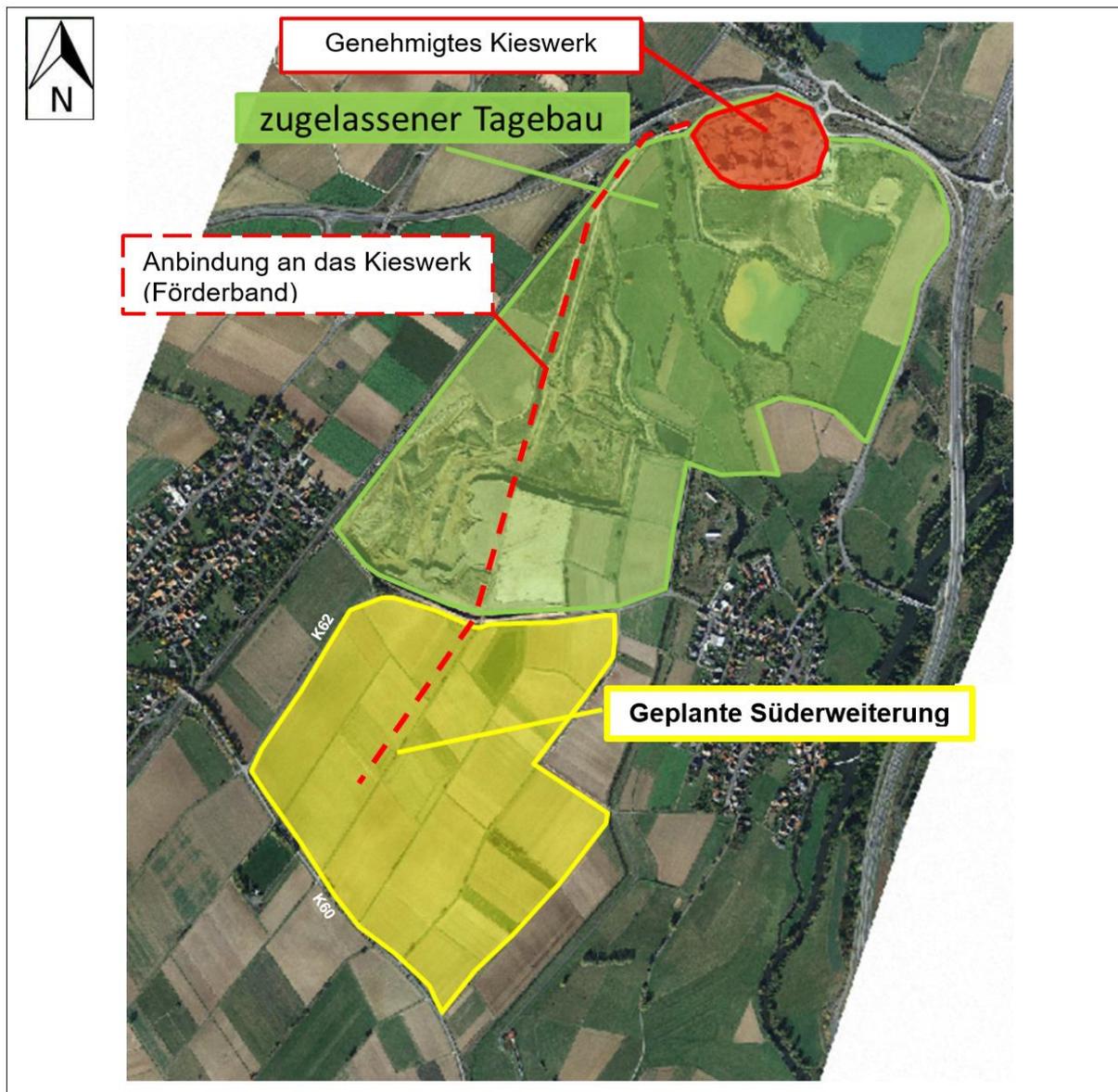


Abbildung 1: Übersicht über das Vorhaben.

Der neu aufzuschließende Tagebau soll in den Gemarkungen Argenstein, Roth und Wenkbach zwischen der K 62 im Norden und Westen, der K 60 im Süden und bestehenden Feld-/Wirtschaftswegen im Osten entstehen. Die geplante Erweiterungsfläche (Fläche des Rahmenbetriebsplans) hat einschließlich der einzuhaltenden Sicherheitsabstände eine Größe von ca. 46,28 ha und wird derzeit intensiv landwirtschaftlich überwiegend als Acker genutzt. Die

Abbaufäche beträgt ca. 43,03 ha. Die bereits durchgeführten geologischen Untersuchungen zur Erkundung der Lagerstätte haben gezeigt, dass in der geplanten Süderweiterung qualitativ hochwertige und für die Rohstoffversorgung der Region bedeutsame Vorräte in einem gewinnbaren Umfang von ca. 6,62 Mio. t anstehen. Unter Beibehaltung der derzeitigen Entnahmemenge von ca. 420.000 t ergibt sich eine rechnerische Laufzeit für das Vorhaben von rund 16 Jahren.

Der im Bereich der geplanten Süderweiterung gewonnene Rohkies soll über eine Förderverbindung zum genehmigten Kieswerk nördlich des zugelassenen Tagebaus transportiert und dort zu marktfähigen Produkten aufbereitet werden. Die hierfür notwendigen Verbindungseinrichtungen (Förderbänder mit begleitendem Fahrweg) werden an die künftige Geländetopographie angepasst und haben daher keinen Einfluss auf die weitere Umsetzung der im bestehenden Tagebau zugelassenen Wiedernutzbarmachung.

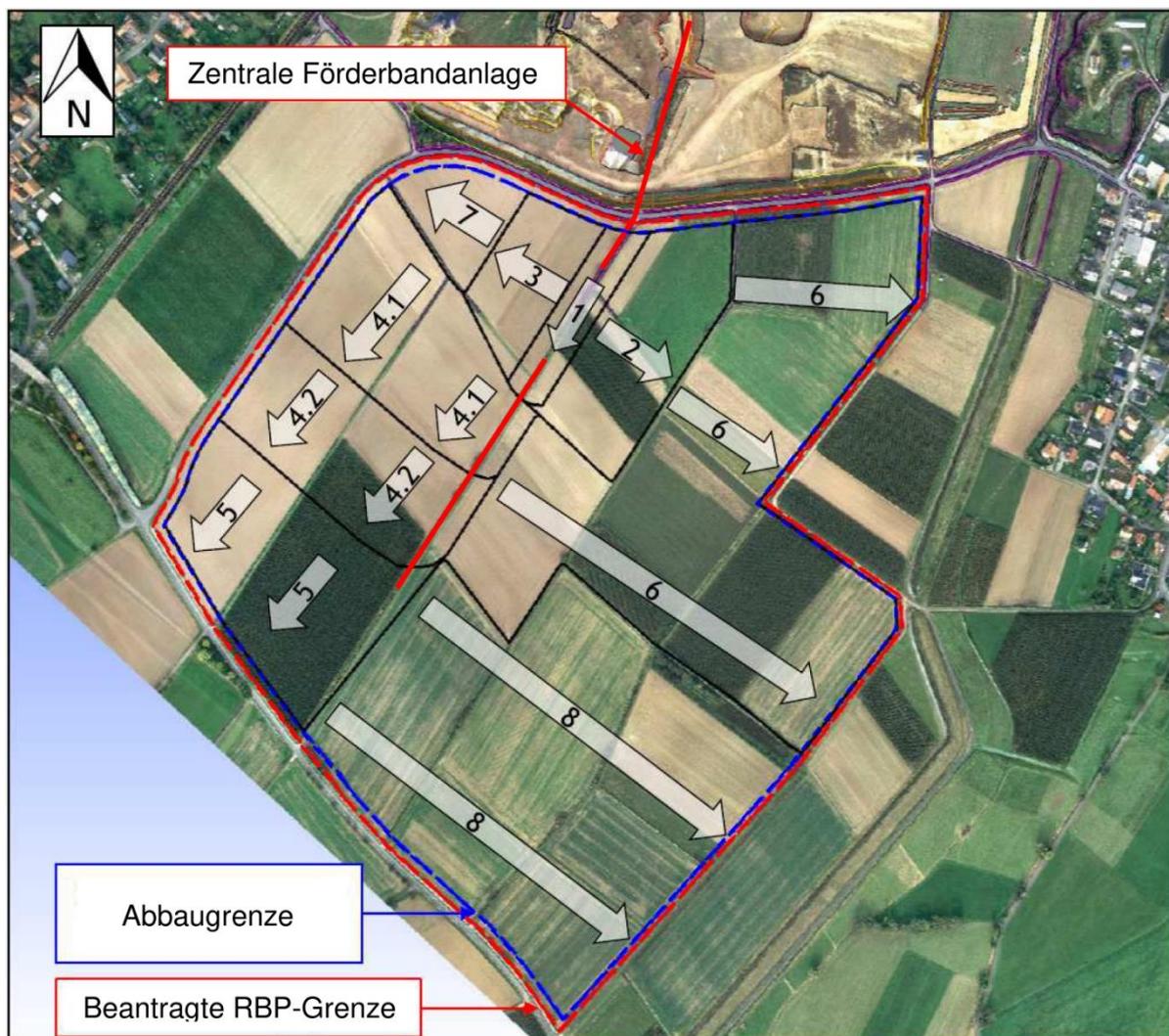


Abbildung 2: Abbaukonzept

Das Vorhaben umfasst folgende Bestandteile:

- Aufschlussphase im Norden der Erweiterungsfläche und Herstellung der Anbindungsinfrastruktur an das bestehende Kieswerk
- Abbaubetrieb - Gewinnung des Quarzkieses / Quarzsandes im Trockenschnitt über weitere 7 Abbauphasen
- Verfüllung des fertig ausgekiesten Tagebaus mit anschließender Wiedernutzbarmachung

Das Abbaukonzept ist in der Abbildung 2 dargestellt. Im ersten Schritt soll eine ausreichend große Aufschlussgrube im Norden der Erweiterungsfläche ausgehoben werden, damit die Förderbandverbindung zum Kieswerk hergestellt werden kann (Abbauphase 1). Die Aufschlussgrube soll zunächst nach Osten und Westen aufgeweitet (Abbauphasen 2 und 3) und anschließend im westlichen Bereich bis zum Erreichen der Südgrenze vergrößert werden (Abbauphasen 4 und 5). Das östliche Abbaufeld soll in zwei Abschnitten abgebaut werden (Abbauphasen 6 und 8), wobei dazwischen der Kies in einer für Artenschutz Zwecke zeitlich befristet gestalteten und daher vorübergehend vom Abbau verschonten Fläche im Nordwesten gewonnen werden soll (Abbauphase 7).

Die zentrale Förderbandanlage im westlichen Drittel der Erweiterungsfläche bildet einen entscheidenden Planungsparameter für die Abbauführung. In der dabei entstehenden Tagebaustruktur können die anfallenden Abraummengen ohne Zwischenlagerung endgültig eingebaut werden.

Die Verfüllung der fertig ausgekiesten Bereiche geschieht sukzessive dem Abbau folgend zunächst mit dem eigenen Abraum und den unverwertbaren Anteilen der Lagerstätte, wobei der Schwerpunkt der Verfüllung im Bereich des westlichen Abbaufeldes liegen wird. Dort können bis zum Ende der Kiesgewinnung im Bereich der geplanten Süderweiterung unter Verwertung des anfallenden Oberbodens ca. 13 ha innerhalb der Abbaugrenze für eine landwirtschaftliche Ackernutzung wiedernutzbar gemacht werden (siehe Abbildung 3). Dies entspricht etwa 30 % der durch das Vorhaben beanspruchten Abbaufäche. Für die Verfüllung des östlichen Abbaufeldes ist auch Fremdmaterial erforderlich. Dort soll analog dem bestehenden Wiedernutzbarmachungskonzept das Gelände nicht bis zum ursprünglichen Geländeniveau aufgefüllt werden sondern eine Auenlandschaft mit Grünlandnutzung, Rohbodenstandorten, Pioniergewässern und einem größeren Stillgewässer entstehen, u. a. mit dem Ziel mehr Retentionsraum für künftige Lahnhochwässer zu schaffen. Diese stärker an den Zielen des Natur- und Artenschutzes orientierte Art der Wiedernutzbarmachung umfasst ca. 70 % der Abbaufäche (ca. 30 ha) und entspricht den gesetzten Planungsvorgaben. Die Endgestaltung der letztgenannten Fläche lässt sich erst nach Beenden des Kiesabbaus realisieren. Hierfür wird eine Nachnutzungsphase von ca. 10 Jahren veranschlagt.

2 Ausgangssituation

2.1 Lage

Das Projektgebiet der Erweiterungsfläche des Quarkies- und Quarzsandtagebaus (kurz: Tagebau) in Niederweimar zwischen den Ortschaften Wenkbach und Argenstein liegt ca. 8 km südlich von Marburg an der B3, die in Richtung Süden nach Gießen verläuft. Parallel der Bundesstraße B3 verläuft die Lahn als Hauptvorfluter in der Region im Lahntal. Die Erweiterungsfläche des Tagebaus Niederweimar schließt südlich an die aktuelle Grube an (vgl. Abbildung 4, gelbe Fläche).

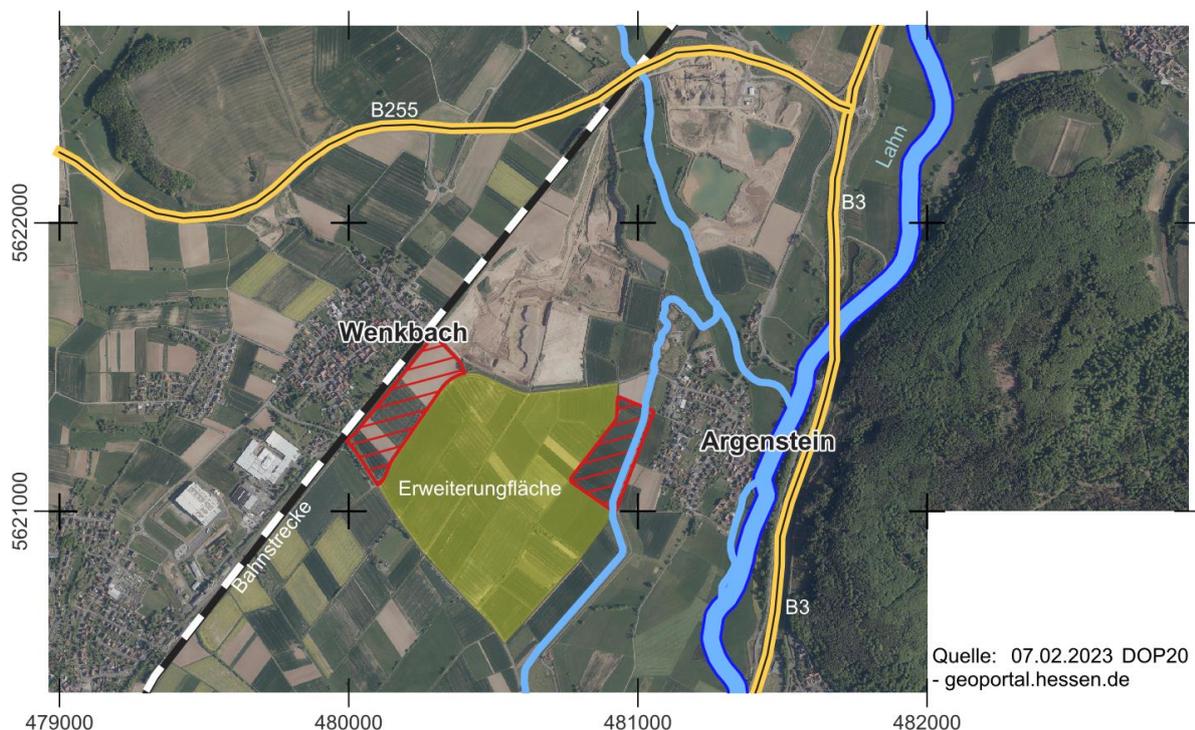


Abbildung 4: Übersichtslageplan der Erweiterungsfläche des Tagebaus Niederweimar zwischen den Orten Wenkbach und Argenstein

Die Erweiterungsfläche des Tagebaus (Fläche des Rahmenbetriebsplans) weist eine Grundfläche von ca. 46,28 ha auf und ist zu den beiden Ortschaften Wenkbach und Argenstein durch einen Schutzstreifen abgegrenzt.

- Der Schutzstreifen in Richtung Wenkbach verläuft zwischen örtlicher Bahnstrecke und geplantem Kiesabbau.
- Der Schutzstreifen in Richtung Argenstein verläuft zwischen der westlichen Bebauungsgrenze und dem geplanten Kiesabbau (siehe Abbildung 4 – rote schraffierte Fläche).

Nördlich von Argenstein (ca. 1 km) trifft die B255 von Westen kommend auf die B3; hier befindet sich die direkte Zufahrt zum Tagebau Niederweimar.

Der Ort Argenstein wird nach Norden vom Bach Allna und östlich von der nach Süden fließenden Lahn begrenzt. Die Allna fließt nach Südost und mündet östlich des Ortes Argenstein in die Lahn. Die Allna weist nördlich von Argenstein einen als Par-Allna bezeichneten Abzweig nach Süden auf, der die „Zeiteninsel“ (Humanhistorisches Freilichtmuseum) umfließt und südlich der Ortslage von Roth in die Lahn mündet. Südöstlich des Ortszentrums von Argenstein verläuft der Mühlgraben, der Wasser der Lahn abzweigt nach ca. 400 m wieder in diese einleitet (vgl. Abbildung 4).

2.2 Geologie

Geologisch liegt das Projektgebiet in der Hessischen Senke. Die Hessische Senke ist Bestandteil einer überregionalen Grabenstruktur, die auf Dehnungen der kontinentalen Kruste zurückzuführen sind. Die Strukturen wurden insbesondere nördlich der variszischen Deformationsfront angelegt /5/, wobei die Hessische Senke diese schneidet und in Richtung Süden in den Oberrheingraben hineinreicht. Die Schichten des Unterrotliegenden wurden gedehnt, wodurch sich ein überregionales Grabensystem bildete.

Im Projektgebiet stehen gemäß der geologischen Kartierung (siehe Abbildung 5) in der Tallage alluviale Flusssedimente an (Bereiche „a“ und „al“ in Abbildung 5). Diese bilden zugleich die Lagerstätte. Östlich der Talaue bzw. des Ortes Argenstein sowie der Lahn bilden Sandsteine des Zechsteins „zo“ sowie des unteren „su“ und mittleren Buntsandsteins („sm1“, „sm2“) den östlich gelegenen Höhenrücken. Lokal sind im östlichen Bereich der Talaue pleistozäne bzw. eiszeitliche Terrassensedimente der Lahn („ds4“ – Untere Lahnterrasse) anzutreffen.

Westlich der Talaue im Bereich des Ortes Wenkbach steigt das Gelände seichter an. Auch hier sind Sandsteine des Zechsteins sowie lokal devonische kalkige Tonschiefer „tmt“ anzutreffen. Weiter nach Nordwesten erstreckenden sich die Gesteine des flözleeren Karbons „co1“. Zwischen Schichten des Oberkarbon sowie den alluvialen Flussablagerungen in der Talaue sind pleistozäne Lössablagerungen „(d)l“ zu finden.

Entsprechend der geologischen Karte (vgl. Abbildung 5) liegt die Erweiterungsfläche des Tagebaus Niederweimar erwartungsgemäß vollständig in der Talaue, ebenso wie die beiden Ortschaften Wenkbach und Argenstein. Die Talaue besteht aus mächtigen sandigen und kiesigen alluvialen Ablagerungen der Lahn, die unter lehmigen Auensedimenten anstehen. Aufgrund der vorliegenden Bohrungen sowie der Beobachtungen aus dem Tagebau Niederweimar kann die Lagerstätte mit grob 10 m Mächtigkeit angegeben werden. Die überlagernden Auensedimente weisen eine Mächtigkeit von ca. 2 m aus. Im Liegenden der Lagerstätte steht ein rotbrauner Sandstein als flächig anstehende Felsbasis an.

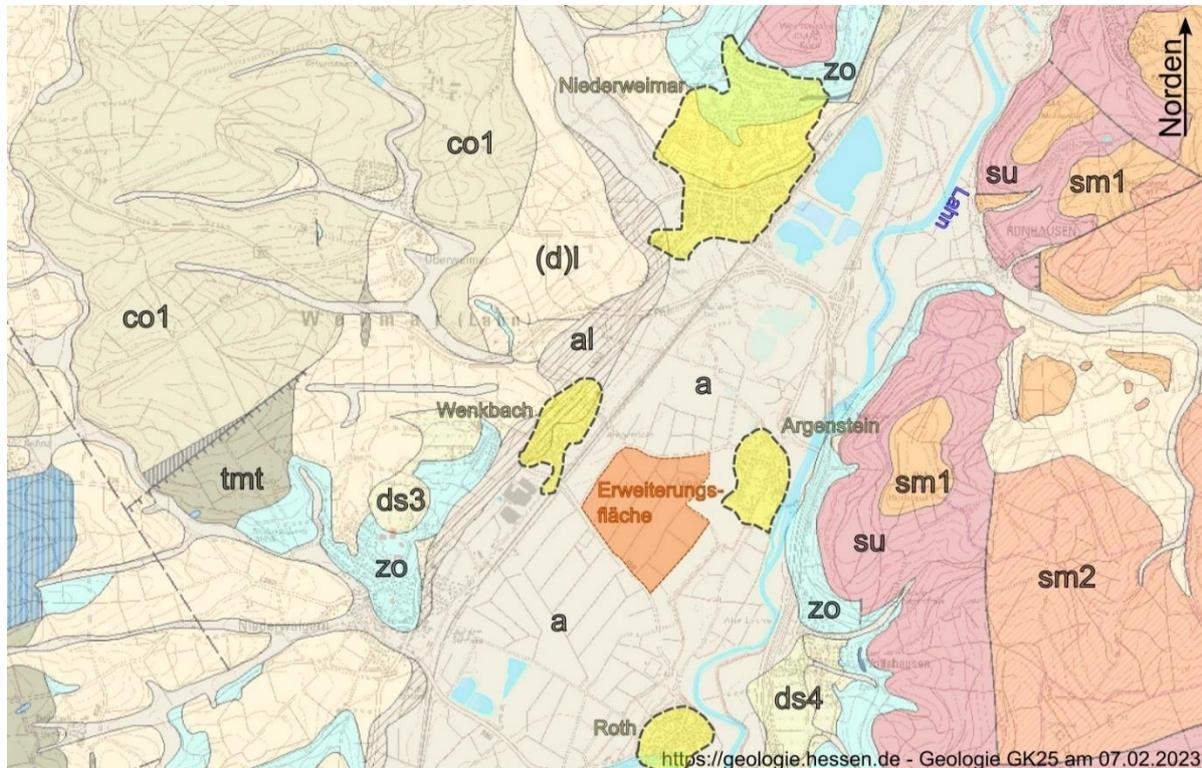


Abbildung 5: Geologische Karte des Projektgebiets um die Erweiterungsfläche des Tagebaus Niederweimar zwischen den Ortschaften Wenkbach und Argenstein (Symbol-schlüssel siehe /5/)

2.3 Angrenzende Bebauung

Das Abbaufeld erstreckt sich südlich des Ortes Niederweimar, zwischen den Ortslagen Wenkbach und Argenstein, und soll weiter nach Südwesten ausgedehnt werden (siehe Abbildung 4 – Erweiterungsfläche). Bei der Erweiterungsfläche handelt es sich um ein ca. 46,28 ha großes Areal (Fläche des Rahmenbetriebsplans), wobei die innerhalb der Sicherheitspfeiler liegende Abbaufäche etwa 43,03 ha beträgt. Zu beiden Ortschaften wird jeweils ein Abstandsstreifen (siehe Abbildung 4 – rote Markierung) eingeplant, um direkte Einwirkungen des Tagebaus auf die angrenzende Bebauung (z.B. Staub, Lärm, etc.) zu verhindern. Der Minimalabstand zwischen der Erweiterungsfläche und der Bebauung in Wenkbach sowie in Argenstein beträgt ca. 200 m (inkl. Abstandsstreifen).

Zwischen Wenkbach und der Erweiterungsfläche verläuft eine Bahntrasse der Deutschen Bundesbahn (die Eisenbahnstrecke Main-Weser-Bahn, zwischen Gießen und Marburg). Westlich des Ortes Argenstein verläuft die Bundesstraße B3 als Hauptzufahrt zum Tagebau.

Nächstgelegener größerer Vorfluter zur Erweiterungsfläche ist die Lahn mit ihrem Zulauf Allna, die nordöstlich des Ortes Argenstein in die Lahn mündet.

3 Hydraulische Situation

Die hydraulische Situation wird auf Grundlage der durch das Büro HG zur Verfügung gestellten Grundwassermodelle zwischen 2001 und Mitte 2022 für den aktuellen Kiesabbau /6a/ sowie für die geplante Wasserhaltung in der Erweiterungsfläche nach den Abbauphasen (Phase 1 bis Phase 8, /6b/) beschrieben. Die einzelnen Abbauphasen richten sich nach der Abbaurichtung und der Flächengröße der neu anzufahrenden Erweiterungsfläche.

3.1 Grundwassersituation bis 2021

Entsprechend der übermittelten Daten gemäß /6a/ konnten für die Darstellung der Entwicklung der Grundwasserstände Messdaten aus dem Tagebau Niederweimar sowie von 13 Grundwassermessstellen (GWM) verwendet werden, die im Umkreis dem Tagebau Niederweimar installiert sind (siehe Lageplan in Abbildung 6).

Mit den vorhandenen 13 GWM kann die Entwicklung der Grundwasserstände zwischen 2005 bis 2021 - und somit über einen Zeitraum von 17 Jahren - während des bisherigen Kiesabbaus der Grube Niederweimar nachvollzogen werden. Weiterhin stehen die Ergebnisse von begleitenden GW-Modellierungen zur Verfügung (siehe Abbildung 8 und Abbildung 10).

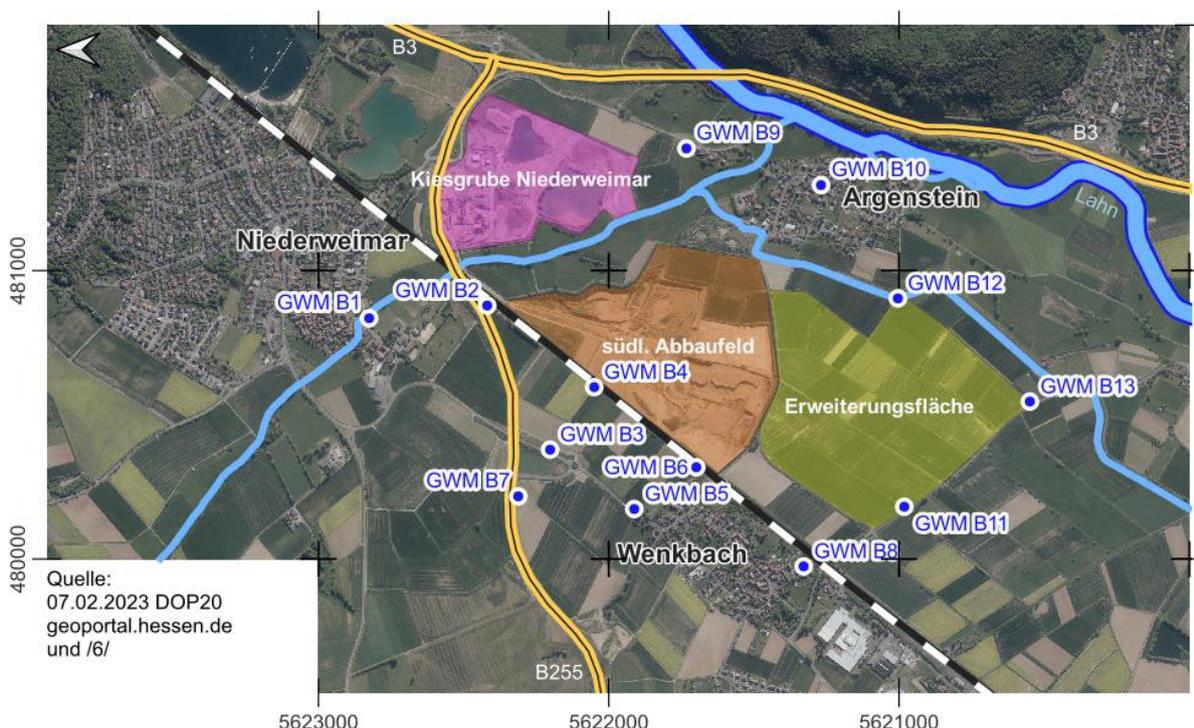


Abbildung 6: Lage der Grundwassermessstellen um den Tagebau Niederweimar

Entsprechend der Abbildung 6 liegen vier GWM (B9, B10, B12 und B13) östlich des Kiesabbaus bzw. der Erweiterungsfläche. Die übrigen GWM liegen westlich bzw. südlich der aktuellen Grube bzw. der Erweiterungsfläche.

3.1.1 Zurückliegende Entwicklung des GW-Standes für Wenkbach

Für den Ort Wenkbach können zur weiteren detaillierten Betrachtung die drei GWM B5, B6 sowie B8 herangezogen werden. Die Messstelle B1 liegt im Anstrombereich nördlich des Tagebaus Niederweimar bzw. des südlichen Abbaufeldes und wird zum Vergleich der Ganglinien als quasi unbeeinflusst angenommen. In der Tabelle 1 sind die Kenndaten der Grundwassersituation für die Zeit vor Beginn des südlichen Baufelds des Tagebaus Niederweimar dargestellt sowie die Entwicklung der Grundwasserstände nach Beginn der Wasserhaltung im südlichen Teil des Tagebaus um das Jahr 2009.

Für die Berechnung der Trendlinien (Angabe "Rate" in Tabelle 1 in [m/Jahr]) wurde jeweils die Messung aus Januar des betreffenden Jahres verwendet. Der Zeitraum vor dem Beginn des Abbaus im südlichen Bereich des Tagebaus (vgl. Abbildung 6) reicht damit von 01/2000 bis 01/2009. Der Zeitraum nach Beginn des Abbaus im südlichen Teil des Tagebaus erstreckt sich von 01/2009 bis 01/2020. Ab ca. 2008/2009 erfolgte die offene Grundwasserhaltung über einen Pumpensumpf im südlichen Teil des Tagebaus (südlich der Betriebsfläche und des Radweges).

Tabelle 1: Zusammenfassende Übersicht der ausgeführten Grundwassermessungen zwischen 2001 und 2022 für den Ort Wenkbach

Kennwert	Wenkbach			
	GWM B1 (Vergleich)	GWM B5	GWM B6	GWM B8
GOK [mNN]	+176,18	+177,46	+175,73	+173,03
Datum Minimum [mNN]	15.10.2004 +166,85	15.02.2019 +165,82	15.01.2019 +163,99	15.11.2019 +166,24 ^{*)}
Datum Maximum [mNN]	15.03.2010 +174,82	12.05.2002 +170,18	15.04.2005 +171,41	15.02.2002 +171,15
Rate 2000 bis 2009	+0,07 m/yr	-0,25 m/yr	-0,19 m/yr	-0,22 m/yr
Rate 2009 bis 2020	+0,10 m/yr	-0,12 m/yr	-0,15 m/yr	-0,16 m/yr
UK Lagerstätte [mNN]	+163,13	+161,96	+160,83	keine Angabe

^{*)} Die Messwerte wurden an mehreren Tagen gemessen, es wird jedoch jeweils nur einer repräsentativ dargestellt.

Es wird anhand der Kennwerte in Tabelle 1 deutlich, dass die Grundwassermessstelle B1 sowohl über den Zeitraum vor Auskiesung des südlichen Abbaufeldes wie auch danach unbeeinflusst von der Wasserhaltung bleibt. Der Wasserstand steigt im jeweiligen Betrachtungszeitraum an (vgl. Tabelle 1: Rate von 0,1 m/yr), während an den übrigen Messstellen der Wasserstand mit 0,1 m/yr bis 0,2 m/yr infolge der praktizierten offenen Wasserhaltung absinkt.

Die nachfolgende Abbildung 7 zeigt die Verlaufskurven der Entwicklung des Grundwasserstandes zwischen den Jahren 2000 bis ca. 2022. Alle drei Messstellen zeigen tendenziell einen ähnlichen Verlauf. Der Grundwasserstand unter dem Ort Wenkbach sinkt zwischen Anfang 2000 bis Ende 2021 kontinuierlich ab (siehe Abbildung 7).

Alle Ganglinien zeigen die typischen saisonalen Grundwasserkurven. Bis zum Jahr ca. 2009 weisen alle drei Messstellen um den Ort Wenkbach einen gleichbleibenden, leicht abfallenden Trend mit im Mittel ca. 0,2 m/yr auf (vgl. Tabelle 1). In Abbildung 7 wird deutlich, dass die zum Ort Wenkbach nächstgelegenen Messstellen B5 und B6 stärker abfallen als die Messstelle B8. Die Messstelle B8 liegt mit Bezug zur Ortslage auf der Tagebau abgewandten Seite. Die größten Grundwasserstandsänderungen werden dabei in der Messstelle B5 nördlich des Ortes Wenkbach erreicht.

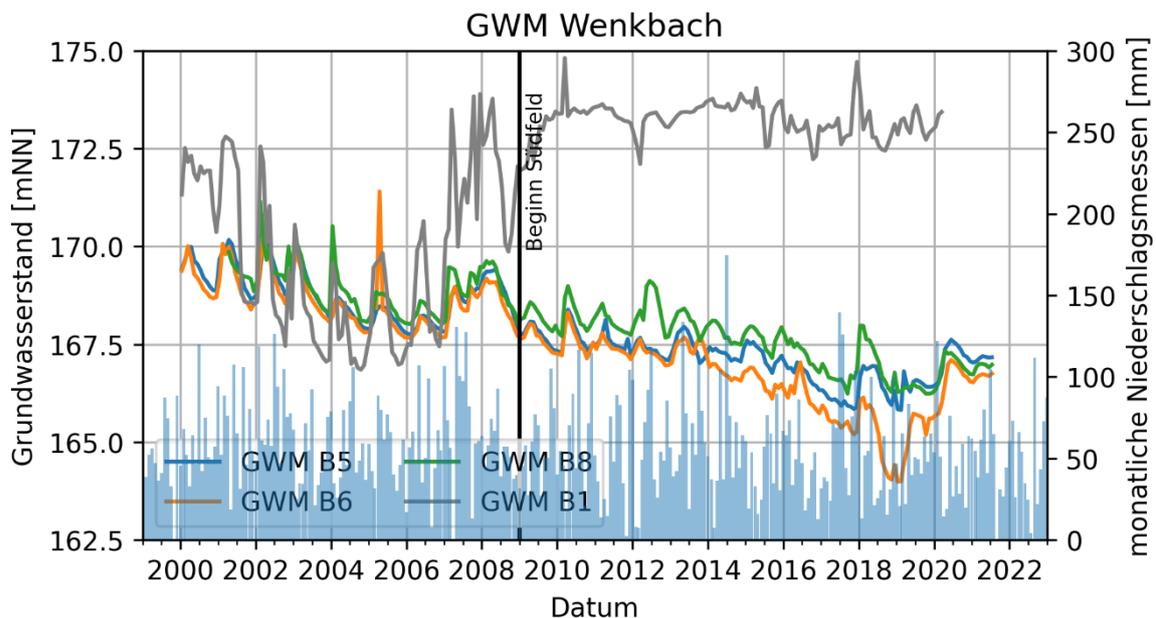


Abbildung 7: Zeitreihen der für den Ort Wenkbach repräsentativen Messstellen B5, B6 und B8, B1 als Referenzmessstelle im Anstrom und Daten gemäß /7/

Die Entwicklung des Grundwasserstands unter dem Ort Wenkbach in Verbindung mit dem Kiesabbau im südlichen Teil des Tagebaus, lässt sich zusätzlich anhand des hydrogeologischen

Modells /6/ nachvollziehen. In der nachfolgenden Abbildung 8 sind die Isolinien der jeweiligen Grundwasseroberfläche auf Höhe des Kiesabbaus für die Jahre 2005, 2014 und 2021 dargestellt.

Die GW-Oberfläche aus dem Jahr 2005 stellt dabei den Ausgangszustand, ohne die Beeinflussung der GW-Oberfläche durch den Kiesabbau im südlichen Teil des Tagebaus dar. Anhand der Abbildung 8 kann nachvollzogen werden, dass sich die GW-Fließrichtung unter dem Ort Wenkbach von Norden nach Nordosten bzw. Osten (in Richtung des Kiesabbaus) dreht. Zusätzlich wird der hydraulische Gradient in den wasserführenden Schichten steiler, dies wird durch den engeren Abstand der Isolinien deutlich.

Die Flurabstände im direkten Nahbereich zum Kiesabbau liegen in Zeiten mit niedrigem Grundwasserstand dabei bei ca. 11,6 m (GWM B5) und 11,7 m (GWM B6). In Zeiten mit hohem Grundwasserständen beträgt der Flurabstand ca. 7,3 m (GWM B5) und 4,3 m (GWM B6). Bei einem Vergleich mit den minimalen (ca. 1,9 m) und maximalen (ca. 6,8 m) Flurabständen in der Messstelle GWM B8 wird deutlich, dass die Beträge mit größerem Abstand zum Kiesabbau abnehmen.

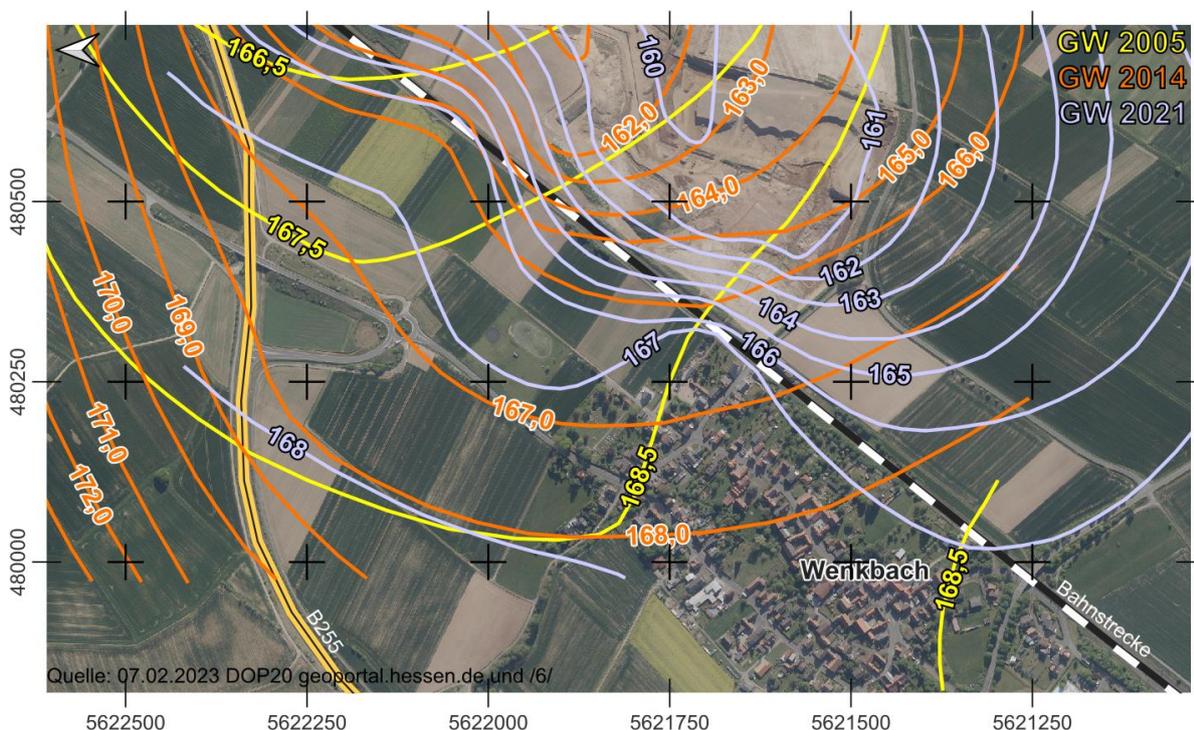


Abbildung 8: Entwicklung der Grundwassergleichen im Bereich des südlichen Abbaufeldes und unter dem Ort Wenkbach

Aus den Abständen der jeweils nächstgelegenen Grundwassermessstellen kann zum jeweiligen Stichtag ein hydraulischer Gradient i bestimmt werden. Für einen Abstand von ca. 505 m der GWM B6 zur GWM B8 ergibt sich ein maximaler Gradient von ca. $i_{B6,B8} = 0,5\%$ (5 mm/m). Zwischen den Messstellen GWM B5 und GWM B6 (Abstand 258 m) ergibt sich ein maximaler Gradient von $i_{B5,B6} = 1,1\%$ (11 mm/m). Die Grundwasseroberfläche unter dem Ort Wenkbach fällt entlang der Bahnlinie und dem nördlichen Teil zwischen 2005 und 2021 von ca. +168,5 mNN auf +167 mNN und damit um ca. 1,5 m ab.

Ergänzend zu den Flurabständen ist aus der Abbildung 7 ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Niederschlagsereignissen bzw. Monaten mit höheren Niederschlagsraten und Monaten mit niedrigeren Niederschlagsraten abzuleiten. Die Grundwasserstände sind damit direkt niederschlagsbeeinflusst.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Grundwasserspiegel unter dem Ort Wenkbach seit ca. 20 Jahren kontinuierlich absinkt. Der Tagebau bildet durch die dortige Wasserhaltung eine Grundwassersenke.

3.1.2 Zurückliegende Entwicklung des GW-Standes für Argenstein

Die Entwicklung des Grundwasserstands unter dem Ort Argenstein lässt sich ebenfalls über drei Grundwassermessstellen GWM (B9, B10 und B12) analysieren.

- Die GWM B9 wurde zwischen dem aktuellen Kiesabbau und dem Ort errichtet.
- Die GWM B12 liegt zwischen der Erweiterungsfläche und der Wohnbebauung.
- Die GWM B10 wurde direkt im Ortskern errichtet.

Zusammengenommen können alle drei Messstellen den flächigen Grundwasserstand unter dem Ort Argenstein beschreiben (vgl. Abbildung 6).

Die Messstelle B12 wurde erst im Jahr 2021 errichtet und dabei mit einem Datenlogger ausgestattet. Die Zeitreihe der Messstelle ist daher deutlich kürzer als bei den beiden Messstellen GWM B9 und GWM B10.

Die nachfolgenden Messstellen GWM B9 und GWM B10 reagieren verzögert auf den Beginn des Abbaus im südlichen Abbaufeld des Tagebaus. Erst ab 20214 wird in der GWM 10 ein leichter Abfall des Grundwasserspiegels unter dem Ort Argenstein gemessen (vgl. auch Abbildung 10). Bis zum Jahr 2009 (Beginn des Abbaus im südlichen Teil des Tagebaus – vgl. Abbildung 9) verlaufen die Ganglinien der Messstellen GWM B9 und GWM B10 parallel der Ganglinie aus der Referenzmessstelle GWM B1.

Entsprechend dem Vorgehen zum Ort Wenkbach (siehe Kapitel 3.1.1) wurde auch für den Ort Argenstein die Grundwassermessstelle GWM B1 als Referenz mit ausgewertet und nachfolgend in der Abbildung 9 ergänzend zu den Messstellen GWM B9, GWM B10 und GWM B12 mit dargestellt.

Tabelle 2 gibt einen ersten Überblick zu den zurückliegenden Messungen der Grundwasserstände zwischen den Jahren 2000 bis 2009 und nach Beginn der Abbautätigkeit im südlichen Abbaufeld des Tagebaus Niederweimar von 2009 bis 2020.

Tabelle 2: Zusammenfassende Übersicht der ausgeführten Grundwassermessungen zwischen 2001 und 2022 für den Ort Argenstein

Kennwert	Argenstein			
	GWM B1 (Vergleich)	GWM B9	GWM B10	GWM B12
GOK [mNN]	+176,18	+172,71	+172,7	+172,10
Datum Minimum [mNN]	15.04.2004 +166,85	15.05.2007 +166,66	15.12.2020 +166,86	29.12.2021 +167,26 ^{*)}
Datum Maximum [mNN]	15.03.2010 +174,82	22.02.2022 +172,30	15.12.2007 +170,50	28.02.2022 +168,50 ^{*)}
Rate 2000 bis 2009	+0,07 m/yr	-0,23 m/yr	-0,22 m/yr	Messungen erst ab 27.07.2021
Rate 2009 bis 2020	+0,10 m/yr	+0,07 m/yr	-0,07 m/yr	
UK Lagerstätte [mNN]	+163,13	+161,96	+160,83	keine Angabe

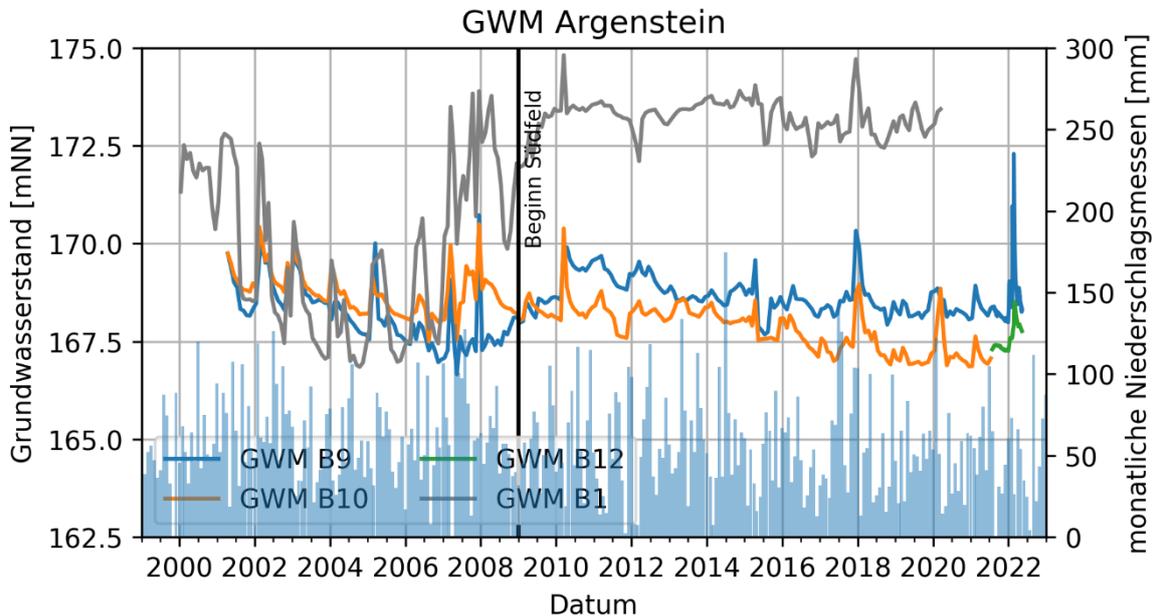


Abbildung 9: Zeitreihen den repräsentativen Messstellen B9, B10 und B12 für den Ort Argenstein

Wie in Wenkbach sind die Grundwasserstände auch in Argenstein direkt niederschlagsbeeinflusst. Dies ist an der Korrelation der monatlichen Niederschlagsmengen im Vergleich zu den Grundwasserganglinien zu folgern.

In Argenstein liegt die Geländeoberkante im Vergleich zu Wenkbach ca. 1 m tiefer. Dies spiegelt sich auch in den Flurabständen des Grundwassers wider. Die Flurabstände liegen in Zeiten mit niedrigem Grundwasserstand bei ca. 6,1 m (B9) und an der Messstelle B10 bei ca. 5,9 m. Die Flurabstände in Zeiten mit hohem Grundwasserstand liegen bei ca. 0,4 m (B9) und ca. 2,2 m (B10). In der Messstelle B12 wurden Flurabstände zwischen ca. 3,6 m und ca. 4,8 m gemessen, dies ist mit dem bisherigen, vergleichsweise kurzen Überwachungszeitraum zu erklären.

Entsprechend der nachfolgenden Abbildung 10 wird ersichtlich, dass die Wasserhaltung des Tagebaus im südlichen Abbaufeld eine Veränderung der Grundwasserfließrichtung in Richtung des Pumpensumpfs zur Folge hat. Die GW-Fließrichtung schwenkt bezogen auf den Ortskern von Argenstein von Norden nach Nordosten.

Grundsätzlich kann im Untersuchungsgebiet davon ausgegangen werden, dass das Grundwasser allgemein der Lahn als größter Vorfluter zustrebt. Durch den Kiesabbau und die Ergebnisse der Grundwassermessungen kann sich die Situation umkehren und das Wasser von der Lahn in den Untergrund infiltrieren (vgl. Höhenlinien in Abbildung 10).

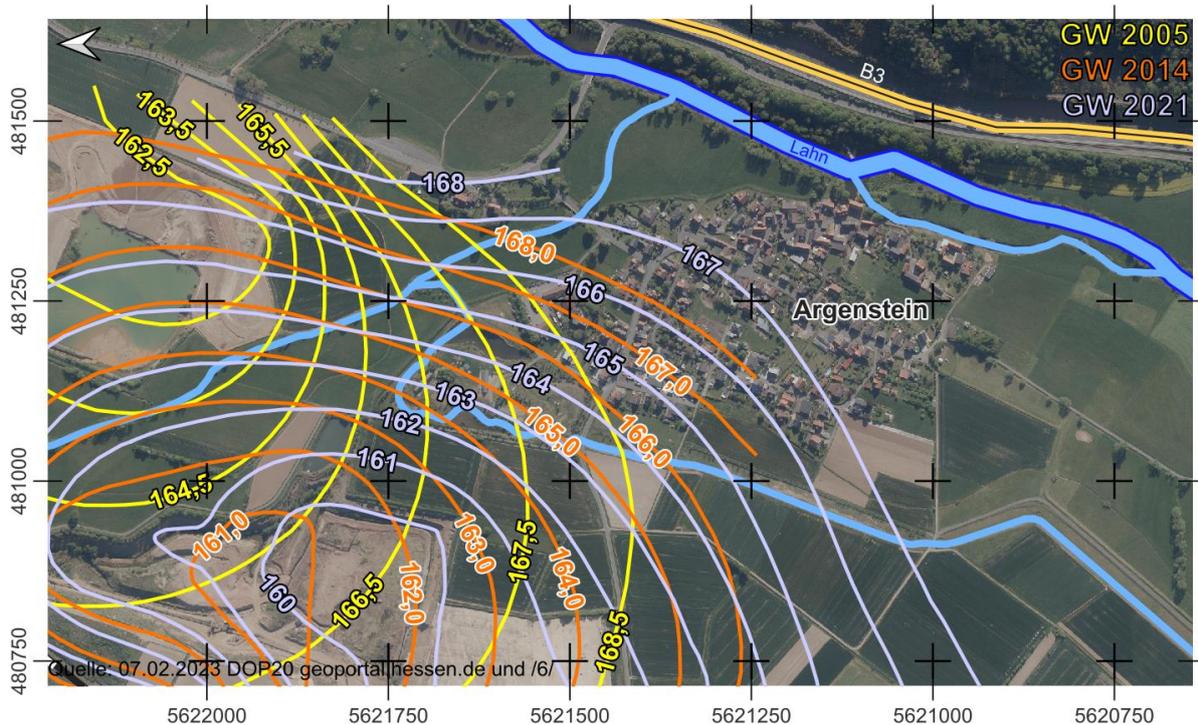


Abbildung 10: Entwicklung der Grundwassergleichen im Bereich des südlichen Abbaufeldes und unter dem Ort Argenstein

Der maximale hydraulische Gradient i der GW-Strömung zwischen den Messstellen B9 und B10 beträgt $i_{B9,B10} = 0,5 \%$ (4,7 mm/m), zwischen den Messstellen B9 und B12 ist ein vergleichbarer maximaler hydraulische Gradient $i_{B10,B12} = 0,5 \%$ (4,8 mm/m) vorhanden.

Zusammenfassend kann auch hier aus der Betrachtung gefolgert werden, dass eine homogene Grundwassersituation vorliegt. Die ermittelten Gradienten um 0,5% liegen im Erwartungsbereich von Sickerströmungen im Untergrund.

3.2 Grundwasserprognosemodell für die Erweiterungsfläche

3.2.1 Vorbemerkungen

Die Prognose zur Entwicklung der Grundwasserstände im Bereich der Erweiterungsfläche wurde durch das Büro HG /6b/ erstellt. Die Daten wurden in einem digitalen GIS-basierten Datenformat übergeben (*.shp-Datei). Das Grundwassermodell basiert auf den Vorgaben aus der Abbauplanung des Büros SST /8/ sowie aus dem gesamthydraulischen Modell des Büros HG.

Die Planung zum Kiesabbau ab 2028 sieht die Aufteilung der Erweiterungsfläche in acht Abbauphasen vor. Die Einteilung der Erweiterungsfläche in die verschiedenen Abbauphasen steht

in unmittelbarem Zusammenhang mit der Entwicklung der Grundwasserstände unter den Orten Wenkbach und Argenstein. Zur Ermittlung der maximalen Ausdehnung der Grundwasserabsenkung ausgehend vom Tagebau in Richtung der Ortschaften Wenkbach und Argenstein wurden „Worst-Case-Szenarien“ (wc-Szenario) entwickelt und berechnet. Die wc-Szenarien zeichnen sich dadurch aus, dass eine jeweilige Phase der Rückverfüllung des Tagebaus mit bindigem Material bzw. eine Abdichtung der Tagebauwände einer jeweiligen Abbauphase noch nicht ausgeführt wurde /6b/.

Die Prognose zur Entwicklung der Grundwasseroberfläche kann detailliert dem numerischen Modell der Firma HG in /6b/ entnommen werden. Nachfolgend wird ausschließlich auf die Abbauphasen eingegangen, die die größten Einflüsse auf die Grundwasserstände unter den Ortschaften Wenkbach und Argenstein haben.

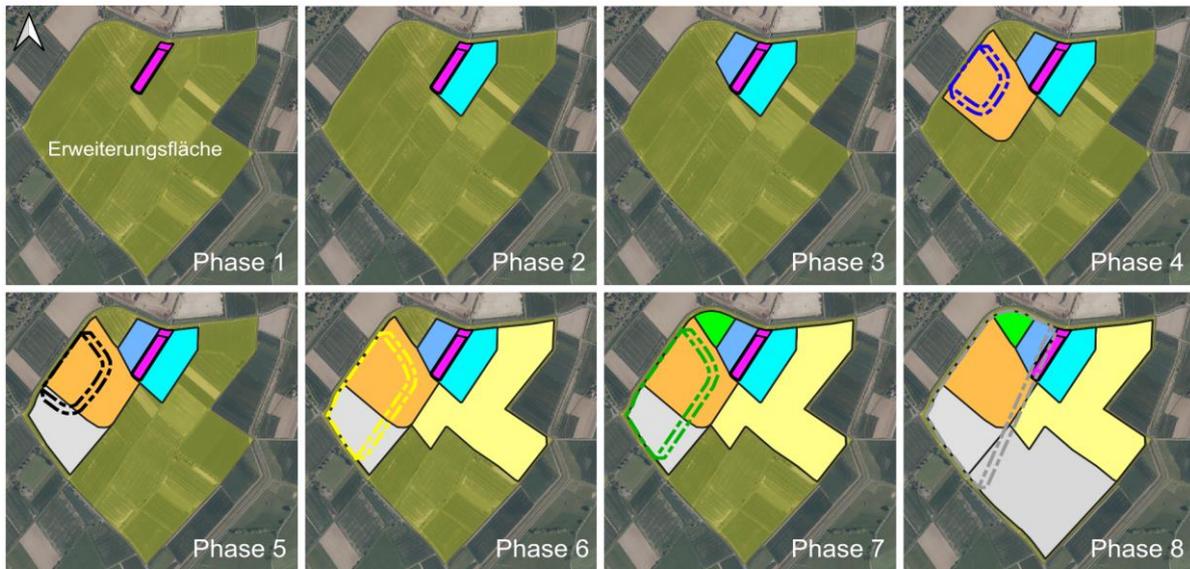
Diese stellen aus geotechnischer Sicht für die Setzungsprognose die ausschlaggebenden minimalen bzw. maximalen Zustände dar. Setzungen treten durch den fehlenden Auftrieb und Schrumpfungseffekte der entsprechenden Böden im Falle von niedrigen Grundwasserständen auf. Ein maximaler Grundwasserstand verursacht ggf. großflächige Hebungen der Bodenschichten, wenn diese unter Auftriebswirkung geraten, da die effektiven Bodenspannungen reduziert werden. Auf diese Weise erfolgt eine Abschätzung der maximal auftretenden Setzungen und ggf. Hebungen ausgelöst durch einen veränderten Grundwasserstand unter den Ortschaften Wenkbach und Argenstein.

3.2.2 Unterteilung in Abbauphasen

Die Erweiterungsfläche wurde für die Auskiesung in insgesamt acht Abbauphase sowie fünf Phasen der Rückverfüllung während des Abbaus eingeteilt (siehe Abbildung 11).

Der Abbau beginnt von Norden - ausgehend vom südlichen Abbaufeld - mit einem Stich in Richtung Mitte der Erweiterungsfläche (Phase 1). Anschließend wird dieser Bereich nach Osten aufgeweitet (Phase 2). Darauffolgend wird die westliche Fläche in Richtung Wenkbach mit den Abbauphasen 3 bis 5 und 7 ausgekiest. Mit den Abbauphasen 6 und 8 erfolgt der Kiesabbau im östlichen Teil der Erweiterungsfläche in Richtung Argenstein. Die Abbauphase 7 umfasst nur noch einen kleinen nordwestlichen Teil. Die nachträgliche Auskiesung dieses kleinen Abschnitts hängt mit der landwirtschaftlichen Nutzung und Geländewiederherstellung der westlichen Flächen des Tagebaus zusammen. Hierauf wird nicht weiter eingegangen. Ab der 4. Phase der Auskiesung (Phase 4) wird mit der Rückverfüllung des westlichen Teils der Erweiterungsfläche begonnen. Die Rückverfüllung findet bis in die 8. Abbauphase statt, bis der gesamte östliche Teil der Erweiterungsfläche rückverfüllt (Phase 8) und für die landwirtschaftliche Nachnutzung vorbereitet ist.

Der östliche Teil der Fläche soll als Grundwassersee bzw. Auenlandschaft nachgenutzt und nicht rückverfüllt werden (siehe LBP vom Büro Bioplan /11/). Das Grundwasser wird hier langfristig das natürliche Höhenniveau einnehmen bzw. erreichen.



Quelle: 07.02.2023 DOP20 - geoportal.hessen.de

Abbildung 11: Unterteilung der Erweiterungsfläche in die verschiedenen Abbauphasen sowie die Phasen der Rückverfüllung begleitend zum ab 2028 geplanten Kiesabbau nach /6b/

3.2.3 Prognose zur Entwicklung des Grundwasserstandes

Im Mittel liegt der Grundwasserstand, entsprechend des Referenzzustandes von 2028 gemäß /6b/, unter dem Ort Wenkbach bzw. Argenstein auf einem Niveau von mit Mittel ca. +167 mNN (siehe /6b/ - Anlage 4.7: +166 mNN und +168 mNN). Dieser Ausgangszustand bildet die Grundlage für die dann folgenden Abbautätigkeiten in der Erweiterungsfläche.

Mit Beginn der Auskiesung ab etwa 2028 in der Erweiterungsfläche (siehe Abbildung 11) erfolgt auch eine Wasserhaltung in der Abbaufäche. Das im Tagebau anfallende Wasser wird über offene Kanäle einem Pumpensumpf im alten Tagebau (siehe /6b/ - Tabelle 1) zugeführt. Durch die Auskiesung in der Erweiterungsfläche verlagert sich der durch den Tagebau beeinflusste Absenktrichter des Grundwassers in Richtung der Erweiterungsfläche.

Durch die geplante partielle Auskiesung des Erweiterungsbereiches in den oben genannten acht Abbauphasen bzw. Phasen mit Rückverfüllung von Teilen des Tagebaus (siehe Kapitel 3.2.2) erfolgt ebenso eine natürliche Anpassung der Grundwasseroberfläche bzw. des Absenktrichters des Grundwassers um den Tagebau /6b/. Dies führt aufgrund der hohen Durchlässigkeiten des Kieskörpers zu einer Änderung der Grundwasserstände unter den Ortschaften Wenkbach und Argenstein.

Mit Beginn der Arbeiten in der Abbauphase 1 entsteht eine Grundwassersenke, die den Absenktrichter des gesamten Kieswerks (südliches Abbaufeld und Erweiterungsfläche) nach Süden verschiebt.

- *Minimale und maximale Grundwasserstände unter dem Ort Wenkbach während der Auskiesung der Erweiterungsfläche:*

Die größte Absenkung des Grundwasserstands unter dem Ort Wenkbach wurde im wc-Szenario /6b/ in Abbauphase 5 ohne Berücksichtigung der Rückverfüllung aus Abbauphase 4 erreicht. Der Grundwasserstand unter dem Ort Wenkbach liegt in diesem Fall zwischen +163 mNN und +164 mNN. Die berechnete Grundwassergleiche (+164 mNN) verschiebt sich bis an den nordwestlichen Rand des Ortes Wenkbach. Im Osten des Ortes liegt die +163 mNN-GW-Gleiche zwischen Bahnlinie und Erweiterungsfläche (siehe Abbildung 12 und /6b/).

Relativ zum abgeleiteten Ausgangszustand vom Jahr 2028 /6b/ erfolgt somit eine Grundwasserabsenkung unter dem Ort Wenkbach während der Auskiesung der Erweiterungsfläche von maximal +168 mNN – +163 mNN = 5 m.

Bei einer angenommenen vollständigen Rückverfüllung steigt der Grundwasserstand entsprechend der Abschätzungen aus /6b/ unter dem Ort Wenkbach bis auf ein Niveau zwischen ca. +173,5 mNN bis ca. +174,5 mNN an (vgl. Abbildung 12). Damit liegt der Wasserstand nach Abschluss aller Arbeiten ohne eine weitere Ausdehnung des Abbaus südlich der K 60 deutlich höher als bisher. Der maximale Anstieg des Grundwassers relativ zum aktuellen Zustand wird für die geotechnische Betrachtung zu Auftriebs- und Hebungseffekten entsprechend mit ca. +174,5 mNN - +167 mNN = 7,5 m angenommen.

Im Hinblick auf die Geländeoberkante an den Messstellen B5 im Nordwesten des Ortes Wenkbach (vergleiche Tabelle 1) ergibt sich ein Flurabstand des Grundwassers bei vollständiger Verfüllung der Gruben ohne eine weitere Ausdehnung des Abbaus südlich der K 60 sowie eine entsprechende Wasserhaltung von ca. +177,5 mNN - +174,5 mNN = 3 m im nordwestlichen Siedlungsbereich. Im Südosten von Wenkbach liegt die prognostizierte Grundwasseroberfläche zwischen +174 mNN und +173,5 mNN im Bereich der Geländeoberkante (siehe Tabelle 1 – Messstelle B8, GOK +173 mNN).

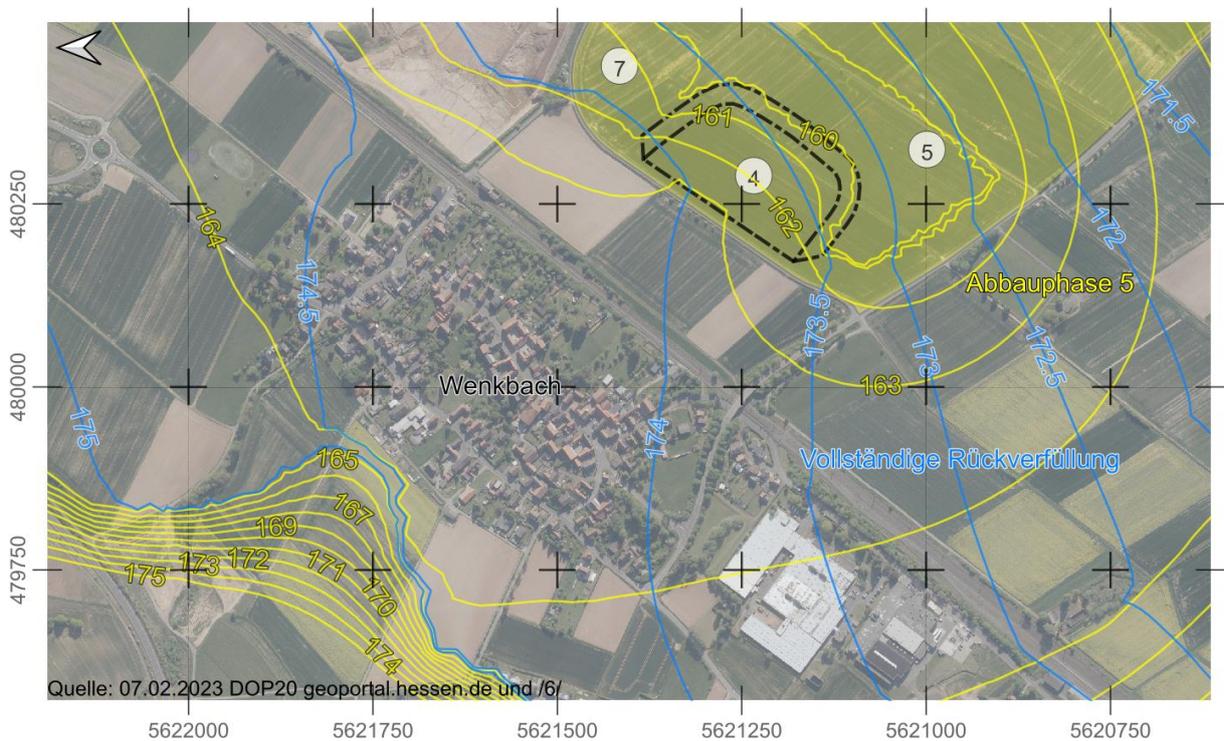


Abbildung 12: Prognose zur Entwicklung des minimalen (Abbauphase 5 - gelb) und maximalen Grundwasserstands (nach vollständiger Rückverfüllung - blau) nach /6b/ für den Ort Wenkbach

- *Minimale und maximale Grundwasserstände unter dem Ort Argenstein während der Auskiesung der Erweiterungsfläche:*

Ausgehend vom Referenzzustand im Jahr 2028 (Beginn der Arbeiten in der Erweiterungsfläche) wird die Grundwasseroberfläche unter dem Ort Argenstein erst ab der Abbauphase 5 von der Wasserhaltung in der Erweiterungsfläche beeinflusst /6b/.

Analog zum Ort Wenkbach erfolgt eine Betrachtung der minimalen (Abbauphase 6) und maximalen Wasserstände abhängig der Abbauphasen bzw. letztendlichen vollständigen Rückverfüllung des Tagebaus ohne eine weitere Ausdehnung des Abbaus südlich der K 60 (vollständige Rückverfüllung).

Der minimale Wasserstand unter dem Ort Argenstein wird in der Abschätzung des wc-Szenarios in Abbauphase 6 erreicht. Zu diesem Zeitpunkt erfolgt die Auskiesung der Erweiterungsfläche in nordöstliche Richtung, ohne eine Abdichtung der Tagebauwände vorgenommen zu haben /6b/.

Das Niveau der Grundwasseroberfläche unter dem Ort Argenstein wurde in der Modellrechnung zwischen +167 mNN im Osten und ca. +166 mNN im Westen in Richtung Erweiterungsfläche abgeschätzt (siehe Abbildung 13). Im Vergleich zum Referenzzustand von 2028 (siehe Anlage 4.2 in /6b/) erfolgt eine Grundwasserabsenkung durch die Erweiterungsfläche um zusätzlich ca. 0,5 m bis 1,0 m. Aufgrund der Auflösung des Modells ist hier eine genauere Eingrenzung nicht möglich. Für die Setzungsprognose wird daher ein minimaler Wasserstand von +165 mNN unter dem Ort Argenstein angenommen.

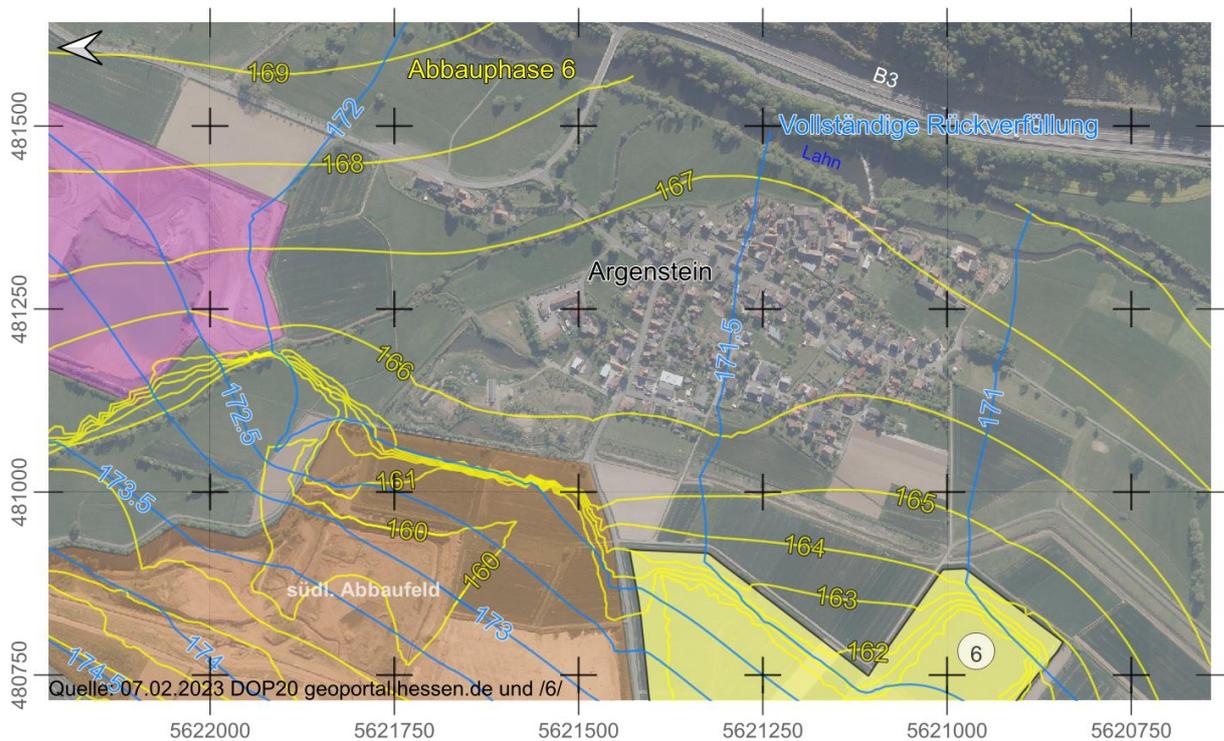


Abbildung 13: Prognose zur Entwicklung des minimalen (Abbauphase 6 - gelb) und maximalen Grundwasserstandes (nach hier nicht geplanter vollständiger Rückverfüllung – blau – Worst-Case-Szenario) nach /6b/ für den Ort Argenstein

Wie zuvor wird als maximal möglicher Wasserstand die in /6b/ prognostizierte Grundwasseroberfläche aus dem Jahr 2044 herangezogen, wenn nach Abschluss der Auskiesung in der Erweiterungsfläche kein weiterer Abbau mehr stattfindet sowie die Wasserhaltung des Tagebaus endgültig eingestellt wird. Der mittlere Wasserstand unter dem Ort Argenstein wird sich dann auf einem Niveau von +171,5 mNN einstellen. Die Grundwasserfließrichtung schwenkt zudem nach Süden (siehe Abbildung 13).

Ausgehend vom aktuellen Wasserstand auf +167,5 mNN steigt die Grundwasseroberfläche auf ein mittleres Niveau von +171,5 mNN und damit um ca. 4,0 m an. Mit Geländehöhen um +172 mNN (vgl. Tabelle 1) stellt sich ein Flurabstand von ca. 0,5 m zwischen Geländeoberkante

und Grundwasseroberfläche ein. Die nachfolgende Tabelle 3 fasst die minimalen und maximalen Grundwasserstände sowie die relativen Änderungen der Grundwasserstände unter den Orten Wenkbach und Argenstein zusammen, wie sie für die in Kapitel 5 ausgeführte Setzungs- bzw. Hebungsprognose verwendet wurden.

Tabelle 3: Aus dem Rechenmodell /6b/ abgeleitete minimale und maximale Grundwasserstände sowie -unterschiede unter den Ortschaften Wenkbach und Argenstein

GW-Stände	Wenkbach Norden	Wenkbach Süden	Argenstein Westen	Argenstein Osten
GW _{aktuell} ^{*)}	+167,0 mNN		+167,5 mNN	
GW _{Referenz2028}	+167 mNN	+167 mNN	+167 mNN	+167 mNN
GW _{min}	+163 mNN	+163 mNN	+165 mNN	+167 mNN
GW _{max}	+174,5 mNN	+174,0 mNN	+171,5 mNN	+171,5 mNN
Absenkung Δh_a GW _{aktuell} – GW _{min}	4,0 m	4,0 m	2,5 m	0 m ^{**)}
Wiederanstieg Δh_w GW _{max} – GW _{aktuell}	7,5 m	7,0 m	4,0 m	4,0 m

^{*)} Durchschnitt für die letzten Jahre anhand Abbildung 7 und Abbildung 9.

^{**)} Östlich des Ortes Argenstein verläuft die Lahn als Vorfluter. Während der Abbautätigkeit im Tagebau wird Wasser im Uferbereich der Lahn infiltrieren und dem Tagebau zustreben. Hierdurch bleibt der Grundwasserstand auf der örtlichen Seite des Ortes hinsichtlich der Grundwasserabsenkung weitgehend unbeeinflusst von der Wasserhaltung, ausgehend vom Referenzwasserstand von 2028, da durchweg Wasser von der Lahn nachströmt.

4 Geotechnische Erkundung und Versuche

4.1 Auswertung von Altgutachten

Für das Projektgebiet kann auf die Ergebnisse aus dem Altgutachten und Unterlagen /2/ und /3/ zurückgegriffen werden:

- Mit dem geotechnischen Gutachten /2/ aus 1968 liegt eine geotechnische Erkundung und Untersuchung zum Untersuchungsgebiet vor. Im Zuge der Untersuchung der Lagerstättenverhältnisse wurden mehrere Bohrungen ausgeführt, die sich überwiegend in der

Erweiterungsfläche zwischen den beiden Ortslagen Wenkbach im Westen und Argenstein im Osten befinden.

- Außerdem liegt eine gutachterliche Stellungnahme zur hydro- und ingenieurgeologischen Auswirkung einer geplanten Grundwasserabsenkung für den Tagebau vor /3/.

Die in den Altgutachten beschriebenen Bodenverhältnisse werden im Rahmen der vorliegenden Begutachtung einbezogen. Zur weiteren Detaillierung der Kenntnisse werden in der vorliegenden Untersuchung zusätzliche Bohrungen sowie Laboruntersuchungen durchgeführt.

4.2 Feldversuche

Setzungen infolge einer Grundwasserabsenkung werden durch eine Zusatzbelastung der Schicht, in der die Grundwasseroberfläche abgesenkt ist, durch Wegfall der Auftriebswirkung induziert. Das wirksame Eigengewicht der nicht mehr im Grundwasser befindlichen Schicht nimmt entsprechend zu und erzeugt damit zusätzliche Lastsetzungen. Diese Setzung ist direkt vom Absenkmaß, von der betroffenen Schichtmächtigkeit sowie der Steifigkeit bzw. Zusammendrückbarkeit der relevanten Schicht abhängig.

Die Zusammendrückbarkeit und damit auch die Steifigkeit einer Bodenschicht kann im Feld durch entsprechende genormte Versuche (z.B. statischer Plattendruckversuch gemäß DIN 18134) untersucht werden. Für den Versuch wird eine runde Stahlplatte ($d = 0,3 \text{ m}$) hydraulisch in den Boden bzw. den zu untersuchenden Horizont gedrückt. Die einwirkende Last auf der Platte wird bestimmt und die resultierende Lastsetzung gemessen. Aus der Druck-Setzungslinie wird der Verformungsmodul ermittelt. Gemäß der Norm erfolgt nach Belastung und Entlastung eine Wiederbelastung des vorbelasteten Bodens. Als Ergebnis werden die Verformungsmoduli E_{v1} für die erste Belastung und E_{v2} für die zweite Belastung sowie das Verhältnis E_{v2}/E_{v1} angegeben. Aufgrund des geringen Durchmessers der Lastplatte ist die Tiefenwirkung der Prüfung begrenzt und die ermittelten Kenndaten gelten für den Boden, der sich etwa zwischen 0,5 m und 1,0 m unterhalb der Platte befindet.

Für die Ausführung wurde zuvor vom Betrieb eine Rampe in der Lagerstätte hergestellt (siehe Abbildung 14). Auf dieser Rampe wurden dann horizontale Nischen für die Durchführung der Lastplattendruckversuche vorbereitet. Lediglich der Plattendruckversuch LP1 wurde außerhalb der Rampe auf einer Baustraße durchgeführt, die bereits seit längerer Zeit durch den Werksverkehr befahren wurde (siehe Abbildung 14). Die genauen Positionen der Plattendruckversuche sind in der Anlage 1.3 dargestellt. Die Ergebnisse der am 05.10.2022 von Mitarbeitern TABERG durchgeführten Plattendruckversuche sind in der Tabelle 4 aufgelistet und in der Abbildung 16 als Diagramm dargestellt.

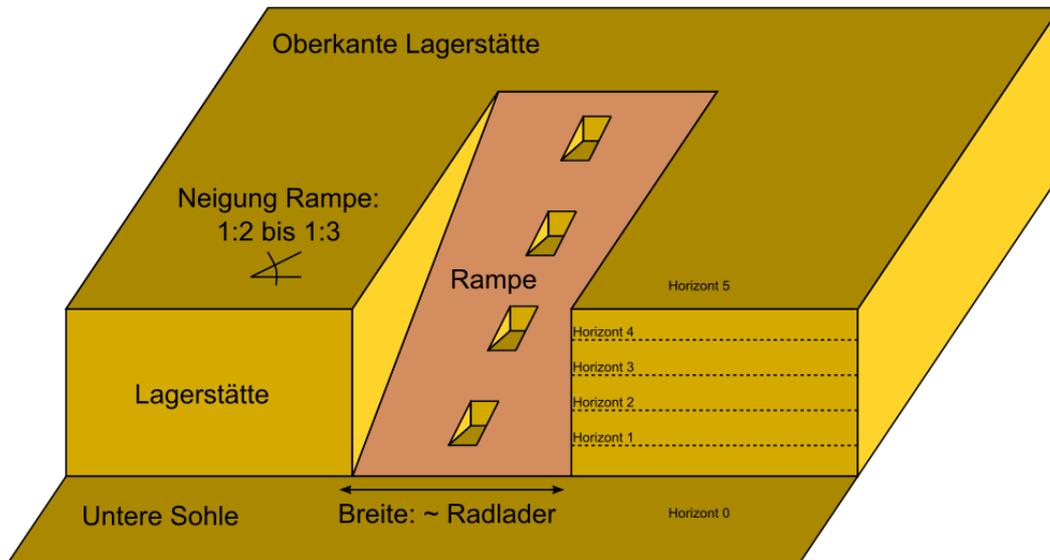


Abbildung 14: Skizze zur Herstellung der Rampe in der der Lagerstätte

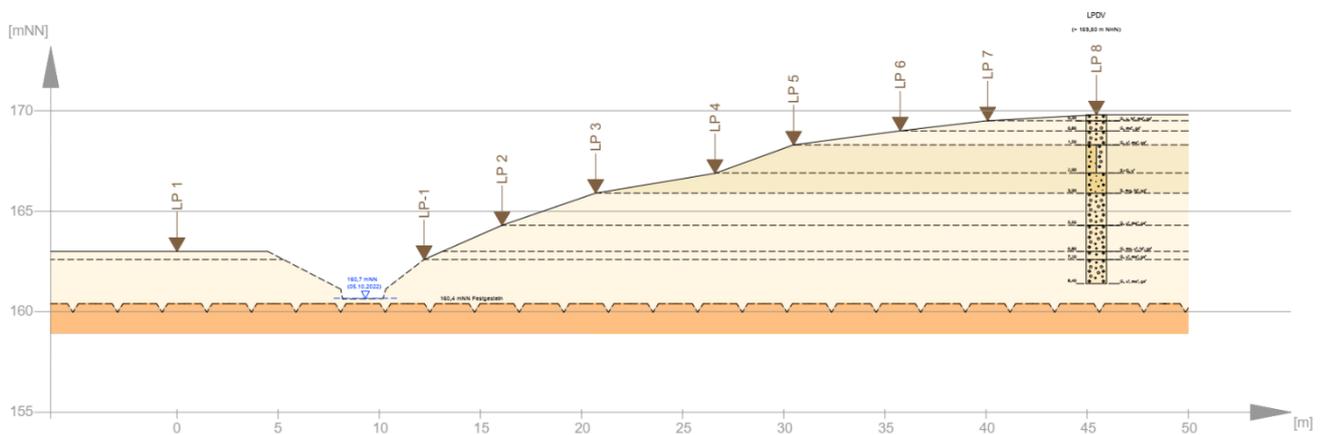


Abbildung 15: Profil mit Höhenlagen der Plattendruckversuche in der Lagerstätte

Tabelle 4: Zusammenfassende der statischen Plattendruckversuche am 05.10.2022

Versuch Nr.	Tiefe u. OK Lagerstätte [m]	Absoluthöhe [mNN]	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
LP1	7,2	+162,6	75,5	146,7	1,9
LP1-1	8,4	+161,4	50,1	89,1	1,8
LP2	6,8	+163,0	46,0	105,7	2,3
LP3	5,5	+164,3	23,8	77,8	3,3
LP4	3,9	+165,9	25,1	60,4	2,4
LP5	2,9	+166,9	41,1	73,2	1,8
LP6	1,5	+168,3	60,0	105,8	1,8
LP7	0,8	+169,0	38,1	74,5	2,0
LP8	0,3	+169,5	30,9	88,9	2,9
Mittelwert^{*)}			39,4	84,4	2,3

^{*)} LP1-Werte sind nicht berücksichtigt

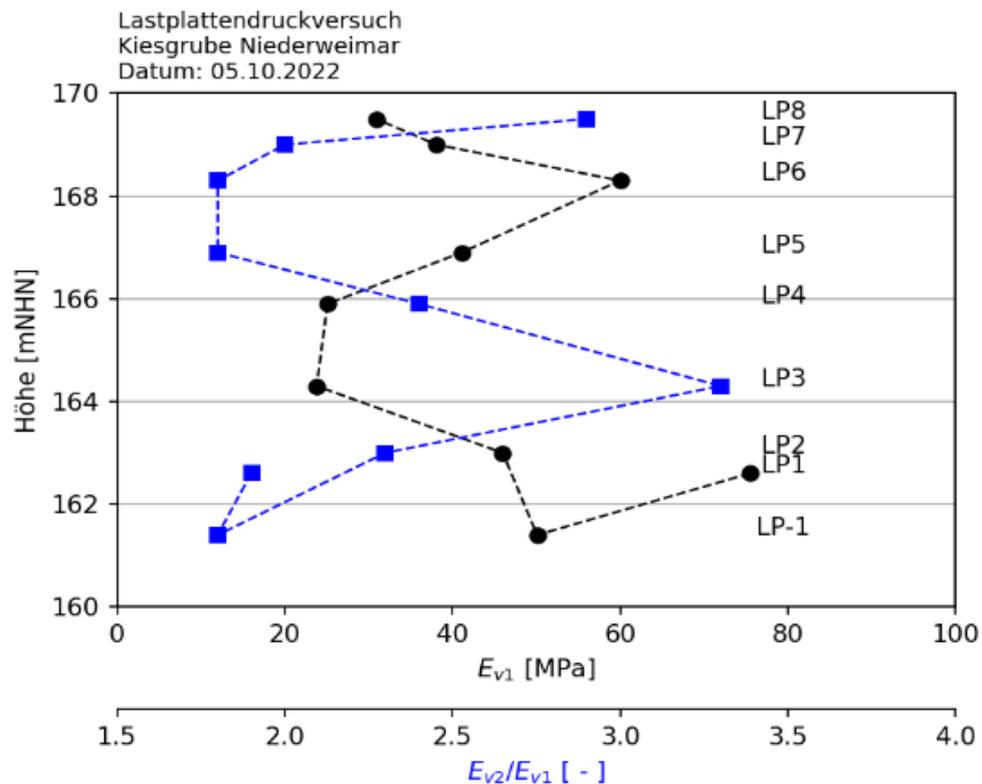


Abbildung 16: Lagen und Höhen der Plattendruckversuche in der Lagerstätte

Für die nicht durch Verkehrslasten vorbelastete Lagerstätte ergeben sich Verformungsmoduli E_{v1} zwischen 23,8 MPa und 60,0 MPa mit einem Mittelwert von 39,4 MPa. Das zur Bewertung der Verdichtbarkeit herangezogene Verhältnis E_{v2}/E_{v1} betrug in Mittel 2,3, mit einem Maximalwert von 3,3 und einem Minimalwert von 1,8.

Insgesamt belegen die Ergebnisse eine dichte bis sehr dichte Lagerung für die untersuchte Bodenschicht mit hohen Steifigkeitswerte.

Das Ergebnis von LP1 ist für die Zusammendrückbarkeit der Kiesschicht nicht repräsentativ, da der Versuchspunkt auf einer viel genutzten Baustraße lag, und dient hier lediglich als Indikator für die erreichbaren verdichteten Eigenschaften der Kiessandlagerstätte.

4.3 Laborversuche

4.3.1 Bodenmechanische Kennzeichnung

Zur Charakterisierung und Zuordnung der jeweiligen Schicht, insbesondere in der rechnerischen Abschätzung, werden die Bodenart neben den daraus zu ermittelnden Durchlässigkeiten sowie die Schrumpfungsfähigkeit benötigt. Während der Durchführung der Plattendruckversuche wurde hierzu jeweils eine Bodenprobe am Prüfort entnommen.

Zusätzlich wurden aus dem nördlichen Abbaufeld eine Probe (P1) sowie aus dem südlichen Abbaufeld zwei Proben (P2 und P3) entnommen (siehe Lageplan in Anlage 1.4 mit Entnahmepunkten), die eine bindige Beschaffenheit zeigen und deren Schrumpfverhalten näher untersucht werden soll.

Für diese insgesamt vorliegenden Proben wurden Korngrößenverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4 bestimmt (kombinierte Sieb- und Schlämmanalyse). Anhand der Charakteristik der Körnungslinie können die Durchlässigkeiten theoretisch abgeleitet werden (hier: Ableitung überwiegend nach *Seiler*) abgeleitet.

Der natürliche Wassergehalt wurde für jede Probe nach der DIN EN ISO 17892-1 festgestellt. Die erzielten Ergebnisse sind der Anlage 4 und der zu entnehmen.

Tabelle 5: Zusammenfassende der Korngrößenverteilungen und Durchlässigkeiten

Ver-such	Tiefe [m u GOK]	Schicht	Boden- gruppe	Wasser- gehalt w_n [%]	Durch- lässigkeits- beiwert
LP1	7,2	Kies	GU	5,6	$1,9 \times 10^{-3}$
LP1-1	8,4		GU	5,5	$1,1 \times 10^{-3}$
LP2	6,8		GU	5,2	$2,5 \times 10^{-4}$
LP3	5,5		GU	5,5	$1,5 \times 10^{-3}$
LP4	3,9		SE	4,9	$1,0 \times 10^{-3}$
LP5	2,9		GU	7,3	$2,0 \times 10^{-4}$
LP6	1,5		GU	4,8	$1,4 \times 10^{-2}$
LP7	0,8		GW	4,8	$7,3 \times 10^{-3}$
LP8	0,3		GU*	6,3	$5,8 \times 10^{-7}$
P1	0,0-0,6	Lehm	TM	23,1	- ^{†)}
P2	0,6-1,0		TA	30,3	- ^{†)}
P3	1,0		TL	16,9	$1,0 \times 10^{-7}$

^{†)} Eine Durchlässigkeit abzuleiten war anhand der Körnungslinie hier rechnerisch nicht möglich.

4.3.2 Verdichtungsfähigkeit

Des Weiteren wurden Proctorversuche für mehrere am 05.10.2022 entnommenen Kiesproben nach DIN 18127 durchgeführt, um eine definierte Lagerungsdichte sowie die optimalen Wassergehalte als Referenzgrößen verwenden zu können (siehe Anlage 4.4). Die ermittelten Proctortrockendichten liegen zwischen 1,95 und 2,15 [t/m³] bei optimalen Wassergehalten w_{pr} zwischen 8 % und 10 %.

Die natürlichen Wassergehalte w_n der anstehenden Böden erreichen somit nur knapp die halben optimalen Wassergehalte für eine hohe Verdichtbarkeit, so dass ein Verdichtungsgrad von D_{Pr} um 96 % möglich ist, der zu einer vorhandenen maximal mitteldichten Lagerung korrespondiert.

4.3.3 Schrumpfverhalten

Die Volumenabnahme der Bodenprobe bei einer Verringerung des Wassergehalts wird im Schrumpfversuch nach DIN 18122-2 ermittelt. Die Schrumpfgrenze w_s bezeichnet den Wassergehalt, unterhalb dessen die Probe bei abnehmendem Wassergehalt keine Volumenänderung aufweist. Die Höhenänderung h_s gibt den prozentualen Längenverlust zwischen dem Anfangswassergehalt und der Schrumpfgrenze an:

$$h_s = (h_a - h_d) / h_a$$

mit h_a : Anfangsprobenhöhe und h_d : Trockenlänge der Probe.

Die Volumenänderung V_S ist analog zu h_S zu berechnen. Die diesbezüglichen Ergebnisse für die untersuchten bindigen Bodenproben P1, P2 und P3 (klassifizierende Parameter gemäß Tabelle 5) sind in der Tabelle 6 aufgelistet. Hier sind Wassergehalt w , Fließgrenze w_L , Ausrollgrenze w_P , Schrumpfgrenze w_S , Volumenänderung V_S und Höhenänderung h_S dargestellt.

Die Abbildung 17 ergänzt die tabellarischen Ergebnisse und veranschaulicht den Höhenunterschied zwischen der Probenhöhe an der Fließgrenze und der Höhe an der Schrumpfgrenze. Die aktuellen natürlichen Wassergehalte w_n sind hier auch mit dargestellt.

Tabelle 6: Ermittelte Zustandsgrenzen (Fließ, Ausroll- und Schrumpfgrenzen) sowie austrocknungsinduzierte Volumen- und Höhenänderungen

Ver-such	Tiefe [m u. GOK]	w_n [%]	w_L [%]	w_P [%]	w_S [%]	Volumen-änderung V_S [%]	Höhen-änderung h_S [%]
P1	0,0 - 0,6	23,1	36,9	22,0	20,1	21,5	7,4
P2	0,6 - 1,0	30,3	59,7	22,1	13,3	50,5	24,1
P3	1,0	16,9	24,4	14,6	14,3	15,6	5,5

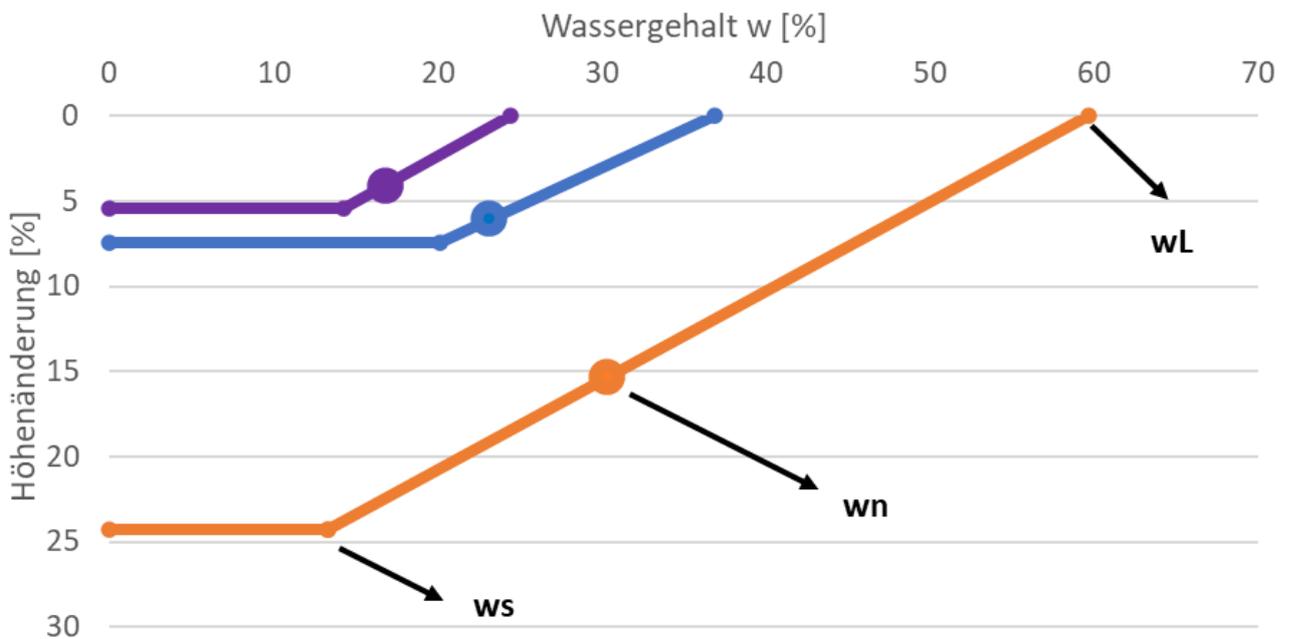


Abbildung 17: Höhenunterschied zwischen Fließgrenze und Schrumpfgrenze mit natürlichen Wassergehalten

Die erzielten Ergebnisse lassen sich nachfolgend zusammenfassen:

- Die Lehmschicht in den Orten Wenkbach und Argenstein wird überwiegend als schwach toniger Schluff mit schwach sandig-kiesigen Beimengungen (siehe Ansprache der Bohrungen B5, B6, B8, B9, B10 und B12) angesprochen. Infolgedessen sind die Proben P1 und P3 als repräsentativ für diese schwach tonige Lehmschicht anzusehen. Für diese Materialien ergibt sich die Bodengruppe TL bis TM (siehe Tabelle 5, leicht- bis mittelplastischer Ton nach DIN 18196).
- Die Körnungslinie für die Probe P2 als kennzeichnet einen stark tonigen Schluff mit kiesig-sandigen Beimengungen aus (siehe Anlage 4), der bautechnisch als TA (nach DIN 18196) zu klassifizieren ist.
- Die Proben P1 und P3 weisen eine mittlere Schrumpfeempfindlichkeit von $h_s = 5\%$ bis 7% auf, während die Probe P2 eine sehr große Höhenänderung beim Schrumpfen mit $h_s = 24,3\%$ zeigt. Die Böden der Proben P1 und P3 sind als leicht bis mittel plastischer Ton und die Probe P2 als ausgeprägt plastischer Ton gekennzeichnet (siehe Tabelle 5 und Anlage 4.2). Die bindigen Anteile der Probe P2 sind ausgeprägt plastisch und weisen einen Tonanteil von ca. 36 Gew.% auf. Erfahrungsgemäß erfahren ausgeprägt plastische Tone beim Schrumpfen größere Volumen- und Höhenänderungen als leicht bis mittelplastische Tone. Das Material der Probe P2 wurde jedoch nur in den obersten Lagen (0,6 m bis 1,0 m Tiefe) angetroffen und ist in Bezug auf das absenkungsbedingte Austrocknungsverhalten daher weniger relevant. Die weiteren Betrachtungen konzentrieren sich somit auf das Schrumpfungsverhalten der leicht- bis mittelplastischen Lehme.
- Die natürlichen Wassergehalte w_n der drei Proben liegen alle unterhalb der jeweiligen Fließgrenze w_L (siehe Abbildung 17). Der Abstand zur Schrumpfgrenze beträgt bei den Proben P1 und P3 nur wenige Prozentpunkte (3 %). Bei Austrocknung kann sich das Materialvolumen somit nur noch vergleichsweise geringfügig bis zum Erreichen des Wassergehaltes an der Schrumpfgrenze verringern.
- Der restliche potenzielle Höhenunterschied bei einem weiter abnehmenden Wassergehalt liegt für die repräsentativen Proben P1 und P3 bei etwa 1 % bis 1,5 % (siehe Abbildung 17). Folglich ist hier bei einer anhaltenden Austrocknung eine entsprechende Setzung von 1,0 cm bis 1,5 cm je m Schichtstärke möglich. Die durchschnittliche Lehmschichtmächtigkeit beträgt in Wenkbach 3,0 m bis 6,7 m, während in Argenstein die Schichtstärke bei ca. 3 m anzunehmen ist. Bei einigen Bohrungen fehlt die Lehmschicht hier allerdings vollständig (z. B. B10). Das Potenzial von austrocknungsinduzierten Senkungen liegt somit im Verbreitungsbereich der Lehmschicht bei etwa 3 cm bis 10 cm.

5 Geotechnische Rückschlüsse

5.1 Senkungen infolge Grundwasserabsenkung

5.1.1 Lastinduzierter Setzungsanteil

Bei der Berechnung der absenkungsbedingten Setzungen werden die in den Feldversuchen untersuchten Bodeneigenschaften berücksichtigt. Wie im Kapitel 4.2 (Tabelle 4) beschrieben wurden u.a. E_{V1} -Werte basierend auf statischen Plattendruckversuchen in der Örtlichkeit bestimmt. Die Bodensteifigkeit E_s kann aus dem Verformungsmodul E_{V1} wie folgt abgeleitet werden:

$$E_s = \frac{(1-\nu)(1-\nu^2)}{1-\nu-2\nu^2} \cdot E_{V1}$$

mit: ν = Querdehnungszahl [-].

Für den durchschnittlichen E_{V1} -Wert von 39,4 MPa und mit der Annahme von $\nu = 0,3$ beträgt der Steifmodul $E_s = 48,3$ MPa. Die durch den Wegfall der Auftriebswirkung erzeugte Zusatzlast dp ergibt sich zu:

$$dp = (\gamma - \gamma') \times d$$

mit:

d = Absenkmaß [m],

γ = Wichte des Bodens [kN/m^3],

γ' = Wichte des Bodens unter Auftrieb [kN/m^3]

Der Unterschied der Bodenwichten im natürlichen Zustand und unter Auftrieb beträgt in der Regel zwischen 7 kN/m^3 und 9 kN/m^3 . Im Weiteren wird von einem auf der sicheren Seite liegenden Wichteunterschied von 10 kN/m^3 ausgegangen.

Die Entwicklung der Grundwasserstände wurde durch das Büro HG /6b/ für verschiedene Abbauphasen prognostiziert. Demnach liegt der niedrigste zu erwartende Grundwasserstand bei etwa +165,0 mNN für Argenstein und +163,0 mNN für Wenkbach (siehe Tabelle 4). Der gemessene Grundwasserstand in Wenkbach lag in den letzten Jahren auf einer mittleren Höhe von ca. +167,0 mNN (siehe Abbildung 7), so dass sich eine maximale Absenkung von $d = 4,0$ m ergibt.

Für Argenstein ist die Zusatzbelastung analog zu Wenkbach zu rechnen. Die Messstellen B9, B10 und B12 weisen in den letzten paar Jahren einen durchschnittlichen Grundwasserstand von +167,5 mNN auf. Gemäß der prognostizierten Entwicklung nach /6b/ sind

Grundwasserstände in Höhe von +165,0 mNN zu erwarten, so dass sich für die Erweiterung eine maximale Absenkung des Grundwasserspiegels von $d = 2,5$ m ergibt (siehe auch Tabelle 4).

Die Zusatzbelastung dp beträgt dementsprechend für die beiden Standorte:

$$\text{Wenkbach: } dp = 10 \text{ kN/m}^3 \times 4,0 \text{ m} = 40 \text{ kPa.}$$

$$\text{Argenstein: } dp = 10 \text{ kN/m}^3 \times 2,5 \text{ m} = 25 \text{ kPa.}$$

Für die weitere geotechnische Berechnung wurden für jede der beiden Ortschaften ein passendes Bodenprofil ausgewählt. Hierbei wurden folgende detaillierten Randbedingungen für die Setzungsberechnung angesetzt:

- Für den Ort Wenkbach wurde die Kleinbohrung RK5 /3/, die sich im östlichen Bereich des Ortes befindet, berücksichtigt. Die Auelehmmächtigkeit liegt hier bei 4,7 m u GOK (Basis bei +171,7 mNN). Die Sohlniveaus der Kiese liegen nach /3/ bei +160,5 mNN bis +162,0 mNN. Dementsprechend wurde die Kiesschichtstärke von 11 m angegeben (Kiesbasis entspricht 160,7 mNN). Der oben abgeleitete Steifemodul der Kiesschicht von $E_s = 48,3$ MPa wurde berücksichtigt. Für den Auenlehm wurde ein typischer Wert von $E_s = 6$ MPa angenommen. Die Kiesschicht wurde mit einer Flächenlast $dp = 40 \text{ kN/m}^2$ belastet, die in einer Tiefe von 5 m unter GOK ansetzt. Diese entspricht dem Flurabstand des aktuellen Grundwasserstandes mit Bezug zur mittleren Geländeoberfläche in Wenkbach. Für die Berechnung wurde eine Rechteckfläche von 300 m x 400 m berücksichtigt.
- Für den Ort Argenstein wurde die Bohrung 5218_424 berücksichtigt (siehe Anlage 2.1), die sich im westlichen Bereich des Ortes befindet. Die Bodensteifigkeiten wurden hier wie in Wenkbach (siehe oben) angesetzt. Die Zusatzbelastung beträgt hier $dp = 25 \text{ kN/m}^2$.

Die Berechnung von Flächensetzungen infolge der Zusatzbelastung dp aus der GW-Absenkung wurde mittels des Programms GGU-Settle berechnet. Sie lassen sich zu Vergleichszwecken auch mittels einer semi-empirischen Formel nach *Christow* /9/ berechnen.

Die berechnete absenkungsbedingte Setzungen $cal s$ betragen:

$$\text{Wenkbach: } cal s = 5 \text{ mm (GGU) bzw. } 4 \text{ mm (Christow)}$$

$$\text{Argenstein: } cal s = 2 \text{ mm (GGU) bzw. } 2 \text{ mm (Christow)}$$

Zusätzlich sind Senkungen infolge der jahreszeitlichen Schwankungen der Grundwasseroberfläche im Bereich von 1 mm bis 2 mm zu erwarten.

Basierend auf der durchgeführten Prognoseberechnung sowie mit Berücksichtigung der jahreszeitlichen Schwankungen im Grundwasser ergeben sich bei der erforderlichen Grundwasserabsenkung im Bereich der Erweiterungsfläche rechnerische Setzungen $cal s < 7$ mm.

Diese berechneten Setzungen liegen im vernachlässigbaren Bereich, da sie insbesondere großflächig auftreten und damit keine Bauwerksbeanspruchung nach sich ziehen.

5.1.2 Austrocknungsinduzierte Senkung

Die Schrumpfpotenzial der Lehmschicht wurde im Labor untersucht und numerisch bestimmt. Das bei einer weiteren Austrocknung aktivierte Schrumpfpotenzial liegt bei etwa 1 cm bis 1,5 cm pro 1 m Schichtstärke (siehe Kapitel 4.3.3).

Die Fundamente eines flachgegründeten Bauwerks liegen in der Regel in einer Tiefe von 0,8 m bis 1 m unter Geländeneiveau (ungünstiger Fall: Gebäude ohne Keller). Für die unterkellerten Bauwerke beträgt die Gründungstiefe etwa 4 m u GOK. Dementsprechend liegt ein signifikanter Teil der Lehmschicht oberhalb des Gründungsniveaus und für unterkellerte Bauwerke möglicherweise komplett oberhalb. Dies minimiert die schrumpffähige Schichtstärke und damit auch das Schrumpfrisiko.

Anhand der vorliegenden Ergebnisse der Laborversuche zum Schrumpfverhalten und der oben beschriebenen Analyse wird eine mögliche maximale Senkung infolge Schrumpfung von 2 cm bis 5 cm abgeschätzt, die unter sehr ungünstigen Umständen auftreten kann.

5.1.3 Bodenbewegungen bei GW-Absenkung

Anhand der durchgeführten Betrachtungen wurde folgendes Senkungspotential unter ungünstigen Randbedingungen ermittelt:

Lastinduzierte Setzung bei GW-Absenkung:	2 mm bis 5 mm
Setzung infolge saisonalen GW-Schwankungen:	1 mm bis 2 mm
Austrocknungsinduzierte Senkung:	20 mm bis 50 mm

Inwieweit sich diese Senkungsanteile überlagern, kann derzeit nicht seriös abgeschätzt werden. In Summe dürften sich die aufgeführten Senkungen unter ungünstigen Rahmenbedingungen auf Beträge von bis zu maximal 50 mm = 5 cm kumulieren.

5.2 Hebungspotenzial infolge Grundwasserwiederanstieg

5.2.1 Hebung infolge Bodenentlastung

Bei der Einstellung der Grundwasserabsenkung in der Phase 8 gemäß Abbildung 10 steigt das Grundwasserniveau wieder auf die Vorabsenkungshöhe zurück. Anhand der vorliegenden Prognose für die Endphase gemäß /6b/ ist mit Grundwasserständen von +174,5 mNN für Wenkbach und +172,0 mNN für Argenstein zu rechnen (siehe Kapitel 3.2).

Die aktuellen Grundwasserstände lagen in den letzten Jahren bei etwa +167,0 mNN in Wenkbach sowie bei etwa +167,5 mNN in Argenstein (siehe auch Kapitel 3.1).

Infolgedessen kann das Grundwasser ab den aktuellen Grundwasserkoten bis zu 7,5 m in Wenkbach sowie 4,0 m in Argenstein ansteigen (entspricht $|GW_{\max} - GW_{\text{aktuell}}|$ in Tabelle 3). Damit beträgt die Entlastung der Kiesschicht durch Auftrieb dp etwa:

$$\text{Wenkbach: } dp = 10 \text{ kN/m}^3 \times 7,5 \text{ m} = 75 \text{ kPa.}$$

$$\text{Argenstein: } dp = 10 \text{ kN/m}^3 \times 4,0 \text{ m} = 40 \text{ kPa.}$$

Die Bodenbewegung infolge der Entlastung liegt erfahrungsmäßig bei etwa der Hälfte der Belastungssetzung, da hier die höhere Bodensteifigkeit bei Wiederbelastung greift, wie bei den Lastplattendruckversuchen deutlich zu erkennen ist (siehe Anlage 4.1 bzw. Tabelle 4).

Die absenkungsbedingte Bodenbewegung wurde für die oben genannten Zusatzlasten dp nach *Christow /9/* berechnet und liegt bei etwa 16 mm (Wenkbach) bzw. 6 mm (Argenstein). Daher kann die Bodenbewegung infolge der Entlastung der Kiesschicht beim Grundwasserwiederanstieg mit etwa 8 mm (Wenkbach) bzw. 3 mm (Argenstein) abgeschätzt werden.

5.2.2 Schwellungsinduzierte Hebung

Die Schwellung der bindigen Böden muss zusätzlich berücksichtigt werden, da das Grundwasser möglicherweise über die Basis der Lehmschicht ansteigen wird. Dabei wird ein Teil der Lehmschicht direkt und ein darüber liegender Teil durch kapillaren Wasseraufstieg ebenfalls gesättigt. Ein zunehmendes Volumen der Lehmschicht erzeugt eine Hebung bei der Geländeoberfläche. Das Hebungsmaß ist von den tatsächlichen Grundwasserkoten und der Mächtigkeit der gesättigten Lehmschicht abhängig.

Gemäß der Modellprognose für die Endphase /6b/ sind in Wenkbach Grundwasserstände von +174,5 mNN zu erwarten. Dies liegt etwa 2,7 m oberhalb der Lehmbasis im Aufschluss RKS 5. Diese Schicht erreicht dann die Fließgrenze (siehe Abbildung 17) und gewinnt zusätzliches Volumen. Ausgehend vom aktuell vorliegenden natürlichen Wassergehalt w_n nimmt die Schichtstärke um etwa 5 % bis 6 % zu (Proben P1 und P3 repräsentativ). Bei einer

Schichtmächtigkeit des Lehms von 2,7 m kann daraus ein Hebungspotenzial von etwa 13 cm bis 16 cm abgeschätzt werden.

Für Argenstein wird grundsätzlich ein ähnliches Hebungspotenzial abgeschätzt. Da die Aufschlüsse B10 und 5218_424, die zentral in Argenstein liegen, keine Lehmschicht aufweisen, ist für diesen Bereich die vorliegende Betrachtung hinfällig und es sind keine relevanten Hebungen zu erwarten.

Das genannte Hebungspotenzial wird nur bei freier Bodenoberfläche wirksam. Eine Bodenüberdeckung wirkt dem Hebungsbestreben entgegen, indem der Hebungsdruck durch die Bodeneiengewichtsspannung kompensiert wird. Übliche Hebungsdrücke für die anstehenden überwiegend leicht- bis mittelplastischen Lehme dürften bei etwa 40 kPa bis 80 kPa liegen, was einer Bodenüberdeckung von etwa 2 m bis 4 m entspricht. Liegt diese Überdeckung vor, wird das Hebungspotenzial komplett überdrückt und somit nicht aktiviert.

Im Gebäudebereich dürften diese Gegendrücke zumeist aufgrund der Fundamentpressungen vorhanden sein, so dass die Schwellhebung lediglich in Freiflächen von Bedeutung ist, die nach dem Wiederanstieg einen geringen GW-Flurabstand aufweisen und mächtige Lehmschichten aufweisen. Entsprechend ist diese Problematik im Wesentlichen für Wenkbach zu beachten, während sie in Argenstein kaum greifen wird.

Für die weiteren Betrachtungen wird empfohlen, unter Beachtung der Bodenbeschaffenheit von einem plausiblen Schwellpotenzial von etwa 2 cm bis 3 cm (für Wenkbach) auszugehen.

5.2.3 Bodenbewegungen bei GW-Wiederanstieg

Beim GW-Wiederanstieg am Ende der GW-Haltung in der Erweiterungsfläche ist mit folgenden Bodenbewegungen zu rechnen:

Hebung infolge Entlastung des Kiespaketes: 5 mm bis 8 mm

Schwellhebung der Lehmschicht: 5 mm (Argenstein) bis 30 mm (Wenkbach)

Unter ungünstigen Rahmenbedingungen können sich beim GW-Wiederanstieg in der letzten Betriebsphase infolge von Schwelleffekten in den Lehmschichten und Entlastungseffekten im Kiespaket Hebungen zwischen maximal 10 mm (Argenstein) und 40 mm (Wenkbach) einstellen.

5.3 Bodensenkung aufgrund von klimabedingter Austrocknung

Die im Kapitel 5.1 und 0 beschriebenen Senkungs- und Hebungseffekten der Baugrundsichten resultiert ausschließlich aus der Betrachtung der Ausdehnung des Absenktrichters des Grundwassers nach Osten zwischen die beiden Ortschaften Wenkbach und Argenstein.

Insbesondere tritt jedoch in den letzten Jahren durch längere Trockenphasen in Verbindung mit hohen Temperaturen in den Sommermonaten (vgl. Abbildung 18 ab ca. 2018) eine Austrocknung der oberen Bodenschichten auf.

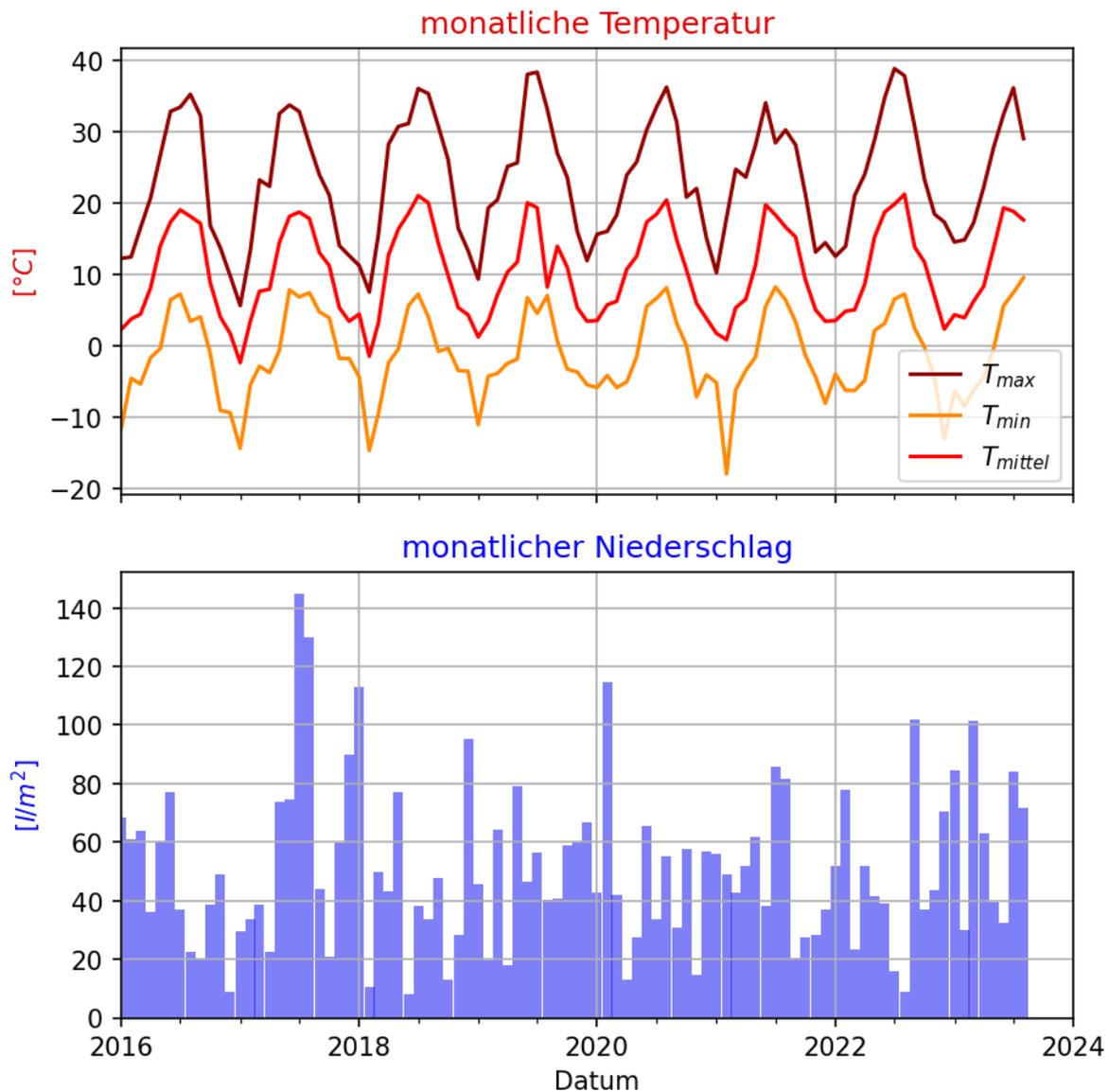


Abbildung 18: Wetterdaten (Temperatur und Niederschlag) des Deutschen Wetterdienstes zwischen den Jahren 2016 und 2023 für die Stadt Marburg.

Die Austrocknungseffekte können ohne weiteres bis in die Gründungshorizonte von flachgegründeten Wohngebäuden bis ca. 1 m unter GOK hineinreichen. Dabei ist nicht die absolute Austrocknung bis zur Wasserfreiheit (technisch: Massenkonstanz an der Schrumpfgrenze

erreicht) entscheidend, sondern es reicht schon eine relative Änderung der Bodenfeuchte um Schrumpfungseffekte - wie im Kapitel 5.1 beschrieben - auszulösen (vgl. hierzu auch Abbildung 17). Hieraus resultiert dann eine Schrumpfung des Bodenmaterials bzw. der oberen Bodenschichten auf natürliche Weise durch rein klimatische Einflüsse.

Insbesondere der lokal anstehende Auelehm als Deckschicht auf der Kieslagerstätte ist - wie beschrieben - besonders schrumpfungsempfindlich. Diese Form der Austrocknung des Bodens steht in keinem Zusammenhang mit dem Kiesabbau und ist rein auf klimatische Einflüsse und die Beschaffenheit des lokalen Baugrundes zurückzuführen.

Die Effekte der Bodensenkung durch eine Veränderung des Grundwasserspiegels sowie durch die klimatisch angetriebene Austrocknung des Bodens werden sich überlagern. Insbesondere in den Sommermonaten ist der Einfluss der klimatischen Austrocknung insbesondere auf die oberen Bodenschichten ungleich höher als der Einfluss eines abgesenkten Grundwasserspiegels, der mit den oberen Bodenschichten nicht mehr in Verbindung steht. In 2 m bis 3 m unter GOK hat die klimatische Austrocknung hingegen kaum noch Einfluss, auch wenn der Grundwasserstand abgesenkt ist. Eine klimatisch bedingte Reduktion der Bodenfeuchte erfolgt in diesen Teufen nur sehr langsam. Für eine beschleunigte Austrocknung kann aber die Vegetation (Bäume und Sträucher bzw. deren Wurzeln) ursächlich sein.

Die Beurteilung, inwieweit ein Gebäude nachteilige Setzungen oder Hebungen erfährt, muss somit auch die aufgeführten anderen Wirkursachen aufgrund der lokalen Situation (Art der Gebäudegründung, Bausubstanz, Bodenprofil, Änderung des Grundwasserstands, Niederschlags- und Temperaturentwicklung sowie vorhandene Großpflanzen und Bäume) am jeweiligen Untersuchungspunkt berücksichtigen. Setzungsbedingte Schäden an Gebäuden können aus geotechnischer Sicht und den oben beschriebenen Gründen nicht immer eindeutig bezüglich ihrer Ursache zugeordnet werden.

5.4 Auswirkung einer Überflutung

In /10/ sind die potenziellen Überschwemmungsflächen im Projektgebiet bei einem Hochwasserereignis HQ 100 ausgewiesen (siehe Abbildung 19). Hieraus ist zu entnehmen, dass der östliche Bereich der Erweiterungsfläche von einem solchen Ereignis auf einer Länge von rund 800 m (abgewinkelte Böschungslänge) betroffen sein kann. In der Tagebauplanplanung wird dieser potenzielle Gefahrenbereich erst in der Phase 8 (siehe Abbildung 11) freigelegt. In den vorlaufenden Phasen liegt die Erweiterungsfläche vollständig außerhalb der gemäß /10/ prognostizierten Überschwemmungsflächen.

Der lichte Abstand der vom Hochwasser potenziell betroffenen Böschungsbereiche der Erweiterungsfläche zum derzeitigen Siedlungsgebiet im Westen von Argenstein beträgt knapp 200 m.

Es ist zu erwarten, dass im Hochwasserfall eine beträchtliche Erosionswirkung auf die Bestandsböschungen ausgeübt wird und die Böschungskanten zur Landseite verschoben werden. Es ist dabei jedoch nicht zu erwarten, dass der vorhandene Abstand durch die Erosion vollständig aufgebraucht wird, da das Retentionsvolumen der Erweiterungsfläche (aus den Phasen 1 bis 7) zur Aufnahme des Hochwassers zur Verfügung steht.

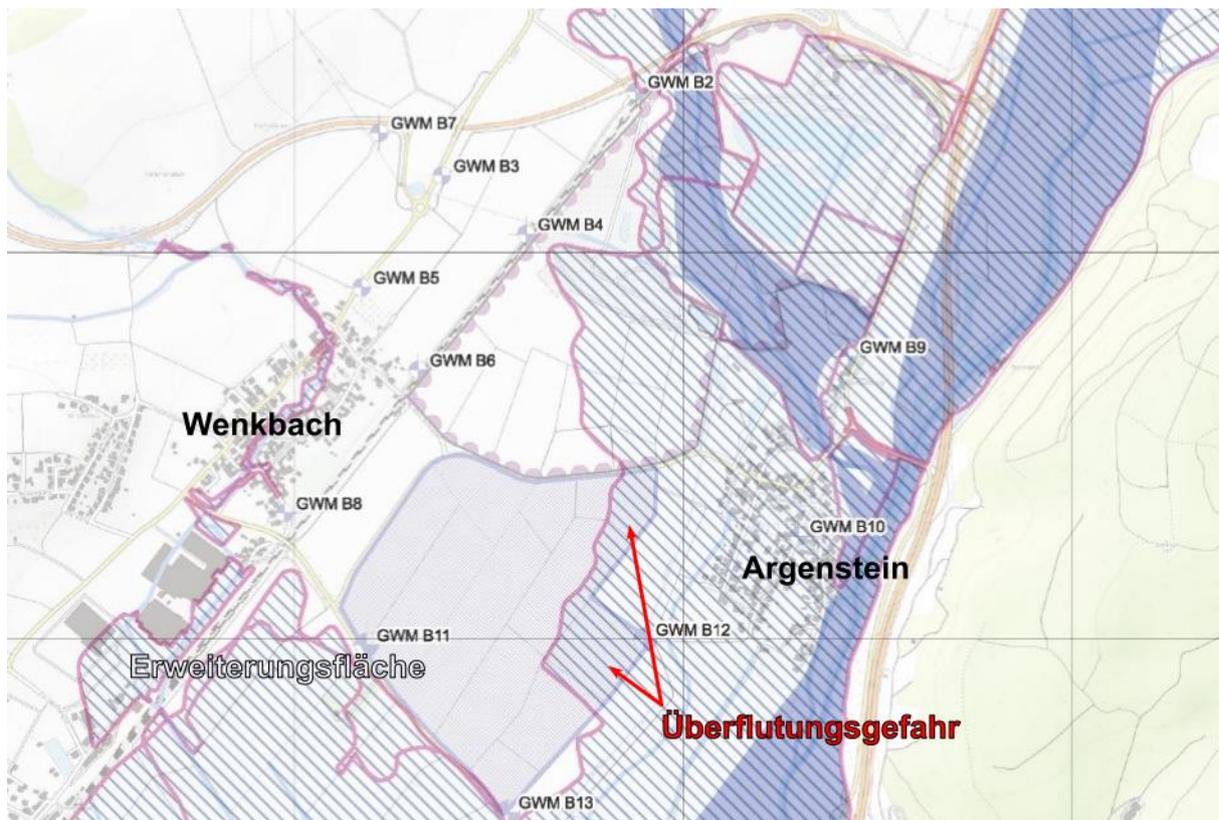


Abbildung 19: Ausschnitt aus Anlage 1.7.1 gemäß /10/ mit Überschwemmungsflächen HQ100

Es ist für den Zeitraum der Abbautätigkeit bis zum Abschluss der Wiederverfüllung vorgesehen, ein Schutzwall von ca. 2 m Höhe im Bereich des Sicherheitspfeilers zu errichten. Dieser Wall dient u. a. dem Schutz vor eindringendem Oberflächenwasser. Das in /10/ prognostizierte Szenario berücksichtigt die günstige Einwirkung dieses Schutzwalls nicht, sondern nur den „Worst Case“ bei einem Hochwasserereignis HQ 100 ohne Schutzmaßnahmen. Infolgedessen ist die Gefahr von Erosion während der Abbautätigkeit noch geringer als davor dargestellt.

Im Endzustand wird dieser Schutzwall zurückgebaut. Für den geplanten Tagebau ist bereits eine Überlaufschwelle ausgehend vom Vorfluter ParAllner (siehe Abbildung 19 – im Bereich der Messstelle B12) mit entsprechender Breite geplant, die eine gezielte Ableitung des Wassers in die Retentionsflächen erlaubt. Dieser Einlauf ist erosionssicher zu gestalten und entsprechend zu befestigen. Durch einen breiten Einlauf werden zudem die Fließgeschwindigkeiten reduziert,

was der erosiven Wirkung des Wassers zusätzlich entgegensteht. Die Detailplanung des Überlaufs erfolgt vor der Umsetzung zu einem späteren Zeitpunkt. Eine Überflutung kann dann wieder auftreten, da der östliche Bereich bis rund 2 m unter ursprünglichem Gelände aufgefüllt wird, um zusätzlichen Retentionsraum zu schaffen. Hier ist - wie oben beschrieben - auch nicht zu erwarten, dass der vorhandene Abstand bis zur Ortslage Argenstein durch Erosion insbesondere bei Umsetzung der entsprechend befestigten Überlaufschwelle vollständig aufgebraucht wird.

5.5 Geotechnische Gefährdungsabschätzung

Der natürliche Wassergehalt in der Lehmschicht ist von der Grundwasserabsenkung nicht signifikant betroffen, da das in den letzten Jahren durchschnittliche Grundwasserniveau in Wenkbach bei +167,0 mNN und in Argenstein bei +167,5 mNN lag und sich somit 1,5 m bis 5 m unterhalb der Basis der Lehmschicht befand. Damit ist der Wassergehalt in der Lehmschicht durch andere Effekte, z. B. zutretende Niederschlagsmengen, deutlich stärker beeinflusst. Unter unversiegelten Flächen (z. B. Bahntrasse) ist die Austrocknung des Bodens bis zur Schrumpfungsgrenze eher unwahrscheinlich.

Anhand der vorliegenden Laborversuche und der oben beschriebenen Analyse sind infolge der Grundwasserabsenkung durch Schrumpfung sowie Wegfall des Auftriebs mögliche rechnerische Flächensetzungen bis 5 cm abgeschätzt, die unter ungünstigen Umständen auftreten können.

Das Auftreten von Schäden an einem Gebäude wird jedoch ausschließlich durch Setzungsdifferenzen (relative Setzungen) hervorgerufen. Eine Setzungsdifferenz ist der Unterschied in Absolutsetzungen zwischen zwei Punkten am Gebäude. Es wird erfahrungsmäßig davon ausgegangen, dass rund die Hälfte der Absolutsetzung als Setzungsunterschied bei einem typischen Einfamilienhaus auftreten können. Dies entspricht somit einer zu erwartenden Setzungsdifferenz von bis zu 2,5 cm.

Bei üblichen Bauwerksabmessungen von etwa 10 m und wirksamen Setzungsdifferenz von 2,5 cm kann eine Gebäudeschiefstellung maximal etwa $25 \text{ mm} / 10.000 \text{ mm} \approx 1/400$ betragen. Bei einer Gebäudeneigung kleiner als $1/300$ sind Bauwerksrisse bei üblichen Gebäudekonstruktionen noch nicht zu erwarten. Die infolge GW-Absenkung und überlagernden Austrocknungseffekten zu erwartende Gebäudeschiefstellung liegt mit $1/400$ unterhalb dieses Grenzwertes.

Da die Ausgangszustände der konkreten Bauwerke in Wenkbach und Argenstein nicht bekannt sind, kann das jeweilige Verformungspotenzial derzeit nicht zielgerichteter beurteilt werden. Es wird aus gutachterlicher Sicht abgeschätzt, dass eine Schädigung in den untersuchten Gebieten bei Setzungen und Gebäudeschiefstellungen dieser Größenordnung unwahrscheinlich ist. Da die Setzungen durch das Vorhandensein von Bäumen, unregelmäßiger Belastung oder verschiedenen Gründungsebenen in ihrer Auswirkung lokal verstärkt werden können, ist eine Beeinflussung im konkreten Einzelfall nicht vollkommen auszuschließen.

Die Hebungspotenzial beim Grundwasseranstieg infolge der Entlastung der Kiesschicht sowie der Zunahme des Lehmolumens wurde in Kapitel 2.2 im ungünstigsten Fall mit bis zu 4 cm für die Ortslage Wenkbach abgeschätzt. Für Argenstein ist dieses Hebungsrisiko deutlich geringer, da die Lehmschicht bei mehreren Aufschlüssen komplett fehlt. Für Wenkbach ist die Lehmschicht mächtiger und in allen Aufschlüssen vorhanden. Schadensauslösend wären wiederum nur die ungleichförmigen Hebungsanteile, die wiederum ebenfalls mit 50 % der gleichförmigen Hebungen abgeschätzt werden. Somit ist im ungünstigsten Fall auch beim GW-Wiederanstieg mit keinen größeren schädlichen Einwirkungen auf Gebäude zu rechnen, wobei die Prognosegenauigkeit hier deutlich geringer als im Absenkungsfall ist.

6 Zusammenfassung

Die Holcim Kies und Splitt GmbH plant die Erweiterung des Quarkies- und Sand-Tagebaus Niederweimar. Der Tagebau soll ausgehend vom derzeitigen Standort nach Südwesten erweitert werden. Der Abbau der Lagerstätte soll als Trockenabbau erfolgen, so dass das örtliche Grundwasser abgesenkt werden muss. Eine auf die geplanten Abbauschritte ausgerichtete zeitliche Modellierung bzw. Prognose der GW-Stände im Bereich der Erweiterungsfläche liegt bereits vor /10/.

Die Auswirkung einer großflächigen Grundwasserabsenkung auf die Bebauung der benachbarten Ortschaften Wenkbach und Argenstein wurde im vorliegenden Bericht beurteilt. In diesem Zusammenhang wurde das Setzungspotenzial infolge der Grundwasserabsenkung sowie die Hebungspotenziale bei Wiederanstieg des Grundwassers am Ende der Auskiesung untersucht.

Aus gutachterlicher Sicht sind negative Auswirkungen aufgrund der Grundwasserabsenkung infolge des Wegfalls der Auftriebswirkung sowie Austrocknung nicht zu erwarten.

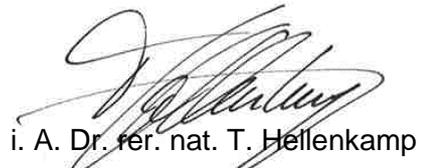
Die Absenkungs- bzw. wiederanstiegsbedingten Bodenbewegungen werden über ein geotechnisches Monitoring für Bauobjekte im Bereich Wenkbach und Argenstein überwacht und dokumentiert, das bereits mit Beginn der Abbauprozesses etabliert sein wird.

Lünen, den 13.09.2023

TABERG Ingenieure GmbH



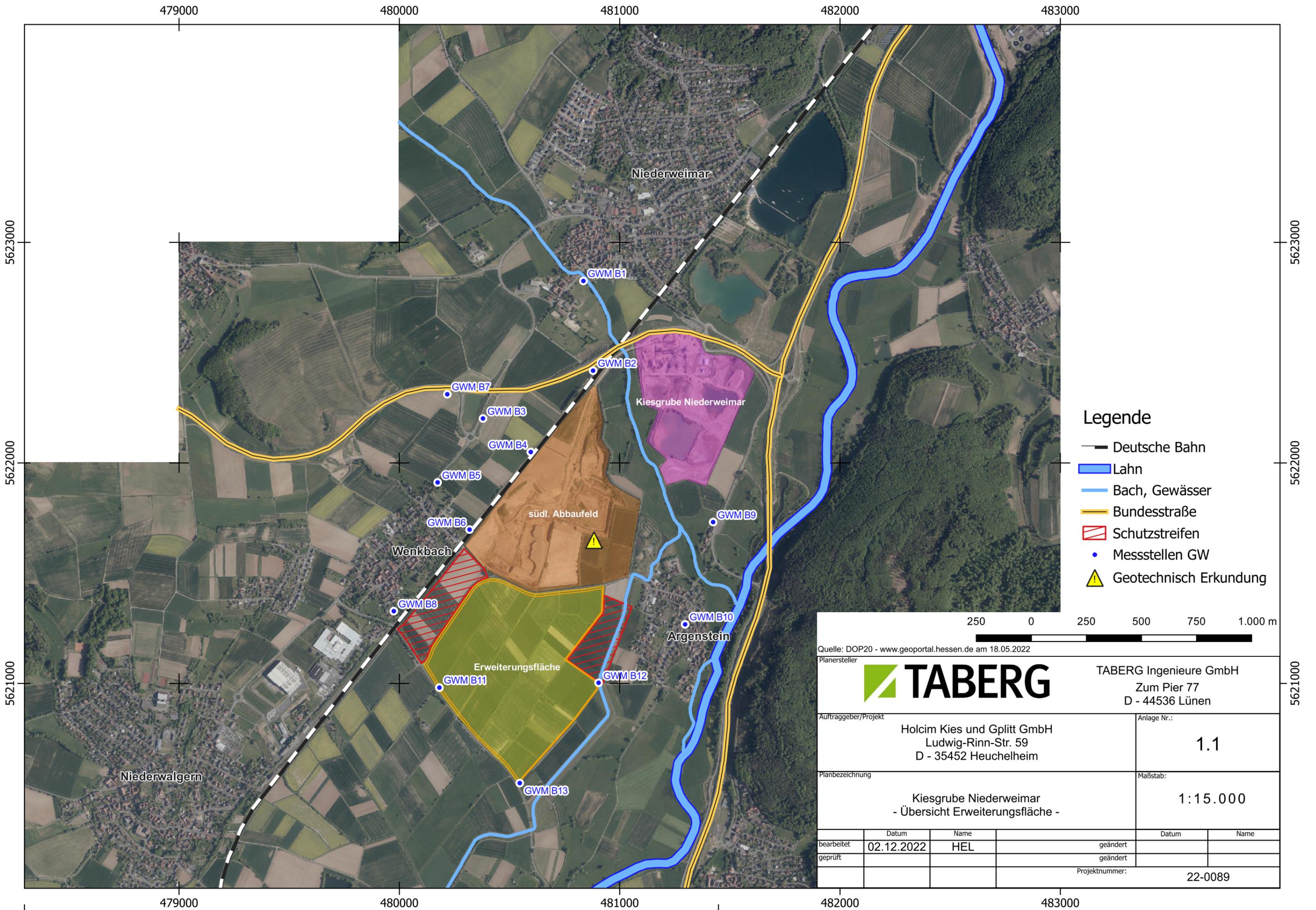
Dr.-Ing. R. Scherbeck



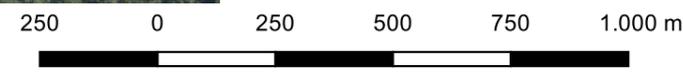
i. A. Dr. rer. nat. T. Hellenkamp



i. A. Dr.-Ing. M. Asslan



- ### Legende
- Deutsche Bahn
 - Lahn
 - Bach, Gewässer
 - Bundesstraße
 - Schutzstreifen
 - Messstellen GW
 - Geotechnisch Erkundung



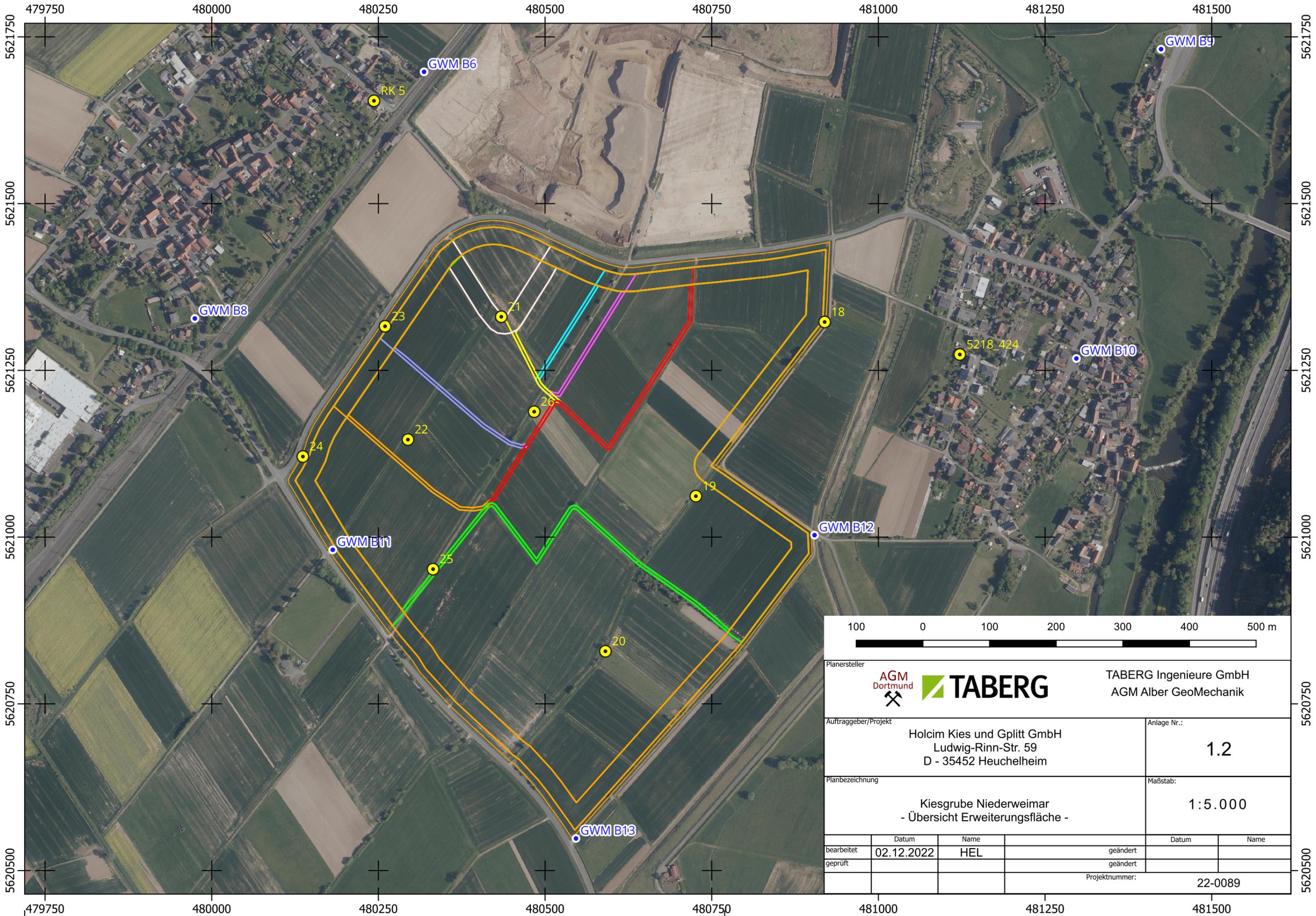
Quelle: DOP20 - www.geoportal.hessen.de am 18.05.2022

Planersteller 	TABERG Ingenieure GmbH Zum Pier 77 D - 44536 Lünen
--------------------------	---

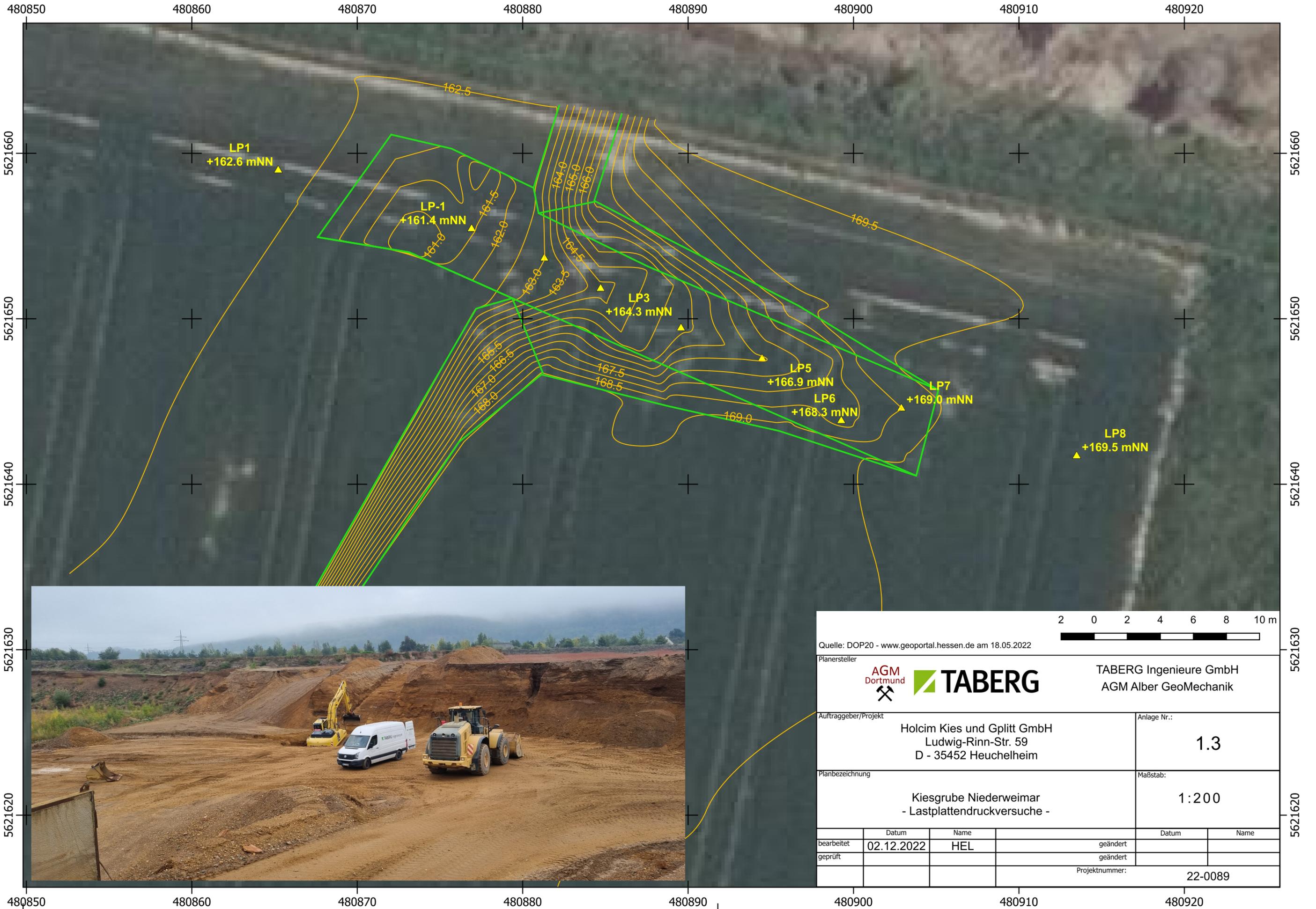
Auftraggeber/Projekt Holcim Kies und Gplitt GmbH Ludwig-Rinn-Str. 59 D - 35452 Heuchelheim	Anlage Nr.: <div style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">1.1</div>
--	--

Planbezeichnung Kiesgrube Niederweimar - Übersicht Erweiterungsfläche -	Maßstab: <div style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">1:15.000</div>
--	--

	Datum	Name		Datum	Name
bearbeitet	02.12.2022	HEL	geändert		
geprüft			geändert		
			Projektnummer: 22-0089		



<p>100 0 100 200 300 400 500 m</p>					
<p>Planersteller  </p>			<p>TABERG Ingenieure GmbH AGM Alber GeoMechanik</p>		
<p>Auftraggeber/Projekt Holcim Kies und Gplitt GmbH Ludwig-Rinn-Str. 59 D - 35452 Heuchelheim</p>				<p>Anlage Nr.: 1.2</p>	
<p>Planbezeichnung Kiesgrube Niederweimar - Übersicht Erweiterungsfläche -</p>				<p>Maßstab: 1:5.000</p>	
bearbeitet	Datum	Name	geändert	Datum	Name
geprüft	02.12.2022	HEL	geändert		
				<p>Projektnummer: 22-0089</p>	



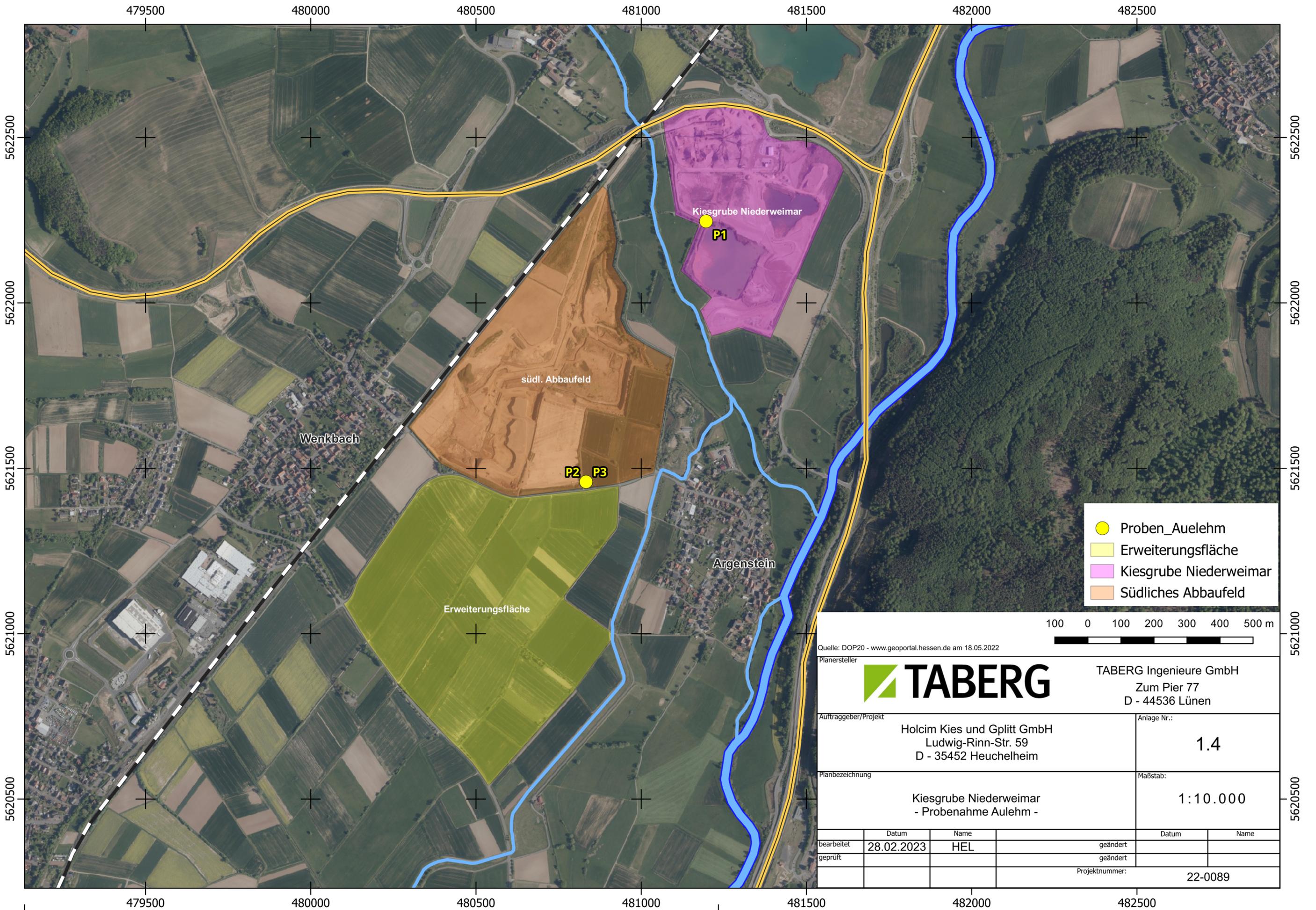
Quelle: DOP20 - www.geoportal.hessen.de am 18.05.2022

Planersteller	 	TABERG Ingenieure GmbH AGM Alber GeoMechanik
---------------	---	---

Auftraggeber/Projekt	Holcim Kies und Gplitt GmbH Ludwig-Rinn-Str. 59 D - 35452 Heuchelheim	Anlage Nr.:	1.3
----------------------	---	-------------	-----

Planbezeichnung	Kiesgrube Niederweimar - Lastplattendruckversuche -	Maßstab:	1:200
-----------------	--	----------	-------

	Datum	Name		Datum	Name
bearbeitet	02.12.2022	HEL	geändert		
geprüft			geändert		
			Projektnummer:	22-0089	



- Proben_Auelehm
- Erweiterungsfläche
- Kiesgrube Niederweimar
- Südliches Abbaufeld



Quelle: DOP20 - www.geoportal.hessen.de am 18.05.2022

Planersteller



TABERG Ingenieure GmbH
Zum Pier 77
D - 44536 Lünen

Auftraggeber/Projekt

Holcim Kies und Gplitt GmbH
Ludwig-Rinn-Str. 59
D - 35452 Heuchelheim

Anlage Nr.:

1.4

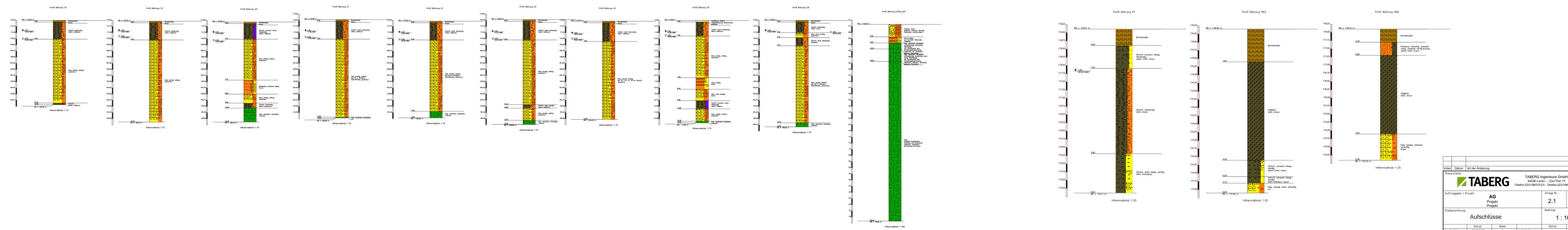
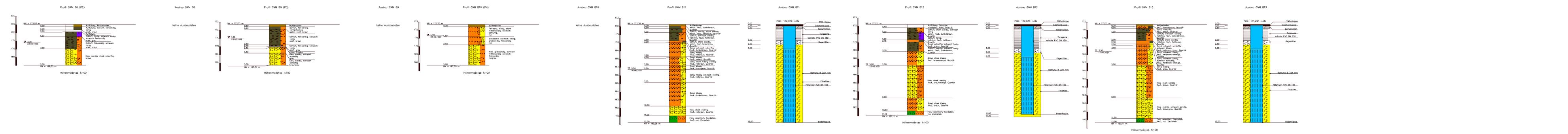
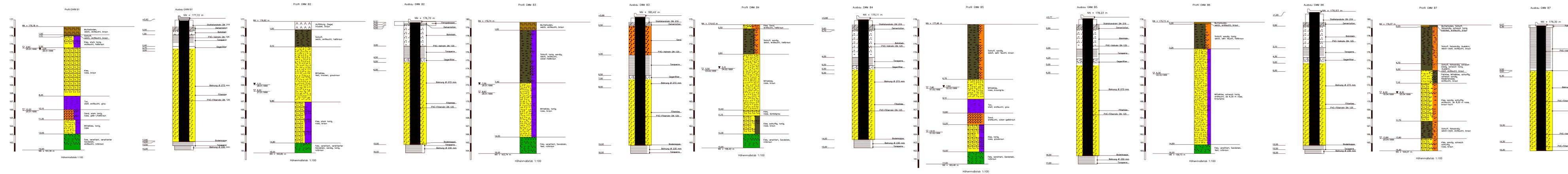
Planbezeichnung

Kiesgrube Niederweimar
- Probenahme Aulehm -

Maßstab:

1:10.000

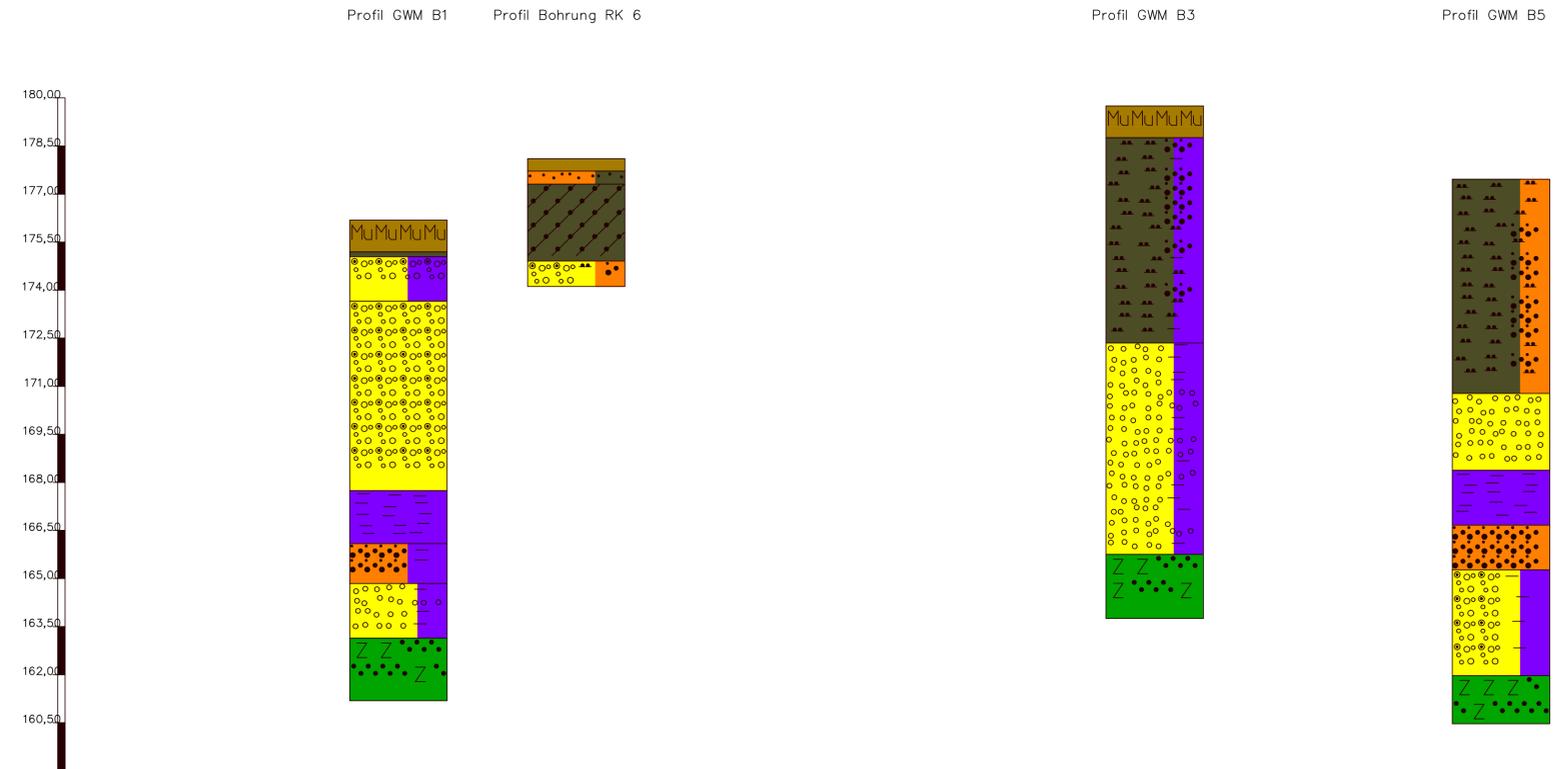
	Datum	Name		Datum	Name
bearbeitet	28.02.2023	HEL	geändert		
geprüft			geändert		
			Projektnummer:	22-0089	



Index	Datum	Art der Änderung	geändert
Planentwurf			
Auftraggeber / Projekt		AG Projekt	Index
Planbezeichnung		Aufschlüsse	Maßstab
2.1		1:100	
Bearbeitet		Datum	Name
gezeichnet	02.02.2023	AS	geändert
geprüft	02.02.2023	st	geändert
Projekt-Nr.: 23-0089			

TABERG TABERG Ingenieure GmbH
44308 Lünen - Zum Plan 77
Telefon 0231/987073-0 - Telefax 0231/987073-17

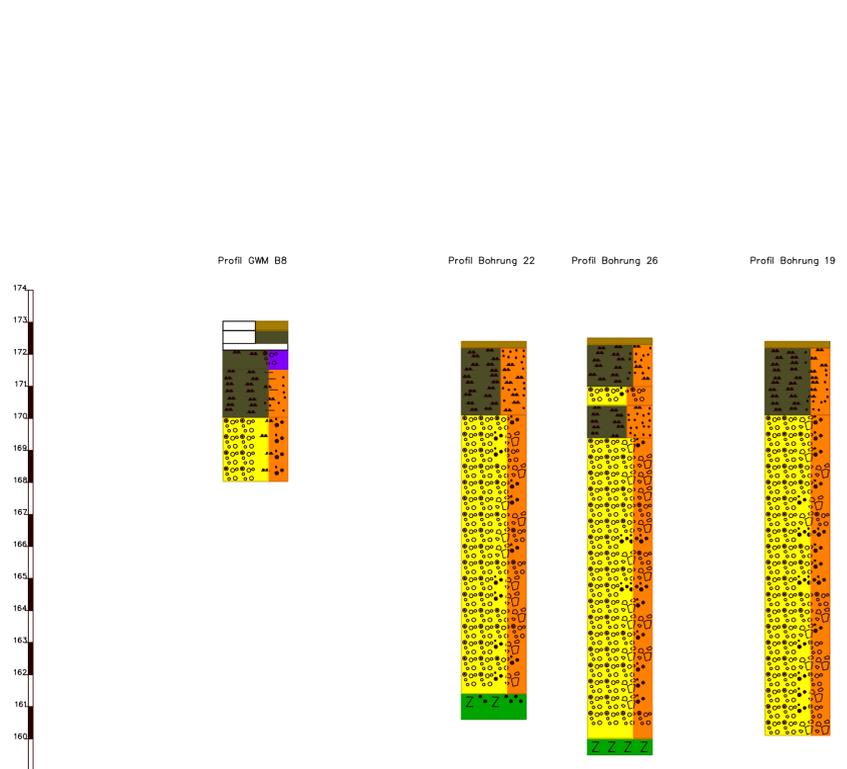
Schnitt A - A



Schnitt B - B

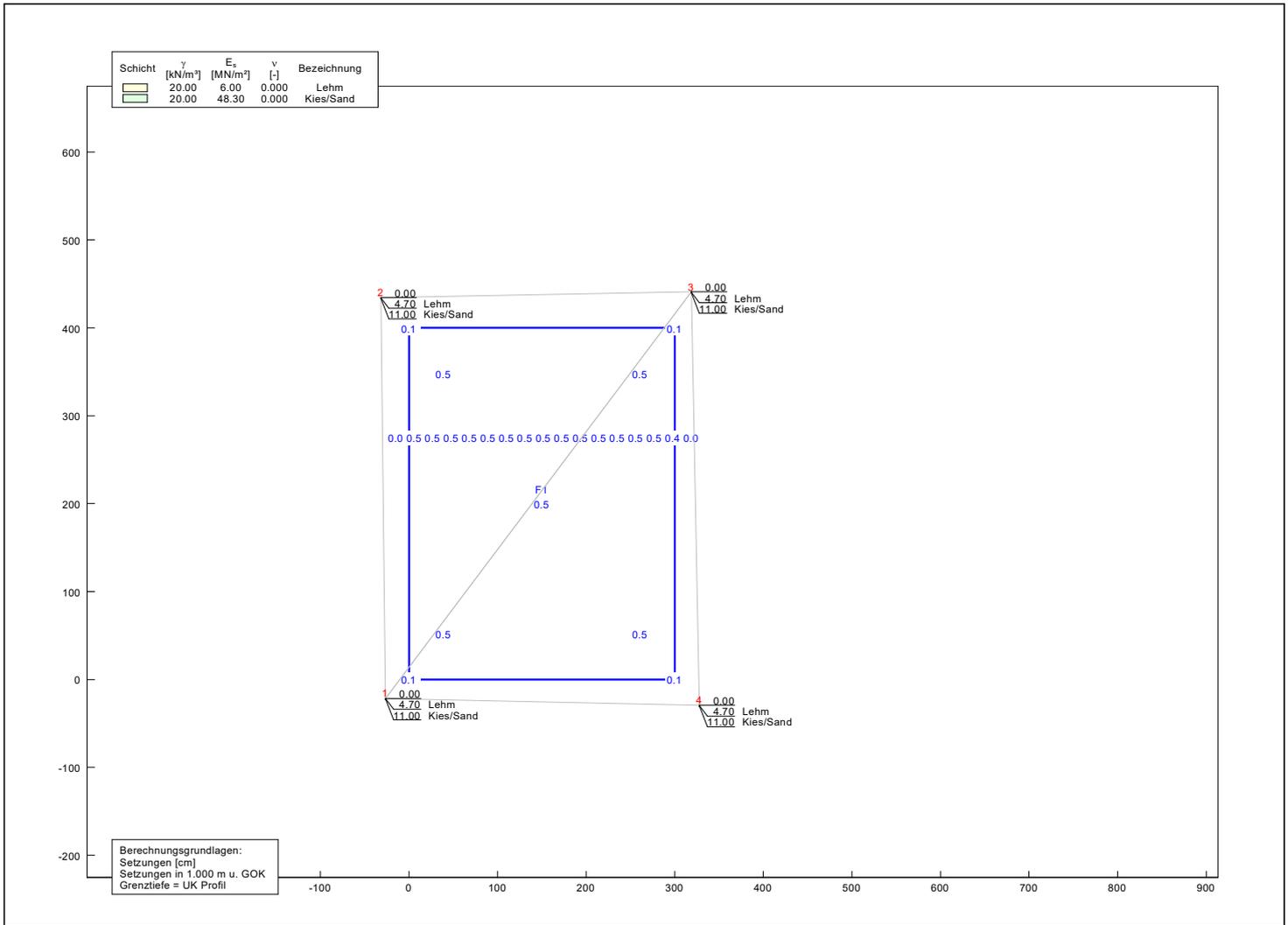


Schnitt E - E



P:\01_Bergbau\2021\22-0089_Hellm. Niederweiler_Lahn/B0_Plan\220089_Schnitte_Aufbauliste.dwg

Index	Datum	Art der Änderung	geändert
Planersteller: TABERG TABERG Ingenieure GmbH 44536 Lünen - Zum Pier 77 Telefon 0231/987073-0 - Telefax 0231/987073-17			
Auftraggeber / Projekt AG Projekt Projekt		Anlage Nr.: 2.2	Index: --
Planbezeichnung: Schnitte A, B und E		Maßstab: 1 : 100	
bearbeitet	Datum	Name	geändert
gezeichnet	02.02.2023	As	geändert
geprüft	02.02.2023	st	geändert
Datum Name Datum Name 02.02.2023 As geändert 02.02.2023 st geändert			
Projekt-Nr.: 22-0089			



Setzungsberechnung nach DIN 4019

Setzungen in 1.000 m u. GOK
Grenztiefe = UK Profil
Grenzabstand = 500.000 m

Bodenkennwerte

Schicht	γ	E_s	ν	Bezeichnung
[-]	[kN/m ³]	[MN/m ²]	[-]	
1	20.00	6.00	0.000	Lehm
2	20.00	48.30	0.000	Kies/Sand

Profile

Knoten: 1 x[m] = -26.498 y[m] = -21.622

Schicht	Tiefe [m u. GOK]
1	0.00 - 4.70
2	4.70 - 11.00

Knoten: 2 x[m] = -31.710 y[m] = 434.434

Schicht	Tiefe [m u. GOK]
1	0.00 - 4.70
2	4.70 - 11.00

Knoten: 3 x[m] = 318.802 y[m] = 440.949

Schicht	Tiefe [m u. GOK]
1	0.00 - 4.70
2	4.70 - 11.00

Knoten: 4 x[m] = 327.923 y[m] = -29.440

Schicht	Tiefe [m u. GOK]
1	0.00 - 4.70
2	4.70 - 11.00

Inzidenztafel

Dreieck	A	B	C
1	3	2	1
2	3	1	4

Fundament: F1

x(links) = 0.000 m

y(unten) = 0.000 m

a = 300.000 m

b = 400.000 m

Neigung = 0.000 °

Fundamentspannung (links oben) = 40.000 kN/m²

Fundamentspannung (rechts oben) = 40.000 kN/m²

Fundamentspannung (links unten) = 40.000 kN/m²

Fundamentspannung (rechts unten) = 40.000 kN/m²

Aushubentlastung = 0.000 kN/m²

Gründungssohle = 5.000 m u. GOK

Setzung in Fundamentmitte = 0.50 cm

Setzungen in den Fundamentecken

links oben = 0.12 cm

rechts oben = 0.12 cm

links unten = 0.12 cm

rechts unten = 0.12 cm

Setzungen in den kennzeichnenden Punkten

links oben = 0.50 cm

rechts oben = 0.50 cm

links unten = 0.50 cm

rechts unten = 0.50 cm

Mittlere Setzung der kennz. Punkte [cm] = 0.497

Verdrehung (KP) um Längsachse [-] = 0.00000

Verdrehung (KP) um Querachse [-] = 0.00000

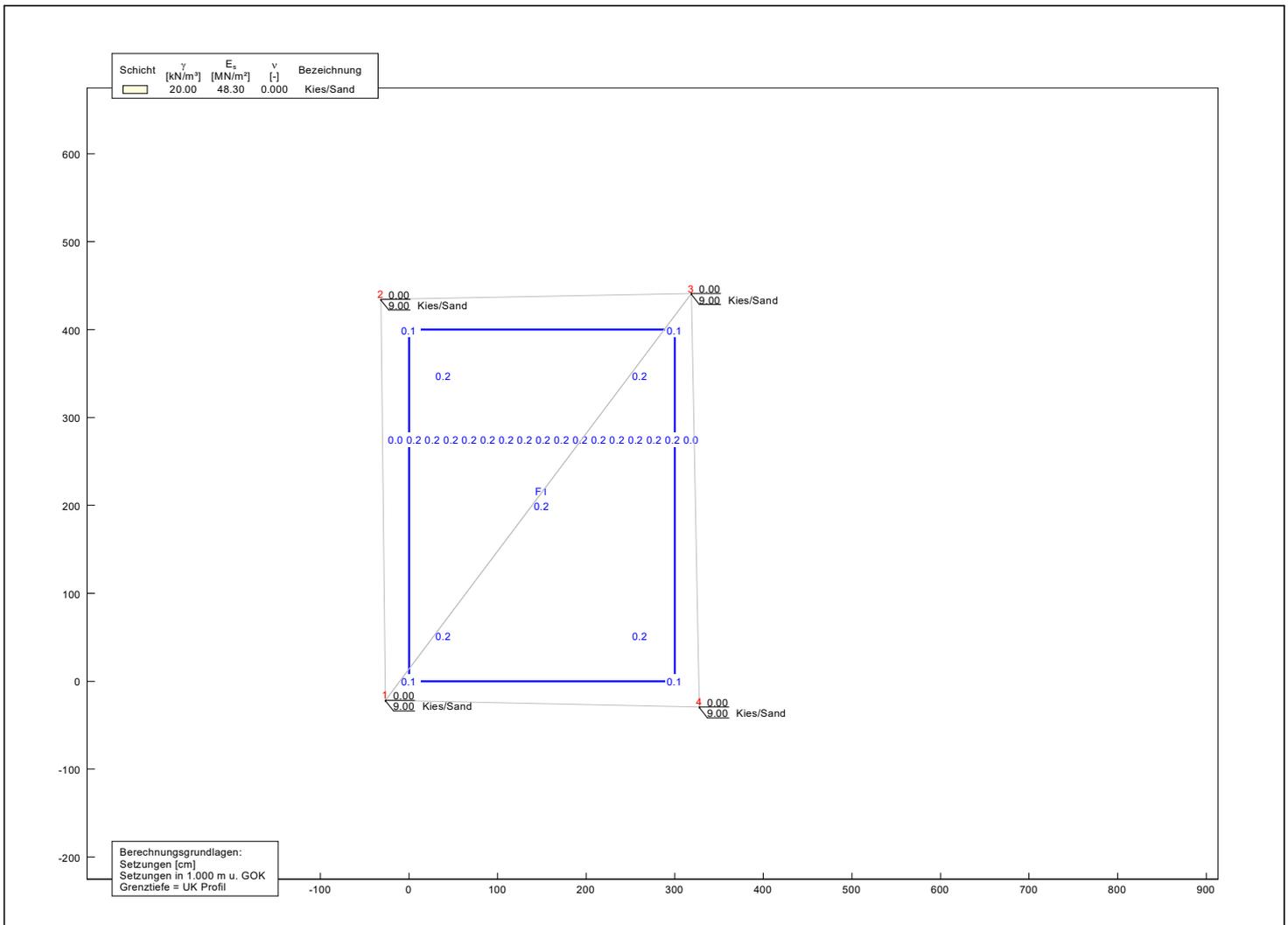
Setzungen an selbst gewählten Punkten

x y s

[m]	[m]	[cm]
-14.77	275.47	0.00
6.08	275.47	0.48
26.93	275.47	0.50
47.77	275.47	0.50
68.62	275.47	0.50
89.47	275.47	0.50
110.32	275.47	0.50
131.17	275.47	0.50
152.02	275.47	0.50
172.86	275.47	0.50
193.71	275.47	0.50
214.56	275.47	0.50
235.41	275.47	0.50
256.26	275.47	0.50
277.11	275.47	0.50
297.95	275.47	0.42
318.80	275.47	0.00

Alle Setzungen

Name	x [m]	y [m]	Setzung [cm]
F1	150.000	200.000	0.497
F1	0.000	400.000	0.124
F1	300.000	400.000	0.124
F1	0.000	0.000	0.124
F1	300.000	0.000	0.124
F1	39.000	348.000	0.497
F1	261.000	348.000	0.497
F1	39.000	52.000	0.497
F1	261.000	52.000	0.497
ES1	-14.771	275.466	0.002
ES2	6.077	275.466	0.483
ES3	26.926	275.466	0.497
ES4	47.774	275.466	0.497
ES5	68.622	275.466	0.497
ES6	89.470	275.466	0.497
ES7	110.319	275.466	0.497
ES8	131.167	275.466	0.497
ES9	152.015	275.466	0.497
ES10	172.864	275.466	0.497
ES11	193.712	275.466	0.497
ES12	214.560	275.466	0.497
ES13	235.408	275.466	0.497
ES14	256.257	275.466	0.497
ES15	277.105	275.466	0.496
ES16	297.953	275.466	0.422
ES17	318.802	275.466	0.001



Setzungsberechnung nach DIN 4019

Setzungen in 1.000 m u. GOK
Grenztiefe = UK Profil
Grenzabstand = 500.000 m

Bodenkennwerte

Schicht	γ	E_s	ν	Bezeichnung
[-]	[kN/m ³]	[MN/m ²]	[-]	
1	20.00	48.30	0.000	Kies/Sand

Profile

Knoten: 1 x[m] = -26.498 y[m] = -21.622

Schicht	Tiefe [m u. GOK]
1	0.00 - 9.00

Knoten: 2 x[m] = -31.710 y[m] = 434.434

Schicht	Tiefe [m u. GOK]
1	0.00 - 9.00

Knoten: 3 x[m] = 318.802 y[m] = 440.949

Schicht	Tiefe [m u. GOK]
1	0.00 - 9.00

Knoten: 4 x[m] = 327.923 y[m] = -29.440

Schicht	Tiefe [m u. GOK]
1	0.00 - 9.00

Inzidenztafel

Dreieck	A	B	C
1	3	2	1
2	3	1	4

Fundament: F1

x(links) = 0.000 m

y(unten) = 0.000 m

a = 300.000 m

b = 400.000 m

Neigung = 0.000 °

Fundamentspannung (links oben) = 25.000 kN/m²

Fundamentspannung (rechts oben) = 25.000 kN/m²

Fundamentspannung (links unten) = 25.000 kN/m²

Fundamentspannung (rechts unten) = 25.000 kN/m²

Aushubentlastung = 0.000 kN/m²

Gründungssohle = 5.000 m u. GOK

Setzung in Fundamentmitte = 0.21 cm

Setzungen in den Fundamentecken

links oben = 0.05 cm

rechts oben = 0.05 cm

links unten = 0.05 cm

rechts unten = 0.05 cm

Setzungen in den kennzeichnenden Punkten

links oben = 0.21 cm

rechts oben = 0.21 cm

links unten = 0.21 cm

rechts unten = 0.21 cm

Mittlere Setzung der kennz. Punkte [cm] = 0.207

Verdrehung (KP) um Längsachse [-] = 0.00000

Verdrehung (KP) um Querachse [-] = 0.00000

Setzungen an selbst gewählten Punkten

x	y	s
[m]	[m]	[cm]
-14.77	275.47	0.00
6.08	275.47	0.20
26.93	275.47	0.21
47.77	275.47	0.21

68.62	275.47	0.21
89.47	275.47	0.21
110.32	275.47	0.21
131.17	275.47	0.21
152.02	275.47	0.21
172.86	275.47	0.21
193.71	275.47	0.21
214.56	275.47	0.21
235.41	275.47	0.21
256.26	275.47	0.21
277.11	275.47	0.21
297.95	275.47	0.19
318.80	275.47	0.00

Alle Setzungen

Name	x [m]	y [m]	Setzung [cm]
F1	150.000	200.000	0.207
F1	0.000	400.000	0.052
F1	300.000	400.000	0.052
F1	0.000	0.000	0.052
F1	300.000	0.000	0.052
F1	39.000	348.000	0.207
F1	261.000	348.000	0.207
F1	39.000	52.000	0.207
F1	261.000	52.000	0.207
ES1	-14.771	275.466	0.000
ES2	6.077	275.466	0.205
ES3	26.926	275.466	0.207
ES4	47.774	275.466	0.207
ES5	68.622	275.466	0.207
ES6	89.470	275.466	0.207
ES7	110.319	275.466	0.207
ES8	131.167	275.466	0.207
ES9	152.015	275.466	0.207
ES10	172.864	275.466	0.207
ES11	193.712	275.466	0.207
ES12	214.560	275.466	0.207
ES13	235.408	275.466	0.207
ES14	256.257	275.466	0.207
ES15	277.105	275.466	0.207
ES16	297.953	275.466	0.188
ES17	318.802	275.466	0.000

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau			
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	
von bis		Prüfstelle	LP 1

	Normalspannung σ_0 [MPa]	Last F [kN]	Ableseung Messuhr s_M [0,01 mm]	Setzung der Lastplatte		Randbedingungen
				Setzung s [mm]	Differenz Δs [mm]	
Erstbelastung	0,000	0,00	0	0,00	0,00	1-Punkt Messeinrichtung mit axial verschiebbarem Tastarm Hebelverhältnis: 1:2,0 Durchm. Lastplatte: 300 mm Plattenunterlage: Sand Erstbelastung: σ_{0max} [MPa] 0,500 a_0 [mm] 0,078 a_1 [mm/MPa] 4,376 a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -2,794
	0,080	5,65	20	0,40	0,40	
	0,160	11,31	36	0,72	0,32	
	0,250	17,67	50	1,00	0,28	
	0,330	23,33	61	1,22	0,22	
	0,420	29,69	70	1,40	0,18	
	0,500	35,34	79	1,58	0,18	
Entlast.	0,250	17,67	74	1,48		Zweitbelastung: σ_{0max} [MPa] 0,500 a_0 [mm] 0,799 a_1 [mm/MPa] 2,370 a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -1,673
	0,125	8,84	64	1,28	-0,20	
	0,010	0,71	41	0,82	-0,46	
Zweitbelastung	0,080	5,65	49	0,98	0,16	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{max})} [MN/m^2]$
	0,160	11,31	57	1,14	0,16	
	0,250	17,67	64	1,28	0,14	
	0,330	23,33	70	1,40	0,12	
	0,420	29,69	75	1,50	0,10	

Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung

Verformungsmodul	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
Messergebnis	75,5	146,7	1,9
Prüfkriterium		$\geq 45,0$	$\leq 2,5$
Beurteilung:			

Bemerkungen:

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau			
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	
von bis		Prüfstelle	LP -1

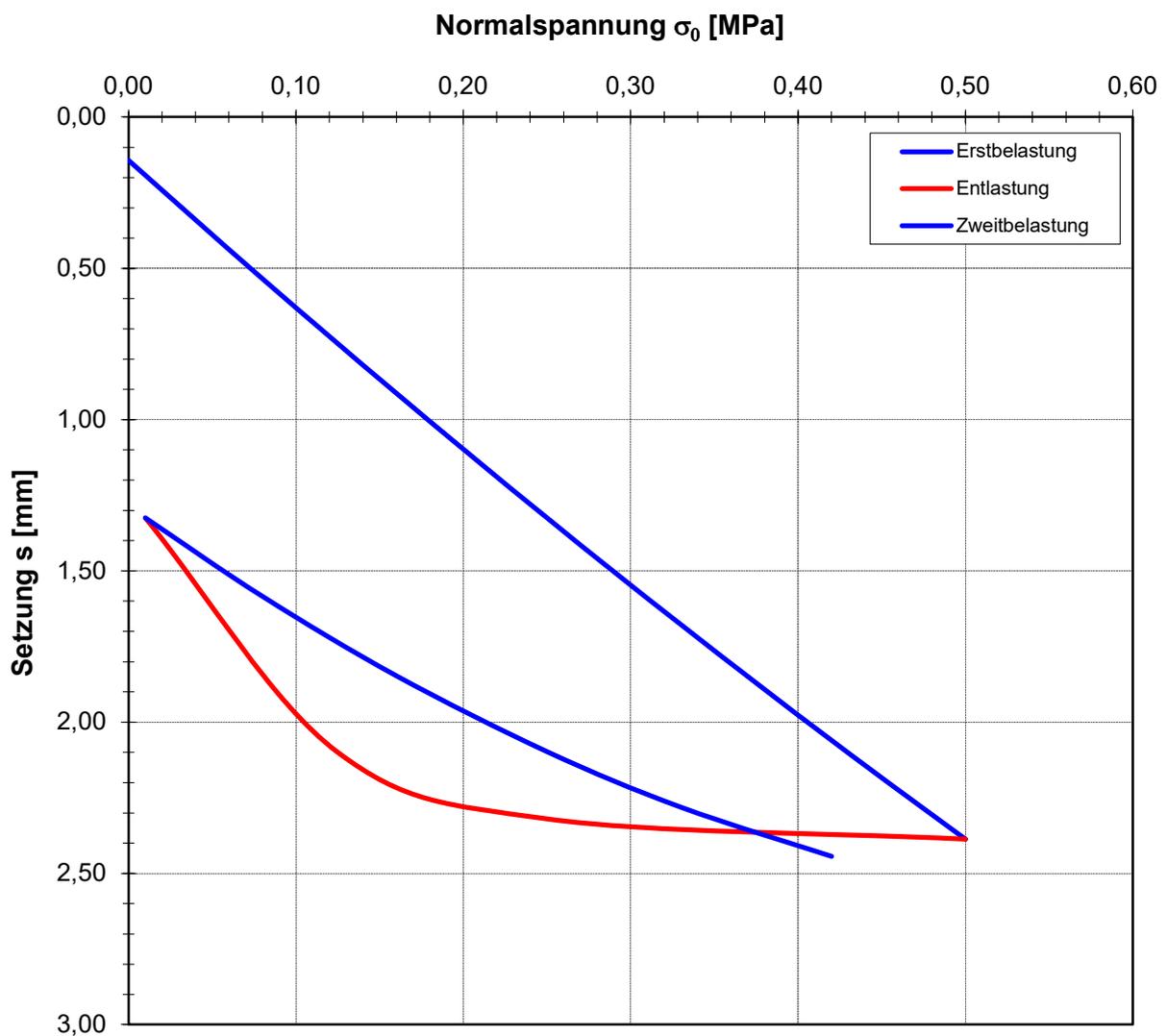
	Normal- spannung σ_0 [MPa]	Last F [kN]	Ableseung Messuhr s_M [0,01 mm]	Setzung der Lastplatte		Randbedingungen 1-Punkt Messeinrichtung mit axial verschiebbarem Tastarm
				Setzung s [mm]	Differenz Δs [mm]	
Erstbelastung	0,000	0,00	0	0,00	0,00	Hebelverhältnis: 1:2,0
	0,080	5,65	26	0,52	0,52	Durchm. Lastplatte: 300 mm
	0,160	11,31	47	0,94	0,42	Plattenunterlage: Sand
	0,250	17,67	66	1,32	0,38	
	0,330	23,33	84	1,68	0,36	Erstbelastung:
	0,420	29,69	102	2,04	0,36	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,500	35,34	120	2,40	0,36	a_0 [mm] 0,144
						a_1 [mm/MPa] 4,967
Entlast.	0,250	17,67	116	2,32		a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -0,960
	0,125	8,84	105	2,10	-0,22	
	0,010	0,71	65	1,30	-0,80	Zweitbelastung:
Zweitbelastung	0,080	5,65	81	1,62	0,32	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,160	11,31	93	1,86	0,24	a_0 [mm] 1,286
	0,250	17,67	104	2,08	0,22	a_1 [mm/MPa] 3,970
	0,330	23,33	113	2,26	0,18	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -2,888
	0,420	29,69	123	2,46	0,20	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{max})} [MN/m^2]$

Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung

Verformungsmodul	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
Messergebnis	50,1	89,1	1,8
Prüfkriterium		$\geq 45,0$	$\leq 2,5$
Beurteilung:			

Bemerkungen:

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau		Beckenteil	0000
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	0000
von bis		Prüfstelle	LP -1



Kurve	a_0 [mm]	a_1 [mm/MPa]	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)]	r [mm]	σ_{\max} [MPa]	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{\max})}$ [MPa]	∅ Platte: 300 mm
1	0,144	4,967	-0,960	150	0,50	$E_{v1} = 50,1$ MN/m ²	$E_{v2} = 1,78$
2	1,286	3,970	-2,888	150	0,50	$E_{v2} = 89,1$ MN/m ²	

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau			
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	
von bis		Prüfstelle	LP 2

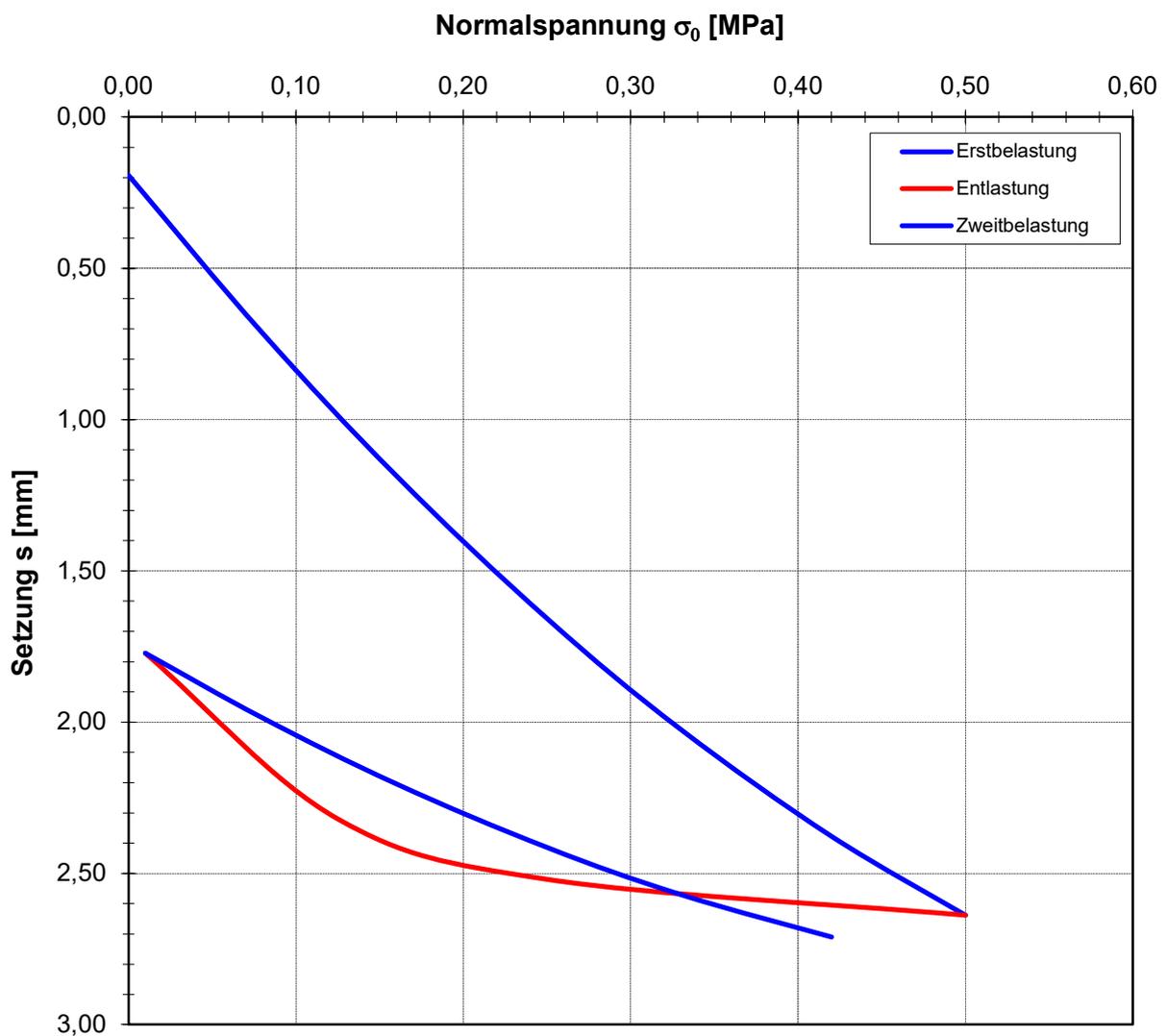
	Normalspannung σ_0 [MPa]	Last F [kN]	Ableseung Messuhr s_M [0,01 mm]	Setzung der Lastplatte		Randbedingungen
				Setzung s [mm]	Differenz Δs [mm]	
Erstbelastung	0,000	0,00	0	0,00	0,00	1-Punkt Messeinrichtung mit axial verschiebbarem Tastarm Hebelverhältnis: 1:2,0 Durchm. Lastplatte: 300 mm Plattenunterlage: Sand Erstbelastung: σ_{0max} [MPa] 0,500 a_0 [mm] 0,193 a_1 [mm/MPa] 6,832 a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -3,883
	0,080	5,65	35	0,70	0,70	
	0,160	11,31	61	1,22	0,52	
	0,250	17,67	82	1,64	0,42	
	0,330	23,33	101	2,02	0,38	
	0,420	29,69	119	2,38	0,36	
	0,500	35,34	132	2,64	0,26	
Entlast.	0,250	17,67	126	2,52		
	0,125	8,84	116	2,32	-0,20	
	0,010	0,71	88	1,76	-0,56	
Zweitbelastung	0,080	5,65	100	2,00	0,24	Zweitbelastung: σ_{0max} [MPa] 0,500 a_0 [mm] 1,740 a_1 [mm/MPa] 3,272 a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -2,284 $E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{max})} [MN/m^2]$
	0,160	11,31	111	2,22	0,22	
	0,250	17,67	120	2,40	0,18	
	0,330	23,33	128	2,56	0,16	
	0,420	29,69	136	2,72	0,16	

Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung

Verformungsmodul	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
Messergebnis	46,0	105,7	2,3
Prüfkriterium		$\geq 45,0$	$\leq 2,5$
Beurteilung:			

Bemerkungen:

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau		Beckenteil	0000
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht von bis	Bagger > 22 t	Ansprache	0000
		Prüfstelle	LP 2



Kurve	a_0 [mm]	a_1 [mm/MPa]	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)]	r [mm]	σ_{\max} [MPa]	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{\max})}$ [MPa]	Ø Platte: 300 mm
1	0,193	6,832	-3,883	150	0,50	E_{v1} = 46,0 MN/m²	E_{v2} = 2,30
2	1,740	3,272	-2,284	150	0,50	E_{v2} = 105,7 MN/m²	

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau			
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	
von bis		Prüfstelle	LP 3

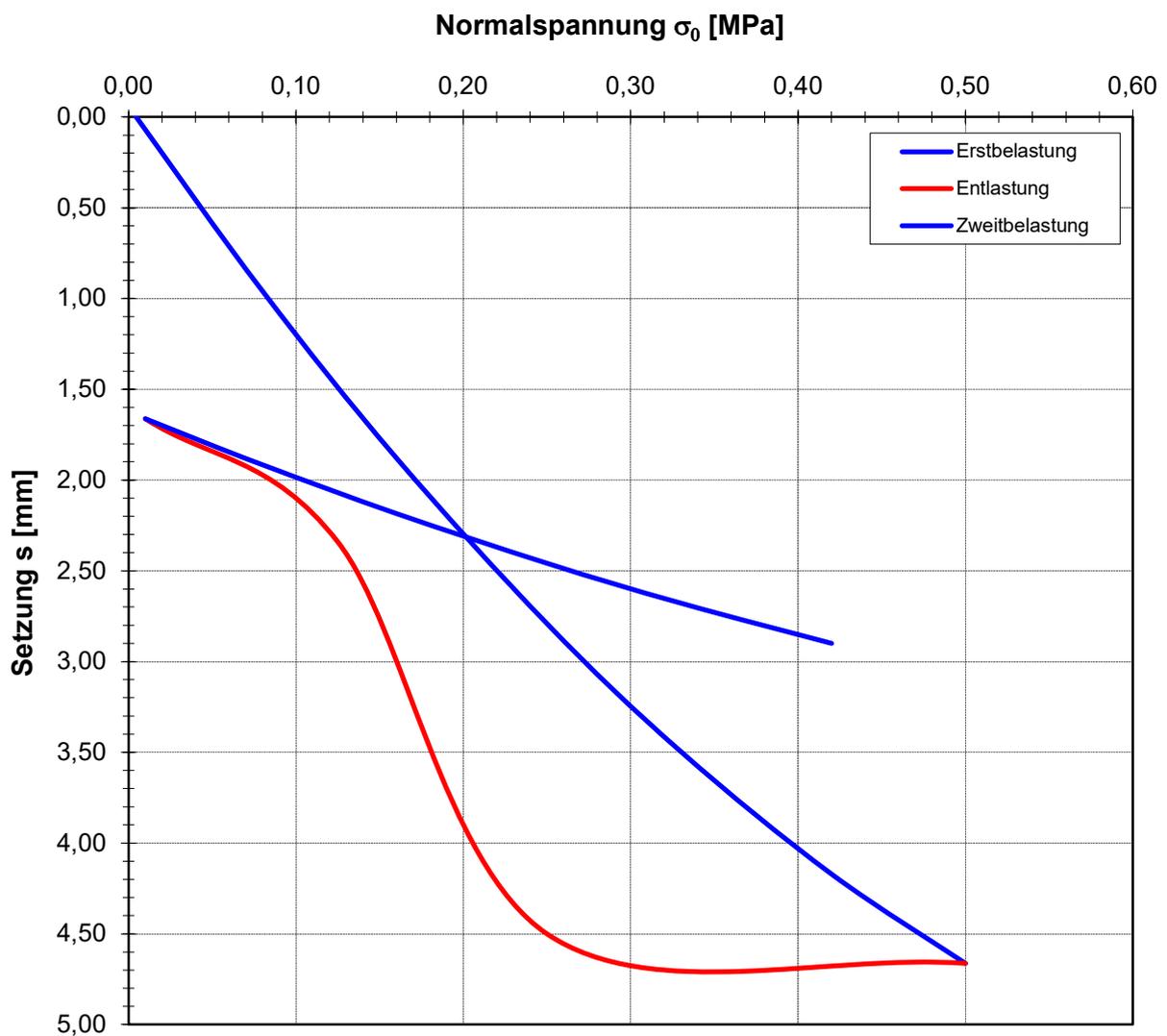
	Normalspannung σ_0 [MPa]	Last F [kN]	Ableseung Messuhr s_M [0,01 mm]	Setzung der Lastplatte		Randbedingungen 1-Punkt Messeinrichtung mit axial verschiebbarem Tastarm
				Setzung s [mm]	Differenz Δs [mm]	
Erstbelastung	0,000	0,00	0	0,00	0,00	Hebelverhltnis: 1:2,0
	0,080	5,65	50	1,00	1,00	Durchm. Lastplatte: 300 mm
	0,160	11,31	90	1,80	0,80	Plattenunterlage: Sand
	0,250	17,67	141	2,82	1,02	
	0,330	23,33	175	3,50	0,68	Erstbelastung:
	0,420	29,69	210	4,20	0,70	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,500	35,34	232	4,64	0,44	a_0 [mm] -0,059
						a_1 [mm/MPa] 13,361
Entlast.	0,250	17,67	225	4,50		a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -7,839
	0,125	8,84	117	2,34	-2,16	
	0,010	0,71	81	1,62	-0,72	Zweitbelastung:
Zweitbelastung	0,080	5,65	99	1,98	0,36	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,160	11,31	110	2,20	0,22	a_0 [mm] 1,625
	0,250	17,67	121	2,42	0,22	a_1 [mm/MPa] 3,780
	0,330	23,33	133	2,66	0,24	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -1,777
	0,420	29,69	146	2,92	0,26	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{max})} [MN/m^2]$

Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung

Verformungsmodul	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
Messergebnis	23,8	77,8	3,3
Prüfkriterium		$\geq 45,0$	$\leq 2,5$
Beurteilung:			

Bemerkungen:

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau		Beckenteil	0000
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht von bis	Bagger > 22 t	Ansprache	0000
		Prüfstelle	LP 3



Kurve	a_0 [mm]	a_1 [mm/MPa]	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)]	r [mm]	σ_{\max} [MPa]	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{\max})}$ [MPa]	∅ Platte: 300 mm
1	-0,059	13,361	-7,839	150	0,50	$E_{v1} = 23,8$ MN/m ²	$E_{v2} = 3,27$
2	1,625	3,780	-1,777	150	0,50	$E_{v2} = 77,8$ MN/m ²	

Lastplattendruckversuch

statisch nach DIN 18 134 - 300

Kiesgrube Niederweimar

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau			
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	
von bis		Prüfstelle	LP 4

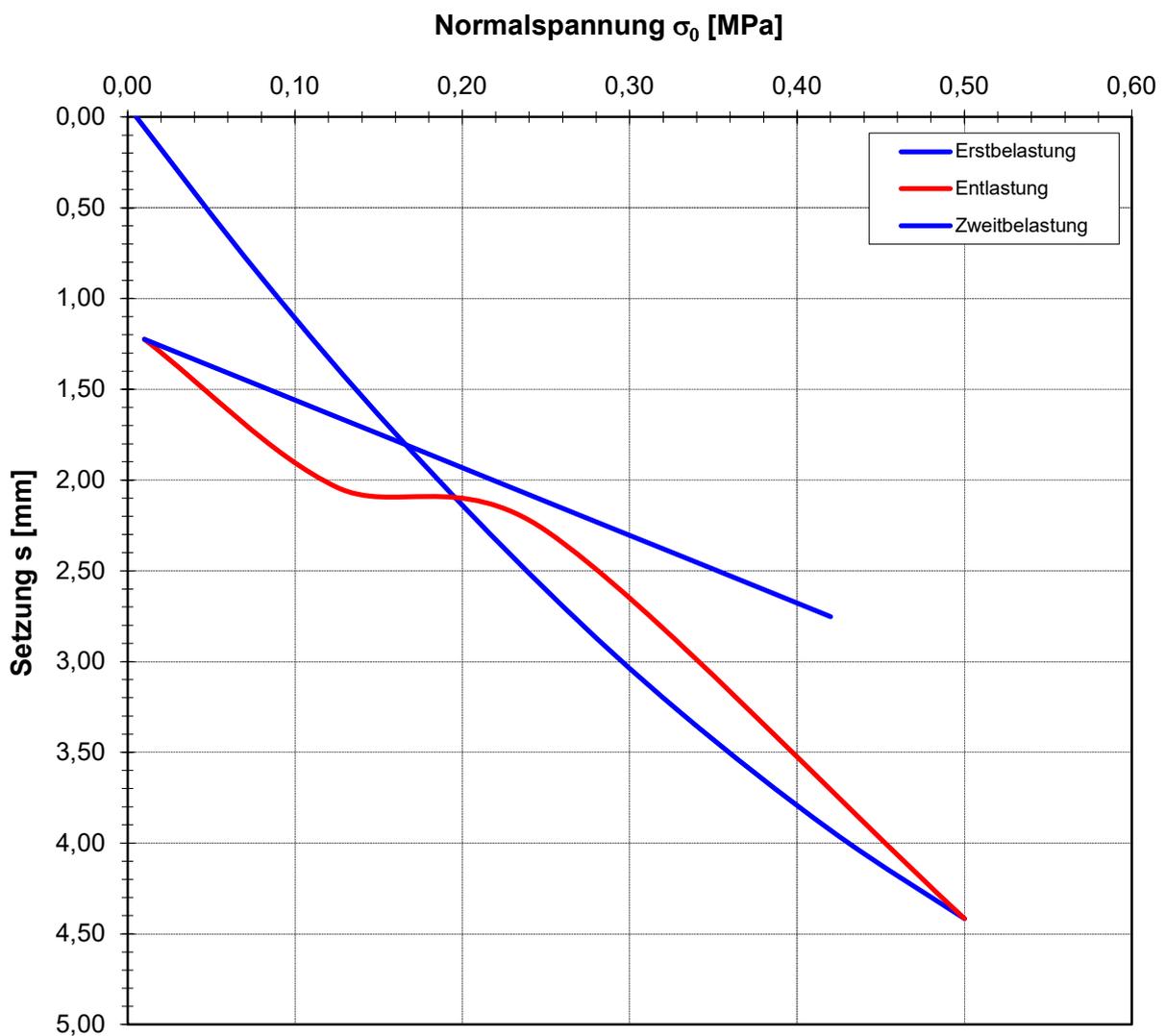
	Normalspannung σ_0 [MPa]	Last F [kN]	Ableseung Messuhr s_M [0,01 mm]	Setzung der Lastplatte		Randbedingungen 1-Punkt Messeinrichtung mit axial verschiebbarem Tastarm
				Setzung s [mm]	Differenz Δs [mm]	
Erstbelastung	0,000	0,00	0	0,00	0,00	Hebelverhältnis: 1:2,0
	0,080	5,65	41	0,82	0,82	Durchm. Lastplatte: 300 mm
	0,160	11,31	92	1,84	1,02	Plattenunterlage: Sand
	0,250	17,67	132	2,64	0,80	
	0,330	23,33	162	3,24	0,60	Erstbelastung:
	0,420	29,69	192	3,84	0,60	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,500	35,34	224	4,48	0,64	a_0 [mm] -0,061
						a_1 [mm/MPa] 12,376
Entlast.	0,250	17,67	114	2,28		a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -6,842
	0,125	8,84	102	2,04	-0,24	
	0,010	0,71	60	1,20	-0,84	Zweitbelastung:
Zweitbelastung	0,080	5,65	76	1,52	0,32	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,160	11,31	90	1,80	0,28	a_0 [mm] 1,187
	0,250	17,67	104	2,08	0,28	a_1 [mm/MPa] 3,727
	0,330	23,33	121	2,42	0,34	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -0,003
	0,420	29,69	138	2,76	0,34	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{max})} [MN/m^2]$

Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung

Verformungsmodul	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
Messergebnis	25,1	60,4	2,4
Prüfkriterium		$\geq 45,0$	$\leq 2,5$
Beurteilung:			

Bemerkungen:

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau		Beckenteil	0000
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	0000
von bis		Prüfstelle	LP 4



Kurve	a_0 [mm]	a_1 [mm/MPa]	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)]	r [mm]	σ_{\max} [MPa]	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{\max})}$ [MPa]	Ø Platte: 300 mm
1	-0,061	12,376	-6,842	150	0,50	$E_{v1} = 25,1$ MN/m ²	$E_{v2} = 2,40$
2	1,187	3,727	-0,003	150	0,50	$E_{v2} = 60,4$ MN/m ²	

Lastplattendruckversuch

statisch nach DIN 18 134 - 300

Kiesgrube Niederweimar

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau			
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	
von bis		Prüfstelle	LP 5

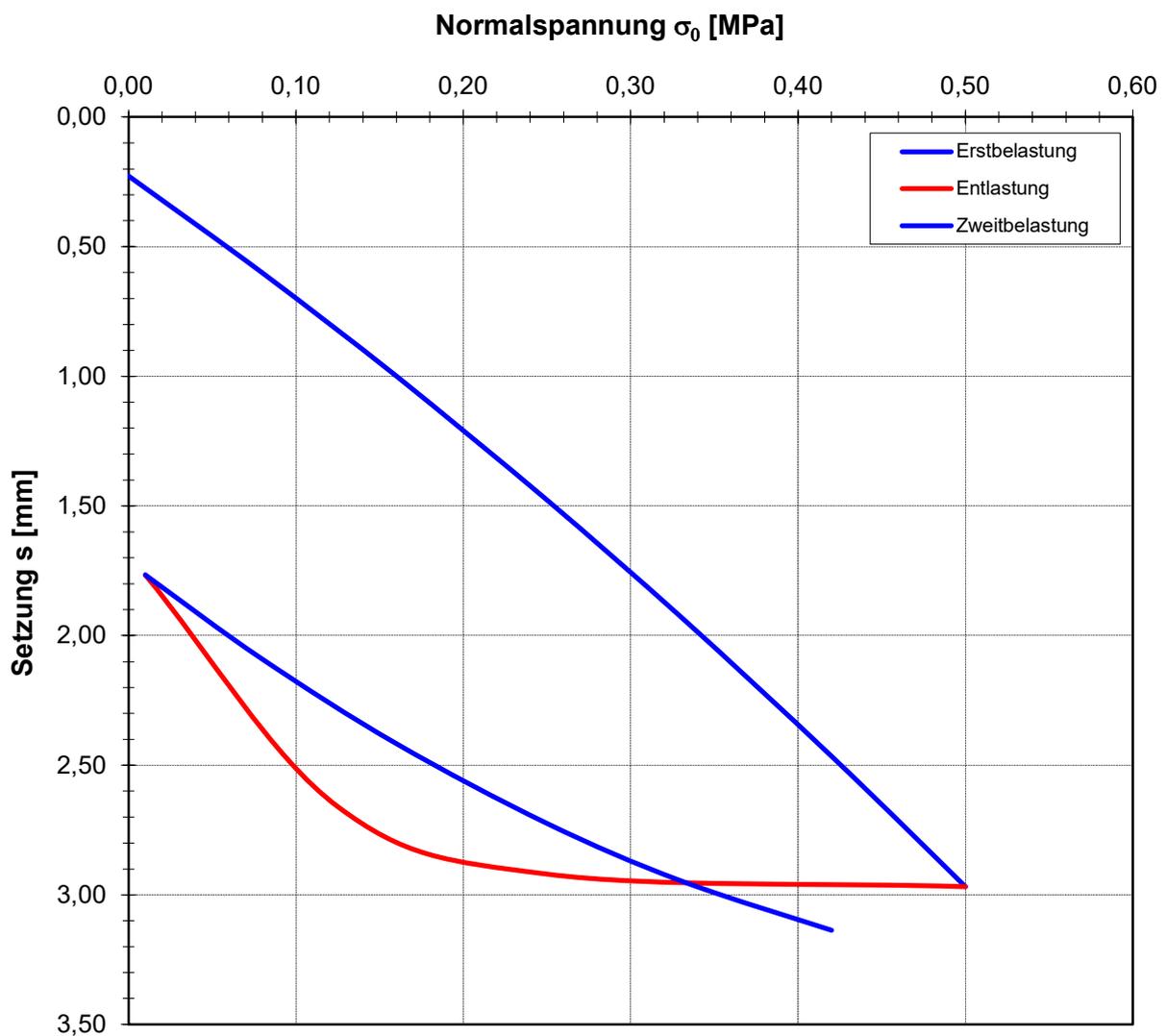
	Normalspannung σ_0 [MPa]	Last F [kN]	Ableseung Messuhr s_M [0,01 mm]	Setzung der Lastplatte		Randbedingungen 1-Punkt Messeinrichtung mit axial verschiebbarem Tastarm
				Setzung s [mm]	Differenz Δs [mm]	
Erstbelastung	0,000	0,00	0	0,00	0,00	Hebelverhältnis: 1:2,0
	0,080	5,65	30	0,60	0,60	Durchm. Lastplatte: 300 mm
	0,160	11,31	49	0,98	0,38	Plattenunterlage: Sand
	0,250	17,67	76	1,52	0,54	
	0,330	23,33	97	1,94	0,42	Erstbelastung:
	0,420	29,69	120	2,40	0,46	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,500	35,34	150	3,00	0,60	a_0 [mm] 0,228
						a_1 [mm/MPa] 4,517
Entlast.	0,250	17,67	146	2,92		a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] 1,926
	0,125	8,84	133	2,66	-0,26	
	0,010	0,71	88	1,76	-0,90	Zweitbelastung:
Zweitbelastung	0,080	5,65	105	2,10	0,34	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,160	11,31	121	2,42	0,32	a_0 [mm] 1,717
	0,250	17,67	136	2,72	0,30	a_1 [mm/MPa] 4,988
	0,330	23,33	147	2,94	0,22	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -3,831
	0,420	29,69	157	3,14	0,20	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{max})} [MN/m^2]$

Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung

Verformungsmodul	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
Messergebnis	41,1	73,2	1,8
Prüfkriterium		$\geq 45,0$	$\leq 2,5$
Beurteilung:			

Bemerkungen:

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau		Beckenteil	0000
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	0000
von bis		Prüfstelle	LP 5



Kurve	a_0 [mm]	a_1 [mm/MPa]	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)]	r [mm]	σ_{\max} [MPa]	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{\max})}$ [MPa]	∅ Platte: 300 mm
1	0,228	4,517	1,926	150	0,50	E_{v1} = 41,1 MN/m²	E_{v2} = 1,78
2	1,717	4,988	-3,831	150	0,50	E_{v2} = 73,2 MN/m²	

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau			
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	
von bis		Prüfstelle	LP 6

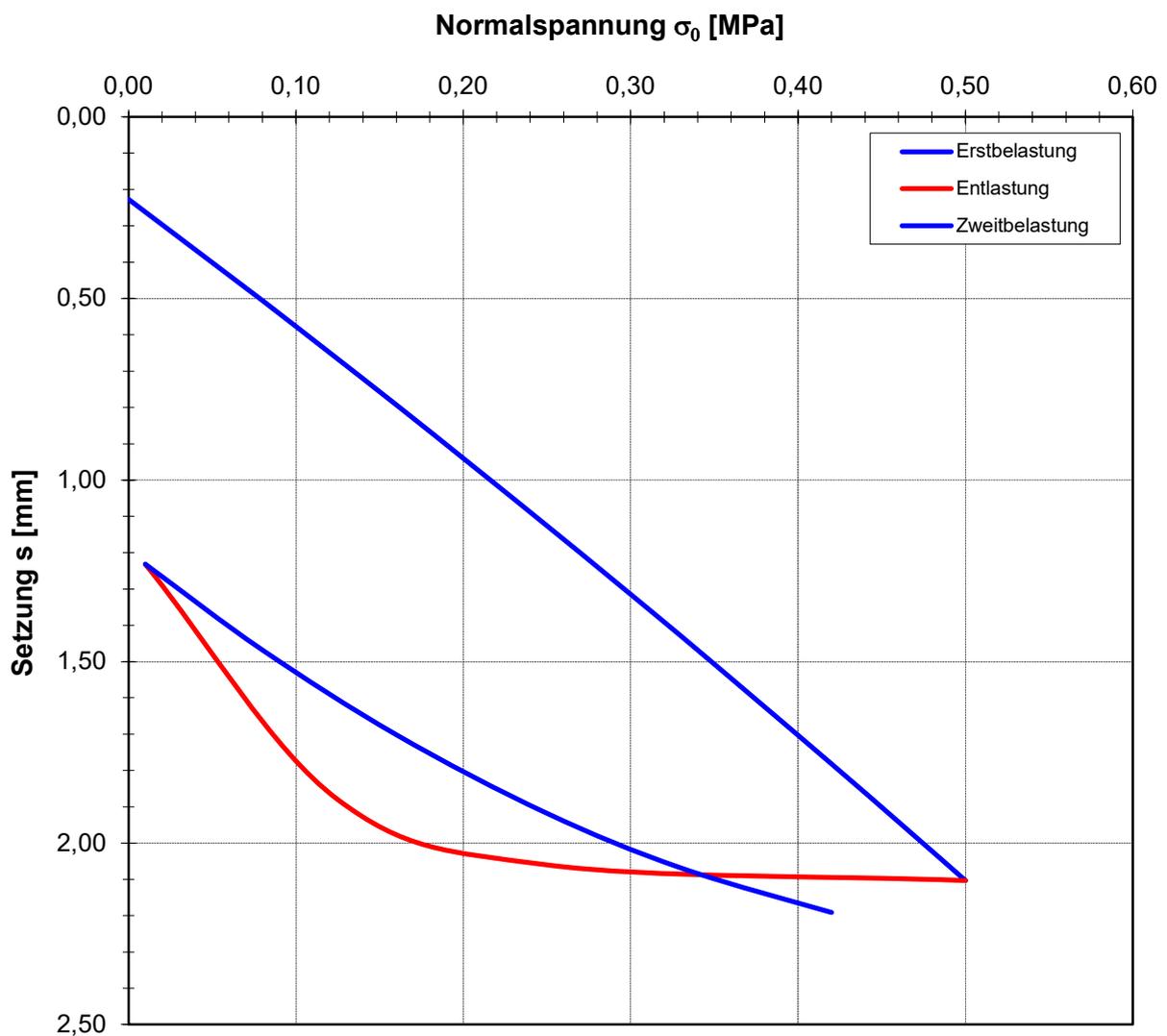
	Normal- spannung σ_0 [MPa]	Last F [kN]	Ableseung Messuhr s_M [0,01 mm]	Setzung der Lastplatte		Randbedingungen 1-Punkt Messeinrichtung mit axial verschiebbarem Tastarm
				Setzung s [mm]	Differenz Δs [mm]	
Erstbelastung	0,000	0,00	0	0,00	0,00	Hebelverhältnis: 1:2,0
	0,080	5,65	24	0,48	0,48	Durchm. Lastplatte: 300 mm
	0,160	11,31	42	0,84	0,36	Plattenunterlage: Sand
	0,250	17,67	56	1,12	0,28	
	0,330	23,33	71	1,42	0,30	Erstbelastung:
	0,420	29,69	88	1,76	0,34	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,500	35,34	106	2,12	0,36	a_0 [mm] 0,227
						a_1 [mm/MPa] 3,440
Entlast.	0,250	17,67	103	2,06		a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] 0,624
	0,125	8,84	94	1,88	-0,18	
	0,010	0,71	61	1,22	-0,66	Zweitbelastung:
Zweitbelastung	0,080	5,65	74	1,48	0,26	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,160	11,31	86	1,72	0,24	a_0 [mm] 1,196
	0,250	17,67	95	1,90	0,18	a_1 [mm/MPa] 3,653
	0,330	23,33	103	2,06	0,16	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -3,053
	0,420	29,69	110	2,20	0,14	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{max})} [MN/m^2]$

Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung

Verformungsmodul	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
Messergebnis	60,0	105,8	1,8
Prüfkriterium		\geq 45,0	\leq 2,5
Beurteilung:			

Bemerkungen:

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau		Beckenteil	0000
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	0000
von bis		Prüfstelle	LP 6



Kurve	a_0 [mm]	a_1 [mm/MPa]	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)]	r [mm]	σ_{\max} [MPa]	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{\max})}$ [MPa]	\varnothing Platte: 300 mm
1	0,227	3,440	0,624	150	0,50	$E_{v1} = 60,0$ MN/m ²	$E_{v2} = 1,76$
2	1,196	3,653	-3,053	150	0,50	$E_{v2} = 105,8$ MN/m ²	

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau			
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	
von bis		Prüfstelle	LP 7

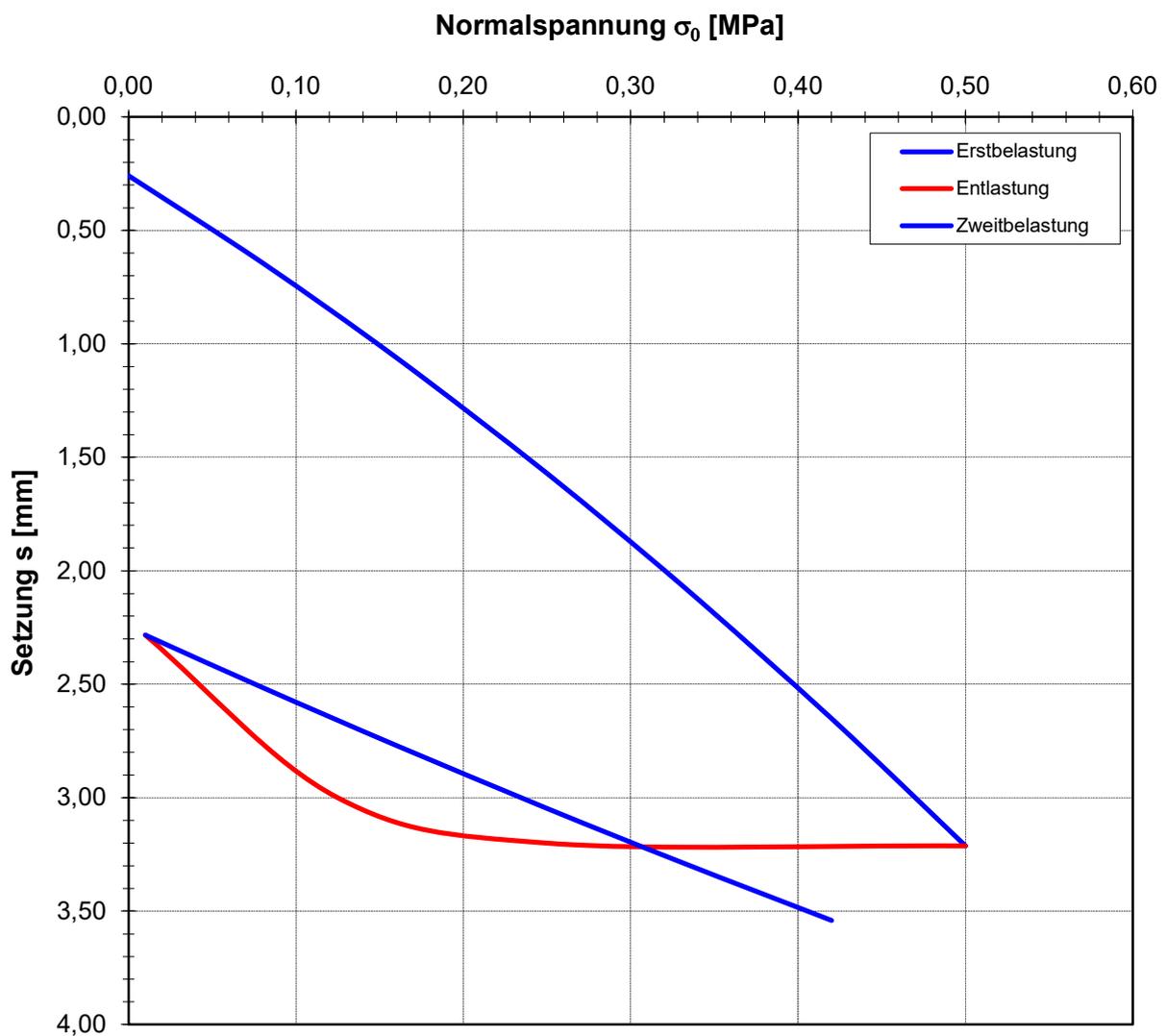
	Normalspannung σ_0 [MPa]	Last F [kN]	Ableseung Messuhr s_M [0,01 mm]	Setzung der Lastplatte		Randbedingungen 1-Punkt Messeinrichtung mit axial verschiebbarem Tastarm
				Setzung s [mm]	Differenz Δs [mm]	
Erstbelastung	0,000	0,00	0	0,00	0,00	Hebelverhältnis: 1:2,0
	0,080	5,65	30	0,60	0,60	Durchm. Lastplatte: 300 mm
	0,160	11,31	56	1,12	0,52	Plattenunterlage: Sand
	0,250	17,67	80	1,60	0,48	
	0,330	23,33	102	2,04	0,44	Erstbelastung:
	0,420	29,69	129	2,58	0,54	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,500	35,34	163	3,26	0,68	a_0 [mm] 0,259
						a_1 [mm/MPa] 4,593
Entlast.	0,250	17,67	160	3,20		a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] 2,629
	0,125	8,84	150	3,00	-0,20	
	0,010	0,71	113	2,26	-0,74	Zweitbelastung:
Zweitbelastung	0,080	5,65	127	2,54	0,28	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,160	11,31	140	2,80	0,26	a_0 [mm] 2,251
	0,250	17,67	151	3,02	0,22	a_1 [mm/MPa] 3,351
	0,330	23,33	163	3,26	0,24	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -0,664
	0,420	29,69	178	3,56	0,30	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{max})} [MN/m^2]$

Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung

Verformungsmodul	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
Messergebnis	38,1	74,5	2,0
Prüfkriterium		\geq 45,0	\leq 2,5
Beurteilung:			

Bemerkungen:

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau		Beckenteil	0000
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	0000
von bis		Prüfstelle	LP 7



Kurve	a_0 [mm]	a_1 [mm/MPa]	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)]	r [mm]	σ_{\max} [MPa]	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{\max})}$ [MPa]	∅ Platte: 300 mm
1	0,259	4,593	2,629	150	0,50	E_{v1} = 38,1 MN/m²	E_{v2} = 1,96
2	2,251	3,351	-0,664	150	0,50	E_{v2} = 74,5 MN/m²	

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau			
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht	Bagger > 22 t	Ansprache	
von bis		Prüfstelle	LP 8

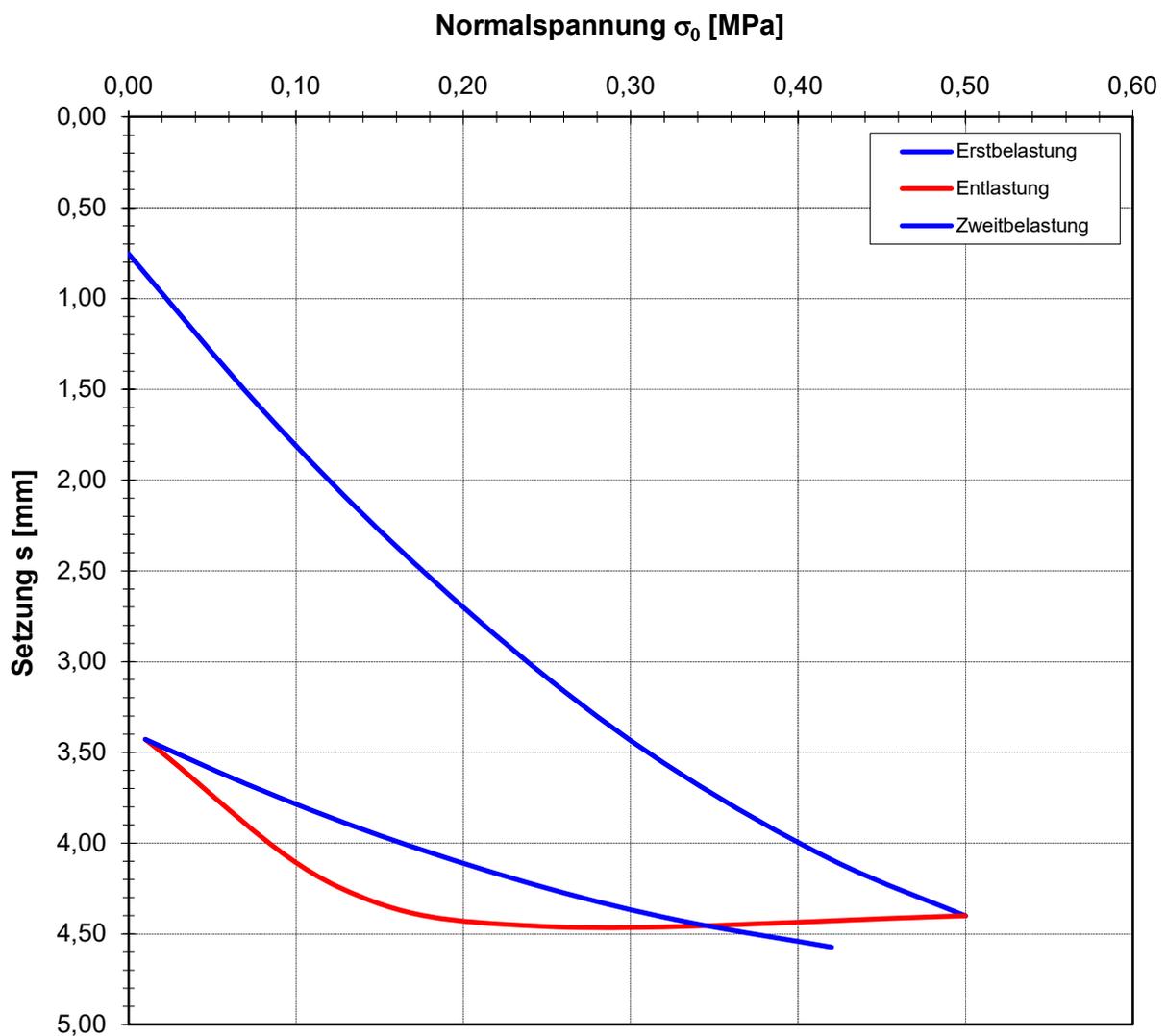
	Normalspannung σ_0 [MPa]	Last F [kN]	Ableseung Messuhr s_M [0,01 mm]	Setzung der Lastplatte		Randbedingungen 1-Punkt Messeinrichtung mit axial verschiebbarem Tastarm
				Setzung s [mm]	Differenz Δs [mm]	
Erstbelastung	0,000	0,00	0	0,00	0,00	Hebelverhältnis: 1:2,0
	0,080	5,65	76	1,52	1,52	Durchm. Lastplatte: 300 mm
	0,160	11,31	124	2,48	0,96	Plattenunterlage: Sand
	0,250	17,67	160	3,20	0,72	
	0,330	23,33	176	3,52	0,32	Erstbelastung:
	0,420	29,69	198	3,96	0,44	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,500	35,34	225	4,50	0,54	a_0 [mm] 0,755
						a_1 [mm/MPa] 11,379
Entlast.	0,250	17,67	223	4,46		a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -8,175
	0,125	8,84	212	4,24	-0,22	
	0,010	0,71	169	3,38	-0,86	Zweitbelastung:
Zweitbelastung	0,080	5,65	189	3,78	0,40	σ_{0max} [MPa] 0,500
	0,160	11,31	201	4,02	0,24	a_0 [mm] 3,386
	0,250	17,67	210	4,20	0,18	a_1 [mm/MPa] 4,370
	0,330	23,33	220	4,40	0,20	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)] -3,675
	0,420	29,69	230	4,60	0,20	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{max})} [MN/m^2]$

Zusammenstellung der Ergebnisse und Beurteilung

Verformungsmodul	E_{v1} [MPa]	E_{v2} [MPa]	E_{v2}/E_{v1} [-]
Messergebnis	30,9	88,9	2,9
Prüfkriterium		$\geq 45,0$	$\leq 2,5$
Beurteilung:			

Bemerkungen:

Datum Prüfung	05.10.2022 Mi	Vorgangs-Nr.	22-0089
Datum Einbau		Beckenteil	0000
Laborant	Moritz	Koordinaten	
Wetter Vortag	sonnig	Prfplanum	
Wetter Prftag	sonnig	Material	G, s, u', t'
Gegengewicht von bis	Bagger > 22 t	Ansprache	0000
		Prüfstelle	LP 8



Kurve	a_0 [mm]	a_1 [mm/MPa]	a_2 [mm ² /(MN/m ⁴)]	r [mm]	σ_{\max} [MPa]	$E_v = \frac{1,5 \cdot r}{(a_1 + a_2 \cdot \sigma_{\max})}$ [MPa]	∅ Platte: 300 mm
1	0,755	11,379	-8,175	150	0,50	E_{v1} = 30,9 MN/m²	E_{v2} = 2,88
2	3,386	4,370	-3,675	150	0,50	E_{v2} = 88,9 MN/m²	

Körnungslinie

Holcim

Niederweimar_Lahn

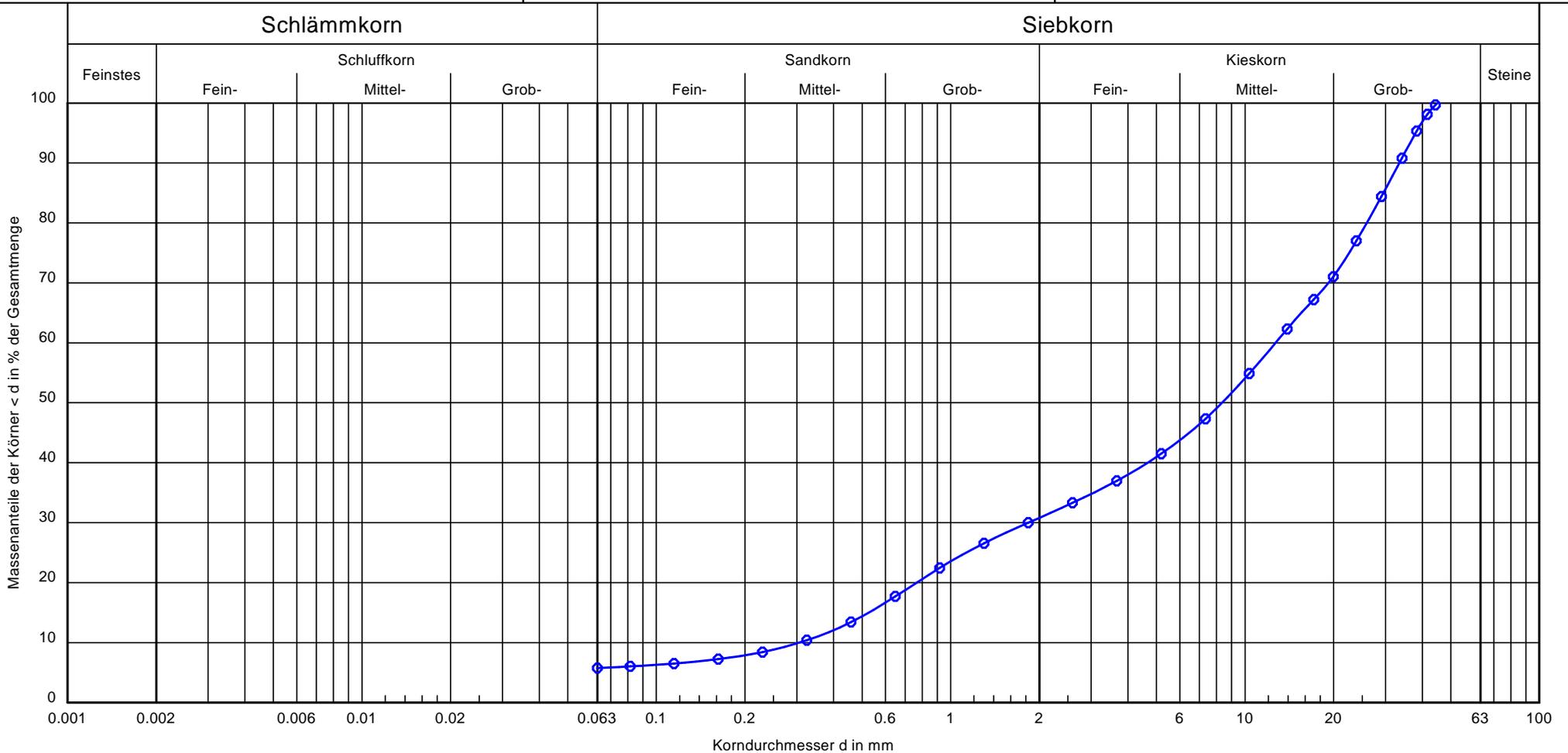
Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 05.10.2022

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bearbeiter: Lf/De

Datum: 21.10.2022



Bezeichnung:	LP 1	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	LP1		
Tiefe:			
Bodenart	G, u', ms', gs'		
Bodengruppe	GU		
d10/d60	0.305 / 12.696		
T/U/S/G [%]:	- / 5.8/25.1/69.2		
k nach Seiler:	$1.9 \cdot 10^{-3}$		

Körnungslinie

Holcim

Niederweimar_Lahn

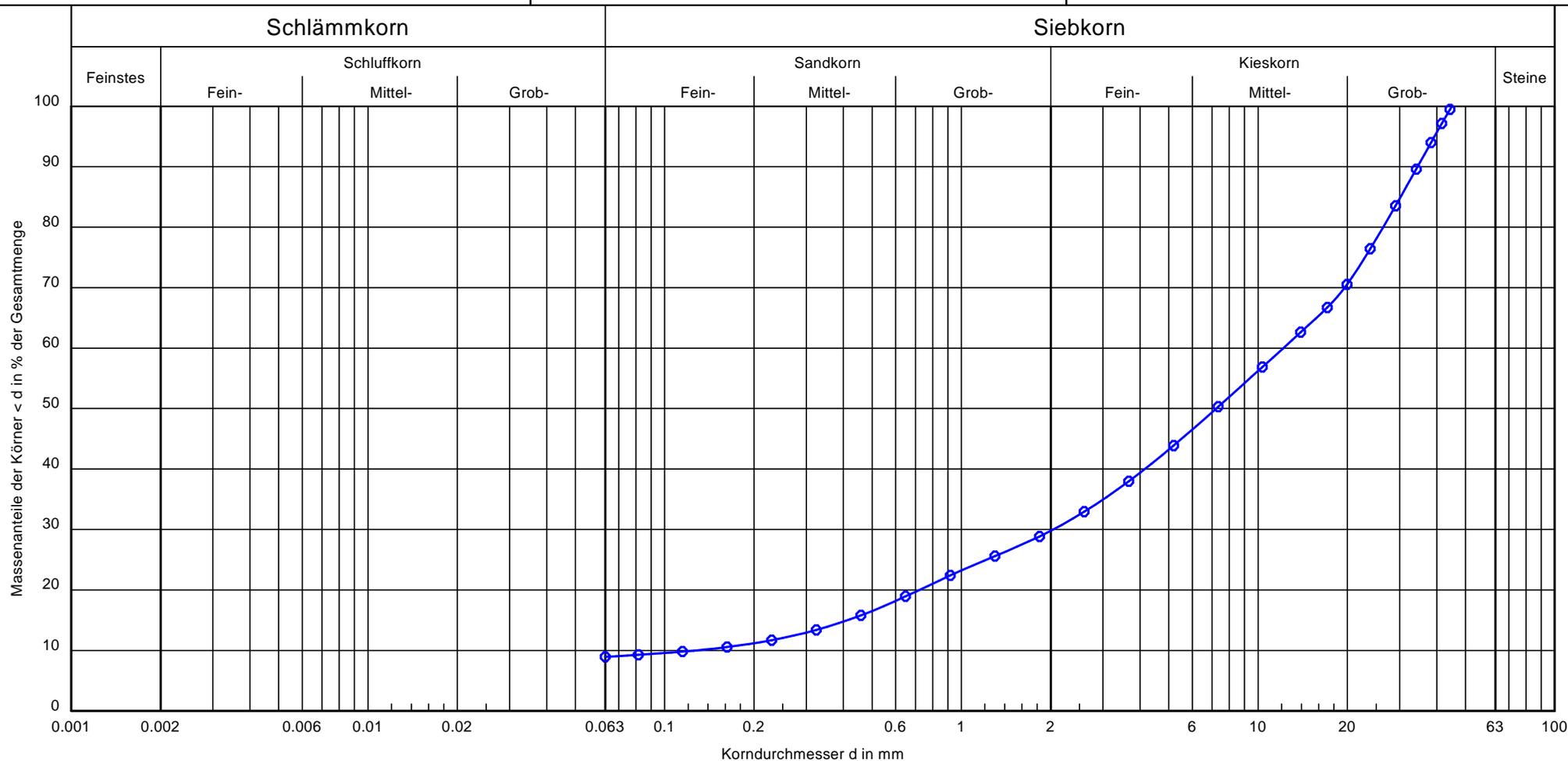
Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 05.10.2022

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bearbeiter: Lf/De

Datum: 21.10.2022



Bezeichnung:	LP-1	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	LP-1		
Tiefe:			
Bodenart	G, u', ms', gs'		
Bodengruppe	GU		
d10/d60	0.126 / 12.161		
T/U/S/G [%]:	- /9.0/20.8/70.2		
k nach Seiler:	$1.1 \cdot 10^{-2}$		

Körnungslinie

Holcim

Niederweimar_Lahn

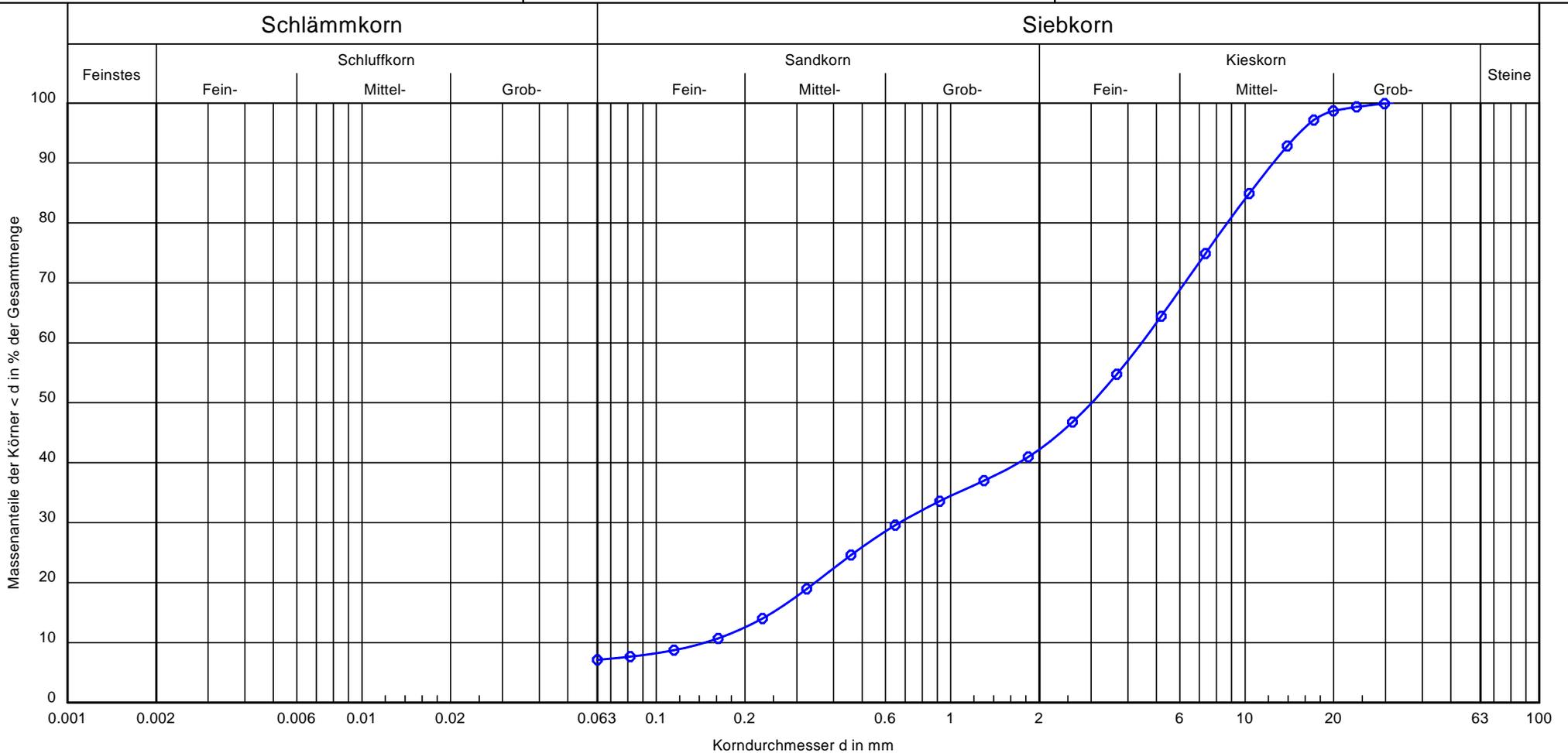
Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 05.10.2022

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bearbeiter: Lf/De

Datum: 26.10.2022



Bezeichnung:	LP2	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	LP2		
Tiefe:			
Bodenart	G, ms, u', fs', gs'		
Bodengruppe	GU		
d10/d60	0.146 / 4.453		
T/U/S/G [%]:	- /7.2/35.1/57.8		
k-Wert:	2.5 · 10 ⁻⁴ Seiler		

TABERG Ingenieure
Zum Pier 77
44536 Lünen



Bearbeiter: Lf/De

Datum: 02.11.2022

Körnungslinie

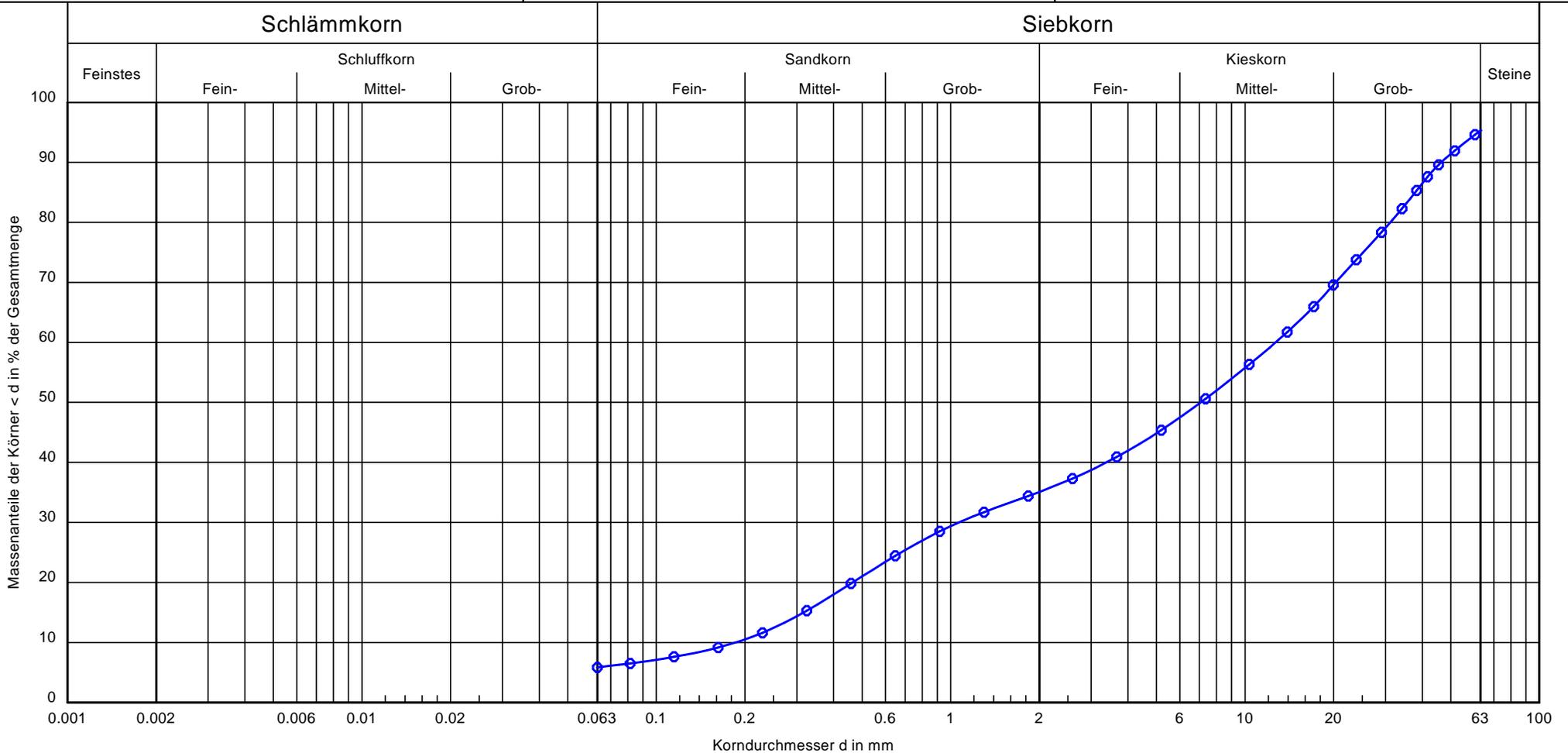
Holcim

Niederweimar_Lahn

Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 05.10.2022

Art der Entnahme: gestörte Probe



Bezeichnung:	LP3	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	LP3		
Tiefe:			
Bodenart	G, u', ms', gs'		
Bodengruppe	GU		
d10/d60	0.185 / 12.691		
T/U/S/G [%]:	- /5.9/29.2/64.9		
k-Wert:	1.5 · 10 ⁻³ Seiler		

Körnungslinie

Holcim

Niederweimar_Lahn

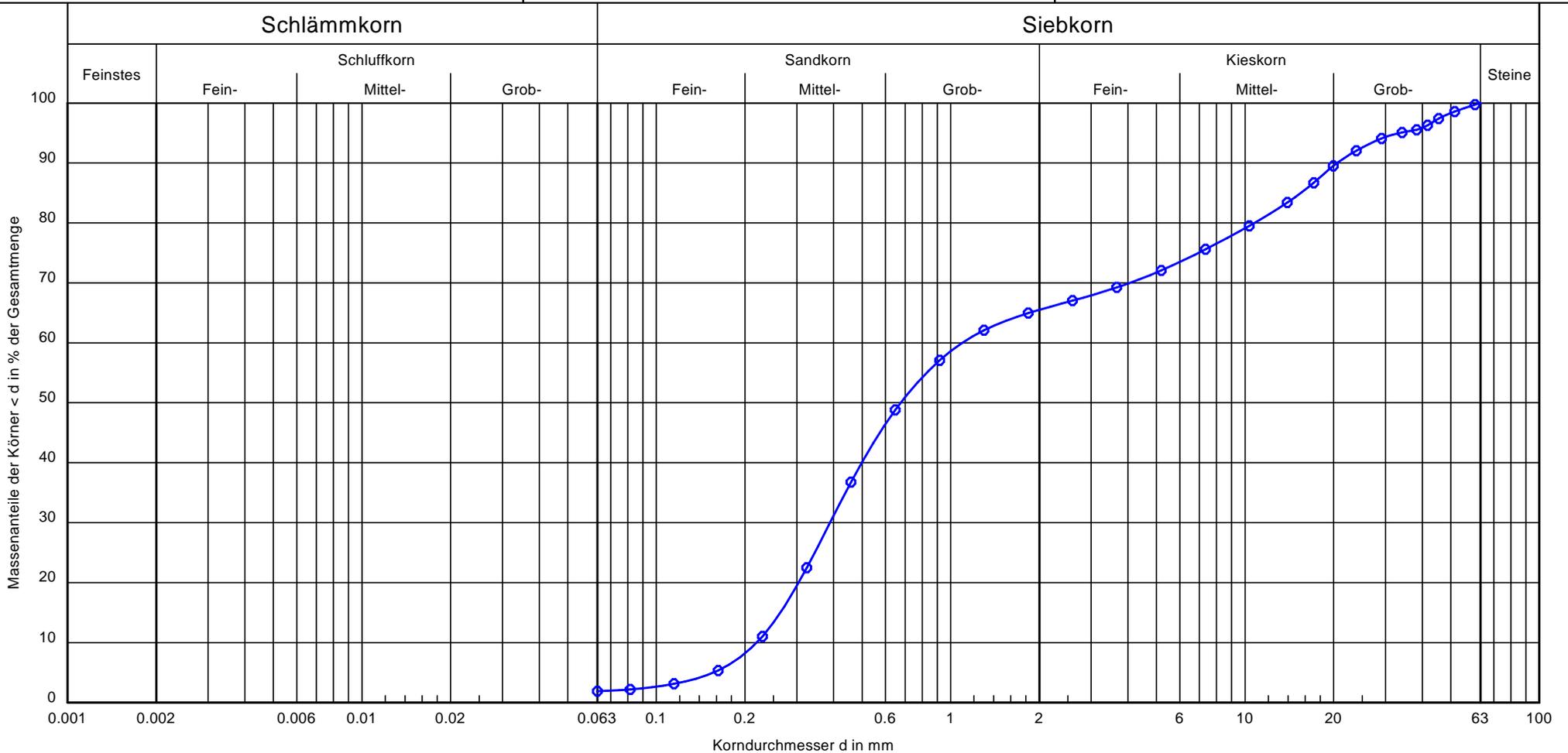
Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 05.10.2022

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bearbeiter: Lf

Datum: 08.11.2022



Bezeichnung:	LP4	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	LP4		
Tiefe:			
Bodenart	S, mg, fg', gg'		
Bodengruppe	SE		
d10/d60	0.218 / 1.096		
T/U/S/G [%]:	- / 1.9/63.6/34.5		
k nach Seiler:	1.0 · 10 ⁻³		

TABERG Ingenieure
Zum Pier 77
44536 Lünen



Bearbeiter: Lf

Datum: 08.11.2022

Körnungslinie

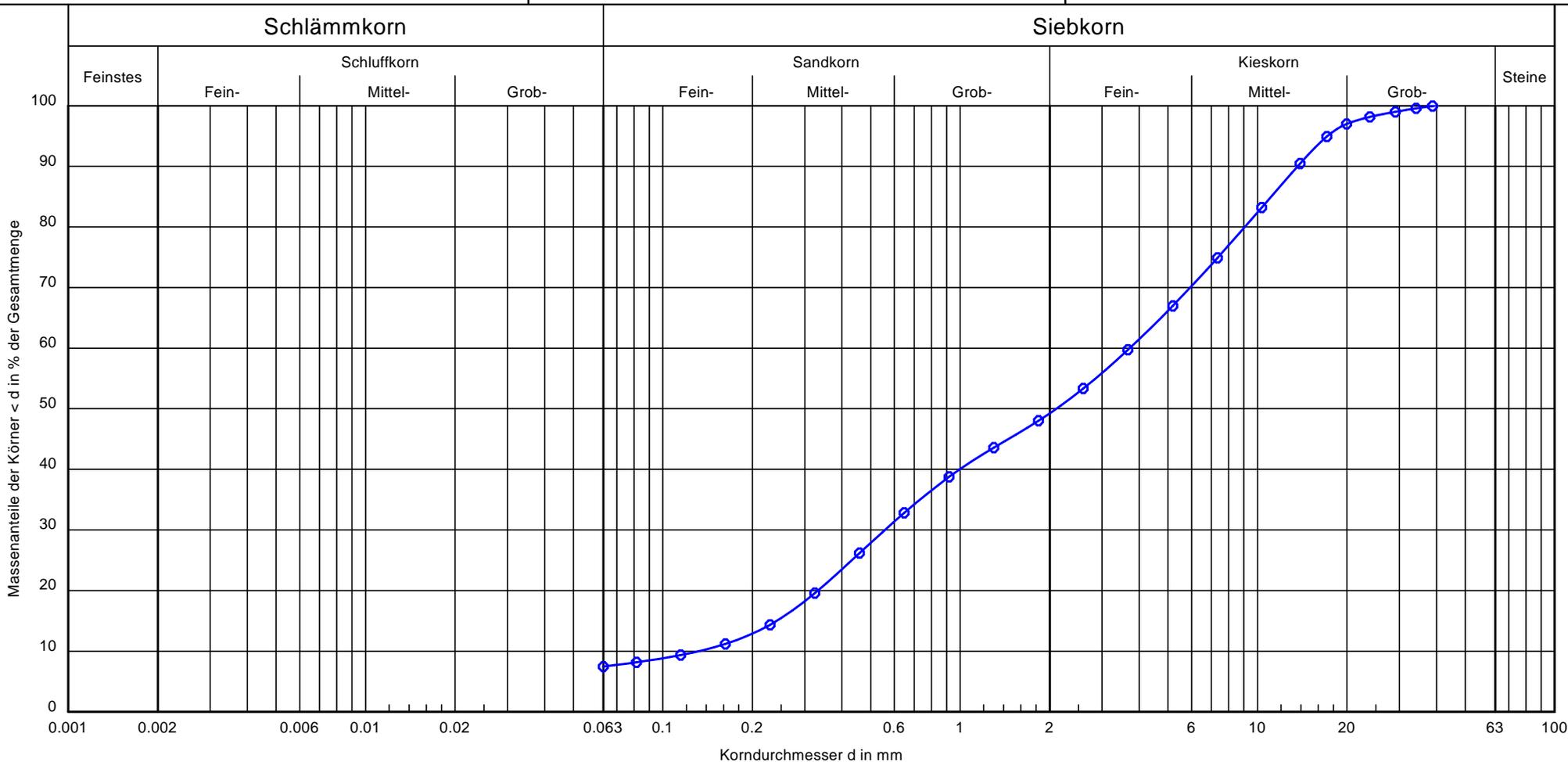
Holcim

Niederweimar_Lahn

Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 05.10.2022

Art der Entnahme: gestörte Probe



Bezeichnung:	LP5	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	LP5		
Tiefe:			
Bodenart	S, G, u'		
Bodengruppe	GU		
d ₁₀ /d ₆₀	0.131 / 3.717		
T/U/S/G [%]:	- / 7.5 / 41.8 / 50.8		
k nach Seiler:	2.0 · 10 ⁻⁴		

Körnungslinie

Holcim

Niederweimar_Lahn

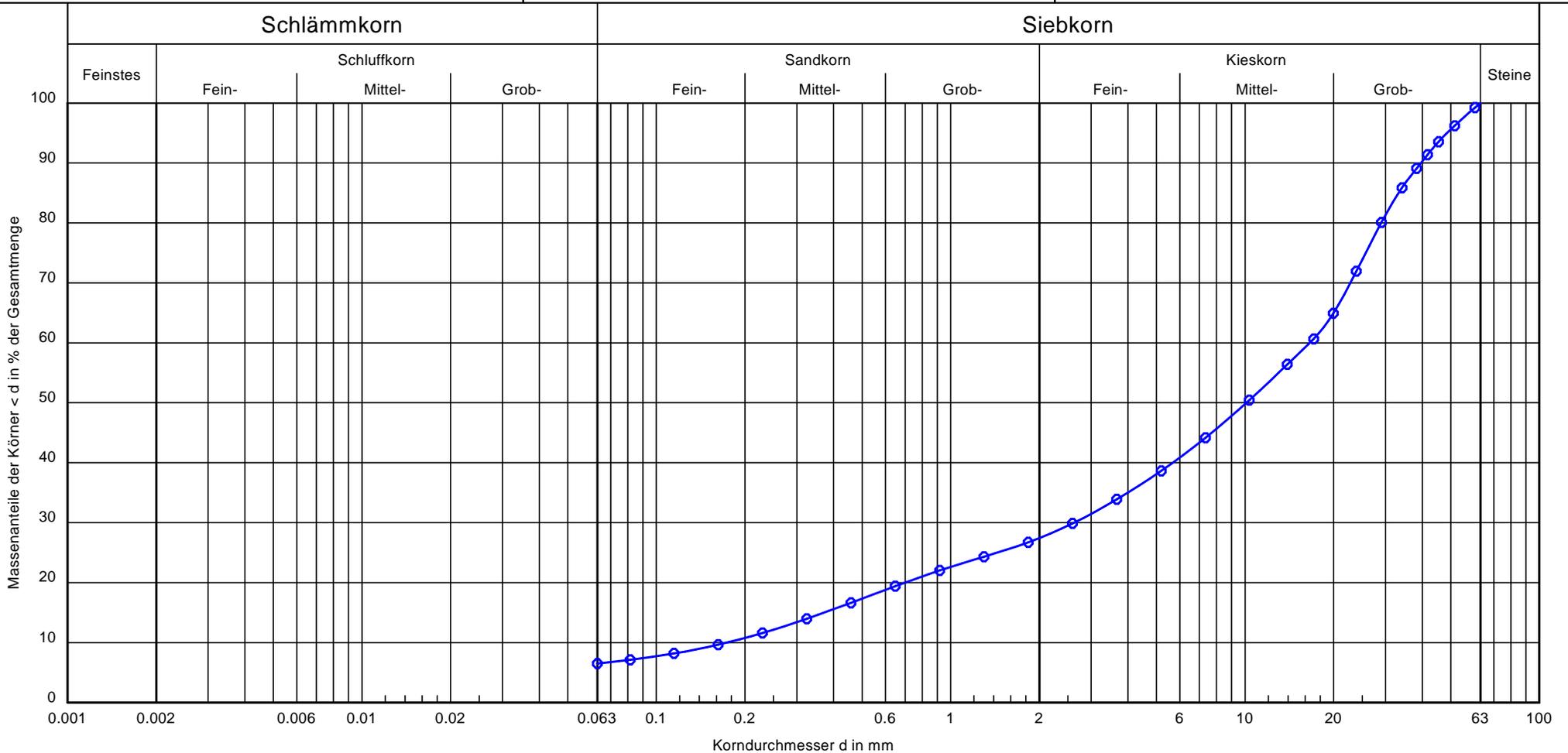
Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 05.10.2022

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bearbeiter: Lf

Datum: 09.11.2022



Bezeichnung:	LP6	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	LP6		
Tiefe:			
Bodenart	G, u', ms', gs'		
Bodengruppe	GU		
d10/d60	0.173 / 16.592		
T/U/S/G [%]:	- /6.5/20.9/72.6		
k nach Seiler:	$1.4 \cdot 10^{-2}$		

Körnungslinie

Holcim

Niederweimar_Lahn

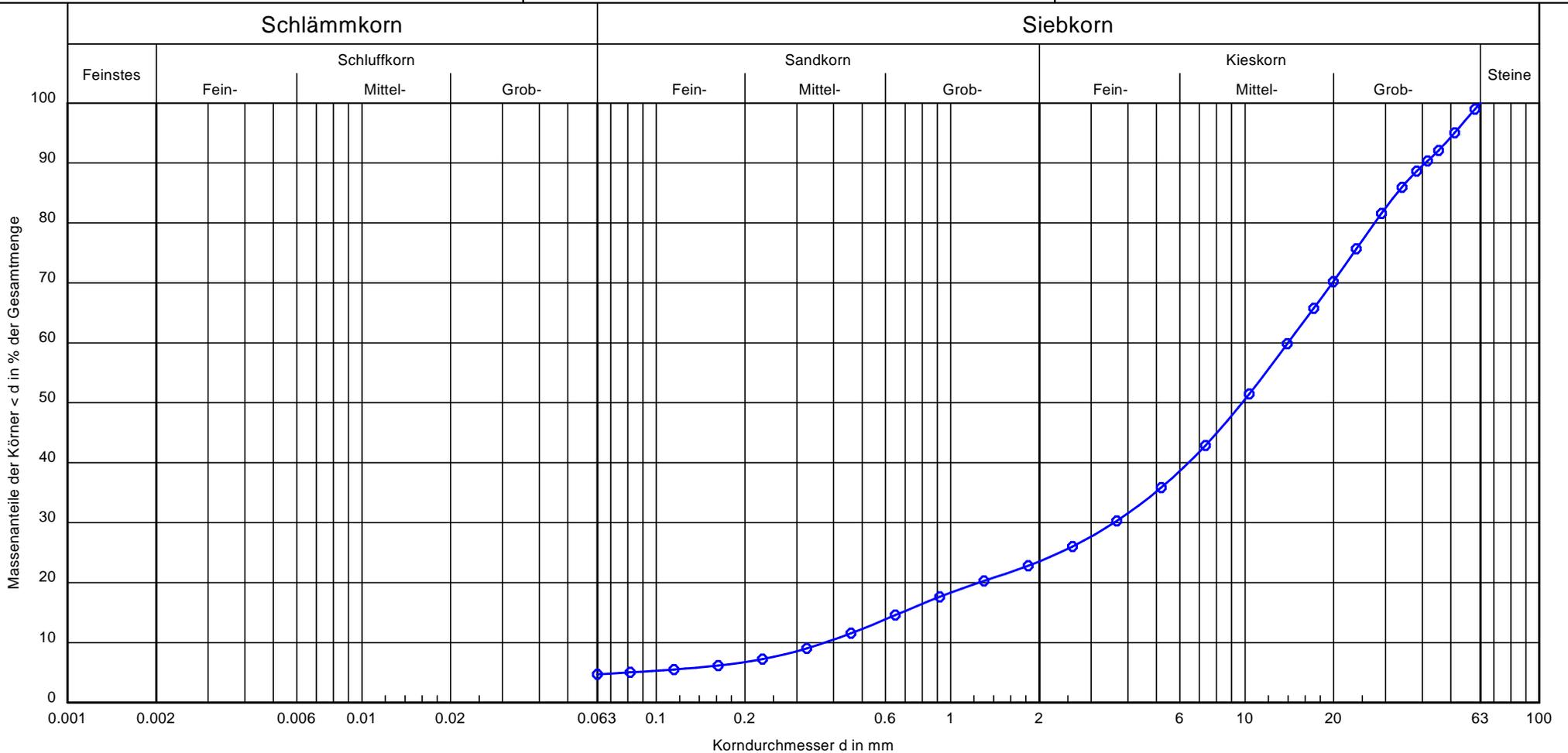
Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 05.10.2022

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bearbeiter: Lf

Datum: 10.11.2022



Bezeichnung:	LP7	Bemerkungen: Überkorn 63 mm	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	LP7		
Tiefe:			
Bodenart	G, ms', gs'		
Bodengruppe	GW		
d10/d60	0.372 / 13.993		
T/U/S/G [%]:	- /4.7/18.8/76.4		
k nach Seiler:	7.3 · 10 ⁻³		

Körnungslinie

Holcim

Niederweimar_Lahn

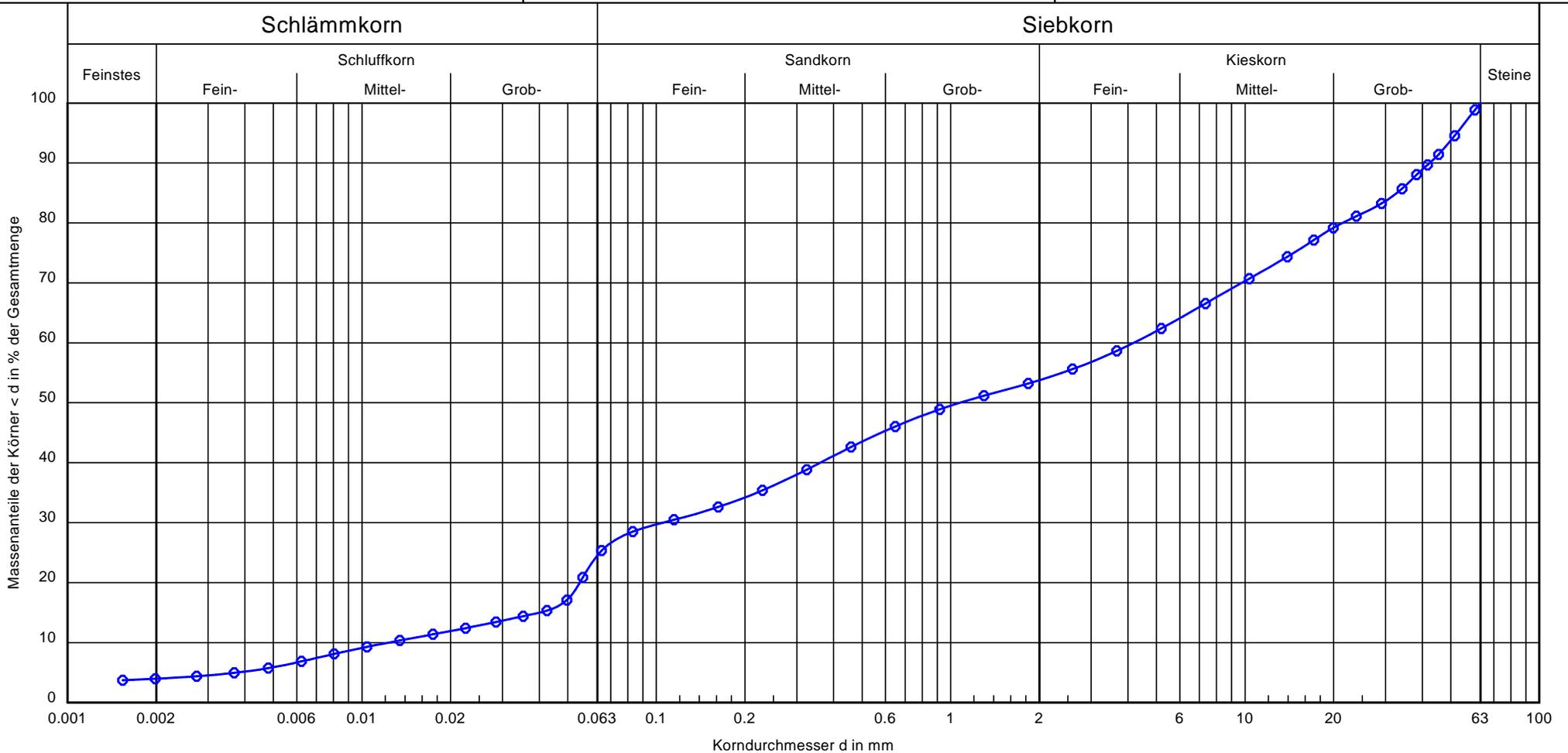
Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 05.10.2022

Art der Entnahme: gestörte Probe

Bearbeiter: Lf

Datum: 11.11.2022



Bezeichnung:	LP8	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	LP8		
Tiefe:			
Bodenart	G, u, fs', ms', gs'		
Bodengruppe	GU*		
d10/d60	0.012 / 4.187		
T/U/S/G [%]:	4.0/20.5/29.2/46.2		
k-Wert:	5.8 · 10 ⁻⁷ Kaubisch		

Körnungslinie

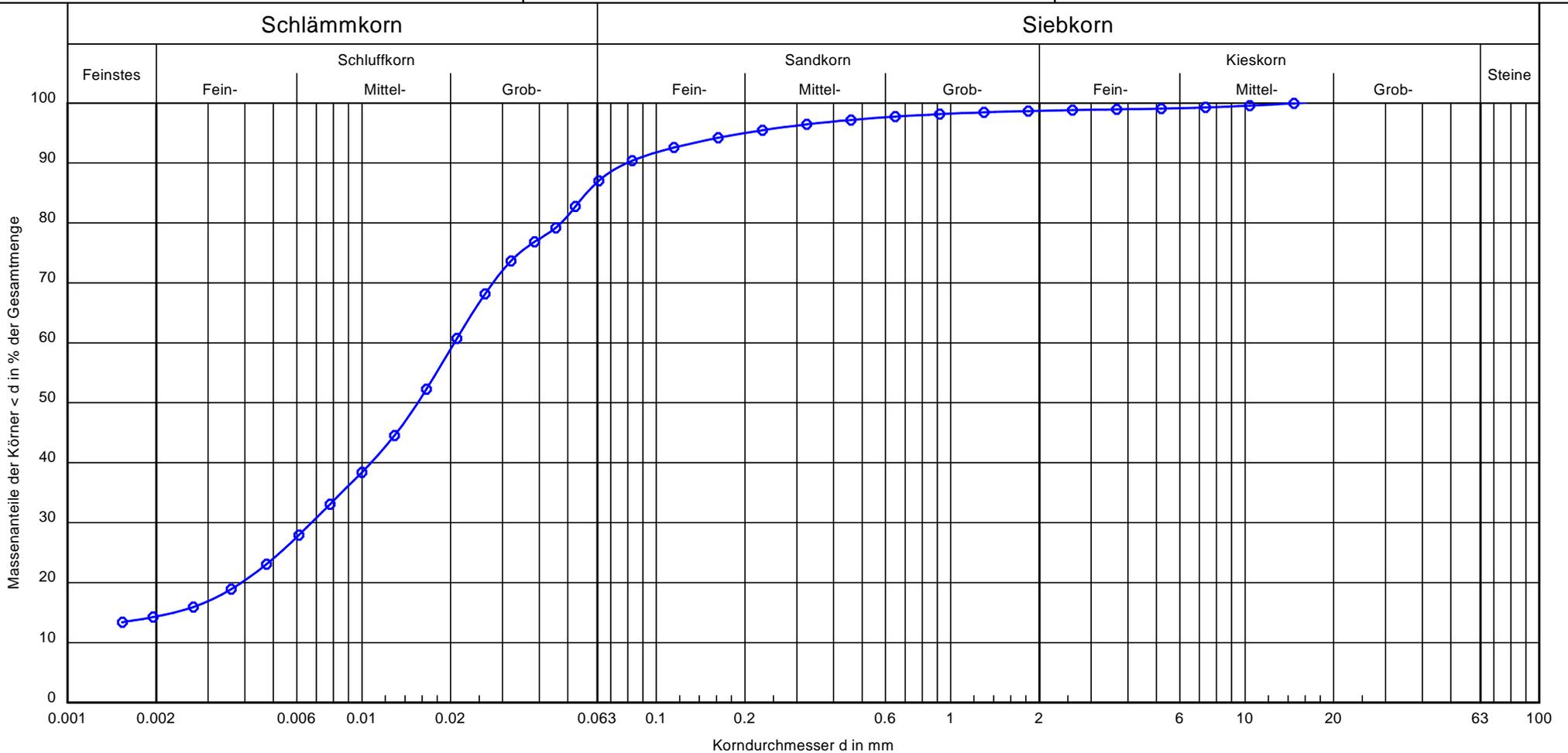
Holcim

Niederweimar_Lahn

Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 18.01.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe



Bezeichnung:	P1	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	P1		
Tiefe:	0,00 - 0,60 m		
Bodenart	U, t', fs'		
Bodengruppe	TM		
d10/d60	- / 0.021		
T/U/S/G [%]:	14.4/72.4/11.9/1.3		
k nach Seiler:	-		

Körnungslinie

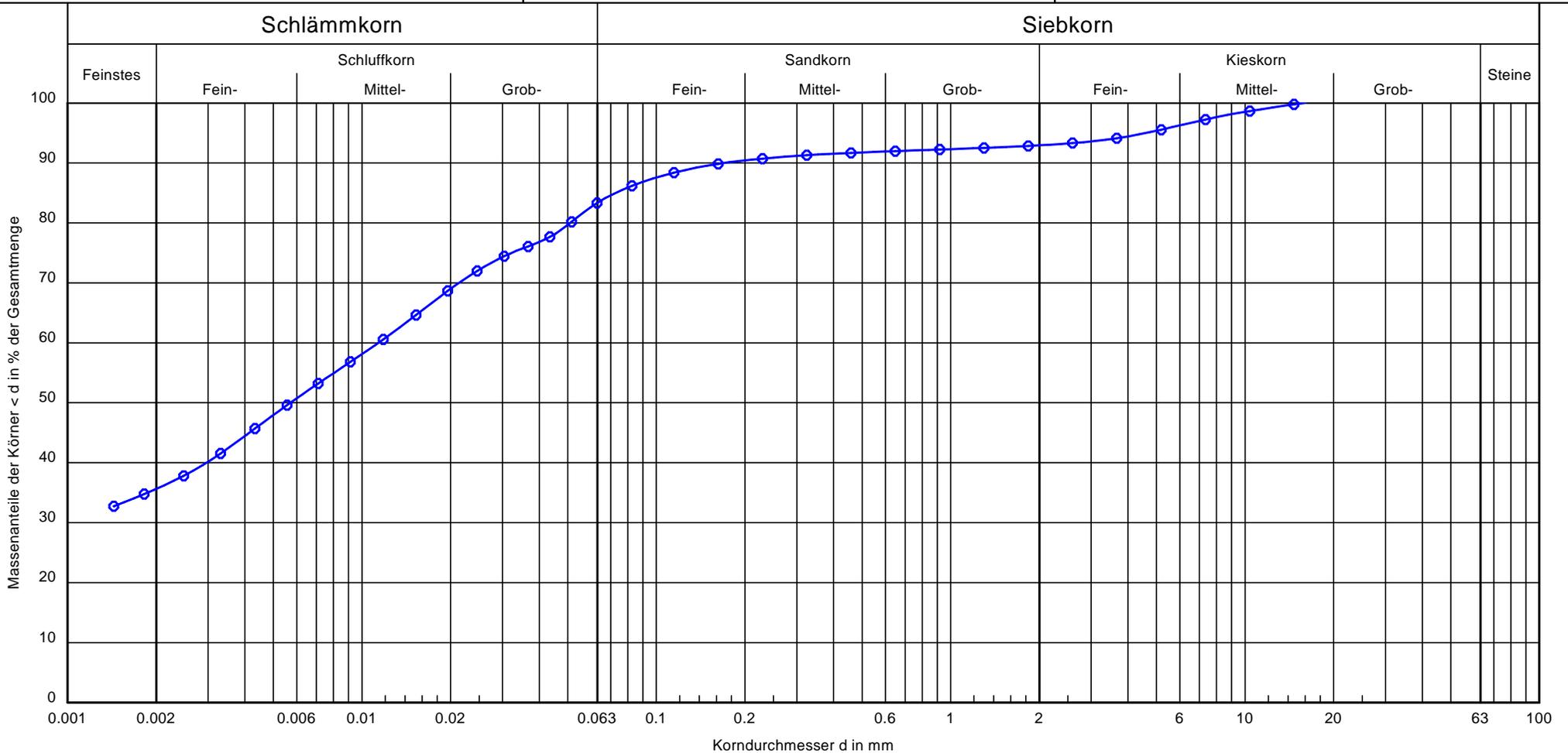
Holcim

Niederweimar_Lahn

Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 18.01.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe



Bezeichnung:	P2	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	P2		
Tiefe:	0,60 - 1,00 m		
Bodenart	U, t, g', fs'		
Bodengruppe	TA		
d10/d60	- / 0.011		
T/U/S/G [%]:	35.7/47.7/9.6/7.1		
k nach Seiler:	-		

Körnungslinie

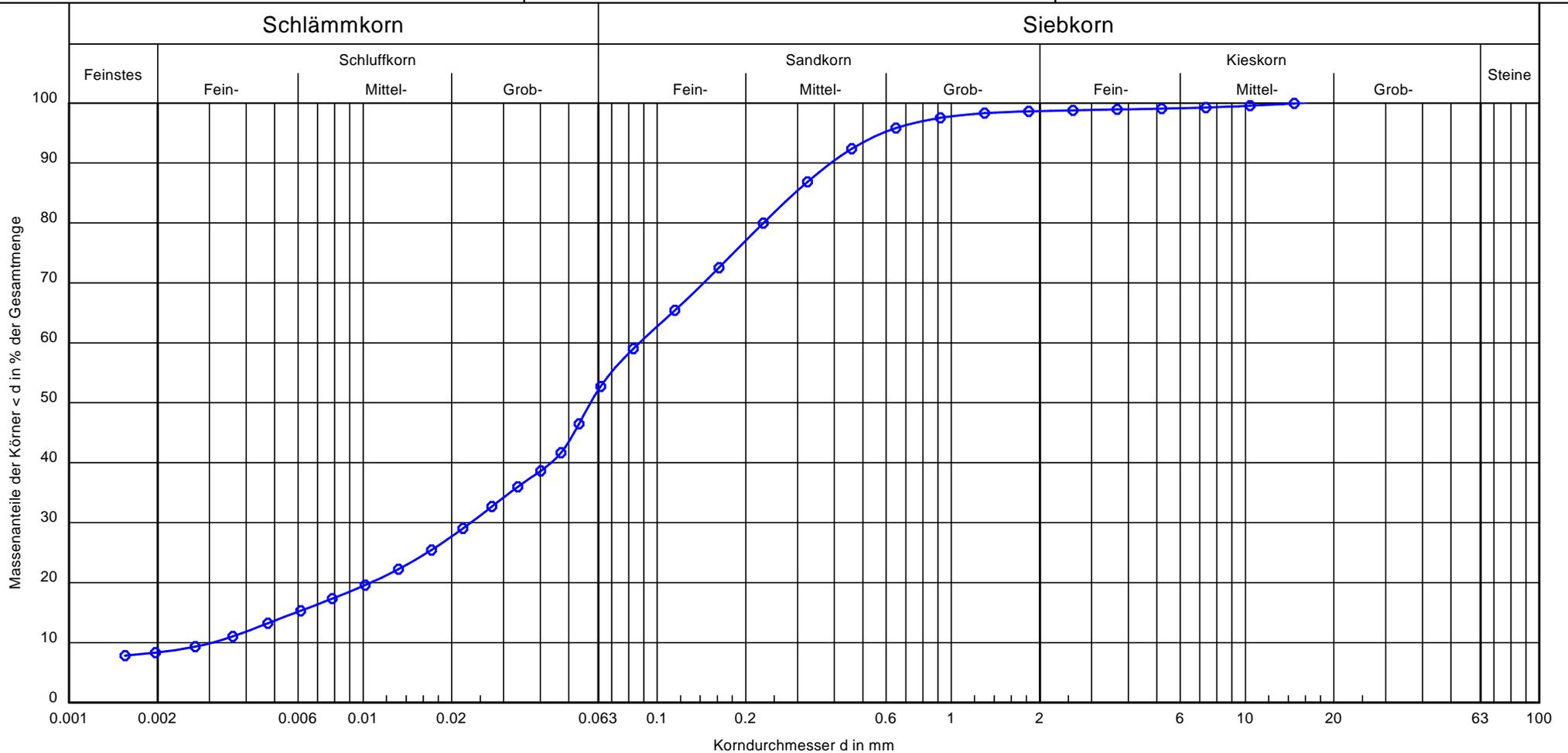
Holcim

Niederweimar_Lahn

Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Entnahmedatum 18.01.2023

Art der Entnahme: gestörte Probe



Bezeichnung:	P3	Bemerkungen:	Projektnummer 22-0089 Anlage:
Entnahmestelle:	P3		
Tiefe:	1,00 - m		
Bodenart	U, fs, ms, t'		
Bodengruppe	TL		
d10/d60	0.003 / 0.087		
T/U/S/G [%]:	8.4/43.7/46.5/1.4		
k-Wert	1.0 · 10 ⁻⁷ UBSR		

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Holcim

Niederweimar_Lahn

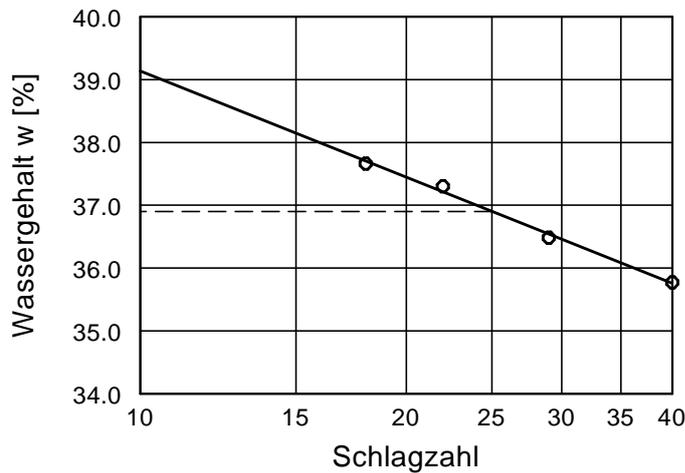
Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Probennummer: P1

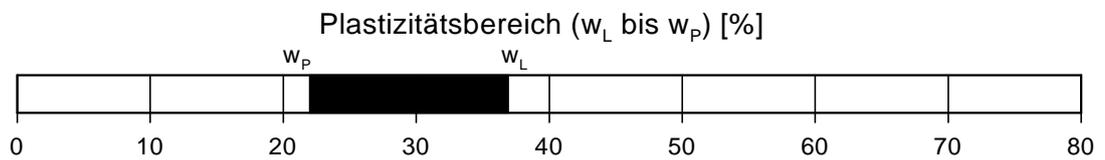
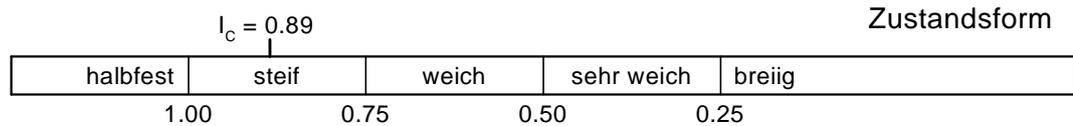
Probe entnommen am: 18.01.2023

Bearbeiter: La

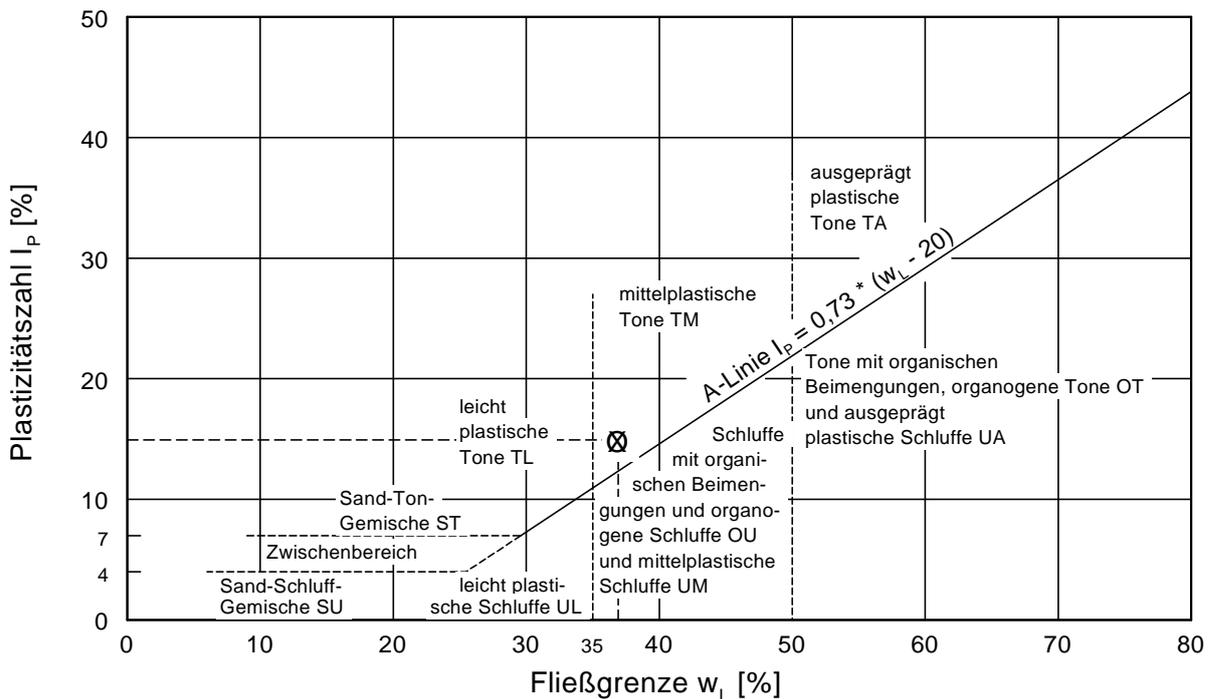
Datum: 25.01.2023



Wassergehalt $w = 23.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 36.9 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 22.0 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 14.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.89$
 Ungetrocknete Probe = 252.47 g
 Entfernte Partikel = 4.76 g
 Korr. Wassergehalt = 23.7 %



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Holcim

Niederweimar_Lahn

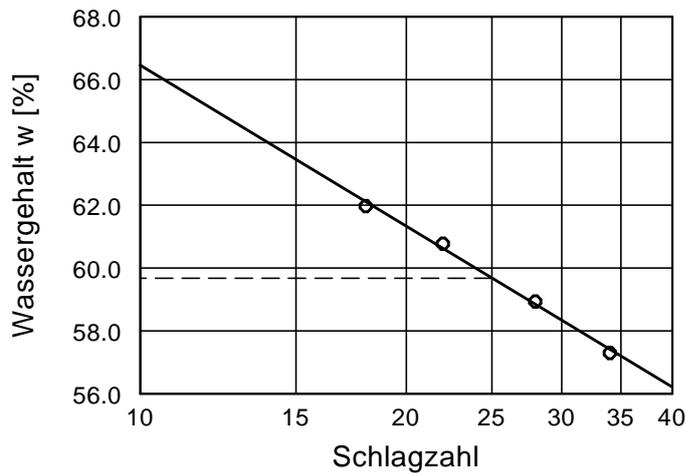
Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Probennummer: P2

Probe entnommen am: 18.01.2023

Bearbeiter: La

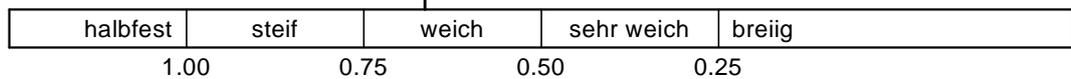
Datum: 25.01.2023



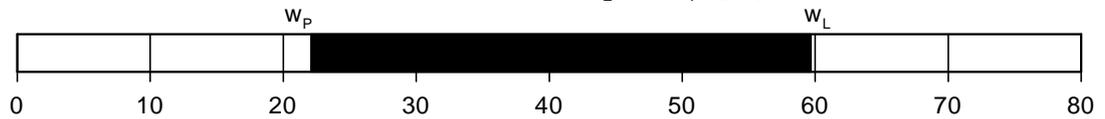
Wassergehalt $w = 30.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 59.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 22.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 37.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.66$
 Ungetrocknete Probe = 220.81 g
 Entfernte Partikel = 21.39 g
 Korr. Wassergehalt = 34.7 %

Zustandsform

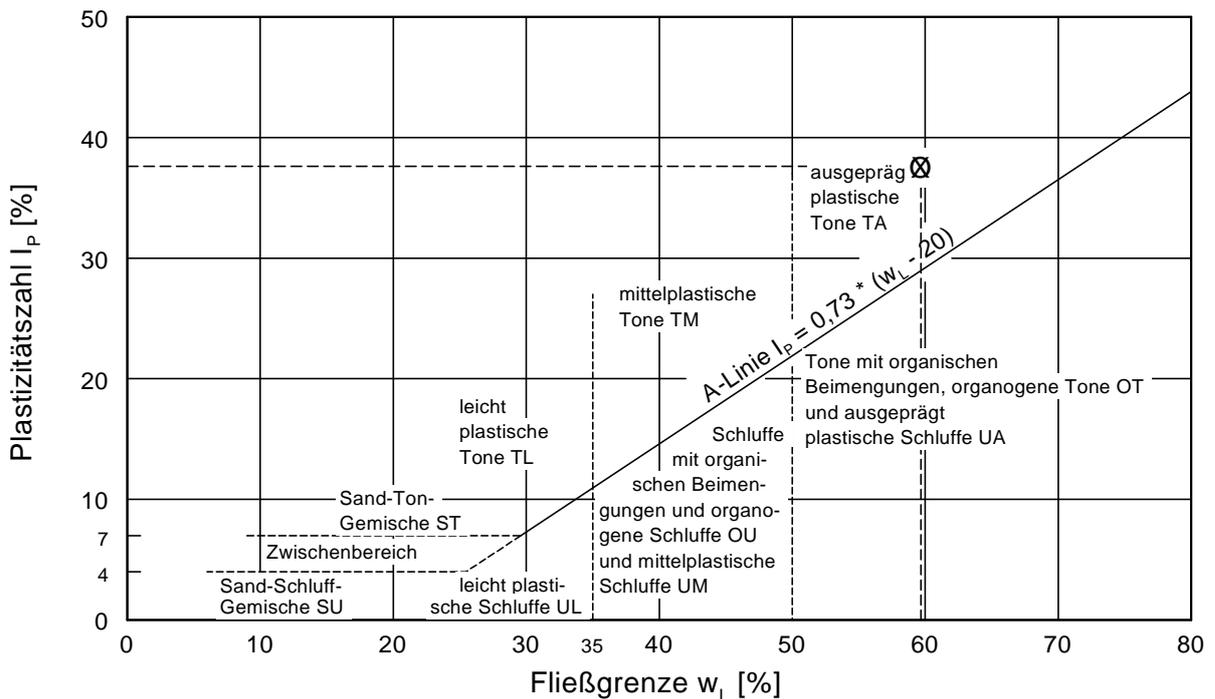
$I_c = 0.66$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Holcim

Niederweimar_Lahn

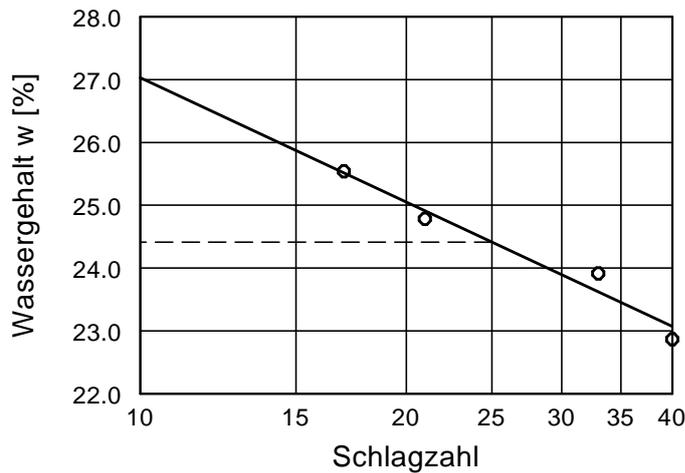
Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Probennummer: P3

Probe entnommen am: 18.01.2023

Bearbeiter: La

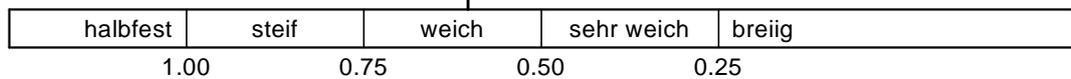
Datum: 08.02.2023



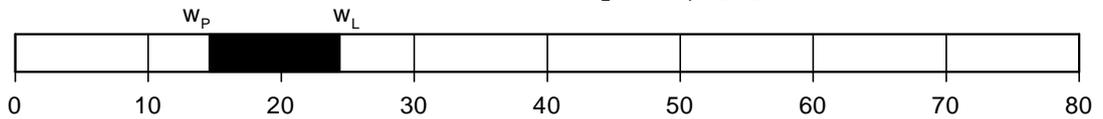
Wassergehalt $w = 16.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 24.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 14.6 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 9.8 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.60$
 Ungetrocknete Probe = 216.85 g
 Entfernte Partikel = 16.15 g
 Korr. Wassergehalt = 18.5 %

Zustandsform

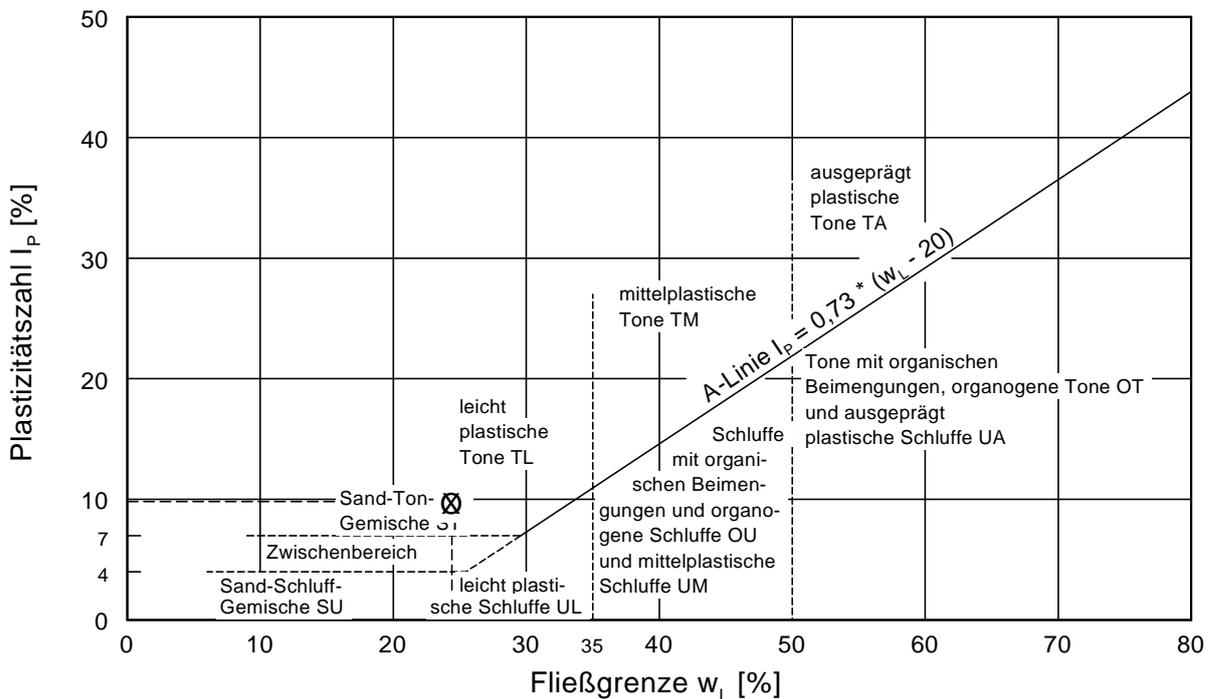
$I_c = 0.60$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Proctorkurve nach DIN 18 127

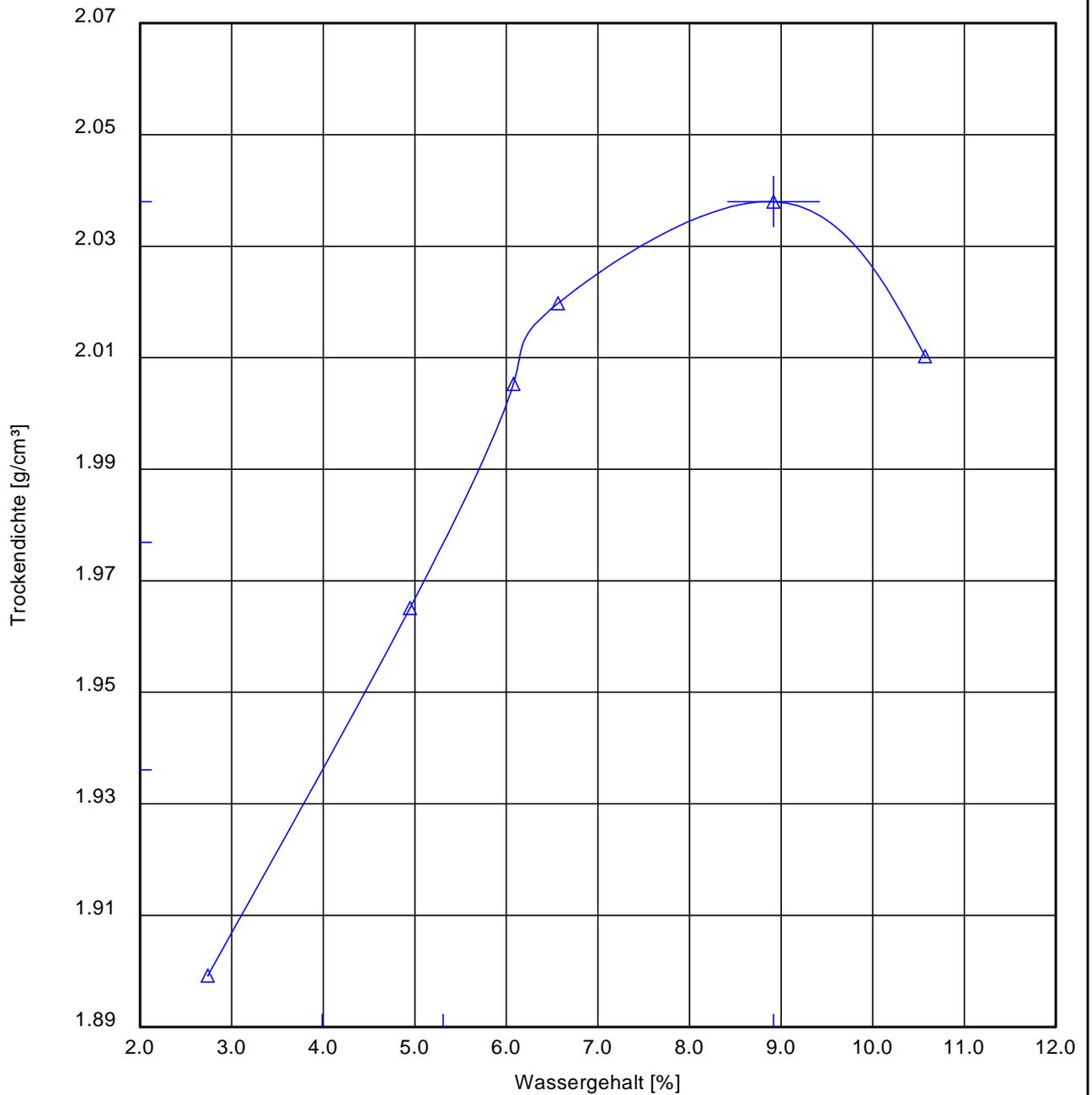
Holcim
 Niederweimar_Lahn
 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Probennummer: LP-1

Probe entnommen am: 05.10.2022

Bearbeiter: De/Lf

Datum: 25.10.2022



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 2.038 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 8.9 \%$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.977 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 5.3 / - \%$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.936 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 4.0 / - \%$

Proctorkurve nach DIN 18 127

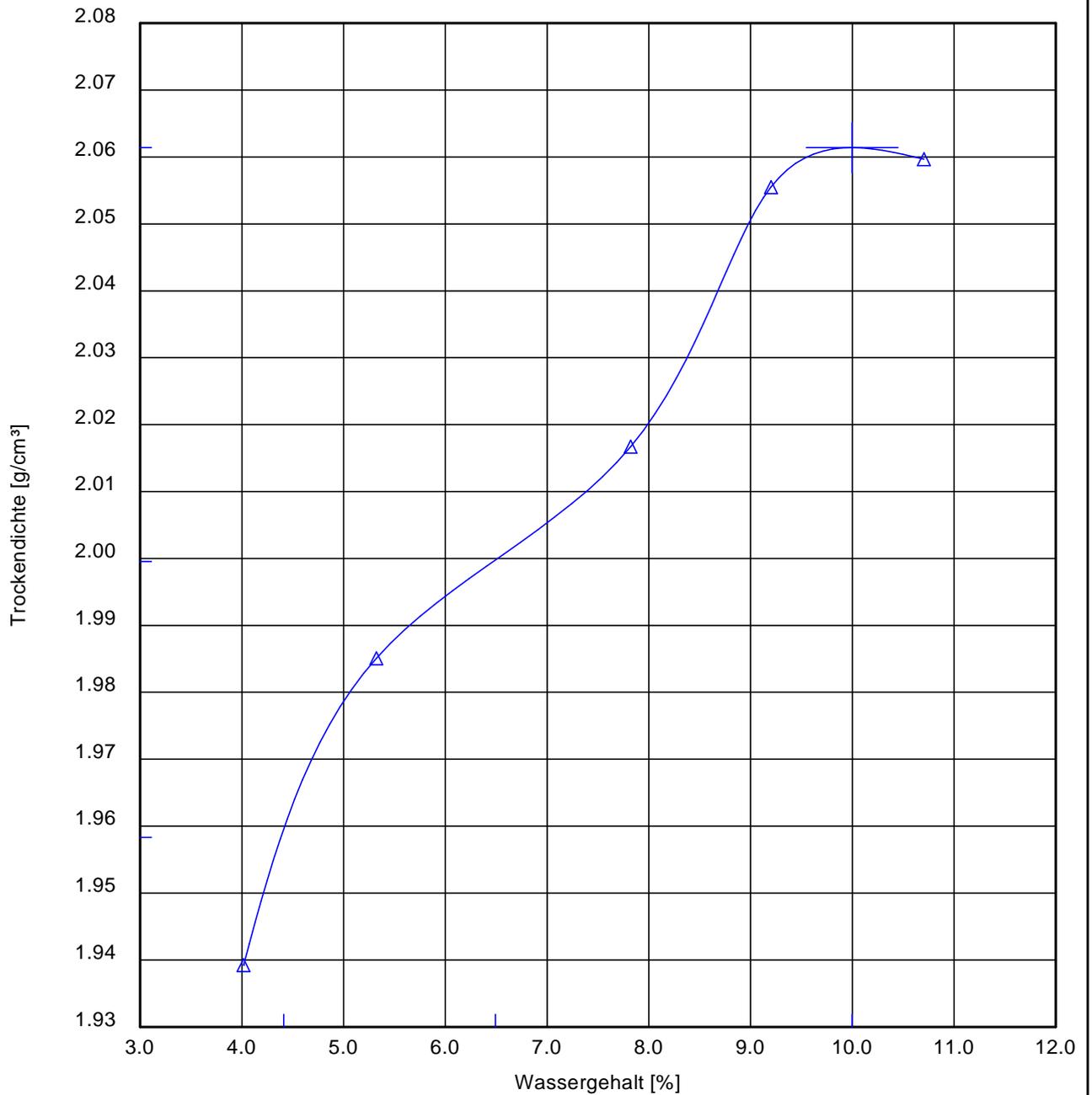
Holcim
 Niederweimar_Lahn
 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Probennummer: LP2

Probe entnommen am: 05.10.2022

Bearbeiter: De/Lf

Datum: 18.10.2022



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 2.061 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 10.0 \text{ %}$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 2.000 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 6.5 / - \text{ %}$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.958 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 4.4 / - \text{ %}$

Proctorkurve nach DIN 18 127

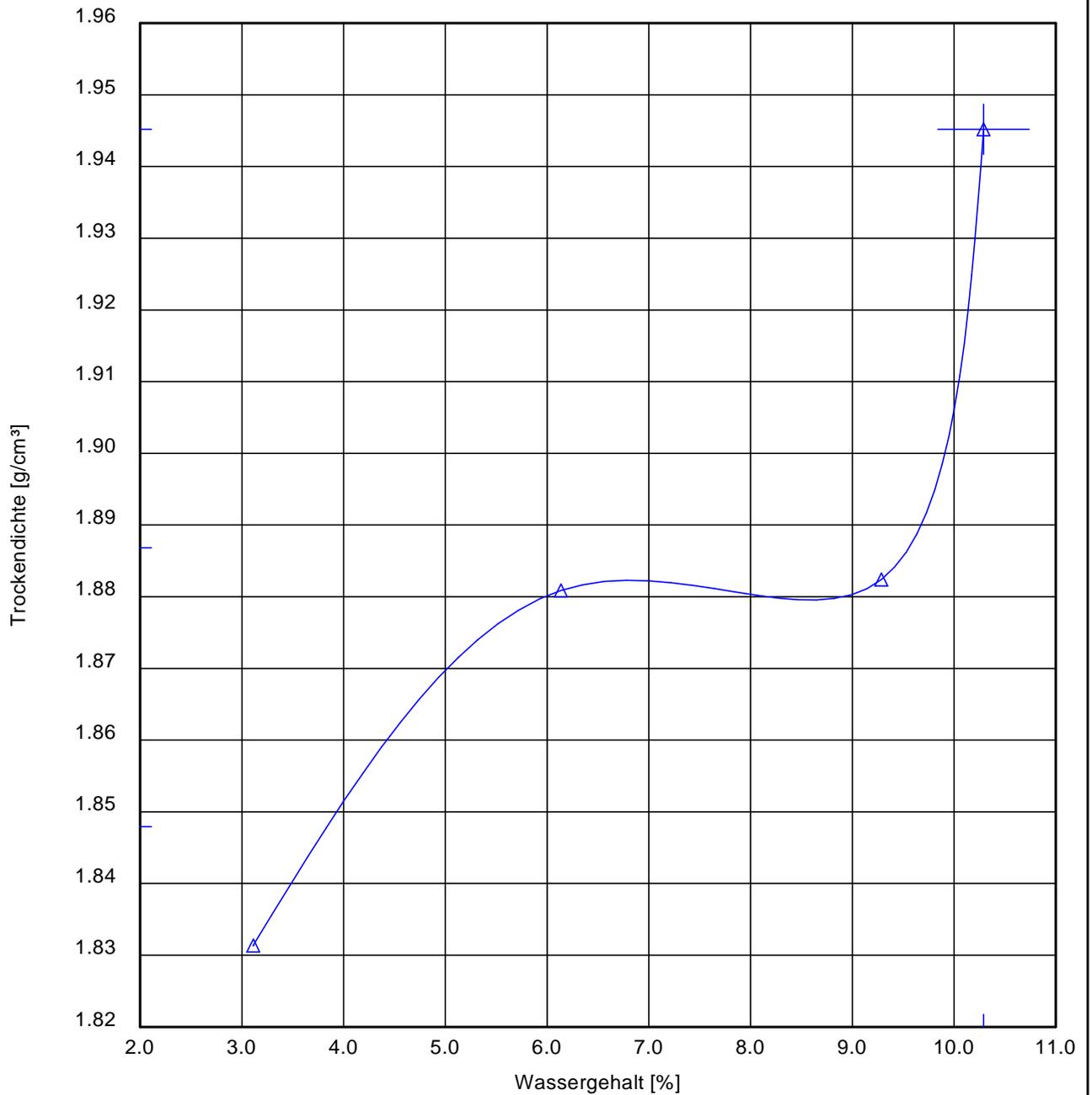
Holcim
 Niederweimar_Lahn
 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Probennummer: LP3,4

Probe entnommen am: 05.10.2022

Bearbeiter: Lf

Datum: 30.11.2022



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 1.945 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 10.3 \text{ %}$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.887 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = - / - \text{ %}$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.848 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = - / - \text{ %}$

Proctorkurve nach DIN 18 127

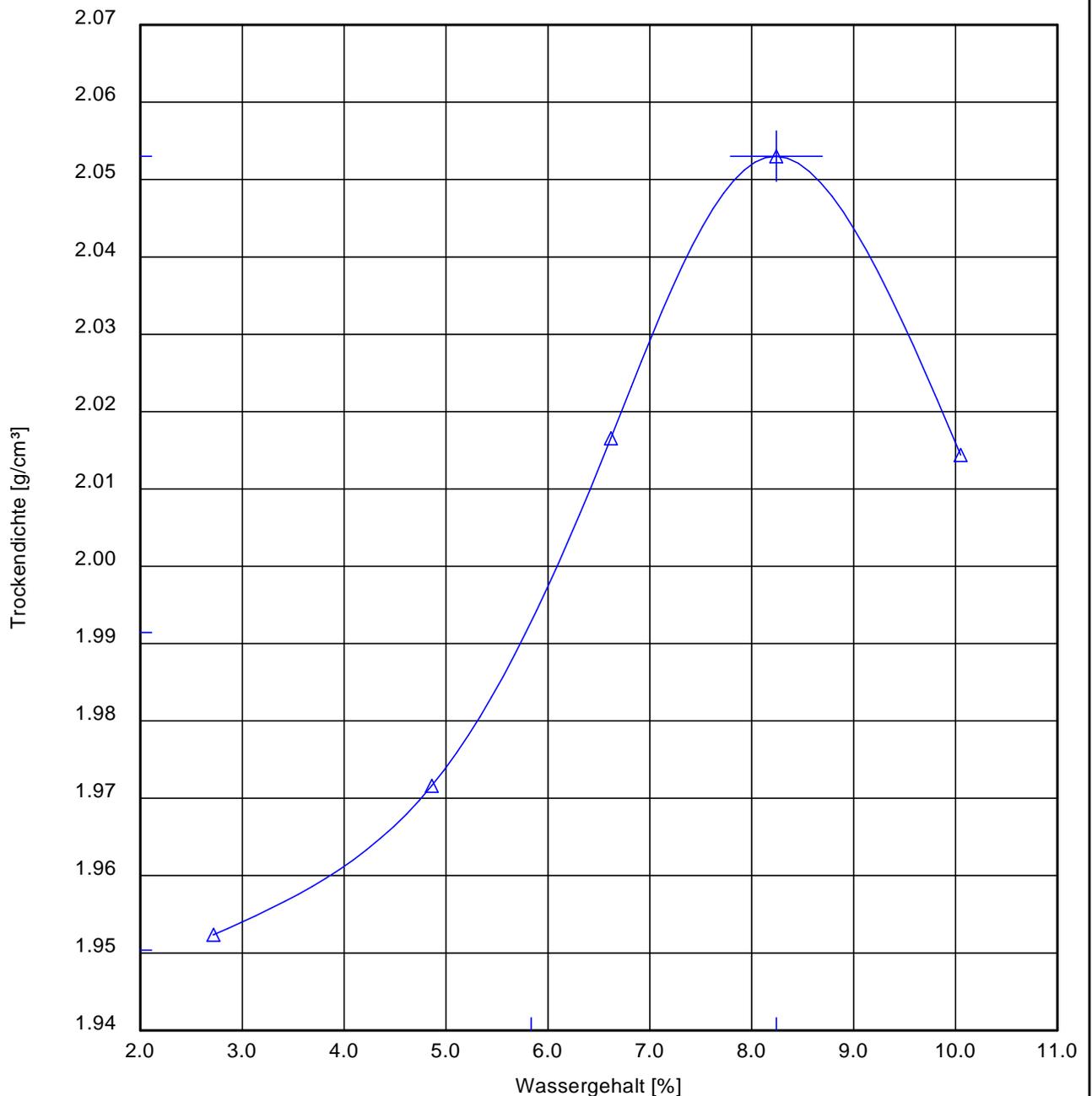
Holcim
 Niederweimar_Lahn
 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Probennummer: LP5,6

Probe entnommen am: 05.10.2022

Bearbeiter: Lf

Datum: 05.12.2022



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 2.053 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 8.2 \%$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.991 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 5.8 / - \%$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.950 \text{ g/cm}^3$

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

Proctorkurve nach DIN 18 127

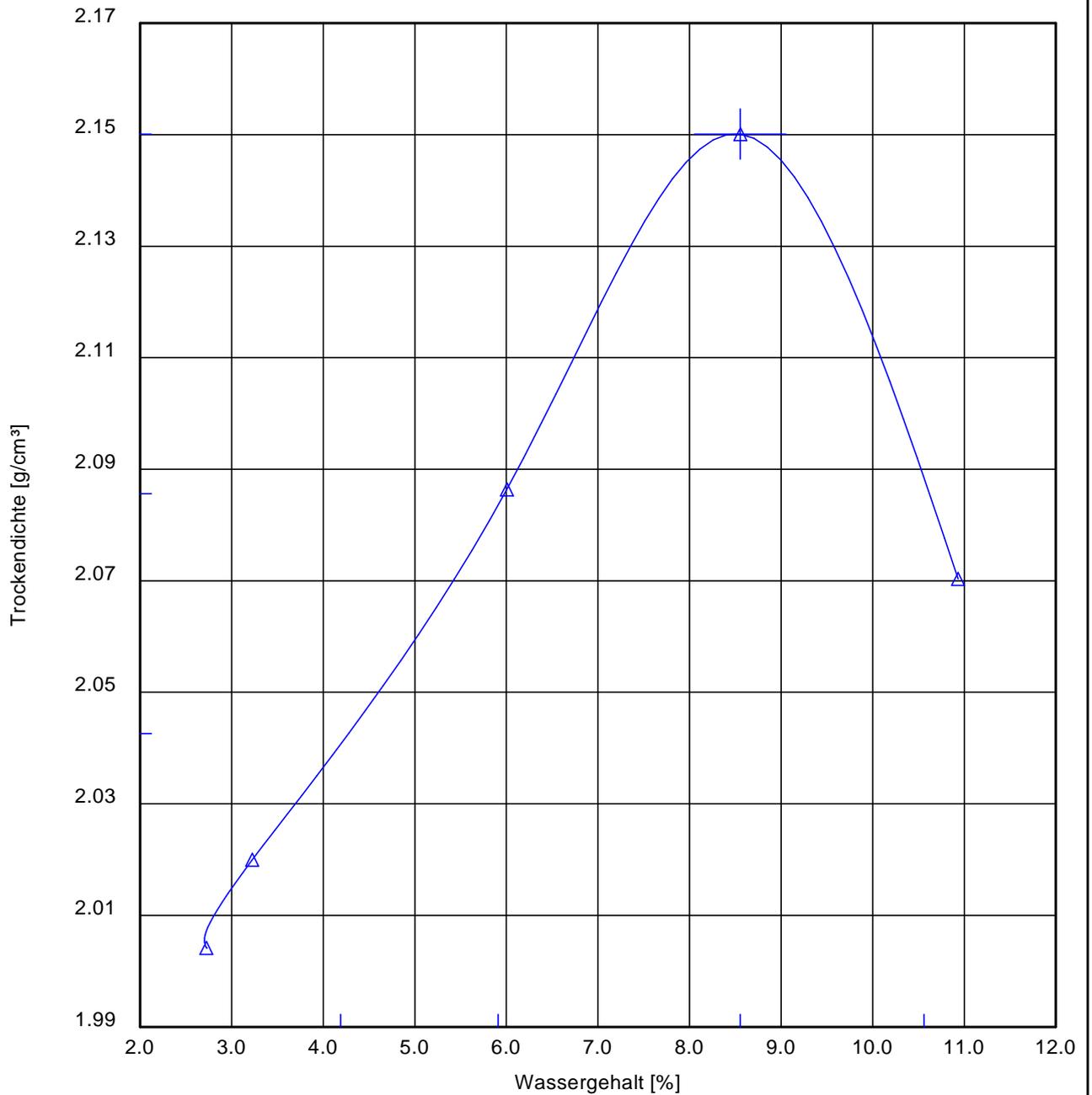
Holcim
 Niederweimar_Lahn
 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Probennummer: LP 7+8

Probe entnommen am: 05.10.2022

Bearbeiter: Lf

Datum: 06.12.2022



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 2.150 \text{ g/cm}^3$

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

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 2.086 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 5.9 / 10.6 \%$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 2.043 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 4.2 / - \%$

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Holcim

Niederweimar_Lahn

Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Projektnummer: 22-0089

Bearbeiter: Lf

Datum: 19.10.2022

Probenbezeichnung:	LP1	LP-1	LP2	LP3	LP4	LP5
Feuchte Probe + Behälter [g]:	11890.10	11589.10	9454.65	12057.40	11232.10	11188.85
Trockene Probe + Behälter [g]:	11331.35	11051.65	9055.85	11500.70	10770.60	10521.85
Behälter [g]:	1346.40	1349.45	1348.85	1351.20	1349.00	1351.30
Porenwasser [g]:	558.75	537.45	398.80	556.70	461.50	667.00
Trockene Probe [g]:	9984.95	9702.20	7707.00	10149.50	9421.60	9170.55
Wassergehalt [%]	5.60	5.54	5.17	5.48	4.90	7.27

Probenbezeichnung:	LP6	LP7	LP8			
Feuchte Probe + Behälter [g]:	12075.75	11918.60	9206.30			
Trockene Probe + Behälter [g]:	11589.70	11434.55	8741.70			
Behälter [g]:	1349.30	1351.15	1351.20			
Porenwasser [g]:	486.05	484.05	464.60			
Trockene Probe [g]:	10240.40	10083.40	7390.50			
Wassergehalt [%]	4.75	4.80	6.29			

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Holcim

Niederweimar_Lahn

Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Projektnummer: 22-0089

Bearbeiter: La

Datum: 24.01.2023

Probenbezeichnung:	P 1	P 2	P 3			
Feuchte Probe + Behälter [g]:	959.58	1027.13	853.95			
Trockene Probe + Behälter [g]:	828.91	852.35	771.64			
Behälter [g]:	264.19	276.06	283.65			
Porenwasser [g]:	130.67	174.78	82.31			
Trockene Probe [g]:	564.72	576.29	487.99			
Wassergehalt [%]	23.14	30.33	16.87			

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Schrumpfgrenze nach DIN 18 122-2

Holcim

Niederweimar_Lahn

Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Bearbeiter: La

Datum: 21.02.2023

Projektnummer: 22-0089

Entnahmestelle: oberer Auelehm

Tiefe: 0,00 - 0,60 m

Probe entnommen am: 18.01.2023

Probenbezeichnung	P1
Feuchte Probe + Ring + Glasplatte [g]	299.42
Trockene Probe + Ring + Glasplatte [g]	274.48
Ring + Glasplatte [g]	198.20
Wasser bei Versuchsbeginn [g]	24.94
Trockene Probe [g]	76.28
Korndichte [g/cm ³]	2.68
Volumen trockene Probe [cm ³]	43.78
Schrumpfgrenze [-]	0.201
Fließgrenze [-]	0,3690
Wassergehalt vor Versuch [-]	0,4059
Stahlringdurchmesser [mm]	70,00
Stahlringhöhe [mm]	14,47
Stahlringvolumen [cm ³]	55,80
Stahlringmasse [g]	48,69
höhe Trockene Probe [cm]	h1=1,37 h2=1,32 h3=1,32
höhe Trockene Probe Mittelwert [cm]	1,34

Schrumpfgrenze nach DIN 18 122-2

Holcim

Niederweimar_Lahn

Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Bearbeiter: La

Datum: 22.02.2023

Projektnummer: 22-0089

Entnahmestelle: unterer Auelehm

Tiefe: 0,60 - 1,00 m

Probe entnommen am: 18.01.2023

Probenbezeichnung	P2	P2(2)
Feuchte Probe + Ring + Glasplatte [g]	281.41	285.18
Trockene Probe + Ring + Glasplatte [g]	248.20	253.53
Ring + Glasplatte [g]	193.60	195.47
Wasser bei Versuchsbeginn [g]	33.21	31.65
Trockene Probe [g]	54.60	58.06
Korndichte [g/cm ³]	2.71	2.71
Volumen trockene Probe [cm ³]	27.43	29.16
Schrumpfgrenze [-]	0.133	0.133
Fließgrenze [-]	0,597	0,597
Wassergehalt vor Versuch [-]	0,6567	0,6567
Stahlringdurchmesser [mm]	70,0	70,0
Stahlringhöhe [mm]	14,4	14,5
Stahlringvolumen [cm ³]	55,42	55,80
Stahlringmasse [g]	48,62	48,65
höhe Trockene Probe [cm]	h1=1,10 h2=1,09 h3=1,08	h1=1,10 h2=1,09 h3=1,11
höhe Trockene Probe Mittelwert [cm]	1,09	1,10

Schrumpfgrenze nach DIN 18 122-2

Holcim
Niederweimar_Lahn
Ergebnisse der bodenmechanischen Laboversuche

Bearbeiter: La

Datum: 21.02.2023

Projektnummer: 22-0089

Entnahmestelle: Auelehm

Tiefe: 1,00 -

Probe entnommen am: 18.01.2023

Probenbezeichnung	P3
Feuchte Probe + Ring + Glasplatte [g]	303.58
Trockene Probe + Ring + Glasplatte [g]	286.89
Ring + Glasplatte [g]	195.91
Wasser bei Versuchsbeginn [g]	16.69
Trockene Probe [g]	90.98
Korndichte [g/cm ³]	2.66
Volumen trockene Probe [cm ³]	47.24
Schrumpfgrenze [-]	0.143
Fließgrenze [-]	0,244
Wassergehalt vor Versuch [-]	0,268
Stahlringdurchmesser [mm]	70,10
Stahlringhöhe [mm]	14,49
Stahlringvolumen [cm ³]	55,96
Stahlringmasse [g]	48,62
höhe Trockene Probe [cm]	h1=1,36 h2=1,37 h3=1,38
höhe Trockene Probe Mittelwert [cm]	1,37