

Dr.-Ing. Georg Ulrich Geotechnik GmbH
Zum Brunnentobel 6 88299 Leutkirch

Stadt Lindau (Bodensee)
Stadtbauamt
Frau Renate Binder
Bregenzer Straße 8
88133 Lindau (B)

per E-Mail: renate.binder@lindau.de

Baugrund
Geologie
Altlasten

Gründungsplanung
Grundbaustatik

Simulationsrechnungen
Baugrund-Dynamik

Pfahlintegritätskontrolle
Erschütterungsmessungen

Grundwassermodellierungen

Bodenmechanisches Labor

Bohrtechnik

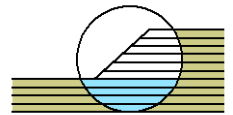
Bearbeiter	Telefon	AZ	Vorgang	Datum
Luis Ulrich M.Sc. Nicole Fries M.Sc.	07561 - 9863 - 23 - 17	2110077Geo	270339	20.12.2021

Blauwiese Lindau Reutin

Neubau Mittelschule

Geotechnischer Untersuchungsbericht

Inhalt	1	Vorgang
	2	Baugrundverhältnisse
	2.1	Geomorphologie und Schichtenfolge
	2.2	Bodenmechanische Schichtbeschreibung
	2.3	Bodenkennwerte, Bodenklassifizierung und Homogenbereiche
	3	Grundwassersituation
	4	Versickerung
	5	Geotechnische Standortbeurteilung
	5.1	Bauvorhaben und Baugrundbeurteilung
	5.2	Gründungsvorschlag
	5.3	Schutz des Gebäudes vor Durchfeuchtung
	5.4	Baugrubensicherung und Wasserhaltung
	5.5	Verkehrsflächen
	6	Schlussbemerkung



Anlagen	1.1	Übersichtslageplan
	1.2	Lageplan Baugrundaufschlüsse
	2.1	Baugrundprofil
	3.1-8	Bodenmechanische Laborversuche Wassergehalt, Kornverteilung, Konsistenz, Wichte
	4.1-9	Fotodokumentation Bohrkerne
	5.1-2	Grundbruch- und Setzungsberechnungen Laststreifen

Unterlagen

- [1] ConceptK, Hamburg/Regensburg: Standortentscheidung Blauwiese – Zonierung mit der Schule im Süden/Norden, undatiert
- [2] Topographische und Geologische Karte 1:25.000, Blatt 8424 Lindau (Bodensee)
- [3] Bohrkerne und Bodenproben der Dr.-Ing. Georg Ulrich Geotechnik GmbH, Leutkirch

1 Vorgang

Die Stadt Lindau beabsichtigt den Neubau einer Mittelschule auf dem gegenwärtig als Parkplatz genutzten Grundstück an der Reutiner Straße, Flurstück 559/8 der Gemarkung Reutin.

Mit Schreiben vom 30.09.21 wurde die Dr. Ulrich Geotechnik GmbH von der Stadtverwaltung Lindau mit der Baugrunderkundung und geotechnischen Beratung gemäß Angebot vom 28.09.21 beauftragt.

Im Zeitraum zwischen dem 28.10.21 und 08.11.21 wurden die im Lageplan in der Anlage 1.2 gekennzeichneten und unten zusammengefassten Aufschlüsse ausgeführt und nach UTM-Koordinaten eingemessen.

: BK1-4	Erkundungsbohrungen Sonic-Bohrverfahren mit Stützverrohrung	Tiefen	19,5 – 24,0 m
: CPT1	Drucksondierung mit 2,0 m Vorbohrung	Tiefe	18,5 m
: DPH2	schwere Rammsondierungen	Tiefe	21,5 m

Aufgrund der geologischen Situation mussten die Bohrungen deutlich tiefer als ursprünglich veranschlagt ausgeführt werden. Des Weiteren wurde anstatt der ursprünglich vorgesehenen



Rammsondierung DPH1 die Drucksondierung CPT1 ausgeführt, um In-situ Kennwerte zur Ableitung der Bodensteifigkeiten und zur Bemessung einer Pfahlgründung zu erheben.

Im Zuge der Bohrarbeiten der BK3 wurde die Stützverrohrung mit 150 mm Durchmesser beschädigt. Sie konnte nicht vollständig geborgen werden und musste in einer Tiefe von 15 – 21 m im Untergrund verbleiben. Die Verfüllung erfolgte unverändert fachgerecht.

2 Baugrundverhältnisse

2.1 Geomorphologie und Schichtenfolge

Das gegenwärtig als Parkplatz genutzte Grundstück befindet sich im Lindauer Stadtteil Reutin. Im Norden wird es begrenzt durch die Reutiner Straße und im Westen durch einen baumbestandenen Grünstreifen entlang der Oberreitnauer Ach. Entlang der Südgrenze verläuft ein Geh- und Radweg, die Fläche östlich des Grundstücks wird landwirtschaftlich genutzt.

Das Grundstück ist weitgehend eben und liegt geomorphologisch betrachtet in der Reutiner Bodenseeebene. Am Standort baut sich diese aus rd. 20 m mächtigen Seeablagerungen, welche vom Geschiebemergel der würmeiszeitliche Grundmoräne unterlagert werden, auf. Den tieferen, mit den Bohrungen nicht erschlossenen Untergrund, bilden Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse.

Die Bohrungen erschlossen entsprechend folgendes geologisches Grundsatzprofil:

: Auffüllungen	rezent
: Seeablagerungen	spätwürm
Beckensand und Beckenschluff	
: Geschiebemergel	würmglazial

2.2 Bodenmechanische Schichtbeschreibung

Auffüllungen

Bei den Auffüllungen handelt es sich neben Pflaster und dem zugehörigen Splitt um mitteldicht bis dicht gelagerte Sande und Kiese der Bodengruppen SU, SU*, GU und GU* (nach DIN 18196) die der Befestigung des Parkplatzes dienen. Anthropogene Beimengungen in Form von Ziegelresten wurden lediglich in der Bohrung BK4 vorgefunden. Darüber hinaus sind die vorgefundenen Auffüllungen organoleptisch unauffällig.



Seeablagerungen

Die grauen Seeablagerungen bzw. Beckenablagerungen sind erst gegen Ende der letzten Vereisung (Würm) entstanden und haben daher keine glaziale Vorbelastung erfahren. Charakteristisch für die Seeablagerungen sind die Schalen- und Holzreste sowie die feingliedrige Wechselfolge unterschiedlicher Korngröße, die auch als Bänderung bezeichnet wird.

Bezogen auf die granulometrischen Eigenschaften sind sie in den oberen Metern mehrheitlich sandig ausgeprägt, gefolgt von einer sandig-schluffigen Übergangszone bis hin zu einer überwiegend schluffigen Ausprägung im Unteren. In den oberen sandigen Bereichen sind allerdings schluffige Einschiebungen mit mehreren Metern Schichtstärke (BK3 und BK4) vorhanden, so dass die geschilderte Abfolge als grobe Gliederung zu sehen ist.

Neben der granulometrischen Abgrenzung ist auch eine deutliche Änderung der Zustandsform bzw. der plastischen Eigenschaften erkennbar. Es wird daher nachfolgend zwischen dem Beckensand und den Beckenschluff unterschieden.

Beckensand

Gemäß den Körnungslinien sind es Fein- bis Mittelsande, wobei der Feinkornanteil (Tone und Schluffe) zwischen rd. 7% und 24% und in den Übergangszonen zum Beckenschluff bei 30 bis 41% liegt. Die Wassergehalte wurden in einer Spanne von 22% bis 30% festgestellt.

Die anhand des Bohrwiderstands abgeschätzte Lagerungsdichte ist locker. Die Rammsondierung DPH2 weist sogar eine lockere bis mitteldichte Lagerung aus, wobei anzumerken ist, dass der Einbruch der Schlagzahlen zwischen 2,5 m und 6,0 m unter Gelände dem Anschein nach auf eine Beckenschluff-Lage in breiiger Konsistenz zurückzuführen ist. Diese Schluff-Lage wurde auch in der BK2 von 3,3 m bis 3,8 m unter Gelände festgestellt und setzt sich in der BK3 zwischen 3,5 m und 5,9 m unter Gelände fort. Zur Tiefe hin verliert die Rammsondierung aufgrund der Aufsummierung der Mantelreibung am Sondiergestänge an Aussagekraft und hat nur noch einen orientierenden Charakter zur Abschätzung der Schichtgrenzen.

Die Drucksondierung CPT1 beschreibt nach dem Bodenidentifikations-Diagramm nach der alten DIN 4094 einen tonigen Boden anstatt eines Sandes. Als Eingangsparameter für das empirisch entwickelte Diagramm dienen der r_f -Wert, dem Verhältniswert von Mantelreibung zu Spitzendruck, und der Spitzendruck. Es handelt sich demgemäß um eine indirekte Bodenidentifikation, die im vorliegenden Fall für den Beckensand nicht zutrifft. D.h. die geologische Ansprache der Bohrprofile und die Kornverteilungen sind als korrekte Beschreibung der granulometrischen Eigenschaften zu werten und werden für die Nachfolgende Auswertung herangezogen.



Aus dem gemessenen Spitzendruck kann der Steifemodul für den Beckensand nach der alten DIN 4094 mit der Formel

$$E_s = \alpha \times q_c$$

Mit $\alpha = 2,0$ für schluffigen Sand
 $q_c \triangleq$ Spitzendruck

abgeschätzt werden. Für eine Abschätzung des Reibungswinkels kann nach DIN 4094 die Formel

$$\varphi' = 13,5 \lg q_c + 23$$

herangezogen werden. Sie gilt für einen enggestuften Sand mit einer Ungleichförmigkeitszahl $U \leq 3$ und für einen Spitzendruck zwischen 5 und 28 MPa. Im vorliegenden Fall wird sie aufgrund der Gültigkeit nur im oberen Bereich der Beckensande mit geringem Feinkornanteil angewendet.

Zur Abschätzung des Reibungswinkels der Bereiche mit höherem Feinkornanteil wird die Sieblinienauswertung in der Anlage 3.2 herangezogen. Der Reibungswinkel liegt hier unter Beachtung der lockeren Lagerung bei rd. $27,5^\circ$ und entspricht den Erfahrungswerten für einen schluffigen Sand.

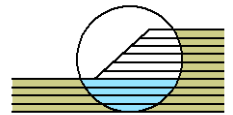
Den Bereichen mit höherem Feinkornanteil können plastische Eigenschaften, wie sie bei bindigen Böden vorkommen, unterstellt werden. Diese Böden besitzen eine undrained Scherfestigkeit die sich anhand des Spitzendrucks mit

$$c_u = (q_c - \sigma_{vo}) / N_k$$

Mit $q_c \triangleq$ Spitzendruck
 $\sigma_{vo} \triangleq$ totale Überlagerungsspannung
 $N_k \triangleq$ Konusfaktor

abschätzen lässt. Die undrained Scherfestigkeit ist tiefenbezogen im Baugrundprofil in der Anlage 2.1 dargestellt. Für die Überlagerungsspannung wurde eine mittlere Wichte von $18,4 \text{ kN/m}^3$, gemäß der Wichtebestimmung in der Anlage 3.8, zu Grunde gelegt. Für den Konusfaktor wurde der Wert 12,5 angenommen, da die schluffigen Beckensande eine eher leichte bis mittlere Plastizität aufweisen.

Die Drucksondierung weist im Beckensand abschnittsweise unterschiedliche Spitzendrücke aus, die wie folgt gegliedert und bzgl. der oben erläuterten undrained Scherfestigkeiten und Steifigkeiten interpretiert werden:



Bezeichnung	Tiefe [m u. GOK]	q_c [MN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ϕ' [°]	c_u [kN/m ²]
BS Oben	2,5-4,5	6	12	33,5	-
BS Mitte	4,5-6,0	1,5	3	27,5	60-140
BS Unten	6,0-8,5	2,3	4,6	27,5	160-300

Im Allgemeinen gilt, dass ein nichtbindiger Boden wie der obere Bereich der Beckensande keine dränierte Kohäsion besitzt. Gleiches gilt für normalkonsolidierte Böden, den Beckensanden wird daher keine Kohäsion zugeschrieben.

Beckenschluff

Gemäß den ermittelten Kornverteilungskurven nimmt das Feinkorn über 80% ein, davon sind rd. 24% bis 38% Ton. Die Wassergehalte variieren zwischen 24% und 47%, dementsprechend ist der Beckenschluff in Teilbereichen zur Fülle wassergesättigt.

Gemäß der qualitativen Bodenansprache (Knetversuch) liegt ein mittelplastischer Schluff mit breiiger bis weicher Konsistenz vor. Die im Labor ermittelten Zustandsgrenzen beschreiben einen leicht plastischen Ton in sogar flüssiger Konsistenz. D.h. dem Beckenschluff ist ein thixotropes Verhalten zuzuschreiben. Dieses Verhalten wurde teilweise beim Einlegen der Bohrkerne in die Kernkisten beobachtet. Durch den Bohr- und Entnahmevergung kollabierte das Korngerüst, sodass eine Bodenverflüssigung eintrat. Im ungestörten Zustand liegt jedoch noch keine Bodenverflüssigung vor.

Die Drucksondierung liefert auch für den Beckenschluff wichtige in-situ-Werte und zeigt eine deutliche Abgrenzung im Spitzendruck zum Beckensand und unterlagernden Geschiebemergel. Die Ansprache über das Bodenidentifikations-Diagramm ist hier, bis auf die weiß eingefärbten Bereiche, im Vergleich mit den im Labor ermittelten Bodenarten zutreffend. Demnach ist es überwiegend ein toniger Schluff und Ton.

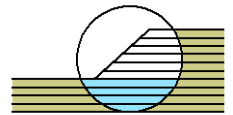
Zur Abschätzung des Steifemoduls wird analog zum Beckensand nach der DIN 4094 die Formel

$$E_s = \alpha \times q_c$$

$$\begin{aligned} \text{Mit } \alpha &= 5,5 \quad \text{Mittelwert für leicht plastischen Ton mit } q_c < 0,7 \text{ MPa} \\ q_c &\triangleq \text{Spitzendruck} \end{aligned}$$

herangezogen.

Der Reibungswinkel liegt gemäß der Sieblinienauswertung zwischen rd. 19° und 22°, je nach Bewertung der Abstufung.



Die undrÄnierte Scherfestigkeit wird entsprechend dem Beckensand ausgewertet und ist tiefenabhängig in der Anlage 2.1 dargestellt. Nachfolgend werden die aus der Drucksondierung und den Laborversuchen abgeleiteten Bodenkennwerte aufgeführt:

Bezeichnung	Tiefe [m u. GOK]	q_c [MN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ϕ' [°]	c_u [kN/m ²]
Beckenschluff	8,5–18,3	0,6	3,3	19-22	20-40

Dem normalkonsolidierten Beckenschluff wird keine Kohäsion zugeschrieben.

Geschiebemergel

Den Abschluss der erbohrten Schichtenfolge bildet der kompakte, blaugrau bis beigegelb gefärbte Geschiebemergel. Er wurde in den Bohrungen ab 19,1 / 19,4 / 21,0 / 21,6 m unter Gelände angetroffen. Die Basis des Geschiebemergels wurde mit den Aufschlüssen nicht erreicht. Es zeichnet sich grob das Bild, dass die Oberkante des Geschiebemergels leicht von Norden nach Suden einfllt, und somit ein leichtes Gefälle in Richtung Bodensee aufweist.

Es handelt sich hierbei um eine feinkörnige, bindige Matrix mit sandigen Anteilen in welche Kiese und Steine regellos eingestreut sind. Die ermittelte Kornverteilung weist 22% Ton, 36% Schluff, 24% Sand und 18% Kies aus.

Die Zustandsgrenzen nach Atterberg beschreiben einen leicht plastischen Schluff wobei die Konsistenzzahl mit $I_c = 1,45$ eine halbfeste Konsistenz bedeutet. Die Bohrkernansprache im frisch entnommenen Zustand unter Einbezug eines Taschenpenetrometers bestätigt die halbfeste Konsistenz, die zur Tiefe hin sogar in eine feste übergeht.

Die Drucksondierung erreicht am Top des Geschiebemergels maximale Spitzendrücke von rd. 15-22 MN/m² und verzeichnet keinen weiteren Sondierfortschritt. Die abgeleitete undränierte Scherfestigkeit erreicht hier einen maximal Wert von rd. 1.300 kN/m² und bestätigt somit eine feste Konsistenz.

Nach der alten DIN 18300 ist der Geschiebemergel in die Bodenklasse 4 und in die leichte Felsklasse 6 zu stellen.

Durch die glaziale Vorbelastung sind eine Kohäsion sowie sehr hohe Steifigkeit vorhanden.

Die oben aufgefhrtten Schichtinterpretationen finden sich im Baugrundprofil in der Anlage 2.1 wieder. Die abgeleiteten Bodenkennwerte werden nachfolgend zusammengefasst.



2.3 Bodenklassifizierung, Homogenbereiche und Bodenkennwerte

Bodenkennwerte (charakteristische Werte) für geotechnische Berechnungen

	Wichte γ / γ' (kN/m ³)	Reibungs- winkel (dräniert) φ' (°)	Kohäsion (dräniert) c' (kN/m ²)	undrännierte Scherfestig- keit c_u (kN/m ²)	Durchlässigkeit k_f (m/s)	Steifemodul E_s (MN/m ²)	
						Erstbe- lastung	Wieder- belas- tung
Auffüllungen	20/10 – 22/12	32,5 – 37,5	0	--	--	--	--
Beckensand allgm. (*)	17/7 – 19/9	27,5	0	--	1×10^{-4} – 1×10^{-8}	6,5	
Unterteil. für CPT1							
Oben	17/7 – 19/9	33,5	0	--	1×10^{-4} – 1×10^{-5}	12	
Mitte	17/7 – 19/9	27,5	0	60 – 140	1×10^{-6} – 1×10^{-7}	3	
Unten	17/7 – 19/9	27,5	0	160 – 300	1×10^{-7} – 1×10^{-8}	4,6	
Beckenschluff	18/8 – 20/10	19,0 – 22,0	0	20 – 40	1×10^{-7} – 1×10^{-9}	3,3	--
Geschiebemergel	21/11 – 23/13	27,5 – 32,5	15 – 20	>400	1×10^{-8} – 1×10^{-10}	--	60 – 90

(*) Bodenkennwerte für Beckensand allgemein bzw. ohne genauere Unterteilung

Standortdaten

Erdbeben nach DIN EN 1998-1	Erdbebenzone 2, Untergrundklasse S, Baugrundklasse C
max. Frosteindringtiefe	1,2 m (Frosteinwirkungszone I)

Bodenkennwerte für Homogenbereiche

Kennwert/Eigenschaft		Dimension			
ortsübliche Bezeichnung			Auffüllungen	Seeablagerungen (Beckensand, -schluff)	Geschiebemergel
Korngrößenverteilung			--	0190, 0280, 2610, 3511, 0370, 0460	2422
Massen-anteil	Steine	%	0 – 15	<1	5 – 15
	Blöcke	%	<1	0	0 – 5
	große Blöcke	%	0	0	<5
Dichte		g/cm ³	2,0 – 2,2	1,7 – 2,0	2,1 – 2,3
Kohäsion		kN/m ²	--	0 – 2	15 – 20
undrännierte Scherfestigkeit		kN/m ²	--	20 – 300	>400
Wassergehalt		%	--	20 – 50	10 – 15
Konsistenzzahl I_c		-	--	<0 – 0,6 flüssig bis weich	1,00 – 1,50 halbfest bis fest
Plastizitätszahl I_p		%	--	3 – 15	12 – 18
Lagerungsdichte D		-	0,45 – 0,75 mitteldicht – dicht	0,15 – 0,40 locker – mitteldicht	--
Organischer Anteil		%	--	<5	0
Abrasivität			hoch	gering	sehr hoch
Bodengruppe			GU, GU*, SU, SU*	SW, SU, SU*, UM, TL	UL, TL
Bodenklasse			3, 4	2, 3, 4	4, 6
Frostempfindlichkeit ZTVE			F2, F3	F1-F3	F3
Verdichtbarkeit ZTVA			V1-V2	V1-3	V3



Einteilung der Homogenbereiche nach VOB/C

	DIN 18300 Erdarbeiten	DIN 18301 Bohrarbeiten	DIN 18304 Rammarbeiten
Auffüllungen	ERD1	BOHR1	RAMM1
Seeablagerungen (Beckensand, -schluff)	ERD2	BOHR2	RAMM2
Geschiebemergel	ERD3	BOHR3	RAMM3

3 Grundwassersituation

Die Bohrungen wurden mit Temporärpegel ausgebaut und mit einer Oberflächenabdichtung aus Ton versehen sowie leergepumpt, um Verfälschungen durch zufließendes Oberflächenwasser oder den Bohrvorgang auszuschließen. Die Grundwasserstände bei Bohrende und zur Stichtagsmessung am 08.11.21 in den Temporärpegeln stellten sich wie folgt ein:

Grundwasserbeobachtungen

Messstelle	Gw-Stand Bohrende in m u. GOK	Gw-Stand Temporärpegel in m u. GOK	Gw-Stand Temporärpegel in m ü. NHN
BK1	2,4	2,45	398,28
BK2	1,95	1,75	398,95
BK3	1,88	1,89	398,48
BK4	1,75	1,78	398,40
Wasserspiegel Oberreitnauer Ach			397,76

Grundwasser stellte sich durchgängig im oberen durchlässigen Beckensand ein. Diese Beckensande sind als Grundwasserleiter zu verstehen, während die darunter liegenden feinkörnigen Beckensande mit schwacher Durchlässigkeit ein Grundwassergeringleiter darstellen.

Die Beckenschluffe sind sehr schwach durchlässig und haben aufgrund des hohen Feinkornanteils wasserstauende Eigenschaften.

Aufgrund der Bänderung in den Seeablagerungen liegt in horizontaler Richtung eine größere Durchlässigkeit als in vertikaler Richtung vor. Zudem ist davon auszugehen, dass das Grundwasser in den Beckensanden und in sandigen Lagen im Beckenschluff hydraulisch in Verbindung steht. Das bedeutet, dass eine wasserführende Sandlage im Beckenschluff dasselbe hydraulische Potential wie das Wasser im Beckensand besitzen kann.



Der Geschiebemergel besitzt ebenfalls aufgrund des hohen Feinkornanteils und der Verfestigung durch die glaziale Vorbelastung eine sehr schwache Durchlässigkeit und wasserstauende Eigenschaften.

Aufgrund der oben geschilderten Sandlagen im Beckenschluff wird er trotz der wasserstauenden Eigenschaften nicht als Grundwassersohlschicht angesehen, diese stellt aus hiesiger Sicht der Geschiebemergel dar.

Der Wasserspiegel in der Oberreitnauer Ach liegt rd. 0,5 – 1,2 m tiefer als der Grundwasserspiegel in den Bohrungen. D.h. es liegen effluente Strömungsverhältnisse vor und die Ach wirkt bei normalen Wasserständen für die Beckensande dränierend. Bei Hochwasserständen können jedoch influente Strömungsverhältnisse vorliegen, so dass der Bemessungsgrundwasserspiegel mit dem Bemessungshochwasser gleichzusetzen ist.

Anmerkung: Die Hochwasserstände sind vom Objektplaner beim Wasserwirtschaftsamt zu erfragen.

4 Versickerung

Der Durchlässigkeitsbereich (k_f -Wert) in dem eine Versickerung entwässerungstechnisch möglich ist, liegt gemäß Merkblatt DWA-A 138 zwischen 1×10^{-3} bis 1×10^{-6} m/s. Theoretisch wäre eine Versickerung im Beckensand möglich, allerdings sind diese nahezu wassergefüllt und besitzen daher nur ein geringes Aufnahmevermögen.

Die Versickerungsanlage ist entsprechend groß zu dimensionieren, zudem ist min 1,0 m Abstand zum Grundwasserspiegel einzuhalten. Die Auffüllungen dürfen ohne den Nachweis der Schadlosgkeit nicht durchsickert werden.

Der Bemessungs- k_f -Wert für die Versickerungsanlagen im oberen Beckensand wird mit

$$k_f = 2 \times 10^{-6} \text{ m/s}$$

vorgeschlagen. Es wird empfohlen, die Sickerfähigkeit am geplanten Standort der Anlage mit einem Sickerversuch im Baggerschurf zu überprüfen.



5 Geotechnische Standortbeurteilung

5.1 Bauvorhaben und Baugrundbeurteilung

Die Lage der Mittelschule sowie die Architektur sollen durch einen Wettbewerb entwickelt werden.

Im Rahmen einer Standortentscheidung und städtebaulichen Untersuchung wurden im Vorfeld 2 unverbindliche Konzepte aufgestellt. Eines dieser Konzepte ist im Lageplan in der Anlage 1.2 dargestellt. Die voraussichtliche Geschossanzahl wurde mit 3-4 Geschossen mitgeteilt.

In Bezug auf die Tragfähigkeit ist der Beckensand als mäßig bis gering tragfähig mit einem erhöhten Setzungspotential zu beurteilen. Der Beckenschluff besitzt keine nennenswerte Tragfähigkeit und reagiert darüber hinaus auf Belastungen mit sehr hohen Setzungen.

Der halbfeste bis feste Geschiebemergel stellt einen sehr tragfähigen und setzungsarmen Baugrund dar, der sich zur Abtragung von Gebäudelasten eignet. Allerdings steht dieser erst in über 19 m Tiefe unter Gelände an.

Das Grundwasser wurde nur wenige Meter unter Gelände festgestellt und spielt daher ebenfalls eine wichtige Rolle in der Höhenentwicklung des Gebäudes.

Gründungstechnisch ist der nördliche Grundstückteil vorzuziehen, da hier die etwas tragfähigeren Beckensande anstehen und im Falle einer Tiefgründung der Geschiebemergel geringfügig höher als im südlichen Bereich ansteht. Ein maßgebender Unterschied zwischen der westlichen Seite (BK1) und der östlichen Seite (BK2) ist nicht ersichtlich.

Aus hiesiger Sicht wird von einem Untergeschoss abgeraten, da aufgrund des Grundwassers eine wasserdichte Baugrubenumschließung notwendig wäre.

Aufgrund der voraussichtlichen Länge des Gebäudes wird eine Gründung im Bereich der ungünstigeren BK3 unvermeidlich sein.

Aus geotechnischer Sicht liegen schwierige Baugrundverhältnisse vor, die in der Gründungsplanung erweiterte geotechnische Kenntnisse erfordern. Es ist daher die höchste Geotechnischen Kategorie GK3 anzusetzen.



5.2 Gründungsvorschlag

Flachgründung

Zur Abschätzung, ob eine Flachgründung mittels lastverteilernder Bodenplatte und einem Bodenaustausch in Bezug auf die Setzungen praktikabel ist, wurden 2 Grundbruch- und Setzungsberechnungen unter Ansatz der Bohrprofile BK1/CPT1 und BK3 durchgeführt.

Als Bodenaustausch wird eine trennvliesunterlegte Kiestragschicht aus frostsicherem Kiessand (Bodengruppe GW, GI, Verdichtbarkeitsklasse V1, Schüttlagen max. 30 cm) mit min. 1,2 m Schichtstärke unterhalb der Gründungssohle angenommen. Die Verdichtungsanforderungen werden mit $D_{pr} \geq 100 \%$, $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ angesetzt. Die Bodenkennwerte gehen mit

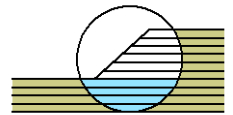
Wichte	$\gamma/\gamma' = 22/12$	kN/m^3
Reibungswinkel	$\varphi' = 37,5$	$^\circ$
Kohäsion	$c' = 0$	kN/m^2
Steifemodul	$E_s = 107$	MN/m^2

in die Berechnung ein.

Dieser Bodenaustausch ist von großer Bedeutung und in der Höhenentwicklung des Gebäudes zu beachten. Die Unterkante sollte mit ausreichendem Abstand zum Grundwasser eingeplant werden, um den Einfluss des Grundwassers auf die Verdichtungsarbeiten zu minimieren. Ggf. sind temporäre Wasserhaltungsmaßnahmen einzuplanen.

Die berechneten Sohlpressungen und Setzungen gelten für die Laststreifen bzw. Vouten innerhalb der Bodenplatten. Sie wurden mit einer Einbindung von 0,5 m in die Kiestragschicht angenommen. Unter der Prämisse das Differenzsetzungen möglichst vermieden werden sollen, wird eine Begrenzung der Setzungen in beiden Bereichen (BK1 und BK3) auf 2,0 cm empfohlen. Mit dieser Vorgabe ergeben sich beispielsweise die zulässigen Sohlpressungen und Bettungsmodul aus den Diagrammen in den Anlagen 5.1 und 5.2 für einen Laststreifen mit 1,0 m Breite wie folgt:

		Bohrprofil BK1/CPT1	Bohrprofil BK3
Breite des Laststreifens	$b =$	1,0 m	1,0 m
Setzung (Vorgabe)	$s =$	2,0 cm	2,0 cm
Char. zul. Sohlpressung	$\sigma_{E,k} =$	205 kN/m^2	147 kN/m^2
Abgel. Bettungsmodul	$k_s =$	10.250 kN/m^3	7.350 kN/m^3



Die blauen Linien in den Diagrammen der Anlagen 5.1 und 5.2 stellen die Setzungen dar, die rote Linie die Begrenzung durch den Grundbruch. Analog kann für andere Breiten der Laststreifen verfahren werden.

Die Bodenplatten zwischen den Laststreifen erzeugen nur durch ihr Eigengewicht und die Nutzlasten geringe Sohlpressungen. Für sie kann der Bettungsmodul in einer ersten Näherung mit

$$k_s = 2.000 - 4.000 \text{ kN/m}^3$$

angenommen werden.

Die Ergebnisse der Berechnungen für die Bohrprofile BK1/CPT1 und BK3 zeigen die Verschlechterung durch die ungünstigere Baugrundsituation in der BK3 auf, bestätigen aber die Möglichkeit einer Flachgründung.

Aus hiesiger Sicht ist die Notwendigkeit von ergänzenden Baugrundaufschlüssen (Bohrungen und Drucksondierungen) im Bereich des zukünftigen Gebäudes ersichtlich. Auf Grundlage dieser Ergebnisse und unter Ansatz der durch die Statik erhobenen Tragwerkslasten wird eine Setzungsanalyse nach der Finiten-Elemente-Methode empfohlen.

Tiefgründung

Als Alternative zur Flachgründung ist die Tiefgründung mittels Ortbeton-Bohrpfählen oder Fertigmampfählen zu nennen. Diese müssen als Aufstandspfähle bis in den Geschiebemergel geführt werden. Für die Bohrpfähle wird nach den „Empfehlungen des Arbeitskreises Pfähle“ (EA-Pfähle) eine Mindesteinbindung von 2,5 m in den Geschiebemergel gefordert.

Zur Bemessung der Aufstands-Pfahlgründung können für den Geschiebemergel folgende Erfahrungswerte nach den EA-Pfählen angesetzt werden:

Pfahlwiderstände für Bohrpfähle im Geschiebemergel

Bezogenen Pfahlkopfssetzung s/D (Pfahldurchmesser)	char. Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]	char. Bruchwert der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]
0,02	1.200	85
0,03	1.450	
0,10 ($\triangleq s_g$)	2.000	



Pfahlwiderstände für Fertigrammpfähle im Geschiebemergel

Bezogenen Pfahlkopfssetzung s/D_{eq} (äquivalenter Pfahldurchm.)	char. Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [kN/m ²]	char. Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [kN/m ²]
0,035	950	65
0,100	1.500	80

Aufgrund der hohen Steifigkeitsunterschiede zwischen den Seeablagerungen und dem Geschiebemergel ist in den Seeablagerungen keine relevante Mantelreibung vorhanden. Die Fertigrammpfähle werden voraussichtlich nur wenige Dezimeter in den Geschiebemergel gerammt werden können, sodass hier die Summe der Pfahlmantelreibung gering ausfällt.

Eine negative Mantelreibung in den Seeablagerungen ist bei einer reinen Aufstandspfahlgründung nicht zu erwarten.

Die niedrige undrainede Scherfestigkeit im Beckenschluff kann ein Pfahlknicken zur Folge haben, die Führung des Knicknachweises wird angeraten.

Die Herstellung der Bohrpfähle erfolgt erschütterungsfrei, das Einrammen der Fertigrammpfähle kann dagegen zu problematischen Erschütterungen in der Nachbarschaft führen. Eine Proberammung mit begleitender Erschütterungsmessung bietet sich daher an.

5.3 Schutz des Gebäudes vor Durchfeuchtung

Das Grundwasser wurde 1,75 m unter Gelände angetroffen. Der Bemessungsgrundwasserspiegel ist mit dem Bemessungshochwasser der Oberreitnauer Ach gleichzusetzen. Sollte ein Mindestabstand der Bodenplattenunterkante zum Bemessungshochwasser von min. 0,5 m nicht eingehalten werden, wird die Ausführung der Bodenplatte und ggf. aufgehenden Wänden als Weiße Wanne aus wasserundurchlässigem Stahlbeton (WU-Beton) empfohlen.

5.4 Baugrubensicherung und Wasserhaltung

Die Anordnung eines Untergeschosses wird aufgrund der Grundwassersituation nicht empfohlen. Die Tiefe des Bodenaustauschs sollte nach Möglichkeit über dem Grundwasserspiegel liegen, so dass die kiesigen Auffüllungen und Beckensande über dem Grundwasser unter 1:1 geböscht werden können.



Falls der Bodenaustausch in den Einflussbereich des Grundwassers reicht, kann eine temporärer Grundwasserhaltung erforderlich sein, um den Einbau und die Verdichtung im Trockenen auszuführen. Ansonsten beschränkt sich die Wasserhaltung auf das Abführen von Niederschlags- und Tagwasser.

5.5 Verkehrsflächen

Zur Einhaltung des geforderten E_{v2} -Moduls von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Erdplanum sind voraussichtlich Nachverdichtungen der kiesigen Auffüllungen notwendig. Bindige Böden sind auszuräumen und durch frostsicheren Kiessand mit einer Schichtstärke von schätzungsweise 40 cm zu ersetzen.

6 Schlussbemerkung

Der Geotechnische Untersuchungsbericht ist als Geotechnisches Standortgutachten zu verstehen.

Es liegen anspruchsvolle Baugrund- und Grundwasserverhältnisse (Geotechnische Kategorie 3) vor.

Die Lage der Mittelschule wird im nördlichen Bereich empfohlen. Von einem Untergeschoss wird abgeraten.

Eine Flachgründung mittels lastverteilernder Bodenplatte und Kiestragschicht (Bodenaustausch) ist, vorbehaltlich einer tiefergehenden Baugrunduntersuchung und Gründungsplanung, möglich. Als Alternative ist die Tiefgründung mit Aufstandspfählen im Geschiebemergel zu nennen.

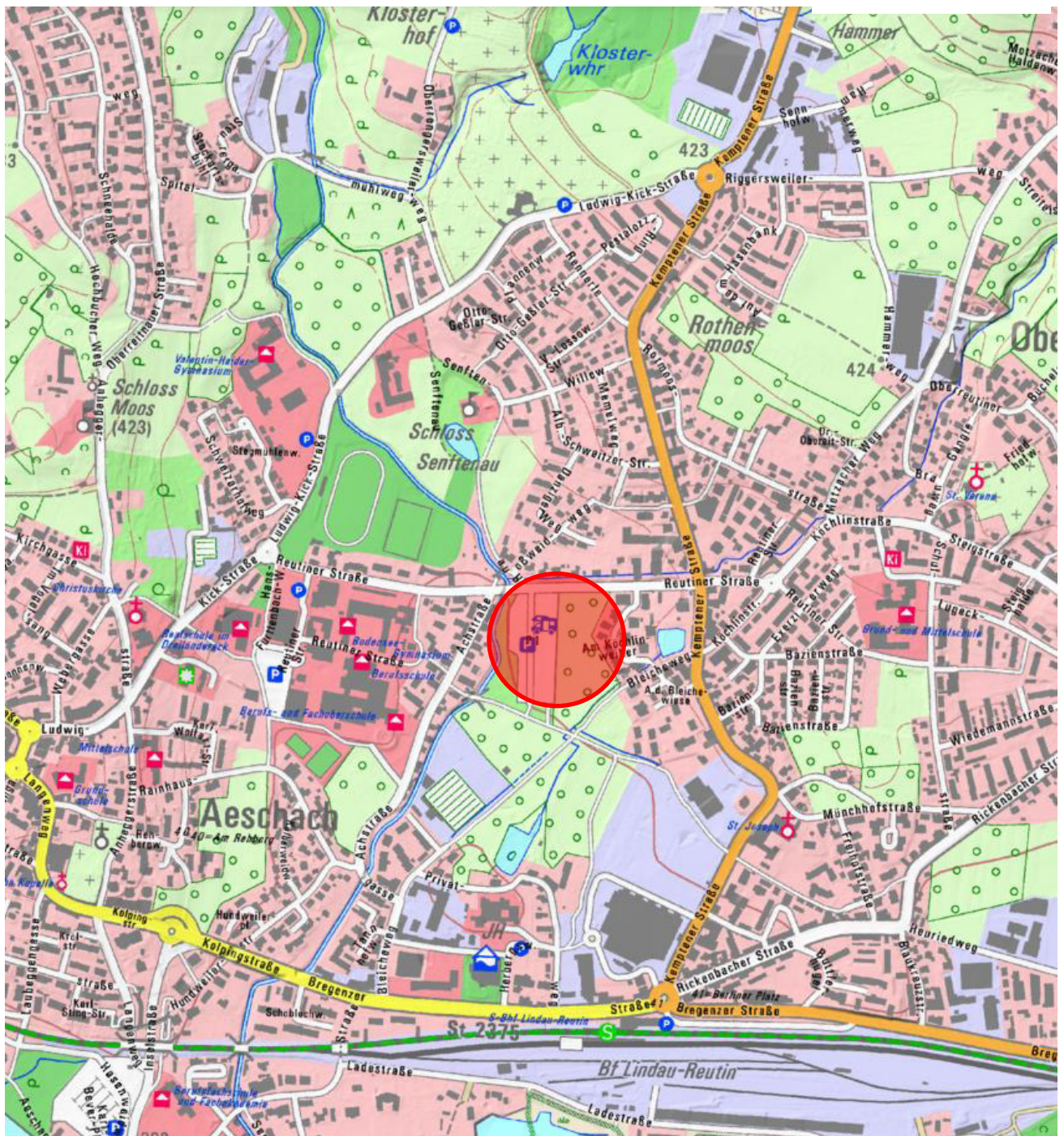
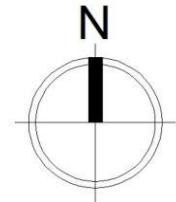
Luis Ulrich M.Sc.
Dr.-Ing. G. Ulrich
Geotechnik GmbH

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese" Reutin Lindau
Übersichtslageplan M1:10000

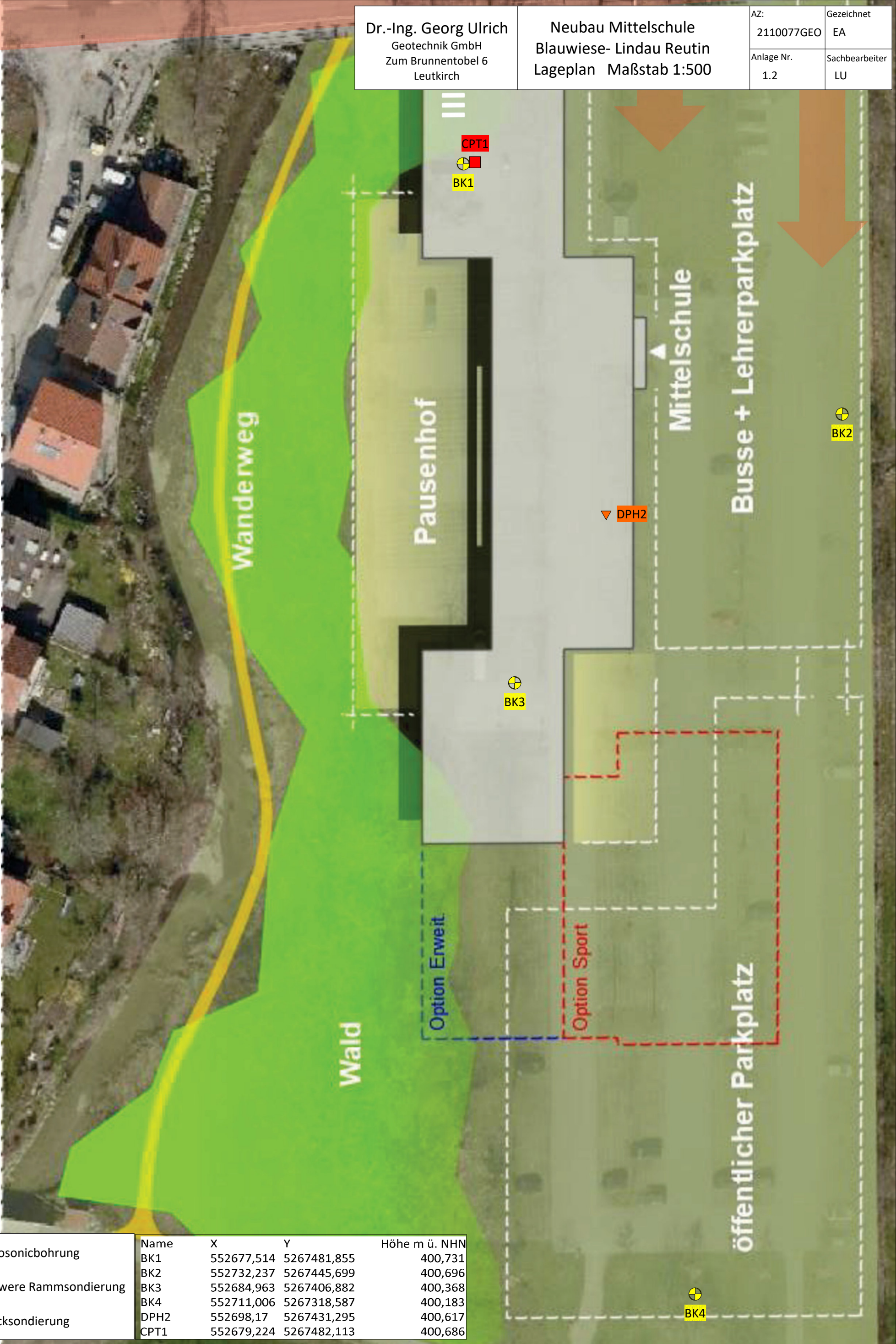
AZ
2110077GEO
Anlage Nr.
1.1

Gezeichnet
EA
Sachbearbeiter
LU






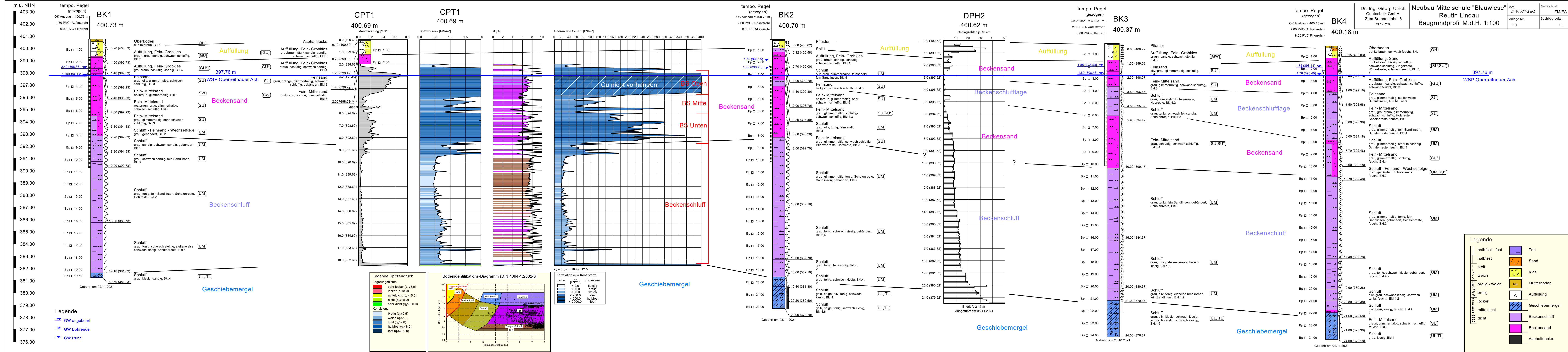


Dr.-Ing. Georg Ulrich Geotechnik GmbH Zum Brunnentobel 6 Leutkirch	Neubau Mittelschule Blauwiese- Lindau Reutin Lageplan Maßstab 1:500		AZ: 2110077GEO	Gezeichnet EA
			Anlage Nr. 1.2	Sachbearbeiter LU



Legende

 BK Rotosonicbohrung	Name	X	Y	Höhe m ü. NHN
 DPH Schwere Rammsondierung	BK1	552677,514	5267481,855	400,731
 CPT Drucksondierung	BK2	552732,237	5267445,699	400,696
	BK3	552684,963	5267406,882	400,368
	BK4	552711,006	5267318,587	400,183
	DPH2	552698,17	5267431,295	400,617
	CPT1	552679,224	5267482,113	400,686





Laboratoriumsbefund Nr.:

AZ2110077GEO

Bestimmung des Wassergehaltes DIN 18 121

Projekt: Neubau Mittelschule "Blauwiese" Reutin Lindau

Entnahmedatum:

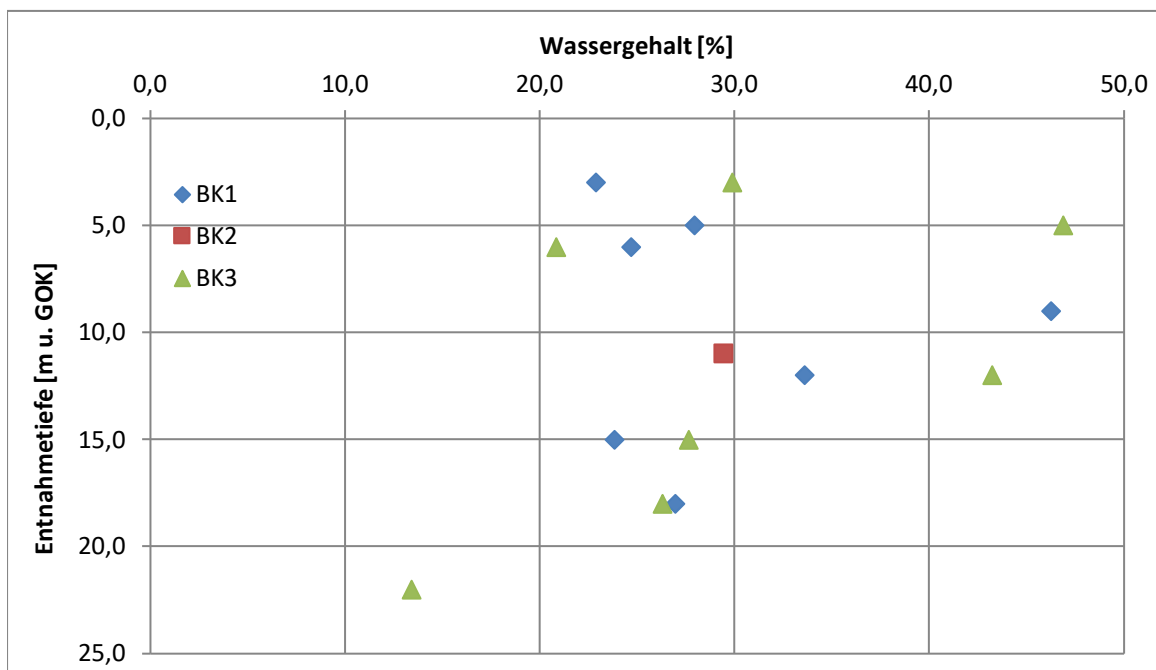
28.10-04.11.2021

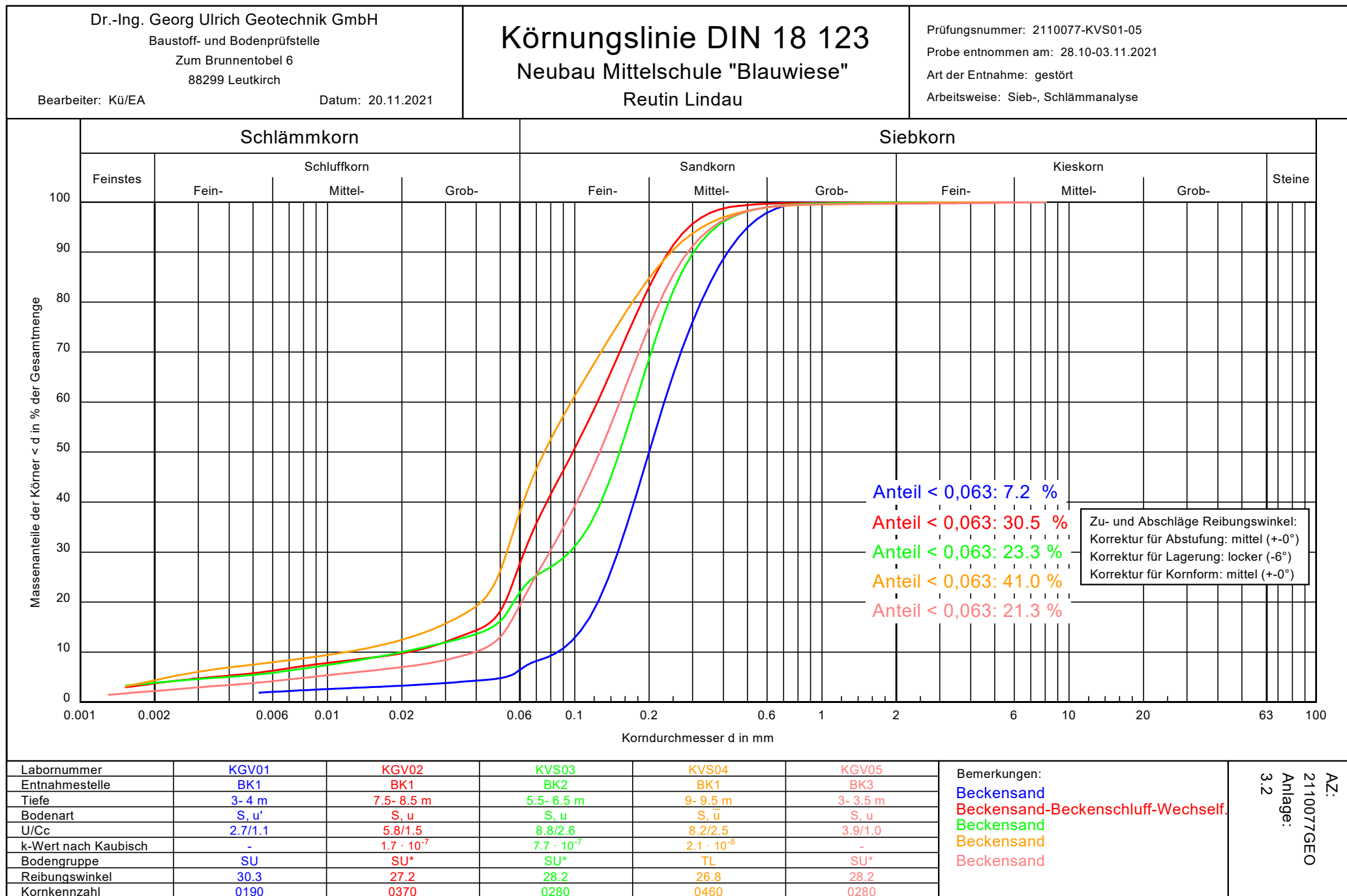
Sachbearbeiter: Kü/EA

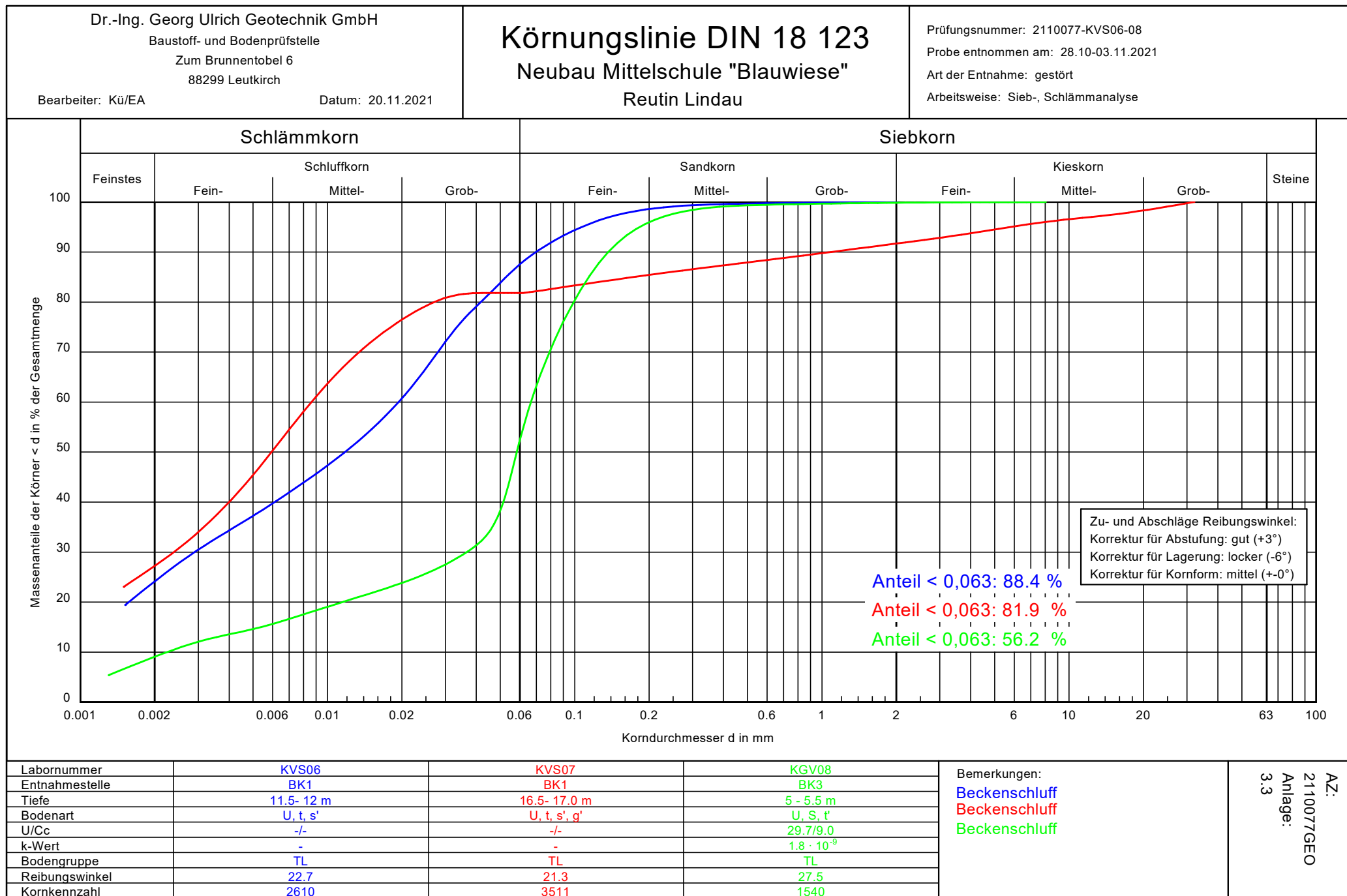
Bearbeitungsdatum:

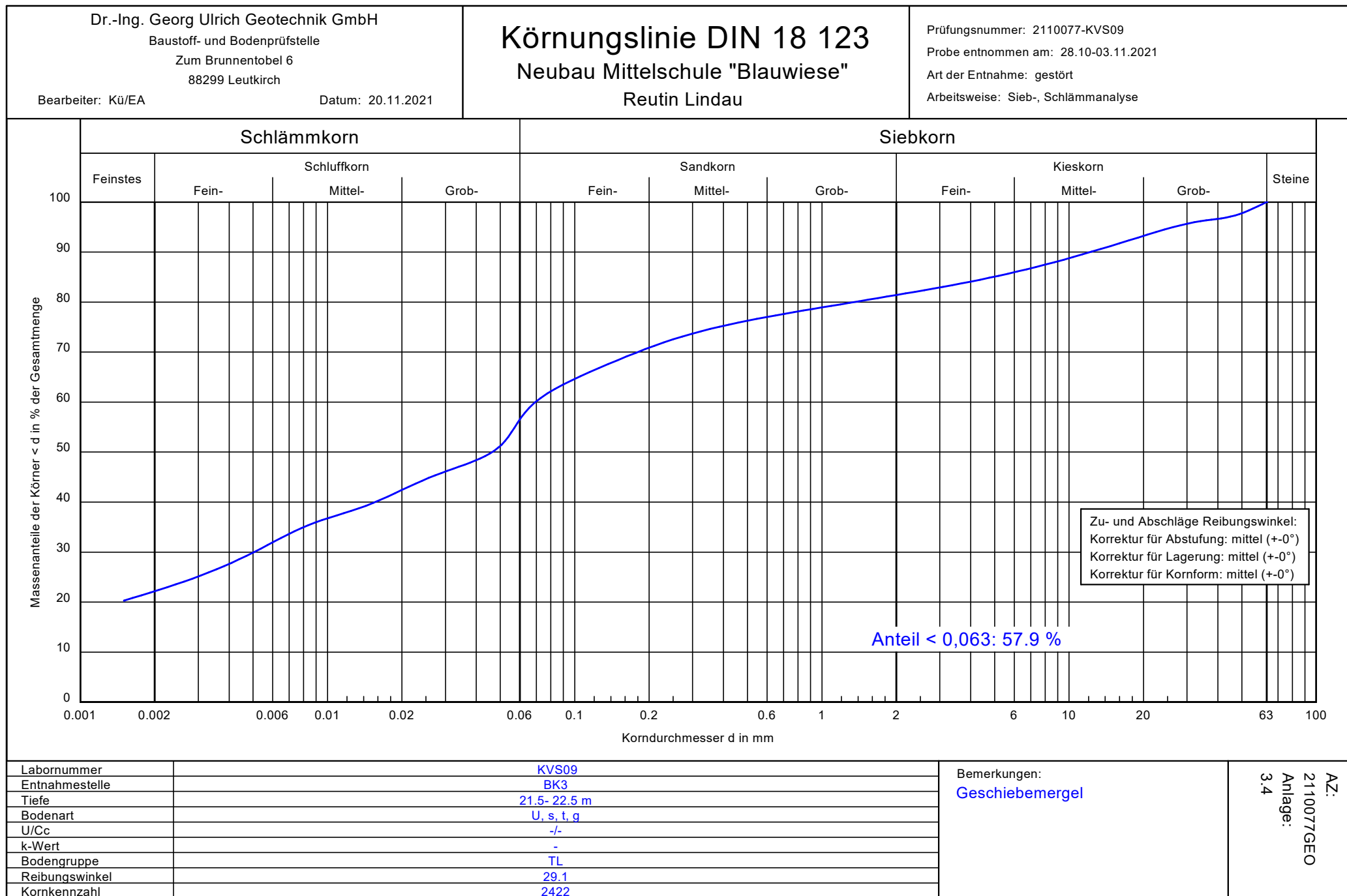
20.11.2021

Entnahme- stelle	Entnahme- tiefe [m]	Wasser- gehalt [%]	Bodenart	geologische Zuordnung
BK1	3,0	22,9	fS,mS,u-	Beckensand
BK1	5,0	27,9	fS,mS,u-	Beckensand
BK1	6,0	24,7	fS,mS,u-	Beckensand
BK1	9,0	46,3	S,u+	Beckensand
BK1	12,0	33,6	U,t,fs-	Beckenschluff
BK1	15,0	23,9	U,t,fs-	Beckenschluff
BK1	18,0	26,9	U,t,fs-	Beckenschluff
BK2	11,0	29,4	U,t,fs-	Beckenschluff
BK3	3,0	29,9	fS,mS,u-	Beckensand
BK3	5,0	46,9	U,t,fs-	Beckenschluff
BK3	6,0	20,8	U,t,fs-	Beckenschluff
BK3	12,0	43,2	U,t	Beckenschluff
BK3	15,0	27,6	U,t	Beckenschluff
BK3	18,0	26,3	U,t,g-	Beckenschluff
BK3	22,0	13,4	U,g,g-,s-,x-	Geschiebemergel









Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Neubau Mittelschule "Blauwiese"

Reutin Lindau

Bearbeiter: Kü/EA

Datum: 25.11.2021

Prüfungsnummer: 2110077-Wfa02

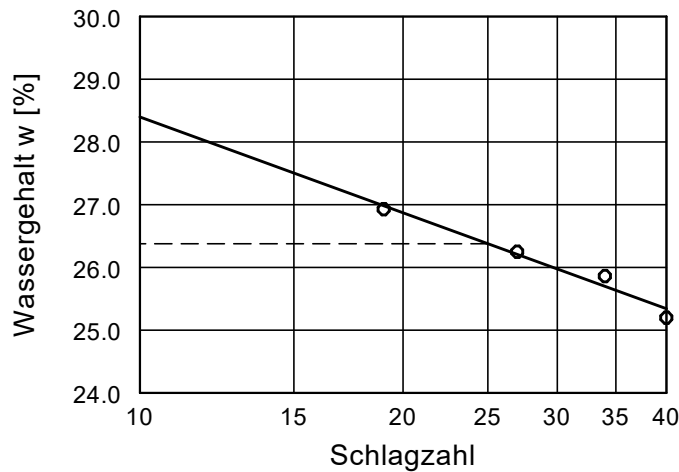
Entnahmestelle: BK1

Tiefe: 9 m

Art der Entnahme: gestört

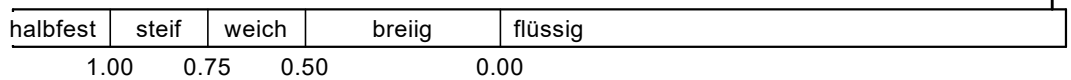
Bodenart: Beckensand

Probe entnommen am: 28.10.2021

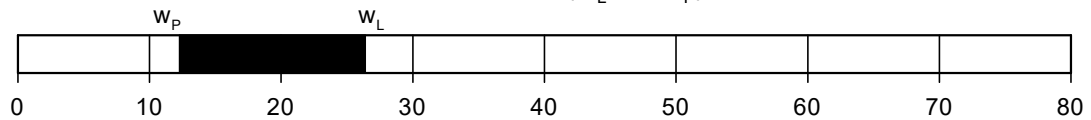


Wassergehalt $w = 46.3$ %
Fließgrenze $w_L = 26.4$ %
Ausrollgrenze $w_P = 12.3$ %
Plastizitätszahl $I_P = 14.1$ %
Konsistenzzahl $I_C = -1.41$

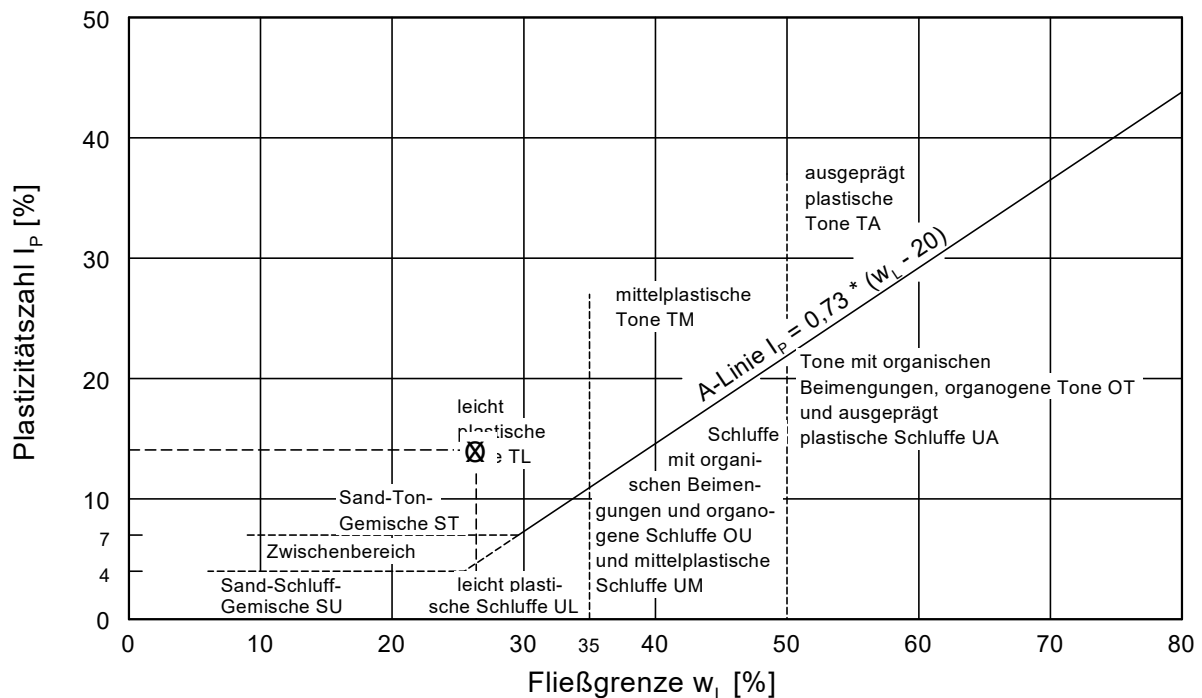
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Neubau Mittelschule "Blauwiese"

Reutin Lindau

Bearbeiter: Kü/EA

Datum: 25.11.2021

Prüfungsnummer: 2110077-Wfa02

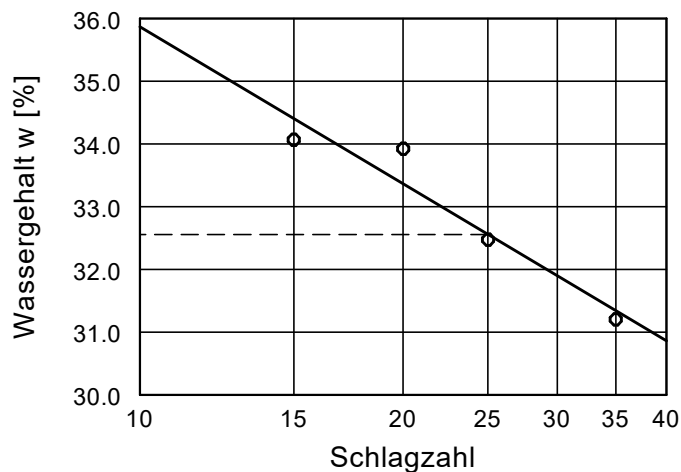
Entnahmestelle: BK3

Tiefe: 5 m

Art der Entnahme: gestört

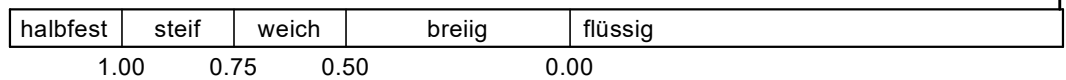
Bodenart: Beckenschluff

Probe entnommen am: 28.10.2021

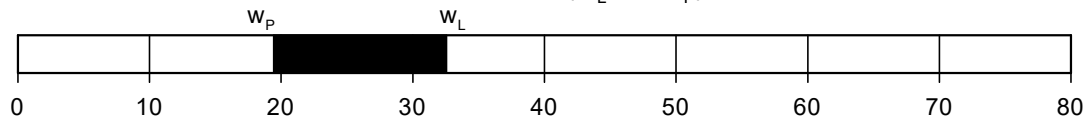


Wassergehalt $w =$ 46.9 %
Fließgrenze $w_L =$ 32.6 %
Ausrollgrenze $w_p =$ 19.4 %
Plastizitätszahl $I_p =$ 13.2 %
Konsistenzzahl $I_c =$ -1.09

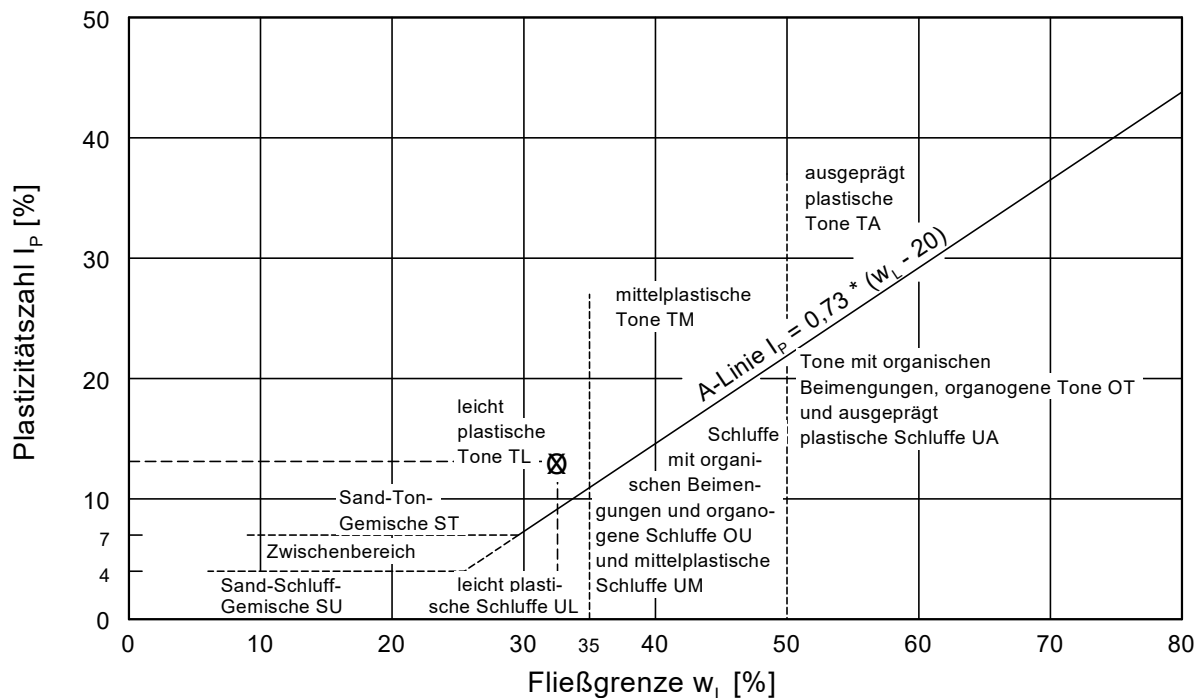
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Neubau Mittelschule "Blauwiese"

Reutin Lindau

Bearbeiter: Kü/EA

Datum: 24.11.2021

Prüfungsnummer: 2110077-Wfa03

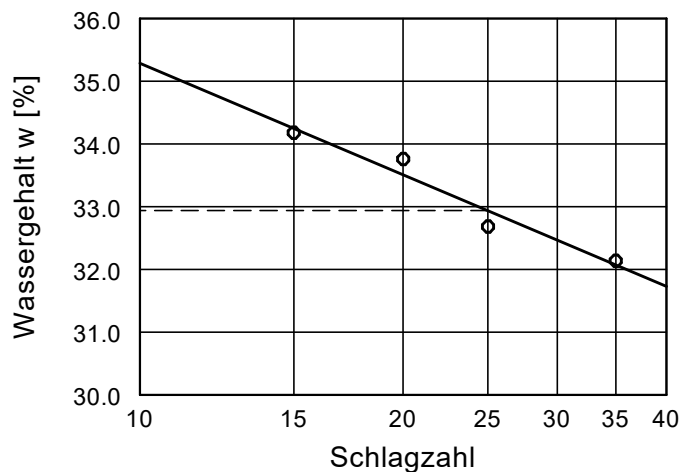
Entnahmestelle: BK3

Tiefe: 22 m

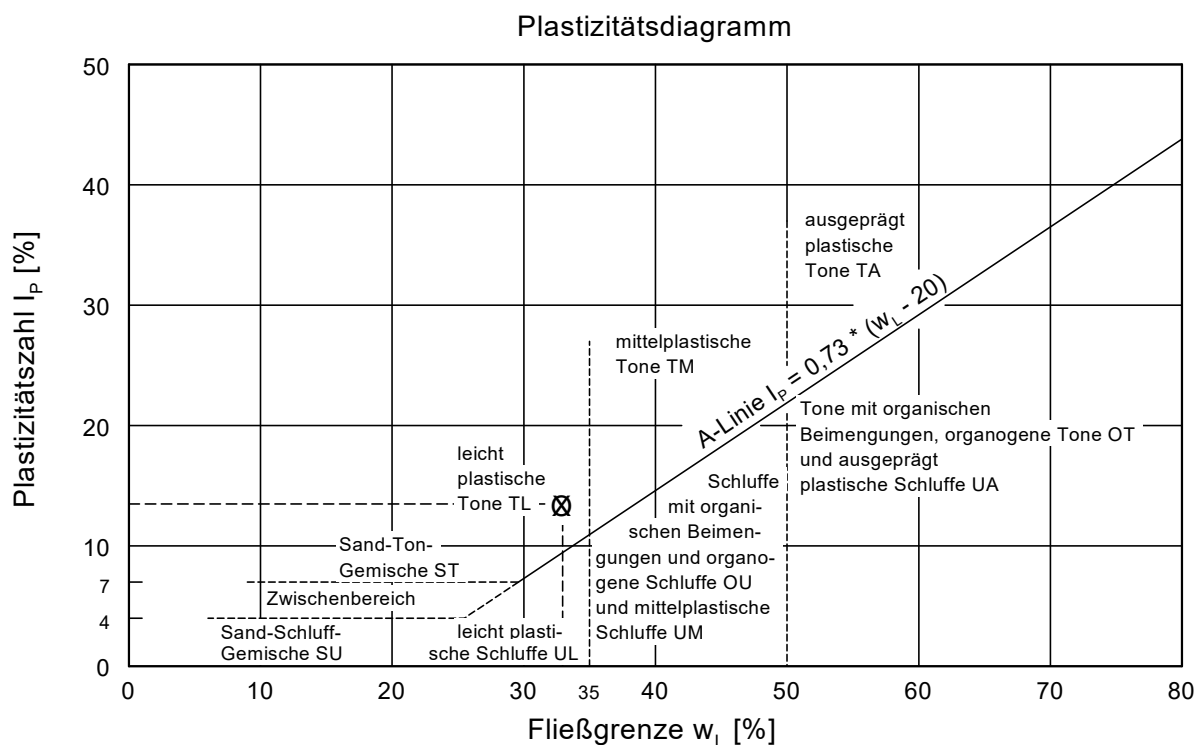
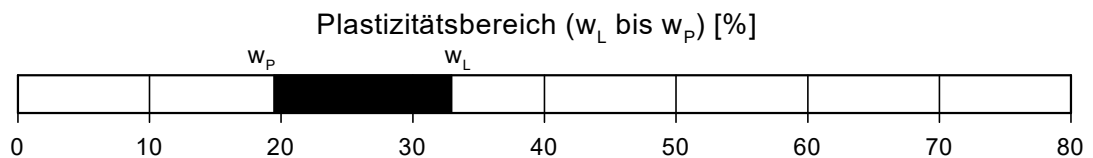
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Geschiebemergel

Probe entnommen am: 28.10.2021



Wassergehalt $w = 13.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 32.9 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 19.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 13.4$
 Konsistenzzahl $I_C = 1.45$





Anlage: 3.8

Laboratoriumsbefund Nr.

AZ2110077GEO

Bestimmung der Wichte nach DIN 18125

Projekt: Neubau Mittelschule "Blauwiese" Reutin Lindau

Entnahmestelle: BK2, BK1

Datum: 20.11.2021

Sachbearbeiter: Kü/EA

Entnahmestelle		BK2	BK1
Tiefe	m	11	9
Bodenart		Beckenschluff	Beckensand
nat. Wassergehalt	%	29,4	46,3
Feuchtraumwichte	kN/m ³	19,47	17,24
Trockenraumwichte	kN/m ³	15,05	11,78
Auftriebsraumwichte	kN/m ³	9,43	7,39
Kornwichte ¹	kN/m ³	26,8	26,8
Porenanteil	n	0,439	0,560
Sättigungszahl	%	100,9	97,4

1: Korndichte laut Angaben Fachliteratur!

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese"
Reutin - Lindau
Fotodokumentation

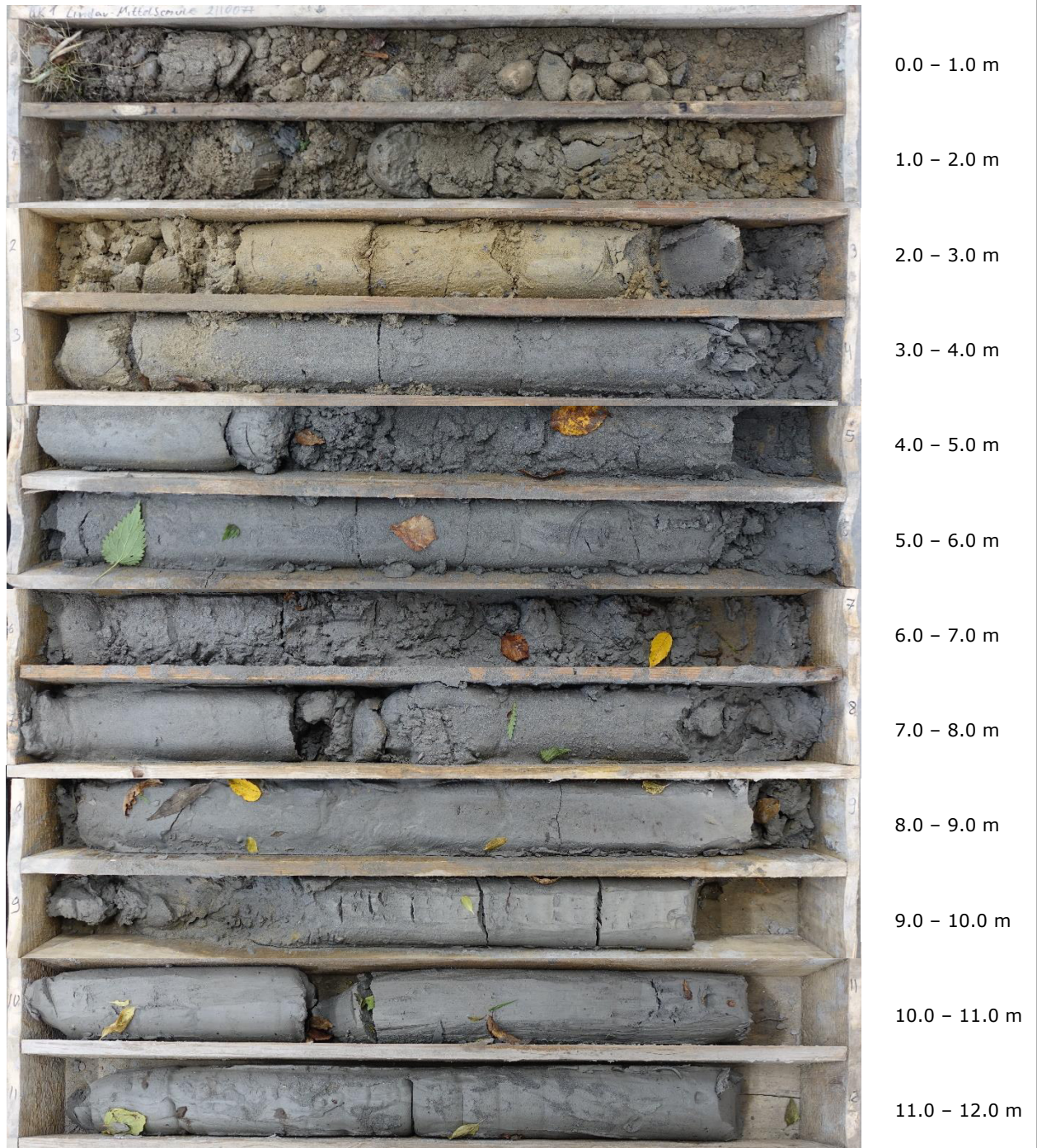
AZ
2110077GEO

Anlage Nr.
4.1

Gezeichnet
EA

Sachbearbeiter
LU

BK1: 0.0 – 12.0 m



Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese"
Reutin - Lindau
Fotodokumentation

AZ
2110077GEO

Anlage Nr.
4.2

Gezeichnet
EA

Sachbearbeiter
LU

BK1: 12.0 – 20.0m



12.0 – 13.0 m

13.0 – 14.0 m

14.0 – 15.0 m

15.0 – 16.0 m

16.0 – 17.0 m

17.0 – 18.0 m

18.0 – 19.0 m

19.0 – 20.0 m

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese"
Reutin - Lindau
Fotodokumentation

AZ
2110077GEO

Anlage Nr.
4.3

Gezeichnet
EA

Sachbearbeiter
LU

BK2: 0.0 – 12.0 m



Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese"
Reutin - Lindau
Fotodokumentation

AZ
2110077GEO

Anlage Nr.
4.4

Gezeichnet
EA

Sachbearbeiter
LU

BK2: 12.0 – 22.0m



12.0 – 13.0 m

13.0 – 14.0 m

14.0 – 15.0 m

15.0 – 16.0 m

16.0 – 17.0 m

17.0 – 18.0 m

18.0 – 19.0 m

19.0 – 20.0 m

20.0 – 21.0 m

21.0 – 22.0 m

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese"
Reutin - Lindau
Fotodokumentation

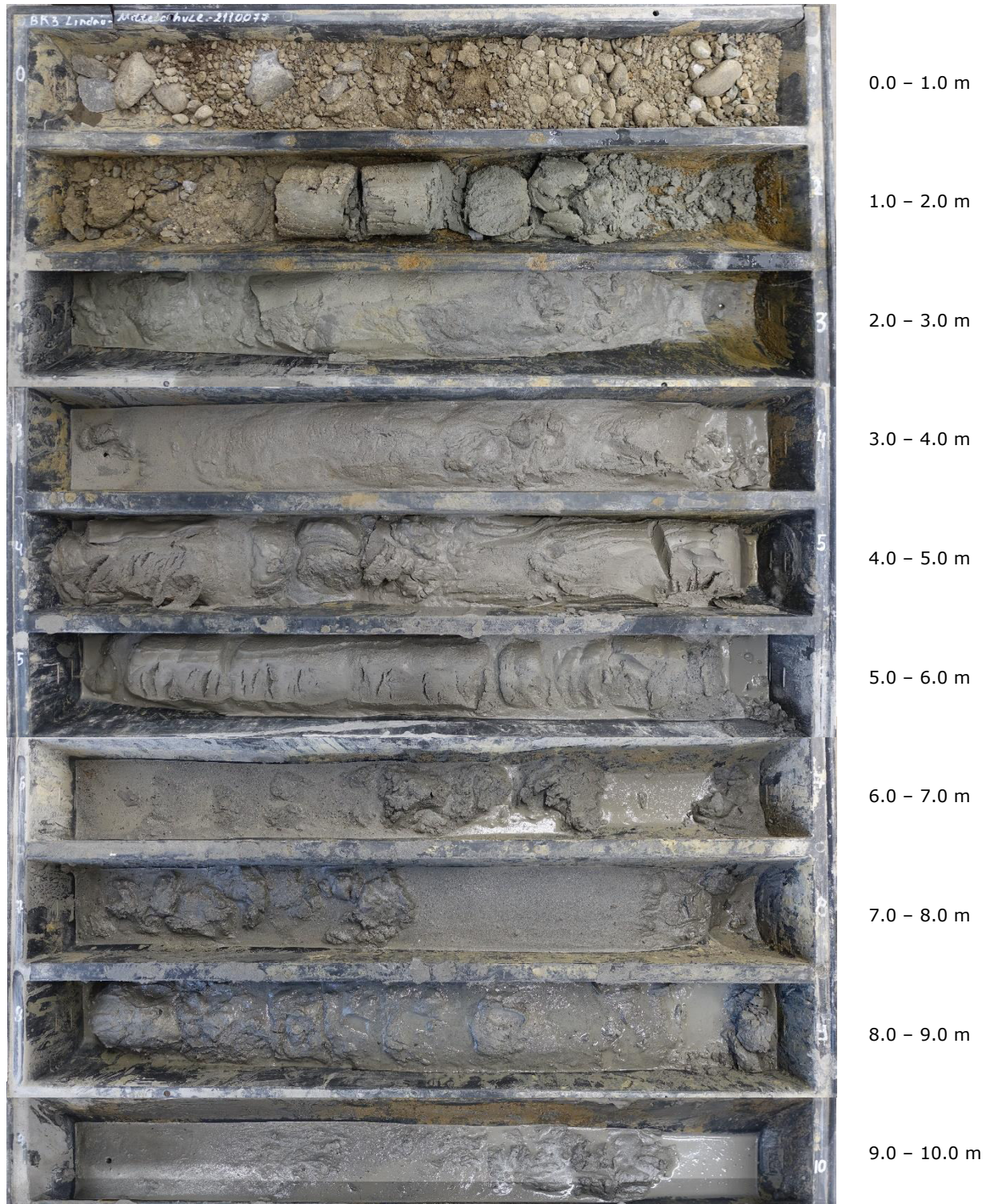
AZ
2110077GEO

Anlage Nr.
4.5

Gezeichnet
EA

Sachbearbeiter
LU

BK3: 0.0 – 10.0 m



Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese"
Reutin - Lindau
Fotodokumentation

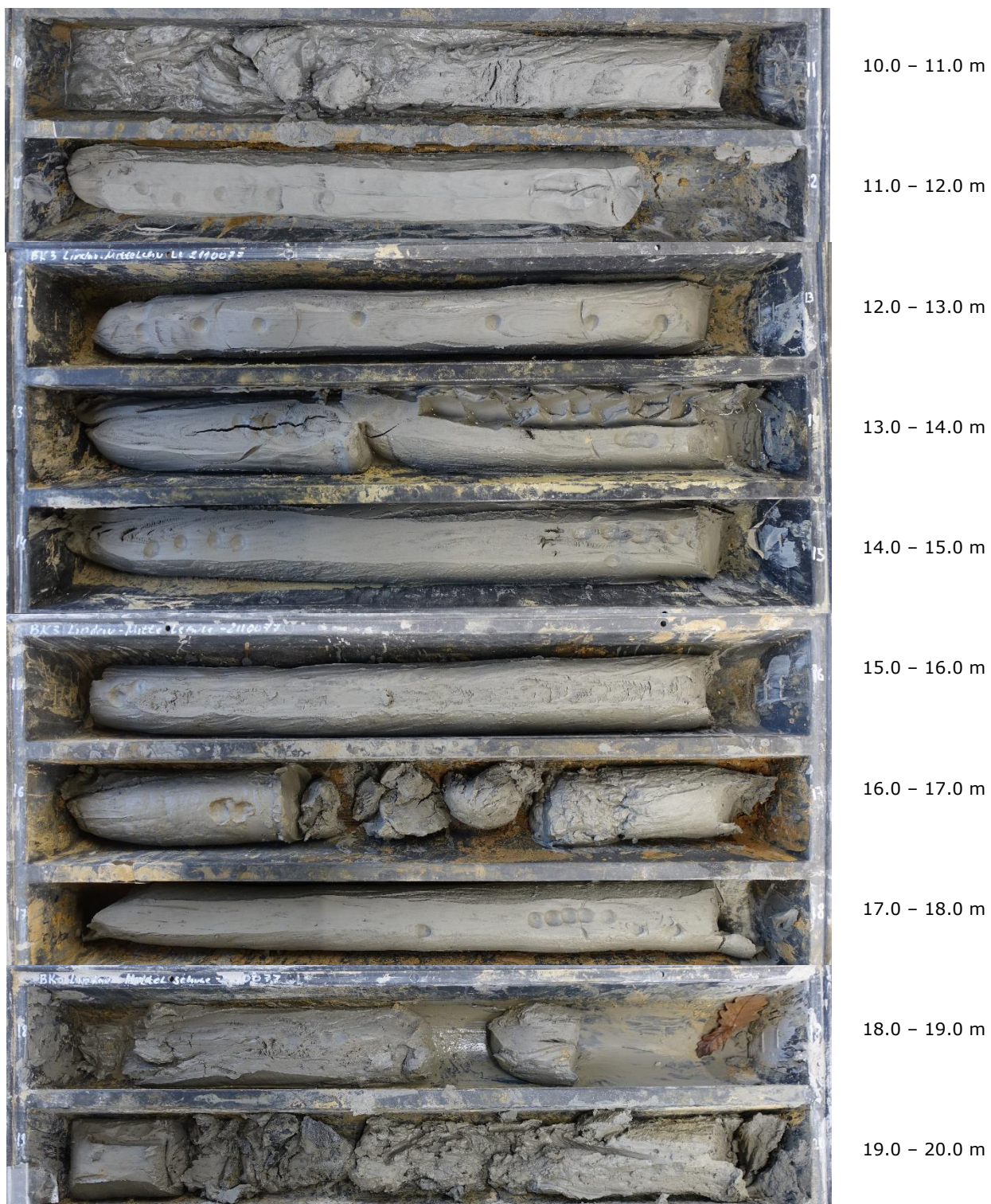
AZ
2110077GEO

Gezeichnet
EA

Anlage Nr.
4.6

Sachbearbeiter
LU

BK3: 10.0 – 20.0m



Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese"
Reutin - Lindau
Fotodokumentation

AZ
2110077GEO

Gezeichnet
EA

Anlage Nr.
4.7

Sachbearbeiter
LU

BK3: 20.0 – 24.0 m



20.0 – 21.0 m

21.0 – 22.0 m

22.0 – 23.0 m

23.0 – 24.0 m

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese"
Reutin - Lindau
Fotodokumentation

AZ
2110077GEO

Gezeichnet
EA

Anlage Nr.
4.8

Sachbearbeiter
LU

BK4: 0.0 – 12.0 m



0.0 – 1.0 m

1.0 – 2.0 m

2.0 – 3.0 m

3.0 – 4.0 m

4.0 – 5.0 m

5.0 – 6.0 m

6.0 – 7.0 m

7.0 – 8.0 m

8.0 – 9.0 m

9.0 – 10.0 m

10.0 – 11.0 m

11.0 – 12.0 m

Dr.-Ing. Georg Ulrich
Geotechnik GmbH
Baugrundlabor
Leutkirch

Neubau Mittelschule
"Blauwiese"
Reutin - Lindau
Fotodokumentation

AZ
2110077GEO

Gezeichnet
EA

Anlage Nr.
4.9

Sachbearbeiter
LU

BK4: 12.0 – 24.0 m



12.0 – 13.0 m

13.0 – 14.0 m

14.0 – 15.0 m

15.0 – 16.0 m

16.0 – 17.0 m

17.0 – 18.0 m

18.0 – 19.0 m

19.0 – 20.0 m

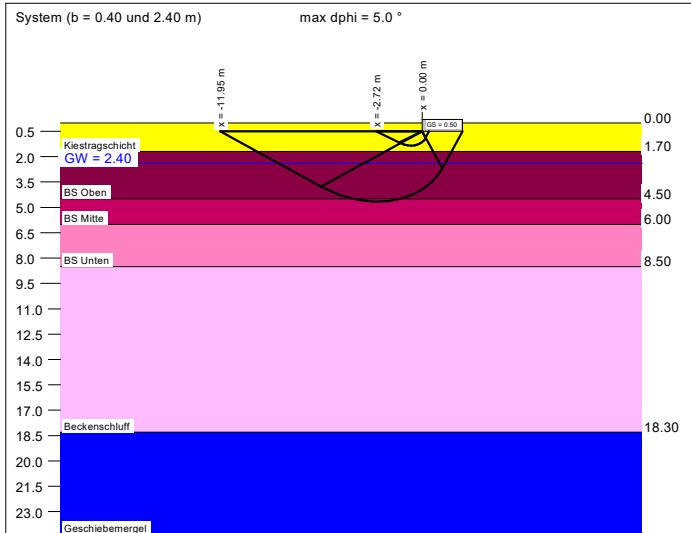
20.0 – 21.0 m

21.0 – 22.0 m

22.0 – 23.0 m

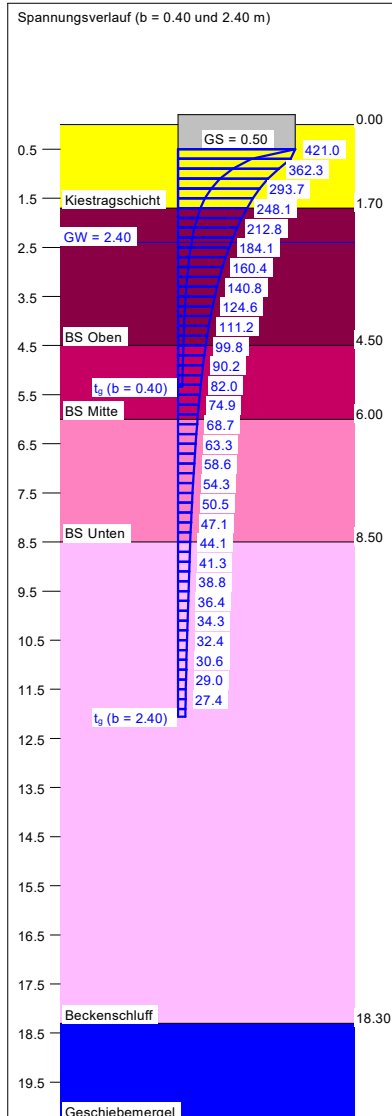
23.0 – 24.0 m

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	κ [-]	Bezeichnung
	22.0	12.0	37.5	0.0	107.0	1.000	Kiestragschicht
	18.0	8.0	33.5	0.0	12.0	1.000	BS Oben
	18.0	8.0	27.5	0.0	3.0	1.000	BS Mitte
	18.0	8.0	27.5	0.0	4.6	1.000	BS Unten
	19.0	9.0	20.5	0.0	3.3	1.000	Beckenschluff
	22.0	12.0	30.0	15.0	75.0	1.000	Geschiebemergel



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{0,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	$\sigma_{\bar{U}}$ [kN/m²]	t _g [m]	UK LS [m]
10.00	0.40	582.3	232.9	412.9	1.53	37.5	0.00	22.00	11.00	5.34	1.34
10.00	0.60	639.7	383.8	453.7	3.25	37.0	0.00	21.98	11.00	6.81	1.74
10.00	0.80	624.9	499.9	443.2	4.51	35.9	0.00	21.53	11.00	7.71	2.08
10.00	1.00	649.4	649.4	460.6	6.21	35.5	0.00	21.05	11.00	8.69	2.44
10.00	1.20	668.5	802.2	474.1	8.07	35.2	0.00	19.99	11.00	9.53	2.80
10.00	1.40	685.6	959.9	486.3	10.00	34.9	0.00	18.90	11.00	10.28	3.17
10.00	1.60	702.5	1123.9	498.2	11.99	34.8	0.00	17.95	11.00	10.98	3.53
10.00	1.80	719.3	1294.7	510.1	14.06	34.6	0.00	17.13	11.00	11.63	3.89
10.00	2.00	725.8	1451.6	514.7	15.91	34.4 *	0.00	16.44	11.00	12.18	4.24
10.00	2.20	686.7	1510.7	487.0	16.40	33.8 *	0.00	15.99	11.00	12.37	4.50
10.00	2.40	593.6	1424.5	421.0	14.93	32.5 *	0.00	15.72	11.00	12.06	4.67

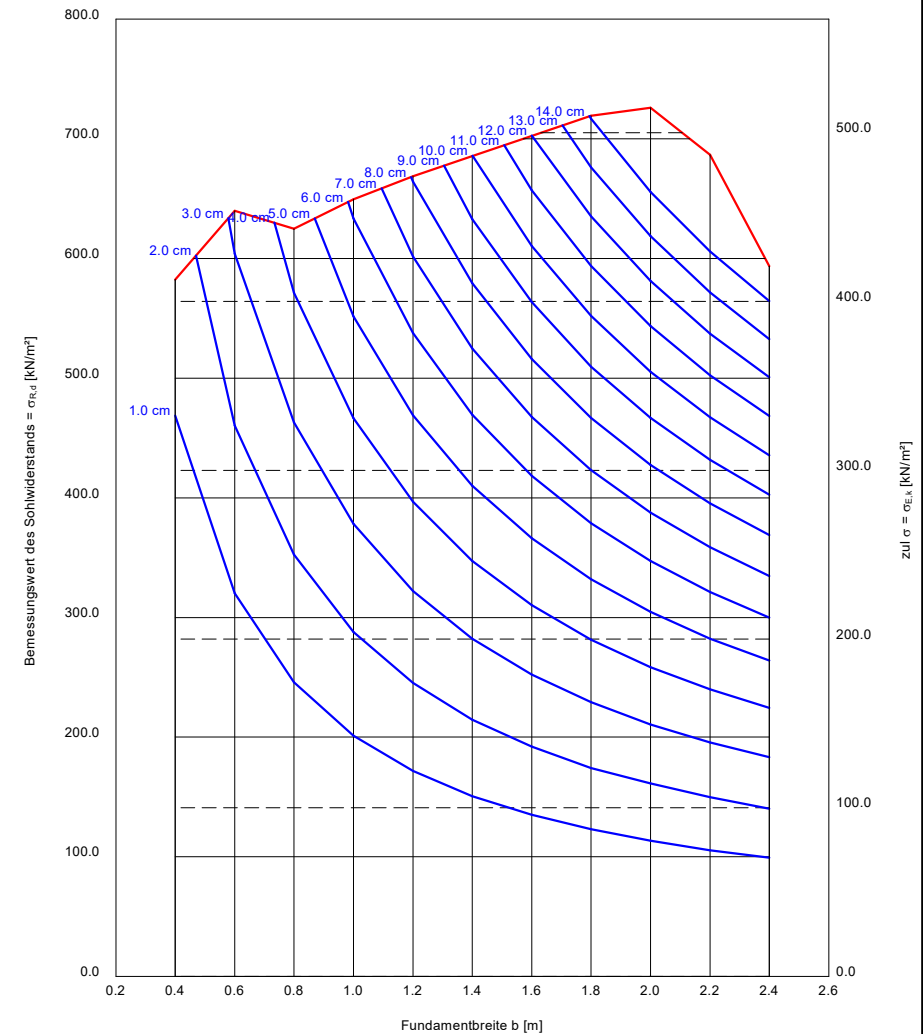
* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{\sigma,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{\sigma,k} / (1.40 \cdot 1.41) = \sigma_{\sigma,k} / 1.97$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.40



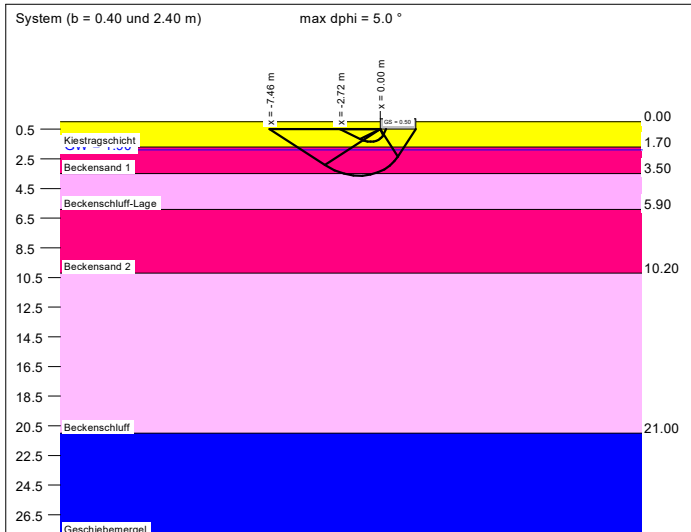
Mittelschule Blauwiese Reutin
 Sohlpressungen/Setzungen
 Laststreifen Bodenplatte BK1

AZ 2110077geo
 Anlage 5.1

GGU-FOOTING / Version 9.06 / 28.01.2021
 Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.400
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.400 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.400) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.410$
 Gründungssohle = 0.50 m
 Grundwasser = 2.40 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
 — Sohlruck
 — Setzungen

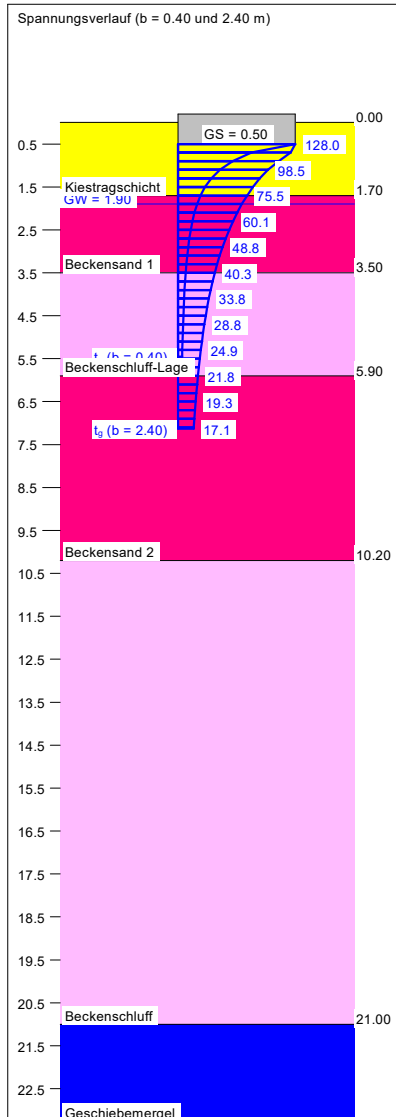


Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	κ [-]	Bezeichnung
	22.0	12.0	37.5	0.0	107.0	1.000	Kiestragschicht
	18.0	8.0	27.5	0.0	6.5	1.000	Beckensand 1
	19.0	9.0	19.0	0.0	3.3	1.000	Beckenschluff-Lage
	18.0	8.0	27.5	0.0	6.5	1.000	Beckensand 2
	19.0	9.0	20.5	0.0	3.3	1.000	Beckenschluff
	22.0	12.0	30.0	15.0	75.0	1.000	Geschiebemergel



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{0,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_{φ} [kN/m²]	t _g [m]	UK LS [m]
10.00	0.40	582.3	232.9	412.9	2.62	37.5	0.00	22.00	11.00	5.45	1.34
10.00	0.60	562.4	337.5	398.9	4.10	36.1 *	0.00	22.00	11.00	6.50	1.70
10.00	0.80	382.8	306.2	271.5	3.54	32.5 *	0.00	21.81	11.00	6.19	1.89
10.00	1.00	414.8	414.8	294.2	4.94	32.5 *	0.00	20.49	11.00	7.15	2.24
10.00	1.20	419.5	503.4	297.5	6.02	32.1 *	0.00	19.18	11.00	7.82	2.55
10.00	1.40	388.2	543.5	275.3	6.38	31.2 *	0.00	18.25	11.00	8.09	2.82
10.00	1.60	373.7	597.9	265.0	6.92	30.5 *	0.00	17.41	11.00	8.43	3.09
10.00	1.80	362.3	652.1	256.9	7.43	30.0 *	0.00	16.70	11.00	8.76	3.36
10.00	2.00	302.5	605.0	214.5	6.61	28.4 *	0.00	16.35	11.00	8.44	3.50
10.00	2.20	211.6	465.4	150.0	4.69	25.4 *	0.00	16.35	11.00	7.42	3.50
10.00	2.40	180.5	433.3	128.0	4.16	24.0 *	0.00	16.07	11.00	7.13	3.63

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{\sigma,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{\sigma,k} / (1.40 \cdot 1.41) = \sigma_{\sigma,k} / 1.97$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.40



Mittelschule Blauwiese Reutin
 Sohlpressungen/Setzungen
 Laststreifen Bodenplatte BK3

AZ 2110077geo
 Anlage 5.2

GGU-FOOTING / Version 9.06 / 28.01.2021
 Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.400
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.400 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.400) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.410$
 Gründungssohle = 0.50 m
 Grundwasser = 1.90 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefe spannungsvariabel bestimmt
 — Sohl Druck
 — Setzungen

