

ELEKTRIFIZIERUNG DER TAUNUSBAHN



UNTERLAGE 26.5: DATENBLATT STÜTZWAND BF USINGEN

Auftraggeber:



Verkehrsverband Hochtaunus (VHT)

Ludwig-Erhard-Anlage 1-5
61352 Bad Homburg v. d. Höhe

Bad Homburg, den 05.11.2020

gez. Denfeld

Auftragnehmer:

PG ELEKTRIFIZIERUNG
TAUNUSBAHN

Bearbeiter:

PG ELEKTRIFIZIERUNG
TAUNUSBAHN

c/o Schüller-Plan
Ingenieurgesellschaft mbH
Lindleystraße 11
60314 Frankfurt

c/o Schüller-Plan
Ingenieurgesellschaft mbH
Lindleystraße 11
60314 Frankfurt

Frankfurt, den 04.11.2020

gez. Keck

Frankfurt, den 04.11.2020

gez. i.A. Hippenstiel

Bauwerk: Stützwand am Bahnhof Usingen

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Abkürzungsverzeichnis	1 Blatt
Anlage 2	Lage- und Aufschlussplan	1 Blatt
Anlage 3	Bohrprofil	1 Blatt
Anlage 4	Bodenkennwerte	11 Blatt
Anlage 5	Setzungsberechnungen	2 Blatt

Bauwerk: Stützwand im südlichen Bahnhofsbereich von Usingen

Aufschlüsse:

KRB/DPH 1, 2, 3 (Anlage 2)

Morphologie, Geologie:

Die Bahnhofsgleisanlagen liegen ebenerdig. Im südlichen bis südöstlichen Verlauf besteht eine etwa 5 bis 6 m hohe Böschung. Für die Erweiterung des Bahnhofsbereichs wird eine, in Abschnitten rückverankerte, Stützwand geplant.

Der Baugrund besteht im Böschungsbereich oberflächlich aus steifen, bindigen Auffüllungen. Darunter folgt ein steif bis halbfester bindiger Boden, welcher in zwei Erkundungen in etwa 3 m Tiefe in einen Verwitterungshorizont übergeht. Alle drei Erkundungen wurden aufgrund von zu geringem Bohrwiderstand abgebrochen, wobei in der Bohrsonde Reste von Festgestein (Quarzit/Sandstein/Tonstein) festgestellt wurden.

Baugrund:

Die Bodenprofile liegen diesem Datenblatt als Anlage 3 bei. In den Profilen sind den Bodenschichten die entsprechenden Schichtnummerierungen zugewiesen.

Grundwasser:

In zwei von drei Erkundungen (KRB 1 und KRB 2) wurde Schichtwasser erkundet. Die anstehenden Bodenschichten weisen geringe bis sehr geringe Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte liegen bei $10^{-6} \dots 10^{-10}$ m/s) auf. In niederschlagsreichen Zeiten ist mit der vermehrten Bildung von Stau- und Schichtwasserhorizonten in den entsprechenden Schichten zu rechnen.

Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)

Die charakteristischen Bodenkennwerte entnehmen Sie bitte der Anlage 4, Boden und Felskennwerte Tabelle 1 entsprechend der Schichtnummerierung in den beigefügten Profilschnitten.

Gründungsempfehlung / Sonstige Hinweise:

Gründung:	<p>Die Gründungssohle liegt voraussichtlich entweder innerhalb der steif-halbfesten Tone (Schicht 4.3) und/oder in dem Verwitterungshorizont (Schicht 5.1). Für die Berechnung wurde die Lage innerhalb der Schicht 4.3 angenommen.</p> <p>Es wird vorgeschlagen bei einer Flachgründung ein Gründungspolster in einer Dicke von $d = 0,30$ m vorzusehen. Für den Kiespolster können folgende charakteristische Berechnungskennwerte zum Ansatz gebracht werden:</p> <p>$\varphi_{k'} = 35,0^\circ$; $c_{k'} = 0$ kN/m²; $\gamma_k / \gamma_{k'} = 19 / 11$ kN/m³; $E_{s,k} = 50$ MN/m²</p>
Wasserhaltung:	<p>Es ist mit Stau- und/oder Schichtwasser zu rechnen (vermehrter, höherer Wasserandrang nach starken Niederschlagsereignissen). Eine temporäre Wasserhaltung ist aus gutachterlicher Sicht ausreichend.</p>

Flachgründung	<p>Siehe exemplarische Berechnungen in Anlage 5, welche aber eine Rückverankerung nicht berücksichtigt.</p> <p>Der Bodenaustausch mit >0,3 m aufgrund des wasserempfindlichen, steif bis halbfesten, bindigen Bodens ist zu empfehlen.</p> <p>Die angegebenen Bemessungswerte des Sohldruckwiderstandes gelten zur Vorbemessung. Sie ersetzen nicht die notwendigen erdstatischen Nachweise (Grundbruchsicherheit, Gleiten, Kippen, Setzungen) unter Ansatz der tatsächlichen Fundamentabmessungen und Lasten.</p>
Bohrpfahlgründung	möglich

Verankerung

Die Werte gelten für Einzelanker mit Verpresskörper-Durchmessern zwischen 100-150 mm und einer Überlagerung $\geq 4,0$ m.

Für die erkundeten, mindestens steifen bis halbfesten Tone können folgende Grenzlaster angesetzt werden:

Krafteintragungslänge $l = 5$ m \rightarrow Grenzlast beim Bruch 310 kN/m^2

Krafteintragungslänge $l = 7$ m \rightarrow Grenzlast beim Bruch 250 kN/m^2

Krafteintragungslänge $l = 9$ m \rightarrow Grenzlast beim Bruch 220 kN/m^2

Wir empfehlen diese zur Abschätzung der Gebrauchslast mit dem Faktor 0,5 abzumindern.

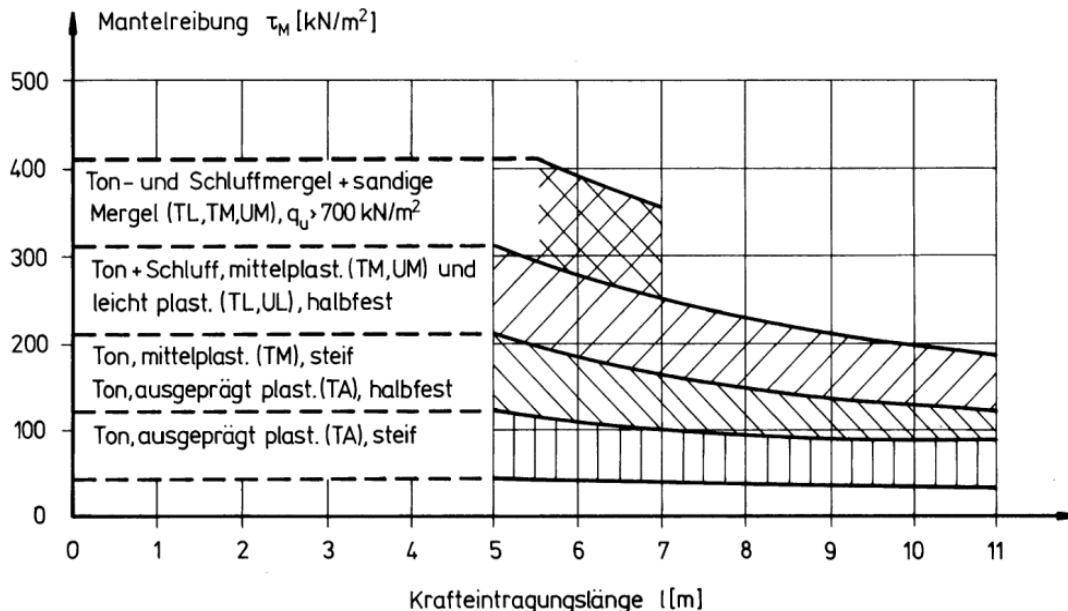


Bild: Grenzlast von Ankern in bindigen Böden nach OSTERMEYER

Stützwand Bahnhof Usingen	Er- kundung	Anlage 5	Fundament- breite	Sohldruck- widerstand	Setzung bei Ausnutzung von $\sigma_{R,d}$	max. charakt. Einwirkung zur Begrenzung der Setzung auf 2,0 cm
	KRB 3		b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	s [cm]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]
			0,4	397	1,52	275
			0,6	398	2,11	262
			0,8	411	2,70	220

Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung für Bohrpfahlgründung

Die Pfahlspitzenwiderstände und Pfahlmantelreibungen für Bohrpfahlgründungen entnehmen Sie bitte der Anlage 5 Boden und Felskennwerte Tabelle 6 entsprechend der Schichtnummerierung in den beigegeführten Profilschnitten.

Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung für Rammpfähle

Die Pfahlspitzenwiderstände und Pfahlmantelreibungen für Rammpfähle entnehmen Sie bitte der Anlage 4 Boden und Felskennwerte Tabelle 7 entsprechend der Schichtnummerierung in den beigegeführten Profilschnitten.

Baugrube	
Rammfähigkeit	schwer bis sehr schwer, Schicht 5.2 nicht rammfähig
Böschungswinkel	weiche bindige oder rollige Böden → $\beta \leq 45^\circ$
	Schicht 1.3.2, 4.3, 4.4, 5.1, 5.2 → $\beta \leq 60^\circ$ (mindestens steife Konsistenz, sonst $\beta \leq 45^\circ$)
	Fels → $\beta \leq 80^\circ$ (bei entsprechender Klüftung)
Verbau	Trägerbohlwand mit Spritzbetonausfachung (Vorbohren aufgrund des hoch anstehenden Fels notwendig)

Versickerung
Maßgebend für eine oberflächennahe Versickerung sind die anstehenden Tone/Schluffe die aufgrund des hohen Feinkornanteils nicht versickerungsfähig sind. Eine Versickerung von Oberflächenwasser ist im Untersuchungsabschnitt somit nicht möglich.

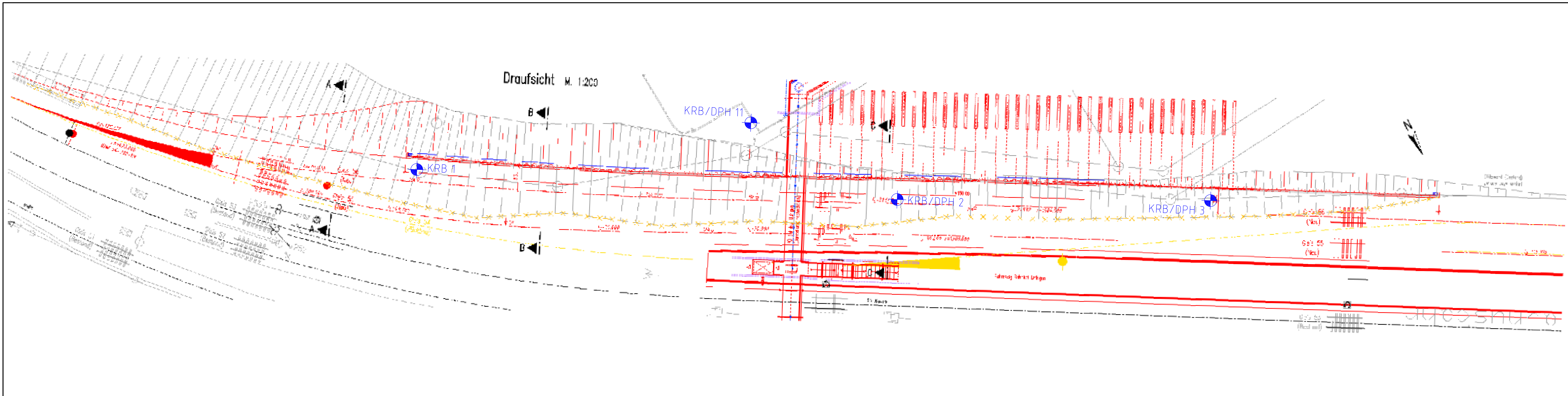
Bemerkungen
Die Untersuchungsergebnisse mittels Kleirammsondierung können verfahrensbedingt nicht in wenig bis unverwitterten Fels vordringen. Demnach kann bisher noch keine Aussage über die Qualität und Beschaffenheit des Festgesteins getroffen werden. Hierfür werden Aufschlüsse mittels gewerblicher Bohrung benötigt.

Stand: 15.01.2020

Kurzzeichen und Zeichen für Bodengruppen und Eigenschaften nach DIN 4023 und DIN 18 196

Bodenart		Beimengungen		Bodengruppe	
Kies	G	kiesig	g	enggestufte Kiese	GE
Grobkies	gG	grobkiesig	gg	weitgestufte Kies-Sand-Gemische	GW
Mittelkies	mG	mittelkiesig	mg	intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische	GI
Feinkies	fG	feinkiesig	fg		
Sand	S	sandig	s	enggestufte Sande	SE
Grobsand	gS	grobsandig	gs	weitgestufte Sand-Kies-Gemische	SW
Mittelsand	mS	mittelsandig	ms	intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische	SI
Feinsand	fS	feinsandig	fs		
Schluff	U	schluffig	u	Kies-Schluff-Gemische	GU bzw. $\overline{GU}^{(x)}$
Ton	T	tonig	t	Kies-Ton-Gemische	GT bzw. $\overline{GT}^{(x)}$
Torf, Humus	H	torfig, humos	h	Sand-Schluff-Gemische	SU bzw. $\overline{SU}^{(x)}$
Mudde	M	org. Beimengungen	o	Sand-Ton-Gemische	ST bzw. $\overline{ST}^{(x)}$
Auffüllung	A			Sand-Schluff-Gemische ohne Plastizität	\overline{SU}_{OP}
Mutterboden	Mu	z.B.		Für Querbalken gilt auch *- Symbol	
Geschiebelehm	Lg	schwach grobsandig	\overline{gs}	z.B. $\overline{SU} = SU^*$	
Geschiebemergel	Mg	stark mittelsandig	\overline{ms}		
Löß	Lö			leicht plastische Schluffe	UL
Lößlehm	Löl			mittelpastische Schluffe	UM
Wiesenkalk, Seekalk,				ausgeprägt plastische Schluffe	UA
Seekreide,				leicht plastische Tone	TL
Kalkmudde	Wk			mittelpastische Tone	TM
				ausgeprägt plastische Tone	TA
Farbe					
grau (g)	grün (ü)	bunt (u)		Schluffe mit organischen Beimengungen	OU
braun (b)	blau (a)	hell (h)		Tone mit organischen Beimengungen	OT
rot (r)	schwarz (s)	dunkel (d)		grob- bis gemischtkörnige Böden mit Beimengungen humoser Art	OH
weiß (w)	gelb (e)			grob- bis gemischtkörnige Böden mit kalkigen/ kieseligen Bildungen	OK
Kalkgehalt					
kalkfrei	o			nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)	HN
kalkhaltig	+			zersetzte Torfe	HZ
stark kalkhaltig	++			Schlamm als Sammelbegriff	F
Konsistenz					
0,25 < I_c ≤ 0,50 - sehr weich	- $\overline{\overline{u}}$			Auffüllungen aus natürlichen Böden	[]
0,50 < I_c ≤ 0,75 - weich	- \overline{u}			Auffüllungen aus Fremdstoffen	A
0,75 < I_c ≤ 1,00 - steif	- \overline{u}				
I_c > 1,00 - halbfest	- \overline{u}			Abstand des Bohransatzpunktes v. Gleisachse	GA
Lagerungsdichte					
0,15 < I_D ≤ 0,35 - locker	[lo]		GW	Grundwasser angebohrt
0,35 < I_D ≤ 0,65 - mitteldicht	[md]		GW	Grundwasser nach Bohrende
I_D > 0,65 - dicht	[d]		GW	Ruhewasser
				SW	Schichtenwasser angebohrt
				SW	Schichtenwasser nach Bohrende
				SW	Schichtenwasser

^{x)} GU, GT, SU, ST: 5 - 15 % bei $d \leq 0,063$ mm
 \overline{GU} , \overline{GT} , \overline{SU} , \overline{ST} : > 15 - 40 % bei $d \leq 0,063$ mm



Verkehrsverband Hochtaunus

Ludwig-Erhard-Anlage 1-5

61352 Bad Homburg v. d. Höhe

Wir verbinden Menschen

Mit Bussen und Bahnen

VHT

Projekt :

Elektrifizierung Taunusbahn

von Friedrichsdorf - Usingen

f				
e				
d				
c				
b				
a				
Index		Datum	Name	Unterschrift

Planinhalt: Stützwand Bahnhof Usingen

Planungsphase :	Genehmigungsplanung	Plan-Nr.:	Anlage 2 Blatt 1 von 1	Index:	-
Planart:	Lage- und Aufschlussplan	Maßstab:	1 : 200	Streckez:	9374
Planersteller:	PG Elektrifizierung Taunusbahn	Bearbeitung	Name (Druckschrift)	Datum	Unterschrift
	PG ELEKTRIFIZIERUNG TAUNUSBahn	bearbeitet :	Ehrhardt	01/2020	
		gezeichnet :	Lampe	01/2020	
		geprüft :	Josenhans	01/2020	
Bauherr / Projektleiter:		Planersteller: PG Elektrifizierung Taunusbahn			
		Plan gleichgestellt mit der Freigabe Nr.			
		Bauvorlagenberechtigter / Ebl. vom			
Frank Denfeld		05.11.2020	gez. Denfeld		
Name (Druckschrift)		Datum	Unterschrift	Name (Druckschrift)	Datum
Bauvorlagenberechtigter (Oberleitung / LST):		Prüfvermerk bautechn. / Gutachter:			
Name (Druckschrift)		Datum	Unterschrift	Name (Druckschrift)	Datum
Fachtechnische Planprüfung (Oberleitung, LST, 50 Hz):		Genehmigungsbehörde: RP Darmstadt / LEA			
Name (Druckschrift)		Datum	Unterschrift	Name (Druckschrift)	Datum
Eisenbahnbetriebsleiter (Ebl):		HLB			
Fachtechnische Freigabe der Ausführungsunterlagen					
Name (Druckschrift)		Datum	Unterschrift	Name (Druckschrift)	Datum
Auftragnehmer :		Die Übereinstimmung mit der Ausführung bestätigt:			
Name (Druckschrift)		Datum	Stempel/Unterschrift	Name (Druckschrift)	Datum

Projekt :

Elektrifizierung Taunusbahn von Friedrichsdorf - Usingen

f				
e				
d				
c				
b				
a				
Index		Datum	Name	Unterschrift

Planinhalt: Stützwand Bahnhof Usingen

Planungsphase :	Genehmigungsplanung	Plan-Nr.:	Anlage 3 Blatt 1 von 1	Index:	-
Planart:	Bohr- und Sondierprofile	Maßstab:	1 : 100	Strecke:	9374
Km:					

Planersteller: PG Elektrifizierung Taunusbahn	Bearbeitung	Name (Druckschrift)	Datum	Unterschrift
PG ELEKTRIFIZIERUNG TAUNUSBahn	bearbeitet :	Ehrhardt	01/2020	
	gezeichnet :	Lampe	01/2020	
	geprüft :	Josenhans	01/2020	

Bauherr / Projektleiter:	Plan gleichgestellt mit der Freigabe Nr. Bauvorlagenberechtigter / Ebl. vom

Frank Denfeld	05.11.2020	gez. Denfeld		
Name (Druckschrift)	Datum	Unterschrift	Name (Druckschrift)	Datum
				Stempel/Unterschrift

Bauvorlagenberechtigter (Oberleitung / LST):	Prüfvermerk bautechn. / Gutachter:
Name (Druckschrift)	Datum
Name (Druckschrift)	Datum
	Stempel/Unterschrift

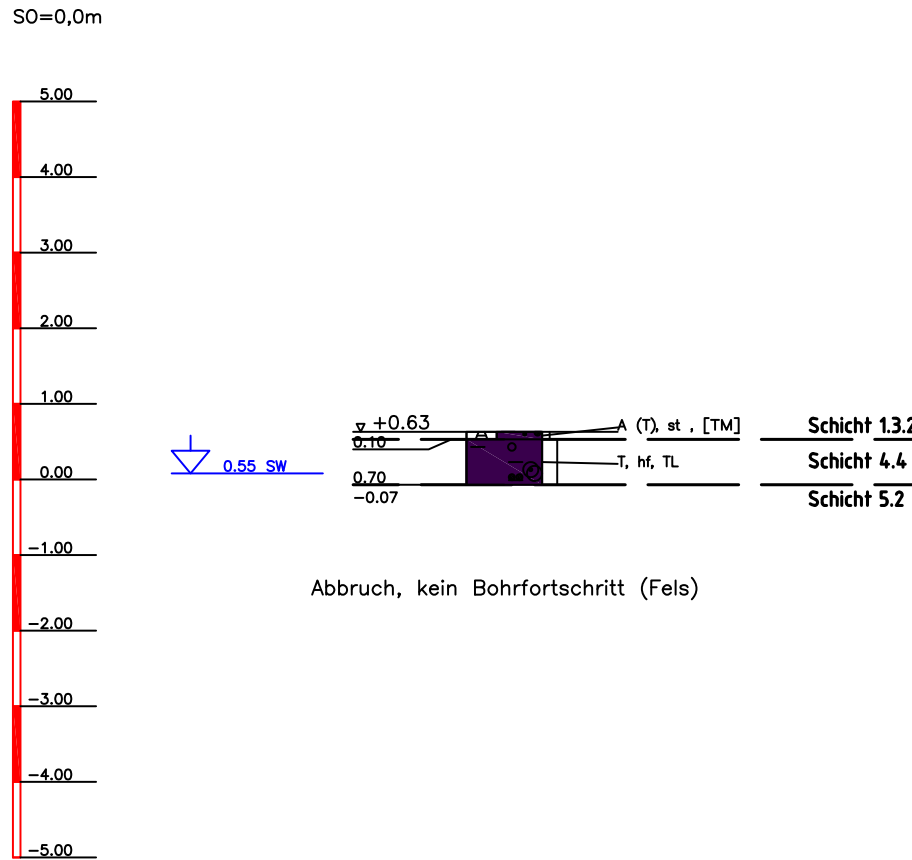
Fachtechnische Planprüfung (Oberleitung, LST, 50 Hz):	Genehmigungsbehörde: RP Darmstadt / LEA
---	---

Name (Druckschrift)	Datum	Unterschrift	Name (Druckschrift)	Datum	Unterschrift
Eisenbahnbetriebsleiter (Ebl):	Fachtechnische Freigabe der Ausführungsunterlagen				
Name (Druckschrift)	Datum	Unterschrift	Name (Druckschrift)	Datum	Unterschrift

Auftragnehmer : Die Übereinstimmung mit der Ausführung bestätigt:

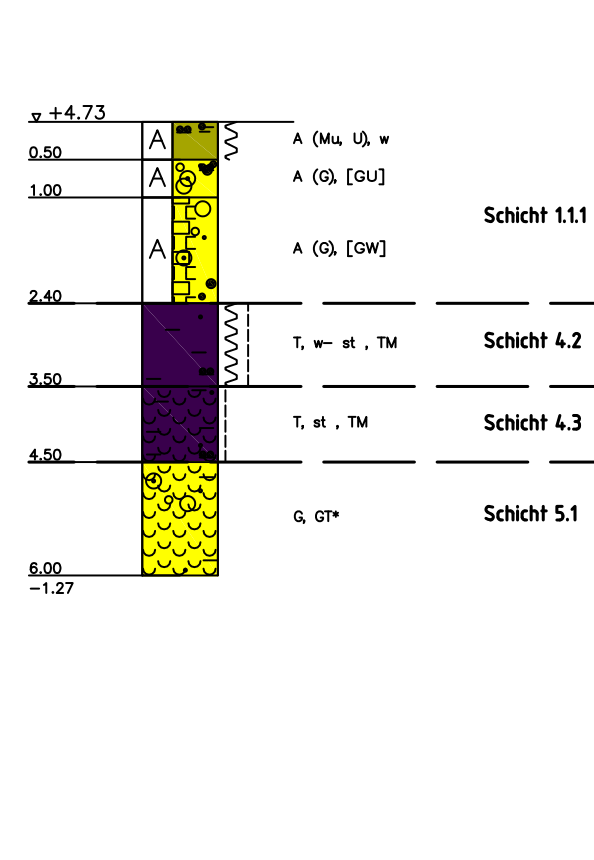
Name (Druckschrift)	Datum	Stempel/Unterschrift	Name (Druckschrift)	Datum	Unterschrift

KRB 1 / km 17,611
13.01.2020
AP 10,00 m von GA bl



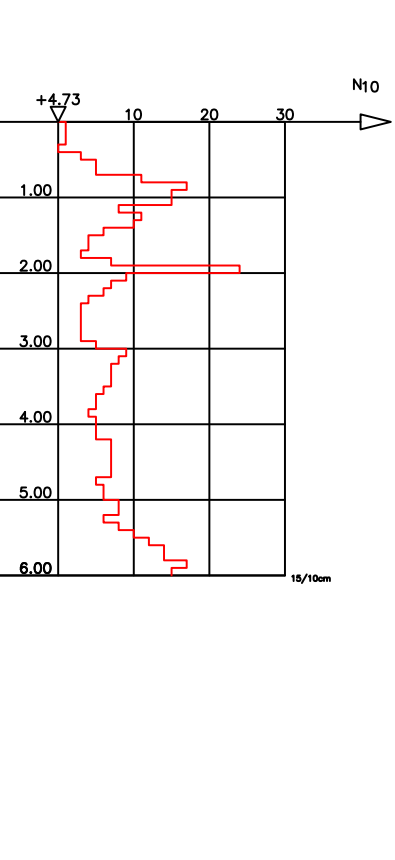
TIEFE	BODENART
0.10	Auffüllung (Ton, schluffig, sandig, humos, Wurzelreste), steif, [TM], dunkelbraun
0.70	Ton, schluffig, kiesig, schwach feucht bis naß, halbfest, TL, hellbraun

KRB 11 / km 17,625
12.11.2019
AP 25,75 m von GA bl



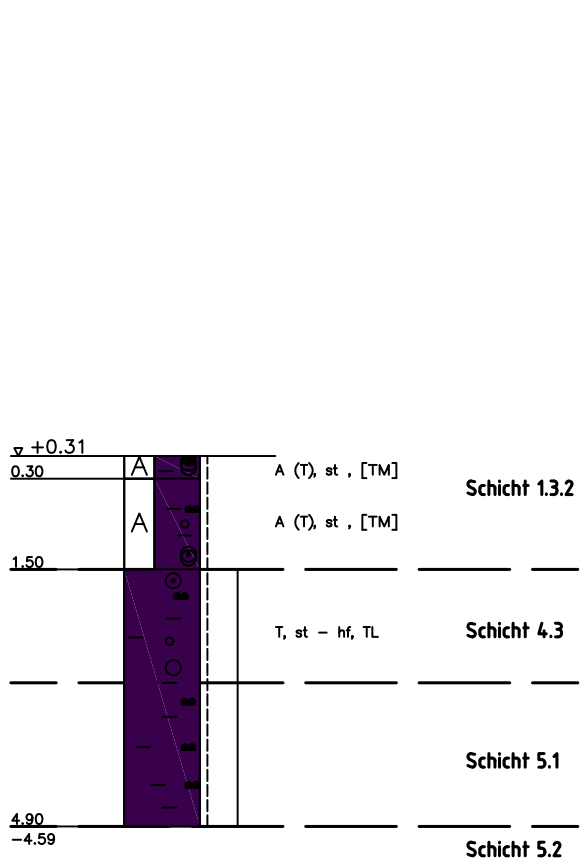
TIEFE	BODENART
0.50	Auffüllung (Mutterboden, Schluff, mittelsandig, humos), schwach feucht, weich, dunkelbraun
1.00	Auffüllung (Kies, schwach schluffig, Schotter, sandig, schwach Ziegelreste), schwach feucht, [GU], graubraun
2.40	Auffüllung (Kies, sandig, schwach Bauschutt), schwach feucht, [GW], braun
3.50	Ton, stark schluffig, feinsandig, schwach feucht, weich bis steif, TM, braun
4.50	Ton, feinsandig, Splitt, schwach schluffig, schwach feucht, steif, TM, braun
6.00	Kies, tonig, feinsandig, Tonsteinbruch, Splitt, schwach feucht, GT*, braun

DPH 11 / km 17,625
12.11.2019
AP 25,75 m von GA bl



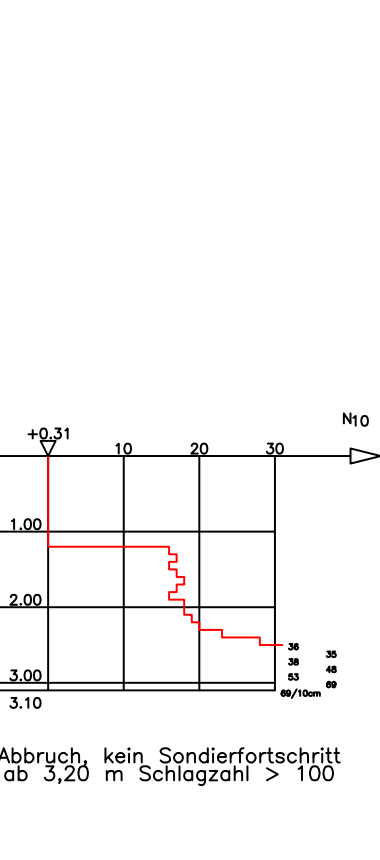
TIEFE	BODENART
0.30	Auffüllung (Ton, schluffig, stark kiesig, humos, Wurzelreste), feucht, steif, [TM], dunkelbraun
1.50	Auffüllung (Ton, schluffig, kiesig, Ziegelreste), schwach feucht, steif, [TM], braun
4.90	Ton, schluffig, schwach kiesig, schwach feucht bis naß, steif bis halbfest, TL, braun

KRB 2 / km 17,696
13.01.2020
AP 8,00 m von GA bl



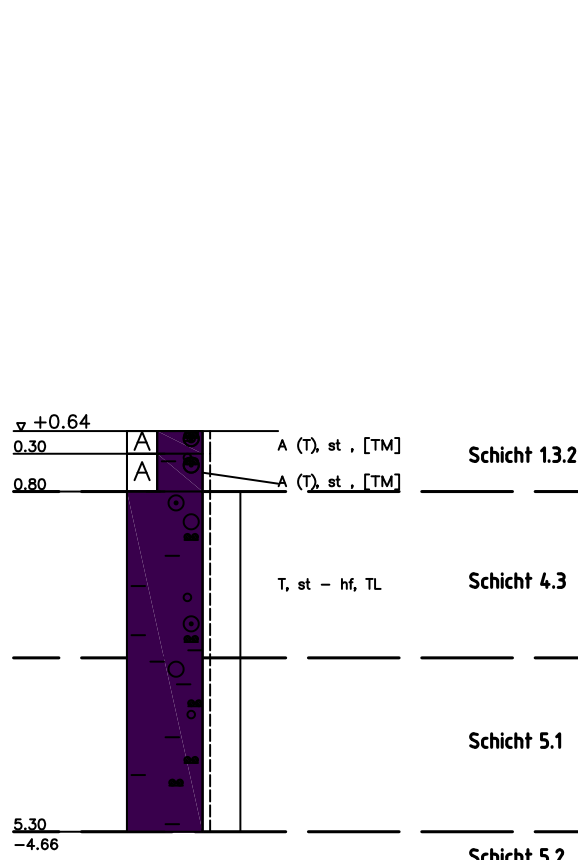
Abbruch, kein Bohrfortschritt (Fels)

DPH 2 / km 17,696
13.01.2020
AP 8,00 m von GA bl



Abbruch, kein Sondierfortschritt
ab 3,20 m Schlagzahl > 100

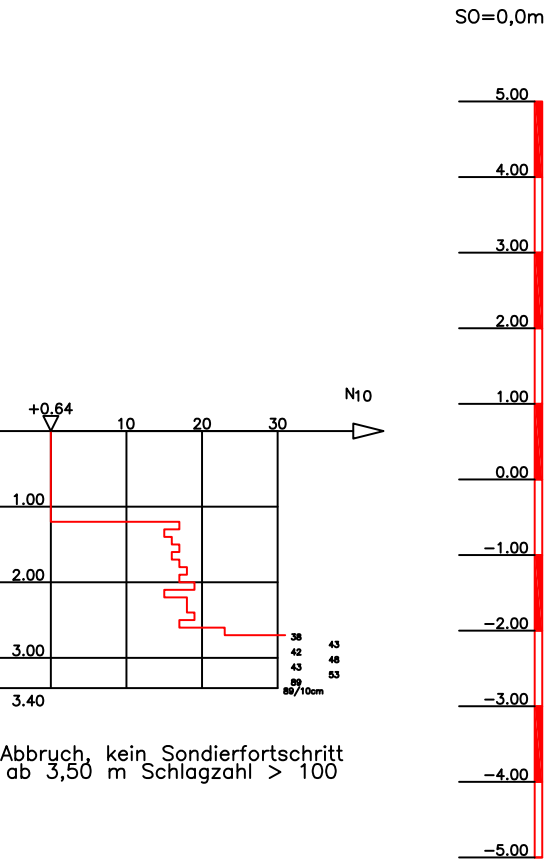
KRB 3 / km 17,738
13.01.2020
AP 5,00 m von GA bl



Abbruch, kein Bohrfortschritt (Fels)

TIEFE	BODENART
0.30	Auffüllung (Ton, schluffig, kiesig, humos, Wurzelreste), steif, [TM], dunkelbraun
0.80	Auffüllung (Ton, schluffig, kiesig, Ziegelreste), schwach feucht, steif, [TM], braun
5.30	Ton, schluffig, kiesig, steif bis halbfest, TL, braun

DPH 3 / km 17,738
13.01.2020
AP 5,00 m von GA bl



Abbruch, kein Sondierfortschritt
ab 3,50 m Schlagzahl > 100

Boden und Felskennwerte und Erläuterungen Elektrifizierung Taunusbahn

1.1 Bodenrechenwerte

Den erkundeten Baugrundsichten können aus den Laborversuchen und Erfahrungen für erdstatische Berechnungen die in Tabelle 1 dargestellten charakteristischen Rechenwerte zugeordnet werden. Die in Tabelle 1 dargestellten Rechenwerte wurden für das gesamte Projektgebiet ausgewiesen, sodass es je Untersuchungsbericht zu Fehlnummern kommen kann. Die entsprechenden Schichtnummern entnehmen Sie bitte den jeweiligen Profilen. Der erkundete, humose Oberboden, wurde aufgrund der untergeordneten Bedeutung bei den Rechenwerten nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Charakteristische Rechenwerte

Schicht		Bodengruppe nach DIN 18196	Lagerungsdichte / Konsistenz Verwitterungsstufe	γ_k	γ'_{k}	ϕ'_{k}	c'_{k}	$E_{s,\text{k}}$
				[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	[MN/m ²]
1. Auffüllungen, grob - und gemischtkörnige Sande, Kiese sowie Tone,								
1.1.1	Sand, Kies	[OH, Mu] [SE, SU, ST, GU, GT, GW, GI, SW, SI]	lo	16,5	9,0	30,0	0	10,0-20,0
1.1.2			md	17,0	9,5	32,5	0	20,0-30,0
1.1.3			d	19,0	11,5	32,5	0	20,0-40,0
1.2.1		[SU*, GU*]	lo	16,5	9,0	30,0	2,0	8,0-15,0
1.2.2			md	18,0	10,5	32,5	2,0	15,0-30,0
1.2.3			d	19,5	12,0	35	2,0	35,0-55,0
1.3.1a	Ton, Schluff	[TL, TM, UL, UM]	br, br-we	17,0	7,5	20,5	1,0	1,0
1.3.1			we	17,5	9,0	25,0	3,0	1,0-5,0
1.3.2			st	20,0	10,0	27,5	8,0	8,0
1.3.3			hf	21,0	11,0	30,0	10,0	12,0
2. / 3. grob - und gemischtkörnige Sande, Kiese								
2.1	Sand, Kies	SU, ST	lo	16,0	8,5	30,0	0	20,0
2.2		SI, SW, SU, ST, GW, GU, GT, SU/ST	md	17,0	9,5	32,5	0	30,0-50,0
2.3			di	19,0	11,5	32,5	0	30,0-50,0
3.1		SU*, ST*, GU*	lo	16,5	9,0	30,0	2,0	8,0-12,0
3.2			md	18,0	10,5	32,5	2,0	25,0-35,0

Boden und Felskennwerte

Seite 2 von 11

Schicht		Bodengruppe nach DIN 18196	Lagerungsdichte / Konsistenz Verwitterungsstufe	γ_k	γ'_k	φ'_k	c'_k	$E_{s,k}$
				[kN/m³]	[kN/m³]	[°]	[kN/m²]	[MN/m²]
3.3			di	19,5	12,0	35	2,0	45,0-55,0
4. Tone und Schluffe								
4.1	Ton, Schluff	TM	br	17,0	7,5	20,5	1,0	1,0
4.2		UL, TL, UM, TM, ST*-TL, SU*-UL	w, w-st	17,5	9,0	25,0	3,0	5,0-0
4.3			st	20,0	10,0	27,5	8,0	8,0-10,0
4.4		TL, TM	hf	21,0	11,0	30,0	10,0	12,0-15
5. Verwitterungszone								
5.1	Fels, z, vv	Tst, Ust	V4-V5	22,5	10	25	10-15	20,0-60,0
5.2			V3	25	12	0-100	20-100	60,0-100,0

Für Fels Schicht 5.1 bis 5.2 (V5 bis V0) wird die einaxiale Druckfestigkeit angegeben. Entsprechend der Literatur und Erfahrungswerte können den einzelnen Verwitterungsstufen folgende Wertebereiche zugeordnet werden. Diese Werte sind abhängig von der jeweiligen Felsart:

- 5.1 V4-V5 völlig verwittert (Boden) bis stark verwittert (ehemals VZ)
- 5.2 V3 verwittert (ehemals VE)

1.2 Rammfähigkeit des Untergrundes

Eine Klassifizierung der Böden hinsichtlich ihrer Rammfähigkeit (z.B. nach DIN-Norm) gibt es nicht. Die nachfolgende Einschätzung basiert auf der Grundlage der erkundeten Bodenarten, der Lagerungsdichten bzw. der Konsistenzen und Erfahrungen.

Tabelle 2: Rammfähigkeit

Schicht	Bodenart	Rammfähigkeit
1.1.1, 1.2.1	Auffüllung, rollig, locker	leicht bis mittelschwer
1.1.2, 1.2.2	Auffüllung, rollig, mitteldicht	mittelschwer bis schwer
1.1.3, 1.2.3	Auffüllung, rollig, dicht	schwer bis sehr schwer
1.3.1	Auffüllung, bindig, breiig	leicht
1.3.2	Auffüllung, bindig, weich	leicht bis mittelschwer
1.3.3	Auffüllung, bindig, steif	mittelschwer bis schwer
1.3.4	Auffüllung, bindig, halbfest	schwer bis sehr schwer
2.1, 3.1	Sande, Kiese, locker	leicht bis mittelschwer
2.2, 3.2	Sande, Kiese, mitteldicht	mittelschwer bis schwer
2.3, 3.3	Sande, Kiese, dicht	schwer bis sehr schwer ¹⁾
4.1	Ton, Schluff breiig	leicht
4.2	Ton, Schluff weich	leicht bis mittelschwer
4.3	Ton, Schluff steif	mittelschwer bis schwer

Schicht	Bodenart	Rammfähigkeit
4.4	Ton, Schluff halbfest	schwer bis sehr schwer ¹⁾
5.1	V4 - V5	schwer bis sehr schwer ¹⁾
5.2	V3	sehr schwer bis nicht rammbaar

¹⁾ ggf. Einsatz einer Rammhilfe erforderlich (z. Bsp. Vorbohren, Spülung)

In aufgefüllten Böden ist mit Steinen o.ä. zu rechnen, die die Rammfähigkeit des Untergrundes wesentlich verschlechtern können.

Im Bereich der Schicht 5.1 sind in Abhängigkeit des Verwitterungsgrades nur bedingt Rammarbeiten unter zu Hilfenahme von Rammhilfen wie z.B. Vorbohren / Auflockerungsbohrungen möglich. Ab Schicht 5.2 sind ohne Rammhilfen keine Rammarbeiten mehr möglich.

Sofern Rammarbeiten vorgesehen sind, empfehlen wir, zur Auswahl der Rammtechnologie und Rammgeräte eine Fachfirma einzuschalten und Proberammungen vorzusehen. Die von uns vorgenommenen Einschätzungen zur Rammpbarkeit schließen nicht die Erfahrungen von Bauunternehmen bei der Durchführung von Rammarbeiten mit ähnlichen Baugrundverhältnissen aus.

Grundsätzlich sind bei der Ausführung der Rammarbeiten die Regelungen der DIN 18304 zu beachten.

1.3 Spundwand

1.3.1 Vertikale Lastabtragung

Die Lastabtragung einer Spundwand erfolgt über Spitzendruck und Mantelreibung. Als tragfähiger Boden gelten dabei nach EAB nichtbindige Böden mit einem Spitzenwiderstand der Drucksonde von mindestens 10 MN/m², was bei einer schweren Rammsondierung (DPH) etwa 10 Schlägen je 10 cm Eindringtiefe gleichgesetzt werden kann oder bindige Böden mit $c_u \geq 100$ kPa. Das heißt, die Spundwände müssten in die mitteldicht bis dicht gelagerten rolligen Böden oder mindestens steifen bindigen Böden geführt werden, wenn ein Spitzenwiderstand angesetzt werden soll. Weiterhin ist die Abtragung von zusätzlichen Lasten neben der Eigenlast der Baugrubenkonstruktion und der Vertikalkomponente des Erddrucks nach bei Spundwänden nur ab einer Mindesteinbindetiefe von $t_g \geq 3,0$ m zulässig.

Die vertikale Tragfähigkeit von Spundwandkonstruktionen ergibt sich mit einem tiefenabhängigen Fußwiderstand nach EAB wie folgt:

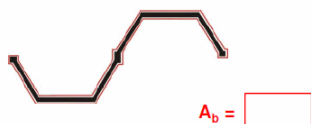

$$R_{1,k} = A_b \cdot q_{b,k} + A_s \cdot q_{s,k}$$

A_b - wirksame Aufstandsfläche

$q_{b,k}$ - charakteristischer Fußwiderstand

A_s - tatsächlich vorhandene Mantelfläche unterhalb der Baugrubensohle

$q_{s,k}$ - charakteristische Mantelreibung

<p>Die Ermittlung des charakteristischen Fußwiderstandes ergibt sich gemäß EAB 2012, Bild EB85-1 aus der vorhandenen Stahlquerschnittsfläche A_b und dem Spitzendruck. Eine Bodenpfropfenbildung wird nicht mehr angesetzt.</p>	<p>Der charakteristische Mantelwiderstand ermittelt sich gemäß EAB 2012 aus der vorhandenen Mantelfläche A_s unterhalb der Baugrubensohle. Die Mantelreibung ist auf der Baugrubenseite anzusetzen. Auf der gegenüberliegenden Seite (aktive Seite) sollte sie bis zum theoretischen Fußpunkt der Spundwand nicht angesetzt werden, da sich die Spundwand durch die Horizontal-kräfte vom Boden wegbewegt. Nach EAU, Abschnitt 8.2.5.6.5, in der das gleiche Verfahren zur Tragfähigkeitsermittlung verwendet wird, kann die Wandreibung auf der passiven Seite ggf. um einen Faktor von bis zu 2 erhöht werden.</p>
<p>$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k}$</p>  <p>$A_b = \square$</p>	<p>$R_{v,k} = A_s \cdot q_{s,k}$</p>  <p>passive Seite $A_s = \dots$ aktive Seite $A_s = \dots$</p>

In der nachfolgenden Tabelle 3 ist der charakteristische Spitzendruck $q_{b,k}$ und die Mantelreibung $q_{s,k}$ für Stahlträgerprofile bzw. Spundwände angegeben. Die Werte für nichtbindige Böden wurden in Anlehnung an die EAB 2012, Anhang A10 und für bindige Böden gemäß EA-Pfähle 2012 gewählt.

Tabelle 3: Charakteristische Werte Spitzendruck und Mantelreibung gemäß EAB und EA Pfähle

Schicht	Lagerungsdichte / Konsistenz	Spitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
1.1.1	locker	---	0,01
1.1.2	mitteldicht	5,0	0,015
1.1.3	dicht	10,0	0,03
1.2.1	locker	---	0,01
1.2.2	mitteldicht	3,0	0,015
1.2.3	dicht	8,0	0,03
1.3.1	weich	---	0,005 ¹⁾
1.3.2	steif	0,25 ¹⁾	0,01 ¹⁾
1.3.3	halbfest	0,50 ¹⁾	0,035 ¹⁾
2.1	locker	---	0,01
2.2	mitteldicht	7,5	0,02
2.3	dicht	15,0	0,04
3.1	locker	---	0,01

Boden und Felskennwerte

Seite 5 von 11

Schicht	Lagerungsdichte / Konsistenz	Spitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²]	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
3.2	mitteldicht	6,5	0,015
3.3	dicht	12,0	0,03
4.1	breiig	---	---
4.2	weich	---	0,005 ¹⁾
4.3	steif	0,30 ¹⁾	0,040 ¹⁾
4.4	halbfest	0,65 ¹⁾	0,065 ¹⁾
5.1 ²⁾	Fels V4-5	7,5	0,02

¹⁾ Die angegebenen Werte sind mit den Anpassungsfaktoren für Spundbohlen nach Kempfert/Becker multipliziert; für die Mantelreibung mit $\eta_s=0,45$ und für den Spitzendruck mit $\eta_b=1,3$.

²⁾ Man kann nur sinnvoll bis Schicht 5.1 rammen. Für diese Schicht kann $c_u = 60 \dots 100$ kPa angenommen werden. Ab Schicht 5.2 können die Werte aus dem Abschnitt 1.1 angegeben werden. Diese Schichten sind höchstens mit Vorbohren rammbaar. Dann gilt Tabelle 5.16 der EA Pfähle für Bohrpfähle in Fels.

1.4 Träger- Bohlverbau

In der nachfolgenden Tabelle 4 sind der charakteristische Spitzendruck $q_{b,k}$ und die Mantelreibung $q_{s,k}$ für *Rammpfähle (Stahl-/Spannbeton)* zur Vorbemessung von Bohlträgern angegeben. Die charakteristischen Werte für Bohlträger können mit den in Tabelle 4 angegebenen Modellfaktoren gemäß EA-Pfählen, η_b für den Spitzendruck und η_s für die Mantelreibung, für das entsprechend gewählte Stahlträgerprofil ermittelt werden.

Tabelle 4: Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung für Rammpfähle in Anlehnung an die EA-Pfähle ohne Berücksichtigung der Modellfaktoren

Schicht	Bodenart	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²] ¹⁾	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
1.1.1	Auffüllung, rollig, locker	---	0,015
1.1.2	Auffüllung, rollig, mitteldicht	2,2 - 4,2	0,03
1.1.3	Auffüllung, rollig, dicht	3,0 - 5,0	0,05
1.2.1	Auffüllung, schluffig, locker	---	0,01
1.2.2	Auffüllung, schluffig, mitteldicht	1,1 - 3,4	0,025
1.2.3	Auffüllung, schluffig, dicht	2,2 - 4,2	0,04
1.3.1	Auffüllung, bindig, weich	---	0,005
1.3.2	Auffüllung, bindig, steif	0,25 - 0,4	0,01
1.3.3	Auffüllung, bindig, halbfest	0,5 - 0,7	0,035
2.1	Sande, Kiese, locker	---	0,02
2.2	Sande, Kiese, mitteldicht	2,2 - 4,2	0,04
2.3	Sande, Kiese, dicht	4,0 - 7,6	0,065
3.1	Sande, Kiese, schluffig, locker	---	0,015
3.2	Sande, Kiese, schluffig, mitteldicht	2,0 - 4,0	0,035
3.3	Sande, Kiese, schluffig, dicht	3,0 - 5,0	0,05

Boden und Felskennwerte

Seite 6 von 11

Schicht	Bodenart	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²] ¹⁾	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
4.1	Ton, Schluff breiig	---	---
4.2	Ton, Schluff weich	---	0,005
4.3	Ton, Schluff steif	0,35 - 0,6	0,040
4.4	Ton, Schluff halbfest	0,65 - 0,95	0,065
5.1	Fels, V4-V5	0,6 - 2,0 ²⁾	0,06 - 0,15 ²⁾
5.2	Fels, V3	1,6 - 4,0 ²⁾	0,080 - 0,25 ²⁾

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung nach EA-Pfähle

²⁾ in Abhängigkeit des jeweiligen Gesteines und des Durchtrennungsgrades

Tabelle 5: Modellfaktoren für Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung η_b bzw. η_s von Fertigrammpfählen nach EA-Pfähle

Pfahltyp		η_b	η_s
Stahlbeton und Spannbeton		1,00	1,00
Stahlträgerprofil ¹⁾ ($h \leq 0,5$ m und $h/b_F \leq 1,5$)	$s = 0,035 \cdot D_{eq}$	$0,61 - 0,3 \cdot h/b_F$	0,60
	$s = 0,10 \cdot D_{eq}$	$0,78 - 0,3 \cdot h/b_F$	
doppeltes Stahlträgerprofil		0,25	0,60
offenes Stahlrohr und Hohlkasten ($0,3$ m $\leq D_b \leq 1,6$ m)		$0,95 \cdot e^{-1,2 \cdot D_b}$	$1,1 \cdot e^{-0,63 \cdot D_b}$
geschlossenes Stahlrohr ($D_b \leq 0,8$ m)		0,80	0,60

¹⁾ h = Höhe des Stahlträgerprofils, b_F = Flanschbreite des Stahlträgerprofils, D_{eq} = äquivalenter Durchmesser des Pfahlfußes [m]

Es sind die Vorgaben der Richtlinie DIN 4124 Abschnitt 8.2 zu berücksichtigen. Die Pfahlbetung ist aus:

$$k_s = E_s / D_{eq} \text{ zu berechnen}$$

1.5 Bohrpfahlgründung

In den nachfolgenden Tabellen werden die zur Vorbemessung erforderlichen Bohrpfahlkennwerte für die maßgebenden Baugrundsichten in Anlehnung an die EA-Pfähle angegeben.

Tabelle 6: Pfahlspitzenwiderstand und Pfahlmantelreibung

Schicht	Bodenart	Spitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²] ¹⁾	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
1.1.1	Auffüllung, rollig, locker	---	0,015
1.1.2	Auffüllung, rollig, mitteldicht	0,055 / 0,7 / 1,6	0,055
1.1.3	Auffüllung, rollig, dicht	0,8 / 1,05 / 2,3	0,08
1.2.1	Auffüllung, schluffig, lo-	---	0,01

Boden und Felskennwerte

Seite 7 von 11

Schicht	Bodenart	Spitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²] ¹⁾	Mantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
	cker		
1.2.2	Auffüllung, schluffig, mitteldicht	0,055 / 0,7 / 1,6	0,055
1.2.3	Auffüllung, schluffig, dicht	0,8 / 1,05 / 2,3	0,08
1.3.1	Auffüllung, bindig, weich	---	0,015
1.3.2	Auffüllung, bindig, steif	0,35 / 0,45 / 0,8	0,03
1.3.3	Auffüllung, bindig, halbfest	0,6 / 0,7 / 1,2	0,05
2.1	Sande, Kiese, locker	---	0,03
2.2	Sande, Kiese, mitteldicht	0,8 / 1,05 / 2,3	0,07
2.3	Sande, Kiese, dicht	1,2 / 1,5 / 3,5	0,12
3.1	Sande, Kiese, schluffig, locker	---	0,02
3.2	Sande, Kiese, schluffig, mitteldicht	0,55 / 0,7 / 1,6	0,055
3.3	Sande, Kiese, schluffig, dicht	1,05 / 1,35 / 3,0	0,105
4.1	Ton, Schluff breiig	---	---
4.2	Ton, Schluff weich	---	0,025
4.3	Ton, Schluff steif	0,35 / 0,45 / 0,8	0,04
4.4	Ton, Schluff halbfest	0,75 / 0,9 / 1,5	0,065
5.1	Tonstein, V4-V5	0,6 ¹⁾	0,06 ¹⁾
5.2	Tonstein, V3	1 ¹⁾	0,1 ¹⁾

¹⁾Grenzmantelreibungswert Technische Information Firma Ischebeck und EA - Pfähle

Die angegebenen Werte gelten für Bohrpfähle ($D = 0,30 - 3,0$ m) mit einer Einbindetiefe in den tragfähigen Baugrund bei Lockergesteinsböden und Festgestein (einaxiale Druckfestigkeit $\leq 0,5$ MN/m²) von mindestens 2,5 m. Die Mächtigkeit der tragfähigen Böden unterhalb der Pfahlfußfläche darf ein Maß von 3 x Pfahldurchmesser (mind. jedoch 1,5 m) nicht unterschreiten. Darüber hinaus ist sicherzustellen, dass in diesem Bereich $q_c \geq 10,0$ MN/m² bzw. $c_{u,k} \geq 0,10$ MN/m² nachgewiesen ist. Wenn die genannten geometrischen Werte unterschritten werden, ist ein Nachweis gegen Durchstanzen zu führen. Außerdem ist dann nachzuweisen, dass der darunter liegende Boden das Setzungsverhalten nicht maßgeblich beeinträchtigt. Sofern dies nicht gewährleistet ist, empfehlen wir, sicherheitshalber keinen Spitzendruck anzusetzen. Die Mindesteinbindung der Bohrpfähle in Fels beträgt 0,50 m bei einer einaxialen Druckfestigkeit von ≥ 5 MN/m².

Des Weiteren gelten die Angaben für Einzelpfähle und unter Beachtung der ergänzenden Forderungen und Hinweise der EA-Pfähle.

1.6 Rammpfähle

Das Einbringen der Rammpfähle sollte erschütterungsarm erfolgen, um Schäden an der Gleisanlage, den Fahrleitungsmasten sowie an bereichsweise vorhandenen Nachbarbebauungen zu vermeiden. Durch die Rammarbeiten ist mit Verdichtungssetzungen in der locker gelagerten Auffüllung bzw. den locker gelagerten Sanden und Kiesen zu rechnen. Beim Rütteln oder Einvibrieren der Rammpfähle sind zusätzlich Geräte zur Hindernisbergung bzw. Beseitigung vorzuhalten.

Um die auftretende Vibrationseinwirkung in den Baugrund sowie die Lärmbelästigung zu reduzieren, wäre die Möglichkeit des Vorbohrens gegeben. Diese Bohrung sollte dann möglichst mindestens 1,0 m über dem Pfahlfuß enden, um eine ausreichende Tragfähigkeit des Pfahlfußes zu ermöglichen. Bei der Anwendung des Vorbohrens bzw. bei Einsatz von Spülhilfen sind zur Bemessung Abminderungsfaktoren zu berücksichtigen.

Die Einbindung der Rammträger müsste nach EA-Pfähle bei Lockergesteinsböden mindestens 2,5 m in tragfähige Schichten erfolgen. Gemäß EA-Pfähle gelten rollige Böden mit einem Spitzenwiderstand der Drucksonde $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$ und bindige Böden mit einer Scherfestigkeit des undrännierten Bodens $c_{u,k} \geq 0,1 \text{ MN/m}^2$ als ausreichend tragfähig und somit relevant für den Ansatz eines Pfahlsitzendruckes.

Das heißt, die Träger müssten mindestens 2,5 m in die bindigen Böden mit mindestens steifer Konsistenz sowie die rolligen Böden mit mindestens mitteldichter Lagerung einbinden.

In der nachfolgenden Tabelle werden die zur Vorbemessung erforderlichen Kennwerte für Rammpfähle in Anlehnung an die EA-Pfähle angegeben. Die in Abhängigkeit vom Pfahltyp anzusetzenden Modelfaktoren nach EA-Pfähle, η_b für den Pfahlsitzendruck und η_s für die Pfahlmantelreibung, sind dabei nicht berücksichtigt.

Tabelle 7: Pfahlsitzendruck und Pfahlmantelreibung für Rammpfähle nach EA-Pfähle ohne Berücksichtigung der Modelfaktoren

Schicht	Bodenart	Pfahlsitzendruck $q_{b,k} [\text{MN/m}^2]$ ^{1), 2)}	Pfahlmantelreibung $q_{s,k} [\text{MN/m}^2]$ ²⁾
1.1.1	Auffüllung, rollig, locker	---	0,015
1.1.2	Auffüllung, rollig, mitteldicht	2,0 - 4,0	0,025
1.1.3	Auffüllung, rollig, dicht	3,0 - 5,0	0,05
1.2.1	Auffüllung, schluffig, locker	---	0,01
1.2.2	Auffüllung, schluffig, mitteldicht	1,1 - 3,4	0,025
1.2.3	Auffüllung, schluffig, dicht	2,2 - 4,2	0,04
1.3.1	Auffüllung, bindig, breiig	---	---
1.3.2	Auffüllung, bindig, weich	---	0,01
1.3.3	Auffüllung, bindig, steif	0,3 - 0,5	0,025

Boden und Felskennwerte

Seite 9 von 11

Schicht	Bodenart	Pfahlspitzendruck $q_{b,k}$ [MN/m ²] ^{1), 2)}	Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²] ²⁾
1.3.4	Auffüllung, bindig, halbfest	0,5 - 0,8	0,03
2.1	Sande, Kiese, locker	---	0,02
2.2	Sande, Kiese, mitteldicht	2,2 - 4,2	0,03
2.3	Sande, Kiese, dicht	4,0 - 7,6	0,065
3.1	Sande, Kiese, schluffig, locker	---	0,015
3.2	Sande, Kiese, schluffig, mitteldicht	2,0 - 4,0	0,035
3.3	Sande, Kiese, schluffig, dicht	3,8 - 7,0	0,055
4.1	Ton, Schluff breiig	---	---
4.2	Ton, Schluff weich	---	0,01
4.3	Ton, Schluff steif	0,35 - 0,6	0,02
4.4	Ton, Schluff halbfest	0,55 - 0,85	0,035
5.1	Fels, V4-V5	0,35 - 0,6	0,03

¹⁾ in Abhängigkeit von bezogener Pfahlkopfsetzung nach EA-Pfähle

²⁾ Die Modellfaktoren η_b und η_s für Spitzen- und Mantelwiderstand sind in Abhängigkeit vom Pfahltyp entsprechend EA-Pfähle Tabelle 5.5 zu berücksichtigen.

Die angegebenen Werte gelten für:

- vorgefertigte Stahlbeton- und Spannbetonpfähle von $D_{eq}=0,25$ bis 0,5 m,
- geschlossene Stahlrohrpfähle mit einem Durchmesser bis 800 mm,
- offene Stahlrohr- / Hohlkastenpfähle mit einem Durchmesser von 300 mm bis 1600 mm
- Stahlträgerprofilpfähle mit Flanschbreiten von 300 bis 500 mm und Profilhöhen von 290 bis 1000 mm und
- Kastenpfähle

Wenn der Spitzendruck angesetzt wird, darf die Mächtigkeit der tragfähigen Böden unterhalb der Pfahlfußfläche bei $d = 0,5$ m ein Maß von 2,5 m (5 x Pfahldurchmesser) nicht unterschreiten. Sind die vorgenannten Randbedingungen nicht eingehalten, ist ein Nachweis gegen Durchstanzen sowie des Setzungsverhaltens des darunterliegenden Bodens zu führen. Ansonsten empfehlen wir sicherheitshalber keinen Spitzendruck anzusetzen.

Des Weiteren gelten die Angaben für Einzelpfähle und unter Beachtung der ergänzenden Forderungen und Hinweise der EA-Pfähle. Für die Gewährleistung einer einwandfreien Pfropfenbildung wird eine Mindestpfahllänge von 5,0 m bei Lockergesteinsböden empfohlen.

Sofern Rammhilfen, beim Einbringen der Rammpfähle zum Einsatz kommen, sind die in Tabelle 8 angegebenen Abminderungsfaktoren zu berücksichtigen.

Tabelle 8: Abminderungsfaktoren

Boden und Felskennwerte

	Vorbohren		Spülhilfe
Mantelreibung	0,5	bei $d - d_B \leq 50 \text{ mm}$	0,9
	0,6	bei $d - d_B > 50 \text{ mm}$	
	1,0	bei $d - d_B > 150 \text{ mm}$	
Spitzendruck	1,0 ¹⁾		1,0 ¹⁾

d Pfahl- \varnothing bzw. -breite

d_B \varnothing Bohrung

¹⁾ gilt nur, wenn Rammhilfe 1,0 m oberhalb der Pfahlspitze endet

1.7 Mikropfähle – Kleinverpresspfähle / Anker

Unter Mikropfähle versteht man Verpresspfähle mit einem Schaftdurchmesser kleiner 300 mm. Sie eignen sich zur Abtragung von Druck- und Zugkräften. Mikropfähle werden wegen der kleinen Bohrgeräte oft zur Nachgründung bereits bestehender Bauwerke verwendet. Die Lastabtragung erfolgt dabei ausschließlich über die Mantelreibung. Auf Grund der Form und Art der Kraftübertragung in den Boden können die hier angegebenen Werte für die Mantelreibung auch für Ankerdimensionierungen angesetzt werden.

Die Krafteintragungslänge der Verpresspfähle sollte mindestens 3,0 m in die tragfähigen Bodenschichten erfolgen. Tragfähige Schichten für den Ansatz einer Pfahlmantelreibung sind im Sinne der EA-Pfähle rollige Böden mit einem mittleren Spitzenwiderstand der Drucksonde $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$ oder bindige Böden mit einer Scherfestigkeit des undrained Bodens $c_{u,k} \geq 0,06 \text{ MN/m}^2$.

Für die Herstellung der Mikropfähle sind die Hinweise und Forderungen der DIN EN 14199 und DIN 18539 zu beachten.

Bei Zugpfählen sollten nach EA-Pfähle immer Pfahlprobelastungen durchgeführt. Auch die DIN 1054 lässt eine Abschätzung der Zugfahlwiderstände nur in Ausnahmefällen zu.

Die rechnerische Länge der verpressten Mikropfähle ist nach EA-Pfähle auf maximal 12,0 m zu begrenzen, da dies dem bisherigen Erfahrungsbereich entspricht. In der Praxis werden jedoch auch größere Längen hergestellt.

Bei der Nachweisführung von Zugpfahlgruppen ist zu beachten, dass hier nach DIN 1054 stets zwei Grenzfälle zu untersuchen sind:

- mit der Annahme, dass jeder Pfahl als Einzelpfahl wirkt und
- mit der Annahme, dass die Pfähle zusammen mit dem umgebenden Boden infolge der Gruppenbildung einen geschlossenen Block bilden.

Boden und Felskennwerte

Seite 11 von 11

Vorbehaltlich der durchzuführenden Pfahlprobabelastungen werden in der EA-Pfähle Erfahrungswerte der Pfahlmantelreibung von verpressten Mikropfählen für nichtbindige und bindige Böden angegeben. Die Zwischenwerte der Tabelle können geradlinig interpoliert werden. Dabei ist zu beachten, dass die Werte für Druckpfähle gelten und die Werte für Zugpfähle deutlich abzumindern sind.

In Anlehnung an die EA-Pfähle und Erfahrungen werden in Tabelle 9 Bruchwerte der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m²] empfohlen.

Tabelle 9: Bruchwerte der Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ für Mikropfähle, Kleinverpresspfähle

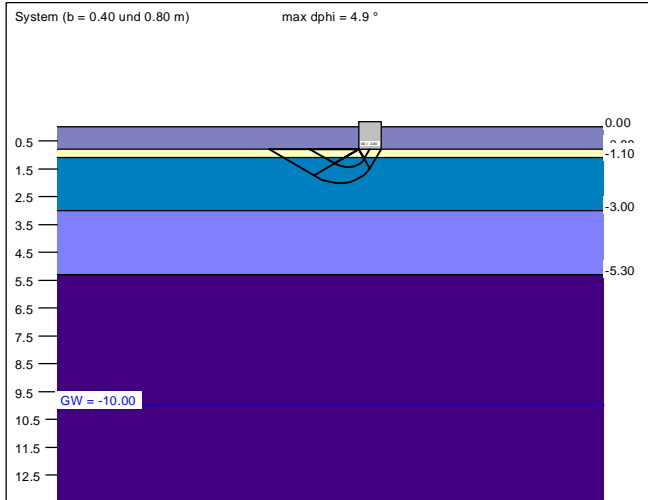
Schicht	Bodenart	Bruchwert Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ [MN/m ²]
1.1.1	Auffüllung, rollig, locker	0,015
1.1.2	Auffüllung, rollig, mitteldicht	0,1
1.1.3	Auffüllung, rollig, dicht	0,15
1.2.1	Auffüllung, schluffig, locker	0,01
1.2.2	Auffüllung, schluffig, mitteldicht	0,1
1.2.3	Auffüllung, schluffig, dicht	0,15
1.3.1	Auffüllung, bindig, weich	0,01
1.3.2	Auffüllung, bindig, steif	0,05
1.3.3	Auffüllung, bindig, halbfest	0,095
2.1	Sande, Kiese, locker	0,03
2.2	Sande, Kiese, mitteldicht	0,15
2.3	Sande, Kiese, dicht	0,25
3.1	Sande, Kiese, schluffig, locker	0,02
3.2	Sande, Kiese, schluffig, mitteldicht	0,13
3.3	Sande, Kiese, schluffig, dicht	0,20
4.1	Tone, Schluffe breiig	---
4.2	Tone, Schluffe weich	0,025
4.3	Tone, Schluffe steif	0,06
4.4	Tone, Schluffe halbfest	0,1
5.1	Tonstein, V4-V5	0,15 ¹⁾
5.2	Tonstein, V3	0,1 ¹⁾

¹⁾Grenzmantelreibungswert Technische Information Firma Ischebeck aus Erfahrungswerten und EA-Pfähle

Die angegebenen Werte gelten zur Vorbemessung und unter Vorbehalt der noch durchzuführenden Pfahlprobabelastungen. Die genauen Schichtunterkanten sind den jeweiligen Bohrprofilen zu entnehmen. Wir empfehlen, die Pfahlbohrungen zu überwachen und die Pfahllängen im Zuge der Bauausführung ggf. zu präzisieren.

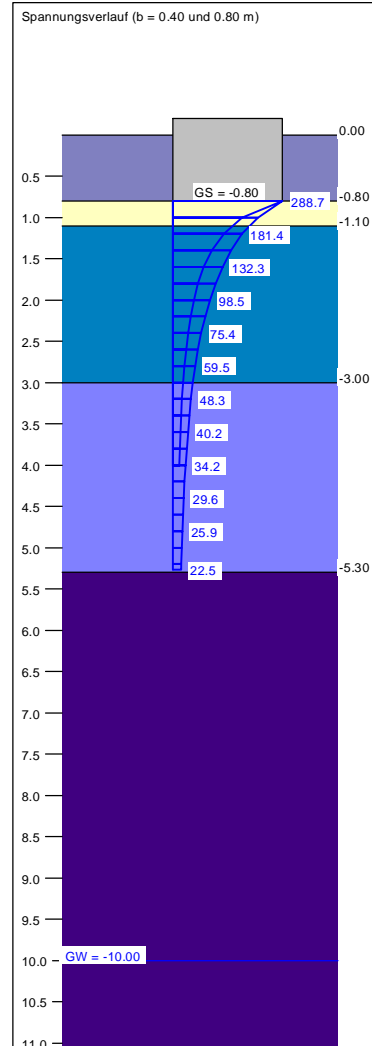
KRB 3

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	ϕ [°]	c [kN/m²]	E _s [MN/m²]	v [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	27.5	8.0	8.0	0.00	1.3.2 [TM] st
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Kiespolster
	20.0	10.0	27.5	8.0	9.0	0.00	4.3 TL st-hf
	22.5	10.0	25.0	10.0	20.0	0.00	5.1 Felsersatz
	25.0	12.0	32.5	20.0	60.0	0.00	5.2 Felsersatz



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	R _{n,d} [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m²]	γ_z [kN/m³]	σ_u [kN/m²]	t _g [m]	UK LS [m]	k _s [MN/m²]
10.00	0.40	397.1	158.8	278.7	1.52 *	30.4	5.10	19.38	16.00	4.01	1.44	18.4
10.00	0.60	398.5	239.1	279.6	2.11 *	29.3 **	5.99	19.55	16.00	4.67	1.73	13.3
10.00	0.80	411.3	329.1	288.7	2.70 *	28.8 **	6.47	19.64	16.00	5.27	2.02	10.7

* Vorbelastung = 5.0 kN/m²
 ** phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{G,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{G,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{G,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Taunusbahn Stützwand südlich Bf. Usingen



Berechnungsgrundlagen:
 Winkelstützmauern
 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 = 0.500

$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Oberkante Gelände = 0.00 m
 Gründungssohle = -0.80 m
 Grundwasser = -10.00 m
 Vorbelastung = 5.0 kN/m²
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefe spannungsvariabel bestimmt
 — Sohldruck
 — Setzungen

