

Geotechnisches Gutachten

Beseitigung Bahnübergang Lanzenhofen Zusatzuntersuchungen 2019 Alternativstandort Brücke über die DB Lindau - Memmingen

Projekt Nr.	A 1508006 / A1909008
Bauvorhaben	Beseitigung Bahnübergang Lanzenhofen Baugrunderkundung Trasse und Gründung Brückenbauwerk über die DB Strecke Lindau – Memmingen hier: Ergänzende Baugrunderkundung und geotechnisches Ergänzungsgutachten Alternativstandort Brückenbauwerk
Auftraggeber	Stadtverwaltung Leutkirch Tiefbau Marktstraße 26 88299 Leutkirch im Allgäu
Planung	DR. SCHÜTZ INGENIEURE Beratende Ingenieure im Bauwesen PartG mbB An der Stadtmauer 13 87435 Kempten (Allgäu)
Datum	27.09.2019
Bearbeitung	Dipl.-Geol. K. Merk

- Inhalt:
1. Vorgang
 2. Geomorphologische Situation, Baugrundsichtung
 3. Bautechnische Beschreibung der Schichten, Bodenkennwerte, Homogenbereiche DIN 18 300 – 2015, Erdbebenklassifizierung
 4. Grund- und Schichtwasserverhältnisse, Versickerung von Oberflächenwasser nach DWA-A138
 5. Gründung der Brücke beim Alternativstandort über die DB Strecke Lindau – Memmingen, baubegleitende Maßnahmen
- Anlagen:
- 1.1 Übersichtslageplan, M 1:10.000
 - 1.2 Lageplan der Trassenführung Alternativstandort Brücke mit Lage der Baugrundaufschlüsse 2015 und 2019, M 1:500
 - 2 Geotechnisches Profil Alternativstandort Brückenbauwerk, M 1:100
 - 3.1 Fundamentdiagramm Widerlager Süd / Achse 10
 - 3.2 Fundamentdiagramm Pfeiler Achsen 20 und 30
 - 3.3 Fundamentdiagramm Widerlager Nord Achse 40
- Unterlagen:
- Pirker und Pfeiffer, Friedrichshafen, Am Flugplatz 64, 88046 Friedrichshafen
Bahnübergangsbeseitigung Lanzenhofen
- [1.1] Lageplan Straßenbau, Plannummer 4.1, M 1:500, Planstand 14.02.2019
- [1.2] Höhenplan Weg Brücke, Plannummer 5.1, M 1:500/50, Planstand 14.02.2019
- Dr. Schütz Ingenieure, An der Stadtmauer 13, 87435 Kempten
Bahnübergangsbeseitigung Lanzenhofen
- [1.3] Längsschnitt 1-1 (Auszug) mit Achsendarstellung 10 bis 40, M 1:100, ohne weitere Angaben

1 Vorgang

Die Stadt Leutkirch im Allgäu, vertreten durch das Tiefbauamt, plant die Beseitigung des Bahnüberganges in Lanzenhofen. Im Zuge der geplanten Beseitigung sollen die DB Strecke kreuzenden und an die Kreisstraße K7910 anschließenden Einmündungen der Gemeindeverbindungsstraßen Lanzenhofen - Willerzhofen sowie Lanzenhofen - Unger aufgelöst werden. Es ist eine gemeinsame, parallele Trasse nördlich der DB Strecke Lindau - Memmingen geplant. Der Anschluss der oben genannten Gemeindeverbindungsstraßen an die K7910 findet mittels einer neuen Brücke über die DB Strecke östlich von Lanzenhofen statt.

Gegenüber der ersten Planung 2015 erfolgt die Querung der DB Strecke nun rd. 40 m weiter westlich. Der alternative, bzw. neue Brückenstandort ist im Lageplan der Anlage 1.2 dargestellt. Hier sind auch die beiden Bohrungen B1 und B2 des Brückenbereiches 2015 zeichnerisch dargestellt.

Die Ingenieurgesellschaft fm geotechnik wurde bereits 2015 von der Stadt Leutkirch beauftragt, eine Baugrunderkundung im neuen Trassenbereich sowie am Standort der damals geplanten Brücke durchzuführen und ein Gründungsgutachten zu allen Bauteilen zu erstellen.

Am 03.09.2015 wurden im Bereich des ehemaligen Standortes der Brückenwiderlager insgesamt zwei tiefe Bohrungen (B1/15, B2/15, DN 180 mm) abgeteuft, die mit 2 Zoll Grundwassermessstellen ausgebaut wurden. Zusätzlich wurden direkt neben den Bohrungen zwei schwere Rammsondierungen (DPH1/15 und DH2/15) zur Ermittlung der Lagerungszustände der Böden ausgeführt. Die mit den Bohrungen B1 und B2 (2015) aufgeschlossenen Bodenschichten wurden vor Ort nach der DIN 4022 ingenieurgeologisch angesprochen. Die Lage der Aufschlüsse und die Vermessung der Ansatzhöhen der jeweiligen Geländeoberflächen wurden vom Büro Pirker und Pfeiffer in Form eines Lageplans am 06.11.2015 vorgelegt.

Im Frühjahr 2019 wurde der Brückenstandort um rd. 40 m nach Westen verschoben. Da im Bereich des alternativen Standortes ebenfalls glaziale Sedimente im Untergrund zu erwarten waren, wurden in Absprache mit dem Planungsbüro Dr. Schütz Ingenieure, Kempten, und der Stadt Leutkirch, Tiefbauamt, zwei Baggerschürfe (SG1/19 und SG2/19) zur ergänzenden Baugrunderkundung ausgeführt. Die Schürfe fanden am 11.09.2019 im direkten Nahbereich des geplanten Brückenstandortes statt.

Die Lage der Aufschlüsse 2015 und 2019 ist im Lageplan der Anlage 1.2 eingetragen. Die Höhen der Ansatzpunkte sowie die detaillierte, nach DIN EN ISO 14688-1, DIN 18196 und DIN 18300-2015 klassifizierte Bodenaufnahme der Aufschlüsse 2019, sind beim geologischen Profil der Anlage 2 aufgeführt.

Die geologischen Beschreibungen und die geotechnischen Erkenntnisse aus den beiden Bohrungen B1 und B2 sowie aus den zwei schweren Rammsondierungen DPH1 und DPH2 2015 werden in diesem Gutachten übernommen.

In der südlichen Böschung der Bahnlinie wurde 2019 im unteren Drittel die Vegetation entfernt, wodurch hier die geologische Schichtung erkennbar ist. Zusätzlich wurde im Zuge der Leitungsverlegung der DB eine rd. 1,0 m tiefe Baugrube am Fuße der südlichen Böschung ausgehoben. Auch hier konnte die Schichtung aufgenommen werden.

2 Geomorphologische Situation, Baugrundsichtung, Erdbebenklassifizierung

2.1 Geomorphologische Situation Brückenstandort

Die Brücke liegt aus geomorphologischer Sicht im Bereich einer glazialen Hügellandschaft, die am Ende der letzten Eiszeit vom Rheinvorlandgletscher geformt wurde. Die kleinräumigen Hügelstrukturen wechseln sich im weitläufigen Untersuchungsbereich mit z. T. vermoorten Geländesenken ab. Der neue Brückenstandort liegt im Bereich eines Moränenhügels, der hier von der Bahnlinie durchschnitten wurde.

Geologisch besteht der tiefere Untergrund aus den tertiären Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse (OSM), die mit den Aufschlüssen nicht erreicht wurde. Darüber lagern generell eiszeitliche Grundmoränensedimente und Moränenkiese sowie lokal feinkörnige Beckenablagerungen. Die genannten glazial - geologischen Einheiten liegen den bisherigen Erkenntnissen zufolge im Untersuchungsgebiet in Wechsellagerung vor. Im Bereich der morphologischen Hügel verwitterten die glazialen Böden durch chemische und physikalische Prozesse oberflächennah. Es bildete sich hier eine typisch braun bis rostbraun gefärbte Deckschicht (Verwitterungsdecke) aus. Schließlich setzte die Bodenbildung ein. Im Bereich von Fahrwegen und Straßen wird die natürliche Schichtenfolge von Auffüllungen (Unterbau, Geländeausgleich) überlagert.

Anhand der ausgeführten Aufschlüsse kann für den Untersuchungsbereich der beiden Brückenstandorte folgende generelle Schichtenfolge abgeleitet werden:

Glaziale / postglaziale Bildungen:

<i>Mutterboden</i>	<i>(Quartär, Holozän)</i>
<i>Verwitterungsdecke</i>	<i>(Quartär, Pleistozän - Holozän)</i>
<i>Grundmoräne</i>	<i>(Quartär, Pleistozän)</i>
<i>Moränenkiese</i>	<i>(Quartär, Pleistozän).</i>

Mit den Aufschlüssen 2019 wurden beim neuen Brückenstandort folgende Schichtglieder bzw. Schichttiefen festgestellt:

Tabelle 1: Schichtglieder / Schichttiefen **Brückenneubau 2019, WL Nord und WL Süd**
 (bis m unter Gelände)

Aufschluss Ansatzhöhe GOK (gerundet)	SG1/19 WL Nord, Achse 40 Ansatzhöhe GOK 676.05 mNN	SG2/19 WL Süd, Achse 10 Ansatzhöhe GOK 683.55 mNN
nat. Mutterboden	0,00 – 0,40	0,00 – 0,40
Verwitterungsdecke	0,40 – 0,70	0,40 – 2,50
Moränenkies	0,70 – 2,80	2,50 – 4,80* Zusätzlich in der Böschung und in der DB Baugrube am Böschungsfuß
Grundmoräne	2,80 – 4,50*	-

* Endtiefe.

2.2 Erdklassifizierung, geotechnische Kategorie

Leutkirch im Allgäu und damit im Nahbereich Lanzenhofen in Baden-Württemberg gehören zur Erdbebenzone 0 sowie zur Untergrundklasse S. Die Erdbebenzone 0 umfasst Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von 6,0 bis < 6,5 zugeordnet ist.

Bei einer Gründung der Fundamente der Brücke in den mind. mitteldichten Moränenkiesen oder den mind. steifen Grundmoränensedimenten kann die Baugrundklasse C angesetzt werden.

3 Bautechnische Beschreibung der Schichten

3.1 Bautechnische Beschreibung der Schichten

Die bautechnische Beschreibung der festgestellten Schichten im Brückenbereich erfolgt auf Grund der geotechnischen Erkenntnisse aus den Untersuchungen 2015 und 2019

Natürlicher Mutterboden

Der im Untersuchungsgebiet anstehende, natürliche Mutterboden setzt sich aus einem sandigen, schwach tonigen und humosen Schluff zusammen, dessen Konsistenz als weich zu bezeichnen ist. Der Oberboden wird bei Baubeginn abgeschoben und kann im Zuge der Baumaßnahme an Böschungen etc. wieder aufgetragen werden.

Verwitterungsdecke (Verwitterungslehm / Verwitterungskies)

Die typisch braun bis rostbraun gefärbten Verwitterungsböden setzen sich aus gering bis schwach tonigen, sandigen bis stark sandigen, schwach kiesigen und schwach humosen Schluffen sowie aus sandigen bis stark sandigen, schluffigen bis stark schluffigen, gering steinigen bis steinigen Kiesen zusammen. Die bindige Matrix ist der manuellen Ansprache zufolge als weich bis steif einzustufen. Der Lagerungszustand der Verwitterungskiese ist als locker zu bezeichnen. Die Tragfähigkeit der Verwitterungsböden ist insgesamt als mäßig zu bezeichnen. Durch den Kontakt mit Oberflächen- oder Schichtwasser weichen die lehmigen Anteile schnell auf und verlieren zusätzlich an Konsistenz und Tragfähigkeit.

Moränenkies

Die grobkörnigen Böden setzen sich aus sandigen bis stark sandigen, schwach steinigen bis steinigen Fein- bis Grobkiesen zusammen, deren Feinkornanteil zwischen gering schluffig und schluffig variiert. Erfahrungsgemäß ist in den Kiesen mit größeren Blöcken zu rechnen. Der Lagerungszustand des Kieses ist überwiegend als mitteldicht zu bezeichnen. Die Kiese sind als tragfähig einzustufen.

Grundmoräne

Die glazialen Böden setzen sich den Aufschlüssen 2015 und 2019 zufolge aus schwach sandigen bis sandigen, gering bis schwach tonigen, schwach kiesigen bis kiesigen Schluffen zusammen, in denen auch Steine und Blöcke eingelagert sind. Die Konsistenz der bindigen Lagen kann der manuellen Ansprache zufolge als eine mindestens steife bis halbfeste, zur Tiefe hin feste Konsistenz eingestuft werden. Dementsprechend steigen die Werte der Rammsondierung DPH2/15 auf Schlagzahlen zwischen $N_{10} = 10$ und $N_{10} \geq 30$ an. Lokal sind durch Sickerwasser aufgeweichte Grundmoränenschichten möglich.

Die steife Grundmoräne ist als gut und die halbfesten bis festen Böden als sehr gut tragfähig zu bezeichnen.

3.2 Bodenkennwerte, Homogenbereiche DIN 18 300-2015

Aus erd- und grundbautechnischer Sicht sind für die im Brückenbereich aufgeschlossenen Böden folgende charakteristische Bodenkennwerte zugrunde zu legen:

Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte (Rechenwerte)

Schicht	Wichte $\gamma / \gamma' \text{ [kN/m}^3\text{]}$	Reibungswinkel $\Phi' \text{ [}^\circ\text{]}$	Kohäsion $c' \text{ [kN/m}^2\text{]}$	Steifezahl $E_s \text{ [MN/m}^2\text{]}$
Verwitterungsdecke (Schluff)	18/8 – 19/9	25 – 27,5	1 – 2	6 – 8
Verwitterungsdecke (Kies)	19/9 – 20/10	32,5 – 35	0	8 – 10
Moränenkies	20/10 – 21/11	32,5 – 37,5	0	40 – 50
Grundmoräne (Schluff, steif - halbfest)	18/8 – 19/9	27,5 - 30	6 – 10	50 – 60

Die im Untersuchungsbereich durchteuften Böden sind wie folgt zu klassifizieren:

Tabelle 3: Erdbautechnische Klassifizierung der Böden (2015 / 2019)

Schicht	Bodengruppe DIN 18196	Bodengruppe DIN 18301	Bodenklasse DIN 18300 Alte DIN	Frostempfindlichkeit nach ZTVE StB 17
Verwitterungsdecke (Schluff)	UL,X	BB2 BS1,BS3	4,5	F3
Verwitterungsdecke (Kies)	GU,GU*,X	BB2,BN1,BN2 BS1,BS3	3,4,5	F3,F2
Grundmoräne (Schluff)	UL,X,Y	BB2,BB3,[BB4] BS1,BS3	4,5,[6,7]*	F3
Moränenkies	GW,GU,GU*,X	BN1,BN2, BS1,BS3	3,4,5,[6]*	F1-F3

*) je nach Steinanteil und Blockgröße

Im Jahr 2015 wurde die Umstellung der DIN 18300 beschlossen, bei der die Böden nach **Homogenbereichen** eingeteilt werden. Hierbei werden die „alten“ Charakteristika Lösen, Laden und Fördern mit den neuen Charakteristika des Behandeln, Einbauens und Verdichtens vereint. Böden gleicher Eigenschaften werden zu Homogenbereichen zusammengefasst. Im Zuge der Umstellung der DIN 18300 wurden auch andere Erdbaunormen (z. B. die DIN18319), bei denen weitere Bodenklassen angegeben waren, auf das neue System der Homogenbereiche umgestellt.

Die anhand der Aufschlüsse festgelegten Homogenbereiche sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 4: Einteilung der Schichten in Homogenbereiche (für Erdarbeiten gem. DIN18300-2015)

Homogenbereich	Baugrundschrift
O1	Mutterboden
B1	Verwitterungslehm
B2	Verwitterungskies, Moränenkies
B3	Grundmoräne

Tabelle 5: Kennwerte der Homogenbereiche (Literaturwerte DIN EN ISO 14688-2)

Homogenbereich	Anteil Steine [%] 63 – 200 mm	Anteil Blöcke [%] 200 – 600 mm	Anteil große Blöcke [%] > 600 mm	Konsistenz (überwiegend) Konsistenzzahl I_c	Plastizität Plastizitätszahl I_p [%]	Lagerungszustand Lagerungsdichte D	Organischer Anteil [%]	Baugrundschrift (ortsübliche Bezeichnung)
O1	<1	<1	≤ 1	weich I_c ca. 0,5 – 0,6	leicht- bis mittel- plastisch I_p 4 - 8	-	>10	Mutterboden
B1	5 - 15	≤ 2	≤ 2	weich - steif I_c ca. 0,6 – 0,75	leicht plastisch I_p 5 - 10	-	2 - 4	Verwitterungslehm
B2	10 - 20	≤ 4	≤ 1	-	-	mitteldicht 0,5 – 0,6	≤ 2	Verwitterungskies, Moränenkies
B3	10 - 20	≤ 4	≤ 2	steif - halbfest I_c ca. 0,75 – 1,0	mittelplastisch I_p 10 - 15	-	≤ 2	Grundmoräne

Tabelle 6: Klassifizierung der Böden (DIN 18 300 - 2015)

Bodenart (mit geologischer Bezeichnung)	Bodenklasse DIN18 300: 2015-08 Erdbaumaßnahmen
Mutterboden	<p style="text-align: center;">O1</p> <p>Generell nur zum Einbau in statisch nicht belasteten Bereichen (Geländeangleich) und zu Rekultivierungsmaßnahmen geeignet. Beim Lösen, Laden und Transport sind keine besonderen Anforderungen gegeben. Besonderer Hinweis: Bei einem Abtransport sind Haufwerke zu bilden und je nach Verwendungszweck Deklarationsanalysen nach Bundesbodenschutzverordnung zu veranlassen.</p>
Verwitterungslehm	<p style="text-align: center;">B1</p> <p>In statisch belasteten Bereichen ohne Bodenstabilisierung mit Mischbindemittel nicht wieder verwendbar, schlecht verdichtbar (Verdichtbarkeitsklasse V3). Verwendung zum Geländeangleich in statisch nicht belasteten Bereichen ohne Stabilisierung möglich. Verwendung z. B. bei Rekultivierungsmaßnahmen und Verfüllmaßnahmen. Mit Stabilisierung verwendbar z. B. zum Dammbau und Bauwerkshinterfüllung. Beim Lösen, Laden und Transport keine besonderen Anforderungen gegeben. Besonderer Hinweis: Beim Abtransport sind Haufwerke zu bilden und je nach Verwendungszweck Deklarationsanalysen nach VwV BW, EPP oder LAGA M20 auszuführen.</p>
Verwitterungskies Moränenkies	<p style="text-align: center;">B2</p> <p>Generell gute (V1, GW, GU) bis mäßige Verdichtung (V2, GU*) beim Wiedereinbau möglich. Wiederverwendung zur Bauwerkshinterfüllung und im Dammbau mittels Bodenverbesserung (Kalk – Zement – Mischbindemittel) möglich, wenn Kies GU*. Wiederverwendung zur Bauwerkshinterfüllung, als Teilbodenersatzkörper und im Dammbau ohne Bodenverbesserung möglich, wenn Kies GW, GU. Beim Lösen, Laden und Transport keine besonderen Anforderungen gegeben. Besonderer Hinweis: Beim Abtransport sind Haufwerke zu bilden und je nach Verwendungszweck Deklarationsanalysen nach VwV BW, EPP oder LAGA M20 auszuführen.</p>
Grundmoräne	<p style="text-align: center;">B3</p> <p>In statisch belasteten Bereichen nach dem Lösen ohne Bodenstabilisierung mit Mischbindemittel nicht wieder verwendbar, schlecht verdichtbar (V3). Verwendung zum Geländeangleich in statisch nicht belasteten Bereichen ohne Stabilisierung möglich. Verwendung z. B. bei Rekultivierungsmaßnahmen und Verfüllmaßnahmen. Mit Stabilisierung verwendbar z. B. zum Dammbau und Bauwerkshinterfüllung. Beim Laden und Transport keine besonderen Anforderungen gegeben. Beim Lösen sind ggf. Erschwernisse durch feste Konsistenzen gegeben (Reiss- / Meißelarbeiten) Besonderer Hinweis: Beim Abtransport sind Haufwerke zu bilden und je nach Verwendungszweck Deklarationsanalysen nach VwV BW, EPP oder LAGA M20 auszuführen.</p>

4 Schicht- und Grundwasserverhältnisse, Versickerung nach DWA - A138

4.1 Schicht- und Grundwasserverhältnisse der Aufschlüsse 2019 und 2015

Während den Aufschlussarbeiten **2019** wurde bis zu den Untersuchungstiefen der Schürfe weder Schicht- noch Grundwasser festgestellt. In den Bahnböschungen Süd und Nord konnten keine Wasseraustritte beobachtet werden, so dass anzunehmen ist, dass Grundwasservorkommen am Alternativstandort tiefer liegen als die Trasse der Bahnlinie. Selbst der Schurf SG1/19 war beim Untersuchungstermin ohne Wasserzutritt. Es ist jedoch mit temporären Schichtwasservorkommen an der Grenze Moränenkies / Grundmoräne bzw. in den Verwitterungsböden zu rechnen. Der Andrang wird jedoch verhältnismäßig gering sein.

Die Wasserspiegelmessungen **2015** in den 40 m östlich gelegenen Bohrungen B1 und B2 bzw. lassen sich anhand der damaligen Daten zusammenfassend wie folgt darstellen:

Tabelle 4: Wasserstände in den Aufschlüssen 2015

Aufschluss	Wasser angetroffen 27.08 / 03.09.2015		Wasser Untersuchungsende 27.08 / 03.09.2015		Stichtagsmessung 15.09.2015
	m u. Gel.	mNN	m u. / ü. Gel.	mNN	m u. GOK / mNN
BKP1/15 Widerlager Nord	3,50	672.76	3,50	672.76	3,42 / 672.84
BKP2/15 Widerlager Süd	Kein Wasser	-	-	-	Kein Wasser

Grundwasser kommt den bisherigen Daten zufolge im Untersuchungsgebiet in ausgeprägten Rinnensystemen vor, die mit den oben beschriebenen Moränenkiesen gefüllt sind und untereinander nicht verbunden sein müssen. Die Grundmoränensedimente bilden die wasserstauenden Lagen, auf denen sich Schichtwasser bilden kann. Die Fließrichtung von Grundwasser und Schichtwasser wird aus hydrogeologischer Sicht nach Norden zu dem hier liegenden Weiher gerichtet sein.

Im **südlichen Widerlager- und Böschungsbereich** ist den ausgeführten Aufschlüssen zufolge mit keinen Grundwasservorkommen zu rechnen. Im **nördlichen Widerlagerbereich** sind jahreszeitlich temporäre Schichtwasservorkommen möglich.

4.2 Versickerung nach DWA - A138, Randbedingungen

Angaben zu Versickerungseinrichtungen liegen momentan nicht vor. Es werden die Erkenntnisse zur Versickerung aus den Daten der Untersuchungen 2015 und 2019 abgeleitet.

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zur Grundwasseroberfläche voraus. Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Versickerung kann direkt erfolgen oder

das Wasser kann über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen durch eine Sickeranlage mit verzögerter Versickerung in Trockenperioden dem Untergrund zugeführt werden. Nach dem Arbeitsblatt DWA - A138 sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen $k_f = 1,0 \cdot 10^{-03}$ m/s und $k_f = 1,0 \cdot 10^{-06}$ m/s liegen. Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von $k_f < 1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über eine ausschließliche Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen z. B. über Retentionsbecken oder Sickeranlagen mit Notüberlauf abzuleiten sind.

Lediglich die grundwasserfreien, feinkornarmen Moränenkiese (Bodengruppen GW und GU) sind zur Versickerung von Oberflächenwasser ohne Notüberlaufeinrichtungen geeignet.

Folgende Durchlässigkeitsbeiwerte können für die genannten Kiese angesetzt werden:

Moränenkiese GU k_f ca. $1,0 \cdot 10^{-04}$ m/s
Moränenkiese GW k_f ca. $1,0 \cdot 10^{-03}$ m/s.

Die Verwitterungslehme, die feinkornreichen Verwitterungs- und Moränenkiese sowie die Grundmoränenablagerungen sind erfahrungsgemäß nicht zur Versickerung geeignet ($k_f < 1,0 \cdot 10^{-06}$ m/s).

Anmerkung:

Es wird empfohlen, Standorte möglicher Versickerungsanlagen in einer weiteren Erkundungsphase zu untersuchen und In-situ Sickerversuche auszuführen.

Nach dem Arbeitsblatt DWA - A 138 dürfen keine Versickerungen im Bereich von Wasserschutzgebietszonen I und II ausgeführt werden. Das Untersuchungsgebiet liegt nach bisherigen Kenntnissen in keiner dieser Wasserschutzzonen.

Nach dem Arbeitsblatt DWA - A 138 dürfen ferner keine Versickerungen im Bereich von belasteten Auffüllungen ausgeführt werden. Mit den Aufschlüssen im Bereich der geplanten Brücke wurden keine anthropogenen Auffüllungen festgestellt, die auf eine Altlastenverdachtsfläche hinweisen. Sollten bei der Errichtung einer Sickeranlage dennoch Auffüllungshorizonte aufgeschlossen werden, die altlastenrelevant erscheinen, so sind diese zu begutachten, ggf. einzugrenzen, zu untersuchen und fachgerecht zu entsorgen.

5 Gründung der Brücke über die DB Strecke Lindau - Memmingen

5.1 Gründung Widerlager und Pfeiler

Vom geplanten Brückenbauwerk (Planstand 2019) liegen die unter [1] genannten Schnitte und eine Draufsicht vor. Den Planungen zufolge wird die Brücke als Dreifeld - Konstruktion ausgeführt. Die Gesamtlänge beträgt rd. 37,59 m. Die Gesamtbreite wird mit $5,25\text{ m} + 2 \times 0,75\text{ m} = 6,75\text{ m}$ angegeben. Die lichte Weite wird mit 27,20 m, die Stützweiten mit 8,5 m (Widerlager – Pfeiler) und 11,0 m (Pfeiler – Pfeiler) beschrieben. Die kleinste lichte Höhe beträgt 6,91 m. Die Böschungen werden im Bereich der Brücke der Planunterlage [1.3] zufolge mit Neigungen von 1:1,5 ausgeführt (Endzustand).

Die Widerlager gründen z. T. in den Böschungen (WL Süd) bzw. im Randbereich des Einschnittes der Bahnlinie Lindau – Memmingen (WL Nord). Die Pfeiler stehen in der Sohle des Bahneinschnittes (vgl. [1.3]).

Die maßgebenden Baugrundaufschlüsse sind beim geotechnischen Profil der Anlage 2 dargestellt. Mit dem Schurf SG1/19 wurden im Gründungsbereich des **Widerlagers Nord** (UK Fundament = 674.718 müNN) mitteldichte Moränenkiese aufgeschlossen. Darunter folgen steife bis halbfeste Grundmoränenablagerungen.

Mit dem Schurf SG2/19 wurden im Bereich des **Widerlagers Süd** oberflächennah gering bis mäßig tragfähige Verwitterungsböden, darunter mitteldichte Moränenkiese und mind. halbfeste Grundmoränenablagerungen aufgeschlossen. Das Widerlager gründet in den mind. mitteldichten Moränenkiesen (UK Fundament 675.85 müNN), die sich in die Tiefe fortsetzen.

Die Pfeiler Achse 20 und Achse 30 gründen ebenfalls in den glazialen Moränenablagerungen (UK Fundamente Pfeiler = 672.35 müNN).

In den Anlagen 3.1 bis 3.3 sind Fundamentdiagramme für die Vorbemessung von rechteckigen Einzel- und Streifenfundamenten enthalten, welche in den Moränenkiesen oder in den Grundmoränensedimenten gründen. Berechnungsgrundlage sind die DIN EN 1997-2:2009-09 (EC7) mit nationalem Anhang (DIN EN 1997-1/NA:2010-12), die DIN 1054:2010-12 sowie die DIN 4017:2006-03. Es liegt der Lastfall BS-P (ständige Bemessungssituation) zugrunde und das Verhältnis von veränderlichen zu Gesamtlasten wurde mit 0,50 vorausgesetzt.

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ ist in den oben genannten Anlagen in Abhängigkeit von der Fundamentgeometrie und für eine mittige Belastung dargestellt. (Anmerkung: Im rechten Bereich der Diagramme und den Tabellen ist zusätzlich noch der Wert $\sigma_{E,k}$ angegeben. Dieser Wert entspricht dem aufnehmbaren Sohl Druck nach der DIN 1054:2005-01).

Bei einem Ausnutzungsgrad von $\mu \leq 1,0$ und einer Begrenzung der rechnerischen Setzung auf **z. B. $s \leq 1,5 \text{ cm}$** (die Setzungen werden in der Berechnung über die charakteristischen Lasten ermittelt) ist, je nach gewählter Fundamentgeometrie, folgender Bemessungswert des Sohlwiderstandes anzusetzen (Auszüge aus den Anlagen 3.1 bis 3.3):

Anlage 3.1 – recht. Einzelfundament **WL Süd (A. 10)**, Abmessungen Ersatzfläche = 7,45 m x 5,0 m, minimale Einbindetiefe = 3,0 m, Berme 1,5 m, Böschung = 30,5 °, Gründung im Moränenkies

Fundament a x b = 7,45 x 5,0 m: $\sigma_{R,d} = 280 \text{ kN/m}^2$, $R_{n,d} = 10.430 \text{ kN}$, $z_{ugh,s} = 1,50 \text{ cm}$.

Anlage 3.2 – recht. Streifenfundament **Pfeiler Achse 20 / 30**, Abmessungen Ersatzfläche 8,0 m x 2,4 m, mind. Einbindetiefe = 1,0 m, Gründung in der Grundmoräne

Fundament a x b = 8,00 x 2,4 m: $\sigma_{R,d} = 410 \text{ kN/m}^2$, $R_{n,d} = 984 \text{ kN/m}$, $z_{ugh,s} = 1,50 \text{ cm}$.

Anlage 3.3 – recht. Einzelfundament **WL Nord (A. 40)**, Abm. Ersatzfläche = 7,45 m x 5,0 m, minimale Einbindetiefe = 3,0 m, Gründung im Moränenkies

Fundament a x b = 7,45 x 5,0 m: $\sigma_{R,d} = 287 \text{ kN/m}^2$, $R_{n,d} = 10.690 \text{ kN}$, $z_{ugh,s} = 1,50 \text{ cm}$.

Beachten: Die angegebenen Werte ($\sigma_{R,d}$) sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.

Je nach gewählter Fundamentgeometrie ist entweder die Grundbruchsicherheit (rote Linie im Diagramm) oder die Begrenzung der Setzungen (hier 1,50 cm gewählt -> blaue Linie im Diagramm) maßgebend für den aufnehmbaren Sohldruck.

Die Größe der zulässigen Setzungen ist vom zuständigen Planungsbüro festzulegen.

Es wird vorgeschlagen, die Vorbemessung der Fundamente nach den Fundamentdiagrammen in den Anlagen 3.1 bis 3.3 vorzunehmen. Bei schräger oder ausmittiger Belastung sind die Bemessungswerte nicht auf die Fläche A (a x b), sondern auf die Ersatzfläche A' (a' x b') anzusetzen.

Anmerkung: nach EC7, 6.5.2.2, mit ergänzender Regelung A(1) aus der DIN1054:2010, sind die Exzentrizität und die Lastneigung aus den charakteristischen Lasten zu ermitteln.

5.2 Dammgründung Bereich Widerlager Nord

Hier liegt die an die Brücke anschließende Gradierte in einer **Dammlage** (max. Dammhöhe ab bestehender GOK ca. 4,5 m). Im Gründungsbereich stehen nach dem Abtrag der Mutterbodenlage **Verwitterungskiese** (GU*) sowie darunter folgend **Moränenkiese** (GW, GU) an.

Es wird empfohlen, die Verwitterungskiese abzutragen und den Damm direkt auf den Moränenkiesen zu gründen. Auf den verdichteten feinkornarmen Moränenkiesen ist ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erfahrungsgemäß durch Abwalzen zu erreichen. Hier sind nach einer Prüfung mittels statischen Plattendruckversuchen keine weiteren Baugrundverbesserungen notwendig. Die Verwitterungskiese können mittels einer Bodenstabilisierung als Dammbaumaterial verwendet oder zur seitlichen Anschüttung herangezogen werden (Geländeangleichung).

5.3 Baugruben

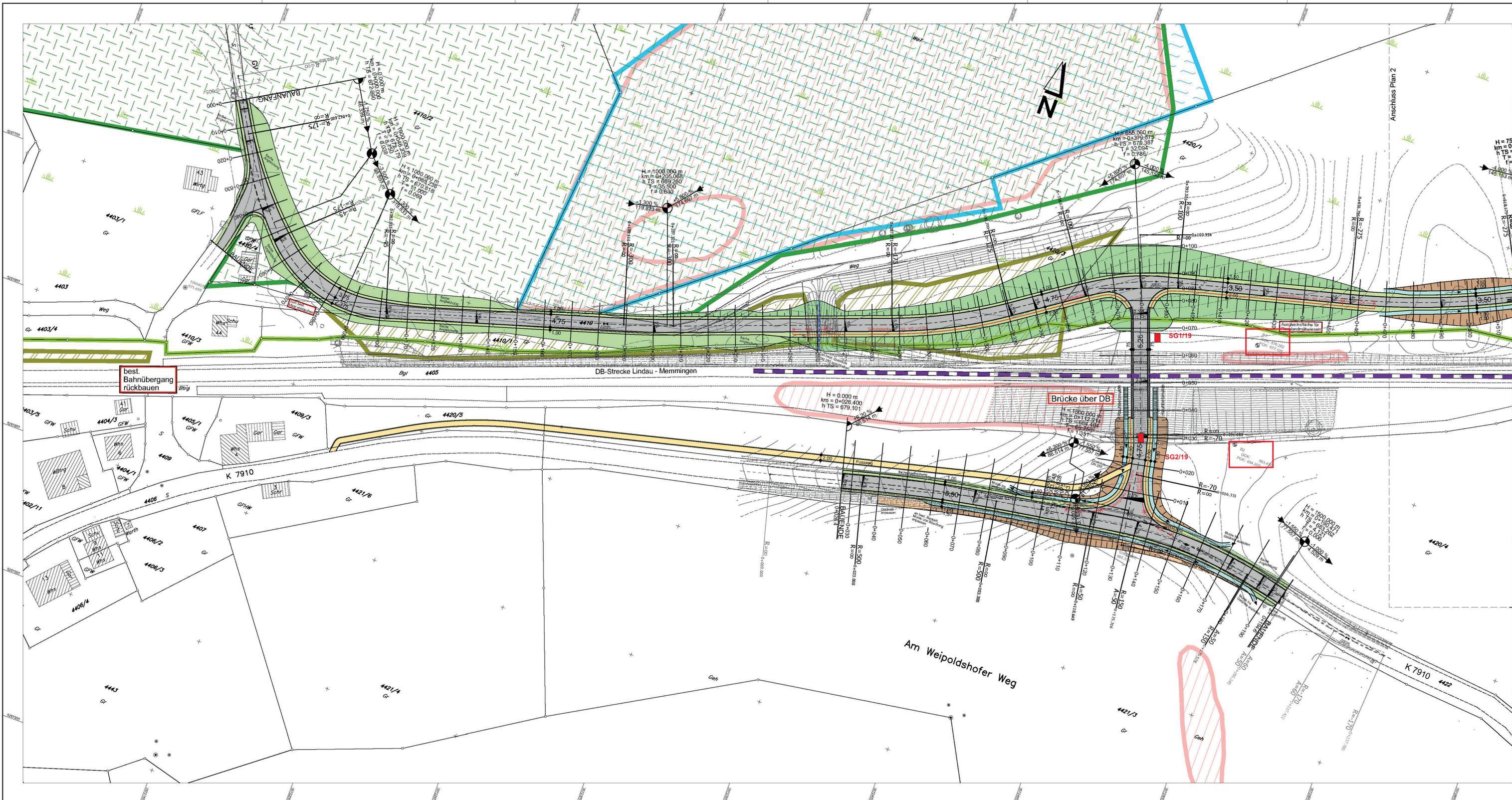
Nach der DIN 4124 sind in den Verwitterungsböden und den Moränenkiesen freie Böschungswinkel der Baugruben von 45° bis zu Höhen von 5 m ohne rechnerischen Nachweis zulässig. Auf die Einhaltung der lastfreien Bereiche an der Böschungskrone - entsprechend DIN 4124 - wird hingewiesen. In den mind. steifen Grundmoränenablagerungen sind temporäre Böschungsneigungen von 60° möglich.

Dammbauwerke und Böschungen im Endzustand sind unter Angabe der Verkehrslast und des geologischen Schichtaufbaus statisch nachzuweisen.

Für ergänzende Erläuterungen sowie zur Klärung der im Verlauf der weiteren Planung und Ausführung noch offenen Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.







ZEICHENERKLÄRUNG:

	Einschnittabdeckung
	befestigte Fahrbahn
	Bankett, Schutzplanke
	Dammabdeckung
	Fussweg wassergebunden
	Neigungsbruchpunkt mit Angabe von Gefälle(-) u. Steigung(+) in Prozent, Länge der Gefälle- (Steigungs-) Strecke und Halbmesser
	Hochpunkt
	Tiefpunkt
	2,5% Fahrbahnquerneigung

Schutzgebiete:

	Biotope
	FFH - Gebiete
	Flachlandmähwiesen
	Landschaftsschutzgebiete
	Naturdenkmale

fm geotechnik
 Westflüchen 8 | Mayhede 11
 88279 Aulendorf | 87423 Altmühl
 Tel. 07522/974407 | Tel. 08373/302379

Projektnummer: A1909008
 Straßenüberführung Lanzenhofen
 Anlage 1
 Untersuchungspunkte Variante 2, 2019
 Maßstab 1 : 500

VORABZUG

Nr.	Änderung	Datum	Zeichen

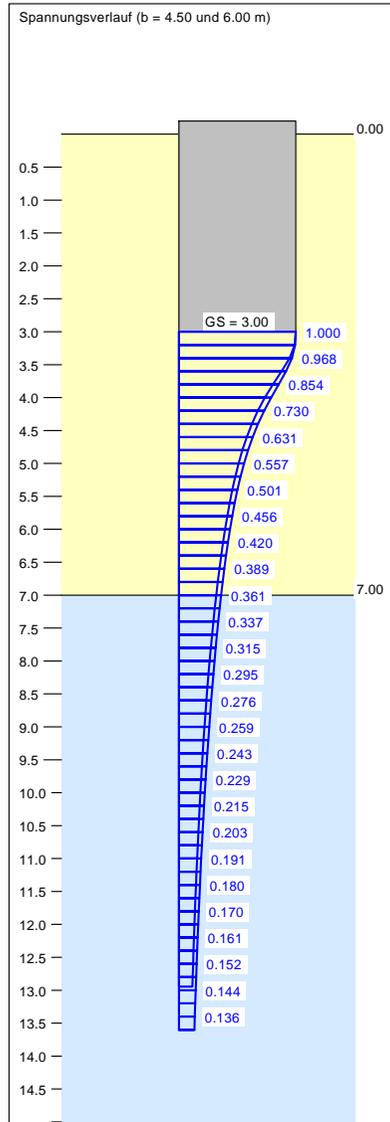
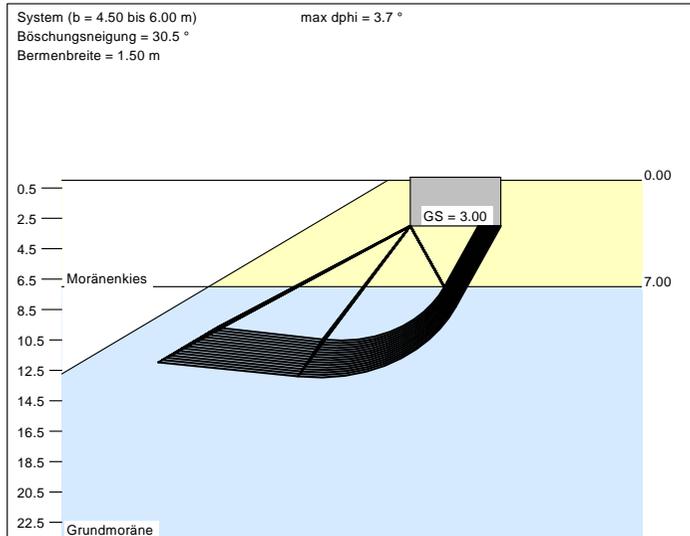
Büro Friedrichshafen, Am Flugplatz 64, 88046 Friedrichshafen, Telefon 07541 37681-42 · www.pirker-pfeiffer.de
 Minsingen Reutlingen Rottweil Friedrichshafen Neu-Ulm Markt Albstadt · pirker + pfeiffer ingenieure

Bauherr: Stadt Leutkirch	Plan Nr.: 10.904	4.1
Bauort: Lanzenhofen	blaustrich: Wölter gezeichnet: Kraus	
Bahnübergangsbeseitigung Lanzenhofen		Lageplan
Entwurfsplanung		Straßenbau
Anerkannt:	Plangröße: 134x80cm ±0,80mm	Maßstab: 1:500
Aufgestellt: 14.02.2019		

F:\projekte\000101\006\Entwurfsplanung_2019\Karteplan_PFS_2019\01-10.dwg
 14.02.2019 11:09:22 RIG:08/04/08

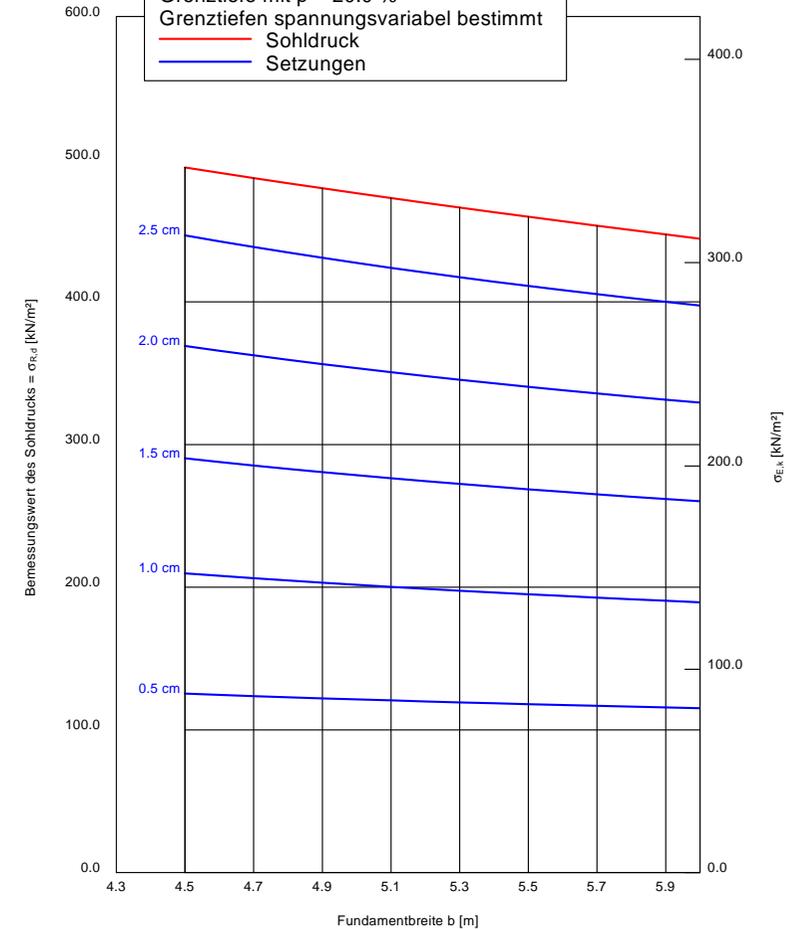
Fundamentdiagramm recht. Einzelfundament, Gründung in den mind. mitteldichten Moränenkiesen
 Mindesteinbindetiefe 3,0 m ab OK Gelände Endzustand, L = 7,45 m / B = 4,5 m - 6,0 m

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	7.00	21.0	11.0	35.0	0.0	40.0	0.00	Moränenkies
	>7.00	19.0	9.0	30.5	6.0	50.0	0.00	Grundmoräne



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a = 7.45 m)

$\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 Gründungssohle = 3.00 m
 Grundwasser = 7.00 m
 Böschungsneigung = 30.5 °
 Bermbreite = 1.50 m
 Grenztiefe mit $p = 20.0$ %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

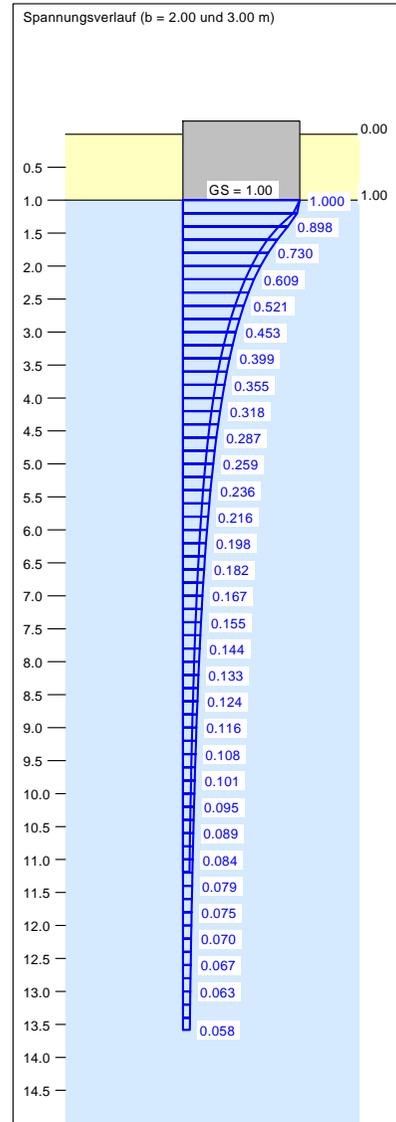
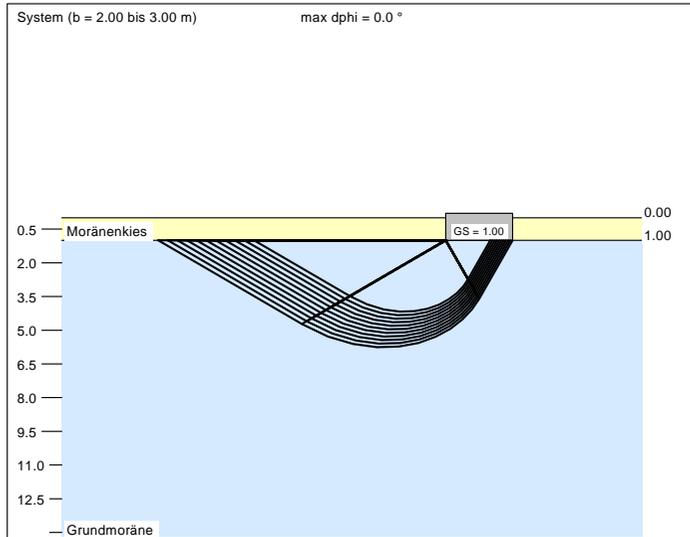


a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_9 [m]	k_s [MN/m ²]
7.45	4.50	494.2	16569.0	346.8	2.81	31.5	4.69	14.14	65.58	12.94	12.3
7.45	4.60	490.4	16807.5	344.2	2.82	31.5	4.71	14.02	64.89	13.00	12.2
7.45	4.70	486.8	17043.6	341.6	2.82	31.5	4.74	13.90	64.19	13.05	12.1
7.45	4.80	483.1	17277.2	339.0	2.83	31.5	4.76	13.78	63.48	13.10	12.0
7.45	4.90	479.6	17508.3	336.6	2.83	31.4	4.79	13.67	62.78	13.15	11.9
7.45	5.00	476.2	17736.7	334.1	2.83	31.4	4.81	13.56	62.08	13.20	11.8
7.45	5.10	472.8	17962.3	331.8	2.84	31.4	4.83	13.46	61.37	13.25	11.7
7.45	5.20	469.4	18185.1	329.4	2.84	31.4	4.85	13.36	60.66	13.29	11.6
7.45	5.30	466.1	18405.1	327.1	2.84	31.4	4.87	13.26	59.95	13.34	11.5
7.45	5.40	462.9	18622.0	324.8	2.85	31.4	4.89	13.17	59.24	13.38	11.4
7.45	5.50	459.7	18835.9	322.6	2.85	31.3	4.91	13.08	58.52	13.42	11.3
7.45	5.60	456.5	19046.6	320.4	2.85	31.3	4.93	12.99	57.81	13.46	11.2
7.45	5.70	453.4	19254.1	318.2	2.85	31.3	4.95	12.90	57.09	13.50	11.2
7.45	5.80	450.3	19458.4	316.0	2.85	31.3	4.97	12.82	56.37	13.53	11.1
7.45	5.90	447.3	19659.2	313.9	2.85	31.3	4.98	12.74	55.65	13.57	11.0
7.45	6.00	444.2	19856.6	311.7	2.85	31.3	5.00	12.66	54.93	13.60	10.9

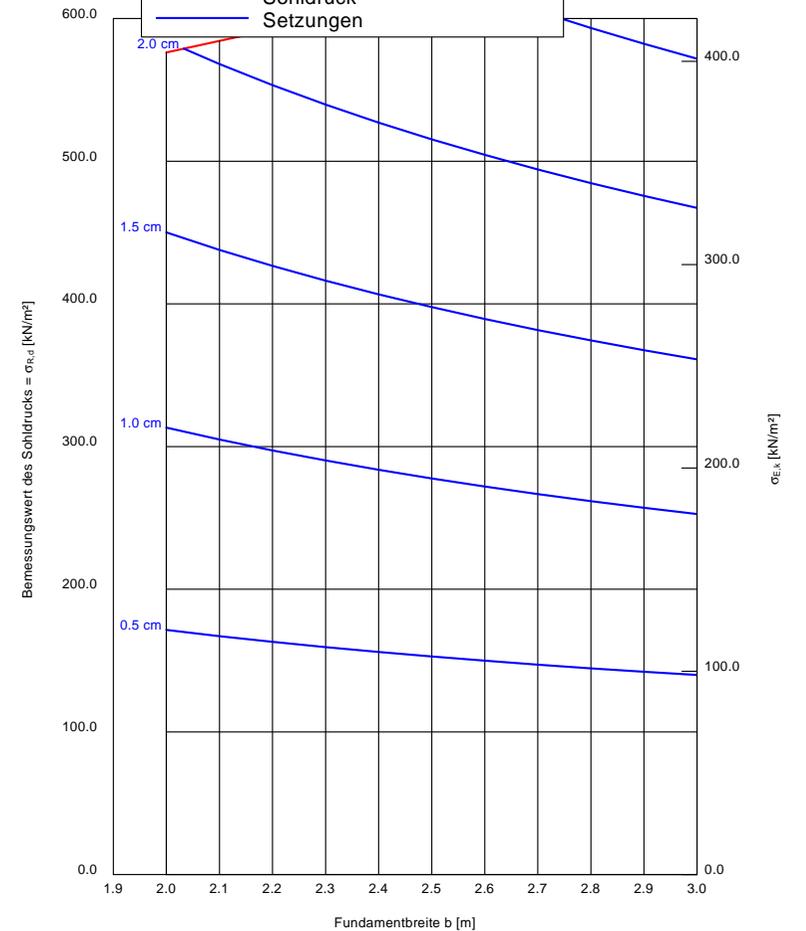
zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.50

Fundamentdiagramm rech. Einzelfundament, Gründung in der mind. steifen Grundmoräne / Moränenkies
 Mindesteinbindetiefe 1,0 m ab OK Gelände Endzustand, L = 8 m / B = 2 m - 3 m

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	1.00	21.0	11.0	35.0	0.0	40.0	0.00	Moränenkies
	>1.00	19.0	9.0	30.0	6.0	50.0	0.00	Grundmoräne



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 8.00 m)
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 Gründungssohle = 1.00 m
 Grundwasser = 1.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt

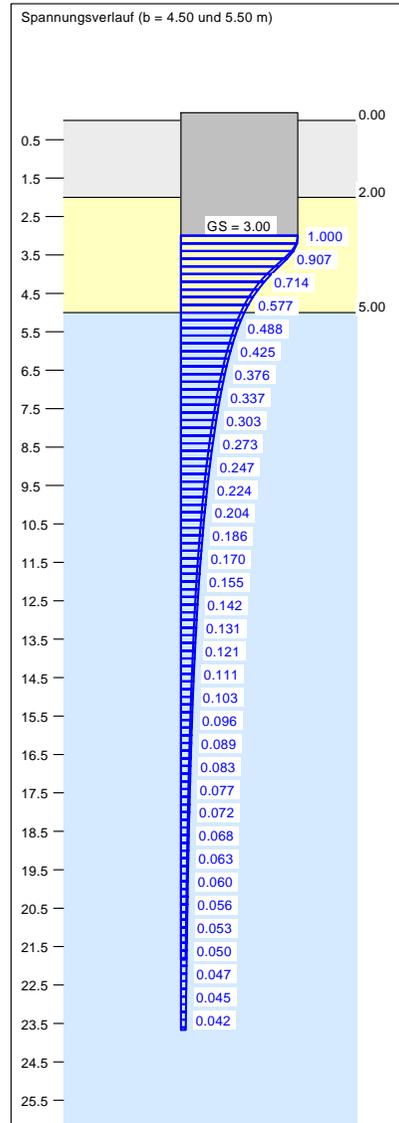
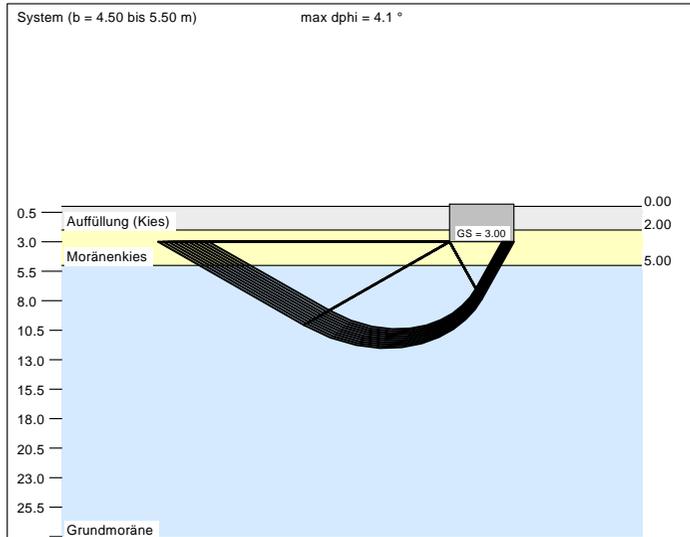


a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_9 [m]	k_s [MN/m ²]
8.00	2.00	576.2	1152.5	404.4	1.97	30.0	6.00	9.00	21.00	11.18	20.5
8.00	2.10	584.3	1227.0	410.0	2.06	30.0	6.00	9.00	21.00	11.45	19.9
8.00	2.20	592.3	1303.0	415.6	2.16	30.0	6.00	9.00	21.00	11.70	19.3
8.00	2.30	600.2	1380.5	421.2	2.25	30.0	6.00	9.00	21.00	11.95	18.7
8.00	2.40	608.1	1459.5	426.8	2.34	30.0	6.00	9.00	21.00	12.20	18.2
8.00	2.50	616.0	1540.0	432.3	2.43	30.0	6.00	9.00	21.00	12.44	17.8
8.00	2.60	623.8	1621.8	437.7	2.53	30.0	6.00	9.00	21.00	12.68	17.3
8.00	2.70	631.5	1705.2	443.2	2.62	30.0	6.00	9.00	21.00	12.91	16.9
8.00	2.80	639.2	1789.9	448.6	2.71	30.0	6.00	9.00	21.00	13.14	16.5
8.00	2.90	646.9	1876.0	454.0	2.81	30.0	6.00	9.00	21.00	13.36	16.2
8.00	3.00	654.5	1963.5	459.3	2.90	30.0	6.00	9.00	21.00	13.58	15.8

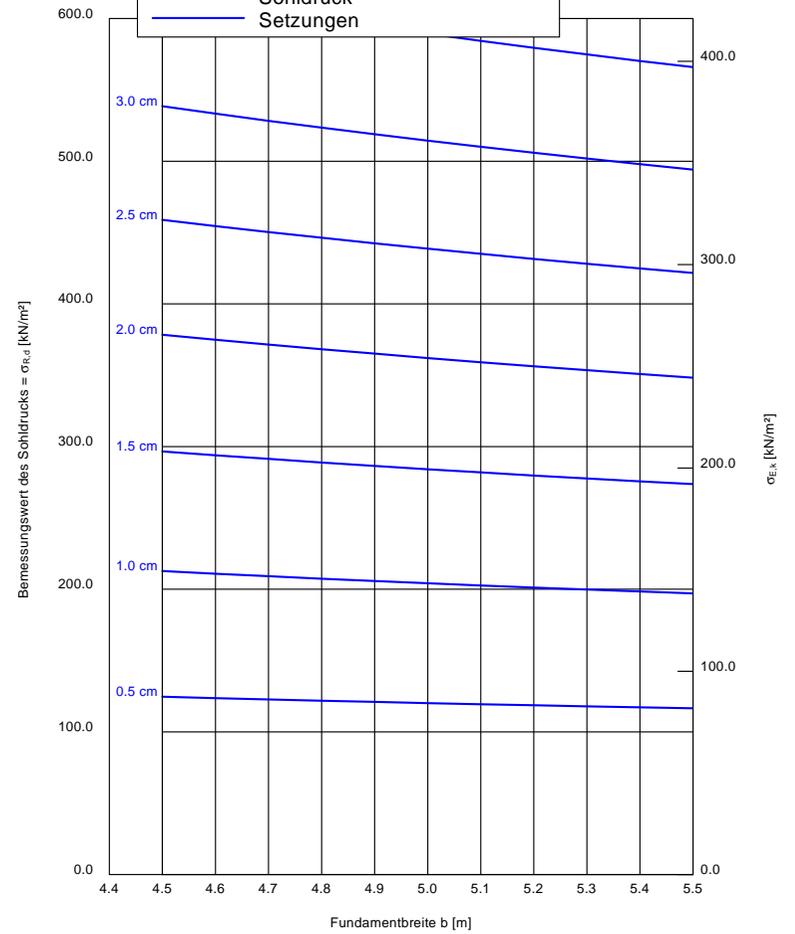
zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Fundamentdiagramm rech. Einzelfundament, Gründung in den mind. mitteldichten Moränenkiesen
 Mindesteinbindetiefe 3,0 m ab OK Gelände Endzustand, L = 7,45 m / B = 4,0 m - 5,0 m

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	2.00	21.0	11.0	35.0	0.0	40.0	0.00	Auffüllung (Kies)
	5.00	21.0	11.0	35.0	0.0	40.0	0.00	Moränenkies
	>5.00	19.0	9.0	30.0	6.0	50.0	0.00	Grundmoräne



Berechnungsgrundlagen:
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a = 7.45 m)
 $\gamma_{Gr} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 Gründungssohle = 3.00 m
 Grundwasser = 5.00 m
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_9 [m]	k_s [MN/m ²]
7.45	4.50	1808.8	60640.7	1269.3	11.33	31.1	4.74	13.64	63.00	21.84	11.2
7.45	4.60	1816.3	62243.1	1274.6	11.51	31.1	4.77	13.55	63.00	22.03	11.1
7.45	4.70	1823.7	63858.0	1279.8	11.69	31.0	4.80	13.47	63.00	22.22	11.0
7.45	4.80	1831.2	65485.4	1285.1	11.86	31.0	4.82	13.38	63.00	22.41	10.8
7.45	4.90	1838.8	67125.2	1290.4	12.04	31.0	4.84	13.31	63.00	22.59	10.7
7.45	5.00	1846.4	68777.1	1295.7	12.21	31.0	4.87	13.23	63.00	22.78	10.6
7.45	5.10	1854.0	70441.1	1301.0	12.39	31.0	4.89	13.16	63.00	22.96	10.5
7.45	5.20	1861.6	72117.2	1306.4	12.56	31.0	4.91	13.09	63.00	23.14	10.4
7.45	5.30	1869.2	73805.1	1311.7	12.74	30.9	4.93	13.02	63.00	23.32	10.3
7.45	5.40	1876.8	75504.7	1317.1	12.91	30.9	4.95	12.95	63.00	23.49	10.2
7.45	5.50	1884.5	77216.0	1322.4	13.08	30.9	4.97	12.89	63.00	23.67	10.1

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50