



Baugrundbüro Dr.-Ing. Weissenburg  
Spechsart 1 · 06618 Naumburg

Lutherstadt Eisleben  
Markt 1  
06295 Lutherstadt Eisleben

Stammsitz:  
Spechsart 1  
06618 Naumburg /Saale

Tel.: (03445) 26 10 280  
Fax: (03445) 26 10 285

baugrundweissenburg@t-online.de  
www.baugrundweissenburg.de

**Eisleben, Um- und Ausbau BürgerRatHaus - Ehemalige Grabenschule**

**BAUGRUNDGUTACHTEN**

Geotechnischer Bericht nach DIN 4020

Hauptuntersuchung

1. Bericht

Auftraggeber: Lutherstadt Eisleben

Auftragsnummer: N1639/21

Bearbeiter: Dr.-Ing. Weissenburg  
M. Sc. Heyder

Naumburg, den 30.08.2021

**Inhaltsverzeichnis**

1	Bauvorhaben.....	4
2	Baugrund .....	4
2.1	Morphologie, Bebauung und Bewuchs.....	4
2.2	Geologie .....	4
2.3	Hydrogeologie / Hydrologie.....	5
2.4	Besonderheiten.....	6
3	Untersuchungen .....	6
3.1	Lage, Art, Umfang und Zeitpunkt der Bodenaufschlüsse .....	6
3.2	Felduntersuchungen .....	7
3.3	Laboruntersuchungen .....	7
4	Ergebnisse der Untersuchungen .....	7
4.1	Schichtverlauf und -verbreitung .....	7
4.2	Klassifizierung und Eigenschaften der Straßenbaustoffe und Böden .....	9
4.3	Berechnungskennwerte Flächengründung .....	14
4.4	Hydrologie und Grundwasserverhältnisse .....	14
4.5	Tragfähigkeiten .....	16
4.6	Untersuchungen zur vorhandenen Gründung und zur Stützwand .....	16
4.7	Rissschäden .....	17
5	Baugrundbeurteilung .....	18
5.1	Allgemeine Baugrundeinschätzung.....	18
5.2	Gründungsvorschlag.....	19
5.3	Sohldruck / Setzungen / Verkantungen.....	22
5.4	Berechnungskennwerte Tiefgründung .....	24
5.5	Hinweise zur Gründung von Verkehrsflächen .....	28
6	Bautechnische Hinweise .....	31
6.1	Böschungen / Baugruben / Leitungsräben .....	31
6.2	Wasserhaltung.....	33
6.3	Nachbarsicherung.....	33
6.4	Bohr- und Rammbarkeit der Böden.....	34
6.5	Sonstige Allgemeine Hinweise zur Bauausführung .....	35
7	Umweltrelevante Untersuchungen.....	35
7.1	Verwendbarkeit der Ausbaustoffe und Böden .....	35
8	Vorschläge für weitere Untersuchungen und Messungen.....	36
9	Homogenbereiche .....	36
10	Schlussbemerkung.....	38

**Unterlagen**

bestätigtes Angebot/Auftrag vom 25.06.2021  
Auftraggeber: Lutherstadt Eisleben

Für die Bearbeitung standen folgende projektbezogenen Unterlagen zur Verfügung:

- U 1 - Topografische Karte M 1 : 25 000
- U 2.1 - Geologische Karte M 1 : 25 000
- U 2.2 - Geologische und hydrogeologische Übersichtskarten des LAGB, Halle (digital)  
<http://www.sachsen-anhalt.de>
- U 3 - vom AG übergebene Unterlagen (digital)
- U 3.1 - Aufgabenstellung
- U 3.2 - Lage- und Höhenplan
- U 3.3 - Schnitte
- U 4 - Bestandsunterlagen (Schachtscheine)
- U 5 - DIN-Normen, Regelwerke, Literatur  
u.a. DIN 1054 (2010), DIN 1997-1 (2009/2010), DIN 1997-2 (2010), DIN 4020 (2010),  
DIN 4023 (2006), DIN 18196 (2011), DIN EN ISO 14688 (2011), DIN EN ISO 14689  
(2011), RiLiGeoB, ZTVE-StB, ZTVA-StB, RStO in den jeweils gültigen Fassungen,  
EA-Pfähle, EAB, EAU, EBGE0

Weitere Unterlagen, wie Entwurfsplanungen, Lastangaben u.a. liegen derzeit nicht vor.

## **Anlagen**

- |            |                                 |              |
|------------|---------------------------------|--------------|
| Anlage 1.1 | - Übersichtsplan                | Blatt 1      |
| Anlage 1.2 | - Fotodokumentation             | Blatt 1      |
| Anlage 2   | - Aufschlussplan                | Blatt 1      |
| Anlage 3   | - Schichtenverzeichnisse        | entfällt     |
| Anlage 4   | - Aufschlussprofile             | Blatt 1 - 2  |
| Anlage 5   | - Laboruntersuchungen Boden     |              |
| Anlage 5.0 | - Liste der Laborprüfergebnisse | Blatt 1      |
| Anlage 5.1 | - Kornverteilungskurven         | Blatt 1 - 2  |
| Anlage 5.2 | - Konsistenzgrenzen             | Blatt 1 - 2  |
| Anlage 6   | - Laboruntersuchungen Fels      | entfällt     |
| Anlage 7   | - Chemische Analytik            | Blatt 1 - 13 |
| Anlage 13  | - Homogenbereiche               | Blatt 1 - 4  |

## **1 Bauvorhaben**

Die Lutherstadt Eisleben plant die Sanierung und den Um- und Ausbau der ehemaligen Grabenschule zum BürgerRatHaus.

Im Zuge der Maßnahmen sind u.a. ein Neubau auf der Ostseite des Gebäudes, ein Neubau des Eingangsbereiches auf der Nordseite, ein Fahrstuhleinbau sowie eine Neugestaltung der Außenanlagen vorgesehen.

Die Baumaßnahme ist in die geotechnische Kategorie II einzuordnen.

Die Baugrundbüro Dr.-Ing. Weissenburg Ingenieurgesellschaft mbH wurde von der Lutherstadt Eisleben beauftragt, für das o.g. Bauvorhaben eine Baugrunduntersuchung und Gründungsberatung vorzunehmen. Außerdem wurden wir mit der Erkundung der Gründung der Stützmauer im Norden beauftragt.

Als Höhenbezug wurden die in den Planungsunterlagen (U 3) angegebenen Höhen in m ü. NHN (DHHN92, HS 160) zugrunde gelegt.

## **2 Baugrund**

### **2.1 Morphologie, Bebauung und Bewuchs**

Der Standort liegt in der Grabenstraße im südöstlichen Teil des alten Zentrums von Eisleben speziell in der Talsenke der „Bösen Sieben“.

Die Geländeoberfläche liegt großräumig betrachtet bei ca. 130 - 128 m NN an der Bösen Sieben und steigt nach Nordwesten und Südwesten bis auf ca. 230 ... 240 m NN an. Nach Westen fällt das Gelände in die weit gespannte Senke ab.

Der Standort ist mit dem Gebäude der Schule sowie weiteren Gebäuden bebaut, die geschliffen werden sollen. Über die Gründungsverhältnisse der Altbebauung liegen keine Angaben vor.

Auf dem Grundstück, entlang der Straße und des Baches stehen z.T. vereinzelt bis in Gruppen Bäume und Büsche.

### **2.2 Geologie**

Der Standort liegt regionalgeologisch in der Mansfelder Mulde, speziell in einer holozänen Bachaue.

Die Mansfelder Mulde wird im Norden von der Halle-Hettstedter Gebirgsbrücke, im Süden vom Hornburger Sattel und im Westen von den Übergangsbereichen zum Harz begrenzt. Die Mansfelder Mulde bildet eine sog. Synklinale, d. h. von außen nach innen beißen fortschreitend jüngere Gesteine aus. Außen liegen dabei die Kalke und Tonsteine des Zechsteins (Perm), weiter innen die Kalksteine, Sandsteine und Tonsteine der triassischen Einheiten Buntsandstein und Muschelkalk.

Eisleben liegt dabei innerhalb dieser Mulde in einer durch Subrosion eines unterirdischen Salzdoms entstandenen Niederung. Dieser Salzdom wird dem Perm (Zechstein) zugeordnet und Teutschenthaler Salzsattel genannt. Die zur Entstehung dieser Niederung beitragenden Prozesse dauern bis heute an, weshalb um Eisleben Erdfälle vorkommen können.

Nach U 2 wird der Festgesteinsuntergrund von den Schichten des Unteren Buntsandsteines (su) gebildet, einer Folge von rotbraunen und grauen glimmerhaltigen Ton- und Schluffsteinen mit zumeist geringmächtigen Sand-, Kalk- sowie quarzitisch festen Rogensandsteinen. In den Tonsteinen sind harnischförmige Gleitflächen möglich.

An der Grenze zu den Lockergesteinen sind die Festgesteine mit mehreren Dezimetern bis Metern Mächtigkeit zu Ton (Tonstein) bzw. untergeordnet zu Sand/Schluff (Sandstein) zersetzt. Zur Tiefe hin sind mehr oder weniger rasche Zunahmen der Festigkeiten und Festgesteiseigenschaften zu erwarten, wobei die Übergänge fließend (Tonstein) bis abrupt (harte Sandsteinbänke) sind.

Die Lockergesteinsschicht wird von Hanglehm und Hangschutt aus dem Festgestein und von fluviatilen Kiesen und Sanden, den sogenannten Bachschottern, und im Abschluss zur Geländeoberkante von holozänen Aue- und Schwemmlerablagerungen gebildet.

Infolge der vormaligen Bebauung sowie anderer anthropogener Einwirkungen stehen oberflächlich Auffüllungen/Aufschüttungen an.

In einer Altbohrung im Norden stehen bis 3,6 m Auffüllungen, bis 5,3 m Auelehme und Abschwemmmassen, bis 6,6 m Hanglehme und darunter bis 12 m Bachschotter/Hangschutt an. Im Nordwesten stehen bis 4,3 m Auffüllungen und bis 5 m Lößlehm an.

## **2.3 Hydrogeologie / Hydrologie**

Als Hauptvorflut fungiert die böse Sieben, die unmittelbar im Süden aus südwestlicher Richtung kommend durch den Talgrund fließt und nach Osten entwässert.

Angaben zu den Hochwasserständen liegen nicht vor. Diesbezüglich wird eine Anfrage bei den zuständigen Stellen (LHW, untere Wasserbehörde) empfohlen.

Als obere Grundwasserleiter fungieren am Standort die Bachschotter und die Hangschuttbereiche. Allgemein ist von einer Abstromrichtung entsprechend der Fließrichtung der Vorflut in östliche Richtung auszugehen. Daneben fließen Schicht- und Hangwässer entsprechend

der Morphologie von den Hochflächen im Nordwesten und Südwesten in Richtung Talgrund. Infolge der Morphologie kann das Grundwasser auch gespannt sein.

Der Auelehm/Schwemmelehm stellt im Wesentlichen einen Grundwassergeringleiter bzw. -stauer dar, wobei Schichtwässer auch in stärker sandig oder kiesig ausgebildeten Lagen fließen können, die linsen- bis bänderartig in die bindigen Deckschichten eingeschaltet sein können. In den Auffüllungen sind Stauwasserbildungen über bindigen Lagen möglich.

## **2.4 Besonderheiten**

### **- Erdbebengefährdung**

Der Standort liegt nach DIN 4149 in keiner Erdbebenzone, sodass diesbezüglich keine zusätzlichen Forderungen bestehen.

### **- Subrosionsgefährdung**

Für den globalen Standortbereich besteht eine allgemeine zumindest latente Gefahr von möglichen Subrosionserscheinungen, die an die Auslaugung von Salzen und Gipsen im unterlagernden Zechstein gebunden ist. Kenntnisse über Erdfälle am Standort aus historischer Zeit liegen dem Unterzeichner nicht vor. Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass für das Bauvorhaben keine unmittelbare Gefährdung besteht bzw. dass für die neue Brücke ein gleiches latentes Risiko besteht wie für den jetzigen Bestand. Zur aktuellen Einschätzung der Auslaugungsproblematik wird eine Anfrage beim LABG empfohlen.

### **- Altbergbau**

Der Raum Eisleben ist durch Altbergbau bekannt.

Über Kampfmittelverdachtsflächen liegen uns keine Angaben vor. Diese wären planungsseitig zu recherchieren.

## **3 Untersuchungen**

### **3.1 Lage, Art, Umfang und Zeitpunkt der Bodenaufschlüsse**

Zur Baugrunderkundung und Beurteilung der Baugrundverhältnisse wurden im Juli - August 2021 insgesamt 10 Kleinbohrungen als Rammkernsondierungen (BS) bis in Tiefen von ca. 12 m abgeteuft. Infolge der jetzigen Bebauung war eine Baugrunderkundung teilweise noch nicht möglich und muss später nachgeholt werden.

Die Lage der Untersuchungspunkte und die Aufschlusstechnik wurden neben dem Erkundungsziel teilweise auch von den örtlichen Gegebenheiten (Leitungsbestand) bestimmt.

Die Untersuchungspunkte wurden lage- und höhenmäßig eingemessen und sind zusammenfassend im Lageplan der Anlage 2 gekennzeichnet. Sämtliche Erkundungsergebnisse sind in Form von Bohrprofilen und Rammdiagrammen in der Anlage 4 dargestellt.

### **3.2 Felduntersuchungen**

Zur Prüfung der Lagerungsverhältnisse der einzelnen Baugrundsichten wurden 2 Rammsondierungen (RS) mit der Schweren Rammsonde (DPH) bis in Tiefen von ca. 7,9 ... 8,0 m niedergebracht.

### **3.3 Laboruntersuchungen**

Zur Klassifizierung der Böden und Bestimmung der Baugrundeigenschaften bzw. Festlegung der Bodenkennwerte wurden folgende Laborversuche durchgeführt:

- 7 Wassergehalte
- 2 Konsistenzgrenzen
- 5 Kornverteilungen
- 1 Glühverlust

Dabei wurde das Laborprogramm den vorgefundenen Baugrundverhältnissen angepasst.

## **4 Ergebnisse der Untersuchungen**

### **4.1 Schichtverlauf und -verbreitung**

In Auswertung der stichprobenartigen, punktförmigen Aufschlüsse ergibt sich für den Standort folgendes generelles geologisches Schichtenmodell:

<b>Schicht 1 -</b>	<b>Auffüllung/ Aufschüttung</b>	(Kies, sandig/Sand, kiesig, z.T. schluffig oder steinig; Ton/Schluff, sandig, z.T. kiesig, z.T. organische Beimengungen; Ziegelreste, Betonreste, Glas)
<b>Schicht 2 -</b>	<b>Auelehm/ Schwemmlehm</b>	(Ton, schluffig, sandig bis z.T. stark sandig, z.T. kiesig, z.T. organische Beimengungen)
<b>Schicht 3 -</b>	<b>Bachschotter Hangschutt/</b>	(Kies, sandig/Sand, stark kiesig, schluffig bis stark schluffig, z.T. steinig)
<b>Schicht 4 -</b>	<b>Hanglehm</b>	(Ton, schluffig, sandig, z.T. kiesig)

<b>Schicht 5.1 - Festgestein zersetzt</b>	(tonig – schluffig, sandig zersetzter Tonstein mit Tonsteinstückchen)
<b>Schicht 5.2 - Festgestein verwittert</b>	(Tonstein / Sandstein, verwittert)

Nach den Aufschlussresultaten der Anlage 4 stehen am Standort oberflächlich Auffüllungen/Aufschüttungen an. Die punktförmig aufgeschlossenen **Auffüllungen** weisen unterschiedliche Zusammensetzungen und Schichtenfolgen auf. Die Mächtigkeiten schwanken zwischen ca. 2,0 und 3,1 m.

Die Oberflächenbefestigungen wurden in Pflaster ausgeführt. Darunter ist das Material in der Regel als Kies oder Sand ausgebildet und der Bettung bzw. den alten Trag- und Frostschutzschichten zuzuordnen. Darunter kamen unterschiedlich Sande, Kiese und Tone/Schluffe zur Auffüllung. Zum großen Teil stammt das Material offensichtlich aus Seitenentnahmen der anstehenden Erdstoffe (Auelehm/Schwemmlehm). Die Ergebnisse der Rammsondierungen weisen mit Schlagzahlen von  $N_{10(DPH)} = 1$  über größere Bereiche auf teilweise extrem geringe Verdichtungsgrade der Auffüllung bzw. der Hinterfüllung hin.

Die Auffüllungen sind zum Teil regellos mit Ziegelresten und anderem Bauschutt durchsetzt. Eine weitere detaillierte Abgrenzung der Auffüllungen vom natürlichen Baugrundprofil ist fachtechnisch und wirtschaftlich nur im großräumigen Anschnitt im Zuge der Bauausführung möglich. Da anthropogene Hinweise mitunter fehlen, ist eine genaue Abgrenzung zum natürlichen Profil (Auelehm/Schwemmlehm) z.T. auch schwierig zu ziehen.

Unter den Auffüllungen steht dunkelgrauer bis dunkelbrauner **Auelehm/Schwemmlehm** an. Der bindige Aueboden ist vorwiegend tonig, schluffig mit unterschiedlichen Sand- und auch Kieskornteilen ausgebildet und weist zumeist organische Beimengungen auf. An der Basis sind in BS 2 stärker sandig-kiesige Anteile eingeschaltet, so dass man auch von Auesanden sprechen kann.

Die bindigen Aueablagerungen besitzen je nach Kornzusammensetzung und organischen Beimengungen vorwiegend leichte bis mittelpastische Eigenschaften und stehen mit sehr weichen/breiigen bis steifen Konsistenzen an.

Der Aue-/Schwemmlehm besitzt allgemein eine relativ geringe Scherfestigkeit und hohe Zusammendrückbarkeit. Er ist stark wasserempfindlich und zumeist nur sehr schwer bis nicht verdichtbar. Die Auesande sind infolge ihrer engen Kornabstufung relativ lage- bzw. erschütterungsempfindlich und neigen bei Entlastung bzw. Austrocknung zu Auflockerungserscheinungen. Unter Wasserzutritt sind sie als fließgefährdet einzuschätzen.

Die Gesamtschichtmächtigkeiten des Auelehmpaketes schwanken in den Aufschlüssen bis zu ca. 1,7 m.

Darunter folgen ab einer Tiefe von ca. 2,7 ... 4,1 m unter OKG **Bachschotter/Hangschutt**. Die braunen, rötlichbraunen bis z.T. graubraunen Schotter bzw. Schuttablagerungen stellen sich hauptsächlich als weit- bis intermittierend gestufte, schluffige bis stark schluffige, sandige bis stark sandige Fein- bis Mittelsande oder kiesige bis stark kiesige Sande dar. Die



Schotter sind teilweise auch stärker verlehmt. Erfahrungsgemäß können teilweise auch Steine/Gerölle eingelagert sein. Die Lagerungsdichte ist in Auswertung der Rammsondierungen als unterschiedlich von vorwiegend locker (RS 1) bis mitteldicht bis dicht (RS 2) einzuschätzen.

Darunter steht in BS 3 ab Tiefen von ca. 6,3 m unter OKG **Hanglehm** oder ein älterer Schwemmlehm mit weichen bis steifen Konsistenzen an.

An der Basis des Lockergesteinpaketes stehen in BS 7 ab ca. 7,8 m Tiefe unter OKG die rot-braunen glimmerhaltigen **Ton- und Schluffsteine** sowie eingeschaltete graue und rotbraune **Sandsteine** der Formation des Unteren Buntsandsteines.

Im Bereich des **Festgesteinzersatzes** sind die Ton- und Schluffsteine lockergesteinsartig entfestigt und besitzen vorwiegend die Eigenschaften eines leicht - bis mittelplastischen sandigen Tones mit Tonstein- und Sandsteinstückchen (Tonsteinzersatz). Die Konsistenz der bindigen Matrix wurde im oberen Bereich mit steif bis halbfest.

Das zersetzte Festgestein geht mit der Tiefe in das **verwitterte Festgestein** über, wobei die Übergänge fließend (Tonstein) bis abrupt (harte Sandsteinlagen) sind.

## **4.2 Klassifizierung und Eigenschaften der Straßenbaustoffe und Böden**

### **- Baugrundeigenschaften**

Auf der Grundlage der Feld- und Laborprüfungen sowie anhand von Vergleichs- und Erfahrungswerten können die aufgeschlossenen Erdstoffe durch folgende bodenphysikalische Eigenschaften beschrieben werden:

#### **Schicht 1: Auffüllung/Aufschüttung**

Die punktförmig aufgeschlossenen **Auffüllungen/Aufschüttung** weisen stark unterschiedliche Zusammensetzungen von Ton bis Kies auf. Bedingt durch die Inhomogenität in der Zusammensetzung, unterschiedliche Einbauzwecke (Tragschichten, Dammschüttungen, Geländeregulierungen etc.) und unterschiedliche Verdichtungsgrade sind stark wechselhafte Eigenschaften vorhanden. Reste von alten Bauwerken sind prinzipiell möglich.

Allgemein ist zu beachten, dass nicht zweckgebunden verdichtete Auffüllungen zumeist eine unterschiedliche und allgemein geringe Dichte, eine hohe Hohlräumigkeit bzw. Makroporosität sowie bei Wasserzutritt eine noch vorhandene Sackungsempfindlichkeit aufweisen können. Insgesamt ist die Auffüllung bei Belastung je nach Porenvolumen stark bis schwach zusammendrückbar.

#### ***Oberbau: alte Tragschicht / Frostschuttschicht (Sande und Kiese)***

Klassifikation nach DIN 18196:      Auffüllungen aus natürlichen Böden

[GW, GI, SW, SI, GU/GT, SU/ST]  
Frostverhalten (ZTVE-StB): vorwiegend nicht bis gering frostempfindlich  
F1 – F2, z.T. sehr frostempfindlich (F 3)

**Unterbau, Auffüllungen, Erdstoffablagerungen**

Klassifikation nach DIN 18196: Auffüllung aus natürlichen Böden  
[SW, SI, SU/ST, SU\*/ST\*, GW, GI, GU/GT, GU\*/GT\*,  
TL, TM, TA, OU, OH]  
mit möglichen Stein-/Blockanteilen [X, Y] und  
Fremdstoffen (A)  
- Tone, gemischtkörniges Material Feinkornanteil > 15 %  
Plastizität: vorwiegend leicht bis mittelpastisch  
Konsistenz: weich bis steif, z.T. sehr weich oder halbfest  
Frostverhalten (ZTVE-StB): sehr frostempfindlich (F3)  
- Sand- und Kiesmaterial  
Lagerungsdichte: locker bis mitteldicht, z.T. dicht  
Frostverhalten (ZTVE-StB): nicht bis mittel frostempfindlich (F1 /F2)  
Zusammendrückbarkeit: je nach Porenvolumen sehr groß bis gering  
Beimengungen: z.T. Sandsteinstücke bzw. Bauschutt,  
z.T. organische Beimengungen

Auffüllungen scheiden als Gründungsschicht für Ingenieurbauwerke aus.

**Schicht 2: Aue-/Schwemmlehm**

Benennung (DIN 4022): Ton, schluffig, sandig bis stark sandig, z.T. kiesig  
Klassifikation nach DIN 18196: TL, TM, (TA,) OU, SU\*/ST, (GU\*/GT\*)  
Farbe: dunkelgrau, dunkelbraun, graubraun  
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): sehr frostempfindlich (F3)  
Plastizität: vorwiegend leicht bis mittelpastisch  
Konsistenz: vorwiegend breiig bis steif  
Laborergebnisse (Einzelwerte):  $w_n = 21,2 \%$   
 $w_L = 27,7 \%$ ,  $w_p = 21,0 \%$   
 $I_p = 6,7 \%$ ,  $I_c = <0$   
 $v_{gl} = 6,1 \%$   
Zusammendrückbarkeit: sehr groß  
Tragfähigkeit: gering bis sehr gering  
Beimengungen: organische Bestandteile  
Grundwasserleiter: Grundwassergeringleiter

Der bindige Boden und vergleichbare Auffüllungen sind stark witterungsempfindlich. Auf ungeschützten Aushubsohlen kommt es insbesondere durch Wasser- und/oder Frost-einwirkung zu rasch voranschreitenden Entfestigungs- und Aufweichungsprozessen.

**Schicht 3: Bachschotter/Hangschutt**

Benennung (DIN 4022):	Kies, sandig bis Sand, stark kiesig, schluffig bis stark schluffig
Klassifikation nach DIN 18196:	GU*/GT*, GU/GT, SU/ST, SU*/ST*
Farbe:	braun, rotbraun, graubraun
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	je nach Feinkornanteil gering bis sehr frostempfindlich (F2 – F3)
Lagerungsdichte:	locker bis dicht
Zusammendrückbarkeit:	mittel bis gering
Tragfähigkeit:	mittel bis groß
Kornverteilung:	vorwiegend weit- bis intermittierend gestuft
Gleichförmigkeit:	vorwiegend ungleichförmig
Kornform:	vorwiegend kantig, z.T. abgerundet
Beimengungen:	Gerölle, Blöcke möglich
Grundwasserleiter:	Grundwasserleiter

**Schicht 4: Hanglehm**

Benennung (DIN 4022):	Ton, schluffig, sandig
Klassifikation nach DIN 18196:	TL, TM, TA, OU
Farbe:	dunkelgrau, dunkelbraun, graubraun
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB):	sehr frostempfindlich (F3)
Plastizität:	vorwiegend leicht bis mittelplastisch
Konsistenz:	vorwiegend weich - steif
Zusammendrückbarkeit:	groß
Tragfähigkeit:	gering
Beimengungen:	organische Bestandteile
Grundwasserleiter:	Grundwassergeringleiter

**Schicht 5: Festgestein, zersetzt/verwittert**

Petrogr.-gewinnungstechn.	
Bezeichnung:	feinkörnige Sedimentgesteine (SF)

**Schicht 5.1: Festgestein, zersetzt**

Verwitterungsgrad:	entfestigt bis zersetzt (VE, VZ)
Benennung (DIN 4022):	Ton, schluffig, feinsandig bis Schluff, stark sandig;
Farbe:	braun bis rotbraun
Bodengruppe (DIN 18196):	Ton (TL, TM, (TA)), Sand/Kies-Ton-Gemische (SU*/ST*, (GU*/GT*))

Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): F 3 – sehr frostempfindlich  
 Plastizität: vorwiegend leicht bis mittelplastisch  
 Konsistenz: steif bis halbfest ( $I_C \approx 0,9 \dots 1,5$ )  
 Laborergebnisse (Einzelwerte):  $w_n = 12,4 \%$   
 $w_L = 26,6 \%$ ,  $w_P = 12,6 \%$   
 $I_P = 14,0 \%$ ,  $I_C = 0,84$   
 Zusammendrückbarkeit: mittel bis gering  
 Tragfähigkeit: mittel  
 Beimengungen: Tonsteinstücke, Tst-Lagen, harte Sandsteinlagen  
 Grundwasserleiter: Grundwassergeringleiter

### Schicht 5.2 - Festgestein, verwittert (Sandstein, Tonstein)

- nur zur Information

Verwitterungsgrad: verwittert bis angewittert (VE – VA)  
 Farbe: rot, rotbraun  
 Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB): nicht bis mittel frostempfindlich (F1 - F2)  
 Gesteinsfestigkeit (vorwiegende Werte):  
 Tonstein: gering bis mittel ( $q_{u,k} = 10 - 50 \text{ MN/m}^2$ )  
 Sandstein: gering bis hoch ( $q_{u,k} = 30 - 150 \text{ MN/m}^2$ )  
 Quarzitkonglomerat: hoch bis sehr hoch ( $q_{u,k} = 100 - 400 \text{ MN/m}^2$ )  
 Haupttrennfläche (Schichtung):  
 Abstand:  
 Tonstein: blätterig bis dünnplattig (A01 – A05)  
 Sandstein/Konglomerat: plattig bis bankig (A 10 - A60), z.T. massig  
 Neigung: überwiegend söhlig (N1)  
 untergeordnet flach (N3)  
 Klüftung: mittel bis stark  
 Witterungsbeständigkeit: hoch bis mittel  
 Zusammendrückbarkeit: gering bis sehr gering  
 Tragfähigkeit: hoch  
 Lösbarkeit: schlecht lösbar

### - Bodenklassen und Bodengruppen

Die vorstehend beschriebenen Bodenschichten sind in folgende Bodengruppen und Bodenklassen einzuordnen:

Bodenart	Kurzzeichen DIN 18 196	DIN 18 300 (2010)	DIN 18301 (2010)	DIN 18319 (2010)	ZTVA-StB	ATV – A 127
Oberboden		1				

Auffüllung <sup>*1</sup> (Schicht 1)	A [GW, GI, GE, GU/GT, GU*/GT*, SW, SI, SU/ST, SU*/ST*, TL, TM, TA, OU, OH, (X,Y)]	3 - 5 <sup>*1,4</sup>	BN 1 - 2, BB 1 - 3, (BS 1 - 4)	LNW 1- 3, LN 1 - 3, LBM 1 - 2 P 1 - 2, (S 1- 4)	V1 - V3 (außer TA, OU, OT)	G 1 - 4
Auelehm/ Schwemmlehm (Schicht 2)	TL, TM, OU, (TA) SU*/ST*, (GU*/GT*)	2 <sup>*2,3</sup> , 4	BB 1 - 2	LBM 1-2 P 1 (2)	V3 (2)	G 4 (3)
Hangschutt/ Bachschotter (Schicht 3)	GU*/GT*, GU/GT, SU/ST, SU*/ST*	3 - 5 <sup>*3,4</sup>	BN 1 - 2 (BS 1 - 3)	LNW 1- 3, LN 1 - 3 (S 1 - 3)	V1 – V2	G 1 – 3
Hanglehm (Schicht 4)	TL, TM, OU, (SU*/ST*)	2 <sup>*2,3</sup> , 4	BB 2	LBM 1-2 P 1 (2)	V3 (2)	G 4
Zersetztes Festgestein (Schicht 5.1)	TL, TM, SU*/ST*	6 <sup>*5</sup>	BB 2-3 (4) BN 1 - 2 FV 1	LBM 2 (3) P 1, LN 2 – 3, FZ 1	V3 (V2)	G 4 (3)
verwittertes Festgestein (Schicht 5.2)		6 - 7 <sup>*5</sup>	FV 1 - 3 FD 1-3 (4)	FZ 1 - 3 FD 1 - 4		

\*1 Einstufung ohne Oberflächenbefestigungen oder großvolumige Hindernisse wie Bauwerksreste (Fundamentreste etc.)

\*2 Breiige Bereiche ( $I_C < 0,5$ ) sind in die Bodenklasse 2 - fließende Böden - einzuordnen.

\*3 ST\* bei Anschnitt unter Grundwasser ist in die Bodenklasse 2 - fließende Böden - einzuordnen.

\*4 Steine oder Gerölle möglich; Steinanteile bis 0,01 m<sup>3</sup> Rauminhalt und Steinanteile  $\leq 30\%$  von  $> 0,01$  m<sup>3</sup> bis 0,1 m<sup>3</sup> Rauminhalt sind in Bodenklasse 5; Steinanteile  $> 30\%$  bis  $d = 0,6$  m sind in Bodenklasse 6 und Steine  $d > 0,6$  m sind in Bodenklasse 7 einzuordnen.

\*5 feste, harte bankige Festgesteinspartien mit Schichtdicken  $\geq 30$  cm oder  $V_{\text{Kluftkörper}} \geq 0,1$  m<sup>3</sup> sind einer Bodenklasse 7 - schwer lösbarer Fels - zuzuordnen. Sofern keine Pauschalvereinbarungen getroffen werden, wird empfohlen, die Abrechnung der Bodenklassen auf Nachweis im Leistungsverzeichnis zu vereinbaren.

Erfahrungsgemäß lassen sich bauseitig die Bodenklassen 3-5 und 6 im zersetzten Festgestein mitunter nur schwer unterscheiden, da der Boden beim Anschnitt teilweise noch leicht verfestigt oder im Verband ansteht, während eine gestörte Bodenprobe sich als Bodenklasse 3/4/5 darstellt. Wir empfehlen daher, die zersetzten Festgesteine hinsichtlich der Beschreibung einheitlich in **Bodenklasse 6** einzuordnen.

Hinsichtlich der Homogenbereiche und der aktuellen ATV-DINs wird auf Anlage 13 verwiesen.

### 4.3 Berechnungskennwerte Flächengründung

Für erdstatische Berechnungen können auf der Grundlage von Erfahrungswerten, Analogien sowie aufgrund der Laborprüfungen folgende Bodenkenngrößen als charakteristische Kennwerte in Ansatz gebracht werden:

Schicht Nr.	Bodenart	Wichte cal $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wichte u. Auftrieb cal $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungswinkel cal $\phi'$ [°]	Kohäsion cal $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Undrained Kohäsion cal $c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul Es [MN/m <sup>2</sup> ]
1	Auffüllungen*						
	Sand / Kies	19 - 21	10 – 11	30 / 35	0	-	10 – 50
	Ton-Sand/Kies-Gemische	19 - 20	9 – 10	25 - 30	3 - 0	30 - 80	5 - 10
	Ton / Schluff	18 - 20	8 – 10	20 - 25	5 - 0	15 – 40	3 – 6
2	Auelehm/ Schwemm- lehm	17 - 19	8,5 – 9,5	22 - 24	4 - 2	15 – 60	3 – 6
3	Bachschotter  ( $N_{10} \geq 10$ )	18 – 19	9 - 10	29 - 32	0	-	10 – 20
		19 - 20	11	33 - 35			40 - 80
4	Hanglehm	18 - 19	9 – 10	24 - 26	6 - 4	40 – 80	6 – 10
5.1	Festgestein, zersetzt	20 – 21	10 – 11	25 – 27	15 – 10	150 - 300	15 – 30

Die Werte für die Scherfestigkeit ( $\phi'$ ,  $c'$ ) gelten nur für Erddruckbemessungen.

Die Scherparameter sind jeweils so anzusetzen, dass ein hoher Reibungswert einen geringen Kohäsionswert bedingt und umgekehrt.

Die Werte sind je nach Aufgabenstellung als **Mittelwerte** oder als obere und untere Grenze für **Grenzwertbetrachtungen** in Ansatz zu bringen. Die Werte für den Steifemodul berücksichtigen eine lagerungs- bzw. eine tiefenabhängige Verteilung. Für Detailfragen sind wir zu konsultieren.

### 4.4 Hydrologie und Grundwasserverhältnisse

Während der Aufschlussarbeiten im Juli –August 2021 wurden die Grundwasserstände wie folgt gemessen:

	Wasserspiegel			
Aufschluss	WA m u. OKG	WA m ü. NHN	WE m ü. NHN	Datum
BS 3	4,1			29.07.21
BS 7	3,8			30.07.21

WA - Wasserspiegelanschnitt, WE - Wasserspiegel bei Bohrende, k.W.- kein Wasser

Danach wurde bauzeitlich Grundwasser nur in den tiefen Aufschlüssen BS 3 und 7 in Tiefen von ca. 3,9 ... 4,1 m unter OKG festgestellt, was augenscheinlich in etwa dem Wasserstand der Vorflut entspricht oder etwas tiefer liegt. Saisonal und niederschlagsabhängig ist auch mit geringeren Flurabständen zur OKG zu rechnen. Oberhalb des freien Grundwasserspiegels sind über bindigen Lagen Schicht- und Stauwässer möglich.

Als oberer Grundwasserleiter fungieren am Standort die Bachschotter bzw. die Hangschuttmassen. Der Wasserandrang in den Kiesen und Sanden ist allgemein als groß bis z.T. sehr groß einzuschätzen.

Der Auelehm/Schwemmlehm, der Hanglehm und die zersetzen/verwitterten Tonsteine stellen im Wesentlichen einen Grundwassergeringleiter bis -stauer dar, wobei Grundwasser auch in stärker sandig oder kiesig ausgebildeten Lagen zirkulieren kann.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte können erfahrungsgemäß wie folgt abgeschätzt werden (vorwiegende Werte):

Bodenart	Kurzzeichen DIN 18196	Grundwasserleiter	Durchlässigkeit [m/s]
Aue-/Schwemmlehm	TL, TM, OU, SU*/ST*, (GU*/GT*)	Porenraum	$1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-9}$ $1 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-7}$
Hangschutt/ Bachschotter	GU/GT, SU/ST, GU*/GT*, SU*/ST*	Porenraum	$5 \cdot 10^{-3}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ $5 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-6}$
Hanglehm	TL, TM, OU	Porenraum	$1 \cdot 10^{-6}$ bis $1 \cdot 10^{-9}$
Festgestein, zersetzt	TL, TM, SU*/ST*	Porenraum (Klüfte)	$10^{-7}$ bis $10^{-10}$ $10^{-5}$ bis $10^{-7}$

Aufgrund der Lage des Standortes in der Bachaue sind die Abflussverhältnisse der Vorflut für die Baumaßnahme als maßgebend anzusehen.

Der höchstmögliche Grundwasserstand HHGW ist demzufolge dem Hochwasserstand der Vorflut (HHW) gleichzusetzen. Insbesondere bei längeren Niederschlagsperioden und nach der Schneeschmelze muss mit einem entsprechenden Anstieg des Wasserspiegels gerechnet werden.

Über den maximalen Hochwasserstand der Vorflut liegen uns keine Angaben vor. Wir empfehlen, die hydrologischen Hauptzahlen bei den zuständigen amtlichen Stellen (LHW, Untere Wasserbehörde) abzufragen oder eine geohydrologische Untersuchung zu beauftragen. Interessant wäre auch die Frage, ob Wasser mal im Keller stand.

### - Beton- und Stahlaggressivität

Zur Beurteilung der **Betonaggressivität** des Grundwassers nach DIN 4030 wurde eine Probe aus dem Bach entnommen und analysiert. Danach wurde die Aggressivität des Wassers nach DIN 4030 infolge eines erhöhten Sulfatgehaltes als **stark betonangreifend** bestimmt (Anlage 7.1). Gemäß DIN-Fachbericht 100, Tab. 2 entspricht das einer Expositionsklasse XA2.

Planungsseitig sind die sich aus der Expositionsklasse ergebenden Anforderungen an die Betonzusammensetzung und Eigenschaften zu prüfen.

## 4.5 Tragfähigkeiten

Zur Einschätzung der vorhandenen Tragfähigkeit des potenziellen Planums wurde im Sch 2 eine stichprobenartige Prüfung mit dem leichten Fallgewichtsgesetz (dynamische Lastplatte) durchgeführt. Danach wurden folgende Tragfähigkeitswerte ermittelt:

dyn. Lastplatte	Schicht	Tiefe unter OK Gelände [m]	$E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Sch 2	1	0,6	18,6	≈ 25 - 30

Den ermittelten  $E_{vd}$ -Werten aus dem dynamischen Plattendruckversuch können nach ZTVA bzw. ZTV-StB LAS die o.g.  $E_{v2}$ -Werte zugeordnet werden.

Die o.g. Werte dienen jedoch nur zur Orientierung, da die Äquivalenz zwischen dem statischen und dem dynamischen Verformungsmodul von der jeweiligen Bodenart, dem Wassergehalt und dem Verdichtungsgrad abhängt und insbesondere bei nicht klassifiziertem Material bzw.  $E_{vd} < 30$  MN/m<sup>2</sup> generell in einem direkten Vergleich korreliert werden soll.

## 4.6 Untersuchungen zur vorhandenen Gründung und zur Stützwand

Bestandsunterlagen zur vorhandenen Gründung liegen nicht vor. Es ist zu vermuten, dass die Gründung mit Spickpfählen oder als tiefe Flächengründung in den Bachschottern oder mit Gründungspolster bzw. Packlage erfolgte. Zur genauen Feststellung wären z.B. Schrägbohrungen durch die Fundamente erforderlich.



Zur Erkundung der Art der Hinterfüllung wurden 2 Schürfe unmittelbar am Gebäude ausgeführt.

Danach stehen im oberen Bereich jeweils aufgefüllte Sande und Kiese an, während im unteren Bereich hauptsächlich weiche-breiige, kiesige, sandige Tone aus dem Auelehm oder Kiese/Sand-Ton/Schluff-Gemische anstehen.

In Sch 4 wurde zuunterst in ca. 2 m Tiefe eine feste Lage festgestellt, die ggfs. einem Fundamentsockel zuzuordnen ist.

Die Stützwand im nördlichen Baufeld weist auch im Boden Sandsteinmauerwerk auf. Die Fundamentunterkante wurde bei einer Tiefe von 1,85 m unter OKG noch nicht unterfahren.

#### **4.7 Risschäden**

Das alte Schulgebäude weist insbesondere im westlichen Teil der nördlichen Gebäudeseite, an der Nordostseite (Eingang), am nördlichen Anbau und an der Südostecke Risse auf, die auf Setzungsschäden hinweisen können.

Die Risse treten insbesondere über den Fenstern bzw. Türen auf, dem schwächsten Teil der Mauer auf.

Farbliche Unterschiede im Mauerwerk können auf unterschiedliche Bauabschnitte oder eine Aufstockung hinweisen.

Das Kellermauerwerk wurde in Sandsteinmauerwerk gebaut. Der Riss an der Südostecke geht augenscheinlich im Kellerbereich weiter, was ggfs. auf ein Setzungsproblem hinweist.

Zur Begutachtung, ob die Risschäden auf Setzungen zurückzuführen sind, wäre aus unserer Sicht eine Inaugenscheinnahme des gesamten Kellerbereiches und ein Teilnivellement des Sockelbereiches erforderlich.

## **5 Baugrundbeurteilung**

### **5.1 Allgemeine Baugrundeinschätzung**

Für die Gründungsbetrachtungen ergibt sich nach den Baugrundaufschlüssen der Anlage 4 zusammenfassend folgendes Bild:

Danach stehen oberflächlich bis in unterschiedliche Tiefen von bis zu ca. 3,1 m unter OKG Auffüllungen und darunter bis zu ca. 4,1 m unter OKG z.T. weiche-breiige Auelehme/Schwemmlehme an. Darunter folgen Bachschotter/Hangschutt und z.T. Hanglehm. Im Liegenden stehen ab Tiefen von ca. 7,1 m unter OKG  $\approx$  xxx m NHN die zersetzten/verwitterten Festgesteine des Unteren Buntsandsteines hauptsächlich in Form von Tonsteinen an.

Grundwasser wurde in Tiefen ab ca. 3,9 m unter OKG  $\approx$  xxx m NHN festgestellt, was augenscheinlich in Höhe oder unter dem Wasserstand in kanalartig gefassten Vorflut liegt.

In Auswertung der vorgefundenen Situation ist mit erhöhten Aufwendungen bei den Gründungsarbeiten zu rechnen. Diese Einschätzung ergibt sich insbesondere aus

- den unterschiedlichen Baugrundverhältnissen,
- dem Anstehen von Auffüllungen und von weichen-breiigen Aue-/Schwemmlehmen mit ungünstigen Tragfähigkeits- und Setzungseigenschaften bis in größere Tiefen,
- den z.T. lockeren Lagerung der Bachschotter,
- der Nähe zur Vorflut und den möglichen hohen Grundwasserständen und den damit verbundenen Aufwendungen für die Wasserhaltung und die Baugrube.

Nicht zweckgebunden verdichteten Auffüllungen scheiden für Gründungen von Ingenieurbauwerken aus.

Die weichen-breiigen Aue- und Schwemmlehme sowie auch die z.T. sehr locker gelagerten Auesande sind infolge ihrer relativ geringen Tragfähigkeiten und der zu erwartenden großen Setzungen im Allgemeinen als Gründungsschicht nur sehr bedingt und auch nur für kleine Lasten geeignet einzuschätzen. Bei größeren Lasteinträgen neigen sie zu spürbaren bzw. zu großen bis sehr großen Setzungen.

Die Bachschotter sind bei zumindest mitteldichter Lagerung ( $N_{10} \geq 7$ ) als relativ gut tragfähig und gering kompressibler Baugrund zu beurteilen und als Gründungsschicht gut geeignet. Daneben sind die Schotter teilweise von lockerer Lagerung oder stärker verlehmt bzw. von Hanglehm unterlagert, was im Trag- und Setzungsverhalten zur berücksichtigen ist.

Das unterlagernde zersetzte/verwitterte Festgestein (Schicht 5) ist allgemein in ungestörter Lage und unter Berücksichtigung der Witterungsempfindlichkeit des Tonsteinmaterials als relativ gut tragfähig und gering kompressibler Baugrund zu beurteilen und damit als Grün-

dungsschicht geeignet. Infolge der potentiellen Subrosionsgefährdung können die Verhältnisse jedoch gestört sein.

Die Gründungssituation ist infolge der vorgefundenen Verhältnisse als kompliziert, jedoch mit geeigneten Gründungsverfahren beherrschbar zu beurteilen.

Infolge der setzungsempfindlichen Böden (Auelehm) und der umliegenden Bebauung dürfen nur erschütterungsarme Bauverfahren zum Einsatz kommen.

## **5.2 Gründungsvorschlag**

Infolge der ungünstigen Gründungsverhältnisse ergeben sich für Gründungen vordergründig folgende Gründungsvorschläge:

- Tiefgründung
- tiefe Flächengründung
- CSV-Verfahren

### **- Tiefgründung**

Die Gründung des neuen Gebäudes kann als Tiefgründung oder als tiefe Flächengründung erfolgen. Eine Tiefgründung kann z.B. mittels Bohrpfählen im zersetzten/verwitterten Festgestein erfolgen. Das Herstellungsverfahren ist erschütterungsarm und erlaubt in der Regel eine sichere Durchfahrung der Altbausubstanz.

Aufgrund der potentiellen Verkarstungssituation am Standort und der daraus resultierenden möglichen wechselnden Tragfähigkeiten des Tonsteines ist bei einer Tiefgründung jedoch eine Stellungnahme des LABG einzuholen. Im Regelfall soll bei Verkarstung die Gründung flächenhaft und nicht punktförmig erfolgen, damit im Versagensfall die Gründung nicht schlagartig ausfallen kann. Der Hanglehm in BS 3 kann auf einen alten Tagesbruch hinweisen. Zur Feststellung der Verkarstungssituation wird eine großkalibrige Kernbohrung mit einer Erkundungstiefe  $\geq 6$  m unter Pfahlsohle empfohlen.

### **- tiefe Flächengründung**

Alternativ kann die Gründung auch als tiefe Flächengründung in den Bachschottern oder mittels Bodenvergütung (z. B. Injektionen, Düsenstrahlverfahren) erfolgen, wobei letztere Lösung aus unserer Sicht nicht sehr wirtschaftlich erscheint. Dazu sind wir zu konsultieren.

Ein eventueller Differenzbetrag zwischen o.g. Kote (Bachschotter) und einer planungsseitig höher angedachten Fundament- oder Plattenunterkante kann dabei als Polster (Bodenaustausch) aus gut verdichtbarem Mineralstoffgemisch oder in Magerbeton bzw. ggfs. in Unterwasserbeton vorgenommen werden.

Bei einer eventuellen Polstergründung im Auelehm/Schwemmlehm ist zu beachten, dass der bindige Boden zu größeren Setzungen neigt und es auch zu einer Lastablagerung auf die alten Fundamente oder zu größeren Mitnahmesetzungen kommen kann. Eine solche Lösung wäre nur für kleine Bauwerkslasten und setzungsverträgliche Konstruktionen denkbar. Die Dicke des Posters ( $d \geq 1 \text{ m}$ ) ist letztendlich durch Setzungsbetrachtungen festzulegen.

Nicht zweckgebunden verdichtete Auffüllungen und der Aue-/Schwemmlehm sind bis zum Erreichen der geplanten Gründungskote zu durchfahren. Die Aushubsohlen sind glatt abziehen bzw. glatt herzustellen und für eine einwandfreie Ausführung der Bauarbeiten wasserfrei zu halten. Das freigelegte Planum darf nicht durch Befahren oder andere Maßnahmen aufgelockert werden.

Bauzeitliche Grundwasserabsenkungen sollen mindestens bis 0,5 m unter Aushubsohle ausgeführt werden, um ausreichend stabile Planien herstellen zu können. In den Kiesen und Sanden soll der Aushub bis zur tiefsten Aushubsohle erst erfolgen, nachdem die Kiessande unter der Wasserhaltung trockengefallen sind und somit nicht auflockern können.

Das Gründungsplanum in den Bachschottern ist nachzuverdichten. Zum Schutz der Sohle soll nach dem Freilegen und Verdichten eine ca. 0,2 m dicke verdichtete Sauberkeitsschicht aus „gewaschenem“ Kies 0/32 aufgebracht werden. Das freigelegte Planum darf nicht durch Befahren oder andere Maßnahmen aufgelockert werden. Bei Planien im Auelehm ist das Aushubplanums mittels Magerbeton zu versiegeln oder zu überbauen.

Gründungspolster aus Mineralstoffgemischen sind mit einem seitlichen Überstand über die Konturen des Bauwerkes hinaus herzustellen, wobei der Überstand mindestens der Einbaudicke entsprechen soll ( $\beta = 45^\circ$ ). Ist das geometrisch nicht möglich, ist das Polster dauerhaft einzuspannen (verbleibender Verbau als verlorene Schalung, Geogitter). Für Magerbetonpolster gelten die Lastausbreitungswinkel der DIN 1045.

Für die Herstellung von Gründungspolstern aus Mineralstoffgemischen werden generell nur gut kornabgestufte, grob- bis gemischtkörnige Mineralstoffgemische empfohlen. Im Hinblick auf eine gute Verdichtungsfähigkeit ist der Feinkornanteil (Korndurchmesser  $\leq 0,063 \text{ mm}$ ) auf weniger als 10 % zu begrenzen. In Polsterzonen, die Frosteinwirkungen ausgesetzt werden können, darf der Feinkornanteil nicht mehr als 7 % im eingebauten und verdichteten Zustand betragen.

Gut geeignete Erdstoffe sind Schotter- oder Kiessandgemische aus Hartgestein, z.B. 0/45 bzw. 0/56 mm, in Anlehnung an die Regelsieblinien nach ZTV-SoB (zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau) oder nach TL BuB E-StB 09. Schottergemische lassen in der Regel aufgrund ihrer kantigen Kornform eine bessere Verzahnung und Verspannung im Polster erwarten als rundkörnige Kiessandgemische. Die verwendeten Materialien müssen der Filterstabilität genügen. Der Einbau und die Verdichtung sind generell lagenweise vorzunehmen. Die Schüttlagendicke soll  $d = 0,30 \text{ m}$  nicht überschreiten und muss sich an den konkreten Mineralstoffgemischen bzw. dem Verdichtungsgerät orientieren. Die Verdichtung ist generell auf

$$D_{Pr} \geq 100 \%$$

vorzunehmen.

Zur Prüfung der erreichten Verdichtungsgrade werden Lastplattenprüfungen in verschiedenen Prüfebenen je nach Schüttungsdicke empfohlen. Im Zweifelsfall sind für eine direkte Dichtebestimmung Ersatzmethoden in situ auszuführen. Für Lastplattenprüfungen werden orientierende Prüfziele von

$$E_{v2} \geq 80 - 100 \text{ MN/m}^2$$
$$E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$$

auf der Polsteroberkante empfohlen. Die Prüfziele sind letztendlich nach Probeverdichtungen zu Baubeginn in Abhängigkeit vom verwendeten Material vom Bodengutachter festzulegen.

Zusätzlich wird bei Planien im Auelehm ein Eindringen/Einschlagen vom Grobschlag (0,0 ... 150) empfohlen, bis ein trittfestes Planum entsteht. Zusätzlich wird die Anordnung eines Geotextiles mit Trenn- und Bewehrungsfunktion empfohlen.

Für Gründungspolster, die nach o.g. Kriterien hergestellt worden sind, können folgende Berechnungskennwerte für Flachgründungen zum Nachweis der Tragfähigkeit und des Setzungsverhaltens in Ansatz gebracht werden:

Wichte des feuchten Bodens	$\gamma_n =$	20 - 21 kN/m <sup>3</sup>
wirksamer Reibungswinkel	$\phi' =$	35°
wirksame Kohäsion	$c' =$	0
Steifemodul	$E_s =$	40 - 60 MN/m <sup>2</sup>

Im Anschlussbereich an vorhandene Altbebauung hat die Gründung generell mit einer Gründungskote gleich oder tiefer der Gründungskote der Altbebauung zu erfolgen, um eine zusätzliche Belastung der alten Fundamente durch die Lasten des neuen Baukörpers auszuschließen.

Zwischen dem Altbestand und dem neuen Baukörper ist in der Regel eine lotrechte und ebenflächige Setzungsfuge anzuordnen, um Mitnahmesetzungen zu vermeiden. Zu beachten ist, dass durch die Setzungsmulde trotzdem Nachsetzungen am Bestand möglich sind.

Der Boden vor den Fundamenten der verbleibenden Nachbargebäude darf nach DIN 4123 ohne Nachweis der Standsicherheit der Altbebauung nur abschnittsweise, z. B. im Pilgerschrittverfahren abgegraben werden. Die Bodenaushubgrenzen der DIN 4123 sind zu beachten. Anderenfalls machen sich entsprechende Sicherungsmaßnahmen (Verbau, Verrohrung) erforderlich.

Bei tieferen Gründungskoten machen sich ggfs. entsprechende Sicherungsmaßnahmen (Verbau, Unterfangung, Bodenvergütung) erforderlich.

Die Standsicherheit der unmittelbar angrenzenden Gebäude darf nicht gefährdet werden. Für eventuelle erforderliche Sicherungsmaßnahmen der Altbebauung oder Unterfangungen bieten sich vordergründig folgende Varianten an:

- Hochdruckinjektionen
- verankerte Spund- oder Trägerbohlwände
- Vor-der-Wand-Pfahlkonstruktion

### **-CSV-Verfahren**

Als weiteres Gründungsverfahren bietet sich bei relativ kleinen Lasten das CSV-Verfahren an. Bei dem CSV-Verfahren werden Stabilisierungssäulen kleinen Durchmessers im Vollverdrängungsverfahren hergestellt, wobei mittels einer Förderschnecke Stabilisierungsmaterial wie Zement, Kalk oder Granulat in den Baugrund eingebracht wird. Dieses Verfahren ist auch für den Einsatz unterhalb des Grundwasserspiegels geeignet. Bei geringer Bodenfeuchtigkeit muss gegebenenfalls Wasser zugeführt werden. Die üblichen Säulendurchmesser liegen zwischen  $D_s = 12$  und  $15$  cm.

Die Säulen können punktuell unter den Stützen und den Wandscheiben angeordnet werden. Unter den Fundamenten werden Säulen bis in die tragfähigen Bodenbereiche geführt. Unter der Bodenplatte ist auch eine „schwimmende“ Gründung mit kürzeren Längen bzw. größeren Abständen möglich. Gemäß Merkblatt für die Herstellung, Bemessung und Qualitätssicherung von Stabilisierungssäulen zur Untergrundverbesserung der DGGT sollen die Säulenabstände mindestens  $3 D_s$  betragen.

Die genauen Entwurfs- und Bemessungsparameter sind den jeweiligen Spezialtiefbauunternehmen zu entnehmen. Dazu sind wir zu konsultieren.

## **5.3 Sohldruck / Setzungen / Verkantungen**

Sollen Fundamente über die Bemessungswerte  $\sigma_{R,d}$  des Sohlwiderstandes nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 (2010) (vor-)bemessen werden, können unter Beachtung der Forderungen der DIN für die unter Punkt 5.2 genannten Gründungskoten bei einer Einbindung von mindestens  $d = 1,0$  m und Fundamentbreiten von  $b$  bzw.  $b' = 1,0$  bis  $3,0$  m folgende Werte vorausgesetzt werden:

## Schicht 2: Auelehm

**Tabelle der Bemessungswerte des Sohldruckes  $\sigma_{R,d}$  [kN/m<sup>2</sup>]**

Einbinde- tiefe* t [m]	Fundamentbreite b bzw. b' [m]
	1 – 2 m
1,0	140
1,5	150
2,0	160

(Achtung: keine zulässigen Bodenpressungen!)

\*kleinster Abstand zwischen Geländeoberfläche (z.B. Flusssohle) und Fundamentunterkante (Erdüberdeckung)

## Schichten 3: Bachschotter/Hangschutt

**Tabelle der Bemessungswerte des Sohldruckes  $\sigma_{R,d}$  [kN/m<sup>2</sup>]**

Einbinde- tiefe* t [m]	Fundamentbreite b bzw. b' [m]		
	1,0	1,5	2,0
1,0	185	210	225
1,5	250	250	280
2,0	280	290	300

(Achtung: keine zulässigen Bodenpressungen!)

\*kleinster Abstand zwischen Geländeoberfläche (z.B. Flusssohle) und Fundamentunterkante (Erdüberdeckung)

Die Anwendung der o.g. Bemessungswerte  $\sigma_{R,d}$  des Sohlwiderstandes setzen eine mindestens lockere Lagerung der Sande und Kiese ( $N_{10} \geq 3$ ) voraus.

Die o. g. Werte gelten nur für einfache Fälle mit horizontalen Geländeoberkanten und einen lotrecht-mittigen Lastangriff gemäß DIN 1054.

Für eine überschlägliche Bemessung des Grundbruches und der Setzungen über den aufnehmbaren Sohldruck (zulässige Bodenpressungen) gemäß DIN 1054 (2005) sind die o.g. Werte mit einem Faktor von 1,4 zu dividieren.

Die angegebenen Bodenpressungen können nach überschläglichen Abschätzungen bei Streifen- oder Einzelfundamenten mit Breiten bis 2 m zu Setzungen in einer Größenordnung von ca. 20 ... 40 mm, bei breiteren Fundamenten zu stärkeren Setzungen proportional der Fundamentbreite führen. Setzungen sowie Setzungsdifferenzen bzw. Schiefstellungen sind

anhand konkreter Lasten und Geometrien zu prüfen. Grundsätzlich ist zu beachten, dass Setzungen zu Mitnahmesetzungen am Bestand führen können.

Bei vorhandenen höheren Bodenpressungen, außermittigem Lastangriff mit hohen Horizontalkräften, Fundamenten mit Fundamentbreiten  $> 5$  m oder stärker geneigten Geländeoberkanten sind zusätzlich die Verformungen nach DIN 4019 zu untersuchen und die Grundbruchsicherheit nach DIN 4017 nachzuweisen.

Die zulässige Kantenpressung kann mit einem Wert von  $1,3 \cdot \sigma_0$  angenommen werden.

Bei der Bemessung flächenhafter Gründungen nach dem Prinzip des elastisch gebetteten Balkens kann bei einer Gründung mit Polster folgender **Bettungsmodul** als Eingangswert für die Berechnungen in Ansatz gebracht werden:

Auelehm	$k_S = 3 - 5 \text{ MN/m}^3$
Bachschotter	$k_S = 10 - 20 \text{ MN/m}^3$
Bachschotter ( $N_{10} > 10$ )	$k_S = 20 - 50 \text{ MN/m}^3$

Der Bettungsmodul ist iterativ auf der Grundlage der Spannungsverteilung in den Sohlflächen sowie unter Berücksichtigung der Steifemodule der relevanten Schichten (Verformungen) zu bestimmen und stellt keinen Baugrundkennwert dar.

Der Sohlreibungswinkel für den Nachweis der Gleitsicherheit kann bei örtlich hergestellten Fundamenten in den Bachschottern mit  $\delta_{sf} = 30^\circ$  angenommen werden.

Gründungssohlen sind durch den Gutachter abnehmen zu lassen.

## **5.4 Berechnungskennwerte Tiefgründung**

**Bohrpfähle** sind gemäß DIN EN 1536 herzustellen. Gemäß den Forderungen der DIN 1054 wird vorausgesetzt, dass die normgerecht hergestellten Pfähle mindestens 2,5 m in die der Bemessung zugrunde gelegte, tragfähige Schicht einbinden und die Mächtigkeit der tragfähigen Schicht unterhalb der Pfahlfußfläche nicht weniger als 3 Pfahldurchmesser, mindestens ab 1,5 m beträgt. Die Mindestpfahllänge im Baugrund beträgt i.d.R. 5,0 m oder fünffacher Pfahldurchmesser.

Für die Bemessung einer Pfahlgründung können nach den Feld- und Laborprüfungen sowie unter Berücksichtigung von Erfahrungs- und Vergleichswerten folgende charakteristischen Werte für den Pfahlspitzenwiderstand  $q_{b,k}$  sowie für die der Mantelreibung  $q_{s,k}$  als Bruchwerte für einen Einzelpfahl ( $a \geq 3 \cdot D$ ) in Ansatz gebracht werden:



Bodenart	Mantelreibung $q_{s,k} (\tau_{mf}) [MN/m^2]$	Bezogene Pfahlkopfsetzung $s / D_s$	Pfahlspitzenwider- stand $q_{b,k} [MN/m^2]$
Bachsotter/Hangschutt (Schicht 3)	0,04 0,08 (0,10) ( $N_{10} \geq 10$ )		
Hanglehm (Schicht 4)	0,03 (0,05)		
zersetztes Festgestein (Schicht 5.1)	0,06 (0,10)	0,02 0,03 0,1	0,9 (1,1) 1,2 (1,3) 1,6 (2,0)
verwittertes Festgestein (Schicht 5.2)*	0,15 (0,20)	0,1	2,0 (3,0)

\* nur zur Orientierung

Bei hoher Verkarstungsgefahr sollte der Spitzendruck nicht mit angesetzt werden. Die in Klammern gesetzten oberen Grenzwerte dienen nur zur Orientierung für mögliche höhere Tragfähigkeitswerte. Die höheren Werte sind generell durch eine großkalibrige Kernbohrung oder durch die Abnahme der Pfahlabsetzkoten bestätigen zu lassen.

In den Schichten 1 und 2 ist der Ansatz einer positiven Mantelreibung generell unzulässig. Bei Lasteintragungen in die Schichten 1 oder 2, die zu neuen Setzungen führen (z. B. bei einer Dammerhöhung), ist eine negative Mantelreibung von  $\tau_m = -10 \dots -15 \text{ kN/m}^2$  mit anzusetzen.

Für den Nachweis der ausreichenden Sicherheit des Einzelpfahles gegen Versagen infolge Bruch nach DIN 1054 (GZ 1B) ist die Grenzzustandsbedingung

$$E_{1,d} \leq R_{1,d}$$

zu erfüllen mit  $E_{1,d}$  als Bemessungswert der Beanspruchung und  $R_{1,d}$  als Bemessungswert des Pfahlwiderstandes. Hinsichtlich der Teilsicherheitsfaktoren wird auf die Tabellen 2 und 3 der DIN 1054 bzw. DIN 1997-1 verwiesen. Für eine überschlägliche Berechnung nach DIN 1054 (1976) sind die resultierenden Bruchlasten mit  $\eta = 2,0$  für den Lastfall 1 abzumindern.

Die o.g. Bemessungswerte lassen Setzungen des Einzelpfahls unter der Gebrauchslast (GZ 2) in einer Größenordnung von  $s \leq 2,0 \text{ cm}$  für Bohrpfähle  $d \leq 1,20 \text{ m}$  erwarten, wobei zu beachten ist, dass herstellungsbedingte Anliegeverformungen in der Kontaktfläche Pfahlfuß / Boden baupraktisch nie auszuschließen sind. Bei sachgerechter Arbeit sind diese Verformungen im Millimeterbereich zu erwarten. Die Bohrlochsohlen sind von beim Bohren aufge-lockerten Erdstoffpartien zu säubern und abzugleichen.

Die Setzungswerte sind anhand der konkreten Pfahllasten und der Pfahlkonzeption zu prüfen. Gruppenwirkungen von Pfählen sind zusätzlich zu beachten, da sie sich allgemein

mindernd auf die Tragfähigkeit des Einzelpfahls bzw. setzungserhöhend für das Gesamtsystem auswirken.

Infolge der geologischen Verhältnisse ist zu beachten, dass Bohrpfähle im Lockergestein/Zersatz nur mit Verrohrung ausgeführt werden dürfen. Zur Vermeidung von Auflockerungen in Höhe der Bohrlochsohle soll das Bohrrohr bei der Herstellung dem Entnahmegesetz im Lockergestein mindestens einem halben Bohrdurchmesser, mindestens jedoch 0,5 m vorseilen.

Bei Wasseranschnitt ist der Bohrvorgang im Lockergestein unter Wasserüberdruck mit einer Wassersäule von mindestens 1 m über dem höchsten bauzeitlichen Wasserstand durchzuführen, um einen hydraulischen Grundbruch zu vermeiden. Dabei ist zu beachten, dass die untere Schotterlage gespannt sein kann. Der Wasserüberdruck bezieht sich dabei auf den Wasserstand im Rohr bei herausgezogenem Bohrwerkzeug.

Zur Abtragung von Horizontalkräften können geneigte Pfähle hergestellt werden. Bei Pfählen mit einem Pfahlschaftdurchmesser  $D_s \geq 0,3$  m darf eine elastische horizontale Bettung nach DIN 1054 angesetzt werden. Der horizontale Bettungsmodul kann über die Beziehung

$$k_{s,k} = E_{s,k} / D_s$$

ermittelt werden mit  $E_{s,k}$  als charakteristischer, horizontaler Steifemodul des Bodens und  $D_s$  als Pfahlschaftdurchmesser ( $D_s \leq 1,0$  m). Bei  $D_s > 1$  ist  $D_s = 1$  m anzusetzen. Die anrechenbare Bettungsspannung soll 50 % des möglichen Erdwiderstandes ( $E \leq 0,5 E_p$ ) nicht überschreiten. Der Anwendungsbereich ist auf eine rechnerische maximale Horizontalverschiebung von 2 cm oder 3 % des Pfahldurchmessers begrenzt, wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Als horizontale Steifezahlen können folgende Werte (Grenzwertbetrachtung) vorausgesetzt werden:

Schicht - Nr.	Bodenart	Steifezahl $E_{s,k}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
1	Auffüllungen*	3 ... 5
2	Schwemmlehm	4 ... 8
3	Bachschotter/Hangschutt $N_{10} \geq 10$	10 (OK) ... 15 (UK) 20 (OK) ... 40 (UK)
4	Hanglehm	6 ... 10
5.1	zersetztes Festgestein	15 ... 25
5.2	verwittertes Festgestein nur Orientierung!	25 ... 50

\* Bei Auffüllungen ohne Verdichtungsnachweis darf der oberste Bereich bis 1 m Tiefe nicht mit berücksichtigt werden.

Dabei kann in den bindigen Schichten (2, 4, 5) im Regelfall eine konstante Verteilung vorausgesetzt werden und in den Sanden und Kiesen (Hangschutt/Terrassenschottern) eine mit der Tiefe ansteigende Verteilung.

Die Pfahlsohlen sind stichprobenartig in ausreichendem Umfang über das Baufeld verteilt und verstärkt zu Beginn der Arbeiten durch den Gutachter abnehmen zu lassen.

Bei kleinen Lasten kann eine Tiefgründung ggfs. auch alternativ mittels **Verpresspfählen**, ausgebildet werden. Verpresspfähle sind Pfähle mit kleinem Durchmesser und gemäß DIN EN 14199 herzustellen. Die Kraftübertragung in den Baugrund wird dabei durch Verpressen mit Beton oder Zementmörtel erreicht, so dass i.d.R. höhere Mantelreibungswerte als bei Bohrpfählen möglich sind.

GEWI-Pfähle werden in vorgebohrte Bohrlöcher gestellt. Die Bewehrung erfolgt hier i.d.R. über Gewindestäbe mit Stabdurchmessern zwischen 20 mm und 63 mm.

Ischebeck-Pfähle sind dagegen selbstbohrende Pfähle. Der Pfahlschaft ist ein Hohlpfahl, über den das Verpressgut gefördert wird. Ischebeck-Pfähle haben in der Regel etwas höhere Mantelreibungswerte und eine höhere Biegesteifigkeit als GEWI-Pfähle. Verpresspfähle sind in den gewachsenen Böden abzusetzen.

Die zulässige Pfahlbelastung/Tragfähigkeit von Verpresspfählen ist auf Grundlage von Probelastungen festzulegen. Gemäß DIN 1054 sind Probelastungen an mindestens 3 % aller Pfähle verteilt über das gesamte Baufeld, mindestens aber an 2 Pfählen durchzuführen.

Falls im Ausnahmefall keine Probelastungen ausgeführt werden sollen, dürfen für die (Vor-)Bemessung von Verpresspfählen nach DIN 1054 folgende charakteristische Werte für die Pfahlmantelreibung (Bruchwerte) für Druckpfähle vorausgesetzt werden:

Bodenart	Pfahlmantelreibung $q_{s\ 1,k} (\tau_{mf})$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Bachschotter/Hangschutt $N_{10} \geq 10$	0,05 0,15 - 0,20
zersetztes Festgestein	0,10 - 0,15

\* nur zur Orientierung

Der Ansatz eines Spitzendruckes ist nicht zulässig. Die Achsabstände der Pfähle im Bereich der Krafteintragungslänge sollen mindestens 0,8 m betragen. Die Krafteintragungslänge der Verpresspfähle muss in ausreichend tragfähigen Böden mindestens 3,0 m betragen. In Fels

darf die Krafteintragungslänge abgemessen herabgesetzt werden, soll jedoch 0,5 m nicht unterschreiten. Die Knicksicherheit ist zu beachten.

## 5.5 Hinweise zur Gründung von Verkehrsflächen

Es wird empfohlen, die Verkehrsflächen nach RStO auszubilden.

### - *Frostempfindlichkeit der Böden*

Der Trassenabschnitt ist nach der Frosteinwirkungszonenkarte von Deutschland in die

#### **Frostzone II**

einzuordnen.

Hinsichtlich der Frostempfindlichkeit sind die im Gründungsbereich der Verkehrsflächen anstehenden Böden und Auffüllungen nach Tabelle 1 der ZTVE-StB 17 teilweise unterschiedlich, hauptsächlich als sehr frostempfindlich F 3 (Tone, Schluffe) einzuordnen.

### - *Hydrologische Verhältnisse*

Infolge der Stauwasserproblematik sind die Wasserverhältnisse mit möglichen Schicht- und Stauwässern während der Frostperiode zeitweise höher 1,5 m unter Planum ohne zusätzliche konstruktive Maßnahmen (Dränagen, Sickergräben) als ungünstig einzuschätzen.

### - *Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus*

Für Bauweisen nach Tafel 1 der RStO ergeben sich folgende Mindestdicken für den frostsicheren Oberbau für u. g. Straßenbauklassen:

#### **Lage der Gradiente: geschlossene Ortslage, etwa Geländehöhe**

	Belastungsklassen Bk0,3
Richtwert (F3)	50
Frostzone II	5
Wasserverhältnisse* <sup>1</sup>	5
Gesamt [cm]	60

\*1 bei Grund- bzw. Schicht- oder Stauwässern ständig oder zeitweise höher als 1,5 m unter Planum

Bei Ausführung eines einheitlichen Bodenaustausches  $d \geq 0,5$  m unter Planum mit grob- und gemischtkörnigen Schüttmaterial, das mindestens der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (GU, GT und vergleichbar) entspricht, oder bei einer qualifizierten Bodenverbesserung darf die o.g. frostsichere Mindestdicke um einen Wert von 10 cm vermindert werden.

Weitere Zu- und Abschlüge sind planungsseitig zu prüfen.

### **- Planumsentwässerung / Schutz des Planums**

Die anstehenden bindigen bis gemischtkörnigen Erdstoffe der Schicht 2 und vergleichbare Auffüllungen sind alle sehr witterungsempfindlich einzuschätzen.

In den feuchten Jahreszeiten kommt es infolge der teilweise hohen Bindigkeit der Deckschichten zu geländenahen Stauwasserbildungen und Vernässungen. Das anfallende Wasser ist durch eine Planumsentwässerung nach RAS-Ew zu fassen und schadlos abzuleiten. Die Frostschutzschichten erfüllen i.d.R. die Funktion einer Sickerschicht, wenn das Mineralstoffgemisch im eingebauten Zustand eine vertikale Durchlässigkeit von  $k \geq 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  aufweist.

Infolge der Witterungsempfindlichkeit der anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Erdstoffe der Schicht 2 sowie vergleichbarer Auffüllungen sollen Gründungssohlen nur in einem solchen Umfang freigelegt werden, wie sie zum Schutz vor Witterungseinflüssen wieder schnell überbaut und entwässert werden können (bauzeitliches Planumsgefälle, Dränagen etc.). Anderenfalls sind Schutzschichten ( $d \geq 0,3 \text{ m}$ ) zu belassen.

Das fertiggestellte Planum darf insbesondere während niederschlagsreicher Perioden oder im Winter nicht über längere Zeit ungeschützt liegenbleiben. Werden keine Schutzmaßnahmen getroffen, muss unmittelbar vor dem Einbau der Tragschicht das Planum nachverdichtet werden.

Nach ZTVE-StB ist bei witterungsempfindlichen Böden eine Querneigung des Planums von mindestens 4 % auszubilden, sofern der Boden nicht mit Bindemitteln verfestigt oder verbessert wird. Nach einer Verfestigung soll die Querneigung mindestens 2,5 % betragen. Ein direktes Befahren der Erdbauplanien mit schwerem Gerät ist zu vermeiden (Vorkopfschüttung, Aushub im Rückschritt).

### **- Tragfähigkeit des potentiellen Planums**

*- Anforderungen an das Planum nach ZTVE-StB, RStO*

Das Planum ist profilgerecht, eben und tragfähig auszubilden.

Gemäß ZTVE-StB, Tabelle 4, wird bei den anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden der Schichten 2 und 3 sowie vergleichbaren Auffüllungen für den Bereich des Straßenplanums bis 0,5 m Tiefe unter Planum ein Verdichtungsgrad von

$$D_{Pr} \geq 97 \%$$

bei einem Luftporenanteil  $n_a \leq 12 \%$  gefordert. Als erforderlicher Verformungsmodul ist bei frostempfindlichem Untergrund bzw. Unterbau auf dem Planum von Straßen und Wegen ein Wert von

$$E_{v2} \geq 45 \text{ MPa}$$

**dauerhaft** nachzuweisen.

Eventuelle nicht- und schwachbindige, gemischtkörnige Schüttstoffe aus dem alten Oberbau, die im Planum großflächig anstehen, sind bis in eine Tiefe von 1,0 m bzw. 0,5 m Tiefe unter Planum bei Einschnitten (GI, GW, GE, SI, SW, GU/GT, SU/ST) mit einem Verdichtungsgrad von

$$D_{Pr} \geq 100 \%$$

zu verdichten. Für grobkörnige bzw. frostsichere Kiese (GW, GI) wird ein Verformungsmodul auf dem Planum von  $E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$  bzw. ein  $E_{vd}$ -Wert von  $\geq 50 \text{ MPa}$  und für grobkörnige bzw. frostsichere Sande (SW, SI) ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$  bzw. ein  $E_{vd}$ -Wert von  $\geq 40 \text{ MPa}$  gefordert.

Der Umfang der Bereiche mit erhöhten Verdichtungsanforderungen ist durch eine Befahrung im Zuge der großflächigen Planumsfreilegung festzulegen. Allgemein ist auf eine gleichmäßige Tragfähigkeit im Planum zu achten.

*- vorhandene Tragfähigkeit, Verdichtungsgrad*

Nach den Feld- und Laborergebnissen sowie den Erfahrungen muss eingeschätzt werden, dass die vorhandenen Verdichtungsgrade und Porengehalte bis 0,5 m unter Planum sowie auch die Tragfähigkeiten auf dem Planum in den bindigen Deckschichten und in den bindigen Auffüllungen zum Teil deutlich unter den Forderungen für die Verdichtung und die Tragfähigkeit des Planums liegen.

Daher sind eine Vergrößerung der ungebundenen Tragschicht durch Bodenaustausch oder zusätzliche Maßnahmen zur Untergrundverbesserung einzuplanen.

Bei einem Bodenaustausch aus Mineralstoffgemisch lassen sich die erforderlichen Austauschdicken in den anstehenden bindigen Böden für die Gründung von Straßen und Zufahrten erfahrungsgemäß mit ca. 0,3 - 0,5 m abschätzen, wobei sich lokal bei sehr ungünstigen Verhältnissen auch größere Austauschdicken erforderlich machen können und bei sehr günstigen Verhältnissen Minderdicken möglich sind.

Das Aushubplanum ist generell vor dem Einbau mit geeignetem Verdichtungsgerät statisch nachzuverdichten (Vorverdichtung mit Schafffußwalze und Nachverdichtung mit Glattmantelwalze). Die erzielte Tragfähigkeit ist über die Verformung (Einsenkung) zu prüfen. Sofern bei der Nachverdichtung lokale Schwächestellen im Untergrund festgestellt werden, ist dieser Bereich entsprechend tiefer aufzuheben oder zu verbessern bzw. zu stabilisieren.

Bei Verwendung von ungebundenen Mineralstoffgemischen für den Bodenaustausch werden nur gut verdichtbare Kies-Sand-Gemische oder Schotter aus Hartgestein in Anlehnung an die Regelsieblinien nach ZTV-SoB oder nach TL BuB E-StB 09 bei einem Feinkornanteil  $\leq 10\%$  oder vergleichbares Recyclingmaterial empfohlen.

Ergänzend zu den Bodenaustauscharbeiten wird bei ggfs. lokal sehr weichen oder sehr lockeren Bodenbereichen im Erdplanum zur Gewährleistung der geforderten Verdichtungsgrade bedarfsweise ein Eindringen/Einwalzen von Grobschlagmaterial 0/70 ... 0/150 an der Basis des eigentlichen Bodenaustausches für eine bessere Verzahnung bzw. zur Stabilisierung empfohlen. Zusätzlich ist in dem Fall ein Geogitter mit Vlies als Bewehrung und Trennschicht an der Unterkante des Polsters anzuordnen, um ein Eindringen des weichen Bodens in das Polster zu vermeiden.

Bei Lage von Planien in den sandigen/kiesigen Auffüllungen des alten Oberbaus kann im Regelfall erwartet werden, dass die Trag- und Verdichtungsanforderungen mit einer Nachverdichtung des Planums (Glattmantelwalze) in der Regel erzielbar sind. Da die Sande und Kiese teilweise stärker verlehmt sind, wird jedoch auch hier empfohlen einen Bodenaustausch ( $d \geq 0,2\text{ m}$ ) zur Erhöhung bzw. Gewährleistung der Planumsstabilität mit einzuplanen, um mögliche Schwächestellen auszugleichen. Bauzeitlich können die Bereiche, in denen sich voraussichtlich kein Bodenaustausch erforderlich macht, nach einer Nachverdichtung des Planums über die Prüfung der Einsenkung beim Überfahren mit schwerem LKW oder Walze ausgegrenzt werden.

Die oben angegebenen Schichtdicken (Bodenaustausch, Bodenverbesserung etc.) dienen generell zur Orientierung im Rahmen der Vorplanung, wobei die mittels der Frühjahrstragfähigkeiten ermittelten Dicken als Minstdicken anzusehen sind.

Das Verdichtungsverfahren (Verdichtungsgerät, Anzahl der Übergänge, Arbeitsgeschwindigkeit) und die zulässige Schütthöhe sind durch **Probeverdichtung** und Probefelder auf den zu verdichtenden Boden abzustimmen. Damit soll geprüft werden, ob die im Leistungsverzeichnis vorgeschriebenen Anforderungen bei dem gewählten Arbeitsverfahren erreicht werden oder Änderungen im Verfahren zweckmäßig sind.

Die geforderten Trag- und Verdichtungswerte sind entsprechend nachzuweisen. Der Stichprobenumfang für Kontroll- und Eigenüberwachungen ist gemäß ZTVE-StB festzulegen. Als Prüfmethode empfehlen wir die Methode M 3.

## **6 Bautechnische Hinweise**

### **6.1 Böschungen / Baugruben / Leitungsgräben**

Baugruben sind gemäß der DIN 4124 abzuböschten oder zu verbauen. Dabei können sich in Abhängigkeit der Lage und der Aushubtiefe auch abschnittsweise unterschiedliche oder auch kombinierte Ausbildungen ergeben. Bei Arbeiten im Gründungsbereich von vorhandener Bebauung sind die Forderungen gemäß DIN 4123 einzuhalten.



Für die Gründungsarbeiten der Verkehrsflächen werden sich unter Beachtung der Bodenaushubgrenzen der DIN 4123 im Bereich ggfs. zu sichernder Bebauung in der Regel keine Maßnahmen zur Baugrubensicherung erforderlich machen. Baugruben oberhalb des Grund- und Schichtwassers und außerhalb von Lasteintragungen von Verkehr und Bauwerken dürfen bei horizontalem und nur schwach geneigtem Gelände in ausreichend standfesten, d. h. mindestens steifen bindigen Böden allgemein bis in eine Tiefe von maximal 1,25 m senkrecht hergestellt werden. Bei Baugruben und Rohrgräben bis 1,75 m Tiefe darf senkrecht abgeschachtet werden, wenn der Bereich oberhalb 1,25 m bis OKG gemäß DIN 4124 unter  $\leq 45^\circ$  abgeböschet oder teilverbaut wird.

Tiefere Baugruben und Gräben sind generell abzuböschten oder zu verbauen. Im Bereich von auftretenden Lasteintragungen aus Bauwerken, Stapellasten, Verkehr usw. sind Baugruben und Gräben durch verformungsarme Verbauwände zu sichern. Baugruben oberhalb des Grundwassers und bei mindestens weichen-steifen Konsistenzen können mittels Trägerbohlverbau ausgebildet werden. Im Grundwasser bzw. in den weichen-breiigen Bereichen wird vorzugsweise ein „dichter“ vertikaler Verbau, z.B. mittels Spundwänden, Kanaldielen empfohlen. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Festgestein ggfs. nicht rammfähig ist. Außerdem sind die Abstände zur Bebauung zu prüfen, um erschütterungsinduzierte Setzungen zu vermeiden. Alternativ können Baugruben auch mittels Trägerbohlverbau und Zwischenausfachung aus Kanaldielen oder Kurzbohrpfählen ausgebildet werden. Die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) der DGGT sind zu beachten.

Außerhalb zu sichernder Bebauung oder Verkehr und oberhalb des Grundwassers können Baugruben auch abgeböschet werden. Dabei dürfen in weichen Böden bis maximal 3 m Tiefe und oberhalb des Grund- und Schichtwasserbereiches folgende Böschungswinkel nicht überschritten werden:

Auffüllungen, Bachschotter, Auelehm/Schwemmlehm von  
**mindestens weicher** Konsistenz ( $I_c \geq 0,5$ )

$\beta = 45^\circ$

Auelehme von **mindestens steifer** Konsistenz ( $I_c \geq 0,75$ )

$\beta = 60^\circ$

Für größere Standhöhen, bei belasteten Böschungsschultern, bei weicher-breiiger Konsistenz sowie bei Schicht- und Sickerwasserandrang bzw. im Grundwasser sind Böschungswinkel entsprechend zu verkleinern oder es sind Bermen anzuordnen. Für den Fall ist generell die Standsicherheit nach DIN 4084 nachzuweisen. Baugrubenböschungen sind vor Witterungseinflüssen (Austrocknung, Oberflächenwasser) z.B. mittels Folien etc. entsprechend zu schützen. Bei geringem Sickerwasseranstrom können Baugrubenböschungen z.B. auch mit Stützfiltern bzw. Kieskeilen gesichert werden.



## **6.2 Wasserhaltung**

Infolge der Grundwasserverhältnisse und der Vorflutlage ist bedarfsweise eine Wasserhaltung auszubilden. Die anfallenden Wassermengen hängen neben den Bodenarten von der Größe der Baugrube und der Absenktiefe ab.

Im Auelehm/Schwemmlehm sowie auch bei nur geringen Absenktiefen in den Bachschottern kann die Wasserhaltung i.d.R. als offene Wasserhaltung ausgebildet werden. Zusätzliche Wässer sowie Niederschlagswässer sind über Sohldränagen den Pumpensäumpfen an den Tiefststellen zuzuführen und dort abzupumpen. Bei bauzeitlich sehr hohen Wasserständen bzw. bei sehr großem Wasserandrang kann sich ggfs. eine Kombination aus offener und geschlossener Wasserhaltung (Bohrbrunnen) erforderlich machen. Bauzeitliche Grundwasserabsenkungen sind mindestens bis 0,5 m unter Aushubsohle auszuführen, um ausreichend stabile Planen herstellen zu können.

Brunnen, Pumpensäumpfe und Sohldränagen sind generell filterstabil auszubilden. Nach dem Setzen des ersten Brunnens sind durch eine Probeabsenkung Zahl, Tiefe und Abstände der vorgesehenen Brunnen zu prüfen.

Baugruben im Grundwasserbereich sind gegen hydraulischen Grundbruch nachzuweisen. Allgemein ist zu beachten, dass eine Versickerung im Schwemmlehm aufgrund der geringen Durchlässigkeit nicht möglich ist.

## **6.3 Nachbarsicherung**

Im Einflussbereich von angrenzender Bebauung oder Verkehr sind Baugrubenwände verformungsarm auszubilden (Aussteifungen, Verankerungen). Der Ansatz des Erddruckes richtet sich nach den zulässigen Verformungswerten. Allgemein wird zumindest der Ansatz des erhöhten aktiven Erddruckes empfohlen:

$$k_{ae} = \frac{k_a + k_o}{2}$$

mit  $k_{ae}$  - erhöhter aktiver Erddruck,  $k_o$  - Erdruchedruck,  $k_a$  - aktiver Erddruck.

Die Verträglichkeit der zu erwartenden Wandverformungen und der Setzungen, die sich für die baulichen Anlagen hinter der Baugrubenwand ergeben, ist zu prüfen. Die tatsächlichen Wandverformungen und die Setzungen sind durch Messungen zu überwachen.

Infolge der angrenzenden Bebauung dürfen generell nur erschütterungsarme Verfahren zur Anwendung kommen, um erschütterungsinduzierte Setzungen zu vermeiden. Als erschütterungsarme Verbauverfahren im Festgestein empfehlen sich z. B. Bodenersatzbohrungen.

Allgemein ist zu beachten, dass eventuelle Grundwasserabsenkungen zu Setzungen führen können.

Bei Arbeiten in unmittelbarer Nähe von bestehenden Gebäuden sowie bei einer eventuellen Grundwasserabsenkungen wird eine **Beweissicherung** (Fotoaufnahmen, Gipsmarken über evtl. vorhandenen Rissen, Nivellement der Sockelhöhen, Neigungsmessungen) empfohlen, um nichtberechtigte Ansprüche auszuschließen.

Vor Beginn der Bauarbeiten sind die Gründungsverhältnisse festzustellen und mögliche Auswirkungen auf die Standsicherheit zu prüfen. Während der Bauzeit sind laufende Beobachtungen vorzusehen und bei Bedarf erforderliche Sicherungsmaßnahmen umgehend zu ergreifen.

#### 6.4 Bohr- und Rammpbarkeit der Böden

Den bis zur Aufschlussendteufe erkundeten Baugrundsichten können aufgrund von Erfahrungswerten folgende Bohr- und Rammeigenschaften zugeordnet werden:

Schicht Nr.	Bodenart	Bohrbarkeit	Rammpbarkeit
1	Auffüllung	leicht bis mittel <sup>*1</sup>	leicht bis schwer <sup>*1</sup>
2	Aue-/Schwemmlehm	leicht <sup>*2</sup>	leicht <sup>*2</sup>
3	Bachschotter	leicht bis schwer	leicht bis schwer rammpbar <sup>*3</sup>
4	Hanglehm	leicht <sup>*2</sup>	leicht bis mittel <sup>*2</sup>
5	Festgestein, zersetzt/verwittert	schwer bis sehr schwer	schwer bis nicht rammpbar

<sup>\*1</sup> Einstufung ohne Oberflächenbefestigungen oder großvolumige Hindernisse wie Bauwerksreste (Fundamentreste etc.)

<sup>\*2</sup> erhöhter Haftwiderstand an Verrohrung möglich

<sup>\*3</sup> Rammphindernisse möglich

Bei Schlagzahlen der Schweren Rammpsonde von  $N_{10} \geq 30 \dots 40$  ist von einer schweren bis schwersten Rammpung auszugehen. Für diesen Fall sind generell schwere gedrungene Profile sowie Rammphilfen (z.B. Vorbohren) mit einzuplanen.

In den Bachschottern sind Gerölle möglich. Im zersetzten Festgestein ist die Rammp- und Pressbarkeit durch die hohen Eindringwiderstände begrenzt und im verwitterten Festgestein nicht gegeben. Bei der Planung muss daher davon ausgegangen werden, dass Verbauträger hier in der Regel nur vorgebohrt eingestellt werden können.

## 6.5 Sonstige Allgemeine Hinweise zur Bauausführung

Die am Standort oberflächlich anstehenden bindigen bis gemischtkörnigen Böden besitzen allgemein eine hohe Wasser- und Bewegungsempfindlichkeit, die bei Wasserzufuhr zu einer schnellen Konsistenzverschlechterung und damit zu einer Verringerung oder Nichtgewährleistung sowohl der Einbaufähigkeit als auch der Befahrbarkeit führen kann.

Für schwere Geräte sind daher Maßnahmen zur Gewährleistung eines tragfähigen Planums (z.B. Polster  $d \geq 0,3 \text{ m}$ ) einzuplanen.

## 7 Umweltrelevante Untersuchungen

### 7.1 Verwendbarkeit der Ausbaustoffe und Böden

Die gewonnenen Bodenproben waren im Wesentlichen alle organoleptisch und visuell unauffällig. Die Proben aus dem Auelehm/Schwemmlern sowie teilweise auch die aus der Auffüllung wiesen z.T. eine dunkelbraune oder auch schwarze Farbe auf, was auf erhöhte organische Anteile (z. B. TOC, PAK) hinweisen kann.

Zur orientierenden Untersuchung einer möglichen Kontamination des Bodens wurden insgesamt 3 Proben gemäß der *Technischen Regel Boden der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall* (LAGA M 20) untersucht. Gemäß den Ergebnissen wurden folgende Bewertungen vorgenommen:

Probe	Tiefe unter OKG (m)	Zuordnungsrelevante Parameter	Zuordnungsklasse LAGA	AVV-Schlüssel*
MP Straße/ Freifläche	0,0 – 1,0	Leitfähigkeit (2190), Sulfat (1400 mg/l) im Eluat	> Z 2	17 05 04
MP Neubau	1,0 – 5,0	Sulfat (220 mg/l) im Eluat	>Z 2	17 05 04
MP Hinterfüllung	0,0 – 2,0	Kupfer (1370 mg/kg TS) im Feststoff	>Z 2	17 05 04

\*vorläufige Einschätzung

Die Mischproben weisen alle stark erhöhte Werte auf, so dass die Grenzwerte für Z 2 überschritten wurden. Die Grenzwerte der DK II wurden jedoch nicht überschritten.

Die Proben sind alle als ungefährlicher Abfall dem Abfallschlüssel (AVV) 17 05 04 - Boden und Steine zuzuordnen.

Bei einer Entsorgung oder bei nicht bodenähnlichen Anwendungen (z.B. bei einem Einbau in Bauwerken entfernt vom Entnahmeort, Abgabe an Dritte etc.) können in der Regel noch zusätzliche Untersuchungen (z.B. Prüfung nach Deponieverordnung) erforderlich werden.

Zur Abgrenzung des Kontaminationsbereiches werden ergänzende Untersuchungen empfohlen. Es empfiehlt sich, alle Z-Klassen im LV abzufragen.

## **8 Vorschläge für weitere Untersuchungen und Messungen**

Gründungskoten und Pfahlsohlen sind mit dem Baugrundgutachter abzustimmen.

Gründungskoten und Pfahlsohlen sind vom Baugrundgutachter abnehmen zu lassen. Dazu sind wir rechtzeitig zu informieren.

## **9 Homogenbereiche**

Aus baugrundtechnischer Sicht werden auf der Grundlage der schichtbezogenen ermittelten Kennwerte, von Erfahrungswerten und Analogien hinsichtlich der bei der Ausführung zum Einsatz kommenden Gewerke und entsprechend den üblichen Geräteklassen nachfolgende Homogenbereiche (siehe Anlage 13) vorgeschlagen.

Nach derzeitigem Planungsstand wird davon ausgegangen, dass bei der Baumaßnahme ein Aushub und ein Einbau (Erdarbeiten) nur bis in eine Tiefe von maximal ca. 4 m unter OKG (Erdsniveau) erfolgt.

Bei der Festlegung der Homogenbereiche wurde von großen und mittleren Geräten ausgegangen. Wenn kleine Geräte eingesetzt werden sollen, führt dies ggfs. zu einer anderen Einteilung. Die endgültige Festlegung der Homogenbereiche zu den benötigten Gewerken und der einsetzbaren Erdbaugeräten erfolgt in Abstimmung mit dem Planer.

Der Anteil des Bodens mit einer flüssigen oder breiigen (sehr weichen) Konsistenz ( $I_c < 0,50$ ) (ehem. Bodenklasse 2) wird auf unter 20 % geschätzt. Etwaige Mehraufwendungen beim Aushub von Böden mit einer flüssigen-breiigen oder flüssigen Konsistenz können über eine Zulageposition erfasst werden.

Umweltrelevante Inhaltsstoffe verursachen nur dann einen eigenen Homogenbereich, wenn diese Inhaltsstoffe eine Erschwernis (anderes Gerät, zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen) verursachen.



Die unterschiedlichen Verwertungsposition (Z0, Z1, Z2) können über Zulagepositionen der Verwertung bzw. Entsorgung unabhängig von der erdbautechnischen Leistung ausgeschrieben werden. Der Aushub ist schichtweise und entsprechend den chemischen Belastungsklassen im Bodengutachten vorzunehmen.

Arbeiten an gebundenen Schichten des alten Straßenoberbaus fallen nach aktueller Interpretation nicht unter den Regelungsbereich der DIN 18 300 „Erdarbeiten“ und können daher unabhängig von Homogenbereichen beschrieben werden.

Eventuelle verfestigte Zonen innerhalb der Auffüllung oder der gewachsenen Böden können über Zulagepositionen erfasst werden. Hierfür wird kein gesonderter Homogenbereich definiert.

Für Nachprüfungen sind die in den DIN-Normen (Tabelle Anlage 13) angegebenen Versuche durchzuführen.

## **10 Schlussbemerkung**

Das Baugrundbüro Dr.-Ing. Weissenburg führte auftragsgemäß die Baugrunduntersuchung und –begutachtung für den Um- und Ausbau der ehemaligen Grabenschule zum BürgerRatHaus in Eisleben durch.

Die Aussagen des vorliegenden Gutachtens sind nur für die Planung und die Bauausführung der oben genannten Baumaßnahme zugelassen. Für andere Bauvorhaben besitzt das Gutachten keine Gültigkeit. Die Gültigkeit ist zudem nur auf den erkundeten Baugrundbereich beschränkt. Für Baumaßnahmen, die außerhalb der vorhandenen Baugrundaufschlüsse liegen, sind generell zusätzliche oder tiefere Aufschlüsse erforderlich.

Im Zuge der weiteren Planungen, bei Detailplanungen etc. können sich Ergänzungen zu diesem Gutachtenbericht oder weitere Stellungnahmen erforderlich machen.

Prinzipiell sind zwischen den punktförmigen Aufschlusspunkten im natürlichen Verlauf Abweichungen in Bezug auf Schichtmächtigkeit und -ausbildung nicht völlig auszuschließen. Sollten bei großflächigem Aufschluss während der Bauarbeiten wider Erwarten wesentlich andere Untergrundverhältnisse als die dem Gutachten zugrunde liegenden angetroffen werden, so ist unser Büro sofort zu verständigen, um die im Gutachten genannten Empfehlungen zu überprüfen und ggf. ergänzen zu können.

Alle Eingriffe in den jetzigen Bestand im Standortbereich sind hinsichtlich möglicher negativer Auswirkungen hinsichtlich Standsicherheiten, Verformungen und Wasserwegigkeiten zu prüfen.

Das Gutachten und die Anlagen gelten nur ihrer organischen Einheit. Die Weitergabe an Dritte sowie die Übernahme jedweder Haftung durch die Weitergabe bedarf generell der Zustimmung des Unterzeichners.

Sollten sich im Rahmen der weiteren Bearbeitung Änderungen gegenüber dem diesem Bericht zugrunde liegenden Bearbeitungsstand von August 2021 ergeben, die im vorliegenden Baugrundgutachten nicht berücksichtigt werden konnten, dann bitten wir zwecks Prüfung der Gültigkeit der Aussagen um Mitteilung.

Dr.-Ing. Weissenburg

M. Sc. Heyder