



**Geotechnische Erkundung und Gründungsberatung
(Baugrundgutachten; Hauptuntersuchung)
für das Bauvorhaben**

**Neubau einer Grundschule mit Außenanlagen
Adolf-Zschiedrich-Str. 10 a
01900 Bretnig – Hauswalde**

Auftraggeber: Gemeindeverwaltung
Bretnig – Hauswalde
Am Klinkenplatz 9
01900 Bretnig – Hauswalde

Auftragnehmer: Ingenieurbüro für Baugrundbohrungen
und -untersuchungen
Siedlerweg 3
01945 Senftenberg/ OT Peickwitz

Bearbeiter: Dipl.-Ing. D. Kaiser

Bearbeitungszeitraum: 10/12

Projekt-Nr.: 142/2012

Peickwitz, den 27. Oktober 2012



**Dipl.-Ing. D. Kaiser
Baugrundgutachter**

0. INHALTSVERZEICHNIS

| | | |
|-----|--|----|
| 0. | Inhaltsverzeichnis | 1 |
| 1. | Vorgang, durchgeführte Arbeiten | 2 |
| 2. | Angaben zum Baugrund und zur Schichtenfolge, Hydrogeologie | 3 |
| 3. | Lagerungsdichte, Festigkeit..... | 4 |
| 4. | Wasserhaltung und Dränung..... | 6 |
| 5. | Rohrgräben, Baugruben, Wiedereinbau, Aufpolsterung | 9 |
| 6. | Bodenstabilisierung mit Kalk (als Option)..... | 12 |
| 6.1 | Allgemeines..... | 12 |
| 6.2 | Kalke für die Bodenbehandlung | 12 |
| 6.3 | Kalkmenge für die Bodenbehandlung | 13 |
| 6.4 | Bauverfahren..... | 14 |
| 6.5 | Anforderungen an den mit Kalk verbesserten Boden..... | 14 |
| 6.6 | Prüfungen..... | 15 |
| 6.7 | andere Bodenstabilisierungen (außer Kalkstabilisierung) | 15 |
| 7. | Folgerungen für die Gründung der geplanten Bauwerke | 16 |
| 7.1 | Angaben zur Belastbarkeit des aufgeschlossenen Untergrunds,..... | 16 |
| 7.2 | Setzungen des gemischtkörnigen Untergrunds..... | 18 |
| 7.3 | Frostbeständigkeit der oberflächennahen Erdstoffe | 18 |
| 8. | Strassenbau, Parkplatzbau, Zufahrten, grundhafter Ausbau | 19 |
| 8.1 | Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues | 19 |
| 8.2 | Aufgrabungen..... | 22 |
| 9. | Regenwasserversickerung | 22 |
| 10. | Bodenmechanische Kennwerte | 23 |
| 11. | Weitere Verfahrensweise..... | 24 |
| 12. | Quellenverzeichnis, Literaturverzeichnis..... | 24 |
| 13. | Anlagenverzeichnis..... | 26 |

1. VORGANG, DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Die *Gemeindeverwaltung Bretnig – Hauswalde* beabsichtigt, ihre alte Schule in der Adolf-Zschiedrich-Str. 10 a komplett abzureißen, tiefen zu enttrümmern und in diesem Baufenster (nach Auffüllung des abgerissenen Kellergeschosses) durch ein neues Schulgebäude, einen Hort und eine Turnhalle in einem Komplexbau zu ersetzen. Die jetzige alte H-förmige Schule ist aus den 80er Jahren des 20. Jahrhunderts, ein damals üblicher Plattenbau mit voller Unterkellerung und erheblichen Baumängeln, insbesondere aus Stauwasserbelastungen auf das Kellergeschoss. Die Gründung des geplanten Komplex-Neubaus (Schule, Hort, Turnhalle) erfolgt üblicherweise über Einzelfundamente und Streifenfundamente, ggf. auch über elastisch gebettete Gründungskörper (Flächengründungen), wobei der nordöstlich gelegene Bauwerksteil auf Höhe des alten Schulhauses (bei etwa + 288 m HN; Bohrpunkte B 1; B 7 und B 8), der südöstliche Teil aufgrund der Geländetopografie über eine Polsterbettung (Böschungskörper) gegründet wird. (Gelände im südwestlichen Geländeteil etwa bei + 285 m HN; Bohrpunkte B 2 – B 6) Alle Fußböden (Schule, Hort, Turnhalle) erhalten eine durchgängige Höhe ($= \pm 0$), die sich etwa bei + 288,0 m HN befinden wird; genaue Festlegungen dazu erfolgen erst in der weiteren Planungsphase.

Auf der Grundlage der Aufgabenstellung des Bauherrn bzw. seines Planungsbüros Hübner aus Bischofswerda wurde unser Ingenieurbüro beauftragt, für diesen Erweiterungsbau einschließlich der Außenanlagen anhand des Lageplans (Anlage 1) ein

Baugrundgutachten, Hauptuntersuchung

zu erstellen. (*Hauptuntersuchung nach DIN 4020*) [14]

Auf der Grundlage der DIN 4020 [14] wurde folgendes Erkundungs- und Laborprogramm ausgewählt und ausgeführt:

- **8 Stück Bohrsondierungen (Rammkernsondierungen) bis maximal 7,0 m unter Terrain B 1 – B 8**
- **Ermittlung der Lagerungsdichte (Tragfähigkeit) des Untergrundes für die Bauwerksfundamente und die Außenflächen mittels Sondierungen mit der *Schweren Rammsonde DPH* nach DIN EN ISO 22 476-2) [17]; RMS 1 – RMS 2; Tiefe je 7,0 m**
- **4 Stück kombinierte Sieb-Schlämmanalysen nach DIN 18 123 [25] zur Ermittlung der Frostbeständigkeit F für den Straßenbau [31] und des k_f -Wertes [4] für die Regenwasserversickerung**
- **Einmessen aller Untersuchungspunkte in der Lage und der Höhe**

Die Ansatzpunkte der Bohrungen und Sondierungen wurden in den Lageplan der Bohrungen (Anlage 1) eingezeichnet; ein Höhennivellement erfolgte in Bezug auf „m ü. HN“. Das Grundriss-Konzept liegt als Anlage 1.1 bei. Die Geologischen Schnitte durch die Bohr- und Sondierprofile liegen als Anlage 2 diesem Gutachten bei. Die Kornverteilungskurven wurden mit Anlage 3 bezeichnet. Die Felduntersuchungen wurden vom 22. – 24.10.2012 ausgeführt.

2. ANGABEN ZUM BAUGRUND UND ZUR SCHICHTENFOLGE, HYDROGEOLOGIE



Auszug aus dem Topografischen Lageplan mit dem Baufenster „Schule“

Der Bereich von *Großröhrsdorf* in Richtung *Bretnig – Hauswalde* und weiter in Richtung *Rammenau* liegt in der flachwelligen Granitlandschaft der Oberlausitz, die rings um unser Untersuchungsgebiet von Graniterhebungen der Oberlausitz überragt wird. Das Gelände fällt von diesen Erhebungen von etwa 396 m (Röderquelle nahe *Kronenberg*) in eine Niederung ein, in der die Autobahn A 4 (Dresden-Bautzen) von West nach Ost verläuft. In dieses Tal entwässern sich die Niederschläge der umliegenden Berge einerseits von Nord (Pulsnitz, Ohorn) nach Süd, andererseits aus der *Massenei* von Süd nach Nord; Hauptvorfluter ist die **Große Röder**, die im engeren Untersuchungsgebiet von Nord nach Süd und dann im Zuge der S 158 von Ost nach West verläuft. Die Talaue befindet sich bei 282 m (*Charlottengrund* am Klinkenplatz; Ortslage von Bretnig).

Das Untersuchungsgebiet „Schule“ befindet sich nur wenige hundert Meter nördlich dieser *Röderaue* in einem nach Norden zu ansteigenden Gelände (Endmoräne). Das Gelände an der A.-Zschiedrich-Straße 10 a liegt bei etwa 288 m HN (Nord) bzw. 284 m HN (Süd).

Das Baufeld für die Schule befindet sich unmittelbar auf der südlichsten Vereisungsgrenze der Saale-Kaltzeit; die Ablagerungen über dem Grundgebirge aus Granit bestehen auf unserem Untersuchungsgrundstück aus Wechsellagerungen mehr oder weniger bindiger Geschiebelehme, wobei der nördliche Geländebereich sandiger, der südliche dagegen lehmiger ist. Das Grundwasser haben wir mit den maximal 7,0 m tiefen Bohrungen noch nicht erreicht. Die Anfälligkeit des Geschiebelehms unterschiedlicher Bindigkeit auf Niederschläge, die von den Erhebungen talwärts laufen (von Nordost nach Südwest), ist deutlich an den Bauwerksschäden des Altkellers der jetzigen Schule auszumachen. Das Schichtenwasser/ Stauwasser in Zeiten starker Niederschläge und/oder Schneeschmelze spielt demgemäß eine große Rolle bei der Planung und Ausführung der Gründungen der geplanten nicht unterkellerten Neubauten; Festlegungen dazu werden im Folgenden getroffen.

Die Wechsellagen aus nicht- bis schwachbindigen Sanden und stark bzw. weniger stark bindigen Geschiebelehmen wirken sich auch auf den Stau- bzw. Schichtenwasserstand in Abhängigkeit vom Niederschlagsaufkommen erheblich aus. Beträgt die kapillare Steighöhe im Geschiebesand nur etwa 20 ... 30 cm, können wir im Geschiebelehm mit Steighöhen um bis zu 2 ... 3 m rechnen. Einzelheiten zum Schichtenaufbau sind in den Geologischen Schnitten durch die Bohrungen/ Sondierungen (Anlage 2) festgehalten.

3. LAGERUNGSDICHTE, FESTIGKEIT

Zur Bestimmung der Lagerungsdichte (Festigkeit, Tragfähigkeit) der Erdstoffe im Bereich des geplanten Schulneubaus wurden ergänzend zu den Bohrerkundungen (Bohrung B 1 – B 8) zwei Sondierungen (RMS 1 und RMS 2) mit der **Schweren Rammsonde DPH nach DIN EN ISO 22 476-2** [17] bis je 7,0 m unter Terrain niedergebracht.

Mit „Festigkeit“ ist hier die Eigenschaft eines nichtbindigen Bodens bezeichnet, die durch seine Lagerungsdichte, Korngröße und Kornrauhigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Steifemoduls E_s sowie des Scherwinkels φ' äußert.

Dabei wird entsprechend der DIN EN ISO 22 476-2 [17] von folgendem Zusammenhang zwischen dem Sondierergebnis, der Größe des Scherwinkels φ' und der Benennung der Festigkeit ausgegangen:

| N10 (Schlagzahl) | Charakteristischer Scherwinkel φ' | Benennung der Festigkeit |
|---------------------|--|-----------------------------|
| 0 - 2 | < 30° | sehr gering |
| 2 - 6 | 30° - 35° | gering |
| 6 - 11 | 35° - 37,5° | mittel |
| 11 - 19 | 37,5° - 40° | groß |
| > 19 | > 40° | sehr groß |

Beziehung zwischen Schlagzahl, Scherwinkel und Festigkeit

Zur Abschätzung des Festigkeitszustandes werden ebenso die Tabellenwerte aus

Türke, H. : „Statik im Erdbau“, Verlag Ernst & Sohn, Abschnitt 4/6, Seite 51 herangezogen:

| Bodengruppe nach DIN 18 196 | Ungleichförmigkeitsfaktor $U = d_{60}/d_{10}$ | Lagerungsdichte D | Proctordichte D_{Pr} | leichte Rammsonde Schläge/10 cm n_{10} |
|------------------------------------|--|--|-----------------------------|---|
| SE, GE SU, GU, GT | ≤ 3 | $\geq 0,3$ mitteldicht $\geq 0,5$ dicht | $\geq 95\%$ $\geq 98\%$ | 5 - 15 > 15 |
| SE, SW, SI GE, GW, GI SU, GU | > 3 | $\geq 0,45$ mitteldicht $\geq 0,65$ dicht | $\geq 98\%$ $\geq 100\%$ | 15 – 30 > 30 |

Die Bodenspannungstabellen der DIN 1054 [8] gehen davon aus, dass für den Lastabtrag über Gründungssysteme (Fundamente) **mindestens mitteldichte Lagerungsverhältnisse nicht bindiger Sedimente bzw. steife Konsistenzen bindiger Sedimente** an der Sohle der Fundamente vorhanden sein müssen.

Die Ergebnisse dieser Rammsondierungen sind in den Sondierdiagrammen der Anlage 2 festgehalten. Der Untergrund des Untersuchungsgebietes ist für den oberflächennahen Geschiebelehm in Abhängigkeit vom Wassergehalt mit „**steif bis halbfest**“ einzustufen. Dies erfüllt die Mindestanforderungen der DIN 1054 an tragfähigen Untergrund [8] an zumindest mitteldichte Lagerung bzw. steife Konsistenzen der Sedimente an der Gründungssohle von Fundamenten. Da die beschriebenen oberflächennahen Geschiebelehmschichten stark wasseranfällig sind, ist dieser Konsistenzzustand auch in der Bauphase unter allen Umständen zu sichern. (Nestbauweise, sofortiger Oberflächenverschluss, kein großflächiger Bodenantrag, örtlich Kalkstabilisierung u.ä.)

4. WASSERHALTUNG UND DRÄNUNG

Eine Wasserhaltung in der Bauphase ist lediglich für den Lastfall „Tageswasser“ erforderlich. Dazu ist bauseits nötigenfalls eine Sumpfung der Baugruben mittels Söffelpumpe erforderlich; entsprechende Geräte sind vorzuhalten. Wasserabsenkungen/ Grundwasserhaltungen sind offensichtlich (siehe Geologische Schnitte Anlage 2) nur bei tieferen Bauwerksteilen erforderlich, die unmittelbar das Grund- bzw. Schichtenwasser anschneiden. Auch dafür sind offenen Wasserhaltungen in Form von Sumpfungen ausreichend. Nach unserem Kenntnisstand sind aber derartig tiefe Bauwerksteile nicht vorgesehen. Nötigenfalls ist dies im Einzelfall zwischen Planer und Baugrundgutachter noch gesondert zu beraten.

Die hohe Wasserbelastung des oberflächennahen Geschiebelehm (siehe vorangegangene Bemerkungen zur Hydrogeologie) machen nach unserer Auffassung eine Ring- und Flächendrängung des geplanten Bauwerkskomplexes, zumindest im höher gelegenen Terrain (= Altschul-Bereich) erforderlich.

Die Erkundungsbohrungen erfolgten nach einer relativ niederschlagsschwachen Periode; aus früheren Untersuchungen [1,2,3] liegen uns aber deutlich höhere Stauwasserstände, insbesondere nach Schneeschmelze und Starkniederschlägen vor, wobei deutlich wurde, dass von den anliegenden Hängen (insbesondere aus Nord) ein erheblicher Stau- bzw. Schichtenwasseranstrom ansteht.

Dies macht deutlich, dass insbesondere die Rohrgräben in den lehmigen Geländebereichen eine **Dränfunktion** übernehmen werden; dazu sind ggf. *Sondermaßnahmen* zu planen. Aus diesem Grunde sind die Rohrgräben nötigenfalls (je nach Einbindung) zu dränieren, d.h. das sich im gut durchlässigen Rohrgraben zwangsläufig sammelnde Sicker-, Oberflächen- und/oder Stauwasser ist längs des Grabens dauerhaft sicher abzuführen.

Dazu stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung:

1. *Das Dränwasser ist gesondert zu führen und ggf. der Vorflut und/oder einem Pumpwerk zuzuleiten. Dazu ist rohrgabensöhllich zusätzlich eine Drainageleitung einzubauen und einem Tiefpunkt zuzuleiten. (so genannte Huckepack-Leitung).*
2. *Falls gegen die Einleitung von Dränwasser in das Kanalnetz keine Einwände durch den Kläranlagenbetreiber und/oder durch die Genehmigungsbehörde bestehen, kann das Abwasser (auch Regenwasser) und Dränwasser auch über so genannte Mehrzweckrohre nach DIN 4262, Teil 1 abgeleitet werden. Diese Mehrzweckrohre sind am Rohrscheitel teilperforiert und nehmen damit das Sickerwasser entsprechend auf.*

Damit kann man auf Huckepack-Leitungen verzichten. Durch die Planung und Ausführung ist dann zu garantieren, dass durch konstruktive Maßnahmen (Dichtungsfolien, Gefälleausbildung) das Stauwasser gezwungen wird, in das Sickerrohr zu laufen. Für den schadensfreien Einbau solcher „biegeweichen Rohre“ aus PVC oder PE-HD sind die DIN 4033 „Entwässerungskanäle und –leitungen – Richtlinie für die Ausführung“, die ATV A 110 „Richtlinien für die hydraulische Berechnung von Abwasserkanälen“ und das Arbeitsblatt A 127 „Richtlinien für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und –leitungen“ zu beachten. Ggf. sind dazu noch Beratungen zwischen Baugrundgutachter und Planungsbüro erforderlich.

Für das neue Schulgebäude selbst sollte ebenfalls mit einer Drainage einer oberflächennahen zu hohen Stauwasserbelastung bei Starkniederschlägen/ Schneeschmelze vorgebeugt werden. Dazu empfehle ich, rund um die Streifenfundamente und unter den Fußböden eine Dränung einzubringen; dies insbesondere für den höher gelegenen Bereich. Neben dem unterirdisch anfallenden Wasser in Form von Bodenfeuchtigkeit, Sickerwasser und Stauwasser führt auch das kapillar aufsteigende Wasser zu Vernässungen.

Erhebliche Belastungen entstehen direkt durch den Niederschlag (Regen, Schnee), der als Oberflächenwasser das Bauwerk gefährdet. Die erdüberschüttete Decke (Außenfläche) ist mit Gefälle anzulegen, damit kein drückendes Wasser am Bauwerk entsteht. Niederschlagswasser, Oberflächenwasser und Wasser aus der Schneeschmelze bilden auf der Decke einen Stauwasserhorizont, sofern es nicht durch eine Dränung abgeführt wird. Die Ausbildung der Dränung richtet sich nach den Festlegungen der DIN 18 195 und der DIN 4095.

Bei bindigen Böden ist unter dem Fußboden ein Flächenfilter (Sauberkeitsschicht) anzuordnen, der das kapillar aufsteigende Wasser hindert, von unten gegen die Bodenplatte zu drücken. Bei größerem Wasseranfall, wie an unserer untersuchten Baustelle „Neubau Schulgebäude und Sporthalle“ (= Bauteile im höher gelegenen, lehmigen Terrain), sollte der Flächenfilter über Dränleitungen entwässert werden. Der tiefer liegende Bauteil (= Hort) liegt bereits im aufgepolsterten Gelände, so dass hier eine selbsttätige Dränung des vom Berg anstehende Stauwassers über das (nicht bindige) Bettungspolster zum Tal hin erfolgt.

Die Dränleitung darf nur an einen Regenwasserkanal, in Ausnahmefällen auch an einen Mischwasserkanal, jedoch nicht an den Schmutzwasserkanal angeschlossen werden. In allen Fällen ist dafür zu sorgen, dass kein Rückstau in die Dränung entstehen kann, erforderlichenfalls ist eine Rückstauklappe oder eine Hebeanlage vorzusehen.

Die Dränleitung ist mit einem Filtermaterial zu umgeben, das gegenüber dem anstehenden Boden mechanisch filterfest und ausreichend durchlässig ist. Geeignet ist Material, das der Filterregel nach TERZAGHI (DIN 4095) erfüllt, ebenso Betonierkies Sieblinie B 32 nach DIN 1045, der als Mischfilter eingebaut werden kann.

Die Dränleitung ist, von einem Hochpunkt ausgehend, als Ringleitung auszuführen. Der Hochpunkt des Dränrohrscheitels darf die waagerechte Sperrschicht nicht überschreiten. An den Eckpunkten der Dränleitung sind Reinigungsrohre anzuordnen; die gesamte Dränung ist über mindestens einen Kontrollschacht zugänglich zu machen.

Weitere Einzelheiten zur Dränage des Baufeldes sind gegebenenfalls zwischen Planer und Baugrundgutachter gesondert abzustimmen. Grund- bzw. Schichtenwasser (stauende Nässe) wird also für die Baumaßnahmen „Neubau Schulgebäude“ ein Hauptproblem darstellen.

Für die Festlegung der Abflussspende „Wand und Bodenplatte“ des „Schule Bretinig – Hauswalde“ ist die Bodenart „schwach durchlässige bindige Mischböden“ der 3. Zeile (mittel) für die Bemessung der Dränanlage (Ring- und Flächendränung) üblicherweise anzuwenden. Daraus ergeben sich für den Lastfall „mittel“ folgende Dränrohrabstände bzw. –verlegelängen.

| Bodenart und Bodenwasser | Abflussspende | |
|--|---------------|---------|
| | q in l/(sm) | Bereich |
| Böden mit wasserführenden Schichten, Quellgebiete, Oberflächenwasser | >0,30 | extrem |
| Böden mit Schicht- oder Stauwasser, wenig Oberflächenwasser | >0,10-0,30 | groß |
| schwach durchlässige Böden, mit Sickerwasser kein Oberflächenwasser | 0,05-0,10 | mittel |
| sehr schwach durchlässige Böden, ohne Stauwasser, kein Oberflächenwasser | <0,05 | gering |

Abb. 2: Wasserzudrang „Wand“ und dessen Klassifizierung pro Meter Bauwerkswand in Abhängigkeit von Bodenart und Bodenwasser

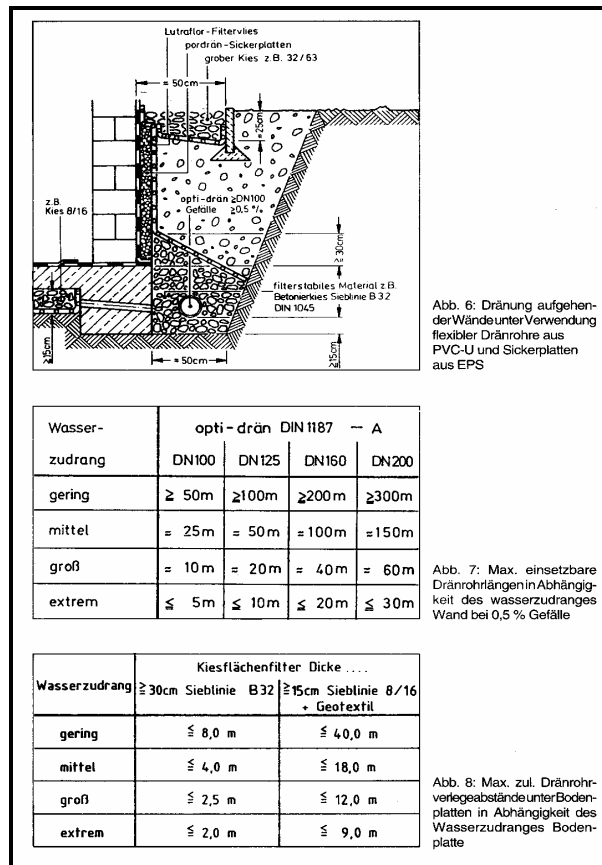
| Bodenart und Bodenwasser | Abflussspende | |
|---|---------------------------|---------|
| | q in l/(sm ²) | Bereich |
| stark durchlässige (nicht bindige-) Böden | >0,010 | extrem |
| durchlässige (schwach bindige-) Böden | >0,005-0,010 | groß |
| schwach durchlässige (bindige Misch-) Böden | 0,001-0,005 | mittel |
| sehr schwach durchlässige (bindige-) Böden | <0,001 | gering |

Abb. 3: Wasserzudrang „Bodenplatte“ und dessen Klassifizierung pro m² Grundfläche in Abhängigkeit von Bodenart und Bodenwasser

| Überdeckung | Abflussspende | |
|--|---------------------------|---------|
| | q in l/(sm ²) | Bereich |
| befestigte Flächen | > 0,03 | extrem |
| bekieste Flächen | > 0,02 - 0,03 | groß |
| verbesserte Vegetationsschichten (Substrate) | 0,01 - 0,02 | mittel |
| unverbesserte Vegetationsschichten (Böden) | < 0,01 | gering |

Abb. 4: Wasserzudrang „Dach“ und dessen Klassifizierung pro m² Dachfläche in Abhängigkeit von der Überdeckung.

Abflussspende (nach FRÄNKISCHE DRÄNTECHNIK)



5. ROHRGRÄBEN, BAUGRUBEN, WIEDEREINBAU, AUFPOLSTERUNG

Um das hydrogeologische Gleichgewicht auch nach Baufertigstellung wieder zu erreichen, ist bei Aushub der Baugruben bzw. Rohrgräben genügend Erdstoff seitlich gelagert werden, der dann wieder zur Baugrubenseitenrandverfüllung genutzt werden sollte. Ggf. ist dieser bindige oberflächennahe Geschiebelehm mit Planen oder Folien abzudecken, um ihn nicht unnötig bei Regenwetter aufweichen zu lassen.

Die Rohrgraben- und Baugrubenseitenrandverfüllung muss lagenweise mit ausreichender Verdichtung durchgeführt werden. Die übrigen Sande sind problemlos wiedereinbaufähig. Weitere Einzelheiten zur Art und Weise der Gründungs- und Rohrgrabengestaltung wären nach Kenntnis der entsprechenden Bauwerksdaten mit dem Statiker ggf. noch näher zu erörtern und festzulegen. Die in Nestbauweise herzustellenden Einzelfundamente (siehe Absatz 2.3.1) sind nach Fertigstellung mit ortüblichem Lehm als Baugrubenseitenrandverfüllung zu schließen, um den Wassereinfluss auf die Gründungssohlen zu minimieren.

Voraussetzung für den Fortbestand der Tragfähigkeit des schluffigen Baugrunds an der Sohlebene ist, dass dieser bei Aushub der Baugruben für die Kanal- und Schachtbauarbeiten und für Fundamente und während der Gründungsarbeiten nicht unnötig aufgelockert wird. Oberflächlich aufgelockerte Bodenpartien sind vor Einbau der Fundamente wieder intensiv zu verdichten oder ggf. durch Magerbeton zu ersetzen. Für den maschinellen Bodenabtrag ist stets ein Hydraulikbagger (mit Tieflöffleinrichtung und Grablöffel mit glatter Schneidkante) zu verwenden. Keinesfalls darf hierfür ein Schaufellader auf Räderfahrwerk benutzt werden. Bei Einsatz eines solchen Gerätes bestünde die Gefahr, dass der Untergrund unnötig gestört wird. (Radspuren)

Gräben für Leitungen und Kanäle sind nach DIN 4124, Abschnitt 5.2 [40] auszubilden. Dabei können Rohrgräben bis zu einer Grabtiefe von 1,25 unausgesteift ausgeführt werden. Hierzu gelten die Festlegungen des Abschnittes 4.2 der DIN 4124 [40]. Für die Erfüllung der Verdichtungsanforderungen von Rohrgräben gelten die Festlegungen der ZTVE-StB 09. [31]

Die Baugruben und Rohrgräben sollten in Abhängigkeit von den Nutzlasten im Baustellenverkehr in Anlehnung an die Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V., 2. Auflage 1988, Wilhelm Ernst & Sohn Verlag für technische Wissenschaften, Berlin, bemessen werden. [37] Zur Ausbildung der Baugruben verweise ich auf die konkreten Festlegungen der DIN 4124. [40]

Baugruben in den beschriebenen bindigen Sedimenten (Geschiebelehm) können mit einem maximalen Böschungswinkel von 60° ausgebildet werden, falls kein Verbau vorgesehen ist. Für die nicht bis schwach bindigen Sande/ Verfüll- und Geschiebesande gilt ein maximaler Böschungswinkel < 45°.

Eine Wiederverwendung des anstehenden bindigen Untergrundes (Geschiebelehm) ist unter den Randbedingungen (Aufmietung, Abdeckung, Abtrocknung) möglich. Da aber die Abtrocknung der bindigen Schichten in vertretbaren Zeiträumen nicht möglich ist, ist mit wirtschaftlichem Aufwand eine Wiederverwendung kaum möglich. → Bodenaustausch oder Kalkstabilisierung

Auf Kiesschichten an den Fundamentsohlen/ Gründungsebenen ist zu verzichten; die Sauberkeitsschicht aus Beton ist sofort auf der sauber ausgehobenen Baugrubensohle aus Geschiebelehm aufzubringen! Dazu ist für diese Bauphase die Baugrube trocken zu halten.

Das Untersuchungsgelände weist zwischen dem südwestlichen Terrain ($\approx + 285$ m HN) und dem nordöstlichen Geländeteil ($\approx + 288$ m HN) Höhenunterschiede bis zu 3 m auf. Für die praktische Bauausführung bedeutet dies, dass nach dem Abtrag des Mutterbodens bzw. der örtlichen anthropogenen Auffüllungen (Spielplatz) ein Bettungspolster bis UK der geplanten Hort-Fundamente herzustellen ist. Anhand der statischen Vorbemessung für den geplanten Hort-Bauteil (max. zweigeschossig) ist eine Aufpolsterung bis zur UK Fundament (auch Straßen und Nebenflächen) mit üblichem Verfüllmaterial möglich.

- Aufpolsterung mit gut verdichtungsfähigem Kiessand o.ä. (lagenweise maximal 30 cm pro Einbaulage) mit guter Verdichtung, Wassergehalt um 5 – 7 Masse-%, je Lage mindestens 5 Übergänge mit großer Verdichterplatte (450 kN) oder Walze
 - *geeignet sind klassifizierte (Betonierkies) oder unklassifizierte Kiessande (Wandkies)*
 - *Mineralgemisch der Körnung 0/45 oder 0/32 mm*
 - *Betonrecycling der Körnung 0/45 unter der Voraussetzung der Schadstofffreiheit nach LAGA [32]*
 - *oder Mischbaustoffe aus o.g. Varianten*

Der erreichte Verdichtungszustand der Aufpolsterung ist mit geeigneten Prüfmethode (Statische oder Dynamische Plattendruckversuche, Sondierungen, Proctorversuche o.ä.) nachzuweisen und dem Baugrundgutachter zur Bewertung vorzulegen. (Polsterabnahme, Freigabe zur Betonage) Dazu sind in der Ausschreibung entsprechende Leistungspositionen aufzunehmen.

Dieser nichtbindige Erdstoff (Polsterbaustoff) ist in einzelnen Schüttilagen um 0,3 m Mächtigkeit einzubringen und mit dafür geeignetem Verdichtungsgerät bis mindestens 97 % der Proctordichte (= mitteldichte Lagerung nach DIN 1054) zu verdichten. Die Anzahl der Übergänge mit dem Verdichtungsgerät und günstige Schütthöhe werden dabei von dem eingesetzten Gerätetyp sowie verwendetem Schüttmaterial bestimmt. Der Aufbau eines Probefeldes wird vor Beginn der großflächigen Geländeanehebung empfohlen.

Für die Verfüllung des Altkellers der Abriss-Schule sollte ein bindiger Boden (Geschiebelehm) verwendet werden, um eine so genannte „Badewannen-Wirkung“ zu vermeiden. Bei Verfüllung mit gut durchlässigem Material sammelt sich das Stau- und Sickerwasser als auch das Oberflächenwasser, das von Norden zutritt, in der Grube und führt zu erheblichen Aufstauungen und Vernässungen. Weitere Einzelheiten zur Art und Weise der Geländeauffüllung/ Aufpolsterung/ Baugrubenverfüllung wären nach Kenntnis der entsprechenden Bauwerksdaten mit dem Statiker ggf. noch näher zu erörtern und festzulegen.

6. BODENSTABILISIERUNG MIT KALK (ALS OPTION)

6.1 Allgemeines

Mittels Zugabe von Kalk, Zement etc. können die Eigenschaften von Boden derart verbessert werden, dass gegenüber unbehandelten Böden eine dauerhafte Wasser-, Frost- und Taubeständigkeit sowie größere Druck-, Zug- und Scherfestigkeit erreicht werden kann.

Die Verbesserung und Verfestigung bindiger, weicher Böden mit Kalk wird erfolgreich eingesetzt bei

- *Baugrundstabilisierungen zur Erhöhung der Bodenpressung unter Bauwerken*
- *Verlegung von Rohrleitungen aller Art (Grabenverfüllung)*
- *Dämmen im Wasserbau (Flussdeiche, Kanalbau, Wasserbecken)*
- *Stabilisierung von Böschungen (Vermeiden oder Beseitigen von Rutschungen)*
- *Baustellen-Transportwegen*
- *Stabilisierung mit Kalkpfählen (z.B. bei tiefgründigen Verbesserungen im Unterbau oder Untergrund)*

Die Bodenbehandlung mit Kalk hat im Einklang mit den bodenschutzrechtlichen Bestimmungen zu erfolgen. Grundlegende Regelungen finden sich im Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) vom 17.08.1998, in der darauf basierenden Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 12.07.1999, in den Bodenschutzgesetzen der Länder und in verschiedenen Fachgesetzen. Im Normalfall wird Kalk bei der Bodenbehandlung nicht mit dem Grundwasser in Berührung kommen. In der Regel erfolgt keine Aufbringung in der sogenannten gesättigten Zone. Kalkprodukte unterliegen genau wie andere Bauprodukte der Gefahrstoffverordnung. Die entsprechenden Hinweise in den Sicherheitsdatenblättern der Produzenten und Lieferanten sind vom Anwender zu beachten.

6.2 Kalke für die Bodenbehandlung

Bei der Bodenbehandlung werden die folgenden Kalke eingesetzt:

- *Feinkalk (FK) – Baukalk nach DIN EN 459 (Weißfeinkalk, Dolomitfeinkalk)*
- *Kalkhydrat (KH) – Baukalk nach DIN EN 459 (Weißkalkhydrat, Dolomitkalkhydrat)*

Feinkalke (FK) werden auch als ungelöschte Kalke und Kalkhydrate (KH) als gelöschte Kalke bezeichnet.

Zu dem chemischen Bindungsverhalten bei der Kalkstabilisierung wird in diesem Gutachten nicht Bezug genommen; ggf. kann sich der Planer der Maßnahme „Schulneubau“ in einschlägiger Literatur damit befassen.

Während feinkörnige Böden – um diese handelt es sich im Untersuchungsbaufeld „Neubau Grundschule Bretnig – Hauswalde; höher gelegenes Terrain“ – besonders gut mit FK und KH umsetzbar sind, brauchen gemischtkörnige Böden beim Einsatz des Kalkes ausreichend reaktionsfähige Bodenbestandteile.

6.3 Kalkmenge für die Bodenbehandlung

Ein Boden-Kalk-Gemisch besteht aus dem anstehenden Boden (hier: SU – ST) incl. des in ihm enthaltenen Wassers, dem zur Verwendung vorgesehenen Kalk und ggf. Wasser. Die geeignete Zusammensetzung richtet sich nach dem Verwendungszweck.

Für eine Bodenverbesserung kann die Wahl der Kalkart und der Kalkmenge aufgrund des natürlichen Wassergehalts des Bodens, der Proctordichte und des optimalen Wassergehalts, der Korngrößenverteilung und der Zustandsgrenzen erfolgen. Hierbei kann auf vorhandenen Erfahrungen zurückgegriffen werden.

| Anwendungsart | Kalkmenge bezogen auf das Trockengewicht des Bodens Masse-% | |
|-------------------|--|-----------------|
| | Feinkalk (FK) | Kalkhydrat (KH) |
| Bodenverbesserung | 2 bis 4 | 2 bis 5 |
| Bodenverfestigung | 4 bis 6 | 4 bis 8 |

Für eine Bodenverfestigung wie in unserem untersuchten Fall muss die Wahl der Kalkart und der Kalkmenge aufgrund einer Eignungsprüfung erfolgen. Sie ist rechtzeitig vor Baubeginn durchzuführen und zwingend in der Ausschreibung der Bodenbehandlungs-Leistungen durch den Planer vorzugeben.

Sofern bei feinkörnigen Böden die natürlichen Wassergehalte des unbehandelten Bodens im Bereich des optimalen Verdichtungswassergehaltes liegen, ist die Verwendung eines Kalkhydrates (KH) zweckmäßig. Wird dieser Bereich, wie es in der Praxis meistens der Fall ist, überschritten, so ist ein Feinkalk (FK) erforderlich. Dies gilt insbesondere für die Untersuchungsfläche „Schule, oberer Bereich“.

6.4 Bauverfahren

6.4.1 Allgemein

Der Ablauf für die Bodenverbesserung/ Bodenverfestigung mit Kalk gliedert sich in

- *Vorbereitende Arbeiten (Oberboden, Steine und pflanzliche Bestandteile entfernen)*
- *Das „Aufschließen“ sehr feuchter Böden mit 1 – 2 Masse-% Feinkalk*
- *Vorplanieren und Vorverdichten*
- *Verteilen des Kalkes*
- *Einmischen des Kalkes in den Boden*
- *Planieren und Verdichten*
- *ggf. Nachbehandeln*

Die allgemein für den Erdbau und für die Verwendung des Kalkes geltenden Vorschriften und Regelwerke sind zu beachten. Hierzu gehört vor allem, dass vor, während und nach der Verbesserungs- und Verfestigungsarbeit seitlich oder von unten eindringendes Wasser in den Baukörper ferngehalten wird. Ferner ist sicherzustellen, dass Niederschlagswasser nicht auf dem bindigen Planum stehenbleibt.

Die Baustoffgemische können sowohl im Baumischverfahren als auch im Zentralmischverfahren hergestellt werden.

Beim **Baumischverfahren** (mixed-in-place) fährt das Mischgerät auf der für die Bodenbehandlung vorbereiteten Schicht, reißt diese auf und mischt den Kalk und ggf. noch erforderliches Wasser ein.

Beim **Zentralmischverfahren** (mixed-in-plant) wird der Boden aufgenommen, transportiert, mit dem Kalk und dem ggf. erforderlichen Wasser in einer Mischanlage gemischt und zur Einbaustelle transportiert, verteilt und verdichtet.

6.5 Anforderungen an den mit Kalk verbesserten Boden

Grundsätzlich gelten für Bodenverbesserungen die Verdichtungsanforderungen der ZTVE-StB 09. Diese Anforderungen richten sich an die jeweilige Bauausführung und sind der Ausschreibung zugrunde zu legen. Die Anforderungen an die mit Kalk verbesserte Schicht gelten in Abhängigkeit von der Bodenart und von dem auf die Höhe des Planums bezogenen Bereich.

| | Korngrößenanteile $\leq 0,06$ mm | Planum bis 0,5 m unter Planum | 0,5 m unter Planum bis Dammsohle | Verformungs- modul auf dem Planum |
|--|-------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| | Gewichts-% | D_{Pr} (%) | | MN/m ² |
| Feinkörnige Böden | > 40 | 97 | 95 | $\geq 45^*$ |
| Gemischtkörnige Böden | 15 – 40 | | | |
| | 5 – 15 | 100 | 97 | |
| *) Qualifizierte Bodenverbesserung ≥ 70 MN/m ² | | | | |

Bei dem untersuchten Boden in Bretinig – Hauswalde handelt es sich um feinkörnige Böden (Zeile 1).

6.6 Prüfungen

Art und Umfang der Prüfungen

- *Eignungsprüfungen*
- *Eigenüberwachungsprüfungen*
- *Kontrollprüfungen*

orientieren sich am Ziel der Baumaßnahme sowie an dem Merkblatt „Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Bindemitteln“ und der ZTVE-StB 09. Hier sind die entsprechenden Prüfumfänge zu entnehmen und der Ausschreibung zugrunde zu legen.

6.7 andere Bodenstabilisierungen (außer Kalkstabilisierung)

Eine alternative Möglichkeit der Stabilisierung des aufgeweichten Lehms im Gründungsbereich für den geplanten Schulkomplex wäre das Einbringen und Einwalzen von Grobschlag aus den anliegenden Steinbrüchen.

Dazu wäre nach Abtrag des Mutterbodens vor Kopf dieser Grobschlag (Korngröße bis zur Kantenlänge von 20 ... 25 cm) schichtenweise einzubauen und mittels Planierdrape zu verteilen. Nachträgliches Einwalzen führt Schicht um Schicht zu einer Bodenverbesserung und Erhöhung der Tragfähigkeit. Der Einbau mineralischen Materials sollte immer von grob zu fein erfolgen, d.h. unten beginnend mit einer groben Schicht, nach oben hin immer feiner werdend. Das Gründungspolster, was daraus entsteht, ist so groß auszubilden, dass rings um den geplanten Grundriss noch eine Fläche der Polsterdicke anzubauen wäre. (Lastabtragswinkel = 45°)

Ein Bodenpolster/ Bettungspolster, ob nun mittels Kalkstabilisierung oder auch durch Einbau mineralischer Polstermassen, ist grundsätzlich vor der weiteren Überbauung (Fundamente, Bodenplatte o.ä.) durch den Baugrundgutachter freizugeben und zu prüfen.

Weitere Einzelheiten zur Art und Weise der Fundamentgestaltung und der Bodenstabilisierung wären nach Kenntnis der entsprechenden Bauwerksdaten mit dem Statiker ggf. noch näher zu erörtern und festzulegen.

Nach Einbau der Streifen- und Einzelfundamente (über dem freigegebenen tragfähigen Polster) ist unter Fußbodenflächen bei nichtunterkellerten Gebäuden und/oder zum Höhenausgleich ein Bettungskörper aufzubauen, über den die Bauwerkslasten in den Untergrund geführt werden können. Diese Aufpolsterung sollte ebenso unter ständiger Kontrolle eines Baugrundsachverständigen ausgeführt werden. Als Bettungsmaterial für die Polstergründung eignen sich stets nichtbindige Sande bzw. Sand-Kies-Gemische, auch gebrochenes Material. Dieser nichtbindige Erdstoff ist in einzelnen Schüttlagen um 0,3 m Mächtigkeit einzubringen und mit dafür geeignetem Verdichtungsgerät bis mindestens 97 % der Proctordichte (= mitteldichte Lagerung nach DIN 1054) zu verdichten.

Das Verdichtungsziel ist durch geeignete Prüfmethode (Plattendruckversuche, Sondierungen o.ä.) nachzuweisen und dem Baugrundgutachter zur Kontrolle und Entscheidung vorzulegen. (Freigabe des Bettungspolsters durch den Baugrundgutachter) Die Anzahl der Übergänge mit dem Verdichtungsgerät und günstige Schütthöhe werden dabei von dem eingesetzten Gerätetyp sowie verwendetem Schüttmaterial bestimmt.

7. FOLGERUNGEN FÜR DIE GRÜNDUNG DER GEPLANTEN BAUWERKE

7.1 Angaben zur Belastbarkeit des aufgeschlossenen Untergrunds, zulässige Bodenspannung für den bindigen Geschiebelehm aus der Sicht des Grundbruchverhaltens

Bei Belastung eines Untergrundes durch ein Bauwerk kann dieses einerseits durch unzulässig große Setzungen und zum anderen infolge Grundbruchs gefährdet sein.

Setzungen entstehen im Wesentlichen dadurch, dass die vom Fundament in den Untergrund eingeleiteten Lasten die Bodenschichten zusammendrücken. Bindige Erdstoffe geben dabei einen Teil des Porenwassers ab.

Grundbruch ist darauf zurückzuführen, dass die Scherfestigkeit (Reibung und Kohäsion) des in der Gründungsebene anstehenden Erdstoffes längs gekrümmter Gleitflächen überschritten wird; es kommt dann zu einem raschen seitlichen Ausweichen von Bodenpartien unter den Fundamentkörpern bzw. Bauwerken.

In der Regel bestehen zwischen Grundbruch- und Setzungsverhalten eines Baugrundes keine festen Beziehungen. Besonders bei Vorkommen setzungsempfindlicher Erdstoffe müssen beide Einflüsse gesondert untersucht werden.

Betrachtet man zunächst allein das Grundbruchverhalten des Baugrundes aus steifem bis halbfestem Geschiebelehm (dies ist die im Untersuchungsbaufeld „empfindlichste“ Schicht und deshalb bemessungsrelevant), so berechnet sich dafür die zulässige Bodenspannung nach Tabelle A.4 der DIN 1054 [8]:

| Kleinste Einbindetiefe des Fundamentes | Aufnehmbarer Sohldruck σ_{zul} in kN/m ² | | |
|---|--|-------------|-------|
| | Mittlere Konsistenz | | |
| [m] | steif | halbfest | fest |
| 0,5 | 150 | 220 | 330 |
| 1,0 | 180 | 280 | 380 |
| 1,5 | 220 | 330 | 440 |
| 2,0 | 250 | 370 | 500 |
| Mittlere einaxiale Druckfestigkeit $q_{u,k}$ in kN/m ² | 120 bis 300 | 300 bis 700 | > 700 |

Tabelle A.4 nach DIN 1054; Gemischtkörniger Boden

Für die festgestellte Konsistenz „**steif bis halbfest**“ im Baufeld „Schule“ und einer Einbindetiefe der Fundamente, Schächte und Kanäle von i.M. 1,00 ... 1,50 m ergibt sich damit eine zulässige Bodenpressung von

$$\sigma_{zul} = 230 \dots 275 \text{ kN/m}^2.$$

Die Entscheidung zur Auswahl dazu muss der Statiker am konkreten Fall treffen; falls erforderlich, ist der Baugrundgutachter mit hinzuzuziehen.

Ggf. ist das Gründungssystem des geplanten Bauwerks als elastisch gebettete Gründungsplatte, -balken oder Plattenbalken zu berechnen. Dazu ist es erforderlich, beim Bettungsmodulverfahren über die konkrete Setzung der Fundamentplatte am Punkt x/y mit Hilfe des angegebenen Steifemoduls E_S das Bettungsmodul k_S als Quotient aus dem Sohldruck σ_0 und der dazugehörigen Setzung s zu berechnen. Ich verweise hierzu auf das Grundbau-Taschenbuch, Vierte Auflage, Teil 3 S. 63 ff., Verlag Ernst & Sohn 1992. [30] Größe und Verteilung des Bettungsmoduls sind daher von den Bedingungen eines jeden Einzelfalles abhängig. Ein häufig eingeschlagener und bequemer Weg ist die Annahme eines Bettungsmoduls nach Tabellen.

Diese weisen für unseren Boden in *Bretnig – Hauswalde, A.-Zschiedrich-Str. 10 a* (Böden mittlerer Festigkeit, Ton und Lehm an der Ausrollgrenze) Werte um **$C = k_S = 30 \dots 50 \text{ MN/m}^3$** aus. (dynamischer Bettungsmodul nach Tabelle 11, Grundbau-Taschenbuch, Vierte Auflage, Teil 1, Seite 489) [30]

7.2 Setzungen des gemischtkörnigen Untergrunds (Geschiebelehm, Geschiebesand)

Die Geschiebelehme an der Gründungssohle der Bauwerke (Schul- und Hortgebäude, Turnhalle, Rohrkanal, Straßen) besitzen in ihrer steifen bis halbfesten Konsistenz ein Steifemodul von

$$E_S = 20 \text{ bis } 50 \text{ MN/m}^2.$$

Für den Geschiebesand, der partiell oberhalb des Geschiebelehms ansteht, gilt

$$E_S = 30 \text{ bis } 70 \text{ MN/m}^2.$$

Die Setzmaße werden bei den Bauwerksabmessungen und -lasten kaum Werte größer als 0,5 ... 1 cm erreichen und aufgrund der Flächengründung relativ gleichmäßig auftreten; diese Größenordnungen bedeuten keine unmittelbaren Gefahren bei der Gründungsgestaltung des Bauwerkes. Die Verkantungsgefahr ist unter Einhaltung o.g. Randbedingungen gering. Nötigenfalls ist für Bauwerksteile hoher Belastung ein gesonderter Setzungsnachweis nach DIN 4019 durch den Statiker vorzunehmen.

7.3 Frostbeständigkeit der oberflächennahen Erdstoffe

Die im Untergrund des Baugebietes anstehenden schluffigen Sedimente unter dem Oberboden/Auffüllungen bilden gering bis stark frostempfindliche Bodenarten. (F 2 + F 3)

Frostfreie Gründung darf daher nicht nur für die Zeit nach Baufertigstellung ausgelegt sein, sondern sie muss in Perioden mit Frost auch für jeden Bauzustand vorhanden sein; angefangen von den Fundamenten bis zur Rohbaufertigstellung. Der Frost vermag sonst z.B. über ungesicherte Bauwerksöffnungen von der Fundamentplatte aus einseitig unter die Fundamente einzuwirken.

Als Folge davon könnte es zu einseitigem Hochfrieren, zu Verkippungen der Wände oder einzelner Fundamente kommen. Bei Arbeiten in der Winterperiode sollten Baugrubenseitenräume umgehend wieder verfüllt werden. Ebenso ist die fertig gestellte Fundamentplatte insgesamt gegen Frosteinwirkung zu sichern.

8. STRASSENBAU, PARKPLATZBAU, ZUFAHRTEN, GRUNDHAFTER AUSBAU

8.1 Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues

Die Dicke des Straßenaufbaues ist so festzulegen, dass

- **ausreichendes Tragverhalten**
- **ausreichende Frostsicherheit**

gewährleistet sind.

Die Notwendigkeit des Schutzes einer Straße, eines Weges oder einer anderen Verkehrsfläche gegen Frost- und Tauschäden, die während des Frostaufgangs (Tauperioden) nicht für den Verkehr gesperrt werden können, ist in der Regel dann gegeben, wenn nach ZTVE-StB 09 [31] folgende Bedingungen erfüllt sind:

- *Bodenarten der Frostempfindlichkeitsklasse F 2 oder F 3 sowie Felsarten, die nach dem Lösen entfestigen und zu Feinkorn (unter 0,063 mm) zerfallen, mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von mehr als*

$$5,0 \text{ Gew.-% bei } U \geq 15,0 \text{ oder}$$

$$15,0 \text{ Gew.-% bei } U \leq 6,0,$$
wobei der Anteil $6,0 < U < 15,0$ linear interpoliert werden kann.
- *freies, kapillares Wasser oder adsorptiv gebundenes Wasser in der Gefrierzone in einer für die Eisbildung ausreichenden Menge.*

Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 1 gemäß den ZTVE-StB 09 [31] erfordern keine Frostschutzmaßnahmen. Zur Ermittlung der Frostempfindlichkeit der Erdstoffe, die im zukünftigen Planumbereich für den Straßen- und Parkplatzbau lagern, erfolgte die Entnahme von vier Erdproben in der Phase der Erstuntersuchung aus dem Planum zur kombinierten Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN 18 123 [25].

Die Untersuchungsergebnisse sind in den Kornverteilungskurven der Anlage 3 dokumentiert. Die Beurteilung der Frostempfindlichkeit erfolgt auf der Grundlage der ZTVE-StB 09 [31]. Unter Berücksichtigung der Sieb- und Schlämmanalysen ergeben sich nachfolgende Einstufungen:

| Sieblinie | d ₆₀ [mm] | d ₁₀ [mm] | U d ₆₀ /d ₁₀ | Ist Korn < 0,063 mm | Anteil < 0,063 [M.-%] Grenzwert nach ZTVE | Einstufung in Frost- empfindlichkeits- klassen |
|-----------|-------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---|--|
| 3.1 | 0,12 | - | - | 52 | 5 | F 3 |
| 3.2 | 0,17 | - | - | 41 | 5 | F 3 |
| 3.3 | 1,70 | - | - | 43 | 5 | F 3 |
| 3.4 | 0,04 | 0,003 | 15,4 | 67 | 5 | F 3 |

Auswertung der Sieb- und Schlämmanalysen nach ZTVE-StB 09

Es ist damit festzustellen, dass der im jetzigen Planumbereich befindliche gewachsene Untergrund aus Geschiebelehm (SU,ST) nicht frostbeständig ist, (F 3) der Sand dagegen ist frostbeständig (F 1)

Eine flächenmäßige Abgrenzung zwischen diesen Bodenarten ist mit vernünftigem Aufwand nicht möglich. → Die oberflächennahe Schicht ist damit nicht als Frostsicherheitsschicht für den geplanten Straßenbau/ Parkflächen/ Zufahrten einsetzbar und gegen einen frostsicheren Bettungskörper auszutauschen.

Der Ausgangswert für die Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues ermittelt sich nach [32] wie folgt. (Der maßgebliche Wert des Untersuchungsgebietes ist markiert.)

| Zeile | Frostempfindlichkeitsklasse | Dicke in cm bei Bauklasse | | |
|-------|-----------------------------|---------------------------|--------|------|
| | | SV/II | III/IV | V/VI |
| 1 | F 2 | 55 | 50 | 40 |
| 2 | F 3 | 65 | 60 | 50 |

- **Mehr- oder Minderdicken**

| Zeile | Örtliche Verhältnisse | | A | B | C | D |
|-------|---|--|---------|--------|--------|---------|
| 1.1 | Frosteinwirkung | Zone I | ± 0 cm | | | |
| 1.2 | | Zone II | + 5 cm | | | |
| 1.3 | | Zone III | + 15 cm | | | |
| 2.1 | Lage der Gradiente | Einschnitt, Anschnitt, Damm ≤ 2,0 m (ausgenommen Ziffer 2.2) | | + 5 cm | | |
| 2.2 | | In geschlossener Ortslage etwa in Geländehöhe | | ± 0 cm | | |
| 2.3 | | Damm > 2,0 m | | - 5 cm | | |
| 3.1 | Wasserverhältnisse | Günstig | | | ± 0 cm | |
| 3.2 | | Ungünstig gemäß ZTVE-StB | | | + 5 cm | |
| 4.1 | Ausführung der Randbereiche (z.B. Seitenstreifen, Radwege, Gehwege) | Außerhalb geschlossener Ortslage sowie in geschlossener Ortslage mit wasserdurchlässigen Randbereichen | | | | ± 0 cm |
| 4.2 | | In geschlossener Ortslage mit teilweise durchlässigen Randbereichen sowie mit Entwässerungseinrichtungen | | | | - 5 cm |
| 4.3 | | In geschlossener Ortslage mit wasserundurchlässigen Randbereichen und geschlossener seitlicher Bebauung sowie mit Entwässerungseinrichtungen | | | | - 10 cm |

Die Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse werden nach folgender Formel und Tabelle errechnet:

$$\begin{aligned} \text{Mehr- oder Minderdicke} &= A + B + C + D = 5 + 0 + 0 + (-5) \\ &= + 0 \text{ cm} \end{aligned}$$

Die Dicke des frostsicheren Oberbaues in unserem Untersuchungsgebiet „Neubau Grundschule einschl. Außenanlagen“ errechnet sich unter Annahme der Bauklasse V/VI somit zu $50 + 0 = 50$ cm. Aufgrund der hohen Bindigkeit der Erdstoffe am Straßenplanum wird beim Straßenbau im höher gelegenen lehmigen Geländebereich eine **Planumentwässerung** erforderlich. (Seiten und/oder Dachgefälle des Planums) Dazu verweise ich auf die Festlegungen der RAS-Ew. [34]

Die Auswahl des Oberbaues hat durch den Planer nach den Festlegungen der RStO 12 [32], Tafel 1 bis 4 nach den bautechnischen Anforderungen bzw. den Festlegungen des Bauherrn zu erfolgen. Für die Anforderungen an die Verdichtung der einzelnen Schichten gelten ebenfalls die Festlegungen dieser Tafeln ($E_{v2 \text{ Planum}} \geq 45 \text{ MN/m}^2$, $E_{v2 \text{ Frostschuttschicht}} \geq 100 \dots 120 \text{ MN/m}^2$, $E_{v2 \text{ Schottertragschicht}} \geq 120 \dots 150 \text{ MN/m}^2$) und der Verdichtungsgrade E_{v2}/E_{v1} entsprechend der ZTV SoB-StB. [35]

8.2 Aufgrabungen

Jede Aufgrabung in einer Verkehrsfläche stellt eine dauerhafte Störung der Lagerungsdichte, der Schichtenfolge und des Schichtenverbundes der Verkehrsflächenbefestigung dar. Deshalb ist grundsätzlich anzustreben, eine aufgegrabene Verkehrsflächenbefestigung so wieder herzustellen, dass sie dem ursprünglichen Zustand technisch gleichwertig ist.

Für die Erfüllung der Verdichtungsgrade der einzelnen Schichten (Frostschuttschicht, Schottertragschicht) gelten in Abhängigkeit von der Bauklasse die Verdichtungsanforderungen der ZTVE-StB 09 [31] und der ZTVA-StB 12 [36]. Für die Wiederherstellung des Oberbaues gelten die Festlegungen der RStO 12 [32].

9. REGENWASSERVERSICKERUNG

Zur Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsfaktors k_f des erkundeten Untergrunds im Bereich des Baufeldes „Schule“ wurden die Ergebnisse der 4 Stück Sieb-Schlamm-Analysen in den Kornverteilungskurven der Anlage 3 aufgetragen.

Die k_f – Wert – Ermittlung erfolgte nach der HAZEN-Formel ($k_f = 0,0116 \cdot d_{10}^2$); für die Siebkurven, in denen kein d_{10} -Wert ermittelt werden konnte, wurde die Formel nach SEELHEIM ($k_f = 0,00357 \cdot d_{50}^2$) angewendet. Bei Ungleichförmigkeiten $U = d_{60}/d_{10} \geq 5$ wurde die HAZEN-Formel mit den Einschränkungen von BEYER modifiziert. ($k_f = 0,0110 \dots 0,006 \cdot d_{10}^2$ in Abhängigkeit von $U \geq 5$ bis $U > 20$) [4]

Aus den ermittelten Kornverteilungskurven (Anlage 3) ergeben sich nach HAZEN und BEYER folgende k_f -Werte für den erkundeten Untergrund:

| RKS | Sieb-Linie | Entnahmetiefe [m von OKG] | k_f -Wert [m/s] |
|-----|------------|------------------------------|------------------------|
| B 1 | 3.1 | 0,20 – 2,30 | $\sim 1 \cdot 10^{-9}$ |
| B 6 | 3.2 | 0,30 – 4,80 | $\sim 1 \cdot 10^{-9}$ |
| B 7 | 3.3 | 0,20 – 1,60 | $\sim 3 \cdot 10^{-9}$ |
| B 7 | 3.4 | 1,60 – 4,50 | $6,09 \cdot 10^{-8}$ |

Ermittlung der Durchlässigkeitskoeffizienten k_f

Regenwasserversickerungen sind bei k_f -Werten $< 10^{-6}$ m/s schwierig und erfordern eine sehr hohes Rückstauvolumen. Eine freie, unkontrollierte Regenwasserabgabe in das Untersuchungsgebiet führt immer wieder zu den festgestellten Vernässungen und Problemen.

Die hohe Abhängigkeit zwischen jahreszeitlich bedingtem Niederschlagsaufkommen und Stauerwirkung des Geschiebelehms ermöglicht nur unter gewissen Einschränkungen eine Versickerung in den dafür vorgesehenen Geländeabschnitten. Eine hydraulische Vorbemessung ist anhand der Schichtenfolgen und k-Werte durch den Regenwasserplaner vorzunehmen.

Da zwischen der OK Fußboden des zu planenden neuen Komplex-Schulbaus (etwa bei + 288 m HN) und dem tieferen südöstlichen Geländeniveau (etwa bei Bohrung B 2) etwa 3,5 m Höhenunterschied liegen, ist die Anlage eines **RW-Sammel- und Verdunstungsbeckens** technisch möglich. Dazu sollte in der weiteren Planungsphase ggf. noch dezidiert untersucht und berechnet werden.

10. BODENMECHANISCHE KENNWERTE

Gemäß Bodenklassifizierung in DIN 18 196 [26] gehören die oberflächennahen Auffüllungen in Bodengruppen mit dem Symbol [A], der Mutterboden in OH, die schluffig-tonigen Geschiebelehme in Bodengruppen mit dem Symbol SU bis ST. Die nichtbindigen Geschiebesande gehören zu den eng gestuften Sanden mit dem Symbol SE, mit bindigen Bestandteilen auch SE – SU. Die schichtgenauen Bezeichnungen sind in den Geologischen Schnitten der Anlage 2 vermerkt. Laut DIN 18 300 [27] bilden die Auffüllungen als auch die Geschiebesande im Gründungsbereich eine „leicht lösbare Bodenart“ der Klasse 3. Der Geschiebelehm ist eine „mittelschwer lösbare Bodenart“ der Klasse 4.

Für die erkundeten Lockergesteine an der Gründungsebene des geplanten Komplex-Bauwerks, der Kanäle und des Straßenbaus gelten bei Fortbestand der jetzigen ungestörten Lagerung folgende Bodenkenngrößen (siehe auch hierzu DIN 1055 Teil 2) [9]:

| | Geschiebesand SE, SE – SU | Geschiebelehm SU – ST |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|
| Wichte γ, erdfeucht | 18,0 bis 19,0 kN/m ³ | 20,0 bis 21,0 kN/m ³ |
| Wichte γ', unter Auftrieb | 10,0 bis 11,0 kN/m ³ | 10,0 bis 11,0 kN/m ³ |
| Reibungswinkel φ | 35° | 27,5° |
| Steifemodul E_s | 30 bis 70 MN/m ² | 20 bis 50 MN/m ² |
| Kohäsion c' | 0 | 5 bis 10 kN/m ² |
| Kohäsion c_u | 0 | 15 bis 25 kN/m ² |
| Bodenklasse | 3 | 4 |

Bodenkenngrößen der Sedimente des Untersuchungsgebietes

11. WEITERE VERFAHRENSWEISE

Nach Fertigstellung des verbindlichen Ausführungsplanes sollte eine Abstimmung zwischen Planungsbüro, Statiker und Baugrundgutachter stattfinden, um daraus ggf. weitere Konkretisierungen dieser Baugrundhauptuntersuchung vorzunehmen und auf statisch-konstruktive Besonderheiten anzupassen. Die Fundament- und Rohrgrabensohlen sowie die bodenverbessernden Maßnahmen sollten durch den Baugrundgutachter einer Bemusterung und Freigabe unterzogen werden. (Baugruben-, Rohrgrabenabnahme)

12. QUELLENVERZEICHNIS, LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Baugrunduntersuchungen im Bereich Brettnig – Hauswalde und Umgebung
Ingenieurbüro für Baugrundbohrungen und -untersuchungen Dipl.-Ing. D. Kaiser,
Siedlerweg 3, 01945 Senftenberg/ OT Peickwitz, 1990 bis 2012
- [2] Div. Archivmaterial zur Topographie, Geologie, Hydrogeologie und
Hydrographie des jeweiligen Untersuchungsgebietes, ggf. Ergebnisse von
Altlastenuntersuchungen, Bohrerergebnisse u.ä.
- [3] Hydrogeologisches Kartenwerk der DDR: Karte der Hydroisohypsen und Grundkarte.
Hydrogeologie Nordhausen, 1984
- [4] Hölting, B.: Hydrogeologie, Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie,
3. Auflage, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart 1989
- [5] DIN – Taschenbuch 36; Erd- und Grundbau; Beuth-Verlag GmbH, Berlin; 10. Auflage
2009-01
- [6] DIN – Taschenbuch 75; Erdarbeiten, Verbauarbeiten, Rammarbeiten, Einpressarbeiten,
Nassbaggerarbeiten, Untertagebauarbeiten VOB/ StLB/ STLK; Beuth-Verlag GmbH,
Berlin; 9. Auflage 2001-02
- [7] DIN – Taschenbuch 113; Normen über Erkundung und Untersuchung des Baugrundes,
Beuth-Verlag GmbH, Berlin; 10. Auflage 2008-06
- [8] DIN 1054 „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau“
Ausgabe: 2005-01
- [9] DIN 1055 „Lastannahmen für Bauten“ Teil 2, Bodenkenngrößen, 02/1976
- [10] DIN 4017 „Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstands von
Flachgründungen“; Ausgabe: 2006-03
- [11] DIN 4018 „Baugrund – Berechnung der Sohldruckverteilung unter
Flächgründungen“; Ausgabe: 1974-09
- [12] DIN 4019-1 „Baugrund – Setzungsberechnungen bei lotrechter, mittiger Belastung“
Ausgabe: 1979-04

- [13] DIN 4019-2 „Baugrund – Setzungsberechnungen bei schräg und bei außermittig wirkender Belastung“; Ausgabe: 1981-02
- [14] DIN 4020 „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke“
Ausgabe: 2003-09
- [15] DIN 4030-1 „Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte; Ausgabe: 2008-06
- [16] DIN EN ISO 22 475-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung“; Ausgabe: 2007-01
- [17] DIN EN ISO 22 476-2 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen“; Ausgabe: 2005-04
- [18] DIN EN ISO 14 688-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung“; Ausgabe: 2003-01
- [19] DIN EN ISO 14 688-2 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen“; Ausgabe: 2003-01
- [20] DIN EN ISO 14 689-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung“; Ausgabe: 2004-04
- [21] DIN 4023 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen“
Ausgabe: 2006-02
- [22] DIN 50 929 „Korrosionswahrscheinlichkeit metallischer Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung – Teil 3“; Ausgabe: 1985-09
- [23] DIN 4084 „Baugrund – Geländebruchberechnungen“; Ausgabe: 2009-01
- [24] DIN 4085 „Baugrund – Berechnung des Erddrucks“; Ausgabe: 2007-10
- [25] DIN 18 123 „Baugrund – Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung“; Ausgabe: 1996-11
- [26] DIN 18 196 „Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke“
Ausgabe: 2006-06
- [27] DIN 18 300 „VOB Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten“; Ausgabe: 2006-10
- [28] DIN 18 319 „ATV Rohrvortriebsarbeiten“; Ausgabe: 2000-12
- [29] Empfehlungen für den Bau und die Sicherung von Böschungen, DGEG 1962
- [30] Grundbau-Taschenbuch, Vierte Auflage, Verlag Ernst & Sohn 1992.

- [31] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTVE-StB 09; Ausgabe 2009
- [32] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RstO 12 Ausgabe 2012
- [33] Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege ZTV-LW 199, Fassung 2001, mit Änderungen 2007
- [34] Richtlinien für die Anlage von Straßen RAS, Teil: Entwässerung RAS-Ew Ausgabe 2005
- [35] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau ZTV SoB-StB, Ausg. 2004, Fassung 2007
- [36] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen ZTVA-StB 12, Fassung 2012
- [37] Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ EAB, Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V., Verlag Ernst & Sohn, 1988
- [38] DIN 18 134 „Baugrund – Versuche und Versuchsgeräte – Plattendruckversuch“ Ausgabe: 2001-09
- [39] Arbeitsblatt DWA – A 138 „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser“; Ausgabe: 2005
- [40] DIN 4124 „Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“ Ausgabe: 2002-10
- [41] Empfehlungen für Radverkehrsanlagen ERA; Ausgabe 1995
- [42] Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA), 5. Auflage Stand: 06.11.2003, Erich-Schmidt-Verlag

13. ANLAGENVERZEICHNIS

| ANLAGE | BEZEICHNUNG | MAßSTAB |
|--------|------------------------------|---------|
| 1 | Lageplan der Bohrungen | ohne |
| 1.1 | Grundrissgestaltung, Konzept | ohne |
| 2 | Geologische Schnitte | 1 : 100 |
| 3 | Kornverteilungskurven | - |