

# Auswertungsbericht geotechnischer Unterlagen und Sondiererkundungen zur Tragfähigkeit des Baugrundes

## BAUVORHABEN:

Erschließung B-Plan Nr. 77  
Altstadt Nord Teil A - Stahlhof  
18273 Güstrow

## HSW-PROJEKTNUMMER:

2016/21/521-1

## AUFTRAGGEBER:

Barlachstadt Güstrow  
Stadtentwicklungsamt  
Markt 1  
18273 Güstrow

## AUFTRAGNEHMER:

**HSW**  
Ingenieurbüro  
Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH

Gerhart-Hauptmann-Straße 19 D-18055 Rostock  
Telefon: +49 (0) 381. 252 898 10  
Fax: +49 (0) 381. 252 898 20  
E-Mail: [info@hsw-rostock.de](mailto:info@hsw-rostock.de)  
[www.hsw-rostock.de](http://www.hsw-rostock.de)

## BEARBEITER:

M.Sc. Julius Pätzold  
Dipl.-Ing. Martin Uebigau

## ERSTELLT:

Rostock, 05.05.2017

## Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis .....	3
1. Veranlassung.....	6
2. Untersuchungsprogramm .....	7
2.1 Umfang der Baugrunderkundungen der vorangegangenen Untersuchungen.....	<b>Fehler!</b>
<b>Textmarke nicht definiert.</b>	
2.2 Untersuchungen der Erkundung 2016/2017 .....	8
3. Geografische Lage und Topographie .....	9
4. Geologische Einordnung des Standortes – Baugrundsichtung.....	10
5. Hydrologische / Hydrogeologische Kennzeichnung des Standortes.....	14
5.1 Wasserschutzzone .....	14
5.2 Wasserspiegelschwankungen.....	14
5.3 Stahl- und Betonaggressivität .....	16
6. Bodenphysikalischen Untersuchungen .....	16
6.1 Siebanalyse .....	16
6.2 Wassergehalt.....	17
6.3 Glühverlust.....	19
6.3.1 Aufschüttung.....	19
6.3.2 Sande.....	20
6.3.3 Torf .....	21
7.4 Drucksondierung .....	22
7. Geotechnische Klassifizierung der Baugrundsichten .....	24
7.1 Lösbarkeit (DIN 18300:2010-04).....	24
7.2 Feuchtigkeits- und Frostempfindlichkeit.....	24
7.3 Zusammenstellung der Geotechnischen Klassifizierung .....	24
8. Charakteristische Bodenkennwerte .....	25
9. Einteilung des Baugrundes in Homogenbereiche.....	25
10. Bestandsbauwerke im Baufeld .....	27
11. Gründungs- und Ausführungsempfehlungen.....	28
11.1 Planungsvorhaben und Vorüberlegungen.....	28
11.2 Bewertung des Baugrundes - Gründungsmöglichkeiten .....	30
11.2.1 Tiefgründung .....	31
11.2.2 Bodenaustausch und Flachgründungen.....	33
11.3 Baugrube und Wasserhaltung.....	34

11.4	Verwertung von Bodenaushub .....	35
11.5	Abdichtung der Bauwerke .....	36
11.6	Versickerung von Niederschlagswasser .....	36
11.7	Verkehrsflächen – Belastungsklasse, Gründungsbedingung, Ausbauvorschlag .....	37
11.8	Leitungsverlegung .....	38
12.	Zusammenfassung .....	39

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Koordinaten im Baufeld .....	8
Tabelle 2: Baugrundsichtung des Standortes .....	10
Tabelle 3: Wasserspiegelschwankungen .....	13
Tabelle 4: Ergebnisse der Korngrößenanalysen .....	16
Tabelle 5: Natürliche Wassergehalte des Torfes im Erschließungsgebiet .....	17
Tabelle 6: Natürliche Wassergehalte der Beckensande im Erschließungsgebiet .....	17
Tabelle 7: Natürliche Wassergehalte der Aufschüttung im Erschließungsgebiet .....	18
Tabelle 8: Ergebnisse der Glühversuche an den Aufschüttungen im Erschließungsgebiet .....	19
Tabelle 9: Ergebnisse der Glühversuche an den Sandne im Erschließungsgebiet .....	20
Tabelle 10: Ergebnisse der Glühversuche an den Torfen im Erschließungsgebiet .....	20
Tabelle 11: Bautechnische Klassifizierung der Baugrundsichten .....	23
Tabelle 12: charakteristische Bodenkennwerte .....	24
Tabelle 13: Klassifikation der Homogenbereiche .....	24
Tabelle 14: Einteilung des Baugrundes in Homogenbereiche .....	25
Tabelle 15: charakteristische Bodenkennwerte für Teil- und Vollverdrängungspfähle .....	31
Tabelle 16: charakteristische Bodenkennwerte für Rammpfähle .....	31
Tabelle 17: Standort RKS 8, Streifenfundamente, Breite $\approx 0,5$ m auf Bettung $D_{Pr} \geq 98\%$ .....	34
Tabelle 18: Vorschlag zum Straßenaufbau in bituminöser Bauweise für Bk 1,0 nach RSTO 12, Tafel 1, Zeile 5 .....	37
Tabelle 19: Vorschlag zur Pflasterbauweise Bauweise für Rad- und Gehwege nach RSTO 12, Tafel 6, Zeile 1 .....	38

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einteilung des Baufeldes in drei Teilbereiche.....	11
Abbildung 2: Lageplan der Drucksondierungen (DS1-4) im Erschließungsgebiet.....	21
Abbildung 3: Lageskizze der Stützmauer.....	26
Abbildung 4: Gebäude der ehemaligen Kleiderwerke. Abbruch 2015.....	27

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Übersichtsplan Bodenuntersuchung und Abbrüche	
Anlage 2: Lageskizze der vorgeschlagenen ergänzenden Sondierungen	
Anlage 3: Bohrprofile RKS 1/17- 17/17	
Anlage 4: Schichtverzeichnisse RKS 1/17 – 17/17	
Anlage 5: Drucksondierungen	
Anlage 6: Profilschnitte durch das Erschließungsgebiet	
Anlage 7: Sieblinien	
Anlage 8: Laborprotokoll Wassergehalt	
Anlage 9: Laborprotokoll Glühverlust	
Anlage 10: geotechnische Baugrundkarten	
Anlage 11: Bemessungswerte Pfahlgründungsvarianten	
Anlage 12: Bohrprofile und Schichtverzeichnisse [U8]	
Anlage 13: Bohrprofile [U9]	
Anlage 14: Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse, Bodenphysikalische Untersuchungen [U13]	

## Unterlagen

- [U1] TK 10, Blatt 73-C-b-1, 2014
- [U2] Geologische Oberflächenkarte (Manuskriptkarte) GeoOK25, M 1 : 25.000
- [U3] Oberflächenkarte Quartär (OKQ200), M 1 : 200.000, Blatt 12/13 LUNG MV 1995
- [U4] Hydrogeologische Karte der DDR, M 1 : 50.000 (HK 50)
- [U5] Luftbildorthophoto DOP 40, gdi MV, Stand: 2014
- [U6] Kartenportal Umwelt Mecklenburg Vorpommern, LUNG Güstrow, Stand 11/2016
- [U7] Geotechnischer Bericht 2016-21-521, H.S.W. Ingenieurbüro Gesellschaft für Energie und Umwelt mbH, 18.11.2016
- [U8] Bericht über die Untergrunduntersuchungen auf dem Gelände des Projektes Stahlhof, TÜV Nord e.V., Hamburg, 1995
- [U9] Gutachten über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse, ibs Ingenieurbüro Schwerin für Landeskultur, Umweltschutz und Wasserwirtschaft GmbH, 1998
- [U10] Entnahme, Untersuchung und Bewertung einer Boden- und Bauschuttprobe im Rahmen der Entwicklungsmaßnahme „Güstrow Stahlhof“ Objekt 9 Eisenbahnstraße 14-16, TÜV Nord Umweltschutz Rostock GmbH & Co. KG, 08.05.2003
- [U11] Vorentwurf B-Plan Nr. 77 Altstadt Nord Teil A Stahlhof, 1:1000, wagner-Planungsgesellschaft, 19.02.2016
- [U12] Statisches Gutachten Stützwand, Baustatik Brenncke, 18.03.2016
- [U13] Baugrundgutachten Stützwand, Schüler GmbH & Co. KG, 09.03.2016
- [U14] Wetterdaten Wetterstation Laage, [www.wetteronline.de](http://www.wetteronline.de)
- [U15] Stellungnahme zum vorzeitigen Bebauungsplan Nr.13 Stahlhof der Stadt Güstrow, Staatliches Amt für Umwelt und Natur Rostock, 11.05.1999
- [U16] Dokumentation der Abbrucharbeiten ehemaliger Stahlhof, B.B.G. Bauplanungs- und Baubetreuungsbüro Güstrow, 2015
- [U17] Vorentwurf B-Plan Nr. 77 Altstadt Nord Teil A Stahlhof, 1:1000, wagner-Planungsgesellschaft, 19.02.2016

## 1. Veranlassung

Die Stadt Güstrow plant die Erschließung bzw. Umgestaltung des B-Plan Gebietes „Altstadt Nord Teil A - Stahlhof“ zu einem Wohn- und Dienstleistungsquartier. Der ehemalige Industriestandort wurde bis nach der Wende durch verschiedene Gewerbebetriebe nachgenutzt.

1992 wurde der Aufstellungsbeschluss für den Bebauungsplan BP 13 – Stahlhof zur Schaffung der planungsrechtlichen Voraussetzungen gefasst. Im Zuge des Planverfahrens wurden Untergrunduntersuchungen sowie Gutachten über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse angefertigt. Aufgrund problematischer Eigentumsverhältnisse wurde das Bebauungsplanverfahren 2002 gestoppt und erst 2014 wiederaufgenommen. Zwischenzeitlich erfolgte für den gesamten Stahlhofbereich bis auf die erhaltenswerte Bausubstanz eine Beräumung und Entsiegelung.

Da sich seit 2002 die städtebaulichen Rahmenbedingungen und Nutzungsanforderungen geändert hatten, sollte der ursprüngliche Bebauungsplanentwurf nicht weiterverfolgt werden. Stattdessen wurde der Beschluss zur Durchführung einer Mehrfachbeauftragung zur Fortsetzung der Planung auf dem Stahlhofgelände gefasst.

Geplant ist der Bau von Ein- und Mehrfamilienhäusern, sowie von Geschäfts- und Gemeinschaftsgebäuden. Eine Straßenanbindung an die Eisenbahnstraße soll die Zufahrt zu den mittig im Areal befindlichen Grundstücken ermöglichen.

Als Grundlage für die Tragwerksplanung und möglicher Erdbauarbeiten sind Informationen über die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse am Standort erforderlich. Die H.S.W. GmbH wurde am 28.09.2016 mit der Sichtung der Bestandunterlagen sowie vorausgegangener Untergrunduntersuchungen und der Erstellung einer Geotechnischen Vorstudie zur Tragfähigkeit des Bodens sowie einer Gefährdungsabschätzung auf Grundlage der vorhandenen Daten beauftragt. Es sollte damals eine Analyse zur Tragfähigkeit des Bodens im Ist-Zustand für die geplante Nutzung gemäß B-Plan Nr.77 durchgeführt werden. Weiterhin sollten Aussagen zum Umgang mit den heterogenen Bodenverhältnissen und dem geringen Grundwasserflurabstand getroffen werden.

Im Zuge dieser Vorstudie wurde festgestellt, dass keine abschließende Bewertung zur Tragfähigkeit des Baugrundes ausgesprochen werden kann und weiterer Untersuchungsbedarf notwendig wurde. Es wurden zwischen dem 08.03.2017 bis 14.03.2017 ergänzende Baugrunduntersuchungen durch die H.S.W. GmbH durchgeführt.

Gegenstand des vorliegenden Berichtes ist die Zusammenfassung der vorangegangenen Erkundungen, die Auswertung der ergänzenden Baugrunduntersuchungen, die Darstellung

der Baugrundschiehtung und der Grundwasserverhältnisse sowie eine orientierende Gründungsempfehlung für die geplante Bebauung.

## 2. Untersuchungsprogramm

### 2.1 Umfang der Baugrunderkundungen der vorangegangenen Untersuchungen

Im Rahmen des 1995 vom TÜV Nord angefertigten Berichtes [U8] über die Untergrunduntersuchungen auf dem Gelände wurden 12 Rammkernsondierungen bis in eine maximale Tiefe von 8,0 m unter GOK abgeteuft. Insgesamt wurden 28 Bodenproben entnommen. Zudem erfolgte der Ausbau zweier RKS mit Rammfiltern zur Entnahme des Grundwassers.

Zur Untersuchung der entnommenen Proben wurde eine gestaffelte Untersuchungsstrategie gewählt. In Abhängigkeit vom Standort der Probenahme, der organoleptischen Ansprache und nach Auswertung organischer Summenparameter wurde eine Analyse entsprechend vier unterschiedlicher Untersuchungspakete durchgeführt.

Bestandsuntersuchung	[U8]
Aufschlüsse:	12 Rammkernsondierungen (RKS 1-12)
Aufschlussteufe:	max. 8,0 m unter Geländeoberkante
Entnahme von Bodenproben:	insg. 28 gestörte Proben, 2-4 je Bohrung, mind. eine Probe aus der Schlacke und den Sanden der Auffüllung
Entnahme von Wasserproben:	RKS 1 – mittels einer 2"-Unterwasserpumpe RKS 7 – mittels Schöpfgerät Brunnen im tieferen Grundwasserleiter (28 m unter GOK) auf dem Gelände der Fa. Winkelhausen – mittels einer 2"-Unterwasserpumpe
Probenuntersuchungen:	entsprechend Untersuchungspaket A, B, C, D

Im Rahmen des 2016 vom Büro Baustatik Brenncke beauftragten und von der Schüler GmbH & Co. KG angefertigten Gutachtens [U13] über die Baugrund- und Gründungsverhältnisse auf dem östlichen Gelände im Bereich der Stützwand, wurden 5 Rammkernsondierungen bis in eine Tiefe von max. 8,0 m unter GOK abgeteuft sowie eine schwere Rammsondierung. Es wurden fünf Bodenproben zur Bestimmung bodenphysikalischer Parameter entnommen.

Bestandsuntersuchung	[U13]
----------------------	-------

Aufschlüsse:	5 Rammkernsondierungen (BS 1-4) 1 schwere Rammsondierung DPH
Aufschlussteufe:	bis max. 8,0 m unter Geländeoberkante
Entnahme von Bodenproben:	4 gestörte Torfproben (0,0 – 4,7 m unter GOK) 1 gestörte Sandprobe (4,0 – 5,0 m unter GOK)
Entnahme von Wasserproben:	-
Probenuntersuchungen:	Wassergehalt nach DIN 18121-2 Glühverlust nach DIN 18128 Körnungsanalyse nach DIN 18123

## 2.2 Untersuchungen der Erkundung 2016/2017

Aufschlüsse:	17 Rammkernsondierungen (RKS)
Aufschlussteufe:	max. 8,2 m unter Geländeoberkante
Beschreibung der angetroffenen Bodenarten:	nach DIN 4022 / DIN EN ISO 14688
Entnahme von Bodenproben:	gestörte Proben
Feststellung des Grundwasserspiegels:	durch Peilen mit Kabellichtlot in den offenen Bohrlöchern
Lagefeststellung der Bohransatzpunkte:	mittels Orthogonal- und Einbindeverfahren bzgl. lokaler Festpunkte
Höhenbezug:	durch geometrisches Nivellement bezogen auf GOK Schacht auf der Straße vor der Einfahrt (siehe Anlage 2). Dessen Höhe wurde übertragen aus dem Lageplan und wurde dort mit 7,75 m HN abgeschätzt. Beim Vorliegen genauerer Höhenangaben ist ggf. eine Korrektur vorzunehmen.
Probenuntersuchungen:	Sieb- und Schlämmanalyse nach DIN 18123 Ermittlung des Wassergehaltes nach DIN 18121 Glühverlust nach DIN 18128

### 3. Geografische Lage und Topographie

Der Baustandort befindet sich zentral gelegen in der Stadt Güstrow im Landkreis Rostock. Im Norden grenzt die Nebel an das Erschließungsgebiet, im Osten der Stadtgraben, im Süden die Grabenstraße und im Westen die Eisenbahnstraße. Nach Süden und Westen schließen Wohngebiete an, im Osten der Rosengarten. Etwas nördlich befindet sich der Bahnhof und auf dem gegenüberliegenden Ufer der Nebel verlaufen der Paradiesweg sowie die Bahngleise.

Gegenwärtig befindet sich auf dem Gelände, an der Eisenbahnstraße gelegen, ein Kino, ein Parkplatz, das ehemalige Reichsbahngebäude, sowie im Kreuzungsbereich zur Grabenstraße zwei Wohnbauten und ein Parkplatz. Die Gebäude sollen bestehen bleiben. Im Osten befindet sich eine Stützmauer, welche das Gelände zum Stadtgraben abgrenzt.

Die Morphologie des Erschließungsgebietes ist relativ eben und weist geodätische Höhen zwischen etwa 7,1 m HN bis 8,0 m HN auf. Im Bereich der Einfahrt zum Gelände, nördlich des Kinos, betragen die Höhen lokal bis zu 8,5 m HN. Am Ufer des Stadtgrabens fällt die Höhe bis auf 5,0 m HN ab. Im nördlichen Erschließungsgebiet fällt die Höhe am Ufer Nebel bis auf 4,6 m HN ab.

**Tabelle 1: Koordinaten im Baufeld**

Bezugssystem	RD 83 (Ellipsoid Bessel)	
Mittelpunkt Baufeld	4511522	5962982
RKS 1	4511499	5962901
RKS 2	4511579	5963048
RKS 3	4511522	5962945
RKS 4	4511535	5962919
RKS 5	4511573	5962933
RKS 6	4511624	5962937
RKS 7	4511594	5962990
RKS 8	4511525	5963018
RKS 9	4511481	5963024
RKS 10	4511476	5962998
RKS 11	4511552	5962924
RKS 12	4511542	5962990
RKS 13	4511596	5962944
RKS 14	4511581	5963002
RKS 15	4511501	5962964
RKS 16	4511493	5962928
RKS 17	4511518	5962968

#### 4. Geologische Einordnung des Standortes – Baugrundschichtung

Der Standort befindet sich im Bereich der Eisrandlage des W3–Stadiums der Weichselkaltzeit (Mecklenburger Stadium). Geschiebeablagerungen des W3-Stadiums stehen im nördlichen Stadtgebiet an. Nach Osten, Süden und Westen stehen Geschiebeablagerungen des W2-Stadiums (Pommersche Stadium) an.

Der Untersuchungsbereich liegt in der Landschaft des „Flach- und Hügellandes zwischen Warnow und Recknitz“. Das Umfeld von Güstrow befindet sich in einem Tal, welches vermutlich als Gletscherzungenbecken gebildet worden ist und nach Rückzug des W2 Gletschers durch einen Schmelzwassersee überflutet war. Daher überlagern glazilimnische Ablagerungen die Geschiebformationen im Stadtgebiet.

Typisch für den Standort sind periglaziäre Talsande und Beckensedimente des Weichselglazials. Im Bereich der Flussläufe sind Niedermoortorfe vorkommend. Zum Liegenden stehen der Geschiebemergel und feinkörnige Schmelzwassersande der Saale-

Kaltzeit an. Der Geschiebelehm zeigt teilweise eine sandige Lithofazies. Durch die Siedlungstätigkeit des Menschen wurden Veränderungen der oberflächennahen Bodenschichten vorgenommen, was im Regelfall mit der Ablagerung von anthropogenen Aufschüttungen verbunden ist.

Die nach der Eiszeit einsetzende Bodenbildung führte zur Entstehung humoser Horizonte und in Gebieten mit guter Entwässerung zu kalkfreien Bereichen im Oberboden. Holozäne Ablagerungen, bestehend aus organischen Sanden, Torf, Mudden und anthropogen Aufschüttungen, sind am Untersuchungsstandort oberflächennah mit Mächtigkeiten zwischen 2,0 bis zu 6,0 m erkundet worden. Der pleistozäne Untergrund wird durch Beckenablagerungen, bestehend aus Feinsanden und Mittelsanden, über der darunter anstehenden Geschiebeformation geprägt. Die Geschiebeformation wurde nicht erbohrt.

Zusammenfassend kann aus den vorliegenden Aufschlüssen für den Standort die folgende Baugrundsichtung abgeleitet werden:

Tabelle 2: Baugrundsichtung des Standortes.

Nr.	Schicht (Beschreibung)	Lagerung bzw. Konsistenz	Liegendgrenze [m u. GOK] <sup>1</sup>			
			Nord- westliches Baufeld	Süd- westliches Baufeld	östliches Baufeld	Uferbereich Stadtgraben
			[U8] RKS 1+4+5+6; [U9] S1; RKS 8/17, 9/17, 10/17	[U8] RKS 8+10; [U9] S4; RKS 1/17, 15/17, 16/17	[U8] RKS2+3+7+9 +11+12; [U9] S2+S3; RKS 2/17, 3/17, 4/17, 5/17, 6/17, 7/17, 11/17, 12/17, 13/17, 14/17	[U13] BS 1-5
1	<b>Aufschüttung</b> Mittelsand, Feinsand, Reste von Schlacke, Bauschutt und Ziegeln, teils humos bis stark humos, teils schluffig bis stark schluffig)	locker bis mitteldicht, stellenweise dicht	1,5 bis 2,6	0,5 bis 1,8	1,2 bis 3,0	2,1 bis 3,1
2	<b>Humose Sande</b> (Feinsand-Mittelsand, humos) Nur in RKS 7 [U8], S1 und S3 [U9] und BS 4 [U13] sowie RKS 8/17+9/17+13/17 beschrieben	locker, stellenweise weich	3,1 bis 3,2	-	1,8 bis 2,8	3,0
3	<b>Torf, Mudde, Torf-Sand- Wechselagerung</b>	weich bis steif	3,4 bis 6,7	-	2,5 bis 5,0	2,2 bis 4,5
4	<b>Beckensande</b> (Feinsand, Mittelsand, teils schluffig bis stark schluffig, stellenweise Torfbänder, Grobsandlagen)	mitteldicht bis dicht	>8,0	>8,0	>8,0	>6,0

Die Aufschüttung enthält mineralische und nicht mineralische Bestandteile und ist in Mächtigkeit (0,5 – 3,1 m) und Zusammensetzung sehr variabel. Stellenweise wurde die Aufschüttung nicht durchteuft (RKS 5 und RKS 10 [U8]). Oberflächennah ist die sandige Aufschüttung humos bis stark humos und enthält im gesamten Baufeld Reste von Ziegeln.

<sup>1</sup> Die Tiefenangaben beziehen sich auf die maximale Liegendgrenze der Schicht im jeweiligen Teilbereich; es können Abweichungen zu einzelnen RKS auftreten.

Reste von Schlacken wurden im nördlichen Baufeldabschnitt zwischen der Eisenbahnstraße bis zum Stadtgraben festgestellt.

Humose Sande im Hangenden der Torf- und Muddelagen wurden nur im nördlichen Baufeldabschnitt und in der südöstlichen Ecke des Erschließungsgebietes festgestellt.

Die stark organischen Substrate Torf und Torfmudde sind fast im gesamten Baufeld anzutreffen, mit Ausnahme eines südwestlichen Baufeldabschnittes (siehe Abb. 1). Dort lagert die anthropogene Aufschüttung direkt auf den Beckensanden. Im übrigen Baufeld wurden Torfe bzw. Torf-Sand-Wechselagerungen zwischen 0,7 – 3,5 m Mächtigkeit festgestellt. Stellenweise sind geringmächtige Torfbänder den Beckensanden zwischengeschaltet.

Infolge von möglichen Unstetigkeiten innerhalb der Baugrundschiebung können lokale Abweichungen zum dargestellten Typusprofil auftreten (z.B. Querung von Leitungsgräben). Eine sichere Ausgrenzung des Schichtenverlaufes in der Fläche kann schlussendlich erst nach Aushub der Baugruben vorgenommen werden. Es wird deshalb eine Abnahme der Gründungssohlen / Baugrubensohlen durch einen Baugrundsachverständigen empfohlen.

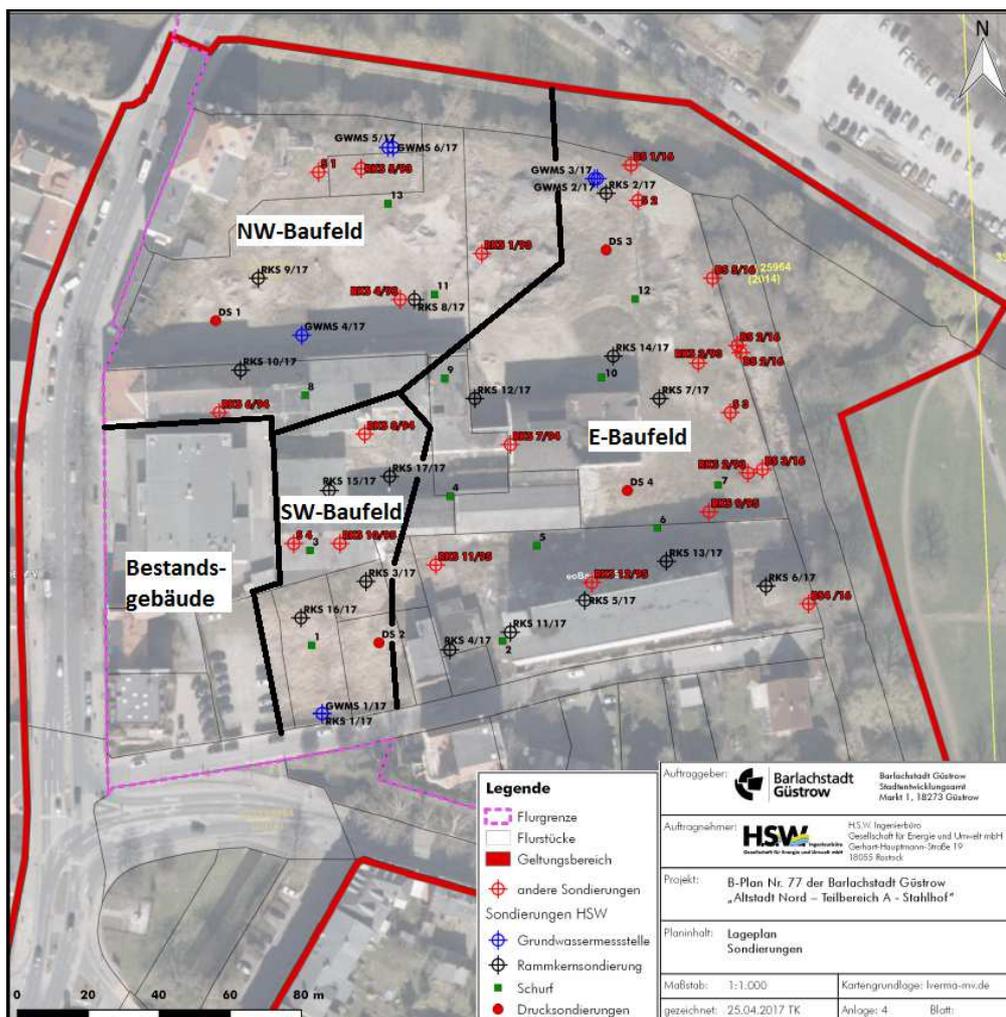


Abbildung 1: Einteilung des Baufeldes in drei Teilbereiche entsprechend der Beschaffenheit des Baugrundes.

## 5. Hydrologische / Hydrogeologische Kennzeichnung des Standortes

### 5.1 Wasserschutzzonen

Der Standort liegt gemäß Datenbestand des Landesamtes für Umwelt, Naturschutz und Geologie Mecklenburg-Vorpommern [U6] innerhalb der Schutzzone III (Oberflächengewässer) der Wasserfassung Warnow-Rostock.

### 5.2 Wasserspiegelschwankungen

Bei den Erkundungsbohrungen wurde das Grundwasser nach Bohrende im Zeitraum von November 1993 bis Juli 1998 etwa zwischen 1,8 m bis 2,5 m unter GOK gepeilt. Nur vereinzelt wurde im Baufeld Grundwasser mit geringeren Flurabständen festgestellt (RKS 9 und RKS 11 am 07.09.1995), welches als Schichtwasser im Hangenden der Torfe angesprochen und vermutlich durch aufstauenden Sickerwasser begründet werden kann. Entsprechend [U14] sind am 04.+05.09.1995 etwa 66 mm Niederschlag gefallen

Im März und April 2017 wurden im Erschließungsgebiet Grundwasserstände zwischen 0,15 m bis 2,70 m unter GOK gepeilt. Angebohrt wurde das Grundwasser/Schichtwasser an der Hangendgrenze der organischen Substrate (Torf, Mudde).

Aufgrund des Grundwasseranschnittes während der Bohrung und dem eingestellten Grundwasserstand nach Bohrende, sowie der festgestellten Schichtwasser-Vorkommen können die organischen Substrate als Grundwassergeringleiter angesprochen werden. Diese haben einen stauenden Einfluss. Die unterlagernden Beckensande führen demnach zumindest ufernah gespanntes Grundwasser. In Tabelle 3 sind die gemessenen Wasserstände und die zu erwartenden Wasserspiegelschwankungen des Baufeldes dargestellt.

**Tabelle 3: Wasserspiegelschwankungen**

Lastfall / Beschreibung	[m unter GOK]	Bemerkung	[m HN]
Gemessene GW – Spiegel [U8]			
RKS 1 (04.11.1993)	2,55	Nach Bohrende	-
RKS 2 (04.11.1993)	2,35	Nach Bohrende	-
RKS 3 (04.11.1993)	>1,7	Loch zugefallen	-
RKS 4 (04.11.1993)	>1,8	Loch zugefallen	-
RKS 5 (04.11.1993)	>2,2	Bohrung abgebr.	-
RKS 6 (17.02.1994)	2,3	Nach Bohrende	-
RKS 7 (17.02.1994)	2,4	Nach Bohrende	-
RKS 8 (17.02.1994)	2,5	Nach Bohrende	-
RKS 9 (07.09.1995)	0,2	GW angebohrt	-
RKS 10 (07.09.1995)	>1,7	Bohrung abgebr.	-
RKS 11 (07.09.1995)	0,9	GW angebohrt	-
RKS 12 (07.09.1995)	>1,6	Loch zugefallen	-
Gemessene GW – Spiegel [U9]			
S1 (27.07.1998)	2,5	Nach Bohrende	-
S2 (27.07.1998)	2,0	Nach Bohrende	-
S3 (27.07.1998)	1,8	Nach Bohrende	-
S4 (27.07.1998)	2,5	Nach Bohrende	-
Gemessene GW – Spiegel [U13]			
BS 1 (08.03.2016)	1,44	Nach Bohrende	-
BS 2 (08.03.2016)	0,46	Nach Bohrende	-
BS 3 (08.03.2016)	1,75	Nach Bohrende	-
BS 4 (08.03.2016)	2,20	Nach Bohrende	-
BS 5 (08.03.2016)	3,70	GW angebohrt	-
Gemessene GW – Spiegel 2017			
RKS 1 (08.03.2017)	2,20	Nach Bohrende	5,72
RKS 2 (08.03.2017)	2,35	Nach Bohrende	4,89
RKS 3 (08.03.2017)	1,60	GW angebohrt	6,11
RKS 4 (08.03.2017)	1,45	GW angebohrt	6,00
RKS 5 (10.03.2017)	0,15	Nach Bohrende	7,51
RKS 6 (10.03.2017)	1,80	Nach Bohrende	5,65
RKS 7 (10.03.2017)	1,70	Nach Bohrende	6,07
RKS 8 (10.03.2017)	2,70	GW angebohrt	5,10
RKS 9 (14.03.2017)	2,20	Nach Bohrende	5,57
RKS 10 (14.03.2017)	1,90	Nach Bohrende	6,21
RKS 11 (14.03.2017)	0,60	Nach Bohrende	7,11
RKS 12 (14.03.2017)	1,10	Nach Bohrende	6,66
RKS 13 (14.03.2017)	1,40	Nach Bohrende	6,12
RKS 14 (10.04.2017)	2,20	GW angebohrt	5,44
RKS 15 (11.04.2017)	>2,0	Bohrloch zugefallen	
RKS 16 (11.04.2017)	>2,0	Bohrloch zugefallen	
RKS 17 (11.04.2017)	>2,0	Bohrloch zugefallen	
zu erwartender Höchstgrundwasserstand „aufstauendes Sickerwasser“	in GOK ( $\approx 0,0$ )		$\approx 7,1$
Druckspiegel bedecktes Grundwasser	$\approx 1,5 \dots 2,5$		$\approx 5,5 \dots 6,5$
Grundwassertiefstand (Schätzwert)	>2,5		<5,5

Die gering wasserdurchlässigen organischen Schichten (Torfe, Mudden) stehen im Erschließungsgebiet zwischen 1,5 – 3,1 m unter GOK an und können bei langanhaltendem Niederschlag oder Starkregenereignissen den Aufstau von Sickerwasser bis zur Geländeoberkante bedingen. Der Grundwasserabstrom erfolgt entsprechend der Hydroisohypsen [U6] und der gemessenen Wasserstände in den installierten Grundwassermessstellen nach Norden zur Nebel. Der höchste gemessene Wasserstand der Nebel (Jahresreihe 1974-1993) beträgt 5,88 m HN [U15].

Ein Grundwassergleichenplan kann aus den vorliegenden Grundwasserstandmessungen nicht erstellt werden. Dafür ist der Datenbestand im betrachteten Untersuchungszeitraum zu gering und weist zu große zeitliche Lücken auf. Zudem ist die Ausbildung des Schichtwasserstandes im Hangenden der Torfe und Mudden beeinflusst durch die Inhomogenität der Aufschüttungssubstrate. Innerhalb der Aufschüttung schwankt der Gehalt an Fein- und Feinstkorn und damit auch die Wasserdurchlässigkeit. Weiterhin wurden zumindest stellenweise innerhalb der Aufschüttungen und der unterlagernden Sande Bänder von Torf und Mudde bzw. Wechsellagerung von Sanden und Torfen erbohrt, welche zur Ausbildung unterschiedlicher Schichtwasserstände führen können.

### **5.3 Stahl- und Betonaggressivität**

Probenahme und Analytik folgt

## **6. Bodenphysikalischen Untersuchungen**

### **6.1 Siebanalyse**

Von der anstehenden feinsandigen Beckenablagerung (BS 5/16) wurde 2016 eine Korngrößenanalyse mittels Nasssiebung nach DIN 18123 durchgeführt [U13]. Der Durchlässigkeitsbeiwert nach HAZEN wurde mit  $k_f = 1,2 \cdot 10^{-4}$  m/s ermittelt.

Von den anstehenden anthropogenen Aufschüttungen (RKS 2/17+8/17) sowie den Beckensanden (RKS 1/17+2/17+8/17) wurden 2017 Korngrößenanalysen mittels Nasssiebung nach DIN 18123 durchgeführt.

Die Ergebnisse der Korngrößenanalysen sind in der folgenden Tabelle 4 zusammengefasst, die Versuchsprotokolle sind Anlage 6 beigefügt.

Tabelle 4: Ergebnisse der Korngrößenanalysen

RKS	Bodenart	Teufe [m u. GOK]	Ton	Schluff	Sand			Kies	d <sub>60</sub> / d <sub>10</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	k <sub>f</sub> nach BEYER bzw. (HAZEN)
					fS	mS	gS					
					Cl	Si	fSa					
5/16	SE	4,0 – 5,0	0%	5%	58%	34%	3%	0%	0,18 / 0,07	2,6	1,0	(1,2·10 <sup>-4</sup> )
1/17	SE	1,0 – 6,0	<1%	2%	45%	35%	6%	1%	0,208/0,083	2,5	1,1	6,9·10 <sup>-5</sup>
2/17	[A]	2,0 – 2,9	<1%	7%	48%	22%	7%	16%	0,215/0,070	3,1	1,1	4,4·10 <sup>-5</sup>
2/17	SE	6,0 – 8,0	<1%	2%	58%	34%	4%	1%	0,196/0,085	2,3	1,1	7,3·10 <sup>-5</sup>
8/17	[A]	0,0 – 0,7	<1%	4%	30%	28%	20%	19%	0,480/0,089	5,4	0,8	6,4·10 <sup>-5</sup>
8/17	[A]	0,7 – 2,6	<1%	5%	55%	32%	6%	2%	0,199/0,079	2,5	1,2	6,4·10 <sup>-5</sup>
8/17	OH	2,6 – 3,2	<1%	3%	60%	33%	3%	1%	0,192/0,079	2,4	1,1	6,2·10 <sup>-5</sup>
8/17	SE	4,0 – 6,0	<1%	1%	61%	34%	3%	1%	0,201/0,089	2,2	1,1	8,1·10 <sup>-5</sup>

Der untersuchte Sand weist einen Feinkornanteil von etwa 1-5% und einen Sandanteil von etwa 96-98% auf. Es dominieren die feinsandigen (45-61%) und mittelsandigen (33-35%) Korngrößen. Das Material ist als enggestufter Sand anzusprechen. Die Durchlässigkeit der feinsandigen Beckenablagerungen wird nach BEYER ermittelt und ist mit etwa 6...8·10<sup>-5</sup> m/s als moderat durchlässig zu bezeichnen.

Die untersuchten Aufschüttungssubstrate weisen einen Feinkornanteil von etwa 4-7% und einen Sandanteil von etwa 77-93% auf. Es dominieren die feinsandigen (30-55%) und mittelsandigen (22-32%) Korngrößen. Stellenweise sind die Grobsand- und Kiesfraktionen mit Anteilen von etwa 16-20% vertreten. Das Material weist, abhängig vom Fremdbestandanteil, enggestufte (RKS 8/17) sowie weitgestufte (RKS 2/17+8/17) Körnungslinien auf. Im Falle der RKS 2/17 bestehen die grobsandigen und kiesigen Anteile der Körnung hauptsächlich aus Resten von Ziegel und Glas. Die Durchlässigkeit der anthropogenen Aufschüttungssubstrate wird nach BEYER ermittelt und ist mit 4...6·10<sup>-5</sup> m/s als moderat durchlässig zu bezeichnen.

## 6.2 Wassergehalt

Die am 08.03.2016 entnommenen Torf-Proben aus dem östlichen Bau Feld im Uferbereich des Stadtgrabens zeigen einen natürlichen Wassergehalt von 172–198% [U13]. Solche hohen Werte sind für Torfe nicht ungewöhnlich. Die im März 2017 entnommenen Torfproben zeigen Wassergehalte von ca. 80–346%. Die Tabelle 5 gibt einen Überblick der gemessenen Wassergehalte der Torfe im Erschließungsgebiet.

**Tabelle 5: Natürliche Wassergehalte des Torfes im Erschließungsgebiet. Probenahmedatum 08.03.2016 (BS 1-5), 08.03.2017 (RKS 2+3) und 14.03.2017 (RKS 12).**

BS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Wassergehalt	RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Wassergehalt
1/16	3,0 – 4,5	HZ	198,2%	2/17	2,9 – 3,4	HZ	79,8%
2/16	0,0 – 1,0	HZ	172,0%	2/17	3,4 – 4,5	HZ	170,9%
3/16	2,1 – 3,2	HZ	172,5%	3/17	3,0 – 3,7	HZ	346,8%
5/16	2,3 – 3,7	HZ	176,8%	12/17	2,5 – 4,0	HZ	159,7%

Der natürliche Wassergehalt der Muddeschicht wurde am Standort der RKS 3 mit 160% bestimmt. Die humosen Sande zeigen Wassergehalte zwischen etwa 23–52%. Für die unterlagernden Beckensande der gesättigten Bodenzone wurden Wassergehalte zwischen 13–25% bestimmt. Die Tabelle 6 gibt einen Überblick der gemessenen Wassergehalte der Sande und der Mudde im Erschließungsgebiet.

**Tabelle 6: Natürliche Wassergehalte der Beckensande und Mudde im Erschließungsgebiet. Probenahmedatum 08.03.2017 (RKS 1+2+3), 10.03.2017 (RKS 5+6+7+8) und 14.03.2017 (RKS 10+12)**

RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Wassergehalt	RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Wassergehalt
1/17	1,0 – 6,0	SE	17,7%	6/17	2,5 – 4,0	SE	24,5%
2/17	4,5 – 5,0	OH	52,3%	8/17	2,6 – 3,2	OH	23,3%
2/17	6,0 – 8,0	SE	20,1%	8/17	4,0 – 6,0	SE	18,0%
3/17	3,7 – 4,3	OU	160,0%	10/17	3,1 – 4,2	SE	20,6%
3/17	4,3 – 4,6	OH	33,5%	12/17	4,7 – 5,5	SE	13,3%

Innerhalb der Aufschüttungen der ungesättigten Bodenzone wurden Wassergehalte zwischen ca. 9–31% gemessen (siehe Tabelle 7). Die unterschiedlichen Wassergehalte resultieren aus der Inhomogenität der Aufschüttungssubstrate und dem damit einhergehenden unterschiedlich starken Wasserbindevermögen. Anlage 8 enthält die Laborprotokolle der Bestimmung der Wassergehalte im Baufeld.

**Tabelle 7: Natürliche Wassergehalte der Aufschüttungen im Erschließungsgebiet. Probenahmedatum 08.03.2017 (RKS2+4) und 10.03.2017 (RKS 5+6+7+8)**

RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Wassergehalt	RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Wassergehalt
2/17	2,0 – 2,9	[A]	30,6%	7/17	0,0 – 0,8	[A]	15,1%
4/17	0,0 – 0,6	[A]	12,3%	8/17	0,0 – 0,7	[A]	9,0%
5/17	0,0 – 1,2	[A]	23,9%	8/17	0,7 – 2,6	[A]	11,9%
6/17	0,0 – 1,0	[A]	17,0%				

### 6.3 Glühverlust

Der Glühverlust gibt den Anteil an organischer Substanz einer Bodenprobe an. Anlage 9 enthält die Versuchsprotokolle zur Bestimmung des Glühverlustes der unterschiedlichen Substrate.

#### 6.3.1 Aufschüttung

Entsprechend [U8] schwankt der Organik-Anteil innerhalb der Aufschüttung zwischen 0,6 – 14,0%. Im östlichen Baufeld wurden die höchsten Werte (4,2 – 14,0%) verzeichnet und das Aufschüttungsmaterial ist demnach als stark bis sehr stark organisch anzusprechen. Im westlichen Baufeld ist die Aufschüttung mit Werten von 0,6 – 3,3% als schwach bis mäßig organisch anzusprechen.

Ergänzend wurden drei Glühverluste der Aufschüttung aus dem südlichen Erschließungsgebiet durchgeführt. Es wurden Organik-Gehalte von 0,8% (RKS 4/17), 3,0% (RKS 5/17) und 3,4% (RKS 6/17) festgestellt. Demnach ist die Aufschüttung des südlichen Baufeldes als schwach (Standort RKS 4/17) bis mäßig (RKS 5/17+6/17) organisch anzusprechen.

Generell ist eine Zunahme des Organik-Gehaltes innerhalb der Aufschüttung von West nach Ost festzustellen.

Tabelle 8 enthält eine Zusammenstellung der vorliegenden und ermittelten Glühverluste für die Aufschüttungssubstrate

Tabelle 8: Ergebnisse der Glühversuche an den Aufschüttungen im Erschließungsgebiet.

RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Glühverlust [%]	RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Glühverlust [%]
1/93	0,2 – 0,8	[A]	9,0	7/94	0,4 – 0,6	[A]	2,7
1/93	1,5 – 2,0	[A]	2,2	8/94	0,2 – 0,4	[A]	2,7
2/93	0,2 – 0,65	[A]	3,8	9/95	0,7 – 1,0	[A]	4,2
2/93	1,5 – 2,1	[A]	8,2	9/95	1,5 – 1,7	[A]	3,4
3/93	0,5 – 0,8	[A]	7,8	10/95	0,7 – 0,9	[A]	2,3
3/93	1,4 – 2,0	[A]	3,3	11/95	0,5 – 0,8	[A]	1,2
4/93	0,2 – 0,8	[A]	14,0	11/95	1,6 – 2,0	[A]	3,3
4/93	2,1 – 2,6	[A]	4,3	12/95	1,6 – 2,0	[A]	5,8
5/93	0,3 – 0,85	[A]	1,0	4/17	0,0 – 0,6	[A]	0,8
5/93	1,6 – 2,2	[A]	0,6	5/17	0,0 – 1,2	[A]	3,0
6/94	0,5 – 0,7	[A]	1,8	6/17	0,0 – 1,0	[A]	3,4

### 6.3.2 Sande

Die untersuchten Sande enthalten überwiegend zwischen 0,3 – 1,3% Organik [U8]. Mittig im Baufeld, am Standort der RKS 1/93 und 7/94, weist der stark schluffige Feinsand im Hangenden des Torfes allerdings Höchstwerte von 2,2 – 2,7% auf [U8].

Ergänzend zu den vorliegenden Untersuchungen, wurden die Sande im Liegenden der Torf- und Muddeschichten auf ihren Organik-Anteil untersucht. Der Gehalt organischer Materie beeinflusst die Setzungsempfindlichkeit und die Tragfähigkeit des Baugrundes. Dementsprechend ist dieser ein wichtiger Faktor für die Wahl der Gründungsvarianten. Humose Sande, welche organoleptisch schon als solche zu identifizieren sind, wurden in den Sondierbohrungen RKS 2/17 (5,4%) und 3/17 (2,6%) angetroffen. An den Standorten der RKS 6/17 (1,2%), RKS 10/17 (0,2%) sowie RKS 12/10 (0,4%) sind die unterlagernden Sande organoleptisch unauffällig und als schwach organisch zu bezeichnen. Tabelle 9 enthält eine Zusammenstellung der vorliegenden und ermittelten Glühverluste für die Sande.

Tabelle 9: Ergebnisse der Glühversuche den Sanden im Erschließungsgebiet.

RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Glühverlust [%]	RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Glühverlust [%]
1/93	6,0 – 7,4	SU*	0,3	2/17	4,5 – 5,0	OH	5,4
2/93	3,6 – 4,4	SU*	1,3	3/17	4,3 – 4,6	OH	2,6
6/94	2,2 – 2,4	SE	0,4	6/17	2,5 – 4,0	SE	1,2
7/94	1,9 – 2,1	OH	2,7	10/17	3,1 – 4,2	SE	0,2
7/94	5,0 – 6,0	SE	0,7	12/17	4,7 – 5,5	SE	0,4
8/94	2,0 – 2,5	SE	0,5				

### 6.3.3 Torf

Die untersuchten Torfe zeigen innerhalb des Baufeldes stark schwankende Organik-Gehalte. Entsprechend [U8] 5,9% im westlichen Baufeld am Standort der RKS 6/94, im nördlichen Baufeld (RKS 1/93) 21,1% und mittig im Baufeld (RKS 7/94) der Höchstwert mit 65,6%. Im östlichen Baufeld, nahe des Stadtgrabens (BS 1/16 – 3/16) wurden Organik-Gehalte zwischen 29,0 – 33,0 % nachgewiesen [U13].

Ergänzend zu den vorliegenden Untersuchungen wurden an den Standorten 2/17 (11,4 – 14,9%), 3/17 (20,9 – 54,8%) und 12/17 (34,2%) Glühversuche an den Torfen und der Mudde durchgeführt. Generell ist eine Abnahme des Organik-Gehaltes der Torfe von Süd nach Nord feststellbar.

Liegt der Humus- bzw. Organik-Gehalt <30% wird nicht von Torf, sondern von anmoorigen Substraten oder Mudden gesprochen.

Tabelle 10 enthält eine Zusammenstellung der vorliegenden und ermittelten Glühverluste für die Torfe und eine Muddeprobe.

Tabelle 10: Ergebnisse der Glühversuche an den Torfen im Erschließungsgebiet.

RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Glühverlust [%]	RKS	Teufe [m u. GOK]	Bodenart	Glühverlust [%]
1/93	2,3 – 2,75	OU/OH	21,1	2/17	2,9 – 3,4	OU/OH	11,4
6/94	3,1 – 3,2	OU/OH	5,9	2/17	3,4 – 4,5	OU/OH	14,9
7/94	4,0 – 4,7	HZ	65,6	3/17	3,0 – 3,7	HZ	54,8
1/16	3,0 – 4,5	HZ	32,9	3/17	3,7 – 4,3	OU	20,9
2/16	0,0 – 1,0	(HZ) OU/OH	29,0	12/17	2,5 – 4,0	HZ	34,2
3/16	2,1 – 3,2	HZ	33,0				

## 6.4 Drucksondierung

Die Standortverhältnisse erfordern für größere Gebäude größtenteils die Ausführung einer Tiefgründung. Deshalb wurden zur orientierenden Untersuchung der Baugrundfestigkeit innerhalb des Erschließungsgebietes vier Drucksondierungen durchgeführt. Abbildung 2 zeigt die Standorte.

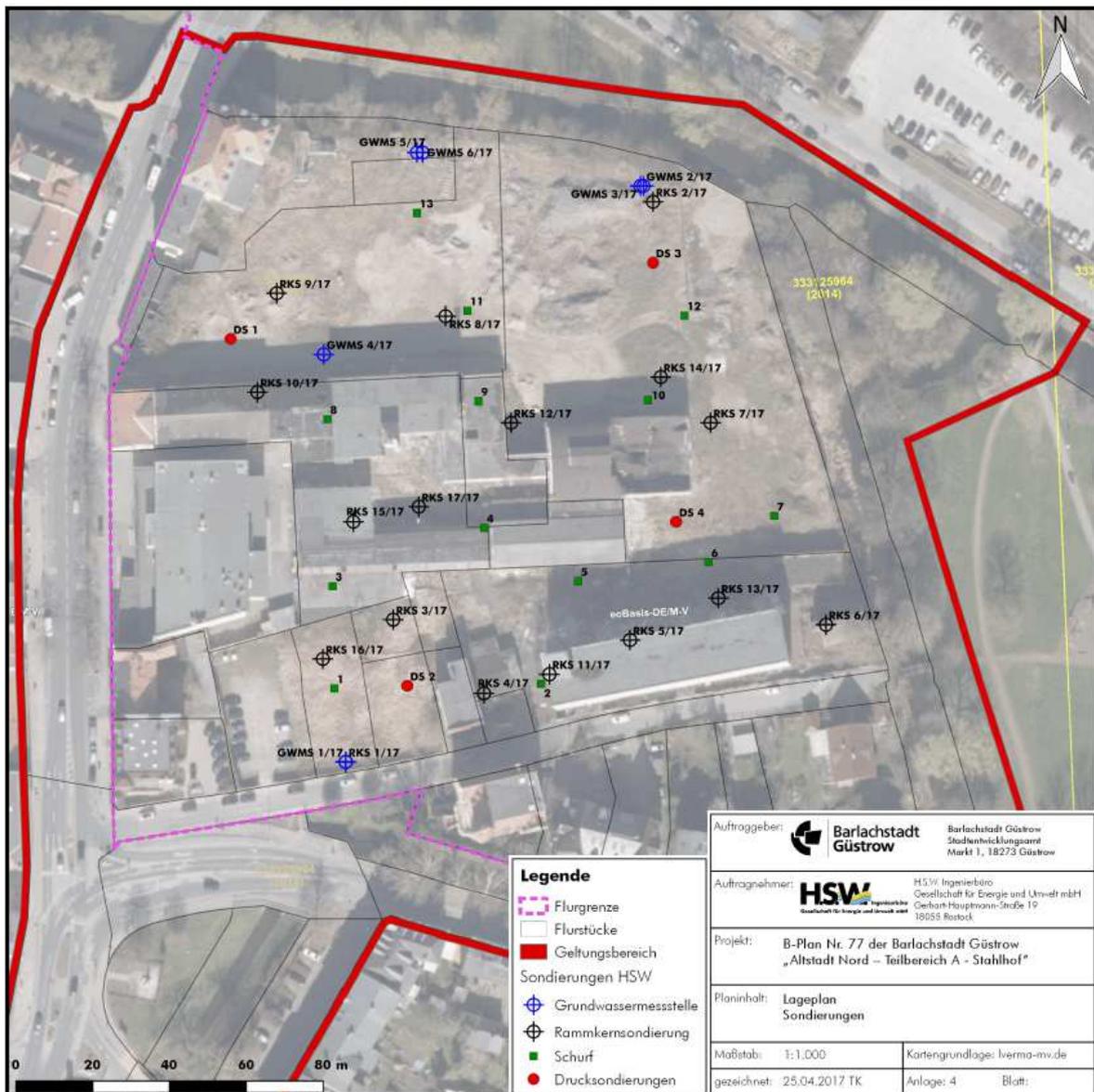


Abbildung 2: Lageplan der Drucksondierungen (DS1-4) im Erschließungsgebiet.

Im Bereich des geplanten Parkhauses (DS1) sowie in Bereichen geplanter Wohnbebauung im südwestlichen Baufeldabschnitt (DS2), im nordöstlichen Baufeldabschnitt (DS3) und im mittigen östlichen Baufeld (DS4) wurden die Drucksondierungen bis auf 18 m unter Ansatzpunkt abgeteuft.

Die Messung des Spitzendrucks und der lokalen Mantelreibung erlauben die Ableitung verschiedener bodenmechanischer Parameter, welche insbesondere zur Festlegung von Bemessungswerten für Tiefgründungen herangezogen werden können. Die Ergebnisse sind im Absatz 12.2 diskutiert. Die Diagramme der Drucksondierungen sowie der vorgenommenen grafischen Auswertungen sind in der Anlage 5 beigefügt.

Aus den Ergebnissen der Drucksondierung lassen sich Rückschlüsse auf den Untergrund schließen. Das Verhältnis des Reibungsindex und des Spitzenwiderstandes bestätigt das oberflächennah Feinkorn- bzw. Feinstkornsubstrate anstehen, welche locker gelagert sind, gefolgt von organischen Substraten, welche eine breiige bis weiche Konsistenz aufweisen. Im Liegenden, ab etwa 4,5-5,0 m unter GOK, folgen mitteldicht bis dicht gelagerte Sande. Am Standort der DS1 wurde ab 9,0 m unter GOK eine dichte bis sehr dichte Lagerung angetroffen.

Aus dem Mittelwert des CPT-Spitzenwiderstandes  $q_c$  lässt sich für die Sande der Reibungswinkel  $\varphi'$  nach Gleichung (1) ableiten.

$$\varphi' = 13,5 * \lg(q_c) + 23 \quad (1)$$

Für die mitteldicht gelagerten Sande beträgt der Reibungswinkel demnach etwa  $38,0^\circ$ , für die dicht gelagerten Sande etwa  $40,5^\circ$  und für die sehr dicht gelagerten Sande etwa  $42,5^\circ$ .

Auf Grundlage des Spitzenwiderstandes, der vertikalen Ausgangsspannung in der betrachteten Tiefe ( $\sigma_{v0}$ ), sowie einem aus Erfahrungswerten geschätzten Koeffizienten  $N_k$  kann die undrained Scherfestigkeit  $c_u$  nach Gleichung (2) berechnet werden.

$$c_u = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k} \quad (2)$$

In breiigen und weichen Böden mit Werten  $c_u < 15 \text{ kN/m}^2$  müssen Pfahlgründungen mit großer Sorgfalt und zusätzlichen Verbaumaßnahmen ausgeführt werden. Im erschlossenen Schichtaufbau kann dies stellenweise für die Torfe und Mudden im Tiefenbereich zwischen 1,5 m bis 6,0 m unter GOK zutreffen. Die Drucksondierung 2 zeigt im Tiefenbereich von etwa 2,5 bis 4,0 m unter GOK entsprechende Werte. Der tragfähige Baugrund wird an den vier Standorten der durchgeführten Drucksondierungen in einer Tiefe von etwa 4,0...5,0 m unter GOK erreicht.

## 7. Geotechnische Klassifizierung der Baugrundsichten

### 7.1 Lösbarkeit (DIN 18300:2010-04)

Die Sande der Beckenablagerungen gehören, je nach Schluffgehalt zu den leicht bis mittelschwer lösbaeren Bodenarten der BKL 3 und BKL 4. Der Torf und die organogenen Substrate sind überwiegend der BKL 3 und stellenweise der BKL 2 zugehörig.

Die Aufschüttung ist in ihrer Zusammensetzung sehr inhomogen und enthält stellenweise Reste von Schlacke, Ziegeln und Bauschutt. Die Lösbarkeit der humosen bis stark humosen Aufschüttung ist der BKL 3 zuzuordnen; bei größeren Bauschuttanteilen der BKL 5.

### 7.2 Feuchtigkeits- und Frostempfindlichkeit

Die Aufschüttung ist unsortiert und besteht hauptsächlich aus sandigen und schluffigen Kompartimenten sowie mineralischen und nichtmineralischen Fremdbestandteilen, weshalb der Untergrund als sehr frostempfindlich gilt (Frostempfindlichkeitsklasse F 3). Als sehr frostempfindlich (F 3) sind ebenfalls der Torf und die organogenen Substrate einzustufen. Die Beckensande gelten als nicht bis mäßig frostempfindlich (F 1/2) bzw. bei hohem Schluffanteil als sehr frostempfindlich (F 3). Die humosen Sande sind gering bis mittel frostempfindlich (F 2) bzw. bei hohem Schluffgehalt sehr frostempfindlich (F 3).

### 7.3 Zusammenstellung der Geotechnischen Klassifizierung

Die nachfolgende Tabelle 11 zeigt eine Zusammenstellung der geotechnischen Klassifizierung der anstehenden Substrate.

**Tabelle 11: Bautechnische Klassifizierung der Baugrundsichten**

Nr.	Schicht	DIN 18196 2006-06	DIN 18300 <sup>2</sup> 2010-04	DIN 18301 <sup>2</sup> 2010-04	Frostempfindlichkeit
1	Aufschüttung	[A]	BKL 3; BKL 5	BN 1 – BN 2	F 3
2	Humoser Boden	OH, SU*, SU	BKL 3	BN 1, BO 1	F 2 – F 3
3	Torf, Mudde, Torf-Sand- Wechselagerung	HZ, F	BKL 2 – BKL 3	BB 1, BO 1	F 3
4	Beckensand	SU, SU*, SE	BKL 3 – BKL 4	BN 1 – BN 2	F 1/2, F 3

<sup>2</sup> Alte Norm

## 8. Charakteristische Bodenkennwerte

In der nachfolgenden Tabelle werden die Rechenwerte entsprechend der Schichtenabfolge des Profils dargestellt. Für die Bemessung sind die ungünstigsten Verhältnisse anzusetzen.

Tabelle 12: charakteristische Bodenkennwerte

Nr.	Schicht	$I_D$ [-]	$I_C$ [-]	$\gamma_k / \gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'_k$ [°]	$c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$c_{uk}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_{sk}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
1	<b>Aufschüttung [A]</b>							
	locker	0,15-0,30	-	17,5/9,0	30,0	-	-	10-20
	mitteldicht bis dicht	0,45	-	18,5/9,0	32,5	-	-	20-45
2	<b>Humoser Boden OH, SU, SU*</b>							
	locker	0,30	-	16,5/7,5	30,0	-	-	2-7
3	<b>Torf, Mudde und Torf-Sand-Wechselagerung HZ, F</b>							
	weich bis steif	-	0,6	11,0/2,0	15,0	5	10-22	0,5-1,5
4	<b>Beckensand SU, SU*, SE</b>							
	mitteldicht	0,30-0,50	-	18,0/9,5	32,5	-	-	30-50

## 9. Einteilung des Baugrundes in Homogenbereiche

In den folgenden Tabellen wurde eine Einteilung des Baugrundes in Homogenbereiche im Sinne der VOB-C (2015) vorgenommen; entsprechend der bodenphysikalischen Eigenschaften zur Beschreibung der Erdbaumaßnahmen (nach DIN 18300) für ein Bauvorhaben der geotechnischen Kategorie 2. Die Aufschüttung wird als Homogenbereich A definiert. Die stark organischen Substrate (Torf, Mudde und organogene Sande) werden als Homogenbereich B zusammengefasst und die Sande der Beckenablagerung werden als Homogenbereich C definiert. Im Bericht zur orientierenden Altlastenuntersuchung erfolgt eine Einteilung in Homogenebereiche entsprechend der LAGA-Zuordnung.

Tabelle 13: Klassifikation der Homogenbereiche im Sinne der VOB – C (2015). \* Erfahrungswerte

Kennwerte	Homogenbereich A	Homogenbereich B	Homogenbereich C
Massenanteil Steine & Blöcke	<6%	<3%	<3%
Konsistenz	-	weich bis steif	-
Konsistenzzahl	-	0,5 bis 0,75	-
Plastizitätszahl [%] <sup>x</sup>	-	>100	-
Lagerungsdichte	locker bis mitteldicht	locker	mitteldicht
Bodengruppe	[A]	HZ, F, OH, SU, SU*	SE, SU, SU*
Korngrößenverteilung	Anlage 7	nicht untersucht	Anlage 7
Feuchtdichte [t/m <sup>3</sup> ] <sup>x</sup>	1,8 - 2,0	1,3 - 1,6	1,6 – 2,0
undrainierte Scherfestigkeit [kN/m <sup>2</sup> ] <sup>x</sup>	-	5 - 30	-
Wassergehalt [%]	9 – 31 (Anlage 8)	172 – 198 (Anlage 8)	13 – 52 (Anlage 8)
Organischer Anteil	0,6 – 14,0 (Anlage 9)	5,9 – 65,6 (Anlage 9)	0,3 – 5,4 (Anlage 9)
Ortsübliche Bezeichnung	Aufschüttung	Torf, Mudde, org. Sand	Beckensande



Tabelle 14: Einteilung des Baugrundes in Homogenbereiche. Angabe der Tiefenbereiche [m unter GOK].

			Quelle [U8]												Quelle [U13]					
Homogenbereich	Schichtnummer	Beschreibung	RKS 1	RKS 2	RKS 3	RKS 4	RKS 5	RKS 6	RKS 7	RKS 8	RKS 9	RKS 10	RKS 11	RKS 12	BS 1	BS 2	BS 3	BS 4	BS 5	
A	1	<b>Aufschüttung</b>	<2,2	<2,5	<2,6	<2,6	<2,3	<1,5	<1,6	<1,7	<1,8	<1,7	<2,3	<2,4	<3,1	-	<2,1	<2,5	<2,3	
B	2+3	<b>Torf, Mudde, Humoser Boden</b>	<5,5	-	>3,0	>3,0		2,8-3,4	<5,0	-	>3,0		>3,0	>3,0	<4,5	<2,2	<3,2	<3,0	<3,7	
C	4	<b>Beckensande</b>	>8,0	>5,0				1,5-2,8 >4,0	>8,0	>5,0					>6,0	>4,0	>6,0	>6,0	>8,0	
Bohrungen H.S.W. 2017																				
Homogenbereich	Schichtnummer	Beschreibung	RKS 1	RKS 2	RKS 3	RKS 4	RKS 5	RKS 6	RKS 7	RKS 8	RKS 9	RKS 10	RKS 11	RKS 12	RKS 13	RKS 14	RKS 15	RKS 16	RKS 17	
A	1	<b>Aufschüttung</b>	<0,5	<2,9	<1,9	<3,0	<1,2	<1,4	<1,7	<2,6	<2,3	<1,5	<1,4	<1,4	<1,3	<2,6	<1,0	<1,2	<1,9	
B	2+3	<b>Torf, Mudde, Humoser Boden</b>	-	<4,5	<4,6	<4,7	<3,2	<2,5	<3,1	<3,6	<5,7	<3,1	>3,0	<4,7	<3,1	<3,6	-	-	<2,6	
C	4	<b>Beckensande</b>	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0	3,7-4,8 >8,2	1,5-2,7 >8,2		>8,2	>8,2	>8,0	>5,0	>5,0	>5,0	
			Quelle [U9]																	
Homogenbereich	Schichtnummer	Beschreibung	S 1	S 2	S 3	S 4														
A	1	<b>Aufschüttung</b>	<2,2	<1,7	<1,5	<1,4														
B	2+3	<b>Torf, Mudde, Humoser Boden</b>	<6,1	<3,9	<3,3	-														
C	4	<b>Beckensande</b>	>8,0	>8,0	>8,0	>8,0														

## 10. Bestandsbauwerke im Baufeld

Im östlichen Bereich des Baufeldes befindet sich am Ufer des Stadtgrabens eine Stützmauer (siehe Abbildung 1). Im Rahmen eines statischen Gutachtens [U21] wurde der Baugrund untersucht. Mittels Baggerschürfen wurde festgestellt das 3,7 m unter GOK eine Torfschicht ansteht. Im Liegenden folgt Beckensand, welcher gespanntes Grundwasser führt. Die Einbindetiefe der Stützmauer in den Beckensand beträgt 10 cm. Die Stützmauer wurde in drei Teilbereiche unterteilt (Stützwand, Wand in Mischbauweise, Ankerwand). Ein Nachweis der Standsicherheit konnte für keinen der drei Teilbereiche erbracht werden, die Wand versagt. Sanierungsvorschläge wurden aufgezeigt und sind [U13] zu entnehmen.

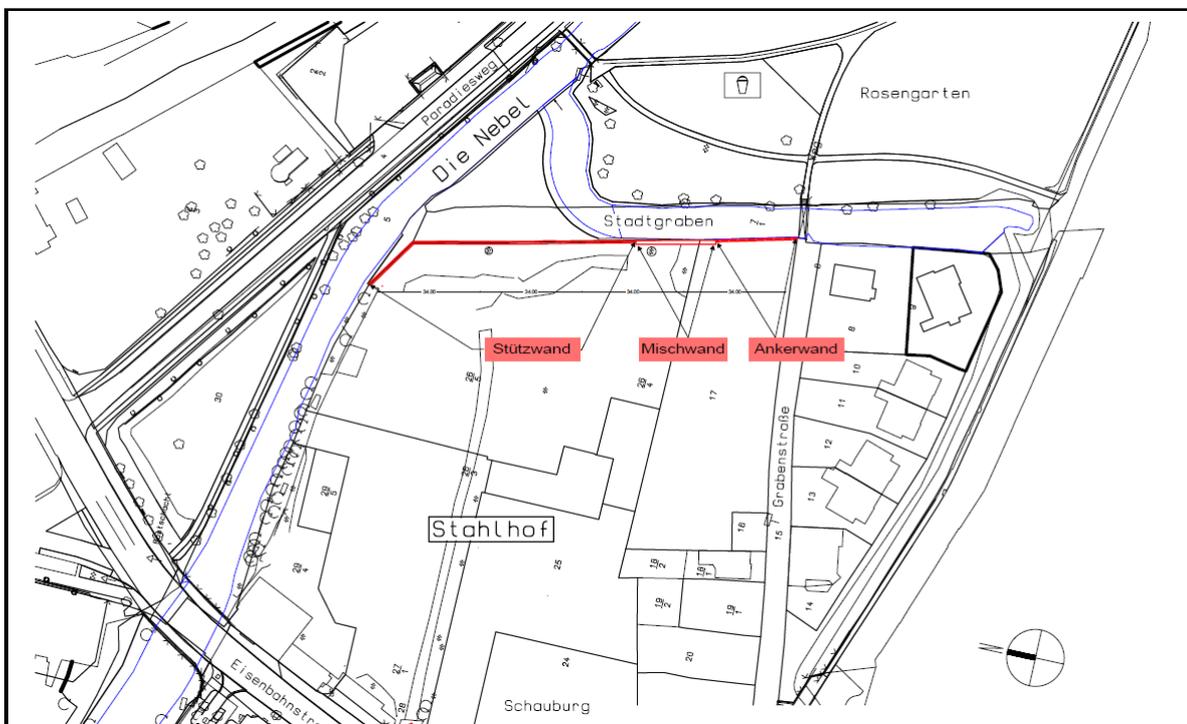


Abbildung 3: Lageskizze der Stützmauer. Quelle [U13].

In der nachfolgenden Abbildung 4 sind die Gebäude der ehemaligen Kleiderwerke dargestellt, welche 2015 im Rahmen der Abbrucharbeiten aus dem Baufeld entfernt wurden.

Die östliche Kellerwand des ehemaligen Gebäudes Nr. 17 wurde aus statischen Gründen nicht abgerissen, da diese mit mittels Stahlankern mit der Stützmauer des Stadtgrabens verbunden ist.

Die Bodenplatte des ehemaligen Gebäudes Nr. 1 wurde nicht vollständig entfernt.

Im Bereich der ehemaligen Gebäude Nr. 21+22 wurden Versorgungsleitungen im Untergrund entdeckt.

Die Fundamente der ehemaligen Gebäude Nr. 12+13+14, welche sich zur Grundstücksgrenze Kino befinden, wurden nicht abgebrochen.

Die Fundamente/Bohrpfähle des ehemaligen Gebäudes Nr. 10 wurde bis zu einer Tiefe von 3 m unter GOK abgebrochen.



Abbildung 4: Gebäude der ehemaligen Kleiderwerke. Abbruch 2015. Quelle [U16].

## 11. Gründungs- und Ausführungsempfehlungen

### 11.1 Planungsvorhaben und Vorüberlegungen

Die Stadt Güstrow plant seit längerem die Erschließung bzw. Umgestaltung des B-Plan Gebietes „Altstadt Nord Teilbereich A–Stahlhof“ zu einem Wohn- und Dienstleistungsquartier. Der ehemalige Industriestandort wurde bis nach der Wende durch verschiedene Gewerbebetriebe nachgenutzt. Nachfolgend werden die Angaben des B-Planes Nr.77 [U17] vom 19.02.2016 beachtet. In diesem ist der Entwurf des ersten Preisträgers an neue Vorgaben bzw. Auflagen bereits teilweise angeglichen. So wurde die zunächst geplante Umgestaltung der Wasserläufe und Errichtung zweier Nebenarme des Stadtgrabens verworfen.

Nach der Beräumung des Geländes soll die Bebauung entsprechend der Nutzung gegliedert erfolgen. Es soll ein allgemeines Wohngebiet (WA 1-7) entstehen, welches die größte Fläche des Erschließungsgebietes einnehmen soll. Dort sind nur Wohngebäude und Anlagen für kirchliche, kulturelle, soziale, gesundheitliche und sportliche Zwecke, sowie mit Ausnahmen bestimmte Handels- und Gewerbebetrieb und Verwaltungsanlagen zulässig. Am Flussufer im nördlichen Baufeld sollen viergeschossige Wohnbauten/Stadtvillen mit einer max. Höhe von 14,25 m errichtet werden (WA 1). Mittig im Erschließungsgebiet sind zwei- bis dreigeschossige Gebäude mit einer max. Höhe von 9,5 m geplant (WA 2-4). Im WA 5 sind zweigeschossige (max. Höhe 6,5 m) sowie vier- bis fünfgeschossige (max. Höhe 16,25 m) Gebäude geplant. Im Süden des Baufeldes sind drei- bis viergeschossige Gebäude mit einer max. Höhe von 13,25 m bzw. 16,25 m sowie zweigeschossige Gebäude mit einer max. Höhe von 6,5 m geplant (WA 6-7).

An der Ecke Eisenbahnstraße – Grabenstraße soll ein Mischgebiet (MI 1) entstehen, in welchem neben den bereits erwähnten Anlagen zudem Geschäfts- und Bürogebäude sowie Schank- und Speisewirtschaften und Gebäude des Beherbergungsgewerbes mit einer max. Höhe von 16,25 m zulässig sind.

Im westlichen Erschließungsgebiet, an der Eisenbahnstraße gelegen, sollen zudem drei Sondergebiete (SO 1-3) entstehen. Im SO 1 können die bereits in WA1-7 und MI 1 zulässigen Anlagen errichtet werden, mit Ausnahme von Wohnbauten. Diese sollen fünfgeschossig errichtet werden und eine max. Höhe von 16,25 m aufweisen. Im SO 2 soll ein viergeschossiges Gebäude mit einer max. Höhe von 14,25 m entstehen, in welchem ein Parkhaus, ein Blockheizkraftwerk zur Versorgung des Gebietes sowie bestimmte Einzelhandelsbetriebe untergebracht werden. Das SO 3 dient zur Sicherung des bestehenden Kinos und wird eine max. Höhe von 13,5 m erreichen.

Die Fassadenbreite der Mehrfamilienhäuser soll 16,0 m, die der Ein- und Zweifamilienhäuser 8,0 m nicht überschreiten. Die Wohnbauten/Stadtvillen am nördlichen Quartiersrand sollen die Grundfläche von 14,0 x 14,0 m nicht überschreiten. Zur Unterbringung der privaten Stellplätze sind Tiefgaragen und Garagen geplant.

Mittig im Baufeld soll eine Anliegerstraße zur Anbindung der Gebäude an die Eisenbahnstraße entstehen. Diese umläuft das Baugebiet WA 2 und es sollen Fuß- und Radwege zur Grabenstraße und Eisenbahnstraße abzweigen.

Unter den gegebenen Standortbedingungen ist das Bauvorhaben der Geotechnischen Kategorie 2 zuzuordnen.

## 11.2 Bewertung des Baugrundes - Gründungsmöglichkeiten

Die humosen Aufschüttungen mit Resten von Ziegeln, Bauschutt und Schlacke sowie die organischen Substrate (humoser Boden, Torf, Mudde) sind frost- und setzungsempfindlich und daher nur bedingt zur Lastaufnahme geeignet. Bei einer zusätzlichen Belastung (z.B. durch Bauwerkslasten) kann es zu größeren und ungleichmäßigen Setzungen kommen. Es wird deshalb empfohlen, diese Schichten auszutauschen oder sie mit den lastabtragenden Bauteilen zu durchteufen. Im Liegenden steht mit den Beckensanden tragfähiger Baugrund an.

In den vorliegenden Sondierbohrungen wurde der tragfähige Baugrund im nördlichen Baufeldabschnitt zwischen 4,5 – 6,1 m unter GOK, im östlichen Baufeldabschnitt zwischen 2,5 – 4,7 m unter GOK, sowie im westlichen Baufeldabschnitt zwischen 0,5 – 4,6 m unter GOK angetroffen. In Anlage 10 ist eine betreffende Skizze beigelegt.

Die lückenhafte Aufschlussdichte der Bestandssondierungen wurde um 17 Sondierbohrungen und 4 Drucksondierungen ergänzt, sodass für eine orientierende Gründungsempfehlung genügend Daten zu Grunde liegen. Im Folgenden werden die einzelnen Baufeldabschnitte betrachtet.

Im südwestlichen Erschließungsgebiet, östlich des Kinos, sind die stark organischen Substrate (Torf, Mudde) nicht aufgeschlossen. Dort lagert die anthropogene Aufschüttung über den tragfähigen Beckensanden, welche ab einer Tiefe zwischen 0,5 – 1,7 m unter GOK anstehen. Für diesen Teilbereich des Erschließungsgebietes ist eine Flachgründung für geplante Gebäude möglich.

Für den Standort des geplanten Parkhauses nimmt die Tiefe bis zum tragfähigen Baugrund von Süden nach Norden zu. Von ca. 3,1 m unter GOK, am Standort der RKS 10/17 bis zu ca. 5,7 m unter GOK am Standort der RKS 9/17. Etwa mittig wurde die Drucksondierung DS1 abgeteuft, welche ab etwa 4,5 m unter GOK eine dichte und ab etwa 9,0 m unter GOK eine größtenteils sehr dichte Lagerung der Beckensande feststellt. Am Standort empfiehlt sich eine Tiefgründung.

Im nördlichen Erschließungsgebiet steht der tragfähige Baugrund zwischen 4,5 – 6,1 m unter GOK sowie zentral im Gebiet zwischen 4,5 – 5,0 m unter GOK an. An diesen Standorten wird eine Pfahlgründung empfohlen.

Im übrigen Baufeld werden Tiefgründungsverfahren empfohlen, da der tragfähige Baugrund zwischen 2,5 – 4,0 m unter GOK ansteht.

### 11.2.1 Tiefgründung

Dazu bieten sich Pfahlgründungsverfahren oder tiefgründige Baugrundverbesserungsmaßnahmen (Rüttelstopfverdichtung) an. Sie sind jedoch nur mit vergleichsweise aufwendiger Spezialtieftbautechnik ausführbar.

#### Pfahlgründung

Die Lastabtragung über Pfähle bietet eine besonders verformungsarme Gründung. Es wurden für verschiedene Pfahltypen überschlägige Berechnungen zur Tragfähigkeit durchgeführt.

Die Pfähle sollen im mitteldicht bis dicht gelagerten Beckensand abgesetzt werden. Bei der Pfahlbemessung ist eine möglichst gleiche Absetztiefe anzustreben.

Die Einbindetiefe der Pfähle in den tragfähigen Baugrund sollte mindestens 2,5...3,0 m betragen. Daher können die notwendigen Pfahllängen innerhalb des Erschließungsgebietes variieren. Im nördlichen Abschnitt betragen die Pfahllängen voraussichtlich 8,0...10,0 m sowie im übrigen Baufeld voraussichtlich 6,0...8,0 m.

Aufgrund der erhöhten Schadstoffkonzentration im Boden, der Standorthistorie und des Organikanteils der oberen Baugrundsichten wird zudem noch eine Untersuchung des Grundwassers auf Stahl- und Betonaggressivität durchgeführt.

Zur Bemessung der äußeren Pfahltragfähigkeit wurden die Ergebnisse der Drucksondierungen ausgewertet, welche charakteristische Widerstände für die Mantelreibung und den Spitzendruck für Teilverdrängungsbohrpfähle liefern.

Der anstehende Beckensand hat einen Ungleichförmigkeitsgrad von  $C_u = 2,1...2,5$  (vgl. Anlage 6).

Beim Einbringen des Betons in das Bohrloch ist aufgrund der Fließneigung des anstehenden enggestuften Sandes eine besondere Sorgfalt erforderlich. Zur Kontrolle prinzipiell möglicher Einbrüche der Bohrlochwand ist der Betonverbrauch zu dokumentieren und eine Integritätsprüfung einzuplanen.

Die nachfolgende Tabelle fasst charakteristische Werte der Mantelreibung und des Spitzendrucks für Teil- und Vollverdrängungsbohrpfähle zusammen.

**Tabelle 15: Charakteristische Bodenkennwerte für Teil- und Vollverdrängungsbohrpfähle**

Nr.	Schicht	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$I_D$ [-]	$I_c$ [-]	Teilverdrängungs- bohrpfähle (ULS/GEO2)		Vollverdrängungs- (Atlas) pfähle (ULS/GEO2)		$E_{sk}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
					$q_{b,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
1	Aufschüttungen								
	locker	0,2...2	0,25	0,5	-	-	-	-	0,2...1,5
4	Beckensande								
	mitteldicht - dicht	12...25	0,30...0,60	-	4025	135	5375	180	30..50

Für Vollverdrängungsbohrpfähle (Atlaspfähle D=51cm) kann im Vorentwurf bei einer Länge von 9,0 m ein Bemessungswert des Pfahlwiderstandes von  $R_d = 1402$  kN angenommen werden.

Für Teilverdrängungsbohrpfähle (D=55cm) beträgt der Bemessungswert des Pfahlwiderstandes bei der Länge von 9,0 m  $R_d = 1183$  kN.

Die Pfahlkopfsetzungen liegen bei dieser Belastung jeweils unter 1,0 cm.

Zum Vorentwurf von geramnten Pfählen können die in der folgenden Tabelle aufgeführten charakteristischen Kennwerte angenommen werden. Für die Stahlrammpfähle wurden jeweils die Abminderungswerte  $\eta_b = 0,8$  und  $\eta_s = 0,6$  für Stahlrohrrammpfähle mit geschlossener Spitze in die angegebenen Werte mit einbezogen.

**Tabelle 16: Charakteristische Bodenkennwerte für Rammpfähle**

Nr.	Schicht	$q_c$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$I_D$ [-]	$I_c$ [-]	Stahlbetonfertig- rammpfähle (ULS/GEO2)		Stahlrohrramm- pfähle (geschlossen) (ULS/GEO2)		$E_{sk}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
					$q_{b,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{b,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$q_{s,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
1	Aufschüttungen								
	locker	0,2...2	0,25	0,5	-	-	-	-	0,2...1,5
4	Beckensande								
	mitteldicht - dicht	12...25	0,30...0,60	-	8175	75	6540	45	30..50

Bei Stahlbetonfertigrammpfählen können mit dem Querschnitt von (30cm/30cm) und der Länge von 9,0 m als Bemessungswert des Pfahlwiderstandes  $R_d = 635$  kN angesetzt werden.

Für Stahlrohrrammpfähle mit geschlossener Spitze und dem Durchmesser von (32cm) können bei einer Pfahlänge von 9,0 m  $R_d = 518$  kN als Bemessungswert des Pfahlwiderstandes vorausgesetzt werden.

Die angenommenen Schaftdurchmesser sind typische Größen für die jeweiligen Typen. Zur Anpassung sollten ggf. ergänzende Berechnungen vorgenommen werden.

Es lassen sich insbesondere beim Vorliegen von Probelastungsergebnissen eines bestimmten Pfahltyps unter vergleichbaren Baugrundverhältnissen noch größere Pfahltragfähigkeiten ermitteln.

### **Senkbrunnen**

Wenn der tragfähige Baugrund <3,0 m unter GOK ansteht, bietet sich durch die Anwendung von Senkbrunnen eine weitere Gründungs-Möglichkeit. Diese Tiefe liegt im Bereich von mit einfacher Tiefbautechnik ausführbaren Gründungen.

Die Senkbrunnen (Betonschachtringe  $DN \geq 1500$ ) werden schrittweise in den Baugrund abgesenkt unter fortlaufendem Ausheben des Bodens innerhalb des Schachtes. Dazu ist der Einsatz von speziellen Schachtgreifern erforderlich. Die Schachtelemente werden auf dem anstehenden Beckensand abgesetzt und anschließend mit Beton verfüllt. Dazu ist unbedingt ein Schüttrohr einzusetzen, um das Entmischen des eingefüllten Betons auszuschließen. In die Brunnenschächte zulaufendes Grundwasser darf nicht abgepumpt werden, um einen Aufbruch der Schachtsohle zu vermeiden. Sie müssen zur Vermeidung eines Sohlaufbruches mit einem Wasserüberdruck von  $> 0,5$  m über dem Grundwasserspiegel ausgeführt werden. Durch das Einschütten des Betons mit einem Schüttrohr (Kontraktor) wird das Wasser beim Betonieren verdrängt. Das verdrängte Wasser ist im Anschluss abzuleiten / abzupumpen.

### **11.2.2 Bodenaustausch und Flachgründungen**

Im Rahmen der Flachgründungsarbeiten wird der Aushub der Aufschüttung und der organischen Substrate bis auf die Beckensande erforderlich. Diese Substrate entfallen als Gründungsebene, da sie bei Lastaufnahme zu starken und ungleichmäßigen Setzungen neigen. Im Planum anstehende locker gelagerte Sande sind ebenfalls abzutragen oder nachzuverdichten. Aufgrund der erhöhten Stoffkonzentration diverser Parameter (z.B. MKW) und der Standorthistorie wird ein durch eine Fachbauleitung begleitender Bodenaushub und im Anschluss die Abnahme der Gründungssohle durch einen Baugrundsachverständigen empfohlen. Die Gründungssohle ist umgehend vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Es können sowohl Platten- als auch Streifenfundamente auf einer Bodenersatzschicht erstellt werden. Bei einer Unterkellerung ist generell eine Plattengründung auszuführen. Es wird

empfohlen, die Bettungsschicht an dieser Position einer Eignungsprüfung mittels Lastplattendruckversuch zu unterziehen.

Als Bettungsschicht ist ein grobkörniger kiesiger Sand zu verwenden, welcher einen Ungleichförmigkeitsgrad  $C_U \geq 4$ , einen Feinkornanteil ( $<0,063$  mm) von 3 bis 5%, sowie einen Kiesanteil ( $>2$  mm) von mindestens 15 % aufweisen sollte (z.B. Material für Frostschutzschichten nach ZTV SoB-StB 04/07). Der Boden ist lagenweise einzubauen. Als Zielwert für den Verdichtungsgrad werden  $D_{Pr} \geq 98\%$  angesetzt.

Nach Fertigstellung der Bettungsschicht kann der Aushub der Fundamentgräben für die Frostschutzschicht der Bodenplatte vorgenommen werden. Zur frostsicheren Gründung sollte die Einbindetiefe von Einzel- und Streifenfundamenten mindestens 1,0 m betragen. Dieses Maß ist auch bei Frostschürzen von Plattenfundamenten einzuhalten.

Zur ersten Abschätzung der Tragfähigkeit des Baugrundes werden überschlägige Berechnungen durchgeführt. Unabhängig davon können sich im Rahmen der Tragwerksplanung davon abweichende Kriterien ergeben. Zur Präzisierung sind dann zusätzliche Berechnungen unter Einbeziehung der angesetzten Einwirkungen und der geplanten Fundamentgeometrie vorzunehmen.

Im Folgenden wird die Gründungssituation am Standort der RKS 8/94 unter der Annahme eines Grundwasserstandes/Schichtwasserstandes von 2,5 m unter GOK.

**Tabelle 17: Standort der RKS 8/94. Streifenfundamente, Breite  $\approx 0,5$  m auf 1,7 m mächtiger Bettung  $D_{Pr} \geq 98\%$ .**

Einbindetiefe	Grenzzustand GEO-2 / STR		Beurteilung der Baugrundverformung	
	$\sigma_{R,d}$	$\gamma_{dst(Q,G)} = 1,388$ $\sigma_{E1,k}   S_{gr}$	$\sigma_{E2,k}$ mit $s \leq 1,0$ cm	$K_{s,k}$
t = 0,50 m	349 kN/m <sup>2</sup>	251 kN/m <sup>2</sup>   0,7 cm	250 kN/m <sup>2</sup>	38,2 MN/m <sup>3</sup>
t = 1,00 m	512 kN/m <sup>2</sup>	369 kN/m <sup>2</sup>   1,0 cm	357 kN/m <sup>2</sup>	35,7 MN/m <sup>3</sup>

### Plattengründung auf Bodenersatzschicht ( $D_{Pr} \geq 98\%$ )

Beurteilung der Baugrundverformung

$$\sigma_{E2,k} = 230 \text{ kN/m}^2 \text{ (s} \leq 1 \text{ cm)}$$

Bettungsmodul

$$K_{s,k} \approx 23,0 \text{ MN/m}^3 = 23.000 \text{ kN/m}^3$$

### 11.3 Baugrube und Wasserhaltung

Bei der Erkundung wurde Grundwasser/Schichtwasser zwischen 0,2 – 2,7 m unter GOK angetroffen. Bei feuchten Witterungsverhältnissen oder langanhaltendem bzw. starken Niederschlag, kann es zur Ausbildung von Schichtenwasser bzw. aufstauendem Sickerwasser kommen. Deshalb sollte vor Beginn der Bauarbeiten eine Probeschachtung bzw.

Probebohrung vorgenommen werden, um die aktuelle Grundwassersituation festzustellen. Für die Gründungsarbeiten muss voraussichtlich zumindest bereichsweise eine Wasserhaltungsmaßnahme einkalkuliert werden. Ufernah ist mit dem Auftreten gespannten Grundwassers zu rechnen.

Bei niedrigem Wasserstand kann eine offene Wasserhaltung vorgenommen werden; es kann eine Ableitung über eine Baugrubendrainage und einen Pumpensumpf realisiert werden. Sollte eine offene Wasserhaltung nicht durchführbar sein, weil artesisches Grundwasser ansteht oder ein geringer Grundwasserflurabstand vorliegt, so muss die geschlossene Wasserhaltung über Brunnen realisiert werden.

Bei tieferen Baugruben ist die Möglichkeit eines Sohlaufbruches bzw. des Aufschwimmens der Baugrubensohle infolge des gespannten Grundwassers zu prüfen. Es müssen dann, soweit erforderlich, Entspannungsbrunnen vorgesehen werden.

Eine mögliche Grundwasserabsenkung in den Bereichen erhöhter Stoffkonzentrationen erfordert eine Aufbereitung des gefördertem Wassers.

Baugrubenböschungen bis max. 1,25 m Tiefe und Baugrubengebiete die <1,25 m über der Baugrubensohle liegen können quasi senkrecht ausgeformt werden, wenn das Grundwasser unterhalb der Baugrubensohle liegt. Baugruben mit größeren Tiefen sind im Winkel von 45° abzuböschern.

#### **11.4 Verwertung von Bodenaushub**

Aufgrund der bereits festgestellten flächendeckenden Schadstoffbelastung des Baufeldes und der Standorthistorie wurde eine Untersuchung von anfallendem Aushubmaterial nach TR LAGA II.1.2 (2004) sowie eine Gefährdungsabschätzung gemäß BBodSchG angefertigt. Die Ergebnisse werden in dem Bericht zur orientierenden Altlastenuntersuchung präsentiert.

Die TR LAGA II.1.2 Boden vom 05.11.2004 regelt die Bedingungen für den Wiedereinbau von mineralischen Abfällen außerhalb durchwurzelbarer Bodenschichten auf der Grundlage der folgenden Zuordnungswerte.

- Z 0 uneingeschränkter Einbau – Verwertung von Bodenmaterial in bodenähnlichen Anwendungen
- Z 0\* Verfüllung von Abgrabungen unterhalb der durchwurzelbaren Bodenschicht (maximale Feststoffgehalte) und unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen
- Z 1 eingeschränkter offener Einbau in technischen Bauwerken
- Z 2 eingeschränkter Einbau (z.B. in technischen Bauwerken) mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen

Zum Aushub kommender Torf gilt als Wertstoff, welcher soweit möglich wieder als Rohstoff eingesetzt werden sollte. Es wird empfohlen diesen separat abzulegen und eine sinnvolle Verwertung zu prüfen. Bei entsprechenden Analyseergebnissen wäre eine Verwertung innerhalb von regionalen Moorregenerationsprojekten, in der Landwirtschaft oder ggf. für Landschaftsbauarbeiten vor Ort denkbar.

Sollten beim Aushub der Gräben/Baugruben Hinweise auf eine Bodenkontamination vorgefunden werden, ist ein Bodensachverständiger mit der Untersuchung und Bewertung der fraglichen Substrate zu beauftragen. Eine fachkundige Separation der Aufschüttung vor Ort durch einen Bodensachverständigen wird empfohlen.

### **11.5 Abdichtung der Bauwerke**

Nicht unterkellerte Bauwerke sind nach DIN 18195 Teil 4 gegen Erdfeuchte abzudichten. Die OK der Bodenplatte sollte mindestens 20 cm über dem Niveau des fertigen Geländes liegen. Bei niveaugleichem Abschluss sind Sicherungsmaßnahmen erforderlich z.B. durch Drainage oder Entwässerungsrinne.

Unterkellerte Bauwerksteile sind grundsätzlich gegen drückendes Wasser im Sinne der DIN 18195 Teil 6 abzudichten (Lastfall „Grundwasser“). Die Bodenplatte und die aufgehenden Außenwände sind aus WU-Beton nach DIN 1045 Teil 2 auszuführen. Die Außenwände sind entsprechend druckwasserdicht an die Bodenplatte anzuschließen. Die Vorgaben der DIN 18195 und der WU-Richtlinie des DafStb sind zu befolgen.

### **11.6 Versickerung von Niederschlagswasser**

Die Substrate des flächendeckend mit Schadstoffen belasteten Baufeldes sollten unabhängig von der vorhandenen Durchlässigkeit nicht zur gezielten Versickerung von Niederschlag genutzt werden. Um Auswaschungen von Bodenkontaminationen einzugrenzen und zum Schutz des Grundwassers und der Oberflächengewässer wird eine möglichst weitgehende Versiegelung der Fläche empfohlen. Das anfallende Niederschlagswasser sollte gesammelt der Kanalisation zugeführt werden. Zur Reduzierung bzw. Retention des zugeführten Wasservolumens werden zentrale oder dezentrale Zisternenanlagen empfohlen, in denen der Niederschlag gespeichert werden kann. Die Installation von Zisternen oder Rückhaltebecken kann aus ökologischer Sicht die Ressource Grundwasser/Trinkwasser schonen, wenn das gesammelte Niederschlagswasser dort eingesetzt wird, wo Trinkwasserqualität nicht erforderlich ist, beispielsweise bei der Toilettenspülung oder der Waschmaschine.

### 11.7 Verkehrsflächen – Belastungsklasse, Gründungsbedingung, Ausbauvorschlag

Zur Anbindung der geplanten Gebäude müssen Zuwegungen geschaffen werden. Die erforderliche Belastungsklasse der RStO 12 ist durch den zuständigen Straßenplaner festzulegen.

Im Folgenden soll ein Aufbau nach frei gewählter Belastungsklasse Bk 1,0 der RStO 12 für die Anliegerstraße betrachtet werden. In Anpassung an zurzeit nicht bekannte Planungsvorgaben ist ggf. eine höhere Verkehrsbelastung anzunehmen. Der Standort liegt in der Frosteinwirkungszone II. Der im Planum vorhandene Boden ist hauptsächlich der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 zuzuordnen. Für den Oberbau ist also eine Frostschutzschicht einzuplanen. Die Grundwasserverhältnisse sind im Baufeld wenigstens lokal, aufgrund von aufstauendem Sickerwasser und temporären Schichtwasservorkommen, zeitweise oder dauernd höher als 1,5 m unter Planum und damit als „ungünstig“ zu bewerten. Deshalb sollte der frostsichere Oberbau für einen Straßenausbau mindestens 70 cm dick ausgeführt werden.

Vor Aufbau der Frostschutzschicht ist die Beschaffenheit des Planums zu prüfen. Es ist ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  nachzuweisen. Im Regelfall kann der in der RStO 12 zugrunde gelegte Verformungsmodul  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  im Planum nicht vorausgesetzt werden. Es muss mit dem zusätzlichen Einbau einer Verbesserungsschicht gerechnet werden (z.B. Material für Frostschutzschichten nach ZTV SoB 04/07). Deren Mächtigkeit richtet sich nach dem tatsächlich vorhandenen Verformungsmodul im Planum.

Die voraussichtlich im Planum anstehenden sandigen, humosen und stark bauschutthaltigen Aufschüttungsmaterialien haben aufgrund der locker bis mitteldichten Lagerung voraussichtlich nur ein geringes Verformungsmodul. Als vorläufiger Schätzwert wird ein  $E_{v2}$  Wert im Intervall von 15 bis 30 MPa benannt.

Das Planum ist vor Feuchtigkeit zu schützen und muss beispielsweise bei Aufweichung durch Niederschläge nach erfolgter Trocknung erneut verdichtet werden.

In nachfolgenden Tabellen wird ein Ausbauvorschlag für die Anliegerstraße in bituminös gebundener Bauweise und für Rad- und Gehwege gemäß RStO 12 dargestellt.

**Tabelle 18: Vorschlag Straßenaufbau in bituminöser Bauweise für Bk 1,0 nach RStO 12, Tafel 1, Zeile 5.**

Dicke	Schichtbeschreibung	Qualität	Prüfkriterium
4 cm	Asphaltdeckschicht	AC 11 D N; Bit. 50 / 70	$D \geq 97\%$
10 cm	Asphalttragschicht	AC 32 T N; Bit. 70 / 100	$D \geq 97\%$
30 cm	Schotter- oder Kiestragschicht	STS 0/45 ZTV-SoB 04/07	$E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$
26 cm	Frostunempfindliches Material	FSS 0/32 ZTV-SoB 04/07	$E_{v2} \geq 65 \text{ MN/m}^2$ (keine Vorgabe in der RStO 12; Wert gilt als Empfehlung)
	ggf. Ergänzungsschicht	FSS 0/32 ZTV-SoB 04/07	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$

Für den Wegebau sollte der frostsichere Oberbau bei Tragschichten ohne Bindemittel mindestens 40 cm dick ausgeführt werden. Für den Ausbau der Wegeflächen gemäß Tafel 6 der RStO 12 wurde unter diesen Voraussetzungen folgender vorläufiger und unverbindlicher Ausbauvorschlag abgeleitet. Er ist durch einen Tiefbauplaner zu prüfen und mit den Ergebnissen von im Feld vorzunehmenden Plattendruckversuchen nach DIN 18134 abzugleichen.

**Tabelle 19: Vorschlag zur Bauweise für Rad- und Gehwege nach RStO 12, Tafel 6, Zeile 1.**

Dicke	Schichtbeschreibung	Qualität	Prüfkriterium <sup>3</sup>
8 cm	Pflaster	AC 11 D N; Bit. 50 / 70	$D \geq 97\%$
4 cm	Decke	AC 32 T N; Bit. 70 / 100	$D \geq 97\%$
15 cm	Schotter- oder Kiestragschicht	STS 0/45 ZTV-SoB 04/07	$E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$
13 cm	Frostschuttschicht	FSS 0/32 ZTV-SoB 04/07	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
	ggf. Ergänzungsschicht	FSS 0/32 ZTV-SoB 04/07	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$

## 11.8 Leitungsverlegung

Im Baufeld steht in der voraussichtlichen Leitungsohltiefe (etwa 1,5 m unter GOK) vorwiegend die anthropogene Aufschüttung an. Es wird der Einbau einer Bettungsschicht aus Kiessand 0/8 in einer Schichtstärke von 15 cm empfohlen. Steine und Blöcke sind aus der Grabensohle zu entfernen. Auf einer gefrorenen Grabensohle dürfen keine Leitungen verlegt werden.

<sup>3</sup> Bei Belastung durch Fahrzeuge (Wartung und Unterhaltung)  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  für die Schotter- oder Kiestragschicht gefordert.

Die erforderlichen Schächte sollten auf einer Bettungsschicht aus Magerbeton gesetzt werden. Für die Schächte kann ein zulässiger Sohldruck von  $200 \text{ kN/m}^2$  angenommen werden (Bemessungswert in der BS – P im GZ SLS gemäß EC 7).

## 12. Zusammenfassung

Der Baustandort befindet sich zentral gelegen in der Stadt Güstrow im Landkreis Rostock. Im Norden grenzt die Nebel an das Erschließungsgebiet, im Osten der Stadtgraben, im Süden die Grabenstraße und im Westen die Eisenbahnstraße. Das Untersuchungsgebiet ist ein ehemaliger, traditionsreicher Industriestandort. Bereits 1836 wurde eine Eisengießerei auf dem Gelände gegründet. Der Standort befindet sich im Bereich der Eisrandlage des W3–Stadiums der Weichselkaltzeit (Mecklenburger Stadium). Der Untersuchungsbereich liegt in der Landschaft des „Flach- und Hügellandes zwischen Warnow und Recknitz“ Typisch für den Standort sind periglaziäre Talsande und Beckensedimente des Weichselglazials. Im Bereich der Flussläufe sind Niedermoortorfe vorkommend.

Der Standort wurde durch 17 ergänzende Sondierbohrungen mit max. 8,2 m Tiefe unter Geländeoberkante (GOK) und 4 Drucksondierungen bis 18 m unter GOK erkundet. Im Rahmen verschiedener Voruntersuchungen wurden bereits 21 Sondierbohrungen durchgeführt. Holozäne Ablagerungen sind auf anthropogene Aufschüttungen und organogene Substrate beschränkt. Die teils humosen Auffüllungen mit Resten von Schlacken, Ziegeln, und Bauschutt dominieren oberflächlich. Im Liegenden folgen humose Sande, Torfe und Mudden, welche von Beckensanden unterlagert werden.

Bei den Erkundungsbohrungen wurde das Grundwasser zwischen 0,2 m bis 2,7 m unter GOK gepeilt. Das Grundwasser wurde in zwei geologischen Einheiten angetroffen. Als Schichtwasser im Hangenden der Torfe und als Grundwasser innerhalb der unterlagernden Beckensande, welche zumindest ufernah gespanntes Grundwasser führen.

Von den anstehenden anthropogenen Aufschüttungen (RKS 2/17+8/17) sowie den Beckensanden (RKS 1/17+2/17+8/17) wurden 2017 Korngrößenanalysen mittels Nasssiebung nach DIN 18123 durchgeführt. Die Durchlässigkeit der feinsandigen Beckenablagerungen wird nach BEYER ermittelt und ist mit etwa  $6 \dots 8 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  als moderat durchlässig, sowie die der anthropogenen Aufschüttungssubstrate ist mit  $4 \dots 6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  ebenfalls als moderat durchlässig zu bezeichnen.

Das Erschließungsgebiet kann entsprechend der bodenphysikalischen Eigenschaften des Untergrundes in drei Homogenbereiche unterteilt werden.

In den vorliegenden Sondierbohrungen wurde der tragfähige Baugrund im nördlichen Baufeldabschnitt zwischen 4,5 – 6,1 m unter GOK, im östlichen Baufeldabschnitt zwischen 2,5 – 4,7 m unter GOK, sowie im westlichen Baufeldabschnitt zwischen 0,5 – 4,6 m unter GOK angetroffen.

Flachgründungen sind im Erschließungsgebiet nur im südwestlichen Abschnitt zu realisieren. Für den überwiegenden Teil der geplanten Gebäude werden Tiefgründungen empfohlen. Dazu bieten sich Pfahlgründungsverfahren, Senkbrunnen oder tiefgründige Baugrundverbesserungsmaßnahmen (Rüttelstopfverdichtung) an. Stellenweise befinden sich noch Alt-Fundamente im Baugrund, welche zu einer Aushuberschweren führen können (vgl. Absatz 11).

Die Pfähle sollen im mitteldicht bis dicht gelagerten Beckensand abgesetzt werden. Bei der Pfahlbemessung ist eine möglichst gleiche Absetztiefe anzustreben.

Die Einbindetiefe der Pfähle in den tragfähigen Baugrund sollte mindestens 2,5...3,0 m betragen. Daher können die notwendigen Pfahllängen innerhalb des Erschließungsgebietes variieren. Im nördlichen Abschnitt betragen die Pfahllängen voraussichtlich 8,0...10,0 m sowie im übrigen Baufeld voraussichtlich 6,0...8,0 m.

Zur Bemessung der äußeren Pfahltragfähigkeit wurden die Ergebnisse der Drucksondierungen ausgewertet, welche charakteristische Widerstände für die Mantelreibung und den Spitzendruck für Teilverdrängungsbohrpfähle liefern.

Wenn der tragfähige Baugrund <3,0 m unter GOK ansteht, bietet sich durch die Anwendung von Senkbrunnen eine weitere Gründungs-Möglichkeit. Diese Tiefe liegt im Bereich von mit einfacher Tiefbautechnik ausführbaren Gründungen.

Im Rahmen der Flachgründungsarbeiten wird der Aushub der Aufschüttung und der organischen Substrate bis auf die Beckensande erforderlich.

Eine mögliche Grundwasserabsenkung in den Bereichen erhöhter Stoffkonzentrationen erfordert eine Aufbereitung des gefördertem Wassers.

---

Erstellt am 05.05.2017:



M.Sc. Julius Pätzold

geprüft:



Dipl.-Ing. M. Uebigau