

Anhang 3

Baugrunduntersuchungen

Regionalplanung

Umweltplanung

Landschaftsarchitektur

Landschaftsökologie

Wasserbau

Immissionsschutz

UmweltPlan GmbH Stralsund
info@umweltplan.de
www.umweltplan.de

Sitz Hansestadt Stralsund
Tribseer Damm 2
18437 Stralsund
Tel. + 49 38 31/61 08-0
Fax + 49 38 31/61 08-49

Niederlassung Güstrow
Speicherstraße 1b
18273 Güstrow
Tel. + 49 38 43/46 45-0
Fax + 49 38 43/46 45-29

Geschäftsführer
Dipl.-Geogr. S. Ahlmeyer
Dipl.-Ing. K. Freudenberg
Dipl.-Phys. R. Horenburg

Qualitätsmanagement
Zertifiziert nach:
DIN EN 9001:2000
TÜV CERT Nr.
01 100 010689

Die Anlagen A1 sowie A3 – A7 sind nicht Bestandteil der Planfeststellungsunterlagen, sondern liegen beim Vorhabensträger zur Einsicht.

INHALT

1.	Unterlagenverzeichnis	3
2.	Anlagenverzeichnis	4
3.	Veranlassung und Bauvorhaben	4
4.	Baugrundverhältnisse	5
4.1	Baugelände	5
4.2	Erkundung des Baugrundes	5
4.3	Schichtenaufbau des Baugrundes	6
4.4	Baugrundeigenschaften	7
5.	Wasserverhältnisse	10
6.	Charakteristischen Bodenkennwerte	11
7.	Schlussfolgerungen	13
7.1	Gründung des Dammes	13
7.1.1	Setzungen des Dammes	14
7.1.2	Standicherheit	15
7.1.3	Sickerverluste	15
7.2	Gründung des Sperrwerkes	16
7.2.1	Gründungsart und -tiefe	16
7.2.2	Baugrubenverbau und Rammbarkeit	16
7.2.3	Bodenklassen	17
7.2.4	Baugrube / Wasserhaltung	17

1. Unterlagenverzeichnis

- U 1 Vertrag vom 06. Juli / 16. Juli 2007
- U 2 Lageplan, Fahrrinnenanpassung des nördlichen Peenestroms, Vertiefung auf -7,50 m NN, Ausgleichsmaßnahme Renaturierung des Polders Werre Vorplanung, Variante 2, übergeben von der UmweltPlan GmbH Stralsund am 7. August 2007, Maßstab 1 : 5.000
- U 3 Lageplan des Polder Werre und Festpunktdatei übergeben vom o. g. Büro am 07. August 2007
- U 4 Schnittzeichnungen, geplantes Sperrwerk, Maßstab 1 : 100
- U 5 Regelprofil, geplantes Dammbauwerk, Maßstab 1 : 100
- U 6 Längsschnitt, geplante Überstaufäche, Maßstab 1 : 5.000 / 100
- U 7 Bodenproben und Schichtenverzeichnisse der Bohrsondierungen BS 1/07 bis BS 33/07, ausgeführt von der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft IG mbH im August 2007
- U 8 Ergebnisse der Leichten Rammsondierungen (DPL-5) bei BS 5/07, 10/07, 20/07, 25/07 und 32/07, ausgeführt von der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft IG mbH im August 2007
- U 9 Lage- und höhenmäßige Einmessung der Aufschlussansatzpunkte, ausgeführt von der BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft IG mbH im August 2007

2. Anlagenverzeichnis

A 1	1 Blatt	Lage- und Aufschlussplan, Maßstab 1 : 2.500
A 2	5 Blatt	Profilzeichnungen und Diagramme der Leichten Rammsonde
A 3	40 Blatt	Laborprüfbericht
A 4	2 Blatt	Prüfbericht der Wasseranalytik, Nr. 015857
A 5	4 Blatt	Stand sicherheitsberechnungen
A 6	15 Blatt	Setzungsberechnungen
A 7	4 Blatt	Durchströmungsberechnung

3. Veranlassung und Bauvorhaben

Im Rahmen der technischen Planung für die Renaturierung des Polders Werre werden Möglichkeiten zur Wiederherstellung einer ehemaligen Teilfläche des Saaler Boddens untersucht. In diesem Zusammenhang ist die Errichtung folgender Bauwerke vorgesehen:

- Errichtung eines 2,3 km langen Dammes zur Abgrenzung des überfluteten Bereiches von den verbleibenden Polderbereichen und
- Errichtung eines Sperrwerkes zu Regulierung der Wasserstände im überfluteten Bereich und Gewährleistung des HW-Schutzes der angrenzenden Flächen.

Der Damm wird als homogener Erddamm ausgebildet. Die Geometrie ist wie folgt vorgesehen:

- Kronenbreite: 3,0 m
- Kronenhöhe: +0,90 m HN
- Stauziel: +0,20 m HN
- Höchststauziel: +0,30 m HN
- Böschungsneigung wasser- und luftseitig: 1 : 5
- Dammhöhe: mittlere 1,0 m
maximale 1,5 m

Als Dammbaustoff wird örtlich anstehendes mineralisches Material (möglichst: leicht bindiger Mittelsand, Dichte ca. $1,8 \text{ t/m}^3$) verwendet. Das Schütten soll als „Vorkopfschüttung“ mit 0,50 m mächtigen Schüttilagen erfolgen. Die Andeckung der Dammkrone und -böschungen ist ein Mutterboden vorgesehen.

Die Gründung des Sperrwerkes erfolgt mit Hilfe eines Spundwandkastens. Die Zu- und Ablaufkanäle werden mit Betonfertigteilen hergestellt. Der Stauverschluss ist als Doppelschütz vorgesehen. Die Stahlbetonsohle besitzt Grundrissabmessungen von 23 m x 4 m und wird in einer Tiefe von -2,6 m HN gegründet.

Die BAUGRUND Stralsund Ingenieurgesellschaft mbH wurde vom Wasser- und Schifffahrtsamt Stralsund beauftragt, für die Vorplanung Baugrunduntersuchungen durchzuführen und Baugrund- und Gründungsgutachten zu erstellen.

4. Baugrundverhältnisse

4.1 Baugelände

Der geplante Baubereich befindet sich südlich der Landesstraße L21 von Born nach Ahrenshoop. Die Geländeoberfläche ist im Untersuchungsgebiet nahezu eben mit einem leichten Geländeabfall in Richtung Westen und Süden zum Bodden.

Die Geländehöhen der Aufschlussansatzpunkte liegen zwischen +0,20 m HN (BS 27/07) und +0,8 m HN (BS 12/07). Der vorhandene Deich am Bau-km 0+00 liegt auf +1,10 m HN.

Das Gelände wird als Wiese genutzt und ist durch Gräben gegliedert.

4.2 Erkundung des Baugrundes

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse im Bereich des geplanten Dammes wurden 31 Bohrsondierungen mit einer Tiefe von 8 m und 12 m abgeteuft. Im Bereich des Sperrwerkes wurden 2 Bohrsondierungen bis 11 m bzw. 15 m unter Gelände ausgeführt. Des Weiteren wurden zur Beurteilung der Lagerungsverhältnisse der Sande 5 Sondierungen mit der Leichten Rammsonde (DPL-5) ausgeführt. Sechs angelegte Schürfgruben hatten das Ziel, mittels Stechzylinder ungestörte Proben zur Dichtebestimmung des Bodens zu entnehmen.

Als weitere Felduntersuchungen wurden Sondierungen mit der Flügelsonde nach DIN 4094-4 durchgeführt. Diese Versuche dienten der Bestimmung des Scherwiderstandes organischer Böden.

Die Lage der Aufschlüsse kann der Anlage 1 entnommen werden. In Anlage 2 sind die Sondierprofile höhengerecht dargestellt.

4.3 Schichtenaufbau des Baugrundes

Im Bereich der geplanten Staufläche steht als Geländedeckschicht überwiegend Mutterboden an, der mit Schichtmächtigkeiten zwischen 0,10 m und 0,50 m erkundet wurde. Lokal wurde auch organischer Boden (Torf, sandig) bis in Tiefen von 0,40 m bis 0,60 m unter OK Gelände angetroffen (BS 24/07, BS 27/07, BS 30/07, BS 31/07). Lediglich in BS 28/07 und 29/07 steht als Geländedeckschicht eine 0,60 m / 0,80 m mächtige Aufschüttung an.

Bei den im vorhandenen Deich ausgeführten Bohrsondierungen BS 1/07, BS 32/07 und BS 33/07 wurden Aufschüttungsmächtigkeiten (Dammschüttmaterial) von 0,40 m bis 1,70 m festgestellt. In BS 1/07 und BS 32/07 überlagert die Aufschüttung eine 0,10 m mächtige organische Schicht, wobei es sich offensichtlich um die ehemalige Geländedeckschicht handelt.

Unterhalb der v.g. Geländedeckschichten folgen zunächst Sande, die von organischen Böden unterlagert werden. Die Sande wurden im Allgemeinen bis in Tiefen zwischen 3 m und 5,5 m unter OK Gelände festgestellt. Lediglich im östlichsten Bereich (BS 26/07 bis BS 31/07) wurden die Sande bis in Tiefen < 3 m angetroffen. Die Schichtunterkante der Sande liegt auf dem Niveau zwischen ca. -3,0 m HN und -5,0 m HN, im östlichen Bereich zwischen ca. -1,20 m HN und -2,70 m HN.

In weiterer Tiefe folgende organische Böden (Mudde, Torf, Wiesenalk) besitzen Schichtmächtigkeiten von < 1 m bis ca. 5 m. Die größeren Schichtmächtigkeiten mit 4 bis 5 m wurden im südöstlichen Bereich von km 0+000 bis ca. 0+905 und mit ca. 3 bis 4 m bis km 1+440 festgestellt. Ab ca. km 1+515 bis zum Bauende betragen die organischen Schichtmächtigkeiten zwischen ca. 0,5 bis 2,50 m. In BS 26/07 (km 1+900) dagegen wird der organische Boden ab 2,70 m unter OK Gelände von einer 2 m mächtigen Sandschicht durchzogen. Die Schichtunterkante der organischen Böden liegt auf dem Niveau -8 m HN (Bauanfang) und steigt auf ca. -2,70 m HN (Bauende).

Unterhalb der organischen Böden folgen Sande und sandige Schluffe, die bis zur Endtiefe der Bohrsondierungen, d.h. bis max. 12 m unter OK Gelände, nicht durchteuft wurden.

Die genaue Schichtenfolge bei den jeweiligen Bohrsondierungen ist den Profilzeichnungen der Anlage 4 zu entnehmen.

4.4 Baugrundeigenschaften

Nach visueller Ansprache und Beurteilung während der Aufschlussarbeiten wurden aus den Bohrsondierungen Bodenproben entnommen und ausgewählte Proben im erdstoffphysikalischen Labor untersucht. Die Laborleistungen bezogen sich auf die Ermittlung folgender Bodenparameter:

- Bestimmung des Wassergehaltes nach DIN 18 121-1
- Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18 123
- Bestimmung des Glühverlustes nach DIN 18 128
- Bestimmung der Dichte des Bodens nach DIN 18 125-1
- Bestimmung der lockersten und dichtesten Lagerung nach DIN 18 126
- Bestimmung der Scherfestigkeit nach DIN 18 137

Die Ergebnisse der Laborprüfungen sind in Anlage 3 enthalten. Nachfolgend werden die Eigenschaften der relevanten Baugrundsichten beschrieben.

Aufschüttung

Die lokal anstehende Aufschüttung wurde überwiegend als organisch verunreinigter Fein- und Mittelsande der Bodengruppen [OH, SE] spezifiziert. Lokal wurde auch gemischtkörniger Boden [SU*-ST*] angetroffen. In BS 1/07, BS 32/07, BS 33/07 handelt es sich um das Dammschüttmaterial des vorhandenen Dammes. Die Aufschüttung besitzt überwiegend frostempfindliche Eigenschaften F2 – F3.

Mutterboden, organisch verunreinigte Decksande

An der Geländeoberfläche anstehende organisch verunreinigte Fein- und Mittelsande sind der Bodengruppe OH zuzuordnen. Diese Sande sind locker gelagert ($I_D < 0,3$).

Sande

Bei den Sanden handelt es sich überwiegend um Fein- und Mittelsande der Bodengruppe SE und um schwach schluffige, mittelsandige Feinsande der Bodengruppe SU. Seltener wurden schluffige Sande der Bodengruppe SU* festgestellt. Die Sande sind häufig durch eingelagerte Muschelreste und organische Streifen gekennzeichnet. Die Ergebnisse der Bestimmungen der Kornverteilung sind der nachfolgenden Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Ergebnisse der Bestimmungen der Kornverteilung für die Sande SE, SU

Bodengruppe n. DIN 18 196	Bodenart n. DIN 4022	Ungleichförmigkeit $U = d_{60}/d_{10}$ -	Feinkornanteil $d < 0,063 \text{ mm}$ %	Durchlässigkeitsbeiwert k m/s
SE	fS, ms-ms*, fS+mS, tlw. gs'	1,6 – 2,8	0,6 – 4,6	$1,0 \cdot 10^{-4} - 7,2 \cdot 10^{-5}$
SU*	fS, ms'-ms, u	1,5 – 2,3	5,4 – 12,2	$4,1 \cdot 10^{-4} - 9,2 \cdot 10^{-6}$

Zur Bestimmung der entsprechenden Porenzahlen für die Ausführung weiterer bodenmechanischer Versuche erfolgte die Ermittlung der Porenzahl bei lockerster und dichtester Lagerung. Die Ergebnisse sind der nachfolgenden Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2 Ergebnisse der Dichtebestimmungen für die Sande SE, SU

Bodenart	min ρ_d [g/cm ³]	max ρ_d [g/cm ³]	max e [--]	min e [--]
SE	1,101	1,389	1,408	0,908
	1,221	1,506	1,170	0,760
SU	1,072	1,380	1,470	0,920

Auf Grundlage der ermittelten Porenzahlen bei lockerster und dichtester Lagerung wurden Rahmenscherversuche unter Variation der Einbauporenzahlen in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte ausgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3 Ergebnisse der Rahmenscherversuche für Sande SE, SU

Bodenart	I_D [--]	e [--]	ϕ' [°]	c' [kN/m ²]
SE	1,00	0,76	31,3	0
SU	0,40	1,252	29,3	0
	0,40	1,208	33,1	0

Die Sande der Bodengruppe SE sind nicht frostempfindlich (F1). Die Sande SU sind überwiegend frostempfindlich (F2).

Die Beurteilung der Lagerungsverhältnisse erfolgt auf der Grundlage der Ergebnisse der durchgeführten Leichten Rammsondierungen. Die Sande oberhalb der organischen Böden (Mudde und Torf) bzw. bis ca. -5,50 m HN anstehend, in Bereichen geringerer organischer Mächtigkeiten, besitzen eine mitteldichte bis dichte Lagerung ($I_D \sim 0,5$). Die Sande unterhalb organischer Böden bzw. ab -5,50 m HN können als dicht gelagert ($I_D = 0,5 \leq I_D \leq 0,6$) eingeschätzt werden.

Organische Böden

Bei den organischen Böden handelt es sich überwiegend um Mudde (F), seltener um zersetzten Torf der Bodengruppe HZ und Wiesenkalk (OK). Die Mudde ist durch eingelagerte Muschelreste gekennzeichnet. Die Mudde und der Torf besitzen sehr häufig einen sandigen Charakter bzw. werden von Sandstreifen durchzogen. In der nachfolgenden Tabelle 4 sind die ermittelten Laborwerte zusammengestellt.

Tabelle 4 Ergebnisse der Wassergehalte und organischen Bestandteile der org. Böden

Bodenart	w [%]	V_{GI} [%]	ρ_s [g/cm ³]
Mudde, F, sandig	33,0 – 89,9 (56,2)	2,1 – 10,0 (6,7)	2,46 – 2,58 (2,51)
Torf, HZ, sandig	44,3 – 115,4 (79,2)	7,1 – 27,6 (18,8)	2,26 – 2,49 (2,36)
Wiesenkalk, OK	89,9 (E)	7,5 (E)	2,53

Bei den Klammerwerten handelt es sich um die arithmetischen Mittelwerte.

Die organischen Böden sind durch überlagernde Sande gering vorbelastet.

Der Scherwiderstand der Mudde wurde in den durchgeführten Feldflügelsondierungen zwischen $c_{tu} = 52$ bis 128 kN/m^2 bestimmt. Die Sandbänder innerhalb der Mudde und der sandige Charakter der Mudde selbst erklären die verhältnismäßig hohen Werte. Die Versuchswerte sind nicht als undrained Scherfestigkeit (c_u) zu interpretieren.

Schluff

Die anstehenden schwach tonigen bis tonigen, schwach feinsandigen bis feinsandigen Schluffe sind den Bodengruppen UL - UM zuzuordnen. Die Konsistenz des tonigen Schluffes wurde bei der Feldansprache mit weich bis steif beurteilt. Es handelt sich um leichtplastischen Boden mit einer hohen Wasserempfindlichkeit. In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die ermittelten Laborwerte zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 5 ermittelte Laborwerte (Schluff)

Wassergehalt w	22,7 – 29,6 % (24,8 %)
Feinstkornanteil d < 0,002 mm	15,8 – 22,4 %
Durchlässigkeit k ^{*)}	$1,5 \cdot 10^{-9} - 5,1 \cdot 10^{-9}$ m/s

*) abgeleitet aus der Körnungslinie

5. Wasserverhältnisse

Während der Aufschlussarbeiten im September 2007 wurde Wasser in Tiefen zwischen 0,30 und 1,10 m unter OK Gelände angetroffen. Bezogen auf das Höhensystem lag der Wasserspiegel auf dem Niveau zwischen +0,1 m HN und -1,6 m HN.

In den Profilzeichnungen der Anlage 2 sind die Wasseranschnitte und der Wasserspiegel nach Beendigung der Aufschlussarbeiten dargestellt.

Die aus der BS 33/07 entnommene und chemisch untersuchte Wasserprobe ergab folgende Ergebnisse:

Betonaggressivität nach DIN 4030: schwach angreifend

Stahlkorrosivität nach DIN 50 929 Teil 3:

- Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeit für niedrig und unlegierte Stähle:

	<u>Mulden- und Lochkorrosion</u>	<u>Flächenkorrosion</u>
Unterwasserbereich:	mittel	gering
Wasser-Luft-Bereich:	mittel	gering

- Beurteilung der Güte von Deckschichten auf feuerverzinkten Stählen

Unterwasserbereich: gut

Wasser-Luft-Bereich: befriedigend

6. Charakteristischen Bodenkennwerte

In der Tabelle 6 sind die charakteristischen Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen angegeben. Die genauen Schichtenfolgen sind den jeweiligen Profilen der Anlage 2 zu entnehmen.

Tabelle 6: Charakteristische Bodenkennwerte

Bodenart	Bodengruppe	γ_k kN/m ³	γ'_k kN/m ³	ϕ'_k °	c'_k kN/m ²	$c_{u,k}$ kN/m ²	$E_{s,k}$ MN/m ²
Aufschüttung (vorh. Deich)	[SE, SU*, ST]	18	9,5	33	-	-	15
Aufschüttung	[SE, OH]	16,5	9	28	-	-	5
Mutterboden	OH	16	9	25	-	-	5
Torf, sandig (Geländedeckschicht)	HZ	11	2	15	3	8	0,3
Sande oberhalb organischer Böden bzw. bis -5,50 m HN	SE, SU selten SU* (mitteldicht - dicht)	19	9,5	30	-	-	25
Torf und Mudde, sandig Wiesenkalk	HZ, F, OK	11	2	15	3	20	1,0
Sande unterhalb organischer Böden bzw. ab -5,50 m HN	SE, SU selten SU* (dicht)	19	9,5	32	-	-	40
Schluff, sandig tlw. schwach tonig	UL - UM	18	9	24	2	-	15

Werden als Schüttstoff für den geplanten Damm schwach schluffige bis schluffige Mittelsande (SU, SU*) eingebaut, können die folgenden charakteristischen Berechnungswerte angenommen werden:

- Damm:
- schwach schluffiger bis schluffiger Mittelsand (SU, SU*)
nach DIN 18 196
 - Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 95 \%$
 - $\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$
 - $\gamma' = 9,5 \text{ kN/m}^3$
 - $\varphi'_k = 32^\circ$
 - $c'_k = 0$

7. Schlussfolgerungen

7.1 Gründung des Dammes

Im Bereich der geplanten Trasse stehen in der Regel unterhalb des Mutterbodens Sande und organische Böden wie Mudde und Torf unterschiedlicher Mächtigkeiten an. Die Sande sind als Gründung für den Damm geeignet. Bei den organischen Böden (sandige Mudden und Torfe) handelt es sich um Weichschichten, einen gering tragfähigen Baugrund. Durch die überlagernden Sande sind die organischen Weichschichten gering vorbelastet, bei zusätzlicher Belastung jedoch durch ein ausgeprägtes Langzeitsetzungsverhalten gekennzeichnet.

Die Dämme können unter Berücksichtigung einer angepassten Schütttechnologie und ausgleichender Maßnahmen von Setzungen und Setzungsdifferenzen ab der Geländeoberfläche gegründet werden.

Sofern der anstehende Mutterboden abgetragen und zum Andecken der Böschungen verwendet werden muss, ist zu beachten, dass schon wenige Dezimeter unter OK Gelände mit Grundwasser zu rechnen ist.

7.1.1 Setzungen des Dammes

Die auftretenden Gesamtsetzungen sind abhängig von der unterschiedlichen Mächtigkeit der organischen Böden sowie der Mächtigkeit der überlagernden Sande. Es sind Verformungen zu unterscheiden, die sofort während des Schüttvorganges auftreten (Sofort- oder Initialsetzungen), zweitens Primärsetzungen, hervorgerufen durch die Konsolidierung der Mudde und des Torfes und drittens lang anhaltende Sekundärsetzungen.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Untergrundverhältnisse und der unter Pkt. 6 angegebenen Berechnungswerte der maßgebenden Baugrundsichten sowie einer maximalen geplanten Dammhöhe von 1,50 m wurden überschlägige Setzungsberechnungen durchgeführt.

In der nachfolgenden Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Berechnungen, der auftretenden Gesamtsetzungen zusammengestellt.

Tabelle 7: Ergebnisse der Setzungsberechnungen

Station	Setzungsbetrag in Dammachse [cm]	Setzungsbetrag am Dammfuß [cm]
0+300	13,0	3,1
0+525	9,4	2,8
1+745	8,9	1,0
1+975	4,6	2,2

Sofern in der Anfangsphase Ausbesserungsarbeiten infolge auftretender Setzungen nicht möglich oder nur unter erschwerten Bedingungen möglich sind, wird eine Überschüttung der Dammkrone empfohlen.

Zur Vermeidung unberechenbarer Verdrängungserscheinungen sollte das Aufbringen des Dammmaterials wie geplant als Vorkopfschüttung, lagenweise über die gesamte Dammbreite mit Schüttilagen von 0,50 m erfolgen. Punktförmige Schüttungen sind zu vermeiden.

7.1.2 Standsicherheit

Unter Berücksichtigung des vorhandenen Schichtenaufbaus wurden vorläufige Standsicherheitsberechnungen als Böschungs- und Geländebruchberechnungen nach dem gültigen Teilsicherheitskonzept der DIN 1054 für die luft- und wasserseitige Böschung durchgeführt. Im Rahmen der weiteren Planungen sind hier detaillierte Berechnungen erforderlich.

Unter Berücksichtigung der geplanten Geometrie und vorhandenen Baugrundsichtung erfolgten die Berechnungen für den Fall der Anfangsstandsicherheit und der Endstandsicherheit (Zustand der abgeschlossenen Primärkonsolidierung).

Unter Ansatz eines sich ausbildenden, die Scherfestigkeit abmindernden Porenwasserüberdruckes in der Weichschicht wurde die Standsicherheit des 1,50 m hohen Dammes (luft- und wasserseitig) mit einem Ausnutzungsgrad < 1 nachgewiesen.

Die Standsicherheitsberechnungen sind als Anlage 5 dem Gutachten beigelegt.

Die Gleitsicherheit des Deiches konnte nachgewiesen werden. Von Vorteil ist hierbei die gewählte Geometrie des Deiches mit den sehr flachen Böschungsneigungen.

7.1.3 Sickerverluste

Zur Ermittlung der Sickerverluste wurden orientierende Durchströmungsberechnungen mit der Software GGU-flow 2 durchgeführt. In den orientierenden Berechnungen wurden Durchlässigkeitsbeiwerte von $k = 1 \cdot 10^{-4}$ m/s und $1 \cdot 10^{-5}$ m/s angenommen. Es ergeben sich folgende Wassermengen:

$$k = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \quad Q = 1,7 \text{ m}^3/\text{d je lfdm Damm}$$

$$k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s} \quad Q = 0,17 \text{ m}^3/\text{d je lfdm Damm}$$

7.2 Gründung des Sperrwerkes

7.2.1 Gründungsart und -tiefe

Maßgebend für den Standort des Sperrwerkes sind die BS 32/07 und BS 33/07. Unterhalb der geplanten Betonsohle des Sperrwerkes stehen 2 m mächtige dicht gelagerte Sande an. Diese sind als Gründungsschicht geeignet. In weiterer Tiefe folgt eine ca. 3,5 m mächtige sandige Mudde, deren Schichtunterkannte auf dem Niveau von -8,3 m HN liegt. Die Mudde wird bis zur Endaufschlusstiefe von Sanden und Schluffen unterlagert.

Bei der geplanten Gründungstiefe von 3,0 m unter der vorhandenen Geländeoberfläche beträgt die Vorlast aus den anstehenden Sanden ca. 30 kN/m². Die aus der 0,5 m mächtigen Betonsohle des Sperrwerkes resultierende Bodenpressung beträgt somit etwa 12,5 kN/m². Zusätzliche Lasten werden demzufolge nicht aufgebracht. Somit sind keine oder nur sehr geringe Setzungen zu erwarten und die geplante Flachgründung ist möglich.

7.2.2 Baugrubenverbau und Rammpbarkeit

Die Spundbohlen für den Baugrubenverbau (Bauzustand) sind ausreichend tief in den Schluff herunterzuführen und gegen hydraulischen Grundbruch zu bemessen. Die unter Pkt. 6.2 der Tabelle 6 angegebenen charakteristischen Bodenkennwerte können zur Ermittlung der statisch erforderlichen Einbindelänge in Ansatz gebracht werden.

Zur Beurteilung der Rammpbarkeit der Böden wird nachfolgend die Schwere der Rammung nach EAU 2004 (E 154) angegeben:

Tabelle 8 Rammpbarkeit

Bodenart nach DIN 18 196	Lagerungsverhältnisse	Rammpbarkeit
SE, SU	mitteldicht	mittelschwer
F, HZ, HN, sandig	weich	leicht
SE, SU	dicht	mittelschwer - schwer
UL, UM	weich bis steif	mittelschwer - schwer

7.2.3 Bodenklassen

Die Böden werden nach DIN 18 300 folgenden Bodenklassen zugeordnet.

Tabelle 9 Bodenklassen

Bodenart nach DIN 18 196	Bodenklassen nach DIN 18 300
SE, SU	3
F, HZ, HN, sandig	2 - 3
UL, UM	4

7.2.4 Baugrube / Wasserhaltung

Die Auftriebssicherheit der Sohle ist für alle relevanten Bauzustände und den Endzustand nachzuweisen. Sollte dieser Nachweis durch Eigengewicht der Konstruktion und Auflast nicht zu erbringen sein, so ist die ausreichende Auftriebssicherheit durch geeignete bauliche Maßnahmen wie Anker bzw. Ankerpfähle herzustellen.

Innerhalb des wasserdichten Spundwandkastens ist das Grundwasser mittels geschlossener Wasserhaltung abzusenken. Die Anordnung der Absenkb Brunnen ist grundsätzlich innerhalb der Baugrube möglich.

Möglich ist ebenfalls die Herstellung der Gründung des Sperrwerkes als Unterwasserbetonsohle. Hier beschränkt sich die Wasserhaltung auf das Lenzen der Baugrube nach Herstellen der Auftriebssicherheit der Sohle.

BAUGRUND STRALSUND



Dipl.-Ing. H. Chamier

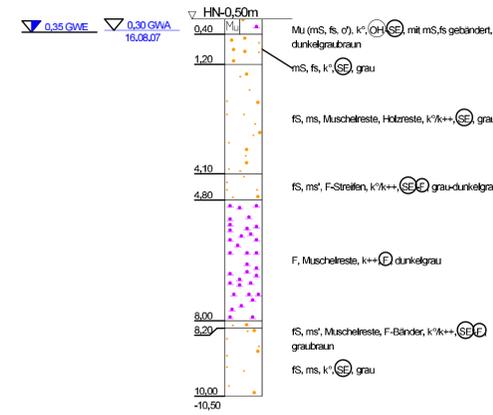
i.A.



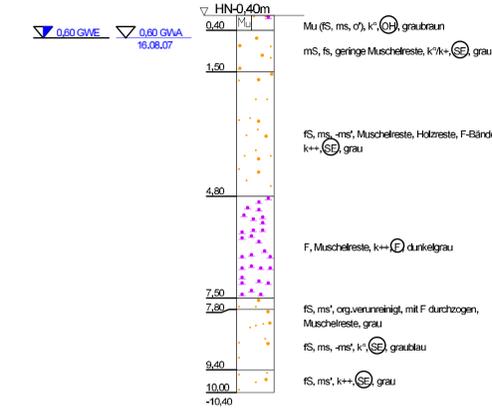
Dipl.-Ing. (FH) E. Struck



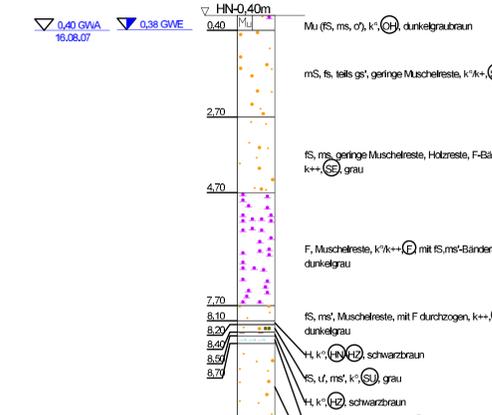
BS 17/07
km 1+215



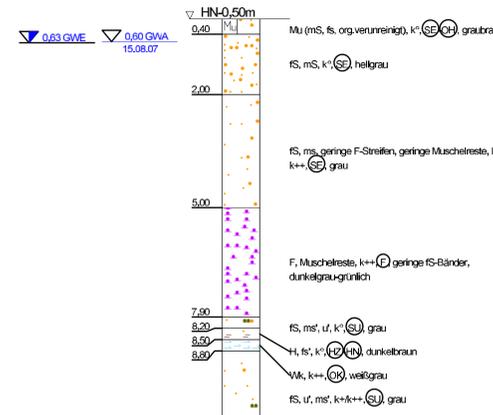
BS 18/07
km 1+290



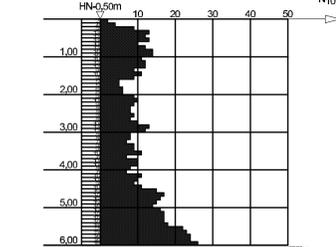
BS 19/07
km 1+360



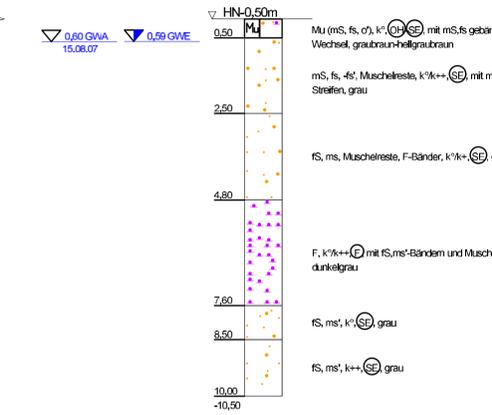
BS 20/07
km 1+440



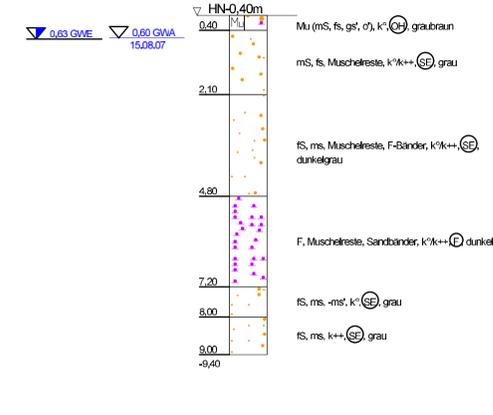
DPL-5 20/07
km 1+440



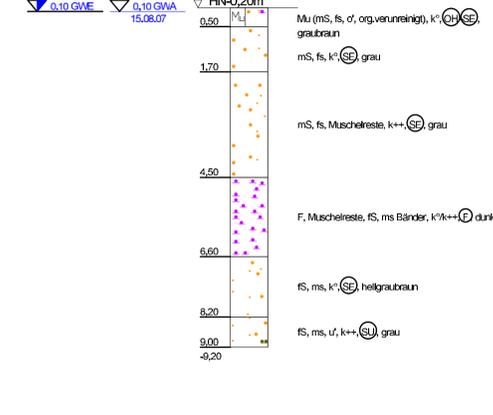
BS 21/07
km 1+515



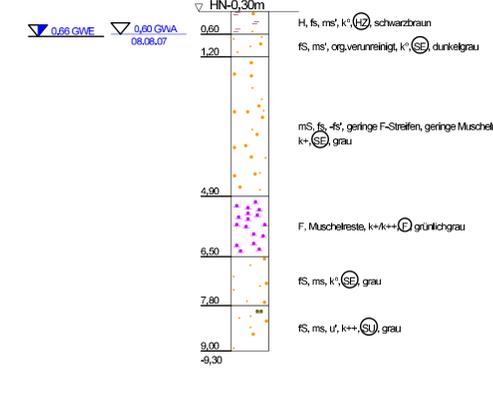
BS 22/07
km 1+590



BS 23/07
km 1+670



BS 24/07
km 1+745



- ZEICHENERKLÄRUNG (DIN 4023/4094)**
UNTERSUCHUNGSSTELLEN
- SCH Schurf
 - B Bohrung
 - BK Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung
 - BP Bohrung mit Gewinnung nicht gekernter Proben
 - BuP Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben
 - BS/RKS Kleinbohrung DIN 4020
 - DPL-5/LRS Leichte Rammsonde DIN 4094
 - DPH/SRS Schwere Rammsonde DIN 4094
 - CPT/DS Drucksonde DIN 4094

- PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER**
Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab.1
- Grundwasser angebohrt
 - Grundwasser nach Bohrende
 - Ruhewasserstand
 - Schichtwasser
 - Sonderprobe
 - Bohrprobe (Eimer 5 l)
 - Bohrprobe (Glas 0.7 l)
 - k.GW kein Grundwasser
 - Verwachsene Bohrkernprobe

BODENARTEN

Auffüllung	mit Blöcken	A	y
Blöcke		Y	y
Geschiebelehm		Lg	
Geschiebemergel	mergelig	Mg	me
Kies	kiesig	G	g
Mudde	organisch	F	o
Mutterboden		Mu	
Sand	sandig	S	s
Schluff	schluffig	U	u
Steine	steinig	X	x
Ton	tonig	T	t
Torf	humos	H	h

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	grob

KONSISTENZ

brg	breig	wch	weich
stf	stif	hstf	halbfest
fst	fest		

BODENGRUPPE nach DIN 18 196 (UL) = leicht plast. Schluffe

RAMMSONDERUNG NACH DIN 4094

DPH 10	DPH 15
300 cm	420 cm
1500 cm	1500 cm
220 cm	320 cm
300 cm	500 cm
500 cm	500 cm

NEBENANTEILE

- schwach (< 15 %)
- stark (ca. 30-40 %)
- sehr schwach; sehr stark

KALKGEHALT

- k' kalkfrei
- k+ kalkhaltig
- k++ stark kalkhaltig

BODENKLASSE nach DIN 18 300 (A) = Klasse 4

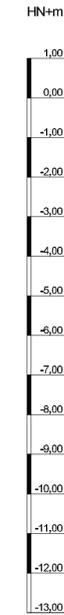
Nr.	Art der Änderung	Datum	Zeichen
-----	------------------	-------	---------

BAUGRUND STRALSUND
INGENIEURGESELLSCHAFT mbH
FÜR GEO- UND UMWELTECHNIK
18437 Stralsund C.-Heydemann-Ring 55
Tel. 03831/2635-0 Fax: 03831/294044

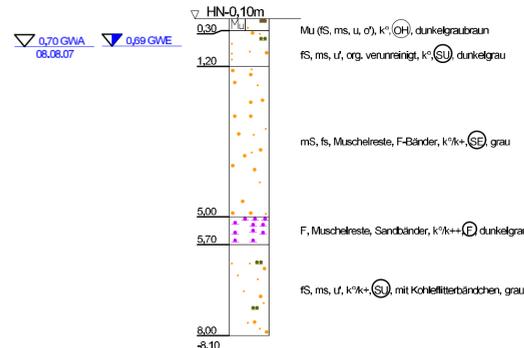
Born
Renaturierung Polder Werre
Ausgleich und Ersatzmaßnahme
Sondierprofile
BS 17 - 24/07
DPL-5 20/07

MASSSTAB: 1:100	DATUM: 05.08.2007	PROJEKT-NR.: 07/2102
BLATTGRÖSSE [m²]: 1494mm*297mm=0,44m²	GEZEICHNET: SchI. GEPRÜFT:	ANLAGE: 2 Blatt 3

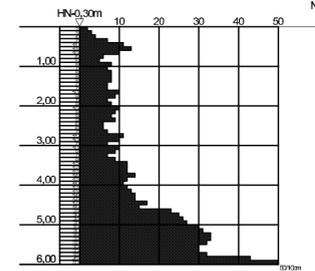
Copyright © 1994/2007 DWT GmbH + Z-2007/07/2102_Baugrund/Born/07/2102_3.jpg



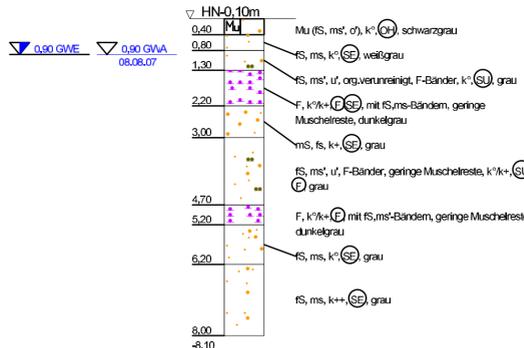
BS 25/07
km 1+820



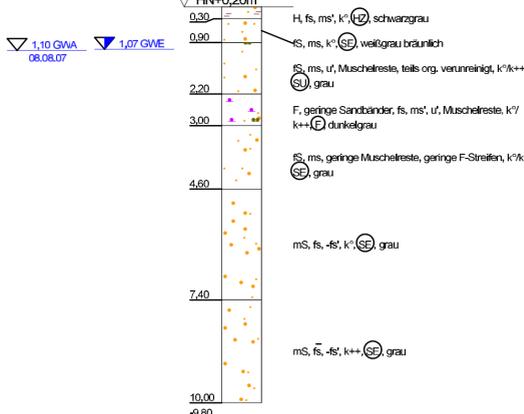
DPL-5 25/07
km 1+820



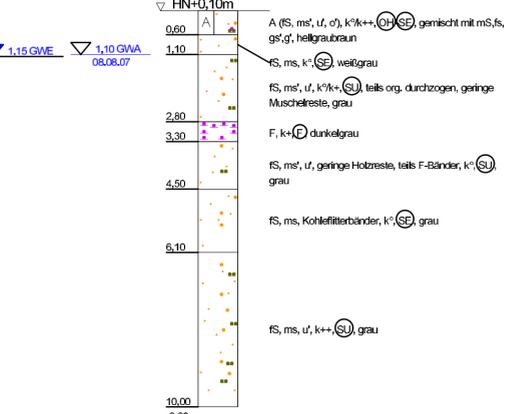
BS 26/07
km 1+900



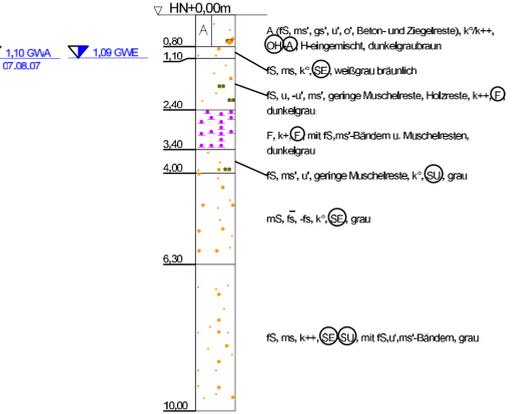
BS 27/07
km 1+975



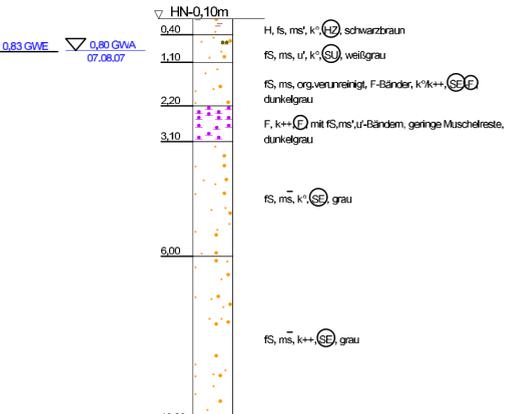
BS 28/07
km 2+050



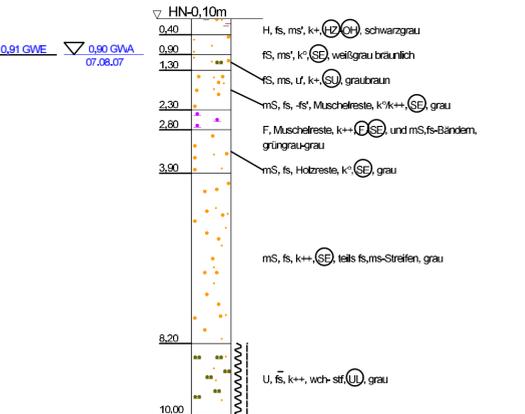
BS 29/07
km 2+125



BS 30/07



BS 31/07



ZEICHENERKLÄRUNG (DIN 4023/4094)
UNTERSUCHUNGSSTELLEN

- SCH Schurf
- B Bohrung
- BK Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung
- BP Bohrung mit Gewinnung nicht gekernter Proben
- BuP Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben
- BS/RS Kleinbohrung DIN 4020/4021
- BS/SS Kleinbohrung DIN 4020
- DPL-5/LRS Leichte Rammsonde DIN 4094
- DPH/SRS Schwere Rammsonde DIN 4094
- CPT/DS Drucksonde DIN 4094

PROBENNAHME UND GRUNDWASSER
Proben-Gütekategorie nach DIN 4021 Tab.1

- ▽ Grundwasser angebohrt
- ▽ Grundwasser nach Bohrende
- ▽ Ruhewasserstand
- ▽ Schichtwasser
- ▽ Sonderprobe
- ▽ Bohrprobe (Eimer 5 l)
- ▽ Bohrprobe (Glas 0.7 l)
- k.GW kein Grundwasser
- ▽ Verwachsene Bohrkernprobe

BODENARTEN

Auffüllung	mit Blöcken	A	y
Geschiebelehm	mergelig	Lg	me
Kies	kiesig	G	g
Mudde	organisch	F	o
Mutterboden		Mu	
Sand	sandig	S	s
Schluff	schluffig	U	u
Steine	steinig	X	x
Ton	tonig	T	t
Torf	humos	H	h

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	groß

KONSISTENZ

brg	breig	wch	weich
stf	stif	hst	halfest
fst	fest		

BODENGRUPPE nach DIN 18 196 (UL = leicht plast. Schluffe)

NEBENANTEILE

-	schwach (< 15 %)
+	stark (ca. 30-40 %)
++	sehr schwach; " sehr stark

KALKGEHALT

k ⁰	kalkfrei
k ⁺	kalkhaltig
k ⁺⁺	stark kalkhaltig

BODENKLASSE nach DIN 18 300 (4) = Klasse 4

RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe	DPL 10	DPH 10	DPH 15
Schlaganzahl	3,07 cm	3,00 cm	4,37 cm
Schlagenergie	50,0 cmf	10,00 cmf	15,00 cmf
Geschwindigkeit	2,20 cm	2,20 cm	3,20 cm
Rammgewicht	50,0 kg	20,00 kg	50,00 kg
Fällhöhe	50,0 cm	20,00 cm	50,00 cm

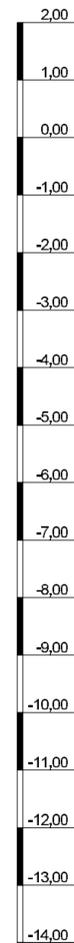
BOHRKERNSAMMELUNG NACH DIN 4094

5/97	0,35-0,80 13 Bohrl.00m	offene Spitze
5/97	1,65-2,00 15 Bohrl.00m	geschlossene Spitze
9/76		

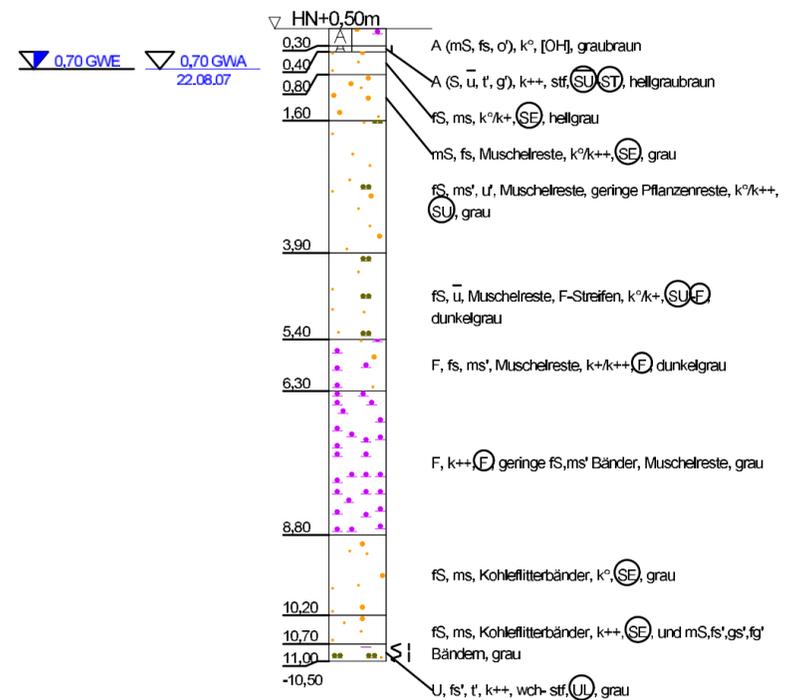
Nr.	Art der Änderung	Datum	Zeichen
BAUGRUND STRALSUND			
INGENIEURGESELLSCHAFT mbH FÜR GEO- UND UMWELTECHNIK			
18437 Stralsund C.-Heydemann-Ring 55 Tel. 03831/2635-0 Fax: 03831/294044			
Bom Renaturierung Polder Werre Ausgleich und Ersatzmaßnahme			
Sondierprofile BS 25 - 31/07 DPL-5 25/07			
MASSSTAB: 1:100	DATUM: 05.08.2007	PROJEKT-NR.: 07/2102	
BLATTGRÖSSE [m²]: 1347mm*297mm=0,40m²	GEZEICHNET: Schl. GEPRÜFT:	ANLAGE: 2 Blatt 4	

Copyright © 1994-2007 DTAI GmbH - Z-2007-07-2102-Gebiet-Werre-2102-4.jpg

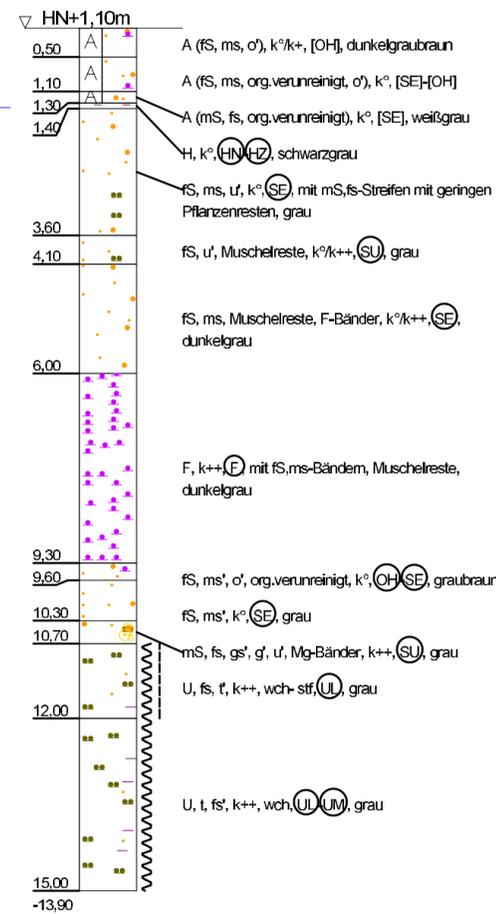
HN+m



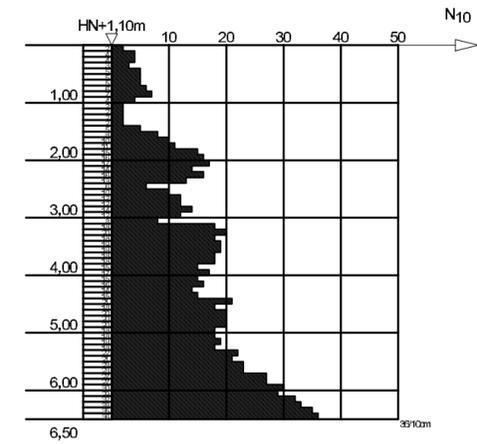
BS 33/07 gepl. Sperwerk



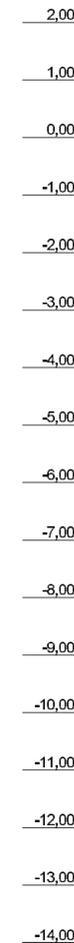
BS 32/07 gepl. Sperwerk



DPL-5 32/07



HN+m



ZEICHENERKLÄRUNG (DIN 4023/4094)

- UNTERSUCHUNGSSTELLEN**
- SCH Schurf
 - B Bohrung
 - BK Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung
 - BP Bohrung mit Gewinnung nicht gekernter Proben
 - BuP Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben
 - BS/RKS Kleinbohrung DIN 4020/4021
 - BS/SS Kleinbohrung DIN 4020
 - DPL-5/LRS Leichte Rammsonde DIN 4094
 - DPH/SRS Schwere Rammsonde DIN 4094
 - CPT/DS Drucksonde DIN 4094

- PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER**
Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab.1
- Grundwasser angebohrt
 - Grundwasser nach Bohrende
 - Ruhwasserstand
 - Schichtwasser
 - Sonderprobe
 - Bohrprobe (Eimer 5 l)
 - Bohrprobe (Glas 0.7 l)
 - k.GW kein Grundwasser
 - Verwachsene Bohrkernprobe

BODENARTEN

Auffüllung		A	
Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Geschiebelehm		Lg	
Geschiebemergel	mergelig	Mg me	
Kies	kiesig	G g	
Mudde	organisch	F o	
Mutterboden		Mu	Mu
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Steine	steinig	X x	
Ton	tonig	T t	
Torf	humos	H h	

KORNGRÖßENBEREICH

f fein
m mittel
g grob

KONSISTENZ
brg breiig wch weich
stf steif hfst halbfest
fst fest

BODENGRUPPE nach DIN 18 196:UL = leicht plast. Schluffe

RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe			
	DPL 10	DPM 10	DPH 15
Spitzendurchmesser	3,57 cm	3,56 cm	4,37 cm
Spitzenquerschnitt	10,00 cm²	10,00 cm²	15,00 cm²
Gestängeldurchmesser	2,20 cm	2,20 cm	3,20 cm
Rammhämmergewicht	10,00 kg	30,00 kg	50,00 kg
Fällhöhe	50,0 cm	20,00 cm	50,00 cm

NEBENANTEILE

schwach (< 15 %)
stark (ca. 30-40 %)
sehr schwach; = sehr stark

KALKGEHALT
k° kalkfrei
k+ kalkhaltig
k++ stark kalkhaltig

BODENKLASSE nach DIN 18 300:4 = Klasse 4

BOHRLÖCHRAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe	
Bohrloch	Bohrloch
0,35-0,20 13 Schl./30cm	offene Spitze
5/6/7	
1,55-2,00 15 Schl./30cm	geschlossene Spitze
6/7/8	

Nr.	Art der Änderung	Datum	Zeichen

BAUGRUND STRALSUND **INGENIEURGESELLSCHAFT mbH**
FÜR GEO- UND UMWELTECHNIK
 18437 Stralsund C.-Heydemann-Ring 55 Tel. 03831/2635-0 Fax: 03831/294044

Born
Renaturierung Polder Werre
Ausgleich und Ersatzmaßnahme
 Sondierprofile im Bereich des geplanten Sperwerkes
 BS 32 -33/07
 DPL-5 32/07

MASSSTAB: 1:100	DATUM : 05.08.2007	PROJEKT-NR.: 07/2102
BLATTGRÖSSE [m²]: 642mm*297mm=0,19m²	GEZEICHNET: Schl. GEPRÜFT:	ANLAGE: 2 Blatt 5