



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU

Bundesanstalt für Wasserbau · Außenstelle Küste
Wedeler Landstr. 157 · 22559 Hamburg

Wasser- und Schiffsamt Stralsund
Greifswalder Chaussee 65b
18439 Stralsund

Datum: 1998-10-01

Geschäftszeichen (bitte bei Antwort angeben)

K1-Eiß/hs

Telefon: (040) 8 19 08 - 3 02

Telefax: (040) 8 19 08 - 3 73

e-mail: eissfeldt@hamburg.baw.de

Ihr Zeichen:

Handwritten signature and initials
4-2

Neubau der Kaianlage Bauhof/ABZ Warnemünde - Beurteilung der Pfahltragfähigkeit Telefonat zwischen Herrn Michaelis (WSA) und Herrn Eißfeldt (BAW-AK)

Das WSA Stralsund hat die Ausführung für den Neubau der o. g. Kaianlage vergeben. Im Rahmen der statischen Berechnungen stellt das WSA Stralsund nun die Frage, ob die ausgeschriebenen Probelastungen zum Nachweis der Pfahltragfähigkeiten erforderlich sind.

Im BAW-Baugrund- und Gründungsgutachten wurden in Tabelle 4 empfohlene Grenzwerte für Mantelreibung und Spitzendruck zur Bemessung der geramnten Stahlträgerpfähle angegeben. Im Gutachten wurde allerdings darauf hingewiesen, daß diese Grenzwerte durch zwei Pfahlprobelastungen nachzuweisen sind.

Zwischenzeitlich liegen bei der BAW weitere Erfahrungen über Pfahltragfähigkeiten im Bereich der Zufahrt zum Seehafen Rostock vor, so daß auf die ausgeschriebene Probelastung verzichtet werden kann, wenn die in Tabelle 4 angegebenen Grenzwerte für Mantelreibung und Spitzendruck der Pfahlbemessung zugrunde gelegt werden. Höhere Grenzwerte für Mantelreibung und Spitzendruck können nur dann angesetzt werden, wenn statische Probelastungen in vergleichbaren Baugrundverhältnissen durchgeführt wurden. Sofern diese statischen Probelastungen bei der ausführenden Firma vorliegen, sollten sie uns vor den erdstatischen Berechnungen zur Beurteilung vorgelegt werden.

Dienstgebäude
Kußmaulstr. 17
76187 Karlsruhe

☎ (0721) 97 26 - 0
Fax (0721) 97 26 - 454
e-mail info@karlsruhe.baw.de

Konten
Landeszentralbank Karlsruhe 660 010 04
(BLZ 660 000 00)

Wedeler Landstr. 157
22559 Hamburg

☎ (040) 8 19 08 - 0
Fax (040) 8 19 08 - 373
e-mail info@hamburg.baw.de

PGiroA Karlsruhe 177 77 - 750
(BLZ 660 100 75)

Alt Stralau 44
10245 Berlin

☎ (030) 29 79 - 0
Fax (030) 29 79 - 32 08
e-mail info@berlin.baw.de

Die empfohlenen Grenzwerte für Mantelreibung und Spitzendruck der Tabelle 4 des BAW-Baugrund- und Gründungsgutachtens können ohne Probelastungen der Bemessung zugrunde gelegt werden.

Für Rückfragen stehen wir zur Verfügung.

Im Auftrag



Eißfeldt

Vorab per Fax 0 38 31 / 2 49 - 3 09

Bundesanstalt für Wasserbau

Bundesanstalt für Wasserbau · Außenstelle Küste
Wedeler Landstraße 157 · 2000 Hamburg 56

Neue Postleitzahl:
22559 Hamburg

Wasser- und Schiffsamt
Stralsund
Frankendamm 28

WSA Stralsund	
3767 0 2. NOV. 1993	
Az.:	Anl.:
	- 3 -

18439 Stralsund

Ihre Zeichen und Nachricht vom

Mein Zeichen (bei Antwort angeben)

(0 40) 8 19 08 - 0

Tag

K1-956/93-Re/di
- 9251 3547 -

App.:

309

24
24
29.10.93

Betr.: UFERSPUNDWAND UND ANLEGEBRÜCKE AM PINNENGRABEN
Baugrund- und Gründungsgutachten
Bezug: Ihr Auftrag vom 27.01.93, Az. 2-231.2/40I
Anlage: o.a. Gutachten, dreifach

Anliegend übersenden wir Ihnen das o.a. Gutachten in dreifacher Ausfertigung.

Die Mutterpause der Anlage 1 erhalten Sie mit gesonderter Post.

Im Auftrag



(Dipl.-Ing. Reich)

Dienstgebäude
Kußmaulstraße 17
Karlsruhe 21

Wedeler Landstraße 157
Hamburg 56

Fernsprecher
(07 21) 97 26 - 0

Telefax
(07 21) 97 26 - 454

Telefax
Post (0 40) 8 19 08 - 373
WF 947 - 870 373

Kasse
Bundeskasse Karlsruhe
Moltkestraße 22
Postfach 48 09
7500 Karlsruhe
(07 21) 135 - 1

Konten
Landeszentralbank Karlsruhe 660 010 04
(BLZ 660 000 00)
PGiroA Karlsruhe 177 77-750
(BLZ 660 100 75)

Bundesanstalt für Wasserbau

Bundesanstalt für Wasserbau · Außenstelle Küste
Wedeler Landstraße 157 · 2000 Hamburg 56

Neue Postleitzahl:
22559 Hamburg

Wasser- und Schifffahrtsamt
Stralsund
Frankendamm 28

18439 Stralsund

WSA Stralsund	
3767 0 2. NOV. 1993	
Az.:	Anl.:
	-3-

24

Ihre Zeichen und Nachricht vom Mein Zeichen (bei Antwort angeben) ☎ (0 40) 8 19 08 - 0 Tag
App.: 309 29.10.93
K1-956/93-Re/di
- 9251 3547 -

Betr.: UFERSPUNDWAND UND ANLEGEBRÜCKE AM PINNENGRABEN
 Baugrund- und Gründungsgutachten
Bezug: Ihr Auftrag vom 27.01.93, Az. 2-231.2/40I
Anlage: o.a. Gutachten, dreifach

Anliegend übersenden wir Ihnen das o.a. Gutachten in dreifacher Ausfertigung.

Die Mutterpause der Anlage 1 erhalten Sie mit gesonderter Post.

Im Auftrag



(Dipl.-Ing. Reich)

Dienstgebäude
Kußmaulstraße 17
Karlsruhe 21

Fernsprecher
(07 21) 97 26 - 0

Telefax
(07 21) 97 26 - 454

Kasse
Bundeskasse Karlsruhe
Moltkestraße 22
Postfach 48 09
7500 Karlsruhe
☎ (07 21) 135 - 1

Konten
Landeszentralbank Karlsruhe 660 010 04
(BLZ 660 000 00)
PGiroA Karlsruhe 177 77-750
(BLZ 660 100 75)

Wedeler Landstraße 157
Hamburg 56

Telefax
Post (0 40) 8 19 08 - 373
WF 947 - 870 373

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU

(BAW)

UFERSPUNDWAND UND ANLEGEBRÜCKE
AM PINNENGRABEN
Baugrund- und Gründungsgutachten

Ausbau des Liegehafens Pinnengraben Warnemünde
Umbau Poller und Fender (Los 1 und 2)

Anlage 08 zur Baubeschreibung
Baugrundgutachten Ufereinfassung



Auftraggeber : Wasser- und Schiffsamt Stralsund
Auftrag vom : 27.01.93, Az. 2-231.2/40I
Auftrags-Nr. : 9251 3547
Seitenzahl : 17
Zahl der Anlagen : 7
Aufgestellt von : Außenstelle Küste
Referat Erd- und Grundbau
Bearbeiter : Dipl.-Ing. Reich

Hamburg, den 29. Oktober 1993

K1-956/93-Re/hs - 9251 3547

Das Gutachten darf nur ungekürzt vervielfältigt werden. Die Vervielfältigung und eine Veröffentlichung bedürfen der schriftlichen Genehmigung der BAW.

ZUSAMMENFASSUNG

Das WSA Stralsund plant den Neubau einer ca. 100 m langen Ufer-spundwand und einer daran anschließenden ca. 45 m langen Anlege-brücke am Pinnengraben auf dem Gelände des Bauhofs Warnemünde. Die BAW-AK wurde damit beauftragt, ein Baugrund- und Gründungs-gutachten zu erstellen.

Der Baugrund wurde durch fünf Aufschlußbohrungen erkundet. Dem-nach ergibt sich folgender Baugrundaufbau:

- Mudde sehr weicher Konsistenz mit Sandeinlagerungen
- Geschiebemergel zunächst halbfester und mit zunehmender Tiefe fester Konsistenz

Die Bodenproben wurden einer kornanalytischen Bodenansprache unterzogen. An repräsentativen Bodenproben wurden bodenmechani-sche Laborversuche durchgeführt. Für die erbohrten Schichten sind Bodenkennwerte angegeben, so daß Profile für erdstatische Berechnungen zur Verfügung stehen.

Für den Entwurf, die Bemessung und die Ausführung der Spundwand und der Anlegebrücke werden Empfehlungen gegeben. Demnach bietet sich eine rückwärtig verankerte Spundwand oder eine überbaute Spundwand mit tiefgegründeten Stahlbetonbohlen an.

INHALT

1	VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG	5
2	UNTERLAGEN	5
3	BAUWERK	5
4	BAUGRUND	6
	4.1 Aufschlüsse	6
	4.2 Benennung bindiger Bodenarten	6
	4.3 Bewertung der Konsistenz	7
	4.4 Baugrundaufbau	8
	4.5 Bodenmechanische Versuche	9
	4.6 Empfohlene Bodenkennwerte	10
5	GRUNDWASSER	12
6	EMPFEHLUNGEN	12
	6.1 Spundwand	12
	6.2 Anlegebrücke	17

ANLAGEN

- Anlage 1: Bohr- und Sondierergebnisse
- Anlage 2: Repräsentative Kornverteilungskurven aus der Mudde
- Anlage 3: Repräsentative Kornverteilungskurven aus den eingelagerten Sanden
- Anlage 4: Repräsentative Kornverteilungskurven aus dem Geschiebemergel
- Anlage 5: Laborversuchsergebnisse der Mudde
- Anlage 6: Laborversucher des Geschiebemergels
- Anlage 7: Steifemodule der Mudde

LITERATUR

- 1) SCHUPPENER, B. und KIEKBUSCH, M.: Plädoyer für die Abschaffung und den Ersatz der Konsistenzzahl, Geotechnik 4/1988
- 2) SCHENCK, W: Spitzendruck E_{sf} und Mantelreibung τ_{mf} nach Erfahrungen aus Probelastungen für Ramppfähle, 1966; in: Grundbautaschenbuch, 3. Aufl., T. 2, S. 485, Tabelle 2
- 3) FRANKE, E.: Allgemeine Hinweise zur rechnerischen Ermittlung der Mantelreibung τ_{mf} im Bruchzustand; in: Grundbautaschenbuch, 3. Aufl., T. 2, S. 481 ff.

1 VERANLASSUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Das WSA Stralsund plant, auf dem Gelände des Bauhofs Warnemünde am Ufer des Pinnengrabens eine etwa 100 m lange Uferspundwand mit einer daran anschließenden ca. 45 m langen Anlegebrücke zu errichten. Dadurch sollen für die Schiffe des WSA neue Liegeplätze geschaffen werden (siehe Lageplan Anlage 1). Die BAW-AK wurde damit beauftragt, für die o.g. Baumaßnahme ein Baugrund- und Gründungsgutachten zu erstellen. Auf Grundlage des Gutachtens sollen dann der Entwurf und die Bemessung der Bauwerke erfolgen.

2 UNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Lageplan im Maßstab 1:500
- 1 Querprofil vom geplanten Geländesprung im Maßstab 1:100
- 3 Anlagen aus Baugrundgutachten vom Bauhofgelände Warnemünde

Vom Bohrunternehmer, der Firma Vormann & Partner, Stralsund, erhielten wir:

- 83 Bodenproben der Güteklasse 3 bis 4 (Bohrproben) gemäß DIN 4021
- 38 Bodenproben der Güteklasse 1 bis 2 (Sonderproben) gemäß DIN 4021 und
- die Schichtenverzeichnisse der Bohrungen B1, WB2, B3, WB4 und WB5.

Auf Grundlage der vorgenannten Unterlagen sowie der Bohrergebnisse werden die nachfolgenden Aussagen gemacht.

3 BAUWERK

Das WSA Stralsund plant, eine neue Spundwand vor die derzeit bestehenden Uferbefestigungen zu rammen und den dazwischenliegenden Bereich zu verfüllen. Außerdem ist eine großflächige Geländeaufhöhung bis NN + 2,30 m vorgesehen. Der Geländesprung

an der Spundwand soll ca. 10,8 m betragen (siehe Bild 1). An die ca. 100 m lange Spundwand soll eine ca. 45 m lange Anlegebrücke anschließen, die nach Angaben des WSA auf Pfählen gegründet werden soll.

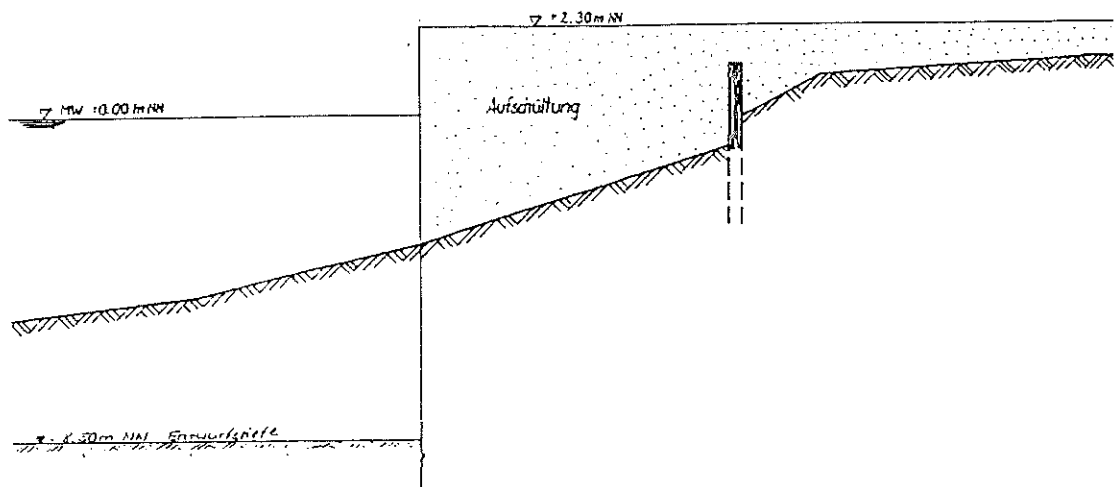


Bild 1: Querschnitt durch die geplante Uferspundwand

4 BAUGRUND

4.1 Aufschlüsse

Zur Erkundung des Schichtenaufbaus wurden insgesamt fünf Bohrungen abgeteuft, die bis in Tiefen von NN - 13,3 m bis NN - 17,4 m reichen. Die Bohrungen B1 und B3 wurden als Land- und die Bohrungen WB2, WB4 und WB5 als Wasserbohrungen ausgeführt. Die Lage der Bohransatzpunkte ist dem Lageplan auf der Anlage 1 zu entnehmen.

4.2 Benennung bindiger Bodenarten

Die entnommenen Bodenproben wurden in der BAW-AK einer kornanalytischen Bodenansprache unterzogen, deren Ergebnisse als Bohrprofile auf der Anlage 1 dargestellt sind.

Abweichend von den Empfehlungen der DIN 4022 "Benennen und Beschreiben von Boden und Fels" werden die bindigen Bodenarten gemäß ihrer Kornzusammensetzung oder nach ihrer geologischen Entstehung benannt. Bei der geologischen Bezeichnung wird zusätzlich die kornanalytische Zusammensetzung angegeben. Die nach DIN 4022 für grobkörnige Bodenarten geltenden Regeln für das Benennen der Haupt- und Nebenanteile werden auch auf fein- und gemischtkörnige Bodenarten übertragen. Prägende plastische Eigenschaften bleiben bei dieser Benennung unberücksichtigt. Durch diese Vorgehensweise können aus den Bohrprofilen bei allen Bodenarten die Korngrößenanteile abgeschätzt werden. Die in die Benennung nicht eingehenden plastischen Eigenschaften werden in der Baugrundbeschreibung angegeben und bei der Klassifizierung nach DIN 18 196 berücksichtigt.

4.3 Bewertung der Konsistenz

Die nach DIN 18 122 aus der Fließ- und Ausrollgrenze ermittelte Konsistenzzahl I_c führt bei sensitiven und inhomogenen Böden (wie z. B. beim Geschiebemergel) im Vergleich zu der nach DIN 4022 Teil 1 vorgenommenen Ansprache zu unterschiedlichen Ergebnissen in der Benennung der Konsistenz. Zutreffender kann sie nach SCHUPPENER/KIEKBUSCH (1988) gemäß Tabelle 1 durch die Bestimmung der Scherfestigkeit des undrännierten Bodens mit dem Taschenpenetrometer eingestuft werden. Diese Werte können jedoch nicht unmittelbar den erdstatischen Berechnungen zugrunde gelegt werden.

mit dem Taschenpenetrometer ermittelte Scherfestigkeit des undrÄnierten Bodens c_u [kN/m ²]	Benennung der Konsistenz
< 5	flüssig
5 - 15	breiig
15 - 35	sehr weich
35 - 80	weich
80 - 200	steif
200 - 400	halbfest
> 400	fest

Tabelle 1: Benennung der Konsistenz in Abhängigkeit von den mit dem Taschenpenetrometer ermittelten Scherfestigkeiten des undrÄnierten Bodens

4.4 Baugrundaufbau

Entlang der geplanten Bauwerksachsen steht folgender Baugrund an:

- Mudde mit Sandeinlagerungen
- Geschiebemergel

Die Schichtgrenzen und Schichtmächtigkeiten sind der Anlage 1 zu entnehmen.

In allen Bohrungen wurde unter der Gewässersohle zunächst Mudde erbohrt, die eine Mächtigkeit von etwa 5 m bis 6 m besitzt. In der Mudde sind örtlich bis zu 1 m starke Sandschichten eingelagert, die in der Bohrung B1 auch Mächtigkeiten bis zu 2,3 m erreichen. Kornanalytisch handelt es sich bei der Mudde - einem typischen Weichboden im Bereich der Warnowmündung - um einen feinsandigen, schwach tonigen organischen Schluff (siehe Anlage 2), während die Sandeinlagerungen vorwiegend aus Feinsand mit wechselnden Schluff- und Mittelsandanteilen bestehen (siehe

Anlage 3). Örtlich enthält die Mudde auch Torfbänder. Nach Tabelle 1 hat die Mudde eine **sehr weiche** Konsistenz, während die Plastizität im Sinne der DIN 4022, Teil 1 Abs. 8.7 als **ausgeprägt** zu beurteilen ist. Da die Sande in der Mudde eingelagert sind, ist deren Festigkeit (Lagerungsdichte) nach Erfahrungen mit vergleichbaren Böden als **gering** zu bewerten.

Die gewachsene Mudde mit den Sandeinlagerungen ist im Uferbereich mit ähnlichen Böden - wie in Bohrung B3 ersichtlich - aufgefüllt. Wegen vergleichbarer bodenmechanischer Eigenschaften können diese Auffüllungen der Muddeschicht zugerechnet werden.

Die Mudde wird in allen Bohrungen von Geschiebemergel unterlagert, der aus einem schwach tonigen bis tonigen, schluffigen bis stark schluffigen Sand mit geringen Kiesanteilen besteht. Repräsentative Kornverteilungskurven enthält die Anlage 4. Erfahrungsgemäß sind im Geschiebemergel auch Steine und Findlinge eingelagert. Der Geschiebemergel hat eine **leichte** Plastizität. Auf den oberen zwei Metern ist ihm eine **halbfeste** Konsistenz zuzuweisen, die mit zunehmender Tiefe in eine **feste** Konsistenz übergeht.

4.5 Bodenmechanische Versuche

Zur Ermittlung von Bodenkennwerten wurden an den Sonderproben (Bodenproben der Güteklasse 1 und 2 nach DIN 4021) bodenmechanische Versuche durchgeführt. Zunächst wurden die Wassergehalte und mit dem Taschenpenetrometer die Scherfestigkeit des undrained Bodens c_u (Anfangsscherfestigkeit) bestimmt. Die Ergebnisse sind neben den Bohrprofilen in den entsprechenden Entnahmetiefen eingetragen (siehe Anlage 1). An ausgewählten Sonderproben aus den bindigen Böden wurden zur Ermittlung der Steifemodule und Scherparameter Kompressionsversuche und dreiaxiale Scherversuche (CIU) durchgeführt. Darüber hinaus wurden Wichten, Kalkgehalte, Glühverluste, Fließ- und Ausrollgrenzen sowie das Wasseraufnahmevermögen bestimmt. Diese Laborversuchsergebnisse sind auf den Anlagen 5 und 6 zusammengestellt. Des Weiteren wurden an repräsentativen Bodenproben aus den verschiedenen Bodenschichten Kornverteilungskurven ermittelt, deren Ergebnisse auf den Anlagen 2 bis 4 aufgetragen sind.

4.6 Empfohlene Bodenkennwerte

Unter Zugrundelegung der Laborversuche sowie nach Erfahrungswerten bei ähnlichen Bodenverhältnissen im Bereich von Warnemünde werden die folgenden Bodenkennwerte empfohlen.

Dabei werden charakteristische Werte angegeben. Diese können bei Berechnungen nach EAU (z.B. Spundwandberechnung) den dort genannten Grundwerten gleichgesetzt werden. Die Scherparameter müssen dann mit den Sicherheitsbeiwerten nach EAU 1.13.1.2a (E96) abgemindert werden. Berechnungen nach dem neuen Sicherheitskonzept erfolgen mit den in den entsprechenden Normen angegebenen Teilsicherheitsbeiwerten. Der Nachweis globaler Sicherheiten (z.B. Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084) wird mit den charakteristischen Werten geführt.

Mudde

Wichte des feuchten Bodens	γ	=	14,5	kN/m ³
Wichte des Bodens unter Auftrieb	γ'	=	5,0	kN/m ³
Steifemodul	E_s	=	s. Anlage 7	

Anfangsscherfestigkeit:

Totaler Reibungswinkel des undränierten Bodens	φ_u	=	0	
Kohäsion des undränierten Bodens	c_u	=	20	kN/m ²

Endscherfestigkeit:

Reibungswinkel des dränierten Bodens	φ'	=	37,5	°
Kohäsion des dränierten Bodens	c'	=	5	kN/m ²

Klassifizierung des Bodens

gemäß DIN 18 196

gemäß DIN 18 311

F sowie OU und UL
B

$$\text{Calc } \varphi' = 34,2^\circ$$
$$\text{Calc } c' = 7,8$$

Sandeinlagerungen in der Muddeschicht

Wichte des feuchten Bodens	γ	= 18	kN/m ³
Wichte des Bodens unter Auftrieb	γ'	= 10	kN/m ³
Steifemodul (geschätzt)	E_s	= 20	MN/m ²
Effektiver Reibungswinkel	φ'	= 32	°
Effektive Kohäsion	c'	= 0	
Klassifizierung des Bodens gemäß DIN 18 196			SE, SU und SÜ
gemäß DIN 18 311			D

Cal φ' = 29,7°

Geschiebemergel

Wichte des feuchten Bodens	γ	= 22,5	kN/m ³
Wichte des Bodens unter Auftrieb	γ'	= 12,5	kN/m ³
Steifemodul (geschätzt)	E_s	= 50	MN/m ²

Anfangsscherfestigkeit:

Totaler Reibungswinkel des undrännierten Bodens	φ_u	= 0	
Kohäsion des undrännierten Bodens	c_u	= 200	kN/m ²

Endscherfestigkeit:

Effektiver Reibungswinkel	φ'	= 37	°
Effektive Kohäsion	c'	= 4	kN/m ²
Klassifizierung des Bodens gemäß DIN 18 196			UL und TL
gemäß DIN 18 311			C, L und M

Cal φ' = 33,6°

Cal c' = 3,7

In den Bohrprofilen der Anlage 1 ist die Schichtgrenze zwischen der Mudde und dem Geschiebemergel eingetragen, auf deren Grundlage die Bemessung erfolgen sollte. Diese Schichtgrenze ist gleichzeitig der tragfähige Horizont.

5 GRUNDWASSER

Der Grundwasserspiegel in der Landbohrung B3 wurde etwa bei NN +0,3 m erbohrt. Damit ist bei den Planungen davon auszugehen, daß das Grundwasser nur wenige Dezimeter über dem Ostseewasserspiegel liegt.

6 EMPFEHLUNGEN

6.1 Spundwand

Entwurf

Für den Entwurf der neuen Uferwand bieten sich u. E. folgende Varianten an:

- Spundwand mit Hinterfüllung und rückwärtiger Verankerung
- Spundwand und Pfahlgründung mit Stahlbetonüberbau (überbaute Spundwand).

Bei der rückverankerten Spundwand wird das Gelände hinter der neuen Wand großräumig aufgefüllt. Aufgrund der bis zu 6 m mächtigen Muddeschicht wird es zu größeren Setzungen kommen, die wegen der unterschiedlichen Mächtigkeiten der eingelagerten Sande jedoch ungleichmäßig eintreten werden. Zum Ausgleich von Setzungen aus der Muddeschicht ist im Rahmen von Unterhaltungsarbeiten ein mehrmaliges Nacharbeiten der aufgehöhten Fläche einzuplanen. Der Einbau einer Oberflächenbefestigung sollte erst nach Abklingen der Setzungen erfolgen.

Für die Verankerung der Spundwand bieten sich u. E. folgende Möglichkeiten an:

- Schräganker aus geramnten Stahlträgerpfählen
- horizontale Rundstahlanker mit Pfahlböcken
- horizontale Rundstahlanker mit Ankerplatten, wobei im Erdwiderstandsbereich vor den Ankerplatten tragfähiger Boden einzubauen ist.

Wegen der zu erwartenden Biegebeanspruchungen infolge Setzungen sollten Anker gemäß DIN 4125 (Dauerverpreßanker) und DIN 4128 (Ortbeton- und Verbundpfähle) nicht zur Ausführung kommen.

Bei dem tiefgegründeten Stahlbetonüberbau werden die vertikalen Lasten in die Spundwand und die Tragpfähle übertragen. Gleichzeitig übernehmen die Tragpfähle auch die horizontalen Kräfte aus Erd- und Wasserdruck sowie Pollerzug. Bild 2 zeigt eine Prinzipskizze der überbauten Spundwand.

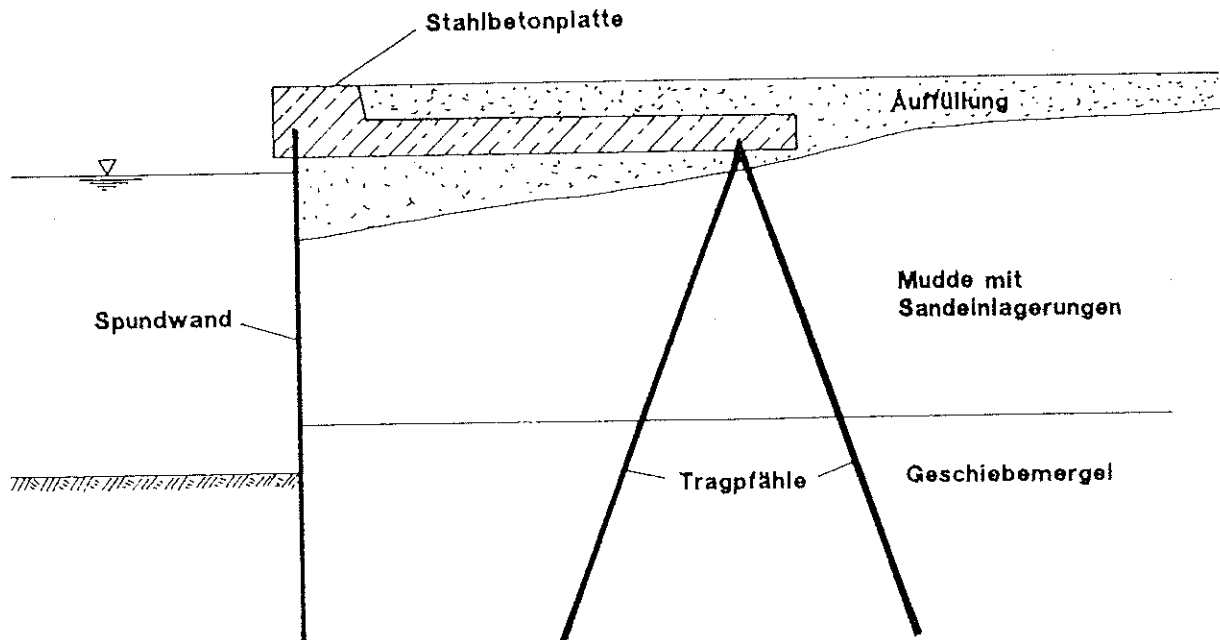


Bild 2: Überbaute Spundwand

Der tiefgegründete Stahlbetonüberbau hat gegenüber der rückverankerten Spundwand den Vorteil, daß keine Setzungen und Sackungen auftreten können und damit Nacharbeiten entfallen. Weiterhin werden an den Füllböden unter der Stahlbetonplatte keine besonderen Anforderungen gestellt.

Bemessung

Für die Bemessung des Bauwerks gelten die **Bodenkennwerte** nach Abschnitt 4.6 sowie die Schichtgrenzen der Anlage 1. Wegen der unterschiedlichen Mächtigkeiten der Sandeinlagerungen in der Mudde sollten die erdstatischen Berechnungen zum einen für das Bohrprofil B1 und zum anderen für das Bohrprofil B3 durchgeführt werden. Die ungünstigsten Schnittgrößen sollten dann der Bemessung zugrundegelegt werden.

Die Bodenkennwerte der Spundwandhinterfüllung hängen von Bodenart und Einbau (Verdichtung) ab. Deshalb sollte zur Festlegung dieser Bodenkennwerte eine Rücksprache mit der BAW-AK erfolgen.

Zur Bemessung der neuen Wand sind neben den Erddrücken auch die **Wasserdrücke** maßgebend. Falls beim WSA Stralsund keine genaueren Angaben vorliegen, kann von den Wasserdruckansätzen der Tabelle 2 ausgegangen werden, die auf Erfahrungen im Ostseebereich beruhen.

Lastfälle	Grundwasser NN ...m	Außenwasser NN ...m
1	+ 0,5	0
2	+ 0,5	- 1,5
3	+ 2,3 (GOK)	0

Tabelle 2: Wasserdruckansätze auf die Spundwand

Für die Wahl des Spundwandprofils sollten die in Tabelle 3 dargestellten **Abrostungsraten** beachtet werden. Diese Tabelle stellt Erfahrungswerte aus Wanddickenmessungen für gebräuchliche Spundwandstähle bei vergleichbaren Uferwänden im Ostseebereich dar.

Höhenlage der Abrostungsraten NN ... m bis NN ... m	maximale Abrostungs- raten α_{\max} [mm/Jahr]	mittlere Abrostungs- raten α [mm/Jahr]
+ 2,3 (GOK) bis + 1,0	-	0,06
+ 1,0 bis - 2,5 (Hauptkorrosionszone)	0,4	0,1
- 2,5 bis - 8,5 (Hafensohle)	-	0,06

Tabelle 3: Empfohlene Abrostungsraten für die Auswahl eines Spundwandprofils

Mit der mittleren Abrostungsrate kann der Zeitpunkt abgeschätzt werden, an dem mit der ersten Spannungsüberschreitung zu rechnen ist. Mit der maximalen Abrostungsrate kann der Zeitpunkt abgeschätzt werden, wann die ersten Durchrostungen zu erwarten sind.

Die Durchrostungen treten oft an den Bohlenstegen auf, da diese häufig dünnere Wanddicken als die Flansche besitzen. Durchrostungen in der Hauptkorrosionszone führen nicht unbedingt zu einem Versagen der Spundwand, da die maximalen Biegemomente in der Regel tiefer liegen. Die Gefahr liegt dort im Auslaufen der Hinterfüllung.

Wegen der Baugrundverhältnisse sollten sowohl zur Verankerung der Spundwände als auch zur Gründung des Stahlbetonüberbaus Trägerpfähle gerammt werden. Die Dimensionierung von Rammpfählen kann nach Abschnitt 8 der DIN 4026 erfolgen, wobei wegen des besonders tragfähigen Geschiebemergels die Tabellenwerte für die zulässige Druckbelastung ohne Probelastung um 25 % überschritten werden dürfen.

Alternativ zur Dimensionierung nach DIN 4026 können die Tragfähigkeiten von geramnten Stahlträgerpfählen auch mit den folgenden Grenzwerten für Mantelreibung und Spitzendruck ermittelt werden. Grundlage der Tabelle 4 sind zum einen die Tabelle von SCHENCK [2] und zum anderen Erfahrungswerte aus Probelastungen in vergleichbaren Bodenverhältnissen.

Bodenart	Mantelreibung τ_{mf} [kN/m ²]	Spitzendruck σ_{sf} [MN/m ²]
Mudde mit Sandeinlagerungen	10	-
Geschiebemergel	50	3

Tabelle 4: Empfohlene Grenzwerte für Mantelreibung und Spitzendruck zur Bemessung von gerammten Stahlträgerpfählen

Die Grenzmantelreibungswerte gelten sowohl für Druck- als auch für Zugpfähle. Die mit den Werten der o. g. Tabelle ermittelte Pfahltragfähigkeit ist dann entsprechend den erforderlichen Sicherheiten gemäß DIN 1054 abzumindern (siehe Tabelle 5) und durch zwei Pfahlprobelastungen nachzuweisen.

Lastfall nach DIN 1054	Sicherheitsbeiwert η	
	Druckpfahl	Zugpfahl
1	1,75	1,75
2	1,5	1,75
3	1,3	1,5

Tabelle 5: Sicherheitsbeiwerte für die Bemessung von Ramm- und Naßbaggerarbeiten bei zwei Probelastungen

Falls im Pfahlbereich größeren Ansschüttungen ($h > 1,5$ m) vorgenommen werden, so ist bei der Ermittlung der Pfahlkräfte für die Mudde mit Sandeinlagerungen eine **negative Mantelreibung** von $\tau_{mf} = c_u = 20$ kN/m² (siehe [3]) zu berücksichtigen.

Ausführung von Ramm- und Naßbaggerarbeiten

Für die Ramm- und Naßbaggerarbeiten gelten die in Abschnitt 4.6 gemachten Angaben zur Bodenklassifikation nach DIN 18 196 und 18 311.

Beim Einbringen der neuen Wand ist im Geschiebemergel halbfester bis fester Konsistenz mit einer schweren bis sehr schweren Rammung zu rechnen. Um Schloßsprengungen und Rammschäden von Spundwandprofilen zu vermeiden, sollte Rammhilfen (wie z. B. Vorbohren, Schlitzen, Sprengungen) vorgesehen werden. Auf weitere Hindernisse wie Steine und Findlinge wird in diesem Zusammenhang hingewiesen (siehe Abs. 4.4). Die vorgenannten Empfehlungen zum Rammen der Spundwände gelten auch für das Einbringen der Rammpfähle. Beim Einsatz von Rammpfählen sollten wegen der Steinhindernisse Trägerpfähle anderen Profilen (Rohr- und Kastenprofilen) vorgezogen werden.

6.2 Anlegebrücke

Da bisher keine Angaben zur Anlegebrücke vorliegen, wird davon ausgegangen, daß es sich dabei um eine Pfahlgründung mit Überbau handelt. Einzelheiten zum Entwurf von Konstruktion und Gründung können analog dem Abs. 6.1 entnommen werden. Dabei stellt die Frage, ob nicht Spundwandbereich und Anlegebrücke auf ganzer Länge den gleichen Querschnitt erhalten sollten.

Bei der Bemessung der Anlegebrücke sind die Horizontallasten aus Schiffsstoß, Pollerzug und Eisdruck gemäß EAU zu beachten.

Die Empfehlungen im Gutachten behandeln die geotechnischen Probleme entsprechend dem gegenwärtigen Planungsstand. Ergeben sich bei der weiteren Planung Fragen zum Gründungsentwurf, so stehen wir für weitere Rückfragen zur Verfügung.

Hamburg, den 29. Oktober 1993

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU

Im Auftrag

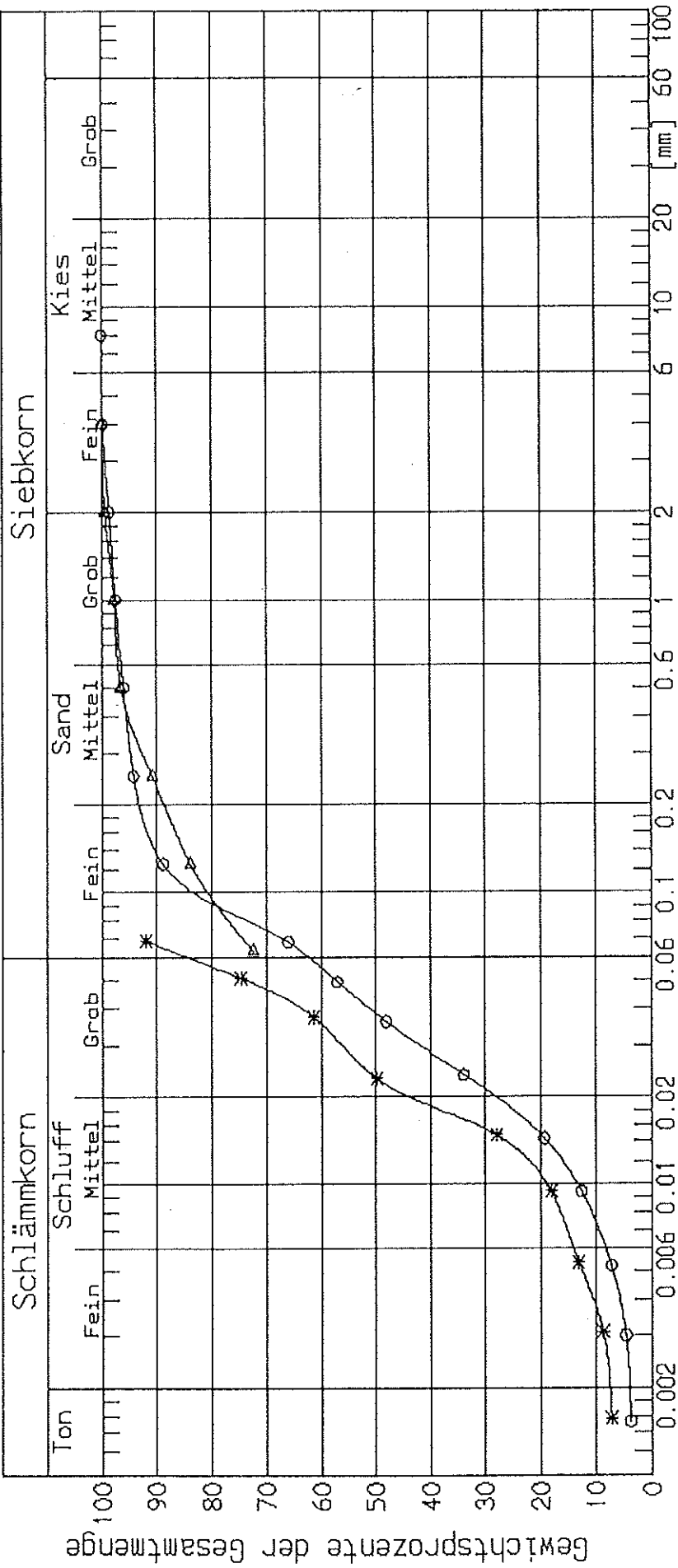
(Dipl.-Ing. Eißfeldt)

Bearbeiter

(Dipl.-Ing. Reich)

Körnungslinie

n. DIN 18123 (Bodenart: ^ = stark)

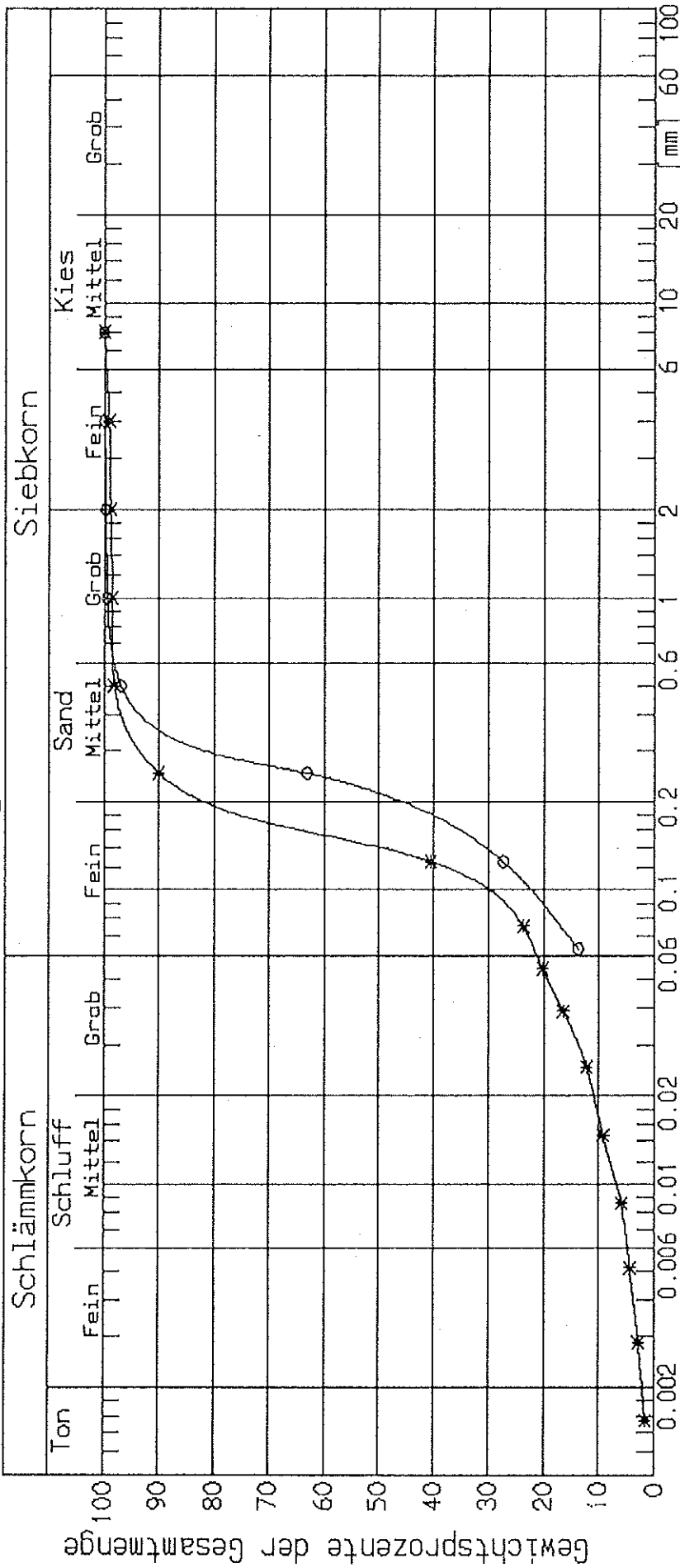


Labor-Nr.	Entnahmestelle	Tiefe	Bodenart	D 10	D 60	U	Symbol
93.0203	B 3	4.8	U fs t'				*
93.0219	B 5	2.5	U fs				○
93.0328	B 1	5.4	U fs ms'				△

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Außenstelle Küste	
Datum 26.10.93	Bez. Lührs
SPUNDWAND PINNENGRABEN Mudde	
Auftrag 92513547	Anlage 2

Körnungslinie

n. DIN 18123 (Bodenart: * = stark)



Labor-Nr.	Entnahmestelle	Tiefe	Bodenart	D 10	D 60	U	Symbol
93.0327	B 1	3.4	fS u ms				*
93.0330	B 5	1.5	mS fs u'				o

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU
Außenstelle Küste

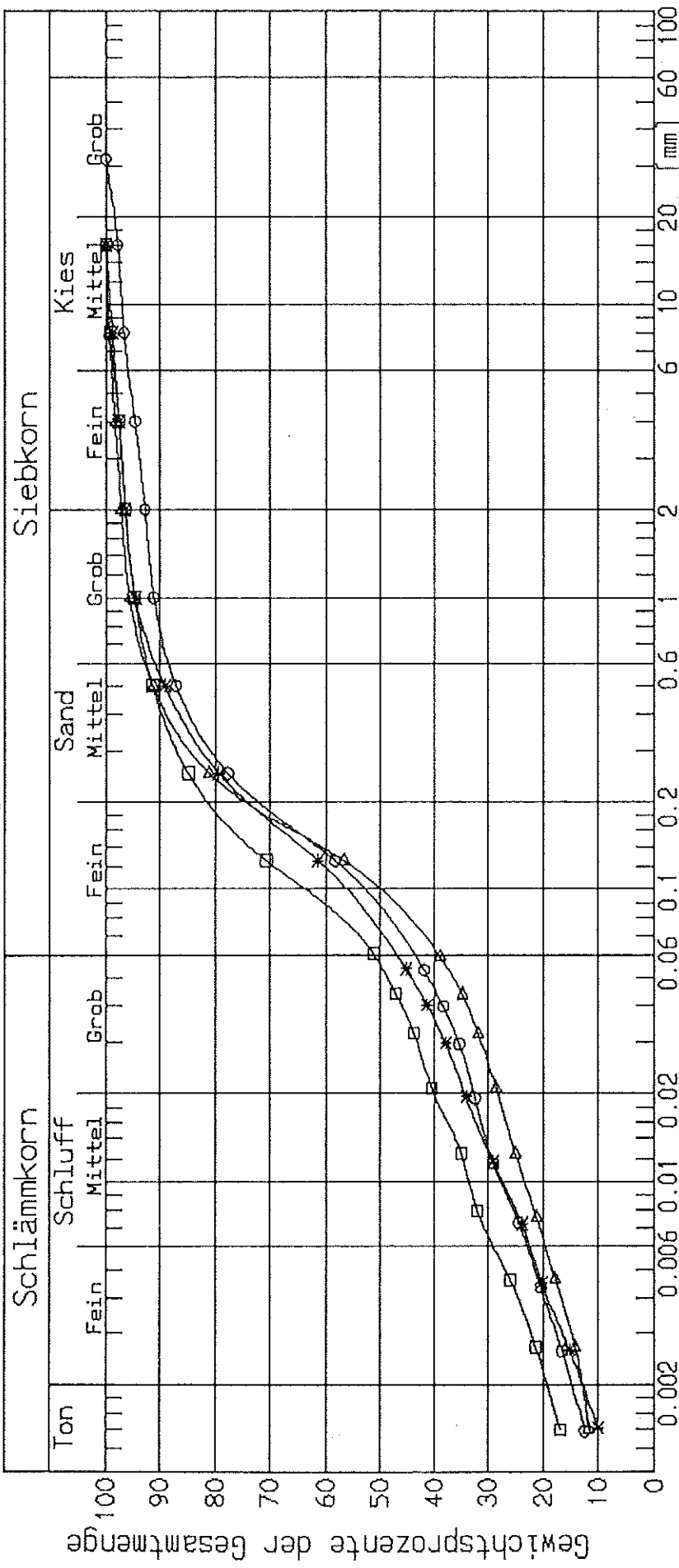
Datum 26.10.93 Gez. Lührs

SPUNGWAND PINNENGRABEN
Eingelagerte Sande

Auftrag 92513547 Anlage 3

Körnungslinie

n. DIN 18123 (Bodenart: ^ = stark)



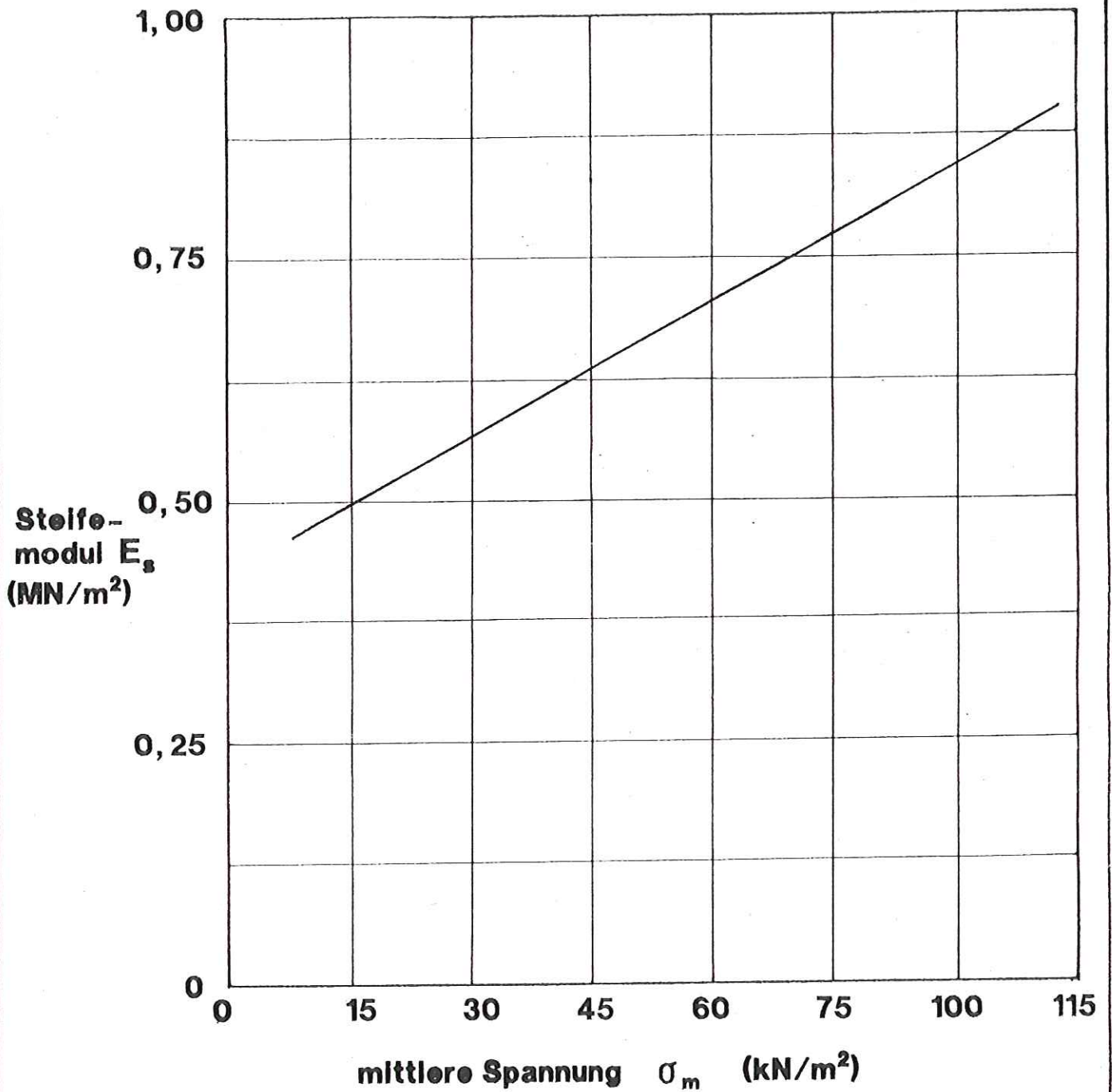
Labor-Nr.	Entnahmestelle	Tiefe	Bodenart	D 10	D 60	U	Symbol
93.0196	B 2	6.0	S u' t'				*
93.0199	B 2	12.0	S u' t' g'				○
93.0213	B 4	6.0	S u' t'				△
93.0224	B 5	14.3	S u' t				□

BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Außenstelle Küste	
Datum 05.10.93	Gez. Größe
SPUNDWAND PINNENGRABEN Geschiebemergel	
Auftrag 92513547	Anlage 4

Labor Nr.		930203	930219		
Bohrung Nr.		B3	WB5		
Entnahmetiefe unter GOK [m]		4,8	2,5		
Bodenart		F	F		
Kornverteilung T / U / S / G [%]		8/76/16/-	4/59/35/2		
Korndichte	ρ_s [g/cm ³]	2,523	2,630		
Glühverlust	V_{Gl} [-]	0,119	0,084		
Kalkgehalt	V_{Ca} [-]	0,010	0,117		
Wassergehalt	w [-]	0,872	0,690		
Wassergehalt an der Fließgrenze	w_L [-]	1,319	0,913		
Wassergehalt an der Ausrollgrenze	w_P [-]	0,593	0,443		
Plastizitätszahl	I_P [-]	0,726	0,470		
Konsistenzzahl	I_C [-]	0,615	0,473		
Aktivitätszahl	I_A [-]	9,080	11,746		
Wasseraufnahme	w_A [-]	0,778	0,739		
Feuchtwichte	γ [kN/m ³]	14,3	15,2		
Wichte unter Auftrieb	γ' [kN/m ³]	4,5	5,6		
Durchlässigkeitsbeiwert	k [m/s]	-	-		
Lastbereich				E_{S1}	E_{S2}
16	- 32 [kN/m ²]	Steife-modul E_S		0,761	1,552
32	- 64 [kN/m ²]			0,703	1,418
64	- 127 [kN/m ²]			0,809	1,412
-	[kN/m ²]				
-	[kN/m ²] [MN/m ²]				
Kohäsion des undrännierten Bodens	Penetrometer c_u [kN/m ²]			27	19
	Laborflügel c_u [kN/m ²]				
	U/UU-Versuch c_u [kN/m ²]				
Scherparameter des dränierten Bodens	CU-Versuch	$\varphi_{S'}$ [°]			
		φ' [°]		35,4	39
		c' [kN/m ²]		14	6
Bemerkungen					
$\varphi_{S'}$: Winkel der Gesamtscherfestigkeit φ' : Effektiver Reibungswinkel E_{S1} : Steifemodul aus Erstbelastung E_{S2} : Steifemodul aus Zweitbelastung		BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Außenstelle Küste, Referat K1			
		Datum: 22.10.93		Ges.: <i>Reid</i>	
		Spundwand/Anleger Pinnengraben - Mudde -			
		LABORVERSUCHSERGEBNISSE			
		Auftr.-Nr.: 9251 3547		Anl.: 5	

Labor Nr.		930196	930213		
Bohrung Nr.		WB2	WB4		
Entnahmetiefe unter GOK [m]		6,0	6,0		
Bodenart		Mg	Mg		
Kornverteilung T / U / S / G [%]		13/34/49/4	13/26/58/3		
Korndichte	ρ_s [g/cm ³]	2,691	2,677		
Glühverlust V_{Gl} [-]					
Kalkgehalt V_{Ca} [-]		0,173	0,104		
Wassergehalt w [-]		0,110	0,104		
Wassergehalt an der Fließgrenze w_L [-]					
Wassergehalt an der Ausrollgrenze w_P [-]					
Plastizitätszahl I_P [-]					
Konsistenzzahl I_C [-]					
Aktivitätszahl I_A [-]		0,466	0,431		
Wasseraufnahme w_A [-]		0,310	0,348		
Feuchtwichte γ [kN/m ³]		22,3	22,4		
Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]		12,6	12,7		
Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]		-	-		
Lastbereich		E_{S1}	E_{S2}	E_{S1}	E_{S2}
-	[kN/m ²]	Steife- modul E_s			
-	[kN/m ²]				
-	[kN/m ²]				
-	[kN/m ²]				
-	[kN/m ²] [MN/m ²]				
Kohäsion des undrained Bodens	Penetrometer c_u [kN/m ²]	80-180	180		
	Laborflügel c_u [kN/m ²]				
	U/UU-Versuch c_u [kN/m ²]				
Schersparameter des dränierten Bodens	CU-Versuch	φ_s' [°]			
		φ' [°]	37,6	38,6	
		e' [kN/m ²]	4	5	
Bemerkungen					
φ_s' : Winkel der Gesamtscherfestigkeit φ' : Effektiver Reibungswinkel E_{S1} : Steifemodul aus Erstbelastung E_{S2} : Steifemodul aus Zweitbelastung		BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU Außenstelle Küste, Referat K1			
		Datum: 22.10.93		Ges.: <i>Reil</i>	
		Spundwand/Anleger Pinnengraben - Geschiebemergel -			
		LABORVERSUCHSERGEBNISSE			
		Auftr.-Nr.: 9251 3547		Anl.: 6	

Bodenart : **Mudde**



Anmerkung :

Der maßgebende Steifemodul E_s ist für die mittlere Spannung von

$$\sigma_m = \sigma_o + 0,5 \cdot \sigma_1$$

zu ermitteln, wobei σ_o der geostatischen Spannung und σ_1 der Zusatzspannung durch das Bauwerk entspricht.

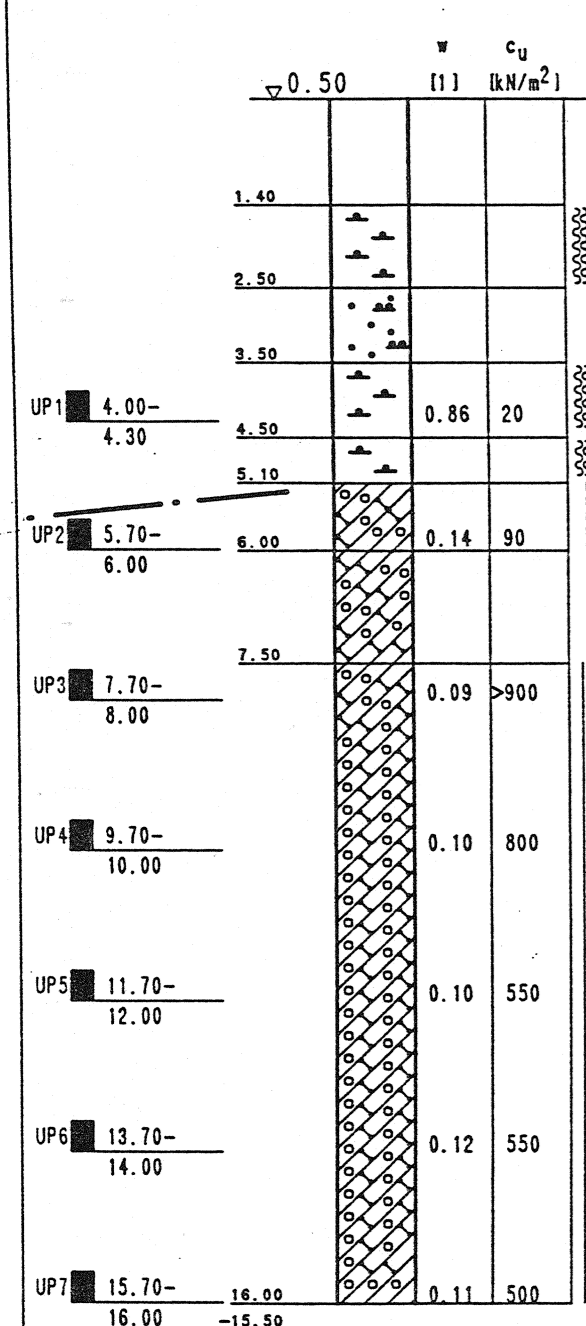
Bundesanstalt für Wasserbau Außenstelle Küste, Referat K1		
Dat.: 27.10.93	Gez.: Bal.	Ges.: <i>Reil</i>
Spundwand/Anleger Pinnengraben Steifemodul		
Auftr.-Nr. 92513547	Anlage Nr. 7	

WB 2
29.1.93

B 3
26.1.-27.1.93

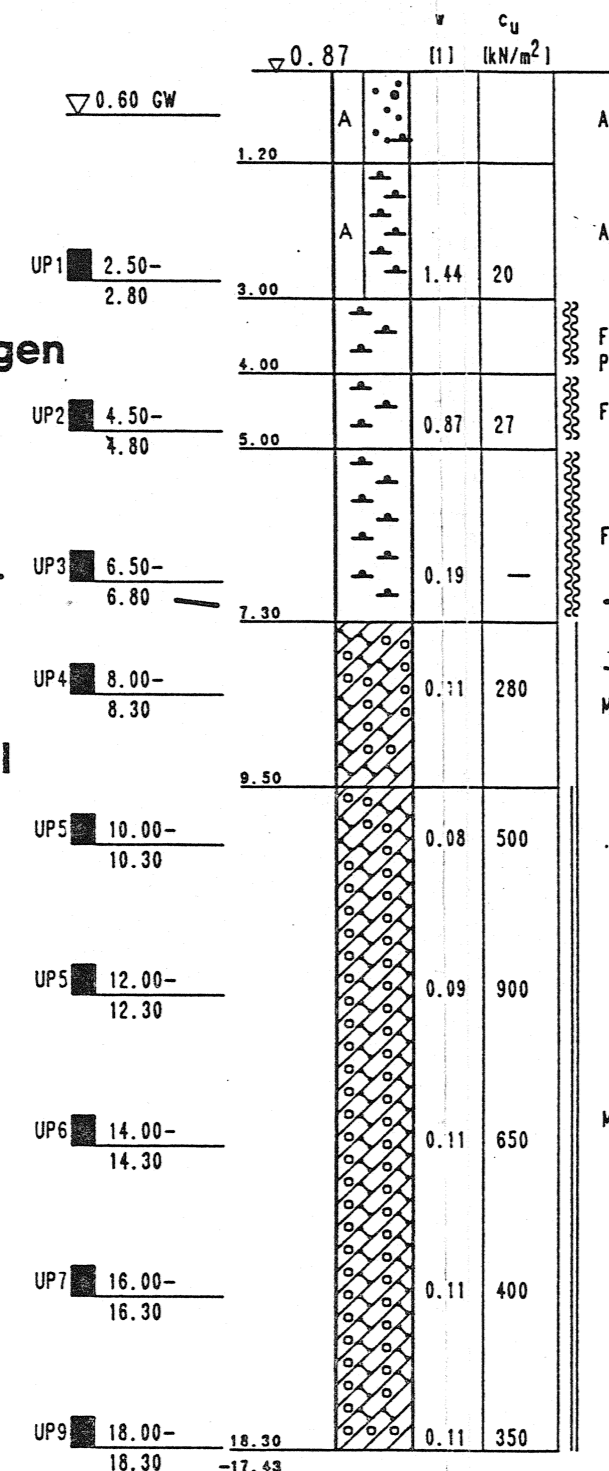
WB 4
1.2.-2.2.93

WB 5
2.2.93



Mudde mit Feinsandeinlagerungen

Geschiebemergel



A(F, ms, o' / Bauschutt)

A(F, (U, t', fs', o), Ziegelreste)

F, (U, t', s'h), Muschelreste, Pflanzenreste

F, U, t', fs', h), Pflanzenreste

F, (U, fs, t', o), Muschelreste

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

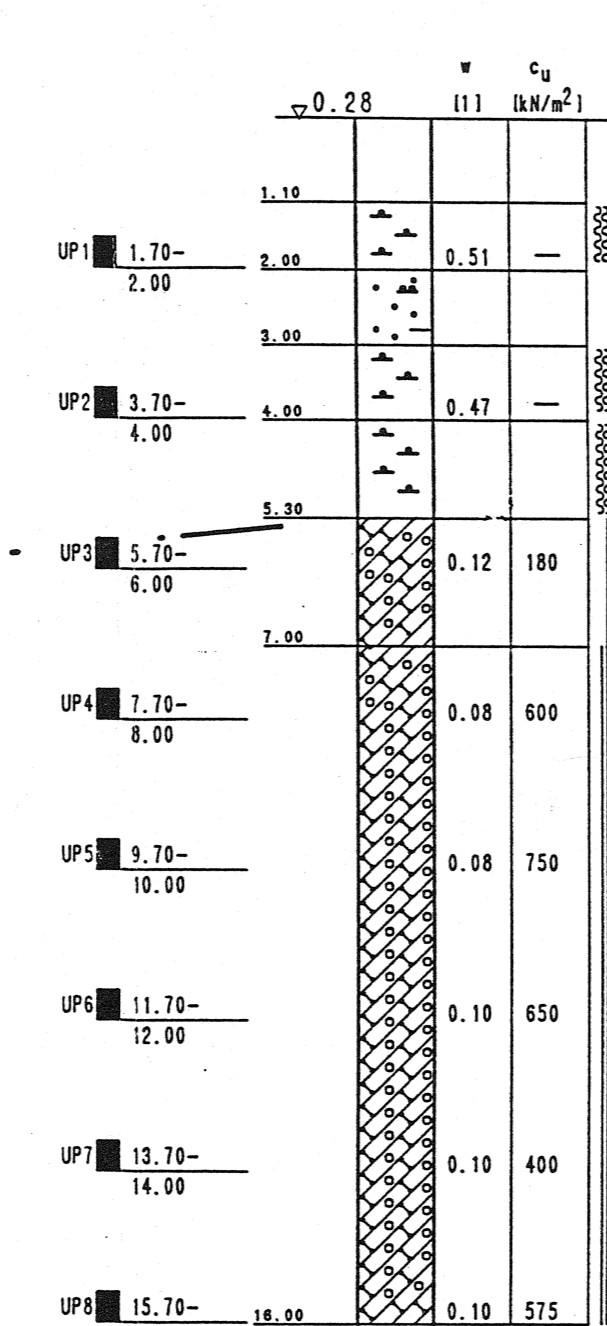
Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')



F, (U, t', fs', o) / fs+ms-Bänder

fs, u, t', o, Holzreste

F, (U, t', o)

F, (U, t', fs', o) / Torfbänder, Muschelreste

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

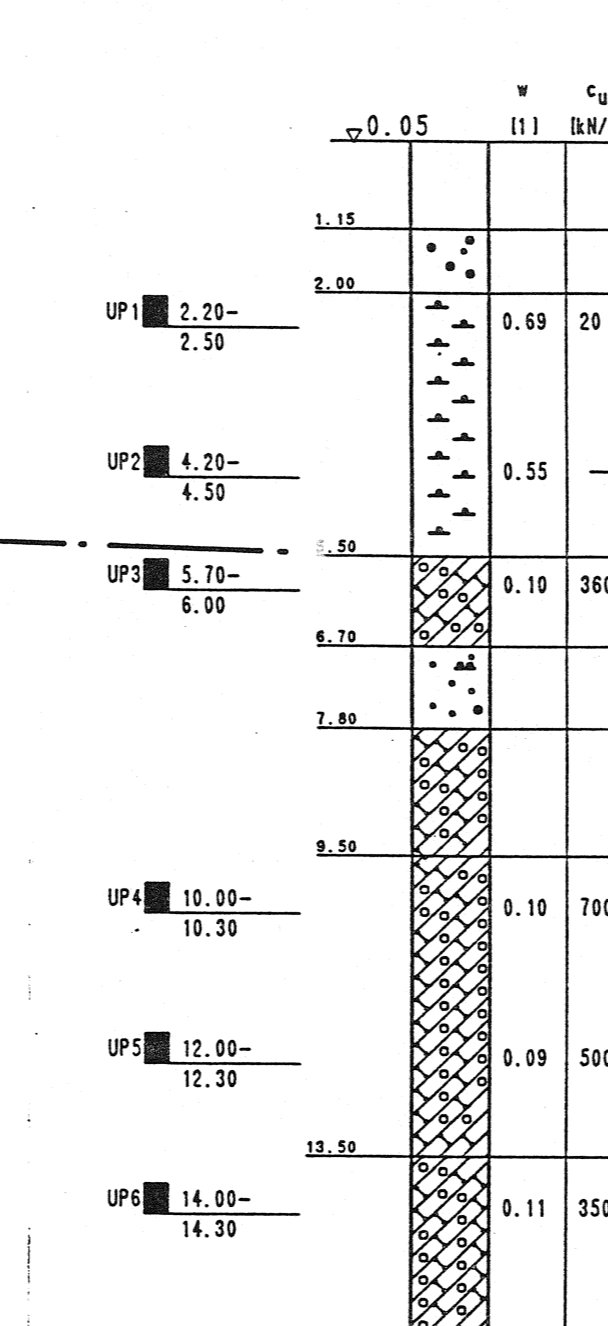
Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')



ms, fs, u, o', Holz- und Muschelreste

F, (U, fs, o), Muschelreste

Mg, (S, u, t', g', x')

fs, u, ms'

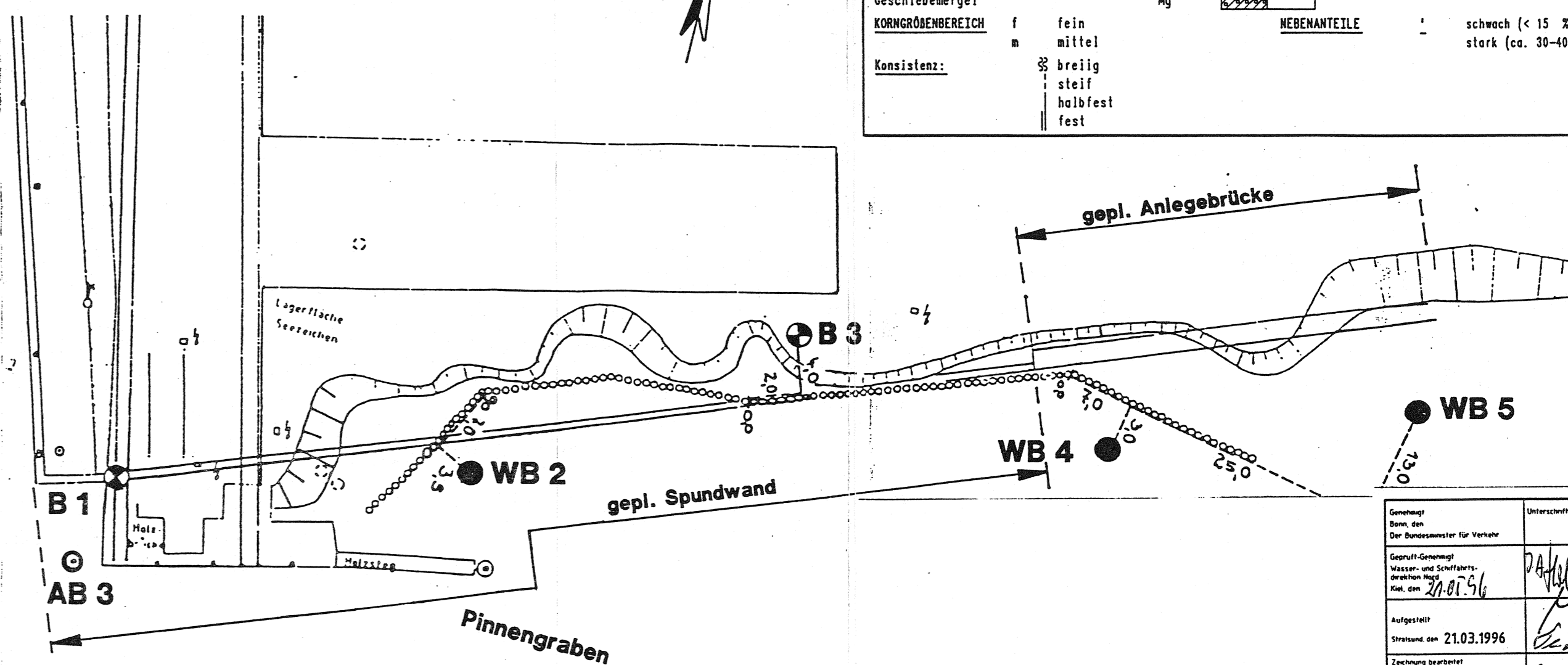
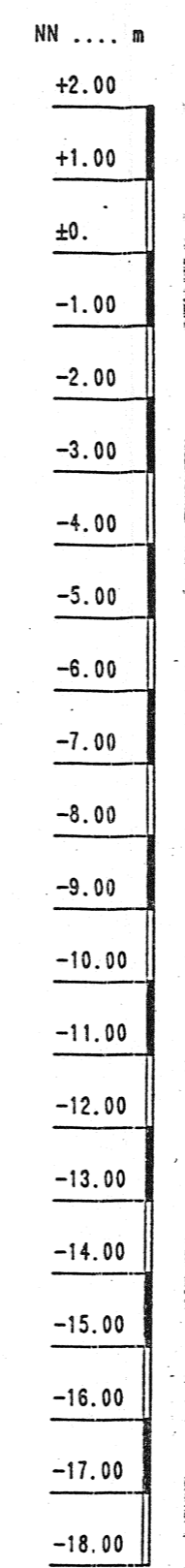
Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')

Mg, (S, u, t', g', x')



Lageplan M. 1:500

ZEICHENERKLÄRUNG (S. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

- B Bohrung
- WB Wasserbohrung
- AB Altbohrung

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab.1

- UP Sonderprobe (ungestört)
- ▽ Grundwasser angebohrt

BODENARTEN

Auffüllung Sand sandig schluffig tonig humos organisch

Mudde Geschiebemergel

KORNGRÖßENBEREICH f fein m mittel

Konsistenz: breiig steif halbfest fest

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

Genehmigt Bonn, den Der Bundesminister für Verkehr		Unterschrift	Antragszeichnung
Geprüft-Genehmigt Wasser- und Schifffahrts- departement Kiel, am 20.01.96		<i>[Signature]</i>	LBW
Aufgestellt Stralsund den 21.03.1996		<i>[Signature]</i>	BDir BI - Anw.
Zeichnung bearbeitet		<i>[Signature]</i>	BZ
Wasser- und Schifffahrtsdepartement Wasser- und Schifffahrtsamt Stralsund			
Verw. Bez.	B. Nr.	Kilometer	S. rechts
	1	28	
Objektbezeichnung BHf - ABz Warnemünde			
Objektort Kaianlage			
Einzelheit Bodenprofile			
Objekt	Stand	Entwurf Nr.	Multisub
1	1	1	1
Die Übereinstimmung mit der Ausführung und Beschriftung den			Blatt Nr.
Unterschrift			Antragszeichnung
			Anlage 3.10