



Neubau der Uferspundwand an der Marineoperationsschule (MOS) in Bremerhaven

Planungsherausforderung in ortstypischen Weichböden

Neubau der Uferspundwand an der Marineoperationsschule (MOS) in Bremerhaven

Planungsherausforderung in ortstypischen Weichböden

Das Gelände der Marineoperationsschule auf der Geesteinsel in Bremerhaven reicht im Norden, Westen und Süden direkt an die Geeste. Die Uferspundwand am West- und Südufer ist nach einer Nutzungsdauer von bis zu 80 Jahren so stark korrodiert, dass eine Instandsetzung der Wand nicht wirtschaftlich möglich ist. Mit dem Planfeststellungsbeschluss vom Februar 2011 wurde der Ersatzneubau genehmigt. Der Bericht beschreibt die Randbedingungen der Entwurfs-, und Ausführungsplanung, insbesondere den Einfluss der ortstypischen Weichböden und Grundwasserverhältnisse, die trotz einer sichtbaren Wandhöhe von maximal 7,60 m zu dem Ergebnis führen, dass der Höhenversprung zwischen Kasernengelände und Geeste nur mittels kombinierter schwerer Spundwand mit Tragbohlenlängen von bis zu 33 m realisiert werden kann. Weiterhin geht der Bericht auf die planfestgestellten, lärmreduzierenden Auflagen bei der Bauabwicklung ein.

Keywords Geeste; Weichböden; Uferspundwand; MOS; Spundwand, kombinierte; Grundwasser, gespanntes; Bremerhaven

1 Einleitung

Die Marineoperationsschule (MOS), bis 1997 *Marineoperationsschule*, ist die zentrale Ausbildungseinrichtung der Deutsche Marine für Taktik und Operation mit Sitz in Bremerhaven.

Die Kasernenanlage wurde zwischen den Weltkriegen in der Geesteschleife ca. 1000 m vor der Geestemündung auf dem Gelände der früheren Werft Joh. C. Tecklenborg im Bremerhavener Stadtteil Geestemünde erbaut. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Anlage von den U.S.-Seestreitkräften in Deutschland benutzt, die Bundesmarine übernahm die Ausbildungseinrichtungen 1956.

Der Geländesprung der Kasernenfläche zur Geestesohle (Peilung bis OK Schlick in 2006) beträgt bis zu 7,60 m.

Das Nordufer der Geesteinsel ist geböscht, an West- und Südufer wird der Höhenunterschied auf einer Gesamtlänge von ca. 800 m durch Uferkonstruktionen mit unterschiedlichen Querschnitten abgefangen (Bild 2).

Ca. 270 m werden durch Schwergewichtswände gesichert, die über Holzpfähle tiefgegründet sind (Bild 3), im

New sheet pile quay wall for Naval Operations School, Bremerhaven – Design challenge in soft soils typical of this locality

The grounds of the Naval Operations School between the bends in the River Geeste in Bremerhaven extend right up to the riverbanks on the northern, southern and western sides. After 80 years the sheet piling on the southern and western banks has become so badly corroded that repairing the wall would be uneconomic. Permission for the construction of a replacement wall was granted in February 2011. This article describes the boundary conditions for the design and construction work, especially the influence of the soft soils and groundwater situation so typical of this locality. The only answer to the abrupt change in level between the school grounds and the river is a heavyweight, combined sheet pile structure with piles up to 33 m long. Despite this, at most only the top 7.60 m of the wall is visible. The article also looks at the restrictions on site noise emissions laid down by the authorities.

Keywords River Geeste; soft soils; sheet pile quay wall; Naval Operations School; combined sheet piling; confined groundwater; Bremerhaven

Bereich der restlichen 560 m besteht die Uferwand aus verankerten Spundwänden (Bild 4).

Die Spundwand wurde in verschiedenen Abschnitten von 1936 bis 1960 errichtet, einzelne Wandabschnitte sind



Foto: bremenports

Bild 1 Luftbild der Geesteschleife mit Militäroperationsschule
Aerial view of the Naval Operations School between the bends in the River Geeste

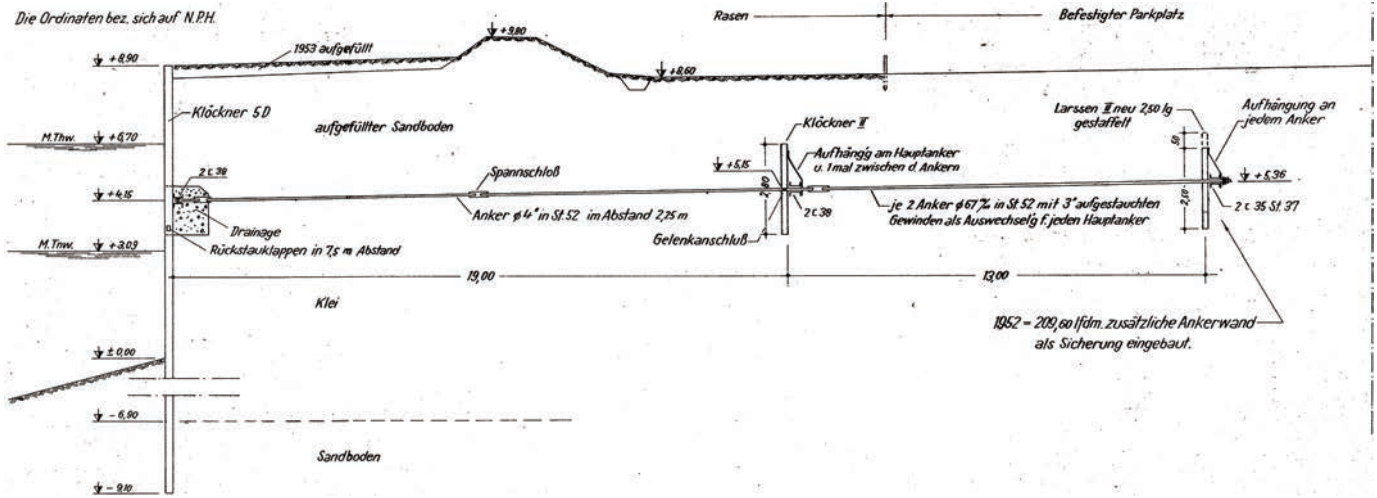


Bild 4 Vorh. Uferwand, Querschnitt II – II, verankerte Uferspundwand
Existing quay wall, section II – II, anchored sheet piles

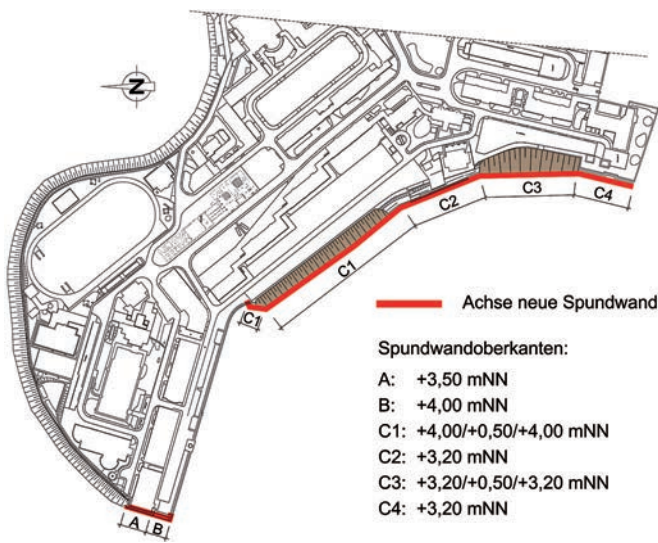


Bild 5 Übersicht Ausbauplanung
The new sheet piling

Baugrund

Der landseitige Baugrund besteht grundsätzlich bis ca. – 4,0 m NN aus sehr locker bis locker gelagerten Auffüllungen. Darunter folgt eine ca. 8 bis 16 m mächtige weiche bis steife Kleischicht. Diese wird von teilweise schluffigen Sanden unterlagert, deren Lagerungsdichten im oberen Bereich stark schwanken. Die tiefliegenden Sand-schichten weisen dichte bis sehr dichte Lagerungen auf. In Teilbereichen ist zwischen den mitteldicht/dicht und sehr dicht gelagerten Sanden ein Lauenburger Ton steifer bis fester Konsistenz mit Mächtigkeiten von 2,5 bis 5,5 m erbohrt worden.

Wasserseitig steht zunächst Schlack in der Gewässersohle an. Die Mächtigkeit der Schlackablagerungen wurde gesondert erkundet, es ergaben sich Schichtdicken von 0,50 bis 2,0 m.

Tab. 1 Tabelle Bemessungswasserstände / Auftrieb unterer GW-Leiter
Table of design water levels / uplift, lower aquifer

Lastfall	Wasserstand Geeste [müNN]	Wasserstand GW-Leiter oben [müNN]	Wasserstand GW-Leiter unten [müNN]	Auftrieb unter Kleischicht [KN/m ²]
1	- 2,55	+ 2,50	+ 0,50	30,50
2	- 3,00	+ 2,50	+ 0,50	35,00
3	- 4,20	+ 2,50	± 0,00	42,00

Wasserstände

Die Geeste unterliegt im Bereich der MOS dem Tideeinfluss. Aufgrund des unterstrom vorhandenen Geeste-sperwerkes sind Sturmflutwasserstände jedoch ausgeschlossen.

Maßgebend beeinflusst wird die Bemessung der Spundwand durch zwei getrennt voneinander zu betrachtenden Grundwasserhorizonte. Oberhalb des Kleis steht ein freies Grundwasser an, in den Sanden unterhalb der Kleischicht liegen gespannte Grundwasserverhältnisse vor (Tab. 1). Die Grundwasserstände werden vom Wasserstand der Geeste beeinflusst. Aufgrund der Phasenverschiebung und der gedämpften Amplitude des Wasserdruckes im gespannten Grundwasserleiter gegenüber dem tidebeeinflussten Wasserstand in der Geeste, ist zu berücksichtigen, dass die Kleischicht unter Auftrieb stehen kann und dadurch annähernd gewichtslos wird, sodass ein stützender Erddruck in bestimmten Lastfällen erst ab der Unterkante der Kleischicht vorhanden ist.

Negative Mantelreibung

Da die anstehende Kleischicht für die Erdauflast aus der Hinterfüllung noch nicht konsolidiert ist, entsteht aus der negativen Mantelreibung bis Unterkante Kleischicht eine vertikale Zusatzlast von ca. 320 KN/m.

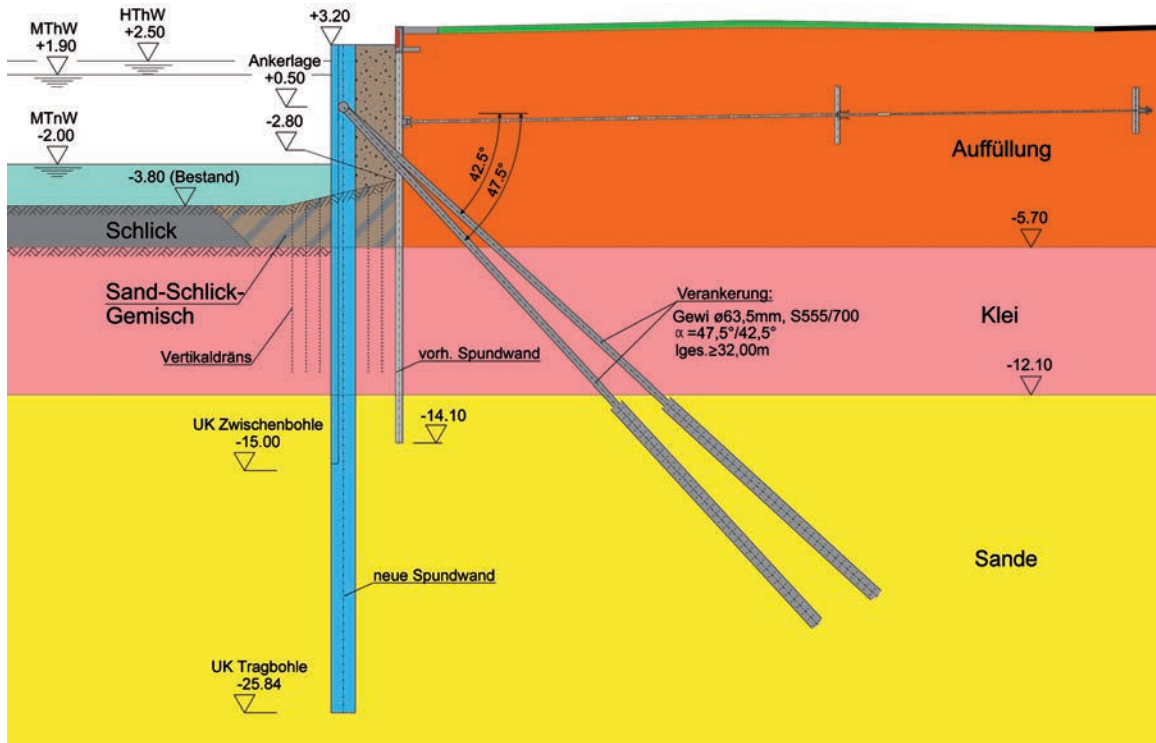


Bild 6 Gesamtquerschnitt, Abschnitt C2
Section through old and new walls in segment C2

Porenwasserüberdruck

Gemäß Bodengutachten ist die Kleischicht vor der vorhandenen Uferwand nicht vorkonsolidiert, durch die Auflast aus der Hinterfüllung entsteht somit ein Porenwasserüberdruck innerhalb der Kleischicht.

Um die Belastung der Spundwand im Bauzustand zu begrenzen, ist vorgesehen, die Hinterfüllung der „hohen Spundwände“ in 2 Teilabschnitten einzubauen und die Konsolidierung durch Vertikaldränns in einem Dreiecksraster, $e = 1,20$ m zu beschleunigen.

Der Einbau der Vertikaldränagen kann aufgrund der nicht mehr gegebenen Standsicherheit der alten Spundwand ausschließlich vom Wasser aus im Stechverfahren erfolgen. Daraus ergibt sich, dass diese Arbeiten vor Beginn des Spundwandeinbaus ausgeführt werden müssen.

Exemplarisch ist für den Abschnitt C2 folgender Bauablauf vorgesehen, siehe auch Bild 6:

- Einbau einer Sandvorschüttung vor die vorhandene Wand
- Einbau der Vertikaldränagen
- Einbau der Uferwand einschl. Herstellung der Rückverankerung
- Verfüllung des Zwischenraumes bis ca. + 0,50 m NN
- Konsolidation der Kleischicht (ca. 4 bis 6 Monate)
- Einbau der Resthinterfüllung

Korrosionsschutz

Unter Berücksichtigung der örtlichen Randbedingungen und der Angaben aus dem Bodengutachten wurde vom

Auftraggeber festgelegt, sämtliche luft- und wasserberührenden Spundwandflächen bis mindestens 2,0 m unter die planmäßigen Gewässersohle entsprechend Korrosivitätskategorie C5-M (lange Schutzdauer) zu beschichten.

Die Mindestdicke wurde mit 550 μm festgelegt. Darüber hinaus ist im Rahmen der Bemessung ein Abrostungszuschlag von 10 % gegenüber den Bemessungsspannungen festgelegt worden, die Spundwände wurden also für $0,9 \times \sigma_{R,d}$ bemessen.

2.3 Variantenuntersuchung Spundwandprofil

Aufgrund der vorab erläuterten extremen Boden- und Grundwasserverhältnisse ergeben sich für die „hohen“ Spundwandabschnitte Schnittgrößen für die Bemessung der Uferspundwand, die mit einer Wellenwand kaum noch sinnvoll abzutragen sind.

Exemplarisch für den Bemessungsschnitt im Abschnitt C2 wird im Folgenden erläutert, welche möglichen Spundwandprofile untersucht wurden.

Hierbei wird auch deutlich, wie entscheidend die Ergebnisse der Spundwandberechnung von den Grundwasserverhältnissen des unteren Grundwasserleiters abhängen. Da bei diesem Bemessungsschnitt die Kleischicht aufgrund des Auftriebs im LF1 annähernd gewichtslos wird ($\gamma_v \leq 0,6 \text{ KN/m}^3$), und somit keine stützende Erd- druck-Wirkung angenommen werden kann, beträgt die „statische Bemessungshöhe“ von OK Spundwand bis OK stützender Boden ca. 15,30 m (+3,20 m NN – (-12,10 m

NN)), obwohl die „visuelle Bemessungshöhe“ bis OK Schlick nur ca. 6,00 m beträgt (+3,20 m NN – (-2,8 m NN)).

Für den Abschnitt C2 ergaben sich die folgenden maßgebenden Bemessungsschnittgrößen:

$$\begin{aligned} M_d &= 2.560 \text{ KNm/m} \\ A_{h,d} &= 762 \text{ KN/m} \\ A_{45^\circ,d} &= 1.078 \text{ KN/m} \\ V_{i,d} &\leq 1.811 \text{ KN/m} \end{aligned}$$

Folgende Spundwandprofile wurden untersucht:

- Kombinierte Spundwand mit Einzelbohlen, S 355 GP, z.B.:
 - PSP 1030 + PZi 675-12 - 14/21;
 $W_y = 11\,600 \text{ cm}^3/\text{m}$; $g_{80\%} = 299 \text{ kg/m}^2$
 - HZ 1080 MB - 14 + AZ 26;
 $W_y = 11\,105 \text{ cm}^3/\text{m}$; $g_{80\%} = 288 \text{ kg/m}^2$
- kombinierte Spundwand mit Doppelbohlen, S355GP, z.B.:
 - PSP 1001 + PZi 675-12 - 22/23;
 $W_y = 11\,670 \text{ cm}^3/\text{m}$; $g_{80\%} = 320 \text{ kg/m}^2$
 - HZ 1080 MC - 24 + AZ 26;
 $W_y = 10\,415 \text{ cm}^3/\text{m}$; $g_{80\%} = 327 \text{ kg/m}^2$
- Wellenspundwand mit Lamellen, S430GP:
 - AZ50 + Lamellen $320 \times 28 \text{ mm}$,
 $W_y \approx 8\,830 \text{ cm}^3/\text{m}$; $g \approx 300 \text{ kg/m}^2$

Da die Wellenspundwand mit Lamellen insbesondere durch den Mehrpreis aufgrund der höheren Stahlgüte und des Fertigungs- bzw. Schweißaufwandes nicht wirtschaftlich darzustellen ist und bei einer kombinierten Spundwand mit Einzel-Tragbohlen von bis zu 30 m Länge Risiken bezüglich des lagegenauen Einbringens bestehen, wurde festgelegt, die neue Uferspundwand an der MOS aus einer kombinierten Spundwand mit Doppel-Tragbohlen herzustellen.

Dies hat den weiteren Vorteil, dass die Anordnung der Verankerung, bestehend aus Gewi-Verankerungspfählen $\varnothing 63,5 \text{ mm}$, insbesondere bei den „hohen Wänden“ so gewählt werden konnte, dass bei zwei Verankerungselementen pro Systemmaß eine wirtschaftliche Auslastung erreicht wurde.

2.4 Ausschreibungslösung

Als Ergebnis der Variantenuntersuchung zum Spundwandprofil und der darauf aufbauenden statischen Berechnung wurden folgende Profile und Verankerungen ausgeschrieben:

Abschnitt A/B/C1-Nord/C3-Süd/C4

- PSP 900 + PZi 675-12 - 22/23; S 355GP;
 $L_{TB} \leq 33,0 \text{ m}$ oder gleichwertig
- Gewi $\varnothing 63,5 \text{ mm}$; S 555/700; $\alpha = 45^\circ$; $e \leq 1,20 \text{ m}$;
 $L_{ges} \leq 37,5 \text{ m}$

Abschnitt C1/C3

- PSP 600 + PZi 675-12 - 22/23; S 355GP;
 $L_{TB} \leq 22,0 \text{ m}$ oder gleichwertig
- Gewi $\varnothing 63,5 \text{ mm}$; S 555/700; $\alpha = 45^\circ$; $e \leq 2,40 \text{ m}$;
 $L_{ges} \leq 33,5 \text{ m}$

Abschnitt C2/C3-Nord

- PSP 1001 + PZi 675-12 - 22/23; S 355GP;
 $L_{TB} \leq 29,0 \text{ m}$ oder gleichwertig
- Gewi $\varnothing 63,5 \text{ mm}$; S 555/700; $\alpha = 45^\circ$; $e \leq 1,20 \text{ m}$;
 $L_{ges} \leq 32,0 \text{ m}$

Insgesamt umfasst die ausgeschriebene Leistung neben den Erd-, Bagger- und Drainagearbeiten das Liefern und Einbringen von ca. 4.000 t Spundwandmaterial und den Einbau von ca. 350 Gewi-Verankerungen.

3 Aktueller Stand der Maßnahme

Der Auftrag für die Bauleistung wurde im November 2012 an die Bietergemeinschaft Colcrete von Essen/August Prien vergeben. Ab Mai 2013 werden Boden- und Drainagearbeiten ausgeführt, der Beginn der Spundwand- und Verankerungsarbeiten ist für das Juni 2013 vorgesehen.

Projektbeteiligte:

Als Ergebnis eines europaweiten Präqualifikations- bzw. Vergabeverfahrens wurde die „Ingenieurgesellschaft MOS Bremerhaven“, bestehend aus den Unternehmen bremenports GmbH & Co. KG aus Bremerhaven und grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG aus Hannover im Juni 2011 mit der Entwurfsplanung, Ausführungsplanung und Bauleitung für den Neubau der Uferspundwand an der MOS beauftragt.

Weitere Planungsbeteiligte:

Auftraggeber:
Bundesministerium der Verteidigung, vertreten durch Senatorin für Finanzen Bremen – Geschäftsbereich Bundesbau – diese vertreten durch Immobilien Bremen, Abteilung B4 Bundesbau, Bremen

Zustands- und Standsicherheitsgutachten, Vorentwurf:
Handt Consult, Bremen

Bodengutachten:
Grundbaubüro Jacobsen, Bremerhaven

Prüfingenieur:
Dr.-Ing. K. Morgen, WTM ENGINEERS, Hamburg

Autoren

Dipl.-Ing. Johannes Herbort
grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG
Expo Plaza 10, 30539 Hannover
j.herbort@grbv.de

Dipl.-Ing. Sabine Verch
grbv Ingenieure im Bauwesen GmbH & Co. KG
Expo Plaza 10, 30539 Hannover
s.verch@grbv.de

Dipl.-Ing. Christian Pabst
bremenports GmbH & Co. KG
Am Strom 2, 27568 Bremerhaven
christian.pabst@bremenports.de



INGENIEURE IM BAUWESEN

Hauptsitz Hannover

Expo Plaza 10
30539 Hannover
Telefon +49 511 98494-0
Telefax +49 511 98494-20
info@grbv.de
www.grbv.de

Niederlassung Berlin

Mommensenstraße 25
10629 Berlin
Telefon +49 30 32701196
Telefax +49 30 32701197
berlin@grbv.de

Konstruktiver Ingenieurbau

Ingenieur - Wasserbau

Windenergie - Anlagen

Industriebau

Hochbau