

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Article, Published Version

Scharf, P.; Palloks, Werner

Vibrationstiefenverdichtung für Hinterfüllungen mit dem Vibrator PE 2001

Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/106282>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Scharf, P.; Palloks, Werner (1990): Vibrationstiefenverdichtung für Hinterfüllungen mit dem Vibrator PE 2001. In: Mitteilungen der Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau; Schriftenreihe Wasser- und Grundbau 56. Berlin: Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau. S. 88-100.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Vibrationstiefenverdichtung für Hinterfüllungen mit dem Vibrator PE 2001

Dipl.-Ing. P. Scharf (KDT)

Dipl.-Geophys. W. Palloks (KDT)

1. Problematik

Wassergesättigte Aufspülungen und Hinterfüllungen haben erfahrungsgemäß eine sehr geringe Lagerungsdichte, die sich auch durch längere Liegezeiten nicht erhöht. Die oftmals in Projekten geforderte Verdichtung von derartigen Bereichen unterhalb des Wasserspiegels konnte von dem ausführenden Baubetrieb, dem VEB Wasserstraßenbau (WSB), nicht erfüllt werden, da kein geeignetes Verdichtungsverfahren zur Verfügung stand. Die bauseitige Nutzung von Uferwandhinterfüllungen war deshalb stark eingeschränkt.

Als Lösung dieses Problems bot sich die Vibrations-Tiefenverdichtung an, die nach Erfahrungen im Seehafenbau /1/, /2/ überzeugende Effekte bei der Verdichtung von Aufspülungen und Hinterfüllungen sowie in Schwimmkästen /3/ zeigte.

Mit Vibrationsbären und daran befestigten Lanzen, die mit Flügeln besetzt sind, können locker gelagerte, wassergesättigte nichtbindige Lockergesteine verdichtet werden. Das Wirkprinzip besteht darin, daß durch die Vibration eine Verflüssigung des die Lanze umgebenden Lockergesteins stattfindet, es sich dabei umlagert und anschließend eine höhere Lagerungsdichte aufweist.

Dabei sind mitteldichte bis dichte Lagerungen zu erreichen. Bei bisherigen Anwendungen sind am häufigsten eng abgestufte Fein- und Mittelsande aber auch normal abgestufte Sande und Kiessande verdichtet worden.

2. Ergebnisse der Verdichtungsversuche

Über einen Zeitraum von vier Jahren konnten an sechs Bauobjekten des VEB WSB Untersuchungen zur Vibrations-Tiefenverdichtung durchgeführt werden. Die Versuche dienten dazu, Erfahrungen bei der Anwendung des Vibrators PE 2001 in Kombination mit einer Verdichtungslanze zu sammeln und diese Erkenntnisse für eine Verdichtungstechnologie zusammenzufassen. Bild 1 zeigt das System eines Verdichtungskomplexes. Bei den Versuchen waren die nachfolgend genannten Schwerpunkte zu beachten:

Systemskizze

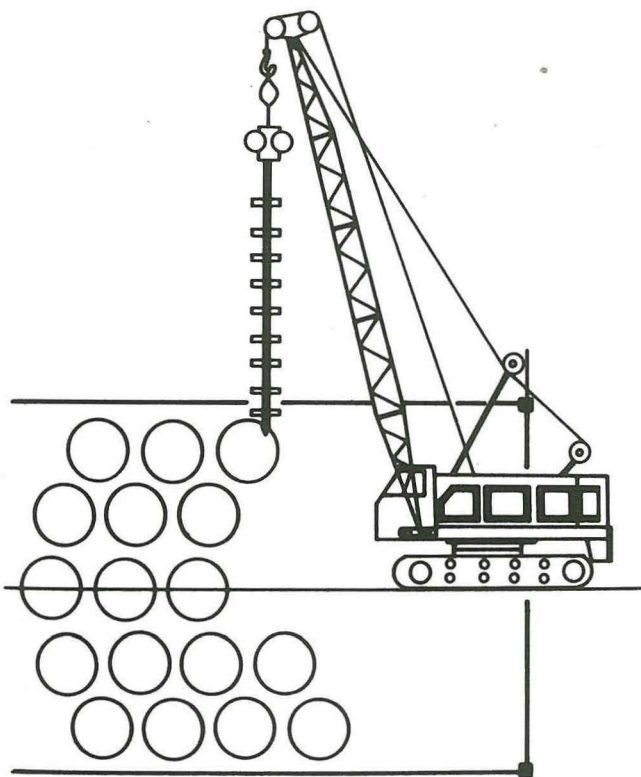


Bild 1 System des Verdichtungskomplexes

- Optimierung des Verdichtungsrastrers und der Verdichtungsdauer;
- Auswahl der optimalen Verdichtungslanze;
- Erfassung des Verdichtungseffektes über die erreichbare Tiefe;
- Messung von Setzungen der Hinterfüllung und der Spundwandverformungen;
- Messung der dynamischen Belastungen auf die umgebende Bausubstanz;
- Erfassung der Lockergesteinskennwerte und der Schütthöhen über und unter Wasser.

Entsprechend den vorhandenen Möglichkeiten auf den jeweiligen Baustellen wurden Versuchsprogramme ausgearbeitet, die eine vielfältige Variation der Einflußparameter beinhaltet. Ihre Realisierung in der Praxis erfolgte unter zum Teil komplizierten Bedingungen.

Die Bilder 2 bis 5 veranschaulichen den Versuchsablauf und die erreichten Ergebnisse. Bild 2 zeigt den PE 2001 mit angehängter Lanze während der Verdichtung. Um die Einstichstelle der Verdichtungslanze setzt sich das Gelände trichterförmig (Bild 3). Die Lagerungsdichte vor und nach der Verdichtung wurde mittels Drucksonde bzw. Leichter Handrammsonde bestimmt. Bild 4 vermittelt am Beispiel des Verdichtungsversuchs an der Schleuse P. die Zunahme der Schlagzahlen nach der Vibrationsverdichtung. Bei diesem Versuch wurden ebenfalls die Verschiebungen des Spundwandkopfes infolge der Verdichtung erfaßt (Bild 5).

Unter Berücksichtigung aller Versuchsergebnisse, die ausführlich in /4/ dokumentiert sind, entstand eine Empfehlung für Verdichtungsarbeiten mit dem PE 2001. Tabelle 1 enthält, geordnet nach Arbeitsschritten, alle wichtigen Gesichtspunkte, die bei der Vorbereitung, Durchführung und Kontrolle der Verdichtung beachtet werden müssen.

In Tabelle 2 sind die Sicherheitsabstände zu Bauwerken angegeben, die bei Verdichtungsarbeiten mit dem Vibrator PE 2001 einzuhalten sind.

3. Zusammenfassung

Die vorliegende Empfehlung gilt als Grundlage für die Ausführung von Verdichtungsarbeiten mit dem PE 2001 für Hinterfüllungen im Unterwasserbereich. Durch technische Verbesserungen an der Verdichtungslanze sowie zunehmende Erfahrungen bei dem empfohlenen Verfahren können die Verdichtungseffekte zukünftig noch erhöht werden, um I_D -Werte $> 0,5$ zu erreichen und damit Voraussetzungen für das Anlegen von Verkehrswegen auf Hinterfüllungen zu schaffen.

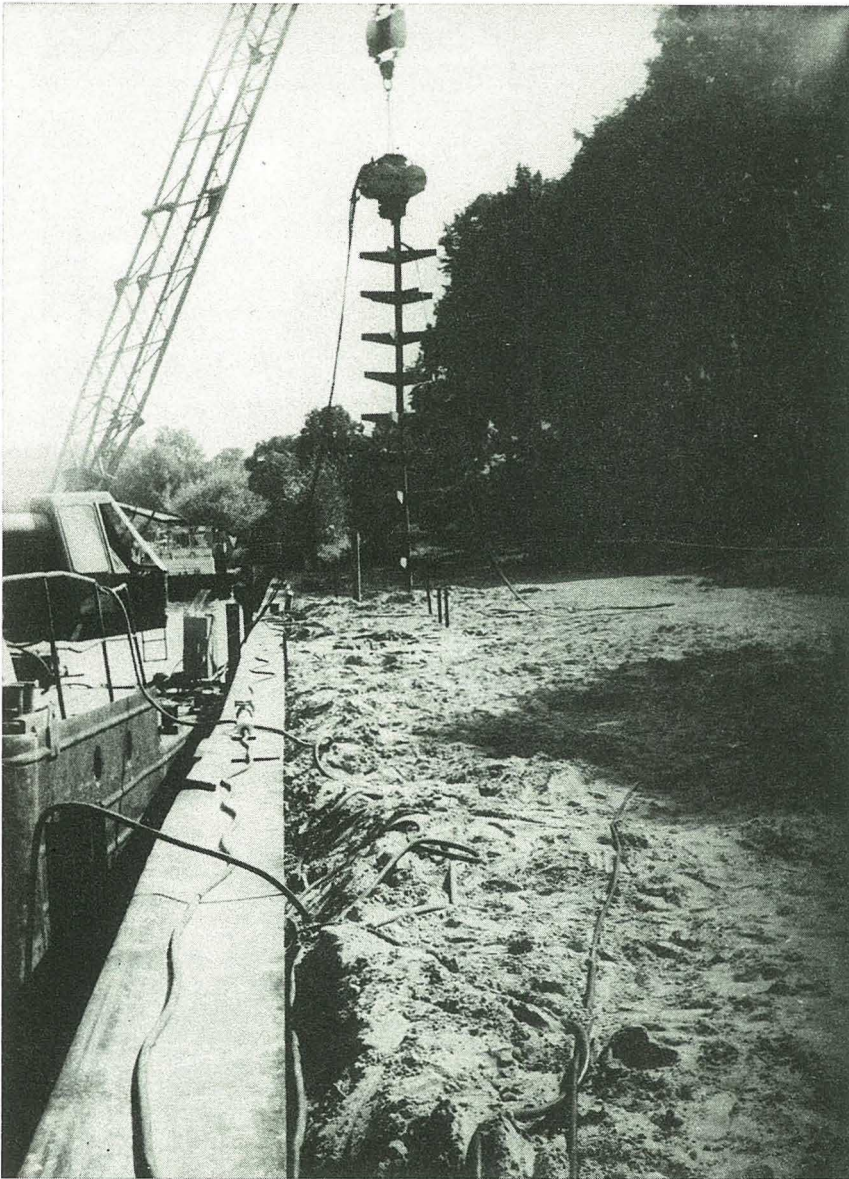


Bild 2 Vibrator PE 2001 mit angehängter Lanze während der Verdichtung

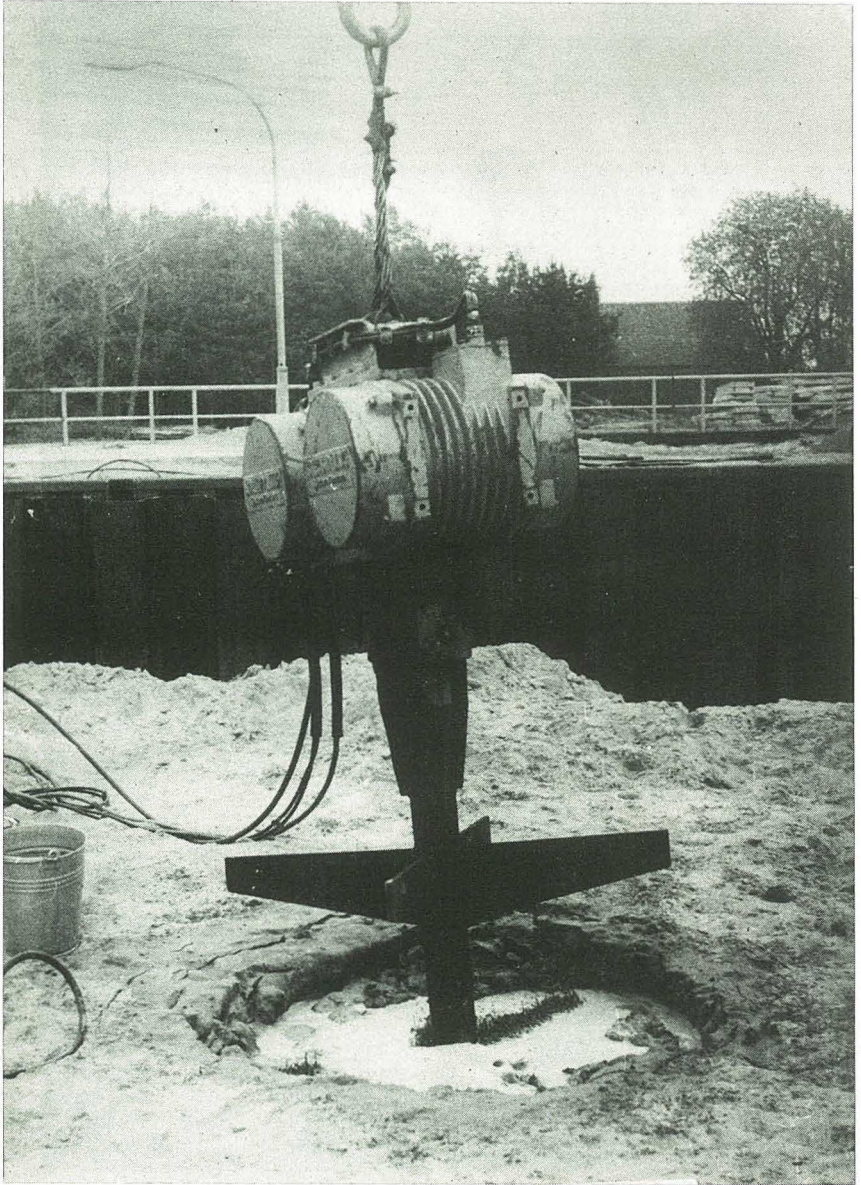


Bild 3 Trichterförmige Setzungen während des Verdichtungsvorganges

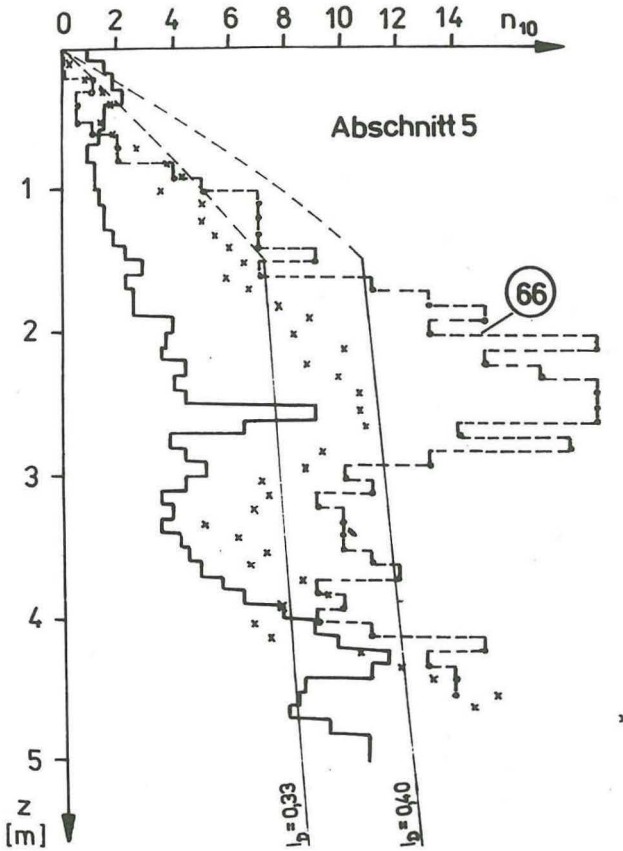


Bild 4 Verdichtungskontrolle mit der Leichten Handdrammsonde
 Vergleich der Schlagzahlen vor und nach der Verdichtung

- Mittelwert vor Verdichtung
- x Mittelwert nach Verdichtung
- o Sondierung im Bereich des größten Verdichtungs-
effekts

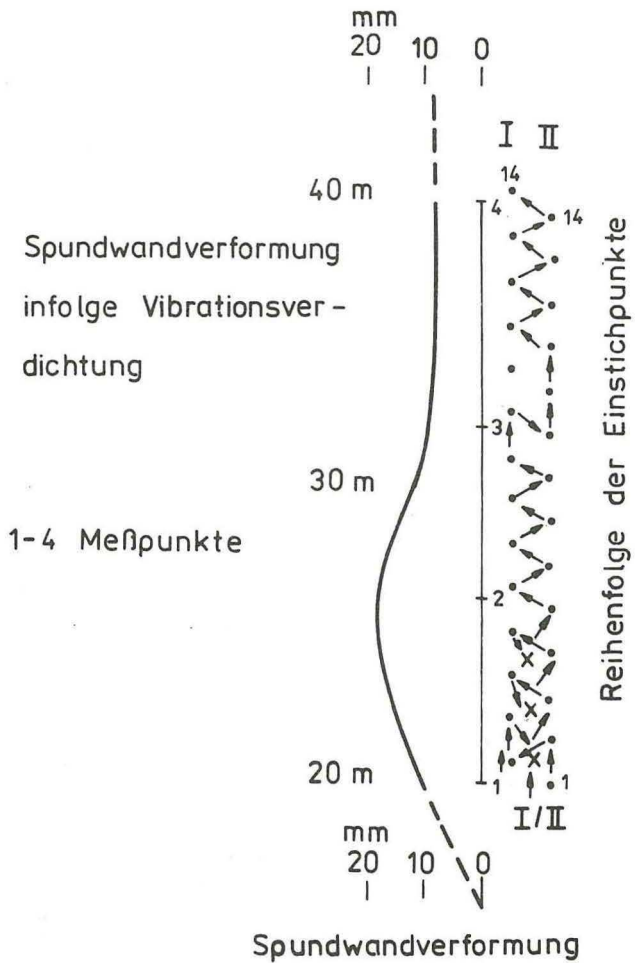


Bild 5 Spundwandkopfverschiebungen entlang des Versuchsabschnitts an der Schleuse P.

Im Prüfbescheid der Staatlichen Bauaufsicht wurde den Ergebnissen der F/E-Arbeit und den daraus abgeleiteten Empfehlungen zugestimmt. Für den Projektanten ergibt sich daraus, daß in Ausführungsunterlagen, bei denen eine Tiefenverdichtung vorgesehen ist, Angaben über die erforderliche Lagerungsdichte und die zulässige Uferwandverschiebung gemacht werden. Der Verdichtungseffekt ist bei der Bemessung der Uferwand ebenfalls zu beachten.

Es ist vorgesehen, für die nächsten drei Objekte, bei denen die Vibrations-Tiefenverdichtung angewendet wird, eine Betreuung durch den VEB Forschungsanstalt für Schifffahrt, Wasser- und Grundbau bezüglich der Meßwerterfassung und -auswertung erfolgt.

Tabelle 1

Empfehlungen für die Durchführung der Vibrations-Tiefenverdichtung mit dem Vibrator PE 2001

Für eine mitteldichte Lagerung ($I_D \approx 0,33$) ist die nachfolgend genannte Verdichtungsvorschrift einzuhalten. Sie enthält für die Verdichtungskontrolle Empfehlungen.

Arbeitsschritte		Bemerkungen
1. Herstellen der Schüttung	Auswahl des Hinterfüllungsmaterials	Verdichtungsfähige Lockergesteine sind nichtbindige Sande und Kiessande ohne Geröllanteil, ohne Bauschutt- und andere Verunreinigungen und ohne organogene Bestandteile.
	Lagerungsdichte $I_D < 0,33$	Es wird gefordert, daß vor Vibrationsverdichtung keine Oberflächenverdichtung vorgenommen wird. Durchführung von Rammsondierungen zur Bestimmung von I_D .
	vollständige Hinterfüllung	Bei der Verfüllung muß darauf geachtet werden, daß zwischen Spundwand und Aufschüttung kein Zwischenraum bleibt, da das Lockergestein sonst ausweichen kann, und kein bzw. ein geringerer Verdichtungseffekt erzielt wird.
	Schütthöhe vor der Tiefenverdichtung einhalten	Die Schütthöhe vor der Tiefenverdichtung darf maximal 1 m über Wasserspiegel liegen.

2. Ablauf der Verdichtungsarbeiten	Abstecken des Versuchsfeldes	Sicherheitsabstand zu vorhandenen Bauwerken gemäß Tabelle 2 beachten. Abstand zwischen den Einstichpunkten 1,5 m im Raster eines gleichseitigen Dreiecks (\cong Abstand zwischen den Reihen von 1,3 m). Abstand zwischen Spundwand und erster Verdichtungsreihe 1 m.
	Höhenmessung	Einmessen der Ansatzpunkte mittels Nivellement zur späteren Bestimmung der Setzungen
	Verdichtung	Verdichtungszeit von mindestens 4 Minuten nach Erreichen der maximalen Tiefe. Wasserzugabe während des Absenkens der Lanze. Ziehen der Lanze mit einer Geschwindigkeit von ≤ 2 m/min, dabei keine Wasserzugabe.
	Kontrolle der Spundwandkopfverschiebung	Einhaltung vorgegebener Grenzwerte, bei Überschreitung geeignete Maßnahmen festlegen, z. B. Vergrößerung des Abstandes zwischen Spundwand und erster Reihe der Einstichpunkte oder Abbruch der Verdichtung. Holm und Gurtung möglichst vor der Verdichtung montieren.
	Höhenmessung	Setzungsmessungen mittels Nivellement in den Einstichtrichtern und in ihrem Umfeld
	Planieren der Oberfläche	Einebnen der Aufschüttung, Zuschieben der Trichter. Verdichtung der Oberfläche.

	Fertigstellung der Hinterfüllung	Lagenweiser Einbau und Verdichtung bis zur geforderten Höhe (Schüttlagenmächtigkeit muß der Tiefenwirkung des Verdichtungsgerätes angepaßt sein).
3. Verdichtungskontrolle	Prüfmethoden	Für die Verdichtungskontrolle der Tiefenverdichtung sind Sondierungen (Rammsonde, Druck- und radio-metrische Sondierung) geeignet. Zur Dichteprüfung der oberen Schüttlagen wird die Entnahme ungestörter Proben empfohlen.
	Anzahl der Prüfungen	Aus praktischen und ökonomischen Gründen wird empfohlen, keine separate Probeverdichtung durchzuführen, sondern zu Beginn der Verdichtung einen Bereich von 6 bis 7 bereits verdichteten Einstichpunkten für die Verdichtungskontrolle zu nutzen. Es sind mindestens 3 Sondierungen im Abstand von 30 cm und 3 Sondierungen mit 75 cm Abstand zu den ausgewählten Einstichpunkten durchzuführen und die Ergebnisse zu mitteln. Für langgestreckte Baustellen bis 3 m Verdichtungsbreite wird alle 10 m eine weitere Sondierung vorgeschlagen. Bei Flächenverdichtungen eine Sondierung je 50 bis 100 m ² .

Tabelle 2

Sicherheitsabstände a_s [m] zu Bauwerken beim Einsatz eines Vibrators PE 2001 zur Vibrationsverdichtung (a_s = Mitte Lanze bis Außenkante Bauwerk)

Bauwerk	a_s [m]
I Spundwand	1,0 ¹⁾
II Massivbauwerke aus Beton oder Mauerwerk	
a) ohne Begrenzung von Setzungen und Setzungsdifferenzen	1,0
b) Setzungen ≤ 10 mm zulässig	3,0
c) Setzungen ≤ 5 mm zulässig	5,0
d) Setzungen ≤ 1 mm zulässig	8,0
III Gebäude aus	
a) Beton	10,0 ²⁾
b) Mauerwerk	15,0 ²⁾
IV Rohrleitungen (Stahl geschweißt)	2,0 ³⁾

Anmerkung: 1) zulässige Spundwandkopfverformung beachten

2) hinsichtlich Einwirkung auf Menschen oder empfindliche Ausrüstungen in Gebäuden gesonderte Prüfung erforderlich

3) unter Druck stehend: $a_s = 5$ m bzw. entsprechend der Bedeutung der Leitung festlegen

Literatur

- /1/ BROMS, B.; HANSSON, Ö.:
Verdichtung von eingespültem Sand für einen Tiefhafen (Pier I)
in Rostock, DDR
von Johnson Construction Company A B;
Vorgeschlagene Verdichtung - Verdichtungskontrolle
- /2/ MASSARSCH, K.-R.; BROMS, B.:
Bodenverdichtung durch die Vibro-Wing-Methode.
Die Bautechnik 10 (1983), S. 354 - 357
- /3/ LACHMANN, H.; SYNWOLDT, K.:
Tiefenverdichtung von eingespülten Sanden in Senkkästen mit dem
Vibrationsverfahren.
Bauinformation Wissenschaft und Technik 31 (1988) 5, S. 20 - 23
- /4/ F/E-Bericht "Vibrations-Tiefenverdichtung für Hinterfüllungen
mit dem Vibrator PE 2001".
VEB FAS Berlin, Abteilung Grundbau, 1988 (unveröffentlicht)