

Planfeststellungsverfahren

für den
Ersatz der beiden Kleinen Schleusenammern und
Anpassung der Vorhäfen in Kiel-Holtenau

VORHABENTRÄGER:

WASSERSTRASSEN- UND SCHIFFFAHRTSAMT KIEL-HOLTENAU

SCHLEUSENINSEL 2

24159 KIEL-HOLTENAU



5.2.1

Kleine Schleuse

Ersatzneubau der
Kleinen Schleuse Kiel

Gutachten zu Auswirkungen
von Erschütterungen
während der Bauzeit

B3952.01.06.10086

Ersatzneubau der
Kleinen Schleuse Kiel

Gutachten zu Auswirkungen
von Erschütterungen
während der Bauzeit

Auftraggeber: Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau

Auftrag vom: 20.02.2017, Az.: 231.2-ModS/2151

Auftrags-Nr.: BAW-Nr. B3952.01.06.10086

Aufgestellt von: Abteilung: Geotechnik
 Referat: G1 Baugrunderkundung
 Bearbeiter: Dr.-Ing. Julia Götz

Karlsruhe, 29. Januar 2019

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

Zusammenfassung

Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau plant den Ersatzneubau der Kleinen Schleuse in Kiel-Holtenau. Die Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) wurde beauftragt, ein Erschütterungsgutachten zu erstellen. Untersucht wurden die Auswirkungen von Schlag- und Vibrationsrammungen und Abrissarbeiten durch Meißeln. In der Umgebung der Baumaßnahme befinden sich mehrere bauliche Anlagen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung und die durch Wohnbebauung gekennzeichnete Ortslage Kiel-Holtenau.

Die Prognose der Schwingungen basiert auf statistischen Auswertungen von Schwingungsmessungen bei vergleichbaren Bauvorhaben. Die Prognose der Rammerschütterungen erfolgt unter Berücksichtigung des Vorbohrens mit Bodenaustausch und Nachschlagen in den gewachsenen Boden. Für das Abbruchmeißeln wurde ein leistungsstarker Hydraulikmeißel angenommen. Die Beurteilung der prognostizierten Schwingungsgrößen erfolgt auf Grundlage der DIN 4150 (Erschütterungen im Bauwesen) und Erfahrungen der BAW.

Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-3:2016-12 (Einwirkungen auf Bauten) und damit Schäden an den Wohnhäusern nördlich der Kanalstraße in Kiel-Holtenau sind ausgeschlossen. Überschreitungen des unteren Anhaltswertes der Stufe I der DIN 4150-2:1999-06 (Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden) können beim Einbringen von Rammelementen mittels Vibrationsrammung nicht ausgeschlossen werden. Es wird empfohlen, für die Anwohner im Entfernungsbereich bis $R = 115 \text{ m}$ vor Beginn der Rammarbeiten die Maßnahmen a) bis e) (s. Abschnitt 4.3) und im Beschwerdefall auch den Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen nach DIN 45669 und DIN 4150 sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkung auf Menschen und Gebäude zu veranlassen.

Bei Rammarbeiten können in einem Entfernungsbereich $R \leq 37 \text{ m}$ zu nächstliegenden Schutzgütern die Anhaltswerte der DIN 4150-3:2016-12 überschritten werden, so dass Schäden an Bauten nicht ausgeschlossen werden können. Es werden Schutzgüter benannt, an denen die Durchführung von Erschütterungsmessungen nach DIN 45669 und DIN 4150 und vor Baubeginn eine Dokumentation bestehender Schäden empfohlen wird. An ausgewählten Schutzgütern wird zusätzlich empfohlen geodätische Kontrollmessungen durchzuführen, um Verformungen des Bauwerks rechtzeitig zu erkennen. Es werden Hinweise auf die Fahrweise der Vibrationsramme und zur Minderung der Belästigung von Anwohnern gegeben.

Inhaltsverzeichnis		Seite
1	Veranlassung und Aufgabenstellung	1
2	Unterlagen und Daten	1
3	Baumaßnahmen und Schutzgüter	3
3.1	Baumaßnahmen	3
3.1.1	Ersatzneubau der Kleinen Schleuse Kiel	3
3.1.2	Anlegedalben und Leitwerke	4
3.2	Schutzgüter	4
4	Anforderungen an den Erschütterungsschutz	5
4.1	Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen	5
4.2	Einwirkungen auf den Boden im Gründungsbereich von Bauten	7
4.3	Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden	8
5	Baugrund	10
6	Erschütterungsprognose	12
6.1	Grundlagen und Annahmen für die Erstellung der Prognose	12
6.2	Schlagrammung	13
6.3	Vibrationsrammung	14
6.4	Abbruchmeißeln	15
7	Bewertung und Empfehlungen	16
7.1	Schutzgüter im Wohngebiet Kanalstraße	16
7.2	Schutzgüter auf der Schleuseninsel	16
7.3	Schutzgüter auf der Mittelinsel	17
7.3.1	Weitere Empfehlungen	17

Tabellenverzeichnis	Seite
Tabelle 1: Zusammenstellung der nach DIN 4150 bewerteten Schutzgüter.	5
Tabelle 2: Anhaltswerte $v_{i, max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen auf Gebäude (Tabellen 1 und 4 der DIN 4150-3:2016-12).	7
Tabelle 3: Anhaltswerte $v_{i, max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen auf erdverlegte Rohrleitungen (Tabelle 3 und Abschnitt 6.2 der DIN 4150-3:2016-12).	7
Tabelle 4: Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen auf Menschen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen (Tabelle 2 der DIN 4150-2:1999-06).	9
Tabelle 5: Baugrundsichtung und Beurteilung der Rammpbarkeit nach [U9].	11
Tabelle 6: Zusammenstellung der für die Prognose und Bewertung der Erschütterungen angenommenen Parameter für Schlag- und Vibrationsrammung und Abbruchmeißeln.	12

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lageskizze geplanter Baumaßnahmen und bewerteter Schutzgüter
Anlage 2.1	Prognosewerte für Rammarbeiten mit Schlagrammen
Anlage 2.2	Prognosewerte für Rammarbeiten mit Vibrationsrammen
Anlage 2.3	Prognosewerte für Meißelarbeiten
Anlage 3	Sicherheitsabstände zwischen Spundwand und Gebäude aus DIN 4150-3:2016-12, Anhang C

1 Veranlassung und Aufgabenstellung

Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Kiel-Holtenau plant den Ersatzneubau der Kleinen Schleuse in Kiel-Holtenau.

In der Umgebung der Baumaßnahme befinden sich mehrere bauliche Anlagen der Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) und die durch Wohnbebauung gekennzeichnete Ortslage Kiel-Holtenau. Mit dem Schreiben vom 20.02.2017 wurde die BAW vom WSA Kiel-Holtenau beauftragt, Auswirkungen von Erschütterungen auf die anliegenden Bauwerke und Anwohner zu beurteilen [U1].

Das vorliegende Gutachten enthält die Ergebnisse der durchgeführten Berechnungen zur Prognose von Erschütterungsimmissionen infolge von Bauarbeiten für die betroffenen Wirkräume sowie deren Bewertung im Rahmen des gesetzlichen Immissionsschutzes.

2 Unterlagen und Daten

Folgende Unterlagen wurden für die Bearbeitung verwendet:

Schriftverkehr

[U1] Beratung / Gutachten zu Auswirkungen von Erschütterungen aus Ramm- und Bauarbeiten - Ersatz der Kleinen Schleuse Kiel-Holtenau 231.2-ModS/2151, E-Mail vom Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau am 20.02.2017.

Berichte

[U2] Grundinstandsetzung der Kleinen Schleuse Kiel Holtenau, NOK-km 97,2 – 98,6, Stellungnahme zu Auswirkungen von Erschütterungen beim Bau der Umschlagstelle Kiel-Wik, aufgestellt durch die Bundesanstalt für Wasserbau am 26.07.2018.

[U3] Ersatz der beiden kleinen Schleusenammern und Anpassung der Vorhäfen in Kiel-Holtenau, Schalltechnische Untersuchung, Teil 1: Baulärm, ENTWURF, aufgestellt durch LAIRM CONSULT GmbH am 24.01.2019.

[U4] Scoping-Unterlage, Projekt: Ersatz der beiden kleinen Schleusenammern und Anpassung der Vorhäfen in Kiel-Holtenau, aufgestellt durch Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau im Oktober 2016.

[U5] Massivbau – Vorstatik, Vorzugsvarianten, Machbarkeitsstudie, Alte Schleuse Kiel-Holtenau, aufgestellt durch WTM ENGINEERS GMBH am 22.10.2015.

[U6] Bauhistorisches Gutachten der Alten Schleusen in Kiel-Holtenau, aufgestellt durch Büro für Industriearchäologie und planinghaus architekten BDA in Zusammenarbeit mit Katja König im Oktober 2016.

- [U7] Entwurf-AU, Alte Schleuse Kiel-Holtenau, Sicherungsmaßnahmen, Erläuterungsbericht, aufgestellt durch Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau am 17.03.2016.
- [U8] Entwurf-HU zum Ersatz der beiden kleinen Schleusenammern in Kiel-Holtenau, aufgestellt durch Wasser- und Schifffahrtsamt Kiel-Holtenau.
- [U9] Kleine (Alte) Schleuse Kiel-Holtenau, Geotechnische Bemessungsprofile und Bauteilwiderstände für Sicherungsmaßnahmen und für die Machbarkeitsstudie zur Grundinstandsetzung, aufgestellt durch Bundesanstalt für Wasserbau am 03.12.2014.
- [U10] Statistische Auswertung von Erschütterungsemissionen, FuE-Abschlussbericht, BAW-Nr. A39520570002, aufgestellt durch Bundesanstalt für Wasserbau am 24.11.2015.
- [U11] Kleine Schleusen Kiel-Holtenau, Stellungnahme zur Auswirkung von Erschütterungen aus Ramm- und Bauarbeiten, aufgestellt durch Bundesanstalt für Wasserbau am 07.05.2015.
- [U12] Setzungen von Sanden bei Schwingungsanregung, FuE-Abschlussbericht, BAW-Nr. A39520570001, aufgestellt durch Bundesanstalt für Wasserbau am 28.11.2012.
- [U13] Denkmalliste Kiel, aufgestellt durch Landesamt für Denkmalpflege Schleswig-Holstein am 14.11.2018.
- [U14] Neubau eines Leitungsdükers Schleusenanlage Kiel-Holtenau, Geotechnischer Untersuchungsbericht, BAW-Nr. A39550110292, aufgestellt durch Bundesanstalt für Wasserbau am 06.01.2011.

Normen

- [U15] DIN 4150-3:2016-12, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Beuth Verlag GmbH Berlin.
- [U16] DIN 4150-2:1999-06, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Beuth Verlag GmbH Berlin.
- [U17] DIN 45669-1:2010-09 mit DIN 45669-1 Ber 1:2012-12, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1: Schwingungsmesser – Anforderungen und Prüfung, Beuth Verlag GmbH Berlin.
- [U18] DIN 45669-2:2005-06, Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2: Messverfahren, Beuth Verlag GmbH Berlin.

Pläne

- [U19] Sicherungsmaßnahme Alte Schleuse Kiel-Holtenau, Grundinstandsetzung, elektrotechnische Einrichtungen ≤ 1000 V, Trassenbelegung / Bauphase 2, Zeichnung Nr. A-5_B03-ET-0037-b, ohne Maßstab, aufgestellt durch PKS Planungsgemeinschaft Kieler Schleusen am 10.03.2016.
- [U20] Schiffsschleusenanlage Alte Schleuse Kiel-Holtenau, Sicherungsmaßnahmen, Gesamtobjekt, Kabeltröge, Kabelschächte, Zeichnung Nr. A-5-B01-D--0013_c, Maßstab 1:25, 1:100, aufgestellt durch PKS Planungsgemeinschaft Kieler Schleusen am 26.01.2016.

Datengrundlage

[U21] PAB 16-4 Prognose – Analyse – Bewertung, Software, aufgestellt durch die Bundesanstalt für Wasserbau im März 2016.

3 Baumaßnahmen und Schutzgüter

3.1 Baumaßnahmen

Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA) Kiel-Holtenau plant den Ersatzneubau der Kleinen Schleuse Kiel (NOK-km 97,2 – 98,6). Im Zuge des Ersatzneubaus werden auch die Vorhäfen an die notwendige Solltiefe angepasst, die Leitwerke erneuert und Anlegedalben für Revisionsverschlüsse hergestellt. Die Baustellenandienung erfolgt u. a. über zwei Umschlagstellen, der Umschlagstelle Kiel-Wik und der Umschlagstelle auf der Mittelinsel. Die Herstellung des Anlegers Kiel-Wik wurde bereits in [U2] hinsichtlich der Erschütterungen betrachtet. Der Anleger auf der Mittelinsel besteht bereits [U3]. Die Gesamtbauzeit der Schleusenanlage dauert mindestens 5 Jahre.

3.1.1 Ersatzneubau der Kleinen Schleuse Kiel

Das neue Schleusenbauwerk wird im Schutz landseitiger Baugrubenwände und außenliegender Fangedämme hergestellt.

Die landseitigen Baugrubenwände sind als rückverankerte Bohrpfahlwände geplant [U4]. Die Rückerverankerung erfolgt mit Verpressankern oder Verpresspfählen. Die Herstellung von Bohr- und Mikropfählen wird nach vorliegenden Erfahrungen als erschütterungsarm eingeschätzt. Überschreitungen der zulässigen Schwingungsanhaltswerte der DIN 4150-2:1999-06 und DIN 4150-3:2016-12 sowie durch Erschütterungen verursachte schädliche Setzungen anliegender Bauten sind bei sachgemäßer Ausführung dieser Verfahren nicht zu erwarten.

Bei den Fangedämmen handelt es sich um gegenseitig verankerte, verfüllte Spundwandkonstruktionen. In [U5] werden Doppelbohlen vom Typ AU 25 mit einer Länge von 30,3 m für beide Spundwandreihen angesetzt. Die Fangedämme werden nach Fertigstellung des Bauwerks zurückgebaut [U4]. Das Einbringen der Spundwände mittels Vibrations- oder Schlagrammung wird als erschütterungsintensives Bauverfahren bewertet (Anlage 1).

Um eine Lenzbarkeit der Baugrube zu ermöglichen wird eine rückverankerte Unterwasserbetonsole erstellt. Die Sohle liegt tiefer als an den Stirnseiten der Häupter, sodass Trennsplundwände als auskragende, eingespannte Wände für die Ausbildung des Höhensprungs ausgeführt werden (Anlage 1, [U5]). Der Einbau dieser Bohlen erfolgt unter Wasser. Das Einbringen der Spundwände mittels Vibrations- oder Schlagrammung wird als erschütterungsintensives Bauverfahren bewertet.

Die bestehende Schleusenanlage (Häupter, Seitenwände, Mittelwand, Sohle) wird abgebrochen und durch einen neuen Stahlbeton-U-Rahmen ersetzt (Anlage 1, [U4]). Die Abbrucharbeiten werden als erschütterungsintensive Baumaßnahme bewertet.

3.1.2 Anlegedalben und Leitwerke

Für die schwimmenden Revisionsverschlüsse der Kleinen Schleuse Kiel werden Anlegedalben im Bereich des nördlichen Binnenleitwerks der Großen Schleuse Kiel eingebracht (Anlage 1, [U4]). Der Ersatzneubau der Kleinen Schleuse umfasst auch den Rück- und Neubau der Leitwerke (Anlage 1, [U4]). Das Ziehen und Einbringen der Dalben mittels Vibrations- oder Schlagrammung wird als erschütterungsintensives Bauverfahren bewertet.

3.2 Schutzgüter

In der Tabelle 1 sind die Schutzgüter zusammengestellt, die hinsichtlich der angemessenen Berücksichtigung im Rahmen des gesetzlichen Immissionsschutzes während des Neubaus der Nordschleuse nach DIN 4150 bewertet werden. Die Lage der Schutzgüter kann der Anlage 1 entnommen werden.

Die Schleusenanlage befindet sich in der Stadt Kiel im Ortsteil Kiel-Holtenau. Nördlich der kanalparallel verlaufenden Kanalstraße, die im Westen in das Friedrich-Voß-Ufer übergeht, beginnt die Wohnbebauung in Kiel-Holtenau [U4].

Auf der Schleusen- und Mittelinsel befinden sich zahlreiche Betriebs- und Dienstgebäude der WSV. In der Denkmalliste der Stadt Kiel werden im Einflussbereich der Rammarbeiten vier Gebäude als denkmalgeschützt geführt [U13]: auf der Schleuseninsel das ehemalige Kaiserliche Hafenamts (Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt) und das Gebäude Nr. 10 (ehem. Laden); auf der Mittelinsel der Pegelturm und das Maschinenhaus (Kraftwerk). Der Zustand der denkmalgeschützten Gebäude Maschinenhaus, Pegelturm und Kaiserliches Hafenamts ist nach [U6] aufgrund von Nutzung und baulichem Unterhalt als gut zu bezeichnen.

Auf der Schleuseninsel, nördlich der Kleinen Schleuse, verläuft parallel zur Schleusenammer ein Kabeltrog mit Daten- und Stromkabeln sowie Medienleitungen ([U19], Anlage 1). Der Kabeltrog knickt an der Fördeseite der Schleuse nach Süden ab und führt auf dem, zur Verfüllung der Kleinen Schleuse hergestellten, Fangedamm auf die Schleuseninsel. Neben den Daten- und Stromkabeln sowie Medienleitungen werden im Fangedamm auch Trink- und Abwasserleitungen geführt [U20]. Auf der Mittelinsel befindet sich ein Kriechgang zum Pegelturm.

Die Leitungsquerung der kleinen Schleuse erfolgt u. a. durch einen Versorgungsdüker, der die gesamte Schleusenanlage von Norden nach Süden quert.

Tabelle 1: Zusammenstellung der nach DIN 4150 bewerteten Schutzgüter.

Schutzgut Nr. 1)	Schutzgut	Bauwerksart nach Tabelle 2 oder Tabelle 3
W1	Wohngebiet "Kanalstraße"	Zeile 2
G1	Betriebswerksgebäude	Zeile 1
G2	Dienstbürogebäude	Zeile 2
G3	Bürogebäude Lotsenbrüderschaft	Zeile 2
G4	Büro Telefonie	Zeile 2
G5	Gebäude 10, ehem. Laden	Zeile 3
G6	Dienstbürogebäude	Zeile 2
G7	Altbau Amtsgebäude	Zeile 2
G8	Pförtner Nord	Zeile 2
G9	Pegelturm	Zeile 2
G10	altes Maschinenhaus	Zeile 2
G11	altes Maschinenhaus, Anbau	Zeile 2
G12	Betriebswerksgebäude	Zeile 1
G13	Seemannsamt	Zeile 2
G14	Gerätehaus	Zeile 1
G15	Torkammerhaus	Zeile 1
M1	Binnenhaupt	Zeile 1
R1	Kabeltrog, nördlich und südlich Schleuse	Zeile 2 2)
R2	Kabeltrog, Fangedamm	Zeile 2 2)
R3	Kriechgang zum Pegelturm	Zeile 3 2)
R4	Leitungsdüker	Zeile 2 2)
R5	Öltank	Zeile 2 2)

1) Die Lage der Schutzgüter kann der Anlage 1 entnommen werden

2) Bauwerksart nach Tabelle 3

4 Anforderungen an den Erschütterungsschutz

4.1 Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen

In der DIN 4150-3:2016-12 [U15] werden Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit an Bauwerksmesspunkten angegeben, bei deren Einhaltung Schäden im Sinne der Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken erfahrungsgemäß nicht zu erwarten sind. Die Anhaltswerte der DIN 4150-3:2016-12 sind hier in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150-3:2016-12 ist z. B.:

- die Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen
- die Verminderung der Tragfähigkeit von Decken

Bei Gebäuden nach Zeile 2 und Zeile 3 der Tabelle 2 ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z. B.:

- Risse im Putz von Wänden auftreten
- bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden
- Trenn- oder Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

Die Messgröße Schwinggeschwindigkeit v_i (Richtungskomponenten $i = x, y, z$) und deren maßgebende Frequenz f werden für die Bewertung der durch Erschütterungen aus Baumaßnahmen verursachten Einwirkungen auf Bauwerke und Bauteile herangezogen, da zwischen der Schwinggeschwindigkeit und den Bauwerks- bzw. Bauteilbeanspruchungen näherungsweise ein linearer Zusammenhang nachgewiesen wurde. Beurteilt werden die Größtwerte der Ganzkörperschwingungen des Bauwerkes, gemessen am Fundament (v_F , Betragsmaximalwert der drei Richtungskomponenten x, y, z) und bei Gebäuden auch an der Außenwand im obersten Vollgeschoss (v_{OG} , Betragsmaximalwert der horizontalen Komponenten x, y). Die Beurteilung von Decken erfolgt anhand der Deckenschwingungen, gemessen am Ort der größten Schwingung im Allgemeinen die Deckenmitte (v_D , Betragsmaximalwert der vertikalen Komponente z) [U15].

Die Norm unterscheidet kurzzeitige Bauwerkserschütterungen und Dauererschütterungen. Kurzzeitige Erschütterungen sind „Erschütterungen, deren Häufigkeit für Ermüdungserscheinungen und deren zeitlicher Abstand für Resonanzerscheinungen unerheblich ist“ [U15]. Dauererschütterungen sind alle Erschütterungen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft. Die Erschütterungen bei Schlagrammung werden als kurzzeitige Erschütterungen bewertet. Die Erschütterungen bei Vibrationsrammung und Abbruchmeißeln werden als Dauererschütterungen bewertet.

Für Dauererschütterungen werden in der DIN 4150-3:2016-12 für Messpunkte am Fundament von Gebäuden keine Anhaltswerte angegeben. Es wird vorgeschlagen, als zusätzliche Forderung folgende Anhaltswerte für Dauererschütterungen am Fundament von Bauten vorzusehen:

- Tabelle 2, Zeile 1: $v_{i, \max} = 5 \text{ mm/s}$
- Tabelle 2, Zeile 2: $v_{i, \max} = 3 \text{ mm/s}$
- Tabelle 2, Zeile 3: $v_{i, \max} = 1,5 \text{ mm/s}$

Tabelle 2: Anhaltswerte $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen auf Gebäude (Tabellen 1 und 4 der DIN 4150-3:2016-12).

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ in mm/s						
		kurzzeitige Erschütterungen					Dauererschütterungen	
		Fundament			Deckenebene des obersten Vollgeschosses, horizontal	vertikale Deckenschwingungen	Deckenebene des obersten Vollgeschosses, horizontal	vertikale Deckenschwingungen
		Frequenzen f in Hz			alle Frequenzen	alle Frequenzen	alle Frequenzen	alle Frequenzen
		< 10	10 - 50 ¹⁾	50 - 100 ¹⁾				
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 - 40	40 - 50	40	20	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 - 15	15 - 20	15	20	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 - 8	8 - 10	8	20 ²⁾	2,5	10 ²⁾

1) Zwischenwerte dürfen linear interpoliert werden. Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden

2) Abminderung kann notwendig sein

Für erdverlegte Rohrleitungen werden in der DIN 4150-3:2016-12 Anhaltswerte für die Beurteilung von kurzzeitigen und dauerhaften Erschütterungseinwirkungen angegeben. Die Anhaltswerte für erdverlegte Rohrleitungen sind hier in Tabelle 3 zusammengestellt.

Tabelle 3: Anhaltswerte $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen auf erdverlegte Rohrleitungen (Tabelle 3 und Abschnitt 6.2 der DIN 4150-3:2016-12).

Zeile	Leitungsbaustoffe	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ in mm/s auf der Rohrleitung	
		kurzzeitige Erschütterungen	Dauererschütterungen
1	Stahl, geschweißt	100	50
2	Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Metall mit und ohne Flansche	80	40
3	Mauerwerk, Kunststoff	50	25

4.2 Einwirkungen auf den Boden im Gründungsbereich von Bauten

Dynamische Beanspruchungen des Bodens verursachen je nach Intensität der Einwirkungen elastische oder plastische (bleibende) Verformungen. Die Auswirkungen von Erschütterungen auf den Boden im Gründungsbereich von Bauten werden mit den o.g. Anhaltswerten der

DIN 4150-3:2016-12 nicht berücksichtigt. Für die Bewertung von Erschütterungen hinsichtlich der Auswirkungen auf den Boden im Gründungsbereich von Bauten werden in den Normen keine quantitativen Aussagen gemacht.

In der DIN 4150-3:2016-12 Abschnitt 4.6 [U15] wird angeführt: „Vor allem in locker bis mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden (Sande, Kiese) können starke Erschütterungen zu Sackungen des Bodens und damit zu Setzungen von Gründungskörpern führen. Das gilt besonders für häufige Erschütterungen, für gleichförmige Sande und für Böden unterhalb des Grundwasserspiegels“.

Für erschütterungsintensive Arbeiten (insbesondere für Vibrationsrammverfahren) im Nahbereich von Gründungen auf locker bis mitteldicht gelagerten nichtbindigen Böden (Sande, Kiese) werden im Anhang C der DIN 4150-3:2016-12 (normativ) Sicherheitsabstände R_S zwischen dem Ramelement und der nächstliegenden Bauwerksgründung empfohlen: „Es sollte deshalb der Abstand zu Gebäuden so gewählt werden, dass zwischen Erschütterungsquelle und Gebäudefundament ein Winkel von mindestens 30° zur Vertikalen eingehalten wird. Im Grundwasser kann ein größerer Winkel, 45° , angebracht sein“. „Beim Einsatz von Schlagrammverfahren (z. B. Dieselramme, pneumatische Ramme) ist die Gefahr von Sackungen dieser Art erheblich geringer“ (Anlage 3, [U15], [U12]).

In der DIN 4150-3:2016-12 wird aber auch darauf hingewiesen: „Auch in größerer Entfernung von Erschütterungsquellen können schwingungsinduzierte Fundamentverschiebungen bereits bei Erschütterungen auftreten, bei denen keine Gebäudeschäden aus direkter Schwingungsbeanspruchung zu erwarten sind“. In einem Forschungsvorhaben der Bundesanstalt für Wasserbau [U12] konnte gezeigt werden, dass auch bei einer sehr geringen Lagerungsdichte des Bodens (z. B. locker gelagerte Sande ohne Auflast) bei einer Grenzschwinggeschwindigkeit von $v_{r, max} = 6 \text{ mm/s}$ an der Geländeoberkante (GOK) die Setzungsbeträge der GOK unter $S = 1 \text{ mm}$ bleiben.

4.3 Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden

Die Norm DIN 4150-2:1999-06 [U16] enthält Festlegungen zum Schutz von Menschen vor erheblichen Belästigungen durch Schwingungen in Gebäuden. Beurteilungsgröße ist zunächst die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} , die durch gleitende Effektivwertbildung aus dem frequenzbewerteten Zeitsignal der Schwinggeschwindigkeit $v(t)$ gewonnen wird.

Für Baumaßnahmen gelten tagsüber die Anhaltswerte der Tabelle 2 der DIN 4150-2:1999-06 (hier Tabelle 4). Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkungen ist die Anzahl von Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten (nicht die Dauer der Baumaßnahme an sich). Dabei sind Tage mit Erschütterungseinwirkungen, die unter den Werten der Tabelle 1 der DIN 4150-2:1999-06 für A_u oder A_r liegen (z. B. für Wohngebiete 0,15 und 0,07), nicht mitzuzählen.

Tabelle 4: Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen auf Menschen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen (Tabelle 2 der DIN 4150-2:1999-06).

Dauer	$D \leq 1$ Tag ¹⁾			6 Tage < $D \leq 26$ Tage			26 Tage < $D \leq 78$ Tage		
	A_u	A_o ²⁾	A_r	A_u	A_o ²⁾	A_r	A_u	A_o ²⁾	A_r
Stufe I	0,8	5	0,4	0,4	5	0,3	0,3	5	0,2
Stufe II	1,2	5	0,8	0,8	5	0,6	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	1,0	0,8	5	0,6
Beurteilungsgröße	KB_{Fmax}		KB_{Ftr}	KB_{Fmax}		KB_{Ftr}	KB_{Fmax}		KB_{Ftr}

¹⁾ die A - Werte für 2 bis 5 Einwirkungstage sind linear zu interpolieren

²⁾ für Gewerbe- und Industriegebiete gilt $A_o = 6$

Die Festlegungen der DIN 4150-2:1999-06 werden ohne weiteren Nachweis eingehalten, wenn $KB_{Fmax} \leq A_u$ ist, sie werden nicht eingehalten für $KB_{Fmax} > A_o$. Im Beschwerdefall muss für den Fall $A_u < KB_{Fmax} \leq A_o$ unter Einbeziehung der zeitlichen Dauer der einzelnen Größenanteile der Einwirkungen (Unterteilung der Mess- und Einwirkungszeit in Takte von 30 s Dauer) sowie der Berücksichtigung von Ruhezeiten ein Wert KB_{Ftr} bestimmt werden (s. Abschnitt 6.4 der DIN 4150-2:1999-06). Die Forderungen der Norm gelten als erfüllt für $KB_{Ftr} \leq A_r$. Die Einhaltung kann gegebenenfalls durch die Verringerung der täglichen Einwirkungszeit erreicht werden.

Die Beurteilung von zeitlich begrenzten Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen erfolgt weitgehend baugebietsunabhängig in drei Stufen. Bei Unterschreitung der Anhaltswerte der Stufe I ist auch ohne besondere Vorinformation der Betroffenen nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen. Mit erheblichen Belästigungen im Sinne der DIN 4150-2:1999-06 ist bei Einhaltung des Anhaltswertes der Stufe II dann nicht zu rechnen, wenn vor Baubeginn die nachfolgend genannten Maßnahmen ergriffen werden [U16]:

- a) umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahme, das Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb
- b) Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und die damit verbundenen Belästigungen
- c) zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten, Betriebsweise der Erschütterungsquelle usw.)
- d) Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungswirkungen haben
- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungseinwirkungen auf das Gebäude

und nach Beginn der Baumaßnahme gegebenenfalls (im Beschwerdefall) auch

- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkung auf Menschen und Gebäude

Bei zunehmender Überschreitung des Anhaltswertes der Stufe II werden mit wachsender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten. Es ist deshalb zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist. Wird zur Verringerung der Erschütterungsbelastung z. B. eine erhebliche Bauzeitverlängerung und damit verlängerte Erschütterungsbelastung auf niedrigerem Niveau eventuell in Verbindung mit erhöhter Lärmbelastung notwendig, dann ist die Zumutbarkeit zeitlich begrenzter Erschütterungseinwirkungen auch im Bereich erheblicher Belästigungen bis zu einer Zumutbarkeitsschwelle (Stufe III) abzuwägen. In solchen Fällen sollte den Betroffenen die Sorge wegen befürchteter Nachteile durch Schäden am Gebäude durch Beweissicherung und Zusagen bezüglich der Behebung möglicher Schäden genommen werden. Bei Überschreitung der Stufe III wird die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig.

Für eine Prognose kann KB_{Fmax} näherungsweise aus der prognostizierten Schwinggeschwindigkeit v_D bestimmt werden [U16]:

$$KB_{Fmax} = c_F \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{v_D}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}} \quad (1)$$

KB_{Fmax}	bewertete Schwingstärke
c_F	Faktor für die Art der Schwingungseinwirkung ($0,6 \leq c_F \leq 0,9$ gem. Tabelle 3 in DIN 4150-2:1999-06)
v_D	Betragsmaximalwert der Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ auf dem Fußboden am Ort der größten Schwingungen
f	dazugehörige Frequenz in Hz
f_0	Grenzfrequenz des Hochpasses ($f_0 = 5,6$ Hz)

5 Baugrund

Ein aktuelles Baugrundgutachten liegt noch nicht vor. Im Vorfeld der Baugrunderkundung muss die nicht mehr standsichere Kleine Schleuse verfüllt werden [U8]. Für die Prognose der Erschütterungen und der Bewertung möglicher Setzungen werden die Stellungnahme [U9] und das Gutachten [U14] herangezogen. Die in [U9] angegebene Baugrundsichtung und Beurteilung der Rammbarkeit wird in Tabelle 5 zusammengefasst.

Die Mächtigkeit der setzungsfähigen Schichten werden nach [U14] auf der Schleuseninsel mit ca. 13 m abgeschätzt. Auf der Mittelinsel wird in Schleusennähe (bis zu einem Abstand von ca. 25 m) die Mächtigkeit der setzungsfähigen Schicht mit ca. 13 m angenommen. Sollten im Zuge der Erstellung des geotechnischen Berichts abweichende Schichtmächtigkeiten ermittelt werden, ist eine erneute Beurteilung hinsichtlich möglicher Setzungen vorzunehmen.

Tabelle 5: Baugrundsichtung und Beurteilung der Rammbarkeit nach [U9].

Bodenart	Bemessungsprofile ¹⁾						Ramm- barkeit (schlagen)
	1	2	3	4	5	6	
	Schichtunterkante [mNN]						
Auffüllung	-1,8	-9,5	-9,4	+2,2	-	-	mittelschwer bis schwerst
Schlick (0,5 m Mächtigkeit)	-	-	-	-	-10 ²⁾	-10 ²⁾	leicht
Torf	-6,7	-	-	-	-	-	leicht
Geschiebemergel, steife bis halbfeste Konsistenz	-16,5	-16,5	-10,7	-	-10,7	-16,5	mittelschwer bis schwerst
Geschiebemergel, steife Konsistenz	-	-	-	-8,9	-	-	
Beckenton und -Schluff, steife bis halbfeste Konsistenz	-	-	-16,7	-17,4	-16,7	-	
Schmelzwassersand und -kies, große bis sehr große Festigkeit	-23,8	-23,8	-	-21,6	-	-23,8	
Geschiebemergel, halbfeste bis feste Konsistenz	-33,0	-33,0	-23,5	-33,0	-23,5	-33,0	
Beckensand, große bis sehr große Festigkeit	-	-	-25,3	-	-25,3	-	
Geschiebemergel, halbfeste Konsistenz	-	-	-28,3	-	-28,3	-	
Beckensand, große bis sehr große Festigkeit	-	-	-33,0	-	-33,0	-	

¹⁾ Lage der Bemessungsprofile in Bezug auf die Kleine Schleuse: 1 – 30 m nördlich, parallel zur Kammer; 2 – nördlich angrenzend, parallel zur Kammer; 3 – südlich angrenzend, parallel zur Kammer; 4 – 30 m südlich, parallel zur Kammer; 5 – 50 m westlich, senkrecht zur Kammer; 6 – 50 m östlich, senkrecht zur Kammer

²⁾ Wasserstiefe 9,5 m

Nach [U9] ist in den Schmelzwassersanden und -kiesen sowie im Geschiebemergel mit eingelagerten Kiesen und Steinen bis zu Blockgröße zu rechnen (auch Findlinge > 600 mm sind nicht auszuschließen), weshalb Einbringhilfen, insbesondere verrohrte Räumungsbohrungen, empfohlen werden.

Auch im halbfesten bis festen Geschiebemergel und Beckenschluff wird Vibrationsrammung ohne verrohrte Räumungsbohrungen nicht empfohlen [U9]. Zur Mobilisierung des Fußwiderstandes sollte die Spundwand über die letzten 2,5 m schlagend gerammt werden [U9].

Diesen Empfehlungen folgend, wird der Erschütterungsprognose für Vibrationsrammung der gut geeignete Sand/Kies der Räumungsbohrungen zugrunde gelegt, wohingegen die Schlagrammung auf den letzten 2,5 m im natürlich gewachsenen Boden als sehr schwierig angenommen wird.

6 Erschütterungsprognose

6.1 Grundlagen und Annahmen für die Erstellung der Prognose

Grundlage für die Prognose von Erschütterungen bei Baumaßnahmen bildet die jahrelange Sammlung von Messergebnissen von Boden- und Bauwerksschwingungen in der BAW für alle wichtigen Bauverfahren wie Schlag- und Vibrationsrammungen, Auflockerungs- und Abbruchsprengungen, Fels- und Betonmeißelarbeiten, Aufprallvorgänge großer Massen u. ä. sowie deren statistische Auswertung. Dabei wird die Abhängigkeit der Erschütterungsgröße von der eingesetzten Energie sowie vom Abstand zur Erschütterungsquelle herausgearbeitet [U10][U21].

Da für die Erneuerung der Leitwerke und für die Herstellung der Anlegedalben der Revisionsverschlüsse keine Angaben zur Länge der Rammelemente vorliegen, werden diese entsprechend der Herstellung der Fangedämme bewertet.

Die notwendige Größe und Leistungsfähigkeit der einzusetzenden Rammtechnik wird hier nur grob abgeschätzt. In der Tabelle 6 sind die für die Prognose der Erschütterungen angenommenen Parameter (Dauer der Baumaßnahme, Bohlenlänge, Rammbarkeit...) zusammengestellt. Bei der Schlagrammung wird davon ausgegangen, dass die Bohle auf ca. 28 m Länge in Austauschbohrungen vibriert und nur auf den letzten 2,5 m in den gewachsenen Boden gerammt wird. Sollte auf einer größeren Einbindelänge ohne Einbringhilfe gerammt werden sind ggf. größere Rammenergien notwendig.

Tabelle 6: Zusammenstellung der für die Prognose und Bewertung der Erschütterungen angenommenen Parameter für Schlag- und Vibrationsrammung und Abbruchmeißeln.

Dauer der Erschütterungseinwirkung		26 Tage < D ≤ 78 Tage
maximale Bohlen- bzw. Dalbenlänge L		30,3 m
Absetztiefe der Rammelemente		ca. NHN -26,3 m
Schlagrammung (kurzzeitige Erschütterung)	Rammbarkeit	sehr schwierig
	Rammenergie E (Hydraulikramme)	35 kNm
	maßgebende Frequenz f	10 Hz
Vibrationsrammung (Dauererschütterung)	Rammbarkeit	gut geeignet
	statisches Moment M	32 kgm HFV ¹⁾
	maßgebende Frequenz f	35 Hz
Abbruchmeißeln (Dauererschütterung)	Maßgebende Frequenz f (starker Hydraulikmeißel)	13 Hz

¹⁾ HFV: Hochfrequenzvibratoren mit variablem statischen Moment

Die Einschätzung der Dauer hat Einfluss auf die Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Menschen in Gebäuden (siehe Tabelle 4). Wie in Abschnitt 4.3 erläutert, ist unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkungen die Anzahl von Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten (nicht die Dauer der Baumaßnahme an sich). Mögliche Einwirkungen durch Erschütterungen im Wohngebiet W1 werden nur bei der Rammung des nördlichen Teils des fördeseitigen Fangedamms, sowie beim Abbruchmeißeln am nördlichsten Abschnitt des Außenhaupts erwartet.

Hydraulisch angetriebene Rammen erfordern eine ca. 2,5-fach geringere Rammenergie als Explosions- und Freifallrammen für etwa gleichen Rammfortschritt und bei etwa gleicher Erschütterungsemission [U10]. Vergleichbare Prognosewerte würden beispielsweise für eine Hydraulikramme mit der Rammenergie $E = 35$ kNm und einer Dieselramme mit $E = 90$ kNm erreicht werden.

In den Anlagen 2.1 bis 2.3 sind für Schlag-, Vibrationsrammung und Abbruchmeißeln Prognosewerte für ausgewählte Schutzgüter aufgelistet. Es werden minimale Abstände zu Rammarbeiten und Meißelarbeiten angegeben und es wird sprachlich nicht mehr nach den Baumaßnahmen unterschieden (z. B. Rammung der Fangedämme oder Rammung der Leitwerke). Angesetzt wird der geringste Abstand nach Anlage 1. Schutzgüter in größeren Abständen zu den Rammarbeiten werden durch die Prognose mit abgedeckt.

6.2 Schlagrammung

Näherungsweise lässt sich die Ausbreitung der Freifeldschwingungen v_B im Entfernungsbereich von $R = 15$ m bis ca. $R = 200$ m zur Rammstelle mit Hilfe der empirischen Beziehung abschätzen:

$$v_B = K_B \left(\frac{E}{E_0} \right)^{0,5} \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-1} e^{-\alpha_B(R-R_0)} \quad (2)$$

v_B	Schwinggeschwindigkeit am Boden in der Entfernung R
K_B, α_B	empirische Parameter
E	kinetische Schlagenergie
E_0	Bezugsenergie ($E_0 = 1$ kNm)
R	Entfernung von der Erschütterungsquelle
R_0	Bezugsentfernung ($R_0 = 10$ m)

Mit den Regressionsparametern $K_B = 4,8$ mm/s und $\alpha_B = 0,0072$ m⁻¹ wird die obere Grenze des Vertrauensbereichs (statistische Sicherheit $P = 95$ %) der Schwinggeschwindigkeit an Bodennesspunkten beschrieben. Die Frequenzen der maßgebenden Schwingungen liegen bei Schlagrammung überwiegend im Bereich $5 \text{ Hz} \leq f \leq 40 \text{ Hz}$. Die Übertragung der Schwingungen vom Boden auf Fundamente wird durch Übertragungsfaktoren $V_{B,F}$ bestimmt. Die Übertragungsfaktoren sind abhängig vom Bauwerk und können der Tabelle in der Anlage 2.1 entnommen werden. Die Übertragung der Schwingungen vom Fundament auf Decken liegt im Bereich $v_D \leq 2 v_F$.

Im obersten Vollgeschoss von Gebäuden betragen die horizontalen Bauwerksschwingungen erfahrungsgemäß $v_{OG} \leq 2 v_F$.

Für ausgewählte Schutzgüter sind in der Anlage 2.1 die Prognosewerte der Schwinggeschwindigkeit für Bauwerks- und Bauteilschwingungen sowie für die bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} tabellarisch aufgelistet. In der Tabelle sind sowohl die Mittelwerte als auch die möglichen Größtwerte der Schwinggeschwindigkeit (obere Grenze des Vertrauensbereichs mit einer statistischen Sicherheit $P = 95 \%$) angegeben. Die Lage der Schutzgüter kann der Anlage 1 entnommen werden.

6.3 Vibrationsrammung

Beim Einbringen von Rammelementen mittels Vibrationsverfahren ist nach vorliegenden Erfahrungen die Größe der erzeugten Schwingungen hauptsächlich von der Frequenz und dem statischen Moment der Vibrationsramme abhängig. Auf Grund der dauernden Energiezufuhr bei einer bestimmten Frequenz f ($f = n/60$, n - Arbeitsdrehzahl je Minute) besteht bei Vibrationsrammung grundsätzlich die Gefahr von Resonanzschwingungen an Gebäuden und Bauteilen. Überwiegend sind es Decken, die wegen der Größe ihrer Eigenfrequenz (im Mittel bei $15 \text{ Hz} \leq f \leq 30 \text{ Hz}$) und der vergleichsweise geringen Dämpfung bei Übereinstimmung von anregender Frequenz und Eigenfrequenz zu Resonanzschwingungen angeregt werden können. Konventionelle Vibrationsrammen haben feststehende Unwuchten, sodass beim Anfahren und Auslaufen der Rammen häufig Resonanzbereiche durchfahren werden. Durch den Einsatz von Hochfrequenzvibratoren mit verstellbaren Unwuchtmassen (HFV-Vibrationsramme, Anfahren und Auslaufen ohne Unwucht, d. h. kräftefrei) mit Arbeitsdrehzahlen $n \geq 2100 \text{ min}^{-1}$ ($f \geq 35 \text{ Hz}$) kann häufig eine wesentliche Reduzierung der Größe der Bauwerks- und Bauteilerschütterungen erreicht werden.

Näherungsweise lässt sich die Ausbreitung der Freifeldschwingungen v_B im Entfernungsbereich von $R = 5 \text{ m}$ bis ca. $R = 200 \text{ m}$ zur Rammstelle mit Hilfe der empirischen Beziehung abschätzen:

$$v_B = K_B \left(\frac{M}{M_0} \right)^{0,67} \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-0,5} e^{-\alpha_B(R-R_0)} \quad (3)$$

v_B	Schwinggeschwindigkeit am Boden in der Entfernung R
K_B, α_B	empirische Parameter
M	statisches Moment der Vibrationsramme
M_0	Bezugsmoment ($M_0 = 1 \text{ kgm}$)
R	Entfernung von der Erschütterungsquelle
R_0	Bezugsentfernung ($R_0 = 10 \text{ m}$)

Mit den Regressionsparametern $K_B = 1,1$ und $\alpha_B = 0,0254$ wird die obere Grenze des Vertrauensbereichs (statistische Sicherheit $P = 95 \%$) der Schwinggeschwindigkeit an Bodenmesspunkten beschrieben. Die Übertragung der Schwingungen vom Boden auf Fundamente wird durch Übertragungsfaktoren $V_{B,F}$ bestimmt. Die Übertragung der Schwingungen vom Fundament auf Decken $V_{F,D}$ und vom Fundament auf das Obergeschoss $V_{F,OG}$ ist abhängig von der Größe und

Frequenz der Schwinggeschwindigkeit am Fundament [U10]. Die Übertragungsfaktoren können der Tabelle in der Anlage 2.2 entnommen werden.

Für ausgewählte Schutzgüter sind in der Anlage 2.2 die Prognosewerte der Schwinggeschwindigkeit für Bauwerks- und Bauteilschwingungen sowie für die bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} tabellarisch aufgelistet. In der Tabelle sind sowohl die Mittelwerte als auch die möglichen Größtwerte der Schwinggeschwindigkeit (obere Grenze des Vertrauensbereichs mit einer statistischen Sicherheit $P = 95\%$) angegeben. Die Lage der Schutzgüter kann der Anlage 1 entnommen werden.

6.4 Abbruchmeißeln

Die Größe der bei Meißelarbeiten erzeugten Erschütterungen hängt erfahrungsgemäß in erster Linie von der Stoßenergie des verwendeten Meißels ab. Zudem spielen der Andruck, die Neigung und die Richtung des Meißels sowie die Gründung des abzubrechenden Bauwerks eine Rolle. Dokumentierte Messergebnisse liegen für Abbruchmeißelarbeiten von Brückenwiderlagern, Wehren und Schleusen vor. Vielfach wurde dabei mit dem Hydraulikmeißel KRUPP HM 2500 gearbeitet. Das Gerät gehört zu den leistungsstärksten seiner Baureihe.

Näherungsweise lässt sich die Ausbreitung der Freifeldschwingungen v_B im Entfernungsbereich von $R = 12\text{ m}$ bis ca. $R = 200\text{ m}$ zur Rammstelle mit Hilfe der empirischen Beziehung abschätzen:

$$v_B = v_0 \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-0,5} e^{-\alpha_B(R-R_0)} \quad (4)$$

v_B	Schwinggeschwindigkeit am Boden in der Entfernung R
v_0	Schwinggeschwindigkeit in der Entfernung R_0
R	Entfernung von der Erschütterungsquelle
R_0	Bezugsentfernung ($R_0 = 10\text{ m}$)

Mit den Regressionsparametern $v_0 = 6,8\text{ mm/s}$ und $\alpha_B = 0,0094\text{ m}^{-1}$ wird die obere Grenze des Vertrauensbereichs (statistische Sicherheit $P = 95\%$) der Schwinggeschwindigkeit an Bodenmesspunkten beschrieben. Die Hauptfrequenz der Bauwerksschwingungen beim Meißeln beträgt erfahrungsgemäß etwa 40 Hz. Die Übertragung der Schwingungen vom Boden auf Fundamente wird durch Übertragungsfaktoren $V_{B,F}$ bestimmt. Die Übertragungsfaktoren sind abhängig vom Bauwerk und können der Tabelle in der Anlage 2.3 entnommen werden. Die Übertragung der Schwingungen vom Fundament auf Decken liegt im Bereich $v_D \leq 2 v_F$. Im obersten Vollgeschoss von Gebäuden betragen die horizontalen Bauwerksschwingungen erfahrungsgemäß $v_{OG} \leq 2 v_F$.

Für ausgewählte Schutzgüter sind in der Anlage 2.3 die Prognosewerte der Schwinggeschwindigkeit für Bauwerks- und Bauteilschwingungen sowie für die bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} tabellarisch aufgelistet. In der Tabelle sind sowohl die Mittelwerte als auch die möglichen Größtwerte der Schwinggeschwindigkeit (obere Grenze des Vertrauensbereichs mit einer statis-

tischen Sicherheit $P = 95 \%$) angegeben. Die Lage der Schutzgüter kann der Anlage 1 entnommen werden.

7 Bewertung und Empfehlungen

Für die Schutzgüter der Tabelle 1 sind in den Anlagen 2.1 bis 2.3 die Prognosewerte der Schwinggeschwindigkeit für Bauwerks- und Bauteilschwingungen sowie die bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} tabellarisch aufgelistet. Es werden die Übertragungsfaktoren und sowohl die Mittelwerte als auch die möglichen Größtwerte der Schwinggeschwindigkeit (obere Grenze des Vertrauensbereichs mit einer statistischen Sicherheit $P = 95 \%$) angegeben. Überschreitungen der Anhaltswerte sind hervorgehoben.

7.1 Schutzgüter im Wohngebiet Kanalstraße

Beim Einbringen von Rammelementen mittels Schlag- oder Vibrationsrammung und beim Abbruchmeißeln im Zuge des Neubaus der Kleinen Schleuse Kiel sind Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-3:2016-12 (Einwirkungen auf Bauten) und damit Schäden an den Wohnhäusern nördlich der Kanalstraße (Schutzgut W1) ausgeschlossen. Die prognostizierten Größtwerte der Schwinggeschwindigkeit liegen für alle Gebäude deutlich unter den Anhaltswerten der Kategorie „Bauten, die unter Denkmalschutz stehen und besonders erschütterungsempfindlich sind“.

Überschreitungen des unteren Anhaltswertes A_u der Stufe I der DIN 4150-2:1999-06 (Einwirkung auf Menschen in Gebäuden) können beim Einbringen von Rammelementen mittels Vibrationsrammung nicht ausgeschlossen werden. Es wird deshalb empfohlen, für die Anwohner im Entfernungsbereich bis $R = 115 \text{ m}$ vor Beginn der Rammarbeiten die Maßnahmen a) bis e) (s. Abschnitt 4.3) und im Beschwerdefall auch den Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen nach DIN 45669 und DIN 4150 sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkung auf Menschen und Gebäude zu veranlassen.

7.2 Schutzgüter auf der Schleuseninsel

An den Schutzgütern auf der Schleuseninsel sind Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-3:2016-12 (Einwirkungen auf Bauten) bei Schlag- und Vibrationsrammung und beim Abbruchmeißeln nicht zu erwarten. Am Schutzgut G5 sind die bei Meißelarbeiten prognostizierten Schwinggeschwindigkeiten in der obersten Deckenebene gleich dem Anhaltswert v_{OG} . Es wird deshalb empfohlen Erschütterungsmessungen nach DIN 45669 und DIN 4150 bei Meißelarbeiten im Entfernungsbereich $R \leq 41 \text{ m}$ an dem Schutzgut durchzuführen. Es wird zudem empfohlen vor Baubeginn eine Dokumentation bestehender Schäden an dem Schutzgut G5 zu veranlassen.

Für alle Schutzgüter auf der Schleuseninsel wird der Sicherheitsabstand $R_S = 13 \text{ m}$ der DIN-4150-3:2016-12 (s. Abschnitt 4.2) eingehalten.

7.3 Schutzgüter auf der Mittelinsel

Am Schutzgut G12 (Anlage 1) können Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-3:2016-12 (Einwirkungen auf Bauten) bei Schlag- und Vibrationsrammung nicht ausgeschlossen werden. An den Schutzgut R3 (Anlage 1) können Überschreitungen der Anhaltswerte der DIN 4150-3:2016-12 beim Abbruchmeißeln nicht ausgeschlossen werden.

Es wird empfohlen Erschütterungsmessungen nach DIN 45669 und DIN 4150 durchzuführen:

- Schutzgut G12: Erschütterungsmessung bei Schlag- und Vibrationsrammung in einem Entfernungsbereich $R \leq 22$ m
- Schutzgut R3: Erschütterungsmessung bei Meißelarbeiten in einem Entfernungsbereich $R \leq 3$ m

Es wird zudem empfohlen vor Baubeginn eine Dokumentation bestehender Schäden an dem Schutzgut G12 zu veranlassen.

Im Nahbereich der Spundwandrammung, befinden sich das Gebäude G12 ($R = 5$ m) und der Kriechgang zum Pegelturm R3 ($R = 8$ m). Mögliche Verschiebungen im Entfernungsbereich $R \leq R_S = 13$ m können quantitativ nicht abgeschätzt werden, jedoch sind Setzungsbeträge im Zentimeterbereich nicht ausgeschlossen. Es wird empfohlen den Sicherheitsabstand $R_S = 13$ m bei Vibrationsrammung nicht zu unterschreiten und die Bohlen im Entfernungsbereich $R \leq R_S$ durch Schlagrammung einzubringen.

Zusätzlich zur Dokumentation bestehender Schäden wird empfohlen geodätische Kontrollmessungen am Gebäude G12 durchzuführen, um Verformungen des Bauwerks rechtzeitig zu erkennen.

7.3.1 Weitere Empfehlungen

Im Interesse der Sicherheit der bestehenden Bebauung und der Verminderung der Belästigung von Anwohnern sind konkrete Vorgaben in der Ausschreibung hinsichtlich der Auswahl der Rammgeräte notwendig.

Zum Einbringen der Rammelemente sollten nur langsam schlagende Rammhäre zum Einsatz kommen um mögliche Setzungen zu verringern. Die Rammhäre sollten energetisch so dimensioniert sein, dass die Eindringung je Hitz ($= 10$ Schläge) > 30 mm bis zur Endtiefe eingehalten werden kann. Gegebenenfalls sind leistungsstärkere Rammhäre einzusetzen. Das Verhältnis Bärge wicht zum Gewicht aus Rammelement und Haube sollte ca. 1:1 bis 2:1 betragen. Schwere Rammhäre mit kleiner Hubhöhe sind leichteren Rammhären mit großer Hubhöhe vorzuziehen.

Für das Ziehen und Einbringen von Spundbohlen und Dalben durch Vibrationsverfahren sind Hochfrequenzvibratoren mit variablen Unwuchten für kräftefreien An- und Auslauf mit Drehzahlen $n \geq 2100$ min⁻¹ ($f \geq 35$ Hz) zu fordern. Die Vibrationshäre sollten über eine Möglichkeit zur Aufzeichnung der Drehzahl verfügen. Bei Unterschreitung der Drehzahl $n \geq 1800$ min⁻¹ ($f = 30$ Hz) sind die Arbeiten einzustellen. Gegebenenfalls sind leistungsstärkere Vibrationshäre einzusetzen.

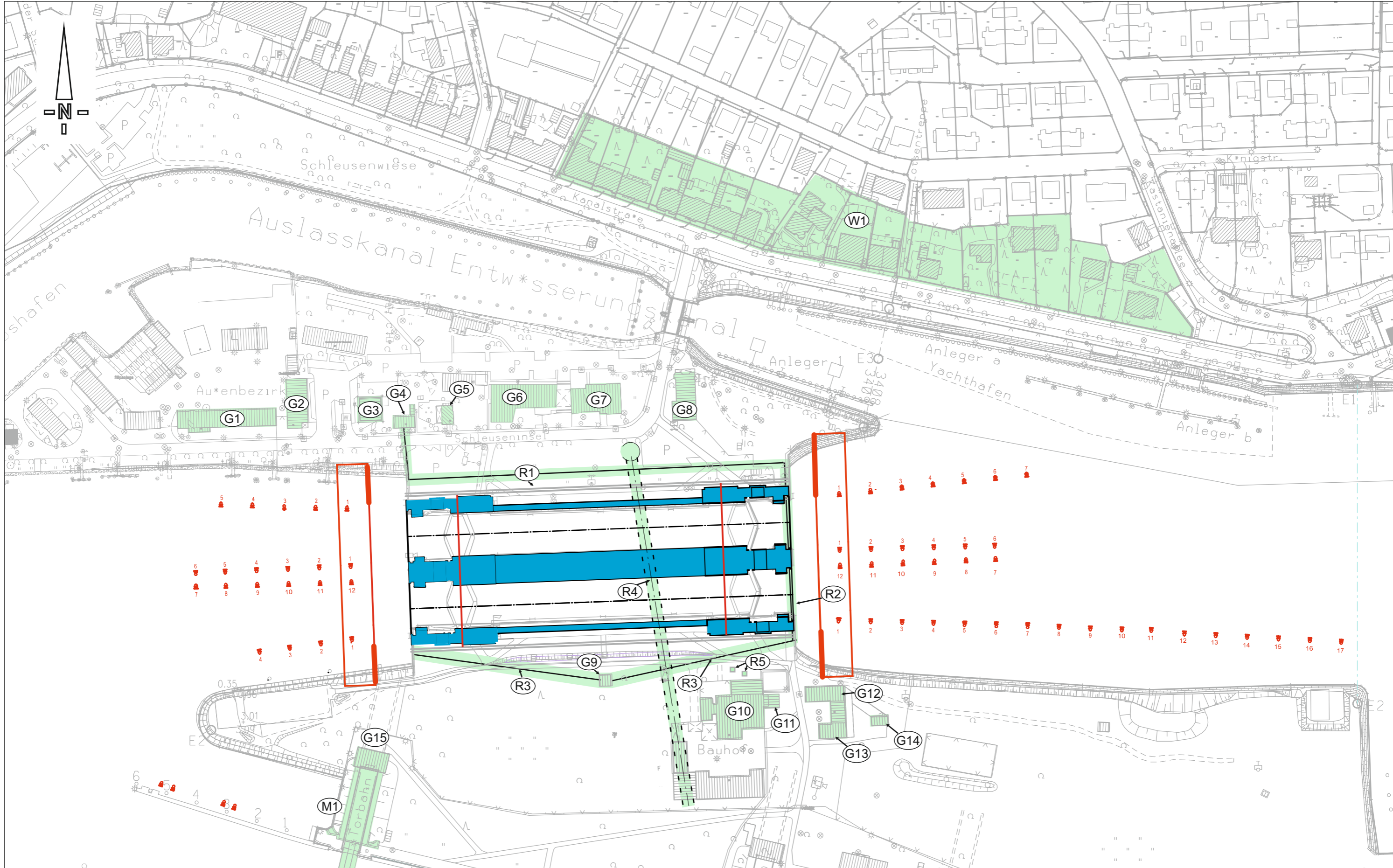
Der Ziehvorgang der Dalben ist abubrechen, wenn das Rammelement nach 10 s nicht in Bewegung gekommen ist. Gegebenenfalls ist eine leistungsstärkere Vibrationsramme einzusetzen. Ist ein Ziehen der Dalben mit dieser Verfahrensweise nicht möglich, sollten alternative Vorgehensweisen, wie z. B. das Abbrennen der Dalben erwogen werden.

Das Sachgebiet Baugruddynamik steht für Rückfragen und Beratungen gerne zur Verfügung.



Bundesanstalt für Wasserbau
Karlsruhe, Januar 2019

Im Auftrag


Dr.-Ing. Julia Götz



Legende:

	Spundwandarbeiten
	Meißelarbeiten
	Dalben / Leitwerk
	Schutzgut


Geändert	Datum	Bearbeiter	Götz	29.01.2019
		Geprüft	Götz	29.01.2019
		Gezeichnet	Weise	29.01.2019
		Datei	B3952.01.06.10086-LP-V2.cdr	
Maßstab		1:2000		

Lageskizze geplanter Baumaßnahmen und bewerteter Schutzgüter	
Auftrags-Nr. B3952.01.06.10086	Anlagen-Nr. 1

Schutzgut Nr.	Schutzgut	Bauwerksart nach Tabelle 2 oder 3	R ¹⁾ in m	V _{0,F}	V _{FD}	V _{FOG}	V _F in mm/s		V ₀ in mm/s		V _{OG} in mm/s		KB _{Fmax}	
							Mittel	95%	Mittel	95%	Mittel	95%	Mittel	95%
W1	Wohngebiet "Kanalstraße"	Zeile 2	96	0.26	2.0	2.0	0.16	0.41	0.32	0.81	0.32	0.81	0.12	0.30
G1	Betriebswerksgebäude	Zeile 1	41	0.53	2.0	2.0	1.1	2.7	2.1	5.4	2.1	5.4	-	-
G2	Dienstbürogebäude	Zeile 2	29	0.53	2.0	2.0	1.6	3.9	3.1	7.8	3.1	7.8	-	-
G3	Bürogebäude Lotsenbrüderschaft	Zeile 2	24	0.53	2.0	2.0	1.9	4.7	3.7	9.4	3.7	9.4	-	-
G4	Büro Telefonie	Zeile 2	25	0.53	2.0	2.0	1.8	4.5	3.6	9.0	3.6	9.0	-	-
G5	Gebäude 10, ehem. Laden	Zeile 3	40	0.53	2.0	2.0	1.1	2.8	2.2	5.5	2.2	5.5	-	-
G6	Dienstbürogebäude	Zeile 2	46	0.26	2.0	2.0	0.47	1.2	0.93	2.3	0.93	2.3	-	-
G7	Altbau Amtsgebäude	Zeile 2	69	0.26	2.0	2.0	0.27	0.68	0.54	1.4	0.54	1.4	-	-
G8	Pförtner Nord	Zeile 2	38	0.53	2.0	2.0	1.2	2.9	2.3	5.9	2.3	5.9	-	-
G9	Pegelturn	Zeile 2	68	0.53	2.0	2.0	0.55	1.4	1.1	2.8	1.1	2.8	-	-
G10	altes Maschinenhaus	Zeile 2	26	0.26	2.0	2.0	0.87	2.2	1.7	4.3	1.7	4.3	-	-
G11	altes Maschinenhaus, Anbau	Zeile 2	25	0.53	2.0	2.0	1.8	4.5	3.6	9.0	3.6	9.0	-	-
G12	Betriebswerksgebäude	Zeile 1	5	0.53	2.0	2.0	4.4	11	8.9	22	8.9	22	-	-
G13	Seemannsamt	Zeile 2	26	0.53	2.0	2.0	1.7	4.3	3.5	8.7	3.5	8.7	-	-
G14	Gerätehaus	Zeile 1	25	0.53	2.0	2.0	1.8	4.5	3.6	9.0	3.6	9.0	-	-
G15	Torkammerhaus	Zeile 1	34	0.26	2.0	2.0	0.66	1.7	1.3	3.3	1.3	3.3	-	-
M1	Binnenhaupt	Zeile 1	48	0.26	-	-	0.44	1.1	-	-	-	-	-	-
R1	Kabeltrog, nördlich der Schleuse	Zeile 2 ²⁾	21	1.0	-	-	4.0	10	-	-	-	-	-	-
R2	Kabeltrog, Fangedamm	Zeile 2 ²⁾	15	0.53	-	-	2.7	6.7	-	-	-	-	-	-
R3	Kriechgang zum Pegelturn	Zeile 3 ²⁾	8	1.0	-	-	12	29	-	-	-	-	-	-
R4	Leitungsdüker	Zeile 2 ²⁾	33	1.0	-	-	2.9	7.2	-	-	-	-	-	-
R5	Öltank	Zeile 2 ²⁾	18	1.0	-	-	4.5	11	-	-	-	-	-	-

¹⁾ Die Quelltiefe ist hier mit T_{qu} = 14 m angesetzt


²⁾ Bauwerksart nach Tabelle 3

Geändert	Datum	Bearbeiter	Götz	29.01.2019
		Geprüft		
		Gezeichnet	Götz	29.01.2019
		Datei	B3952.01.06.10086_Prognose.cdr	
Maßstab	 BAW Bundesanstalt für Wasserbau			

<h2>Prognosewerte für Rammarbeiten mit Schlagrammen</h2>	
Auftrags-Nr.	Anlagen-Nr.
B3952.01.06.10086	2.1

Schutzgut Nr.	Schutzgut	Bauwerksart nach Tabelle 2 oder 3	R in m	V _{BiF} -	V _{FD} -	V _{FOG} -	V _F in mm/s		V _D in mm/s		V _{OG} in mm/s		KB _{Finax}	
							Mittel	95%	Mittel	95%	Mittel	95%	Mittel	95%
W1	Wohngebiet "Kanalstraße"	Zeile 2	96	0.20	8.1	4.7	0.03	0.08	0.27	0.65	0.16	0.38	0.17	0.41
G1	Betriebswerksgebäude	Zeile 1	41	0.39	2.8	1.5	0.41	0.99	1.2	2.8	0.62	1.5	-	-
G2	Dienstbürogebäude	Zeile 2	29	0.39	2.3	1.2	0.67	1.6	1.5	3.7	0.79	1.9	-	-
G3	Bürogebäude Lotsenbrüderschaft	Zeile 2	24	0.39	2.1	1.1	0.83	2.0	1.7	4.2	0.88	2.1	-	-
G4	Büro Telefonie	Zeile 2	25	0.39	2.1	1.1	0.79	1.9	1.7	4.1	0.86	2.1	-	-
G5	Gebäude 10, ehem. Laden	Zeile 3	40	0.39	2.8	1.5	0.43	1.0	1.2	2.8	0.63	1.5	-	-
G6	Dienstbürogebäude	Zeile 2	46	0.20	4.1	2.3	0.17	0.41	0.70	1.7	0.40	0.96	-	-
G7	Altbau Amtsgebäude	Zeile 2	69	0.20	5.7	3.5	0.08	0.19	0.44	1.1	0.27	0.65	-	-
G8	Pförtner Nord	Zeile 2	38	0.39	2.7	1.4	0.46	1.1	1.2	3.0	0.66	1.6	-	-
G9	Pegelturm	Zeile 2	68	0.39	4.2	2.4	0.16	0.39	0.67	1.6	0.39	0.93	-	-
G10	altes Maschinenhaus	Zeile 2	26	0.20	2.9	1.6	0.38	0.91	1.1	2.7	0.60	1.4	-	-
G11	altes Maschinenhaus, Anbau	Zeile 2	25	0.39	2.1	1.1	0.79	1.9	1.7	4.1	0.86	2.1	-	-
G12	Betriebswerksgebäude	Zeile 1	5	0.39	1.2	1.0	2.9	7.1	3.6	8.7	2.9	7.1	-	-
G13	Seemannsamt	Zeile 2	26	0.39	2.2	1.1	0.76	1.8	1.7	4.0	0.84	2.0	-	-
G14	Gerätehaus	Zeile 1	25	0.39	2.1	1.1	0.79	1.9	1.7	4.1	0.86	2.1	-	-
G15	Torkammerhaus	Zeile 1	34	0.20	3.4	1.9	0.27	0.65	0.91	2.2	0.50	1.2	-	-
M1	Binnenhaupt	Zeile 1	48	0.20	-	-	0.16	0.38	-	-	-	-	-	-
R1	Kabeltrög, nördlich der Schleuse	Zeile 2 ¹⁾	21	1.0	-	-	2.4	5.9	-	-	-	-	-	-
R2	Kabeltrög, Fangedamm	Zeile 2 ¹⁾	15	0.39	-	-	1.3	3.2	-	-	-	-	-	-
R3	Kriechgang zum Pegelturm	Zeile 3 ¹⁾	8	1.0	-	-	5.5	13	-	-	-	-	-	-
R4	Leitungsdüker	Zeile 2 ¹⁾	33	1.0	-	-	1.4	3.5	-	-	-	-	-	-
R5	Öltank	Zeile 2 ¹⁾	18	1.0	-	-	2.9	6.8	-	-	-	-	-	-


¹⁾ Bauwerksart nach Tabelle 3

Geändert	Datum	Bearbeiter	Götz	29.01.2019
		Geprüft		
		Gezeichnet	Götz	29.01.2019
		Datei	B3952.01.06.10086_Prognose.cdr	
Maßstab		 BAW Bundesanstalt für Wasserbau		

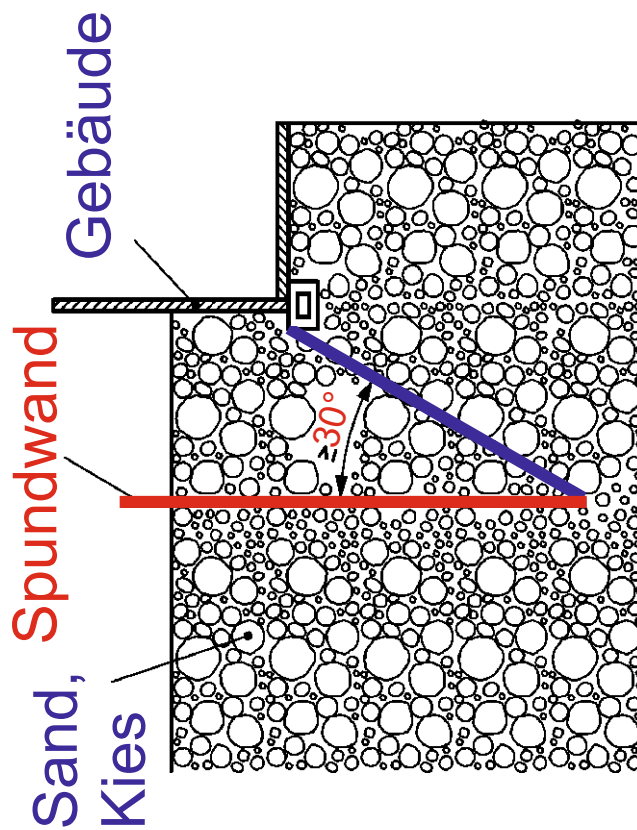
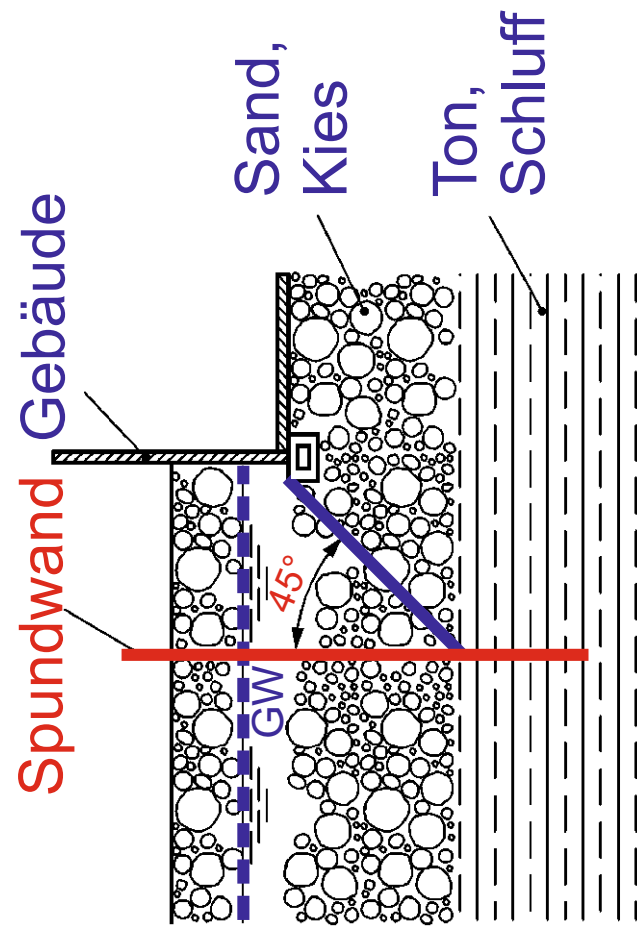
<h2>Prognosewerte für Rammarbeiten mit Vibrationsrammen</h2>	
Auftrags-Nr.	Anlagen-Nr.
B3952.01.06.10086	2.2

Schutzgut Nr.	Schutzgut	Bauwerksart nach Tabelle 2 oder 3	R in m	V _{B,F}	V _{F,D}	V _{F,00}	V _F in mm/s		V _D in mm/s		V ₀₀ in mm/s		KB _{F,max}	
							Mittel	95%	Mittel	95%	Mittel	95%	Mittel	95%
W1	Wohngebiet "Kanalstraße"	Zeile 2	131	0.25	2.0	2.0	0.06	0.15	0.12	0.30	0.12	0.30	0.06	0.16
G1	Betriebswerksgebäude	Zeile 1	85	0.50	2.0	2.0	0.23	0.58	0.46	1.2	0.46	1.2	-	-
G2	Dienstbürogebäude	Zeile 2	71	0.50	2.0	2.0	0.29	0.72	0.57	1.4	0.57	1.4	-	-
G3	Bürogebäude Lotsenbrüderschaft	Zeile 2	48	0.50	2.0	2.0	0.43	1.1	0.87	2.2	0.87	2.2	-	-
G4	Büro Telefonie	Zeile 2	41	0.50	2.0	2.0	0.50	1.3	1.0	2.5	1.0	2.5	-	-
G5	Gebäude 10, ehem. Laden	Zeile 3	41	0.50	2.0	2.0	0.50	1.3	1.0	2.5	1.0	2.5	-	-
G6	Dienstbürogebäude	Zeile 2	42	0.25	2.0	2.0	0.25	0.61	0.49	1.2	0.49	1.2	-	-
G7	Altbau Amtsgebäude	Zeile 2	49	0.25	2.0	2.0	0.21	0.53	0.43	1.1	0.43	1.1	-	-
G8	Pförtner Nord	Zeile 2	39	0.50	2.0	2.0	0.52	1.3	1.0	2.6	1.0	2.6	-	-
G9	Pegelturm	Zeile 2	25	0.50	2.0	2.0	0.75	1.9	1.5	3.7	1.5	3.7	-	-
G10	altes Maschinenhaus	Zeile 2	26	0.25	2.0	2.0	0.36	0.91	0.73	1.8	0.73	1.8	-	-
G11	altes Maschinenhaus, Anbau	Zeile 2	35	0.50	2.0	2.0	0.57	1.4	1.1	2.9	1.1	2.9	-	-
G12	Betriebswerksgebäude	Zeile 1	32	0.50	2.0	2.0	0.62	1.5	1.2	3.1	1.2	3.1	-	-
G13	Seemannsamt	Zeile 2	54	0.50	2.0	2.0	0.39	0.97	0.77	1.9	0.77	1.9	-	-
G14	Gerätehaus	Zeile 1	65	0.50	2.0	2.0	0.32	0.79	0.64	1.6	0.64	1.6	-	-
G15	Torkammerhaus	Zeile 1	63	0.25	2.0	2.0	0.16	0.41	0.33	0.82	0.33	0.82	-	-
R1	Kabeltrog, nördlich der Schleuse	Zeile 2 ¹⁾	12	1.0	-	-	2.4	6.0	-	-	-	-	-	-
R2	Kabeltrog, Fangedamm	Zeile 2 ¹⁾	15	0.50	-	-	1.1	2.6	-	-	-	-	-	-
R3	Kriechgang zum Pegelturm	Zeile 3 ¹⁾	2	1.0	-	-	15	38	-	-	-	-	-	-
R4	Leitungsdüker	Zeile 2 ¹⁾	6	1.0	-	-	5.0	13	-	-	-	-	-	-
R5	Öltank	Zeile 2 ¹⁾	18	1.0	-	-	1.9	4.7	-	-	-	-	-	-

¹⁾ Bauwerksart nach Tabelle 3

Geändert	Datum	Bearbeiter	Götz	29.01.2019
		Geprüft		
		Gezeichnet	Götz	29.01.2019
		Datei	B3952.01.06.10086_Prognose.cdr	
Maßstab	 BAW Bundesanstalt für Wasserbau			

<h2>Prognosewerte für Meißelarbeiten</h2>	
Auftrags-Nr.	Anlagen-Nr.
B3952.01.06.10086	2.3



GW - Grundwasserspiegel

Geändert	Datum	Bearbeiter	J. Götz	29.11.2018
		Geprüft		
		Gezeichnet	J. Götz	29.11.2018
		Datei	B3952.01.06.10086_DIN4150-3_AnhC.cdr	



Sicherheitsabstände zwischen
Spundwand und Gebäude
aus DIN 4150-3:2016-12, Anhang C

Maßstab

Auftrags-Nr.

B3952.01.06.10086

Anlagen-Nr.

3