



. Ausfertigung

Anlage 8.2

Planfeststellungsverfahren

Neubau einer Fischaufstiegsanlage in Lauffen am Neckar

Neckar-km 125,43A

Erschütterungsprognose

BERICHT

BV FISCHAUFSTIEGSANLAGE STAUSTUFE LAUFFEN AM NECKAR

PROGNOSE DER ZU ERWARTENDEN ERSCHÜTTERUNGEN EMPFEHLUNGEN ZUR EINHALTUNG EINES ANGEMESSENEN ERSCHÜTTERUNGSSCHUTZES

Auftraggeber: Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH
Bachstraße 62 ÷ 64
52066 Aachen

Träger des Vorhabens: Amt für Neckarausbau Heidelberg
Vangerowstraße 20
69115 Heidelberg

Berichtsnummer: X0587/001-02 Version 02

Dieser Bericht umfasst 8 Seiten Text und 8 Seiten Anhang.

Bekanntgegebene
Messstelle nach
§ 29b BImSchG
für Geräusche und
Erschütterungen

VMPA-anerkannte
Schallschutzprüfstelle
nach DIN 4109
VMPA-SPG-210-04-BY

Höchberg, 10.03.2017

Akkreditierung nach
DIN EN ISO/IEC 17025
für die Prüfarten Geräusche,
Erschütterungen und
Bauakustik

Markus Richter M. Lerzer

Dr.-Ing. Markus Richter
Bearbeitung / fachliche Verantwortung

Dipl.-Ing. (FH) Martin Lerzer
Freigabe



Änderungsindex

Version	Datum	Geänderte Seiten	Hinzugefügte Seiten	Erläuterungen
01	06.03.2015	-	-	Erstellung
02	10.03.2017	A1-neu A5 ÷ A8-neu	A2-alt entfällt	1. Überarbeitung, neue Planunterlagen

Inhaltsverzeichnis

1	Unterlagen, Abkürzungen	3
1.1	Unterlagenverzeichnis	3
1.2	Abkürzungsverzeichnis	3
2	Vorgang, Aufgabe, Ziel.....	3
3	Örtliche Situation, geplante Bauverfahren	4
4	Anforderungen an den Erschütterungsschutz, Schutzziele.....	5
5	Annahmen, Abschätzung der Erschütterungsausbreitung	6
6	Ergebnisse, Bewertung und Empfehlungen	7

Anlagen

Anlage	Inhalt
A01	Lageplan
A02	Erschütterungen beim Einbringen und Ziehen von Spundbohlen mit Vibrationshammer Enk 4 und mit Vibrationshammer Enk 2
A03	Erschütterungen aus Stemm- und Meißelarbeiten mit 8 kNm-Felsmeißel
A03	Erschütterungen aus Verdichtungsarbeiten mit 13 t-Vibrationswalze
A04	Erschütterungen aus Verdichtungsarbeiten mit 1 t-Rüttelplatte und mit 200 kg-Rüttelplatte
A05	Erforderlicher Abstand zu den bestehenden Gebäuden beim Einvibrieren von Spundwänden mit Vibrationshämmern der Enk 4
A06	Erforderlicher Abstand zu den bestehenden Gebäuden beim Einvibrieren von Spundwänden mit Vibrationshämmern der Enk 2
A07	Erforderlicher Abstand zu den bestehenden Gebäuden beim Verdichten mit einer 13 t-Vibrationswalze
A08	Erforderlicher Abstand zu den bestehenden Gebäuden beim Verdichten mit einer 1 t-Rüttelplatte

1 Unterlagen, Abkürzungen

1.1 Unterlagenverzeichnis

Nr.	Dokument	Bezeichnung / Beschreibung	
[1]	DIN 4150	Erschütterungen im Bauwesen	
	[1a]	Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen	2001-06
	[1b]	Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	1992-06
	[1c]	Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen	1992-02
[2]	DGGT	Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugrunddynamik“ Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., Berlin	2002
[3]	Achmus, Kaiser, tom Wörden	Bauwerkerschütterungen durch Tiefbauarbeiten Institut für Bauforschung e.V., Hannover	2004
[4]	Ingenieurbüro Floecksmühle GmbH	Unterlagen, darunter auch [5] in mehreren E-Mails	2914-04, 2014-05
[5]	ELE Beratende Ingenieure GmbH, Erbaulaboratorium Essen	[5a] „FAA Lauffen“, geotechnischer Bericht [5b] „Zusatzerkundungen Schleuse Lauffen“ geotechnischer Bericht	2011-11-30 2014-10-06
[6]	Wölfel GmbH + Co. KG	Bau einer Fischaufstiegsanlage bei der Staustufe Lauffen a. N. Vorabschätzung zum Lärm- und Erschütterungsschutz, Angabe von Konfliktpunkten	2014-09-25

1.2 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
$v_{0,P}$ [mm/s]	Amplitudenwert der Schwinggeschwindigkeit
Enk	Energieklassen, hier nach [3] für Vibrationshämmer definiert

2 Vorgang, Aufgabe, Ziel

Im Zuge des Ausbaus der Wasserstraße Neckar plant das Amt für Neckar Ausbau Heidelberg (ANH) an der Staustufe Lauffen eine Fischaufstiegsanlage (FAA), welche als Vertikalschlitzpass ausgeführt werden soll. Sie wird am linken Neckarufer liegen, an das bestehende Bebauung des Ortskerns von Lauffen angrenzt.

Das Bauvorhaben verlangt umfangreiche Tiefbaumaßnahmen, zu denen auch Bohr-, Ramm- und Verdichtungsarbeiten zählen. Da bei deren Ausführung neben Lärm auch Erschütterungen entstehen, ist sowohl den Bewohnern als auch den Bauten ein hinreichendes Maß an Erschütterungsschutz zu gewähren.

Die hier vorgestellte Untersuchung hat die Aufgabe, die bei den unterschiedlichen Bauarbeiten entstehenden Erschütterungen, deren Ausbreitung und Einwirkung auf Bewohner und Bauten vorabzuschätzen und Empfehlungen hinsichtlich der Auswahl von Bauverfahren und Baumaschinen anzugeben.

3 Örtliche Situation, geplante Bauverfahren

Die Umgebung wurde in einer Begehung am 08.07.2014 eingehend inspiziert. Die geologischen Voraussetzungen sind in den beiden Bodengutachten [5a] und [5b] genauer beschrieben. Demgemäß stehen ab einer Tiefe von etwa 4 m unter GOK festere Gesteinsschichten wie Muschelkalk und Hangschutt an. Die Gutachter weisen ausdrücklich darauf hin, dass Spundwände in diese Schichten nicht gerammt werden können. Machbar sind dagegen überschnittene Bohrungen, die anschließend mit einem Kies-Sand-Gemisch verfüllt werden, in welches dann die Spundbohlen einvibriert werden können. Darüber hinaus ist zu erwarten, dass die harten Gesteinsschichten durch Stemmen und Meißeln abgetragen werden müssen.

Tabelle 1: Bodenschichten mit den wichtigsten geotechnischen Eigenschaften

Schicht	Bezeichnung / Einheit / Herleitung	Auffüllung	Hangschutt / Hanglehm	Muschelkalk
Schichtgrenzen	Tiefe [m]	bis ca. 2,50	2,50 ÷ 4,00	ab ca. 4,00
Dichte (aus [5a] bzw. [5b])	ρ [t/m ³]	≈ 2	≈ 2	2,6 ÷ 2,7
statischer E-Modul (aus [5b])	E_{stat} [MN/m ²]	-	-	9.000 ÷ 31.000
Querdehnzahl	ν [-]	-	-	$\approx 0,1$
statischer Schubmodul	G_{stat} [MN/m ²] $= E_{\text{stat}}/2/(1+\nu)$	-	-	4.100 ÷ 14.100
dynamischer E-Modul	$E_{\text{dyn}} \approx 2 * E_{\text{stat}}$ [MN/m ²]	-	-	18.000 ÷ 62.000
dynamischer Schubmodul	$G_{\text{dyn}} \approx 2 * G_{\text{stat}}$ [MN/m ²]	-	-	8.200 ÷ 28.200
Scherwellengeschwindigkeit	v_s [m/s] = $\text{Sqr}(G_{\text{dyn}}/\rho)$	-	-	1.750 ÷ 3.250
Rayleigh-Wellengeschw.	v_R [m/s] $\approx 0,9 v_s$ [m/s]	-	-	1.600 ÷ 3.000

Tabelle 2 benennt die Arbeiten der Baumaßnahme und gibt eine Einschätzung bezüglich der dadurch verursachten, zu erwartenden Erschütterungen an.

Tabelle 2: Baumaßnahme mit Einschätzung an Erschütterungsverursachung

Nr.	Baumaßnahme, Verfahren	zu erwartende Erschütterungen (ES)	Bezug
01	Erdaushub mit Bagger	erschütterungsarm	---
02	Pfahlbohrungen	moderate ES im Nahbereich	Tab. 4 ÷ Tab 6
03	Spundwand-Rammarbeiten	ES je nach Leistung	Tab. 4 ÷ Tab 6, A02
04	Stemm- und Meißelarbeiten	ES je nach Leistung	Tab. 4 ÷ Tab 6, A03
05	Betonierarbeiten	erschütterungsarm	---
06	Verfüllen und Verdichten	ES je nach Leistung	Tab. 4 ÷ Tab 6, A03 ÷ A04
07	Baustellenbetrieb mit -verkehr	moderate ES im Nahbereich	---

Die vorgesehenen Baumaßnahmen sind in Tabelle 2 aus Sicht des Erschütterungsschutzes eingeordnet. So gelten der Erdaushub mit dem Bagger, Betonierarbeiten und ein Großteil des Baustellenbetriebs als erschütterungsarm. Ein moderates Maß an Erschütterungen dürfte bei den Pfahlbohrungen und durch einen kleinen Teil des Baustellenbetriebs verursacht werden. Nennenswerte Erschütterungen sind beim Einbringen und Ziehen der Spundwände zu erwarten, das üblicherweise mit Vibrationshämmern erfolgt. Ebenso werden die Stemm- und Meißelarbeiten und in jedem Fall auch die Verdichtungsarbeiten Erschütterungen verursachen. Deren Emissionen richten sich nach der freigesetzten Energie, die auch mit der Größe bzw. der Masse der entsprechenden Geräte zusammenhängt. Bezüglich der Einwirkungen auf die bestehenden Bauten sind ebenso die Form der Anregung sowie die Erregerfrequenzen von Bedeutung.

4 Anforderungen an den Erschütterungsschutz, Schutzziele

Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen wird nach DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ vorgenommen. Teil 1 „Vorermittlung von Schwingungsgrößen“ ([1a]) wird hier zur Prognose der Ausbreitung herangezogen.

DIN 4150-2 „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ ([1b]) nennt Anhaltswerte, ab denen Beeinträchtigungen der Personen in den Gebäuden zu erwarten sind. Sie gibt speziell für Erschütterungen aus Bauarbeiten Bewertungen an, welche neben der Intensität auch die Einwirkungsdauer berücksichtigen.

DIN 4150-3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ ([1c]) gibt Anhaltswerte an, ... „*bei deren Einhaltung keine Schäden im Sinne einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit zu erwarten sind*“. Sie unterteilt in 3 Gebäudearten: gewerblich genutzte Bauten oder Industriebauten, Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und Nutzung gleichartige Bauten sowie besonders erschütterungsempfindliche und erhaltenswerte Bauten. Tabelle 3 greift diese Unterteilung auf. Darüber hinaus unterscheidet DIN 4150-3 kurzzeitige und Dauererschütterungen, wobei Dauererschütterungen für die vorliegende Untersuchung in erster Linie von Bedeutung sind.

Tabelle 3: Anhaltswerte nach DIN 4150-3 für Dauererschütterungen

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswert $v_{0,P}$ [mm/s]	
		oberste Deckenebene horizontal	Deckenfeldmitte vertikal
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert sind (z.B. unter Denkmalschutz stehen)	2,5	(im Einzelfall zu bestimmen, unser Ansatz: 5)

Tabelle 4: Erschütterungseinwirkungen und ihre dynamische Überhöhung in den Gebäuden

Position	02	03	04	06
Arbeit	Bohrarbeiten	Spundwände einbringen / ziehen	Stemmen- und Meißeln	Verdichtungsarbeiten
eingesetztes Gerät	Bohrgerät	Vibrationshämmer	Hydraulikhämmer als Baggeranbau	Vibrationswalzen Rüttelplatten
Signalform	breitbandig	vorwiegend harmonisch	Schlagfrequenz mit Oberwellen	vorwiegend harmonisch
dominierende Frequenz	-	35 Hz ÷ 45 Hz	5 Hz ÷ 10 Hz mit Höherharmonischen	20 Hz ÷ 90 Hz je nach Gerät
Überhöhungsfaktor für Fundamentanbindung	0,5	0,5	0,5	0,5
Überhöhungsfaktor auf Gebäude horizontal	2	2	2	2
Überhöhungsfaktor für Deckenschwingungen	2	2 ÷ 5	2 ÷ 5	2 ÷ 5

Die betroffenen Gebäude im Umfeld der Baumaßnahme sind fast ausschließlich Wohngebäude, also Gebäude, die nach Tabelle 3 in Zeile 2 einzuordnen sind. Einzige Ausnahme bildet das Wasserkraftwerk, das

als Industriebau unter Denkmalschutz steht. Hinsichtlich seiner Widerstandsfähigkeit gegenüber Erschütterungen stufen wir es – genau wie die Wohngebäude – nach Zeile 2 ein, da eine „besondere Erschütterungsempfindlichkeit“ gemäß Zeile 3 nach unserer Einschätzung nicht zutrifft, auf der anderen Seite aber Schönheitsschäden jedoch zu vermeiden sind. Letztgenanntes Ziel decken nur die Anhaltswerte nach Zeile 2 ab, die Anhaltswerte nach Zeile 1 nehmen Schönheitsschäden bei Industriebauten in Kauf.

Tabelle 4 stellt die Erschütterungseinwirkungen aus den verschiedenen Arbeiten zusammen und gibt die jeweils anzusetzende dynamische Überhöhung aus dem Übertragungsweg Baugrund – höchste Bauwerksebene bzw. Baugrund – Deckenfeldmitte an.

5 Annahmen, Abschätzung der Erschütterungsausbreitung

Zur quantitativen Beschreibung der Entstehung und Ausbreitung der verschiedenen Erschütterungsformen werden in dieser Untersuchung 3 verschiedene Quellen herangezogen:

1. die Erschütterungsausbreitung nach DIN 4150-1 ([1a]), welche allerdings Ausbreitungsvorgänge hauptsächlich im Fernfeld, also mehr als eine Wellenlänge vom Verursacher entfernt beschreibt

Tabelle 5: Entstehende Erschütterungen und ihre Auswirkung in Abhängigkeit der Entfernung

Gerät	Bohrer	Vibrationshammer		Meißel	Walze	Rüttelplatte	
Klasse		Enk 4	Enk 2	-	13 t	1 t	200 kg
Masse [t]	-	-	-	-	13	1,0	0,2
Energie [kNm]	-	7,5	3,5	8	-	-	-
Entfernung [m]	Erschütterungsamplitude $v_{0,P}$ [mm/s] im Baugrund						
5,0	3	30,2	20,6	4,2	13,7	5,2	2,3
7,5	2,4	17,1	11,7	2,8	10,2	3,5	1,6
10,0	2,1	11,4	7,8	2,2	8,3	2,7	1,2
12,5	1,9	8,4	5,7	1,7	7,0	2,2	1,0
15,0	1,7	6,5	4,4	1,5	6,2	1,8	0,8
17,5	1,6	5,2	3,6	1,3	5,5	1,6	0,7
20,0	1,5	4,3	3,0	1,1	5,0	1,4	0,6
22,5	1,4	3,7	2,5	1,0	4,6	1,3	0,6
25,0	1,3	3,2	2,2	0,9	4,3	1,1	0,5
27,5	1,3	2,8	1,9	0,8	4,0	1,0	0,5
30,0	1,2	2,5	1,7	0,8	3,7	1,0	0,4
32,5	1,2	2,2	1,5	0,7	3,5	0,9	0,4
35,0	1,1	2,0	1,4	0,7	3,3	0,8	0,4
37,5	1,1	1,8	1,2	0,6	3,2	0,8	0,3
40,0	1,1	1,6	1,1	0,6	3,0	0,7	0,3
42,5	1,0	1,5	1,0	0,5	2,9	0,7	0,3
45,0	1,0	1,4	1,0	0,5	2,8	0,7	0,3
47,5	1,0	1,3	0,9	0,5	2,7	0,6	0,3
50,0	0,9	1,2	0,8	0,5	2,6	0,6	0,3
52,5	0,9	1,1	0,8	0,4	2,5	0,6	0,3
55,0	0,9	1,1	0,7	0,4	2,4	0,5	0,2
57,5	0,9	1,0	0,7	0,4	2,3	0,5	0,2
60,0	0,9	0,9	0,6	0,4	2,3	0,5	0,2

2. die statistische Auswertung von Achmus et al. ([3]) für die verschiedenen Arbeitsvorgänge aus zahlreichen Versuchen
3. eigene Erfahrungswerte aus vergleichbaren erschütterungsintensiven Arbeiten.

Achmus et al. ([3]) stuft die Vibrationshämmer in sog. Energieklassen (abgekürzt „Enk“) ein. Die Geräte aus Enk 2 arbeiten mit Unwuchten von 6 bis 10 kgm und entfalten eine hydraulische Leistung zwischen 140 und 200 kW. Als Vertreter dieser Enk 2 werden ABI MRZV 500 V, 600 und 600 V sowie ABI VRZ 700 GL genannt. Vibrationshämmer aus Enk 4 sind z.B. Bauer MR 90 V, MS 16 HFV und MS 13 HFMV. Sie arbeiten mit Unwuchten von 13 bis 16 kgm und entfalten eine hydraulische Leistung von ca. 300 kW.

Alle 3 Auswertungen werden gegeneinander abgeglichen, maßgebend werden in der Mehrzahl der Fälle die Werte aus der statistischen Auswertungen nach Achmus et al. ([3]). Daraus werden die Werte herangezogen, die in 95 % der untersuchten Fälle nicht überschritten wurden (Tabelle 5).

Tabelle 6: kritische Entfernungen in Abhängigkeit von Arbeit und Immissionsort

Gerät		Bohrer	Vibr.-hammer		Meißel	Walze	Rüttelplatte	
Klasse		-	Enk 4	Enk 2	-	13 t	1 t	200 kg
horizontale Einwirkg. auf Wohngebäude gem. [1c], Tab 3, Zeile 2	Anhaltswert	5	5	5	5	5	5	5
	result. Übertr.-faktor	1	1	1	1	1	1	1
	krit. Entfernung	< 5 m	18 m	14 m	< 5 m	20 m	5 m	< 5 m
vertikale Einwirkg. auf Wohngebäude gem. [1c], Tab 3, Zeile 2	Anhaltswert	10	10	10	10	10	10	10
	result. Übertr.-faktor	1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	krit. Entfernung	< 5 m	21 m	16 m	5 m	27 m	7 m	< 5 m
alle Gebäude, maßgebende krit. Entfernng.		< 5 m	21 m	16 m	5 m	27 m	7 m	< 5 m

Anmerkung: Alle im Umfeld vorzufindenden Gebäude werden nach DIN 4150-3, Tab. 3, Zeile 2 eingestuft, das gilt für alle Wohnhäuser genauso wie für das Wasserkraftwerk.

6 Ergebnisse, Bewertung und Empfehlungen

Die Ergebnisse der Erschütterungsprognose sind in Tabelle 6 als Abstände angegeben, deren Einhaltung wir ohne messtechnische Kontrolle während der Ausführung gegenüber der bestehenden Bebauung empfehlen. Sie sind konservativ abgeschätzt und können bei genauerer Kenntnis der tatsächlichen Erschütterungen (z.B. aus messtechnischer Begleitung) – möglicherweise deutlich – verringert werden. Grundsätzlich empfehlen wir:

- Die Bohrarbeiten sind aus unserer Sicht vergleichsweise unkritisch, sie können ohne größere Einschränkungen durchgeführt werden.
- Kritische Erschütterungen dürften erstmalig beim Einvibrieren der Spundwände entstehen. Wir empfehlen hierzu unbedingt, HFV-Vibratoren (high frequency variable) zu verwenden. Diese können ohne Anregung auf Drehzahl gebracht werden, die Unwucht wird erst nach Erreichen der Enddrehzahl stufenlos zugeschaltet. Dadurch können Resonanzdurchläufe durch Gebäude- und Deckeneigenfrequenzen vermieden werden. Insbesondere unter erschütterungsmesstechnischer Begleitung können die Vibrationen dosiert eingebracht werden.
- Meißelarbeiten werden wiederum weitgehend als unkritisch angesehen.
- Große Walzenzüge wie die 13 t-Walze sollten in der Umgebung von bestehenden Gebäuden nicht eingesetzt werden. Verdichtungsarbeiten sind bevorzugt mit leichteren Rüttelplatten durchzuführen. Auch diese Arbeiten sollten möglichst unter messtechnischer Begleitung erfolgen.

- Auch bei den Rüttelplatten empfiehlt es sich, die Vibrationen in größerer Entfernung an- und abzuschalten, um Resonanzdurchläufe zu vermeiden.
- Grundsätzlich empfehlen wir – in besonders erschütterungsempfindlichen oder in besonders baustellennahen Gebäuden – eine bautechnische Beweissicherung vor Beginn und nach Beendigung der Bauarbeiten durchzuführen.
- Ergänzend dazu empfehlen wir, die erschütterungsintensiven Arbeiten z.B. in den zuvor genannten Gebäuden messtechnisch zu begleiten. Das gilt insbesondere für das Einvibrieren und Ziehen der Spundwände und für die Verdichtungsarbeiten mit Rüttelplatten. Es gilt aber auch für die als weniger kritisch eingeschätzten Meißelarbeiten.

Die errechneten Abstände zur Einhaltung der Anhaltswerte sind für die als kritisch erachteten Arbeiten auf den Seiten A6 bis A9 einskizziert.

Tabelle 7: Empfehlung hinsichtlich einer messtechnischen Begleitung der Arbeiten

Gerät	Bohrer	Vibrationshammer		Meißel	Walze	Rüttelplatte	
Klasse		Enk 4	Enk 2	-	13 t	1 t	200 kg
Masse [t]	-	-	-	-	13	1,0	0,2
Energie [kNm]	-	7,5	3,5	8	-	-	-
messtechnische Begleitung	entbehrlich	unbedingt empfohlen	unbedingt empfohlen	empfohlen	unbedingt empfohlen	unbedingt empfohlen	empfohlen
zusätzliche Empfehlung	-	HFV-Vibratoren verwenden		-	nur in großer Entfernung einsetzen	Vibrationen in größerer Entfernung ein- und ausschalten	

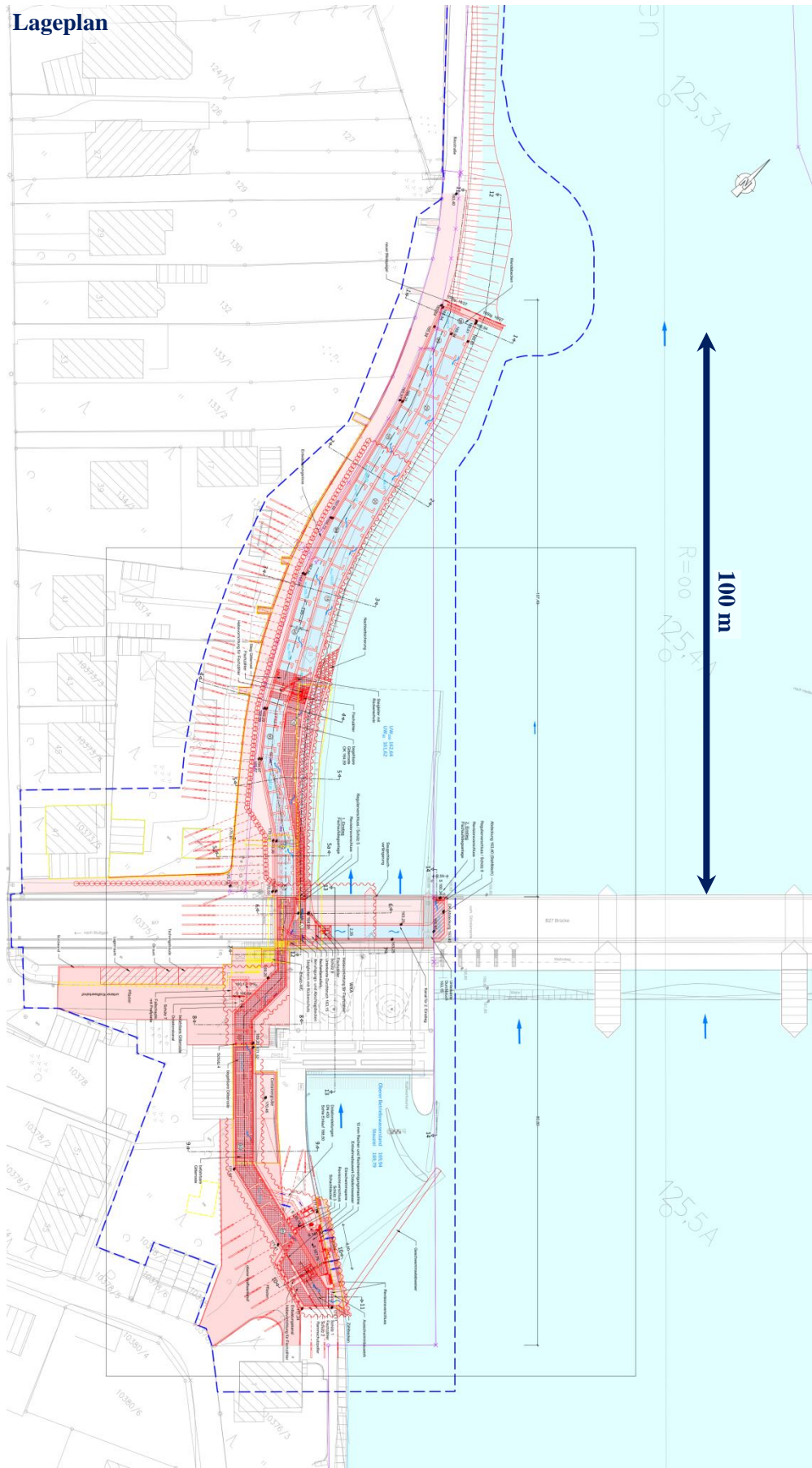
In welchem Abstand die Linie für die Beweissicherung eingezogen werden soll, kann nicht unabhängig von den Verfahren und von den einzusetzenden Gerätschaften entschieden werden. Wir empfehlen außerdem, den Gesichtspunkt mögliche Setzungen mit zu berücksichtigen.

Die erschütterungsintensiven Arbeiten können von automatisiert ablaufenden Überwachungsmessungen begleitet werden. Das hat nach unserer Erfahrung folgende Vorteile:

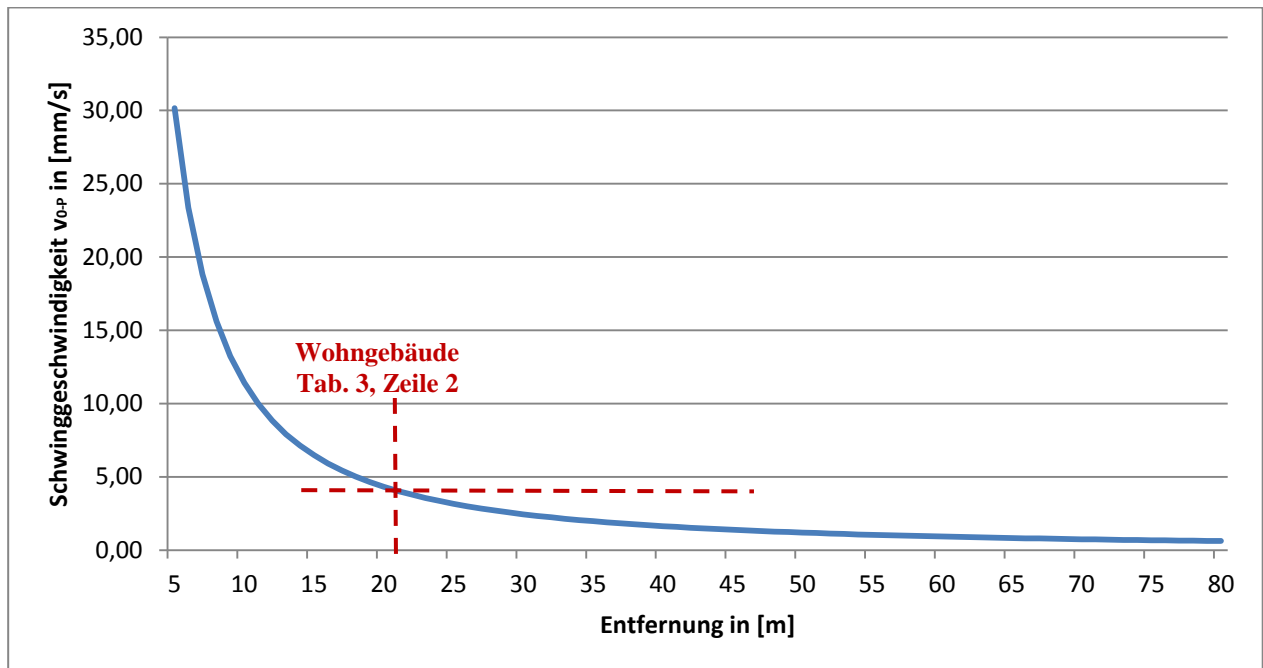
- Während der Bauarbeiten werden die Ausführenden verstärkt zu diszipliniertem Vorgehen mit erschütterungsintensivem Gerät angehalten.
- Nach Beendigung der Baumaßnahme werden bei durchgehender Dokumentation der Erschütterungseinwirkungen nach Meldung von Schäden unbekannter Ursache die Baumaßnahmen oft durch die Überwachung entlastet.

Insbesondere wenn in den Gebäuden die Anhaltswerte aus DIN 4150-2 eingehalten werden sollen, um den Bewohnern einen angemessenen Erschütterungsschutz zu gewähren, wird sich eine messtechnische Begleitung als äußerst hilfreich erweisen. Dies gilt auch für die von uns als weitgehend unkritisch eingeschätzten Bohr- und Meißelarbeiten, die – evtl. auch durch Geräusche unterstrichen – von den Anwohnern möglicherweise weitaus problematischer eingeschätzt werden.

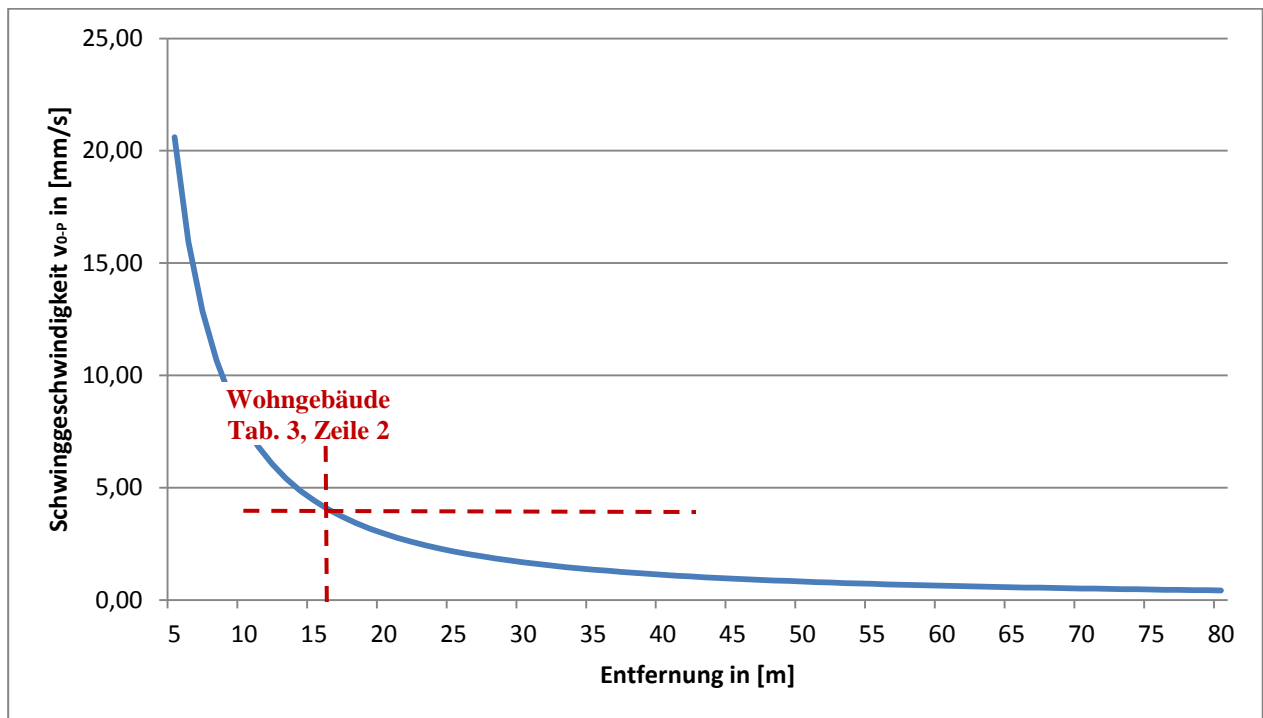
Ein begleitendes Messprogramm sollte sich nach ausgewählten Verfahren, eingesetzten Geräten und vor Allem nach dem Bauablauf richten. Damit können die Messungen sowohl örtlich als auch zeitlich auf den erforderlichen Umfang beschränkt werden.



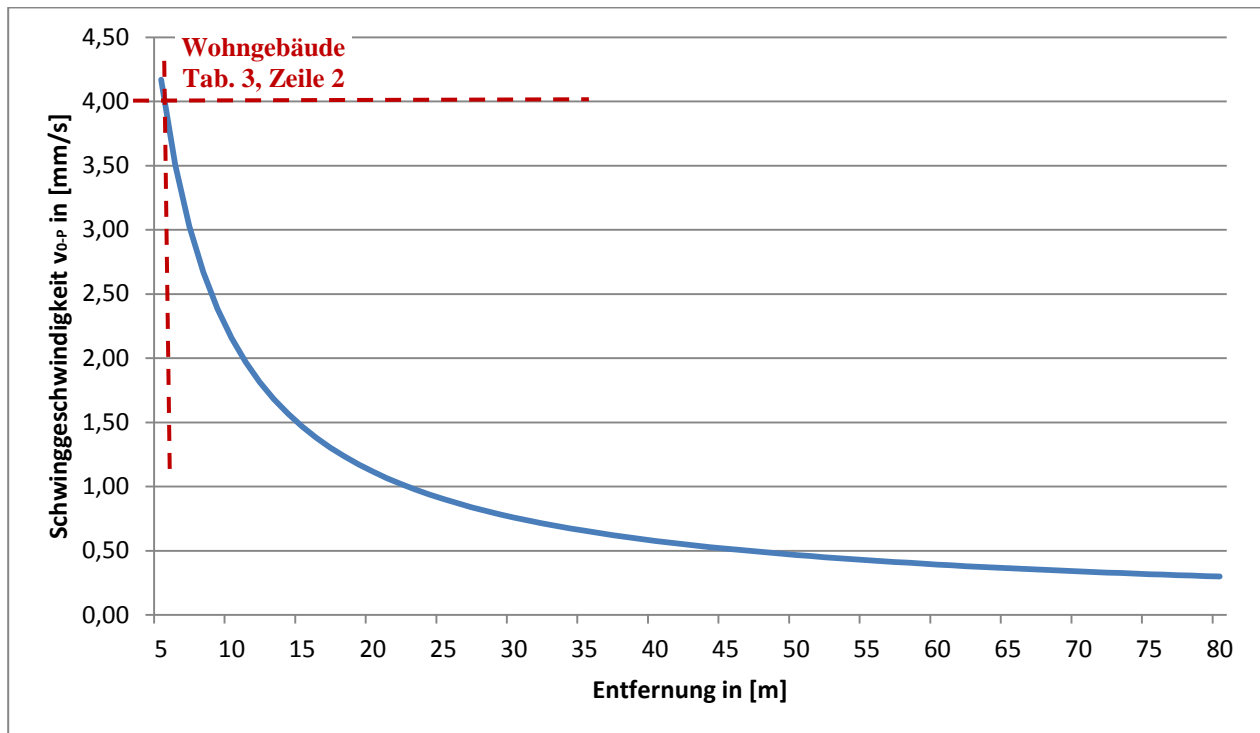
Spundbohlen einbringen und ziehen mit Vibrationshammer Enk 4, Erregerfrequenz 35 Hz



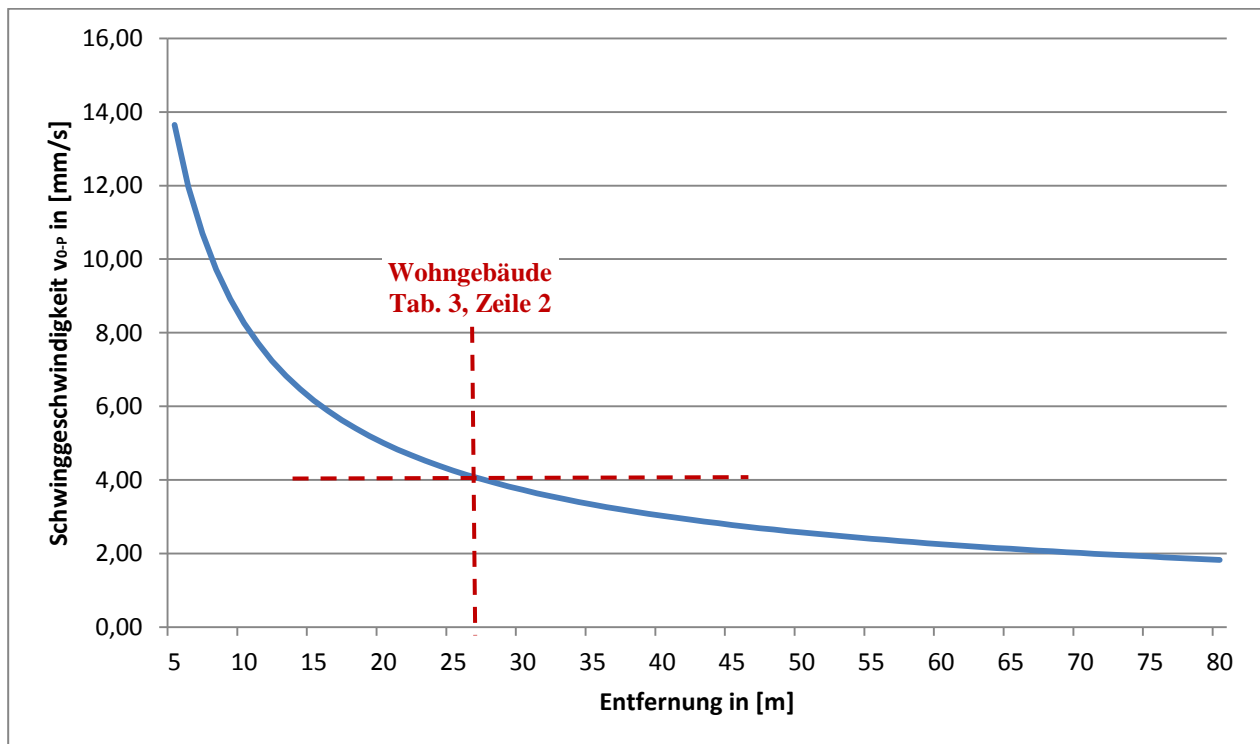
Spundbohlen einbringen und ziehen mit Vibrationshammer Enk 2, Erregerfrequenz 40 Hz



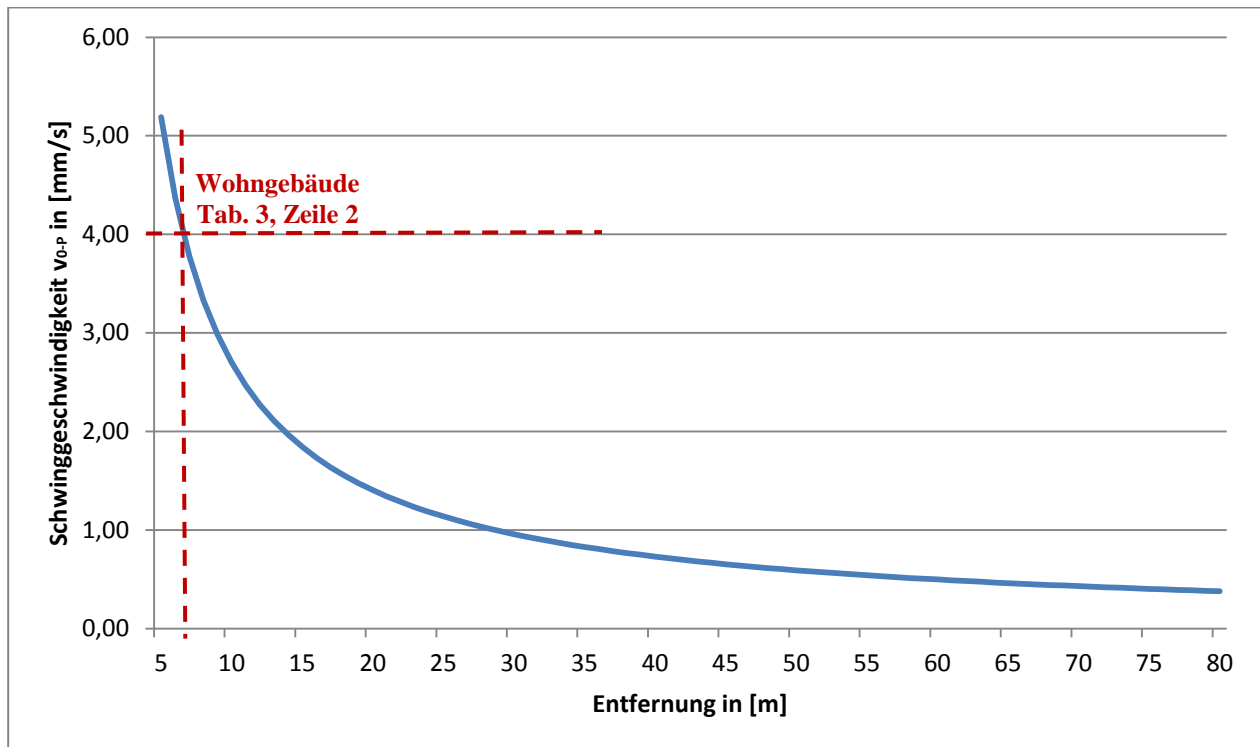
Felsmeißel mit 8 kNm Energie



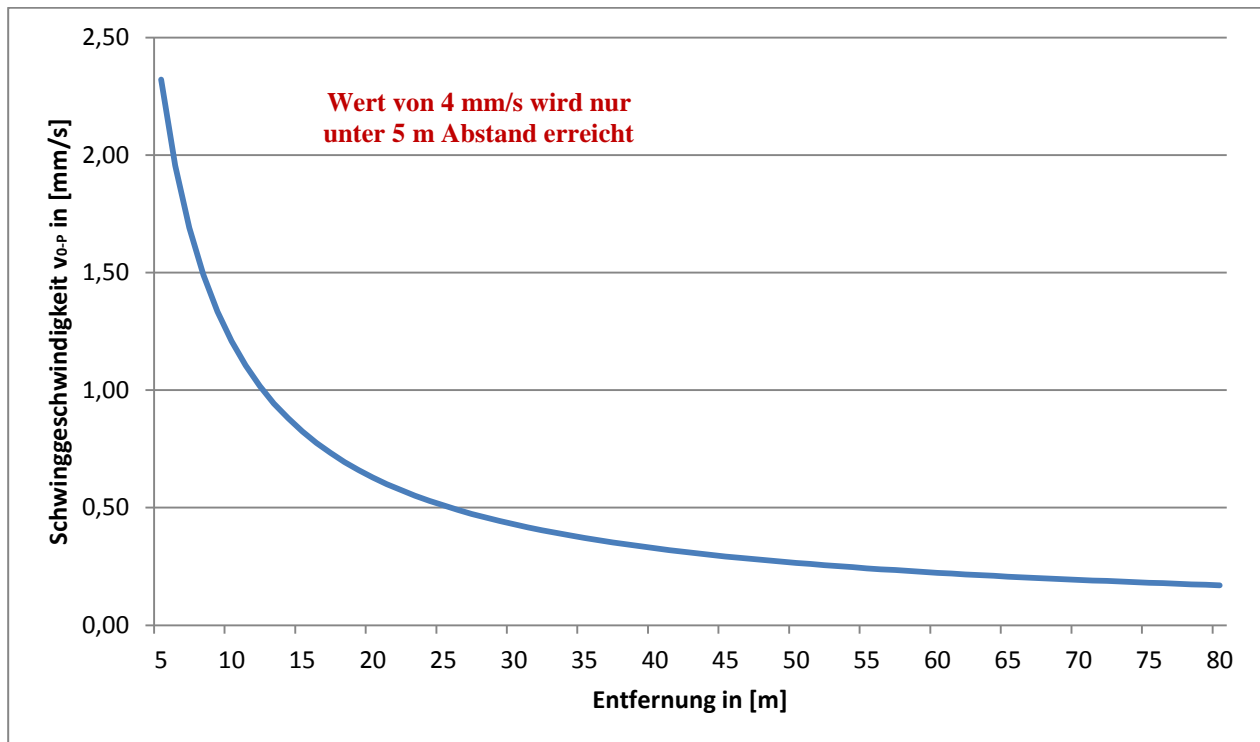
Verdichten mit 13t-Walze, Erregerfrequenz 30 Hz



Verdichten mit 1t-Rüttelplatte, Erregerfrequenz 60 Hz

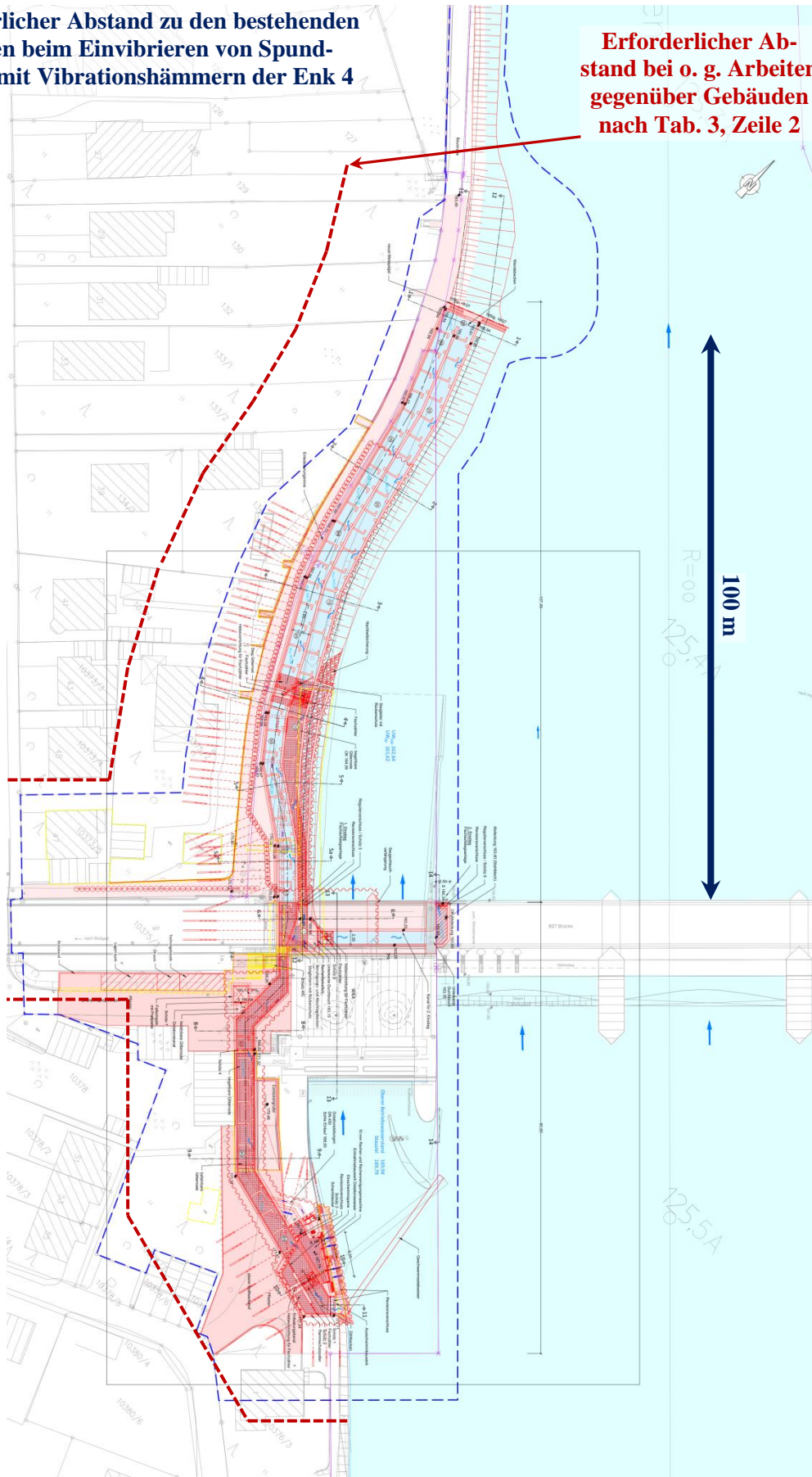


Verdichten mit 200 kg-Rüttelplatte, Erregerfrequenz 60 Hz



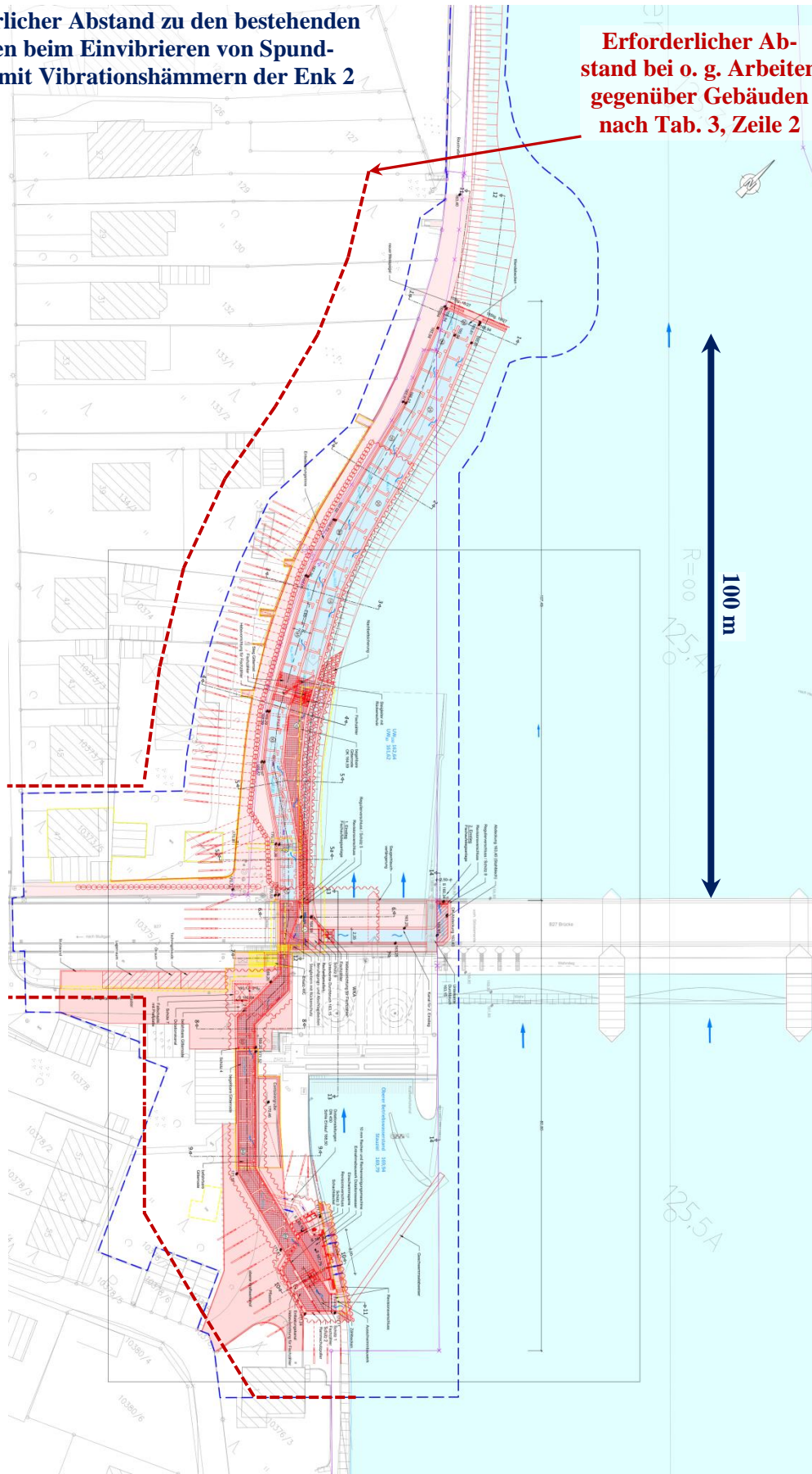
Erforderlicher Abstand zu den bestehenden Gebäuden beim Einvibrieren von Spundwänden mit Vibrationshämmern der Enk 4

Erforderlicher Abstand bei o. g. Arbeiten gegenüber Gebäuden nach Tab. 3, Zeile 2



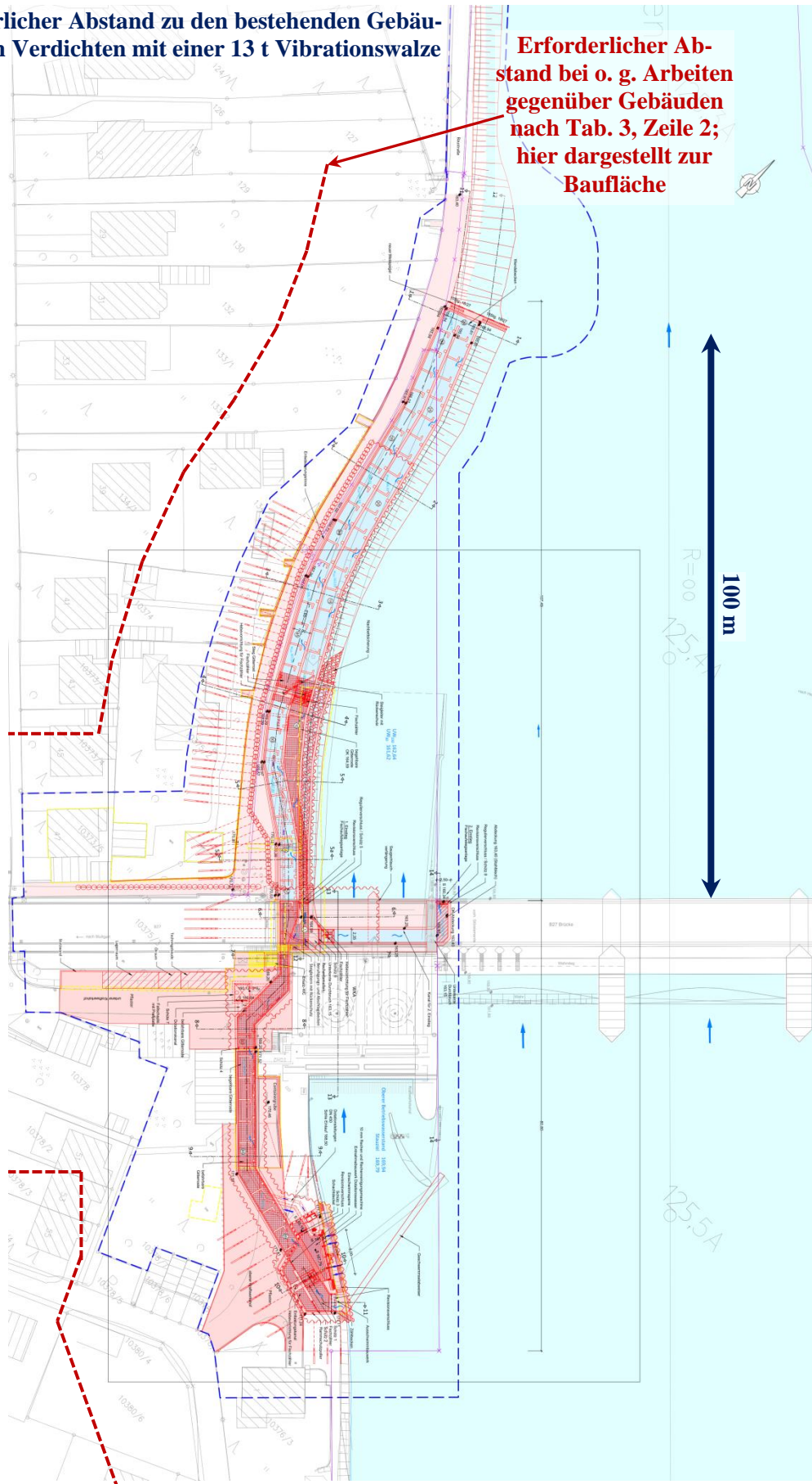
Erforderlicher Abstand zu den bestehenden Gebäuden beim Einvibrieren von Spundwänden mit Vibrationshämmern der Enk 2

Erforderlicher Abstand bei o. g. Arbeiten gegenüber Gebäuden nach Tab. 3, Zeile 2



Erforderlicher Abstand zu den bestehenden Gebäuden beim Verdichten mit einer 13 t Vibrationswalze

Erforderlicher Abstand bei o. g. Arbeiten gegenüber Gebäuden nach Tab. 3, Zeile 2; hier dargestellt zur Baufläche



Erforderlicher Abstand zu den bestehenden Gebäuden beim Verdichten mit einer 1 t Rüttelplatte

