

FREISTAAT BAYERN Staatliches Bauamt Regensburg

Straße / Abschnittsnummer / Station: St2146_240_1,270 bis St2146_240_2,820

St 2146 Neubau Donaubrücke
Wörth - Pfatter

PROJIS-Nr.:

FESTSTELLUNGSENTWURF

- Baulärm und Erschütterungen -

aufgestellt:



Baudirektor Berthold Schneider, Bereichsleiter Straßenbau

Regensburg, den 17.11.2023

Inhaltsverzeichnis Schall- und erschütterungstechnische Untersuchung

1. Allgemeines.....	3
2. Beschreibung des zu untersuchenden Gebietes.....	3
3. Grundlagen	3
4. Vorbelastung	5
5. Baubetriebsimmissionen während der Bauzeit	6
5.1 Berechnungsverfahren	6
5.2 Schallemissionen von Baumaschinen	6
6. Bauablauf.....	6
7. Baulärm.....	9
7.1 Schallemissionen der Baumaßnahme	9
7.2 Schallemissionen aus den einzelnen Bauphasen	9
7.3 Ergebnisse und Beurteilung	9
8. Aktive Schallschutzmaßnahmen.....	10
9. Passiver Lärmschutz	10
10. Optimierung des Bauablaufs	10
11. Allgemeine Empfehlungen.....	11
11.1 Verwendung von geräuscharmen Baumaschinen und Bauverfahren	11
11.2 Umfassende Information	11
12. Bauerschütterungen DIN 4150	11
12.1 Beurteilungsverfahren	11
12.2 Bauerschütterungen bezogen auf den Menschen	11
12.3 Bauerschütterungen bezogen auf Gebäude	13
12.4 Einwirkungen durch kurzzeitige Erschütterungen	13
12.5 Einwirkungen durch Dauererschütterungen.....	14
12.6 Ausbreitungsberechnung Erschütterung.....	15
12.7 Prognose der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen	16
12.8 Beurteilung der Erschütterungen während der Baumaßnahme	19
13. Lageplanskizze	21
14. Ermittlung der relevanten Schallemissionen	23
15. Verwendete Unterlagen / Grundlagen	24

1. Allgemeines

Im Zuge des Planfeststellungsverfahrens für den Ersatzneubau der Donaubrücke Wörth – Pfatter im Verlauf der Staatsstraße 2146 wird eine schall- und erschütterungstechnische Untersuchung zum Baubetrieb notwendig. Der Untersuchungsbereich umfasst hierbei das Anlegen der Baustraßen sowie die Erdarbeiten auf Seite Pfatter, den Bau des Behelfsbauwerks mit Behelfsunterbauten auf Seite Pfatter bis zum ersten Pfeiler (Achse 20), sowie das neue Bauwerk mit Unterbauten auf Seite Pfatter bis zum ersten Pfeiler (Achse 20). Es wurde explizit nur dieser Bereich ausgewählt, da nur in diesem Bereich aufgrund der Entfernung zu den Wohnhäusern lärmbedingte Betroffenheiten auftreten können. Für den weiteren Planungsumgriff des Ersatzneubaus wird eine Untersuchung aufgrund der großen Entfernung zur nächstgelegenen Wohnbebauung nicht notwendig. Es sollen für den ausgewählten Bereich die Immissionen für die lärmintensivsten Arbeiten berechnet und eventuelle Betroffenheiten dargestellt werden. Zudem sollen die baubedingten Erschütterungen beurteilt werden.

Die baubedingten Schallimmissionen werden nach AVV Baulärm und die baubedingten Erschütterungen anhand der DIN 4150 Teil 2 (Einwirkungen auf den Menschen in Gebäuden), sowie DIN 4150 Teil 3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen) beurteilt.

2. Beschreibung des zu untersuchenden Gebietes

Der Untersuchungsraum umfasst den Bereich der bebauten Grundstücke, welche im Einflussbereich der Maßnahme im Zuge des geplanten Ersatzneubaus liegen. Im maßgebenden Untersuchungsraum befinden sich zwei Wohnhäuser (siehe Kap. 13 Lageplanskizze). Diese Wohngebäude sind räumlich am nächsten zur geplanten Bautätigkeit gelegen. Die Wohngebäude befindet sich in einem Abstand von ca. 200 m zu den geplanten Erdarbeiten und ca. 300 m zum Brückenbauwerk.

Die Topographie sowie die Lage der Lärmquellen gehen in die Berechnung ein, wobei die Abschirmung durch das Gelände, sowie die höhenmäßig abhängige Meteorologiedämpfung eingerechnet werden.

Bestehende Festsetzungen hinsichtlich der betroffenen baulichen Anlagen und Gebiete werden entsprechend Nr. 3.2 der AVV Baulärm aus vorhandenen Bebauungsplänen übernommen. Gebiete für welche keine Festsetzungen aus den Bebauungsplänen ersichtlich ist, werden entsprechend der tatsächlichen baulichen Nutzung eingestuft.

Im vorhandenen Untersuchungsgebiet kann die Einstufung gemäß tatsächlicher Nutzung (Hofstelle) in „Mischgebiet“ erfolgen.

3. Grundlagen

Nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) werden Baustellen als nicht genehmigungsbedürftige Anlagen eingestuft. Allerdings wird nach § 22 Abs. 1 BImSchG vom Bauherren gefordert, dass schädliche Umwelteinwirkungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, dass nach dem Stand der Technik unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen auf ein Mindestmaß beschränkt werden und dass die beim Betrieb entstehenden Abfälle ordnungsgemäß beseitigt werden.

Die Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm vom 19. August 1970 (AVV Baulärm) gilt für den Betrieb von Baumaschinen auf Baustellen, soweit Baumaschinen gewerblichen Zwecken dienen oder im Rahmen wirtschaftlicher Unternehmungen Verwendung finden. Sie enthält Bestimmungen über Richtwerte für die von Baumaschinen auf Baustellen hervorgerufenen Geräuschimmissionen, das Messverfahren und über Maßnahmen, die von den zuständigen Behörden bei Überschreiten der Immissionsrichtwerte angeordnet werden sollen.

In der AVV Baulärm werden in Abschnitt 3.1.1 folgende Immissionsrichtwerte festgelegt:

a) Gebiete, in denen nur gewerbliche oder industrielle Anlagen und Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind,		70 dB(A)
b) Gebiete, in denen vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind	tagsüber	65 dB(A)
	nachts	50 dB(A)
c) Gebiete mit gewerblichen Anlagen und Wohnungen, in denen weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	tagsüber	60 dB(A)
	nachts	45 dB(A)
d) Gebiete, in denen vorwiegend Wohnungen untergebracht sind	tagsüber	55 dB(A)
	nachts	40 dB(A)
e) Gebiete, in denen ausschließlich Wohnungen untergebracht sind	tagsüber	50 dB(A)
	nachts	35 dB(A)
f) Kurgebiete, Krankenhäuser und Pflegeanstalten	tagsüber	45 dB(A)
	nachts	30 dB(A)

Für den Nachtzeitraum gilt der Zeitraum von 20:00 Uhr bis 07:00 Uhr.

Die durchschnittliche tägliche Betriebsdauer innerhalb der Tages- und der Nachtzeit wird gemäß Nr. 6.7.1 AVV Baulärm durch Zeitkorrekturwerte der Wirkpegel gemäß der nachfolgenden Tabelle berücksichtigt:

Zeitkorrekturen nach AVV Baulärm		
Durchschnittliche tägliche Betriebsdauer		Zeitkorrektur in dB(A)
Tagzeit 7 Uhr bis 20 Uhr	Nachtzeit 20 Uhr bis 7 Uhr	
bis 2,5 Stunden	bis 2 Stunden	10
Über 2,5 bis 8 Stunden	Über 2 bis 6 Stunden	5
Über 8 Stunden	Über 6 Stunden	0

Nach Nr. 3.1.3 der AVV Baulärm gilt der Immissionsrichtwert als überschritten, wenn der Beurteilungspegel den Immissionsrichtwert überschreitet oder der Immissionsrichtwert für die Nachtzeit von einem oder mehreren Messwerten (Taktmaximalpegel-Verfahren) um mehr als 20 dB(A) überschritten wird. Überschreitet der Beurteilungspegel des von Baumaschinen hervorgerufenen Geräusches den Immissionsrichtwert um mehr als 5 dB(A), sollen nach Nr. 4.1 der AVV Baulärm Maßnahmen zur Minderung der Geräusche angeordnet werden. Nach Nr. 4.1 der AVV Baulärm kommen als Maßnahmen zur Minderung des Baulärms insbesondere in Betracht:

- a) Maßnahmen bei der Einrichtung der Baustelle,
- b) Maßnahmen an den Baumaschinen,
- c) die Verwendung geräuscharmer Baumaschinen,
- d) die Anwendung geräuscharmer Bauverfahren
- e) die Beschränkung der Betriebszeit lautstarker Baumaschinen.

Weiterhin ist bei der Beurteilung zu berücksichtigen, ob Geräusche von Baumaschinen nach dem Stand der Technik vermeidbar sind und mit welcher Häufigkeit bzw. Regelmäßigkeit erhebliche Lärmbelastungen für die Nachbarschaft im Rahmen einer Baumaßnahme auftreten. Darüber hinaus ist die Anzahl der Betroffenen in der Nachbarschaft als Maß für die Betroffenheit ein wesentliches Bewertungskriterium. Die für eine Prognose zu ermittelnden Wirkpegel (entsprechend AVV Baulärm Nr. 6.6) werden durch Schallausbreitungsrechnung dargestellt.

4. Vorbelastung

Gemäß Nr. 4.1 der AVV Baulärm kann von Maßnahmen gegen Baulärm abgesehen werden, soweit durch den Baubetrieb infolge nicht nur gelegentlich einwirkender Fremdgeräusche keine zusätzlichen Gefahren, Nachteile oder Belästigungen eintreten.

Die in der AVV Baulärm in Nr. 3.1.1. festgelegten Immissionsrichtwerte entfalten nur für den Regelfall Bindungswirkung. Im Speziellen kann eine „Zumutbarkeit“ beim Baustellenbetrieb u. U. auch dann noch gegeben sein, wenn die Immissionsrichtwerte überschritten werden, wie beispielsweise bei einer starken Vorbelastung.

Die Richtwerte der AVV Baulärm können dann gemäß aktuell gültiger Rechtsprechung dementsprechend angehoben werden.

Für den untersuchten Bereich wurde zu Gunsten der Anwohner auf eine Ansetzung der Vorbelastung verzichtet.

5. Baubetriebsimmissionen während der Bauzeit

Beim Betrieb von Baumaßnahmen sind Geräusche und Lärm durch Baumaschinen unvermeidbar. Dennoch sind Verfahren oder Gerätschaften zu verwenden, die nach dem Stand der Technik die Lärmbelastung für die betroffene Nachbarschaft reduzieren, bzw. minimieren.

5.1 Berechnungsverfahren

Die AVV Baulärm enthält keine Angaben bezüglich des Berechnungsmodus. Es wird ein Berechnungsverfahren auf Grundlage der DIN ISO 9613 (analog TA Lärm) angewendet. Es kommt das schalltechnische Berechnungsprogramm Cadna/A der Firma DataKustik GMBH Version 2021 Version MR2 zum Einsatz.

Bei der Ausbreitungsrechnung werden Pegelminderungen durch Abstandsvergrößerungen und Luftabsorption, Boden- und Meteorologiedämpfung, sowie Abschirmungen z.B. durch Bauten oder größere Einschnitte im Gelände berücksichtigt.

Die Ausbreitungsberechnung für Baugeräusche erfolgt, wie bereits oben angeführt, entsprechend der Norm DIN ISO 9613.

5.2 Schallemissionen von Baumaschinen

Die jeweiligen Werte der Schallemissionen von Baumaschinen beruhen auf Herstellerangaben oder Messergebnissen, die als Schalleistungspegel (L_{wa}) angegeben werden. Dieser bildet den Ausgangswert für die Immissionsberechnungen.

Die maximalen Schalleistungspegel für Baumaschinen werden nach der Richtlinie 2000/14/EG begrenzt. Die Richtlinie gilt für ab dem 03. Januar 2002 zugelassene Baumaschinen. Mittlerweile sind Maschinen und Geräte auf dem Markt, die teilweise deutlich geringere Schallemissionen verursachen.

Die verwendeten Schalleistungspegel wurden aus technischen Berichten, Handbüchern und Datenquellen entnommen (siehe Quellenangaben in Kap. 6 „schematischer Bauablaufplan“, bzw. Kap. 14 Ermittlung der relevanten Schallimmissionen, sowie Kap. 15 Verwendete Unterlagen / Grundlagen).

6. Bauablauf

Es wurden ein vereinfachter, schematischer Bauablaufplan der lärmintensivsten Arbeiten inklusive Maschineneinsatz auf Grundlage des voraussichtlichen Bauablaufplans des Ing.-Büros SRP (siehe 17.3.2) erstellt. Dabei wurden Annahmen getroffen, die einem tatsächlichen Bauablauf gerecht werden.

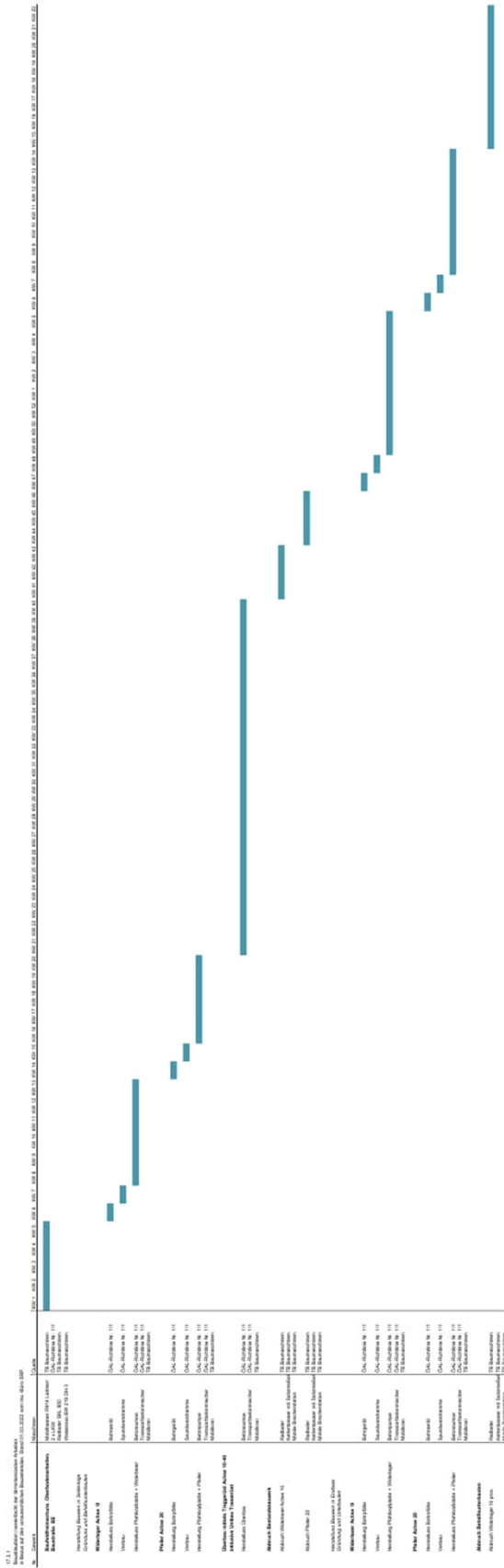
Bei der geplanten Maßnahme werden folgende lärmintensive Hauptgewerke gemäß Bauablaufplan erwartet:

- Erdarbeiten
- Herstellung Bohrpfähle
- Herstellung Spundwände
- Betonierarbeiten
- Abbrucharbeiten

Alle Bauarbeiten finden ausschließlich im Tageszeitraum statt (durchschnittliche tägliche Arbeitszeit mehr als 8 Stunden). Alle oben genannten Hauptgewerke wurden untersucht.

Es wird angenommen, dass die Bauausführung der einzelnen Gewerke Schritt für Schritt erfolgt. Eine zeitliche Überschneidung der einzelnen Gewerke ist im schematischen Bauablauf nicht vorgesehen.

Abbildung 1: schematische Darstellung der Bauabläufe der einzelnen Bauabschnitte inklusive Maschineneinsatz und Quellenangaben. Der Bauablaufplan ist als Anlage zur besseren Veranschaulichung (siehe 17.3.1) separat beigefügt.



7. Baulärm

7.1 Schallemissionen der Baumaßnahme

Ausgehend von den Bautätigkeiten der Maßnahme in den einzelnen Bauphasen (siehe Kap.6) wurden die Schalleistungspegel der voraussichtlich zum Einsatz kommenden Baumaschinen (bzw. Arbeitsvorgänge) als Schalleistungspegel abgebildet. Die Prognose der Geräusche der üblichen Maschinen- und Arbeitsvorgänge erfolgte entsprechend der Literaturangaben im schematischen Bauablaufplan in Kap. 6. Dabei enthalten sind emissionsseitige Zuschläge für Impulse, ausgedrückt durch den Taktmaximalpegel (emissionsseitiger Wirkpegel). Als Eingangswerte wurden A-bewertete Schalleistungssummenpegel zugrunde gelegt.

7.2 Schallemissionen aus den einzelnen Bauphasen

Die Schalleistungswirkpegel aus den einzelnen Bauphasen wurden unter Berücksichtigung des Baufortschritts und des Abstands zur nächstgelegenen Bebauung ermittelt. Hierbei wurde ein längenbezogener Schalleistungspegel bestimmt, der abhängig von der jeweiligen Bauphase durch Punkt-, Flächen-, und Linienquellen bestimmt wird und so den im Einflussbereich des Baufeldes emittierten Lärm darstellt.

7.3 Ergebnisse und Beurteilung

In folgender Tabelle sind die Berechnungsergebnisse für die lärmkritischen Bauphasen für den Beurteilungszeitraum Tag (07:00 Uhr – 20:00 Uhr) bei Annahme einer durchschnittlichen tageszeitlichen Bautätigkeit von mehr als 8 Stunden für ausgewählte Immissionsorte mit dem höchsten Beurteilungspegel in Bezug auf die Gebietsnutzung zusammengefasst. Bautätigkeiten im Nachtzeitraum sind nicht vorgesehen.

Bauphase	Immissionsort	Nutzung	Richtwert der AVV Baulärm	Beurteilungspegel in dB(A) tags	Überschreitung des RW in dB(A)
Erdarbeiten	WH 1	MI	60	52.4	-
	WH 2	MI	60	52.5	-
Bohrpf. WL Behelfs-BW	WH 1	MI	60	50.5	-
	WH 2	MI	60	50.3	-
Spundwand WL Behelfs-BW	WH 1	MI	60	52.9	-
	WH 2	MI	60	53.0	-
Betonierarb. WL Behelfs-BW	WH 1	MI	60	49.8	-
	WH 2	MI	60	49.8	-
Bohrpf. Pfeiler Achse 20 Behelfs-BW	WH 1	MI	60	49.6	-
	WH 2	MI	60	49.8	-
Spundwand Pfeiler Achse 20 Behelfs-BW	WH 1	MI	60	52.2	-
	WH 2	MI	60	52.4	-
Betonierarb. Pfeiler Achse 20 Behelfs-BW	WH 1	MI	60	49.9	-
	WH 2	MI	60	50.0	-
Herstellung Überbau	WH 1	MI	60	49.3	-
	WH 2	MI	60	49.4	-
Abbruch WL Brücke	WH 1	MI	60	59.5	-
	WH 2	MI	60	59.9	-

Abbruch Pfeiler Achse 20	WH 1	MI	60	58.4	-
Brücke	WH 2	MI	60	58.7	-
Bohrpf. WL Neubau	WH 1	MI	60	52.2	-
	WH 2	MI	60	52.6	-
Spundwand WL Neubau	WH 1	MI	60	55.0	-
	WH 2	MI	60	55.3	-
Betonierarb. WL Neubau	WH 1	MI	60	50.5	-
	WH 2	MI	60	50.6	-
Bohrpf. Pfeiler Achse 20	WH 1	MI	60	50.6	-
Neubau	WH 2	MI	60	50.2	-
Spundwand Pfeiler Achse 20	WH 1	MI	60	52.6	-
Neubau	WH 2	MI	60	52.8	-
Abbruch Unterbauten	WH 1	MI	60	58.4	-
Behelfs-BW	WH 2	MI	60	58.7	-

Verwendete Abkürzungen:

MI	=	Mischgebiet
RW	=	Richtwert
Bohrpf.	=	Bohrpfahlarbeiten
WL	=	Widerlager
BW	=	Bauwerk
Betonierarb.	=	Betonierarbeiten
WH 1	=	Wohnhaus 1 (Seppenhausen 1)
WH 2	=	Wohnhaus 2 (Seppenhausen 2)

Es ergeben sich somit keine Überschreitungen der Richtwerte der AVV Baulärm.

8. Aktive Schallschutzmaßnahmen

Die Berechnungen zeigen, dass während der Bauarbeiten mit keinen Überschreitungen der Richtwerte der AVV Baulärm zu rechnen ist. Aktive Schallschutzmaßnahmen sind nicht notwendig.

9. Passiver Lärmschutz

Die Innenwohnbereiche berührt die AVV Baulärm nicht. Außer es sind die Richtwerte an Fassaden von bestimmten Räumen überschritten. Überschreitungen der Außenschallpegel führen folglich dann zu einem Konflikt, falls auch gewisse Lärmpegel im Inneren der schutzbedürftigen Räume auftreten. Da an keinem der Gebäude an der Fassade Außenschallpegel von mehr als 64 dB(A) im Tagzeitraum auftreten (Immissionsgrenzwert der Lärmvorsorge für Mischgebiete), besteht an keinem Gebäude Anspruch auf passive Schallschutzmaßnahmen.

10. Optimierung des Bauablaufs

Nächtliche Bautätigkeiten sind nach aktuellem Kenntnisstand nicht geplant, sodass die Nachtruhe der Anwohner durch die Baumaßnahme nicht gestört wird. Eine Optimierung des Bauablaufes ist nicht notwendig, da keine Überschreitungen der Immissionsrichtwerte der AVV Baulärm rechnerisch auftreten.

Maßnahmen zur Minderung des Baulärms sind nicht notwendig.

11. Allgemeine Empfehlungen

11.1 Verwendung von geräuscharmen Baumaschinen und Bauverfahren

Im Rahmen der Ausschreibung ist darauf hinzuweisen, dass von den beauftragten Bauunternehmen ausschließlich Bauverfahren und Baugeräte eingesetzt werden, die hinsichtlich ihrer Schall- und Erschütterungsemissionen dem Stand der Technik entsprechen. Ebenfalls ist darauf hinzuweisen, dass die Baustellen so geplant, eingerichtet und betrieben werden, dass Geräusche weitestgehend verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind.

11.2 Umfassende Information

Umfassende Information der Betroffenen im Vorfeld der Baumaßnahme.
Insbesondere über die Art, Dauer und Unvermeidbarkeit der lärmintensiven Bautätigkeiten.

12. Bauerschütterungen DIN 4150

12.1 Beurteilungsverfahren

Die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen auf Menschen in Gebäuden erfolgt nach der DIN 4150, Teil 2. Bei der Einhaltung der entsprechenden Anhaltswerte ist in der Regel zu erwarten, dass erhebliche Belästigungen von Menschen in Gebäuden vermieden werden.

Die Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude erfolgt nach der DIN 4150-3. Dabei nennt die Norm Anhaltswerte, bei deren Einhaltung keine Gebäudeschäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes zu erwarten sind.

12.2 Bauerschütterungen bezogen auf den Menschen

Für die Ermittlung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden wird das in DIN 4150-2 beschriebene Beurteilungsverfahren angewendet. Hierfür sind die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} und die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} als maßgebende Beurteilungsgrößen mit den Anhaltswerten der Norm zu vergleichen.

Zunächst erfolgt ein Vergleich der maximal für den Baubetrieb zu erwartenden bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} mit den Anhaltswerten A_u und A_o gemäß DIN 4150-2.

Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , dann sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

Ist der KB_{Fmax} größer als der (obere) Anhaltswert A_o , dann sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten.

Ist KB_{Fmax} größer als der untere Anhaltswert A_u und kleiner als der obere Anhaltswert A_o , gilt die Anforderung der Norm als eingehalten, wenn der KB_{FTr} kleiner als der Anhaltswert A_r ist.

Ist der KBFTr größer als der Anhaltswert A_r , gilt die Anforderung der Norm als nicht eingehalten.

Für die zeitlich begrenzten Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen werden die Anhaltswerte nach Tabelle 2 der DIN 4150-2 herangezogen. Bei der Ermittlung der Einwirkdauer der Erschütterungen ist gemäß DIN 4150-2, Abschnitt 6.5.4.2 nicht die gesamte Dauer der Baumaßnahme, sondern die zusammenhängende Anzahl der Tage zu verstehen, an denen tatsächlich relevante Erschütterungseinwirkungen entstehen. Bei einer Einwirkdauer D zwischen einem Tag und sechs Tagen sind die Anhaltswerte entsprechend zu interpolieren.

Tabelle 2 der DIN 4150-2: Erschütterungstechnische Anhaltswerte für Baumaßnahmen.

Tabelle 2: Anhaltswerte A für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen außer Sprengungen

Dauer	$D \leq 1$ Tag			6 Tage $< D \leq 26$ Tage			26 Tage $< D \leq 78$ Tage		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Anhaltswerte	A_u	$A_o^{*)}$	A_r	A_u	$A_o^{*)}$	A_r	A_u	$A_o^{*)}$	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

*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt $A_o = 6$.

Die Beurteilung von zeitlich begrenzten Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen erfolgt in drei Stufen, wobei im Stadium der Planung Prognose- oder Erfahrungswerte Grundlage der Einstufung sind:

Eine untere Stufe I, bei deren Unterschreitung auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist.

Eine mittlere Stufe II, bei deren Unterschreitung ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist, falls Maßnahmen ergriffen werden.

Eine obere Stufe III, bei deren Überschreitung die Einwirkungen unzumutbar sind.

Bei Einwirkdauern von mehr als 78 Tagen muss nach DIN 4150-2 eine Beurteilung nach den besonderen Gegebenheiten des Einzelfalles individuell erfolgen. Abweichend hierzu wird in der Erschütterungsleitlinie des Immissionsschutzes für Einwirkdauern von mehr als 78 Tagen eine Beurteilung nach den Anhaltswerten aus Tabelle 1 der DIN 4150-2 für zeitlich unbegrenzte Einwirkungen gefordert.

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9).	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8).	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2).	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05
In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.							

Tabelle 1 der DIN 4150-2: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungen

12.3 Bauerschütterungen bezogen auf Gebäude

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen werden die maximalen Schwinggeschwindigkeiten mit den Anhaltswerten der DIN 4150 – Teil 3 verglichen. Dabei unterscheidet die DIN 4150 – Teil 3 zwischen kurzzeitigen Erschütterungen und Dauererschütterungen.

12.4 Einwirkungen durch kurzzeitige Erschütterungen

Bei kurzzeitigen Erschütterungen sind im Allgemeinen keine Schäden zu erwarten, wenn an Wohn- und Bürogebäuden oder in der Nutzung entsprechenden Bauten folgende maximale Schwinggeschwindigkeiten an Fundament oder Decke nicht überschritten werden.

-	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i, \max}$ in mm/s				
		Fundament, alle Richtungen, $i = x, y, z$ Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$	Decken, vertikal, $i = z$
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ^a	alle Frequenzen	alle Frequenzen
Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 ^b
ANMERKUNG Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.						
a * Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.						
b Unterabschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten.						

12.5 Einwirkungen durch Dauererschütterungen

Dauererschütterungen sind die Erschütterungen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft. Für die Beurteilung sind die größten horizontalen Schwinggeschwindigkeiten maßgebend, die in der Regel in der obersten Deckenebene auftreten. Daher sind die Schwingungen an dieser Stelle direkt zu messen. Der Beurteilung wird der größere Wert der beiden horizontalen Einzelkomponenten zugrunde gelegt. In folgender Tabelle sind für die verschiedenen Gebäudearten Anhaltswerte angegeben. Werden diese nicht überschritten, ist nicht davon auszugehen, dass Schäden auftreten.

Werden z.B. Rammträger eingerüttelt, Pfahlwände gebohrt, Flächen verdichtet etc., ist vom Belastungsfall durch Dauererschütterungen auszugehen.

Tabelle 4 — Anhaltswerte für $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Gebäude

	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s	
		Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen	Decken, vertikal, alle Frequenzen
Spalte Zeile	1	2	3
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 Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	10 ^a
ANMERKUNG Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.			
^a Unterabschnitt 6.1.2 ist zu beachten.			

12.6 Ausbreitungsberechnung Erschütterung

Die Erschütterungseinwirkungen sind abhängig von der Entfernung der Baumaschine zum Gebäude, der Untergrundgeologie und der Schwingungsempfindlichkeit insbesondere der Gebäudedecken. Die Berechnung der Erschütterungsimmissionen erfolgt im Rahmen der Untersuchung nach dem Prognoseverfahren von M. Achmus, das unterschiedliche Arten von Baumaschinen und den Energieeintrag mit in die Berechnungsmethodik aufnimmt. Prognosewerte für Fundamentalschwinggeschwindigkeiten sind die Grundlage für die Abschätzung einer möglichen Gebäudeschädigung durch Erschütterungen. In den einschlägigen Richtlinien – in Deutschland die DIN 4150 Teil 3 – wird eine Beurteilung anhand der maximalen Schwinggeschwindigkeiten an den Fundamenten und an Bauteilen im obersten Geschoss des Gebäudes sowie anhand vertikaler Deckenschwinggeschwindigkeiten vorgenommen. Wie sich Fundamentalschwingungen auf Bauteile übertragen, hängt von den Eigenfrequenzen der Bauteile und damit von den Eigenschaften des Gebäudes und seiner Gründung ab. Durch Resonanzeffekte kann es vor allem bei vertikalen Deckenschwingungen zu deutlichen Erhöhungen der Schwinggeschwindigkeit kommen. Erfahrungsgemäß können im Resonanzfall Übertragungsfaktoren von $k_{z,Decke} \leq 10$ für Stahlbetondecken und von $k_{z,Decke} \leq 15$ für Holzbalken-, Stahlstein- und Stahlträgerdecken auftreten (Funk 1996).

Im vorliegenden Fall erfolgt die Berechnung exemplarisch für die relevante Erschütterungseinwirkung „Verdichtungsarbeiten“ mit einem gewählten Übertragungsfaktor der Eigenfrequenz von 8.

12.7 Prognose der zu erwartenden Erschütterungsimmissionen

Um im Vorfeld der Maßnahme etwaige Betroffenheiten abzuschätzen, werden Annahmen und Angaben zu den erwartenden Immissionen anhand verschiedener Literaturangaben herangezogen. Die Höhe der durch die diversen Quellen entstehenden Erschütterungsemissionen sowie deren Weiterleitung im Erdreich hängen zudem stark von den spezifischen geologischen Untergrundverhältnissen ab. Es kann diesbezüglich lediglich eine näherungsweise Abschätzung/Berechnung erfolgen.

12.7.1 Erschütterungsimmissionen infolge Oberflächenverdichtung

Für Verdichtungsarbeiten wird die Gleichung zur Bestimmung der maximalen Fundamentalschwinggeschwindigkeit $v_{Fi,max}$ abhängig vom Abstand r zwischen Baumaschine und Immissionsort in m nach Achmus (7) wie folgt angegeben:

$$v_{Fi,max} = K_{Verd} * \frac{\sqrt{G}}{r}$$

mit: $K_{Verd} = 4,31$ (wahrscheinlicher Wert)

$K_{Verd} = 10,87$ (ungünstiger Wert)

Gewicht G in t , Abstand r in m , $v_{Fi,max}$ in mm/s

Mit G = Gewicht der Baumaschine in t und r = die Entfernung in m zum Immissionsort.

Der Korrekturfaktor K bezieht sich auf die Wahrscheinlichkeit der Überschreitung der Prognosewerte, wobei der ungünstige Wert eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 2,25 % beschreibt. Die Berechnungen werden für beide Überschreitungswahrscheinlichkeiten für die aufgeführten Baumaschinen durchgeführt.

Annahme:

Vibrationswalze Walzenzug CS10 GC, Gewicht ca. 10 to., bei einer Entfernung r von ca. 200m.

Berechnung wahrscheinlicher Wert:

$$v_{Fi,max} = 0,07 \text{ mm/s}$$

Berechnung ungünstiger Wert:

$$v_{Fi,max} = 0,17 \text{ mm/s}$$

12.7.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

In der DIN 4150 Teil 3 ist ein Anhaltswert von 5 mm/s für horizontale Schwinggeschwindigkeiten von Bauteilen angegeben, bei dessen Unterschreitung nicht mit Schäden zu rechnen ist. Unter der Annahme, dass die Gebäude auf gut tragfähigem Untergrund gegründet sind, kann eine Amplitudenerhöhung für horizontale Bauteilschwingungen im obersten Geschoss ausgeschlossen werden. Für vertikale

Deckenschwinggeschwindigkeiten gibt die DIN 4150 Teil 3 für Wohngebäude einen Anhaltswert von 10 mm/s an.

Bei der Betriebsfrequenz der Walze kann zumindest für Stahlbetondecken Resonanz nicht ausgeschlossen werden. Bei einer Annahme des Übertragungsfaktor zu k_z , Decke ≈ 8 , ergibt sich ein wahrscheinlicher Prognosewert von 1,36 mm/s. Dies bedeutet, dass eine Überschreitung des Anhaltswertes von 10 mm/s für vertikale Schwinggeschwindigkeiten der DIN 4150 Teil 3 im ungünstigen Fall ebenfalls ausgeschlossen werden kann.

12.7.3 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die Beurteilungswerte $KB_{F_{max}}$ und KB_{FTm} :

Bei dem $KB_f(t)$ -Wert nach DIN 4150-2 handelt es sich um eine der menschlichen Wahrnehmung angepasste Größe für die Erschütterungen. Bei der Beurteilung wird sowohl die bauliche Nutzung der Umgebung (Einwirkungsort), als auch der Tageszeitraum (Tag/Nacht) berücksichtigt. Dies hat die Bewandnis, dass bei gleicher Intensität der Erschütterung der Grad der Belästigung z.B. in Wohngebieten höher eingeschätzt wird als in Gewerbegebieten.

Die Norm nennt hier folgende Beurteilungsgrößen:

maximale bewertete Schwingstärke $KB_{F_{max}}$: Maximalwert von $KB_f(t)$, der während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt und der zu untersuchenden Ursache zuzuordnen ist.

Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} : Ermittelt aus den jeweiligen Taktmaximalwerten KB_{FTi} .

Beurteilungs-Schwingstärke FB_{FT} : Ermittelt aus den Taktmaximal-Effektivwert KB_{FTm} über den jeweiligen Beurteilungszeitraum.

Der $KB_{F_{max}}$ -Wert wird nach VDI-Richtlinie 3837 nach folgender Gleichung ermittelt:

$$KB_{F_{max}} = c_m * KB_{FTm}$$

Mit $c_m = 1,5$ bei Betondecken
 $c_m = 1,7$ bei Holzbalkendecken
 $c_m = 1,9$ bei Holzbalkendecken mit Stoßanregung

Ermittlung des KB-Wertes:

Der Teil 2 der DIN enthält Angaben für die Beurteilung von Erschütterungen im Frequenzbereich von 1 - 80 Hz, die in Gebäuden auf Menschen einwirken. Entweder ist die Beurteilungsgröße $KB_{F_{max}}$ direkt durch Messungen ermittelt worden, oder wenn dies nicht der Fall ist, ist unter bestimmten Bedingungen (Frequenzbereich des verwendeten Aufnehmer-Registriersystems von unter 2 Hz bis über 80 Hz) näherungsweise die Bestimmung der Beurteilungsgröße $KB_{F_{max}}$ auch aus der Registrierung des Signals ($v(t)$) möglich. Im Rahmen einer Prognose wird ersatzweise zum Messwert $v(t)$ die prognostizierte maximale Schwinggeschwindigkeit v_{max} sowie die angenommene dominierende Frequenz der Erregung

zum Ansatz gebracht. Sind die oben genannten Bedingungen erfüllt, ist der Maximalwert des v_t -Signals der Aufzeichnung und ein zugehöriger Schätzwert der Frequenz zu bestimmen. Daraus ist zunächst das KB-bewertete Signal nach der Zahlengleichung (6) und nach der Gleichung (7) mit c_F nach Tabelle 3 der DIN der Schätzwert des gleitenden Effektivwertes wie folgt zu berechnen:

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{\max}}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}} \quad (6)$$

$$KB_{F_{\max}}^* = KB \cdot c_F \quad (7)$$

Dabei ist:

- f Frequenz, in Hz;
- f_0 5,6 Hz (Grenzfrequenz des Hochpasses);
- v_{\max} maximale Schwingschnelle, in mm/s;
- c_F die Konstante nach Tabelle 3;
- KB dimensionslos.

Die Eigenfrequenzen von Stahlbetondecken für Wohnhäuser liegen laut Literaturangaben in der Regel zwischen 20 Hz und 40 Hz. Zur Berechnung wurde eine Frequenz von 30 Hz gewählt. Für c_F wurde 0,8 gewählt.

Tabelle 3: Erfahrungswerte für die Konstante c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen

Zeile	Kurzbeschreibung der Einwirkungsart ¹⁾	c_F ²⁾
1	Harmonische Schwingungen mit geringen Verzerrungen (z. B. Sägewerke in großer Entfernung oder bei wesentlicher Resonanzbeteiligung)	0,9
2	Wie Zeile 1, jedoch stärker verzerrt — mehr als etwa 20 % Verzerrungen (z. B. Sägewerke in enger Nachbarschaft, wenn noch mehrere Oberschwingungen vorhanden sind)	0,8
3	Stochastische Schwingungen und periodische Vorgänge mit Schwebungen a) mit Resonanzbeteiligung (z. B. Webereien, Rammen, gemessen auf mitschwingenden Wohnungsfußböden); b) ohne Resonanzbeteiligung (z. B. auf nicht unterkellerten Wohnungsfußböden)	0,8 0,7
4	Einzelereignisse kurzer Dauer a) mit Resonanzbeteiligung b) ohne Resonanzbeteiligung	0,8 0,6

1) Die Einordnung einer Messung in eine dieser Klassen sollte nach dem Bild der Schwingungsaufzeichnung erfolgen. Die genannten Beispiele sollten nur eine Orientierung geben, in welchen Situationen die einzelnen Klassen der Erschütterungseinwirkung häufig anzutreffen sind.

2) Die Werte für c_F sind mittlere Erfahrungswerte. Abweichungen von etwa $\pm 15\%$ können auftreten.

Berechnung Oberflächenverdichtung:

$$KB_{F_{\max}} = 0,76$$

$$KB_{FTm} = 0,51$$

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \cdot \sqrt{Te/Tr} = 0,28$$

mit $Tr =$ Beurteilungszeit tags 16h, nachts 8h $Te =$ Einwirkungszeit außerhalb Ruhezeit

Te gewählt: 50% von einem 10h Tag = 5h

Es folgt die Bewertung gemäß DIN 4150-2 Nr. 6.2 über das Beurteilungsverfahren (Flussdiagramm):

Ergebnis:

$$KB_{F_{\max}} > A_u$$

$$KB_{F_{\max}} < A_o$$

$$KB_{F_{Tr}} < A_r$$

Die Einwirkzeiten gemäß Tabelle 2 der DIN 4150-2 wurden aufgrund des vorläufigen Bauablaufplans zwischen 6 – 26 Tagen abgeschätzt. Die Anforderungen der Norm sind somit eingehalten ($KB_{F_{Tr}}$ von $0,28 < A_r$ von $0,3 <$ Stufe I).

Die Gründungsarbeiten im Bohrverfahren sowie die Pressarbeiten zum Einbringen der Spundbohlen zur Herstellung der Spundwandkästen für das Brückenbauwerk können als erschütterungsarm angesehen werden, eine besondere Erschütterungsbelastung ist hier nicht zu erwarten. Die minimale Entfernung der Rüttelarbeiten zum Einbringen der Startbohlen zur Herstellung der Spundwandkästen zur nächstgelegenen Bebauung beträgt gemäß Planunterlagen grob 300 m. Eine besondere Erschütterungsbelastung ist -aufgrund der vergleichsweise großen Entfernung zur nächstgelegenen Bestandsbebauung- nicht zu erwarten.

Abbrucharbeiten durch den Einsatz von Baggern mit Hydraulik- und Motorhämmern sowie von Pressluftschlämmern haben einen vergleichsweise geringen bis mäßigen Anteil einer Erschütterungsintensität. Im Hinblick auf die Einhaltung der zulässigen Anhaltswerte für Erschütterungsimmissionen, sowie auf die große Entfernung von ca. 300 m sind Abbrucharbeiten als vergleichsweise unkritisch zu betrachten.

12.8 Beurteilung der Erschütterungen während der Baumaßnahme

Da der kürzeste Abstand zur nächstgelegenen Wohnbebauung über 200 m, bzw. ca. 300 m (Brückenbauwerk) beträgt, sind keine Schäden an Gebäuden im Sinne der DIN 4150-3 zu erwarten. Dies zeigen auch die exemplarischen Ausbreitungsberechnungen.

Zur Bewertung der Erschütterungseinwirkung von Menschen in Gebäuden wird davon ausgegangen, dass gemäß Tabelle 2 der DIN 4150-2 mit Einwirkzeiten von 6 – 26 Tagen zu rechnen ist. Gemäß den oben durchgeführten Berechnungen ist auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ($<$ Stufe I der Tabelle 2 der DIN 4150-2).

Da weder Gebäudeschäden, noch Belästigungen der Bewohner im Sinne der DIN 4150-2, bzw. DIN 4150-3 zu erwarten sind, werden keine erschütterungsmindernden Maßnahmen notwendig.

Zur Dokumentation vorhandener Vorschädigungen wird die Durchführung gebäude-technischer Beweissicherungen zum Schutz aller Beteiligten empfohlen.

Aufgrund der Dauer der gesamten Baumaßnahme werden folgende Maßnahmen zusätzlich empfohlen:

1. Umfassende Information der Betroffenen z. B. über die Maßnahmen, die Verfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen aus dem Baubetrieb.
2. Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen und die damit verbundenen Belästigungen.
3. Nennung eines Ansprechpartners für Fragen und Beschwerden.

13. Lageplanskizze



Detail der betroffenen Immissionsorte:



14. Ermittlung der relevanten Schallemissionen

Baulärm Emissionen

Gewerk	Maschinen	Quelle	Dauerpegel	Spitzenpegel	Impulszuschlag	durschn. tägl. Betriebsdauer	Zeitkorrektur AVV Baulärm	Wirkpegel Arbeitsvorgang
Baufeldfreimachung, Oberbodenarbeiten, Baustraße, BE	Mobilbagger	TB Baumaschinen	101,0	113,1	4,5	13,0	0,0	105,5
	2 x LKW	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	94,0		0,0	13,0	0,0	94,0
	Radlader	TB Baumaschinen	100,1	109,8	5,1	13,0	0,0	105,2
	Walzenzug	TB Baumaschinen	107,0	111,5	1,4	13,0	0,0	108,4
<i>Herstellung Bauwerk in Seitenlage Gründung und Behelfsunterbauten</i>								
Widerlager Achse 10								
Herstellung Bohrfähle	Bohrgerät	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	113,0	125,0	0,0	13,0	0,0	113,0
Verbau	Spundwandramme	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	118,0	125,0	0,0	13,0	0,0	118,0
Herstellung Pfahlkopfplatte + Widerlager	Betonpumpe	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	109,0		0,0	13,0	0,0	109,0
	Transportbetonmischer	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	103,0		0,0	13,0	0,0	103,0
	Mobilkran	TB Baumaschinen	104,4	117,2	3,2	13,0	0,0	107,6
Pfeiler Achse 20								
Herstellung Bohrfähle	Bohrgerät	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	113,0	125,0	0,0	13,0	0,0	113,0
Verbau	Spundwandramme	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	118,0	125,0	0,0	13,0	0,0	118,0
Herstellung Pfahlkopfplatte + Pfeiler	Betonpumpe	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	109,0		0,0	13,0	0,0	109,0
	Transportbetonmischer	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	103,0		0,0	13,0	0,0	103,0
	Mobilkran	TB Baumaschinen	104,4	117,2	3,2	13,0	0,0	107,6
Überbau mittels Traggerüst Achse 10-40 inklusive Umbau Traggerüst								
Herstellung Überbau	Betonpumpe	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	109,0		0,0	13,0	0,0	109,0
	Transportbetonmischer	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	103,0		0,0	13,0	0,0	103,0
	Mobilkran	TB Baumaschinen	104,4	117,2	3,2	13,0	0,0	107,6
Abbruch Bestandsbauwerk								
Abbruch Widerlager Achse 10	Radlader	TB Baumaschinen	107,0	122,9	5,7	13,0	0,0	112,7
	Kettenbagger mit Spitzmeißel	TB Baumaschinen	113,8	127,9	7,7	13,0	0,0	121,5
	Mobile Brecherstation	TB Baumaschinen	111,3	121,7	3,5	13,0	0,0	114,8
Abbruch Pfeiler 20	Radlader	TB Baumaschinen	107,0	122,9	5,7	13,0	0,0	112,7
	Kettenbagger mit Spitzmeißel	TB Baumaschinen	113,8	127,9	7,7	13,0	0,0	121,5
	Mobile Brecherstation	TB Baumaschinen	111,3	121,7	3,5	13,0	0,0	114,8
<i>Herstellung Bauwerk in Endlage Gründung und Unterbauten</i>								
Widerlager Achse 10								
Herstellung Bohrfähle	Bohrgerät	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	113,0	125,0	0,0	13,0	0,0	113,0
Verbau	Spundwandramme	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	118,0	125,0	0,0	13,0	0,0	118,0
Herstellung Pfahlkopfplatte + Widerlager	Betonpumpe	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	109,0		0,0	13,0	0,0	109,0
	Transportbetonmischer	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	103,0		0,0	13,0	0,0	103,0
	Mobilkran	TB Baumaschinen	104,4	117,2	3,2	13,0	0,0	107,6
Pfeiler Achse 20								
Herstellung Bohrfähle	Bohrgerät	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	113,0	125,0	0,0	13,0	0,0	113,0
Verbau	Spundwandramme	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	118,0	125,0	0,0	13,0	0,0	118,0
Herstellung Pfahlkopfplatte + Pfeiler	Betonpumpe	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	109,0		0,0	13,0	0,0	109,0
	Transportbetonmischer	ÖAL-Richtlinie Nr. 111	103,0		0,0	13,0	0,0	103,0
	Mobilkran	TB Baumaschinen	104,4	117,2	3,2	13,0	0,0	107,6
Abbruch Behelfsunterbauten								
Abbruch Widerlager 10 prov.	Radlader	TB Baumaschinen	107,0	122,9	5,7	13,0	0,0	112,7
	Kettenbagger mit Spitzmeißel	TB Baumaschinen	113,8	127,9	7,7	13,0	0,0	121,5
	Mobile Brecherstation	TB Baumaschinen	111,3	121,7	3,5	13,0	0,0	114,8

15. Verwendete Unterlagen / Grundlagen

1. DIN 4150 Teil 1: Erschütterungen im Bauwesen – Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
2. DIN 4150 Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
3. DIN 4150 Teil 3: Erschütterungen im Bauwesen – Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Dezember 2016
4. Technischer Bericht zur Untersuchung der Geräuschemissionen von Baumaschinen; Hessischen Landesamt für Umwelt und Ökologie, Wiesbaden 2004
5. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm (AVV Baulärm) vom 19. August 1970 (BAnz. Nr. 160)
6. ÖAL-Richtlinie Nr. 111 – Lärm im Baubetrieb - Maßnahmen zur Lärminderung, 01. Juli 2021
7. Prognose von Bauwerkserschütterungen infolge Ramm- und Vibrationsverdichtungsarbeiten von M. Achmus, J. Kaiser, Universität Hannover
8. VDI-Richtlinie 3837
9. Bundes-Immissionsschutzgesetz in der aktuell gültigen Fassung
10. Richtlinie 2000/14/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Mai 2000 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über umweltbelastende Geräuschemissionen von zur Verwendung im Freien vorgesehenen Geräten und Maschinen
11. Urteil des BVerwG vom 10. Juli 2012 – 7 A 11.11