

Erschütterungstechnische Untersuchung
- baubetriebliche Erschütterungsimmissionen -

Vorhaben: Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife

Auftraggeber: Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt -
Lahmeyer München - Büro Prof. Kagerer
Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife
c/o Tractebel Hydroprojekt GmbH
Rießnerstr. 18
99427 Weimar

Bearbeitungsstand: 09.07.2023

Projekt-Nr.: 2023 1631

Auftrag vom: April 2023

Anzahl Seiten: 27

Anzahl Anlagen: 4, s. Anlagenverzeichnis

fachlich verantwortlich: Dipl.-Ing. (FH) Manfred Ertl

Durchwahl: 0821 / 207 129 10

E-Mail: mertl@em-plan.com

Dokument: 16-03-01_Gutachten_Erschuetterungstechn_
Untersuchung_230710

Das vorliegende Gutachten ist geistiges Eigentum von em plan. Das Gutachten ist ausschließlich zur Durchführung des behandelten Vorhabens zu verwenden. Die Weitergabe des Gutachtens oder dessen Vervielfältigung außerhalb des gegenständlichen Vorhabens, auch auszugsweise, ist nur mit unserer ausdrücklichen und schriftlichen Gestattung zulässig.

Inhaltsverzeichnis

1.	Gegenstand der Untersuchung	4
2.	Örtlichkeiten.....	5
3.	Bauvorhaben	6
4.	Erschütterungsrelevante Bautätigkeiten.....	7
5.	Beurteilungsgrundlagen.....	8
5.1	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	8
5.2	Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen	10
7.	Erschütterungsprognose.....	13
7.1	Verfahren	13
7.2	Randbedingungen.....	14
7.3	Einwirkzeiten.....	14
7.4	Setzungsrisiko.....	15
8.	Immissionsorte	16
9.	Ergebnisse	18
9.1	Prognose Rammarbeiten, wahrscheinlicher Wert.....	18
9.2	Prognose Rammarbeiten, ungünstiger Wert.....	19
9.3	Prognose Verdichtungsarbeiten, wahrscheinlicher Wert.....	20
9.4	Prognose Verdichtungsarbeiten, ungünstiger Wert	21
9.5	Setzungsrisiko.....	22
10.	Zusammenfassung	23
10.1	Prognoseergebnisse	23
10.2	Folgerungen.....	24
A)	Regelwerke / Literatur.....	26
B)	Grundlagen.....	26
C)	Tabellen.....	26
D)	Anlagenverzeichnis.....	27

1. Gegenstand der Untersuchung

Der Freistaat Bayern, vertreten durch das Wasserwirtschaftsamt Deggendorf, plant das Projekt „Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife“ im Bereich der Donaustaustufe Straubing.

Die Oberauer Schleife ist ein ehemaliger Mäander der Donau, der im Zuge der Errichtung der Stauhaltung Straubing von der Donau abgetrennt wurde.

Vorgesehen ist die Errichtung und der Betrieb eines gesteuerten Hochwasserspeicherraumes (Flutpolder) an der Oberauer Schleife bei Straubing für den Rückhalt von Hochwasserereignissen der Donau, bei denen eine Überlastung unterhalb liegender Hochwasserschutzanlagen (Überlastfall) zu befürchten ist. Die Oberauer Schleife befindet sich linksseitig der Staustufe Straubing, überwiegend im Gebiet der Stadt Straubing und zu einem geringen Teil in der Gemeinde Kirchroth sowie der Gemeinde Atting, im Regierungsbezirk Niederbayern.

Die Maßnahme sieht neben der Errichtung einer Reihe von Massivbauwerken und des Ersatzneubaus und Neubaus von Verkehrswegen als wesentliche bauliche Maßnahme die Eindeichung der Oberauer Schleife in einer Bauzeit von etwa sieben Jahren durch Flutpolderdeiche vor.

Im Zuge der Maßnahme finden erschütterungsverursachende Tiefbauarbeiten im Zuge von Verdichtungs- und Gründungsmaßnahmen statt. Dies umfasst insbesondere die Rammung von Spundbohlen in den Deichachsen, und die Herstellung der Erdbauwerke der Deiche mit den dafür notwendigen Verdichtungsarbeiten.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ist eine Prognoseabschätzung vorzunehmen, inwieweit mit erheblichen bzw. potentiell belästigenden oder bauwerksschädigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist. Die Erschütterungsprognose stellt auf die maßgeblichen erschütterungsintensiven Tiefbauarbeiten im Bauprozess ab.

Grundlage der Prognose bzw. der Beurteilung ist die DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teile 1 bis 3.

Insoweit die Abschätzung Überschreitungen der Anforderungen der DIN 4150 erwarten lässt, sind Vorschläge zum Erschütterungsschutz bzw. zur weiteren Vorgehensweise zu erarbeiten.

Die Randbedingungen und Ergebnisse der Untersuchung werden im vorliegenden Bericht dokumentiert.

2. Örtlichkeiten

Die Öberauer Schleife liegt nördlich der Donau bei Straubing. Die nachfolgenden Abbildungen sind der Antragsunterlage der Planungsgemeinschaft entnommen.

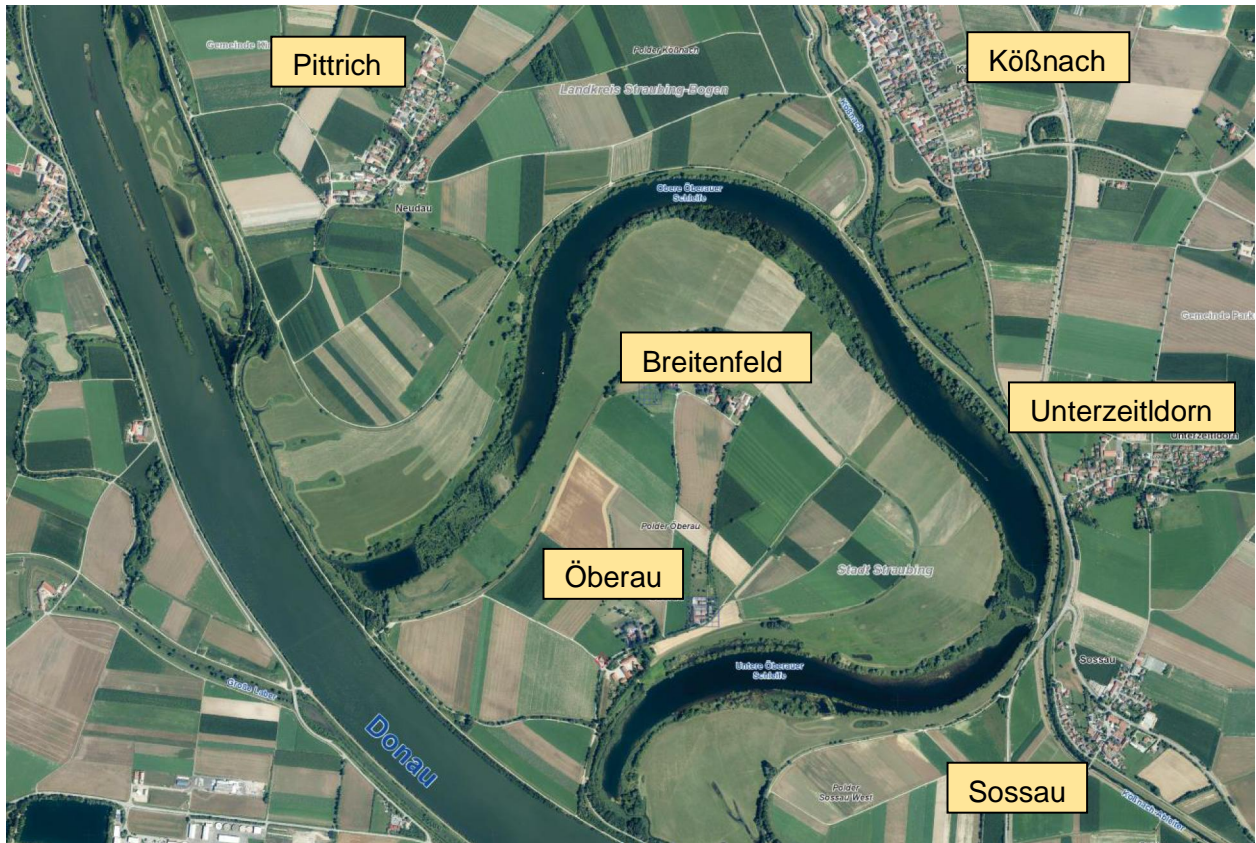


Abbildung 1: BV Öberauer Schleife, Untersuchungsraum, genordet

Der Untersuchungsraum ist, von kleinen Erhebungen und Senken abgesehen, weitgehend eben auf einem Niveau von ca. 317 bis 318 m ü. NHN.

Im untersuchungsrelevanten Umfeld der Baumaßnahme befinden sich entsprechend Plandarstellung im Polder die Ortslagen Öberau und Breitenfeld, außerhalb die Orte Sossau, Unterzeitldorn, Kößnach und Pittrich.

4. Erschütterungsrelevante Bautätigkeiten

Als erschütterungsrelevante Arbeiten kommen Tiefbauarbeiten in Betracht. Im vorliegenden Fall sind dies Verdichtungsarbeiten des Untergrunds begleitend zu Erdarbeiten, und Verbau- bzw. Rammtätigkeiten.

Für großflächige Arbeiten werden absehbar Vibrationswalzen eingesetzt. Für die Erstellung von Verbauten werden rammende Verfahren mittels Vibrationsrammen unterstellt.

Der Einwirkungsbereich von Vibrationswalzen und Rammgeräten mit relevantem Erschütterungseintrag beträgt bei konventionellen Wohn- und Bürogebäuden und durchschnittlichen Übertragungsverhältnissen allgemein etwa 30 m. Erschütterungen können zwar auch in größeren Abständen noch gespürt werden, es sind jedoch keine Bauschäden oder erhebliche Beeinträchtigungen zu erwarten, zumal es sich um eine Tagbaustelle handelt.

Die Gebäude außerhalb des Polders Öberau liegen damit bereits deutlich außerhalb des Bereichs, in dem mit erheblichen Erschütterungseinwirkungen gerechnet werden kann. Die Abstände betragen an der nächstgelegenen Ortschaft Sossau bereits über 70 m zur Baumaßnahme.

Relevant sind daher die Arbeiten innerhalb der Schleife in den Ortslagen Breitenfeld und Öberau. Zudem befindet sich an der Westtangente 201 a Betriebsgebäude des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamts (WSA) Donau.

5. Beurteilungsgrundlagen

Nachstehend sind die Beurteilungsgrundlagen nach DIN 4150, Teil 2 und 3, auszugsweise und z. T. auf die hier relevanten Sachverhalte verkürzt, wiedergegeben. Bezüglich des Gesamtkontexts wird auf die DIN 4150, Teile 1 bis 3, verwiesen.

5.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Verfahren

Für die Beurteilung von Erschütterungs-Immissionen auf Menschen ist die DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, einschlägig.

Die Wirkung von Erschütterungen auf Menschen wird anhand der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$ beurteilt.

Die Beurteilung erfolgt gemäß DIN 4150-2 anhand von zwei Beurteilungsgrößen. Der maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} und der Beurteilungsschwingstärke KB_{Ftr} .

KB_{Fmax} ist der maximale während der Messung auftretende, oder in anderer Weise ermittelte, Wert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$.

In der Beurteilungsgröße KB_{Ftr} wird die Häufigkeit und Dauer der auftretenden Erschütterungsergebnisse berücksichtigt.

Die genannten Beurteilungsgrößen sind am Fundament getrennt für die drei Richtungskomponenten x (horizontal, parallel), y (horizontal, senkrecht) und z (vertikal) und an den übrigen Messpunkten nur für die Richtungskomponente z zu ermitteln. Bei der triaxialen Messung ist der jeweils größte der drei Messwerte der Beurteilung zugrunde zu legen.

Die Beurteilungsgrößen sind zu ermitteln und mit den Anhaltswerten der DIN 4150-2 zu vergleichen.

- Ist KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (unteren) Anhaltswert A_u , dann ist die Anforderung dieser Norm eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als der (obere) Anhaltswert A_o , dann ist die Anforderung dieser Norm nicht eingehalten.
- Für häufige Einwirkungen, bei denen KB_{Fmax} größer als A_u , aber kleiner als A_o ist, ist die Beurteilungsschwingstärke KB_{Ftr} mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Wird dieser unterschritten, sind die Anforderungen der Norm ebenfalls eingehalten.

Anhaltswerte

Es gelten für tagsüber durch Baumaßnahmen verursachte Erschütterungen von höchstens 78 (Werk-) Tagen Dauer die u. a. Anhaltswerte. Unter der Dauer D der Erschütterungseinwirkungen ist die Anzahl von Tagen zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten. Die Anhaltswerte gelten für alle Baugebiete mit Ausnahme besonders schutzwürdiger Nutzungen (z. B. Krankenhäuser).

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

- a) Eine untere Stufe I, bei deren Unterschreitung auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist.
- b) Eine mittlere Stufe II, bei deren Unterschreitung ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen ist, falls nachstehend genannten Maßnahmen a) bis e) (nach 4150-2) und erforderlichenfalls auch Maßnahme f) ergriffen werden. Bei zunehmender Überschreitung auch dieser Stufe werden mit wachsender Wahrscheinlichkeit erhebliche Belästigungen auftreten. Ist zu erwarten, dass Erschütterungseinwirkungen auftreten, die oberhalb der Anhaltswerte der Stufe II liegen, so ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist.
- c) Eine obere Stufe III, bei deren Überschreitung die Einwirkungen unzumutbar sind. In diesen Fall wird die Vereinbarung besonderer Maßnahmen notwendig, die über die in 6.5.4.3 (nach 4150-2) beschriebenen hinausgehen.

Tab. 5-1 Anhaltswerte für Bauerschütterungen auf Menschen

Dauer	D ≤ 1 Tag			6 Tage < D ≤ 26 Tage			26 Tage < D ≤ 78 Tage		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Spalte	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	0,3	0,6	5	0,4
Stufe III	1,6	5	1,2	1,2	5	0,3	0,8	5	0,6
*) Für Gewerbe- und Industriegebiete gilt A _o = 6									

Für D > 1 und ≤ 6 sind die Anhaltswerte für ganze Tage linear zu interpolieren.

Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen

Die physischen Auswirkungen von Erschütterungswirkungen können vermindert werden durch:

- a) Umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die 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 Erschütterungseinwirkungen haben;
- e) Information der Betroffenen über die Erschütterungswirkungen auf das Gebäude;
- f) Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen durch Messungen sowie deren Beurteilung bezüglich der Wirkungen auf Menschen und Gebäude.

Die Maßnahmen a) bis e) sind vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme durchzuführen.

5.2 Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen

Kurzzeitige Erschütterungen

Aus zahlreichen Messungen der Schwinggeschwindigkeit an Gebäudefundamenten wurden Erfahrungswerte gewonnen, die einen Anhalt für die Beurteilung kurzzeitiger Bauwerkserschütterungen geben. Für diese Beurteilung wird der größte Wert (Maximalwert) $|v|_{i,max}$ der drei Einzelkomponenten $i = x, y, z$ der Schwinggeschwindigkeit $v_i(t)$ am Fundament herangezogen - im Folgenden vereinfacht mit v_i bezeichnet.

Für die Beurteilung geben darüber hinaus die Schwingungen in der Ebene der obersten Decke, die auf den Außenwänden aufliegt, wesentliche Hinweise. Es wird der größere Wert der beiden horizontalen Einzelkomponenten zugrunde gelegt. Bei Messungen der Schwingungen an dieser Stelle wird die horizontale Antwort des Bauwerks auf die Fundamentanregung ermittelt.

In nachstehender Tabelle sind für die verschiedenen Gebäudearten Anhaltswerte für v_i am Fundament und in der obersten Deckenebene angegeben.

Werden die Anhaltswerte eingehalten, so treten Schäden im Sinne der Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind. Werden die Anhaltswerte überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden auftreten. Bei deutlichen Überschreitungen sind weitergehende Untersuchungen erforderlich.

Tab. 5-2 Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s			
		Fundament Frequenzen			Oberste Decken- ebene, horizontal
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz*)	alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/ oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15
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

*) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden

Beurteilung von Decken

Treten bei kurzzeitigen Erschütterungen Deckenschwingungen auf, so ist bei $v_z \leq 20$ mm/s in vertikaler Messrichtung am Ort der größten Schwinggeschwindigkeit - dies ist im Allgemeinen die Deckenmitte - eine Verminderung des Gebrauchswertes der Decken nicht zu erwarten.

Im vorliegenden Fall ist abstandsbedingt und bedingt durch die gewählten Bauverfahren nicht damit zu rechnen, dass relevante Kurzzeitererschütterungen auftreten.

Dauererschütterungen

In folgender Tabelle sind für die verschiedenen Gebäudearten Anhaltswerte für den größeren Wert der beiden horizontalen Einzelkomponenten v_i in der obersten Deckenebene angegeben.

Werden die Anhaltswerte eingehalten, treten Schäden nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. Werden diese Werte überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden auftreten müssen.

Tab. 5-3 Anhaltswerte zur Beurteilung von Dauererschütterungen auf Bauwerke

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s
		Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5
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

Vertikale Schwingungen bis 10 mm/s führen bei Geschoßdecken in Gebäuden nach obiger Tabelle, Zeilen 1 und 2 erfahrungsgemäß nicht zu Schäden. Diese Schwingungen sind sehr stark spürbar. Bei Gebäuden nach Zeile 3 obiger Tabelle kann kein Anhaltswert angegeben werden.

Etwa auftretende leichte Schäden können nicht ohne weiteres der dynamischen Belastung zugeordnet werden, es müssen vielmehr die näheren Umstände untersucht werden.

7. Erschütterungsprognose

7.1 Verfahren

Der Erschütterungsprognose liegt ein empirisch-statistisches Berechnungsverfahren des IFB Hannover zugrunde.

Basierend auf einer Vielzahl ausgewerteter Erschütterungsmessungen wird anhand von Erfahrungswerten und statistischen Kenndaten ein Prognoseverfahren zur Verfügung gestellt. Dieses erlaubt die Berechnung der maßgeblichen Beurteilungsgrößen nach DIN 4150 unter Angabe der statistischen Eintrittswahrscheinlichkeit der Prognose, wobei mehrere Regressionsverfahren zur Auswahl gestellt werden.

Hierin gehen sowohl das eingesetzte Gerät, als auch die Bausubstanz und die Untergrundverhältnisse ein.

In der vorliegenden Untersuchung werden in Abhängigkeit von Lage, Abstand und Anregungsform mehrere unterschiedliche statistische Verfahren zur Ermittlung der Schwingstärke am Fundament verwendet. Der angesetzte Prognosewert für den Betrag des Schwingungsvektors am Fundament ergibt sich in der Regel aus dem statistisch jeweils am besten abgesicherten Prognoseansatz. Im Nahbereich von Erschütterungsquellen führen die der Prognose zu Grunde liegenden Regressionsverfahren z.T. zu sehr hohen Erwartungswerten, welche durch unsere Messpraxis so nicht bestätigt sind. In dem Fall werden gesonderte Überlegungen angestellt.

Die Kenngrößen werden grundsätzlich für zwei Überschreitungswahrscheinlichkeiten berechnet.

Es wird zum einen der Mittelwert bestimmt, d. h. der wahre Wert liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % unter diesem Wert (wahrscheinlicher Wert).

Je nach Anwendungsfall wird zudem eine Standardabweichung von 2σ zugrunde gelegt, d. h. der wahre Wert liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95,5 % unter diesem Wert (ungünstiger Wert).

Die Prognose der Erschütterungseinwirkungen aus Rammarbeiten mit Vibrationsrammen erfolgt nach der gewählten Methodik grundsätzlich anhand deren Energieklasse und dem Abstand der Rammung zum Immissionsort. Bei Verdichtungsarbeiten mittels Walzen ist neben dem Abstand zum Immissionsort für die Anregung deren Masse und Motorleistung ausschlaggebend. Alle Prognosen stellen auf die typische Arbeitsfrequenz der Geräte ab.

Methodisch zielt die Untersuchung daher darauf ab zu ermitteln,

1. anhand der der Maßnahme nächstgelegenen Gebäude, ob Bauwerksschäden zu erwarten sind
2. anhand der Anhaltswerte nach DIN 4150, in welchen Abständen mit relevanten Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist.

7.2 Randbedingungen

Es wird davon ausgegangen, dass mittelschwere Vibrationswalzen mit einem Gewicht von etwa 6 t zum Einsatz kommen können. Die Arbeitsfrequenz liegt im Regelfall um 30 bis 35 Hz.

Für Rammarbeiten größerer Tiefe kommen schwerere Vibrationsrammen wie z. B. ABI MOBIL-RAM TM20 mit Vibratoren vom Typ ABI MRZV 30VV mit einer Arbeitsfrequenz um 32 bis 34 Hz in Betracht.

Deckenresonanzen bei Gebäuden mit Holzbalkendecken liegen im Bereich von 8 bis 15 Hz, bei Gebäuden in Beton-Skelettbauweise (Stahlbetondecken) liegen diese erfahrungsgemäß meist im Bereich von 20 bis 25 Hz. Bei Einsatz von Walzen und Rammen nach dem Stand der Technik ist nicht davon auszugehen, dass die Anregfrequenz in diesen Bereich abfällt. Resonanzfälle werden daher nicht untersucht und sind im Rahmen der Bauausführung auch unbedingt zu vermeiden.

Die Auswertung erfolgt in Abhängigkeit vom Gebäudetyp und der ausgeübten Nutzung (Gewerbe, Wohnen oder besonders empfindliche Nutzung).

Für die Übertragungsfaktoren der vektoriellen Schwingungsgrößen zwischen Boden und Fundament sowie zwischen Fundament und Obergeschossen werden aufgrund der örtlichen Baugrundverhältnisse Werte im oberen Bereich der empirisch gesicherten Bandbreite angesetzt.

Für die Prognose horizontaler Deckenschwingungen wird aufgrund der Baugrunduntersuchung unterstellt, dass der Untergrund im Ausbreitungsweg als tendenziell steif einzustufen ist.

7.3 Einwirkzeiten

Bei lagenweiser Verdichtung kann davon ausgegangen werden, dass sich ungünstigstenfalls eine Vibrationswalze mit etwa 1 bis 2 km/h langsam entlang einer geraden Bahn bewegt. Für die Verdichtung einer eingebrachten Lage im relevanten Nahbereich eines Gebäudes wird eine Walze in etwa 10 bis 15 Minuten benötigen. In der Folge wird der Bereich geräumt, neues Material aufgebracht, verteilt, und der Vorgang beginnt erneut. In der Praxis ist der Anteil an Verdichtungstätigkeiten zeitlich geringer als der Anteil für die Vorbereitung des Terrains, womit die Einwirkzeit einer Walze maximal eine halbe Schicht beträgt, mithin 4 h täglich. Zeitlich zusammenhängend kann davon ausgegangen werden, dass ein Baufeld in der Nähe eines Prognosepunkts maximal 2 Tage in Folge bearbeitet wird.

Bei Rammarbeiten von langen Bohlen dauert ein Vorgang in der Regel bis zu einer halben Stunde. Kann eine Bohle in der Zeit nicht gesetzt werden, wird in der Regel abgebrochen und vorgebohrt. Pro Tag sind bei der gegebenen Bohlenlänge etwa 10 m Rammlänge zu erwarten.

An einem Prognosepunkt beträgt bei einem relevanten Abstand zwischen Gebäude und Rammort die Einwirkzeit daher maximal 4 Tage mit bis zu 6 h Einwirkzeit an einem Tag, die Rüstzeiten eingerechnet. Am Gebäude der WSV werden die relevanten Rammzeiten abstandsbedingt mit maximal 2 Tagen veranschlagt.

7.4 Setzungsrisiko

Bauwerksschäden können indirekt erfolgen, wenn durch Rammgründung oder Verdichtung eine Veränderung des Gründungsbodens erfolgt. Hierbei sind folgende Phänomene zu unterscheiden:

- Bodensackung infolge Vibrationseinwirkung
- Fundamentsetzung infolge erschütterungsinduzierter Wechsellast
- Bodenverflüssigung

Empfindliche Untergründe sind vor allem locker gelagerte Sande unter Grundwasser und Schluffe. Setzungseffekte sind in aller Regel nur im Nahbereich um einen Rammort bzw. einen Verdichtungsbereich zu erwarten.

Bodensackungen können vor allem durch eine vibrationsbedingte Reduktion der Scherfestigkeit und durch dadurch bedingte Kornumlagerungen auftreten. Besonders empfindlich sind locker gelagerte nichtbindige und schwachbindige ungleichförmige Böden.

Ab einer Schwingbeschleunigung von rund 3 m/s^2 im Boden ist mit einer Scherfestigkeitsreduktion und damit mit einer eventuellen Kornumlagerung zu rechnen.

Unter Bodenverflüssigung wird der erschütterungsbedingte kurzzeitige vollständige Tragfähigkeitsverlust von wassergesättigten Sand- oder Schluffschichten verstanden. Bei diesen Bodenarten kann sich der Porenwasserdruck infolge einer dynamischen Beanspruchung so akkumulieren, dass die Effektivspannung im Boden schließlich zu Null wird und dieser mithin keine nennenswerte Scherfestigkeit mehr aufweist.

Da die gegebenen Abstände zur Nachbarbebauung teils sehr gering sind, werden vorsorglich Setzungsrisiken mit betrachtet.

8. Immissionsorte

Es wurden folgende Gebäude aufgrund ihrer nächstgelegenen Lage zur Baustelle für die erschütterungstechnischen Prognosen ausgewählt. Die Immissionsorte sind mit einer Nummerierung versehen. Diese besteht aus einem führenden Kürzel für die Ortslage und einer fortlaufenden IO-Nr.

Tab. 8-1 Immissionsorte (Prognosepunkte)

Immissionsort	Straße und Haus-Nr.	Nutzung	Art
Br IOE 01	Breitenfeld 3	AU (MD)	Wohngebäude
Br IOE 02	Breitenfeld 5	AU (MD)	Wohngebäude
Br IOE 03	Nebengebäude	kein Wohnen	Wirtschaftsgebäude
Öb IOE 01	Öberau 2	AU (MD)	Wohngebäude
Öb IOE 02	Öberau 1	AU (MD)	Wohngebäude
Öb IOE 03	Nebengebäude	kein Wohnen	Wirtschaftsgebäude
Öb IOE 04	Kirche	kein Wohnen	historisches Gebäude
WS IOE 01	Betriebsgebäude / Büro	Büronutzung	Gewerbe / Verwaltung



Abbildung 3: Prognosepunkte Breitenfeld

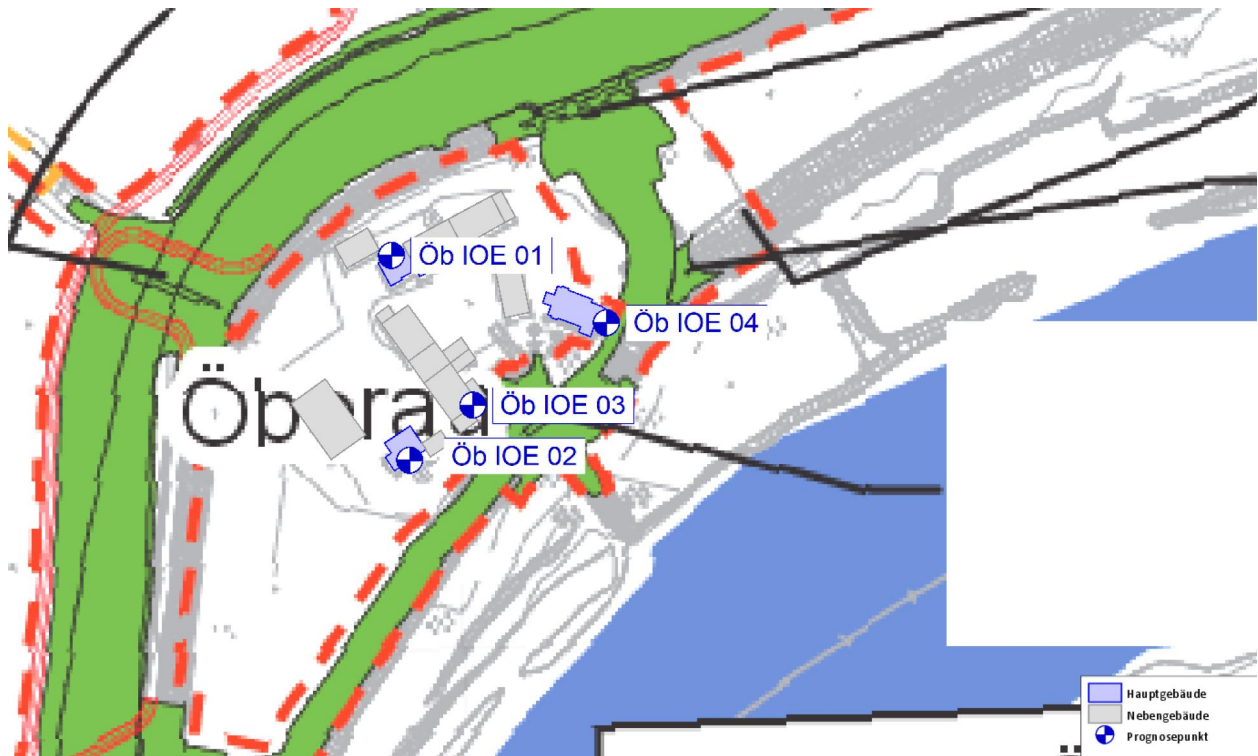


Abbildung 4: Prognosepunkte Öberau

Bei den Gebäuden handelt es sich um vier Wohngebäude, zwei Nebengebäude jeweils nächstgelegenen zu den Rammlinien, und eine Kirche (Unserer lieben Frau). Letztere wurde im 18. Jahrhundert errichtet. Die Wohngebäude werden mit einer durchschnittlichen Erschütterungsempfindlichkeit eingewertet, die Wirtschaftsgebäude bezüglich der Bausubstanz vergleichbar. Die Kirche wird als höchst erschütterungsempfindlich behandelt.

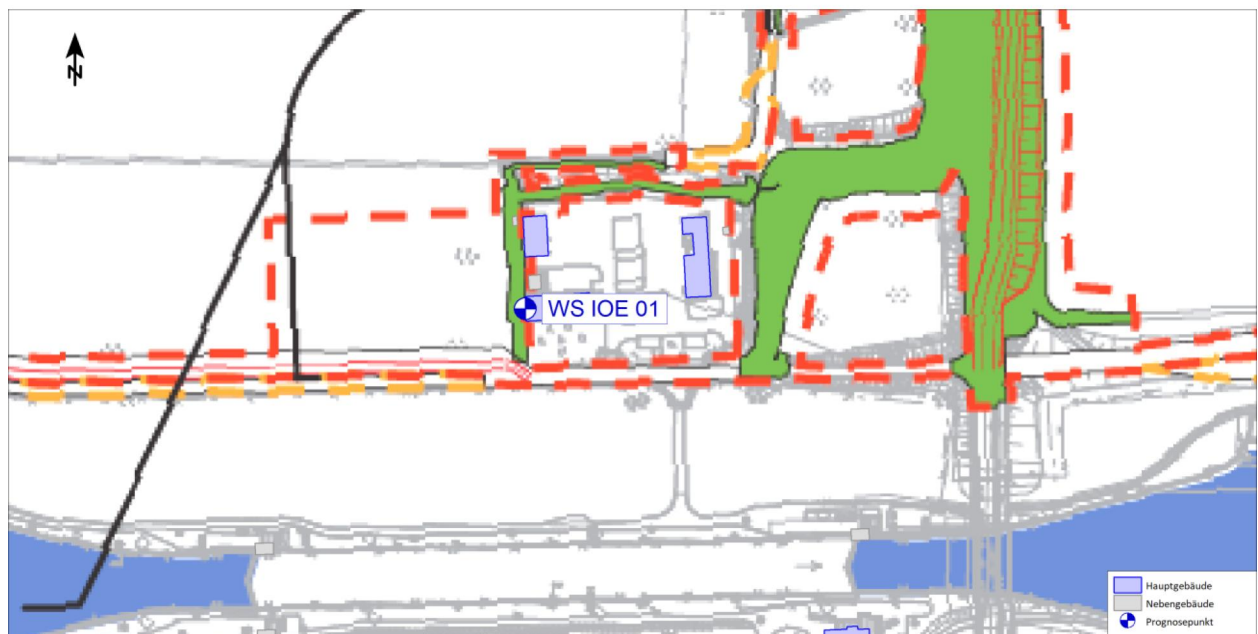


Abbildung 5: Prognosepunkt WSV

9. Ergebnisse

9.1 Prognose Rammarbeiten, wahrscheinlicher Wert

Die Ergebnisse der durchgeführten Prognose-Abschätzungen für Vibrationsrammen sind in den Anlagen 1 und 2 beigegeben.

Tab. 9-1 Ergebnisse Rammarbeiten, wahrscheinlicher Wert

Ort	Fall	Abstand (m)	Horizontalschwingungen Decken		Vertikalschwingungen Decken		Anhaltswerte A_u und A_r und Vergleich mit KB_{Fmax} bzw. KB_{FTr}			
			Anhaltswert	v_{max} in mm/s	Anhaltswert	v_{max} in mm/s	A_u	KB_{Fmax}	A_r	KB_{FTr}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Br IOE 01	W	55	5	0,29	10	0,23	0,6	0,29	0,4	0,18
Br IOE 02	W	44	5	0,36	10	0,29	0,6	0,36	0,4	0,22
Br IOE 03 (NG)	W	26	5	0,60	10	0,48	-	-	-	-
Öb IOE 01	W	50	5	0,32	10	0,25	0,6	0,32	0,4	0,20
Öb IOE 02	W	22	5	0,72	10	0,57	0,6	0,72	0,4	0,44
Öb IOE 03 (NG)	W	20	5	0,63	10	0,63	-	-	-	-
Öb IOE 04	W	3	2,5	4,61	2,5*	4,60	-	-	-	-
WS IOE 01	W	10	5	1,26	10	1,25	0,7	1,26	0,4	0,77

* gutachterlicher Vorsorgewert

Entsprechend obiger Tabelle kommt die Prognoseabschätzung zu folgender Sachlage:

- Die Anforderung an die maximale Schwingschelle bei Dauererschütterungen an Horizontal- und Vertikalschwingungen wird mit Ausnahme der Kirche an allen Prognosepunkten in allen Schwingungsrichtungen eingehalten. An den Wohn- und Wirtschaftsgebäuden ist nicht wahrscheinlich, dass Bauwerksschäden eintreten.
- An der Kirche sind die Anhaltswerte für die maximale Schwingschelle bei Dauererschütterungen an Horizontal- und Vertikalschwingungen deutlich überschritten. **Bauschäden sind zu besorgen.**
- Der untere Anhaltswert A_u von 0,60 der Stufe I für die maximale bewertete Schwingschelle KB_{Fmax} tags wird überwiegend eingehalten, am Gebäude Oberau 1 in der Größenordnung von etwa 0,1 überschritten. Die Einhaltung des unteren Anhaltswerts ist in einem Abstand von ca. 26 m zur Rammlinie gegeben. Ebenfalls überschritten ist der untere Anhaltswert von 0,7 für den Prognosepunkt WS IOE 01 mit einem Wert von 1,26. Im Rahmen der Prognoseunschärfe ist nicht davon auszugehen, dass die Werte der Stufe III eindeutig erreicht oder überschritten werden.
- Der KB_{FTr} ist am Öb IOE 02 mit 0,44 nur um 4/100 überschritten, was im Rahmen der Prognoseunschärfe liegt.

Formal greift damit für die Gebäude Öberau 1 und Westtangente 201 a die Informationspflicht nach Stufe II der DIN 4150-2 zur besonderen Vorab-Information der Anwohner.

9.2 Prognose Rammarbeiten, ungünstiger Wert

Die nachstehenden Werte gelten für die Prämisse, dass sich trotz Vorbohren der Untergrund als schwer rammbaar erweist.

Tab. 9-2 Ergebnisse Rammarbeiten, ungünstiger Wert

Ort	Fall	Abstand (m)	Horizontalschwingungen Decken		Vertikalschwingungen Decken		Anhaltswerte A_u und A_r und Vergleich mit KB_{Fmax} bzw. KB_{FTr}			
			Anhaltswert	v_{max} in mm/s	Anhaltswert	v_{max} in mm/s	A_u	KB_{Fmax}	A_r	KB_{FTr}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Br IOE 01	U	55	5	0,68	10	0,53	0,6	0,68	0,4	0,42
Br IOE 02	U	44	5	0,84	10	0,67	0,6	0,84	0,4	0,51
Br IOE 03 (NG)	U	26	5	1,47	10	1,17	-	-	-	-
Öb IOE 01	U	50	5	0,74	10	0,59	0,6	0,74	0,4	0,45
Öb IOE 02	U	22	5	1,85	10	1,48	0,6	1,85	0,4	1,13
Öb IOE 03 (NG)	U	20	5	1,68	10	1,69	-	-	-	-
Öb IOE 04	U	3	2,5	9,80	2,5	9,79	-	-	-	-
WS IOE 01	U	10	5	4,46	10	4,46	0,7	4,46	0,4	2,73

1. Analog zum wahrscheinlichen Fall sind Bauwerksschäden mit Ausnahme der Kirche nicht zu erwarten. **Für Schäden an der Kirche besteht in dem Fall eine sehr hohe Eintrittswahrscheinlichkeit.**
2. Der Anhaltswert für den KB_{FTr} ist bei gegebener Überschreitung des unteren Anhaltswerts A_u ebenfalls nicht eingehalten, womit allgemein die Informationspflichten der Stufe II gelten, Im Fall des Gebäudes Westtangente 201 a wird die Beurteilungsschwelle der Stufe III eindeutig erreicht, womit ggfs. zusätzliche Maßnahmen erforderlich werden.

9.3 Prognose Verdichtungsarbeiten, wahrscheinlicher Wert

Die Ergebnisse der durchgeführten Prognose-Abschätzungen für Vibrationswalzen sind in den Anlagen 3 und 4 beigegeben.

Tab. 9-3 Ergebnisse Verdichtungsarbeiten, wahrscheinlicher Wert

Ort	Fall	Abstand (m)	Horizontalschwingungen Decken		Vertikalschwingungen Decken		Anhaltswerte A_u und A_r und Vergleich mit KB_{Fmax} bzw. KB_{FTr}			
			Anhaltswert	v_{max} in mm/s	Anhaltswert	v_{max} in mm/s	A_u	KB_{Fmax}	A_r	KB_{FTr}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Br IOE 01	W	55	5	0,24	10	0,29	0,70	0,29	0,40	0,15
Br IOE 02	W	44	5	0,27	10	0,33	0,70	0,33	0,40	0,17
Br IOE 03 (NG)	W	26	5	0,41	10	0,48	-	-	-	-
Öb IOE 01	W	50	5	0,26	10	0,30	0,70	0,30	0,40	0,15
Öb IOE 02	W	22	5	0,45	10	0,54	0,70	0,54	0,40	0,27
Öb IOE 03 (NG)	W	20	5	0,48	10	0,57	-	-	-	-
Öb IOE 04	W	3	2,5	2,64	2,5	3,17	-	-	-	-
WS IOE 01	W	10	5	0,80	10	0,96	0,70	0,96	0,40	0,48

Die Prognoseabschätzung kommt zu folgenden Resultaten:

- Die Anforderung an die maximale Schwingschelle bei Dauererschütterungen an Horizontal- und Vertikalschwingungen wird analog zu den Ergebnissen der Rammarbeiten im wahrscheinlichen Fall mit Ausnahme der Kirche eingehalten, diese ist auch bei Verdichtungsarbeiten bezüglich Bauschäden gefährdet.
- Der untere Anhaltswert A_u von 0,70 der Stufe I für die maximale bewertete Schwinggeschwindigkeit KB_{Fmax} tags wird vsl. bis zu einem Abstand von ca. 15 m zum Ort der Verdichtung überschritten, in größeren Abständen eingehalten. Alle Wohnobjekte sind weiter entfernt, die Anforderungen sind dort absehbar eingehalten. Am Bürogebäude Westtangente 201 a wird der untere Anhaltswert überschritten, ebenso der Anhaltswert für den KB_{FTr} , es gelten die Informationspflichten der Stufe II.

9.4 Prognose Verdichtungsarbeiten, ungünstiger Wert

Für den Fall, dass die Anregung, die örtlichen Übertragungsverhältnisse im Ausbreitungsweg und die Gebäudeschwingeigenschaften korrespondieren, oder im Einzelfall schwerere Geräte eingesetzt werden oder mehrere Walzen gleichzeitig arbeiten können durch kumulative Effekte höhere Erschütterungen eintreten. Der Zunahmefaktor beträgt in dem Fall etwa 3 - 3,5. Dies wird durch die nachstehenden Prognosewerte beschrieben (vgl. Anlage 4).

Tab. 9-4 Ergebnisse Verdichtungsarbeiten, ungünstiger Wert

Ort	Fall	Abstand (m)	Horizontalschwingungen Decken		Vertikalschwingungen Decken		Anhaltswerte A_u und A_r und Vergleich mit KB_{Fmax} bzw. KB_{FTr}			
			Anhaltswert	v_{max} in mm/s	Anhaltswert	v_{max} in mm/s	A_u	KB_{Fmax}	A_r	KB_{FTr}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Br IOE 01	U	55	5	0,77	10	0,92	0,70	0,92	0,40	0,46
Br IOE 02	U	44	5	0,90	10	1,07	0,70	1,07	0,40	0,54
Br IOE 03 (NG)	U	26	5	1,31	10	1,56	-	-	-	-
Öb IOE 01	U	50	5	0,81	10	0,98	0,70	0,98	0,40	0,49
Öb IOE 02	U	22	5	1,47	10	1,77	0,70	1,77	0,40	0,89
Öb IOE 03 (NG)	U	20	5	1,58	10	1,89	-	-	-	-
Öb IOE 04	U	3	3	6,68	3	8,01	-	-	-	-
WS IOE 01	U	10	5	2,61	10	3,12	0,70	3,12	0,40	1,56

Der Sachverhalt stellt sich wie folgt dar:

1. Bauwerksschäden sind wie vor an der Kirche zu erwarten, an den übrigen Gebäuden sind die Anforderungen eingehalten.
2. Der untere Anhaltswert A_u von 0,70 der Stufe I für die maximale bewertete Schwinggeschwindigkeit KB_{Fmax} tags wird an allen Prognosepunkten überschritten, ebenso der Anhaltswert A_r für die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} . Es gelten in dem Fall die Informationspflichten der Stufe II, für die Prognosepunkte Öb IOE 02 und WS IOE 01 werden ggfs. gesonderte Vereinbarungen der Stufe III notwendig.

9.5 Setzungsrisiko

Grundsätzlich ist bei Schwingbeschleunigungen ab ca. $1/3 g$, d. h. $3,3 \text{ m/s}^2$ am Fundament eines Gebäudes damit zu rechnen, dass Setzungsrisiken bestehen.

In Betracht kommt abstandsbedingt die Kirche. Dort ist bei Rammarbeiten mit Beschleunigungen um 4 m/s^2 zu rechnen, bei Verdichtungsarbeiten mit bis zu $8,5 \text{ m/s}^2$. Damit sind Setzungsrisiken eindeutig gegeben, zumal die Fundamentierung mit höherer Wahrscheinlichkeit keinen heutigen Standards entsprechen wird.

In den übrigen Bereichen liegen die maximal zu erwartenden Schwingbeschleunigungen deutlich unter $3,3 \text{ m/s}^2$. Damit sind Setzungsrisiken dort u. E. unwahrscheinlich.

10. Zusammenfassung

Der Freistaat Bayern, vertreten durch das Wasserwirtschaftsamt Deggendorf, plant das Projekt „Hochwasserrückhaltung Oberauer Schleife“ im Bereich der Donaustaustufe Straubing.

Vorgesehen ist die Errichtung und der Betrieb eines gesteuerten Hochwasserspeicherraumes (Flutpolder) an der Oberauer Schleife bei Straubing für den Rückhalt von Hochwasserereignissen der Donau, bei denen eine Überlastung unterhalb liegender Hochwasserschutzanlagen (Überlastfall) zu befürchten ist. Die Oberauer Schleife befindet sich linksseitig der Staustufe Straubing, überwiegend im Gebiet der Stadt Straubing und zu einem geringen Teil in der Gemeinde Kirchroth sowie der Gemeinde Atting, im Regierungsbezirk Niederbayern.

Die Maßnahme sieht neben der Errichtung einer Reihe von Massivbauwerken und des Ersatzneubaus und Neubaus von Verkehrswegen als wesentliche bauliche Maßnahme die Eindeichung der Oberauer Schleife in einer Bauzeit von etwa sieben Jahren durch Flutpolderdeiche vor.

Im Zuge der Maßnahme finden erschütterungsverursachende Tiefbauarbeiten im Zuge von Verdichtungs- und Gründungsmaßnahmen statt. Dies umfasst insbesondere die Rammung von Spundbohlen in den Deichachsen, und die Herstellung der Erdbauwerke der Deiche mit den dafür notwendigen Verdichtungsarbeiten.

Es war eine Prognoseabschätzung vorzunehmen, inwieweit mit erheblichen bzw. potentiell belästigenden oder bauwerksschädigenden Erschütterungseinwirkungen zu rechnen ist. Die Erschütterungsprognose stellt auf die maßgeblichen erschütterungsintensiven Tiefbauarbeiten im Bauprozess ab.

Im Rahmen der Prognose wurde unterschieden zwischen einem wahrscheinlichen Fall, der einen statistisch abgesicherten durchschnittlich zu erwartenden Wert der Erschütterungsbelastung abbildet, und einen ungünstigen Wert, der eine Kumulation ungünstiger Randbedingungen überlagert und i. S. eines worst-case-Szenarios zu verstehen ist.

Grundlage der Prognose bzw. der Beurteilung ist die DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teile 1 bis 3.

Die Erschütterungsprognose kommt zu folgenden Ergebnissen:

10.1 Prognoseergebnisse

Zu erwartender Fall:

1. Abstandsbedingt sind die Ortslagen Oberau und Breitenfeld im Polder Oberau, und das westliche Betriebsgebäude der WSV von Bauerschütterungen relevant betroffen.
2. Im wahrscheinlichen Fall sind bei Ramm- und Verdichtungsarbeiten an den Wohn- und Wirtschaftsgebäuden keine Bauschäden zu erwarten.
3. Die Anhaltswerte der DIN 4150-2 sind an den Wohngebäuden weitestgehend eingehalten, es gelten allenfalls Informationspflichten nach Stufe II der DIN 4150-2.
4. Die Kirche „Unserer lieben Frau“ ist im Hinblick auf mögliche Bauschäden als gefährdet anzusehen.

Ungünstiger Fall:

1. Auch im ungünstigen Fall sind an den Wohn- und Wirtschaftsgebäuden keine Bauschäden zu erwarten.
2. Es sind jedoch die Anhaltswerte der DIN 4150-2 für den unteren Anhaltswert und der Anhaltswert für die Beurteilungsschwingstärke nicht eingehalten, es gelten Informationspflichten nach Stufe II der DIN 4150-2. An den Gebäuden Öberau 1 und Westtangente 201 a sind ggfs. gesonderte Vereinbarungen auf Grundlage der Stufe III zu treffen, da dann von erheblichen Beeinträchtigungen auszugehen ist.
3. Im ungünstigen Fall sind Bauschäden an der Kirche als sehr wahrscheinlich anzunehmen, und es bestehen generell Setzungsrisiken.

10.2 Folgerungen

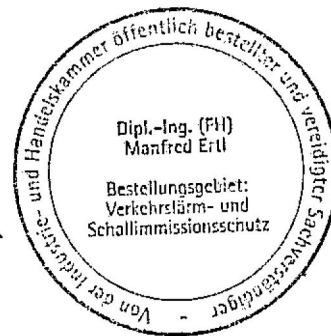
1. Es empfiehlt sich, an den Gebäuden in Breitenfeld, Öberau und an den Gebäuden der WSV vor Beginn der Baumaßnahme durch einen anerkannten Bausachverständigen eine Beweissicherung vornehmen zu lassen.
2. Wir raten dazu, zumindest Gebäude in weniger als 25 m Abstand zu einem Bauort während der Arbeiten kontinuierlich erschütterungstechnisch zu überwachen, und die Ergebnisse sowie die Randbedingungen zu dokumentieren.
3. Bei Auftreten von Erschütterungen, welche den unteren Anhaltswert von $KBF_{max} = 0,6$ überschreiten ist das Bauverfahren dergestalt anzupassen, dass eine Einhaltung im Rahmen des technisch Möglichen gewährleistet wird.
4. Die Informationspflichten nach DIN 4150-2 sind zu beachten.
5. Bei Nachbarbeschwerden sollten repräsentative baubegleitende Kontrollmessungen in ausreichender Zahl durchgeführt werden.
6. Es wird angeraten, erschütterungstechnisch überwachte Proberammungen vorzunehmen. Für den Fall, dass sich der Untergrund nicht als leicht rammbaar erweist, sind Auflockerungsmaßnahmen in Einbringtiefe der Rammträger vorzunehmen, bis eine leichte Rammbaarkeit erreicht ist.
7. Der Belästigungs- bzw. Betroffenheitsgrad der Nachbarschaft kann, neben einer angemessenen Vorbereitung des Untergrunds für Rammarbeiten, durch die Reduktion von Einwirkzeiten gemindert werden.

8. Die Kirche „Unserer lieben Frau“ ist durch einen auf dem Gebiet denkmalgeschützter Bauten versierten Bausachverständigen genauestens beweiszusichern. Das Gebäude ist während der Bauzeit des Ringdeichs Öberau umfassend erschütterungstechnisch zu überwachen. Der Untergrund ist für Rammungen bestmöglich aufzulockern / vorzubereiten. Es ist zu prüfen, ob ein Einstellen oder Einpressen der Spundbohlen in Betracht kommt. Im Rahmen der Ausschreibung ist auf die besondere Problematik hinzuweisen und es wird dazu geraten, zur Durchführung ausdrücklich Alternativangebote zuzulassen mit dem Ziel, den Erschütterungseintrag in die Kirche zu minimieren. Wir empfehlen, den Baubereich erst dann in Angriff zu nehmen, wenn bereits Erfahrungswerte zur Rammpbarkeit in größerem Abstand zur Kirche vorliegen bzw. wenn vorsichtige Proberammungen mit positivem Ergebnis durchgeführt wurden.

Augsburg, 02.09.2023

M. Ull

Dipl.-Ing. (FH) M. Ertl



A) Regelwerke / Literatur

- [1] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge, BImSchG - Bundes-Immissionsschutzgesetz
- [2] DIN 4150-1, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juni 2001
- [3] DIN 4150-2, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Juni 1999
- [4] DIN 4150-3, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Februar 1999
- [5] Institut für Bauforschung e. V. Hannover, Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten, Bericht 20, 2004

B) Grundlagen

- (1) Google Earth, Luftbildauszug des Untersuchungsraums
- (2) Stadt Straubing, Flächennutzungsplan, Planungsstand 23.03.2023
- (3) Bayerische Vermessungsverwaltung, Bestandsflurkartenauszüge von Sossau, Unterzeitldorn, Kößnach, Pittrich, Öberau und Breitenfeld, Mai 2023
- (4) Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt, Gesamtbericht Hochwasserrückhaltung Öberauer Schleife mit Anlagen, Stand 29.04.2022
- (5) Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt, Hochwasserrückhaltung Öberauer Schleife, Bauablaufplan, Stand 30.04.2021
- (6) Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt, Gesamtbericht Hochwasserrückhaltung Öberauer Schleife, Konzept Bauablaufplan, ohne Datum, übergeben Mai 2023
- (7) Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt, Gesamtbericht Hochwasserrückhaltung Öberauer Schleife, Massenermittlung, ohne Datum, übergeben Mai 2023
- (8) Ingenieurgemeinschaft Lahmeyer Hydroprojekt, digitale Bestandsflurkarte als dxf

C) Tabellen

Tab. 5-1 Anhaltswerte für Bauerschütterungen auf Menschen	9
Tab. 5-2 Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke	11
Tab. 5-3 Anhaltswerte zur Beurteilung von Dauererschütterungen auf Bauwerke	12
Tab. 8-1 Immissionsorte (Prognosepunkte)	16

Tab. 9-1 Ergebnisse Rammarbeiten, wahrscheinlicher Wert	18
Tab. 9-2 Ergebnisse Rammarbeiten, ungünstiger Wert	19
Tab. 9-3 Ergebnisse Verdichtungsarbeiten, wahrscheinlicher Wert	20
Tab. 9-4 Ergebnisse Verdichtungsarbeiten, ungünstiger Wert	21

D) Anlagenverzeichnis

Anlage Nr.	Art	Inhalt
1	Protokoll	Verbauarbeiten, wahrscheinlicher Prognosewert
2	Protokoll	Verbauarbeiten, ungünstiger Prognosewert
3	Protokoll	Verdichtungsarbeiten, wahrscheinlicher Prognosewert
4	Protokoll	Verdichtungsarbeiten, ungünstiger Prognosewert