

	<p align="center">SuedOstLink – BBPIG Vorhaben Nr. 5 und Nr. 5a –</p>	
	<p align="center">Abschnitt D2 Nittenau bis Pfatter</p> <p align="center">Unterlagen gemäß § 21 NABEG</p>	<p>Das Vorhaben Nr. 5 im SuedOstLink ist von der Europäischen Union gefördert; sie haftet nicht für die Inhalte.</p>  <p>Kofinanziert von der Fazilität „Connecting Europe“ der Europäischen Union</p>
<p align="center">Anlage K1.20 Erschütterungsgutachten</p>		

00	29.06.2023	Unterlage gemäß § 21 NABEG	L. Li Kehrer	F. Habler	M. Schafhirt
Rev.	Datum	Ausgabe	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

Festgestellt nach §24 NABEG
Bonn, den

INHALTSVERZEICHNIS

TABELLENVERZEICHNIS	3
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	4
ZUSAMMENFASSUNG	5
1 EINFÜHRENDER TEIL	7
1.1 Angaben zur Anlage, Antragsteller, Gutachter	7
2 AUFGABENSTELLUNG	8
3 AUSGANGSSITUATION	9
3.1 Vorgehen	9
3.2 Vorliegender Fall	10
4 BAUVERFAHRENSBESCHREIBUNG UND ZEITREGIME	12
5 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN	15
5.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	15
5.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen	19
5.3 Zusammenfassung Zielgrößen Erschütterung	20
6 ABSCHÄTZUNG DER AUFTRETENDEN ERSCHÜTTERUNGEN	22
6.1 Verdichtungsarbeiten	22
6.1.1 Abschätzung der Erschütterungen auf dem Gebäudefundament	22
6.1.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen – Abschätzung der maximalen Schwingschnellen	23
6.1.3 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden – Abschätzung der maximalen Betriebsdauer der Verdichtungsarbeiten	23
6.1.4 Zusammenfassende Beurteilung der Verdichtungsarbeiten	24
6.2 Abschätzung der auftretenden Erschütterungen aufgrund Baustellenverkehr	25
7 BEURTEILUNG FÜR DIE IMMISSIONSORTE IO1 BIS IO5 ENTSPRECHEND DER EINWIRKUNGSBEREICHE NACH ABSCHNITT 6	26
8 QUELLEN-/LITERATURVERZEICHNIS	27
9 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	28

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1. Betrachtete Immissionsorte im Umfeld der LWL-ZS Plitting.	10
Tabelle 2. Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [5] (Tabelle 1) für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen.	16
Tabelle 3. Anhaltswerte nach DIN 4150-2 Tabelle 2 [5] für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen.	17
Tabelle 4. Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke nach DIN 4150-3, Tabelle 1.	19
Tabelle 5. Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke nach DIN 4150-3, Tabelle 3 [6].	20
Tabelle 6. Schwingschnelle (Beton/Holz) in Abhängigkeit vom Abstand zur Beurteilung nach DIN 4150-3.	23
Tabelle 7. Abschätzung der maximalen Betriebsdauer in h für oberste Geschossdecke – Beton.	23
Tabelle 8. Abschätzung der maximalen Betriebsdauer in h für oberste Geschossdecke – Holz.	24
Tabelle 9. Kritische Abstände zwischen Verdichtungsarbeiten und nächstgelegenen Immissionsort, Massivbau.	25
Tabelle 10. Kritische Abstände zwischen Verdichtungsarbeiten und nächstgelegenen Immissionsort, Holzbau.	25

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1. Lage der LWL-ZS und Immissionsorte.	11
Abbildung 2. Darstellung des Arbeitsbereichs für den BA 1 und den BA 2 (Vorhaben 5 und 5a) [1].	13

Zusammenfassung

Für die geplante Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragung – SuedOstLink – ist die Erstellung von Lichtwellen-Zwischenstationen (LWL-ZS) notwendig. Für jene Station in Plitting, Abschnitt D2, soll ein erschütterungstechnisches Gutachten für die Bauphase erstellt werden, da dieses im laufenden Verfahren zu § 21 (NABEG) als Bestandteil der Verfahrensunterlagen einzubringen ist.

Für die Prognose der Erschütterungen werden die entsprechenden Baumaschinen und Bauverfahren betrachtet.

Folgende Ergebnisse gehen aus den Untersuchungen hervor:

Als erschütterungsrelevantes Bauverfahren müssen im Wesentlichen die Immissionen aus dem Betrieb der Rüttelwalze berücksichtigt werden.

Für den Immissionsort 1 (Unterbraunstuben 1 in Bernhardswald) in ca. 525 m Abstand zu den Baumaßnahmen sind keine Überschreitungen der DIN 4150-2 und -3 anzunehmen.

Für den Immissionsort 3 (Plitting 1 in Bernhardswald) in ca. 440 m Abstand ist eine Überschreitung der Anhaltswerte beim Einsatz einer Vibrationswalze (7.5 to) nach DIN 4150-2 Stufe I, Tabelle 2 [5] bei Holzbalkendecken nicht auszuschließen. Entsprechend sind die Maßnahmen a) bis e) der DIN 4150-2 [5] (s. Seite 18) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme durchzuführen. Dies gilt auch für die schutzbedürftigen Nachbargebäude zu Immissionsort 3, welche sich ebenfalls in einem Abstand <500 m befinden. Sind die Gebäude in Massiv-Betonbauweise erstellt, liegen keine Überschreitungen vor.

Für die Immissionsorte

- IO 2 (Unterbraunstuben 2)
- IO4 (Darmannsdorf 5)

in ca. 225 m bzw. 240 m Abstand zu den Baumaßnahmen können Überschreitungen nach DIN 4150-2 Stufe I und Stufe II, Tabelle 2 [5] bei Holz- und Betondecken nicht pauschal ausgeschlossen werden. Entsprechend sind die Maßnahmen a) bis e) der DIN 4150-2 [5] (s. Seite 18) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme durchzuführen. Um unzumutbare Erschütterungen nach DIN 4150-2 Stufe II auszuschließen, ist des Weiteren die maximale tägliche Arbeitszeit einer Vibrationswalze (7,5 to) auf 6,5 h bei Vorliegen von Holzbalkendecken zu reduzieren. Alternativ kann auf kleinere Verdichtungsgeräte umgestellt werden (Vibrationsplatte mit 0,5 to). Für Betondecken ist nicht mit Überschreitungen nach DIN 4150-2 Stufe II zu rechnen.

Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150-3 [6] sind in keinem Fall zu erwarten.

Bauverkehr:

Aufgrund von Schwerlastverkehr kann es zu spürbaren Erschütterungen in den an die Baustraßen angrenzenden Gebäuden kommen. Durch luftbereifte und gefederte Fahrzeuge sind jedoch in der Regel keine erheblichen Erschütterungsbelastungen bzw. Überschreitungen der Anhaltswerte zu erwarten. Um dies zu gewährleisten, sollten sich die Straßen während der kompletten Bauzeit in einem einwandfreien Zustand befinden.

Weitere Baumaßnahmen:

Es werden keine erschütterungstechnisch beurteilungsrelevanten Immissionen erwartet.

Für den technischen Inhalt verantwortlich:



Dipl.-Ing. (FH) Andreas Lackner
Telefon +49 (89) 85602 – 3177
– Projektverantwortlicher –

Die Akkreditierung besteht für den messtechnischen Teil unter Abschnitt 3 und 4.



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14119-01-00

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018
akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt nur für den in der
Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.

(Akkreditierungslogo Prüflaboratorium für Schall, Schwingungen, elektromagnetische Felder und Licht, Immissionsschutz und Gefahrstoffe der Müller-BBM Industry Solutions GmbH)

1 Einführender Teil

1.1 Angaben zur Anlage, Antragsteller, Gutachter

Die vorliegende erschütterungstechnische Untersuchung bezieht sich auf das Vorhaben 5 (Wolmirstedt – Isar) und Vorhaben 5a (Klein Rogahn – Isar), Anlage zu § 1 Abs. 1 des Bundesbedarfsplangesetzes (BBPIG) vom 23. Juli 2013 (BGBl. IS. 2543; 2014 I S. 148, 271), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes zur Änderung des Energiesicherungsgesetzes und anderer energiewirtschaftlicher Vorschriften vom 8. Oktober 2022 (BGBl. I S. 1726).

Das Vorhaben ist nach § 3 Abs. 1 i. V. mit § 2 Abs. 5 BBPIG Leitungen zur Höchstspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ) und aufgrund ihrer Kennzeichnung mit „E“ als Erdkabel auszuführen. Im Folgenden sind Informationen über das Planfeststellungsverfahren, die Anlage und die beteiligten Institutionen aufgeführt:

Bezeichnung der Anlage:	HGÜ-SuedOstLink, südlicher Teil (Bundesland Bayern)
Verfahren:	Planfeststellungsverfahren SuedOstLink, Lichtwellenleiter-Zwischenstation Plitting
Verfahrensführende Behörde:	Bundesnetzagentur, Netzausbau Postfach 8001, 53105 Bonn
Antragsteller/Betreiber:	TenneT TSO GmbH Bernecker Str. 70, 95448 Bayreuth
Auftraggeber des Gutachtens:	Kehrer Planung GmbH Ingenieurbau & Architektur Lappersdorfer Straße 28 93059 Regensburg
Verantwortlicher Gutachter:	Müller-BBM Industry Solutions GmbH Dipl.-Ing. (FH) Andreas Lackner Helmut-A.-Müller-Straße 1 – 5, 82152 Planegg

2 Aufgabenstellung

Ziel des vorliegenden Gutachtens ist es, darzulegen, ob alle maßgeblichen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für den Erschütterungsschutz während der Bauarbeiten zu der Lichtwellenleiter-Zwischenstation in Plitting eingehalten werden. Die Abschätzung der auftretenden Erschütterungen erfolgt hierbei im Rahmen eines Worst-Case-Ansatzes.

3 Ausgangssituation

3.1 Vorgehen

Die maßgebliche Quelle für Erschütterungsemissionen stellen durch den Geräteeinsatz die Bauarbeiten zur Herstellung Lichtwellenleiter-Zwischenstation dar. Zur Beurteilung der baubedingten Erschütterungen werden Erschütterungsimmissionen, die durch die Baustellenerschütterungen zu erwarten sind, prognostiziert und Abstände ermittelt, bei denen die jeweils anzuwendenden Anhaltswerte einzuhalten sind. Beurteilungsgrundlage für baustellenbezogene Immissionsprognosen der Erschütterungen ist die DIN 4150-2 [5] und -3 [6].

Folgende grundsätzliche Vorgehensweise zur Überprüfung der Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [5] und -3 [6] ist vorgesehen:

- Prognose der Erschütterungsimmissionen durch die zum Einsatz kommenden Baumaschinen und Bauverfahren
- Festlegung von Einwirkungsbereichen (Abstände zur Baustelle zur Einhaltung der maßgeblichen Beurteilungsgrößen)
- ggf. Ausarbeitung prinzipieller Maßnahmen zur Minderung der Erschütterungen bei Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [5] und -3 [6] (d. h. keine Auslegung konkreter Maßnahmen, sondern in Anlehnung an die DIN 4150-2 [5] Absatz 6.5.4.3 Maßnahmen zur Minderung erheblicher Belästigungen und DIN 4150-3 [6], Anhang E.1.5).

Prinzipielle Maßnahmen im Sinne der DIN 4150-2 [5] können sein:

- 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 DIN4150-3 [6] nennt folgende grundsätzliche Möglichkeiten zur Verringerung von Schwingungsimmissionen:

- Verkehrserschütterungen
 - Herstellung und Erhaltung von ebenen Fahrwegen (Straßen, Schiene)
 - Reduzierung der Geschwindigkeit
- Bauerschütterungen
 - Übergang zu erschütterungsarmen Bauverfahren
 - bei Vibrationsrammen Übergang zu höheren Frequenzen
 - Vermeidung von Resonanzen

Diese Aufzählungen sind den jeweiligen Normen entnommen, beispielhaft und nicht zwingend abschließend.

3.2 Vorliegender Fall

In der nachstehenden Tabelle 1 sind alle in vorliegender Untersuchung berücksichtigten Immissionsorte und deren maßgeblicher Abstand zur Baumaßnahme aufgelistet.

Tabelle 1. Betrachtete Immissionsorte im Umfeld der LWL-ZS Plitting.

Immissionsort	Abstand * in m	Gebiets- einstufung
IO 1 Unterbraunstuben 1, Bernhardswald	ca. 530	MD/MI
IO 2 Unterbraunstuben 2, Bernhardswald	ca. 225	MD/MI
IO 3 Plitting 1, Bernhardswald	ca. 440	MD
IO 4 Darmannsdorf 5, Bernhardswald	ca. 240	MD

*) Abstand jeweils bemessen zur Grenze des Betriebsgrundstückes

MD = Dorfgebiet; MI = Mischgebiet

Nachfolgend ist die Lage der LWL-ZS Plitting und die umgebenen Immissionsorte dargestellt.

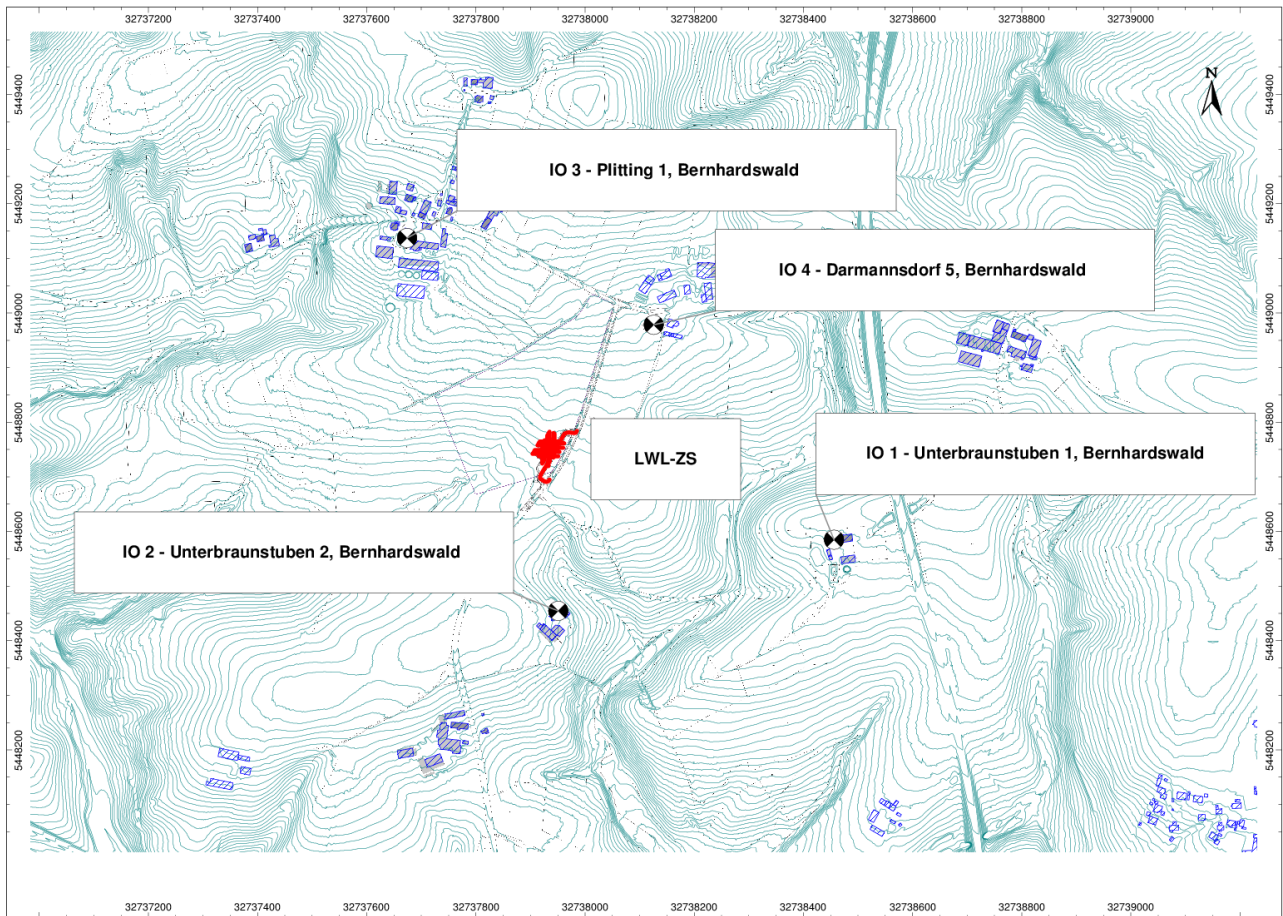


Abbildung 1. Lage der LWL-ZS und Immissionsorte.

4 **Bauverfahrensbeschreibung und Zeitregime**

Nachfolgend werden kurz die aus erschütterungstechnischer Sicht relevanten Gesichtspunkte des Vorhabens beschrieben. Eine detaillierte Anlagen- und Verfahrensbeschreibung ist den Antragsunterlagen [2] zu entnehmen.

Lichtwellenleiter (Glasfaserkabel) werden zur Temperaturüberwachung, zur Fehlerortung und für die Übertragung von Betriebssignalen benötigt. Da Signalqualität und Signalstärke in den Lichtwellenleitern mit zunehmender Strecke abnehmen, muss das Signal in sogenannten Lichtwellenleiter-Zwischenstationen (LWL-ZS) verstärkt und erneut in die Lichtwellenleiter eingespeist werden. Die LWL-ZS werden oberirdisch in der Nähe der Stromtrasse errichtet.

Wesentliche Bestandteile der LWL-ZS sind zwei Betriebsgebäude (L x B x H ≈ 11,4 m x 12,1 m x 4,0 m), die insbesondere die folgenden Bereiche und Anlagen umfassen (je Gebäude):

- EB-Raum
- Batterieraum
- Automatisierungstechnikraum
- unterirdischer Kabelkeller

Folgender Umfang ist in den vorliegend zu untersuchenden Bauabschnitten 1 (BA 1) und 2 (BA 2) des Bauvorhabens zur Errichtung vorgesehen (BA 1: Errichtung 1. Betriebsgebäude, System 1; BA 2: Errichtung 2. Betriebsgebäude, System 2) [2]. Die bauvorbereitende Tätigkeit erfolgt zeitgleich für den BA 1 und den BA 2 [14]. Für den Anlagenbau und die Montagearbeiten ist der Schwerpunkt der Bautätigkeit jeweils im Bereich der Betriebsgebäude BA 1/BA 2 zu erwarten.

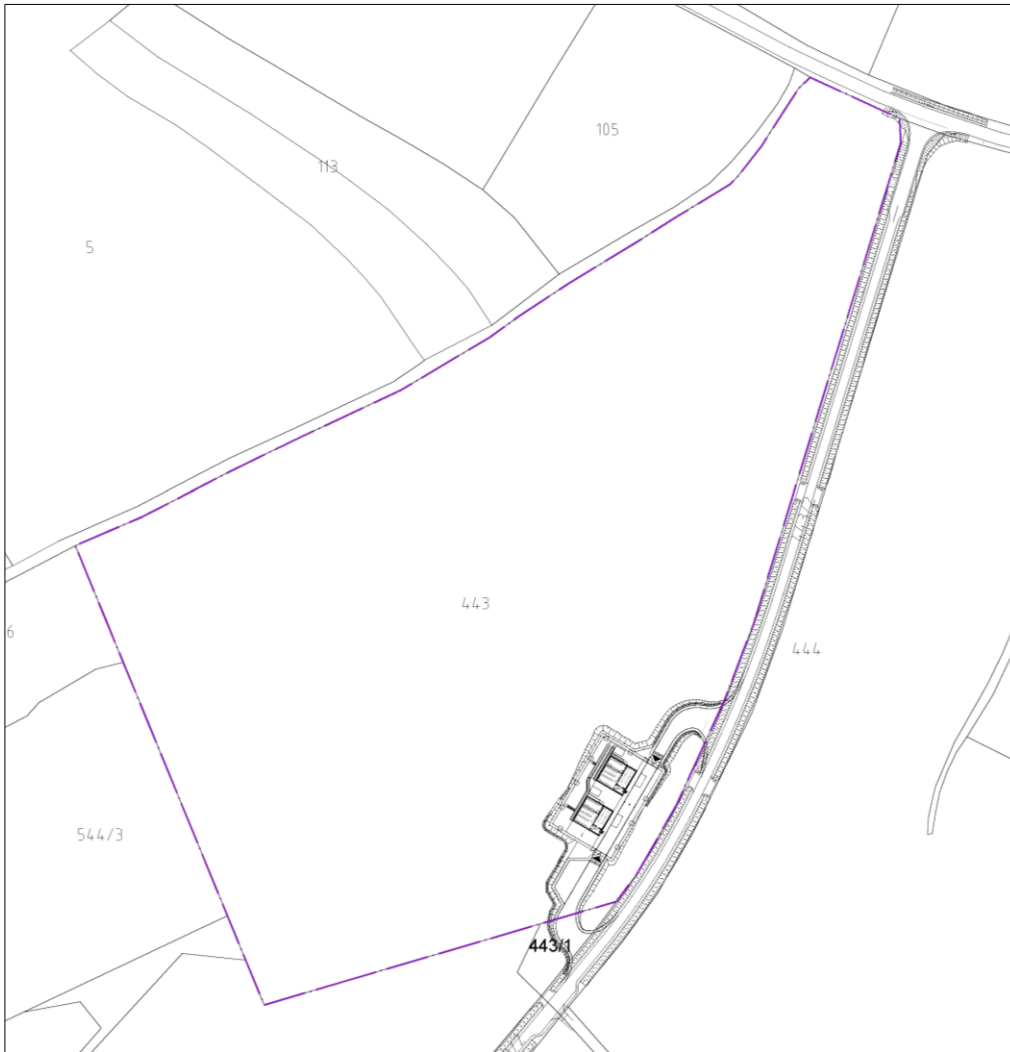


Abbildung 2. Darstellung des Arbeitsbereichs für den BA 1 und den BA 2 (Vorhaben 5 und 5a) [1].

Für die Errichtung des BA 1 – inkl. bauvorbereitender Tätigkeit – und für die Errichtung des gesamten Erdungsnetzes inkl. der Zaunanlagen der LWL-ZS für den BA 2 ist ein Zeitraum von insgesamt 15 Monaten vorgesehen und soll voraussichtlich folgende Bauabschnitte umfassen [2], [14]:

- Bauvorbereitende Tätigkeiten (Geländeplanie, Herstellung einer Zufahrtsstraße)
- Herstellung der Ortbetonfundamente, Betriebsstraßen und Betriebsgebäude
- Herstellung der Fertigteilfundamente
- Durchführung von Elektromontagen, Kabelverlegung, Inbetriebnahme
- Errichtung des Anlagenzauns
- Asphaltierung der Zufahrtsstraße
- Humusierung der Anlage, Auftragung des Oberbodens

Für alle Variantenbetrachtungen wird folgender Ansatz zugrunde gelegt:

- Alle Arbeiten erfolgen innerhalb der Tagzeit (07:00 bis 20:00 Uhr).
- Innerhalb der Nachtzeit (20:00 bis 07:00 Uhr) erfolgen keine Arbeiten [14]. Abweichend hiervon kann jedoch der Betrieb von Anlagenteilen zur Grundwasserabsenkung erforderlich werden.
- Die werktägliche Arbeitszeit kann über 8 Stunden betragen [14].

Auf Basis der zuvor beschriebenen Bautätigkeiten sind folgende Bauverfahren als erschütterungstechnisch relevant zu beurteilen:

- Verdichtungsarbeiten mit Vibrationswalze und Rüttelplatte
- nachrangig Bohrungen und Lkw-Verkehr

5 Beurteilungsgrundlagen

Entsprechend § 22 Abs. 1 Satz 1 Nr. 2 und Nr. 2 BImSchG sind schädliche Umwelteinwirkungen (beispielsweise Lärm und Erschütterungen) zu verhindern, bzw. auf ein Mindestmaß zu beschränken. Als maßgebliche Beurteilungsgrundlage für die Annahme schädlicher Umwelteinwirkungen wird mangels anderweitiger gesetzlicher Konkretisierungen auf die Beurteilungsmaßstäbe der DIN 4150-2 und DIN 4150-3 abgestellt. Dieses Vorgehen entspricht auch den LAI-Hinweisen zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen [7] und ist in der Rechtsprechung anerkannt (BVerwG, Urteil vom 29. Juni 2017, 3 A 1/16, juris. Rn. 104).

Die Beurteilung von Erschütterungen, auch aus dem Betrieb von Baustellen, erfolgt entsprechend nach der DIN 4150, Teil 2 (Einwirkung auf Menschen) [5] und der DIN 4150, Teil 3 (Einwirkung auf bauliche Anlagen) [6].

5.1 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Zur Bewertung der Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen wird die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ herangezogen.

Die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ ist dabei nach DIN 45 669 [2] als gleitender Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals (Zeitbewertung 0.125 sec, „FAST“) definiert.

Die Beurteilung erfolgt nach DIN 4150 Teil 2 [5] anhand von zwei Beurteilungsgrößen:

KB_{Fmax} , die maximale bewertete Schwingstärke

KB_{FTr} , die Beurteilungsschwingstärke

Die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} ist der Maximalwert der bewerteten Schwingstärke $KB_F(t)$, welche während der jeweiligen Beurteilungszeit (einmalig oder wiederholt) auftritt.

Die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} berücksichtigt die Häufigkeit und Dauer der Erschütterungsereignisse. Sie wird mit Hilfe eines Taktmaximalwertverfahrens (Taktzeit = 30 sec) ermittelt.

Die Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} ergibt sich dabei nach folgender Gleichung:

$$KB_{FTr} = KB_{FTm} \cdot \sqrt{\frac{T_e}{T_r}} \quad (1)$$

mit:

T_r = Beurteilungszeit (tags 16 Std., nachts 8 Std.)

T_e = Einwirkzeit

KB_{FTm} = Taktmaximal-Effektivwert. Dieser ergibt sich aus der Wurzel aus den Mittelwerten der quadrierten Taktmaximalwerte (KB_{Fmax} -Werte) der Einzelereignisse.

Die Beurteilung erfolgt nach nachstehend beschriebener Vorgehensweise:

Ermittlung der maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{Fmax} und Vergleich mit den Anhaltswerten A_u und A_o nach Tabelle 2:

- 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 nicht eingehalten.
- Ist KB_{Fmax} größer als A_u , aber kleiner, höchstens gleich A_o , gilt die Anforderung dieser Norm dann als eingehalten, wenn die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT} nicht größer als A_r nach Tabelle 2 ist.

Die in der DIN 4150-2 angegebenen Anhaltswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2. Anhaltswerte nach DIN 4150-2 [5] (Tabelle 1) für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen.

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 (vgl. Industriegebiete § 9 BauNVO)	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vgl. Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	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 (vgl. Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vgl. Reine Wohngebiete § 3 BauNVO, Allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete § 2 BauNVO)	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. Krankenhäuser, 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 – 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 – 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkung vorgenommen worden ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.

Der Charakter eines Gebiets wird anhand der bauplanungsrechtlichen Festsetzungen, soweit vorhanden, ermittelt. Wenn keine bauplanungsrechtlichen Festsetzungen bestehen, sind Gebiete und Anlagen nach ihrer Schutzbedürftigkeit zu beurteilen, vgl. LAI-Hinweise, Abschnitt 3.2 [7]. Weiterhin wird in den LAI-Hinweisen ausgeführt:

„Wenn gewerblich, industriell oder hinsichtlich ihrer Erschütterungsauswirkungen vergleichbar genutzte und zum Wohnen dienende Gebiete aneinandergrenzen (Gemengelage), können die für die zum Wohnen dienenden Gebiete geltenden Immissionswerte auf einen geeigneten Zwischenwert der für die aneinander grenzenden Gebietskategorien geltenden Werte erhöht werden, soweit dies nach der Pflicht zur gegenseitigen Rücksichtnahme erforderlich ist. Die Immissionswerte für Kern-, Dorf- und Mischgebiete sollen dabei nicht überschritten werden.“

Für die Beurteilung von Erschütterungen, die durch Baumaßnahmen verursacht werden, gelten Sonderregelungen, siehe DIN 4150-2 Abschnitt 6.5.4 [5] und LAI-Hinweise, Abschnitt 5.2 [7]. Die Norm nennt dabei ein dreistufiges Beurteilungsschema, das auch als Handlungsgrundlage im Vorfeld der Planung dienen kann.

Das Beurteilungsschema weist Anhaltswerte tagsüber für verschiedene Zeitdauern der Einwirkungen (< 1 Tag, 6 bis 26 Tage, 26 bis 78 Tage) aus. Für nachts auftretende Erschütterungen gelten die Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150-2.

Für länger als 78 Tage einwirkende Erschütterungen macht die Norm keine Angaben. Es sollte dann nach den besonderen Gegebenheiten des Einzelfalles individuell beurteilt werden. In der Regel erfolgt dann die Beurteilung anhand der Anhaltswerte nach Tabelle 1 der DIN 4150-2 [5]. Unter der Dauer der Erschütterungseinwirkung ist die Anzahl der Tage zu verstehen, an denen tatsächlich Erschütterungseinwirkungen auftreten (nicht die Dauer der Baumaßnahme an sich). Dabei sind Tage mit Erschütterungen, die unter den jeweiligen Werten der Tabelle 1 der DIN 4150-2 [5] für A_u oder A_r liegen, nicht mitzuzählen.

Tabelle 3. Anhaltswerte nach DIN 4150-2 Tabelle 2 [5] für Erschütterungseinwirkungen durch Baumaßnahmen.

Dauer	$D \leq 1$ Tag			6 Tage < $D \leq 26$ Tage			26 Tage < $D \leq 78$ Tage		
	A_u	$A_0^*)$	A_r	A_u	$A_0^*)$	A_r	A_u	$A_0^*)$	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 $A_0 = 6$

Die in Tabelle 3 genannten Stufen klassieren die Einwirkungen folgendermaßen:

- Stufe I: Bei Unterschreitung ist auch ohne besondere Vorinformation nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen.
- Stufe II: Bei Unterschreitung ist ebenfalls noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen, falls die nachfolgend genannten Maßnahmen a) bis e) 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.
- Stufe III: Zumutbarkeitsschwelle, bei deren Überschreitung die Fortführung von Bauarbeiten nur unter Berücksichtigung und Vereinbarung besonderer Maßnahmen möglich ist.

Die DIN 4150-2 [5] nennt folgende Maßnahmen bzw. Handlungsanleitungen zur Minderung erheblicher Belästigungen:

- 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 Erschütterungseinwirkungen auf 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 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Der Teil 3 der Norm DIN 4150 nennt Anhaltswerte, bei deren Einhaltung Bauschäden im Sinne der Norm nicht zu erwarten sind. Das Überschreiten der genannten Anhaltswerte besagt nicht, dass dann Schäden bereits zwingend auftreten müssen. Je nach Gebäudeart und Dauer der Erschütterungseinwirkungen müssen unterschiedliche Anhaltswerte herangezogen werden, siehe Tabelle 4 und Tabelle 5. Im Gegensatz zur Beurteilung nach DIN 4150-2 [5] (Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden), siehe Abschnitt 5.1, wird bei der Beurteilung nach DIN 4150-3 [6] nicht zwischen Bauerschütterungen und Erschütterungen aus anderen Quellen unterschieden, vgl. LAI-Hinweise, Abschnitt 5.1 [7].

Für kurzzeitige Erschütterungseinwirkungen (z. B. Freifallbär) geltende Anhaltswerte sind in Tabelle 4 aufgeführt. Entsprechend der DIN 4150-3 [6] werden Erschütterungen als kurzzeitige Erschütterungen definiert, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen hervorzurufen und deren zeitliche Abfolge und Dauer nicht geeignet sind, um in der betroffenen Struktur eine wesentliche Vergrößerung der Schwingungen durch Resonanzerscheinungen zu erzeugen.

Tabelle 4. Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke nach DIN 4150-3, Tabelle 1.

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ in mm/s				
		Fundament, alle Richtungen, $i=x, y, z$			Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$	Decken, vertikal, $i = z$
		Frequenzen				
		< 10 Hz	10 bis 50 Hz	50 bis 100 Hz*	alle Frequenzen	alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 – 40	40 – 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartige Bauten	5	5 – 15	15 – 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 – 8	8 – 10	8	20**

* Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.
 ** Zur Verhinderung leichter Schäden kann eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden

Für stationäre Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude werden die in Tabelle 5 beschriebenen Anhaltswerte genannt.

- 1 Bauschäden im Sinne der Norm sind
 - die Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und Bauteilen,
 - die Verminderung der Tragfähigkeit von Decken,
 - das Abreißen von Trenn- und Zwischenwänden von tragenden Wänden oder Decken,
 - das Auftreten von Rissen in Putz von Wänden,
 - die Vergrößerung bereits vorhandener Risse in Gebäuden.

Tabelle 5. Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Bauwerke nach DIN 4150-3, Tabelle 3 [6].

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ in mm/s	
		Oberste Deckenebene, horizontal, alle Frequenzen	Decken, vertikal, alle Frequenzen
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*

* Zur Verhinderung leichter Schäden kann eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden.

Wenn Bauwerke in Oberschwingungen angeregt werden, können die Höchstwerte auch in anderen Deckenebenen oder in der Fundamentebene auftreten. Für ihre Beurteilung dürfen ebenfalls die Werte der Tabelle 3 der DIN 4150-3 [6] herangezogen werden.

Für alle Gebäude können frequenzunabhängig bei Einwirkungen von Dauererschütterungen auf Decken Schwinggeschwindigkeiten bis zu 10 mm/s in vertikale und 2,5 mm/s in horizontale Schwingrichtung, bei kurzzeitigen Einwirkungen Schwinggeschwindigkeiten bis 20 mm/s in Deckenfeldmitte (vertikale Schwingungsrichtung) und 8 mm/s (horizontale Schwingrichtung) zugelassen werden. Für unter Denkmalschutz stehende Gebäude können zur Verhinderung leichter Schäden deutlich geringere Schwinggeschwindigkeiten zulässig sein.

5.3 Zusammenfassung Zielgrößen Erschütterung

Da die erschütterungsträchtigen Bauarbeiten (z. B. Rammen, Verdichten) tagsüber stattfinden, werden die prognostizierten Erschütterungen für den Tagzeitraum bewertet und die nach DIN 4150-2 [5] maximale Betriebsdauer pro Tag in Abhängigkeit der Beurteilungsstufen I bis III zur Vorinformation der betroffenen Anwohner bestimmt, vgl. Tabelle 3.

Um Gebäudeschäden durch baustellenbedingte Erschütterungen zu vermeiden, sind folgende Anhaltswerte der DIN 4150-3 [6] einzuhalten:

Kurzzeitige Erschütterungen nach Tabelle 4:

Wohnbebauung: $v_{max} \leq 5 \text{ mm/s}$

Denkmalschutz: $v_{max} \leq 3 \text{ mm/s}$

Bei Ansatz des strengsten Anhaltswertes der DIN 4150-3 [6] für Fundamentalschwingungen von 3 mm/s für denkmalgeschützte Gebäude und von 5 mm/s für Wohn- bzw. gleichartige Gebäude (Gebäude nach Zeile 3 und 2, Tabelle 1, Einwirkungen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 10 Hz) ist davon auszugehen, dass auch die Anhaltswerte der DIN 4150-2 [5] eingehalten werden können.

Dauererschütterungen nach Tabelle 5 (z. B. Rammarbeiten):Wohnbebauung: $v_{\max} \leq 10 \text{ mm/s}$ Denkmalschutz: $v_{\max} \leq 5 \text{ mm/s}$

Für Dauererschütterungen wird pauschal die oberste Deckenebene in vertikaler Richtung beurteilt. Um auch leichten Schäden bei denkmalgeschützten Gebäuden vorbeugen zu können, wird eine Abminderung entsprechend der Norm DIN 4150-3 [6] vorgesehen.

Gewerbliche Gebäude werden als Wohngebäude beurteilt, da dies die Einhaltung der Anhaltswerte für gewerbliche Gebäude sicherstellt. Alternativ müssten sonst gewerblich genutzte Gebäude auf ihre Tragwerkskonstruktion hin geprüft werden, um eine Beurteilung auch für Industriebauten und damit weniger strengen Grenzwerten vornehmen zu können. Dies erscheint jedoch für das gegenständliche Vorhaben als nicht zielführend.

6 Abschätzung der auftretenden Erschütterungen

Die Abschätzung der auftretenden Erschütterungen erfolgt im Rahmen eines Worst-Case-Ansatzes. Dies betrifft insbesondere die Annahmen zu den Bodeneigenschaften bzw. Bodenausbreitungsbedingungen und die Parameterwahl der im Folgenden erläuterten Prognosemodelle für die verschiedenen Bauverfahren. So werden für die empirischen Prognoseformeln nach [12] Ansätze mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von lediglich $P = 5\%$ gewählt. Die gewählten (Leistungs-) Ansätze der Baumaschinen gewährleisten einen typischen Arbeitsablauf.

Zum jetzigen Planungsstand sind die im Folgenden beschriebenen Baumaßnahmen vorgesehen und werden erschütterungstechnisch bewertet [12]. Wenn weitere Baumaßnahmen angesetzt werden, müssen diese ebenfalls erschütterungstechnisch untersucht werden.

Die maximalen Erschütterungswerte treten in der Regel auf Gebäudedecken auf. Da die für die Bauverfahren verwendeten Prognosemodelle bzw. Erfahrungswerte ggf. Erschütterungen im Freifeld prognostizieren oder beschreiben, werden diese Freifeldwerte mit Faktoren beaufschlagt, die die Erschütterungsausbreitung vom Freifeld auf die Fundamentbereiche und vom Fundament in die Obergeschosse berücksichtigen.

Beim Übergang von Erschütterungen vom Freifeld auf die Fundamentbereiche von Gebäuden kommt es zu einer Verminderung der Erschütterungen. Nach DIN 4150-1 [4] kann dafür üblicherweise ein Faktor von 0,5 angesetzt werden. Sind allerdings Gebäude direkt auf Fels gegründet, ist beim Übergang auf die Gebäudefundamente unter Umständen keine Minderung vorhanden.

Für die vorliegende Abschätzung wird daher für die zu erwartenden Erschütterungen in den Gebäudefundamenten von den prognostizierten Freifeldwerten ausgegangen, um den „Worst Case“ abzubilden.

Bei der Ausbreitung der Erschütterungen innerhalb eines Gebäudes kommt es üblicherweise zwischen den Fundamentbereichen und den Bauteilen in den Obergeschossen zu einer Erhöhung der Erschütterungswerte. Die Erhöhung ist abhängig davon, inwieweit sich Bauteile resonanzartig anregen lassen. Bei impulsartigen Erschütterungen (z. B. Sprengerschütterungen) kommt es nicht zu wesentlichen Resonanzerscheinungen, bei einem Ansatz einer Erhöhung der Erschütterungen um den Faktor 2,0 liegt man dabei auf der sicheren Seite. Bei Dauererschütterungen (z. B. Ramm- oder Verdichtungsarbeiten) können Resonanzerscheinungen auftreten, weshalb die Freifeld- bzw. Fundamentwerte mit dem Faktor 5,0 für Massivdecken und 10,0 für Holzdecken verrechnet werden.

6.1 Verdichtungsarbeiten

6.1.1 Abschätzung der Erschütterungen auf dem Gebäudefundament

Verdichtungsarbeiten, die im Rahmen der Herstellung der Baustraßen bzw. Lagerungsflächen stattfinden, können in der Nachbarbebauung zu störenden Erschütterungen führen. Die sich daraus ergebenden Schwingschnellen können anhand eines Prognosemodells mit Hilfe des Leitfadens des Instituts für Bauforschung e. V. Hannover [12] ermittelt werden, welcher einen indirekten proportionalen Zusammenhang zwischen Schwingschnelle und Abstand vorgibt.

Der ungünstigste Wert der Schwingschnelle aus Verdichtungsarbeiten auf dem Gebäudefundament ergibt sich zu:

$$v_F = 10,87 \cdot \frac{\sqrt{G}}{r} \quad (2)$$

Dabei ist:

G = Gewicht der Vibrationsplatte bzw. -walze in t

r = Abstand zur nächsten Bebauung in m

6.1.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen – Abschätzung der maximalen Schwingschnellen

Die maximalen Schwingschnellen auf Massiv- bzw. Holzdecken, die mit Hilfe des o. g. Prognosemodells berechnet wurden, sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6. Schwingschnelle (Beton/Holz) in Abhängigkeit vom Abstand zur Beurteilung nach DIN 4150-3.

Abstand in m	Niedrigster Anhaltswert mm/s		Schwingschnelle in mm/s	
	Denkmal	Wohnen	Vibrationsplatte (0,5 t)	Vibrationswalze (7,5 t)
15	5	10	4,6/6,9	17,7/26,6
20	5	10	3,4/5,2	13,3/20,0
50	5	10	1,4/2,1	5,3/8,0
100	5	10	0,7/1,0	2,7/4,0
150	5	10	0,5/0,7	1,8/2,7

Ab einem Abstand von ca. 80 m kann auch der strengste Anhaltswert der Schwingschnelle für denkmalgeschützte Gebäude nach DIN 4150-3 mit Holzdecken bei Benutzung einer Vibrationswalze (7,5 t) eingehalten werden. Für die Vibrationsplatte (0,5 t) ist ein Abstand von 20 m ausreichend. Für nicht unter Denkmalschutz stehende Wohngebäude können die Anhaltswerte bereits ab 40 m (Vibrationswalze) und 15 m (Vibrationsplatte) eingehalten werden. Für Massivbauweise ergeben sich noch geringere Abstände, siehe Tabelle 6.

Können die Abstände nicht eingehalten werden, sind weitere Untersuchungen im Rahmen von erschütterungsarmen Bauverfahren (z. B. Vibrationsplatte) oder Testmessungen entsprechend Abschnitt 5.1 durchzuführen. Eine Anpassung der Erregerfrequenz sowie das Vermeiden des An- und Abfahrens in unmittelbarer Nähe zur betroffenen Bebauung können die anliegenden Erschütterungsimmissionen reduzieren, vgl. LAI-Hinweise zu Bodenverdichtern, Anhang [7].

6.1.3 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden – Abschätzung der maximalen Betriebsdauer der Verdichtungsarbeiten

Die maximal zulässigen Einwirkzeiten für Verdichtungsarbeiten in verschiedenen Abständen, die mit Hilfe des Prognosemodells nach [12] berechnet worden sind, sind in Tabelle 7 und Tabelle 8 unter Berücksichtigung der drei Beurteilungsstufen (Abschnitt 5.1) dargestellt. Es sind jeweils die Schwingschnellen für die oberste Geschossdecke als Holzbalkendecke und als Betondecke aufgeführt. Die maximale Einwirkdauer wurde mit bis zu 26 Tagen angenommen. Die maximale Betriebsdauer für den Tagzeitraum beträgt 16 h, entsprechend DIN 4150-2.

Tabelle 7. Abschätzung der maximalen Betriebsdauer in h für oberste Geschossdecke – Beton.

Abstand in m	Dauer in Tagen	Stufe I/II/III	
		Vibrationsplatte(0,5 t)	Vibrationswalze (7,5 t)
15	<i>bis 26 Tage</i>	0,2/1,0/2,7	0,0/0,0/0,0
50	<i>bis 26 Tage</i>	1,7/4,6/16	0,2/0,7/2,0
100	<i>bis 26 Tage</i>	10,6/16/16	0,7/2,8/7,9
200	<i>bis 26 Tage</i>	16/16/16	2,8/11,3/16
500	<i>bis 26 Tage</i>	16/16/16	16/16/16

Tabelle 8. Abschätzung der maximalen Betriebsdauer in h für oberste Geschosdecke – Holz.

Abstand in m	Dauer in Tagen	Stufe I / II / III	
		Vibrationsplatte(0,5 t)	Vibrationswalze (7,5 t)
15	<i>bis 26 Tage</i>	0,1/0,4/1,2	0,0/0,0/0,0
50	<i>bis 26 Tage</i>	1,2/4,7/13,1	0,1/0,3/0,9
100	<i>bis 26 Tage</i>	4,7/16/16	0,3/1,3/3,5
200	<i>bis 26 Tage</i>	16/16/16	1,3/5,0/14
500	<i>bis 26 Tage</i>	16/16/16	7,9/16/16

Ausgehend von einer Einwirkungsdauer von 8 Stunden während eines 10-h-Arbeitstages können die Anhaltswerte der DIN 4150-2 ab einem Abstand von ca. 250 m zwischen Bauarbeiten mit Vibrationswalze (7,5 t) und nächstgelegener Bebauung unter Berücksichtigung der Vorabinformation der Anlieger nach Beurteilungsstufe II (Abschnitt 5.1) sowohl für Massiv- als auch für Holzbalkendecken eingehalten werden. Dies gilt für den Betrieb der Vibrationsplatte (0,5 t) schon ab ca. 70 m Abstand zur nächstgelegenen Bebauung.

Wenn der Abstand zwischen Bauarbeiten und der nächsten Bebauung geringer als oben angegeben ausfällt, sollte zunächst festgestellt werden, ob es sich bei der schützenswerten Bebauung um einen Massiv- oder Holzbau handelt. Bei Massivbauweise können die Abstände nochmals verringert werden. Werden die einzuhaltenden Abstände unterschritten, sind entweder erschütterungsarme Verdichtungsverfahren (z. B. Vibrationsplatte) in Erwägung zu ziehen oder die tatsächlich anstehenden Erschütterungen mit Hilfe von Messungen während Test-Verdichtungsarbeiten festzustellen.

Eine Anpassung der Erregerfrequenz sowie das Vermeiden des An- und Abfahrens in unmittelbarer Nähe zur betroffenen Bebauung können die anliegenden Erschütterungsimmissionen reduzieren, vgl. LAI-Hinweise zu Bodenverdichtern, Anhang [7]. Da es sich im Vorliegenden um eine Worst-Case-Prognose handelt, können im Rahmen von Testmessungen exakte Schwingungswerte ermittelt werden, die unter Umständen geringere Abstände zulassen.

6.1.4 Zusammenfassende Beurteilung der Verdichtungsarbeiten

Die Abstandsbereiche sind in Tabelle 9 und Tabelle 10 aufgeführt und können wie folgt zusammengefasst werden:

- Bereich 1: Alle Anhaltswerte der DIN 4150-2 [5] und -3 [6] werden eingehalten. Es müssen keine Maßnahmen zur Reduzierung der Erschütterungsimmissionen durchgeführt werden.
- Bereich 2: Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2, Tabelle 2 Stufe I. Maßnahmen a) bis e) (wenn möglich f) nach Abschnitt 5.1 zur Information der Anlieger sind zu treffen.
- Bereich 3: Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2, Tabelle 2 Stufe II. Es ist zu prüfen, ob der Einsatz weniger erschütterungsintensiver Verfahren möglich ist, z. B. Vibrationsplatte.
- Bereich 4: Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-2, Tabelle 2 Stufe III. Nur unter Berücksichtigung und Vereinbarung besonderer Maßnahmen möglich. Weniger erschütterungsintensive Verfahren sollten zum Einsatz kommen, z. B. Vibrationsplatte.
- Bereich 5: Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3 für denkmalgeschützte Gebäude. Weniger erschütterungsintensive Verfahren sollten zum Einsatz kommen, z. B. Vibrationsplatte.
- Bereich 6: Überschreitung der Anhaltswerte nach DIN 4150-3 für Wohngebäude. Weniger erschütterungsintensive Verfahren sollten zum Einsatz kommen, z. B. Vibrationsplatte.

Tabelle 9. Kritische Abstände zwischen Verdichtungsarbeiten und nächstgelegenen Immissionsort, Massivbau.

Bereich	Abstand a in m^2	
	Vibrationsplatte (0,5 t)	Vibrationswalze (7,5t)
1	$a \geq 90$	$a \geq 340$
2	$90 > a \geq 45$	$340 > a \geq 170$
3	$45 > a \geq 30$	$170 > a \geq 100$
4	$30 > a \geq 15$	$100 > a \geq 60$
5	$a < 15$	$60 > a \geq 30$
6	$a < 15$	$a < 30$

Tabelle 10. Kritische Abstände zwischen Verdichtungsarbeiten und nächstgelegenen Immissionsort, Holzbau.

Bereich	Abstand a in m	
	Vibrationsplatte (0,5 t)	Vibrationswalze (7,5t)
1	$a \geq 130$	$a \geq 500$
2	$130 > a \geq 70$	$500 > a \geq 250$
3	$70 > a \geq 40$	$250 > a \geq 150$
4	$40 > a \geq 20$	$150 > a \geq 80$
5	$20 > a \geq 15$	$80 > a \geq 40$
6	$a < 15$	$a < 40$

Da es sich im vorliegenden Prognosemodell um eine Worst-Case-Abschätzung handelt, empfiehlt sich eine Überprüfung der tatsächlichen Schwingschnellen im Rahmen einer messtechnischen Untersuchung vor Ort zu Beginn der Bauarbeiten. Es besteht die Möglichkeit, dass die gemessenen Schwingschnellen geringer sind als die prognostizierten, wodurch einzuhaltende Abstände verringert werden könnten.

6.2 Abschätzung der auftretenden Erschütterungen aufgrund Baustellenverkehr

Aufgrund von Schwerlastverkehr kann es zu spürbaren Erschütterungen in den an die Baustraßen angrenzenden Gebäuden kommen. Durch luftbereifte und gefederte Fahrzeuge sind jedoch in der Regel keine erheblichen Erschütterungsbelastungen bzw. Überschreitungen der Anhaltswerte zu erwarten. Um dies zu gewährleisten, sollten sich die Straßen während der kompletten Bauzeit in einem einwandfreien Zustand befinden. Dies muss gegebenenfalls durch Räum- bzw. Reinigungsfahrzeuge und Straßeninstandhaltungsmaßnahmen gewährleistet werden.

Hinweis:

Oben genannte Voraussetzungen an den Straßenzustand sollten in der Planung berücksichtigt werden.

² Der Abstand a wurde unter Berücksichtigung eines 8-Stunden-Arbeitstages bzw. einer 8-stündigen Erschütterungseinwirkung am Immissionsort ermittelt.

7 Beurteilung für die Immissionsorte IO1 bis IO5 entsprechend der Einwirkungsbereiche nach Abschnitt 6

Für den Immissionsort 1 (Unterbraunstuben 1 in Bernhardswald) in ca. 525 m Abstand zu den Baumaßnahmen sind keine Überschreitungen der DIN 4150-2 und -3 anzunehmen.

Für den Immissionsort 3, (Plitting 1 in Bernhardswald) in ca. 440 m Abstand ist eine Überschreitung der Anhaltswerte beim Einsatz einer Vibrationswalze (7.5 to) nach DIN 4150-2 Stufe I, Tabelle 2 [5] bei Holzbalkendecken nicht auszuschließen. Entsprechend sind die Maßnahmen a) bis e) der DIN 4150-2 [5] (s. Seite 18) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme durchzuführen. Dies gilt auch für die schutzbedürftigen Nachbargebäude zu Immissionsort 3, welche sich ebenfalls in einem Abstand <500 m befinden. Sind die Gebäude in Massiv-Betonbauweise erstellt, liegen keine Überschreitungen vor.

Für die Immissionsorte

- IO 2 (Unterbraunstuben 2)
- IO4 (Darmannsdorf 5)

in ca. 225 m bzw. 240 m Abstand zu den Baumaßnahmen können Überschreitungen nach DIN 4150-2 Stufe I und Stufe II, Tabelle 2 [5] bei Holz- und Betondecken nicht pauschal ausgeschlossen werden. Entsprechend sind die Maßnahmen a) bis e) der DIN 4150-2 [5] (s. Seite 18) vor Beginn der erschütterungsverursachenden Baumaßnahme durchzuführen. Um unzumutbare Erschütterungen nach DIN 4150-2 Stufe II auszuschließen, ist des Weiteren die maximale tägliche Arbeitszeit einer Vibrationswalze (7,5 to) auf 6,5 h bei Vorliegen von Holzbalkendecken zu reduzieren. Alternativ kann auf kleinere Verdichtungsgeräte umgestellt werden (Vibrationsplatte mit 0,5 to). Für Betondecken ist nicht mit Überschreitungen nach DIN 4150-2 Stufe II zu rechnen.

Gebäudeschäden im Sinne der DIN 4150-3 [6] sind in keinem Fall zu erwarten.

8 Quellen-/Literaturverzeichnis

Die rechtlichen, fachlichen und technischen Grundlagen basieren auf folgenden Unterlagen:

- [1] SuedOstLink – BBPIG Vorhaben Nr. 5 – „Planfeststellungsverfahren SOL“ Antragsunterlagen gemäß § 19 NABEG Abschnitt D2
- [2] Planungsunterlagen zur geplanten Lichtwellenleiter-Zwischenstation in Plitting:
Planungsunterlage: Bauvorlage; A 060 – Sued Ost Link. Lichtwellenleiter-Zwischenstation in Plitting bestehend aus zwei Betriebsgebäuden und einer Anlageneinfriedung,
Titel: Bauvorlageplan Gebäude und Einfriedung,
Dokumentenart: D00165,
Maßstab: 1:250,
Stand: 14.09.2022, TenneT TSO GmbH
- [3] DIN 45669-1: Messung von Schwingungsimmissionen. Teil 1: Schwingungsmesser; Anforderungen, Prüfung. Juni 2020
- [4] DIN 4150 Teil 1: Erschütterungen im Bauwesen; Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Juli 2001
- [5] DIN 4150 Teil 2: Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden. Juni 1999
- [6] DIN 4150 Teil 3: Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf bauliche Anlagen. Dezember 2016
- [7] Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI), Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen
Weblink: [erschuetterungsleitfaden_veroeffentlicht_stand_2018_1529053753.pdf](https://www.lai-immissionsschutz.de/erschuetterungsleitfaden_veroeffentlicht_stand_2018_1529053753.pdf) (lai-immissionsschutz.de)
- [8] VDI-Richtlinie 2057, Blatt 3; Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Beurteilung; Mai 1987 (zurückgezogen September 2002)
- [9] VDI-Richtlinie 2719: Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen. August 1987
- [10] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschemissionen – vom 19.08.1970
- [11] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) vom 26. August 1998 (GMBI Nr. 26/1998 S. 503), geändert durch Verwaltungsvorschrift vom 01.06.2017 (BAnz AT 08.06.2017 B5)
- [12] Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten: Grundlagen – Messergebnisse – Prognosen, M. Achmus, J. Kaiser, F. tom Wörden, Bericht 20, 2004
- [13] Erschütterungsuntersuchungen bei Baumaßnahmen, GGU-Fallbeispiel; GGU Gesellschaft für Geophysikalische Untersuchungen mbH, 1995
- [14] Angaben zu den voraussichtlich zum Einsatz gelangenden Baumaschinen und -geräten sowie zu den geplanten Bauabläufen, TenneT TSO GmbH per E-Mail vom 28.02.2022 sowie ergänzende Besprechung mit Vertretern der TenneT TSO GmbH, KEHRER PLANUNG GMBH und imp GmbH vom 01.03.2022

9 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Beschreibung
A_u	unterer Anhaltswert zur Beurteilung von Erschütterungen
A_o	oberer Anhaltswert zur Beurteilung von Erschütterungen
A_r	Anhaltswert zum Vergleich mit Beurteilungsschwingstärke
AVV Baulärm	Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm
BauNVO	Baunutzungsverordnung
b, n	Kennzahlen, empirisch ermittelt
EB	Eigenbedarf
G	Gewicht der Vibrationsplatte bzw. –walze in t
k	Beiwert, empirisch ermittelt
$KB_F(t)$	bewertete Schwingstärke
KB_{Fmax}	maximale bewertete Schwingstärke
KB_{FTr}	Beurteilungsschwingstärke
KB_{FTm}	Taktmaximal-Effektivwert
L_m	Mittelungspegel in dB(A)
L_{max}	mittlerer Maximalpegel in dB(A)
MI	Mischgebiet
MD	Dorfgebiet
P	Probability of exidence / Überschreitungswahrscheinlichkeit
r	Abstand zur nächsten Bebauung in m
T_e	Einwirkungszeit
T_r	Beurteilungszeit (tags 16 Std., nachts 8 Std.)
$TA\ Lärm$	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm
v_i	Schwinggeschwindigkeit in mm/s
v_{Res}	Ersatzresultierende aus den drei Maximalwerten der Schwinggeschwindigkeiten (x, y, z)
v_{max}	Maximalwerte der Schwinggeschwindigkeit
v_F	Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament