Rhein-Main-Link

Höchstspannungsleitungen (Gleichstrom)

BBPIG Vorhaben Nr. 82

Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt

BBPIG Vorhaben Nr. 82a

Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Hofheim am Taunus

BBPIG Vorhaben Nr. 82b

Grenzkorridor N-III – Kriftel

[Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Kriftel]

BBPIG Vorhaben Nr. 82c

Grenzkorridor N-III – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein

[Bestandteil Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede – Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein]

Unterlagen gemäß § 21 NABEG i. V. m. § 35 Abs. 6 NABEG

Planfeststellungsabschnitt: NI3

Unterlagenteil: Teil E6 – Erschütterung

Stand: [September 2026]

Vorhabenträgerin

Amprion GmbH
Robert-Schuman-Straße 7
44263 Dortmund

Amprion Offshore GmbH
Robert-Schuman-Straße 7
44263 Dortmund

In Zusammenarbeit mit

ARGE Arcadis | ILF
c/o Arcadis Germany B.V. & Co. KG
Europaplatz 3 | 64293 Darmstadt | Deutschland

Festgestellt nach § 24 NABEG
Bonn, den

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis 3

Tabellenverzeichnis 4

Abkürzungsverzeichnis 5

1 Einführender Teil und Zielstellung 6

2 Grundlagen: Anforderungen an Erschütterungen durch Baustellen 8

2.1 Definition von Erschütterungen 8
2.2 Anforderungen aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz 8
2.3 Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude nach DIN 4150-3 9
2.4 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150-2 9

3 Rechtliche Vorgaben für die Bewältigung von Erschütterungskonflikten in Planfeststellungsverfahren 13

4 Methodik, Grundlage und Prognoseergebnisse 15

4.1 Beurteilungsgrundlage und Methodik 15
4.2 Ermittlung möglicher Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude 17
4.3 Ermittlung möglicher Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden 18

5 Beurteilung und Fazit 20

6 Literaturverzeichnis 21

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1: Zusammenhang zwischen Schwingstärke und Wahrnehmung 10
Tabelle 2-2: Prüfverfahren gemäß DIN 4150-2 12
Tabelle 4-1: Ermittlung der Abstände für Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude nach DIN 4150-3 18
Tabelle 4-2: Globale Erschütterungsminderungsmaßnahmen für alle entsprechenden Bautätigkeiten / Baumaschinen 19
Tabelle 4-3: Ermittlung kritischer Abstände nach DIN 4150-2 19

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Beschreibung
a.F.	alte Fassung
BBPlG	Bundesbedarfsplangesetz
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BNetzA	Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen
BVerwG	Bundesverwaltungsgericht
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
KB-Werte	bewertete Schwingstärke
NABEG	Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz
NEP	Netzentwicklungsplan
NVP	Netzverknüpfungspunkt (Onshore)
VDI	VDI Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VwVfG	Verwaltungsverfahrensgesetz

1 Einführender Teil und Zielstellung

Im Zuge der Verwirklichung der gesetzlich verankerten Energiewende kommt es durch den massiven Zubau erneuerbarer Energien in Norddeutschland zu Leitungsengpässen für den Stromtransport in Richtung Süddeutschland. Um ihren gesetzlichen Verpflichtungen zur Erfüllung einer sicheren Energieversorgung nachzukommen, sind die Übertragungsnetzbetreiber verpflichtet, in ihren jeweiligen Regelzonen überlastete Übertragungsnetze zu optimieren, zu verstärken oder auszubauen, soweit es wirtschaftlich zumutbar ist (vgl. § 11 Abs. 1 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)). Da die bestehende Netzinfrastruktur in der Region weitgehend verstärkt ist, erfolgt gemäß NOVA-Prüfung (Netzoptimierung vor Netzverstärkung vor Netzausbau) im Netzentwicklungsplan (NEP) 2037/2045 (2023) (BNetzA 2024) die Umsetzung der erforderlichen Höchstspannungs-Gleichstrom-Übertragungsverbindung (HGÜ-Verbindung) Rhein-Main-Link als Ausbau in neuer Trasse.

Übergeordnetes Planungs- und Realisierungsziel des Rhein-Main-Link ist die Errichtung und der Betrieb einer vorrangig erdverkabelten sowie sicheren und zuverlässigen Höchstspannungs-Gleichstromverbindung mit den vier Vorhaben Nr. 82, 82a, 82b und 82c der Anlage zu § 1 Abs. 1 Bundesbedarfsplangesetz (BBPlG) in einheitlicher Trasse zwischen dem Netzverknüpfungspunkt (NVP) im Suchraum Ovelgönne/Rastede/Wiefelstede/Westerstede in Niedersachsen und den NVP Bürstadt, Hofheim am Taunus, Kriftel und Suchraum Bürstadt/Biblis/Groß-Rohrheim/Gernsheim/Biebesheim am Rhein in Hessen mit einem möglichst kurzen, gestreckten Verlauf unter Sicherstellung von Wirtschaftlichkeit, der regelhaften Meidung von Siedlungsräumen bzw. sensiblen Nutzungen sowie einer schnellstmöglichen sukzessiven Inbetriebnahme ab 2033.

Das Projekt besteht aus vier HGÜ-Leitungen, überwiegend ausgeführt als Erdkabel, einschließlich der für den Betrieb notwendigen Anlagen sowie Folgemaßnahmen gem. § 75 Abs. 1 Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG).

Für das Projekt wurde am 27.06.2024 der Antrag auf Planfeststellung gemäß § 19 Netzausbaubeschleunigungsgesetz (NABEG) a.F. eingereicht. Daraufhin wurde durch die Bundesnetzagentur (BNetzA) der Untersuchungsrahmen gemäß § 20 Abs. 3 NABEG a.F. festgelegt.

Gemeinsame Vorhabenträgerinnen (nachfolgend als „Vorhabenträgerin“ bezeichnet) sind die Amprion GmbH und die Amprion Offshore GmbH. Die Amprion GmbH führt das Zulassungsverfahren im eigenen Namen und im Auftrag stellvertretend für die Amprion Offshore GmbH durch.

Für das Planfeststellungsverfahren wird im Rahmen der Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. unter anderem auch die ggf. immissionsrelevante Erschütterungsthematik betrachtet. Erschütterungen können schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) darstellen und wirken sowohl auf Menschen in Gebäuden als auch auf Gebäude als solche ein. Sie entstehen insbesondere auf Baustellen durch dynamische Lasten und Kräfte, die in den Boden eingeleitet werden. Gelangen die erzeugten Schwingungen über die Ankopplung vom Erdreich an das Fundament in ein Gebäude, breiten sie sich dort aus und können sich je nach Konstruktion verstärken oder abschwächen. Ab einer gewissen Intensität werden sie vom Menschen als Vibrationen wahrgenommen.

Nach Umsetzung aller notwendigen Bautätigkeiten zur Errichtung sämtlicher Teilanlagen des Rhein-Main-Link sind während des Regelbetriebs aller Anlagenbereiche keine Erschütterungen zu erwarten, die gemäß BImSchG zu betrachten oder bewerten sind. Maßgeblich sind daher allein baubedingte Auswirkungen.

Ziel dieser Unterlage ist es, im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens das Entstehen möglicher Erschütterungskonflikte während der Bauzeit erkennen zu können und bei Bedarf geeignete Lösungsmöglichkeiten zur Minderung von möglichen Erschütterungen näher zu untersuchen. Die durch die Baumaßnahmen möglicherweise entstehenden Erschütterungen sind anhand der Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 2 (DIN 4150-2: 2025-08) und Teil 3 (DIN 4150-3: 2016-12) zu beurteilen.

Im Folgenden soll aufgezeigt werden, in welchen Abständen und bei welchen Bautätigkeiten relevante Erschütterungsimmissionen in der Nachbarschaft auftreten können. Für Fallsituationen, in denen relevante Erschütterungen in schutzwürdigen Nutzungen gesichert zu erwarten sind, ist zu prüfen, ob

diese Erschütterungen durch geeignete verhältnismäßige Maßnahmen auf ein Mindestmaß beschränkt werden können (vgl. § 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 2 BImSchG).

Disclaimer: In diesem Dokument wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

2 Grundlagen: Anforderungen an Erschütterungen durch Baustellen

2.1 Definition von Erschütterungen

Unter Erschütterungen versteht man mechanische Schwingungen fester Körper. Mechanische Schwingungen, die sich im Erdboden ausbreiten, können unter bestimmten Voraussetzungen Gebäude zu Schwingungen anregen und von den Menschen in diesen Gebäuden als Erschütterungen wahrgenommen werden. Bei Bauarbeiten entstehen Erschütterungen, sobald Kräfte auf den Boden einwirken – entweder an der Oberfläche oder im Untergrund. Diese Anregungen erzeugen Raumwellen im Erdreich, sogenannte Kompressionswellen (P) und Scherwellen (S), die den Bereich nahe der Quelle (Nahfeld) dominieren. Erreichen P- und S-Wellen die Geländeoberfläche, wird ein großer Teil ihrer Energie in Oberflächenwellen, vor allem Rayleigh-(R-)Wellen, umgewandelt. Ein kleiner Anteil wird in den Boden zurückreflektiert. Rayleigh-Wellen besitzen sowohl vertikale als auch horizontale Bewegungsanteile und breiten sich in Bodennähe über größere Entfernungen aus (Fernfeld). Die Schwingungen, die an der freien Bodenoberfläche beobachtet werden, bezeichnet man als Freifeldschwingungen. Aufgrund geometrischer Ausbreitungsverluste und materialbedingter Dämpfung nimmt ihre Stärke mit zunehmender Entfernung von der Erregerquelle ab. Erschütterungen werden üblicherweise als Schwingschnellen v [m/s oder mm/s] oder Schwingbeschleunigungen a [m/s² oder mm/s²] gemessen.

2.2 Anforderungen aus dem Bundes-Immissionsschutzgesetz

Die auf Baustellen eingesetzten Maschinen und Geräte, bei mehrmonatigem Betrieb auch die Baustelle selbst, sind Anlagen im Sinne des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (vgl. § 3 Abs. 5 Nr. 2 und 3 BImSchG), die nicht unter die immissionsschutzrechtliche Genehmigungspflicht fallen. Solche Anlagen sind nach § 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 und 2 BImSchG so zu errichten und zu betreiben, dass

> *„[…]*
>
> *a) schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen verhindert werden, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind, und*
>
> *b) nach dem Stand der Technik zur Erschütterungsminderung unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen durch Vibrationen auf ein Mindestmaß beschränkt werden.*
>
> *[…]“*

Definiert sind schädliche Umwelteinwirkungen in § 3 Abs. 1 und Abs. 2 BImSchG:

> *„[…]*
>
> *Schädliche Umwelteinwirkungen im Sinne dieses Gesetzes sind Immissionen, die nach Art, Ausmaß oder Dauer geeignet sind, Gefahren, erhebliche Nachteile oder erhebliche Belästigungen für die Allgemeinheit oder die Nachbarschaft herbeizuführen.*
>
> *Immissionen im Sinne dieses Gesetzes sind auf Menschen, Wild- und Nutztiere und Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre, das Klima sowie Kultur- und sonstige Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen, Licht, Wärme, Strahlen und ähnliche Umwelteinwirkungen.*
>
> *[…].“*

Immissionen sind demnach auch auf Gebäude einwirkende Erschütterungen. Da bundesweit keine rechtsverbindliche Klärung existiert, wann Erschütterungsimmissionen auf bauliche Anlagen und auf Menschen in Gebäuden als schädliche Umwelteinwirkungen anzusehen sind, werden die schädlichen

Umwelteinwirkungen durch Erschütterungsimmissionen von Baustellen üblicherweise für Menschen in Gebäuden nach der DIN 4150 Teil 2 (DIN 4150-2: 2025-08) und für Gebäude nach der DIN 4150 Teil 3 (DIN 4150-3: 2016-12) bewertet.

2.3 Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude nach DIN 4150-3

Die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen und deren Einwirkung auf Gebäude erfolgt gemäß DIN 4150-3 abhängig von der Gebäudeart und der Dauer der Einwirkung. Gebäude reagieren unterschiedlich auf Erschütterungsanregungen. Dies hängt unter anderem von der Bauweise/Geometrie des Gebäudes wie z. B. Fundament, Geschossdecken, Wände und dem Baugrund sowie deren Interaktion ab. Hierdurch können sich die Schwingungen im Gebäude nicht nur abschwächen (Regelfall) sondern auch bei bestimmten geometrischen Verhältnissen positiv verstärken. Dies ist der sogenannte Resonanzfall. Dieser ist hochgradig abhängig von den am Fundament eingekoppelten Schwingungen in Verbindung mit den geometrischen Verhältnissen der Gebäudestruktur.

Zur Beurteilung von Bauwerksbelastungen ist derzeit die in der DIN 4150-3 definierte Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ heranzuziehen. $v_{i,max}$ ist der maximale Scheitelwert der in den drei Raumrichtungen (x, y und z) gemessenen Geschwindigkeit. Die Norm enthält Anhaltswerte für Erschütterungen, unterhalb derer nach bisherigen Erfahrungen keine Schäden im Sinne einer Minderung des Gebrauchswerts zu erwarten sind.

Die DIN 4150-3 unterscheidet zwei unterschiedliche Erschütterungsanregungen, welche hier wie folgt definiert sind:

- **kurzzeitige Erschütterungen:**
  Erschütterungen, 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.
- **Dauererschütterungen:**
  Alle Erschütterungen, auf die die Definition der kurzzeitigen Erschütterungen nicht zutrifft.

Die Bewertung von Erschütterungen an Gebäuden nach DIN 4150-3 hängt maßgeblich von der Gebäudeart, der Art der Erschütterung, der Frequenz und der Ausbreitungsrichtung der Wellen im Gebäude ab. Aus diesen Faktoren werden geeignete Beurteilungs- und Messgrößen abgeleitet, die im Einzelnen der Norm zu entnehmen sind.

Beim Ein- und Ausschalten von Baumaschinen oder bei vergleichbaren Vorgängen sind Überschreitungen der Anhaltswerte für Dauererschütterungen zulässig, weil diese Überschreitungen von kurzer Dauer sind. Zur Beurteilung dieser Spitzenwerte können die Anhaltswerte für kurzzeitige Erschütterungen für Decken vertikal und die oberste Deckenebene herangezogen werden.

2.4 Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150-2

Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden können erhebliche Belästigungen im Sinne der Norm hervorrufen. Die Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen werden in der DIN 4150-2 geregelt. Die dort zulässigen Erschütterungspegel für Personen sind im Vergleich zu den Einwirkungen auf Gebäude als sehr gering einzustufen und führen in der Regel nicht zu Schäden am Gebäude. Ob eine Person Erschütterungen als belästigend empfindet, hängt nicht nur von der Stärke, der Frequenz und dem zeitlichen Verlauf des Erschütterungsereignisses ab, sondern auch von individuellen Faktoren der betroffenen Person. Gemäß DIN 4150-2 sollten Menschen in Gebäuden, insbesondere in Wohnungen, grundsätzlich so wenig wie möglich wahrnehmbaren Erschütterungen

ausgesetzt werden. Wahrnehmbare Erschütterungen sind jedoch nicht immer nach dem Stand der Technik vermeidbar. Die zu betrachtenden Schwingungen liegen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 80 Hz.

Die Belästigung des Menschen durch Erschütterungen hängt nach DIN 4150-2 insbesondere von folgenden Faktoren ab:

- der Größe (Stärke) der auftretenden Erschütterungen;
- der Frequenz;
- der Einwirkdauer;
- der Häufigkeit und Tageszeit des Auftretens und der Auffälligkeit (Überraschungseffekt);
- Art und Betriebsweise der Erschütterungsquelle.

Um diese Zusammenhänge möglichst einfach abbilden und bewerten zu können, werden gemäß DIN 4150-2 auf den Menschen einwirkende Erschütterungen mit dem sogenannten KB-Wert-Verfahren ermittelt und anschließend bewertet. Die KB-Werte sind eine an die menschliche Wahrnehmung angepasste Kenngröße der ermittelten Erschütterungsimmissionen. Die Anpassung erfolgt durch eine Frequenzbewertung des unbewerteten Erschütterungssignals. Sie erfassen oder beschreiben die „gefühlte“ Stärke einer Erschütterung. Ausgangsbasis hierfür ist ein messtechnisch zu erfassendes oder bei Prognose zu bildendes Rohzeitsignal der erzeugten Schwingungen/Erschütterungen durch die zu betrachtende Baumaschine oder Bautätigkeit.

Zur Einordnung dieser Kenngröße werden nachfolgend gemäß der früheren VDI Richtlinie 2057 „Einwirkungen mechanischer Schwingungen auf den Menschen“ die Zusammenhänge zwischen der bewerteten Schwingstärke und der subjektiven Wahrnehmung dargestellt:

Tabelle 2-1: Zusammenhang zwischen Schwingstärke und Wahrnehmung

KB-Werte	Beschreibung der Wahrnehmung
< 0,1	nicht spürbar
0,1	Fühlschwelle
0,1 – 0,4	gerade spürbar
0,4 – 1,6	gut spürbar
1,6 – 6,3	stark spürbar

Bei der Beurteilung der Einwirkungen von Erschütterungen auf Menschen in Gebäuden (bezogen auf das Wohlbefinden) werden grundsätzlich dabei zwei Kenngrößen bzw. KB-Werte unterschieden:

KB_{Fmax} Maximalwert von $KB_F(t)$ (maximale bewertete Schwingstärke während des Beurteilungszeitraums (Tag / Nacht))

KB_{FTr} Beurteilungsschwingstärke, beschreibt den Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit und setzt sich zusammen aus den energetisch gemittelten Taktmaximalpegel (KB_{FTm}) in Bezug auf die Einwirkzeit pro Beurteilungszeitraum (Tag/Nacht)

Die Beurteilung erfolgt regelhaft als Einzelfallbetrachtung durch Vergleich der ermittelten KB-Werte mit sogenannten Anhaltswerten aus der Norm. Sie sind darüber hinaus in drei Stufen gegliedert:

- Stufe I: Bereich der allgemeinen Zumutbarkeit. Vibrationen sind kaum oder nur schwach wahrnehmbar; in der Regel akzeptabel.
- Stufe II: Deutlich wahrnehmbar, oft störend – je nach Nutzung und Tageszeit teils noch hinnehmbar, nachts oder in schutzbedürftigen Bereichen häufig nicht.

- Stufe III: Stark wahrnehmbar, im Allgemeinen unzumutbar; Maßnahmen zur Minderung sind angezeigt.

Abhängig von

- der Art der Einwirkung und Häufigkeit innerhalb eines Tages (die Norm unterscheidet dauerhafte, wiederkehrende und einzelne kurzzeitige Ereignisse),
- der zeitlichen (Gesamt-) Dauer der Baumaßnahme in Tagen,
- dem Umfang der Anwohnerinformation sowie
- der für die Zumutbarkeitsbeurteilung in Abhängigkeit der oben genannten Stufen zusätzlich zu prüfenden technischen wie auch organisatorischen Maßnahmen zur Minderung

sind verschiedene Anhaltswerte zum Vergleich heranzuziehen bzw. einzuhalten.

Zur Beurteilung der Erschütterungen gibt es dabei für jede Stufe drei Bewertungskriterien bzw. korrespondierende Anhaltswerte:

- unterer Anhaltswert A_u → Er beschreibt die Akzeptanzschwelle bis zu der ohne weitere Einschränkungen die Erschütterungen hingenommen werden müssen. Wenn der ermittelte maximale KB-Wert KB_{Fmax} kleiner oder gleich A_u ist, so ist die Anforderung an die untersuchte Stufe eingehalten. Die Erschütterungen stellen keine erhebliche Belästigung dar.
- oberer Anhaltswert A_o → Er beschreibt die maximal zulässigen Erschütterungsimmissionen. Wenn der ermittelte maximale KB-Wert KB_{Fmax} größer A_o ist, so ist die Anforderung an die untersuchte Stufe nicht eingehalten. Eine erhebliche Belästigung kann nicht sicher ausgeschlossen werden.
- Anhaltswert A_r → Er beschreibt den Beurteilungswert für dauerhafte zulässige Erschütterungen. Wenn der für die mittlere Erschütterungseinwirkung in der Beurteilungszeit ermittelte KB-Wert KB_{FTr} kleiner A_r ist, so ist die untersuchte Stufe eingehalten und die Erschütterungen stellen keine erhebliche Belästigung dar.

Zur Beurteilung der ggf. auftretenden Erschütterungen werden die jeweils ermittelten Anhaltswerte mit den zuvor vorgestellten Stufen verglichen. Bei Unterschreitung der Stufe I ist grundsätzlich nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen. Es bedarf hierbei auch keiner weiteren Information der Anwohner. Da eine umfassende Information der Anwohner aber in der Regel zu einer höheren Akzeptanz der Baumaßnahme führt, sind gemäß der DIN 4150-2 daher auch höhere Erschütterungsimmissionen für solche Fälle zulässig, in denen die Anwohner zuvor über die Tätigkeiten und die möglichen Erschütterungen informiert wurden. Dies gilt dann für die Fälle, in denen die jeweils ermittelten Anhaltswerte die Stufe II nicht überschreiten. Bei Überschreitung der Stufe I und Einhaltung der Stufe II ist somit noch nicht mit erheblichen Belästigungen zu rechnen, sofern folgende Maßnahmen nach DIN 4150-2 ergriffen bzw. in Bezug auf technische Umsetzbar- und Verhältnismäßigkeit geprüft wurden:

a) umfassende Information der Betroffenen über die Baumaßnahmen, die Bauverfahren, die Dauer und die zu erwartenden Erschütterungen

b) Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und der damit verbundenen Belästigungen

c) zusätzliche baubetriebliche Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten 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 das Gebäude

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

Für die Stufe III sind technische und oder organisatorische Maßnahmen zur Reduzierung im Einzelfall zu prüfen und abzuwägen. Werden die Anhaltswerte der Stufe III überschritten, so ist mit erheblichen Belästigungen zu rechnen. Die Einwirkungen überschreiten die Zumutbarkeitsschwelle und sind damit in der Regel unzumutbar, womit folglich ab diesem Punkt aus fachlicher Sicht schädliche Umwelteinwirkungen gemäß § 22 Abs. 1, § 3 Abs. 1 BImSchG vorliegen würden.

Bei der Bewertung von Erschütterungen durch Baumaßnahmen sind ausschließlich die vom Baustellenbetrieb verursachten Erschütterungen zu berücksichtigen. Die zur Anwendung kommende DIN 4150 beurteilt die Auswirkungen von Erschütterungen nur auf Basis der jeweils zu betrachtenden Quellen. Eine Vorbelastung wird regelhaft nicht betrachtet. Für nächtlich auftretende Erschütterungen gelten strengere Anhaltswerte. Abgesehen vom oberen Anhaltswert für Gewerbe- und Industriegebiete wird bei Anhaltswerten für baubedingte Erschütterungen im Tageszeitraum nicht weiter nach Gebietskategorien differenziert. Im Nachtzeitraum sind hingegen gebietsspezifische Anhaltswerte anzusetzen. Der Tageszeitraum im Erschütterungsschutz umfasst 16 Stunden von 06:00 bis 22:00 Uhr. Der Nachtzeitraum umfasst acht Stunden und reicht von 22:00 bis 06:00 Uhr. Diese Einteilung unterscheidet sich von der Definition in der AVV Baulärm.

Der Ablauf des Prüfverfahrens nach DIN 4150-2 kann Tabelle 2-2 entnommen werden.

Tabelle 2-2: Prüfverfahren gemäß DIN 4150-2

Prüfschritt 1	**Prüfschritt 2**	**Prüfschritt 3 seltenes Ereignis**	**Prüfschritt 4**	**Anforderung der Norm erfüllt**
$KB_{Fmax} \leq A_u$	–			Ja
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} \leq A_o$	Ja	–	Ja
$KB_{Fmax} > A_u$	$KB_{Fmax} \leq A_o$	Nein	$KB_{FTr} \leq A_r$	Ja

3 Rechtliche Vorgaben für die Bewältigung von Erschütterungskonflikten in Planfeststellungsverfahren

Rechtsgrundlage für die Festsetzung von Schutzmaßnahmen gegen Erschütterungen in einem Planfeststellungsbeschluss ist § 74 Abs. 2 VwVfG. Nach § 74 Abs. 2 S. 2 VwVfG hat die Planfeststellungsbehörde dem Träger des Vorhabens Vorkehrungen oder die Errichtung und Unterhaltung von Anlagen aufzuerlegen, die zum Wohl der Allgemeinheit oder zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen auf Rechte anderer erforderlich sind, sog. Schutzauflagen. Die Vorschrift ist weit zu verstehen, sie umfasst technisch-reale Schutzvorkehrungen und Anlagen, z. B. erschütterungsarme Verfahren, Vorgaben zu Baumaschinen, aber auch betriebsregelnde Anordnungen.

Gemäß § 74 Abs. 2 S. 3 VwVfG haben Betroffene einen Anspruch auf angemessene Entschädigung in Geld, wenn Schutzvorkehrungen nach § 74 Abs. 2 S. 2 VwVfG erforderlich sind, diese aber untunlich sind, d. h., wenn es entweder keine wirksamen Schutzvorkehrungen gibt (Unmöglichkeit) oder wenn die geeigneten Vorkehrungen unverhältnismäßige Aufwendungen erfordern würden (Unverhältnismäßigkeit). Selbiges gilt, wenn solche Vorkehrungen oder Anlagen mit dem Vorhaben unvereinbar sind. Der Anspruch setzt Beeinträchtigungen voraus, die über die fachplanerische Zumutbarkeitsschwelle hinausgehen (vgl. BVerwG, Urteil vom 23.05.2023 – 4 C 1.22, Rn. 51). Er eröffnet keinen Ausgleich für alle Nachteile durch das Vorhaben, sondern nur für die Beeinträchtigungen, die die Grenze des Zumutbaren überschreiten und nicht durch physisch-reale Maßnahmen ausgeglichen werden können. Der Anspruch ist im Planfeststellungsbeschluss dem Grunde nach festzusetzen. Kommt keine Einigung mit der Vorhabenträgerin zustande, bleibt die Festsetzung und Berechnung der Entschädigung einem nachfolgenden Verfahren nach Maßgabe der Enteignungsgesetze der Länder vorbehalten (vgl. BVerwG, Urteil vom 10.07.2012 – 7 A 11.11, Rn. 70 ff.).

Schutzvorkehrungen sind unter anderem dann anzuordnen, wenn dies zur Vermeidung nachteiliger Wirkungen auf Rechte anderer erforderlich ist. Wann das der Fall ist, wird in der § 74 Abs. 2 S. 2 und 3 VwVfG nicht weiter ausgeführt. Deswegen ist auf allgemeine Grundsätze des Immissionsschutzrechts zurückzugreifen. Erschütterungsimmissionen können je nach Ausmaß eine schädliche Umwelteinwirkung darstellen (§ 3 Abs. 1 und 2 BImSchG), indem sie das rechtlich geschützte Interesse an einer ungestörten Wohnnutzung beeinträchtigen. Diese Einwirkungen sind dann zu vermeiden und gegebenenfalls auszugleichen, wenn sie dem Betroffenen nicht mehr zugemutet werden können. Fehlt es an einer normativen Festlegung, ist die Zumutbarkeitsschwelle im Einzelfall zu bestimmen. Eventuell vorhandene individuelle Befindlichkeiten und Empfindlichkeiten der Betroffenen sind dabei allerdings nach dem differenziert-objektiven Maßstab des Immissionsschutzrechts, das sich am durchschnittlich empfindlichen Menschen einschließlich der Angehörigen überdurchschnittlich empfindlicher Gruppen orientiert, unbeachtlich (vgl. Urteile des BVerwG vom 07.10.1983 – 7 C 44.81 und vom 07.05.1996 – 1 C 10.95). Vielmehr kommt es maßgeblich auf die Schutzwürdigkeit und Schutzbedürftigkeit der betroffenen Nutzung am jeweiligen Immissionsort an; diese richtet sich nach der Art des Gebietes, in dem das Grundstück liegt, und den weiteren konkreten tatsächlichen Verhältnissen. Bei dieser Bewertung ist der vorhandene technisch-wissenschaftliche Sachverstand, der insbesondere in technischen Regelwerken zum Ausdruck kommt, heranzuziehen (vgl. BVerwG, Urteil vom 21.12.2010 – 7 A 14.09, Rn. 27).

Ob nachteilige Wirkungen i. S. d. § 74 Abs. 2 S. 2 VwVfG vorliegen, beurteilt sich für Erschütterungen nach § 22 Abs. 1, § 3 Abs. 1 BImSchG für Menschen in Gebäuden nach der DIN 4150 Teil 2 (DIN 4150-2: 2025-08) und für Gebäude nach der DIN 4150 Teil 3 (DIN 4150-3: 2016-12). Diese Regelungen sind Ausdruck des vorhandenen technisch-wissenschaftliche Sachverstands und bilden die Grundlage für die Bestimmung der fachplanerischen Zumutbarkeitsschwelle. Gemäß § 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 BImSchG sind schädliche Umweltauswirkungen zu verhindern, die nach dem Stand der Technik vermeidbar sind. Weiter sind gemäß Nr. 2 nach dem Stand der Technik zur Minderung von Erschütterungen unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen auf ein Mindestmaß zu beschränken.

Ziel dieser Unterlage ist aufzuzeigen, für welche Abstände in Abhängigkeit der zu betrachtenden relevanten Bautätigkeiten zum einen gesichert schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen auszuschließen sind. Zum anderen sind die nach dieser Einschätzung noch verbleibenden Bereiche nach Möglichkeit weiter zu unterscheiden: Wo wird das Auftreten von schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen sehr wahrscheinlich und wo gibt es zur Planfeststellung ggf. noch keine abschließende und ausreichend detaillierte Datengrundlage, um eine sichere Beurteilung vorzunehmen. In diesen Fällen sollen geeignete Vorschläge aufgezeigt werden, wie die Konfliktlösung sinnvoll und rechtssicher auf den Planvollzug verlagert werden kann.

Für Bereiche, in denen keine gesicherten Aussagen getroffen werden können, ist zu prüfen, ob Folgemaßnahmen für den Planvollzug in Form von Nebenbestimmungen zur weiteren und detaillierteren Prognose wahrscheinlicher und gleichzeitig kritischer Erschütterungsimmissionen oder mögliche baubegleitenden Maßnahmen zur Ermittlung der Immissionen ermittelt und vorgeschlagen werden können. Schließlich ist auch die Festsetzung einer angemessenen Entschädigung dem Grunde nach als Lösung eines Konfliktes ähnlich der Baulärmbetrachtung möglich, ob also die ggf. verbleibenden nachteiligen Auswirkungen durch Bauerschütterungen den Betroffenen billigerweise nicht mehr entschädigungslos zugemutet werden können.

Bei einer durchzuführenden Abwägung ist zu berücksichtigen, dass nach § 1 Abs. 1 S. 2 BBPlG und § 1 Abs. 2 S. 1 NABEG die Errichtung und der Betrieb des Rhein-Main-Link einschließlich der für den Betrieb notwendigen Anlagen im überragenden öffentlichen Interesse liegt und der öffentlichen Sicherheit dient.

4 Methodik, Grundlage und Prognoseergebnisse

4.1 Beurteilungsgrundlage und Methodik

Zuerst wird dargelegt, durch welche Arbeiten Erschütterungen zu erwarten sind. Die Bauarbeiten werden auf Grund des Planungsstandes beurteilt, die Besonderheiten der Betrachtung von Erschütterungen werden genauer beleuchtet und die Grundlagen der Prognose werden näher erläutert.

Während der Bauausführung können Erschütterungen vorrangig durch

- Rammarbeiten,
- Abbrucharbeiten und/oder
- Verdichtungsarbeiten

auftreten.

Als seltener zusätzlicher Sonderfall ist im Rahmen vom Bau von Erdkabelverbindungen auch noch der punktuelle Schwerlastverkehr als mögliche Ursache von Erschütterungen zur Vollständigkeit zu nennen. Vibrationen können Menschen im Wohnumfeld belästigen. Bei der Einwirkung auf Gebäude können bei ungünstigen Übertragungseigenschaften Schäden wie Risse oder Abplatzungen nicht ausgeschlossen werden. In seltenen Extremfällen sind beim Einsatz von sehr großen Maschinen, sehr kurzen Abständen und bei ungünstigem Bauuntergrund auch Tragwerksbeeinträchtigungen nicht gänzlich auszuschließen. Durch geeignete Minderungsmaßnahmen, beispielsweise die Wahl alternativer Bauverfahren oder den Einsatz erschütterungsärmerer Geräte, können aber die Immissionen so begrenzt werden, dass bauliche Schäden vermieden und Belästigungen für Menschen in Gebäuden auf ein Minimum reduziert werden.

Für eine hinreichend sichere Prognose und Bewertung benötigt es detaillierte und konkrete Planungsdaten von vielen individuellen Einwirkfaktoren. Die folgenden Einwirkfaktoren beeinflussen die Qualität der Prognose maßgeblich:

- Anzahl der verursachenden Maschine(n) je Baustelle mit Angabe der technischen Daten des Aggregats
- konkret gewählte Verfahrensart, wenn verschiedene Verfahren zur Auswahl stehen (z. B. bei Vibrationsverfahren)
- konkrete Ortslage der Maschinen und die Bodenbeschaffenheit am Eintrittsort der Erschütterungen in den Boden
- Stärke der Schwingungen, d. h. eingebrachte Kräfte und Impulse mit zugehörigen Anregefrequenzen in den Erdboden in Abhängigkeit der individuellen Bautätigkeit.
  In der DIN 4150 wird dies durch ein frequenzbewertetes Erschütterungssignal KB(t) mit einer korrespondierenden Schwingstärke KBF(t) beschrieben.
- Einwirkungsdauer der jeweils zu betrachtenden Tätigkeit pro durchschnittlichen Regelarbeitstag
- Häufigkeit des Auftretens der relevanten Tätigkeiten
- (lokale) Übertragungseigenschaften des Erdbodens auf dem Ausbreitungsweg zur Nachbarschaft.
  Hinweis: Entgegen der Schallausbreitung ist die Körperschallübertragung individuell abhängig von den Bodeneigenschaften von der Quelle bis zum Immissionsort, da der Erdboden kein durchgehend homogenes Ausbreitungsmedium ist.

- Ankopplungseigenschaften des Gebäudefundaments an den umgebenden Erdboden. Sie beschreiben, wie gut oder schlecht die Körperschallschwingungen aus dem Erdboden in das zu betrachtende Gebäude und damit in die schutzbedürftigen Räume der Menschen eingeleitet werden können
- Gebäude-Geometrien und verwendete Baustoffe der Tragwerksstrukturen des zu betrachtenden Gebäudes
- Grad der Gewöhnung und der bestehenden Umgebungssituation an den zu betrachtenden Orten in der Nachbarschaft

Da im Rahmen des aktuellen Planungsstandes zum Zeitpunkt der Genehmigungsplanung eine Vielzahl der o. g. benötigten Einflussfaktoren noch nicht ermittelbar sind, werden realistisch konservative Annahmen und Ansätze angenommen. Es liegen zum aktuellen Zeitpunkt noch keine ausreichend detaillierten Informationen beispielsweise zur Bodenbeschaffenheit entlang der Bauabschnitte vor, sodass insbesondere keine ausreichenden Kenntnisse zu den Festigkeits- und Übertragungseigenschaften des Erdbodens sowie für die Ankopplungs- und Übertragungseigenschaften für Erschütterungen innerhalb der zu betrachtenden Wohngebäude abgeleitet werden können. Es werden folgende konservativen Annahmen zur Prognose der Erschütterungen derzeit zu Grunde gelegt:

- Die Betriebsdauer der erschütterungsrelevanten Maschinen wird mit einem konservativen „Quasi-Dauer-Ansatz“ von 7 bis 26 Tagen je Bautätigkeit angenommen.
- Es wird eine verlustfreie Einkopplung der Schwingungen über den Erdboden in die Gebäude angenommen.
- Es erfolgt die weitere konservative Annahme, dass in allen Gebäuden der schwingungsverstärkende Resonanzfall eintritt.

Hinweis: Die von der Baustelle eingetragenen Schwingungen regen mit Ihren frequenzabhängigen Teilschwingungen im sogenannten Resonanzfall in Abhängigkeit der Gebäudegeometrie (Deckenspannweite, Festigkeit der Decke etc.) die Eigenresonanzfrequenzen aller Deckenelemente in den zu betrachtenden Gebäuden an. Dies erfolgt unter der gleichzeitigen Annahme, dass die Einkopplung der Erschütterungsenergie in die Gebäudestruktur ebenfalls ausreichend gut – also nahezu ohne Verluste bei Übergang Erdboden / Fundament – erfolgt. Diese Resonanz bewirkt eine pauschale Erhöhung der Schwingungen dieser Elemente um den Übertragungsfaktor 10 bis 25, sodass die Erschütterungen um das gleiche Maß in der Prognoseberechnung verstärkt werden. Nachvollziehbarerweise ist diese Annahme bei Unkenntnis der zu betrachtenden Gebäude- und Fundamentstrukturen einerseits nicht gänzlich auszuschließen. Andererseits ist aber auch mit großer Sicherheit zu argumentieren, dass nicht tatsächlich alle Gebäude im jeweils individuellen Resonanzfall angeregt werden, wie die pauschale konservative Annahme ermittelt.

Dies beschreibt eine große Unsicherheit der Eintrittswahrscheinlichkeit der prognostizierten Ergebnisse, was für eine spätere Abwägung von möglichen Betroffenheiten gegenüber verhältnismäßigen und technisch möglich Maßnahmen zu beachten ist. Aus diesen Gründen wird zu diesem Zeitpunkt auf eine immissionsortscharfe Prognoseberechnung entlang des betrachteten Trassenabschnitts verzichtet. Es werden mit den derzeit bekannten Kenntnissen und unter den genannten Annahmen geometrische Abstände zu den Bautätigkeiten ermittelt, für die

- mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Überschreitung der betrachteten Anhaltswerte vorliegt,
- mit mittlerer Wahrscheinlichkeit eine Überschreitung der betrachteten Anhaltswerte nicht ausgeschlossen werden kann (sog. Resonanzfall),
- mit Sicherheit eine Überschreitung ausgeschlossen werden kann.

Ein bewährtes Verfahren zur Prognose von Erschütterungen aus Tiefbauarbeiten stellen Achmus et al. (2005) vor. Basierend auf empirischen Daten und physikalischen Prinzipien entstehen dort Formeln, die eine Bestimmung und Bewertung der Erschütterungsimmissionen auf Gebäude und auf Menschen

innerhalb von Gebäuden erlauben. Das Verfahren ermöglicht direkte Prognosen für Verdichtungs- und Rammarbeiten mit unterschiedlichen Verfahren und Geräten. In der Praxis wenden Gutachterbüros diese Vorgehensweise bei der Prognose von Erschütterungen aus Tiefbauarbeiten ebenfalls regelmäßig an. Mithilfe des oben genannten Verfahrens kann die maximale Komponente der Schwinggeschwindigkeit für erschütterungsrelevante Geräte prognostisch ermittelt werden. In die empirisch ermittelten Formeln fließen dabei auch unterschiedliche Bodenverhältnisse sowie diverse Bausubstanzen ein. Diese Vorgehensweise wurde vorliegend ebenfalls seitens der Amprion angewandt, um mögliche Erschütterungen prognostisch zu ermitteln. Dabei werden zwei Kenngrößen unterschieden, zum einmal der wahrscheinliche Wert (Mittelwert; 50 % Überschreitungswahrscheinlichkeit) und zum anderen der ungünstige Wert (2,25 % Überschreitungswahrscheinlichkeit).

Für Berechnungen nach DIN 4150-3 (Einwirkungen auf bauliche Anlagen) wird zur Schadensvermeidung ein Maximalansatz mit 2,25 % Überschreitungswahrscheinlichkeit verwendet, da Schäden auch bei sehr kurzen Einwirkzeiten auftreten können. Die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen auf Menschen in Gebäuden erfolgt nach DIN 4150-2 anhand des wahrscheinlichen Werts mit 50 % Überschreitungswahrscheinlichkeit. In der Praxis treten im Resonanzfall, abhängig von der Dämpfung, zwischen Fundamenterschütterung und Deckenerschütterung Verstärkungen um den Faktor 10 bis 25 auf. Der Resonanzfall liegt vor, wenn die Frequenz der Anregung (z. B. durch eine Baumaschine) mit der Eigenfrequenz eines Bauteils oder Gebäudes übereinstimmt oder ihr sehr nahekommt. In diesem Zustand nimmt das System besonders effektiv Energie auf, wodurch die Schwingungsamplituden stark anwachsen. Wie stark die Verstärkung ausfällt, hängt maßgeblich von der Dämpfung ab: Je geringer die Dämpfung, desto größer die Amplituden. Wie bereits zuvor beschrieben, lässt sich eine allgemeingültige Wahrscheinlichkeit für Resonanzeffekte nicht angeben, ist aber auch nicht komplett auszuschließen.

4.2 Ermittlung möglicher Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude

Wie in Kapitel 4.1 methodisch beschrieben, können für die Bautätigkeiten

- Rammen
- Verdichten
- Abbrucharbeiten
- Lkw- / Schwerlast-Verkehr, kurz Verkehr

mit den ebenfalls beschriebenen Annahmen und äußeren Randbedingungen die folgenden geometrischen Abstände zu den Bautätigkeiten ermittelt werden, die mit den Anhaltswerten für Erschütterungen auf Gebäude korrespondieren. Demnach können dort Schäden an Gebäuden ausgeschlossen oder mit zunehmender Wahrscheinlichkeit nicht mehr ausgeschlossen werden. Diese Prognoseberechnungen wurden mit Hilfe der o. g. empirischen Formeln, auf Basis des derzeitigen Planungsstands der Bauausführung und den Vorgaben gemäß Tabelle 1 der DIN 4150-3 durchgeführt. Sie bilden aus Sicht der Vorhabenträgerin einen konservativen und gleichzeitig ausreichend wahrscheinlichen Baubetriebs- sowie Ausbreitungsfall ab.

Tabelle 4-1: Ermittlung der Abstände für Erschütterungseinwirkungen auf Gebäude nach DIN 4150-3

Relevante Bautätigkeiten	Abstände mit hoher Wahrscheinlichkeit für Überschreitung der Anhaltswerte nach (2,25 % Überschreitungs-wahrscheinlichkeit)	Abstände mit mittlerer Wahrscheinlichkeit für Überschreitung der Anhaltswerte (Möglichkeit von Resonanzeffekten)	Abstände, ab dem keine Überschreitung der Anhaltswerte zu erwarten sind
Rammen	r < 30 m	30 m < r < 70 m	r > 70 m
Verdichten	r < 20 m	20 m < r < 50 m	r > 50 m
Abbrucharbeiten	r < 15 m	15 m < r < 30 m	r > 30 m
Verkehr	r < 5 m		r > 5 m

Die letzte Spalte der Tabelle nennt die Abstände je betrachteter Bautätigkeit, ab denen Gebäudeschäden auszuschließen sind. Befinden sich Gebäude innerhalb dieser Abstände, können Überschreitungen der Anhaltswerte nicht mehr sicher ausgeschlossen werden. Es verbleibt in Abhängigkeit der Ausbreitung, Ankopplungs- und geometrischen Bedingungen eines jeden einzelnen Wohngebäudes eine mehr oder weniger große Wahrscheinlichkeit, dass ggf. Schäden in Einzelfällen auftreten können. Daher sind hier weitere Maßnahmen unter Abwägung der Verhältnismäßigkeit zu prüfen und abzuwägen. Grundsätzliche Vorschläge werden hierzu im abschließenden Kapitel 5 diskutiert.

Hinweis zur zusätzlichen Betrachtung von Denkmälern:

Die denkmalgeschützten Gebäude wurden differenziert betrachtet. Aufgrund der besonderen Schutzwürdigkeit wurde hier ein höchstvorsorglicher Ansatz gewählt. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Verdopplung der größten Abstände, ab dem keine Überschreitung der Anhaltswerte zu erwarten ist (vgl. Tabelle 4-1), eine Auswirkung auf denkmalgeschützte Gebäude sicher ausgeschlossen werden kann. Somit wurde ein Betrachtungsbereich von ca. 150 m um die jeweilige Erschütterungsquelle gewählt. Im vorliegenden Planfeststellungsabschnitt NI3 befinden sich denkmalgeschützte Gebäude, von denen für 21 eine Betroffenheit nicht ausgeschlossen werden kann. Zusätzlich befinden sich zwei weitere Baudenkmäler innerhalb des kritischen Abstands, welche jedoch keine baulichen Anlagen im Sinne der DIN 4150-3 darstellen (Park, Grenzstein). In „Teil H2 – Denkmalschutzrechtlicher Bericht“ werden vorsorgliche Maßnahmen aufgezeigt.

4.3 Ermittlung möglicher Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Für die Abschätzung der kritischen Abstände im Hinblick auf die Belästigungsstufen I bis III nach DIN 4150-2 wurde konservativ eine Einwirkzeit von acht Stunden an Werktagen zwischen 6 und 22 Uhr außerhalb der Ruhezeiten angesetzt. In die Beurteilung wurde außerdem eine Gesamtdauer der Überschreitungen durch alle relevanten Erschütterungsquellen von 7 bis 26 Tagen einbezogen. Ein Nachtbetrieb der erschütterungsrelevanten Arbeiten kann aus planerischen Gründen ausgeschlossen werden.

Nachfolgend werden entsprechend gemäß nach DIN 4150-2, Abschnitt 6.5.4.3 orts- und betriebszeitenunabhängige Maßnahmen (globale Erschütterungsminderungsmaßnahmen) entlang der Baustellenabschnitte für alle entsprechenden Bauphasen bzw. Baumaschinen eingeteilt und dargestellt. Diese werden im Verfahren für die relevanten Tätigkeiten innerhalb der kritischen Abstände umgesetzt, wo relevante Erschütterungsereignisse nicht auszuschließend sind.

Tabelle 4-2: Globale Erschütterungsminderungsmaßnahmen für alle entsprechenden Bautätigkeiten / Baumaschinen

Vorgeschlagene Erschütterungsminderungsmaßnahmen
Arbeitszeiten auf der Baustelle, sofern umsetzbar, nur außerhalb der Nachtzeit (nicht vor 06.00 Uhr und nicht nach 22.00 Uhr)
Nur Arbeiten in der Nachtzeit durchführen, die technisch notwendig und unvermeidbar sind
Die Baustelleneinrichtung sowie die Verladestelle und Zufahrtswege für Lkw sollten möglichst entfernt von den jeweiligen Immissionsorten positioniert werden, um einen größtmöglichen Abstand zu gewährleisten bei möglichen Verdichtungsarbeiten für die Zufahrtswege.
Information der Betroffenen über erschütterungsrelevante Baumaßnahmen, deren Einwirkungen auf Menschen und Gebäude sowie deren Dauer bei kritischen Abständen
Aufklärung über die Unvermeidbarkeit von Erschütterungen infolge der Baumaßnahmen und der damit verbundenen Belästigungen
Prüfung von zusätzlichen baubetrieblichen organisatorischen Maßnahmen zur Minderung und Begrenzung der Belästigungen (Pausen, Ruhezeiten usw.)
Benennung einer Ansprechstelle, an die sich Betroffene wenden können, wenn sie besondere Probleme durch Erschütterungseinwirkungen haben

Eine umfassende Information der Anwohner führt in der Regel zu einer höheren Akzeptanz der Baumaßnahme. In solchen Fällen sind höhere Erschütterungsimmissionen zulässig die min. der Stufe II nach DIN 4150-2 entsprechen. Aus diesem Grund kann von einer höheren Akzeptanz ausgegangen werden. Folgende Abstände ergeben sich somit, wenn davon auszugehen ist, dass für die Einhaltung der Anhaltswerte der Stufe II keine schädlichen Umwelteinwirkungen im Sinne des BImSchG vorliegen:

Tabelle 4-3: Ermittlung kritischer Abstände nach DIN 4150-2

Gebäudeart	**Abstände mit hoher Wahrscheinlichkeit für Überschreitung der Anhaltswerte (50 % Überschreitungs-wahrscheinlichkeit)**	**Abstände mit mittlerer Wahrscheinlichkeit für Überschreitung der Anhaltswerte (Möglichkeit von Resonanzeffekten)**	**Abstände, ab dem keine Überschreitung der Anhaltswerte zu erwarten ist**
Rammen	r < 30 m	30 m < r < 260 m	r > 260 m
Verdichten	r < 20 m	20 m < r < 170 m	r > 170 m
Abbrucharbeiten	r < 20 m	20 m < r < 120 m	r > 120 m
Verkehr	r < 5 m		r > 5 m

Die letzte Spalte der Tabelle nennt die Abstände je betrachteter Bautätigkeit, ab denen schädliche Umweltauswirkungen auszuschließen sind. Befinden sich Gebäude innerhalb dieser Abstände, können Überschreitungen der Anhaltswerte nicht mehr sicher ausgeschlossen werden. Es verbleibt in Abhängigkeit der Ausbreitung, Ankopplungs- und geometrischen Bedingungen eines jeden einzelnen Wohngebäudes eine mehr oder weniger große Wahrscheinlichkeit, dass ggf. Belästigungen in Einzelfällen auftreten können. Ob diese Belästigungen auch schädliche Umwelteinwirkungen darstellen, kann zum gegenwärtigen Planungsstand bzw. möglichen Detaillierungsgrad der Prognoseberechnungen nicht gesagt werden. Daher sind hier ggf. weitere Maßnahmen unter Abwägung der Verhältnismäßigkeit innerhalb des weiteren Planungsfortschritts zu prüfen und abzuwägen. Grundsätzliche Vorschläge werden hierzu im abschließenden Kapitel 5 diskutiert.

5 Beurteilung und Fazit

Im Rahmen der Erstellung der Unterlagen gemäß § 21 NABEG a.F. wurden durch die Vorhabenträgerin auf Basis der derzeitigen verfügbaren Planungsdaten und beurteilungsrelevanten Randbedingungen Erschütterungen für Menschen in Gebäuden nach der DIN 4150 Teil 2 und für Gebäude nach der DIN 4150 Teil 3 untersucht.

Schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen zur Nachtzeit können durch die getroffenen planerischen und organisatorischen Maßnahmen (Begrenzung der Tätigkeiten, welche in der Nachtzeit durchgeführt werden können, vgl. Kapitel 4.1) grundsätzlich ausgeschlossen werden.

Des Weiteren wurden für die Tagzeit Abstände für die relevanten Bautätigkeiten durch Prognose ermittelt, für die selbiges gilt. Gleichzeitig wurden potenzielle Abstände bestimmt, innerhalb derer Überschreitungen der Anhaltswerte prognostisch nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden können. Eine im Detail konkrete Betrachtung einzelner Immissionslagen entlang des hier betrachteten Trassenabschnitts ist aufgrund der aktuell bestehenden Unsicherheiten der Prognosegenauigkeit nicht hinreichend belastbar.

Zur weiteren Vorsorge vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Reduzierung der unvermeidbaren Einwirkungen auf das Mindestmaß ist im weiteren Projektverlauf eine weitere Konkretisierung der Prognoseberechnungen in Abhängigkeit des Planfortschritts möglich. Hierbei können weitere Maßnahmen geprüft und abgewogen werden, die zur Lösung von ggf. auftretenden Konflikten in der Bauphase führen können. Folgende Maßnahmen wären hierzu aus Sicht der Vorhabenträgerin zweckmäßig, sinnvoll und rechtlich zulässig:

- Prüfung erschütterungsärmerer Bauabwicklungen während des weiteren Planungsfortschritts für kritische Abstände, in denen schädliche Umwelteinwirkungen mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten können
- Beweissicherungen vor und nach der Baumaßnahme für kritische Abstände, in denen schädliche Umwelteinwirkungen mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten können
- Festsetzungen von Entschädigungsansprüchen dem Grunde nach gemäß § 74 Abs. 2 S. 3 VwVfG, wenn unvermeidbare schädliche Umwelteinwirkungen nicht sicher ausgeschlossen werden können und oder während der Bauphase unerwartet auftreten
- Im Einzelfall sind bedarfsweise auch baubegleitende Erschütterungsmessungen möglich, wobei zur vollständigen Ermittlung nach Norm in jedem Einzelfall betroffene Anwohner und oder Eigentümer die Zustimmung geben müssen, da in diesen Fällen die privaten Gebäude betreten und innerhalb dieser die Messungen durchgeführt werden müssten.

Die Anforderungen gemäß § 22 Abs. 1 S. 1 Nr. 1 und Nr. 2 BImSchG (vgl. Kapitel 2.2) zur Verhinderung der vermeidbaren schädlichen Umwelteinwirkungen, bzw. zur Beschränkung der unvermeidbaren schädlichen Umwelteinwirkungen auf das Mindestmaß, sind somit bei Umsetzung dieser Maßnahmen erfüllt.

6 Literaturverzeichnis

Achmus, M., Kaiser, J., & tom Wörden, F. (2005): Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten: Grundlagen – Messergebnisse – Prognosen. Mitteilungen des Instituts für Grundbau, Bodenmechanik und Energiewasserbau der Universität Hannover, Heft 61.

AVV Baulärm Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Schutz gegen Baulärm – Geräuschimmissionen – vom 19. August 1970.

BBPlG Bundesbedarfsplangesetz vom 23. Juli 2013 (BGBl. I S. 2543; 2014 I S. 148, 271).

BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Mai 2013 (BGBl. I S. 1274; 2021 I S. 123).

BNetzA (2024): Bestätigung des Netzentwicklungsplans Strom für die Zieljahre 2037/2045. Bonn: Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA).

BVerwG, Urteil vom 07.05.1996 – 1 C 10.95 Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) – Urteil vom 07. Mai 1996 – Öffentliches Bedürfnis an einer Verkürzung der Sperrzeit bei Gaststätten (BVerwGE 101, 157).

BVerwG, Urteil vom 07.10.1983 – 7 C 44.81 Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) – Urteil vom 07. Oktober 1983 – Zur Klage gegen liturgisches Glockengeläute im Verwaltungsrechtsweg (BVerwGE 68, 62).

BVerwG, Urteil vom 10.07.2012 – 7 A 11.11 Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) – Urteil vom 10. Juli 2012 (BVerwGE 143, 249).

BVerwG, Urteil vom 21.12.2010 – 7 A 14.09 Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) – Urteil vom 21. Dezember 2010 (NVwZ 2011, 676).

BVerwG, Urteil vom 23.05.2023 – 4 C 1.22 Bundesverwaltungsgericht (BVerwG) – Urteil vom 23. Mai 2023 (BVerwGE 178, 371).

DIN 4150-2: 2025-08 Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.

DIN 4150-3: 2016-12 Erschütterungen im Bauwesen - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.

EnWG Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621).

NABEG Netzausbaubeschleunigungsgesetz Übertragungsnetz vom 28. Juli 2011 (BGBl. I S. 1690).

VDI 2057 Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen (Blatt 1-3).

VwVfG Verwaltungsverfahrensgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. Januar 2003 (BGBl. I S. 102).