ALTLAST S23
FLUGHAFEN SALZBURG - FEUERLÖSCHÜBUNGSGELÄNDE ALTLASTENSANIERUNG/-SICHERUNG

FACHBERICHT ZUR BEHÖRDLICHEN EINREICHUNG ERSCHÜTTERUNGEN UND SEKUNDÄRSCHALL

Projekt:	Altlast S23 Flughafen Salzburg – Feuerlöschübungsgelände Altlastensanierung/-sicherung
Auftraggeber:	Salzburger Flughafen GmbH Innsbrucker Bundesstraße 95 5020 Salzburg
Projekt-Nr.:	D25048
Datum:	29.04.2026
Ersteller:	DI Benedikt Tappauf

Inhalt

1 Einleitung ... 3

2 Methodik ... 5
2.1 Methodisches Grundkonzept der Beurteilung ... 5
2.2 Erschütterungen und Sekundärschall ... 6
2.2.1 Beurteilung von Erschütterungseinwirkung auf das Wohlbefinden des Menschen ... 8
2.2.2 Beurteilung von Erschütterungseinwirkung auf bauliche Anlagen ... 23
2.2.3 Arbeitnehmerschutz (VOLV) ... 33
2.3 Verwendete Unterlagen ... 35
2.3.1 Datengrundlage für die Beurteilung ... 35
2.3.2 Rechtsgrundlage ... 36

3 Darstellung und Bewertung des IST- Zustandes, Anrainerbebauung ... 37

4 Auswirkungen ... 41
4.1 Bauphase ... 41
4.1.1 Lenkwand / Schmalwand ... 43
4.1.2 Impulsverdichtung ... 46
4.1.3 Andere Bauerschütterungen ... 47
4.1.4 Erschütterungen zufolge des Straßenschwerverkehrs – Fernwirkung ... 49
4.1.5 Zusammenfassende Beurteilung ... 50
4.2 Betriebsphase ... 50
4.3 Störfälle ... 50

5 Maßnahmen ... 51
5.1 Bauphase ... 51
5.1.1 Beweissicherungen ... 51
5.1.2 Erschütterungsmonitoring ... 51
5.1.3 Steuerung der Baumethoden ... 52
5.1.4 Ansprechstelle ... 53
5.1.5 Vertragsbedingungen in Bauverträgen hinsichtlich Arbeitsmethodik ... 53
5.1.6 Arbeitnehmerschutz (VOLV) ... 54
5.1.7 Zusammenfassung und Beurteilung der Maßnahmenwirkung ... 54
5.2 Betriebsphase ... 56

6 Zusammenfassung ... 57
6.1 Beschreibung des Ist-Zustandes ... 57
6.2 Auswirkungen ... 57
6.3 Maßnahmen ... 57
6.4 Gesamtbewertung ... 58

7 Abbildungsverzeichnis ... 59

8 Tabellenverzeichnis ... 60

1 EINLEITUNG

Die Altlast wurde in der Gefährdungsabschätzung des Umweltbundesamtes (Mai 2022) wie folgt charakterisiert:

In einem für Feuerlöschübungszwecke genutzten Teil des Salzburger Flughafens ist es durch In einem für Feuerlöschübungszwecke genutzten Teil des Salzburger Flughafens ist es durch die jahrzehntelange Verwendung von Löschschäumen zu einer erheblichen Kontamination des Untergrundes mit per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS), vornehmlich Perfluoroktansulfonsäure (PFOS), gekommen. Das erheblich kontaminierte Untergrundvolumen umfasst zwei Schadensbereiche mit einem Volumen von in Summe mehr als 50.000 m³. Ausgehend von dieser Untergrundkontamination hat sich eine ca. 3,5 km lange Schadstofffahne im Grundwasserabstrom ausgebildet. Die im Grundwasser transportierte PFAS-Fracht ist als sehr groß zu beurteilen. Aufgrund der Eigenschaften der Schadstoffgruppe der PFAS und der (hydro-)geologischen Rahmen-bedingungen ist mittelfristig weder mit einer Verringerung des Schadstoffeintrags aus der Quelle noch mit einer Rückbildung der Schadstofffahne zu rechnen. Von der Grundwasserverunreinigung sind private Nutzwasserbrunnen und -quellen, darunter auch ein zeitweise für Trinkwasserzwecke genutzter Hausbrunnen, betroffen. Entsprechend den Kriterien für die Prioritätenklassifizierung ergibt sich für den Altstandort die Priorität 1.

Die zur Beratung der Bundesministerin für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) in Angelegenheiten der Altlastensanierung eingerichtete Kommission hat in einer Sitzung im Juni 2022 die seitens des Umweltbundesamtes mit 25. Mai 2022 vorgelegte Gefährdungsabschätzung und Prioritäten-klassifizierung für den Altstandort „Flughafen Salzburg Feuerlöschübungsgelände“ positiv behandelt und in den Altlastenatlas als „Altlast S23 Flughafen Salzburg Feuerlöschübungsgelände“ mit der Priorität 1 aufgenommen.

Die Lage der Altlast ist in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: Übersicht, Lage der Altlast (rot) im Katasterplan (Quelle SaGis online; ohne Maßstab)

Aus diesem Grund erfolgt zur Sicherung der Altlast die Errichtung:

- einer nach Norden offenen U-förmigen Lenkwand, als Dichtwand, hergestellt im Schmalwandverfahren
- 6 Doppelbrunnen (Absenkbrunnen) zur hydraulischen Haltung samt zugehörigen Anlagenteilen,
- einer neuen Grundwasserreinigungsanlage (nachfolgend auch GRA benannt) zur Entfernung von PFAS
- einer Versickerungsanlage für PFAS-gereinigtes Grundwasser nach der GRA
- einer Oberflächenabdichtung aller unversiegelten Bereiche im Altlastenbereich inklusive Aushub- und Entsorgungsmaßnahmen von mitunter PFAS belastetem Bodenmaterial
- einer Versickerungsanlage für anfallende Niederschlagswässer aus dem Bereich der der geplanten Oberflächenabdichtung inkl. Anlagenteile
- Außerbetriebnahme von zwei bestehenden Sickeranlagen westlich Hangar 2 und Terminal 2 im Bereich der ausgewiesenen Altlast
- einer Herstellung einer Sickeranlage, zur Versickerung und Ableitung von mitunter mineralöl-verunreinigten Oberflächenwässern inkl. zugehöriger Anlagenteile als Ersatz für die aufgelassenen Sickeranlagen

Zudem wurde ein Grundwasser-Beweissicherungssystem zur Dokumentation der hydraulischen und chemischen Situation konzipiert.

2 METHODIK

2.1 METHODISCHES GRUNDKONZEPT DER BEURTEILUNG

Die tappauf.consultants GmbH wurde beauftragt, die Auswirkungen des gegenständlichen Projekts im Fachbereich Erschütterungen und sekundärer Luftschall darzustellen und zu beurteilen.

Auf Grundlage von Orthofotos sowie Lage- und Flächenwidmungsplänen und einer Befahrung des Projektgebiets erfolgt die Identifikation potenziell betroffener Objekte innerhalb innerhalb folgender definierter Pufferzonen.

- alle Gebäude (sofern diese in erster Gebäudereihe liegen) in einem zumindest 50 m breiten Bereich um mögliche Baustelleinrichtungsflächen,
- alle Objekte (sofern diese in erster Gebäudereihe liegen) bis zu einem Abstand von zumindest 150 m zu den geplanten Schmalwandherstellungen, sowie Impulsverdichtungen,
- alle Gebäude bis zu einem Abstand von zumindest 50 m zu anderen erschütterungsintensiven Bauarbeiten (siehe Abschnitt 4.1.3),
- alle Objekte (sofern diese in erster Gebäudereihe liegen) bis zu einem Abstand von 25 m zu Transportwegen und Zufahrtsstraßen von und zu den Bauflächen. Als Zufahrtsstraße gelten dabei alle Straßen im Verlauf des Weges vom höherrangigen Straßennetz bis zu oder zwischen den Baustellen bzw. zu oder zwischen den geplanten Anlagen.

Zur Vervollständigung der Beurteilung wurden darüber hinaus exemplarisch auch einzelne weiter entfernt gelegene Objekte berücksichtigt

Für diese Objekte wird – aus Sicht des Fachbereichs Erschütterungen und sekundärer Luftschall – auf Basis von Erfahrungswerten sowie unter Heranziehung der in einschlägigen Normen festgelegten Richtwerte eine Beurteilung des Projekts hinsichtlich folgender Fragestellungen durchgeführt:

- Beurteilung der Einwirkungen durch fühlbare Erschütterungsimmissionen sowie durch hörbaren sekundären Luftschall auf das Wohlbefinden von Personen in Gebäuden, die dem dauernden Wohn-, Arbeits- und/oder Erholungsaufenthalt dienen.
- Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen im Hinblick auf den Schutz von Bauwerken vor Schäden.

Für die in diesem Fachbeitrag betrachteten Einwirkungen von Erschütterungen und sekundärem Luftschall ist im gegenständlichen Projekt im Wesentlichen die Bauphase maßgebend. Dabei werden sowohl die durch die Bautätigkeiten selbst verursachten Erschütterungsimmissionen als auch jene aus dem Baustellenverkehr berücksichtigt. Für die Bauphase werden entsprechende Maßnahmen definiert.

In der Betriebsphase sind grundsätzlich die Einwirkungen infolge des Anlagenbetriebs zu beurteilen; im gegenständlichen Projekt sind diese jedoch von untergeordneter Bedeutung, da keine erschütterungsrelevante Anlagen dauerhaft betrieben werden.

2.2 ERSCHÜTTERUNGEN UND SEKUNDÄRSCHALL

Maschinenfundamente, Verkehr oder verschiedene Bauverfahren lösen Erschütterungen aus, die sich als Wellen über den Untergrund zu den Häusern ausbreiten. Dabei werden die Schwingungen an den verschiedenen Untergrundschichten gebrochen, reflektiert und in ihrem Frequenzgehalt verändert. Die Schwingungen erfahren mit zunehmender Distanz einerseits eine geometrische Dämpfung durch räumliche Ausbreitung, andererseits eine Materialdämpfung zufolge des nichtlinearen Materialverhaltens des Untergrundes.

Treffen die Erschütterungen auf die Fundamente der Gebäude, regen sie diese zum Schwingen an. Im Allgemeinen werden die Erschütterungen beim Übergang vom Baugrund auf das Gebäude, in Abhängigkeit von Gebäudemasse und Abmessungen, dabei deutlich reduziert. Dieser Ankoppelungseffekt beruht auf der Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk.

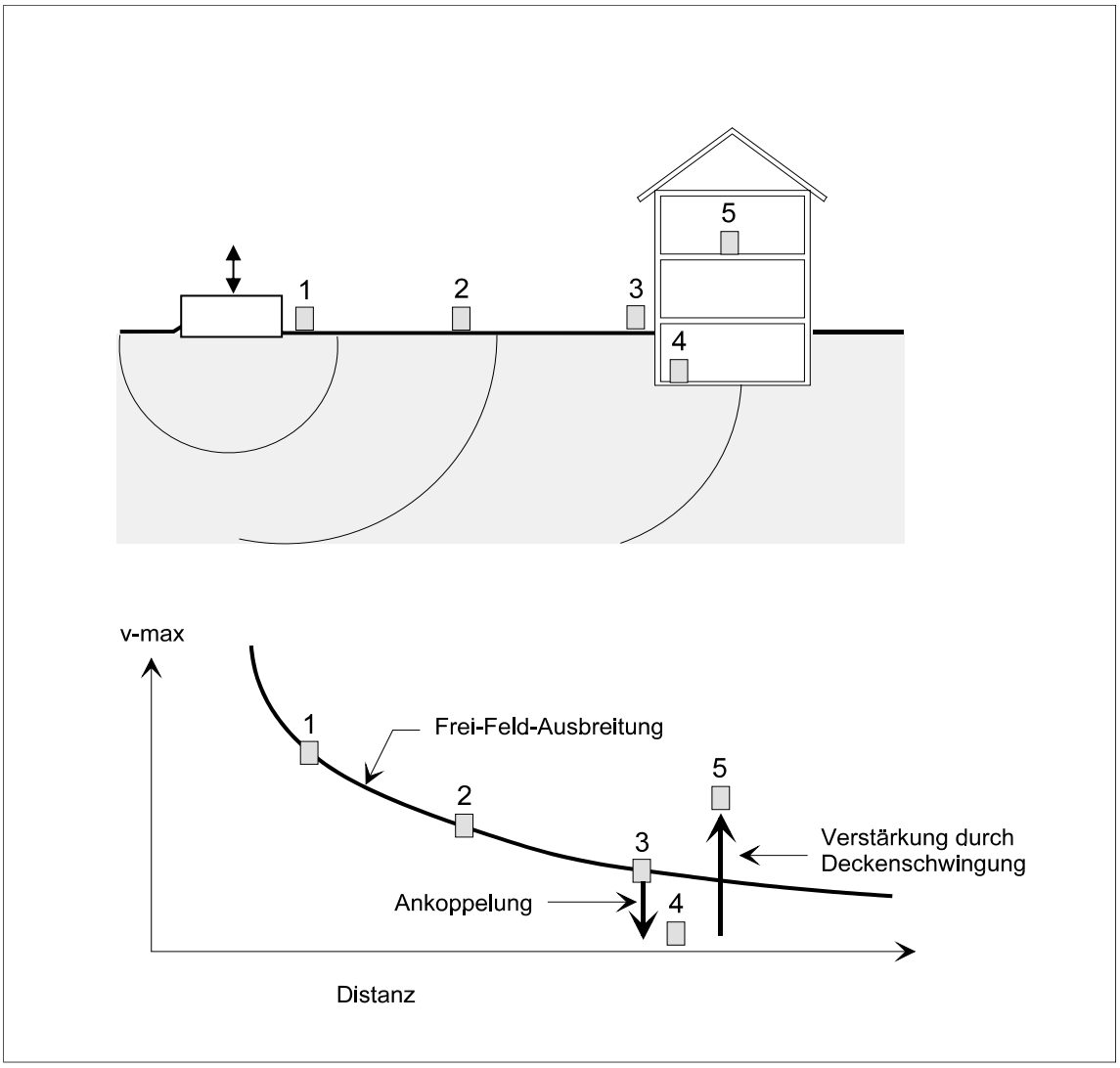

Abbildung 2: Erschütterungsausbreitung im Boden und im Gebäude

Über die Wände werden diese Schwingungen zu den unterschiedlichsten Bauteilen, vor allem aber zu den Decken geleitet, wo sie durch Resonanzeffekte verstärkt werden können.

Die Deckeneigenfrequenzen haben dabei besondere Bedeutung. Diese werden im Wesentlichen von Spannweite und Steifigkeit der Deckenkonstruktion bestimmt. Holzdecken mit großer Spannweite besitzen sehr tiefe Eigenfrequenzen. Betondecken hingegen sind wesentlich steifer als Holzdecken und besitzen höhere Eigenfrequenzen.

Vom Menschen werden die Erschütterungen in den Gebäuden in zweifacher Form wahrgenommen: Einerseits als spürbare Erschütterungen, andererseits von den Decken und Wänden abgestrahlter sekundärer Luftschall.

Erschütterungen werden vom Menschen über die Gleichgewichtsorgane und über die Haut wahrgenommen. Hierbei können Schwingungen in einem Frequenzbereich von 1 bis 80 Hz wahrgenommen werden. Schwingungen mit Frequenzen über 80 Hz werden bei kleinen Scheitelwerten zunehmend durch Schuhwerk und Kleidung absorbiert; erreichen sie den Körper, dringen sie in die an die Haut angrenzenden Körperschichten kaum noch ein. Erschütterungswerte, die vom Menschen als störend empfunden werden, liegen um ein bis zwei Größenordnungen unter den Werten, die bei Gebäuden Risse und andere leichte Bauwerksschäden hervorrufen können. Bei der Betrachtung von Erschütterungen ist daher immer mit der Einhaltung von Grenzwerten für das Wohlbefinden von Menschen auch die Einhaltung der Grenzwerte für Gebäudeschäden gesichert.

Sekundärer Luftschall wird durch Vibrationen der Gebäudedecken sowie auch der Wände verursacht. Hierbei erzeugen vor allem die vertikalen Bewegungen der Decken Druckwellen in der Luft, die vom Menschen als Dröhnen wahrgenommen werden. Der Frequenzbereich von sekundärem Luftschall kann mit 16 bis in der Regel 200 Hz angegeben werden.

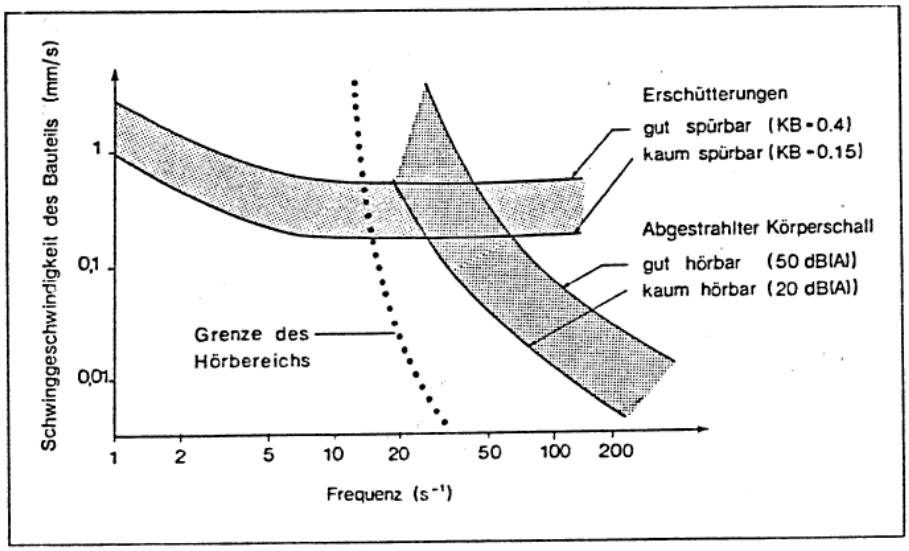

Abbildung 3: Wahrnehmung von Erschütterungen und Körperschall

2.2.1 Beurteilung von Erschütterungseinwirkung auf das Wohlbefinden des Menschen

2.2.1.1 Beurteilung der Einwirkung von Schwingungsimmissionen des landgebundenen Verkehrs auf den Menschen – ÖNORM S 9012 (2016-12-01)

Die ÖNORM S 9012 enthält Angaben zur Beurteilung der Einwirkung von Schwingungsimmissionen des landgebundenen Verkehrs auf den Menschen in Gebäuden. In dieser ÖNORM werden Beurteilungsverfahren und Beurteilungskriterien angegeben, bei deren Einhaltung in der Regel Belästigungen für Menschen vermieden, oder auf ein zumutbares Maß vermindert werden können.

Grundlage der Beurteilung der Erschütterungswahrnehmung bildet die bewertete Schwingbeschleunigung $a_{w(t)}$ gemäß ÖNORM ISO 2631-2; Grundlage für die Beurteilung des hörbaren sekundären Luftschalls bildet der abgestrahlte A-bewertete Schalldruckpegel.

Die Immissionsbeurteilung erfolgt ausschließlich für Räume in Gebäuden mit Wohnnutzung oder Arbeitsplätzen. Sie erfolgt abgestuft entsprechend der Flächenwidmung für 6 Gebietskategorien. Diese sind hinsichtlich der Erschütterungswahrnehmung entsprechend ÖNORM S 5021 festgelegt.

Es werden Richtwerte für zwei Qualitätsstufen des Immissionsschutzes angegeben:

- Guter Schutz vor Erschütterungen und sekundärem Luftschall.
- Ausreichender Schutz vor Erschütterungen und sekundärem Luftschall.

Die Richtwerte für ausreichenden Immissionsschutz beschreiben das Ausmaß der zumutbaren Immissionen und sind bei bestehenden Verkehrstrassen und bei Ausbauvorhaben anzuwenden, soweit sich diese im Bereich der Vorbelastung durch Immissionen desselben Verkehrsträgers befinden. Der Bereich der Vorbelastung wird in der Regel eine Distanz von 90 m von der Trasse beim Schienenverkehr und von 50 m beim Straßenverkehr nicht übersteigen.

Die Richtwerte für guten Immissionsschutz sind bei Neu- und Ausbauvorhaben außerhalb des Bereichs einer Vorbelastung anzuwenden.

Für die Gebietskategorien 1 bis 4, in denen Wohnnutzung vorgesehen ist, werden hinsichtlich Erschütterungen auch Richtwerte für die Nachtzeit (22:00 bis 06:00) zur Sicherung der Nachtruhe angegeben. Für andere Nutzungen sind die Richtwerte für Tag und Nacht gleich.

Für Sekundärschall gilt eine dreiteilige Zeiteinteilung (Tag 06:00–19:00, Abend 19:00–22:00, Nacht 22:00–06:00), für Erschütterungen eine zweiteilige Zeiteinteilung (Tag 06:00–22:00, Nacht 22:00–06:00)

In ÖNORM S 9012 werden 2 Beurteilungskriterien angegeben:

- Beurteilung der Maximalimmissionen (Erschütterungsmaximum Emax,i):
  Die Beurteilung der Maximalimmissionen erfolgt durch das Beurteilungs-Erschütterungsmaximum Emax der die stärksten Immissionen hervorrufenden Zuggattung oder KFZ-Type. Damit werden Belästigungen durch einzelne Spitzenwerte der Immissionen begrenzt und z.B. in Wohngebäuden Weckreaktionen vermieden.
- Beurteilung der durchschnittlichen Größe der Immissionen (Erschütterungsdosis Er):
  Die Beurteilung der durchschnittlichen Größe der Immissionen erfolgt anhand der Beurteilungs-Erschütterungsdosis Er. Diese wird für den jeweiligen Beurteilungszeitraum für den Regelfahrplan bei Zugverkehr bzw. des jährlichen durchschnittlichen täglichen Verkehrs (JDTV) bei Straßenverkehr berechnet.

Für die Beurteilung des Sekundärschalls sind sowohl der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel des gesamten Verkehrs als auch der mittlere A-bewertete Maximalpegel der lautesten Zugs- oder KFZ-Gattung für die Beurteilung heranzuziehen.

2.2.1.1.1 Beurteilung der Erschütterungsimmissionen

Beurteilung der Maximalimmissionen

Durch das Beurteilungs-Erschütterungsmaximum E_{max} wird die Belästigung durch einzelne Spitzenwerte der Immissionen begrenzt und z.B. in Wohngebäuden Weckreaktionen vermieden. Es wird nach den Richtwerten der Tabelle 1 eingestuft.

Aus den gemessenen Zeitverläufen der Schwinggeschwindigkeit v(t) oder Schwingbeschleunigung a(t), die gemäß ÖNORM ISO 2631-2 auf den Arbeitsfrequenzbereich bandbegrenzt und mit der Bewertungsfunktion W_m für die verwendete Eingangsgröße v oder a frequenzbewertet sind, wird zunächst für jede Schwingungskomponente (Schwingungsrichtung) mittels exponentieller Integration der gleitende Effektivwert $aw(t_0)$ berechnet (siehe auch Absatz 3.2 in ÖNORM S 9012:2016). Aus dem Momentanwert der W_m - bewerteten Beschleunigung $a_w(t)$ berechnet sich die W_m - bewertete Schwingbeschleunigung a_w mittels exponentieller Integration.

$$a_w(t_0) = \sqrt{\frac{1}{\tau}\int_{-\infty}^{t_0}[a_W(t)]^2 e^{\left[\frac{t-t_0}{\tau}\right]}dt} \qquad (1)$$

$a_w(t)$	Momentanwert der W_m - bewerteten Beschleunigung
τ =1 s	Integrationskonstante
t	Zeit (Integrationszeit)
t_0	Beobachtungszeitpunkt

Der Vorbeifahrts-Erschütterungsscheitelwert $a_{w,s}$ errechnet sich aus dem Maximum der resultierenden W_m - bewerteten Schwingbeschleunigung a_w während der Vorbeifahrt der i- ten Zugsgattung oder Fahrzeuggattung eines Verkehrsmittels. Aus den $a_{w,s}$ - Werten des k- ten Ereignisses der i-ten Zugs- oder Fahrzeuggattung, kann das Erschütterungsmaximum $E_{max,i}$ berechnet werden.

$$E_{\max,i} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n} a_{w,s,i,\mathrm{k}}^2} \qquad (2)$$

$E_{max,i}$ Erschütterungsmaximum der i-ten Zugsgattung oder Fahrzeuggattung

n Anzahl der Züge oder Fahrzeuge in der Gattung i

$a_{w,s,i}$ Vorbeifahrts-Erschütterungsscheitelwert des k-ten Ereignisses der i-ten Zugs- oder Fahrzeuggattung

Die Anzahl und Art der Züge, die bei Schwellwert-Registriersystemen nicht aufgezeichnet worden sind und somit die resultierende W_m-bewertete Schwingbeschleunigung aw = 3,57 mm/s² nicht erreicht haben, sind festzuhalten.

Das größte Erschütterungsmaximum - der größte $E_{max,i}$ – Wert – der i-ten Zuggattung oder Fahrzeuggattung, stellt das Beurteilungs-Erschütterungsmaximum E_{max} dar.

In Tabelle 1 sind die zulässigen Grenzwerte für das Beurteilungs-Erschütterungsmaximum E_{max} angegeben.

Gebiets-kategorie	Bezeichnung	E_{max} für ausreichenden Erschütterungsschutz		E_{max} für guten Erschütterungsschutz	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Ruhegebiet, Kurgebiet, Kranken-haus	188	18,8	94	9,4
2	Wohngebiet in Vororten, Wochen-endhaus-Gebiet, ländliches Wohn-gebiet, Schulen	250	18,8	125	9,4
3	städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftli-cher Betriebe mit Wohnungen	250	18,8	125	9,4
4	Kerngebiet, Gebiet für Betriebe ohne Erschütterungs- und Lärm-emission	310	25,0	188	12,5
5	Gebiet für Betriebe mit geringer Er-schütterungs- und Lärmemission[a]	380		250	
6	Gütererzeugungs- und Dienstleistungsstätten[a]	500		380	

[a] Ausgewiesene Ruheräume sind getrennt zu betrachten, jedoch ist eine Einordnung in die Gebietskategorie 4 anzustreben.

Tabelle 1: Richtwerte Beurteilungs-Erschütterungsmaximum E_{max} in mm/s² nach ÖNORM S 9012

Beurteilung der Gesamtimmissionen

Die Beurteilung der Gesamtimmission erfolgt mittels der Beurteilungs-Erschütterungsdosis E_r. Für jede Vorbeifahrt eines Verkehrsmittels wird die Vorbeifahrts-Erschütterungsdosis E_v, welche eine energieäquivalente W_m - bewertete Schwingbeschleunigung einer Vorbeifahrt mit der Einwirkdauer t_e darstellt, bestimmt.

$$E_v = \sqrt{\frac{1}{t_e}\int_0^{t_e} a_w^2(t)\,dt} \qquad (3)$$

E_v Vorbeifahrts-Erschütterungsdosis

t_e Einwirkdauer, in der am Messpunkt die resultierende W_m - bewertete Schwingbeschleunigung a_w>3,57 mm/s² während einer Vorbeifahrt überschritten wird. Die Angabe der Einwirkungsdauer erfolgt gerundet auf ganze Sekunden. Für $a_{w,s} \leq$ 3,57 mm/s² gilt t_e=0 s.

$a_{w(t)}$ Momentanwert der W_m - bewerteten Beschleunigung

Für jede Zuggattung i beziehungsweise KFZ - Gattung i wird zunächst der energieäquivalente Mittelwert der bewerteten Schwingbeschleunigung $a_{w,eq,i}$ aus den einzelnen Vorbeifahrten n während des Messzeitraumes berechnet.

$$a_{w,eq,i} = \sqrt{\frac{1}{t_i}\sum_{k=1}^{n} E_{v,i,k}^2 \cdot t_{e,i,k}}$$

Mit (4)

$$t_i = \sum_{j=1}^{n} t_{e,j}$$

Daraus ergibt sich der energieäquivalente Mittelwert $a_{w,eq}$ für den Beurteilungszeitraum T_r aus sämtlichen k-Zuggattungen.

$$a_{w,eq} = \sqrt{\frac{1}{T_E}\sum_{i=1}^{k} a_{w,eq,i}^2 \cdot \frac{t_i \cdot m_i}{n_i}}$$

mit (5)

$$T_E = \sum_{i=1}^{k} \frac{t_i \cdot m_i}{n_i}$$

Die Beurteilungs-Erschütterungsdosis E_r ergibt sich mit dem Beurteilungszeitraum T_r gemäß:

$$E_r = a_{w,eq}\sqrt{\frac{T_E}{T_r}} \quad (6)$$

T_r Zeitraum, der für die Beurteilung herangezogen wird (z.B.: Nachtzeitraum mit 8 Stunden)

T_E Einwirkungsdauer aller Züge oder Kraftfahrzeuge während des Beurteilungszeitraums

m_i Anzahl der Züge der Zuggattung i bzw. KFZ- Gattung i während des Beurteilungszeitraum T_r

n_i Anzahl der Züge der Zuggattung i bzw. KFZ- Gattung i während des Messzeitraumes

Die für den Regelfahrplan bei Zugsverkehr bzw. des jährlichen durchschnittlichen täglichen Verkehrs (JDTV) bei Straßenverkehr des Beurteilungszeitraumes berechnete Beurteilungs-Erschütterungsdosis E_r ist nach Tabelle 2 einzustufen.

Für den Zeitabschnitt Nacht ist für T_E<450 s der Wert T_E=450 s einzusetzen.

Gebiets-kategorie	Bezeichnung	Richtwert für ausreichenden Erschütterungsschutz		Richtwert für guten Erschütterungsschutz	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht
1	Ruhegebiet, Kurgebiet	1,65	1,59	0,85	0,84
2	Wohngebiet in Vororten, Wochenendhaus-Gebiet, ländliches Wohngebiet	2,2	1,59	1,12	0,84
3	städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen	2,2	1,59	1,12	0,84
4	Kerngebiet (Büros, Geschäfte Handel, Verwaltung ohne wesentliche Emission, Wohnungen), Gebiet für Betriebe ohne Erschütterungsemission	2,7	2,1	1,65	1,09
5	Gebiet für Betriebe (gewerbliche und industrielle Gütererzeugung und Dienstleistungsstätten) mit geringer Erschütterungsemission[a]	3,2		2,2	
6	Gütererzeugungs- und Dienstleistungsstätten mit großer Erschütterungsemission[a]	5,0		3,2	

[a] Ausgewiesene Ruheräume sind getrennt zu betrachten, jedoch ist eine Einordnung in die Gebietskategorie 4 anzustreben.

Tabelle 2: Richtwerte der maximalen zulässigen Beurteilungs-Erschütterungsdosis E_r

2.2.1.1.2 Beurteilung der sekundären Luftschallimmissionen

Im Fall von oberirdischen Strecken dominiert meist der direkte Luftschall.

Mittlerer A-bewerteter Maximalpegel $L_{A,max,m}$

Die Beurteilung erfolgt mittels dem mittleren A-bewerteten Maximalpegel $L_{A,max,m}$, der einen energetischen Mittelwert der A-bewerteten Maximalpegel von n Zügen einer Zuggattung oder n Fahrzeugen einer KFZ-Type darstellt.

$$L_{A,max,m} = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} 10^{\frac{L_{A,max,i}}{10}} \quad \text{in dB} \qquad (7)$$

$L_{A,max,m}$ mittlerer A-bewerteter Maximalpegel

n Anzahl der Züge einer Zuggattung oder Fahrzeuge einer KFZ-Type

$L_{A,max,j}$ maximaler A-bewerteter Schalldruckpegel, der bei der Vorbeifahrt eines Zuges oder Kraftfahrzeuges mit der Anzeigedynamik „slow“ gemessen wird

Der mittlere A-bewertete Maximalpegel $L_{A,max,m}$ der lautesten Zuggattung oder KFZ-Type darf die in Tabelle 3 für ausreichenden Schallschutz und die in Tabelle 4 für guten Schallschutz angegebenen Werte nicht übersteigen.

Gebiets-kategorie	Mittlerer A-bewerteter Maximalpegel in dB			
	Werktag		Sonn- und Feiertag	Alle Tage
	Tagzeit 06:00 Uhr bis 19:00 Uhr	Abendzeit 19:00 Uhr bis 22:00 Uhr	Tag- und Abendzeit 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr	Nachtzeit 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr
1	40	35	35	30[a]
2	45	40	40	35[a]
3	45	40	40	35[a]
4	50	45	45	40[a]
5	50	50	50	50
6[b]	–	–	–	–

[a] Wenn ÖPNV-Verkehrsmittel in der Nachtzeit eine etwa vierstündige Betriebspause einhalten, dürfen die Werte der Abendzeiten auch für die restlichen Nachtzeiten als Beurteilungskriterien herangezogen werden.

[b] Es sind jedenfalls die Bestimmungen der VOLV einzuhalten.

Tabelle 3: Beurteilungskriterien für den mittleren A-bewerteten Maximalschallpegel für ausreichenden Schallschutz, in dB

Gebiets-kategorie	Mittlerer A-bewerteter Maximalpegel in dB			
	Werktag		Sonn- und Feiertag	Alle Tage
	Tagzeit 06:00 Uhr bis 19:00 Uhr	Abendzeit 19:00 Uhr bis 22:00 Uhr	Tag- und Abendzeit 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr	Nachtzeit 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr
1	35	30	30	25[a]
2	40	35	35	30[a]
3	40	35	35	30[a]
4	45	40	40	35[a]
5	45	45	45	45
6[b]	–	–	–	–

[a] Wenn ÖPNV-Verkehrsmittel in der Nachtzeit eine etwa vierstündige Betriebspause einhalten, dürfen die Werte der Abendzeiten auch für die restlichen Nachtzeiten als Beurteilungskriterien herangezogen werden.

[b] Es sind jedenfalls die Bestimmungen der VOLV einzuhalten.

Tabelle 4: Beurteilungskriterien für den mittleren A-bewerteten Maximalschallpegel für guten Schallschutz, in dB

2.2.1.2 RVE 04.02.04 Erschütterungen und sekundärer Luftschall bei Bauarbeiten an Eisenbahnanlagen

2.2.1.2.1 Anwendungsbereich

Diese RVE beschreibt die Ermittlung und Beurteilung von Erschütterungen und sekundärem Luftschall bei Errichtungs-, Instandhaltungs- und Erneuerungsarbeiten im Bereich von Eisenbahnstrecken sowie Maßnahmen zu deren Reduktion. Die Beurteilung erfolgt dabei getrennt nach den Schutzzielen der Gebäude und der Menschen in Gebäuden mit Wohnnutzung. Mangels anderer Vorschriften werden die darin beschriebenen Vorgehensweisen für das gegenständliche Projekt herangezogen.

Sekundäreffekte im Raum, die durch Erschütterungsimmissionen entstehen können, wie z.B. Schwingungen von Pflanzen, Gläserklirren, Klappern von Fenstern und Türen sind nicht in die Beurteilung dieser RVE einzubeziehen. Diese RVE gilt nicht für spezielle Anwendungen wie z.B. erschütterungsempfindliche Geräte in Objekten, Krankenhäuser usw.

2.2.1.2.2 Messtechnische Erfassung von Erschütterungen und sekundärem Luftschall

Die Durchführung von Messungen und deren Auswertungen von durch Schienenverkehr verursachten Erschütterungen und sekundärem Luftschall ist in der RVE 04.02.01 geregelt. Mangels anderer Vorschriften werden die darin beschriebenen Vorgehensweisen für das gegenständliche Projekt herangezogen.

2.2.1.2.2.1 Messeinrichtung und Messgrößen

Zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude wird die Verwendung der Schwinggeschwindigkeit (Schnelle) bevorzugt. Bei der Beurteilung der Einwirkung auf den Menschen wird üblicherweise die w_m-bewertete Schwingbeschleunigung herangezogen, da diese – unter Beaufschlagung mit der jeweiligen Filterkurve gemäß ÖNORM ISO 2631-1 – ein lineares Maß für die Reaktion des Menschen auf verschiedene Schwingungseinwirkungen darstellt.

2.2.1.2.2.2 Messort und Ankopplung der Sensoren

Die Erfassung der Schwingungskenngröße am Beurteilungsort hat am Punkt mit der stärksten maßgebenden Einwirkung zu erfolgen. Für Gebäude ist dies ein Punkt am Objekt im Fundamentbereich möglichst nahe an der Erschütterungsquelle. Für Menschen befindet sich der Beurteilungspunkt in den Wohnräumen und hier üblicherweise in Deckenmitte, wo die Spannweite und folglich die vertikale Schwingungsamplitude am größten ist.

Sind die jeweiligen Immissionsmesspunkte aus technischen oder rechtlichen Gründen nicht zugänglich, so ist ein adäquater Ersatzmesspunkt zu definieren, von dem aus gemäß dem aktuellen Stand der Technik und Kenntnis der vorliegenden Boden-/Bauwerkseigenschaften auf die vorherrschenden Immissionen am interessierenden Immissionspunkt hochgerechnet werden kann.

Für die Beurteilung von Erschütterungen zum Schutz von Menschen in Gebäuden werden in Anlehnung an die ÖNORM S 9012 die Beurteilungszeiträume Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) herangezogen.

Für die Beurteilung von sekundärem Luftschall zum Schutz von Menschen in Gebäuden werden in Anlehnung an die ÖNORM S 9012 die Beurteilungszeiträume Tag (06:00 Uhr bis 19:00 Uhr), Abend (19:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) herangezogen.

2.2.1.2.2.3 Erschütterungsmonitoring

Nur durch ein kontinuierliches Erschütterungsmonitoring im zu überwachenden Objekt lässt sich die Einhaltung der Richtwerte während erschütterungsintensiver Bauarbeiten zweifelsfrei nachweisen. Die Messungen erfolgen hierbei in den repräsentativ ausgewählten Bauwerken. Das Monitoring hat durch eine vom Bauausführenden unabhängige Organisation zu erfolgen. Die Ergebnisse des Erschütterungsmonitorings dienen zur Kontrolle und ermöglichen eine zeitgerechte Steuerung der Baumaßnahmen durch die ausführenden Baufirmen.

2.2.1.2.3 Bemessungsziele und Beurteilungsverfahren zum Schutz von Bauwerken

2.2.1.2.3.1 Schutzziele

Das Ziel ist der Schutz von baulichen Anlagen vor Schäden, die durch Erschütterungen verursacht werden. Als Schäden gelten bleibende Folgen, die zu einer Verminderung der Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken oder Bauteilen führen. Bei Baudenkmälern, Wohn- Büro- und Geschäftsbauten können in diesem Sinne auch visuell erkennbare Schäden (z.B. Risse mit einer Breite > 0,1 mm) die Gebrauchstauglichkeit mindern. Bei Industrie- und Infrastrukturbauten bilden Beeinträchtigungen der Gebrauchstauglichkeit und Standsicherheit die Beurteilungskriterien.

2.2.1.2.3.2 Beurteilungsstufen

Die Erschütterungswirkung auf ober- und unterirdische Objekte ist gemäß ÖNORM S 9020 zu beurteilen. Dabei sind vier Stufen unterschiedlicher Analysetiefe zu unterscheiden (s. Tabelle 5).

Stufe	Bezeichnung	Beurteilungsgrundlagen
1	Geringfügige Erschütterungen	Erfahrungswerte
2	Näherungsuntersuchung	Klassifizierung der Gebäudeempfindlichkeit und Abschätzung der zu erwartenden Erschütterungen
3	Erschütterungsmessungen	Fundamentmessungen sowie Klassifizierung der Erschütterungen und der Gebäudeempfindlichkeit
4	Verformungsuntersuchung	Messung der Erschütterungen und der Ausbreitungsgeschwindigkeit in dem betroffenen Bauteil, Untergrund usw.

Tabelle 5: Beurteilungsstufen für Bauwerkserschütterungen

Geringfügige Erschütterungen (Stufe 1)

Als bautechnisch irrelevant gelten Erschütterungen, deren maximale resultierende Schwinggeschwindigkeit vR,max = 2,5 mm/s im Fundamentbereich bzw. Erschütterungen, die eine alltägliche Vorbelastung des betroffenen Objekts nicht übersteigen. Wie die Erfahrung zeigt, werden die Erschütterungen von Baumaschinen diesen Betrag i.d.R. in Entfernungen von mehr als 50 m und bei Gleisbaumaschinen zur Instandhaltung von mehr als 12 m von der Gleisachse nicht überschreiten. Bei Sprengarbeiten ist diese Entfernung lademengenabhängig und ergibt sich aus ÖNORM S 9020, Anhang D. Obwohl Erschütterungen dieser Stärke für Bauwerke bedeutungslos sind, sind diese von Personen bereits gut spürbar.

Näherungsuntersuchung (Stufe 2)

Für die Näherungsuntersuchungen ist eine Abschätzung der zu erwartenden Erschütterungen am Gebäudefundament durchzuführen. Für die Festlegung der Erschütterungsbelastbarkeit des zu beurteilenden Objekts ist dessen Empfindlichkeitsklasse gemäß ÖNORM S 9020 zu klassifizieren. Die zu erwartenden Erschütterungen am Gebäudefundament sind unter Berücksichtigung eines Sicherheitsmaßes gemäß RVE 04.02.02 den Richtwerten der maximal zulässigen resultierenden Schwinggeschwindigkeit $v_{R,max}$ gemäß ÖNORM S 9020 gegenüberzustellen.

Beurteilung durch Erschütterungsmessungen (Stufe 3)

Bei den Messungen ist gemäß RVE 04.02.01 vorzugehen. Sie haben im Bereich der Fundamente des zu schützenden Objekts auf Baustellenseite zu erfolgen. Die Richtwerte der maximal zulässigen resultierenden Schwinggeschwindigkeit $v_{R,max}$ gemäß ÖNORM S 9020 sind zur Beurteilung heranzuziehen.

Verformungsuntersuchung (Stufe 4)

Die Erschütterungsrichtwerte der Stufe 3 sind sehr konservativ und können ohne Schadensgefährdung dann überschritten werden, wenn durch eine Verformungsuntersuchung die tatsächliche dynamische Spannungsbelastung eines Bauwerks/Bauteils ermittelt wird und somit individuell auf dieses Bauwerk bezogene Grenzwerte festgelegt werden können. Im Hinblick auf den dabei erforderlichen Untersuchungsaufwand wird empfohlen, im Regelfall das Beurteilungsverfahren der Stufe 3 zu verwenden.

2.2.1.2.3.3 Vorbeuge- und Beweissicherungsmaßnahmen

Bei regelmäßig wiederkehrenden Instandhaltungsarbeiten werden i.d.R. keine Beweissicherungsmaßnahmen erforderlich sein.

Gebäude-Empfindlichkeitsklassifizierung

Vor Beginn von erschütterungsintensiven Bauarbeiten ist es erforderlich, zumindest dem Augenschein nach der Zuordnung der benachbarten Gebäude zu den Gebäudeempfindlichkeitsklassen gemäß der ÖNORM S 9020 vorzunehmen, um die möglichen Auswirkungen der vorgesehenen Arbeiten qualitativ im Voraus abschätzen zu können.

Risskartierung

Je nach Art und Umfang der Baumaßnahmen empfiehlt es sich, Maßnahmen zur Beweissicherung zu setzen. Dazu gehört vor Baubeginn die Durchführung von Risskartierungen der zu schützenden Objekte. I.d.R. sind dabei Gebäude im Umkreis von 50 m zu berücksichtigen. Jedoch kann es sinnvoll sein, von ihrer Bausubstanz oder Bedeutung her besonders sensible Gebäude auch in größerer Entfernung zu erfassen.

Beweissicherungs-Erschütterungsmessungen

Die Beweissicherung von Gebäuden bezüglich Erschütterungsschäden kann nur durch Erschütterungsmessungen während der Dauer der erschütterungsintensiven Bauarbeiten erfolgen. Nur so kann nachgewiesen werden, dass die Richtwerte zur Verhinderung von durch Erschütterungen verursachten Gebäudeschäden tatsächlich eingehalten worden sind.

Diese Beweissicherung ist auf jeden Fall bei Sprengarbeiten in weniger als 100 m Distanz sowie beim Bohlenrammen/-ziehen und anderen Arbeiten mit vergleichbarem schwerem Tiefbaugerät in weniger als 30 m Distanz vorzunehmen. Empfehlenswert ist eine Beweissicherung im Falle nachdrücklicher Beschwerden.

Diese Beweissicherung ist jedenfalls verzichtbar, wenn offensichtlich ist, dass die Erschütterungsmaxima den Irrelevanzbereich für Bauwerksschäden bzw. die alltägliche Vorbelastung des betroffenen Objekts nicht überschreiten.

2.2.1.2.4 Beurteilung zum Schutz von Menschen in Gebäuden

2.2.1.2.4.1 Zulässige Erschütterungsimmissionen

Für die Wohnbevölkerung in benachbarten Gebäuden sind Erschütterungen darüber hinausgehend auf ein zumutbares Ausmaß zu begrenzen. Für Baustellenerschütterungen bilden neben der Stärke und der Einwirkungszeit (Tag und Nacht) insbesondere der absehbare, durch die Baudauer begrenzte Zeitraum der Einwirkung der Erschütterungen die Kriterien der Belästigung. Aufbauend auf dem Verfahren gemäß ÖNORM S 9012 werden daher im Folgenden Immissionsrichtwerte für den Tag- und Nachtzeitraum bei unterschiedlicher Baudauer angegeben. Welche Stufe der Bauzeitdauer anzuwenden ist, ergibt sich aus der Gesamtzahl der einzelnen Arbeitstage mit erschütterungsintensiven Bauarbeiten je Kalenderjahr. Diese erschütterungsintensiven Arbeitstage sind immer auf die im Umkreis der Arbeitsstelle gelegene Bebauung bezogen.

In der RVE 04.02.04 werden folgende vier Bauzeitdauer-Intervalle unterschieden:

- 1 Tag
- 2 bis 5 Tage
- bis 25 Tage
- 26 bis 78 Tage

Wenn erschütterungsintensive Arbeiten an einer Arbeitsstelle länger als 78 Tage dauern, sind die Richtwerte für ausreichenden Erschütterungsschutz gemäß ÖNORM S 9012 zu verwenden.

Zur Überprüfung der Erschütterungsimmissionen im Wohnbereich darf die Messung nach einem vereinfachten Verfahren am Fundament erfolgen, bei dem lediglich $v_{R,max}$ überprüft wird. Diese Regelung ist erforderlich, weil unbemannte Dauerüberwachungen mit automatischer

Alarmierung nur im Fundamentbereich messpraktisch durchführbar sind (Störereignisse im Wohnbereich, Beeinträchtigung der Wohnnutzung des Anrainers). Bei diesem Verfahren soll abgeschätzt werden, ob auf den Geschoßdecken maximale Beschleunigungen von mehr als 1 g erreicht werden. In diesem Fall können nicht verankerte Objekte (z.B. Kästen, Tische, etc.) von der Geschoßdecke abheben und zu wandern beginnen. Die maximale Schwinggeschwindigkeit auf der Geschoßdecke kann hierfür durch Multiplikation der Schwinggeschwindigkeit am Fundament mit dem Faktor V = 2,5 abgeschätzt werden. Im Fall von monofrequenten Erschütterungen soll V = 10 angesetzt werden.

Bei Vorliegen von Beschwerden oder Bedenken sind die Immissionen – zum Nachweis der Einhaltung der Richtwerte – zusätzlich auf den Geschoßdecken zu messen. Solche Messungen erfolgen oft bemannt und eventuell nur über einen beschränkten Zeitraum. Wird bei dieser Messung das Übertragungsverhalten Fundament – Geschoßdecke messtechnisch bestimmt, kann die weitere Überwachung am Fundament erfolgen. Die gemessenen Fundamentwerte sind dann regelmäßig auf die Geschoßdecke hochzurechnen (E_{max} und ggf. E_r). Unterscheiden sich die Beurteilung der Messungen am Fundament und auf der Geschoßdecke, sind die Messergebnisse auf der Geschoßdecke maßgebend. In diesem Fall sind entsprechend den Einwirkungstagen gegenüber dem ausreichenden Erschütterungsschutz gemäß ÖNORM S 9012 erhöhte Richtwerte zulässig. Das Kriterium E_{max} wird hierbei durch den Faktor A erhöht und das Kriterium E_r durch den Faktor B, siehe Tabelle 6. Die Einhaltung des E_{max} Kriteriums bezieht sich auf den stärksten Erschütterungsscheitelwert $a_{w,s}$ und nicht auf ein mittleres Maximum.

Für die Prognose der voraussichtlichen Einwirkungen in der Bauphase in Genehmigungsverfahren darf ebenfalls auf Erfahrungswerte $v_{R,max}$ am Fundament zurückgegriffen werden.

Zeile	Einwirkungstage / Kalenderjahr [d]	Beurteilungs-periode	$v_{R,max,Fund}$ [mm/s]	Faktor A für E_{max}	Faktor B für E_r
1	26 bis 78	Tag	12,0	1,25	1,25
		Nacht	0,70	1,25	1,25
2	6 bis 25	Tag	16,0	1,50	1,50
		Nacht	0,70	1,50	1,50
3	2 bis 5	Tag	21,0	1,75	Beurteilung nur nach E_{max}
		Nacht	1,0	1,75	
4	1	Tag	21,0	2,00	

Tabelle 6: Zulässige $v_{R,max,Fund}$ -Werte im Falle einer Fundamentmessung und Faktoren für E_{max} bzw. E_r im Falle einer Wohnbereichsmessung in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer

Dabei sind alle einzelnen erschütterungsintensiven Arbeitstage eines Bauvorhabens aufzusummieren, auch wenn sie nicht unmittelbar aufeinanderfolgen. Dementsprechend dürfen innerhalb eines Kalenderjahres an einem Tag/einer Nacht der Richtwert in Zeile 4, weitere 4 Tage der Richtwert in Zeile 3, weitere 20 Tage der Richtwert in Zeile 2 sowie weitere 53 Tage der Richtwert in Zeile 1 erreicht werden.

Auf die Einhaltung der Beurteilungs-Erschütterungsdosis ist nur im Fall von mehr als 5 Einwirkungstagen pro Kalenderjahr zu achten. Bei weniger Einwirkungstagen ist nur der Richtwert E_{max} maßgebend. In keinem Fall darf jedoch der Auslösegrenzwert gemäß VOLV für Ganzkörperschwingungen von 0,5 m/s² überschritten werden.

Der zugrunde liegenden Regressionsformel (ohne Sicherheitsfaktor) liegt ein mittlerer Verstärkungsfaktor V = 2,5 zwischen den Schwinggeschwindigkeitswerten auf dem Fundament und auf der Decke zu Grunde. Falls eine monofrequente Bauerschütterung vorliegt und Gebäudedecken mit einer Eigenfrequenz gleich der Anregungsfrequenz vorhanden sind, ist von einem Verstärkungsfaktor V = 10 auszugehen. In diesem Fall sind die in Tabelle 6 angegebenen Werte für $v_{R,max,Fund}$ zu hoch. Der zulässige $v_{R,max,Fund}$ Wert ergibt sich im Fall einer monofrequenten Anregung folglich durch Multiplikation mit 0,25.

2.2.1.2.4.2 Sekundärer Luftschall

Bei Errichtungs-, Instandhaltungs- und Erneuerungsarbeiten auf Baustellen ober Tage ist i.d.R. der direkte Luftschall dominant und der sekundäre Luftschall bleibt meist vernachlässigbar. Bei Tunnelbaustellen hingegen können Vortriebssprengungen und andere Bauarbeiten (Bohrarbeiten, Rohrschirme, Tunnelbagger, TVM usw.) deutliche Sekundärschallimmissionen bewirken, die zudem diese auch in größeren Entfernungen noch störender wirken als die fühlbaren Erschütterungsimmissionen.

Durch die Regressionsanalyse ergibt sich folgende Abhängigkeit des Spitzenpegels $L_{A,max}$ von der Schwinggeschwindigkeit v_{max} unter Berücksichtigung des Sicherheitszuschlags von 3 dB:

$$L_{A,max} = 50,5 + 12,5 \cdot \ln(v_{max})$$

Basierend auf den bisherigen Erkenntnissen werden folgende Richtwerte für den sekundären Luftschall festgelegt:

- Tag Spitzenpegel: 80 dB(A); ausschließlich gültig für Sprengungen
- Nacht Sprengungen: $L_{A,max}$ = 55 dB(A)
- Nacht Dauergeräusche: $L_{A,eq,1h}$ = 35 dB(A).

Bei sonstigen Errichtungs-, Instandhaltungs- und Erneuerungsarbeiten wird i.d.R. der direkte Luftschall dominieren. Der sekundäre Luftschall kann somit meist vernachlässigt werden.

2.2.1.2.5 Mögliche Maßnahmen zur Minderung der Belästigung durch Erschütterungen und sekundärem Luftschall bei Bau- und Instandhaltungsarbeiten

In der RVE 04.02.04 werden folgende Maßnahmen definiert.

Organisatorische und technische Maßnahmen:

- Information der Betroffenen über die Art und Dauer (Gesamtdauer und Einsatzzeit) sowie über die Größe der zu erwartenden Erschütterungen
- Aufklärung der Betroffenen über den Zweck und die Unvermeidlichkeit der Bauarbeiten bzw. der Erschütterungen während dieser Arbeiten
- Betriebliche bzw. organisatorische Maßnahmen, z.B. Einhalten definierter Pausen- und Ruhezeiten, langsame Steigerung der dynamischen Anregung zur Vermeidung von Schreckreaktionen
- Benennung einer Ansprechperson oder eines Ombudsmanns, der im Anlassfall kontaktiert werden kann
- Angebot von Ausweichquartieren in Fällen besonders hoher Erschütterungsbelastung (insbesondere bei hoher nächtlicher Belastung oder langer Einwirkungsdauer)
- Information der Betroffenen über die Schadenswirkung von Erschütterungen auf Gebäude
- Nachweis der tatsächlich auftretenden Erschütterungen im Wohnbereich (ab Beurteilungsstufe 3)

Reduktion der Emission

- Optimierung der Arbeitszeiten
- Begrenzung der täglichen Einwirkungsdauer
- Wahl von erschütterungsarmen Baugeräten, sofern technisch verfügbar und wirtschaftlich vertretbar

Schutzmaßnahmen am Immissionsort

I.d.R. sind bauliche Schutzmaßnahmen am Immissionsort mit unverhältnismäßig hohem Aufwand verbunden und aufgrund der zeitlich begrenzten Einwirkungsdauer der Erschütterungen aus Bau- und Instandhaltungsarbeiten organisatorisch und wirtschaftlich nicht zielführend.

2.2.1.3 Festlegung von Richtwerten

2.2.1.3.1 Betriebsphase

Für die Betriebsphase wird guter Erschütterungsschutz und Sekundärschallschutz gem. ÖNORM S9012 als Bemessungsziel festgelegt.

2.2.1.3.2 Bauphase

Für die Beschränkung der Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen während der Bauphase fehlen strenge normative Grenzwerte.

Die RVE 04.02.04 beschreibt die Ermittlung und Beurteilung von Erschütterungen und sekundärem Luftschall bei Errichtungs-, Instandhaltungs- und Erneuerungsarbeiten im Bereich von Eisenbahnstrecken. Mangels anderer Vorschriften werden die darin beschriebenen Richtwerte für das gegenständliche Projekt herangezogen.

Wenn erschütterungsintensive Arbeiten an einer Arbeitsstelle länger als 78 Tage dauern, werden folgende Richtwerte herangezogen:

- Es erfolgt eine Unterscheidung in den Beurteilungszeitraum Tag (06:00-22:00) und Nacht. (22:00-06:00), da in der Nacht kein Arbeiten erfolgen, entfällt die Festlegung dafür.
- Im Beurteilungszeitraum Tag ist ein „Erschrecken“ der betroffenen Anrainer zu vermeiden. Die Grenze des Erschreckens ist maßgebend davon abhängig, ob eine Person auf die Erschütterungs- und Sekundärschallimmissionen vorbereitet ist, oder ob die Immissionen unerwartet auftreten. In der ÖNORM S 9012 wird für Gebietskategorie 2 – Wohngebiet in Vororten, Wochenendhausgebiet, ländliches Wohngebiet, Schulen – das höchste zulässige Beurteilungs-Erschütterungsmaximum am Tag mit E_{max} = 250 mm/s² beschränkt. Für vereinzelte kurzzeitige Erschütterungsspitzen kann davon ausgegangen werden, dass Tags durch kurzzeitige Erschütterungsspitzen mit E_{max} = 250 mm/s² keine gefährlichen Schreckreaktionen ausgelöst werden.
- Für länger andauernde Erschütterungen gilt in der Bauphase ausreichender Erschütterungsschutz gem. ÖNORM S 9012 - unter Berücksichtigung der entsprechenden Faktoren B der RVE 04.02.04. Bei Einhaltung dieser Grenzwerte ist die Einhaltung der Grenzwerte gemäß VOLV (Die VOLV ist eine Verordnung, die auf den Schutz von ArbeitnehmerInnen vor Lärm und Vibrationen abzielt.) sichergestellt.

Bei den Immissionen während der Bauphase spielt der sekundäre Luftschall gegenüber den Erschütterungen im Normalfall eine untergeordnete Rolle. Für körperschallintensive Bauarbeiten werden - basierend auf bisherigen Verfahren - folgende Richtwerte für den sekundären Luftschall festgelegt:

- Tag Spitzenpegel: 80 dB(A);
- Nachtwerte entfallen, da in der Nachtzeit keine Bauarbeiten erfolgen.

2.2.2 Beurteilung von Erschütterungseinwirkung auf bauliche Anlagen

Im Gegensatz zur Betriebsphase können in der Bauphase auch Erschütterungen auftreten, die Gebäudeschäden verursachen können. Die ÖNORM S 9020 enthält Angaben für die Beurteilung der Einwirkungen, welche über den Untergrund in Bauwerke eingeleitet werden. In dieser Norm sind Erschütterungsrichtwerte angegeben, bei deren Einhaltung Schäden an den betroffenen Gebäuden vermieden werden und die Durchführung der Arbeiten, welche diese Erschütterungen auslösen, nicht in unnötiger Weise behindert werden.

2.2.2.1 Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude ÖNORM S 9020

Die ÖNORM S 9020 enthält Angaben für die Beurteilung der Einwirkungen von Erschütterungen (infolge von Sprengungen, stationären und ortsveränderbaren Maschinen und straßen- und schienengebundenen Verkehr) auf Bauwerke.

Das Ziel ist der Schutz von baulichen Anlagen vor Schäden, die durch Erschütterungen verursacht werden. Dazu werden Verfahren und Richtwerte angegeben, einerseits um die Gebrauchstauglichkeit des Bauwerkes aufrechtzuerhalten und anderseits, um Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken zu vermeiden. Bei Hochbauten für Wohn- und Büronutzungen sowie Baudenkmälern gelten auch Schönheitsschäden (Risse u. dgl.) als Minderung des Gebrauchswertes.

Der Mensch kann Erschütterungen als stark beurteilen oder als lästig empfinden, auch wenn sie für ein Bauwerk noch unschädlich sind. Bei gleichzeitiger Wahrnehmung von Geräuschen (Explosionsknall, Rammschlag, Verkehrslärm u. dgl.) wird die Erschütterungsstärke zusätzlich oft überschätzt. Die subjektive Beurteilung der Erschütterungen ist deshalb kein zuverlässiges Maß zur Beurteilung des Einflusses der Erschütterung auf das Bauwerk.

In ÖNORM S 9020 findet sich wie in Tabelle 7 angegeben ein mehrstufiger Beurteilungsprozess.

Beurteilungsmethode oder -kriterium	Beurteilungsgrundlage	Berücksichtigung der Bauweise	Berücksichtigung des Untergrunds
geringfügige Erschütterungen	Erfahrungswerte	–	–
Beurteilung anhand von Erschütterungsmessungen	Erschütterungs-messungen im Fundament	Empfindlichkeits-klassen der Bauwerke	–
Spannungs-/ Verformungsuntersuchung	Erschütterungs-messungen im Funda-ment und im Bereich der stärksten Bauwerks-/ Bauteil-Schwingungen	Ausbreitungs-geschwindigkeit im Bauteil	Ausbreitungs-geschwindigkeit im Untergrund

Tabelle 7: Gliederung der Beurteilungsverfahren (Tabelle 6 in ÖNORM S 9020)

2.2.2.1.1 Geringfügige Erschütterungen

Geringfügige Erschütterungen - als bautechnisch irrelevant sind jedenfalls Erschütterungen anzusehen, deren maximale resultierende Schwinggeschwindigkeit 2,5 mm/s nicht übersteigt

– können auf Basis von Erfahrungswerten, wie z.B. Abstands- Lademengen-Beziehungen oder Mindestdistanzen zu Verkehrsstrecken, beurteilt werden.

2.2.2.1.2 Erschütterungsmessungen

Wenn der Bereich der geringfügigen Erschütterungen überschritten wird, hat die Beurteilung auf Basis von Erschütterungsmessungen zu erfolgen.

Erschütterungsmessungen erfolgen dort, wo die Erschütterungen in das Gebäude eingeleitet werden, d.h. im Fundamentbereich an der Erschütterungsquelle nächstgelegenen Bauwerksseite (Vorsprünge oder Nischen im Fundamentbereich, Fensterbänke tiefer gelegener Kellerfenster u. dgl.).

Als Beurteilungsgröße wird die Schwinggeschwindigkeit verwendet. Es werden die Schwinggeschwindigkeiten in x-, y- und z- Richtung registriert. Die maßgebliche Beurteilungsgröße bildet der Scheitelwert der resultierenden Schwinggeschwindigkeit $v_{R, max}$.

Bei Messungen in Obergeschoßen auf Zimmerböden können infolge der Biegeschwingungen der Deckenkonstruktion höhere Schwinggeschwindigkeiten auftreten. Derartige Effekte sind bei der Richtwertfestlegung durch die Empfindlichkeitsklasseneinteilung bereits berücksichtigt. Diese Messungen sind für die Beurteilung der Verformungen heranzuziehen.

Die Beurteilung von Bauwerkserschütterungen hat anhand von Richtwerten in Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Bauwerks sowie der Häufigkeit und Andauer der Erschütterungen zu erfolgen.

2.2.2.1.2.1 Bauwerksklassen

Das Schwingungsverhalten eines Bauwerks im Allgemeinen und die Erschütterungsempfindlichkeit im Besonderen werden von verschiedenen Faktoren (Abmessungen, Baumaterial, Fundierungsart, Untergrund u. dgl.) beeinflusst. Zum Zweck der Beurteilung sind die Bauwerke in Empfindlichkeitsklassen einzuteilen. Die Klassifizierung der Bauwerke hat unter der Voraussetzung zu erfolgen, dass die Bauwerke nach den allgemeinen Regeln der Bautechnik gebaut und sachgerecht erhalten sind.

Im begründeten Ausnahmefall (z.B. denkmalgeschütztes Objekt in ausgezeichnetem Bauzustand) darf ein Bauwerk in eine andere Empfindlichkeitsklasse eingestuft werden.

Empfind-lichkeits-klasse	Beschreibung	Beispiele aus dem Tiefbau
0	sehr wenig empfindlich	– Verkehrsinfrastruktur, – Stützbauwerke aus Beton, Stahlbeton oder massivem Mauerwerk, – Kavernen, Schächte, Stollen und Tunnel in Stahlbetonbauweise (zB NATM[a], Tübbing Bauweise), – Kran- und Maschinenfundamente, – unterirdisch verlegte Rohrleitungen aus Stahl, – Zwischendecken in Tunneln
1	wenig empfindlich	– Kavernen, Schächte, Stollen und Tunnel in anderen Bauweisen als Stahlbeton, – unterirdische Parkgaragen, – im Untergrund verlegte Rohrleitungen aus Beton, – Trockenmauern
2	normal empfindlich	– Quellfassungen, Reservoire, – nicht ausgebaute Hohlräume bzw. Hohlräume in schlechtem Erhaltungszustand, – Kanäle aus Mauerwerk
3	erhöht empfindlich	– Gussleitungen, – Mittel- und Hochspannungskabel (bis 110 kV)
4	sehr empfindlich	– Höchstspannungskabel (380 kV)[b]

[a] NATM: Neue österreichische Tunnelbauweise, New Austrian Tunneling Method.

[b] Über die Erschütterungsempfindlichkeit von 380 kV-Erdkabel gibt es derzeit nur wenige Erfahrungswerte, weshalb diese Kabel in die höchste Empfindlichkeitsklasse eingeordnet werden.

Tabelle 8: Klassifizierung von Bauwerken im Tiefbau nach Empfindlichkeitsklassen (Tabelle 2 in ÖNORM S 9020)

Empfind-lichkeits-klasse	Beschreibung	Beispiele aus dem Hochbau
0	sehr wenig empfindlich	– ingenieurmäßige Holzkonstruktionen, – Schwerindustriebauten, – Brücken in Stahlbeton oder Stahl, – offen verlegte Rohrleitungen
1	wenig empfindlich	– Industrie- und Gewerbebauten aus Stahlbeton oder in Stahlkonstruktion – in der Regel ohne Mörtelverputz, – Silos, Türme und Hochkamine in Stahlkonstruktion oder Massivbauweise ohne Mörtelverputz, – Gittermasten, – Trockenmauern
2	normal empfindlich	– Wohnbauten, Bürogebäude, Schulhäuser, Spitäler und Kirchen aus Stahlbeton Mauerwerk oder aus künstlichen Bausteinen mit Mörtelverputz und Massivbeton- oder Fertigteildecken, – Holzriegelbauten
3	erhöht empfindlich	– Gebäude mit geringer Rahmensteifigkeit, – Häuser mit Gips- oder Hourdisdecken, Holztramdecken, – Häuser aus Gasbeton, Adobebauten (Lehmbauten), – ausgemauerte Fachwerkbauten
4	sehr empfindlich	– denkmalgeschützte Gebäude, die hinsichtlich ihrer Bauweise oder ihres Zustandes besonders erschütterungsanfällig sind (zB Ruinen)

Tabelle 9: Klassifizierung von Bauwerken im Hochbau nach Empfindlichkeitsklassen (Tabelle 3 in ÖNORM S 9020)

2.2.2.1.2.2 Häufigkeit der Ereignisse

Die Schadenswahrscheinlichkeit nimmt mit der Anzahl der Beanspruchungen zu. Erschütterungen sind je nach der Häufigkeit der Einwirkung auf ein Bauwerk in drei Häufigkeitsklassen einzuteilen. In Tabelle 10 ist die Zuordnung verschiedener typischer Erschütterungsimmissionen zu den Häufigkeitsklassen angegeben.

Klasse	Erschütterungsursache/-charakterisierung
selten	– Vortriebs- oder Gewinnungssprengungen, – erschütterungsintensive Abbruch- oder Bauarbeiten bis zu einer Woche Dauer, – wiederkehrende Erschütterungsimmissionen bis zu 5 Minuten täglich, – Anfahr- und Abschaltresonanzen von permanent laufenden Maschinen, – bis zu 1000 Ereignisse pro Jahr von anderen Erschütterungsquellen
wiederholt	– Bahnstrecken mit im Jahresdurchschnitt bis zu 150 Zügen pro Tag, – erschütterungsintensive Abbruch- oder Bauarbeiten von mehr als einer Woche Dauer
häufig	– Bahnstrecken mit im Jahresdurchschnitt mehr als 150 Zügen pro Tag, – innerstädtischer Schienenverkehr (ÖPNV[a] Strecken), – Produktionsmaschinen, – wiederkehrende Erschütterungsimmissionen mit mehr als 4 Stunden Andauer täglich, – mehr als 100 000 Ereignisse pro Jahr von anderen Erschütterungsquellen
[a] ÖPNV: Öffentlicher Personennahverkehr.	

Tabelle 10: Häufigkeitsklassen (Tabelle 4 in ÖNORM S 9020)

Bei der Häufigkeitsermittlung sind nur jene Ereignisse zu berücksichtigen, bei denen das resultierende Schwinggeschwindigkeitsmaximum zumindest 2,5 mm/s erreicht.

2.2.2.1.2.3 Andauer der Ereignisse

Während sich die Häufigkeit von Erschütterungsereignissen auf die Materialermüdung auswirken kann, ist – neben dem Übereinstimmungsgrad von Anregungs- und Eigenfrequenz sowie der Dämpfung des Bauwerks oder Bauteils - die Einwirkdauer einer Schwingung für das Auftreten eines Resonanzeffekts bei dem durch die Erschütterungswirkung betroffenen Körper maßgeblich.

Die Einteilung der Ereignisdauer der Erschütterungen in 3 Klassen ist gemäß Tabelle 11 vorzunehmen. Für die Ermittlung der Ereignisdauer ist jener Zeitabschnitt des Seismogramms zu verwenden, in dem das resultierende Schwinggeschwindigkeitsmaximum zumindest 70 % des anzuwendenden Richtwerts erreicht.

Klasse	Beschreibung
impulsförmig	bis zu 2 Sekunden
kurzzeitig	länger als 2 Sekunden und kürzer als 180 Sekunden
kontinuierlich	länger als 180 Sekunden

Tabelle 11: Klassen nach Ereignisdauer (Tabelle 5 in ÖNORM S 9020)

2.2.2.1.2.4 Richtwerte

In Abbildung 4, Abbildung 5 und Abbildung 6 sind die Richtwerte in Abhängigkeit der Empfindlichkeitsklasse und der Häufigkeitsklasse für die unterschiedlichen Ereignisklassen dargestellt.

Für die Beurteilung ist die im Spektrum der stärksten Schwingungskomponente vorherrschende Frequenz maßgeblich. Es sind drei Frequenzbereiche zu unterscheiden:

- Für den Frequenzbereich bis 10 Hz (Bereich der Bauwerkseigenfrequenzen) sind - in Abhängigkeit von Häufigkeit und Andauer der Ereignisse - die Richtwerte abgemindert.
- über 10 Hz bis 40 Hz (Bereich der Deckeneigenfrequenzen) werden die Werte interpoliert und
- über 40 Hz erfolgt keine Abminderung in Abhängigkeit von Häufigkeit und Andauer der Ereignisse.

Wenn die auftretenden Frequenzen im Vorfeld von Bauarbeiten nicht abgeschätzt werden können, ist zunächst der entsprechenden Häufigkeit und Andauer niedrigste Richtwert heranzuziehen. Erst nach Auswertung der ersten Messdaten hinsichtlich Frequenzinhalt sind die Richtwerte anzupassen.

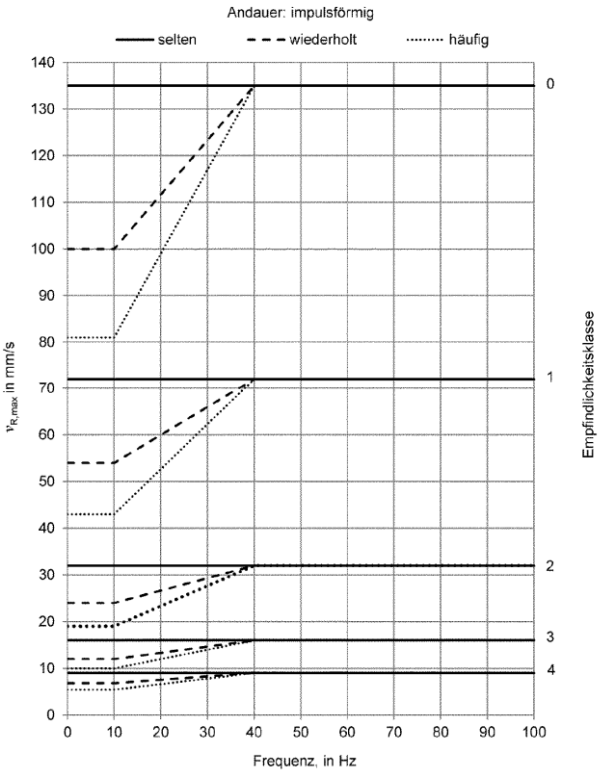

Abbildung 4: Richtwerte für impulsförmige Erschütterungen (Bild 1 in ÖNORM S 9020)

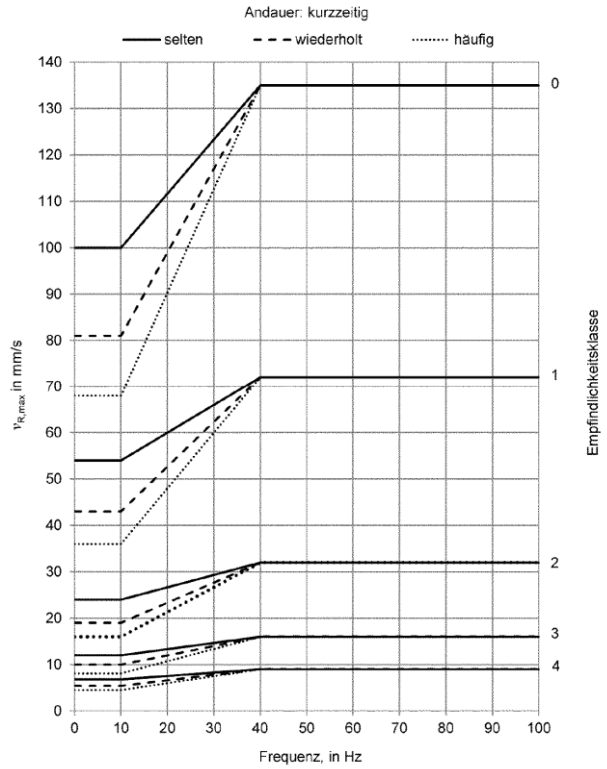

Abbildung 5: Richtwerte für kurzzeitige Erschütterungen (Bild 2 in ÖNORM S 9020)

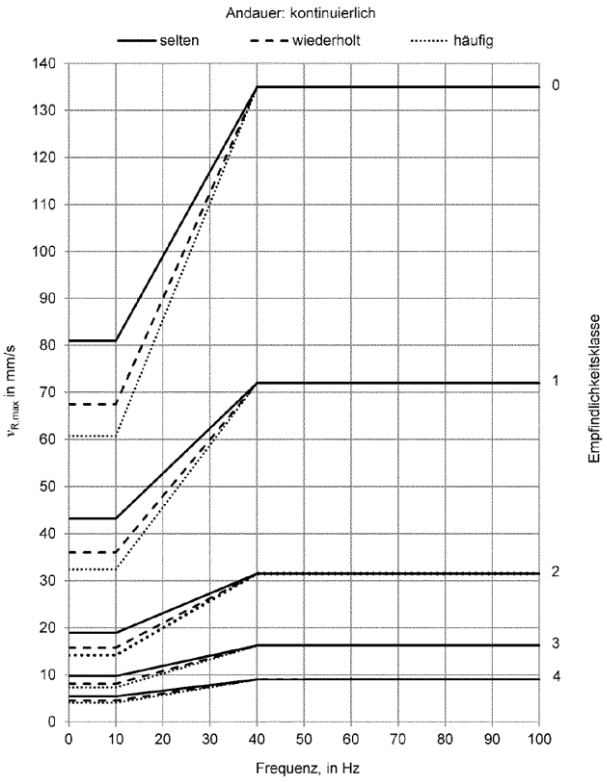

Abbildung 6: Richtwerte für kontinuierliche Erschütterungen (Bild 3 in ÖNORM S 9020)

2.2.2.2 VSS 40 312

Die Norm VSS 40 312 behandelt Erschütterungen, die durch Sprengungen, Maschinen und Baugeräte aller Art sowie durch Straßen- und Bahnverkehr erzeugt werden und auf Bauwerke einwirken. Indirekte Wirkungen auf Gebäude aus Bodensetzungen und dgl. werden nicht erfasst. Solange die in der Norm VSS 40 312 angegebenen Richtwerte nicht überschritten werden, sind Schäden, die eine Wertminderung des Gebäudes bedeuten, unwahrscheinlich. Als maßgebende Größe zur Beurteilung der Schädlichkeit der Erschütterungseinwirkung gilt der Maximalwert des Geschwindigkeitsvektors v_R [mm/s]. Die Richtwerte sind in Abhängigkeit der Erschütterungsempfindlichkeit des Bauwerks, der Auftretenshäufigkeit und der maßgebenden Frequenz der Erschütterungen in mm/s angeführt.

Je nach Konstruktionsart verhalten sich Bauwerke gegenüber Erschütterungseinwirkungen unterschiedlich. In nachfolgender Tabelle sind die Empfindlichkeitsklassen für den Hoch- und Tiefbau dargestellt.

EMPFINDLICHKEITS-KLASSE	HOCHBAU	TIEFBAU
1 Sehr wenig empfindlich		- Brücken in Stahlbeton oder Stahl - Stützbauwerke aus Beton, Stahlbeton oder massivem Mauerwerk - Stollen, Tunnels, Kavernen, Schächte in Fest-gestein oder gut verfestigtem Lockergestein - Kran- und Maschinenfundamente - Offene Werkleitungen
2 Wenig empfindlich	- Industrie- und Gewerbebauten, in Stahlbeton oder Stahlkonstruktion, in der Regel ohne Mörtelverputz - Silos, Türme, Hochkamine in Massivbauweise ohne Mörtelverputz oder Stahlkonstruktion - Gittermasten - Voraussetzung: Die Bauwerke sind nach den allgemeinen Regeln der Baukunde gebaut und sind sachgerecht unterhalten	- Kavernen, Tunnels, Schächte, Rohrleitungen in Lockergestein - Unterirdische Parkbauten - Werkleitungen (Gas, Wasser, Kanalisation, Kabel), im Boden verlegt - Trockenmauern
3 Normal empfindlich	- Wohnbauten mit Mauerwerk in Beton, Stahlbeton oder künstlichen Bausteinen - Bürogebäude, Schulhäuser, Spitäler, Kirchen mit Mauerwerk oder künstlichen Bausteinen mit Mörtelverputz - Voraussetzung: Die Bauwerke sind nach den allgemeinen Regeln der Baukunde gebaut und sind sachgerecht unterhalten	- Quellfassungen - Reservoire - Gusseisenleitungen - Kavernen, Zwischendecken und Fahrbahndecken in Tunnels. - Empfindliche Kabel
4 Erhöht empfindlich	- Häuser mit Gips- oder Hourdisdecken - Riegelbauten - Neuerstellte und frisch renovierte Bauten der Klasse 3 - Historische und geschützte Bauten	- Alte Bleikabel - Alte Gussleitungen

Tabelle 12: Empfindlichkeitsklassen gemäß VSS 40 312

Da die Schadenswahrscheinlichkeit mit der Anzahl der Beanspruchung zunimmt und sich auf die Materialermüdung auswirken kann, wird – wie in Tabelle 13 dargestellt – in drei Häufigkeitsklassen unterschieden.

HÄUFIGKEITSKLASSEN	ANZAHL EREIGNISSE*	TYPISCHE ERSCHÜTTERUNGSQUELLEN
gelegentlich	wesentlich kleiner als 1000	- Sprengungen - Verdichtungsgeräte und Vibrationsrammen, wenn sie nur beim Starten und Abstellen größere Schwingungen erzeugen
häufig	-	- häufige Sprengungen - Schlag- und Vibrationsrammen - Verdichtungsgeräte - Abbauhämmer bei gelegentlichem Einsatz - Notstromgruppe, die häufig in Betrieb genommen werden
permanent	wesentlich größer als 100000	- Verkehr - Festinstallierte Maschinen - Abbauhämmer bei längerem Einsatz

* Als Ereignisse werden jene Erschütterungen gezählt, deren maximaler Geschwindigkeitsvektor das 0,7-fache des Richtwertes übersteigt.

Tabelle 13: Häufigkeitsklassen gemäß VSS 40 312

Für jede Gebäudeklasse sind entsprechende Richtwerte, in Abhängigkeit der Empfindlichkeit des Bauwerks sowie der Häufigkeit und Andauer der Erschütterungen, definiert. In Tabelle 14 sind die Richtwertkurven je Andauer der Erschütterungen gemäß VSS 40 312 angegeben, bei deren Einhaltung die Erschütterungsbelastung für das Gebäude als zulässig beurteilt werden kann. Diese Richtwerte sind jedoch als konservativ zu betrachten, da deren Überschreitung noch nicht das Auftreten von Schäden bedeuten muss.

EMPFINDLICHKEITSKLASSE		HÄUFIGKEITSKLASSE	MAXIMALWERTE DES GESCHWINDIGKEITSVEKTORS VR IN MM/S		
			< 30 Hz[1]	30 – 60 Hz	> 60 Hz[2]
1	sehr wenig empfindlich	gelegentlich, häufig, permanent	bis zu den 3-fachen Werten der Klasse 3		
2	wenig empfindlich	gelegentlich, häufig, permanent	bis zu den 2-fachen Werten der Klasse 3		
3	normal empfindlich	gelegentlich	15	20	30
		häufig	6	8	12
		permanent	3	4	6
4	erhöht empfindlich	gelegentlich, häufig, permanent	zwischen den Werten der Klasse 3 und der Hälfte davon		

[1] Bei Frequenzen unter 8 Hz sind tiefere Richtwerte anzusetzen.

[2] Bei Frequenzen über 150 Hz können höhere Richtwerte angesetzt werden.

Tabelle 14: Richtwerte gemäß VSS 40 312

Die Norm gibt die Schadenswahrscheinlichkeit folgendermaßen an:

- Bei Werten unterhalb der Richtwerte sind kleinere Schäden kaum wahrscheinlich.
- Vereinzelte Überschreitungen bis etwa 30 % vergrößern die Schadenswahrscheinlichkeit nur geringfügig.
- Bei Werten ab dem doppelten Richtwert sind Schäden wahrscheinlich.
- Durchgehende Risse sind erst bei Werten zu erwarten, die ein Mehrfaches der Richtwerte betragen.

Die Spannungsbeanspruchung durch Erschütterungen mit Geschwindigkeitswerten, die den dem Objekt angepassten Richtwert nicht wesentlich überschreiten, ist gering. Risse können dort entstehen, wo bereits Zugspannungen (inkl. Schwind- und Zwängspannungen) so groß sind, dass die schwache dynamische Zusatzbeanspruchung zur Auslösung oder Vergrößerung von Rissen ausreicht. Risse, die als Folge geringer Erschütterungseinwirkungen entstanden sind, wären mit großer Wahrscheinlichkeit später (nach Monaten oder Jahren) ebenso aufgetreten. Die durch Erschütterungen ausgelöste Rissbildung besteht demnach teilweise in einer zeitlichen Vorverschiebung ohnehin entstehender Risse. Dies ist bei einer Schadensbeurteilung angemessen zu berücksichtigen.

2.2.2.3 Festlegung von Richtwerten

Für alle Objekte gelten die jeweils strengeren Richtwerte aus ÖNORM S 9020 und VSS 40 312 , wobei die Frequenzabhängigkeit und die Wahl der Häufigkeitsklasse zu berücksichtigen sind.

2.2.3 Arbeitnehmerschutz (VOLV)

Die VOLV ist eine Verordnung, die auf den Schutz von ArbeitnehmerInnen vor Lärm und Vibrationen abzielt. In Bezug auf Vibrationen enthält die VOLV gem. § 3 folgende Expositionsgrenzwerte für Vibrationen:

- Hand-Arm: $a_{hw,8h}$ = 5 m/s^2
- Ganzkörper: $a_{w,8h}$ = 1,15 m/s^2

In § 4 werden die folgenden Auslösewerte genannt:

- Hand-Arm: $a_{hw,8h}$ = 2,5 m/s^2
- Ganzkörper: $a_{w,8h}$ = 0,5 m/s^2

Im Rahmen der Bauphase und der Betriebsphase wird großer Wert auf die Einhaltung des ArbeitnehmerInnenschutzgesetzes (ASchG) gelegt, insbesondere in Bezug auf die Vorschriften zur Vermeidung und Kontrolle von Vibrationsbelastungen, wie sie in den §§ 6 und 7 der Verordnung über Lärm und Vibrationen am Arbeitsplatz (VOLV) festgelegt sind.

Der Prozess der Bewertung und Kontrolle der Erschütterungsbelastungen gliedert sich gemäß Evaluierungsverfahren der AUVA in mehrere Schritte:

Schritt 1: Gefahrenermittlung

Vor Beginn der Arbeiten erfolgt eine erste Einschätzung der Belastung durch Vibrationen, um mögliche Überschreitungen der Auslösewerte nach § 4 (1) VOLV zu bewerten. Diese Bewertung kann auf Basis von Betriebsanleitungen, Herstellerangaben, Datenbanken oder Berechnungsverfahren erfolgen.

Schritt 2: Informationssammlung

Kann die Überschreitung von Expositionsgrenzwerten oder Grenzwerten nicht sicher ausgeschlossen werden, müssen nach § 6 VOLV Messungen durchgeführt werden.

Wird ein Auslösewert überschritten, muss Information und Unterweisung der Arbeitnehmer erfolgen (§ 8 (1) VOLV) und gemäß § 9 (3) VOLV ein Maßnahmenprogramm durchgeführt werden.

Kann durch persönliche Schutzausrüstung ein Expositionsgrenzwert unterschritten werden, muss den Arbeitnehmern diese zur Verfügung gestellt und benutzt werden. Bereiche, in denen der Expositionsgrenzwert für Ganzkörpervibrationen überschritten wird, müssen gekennzeichnet werden.

Alle Arbeitnehmer, die einer personenbezogenen Exposition über dem Expositionsgrenzwert ausgesetzt sind, müssen in einem Verzeichnis geführt werden. In Aufenthalts- und Ruheräumen sowie bei besonders gefährdeten Arbeitnehmern (Jugendliche, Schwangere) darf der Auslösewert nicht überschritten werden.

Schritt 3: Risikobeurteilung

Basierend vor allem auf den unter Einsatzbedingungen gemessenen Werten und den Expositionszeiten der Arbeitnehmer wird die mögliche Schadensschwere mit der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines solchen Schadens in Relation gebracht.

Ziel der Risikobeurteilung ist es ganz allgemein, den in der Praxis vertretbaren Aufwand (siehe hierzu § 66 (1) ASchG) und die Dringlichkeit des Setzens von weiteren Maßnahmen abschätzen zu können. Dies immer basierend auf der Grundlage, dass in Gesetz, Verordnung oder Bescheid vorgeschriebene Mindestforderungen in jedem Fall eingehalten werden müssen.

Schritt 4: Festlegen von Maßnahmen

Wird ein Auslösewert überschritten, müssen **Maßnahmen zur Vibrationsminderung** (§§ 10 bis 14) ergriffen werden, wobei folgende Aspekte und Themen berücksichtigt werden:

- Bauliche Maßnahmen (z.B. Fahrersitz, Vorsehen von Dämpfungselementen)
- Maßnahmen an der Quelle (z.B. alternative Arbeitsverfahren, Verwendung von Arbeitsmitteln geringerer Vibrationsbelastung, entsprechende Wartung der Arbeitsmittel)
- Maßnahmen betreffend Arbeitsmittel und Arbeitsvorgänge (z.B. optimale Auswahl und Abstimmung von Einflussgrößen wie Drehzahl, Vorschub, Schnitttiefe, Werkzeug oder Schmierstoffen)
- Technische und organisatorische Maßnahmen (z.B. Abstandsvergrößerung zu einer Emissionsquelle bei Ganzkörpervibrationen, Begrenzung der individuellen Expositionsdauer durch z.B. Arbeitsunterbrechungen und Erholzeiten)
- Persönliche Schutzausrüstung (z.B. Handschuhe bei Hand-Arm-Vibrationen)

Durch diese strukturierte Vorgehensweise wird sichergestellt, dass das Vorhaben die gesetzlichen Anforderungen erfüllt und effektiv zum Schutz der Gesundheit und Sicherheit seiner Arbeitnehmer beiträgt.

2.2.3.1 Beurteilung der Erschütterungsimmissionen in den Anrainerobjekten

Die erschütterungstechnische Bearbeitung konzentriert sich üblicherweise auf „störende“ Schwingungsbelastungen. Die dabei auftretenden Einwirkungen liegen im Bereich zwischen der Fühlschwelle und Werten des maximal vier bis achtfachen der Fühlschwelle. Die Fühlschwelle liegt als a_w-Wert ausgedrückt bei 0,0036 m/s^2, somit bleiben die Einwirkungen unter 0,029 m/s^2 und somit weit von den Expositions- und Auslösewerten entfernt. Eine Abminderung von a_w auf $a_{w,8h}$ über den Faktor $(T_e/T_o)^{0,5}$ ist hier noch gar nicht berücksichtigt.

Es zeigt sich, dass die VOLV – Grenzwerte bei Nachweis der Schwingungsgrenzwerte für das Wohlbefinden des Menschen gemäß ÖNORM S 9012 immer mit weitem Abstand eingehalten sind. Es ist daher nicht erforderlich, die VOLV im weiteren Begutachtungsverlauf explizit zu berücksichtigen.

2.3 VERWENDETE UNTERLAGEN

2.3.1 Datengrundlage für die Beurteilung

Nr.	Plantitel	Verfasser	Maßstab / Typ	Datum/ Register
[1]	Altlast S23 Flughafen Salzburg – Feuerlöschübungsgelände Maßnahmen Phase II Altlastensicherung	GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH	Bericht	29.04.2026
[2]	Geotechnisches Gutachten für das Bauvorhaben Flughafen Salzburg Terminalentwicklung	3P Geotechnik ZT GmbH	Bericht	26.01.2026
[3]	Altlast S23 "Flughafen Salzburg - Feuerlöschübungsgelände" Anhang 1 Plan 01 Übersichtslageplan)	GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH	1:10000	29.04.2026
[4]	Altlast S23 "Flughafen Salzburg - Feuerlöschübungsgelände" Anhang 1 Plan 04 Lageplan Grundwassermessstellen und Beweissicherung	GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH	1:12000	29.04.2026
[5]	Altlast S23 "Flughafen Salzburg - Feuerlöschübungsgelände" Anhang 1 Plan 02 Lageplan Maßnahme (	GWU Geologie-Wasser-Umwelt GmbH	1:1000	29.04.2026

Tabelle 15: Datengrundlage

2.3.2 Rechtsgrundlage

- ÖNORM S 9001: Mechanische Schwingungen – Erschütterungen; allgemeine Grundsätze und Ermittlung von Schwingungsgrößen
- ÖNORM S 9010: Bewertung der Einwirkungen mechanischer Schwingungen und Erschütterungen auf den Menschen
- ÖNORM S 9012: Beurteilung der Einwirkungen von Schienenverkehrsimmissionen auf Menschen in Gebäuden – Schwingungen und sekundärer Luftschall (Ausgabe 1986) (inkl. Berichtigung S 9012/AC1:2000)
- ÖNORM S 9012: Beurteilung der Einwirkungen von Schienenverkehrsimmissionen auf Menschen in Gebäuden – Schwingungen und sekundärer Luftschall (Ausgabe 2016)
- ÖNORM S 9020: Bauwerkserschütterungen; Sprengerschütterungen und vergleichbare impulsförmige Immissionen
- ÖNORM ISO 2631-1: Mechanische Schwingungen und Stöße – Bewertung der Auswirkungen von Ganzkörperschwingungen auf den Menschen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- ÖNORM ISO 2631-2: Mechanische Schwingungen und Stöße – Bewertung der Auswirkungen von Ganzkörperschwingungen auf den Menschen – Teil 2: Schwingungen in Gebäuden (1 Hz bis 80 Hz)
- ONR 199005 Berechnung des sekundären Luftschallpegels aus Schwingungsmessungen
- RVS/RVE 04.02.01, „Messen von Erschütterungen und Sekundärschall“, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Entwurf 1.12.2006
- RVS/RVE 04.02.02, „Prognose von Erschütterungen und Sekundärschall“, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Entwurf 1.12.2006
- RVS/RVE 04.02.03, „Maßnahmen zur Reduktion von Erschütterungen und Sekundärschall“, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr, Entwurf 1.07.2007
- RVS 04.01.11, „Umwelteuntersuchung“, 01.04.2017
- „Verordnung Lärm und Vibrationen – VOLV sowie Änderung der Bauabeiterschutzverordnung und der Verordnung über die Gesundheitsüberwachung am Arbeitsplatz“, 22. Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit, herausgegeben am 25. Jänner 2006. (inkl. Änderung der Verordnung am 18. September)
- DIN 4150 – 1: Erschütterungen im Bauwesen Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen
- DIN 4150 – 2: Erschütterungen im Bauwesen Teil 2: Einwirkung auf Menschen in Gebäuden
- DIN 4150 – 3: Erschütterungen im Bauwesen Teil 3: Einwirkung auf bauliche Anlagen
- VDI 3837: Erschütterungen in der Umgebung von oberirdischen Schienenverkehrswegen – Spektrales Prognoseverfahren
- VSS 40 312: Erschütterungen, Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke

3 DARSTELLUNG UND BEWERTUNG DES IST- ZUSTANDES, ANRAINERBEBAUUNG

Auf Basis von Orthofotos, der Flächenwidmungspläne sowie der Befahrung des Projektgebietes erfolgt eine Erhebung potentiell betroffener Objekte im Bereich.

Im Untersuchungsraum befinden sich mehrere Anrainerobjekte, deren Nutzung überwiegend den Gebietskategorien 2 und 3 gemäß ÖNORM S 9012 zuzuordnen ist. Die Anrainerbebauung ist gemäß VSS 40 312 und ÖNORM S 9020 als normal bzw. erhöht empfindlich einzustufen. Die nächstgelegenen Objekte liegen in Entfernungen von rund 100 m (Schmalwand) bzw. 120 m (Impulsverdichtung) zu den geplanten erschütterungsintensiven Baumaßnahmen.

Abbildung 7 zeigt eine Übersicht aller Eingriffs- und Baustelleneinrichtungsflächen sowie der Baustellenzufahrten.

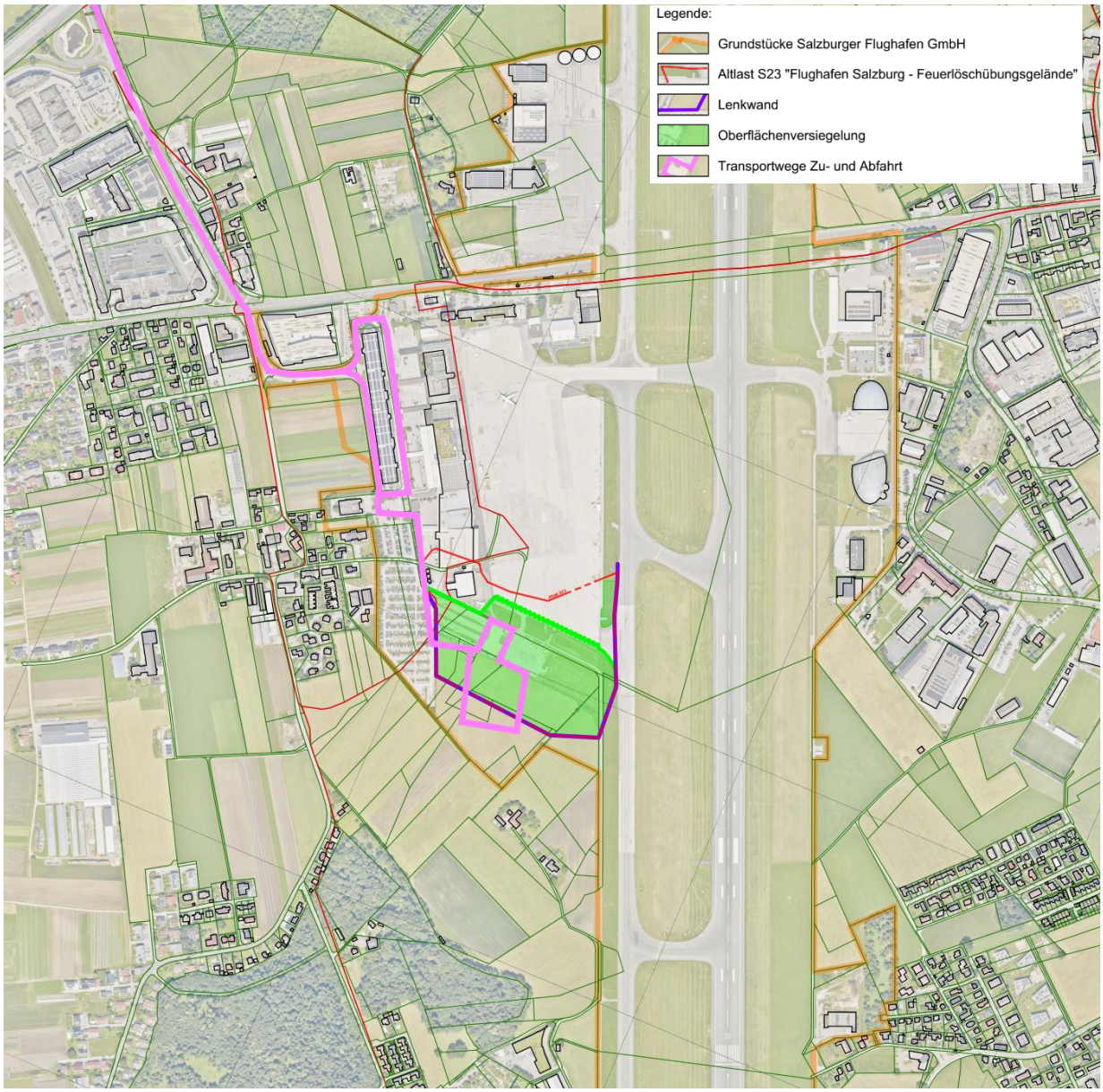

Abbildung 7: Ausschnitt Lageplan Bereich Altlast S23 / Feuerlöschübungsgelände (Eingriffs- und BE-Flächen, Zufahrten) [3]

Abbildung 8 zeigt den Flächenwidmungsplan für den zu diskutierenden Abschnitt.

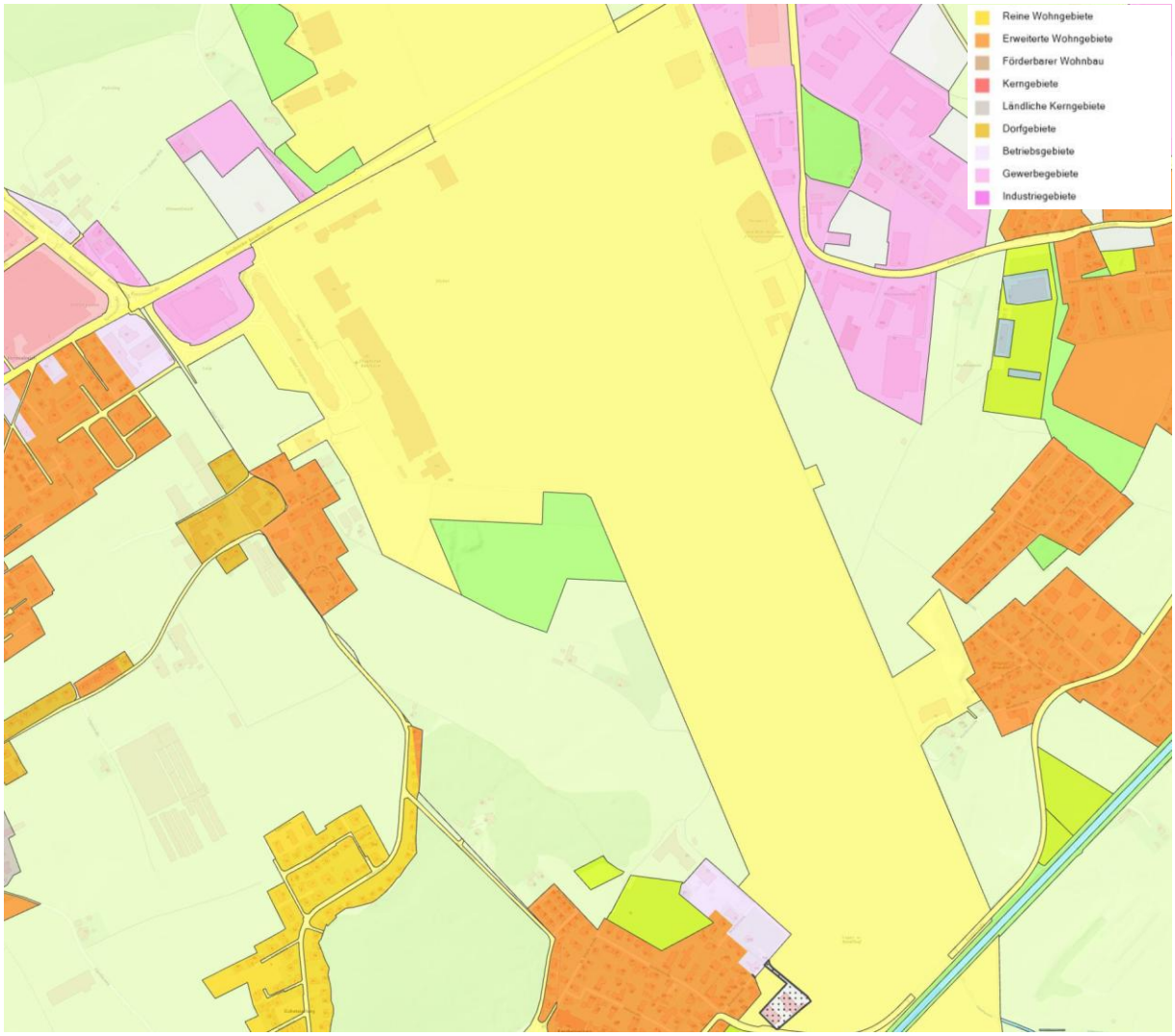

Abbildung 8: Flächenwidmungsplan (Quelle: SAGIS, Stand 19.04.2026)

In Tabelle 16 sind die Objekte im gegenständlichen Bereich aufgelistet. Um ein umfassenderes Bild der Situation darzustellen, wurden ergänzend Objekte, über die im Kapitel 2.1 angegebenen Abstände hinaus, beschrieben.

ID-NUMMER	Name / Anmerkung	ADRESSE bzw. GRUNDSTÜCK	KLASSIFIZIERUNG		ABSTAND (ca.)			
			Gebietskategorie gem. ÖNORM S9012	Empfindlichkeitsklasse gem. ÖNORM S9020	Andere Bau-erschütterungen	Schmalwand	Impuls-verdichtungen	Transportweg
1		Herman- Gmeiner-Strasse 27	2	3	205	210	220	
2		Hermann-Gmeiner.Strasse 25	2	3	180	180	190	
3		Hermann-Gmeiner-Strasse 21	2	3	205	210	220	-
4		Hermann-Gmeiner-Strasse 23	2	3	185	190	200	-
5		Hermann-Gmeiner-Strasse 19	2	3	235	240	250	-
6		Hermann-Gmeiner-Strasse 7	2	3	210	215	225	-
7		Hermann-Gmeiner-Strasse 9	2	3	205	210	220	-
8		Hermann-Gmeiner-Strasse 17	2	3	190	190	200	-
9		Hermann-Gmeiner-Strasse 5A	2	2	250	255	265	-
10		Hermann-Gmeiner-Strasse 5	2	3	255	260	270	-
11		Hermann-Gmeiner-Strasse 11	2	3	185	190	200	-
12		Hermann-Gmeiner-Strasse 13	2	3	230	235	245	-
13		Hermann-Gmeiner-Strasse 15	2	3	165	170	180	-
14		Hermann-Gmeiner-Strasse 3	2	3	220	225	245	-
16		Herman-Gmeiner-Strasse 1	2	3	220	225	254	-
17		Herman-Gmeiner-Strasse 47	2	3	275	280	290	-
18		Herman-Gmeiner-Strasse 49	2	3	320	325	335	-
22		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 6	2	3	150	160	180	-
22A		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 10	2	3	150	160	180	-
23		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 12	2	3	110	115	150	-
24		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 14	2	3	100	105	123	-
25		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 9	2	3	100	105	165	30
26		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 8	2	3	145	150	180	-
27		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 7	2	3	130	135	180	-
28		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 4	2	3	180	185	210	-
29		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 5	2	3	155	160	210	-
30		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 5A	2	3	160	165	215	-
31		Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 3	2	3	165	170	210	-
32		Loigerstrasse 69	2	3	290	290	365	-
33		Loigerstrasse 67	2	3	295	300	350	-
34		Loigerstrasse 65	2	2	225	230	275	-
35		Loigerstrasse 63	2	3	210	215	260	-
36		Loigerstrasse 61	2	3	230	235	270	-
37		Loigerstrsse 45	2	3	185	190	225	-
38		Loigerstrasse 39	2	3	205	210	260	-
39		Loigerstrasse 37	2	3	190	195	250	-
40		Loigerstrasse 35A	2	3	215	220	270	-
43		Mehrlgutweg 34	2	3	210	215	225	-
44		Mehrlgutweg 36	2	3	140	145	155	-
45		Loiger Strasse 47	2	3	175	180	215	-
47	Pappas Holding	Innsbrucker Bundesstrasse 111	keine Wohnnutzung	2	-	-	-	10
47a		Loiger Str. 87, 5071 Wals	keine Wohnnutzung	2	-	-	-	8
47b		Loiger Str. 89, 5071 Himmelreich	2	2	-	-	-	25
49	Hangar 7 / Lounge	Wilhelm Spazier Strasse 7a	keine Wohnnutzung	2	>450 m	>450 m	>450 m	-
50	DO & CO Salzburg Restaurants	Willhelm Spazier Strasse 8	keine Wohnnutzung	2	>400 m	>400 m	>400 m	-
51	LAWZ	Karolinger Strasse 30-32	keine Wohnnutzung	2	>450 m	>450 m	>450 m	-
52	Landesfeuerwehrverband	Karolingerstrasse 30	keine Wohnnutzung	2	390	395	>400 m	-
53	KFZ Prüfstalle Slzbg	Karolingerstrasse 30	keine Wohnnutzung	2	>500 m	>500 m	>500 m	-

Tabelle 16: Beeinflussungssensibilität der Anrainerobjekte

4 AUSWIRKUNGEN

Getrennt für Bau- und Betriebsphase werden mögliche Immissionen in den Objekten abgeschätzt und mögliche Auswirkungen beschrieben und beurteilt.

Durch Verschneidung des Ist-Zustands mit den Auswirkungen erfolgt letztendlich die Beurteilung der Eingriffsintensität.

4.1 BAUPHASE

Die Beschreibung möglicher Auswirkungen in der Bauphase erfolgt grundsätzlich auf Basis von Erfahrungswerten sowie den in den Normen angegebenen Richtwerten. Zur Bewertung der Erschütterungseinwirkungen kann man sich im Allgemeinen auf einzelne erschütterungsintensivere Bauvorgänge beschränken. Die Wirkdistanz der Bauvorgänge ist generell stark von der Beschaffenheit des Untergrundes und den Übertragungseigenschaften der Objekte abhängig, für die Bewertung kommen deshalb mittlere Erfahrungswerte - welche an die angetroffenen, in [2] näher beschriebenen Untergrundbeschaffenheit angepasst wurden - sowie die in den Normen angegebenen Richtwerte zur Anwendung.

Ein wichtiges Instrument für die Wirksamkeit der Maßnahme ist die messtechnische Überwachung der Erschütterungseinwirkungen bei den exponiertesten bzw. empfindlichsten Objekten, sofern diese in den im Kapitel 5.1 beschriebenen Wirkdistanzen liegen. Wenn die getroffenen Maßnahmen nicht ausreichen, kann dies durch die Überwachung festgestellt werden, um zusätzliche Maßnahmen anzuordnen. Dies kann bis zur Umstellung der Baumethode führen, wenn nur dadurch Schäden an betroffenen Gebäuden vermieden werden können. Im Einzelfall müssen die angeordneten Maßnahmen bezüglich ihrer Wirtschaftlichkeit und Wirkung genau überprüft werden.

Die in Kapitel 5.1 beschriebenen Maßnahmen wie z.B. eine messtechnische Überwachung (Monitoring) verbunden mit strikter Steuerung der Baumaßnahmen und guter Öffentlichkeitsarbeit und die Beweissicherung von Objekten sind ein wichtiger Bestandteil des Bauvorhabens und werden bei Großbaustellen zur Vermeidung von Streitigkeiten generell getroffen. **Da diese Maßnahmen auf jeden Fall umgesetzt werden, wird deren positive Wirkung bei der Darstellung der Auswirkungen berücksichtigt.**

Alle wesentlichen Baumaßnahmen und Materialtransporte sind in der Technischen Beschreibung in [1] näher erläutert.

Die Sicherungsmaßnahmen umfassen die Errichtung

- einer nach Norden offenen U-förmigen Lenkwand, als Dichtwand, hergestellt im Schmalwandverfahren
- 6 Doppelbrunnen (Absenkbrunnen) zur hydraulischen Haltung samt zugehörigen Anlagenteilen,
- einer neuen Grundwasserreinigungsanlage (nachfolgend auch GRA benannt) zur Entfernung von PFAS
- einer Versickerungsanlage für PFAS-gereinigtes Grundwasser nach der GRA
- einer Oberflächenabdichtung aller unversiegelten Bereiche im Altlastenbereich inklusive Aushub- und Entsorgungsmaßnahmen von mitunter PFAS belastetem Bodenmaterial
- einer Versickerungsanlage für anfallende Niederschlagswässer aus dem Bereich der der geplanten Oberflächenabdichtung inkl. Anlagenteile
- Außerbetriebnahme von zwei bestehenden Sickeranlagen westlich Hangar 2 und Terminal 2 im Bereich der ausgewiesenen Altlast
- einer Herstellung einer Sickeranlage, zur Versickerung und Ableitung von mitunter mineralöl-verunreinigten Oberflächenwässern inkl. zugehöriger Anlagenteile als Ersatz für die aufgelassenen Sickeranlagen

Für die Herstellung der Oberflächendichtung sind die obersten Bodenschichten zu räumen (Aushubtiefe bis zu ca. 90 cm), eine Abdichtung in Form einer 2,5 mm PEHD-Folie einzubauen und das Gelände je nach technischer Erfordernis mit zugeführtem und geprüftem Bodenaushub- oder Recyclingmaterial wiederaufzufüllen.

Zur Verbesserung des Baugrundes und der Hintanhaltung von Setzungen im Bereich der Abdichtungsfolie sind vollflächig Bodenverbesserungsmaßnahmen (lokale Umlagerung geeigneter gut verdichtbarer Bodenschichten) sowie zur Minimierung von Aushub- und Entsorgungskosten Verdichtungsmaßnahmen mittels Impulsverdichtung (z.B.: Terramix) vorgesehen.

Die einzelnen Bauphasen sowie die sind im Terminprogramm in [1] dargestellt.

Die Baumaßnahmen sind grundsätzlich an 5 Tagen pro Woche vorgesehen, wobei für die Realisierung des Bauvorhabens die Arbeitszeiträume von 7:00 bis 19:00 Uhr definiert wurden.

Im Folgenden werden die maßgeblichen Baumaßnahmen beschrieben beziehungsweise beurteilt.

4.1.1 Lenkwand / Schmalwand

Die U-förmige Teilumschließung erfolgt mittels einer Schmalwand (Dichtwand) mit einer geplanten Tiefe von 20 – 25 m und bindet diese in den anstehenden Stauer ein. Die genaue Lage der Seetonoberkante und somit die erforderliche Tiefe der Schmalwand wird im Zuge einer detaillierten Trassenerkundung und Detailplanung erkundet bzw. festgelegt. Die geplante Gesamtlänge der Teilumschließung beträgt rd. 840 m und dadurch ergibt sich eine Wandfläche von rd. 19.000 m².

Abbildung 10 zeigt die Lage der Schmalwand [4]

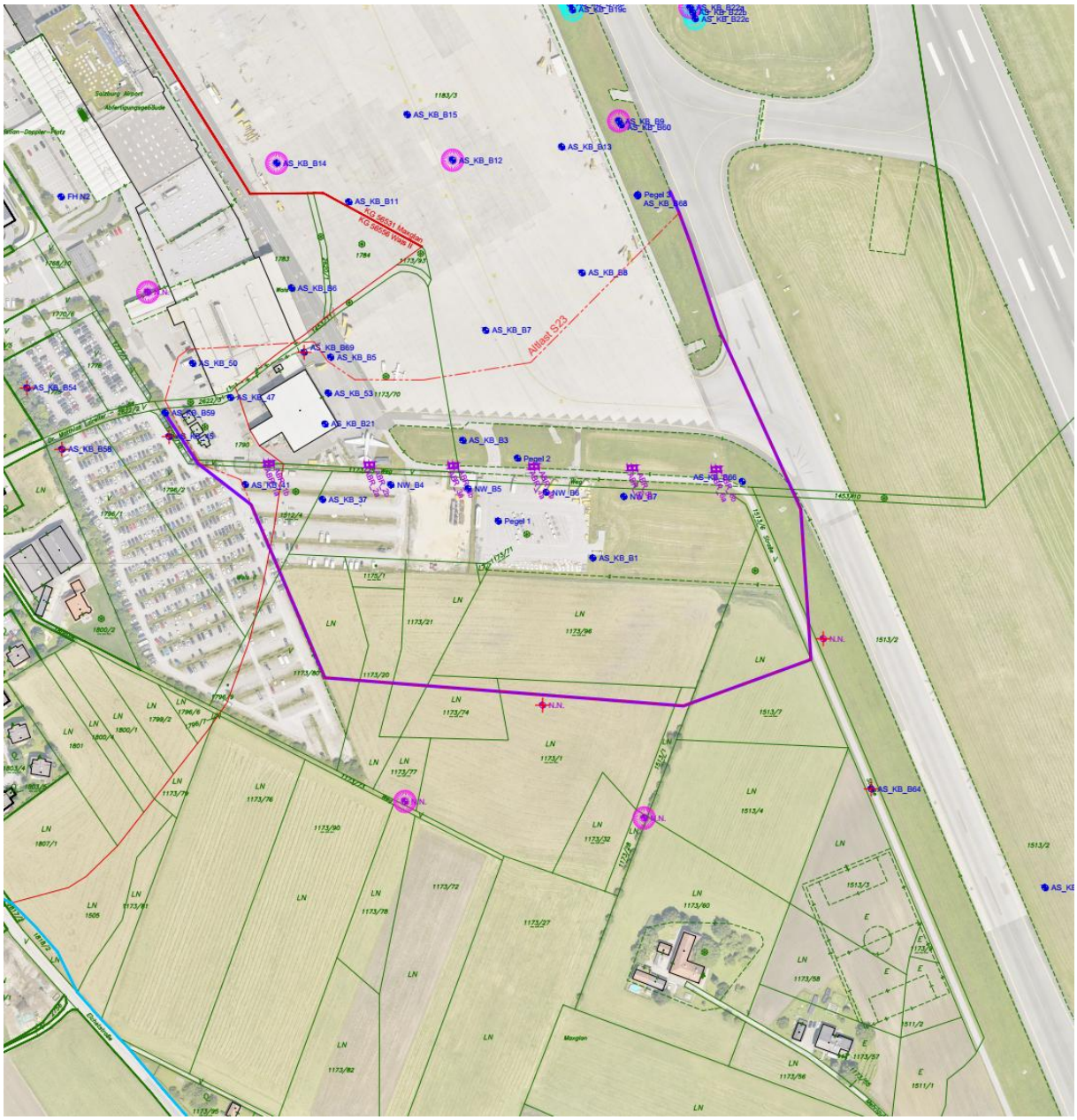

Abbildung 9: Lage der Schmalwand [4]

Für die Herstellung der Schmalwand sind 90 Arbeitstage (Mäklergerät) zuzüglich 40 Tage für Vorbereitung und Rückbau vorgesehenen.

Die Herstellung der Schmalwand erfolgt im Vibrationsprofilverfahren. Dazu wird ein Stahlprofil (Bohle) mit einem Mäklergerät (Hochfrequenzrüttler) als temporäres Einbauwerkzeug im Verdrängungsverfahren in den Boden einvibriert. Beim kontrollierten Ziehen wird eine Bentonit-Zement-Suspension am unteren Ende der Bohle eingepresst. Die Errichtung erfolgt meist als kontinuierliche Wand durch aneinandergereihte, überlappende Einzelstiche sodass eine durchgehende wasserdichte Wand entsteht in folgenden Schritten:

1. **Einbringen des Profils**: Ein spezieller Stahlträger (meist eine I-Profil-Bohle oder ein Tiefenrüttler) wird mittels eines Vibrationsbären in den Boden getrieben. Dabei wird der anstehende Boden zur Seite verdrängt.
2. **Ziehen und Verfüllen**: Während das Stahlprofil langsam wieder nach oben gezogen wird, wird durch ein am Fuß befestigtes Injektionsrohr eine selbsterhärtende **Dichtwandsuspension** (oft ein Gemisch aus Bentonit, Zement und Wasser) unter Druck eingepresst.
3. **Hohlraumverfüllung**: Die Suspension füllt den beim Ziehen entstehenden Hohlraum unmittelbar und vollständig aus.
4. **Überlappung**: Um eine durchgehende Dichtigkeit zu gewährleisten, werden die einzelnen Stiche systematisch überlappt, oft unterstützt durch Führungsschwerter an der Bohle.

Durch den Vibrationsbären, der das Profil mit in der Regel konstanter Frequenz in den Boden treibt, werden Erschütterungen ausgelöst, die sich als Wellen über den Untergrund zu den Häusern ausbreiten. Die Schwingungen erfahren mit zunehmender Distanz einerseits eine geometrische Dämpfung durch räumliche Ausbreitung, andererseits eine Materialdämpfung zufolge des nichtlinearen Materialverhaltens des Untergrundes.

Treffen die Erschütterungen auf die Fundamente der Gebäude, regen sie diese zum Schwingen an. Im Allgemeinen werden die Erschütterungen beim Übergang vom Baugrund auf das Gebäude, in Abhängigkeit von Gebäudemasse und Abmessungen, dabei deutlich reduziert. Dieser Ankoppelungseffekt beruht auf der Wechselwirkung zwischen Boden und Bauwerk. Über die Wände werden diese Schwingungen zu den unterschiedlichsten Bauteilen, vor allem aber zu den Decken geleitet, wo sie durch Resonanzeffekte verstärkt werden können.

Die Abschätzung der Erschütterungseinwirkung erfolgt auf Basis von Erfahrungswerten, welche bei 2 grundsätzlich geotechnisch sehr unterschiedlichen Projekten (Messreihe I: Schotter; Messreihe II Feinkorn, Kies) im Zuge von Schmalwandarbeiten gewonnen wurde. Abbildung 10 zeigt die zu erwartenden Fundamentschwingungen über dem Abstand aufgetragen.

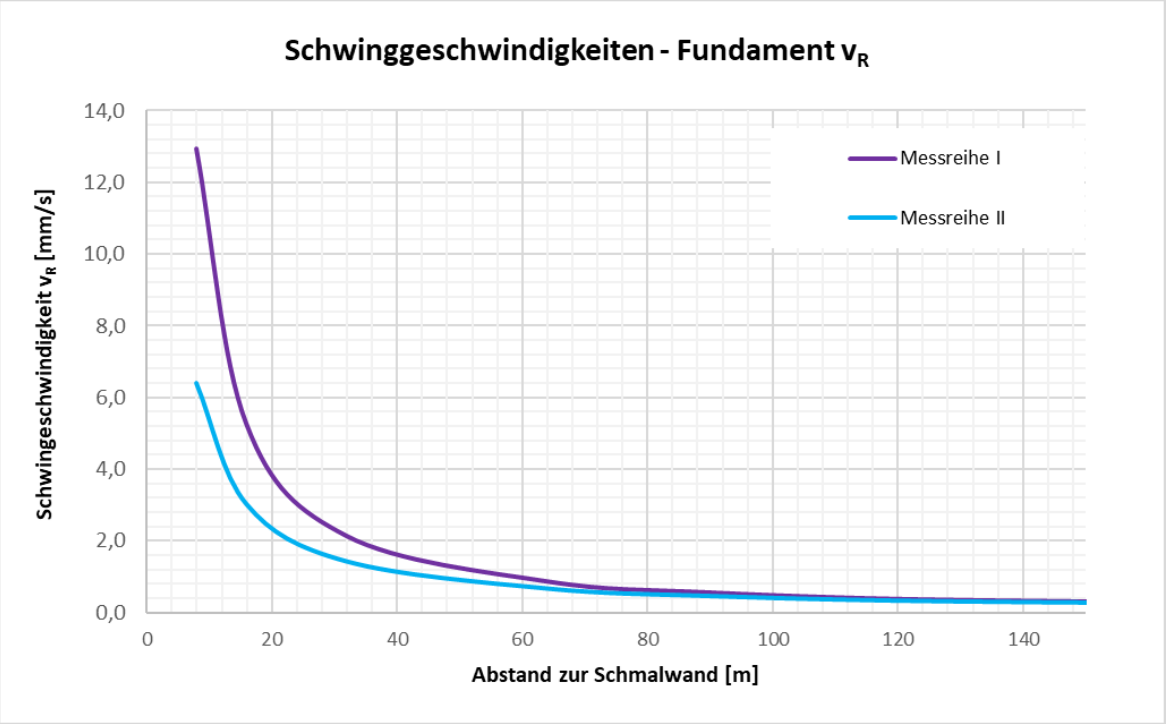

Abbildung 10: Graphische Darstellung der Abstands-Immission-Beziehung (Schmalwand)

Vom Menschen werden die in den Gebäuden auftretenden Erschütterungen primär als spürbare Schwingungen wahrgenommen. Der von Decken und Wänden abgestrahlte sekundäre Luftschall spielt hingegen eine untergeordnete Rolle, da im gegenständlichen Projekt der direkte Luftschall dominiert.

Die nächstgelegenen Anrainerobjekte befinden sich in einer Entfernung von rund 100 m zu den Schmalwandarbeiten. Dementsprechend werden die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen im Fundamentbereich mit einer maximalen Schwinggeschwindigkeit von $v_{R,max}$= 0,6 mm/s abgeschätzt. Dieser Wert liegt deutlich unter den maßgebenden Richtwerten zum Gebäudeschutz gemäß Kapitel 2.2.2.3. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch die in Kapitel 2.2.1.3 festgelegten Richtwerte zum Schutz des menschlichen Wohlbefindens eingehalten werden. In diesem Zusammenhang wird ergänzend auf die vorgesehenen Maßnahmen gemäß ER-BA-03 verwiesen.

4.1.2 Impulsverdichtung

Zur Verbesserung des Baugrundes und der Hintanhaltung von Setzungen im Bereich der Abdichtungsfolie sind vollflächig Bodenverbesserungsmaßnahmen (lokale Umlagerung geeigneter gut verdichtbarer Bodenschichten) sowie zur Minimierung von Aushub- und Entsorgungskosten Verdichtungsmaßnahmen mittels Impulsverdichtung (z.B.: Terramix) vorgesehen. Das Prinzip der IMPULSVERDICHTUNG besteht darin, dass ein Fallgewicht mit einer definierten Masse (beim vorgesehenen Gerät: 9t) mit einer hohen Schlagfrequenz (40 Schläge/min) aus einer bestimmten Höhe (max. Hubhöhe 1,3m) mehrmals auf eine Stahlplatte (Durchmesser: 1,5m), den sog. „Verdichterfuß“, fallengelassen wird. Die Platte bleibt dabei in ständigem Kontakt mit dem zu verdichtenden Untergrund, weshalb eine sichere und effiziente Energieeintragung stattfindet. Auf diese Weise wird der Untergrund bei jedem Aufschlag des Fallgewichtes lokal verdichtet. Der durch die Verdichtung entstandene Krater wird mit geeignetem Material aufgefüllt und dieses wird folglich wiederum mit dem Impulsverdichter verdichtet. Auf diese Art erfolgt zusätzlich eine Homogenisierung des Untergrundes

Für die Impulsverdichtungsarbeiten sind über einen Zeitraum von 6 Monaten 70 Abreitstage (exkl. Einrichten) vorgesehenen.



Abbildung 11: Lage der Impulsverdichtungen [5]

Im Juli 2023 erfolgte bereits ein Probefeld im Bereich der Altlast und wurden in diesem Zuge auch Erschütterungsmessungen durchgeführt. Auf Basis dieser Messungen wurden Immissionen für den Fundamentbereich in Abhängigkeit des Abstandes abgeschätzt. Der Zusammenhang ist in Abbildung 12 grafisch dargestellt.

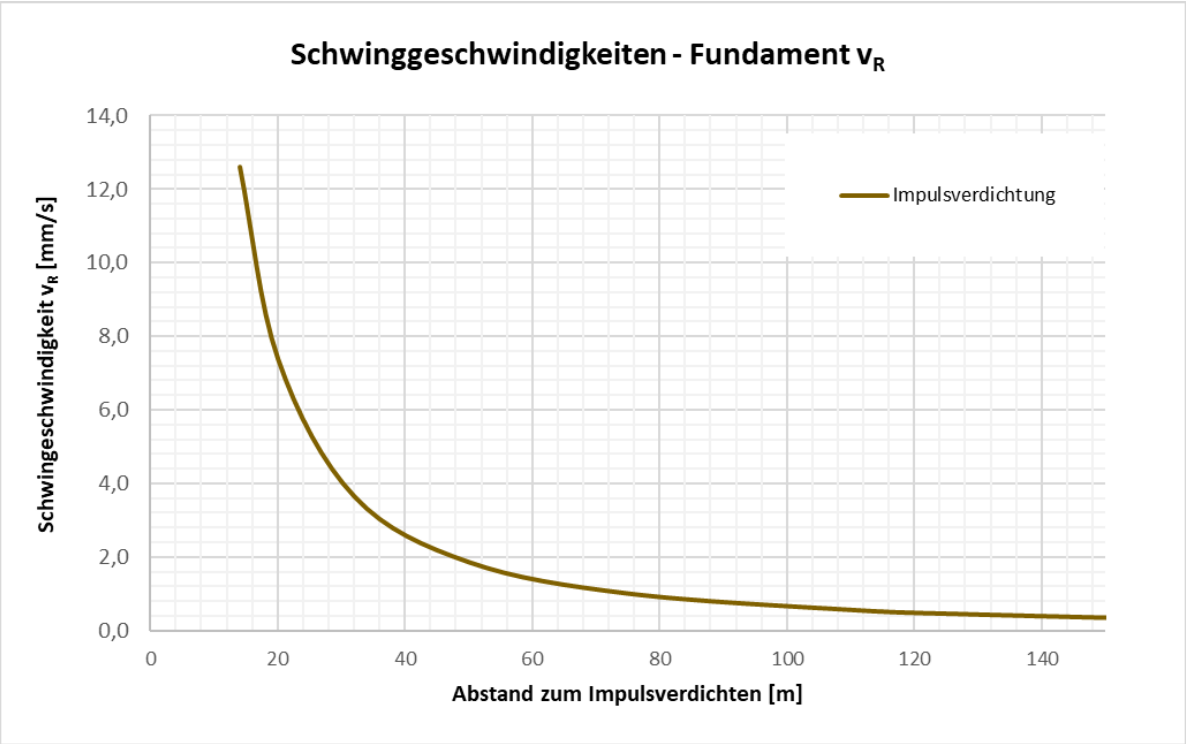

Abbildung 12: Graphische Darstellung der Abstands-Immission-Beziehung (Impulsverdichtung)

Vom Menschen werden die in den Gebäuden auftretenden Erschütterungen primär als spürbare Schwingungen wahrgenommen. Der von Decken und Wänden abgestrahlte sekundäre Luftschall spielt hingegen eine untergeordnete Rolle, da im gegenständlichen Projekt der direkte Luftschall dominiert.

Die nächstgelegenen Anrainerobjekte befinden sich in einer Entfernung von rund 120 m zu den Impulsverdichtungen. Dementsprechend werden die zu erwartenden Erschütterungsimmissionen im Fundamentbereich mit einer maximalen Schwinggeschwindigkeit von $v_{R,max}$= 0,6 mm/s abgeschätzt. Dieser Wert liegt deutlich unter den maßgebenden Richtwerten zum Gebäudeschutz gemäß Kapitel 2.2.2.3. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch die in Kapitel 2.2.1.3 festgelegten Richtwerte zum Schutz des menschlichen Wohlbefindens eingehalten werden. In diesem Zusammenhang wird ergänzend auf die vorgesehenen Maßnahmen gemäß ER-BA-03 verwiesen.

4.1.3 Andere Bauerschütterungen

Weiters können darüber hinaus folgende – zum Teil erschütterungsintensive – Bauabläufe auftreten und maßgebenden Einfluss auf die Erschütterungsbelastung während der Bauphase haben. Die Wirkdistanz bleibt bei diesen Baumaßnahmen allerdings gering.

- Verdichtungen von Hinterfüllungen, Deponien oder Straßenkörper mit Vibrowalzen können bis zu einem Abstand von ca. 25 m zu spürbaren Immissionen führen.

- Die Auswirkungen von Brecheranlagen und Betonmischern können auf 20-30 m beschränkt werden.
- Andere Bauvorgänge durch Baggerarbeiten können zu einzelnen kurzfristigen Erschütterungsbelastungen in der näheren Umgebung von weniger als 20 m führen.
- Weitere Bauabläufe wie Bohren, Anker setzen, Betonierarbeiten, Be- und Entladen von Materialtransportfahrzeugen sowie der Betrieb von Baugeräten wie Pumpen, Lüftern, Sägen, Förderbändern, Betonmischanlagen haben nur sehr geringe Erschütterungsauswirkungen im lokalen Bereich und liegen im Normalfall unterhalb der Fühlschwelle.
- Grabenloses Bohr-Pressverfahren und gesteuertes Bohrverfahren (falls erforderlich) beim Verlegen der Kabel bei Querungen der Gewässer und bestehender Infrastrukturanlagen haben nur sehr geringe Erschütterungsauswirkungen im lokalen Bereich und liegen im Normalfall unterhalb der Fühlschwelle.

Maßnahmen zur Reduktion der auftretenden Erschütterungen sind in Kapitel 5.1 beschrieben.

Aufgrund den (im Verhältnis zu den maßgebenden Wirkdistanzen) großen Abständen der Anrainerbebauung zu diesen Baumaßnahmen liegen die Immissionen weit unter den Richtwerten des Gebäudeschutzes des Kapitels 2.2.2.3. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch die in Kapitel 2.2.1.3 festgelegten Richtwerte zum Schutz des menschlichen Wohlbefindens eingehalten werden. In diesem Zusammenhang wird ergänzend auf die vorgesehenen Maßnahmen gemäß ER-BA-03 verwiesen.

4.1.4 Erschütterungen zufolge des Straßenschwerverkehrs – Fernwirkung

Abbildung 10 zeigt den Anschluss an das übergeordnete Straßennetz Richtung A1.

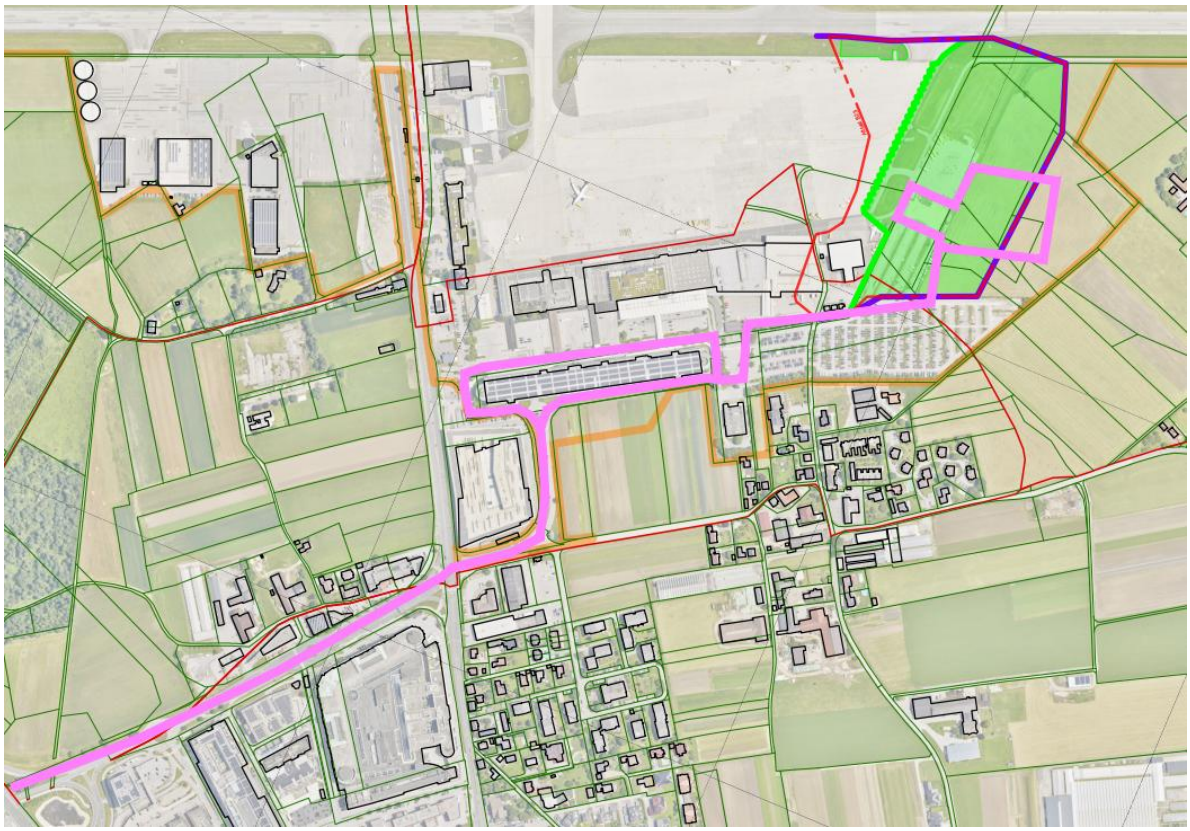

Abbildung 13: Graphische Darstellung Anschluss an das übergeordnete Straßennetz Richtung A1 [3]

Straßenverkehr erzeugt durch seine rollende Last unter anderem Erschütterungen im Untergrund, die sich bis in die angrenzenden Gebäude ausbreiten und dort ab einer gewissen Intensität von den Anrainern wahrgenommen werden können. Relevant für die Stärke der auftretenden Erschütterungen ist die Art des Fahrzeuges, die gewählte Fahrgeschwindigkeit, insbesondere aber die Glattheit der Straßenoberfläche. Bereits bei geringen Unebenheiten vervierfachen sich die Erschütterungsimmissionen (siehe DIN 4150-1).

Erfahrungen aus anderen Projekten zeigen, dass - bei entsprechender Straßenoberfläche - die durch LKW-Verkehr verursachten Erschütterungen in Gebäuden unmittelbar an der Straße meist unter der Fühlschwelle ($a_{w,s}$= 3,6 mm/s²) liegen, und selbst bei schwingungsanfälligen Decken in der Regel maximal $a_{w,s}$= 7 mm/s² erreichen. Dies bedeutet, dass die Grenzwerte für guten bzw. ausreichenden Erschütterungsschutz, unter Annahme des zugrundeliegenden Verkehrsaufkommens, eingehalten werden.

Sollte es – entgegen bisherigen Erfahrungswerten – zu Beschwerden der Anrainer kommen, kann dies durch die in Kapitel 5.1.3 beschriebenen Messungen festgestellt werden, und es können die in Kapitel 5.1.3 beschriebenen Gegenmaßnahmen getroffen werden. Ein Überschreiten der Richtwerte kann somit verhindert werden.

4.1.5 Zusammenfassende Beurteilung

Durch die in Kapitel 5 angeführten Maßnahmen wird sichergestellt, dass die Grenzwerte für das Wohlbefinden des Menschen (siehe Kapitel 2.2.1.3) bzw. für Gebäude (siehe Kapitel 2.2.2.3) eingehalten werden.

4.2 BETRIEBSPHASE

In der Betriebsphase treten keine relevanten Einwirkungen zufolge Sekundärschall oder spürbaren Erschütterungen auf, die Auswirkungen von vereinzelten Zu- und Abfahrten zu Wartungs- und Kontrollzwecken an den Anlagen können vernachlässigt werden.

4.3 STÖRFÄLLE

Die Störfallbetrachtung ist für den Fachbereich Erschütterungen und Sekundärschall nicht relevant.

5 MAßNAHMEN

5.1 BAUPHASE

Im Zuge der Bauphase werden folgende Maßnahmen gesetzt.

5.1.1 Beweissicherungen

Vor Beginn der Bauarbeiten werden alle relevanten Gebäude

- in einem 50 m breiten Bereich rund um Baustelleneinrichtungen
- bis zu einem Abstand von 50 m bzw. den in Abschnitt 4.1.3 angegebenen Distanzen zu erschütterungsintensiven Bauarbeiten (siehe Abschnitt 4.1.3)
- bis zu einem Abstand von 150 m zu Impulsverdichtungen und Schmalwandarbeiten

von einem Fachmann beweisgesichert.

Neben dem Bauzustand der Gebäude werden bestehende Bauschäden genau aufgenommen und dokumentiert. Der angegebene Bereich ist deutlich breiter als jener Raum, in dem Auswirkungen von Bauerschütterungen tatsächlich zu erwarten sind, es hat sich jedoch gezeigt, dass zur Vermeidung bzw. schnellen Regelung von Streitigkeiten eine möglichst umfangreiche Beweissicherung für beide Seiten von Vorteil ist.

5.1.2 Erschütterungsmonitoring

Zur Sicherstellung der Einhaltung der maßgebenden Grenzwerte für Erschütterungen in der Bauphase wird eine messtechnische Überwachung (Monitoring) vorgesehen. Diese erfolgt in Kombination mit einer gezielten Steuerung der Bauabläufe sowie einer begleitenden Öffentlichkeitsarbeit (siehe Kapitel 5.1.4).

Sofern erschütterungsintensive Bauarbeiten in einem Abstand von weniger als 50 m oder Impulsverdichtungen und Schmalwandarbeiten in einem Abstand von weniger als 150 m zu Anrainerobjekten durchgeführt werden, erfolgen in den potenziell betroffenen Gebäuden – bei mehreren Objekten in den jeweils exponiertesten – Schwingungsmessungen.

Die eingesetzten Messgeräte verfügen über eine Fernüberwachungsfunktion, die einen kontinuierlichen Zugriff auf die Messdaten zu jeder Tages- und Nachtzeit ohne Betreten der Gebäude ermöglicht. Darüber hinaus werden die Geräte mit einer Alarmfunktion ausgestattet, die bereits bei Erreichen von 50 % der maßgebenden Grenzwerte eine Verständigung der Baustellenverantwortlichen auslöst, sodass umgehend geeignete Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können.

Die maßgebenden Richtwerte sind in den Kapiteln 2.2.2.3 (Gebäudeschutz) und 2.2.1.3 (Schutz des menschlichen Wohlbefindens) festgelegt.

In Tabelle 17 ist als Mindestprogramm festgelegt, an welchen Objekten – auf Basis des aktuellen Planungsstandes und vorbehaltlich der Zustimmung der Eigentümer – während der Schmalwandarbeiten sowie der Impulsverdichtungen im jeweils relevanten Einflussbereich ein Erschütterungsmonitoring vorzusehen ist.

lfd. Nr.	Name, Adresse oder Grundstück
25	Airporthotel Dr.-Matthias-Laireiter-Straße 9, 5020 Salzburg
24	Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 14
23	Dr. Matthias-Laireiter-Strasse 12
44	Mehrlgutweg 36

Tabelle 17: Objekte für die messtechnische Überwachung (Monitoring) während der Schmalwandarbeiten und des Impulsverdichtens.

5.1.3 Steuerung der Baumethoden

5.1.3.1 Schmalwandarbeiten

Folgende Maßnahmen zur Reduktion der Erschütterungen können getroffen werden:

- Beim Einvibrieren des Einbauwerkzeugs: Vermeidung der Eigenfrequenzen der Decke bei der Auswahl der Arbeitsfrequenz (Veränderung der Arbeitsfrequenz), Vermeidung des Abstellens des Rüttelgerätes bei vollem Einsenken des Einbauwerkzeugs (Durchfahren des gesamten Frequenzbereiches beim Hoch- und Niederfahren),
- Sorgfalt bei der Arbeitsdurchführung.

5.1.3.2 Impulsverdichtung

Folgende Maßnahmen zur Reduktion der Erschütterungen können getroffen werden:

- Die Größe der Aufprallerschütterungen ist näherungsweise der Quadratwurzel der Fallenergie (E = Gh , in kJ) proportional. Durch Reduktion der Fallhöhe können erforderlichenfalls Erschütterungsimmissionen reduziert werden.
- Alternativ kann ein kleinerer Verdichterfuß (z. B. 80 cm statt 150 cm) eingesetzt werden, um die Erschütterungen zu reduzieren.
- Sorgfältige und gleichmäßige Arbeitsdurchführung.

5.1.3.3 Andere Bauerschütterungen

Bei anderen Bauerschütterungen können folgende Maßnahmen zur Reduktion der Erschütterungen getroffen werden:

- Änderung der Arbeitsfrequenzen von Baumaschinen.

- Bei Verdichtungsarbeiten: Abstimmung von Masse und Rüttelfrequenz des Verdichtungsgerätes, Vermeidung des Einsatzes mehrerer Geräte gleichzeitig, Verzicht auf dynamische Verdichtung und stattdessen statische Verdichtung mit Einbringen des Schüttmaterials in maximal 15 cm starken Lagen.
- Bei Aushubarbeiten: Anpassung des Gerätetyps, Übergang auf Fräsen, Sorgfalt in der Arbeit, Vermeidung des Einsatzes mehrerer Geräte gleichzeitig.
- Herstellung ebener Oberflächen auf Baustraßen.
- Verringerung der Fahrgeschwindigkeit von Baustellenfahrzeugen, Einsatz von Fahrzeugen geringeren Gewichtes. Reduktion der Beladung von LKWs.
- Sorgfalt bei der Arbeitsdurchführung.

5.1.3.4 Zufahrtsstraßen – Materialtransport

Wie in Kapitel 4.1.4 beschrieben werden in der Regel die Grenzwerte für guten Erschütterungsschutz (unter Annahme des zugrundeliegenden Verkehrsaufkommens) eingehalten. Sollte es – entgegen bisherigen Erfahrungswerten – zu Beschwerden der Anrainer kommen, erfolgen zur Beweissicherung der Einhaltung der Grenzwerte Erschütterungsmessungen im exponiertesten der betroffenen Objekte entlang des Transportweges. Bei der Wahl der Objekte wird auf eventuell stattfindende Beschwerden eingegangen. Werden bei diesen Messungen Überschreitungen der Richtwerte festgestellt, werden ein oder mehrere der folgenden Maßnahmen – bis die Richtwerte eingehalten werden - getroffen:

- Beschränkung der Fahrgeschwindigkeit
- Verwendung von Fahrzeugen kleinerer Tonnage
- Vorgaben an die Qualität (Federung) der Fahrzeuge
- Beseitigung von Schlaglöchern
- Herstellung einer glatten Fahrbahnoberfläche

Ein Überschreiten der Richtwerte kann somit verhindert werden.

5.1.4 Ansprechstelle

Für die Anrainer wird ein Informations- und Beschwerdemanagement eingerichtet. Es werden klare Ansprechpartner auf der Baustelle genannt, an die man sich im Fall von Belastungen oder Schäden wenden kann. Wichtige Bauarbeiten werden im Vorhinein angekündigt. Erfahrungen bei anderen Projekten haben gezeigt, dass eine gute Öffentlichkeitsarbeit und Informationspolitik einen deutlichen Rückgang der Anrainerbeschwerden bewirkt.

5.1.5 Vertragsbedingungen in Bauverträgen hinsichtlich Arbeitsmethodik

In den Ausschreibungsunterlagen und Bauverträgen werden technische Vertragsbedingungen aufgenommen, die eine entsprechende Anpassung der Arbeitsmethodik an den Erschütterungsschutz gewährleisten. Unabhängig von der Einhaltung von Grenzwerten ist dafür zu sorgen, dass nur Maschinen und Technologien eingesetzt werden, die dem jeweils aktuellen Stand der Technik entsprechen.

5.1.6 Arbeitnehmerschutz (VOLV)

Während der Bauphase sind die mit den Lieferungen und Leistungen zur Herstellung des Projektes beauftragten Firmen für die Einhaltung der Arbeitnehmerschutzbestimmungen zuständig, übergeordnet koordinieren Planungs- u. Baustellenkoordinator das Zusammenwirken der einzelnen Gewerke sowie die Bereitstellung und Benutzung gemeinsamer Sicherheitseinrichtungen.

Bei der Durchführung der Baumaßnahmen werden die gesetzlichen Bestimmungen gemäß BauKG eingehalten. Vor Beginn der Bau- und Montagearbeiten wird ein SIGE- Plan erstellt, und ein Planungs- und ein Baustellenkoordinator bestellt. Das Bauvorhaben wird unter Einhaltung der einschlägigen Gesetze, Normen und sonstigen Vorschriften nach dem neuesten Stand der Technik ausgeführt werden. Während der Errichtungsphase werden alle ökologischen und technischen Maßnahmen durch die Bestellung einer fächerübergreifenden qualifizierten örtlichen Bauaufsicht überwacht.

5.1.7 Zusammenfassung und Beurteilung der Maßnahmenwirkung

Der in Kapitel 4 beschriebenen Wirkungsintensität wurden folgende Maßnahmen zugrunde gelegt.

THEMENBEREICH ERSCHÜTTERUNGEN UND SEKUNDÄRSCHALL – MASSNAHMEN UND MASSNAHMENWIRKSAMKEIT BAUPHASE		
Nr.	**Beschreibung**	**Wirk-samkeit**
ER-BA-01	Sofern erschütterungsrelevante Tätigkeiten durchgeführt werden, werden vor Beginn der Baumaßnahmen: ○ alle Gebäude in einem 50 m breiten Bereich rund um Baustelleneinrichtungen ○ alle Gebäude bis zu einem Abstand von 50 m bzw. den in Abschnitt 4.1.2 angegebenen Distanzen zu erschütterungsintensiven Bauarbeiten ○ alle Gebäude bis zu einem Abstand von 150 m zu Impulsverdichtungen und Schmalwandarbeiten von einem Fachmann beweisgesichert.	–*
ER-BA-02	Sofern erschütterungsintensive Bauarbeiten in einem Abstand von weniger als 50 m oder Impulsverdichtungen und Schmalwandarbeiten in weniger als 150 m zu Anrainerobjekten erfolgen, wird in den exponiertesten Objekten eine Erschütterungsüberwachung, verbunden mit strikter Steuerung der Baumaßnahmen und guter Öffentlichkeitsarbeit (siehe Kapitel 5.1), durchgeführt. Die Richtwerte sind in Kapitel 2.2.2.3 sowie Kapitel 2.2.1.3 festgelegt. Ein Mindestüberwachungsprogramm sieht die Objekte der Tabelle 18 vor.	–*
ER-BA-03	Sollten infolge der Baustellenarbeiten Beschwerden von Anrainern hinsichtlich Erschütterungen auftreten, werden zur Beweissicherung der Einhaltung der maßgebenden Grenzwerte in den jeweils exponiertesten der betroffenen Objekte Erschütterungsmessungen durchgeführt. Diese erfolgen erfderliochenfalls in den Obergeschoßen bzw. direkt in den betroffenen Räumlichkeiten. Werden dabei Überschreitungen festgestellt, werden die in Kapitel 5.1.3 beschriebenen Maßnahmen getroffen.	
ER-BA-04	Wenn die getroffenen Maßnahmen nicht ausreichen, kann dies durch die Überwachung festgestellt werden, und die in Kapitel 5.1.3 dargestellten Maßnahmen werden angeordnet.	–*
ER-BA-05	Sollte es – entgegen bisherigen Erfahrungswerten – zu Beschwerden der Anrainer bezüglich Erschütterungen zufolge Materialtransporten kommen, erfolgen zur Beweissicherung der Einhaltung der Grenzwerte Erschütterungsmessungen in den exponiertesten der betroffenen Objekte. Werden dabei Überschreitungen festgestellt, werden die in Kapitel 5.1.3 beschriebenen Maßnahmen getroffen.	–*
ER-BA-06	Für die Anrainer wird ein Informations- und Beschwerdemanagement eingerichtet. Es werden klare Ansprechpartner auf der Baustelle genannt, an die man sich im Fall von Belastungen oder Schäden wenden kann. Wichtige Bauarbeiten werden im Vorhinein angekündigt. Erfahrungen bei anderen Projekten haben gezeigt, dass eine gute Öffentlichkeitsarbeit und Informationspolitik einen deutlichen Rückgang der Anrainerbeschwerden bewirkt.	–*
ER-BA-07	In den Ausschreibungsunterlagen und Bauverträgen werden technische Vertragsbedingungen aufgenommen, die eine entsprechende Anpassung der Arbeitsmethodik an den Erschütterungsschutz gewährleisten. Unabhängig von der Einhaltung von Grenzwerten ist dafür zu sorgen, dass nur Maschinen und Technologien eingesetzt werden, die dem jeweils aktuellen Stand der Technik entsprechen.	–*
ER-BA-08	Arbeitnehmerschutz VOLV: Bei der Durchführung der Baumaßnahmen werden die gesetzlichen Bestimmungen gemäß BauKG eingehalten. Vor Beginn der Bau- und Montagearbeiten wird ein SIGE- Plan erstellt, und ein Planungs- und ein Baustellenkoordinator bestellt. Das Bauvorhaben wird unter Einhaltung der einschlägigen Gesetze, Normen und sonstigen Vorschriften nach dem neuesten Stand der Technik ausgeführt werden. Während der Errichtungsphase werden alle ökologischen und technischen Maßnahmen durch die Bestellung einer fächerübergreifenden qualifizierten örtlichen Bauaufsicht überwacht.	–*
Gesamteinschätzung der Maßnahmenwirksamkeit		**–***

* Diese Maßnahmen sind Vorhabensbestandteil und wurden in der Ermittlung der Wirkungsintensität bereits berücksichtigt. Daher werden sie bei der Beurteilung der Maßnahmenwirksamkeit nicht berücksichtigt.

Tabelle 18: Maßnahmen und Maßnahmenwirksamkeit in der Bauphase

5.2 BETRIEBSPHASE

In der Betriebsphase sind grundsätzlich keine Maßnahmen vorgesehen.

6 ZUSAMMENFASSUNG

Gegenstand des vorliegenden Fachberichts ist die Beurteilung der Auswirkungen des Projekts „Altlast S23 – Flughafen Salzburg, Feuerlöschübungsgelände, Altlastensanierung/-sicherung" hinsichtlich Erschütterungen und sekundärem Luftschall.

Auf Basis einschlägiger Normen sowie Erfahrungswerten aus vergleichbaren Projekten wurden Richtwerte zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen sowohl auf das Wohlbefinden des Menschen als auch auf bauliche Anlagen festgelegt.

6.1 BESCHREIBUNG DES IST-ZUSTANDES

Im Untersuchungsraum befinden sich mehrere Anrainerobjekte, deren Nutzung überwiegend den Gebietskategorien 2 und 3 gemäß ÖNORM S 9012 zuzuordnen ist. Die Anrainerbebauung ist gemäß VSS 40 312 und ÖNORM S 9020 als normal bzw. erhöht empfindlich einzustufen. Die nächstgelegenen Objekte liegen in Entfernungen von rund 100 m (Schmalwand) bzw. 120 m (Impulsverdichtung) zu den geplanten erschütterungsintensiven Baumaßnahmen.

6.2 AUSWIRKUNGEN

Maßgebend für die Erschütterungsimmissionen sind die Herstellung der rd. 840 m langen U-förmigen Schmalwand (Vibrationsprofilverfahren, Tiefe 20–25 m) sowie die flächige Impulsverdichtung (Fallgewicht 9 t, 40 Schläge/min). Auf Basis von Messwerten aus vergleichbaren Projekten bzw. aus dem Probefeld vom Juli 2023 werden am nächstgelegenen Anrainerobjekt maximale Schwinggeschwindigkeiten im Fundamentbereich von $v_{R,max} \approx 0{,}6$ mm/s (Schmalwand) bzw. $v_{R,max} \approx 0{,}6$ mm/s (Impulsverdichtung) prognostiziert.

Diese Werte liegen deutlich unter den Richtwerten des Gebäudeschutzes; auch die Richtwerte zum Schutz des menschlichen Wohlbefindens werden eingehalten. Sonstige Bauerschütterungen (Vibrowalzen, Brecher, Baggerarbeiten) weisen nur geringe Wirkdistanzen (≤ 25–30 m) auf und sind für die Anrainer nicht relevant. Erschütterungen aus dem Baustellenschwerverkehr liegen erfahrungsgemäß unter der Fühlschwelle.

In der Betriebsphase treten keine relevanten Einwirkungen durch spürbare Erschütterungen oder sekundären Luftschall auf; vereinzelte Zu- und Abfahrten für Wartungs- und Kontrollzwecke sind vernachlässigbar.

6.3 MAßNAHMEN

Zur Sicherstellung der Einhaltung der Richtwerte sind folgende Maßnahmen vorgesehen:

- Beweissicherung der betroffenen Objekte,
- messtechnisches Erschütterungsmonitoring mit Fernüberwachung und Voralarm bei Erreichen von 50 % der Grenzwerte in den exponiertesten Objekten,
- gezielte Steuerung der Baumethoden (u. a. Vermeidung von Deckeneigenfrequenzen, Reduktion der Fallhöhe),
- Einrichtung einer Ansprechstelle für Anrainer,
- Aufnahme entsprechender Vertragsbedingungen in die Bauverträge.

6.4 GESAMTBEWERTUNG

Unter Berücksichtigung der vorgesehenen Maßnahmen kann die Einhaltung der maßgebenden Richtwerte sowohl hinsichtlich des Gebäudeschutzes als auch des Schutzes des menschlichen Wohlbefindens gewährleistet werden.

7 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Übersicht, Lage der Altlast (rot) im Katasterplan (Quelle SaGis online; ohne Maßstab) 4
Abbildung 2: Erschütterungsausbreitung im Boden und im Gebäude 6
Abbildung 3: Wahrnehmung von Erschütterungen und Körperschall 7
Abbildung 4: Richtwerte für impulsförmige Erschütterungen (Bild 1 in ÖNORM S 9020)..... 28
Abbildung 5: Richtwerte für kurzzeitige Erschütterungen (Bild 2 in ÖNORM S 9020)..... 29
Abbildung 6: Richtwerte für kontinuierliche Erschütterungen (Bild 3 in ÖNORM S 9020) 29
Abbildung 7: Ausschnitt Lageplan Bereich Altlast S23 / Feuerlöschübungsgelände (Eingriffs- und BE-Flächen, Zufahrten) [3]..... 38
Abbildung 8: Flächenwidmungsplan (Quelle: SAGIS, Stand 19.04.2026)..... 39
Abbildung 9: Lage der Schmalwand [4] 43
Abbildung 10: Graphische Darstellung der Abstands-Immission-Beziehung (Schmalwand) 45
Abbildung 11: Lage der Impulsverdichtungen [5] 46
Abbildung 12: Graphische Darstellung der Abstands-Immission-Beziehung (Impulsverdichtung) 47
Abbildung 13: Graphische Darstellung Anschluss an das übergeordnete Straßennetz Richtung A1 [3] 49

8 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Richtwerte Beurteilungs-Erschütterungsmaximum E_{max} in mm/s² nach ÖNORM S 9012 10
Tabelle 2: Richtwerte der maximalen zulässigen Beurteilungs-Erschütterungsdosis E_r 12
Tabelle 3: Beurteilungskriterien für den mittleren A-bewerteten Maximalschallpegel für ausreichenden Schallschutz, in dB 13
Tabelle 4: Beurteilungskriterien für den mittleren A-bewerteten Maximalschallpegel für guten Schallschutz, in dB 14
Tabelle 5: Beurteilungsstufen für Bauwerkserschütterungen 16
Tabelle 6: Zulässige $v_{R,max,Fund}$ -Werte im Falle einer Fundamentmessung und Faktoren für E_{max} bzw. E_r im Falle einer Wohnbereichsmessung in Abhängigkeit von der Einwirkungsdauer 19
Tabelle 7: Gliederung der Beurteilungsverfahren (Tabelle 6 in ÖNORM S 9020) 23
Tabelle 8: Klassifizierung von Bauwerken im Tiefbau nach Empfindlichkeitsklassen (Tabelle 2 in ÖNORM S 9020) 25
Tabelle 9: Klassifizierung von Bauwerken im Hochbau nach Empfindlichkeitsklassen (Tabelle 3 in ÖNORM S 9020) 26
Tabelle 10: Häufigkeitsklassen (Tabelle 4 in ÖNORM S 9020) 27
Tabelle 11: Klassen nach Ereignisdauer (Tabelle 5 in ÖNORM S 9020) 27
Tabelle 12: Empfindlichkeitsklassen gemäß VSS 40 312 30
Tabelle 13: Häufigkeitsklassen gemäß VSS 40 312 31
Tabelle 14: Richtwerte gemäß VSS 40 312 31
Tabelle 15: Datengrundlage 35
Tabelle 16: Beeinflussungssensibilität der Anrainerobjekte 40
Tabelle 17: Objekte für die messtechnische Überwachung (Monitoring) während der Schmalwandarbeiten und des Impulsverdichtens. 52
Tabelle 18: Maßnahmen und Maßnahmenwirksamkeit in der Bauphase 55