



Erschütterungstechnische Untersuchung für die geplante Erweiterung der Schiefergrube Magog in Bad Fredeburg

Bebauungsplan Nr. 171 "Schiefergruben Magog"

Erschütterungstechnische Untersuchung für die geplante Erweiterung der Schiefergrube Magog in Bad Fredeburg

Bebauungsplan Nr. 171 "Schiefergruben Magog"

Dieser Bericht besteht aus insgesamt 48 Seiten, davon 31 Seiten Text und 17 Seiten Anlagen.

Auftraggeber: Schiefergruben Magog GmbH & Co. KG
Bad Fredeburg
Alter Bahnhof 9
57392 Schmallenberg

Berichtsnummer: C 5487-2-BER-001
Datum: 12.02.2026

Referenz: OS/OS
Ansprechperson: Oliver Streuber
0231 725 49 91 - 10
oliver.streuber@peutz.de



Die Akkreditierung gilt für den in der Urkundenanlage D-PL-20140-01-00 festgelegten Umfang der Bereiche Geräusche und Erschütterungen.
Messstelle nach § 29b BImSchG

Peutz Consult GmbH, Borussiastraße 112, 44149 Dortmund, Tel. +49 231 725 499 10
Geschäftsführer: Dipl.-Ing. Heiko Kremer-Bertram, Dipl.-Ing. Mark Bless, Ing. David den Boer
AG Düsseldorf, HRB Nr. 22586, Ust-IdNr. DE 119424700, Steuer-Nr. 106/5721/1489
info@peutz.de, www.peutz.de

Düsseldorf – Dortmund – Berlin – Nürnberg – Leuven – Paris – Lyon – Mook – Zoetermeer – Groningen – Eindhoven

C 5487-2-BER-001
12.02.2026

Inhaltsverzeichnis

1	Situation und Aufgabenstellung	5
2	Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien	6
3	Betriebsbeschreibung, örtliche Gegebenheiten und Nutzungsansätze	9
4	Beurteilungsgrundlagen	10
4.1	Allgemeines	10
4.2	Schutzbedürftige Räume	11
4.3	Beurteilungsgrößen für Erschütterungsimmissionen	11
4.3.1	Ermittlung der Beurteilungsgrößen für Erschütterungen	13
4.3.2	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	14
4.4	Beurteilungsgrundlagen für Innenraumpegel	17
5	Erschütterungsmessungen	18
5.1	Ort und Zeit der Messungen	18
5.2	Messgeräte	18
5.3	Messdurchführung	18
5.4	Auswertung der Messungen	18
5.5	Ergebnisse der Erschütterungsmessung	19
6	Auswerte- und Prognoseverfahren	21
6.1	Einflussgrößen für Erschütterungen	21
6.2	Beschreibung der Methodik	21
6.3	Prognoseunsicherheit	21
7	Prognose der Erschütterungsimmissionen	23
7.1	Beurteilung gemäß DIN 4150, Teil 2	23
7.1.1	Allgemeines	23
7.1.2	Ergebnisse der Prognosen auf Basis der Messungen am Messpunkt 23	24
7.2	Beurteilung gemäß DIN 4150, Teil 3	26
8	Berechnung und Beurteilung der Sekundärluftschallimmissionen	27
8.1	Allgemeines	27

8.2	Sekundärluftschall - Mittelungspegel	27
8.3	Sekundärluftschall-Maximalpegel	28
9	Zusammenfassung	29

Tabellenverzeichnis

Tabelle 4.1:	Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung [13]	11
Tabelle 4.2:	Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1, Abschnitt 6.2	12
Tabelle 4.3:	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 3 [7]	15
Tabelle 4.4:	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Gebäude gemäß Tabelle 4 der DIN 4150, Teil 3 [7]	16
Tabelle 5.1:	Messdokumentation	19
Tabelle 5.2:	Ergebnisse der Erschütterungsmessungen	20
Tabelle 7.1:	Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für Gebäude mit Beton- und Holzdecken auf Basis der Messergebnisse am Messpunkt 23	25
Tabelle 8.1:	Prognostizierte Sekundärluftschallimmissionen im Tageszeitraum (Mittelungspegel L_{rm}) auf Basis der Messergebnisse der Messpunkte 23 und 24	27
Tabelle 8.2:	Prognostizierte mittlere Maximalpegel L_{max} im Tageszeitraum auf Basis der Messergebnisse am Messpunkt 23	28

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 7.1:	Zukünftiger Abstand Haldenfuß – Bestandsbebauung (Quellen: Bebauungsplan: Stadt Schmallenberg; Ö.b.V.l. Markus Schulte; Luftbild: Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0 – http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0)	23
----------------	--	----

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Schiefergruben Magog GmbH & Co. KG betreibt im Ortsteil Bad Fredeburg der Stadt Schmallenberg die Schiefergrube „Magog“ zur Gewinnung und Verarbeitung von Schiefer.

Es ist beabsichtigt, die Betriebsflächen in süd-westliche Richtung zu erweitern, um ein ebenes Gelände zu erhalten, auf welchem weitere Produktionsstätten errichtet werden können. Das Planrecht hierzu soll über den Bebauungsplan Nr. 171 "Schiefergruben Magog" erreicht werden [16]. Der Bebauungsplan ist in Anlage 1 wiedergegeben.

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens ist eine erschütterungstechnische Untersuchung zu den aus dem Abwurf von Abraum auf die Halde entstehenden Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen für die Wohnbebauung am Schieferweg zu erstellen.

Hierzu erfolgen Erschütterungsmessungen im Bereich des Betriebsgeländes während des Abschiebens von Abraum auf die Halde und darauf aufbauend eine Prognose der an der Wohnbebauung am Schieferweg zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen.

Die Beurteilung der Messergebnisse und der Ergebnisse der Erschütterungsprognose erfolgt gemäß DIN 4150, Teil 2 [5][6] für Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden und DIN 4150 Teil 3 [7] hinsichtlich möglicher Gebäudeschäden.

Die Beurteilung sekundärer Luftschallimmissionen erfolgt gemäß den Anforderungen der TA Lärm [2] sowie DIN 4109 [3].

Bestehende Genehmigungen für den Betrieb des Werks zur Produktverarbeitung bleiben hierbei unberührt.

Die Ergebnisse der Erschütterungsmessung sowie die Prognoseergebnisse und deren Beurteilung sind im nachfolgenden Bericht dargestellt.

2 Bearbeitungsgrundlagen, zitierte Normen und Richtlinien

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[1] BImSchG Bundes-Immissionsschutzgesetz	Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge	G	Aktuelle Fassung
[2] TA Lärm Sechste AVwV zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm	Gemeinsames Ministerialblatt Nr. 26, herausgegeben vom Bundesministerium des Inneren vom 28.09.1998	VV	26.08.1998, zuletzt geändert am 01.06.2017
[3] DIN 4109	Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise	N	Januar 2018
[4] DIN 4150, Teil 1	Erschütterungen im Bauwesen, Vorermittlungen von Schwingungsgrößen	N	Dezember 2022
[5] DIN 4150, Teil 2	Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	N	August 2025
[6] Auslegungen zu DIN 4150-2:2025-08 „Erschütterungen im Bauwesen - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“	DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)	N	13.08.2025
[7] DIN 4150, Teil 3	Erschütterungen im Bauwesen; Einwirkungen auf bauliche Anlagen	N	Dezember 2016
[8] DIN 45669, Teil 1	Messung von Schwingungsimmissionen - Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung	N	Juni 2020
[9] DIN 45669, Teil 2	Messung von Schwingungsimmissionen - Messverfahren	N	Februar 2025
[10] DIN 45680	Messung und Bewertung tieffrequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft	N	März 1997

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[11] DIN 45680, Beiblatt 1	Messung und Bewertung tief-frequenter Geräuschimmissionen in der Nachbarschaft, Hinweise zur Beurteilung bei gewerblichen Anlagen	N	März 1997
[12] Körperschall und Erschütterungsschutz, Leitfaden für den Planer, Beweissicherung, Prognose, Beurteilung und Schutzmaßnahmen	Landesumweltamt NRW	Lit.	1999
[13] Taschenbuch der Technischen Akustik	G. Müller, M. Möser (Hrsg.), 3. Auflage	Lit.	2003
[14] DB-Richtlinie 820.2050 "Erschütterungen und sekundärer Luftschall" mit Anhängen A01, A02, A03, A04 und A06	DB Netz AG, Technik- und Anlagenmanagement Fahrbahn Oberbautechnik – I.NPF 111	Lit.	2017
[15] Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen	Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI)	Lit.	06.03.2018
[16] Bebauungsplan Nr. 171 "Schiefergruben Magog" Stadt Schmallebenberg, OT Bad Fredeburg	Stadt Schmallebenberg; Ö.b.V.I Markus Schulte	P.	29.07.2024
[17] Begründung zum Bebauungsplan Nr. 171 "Schiefergruben Magog" Ortsteil Bad Fredeburg	Stadt Schmallebenberg; Ö.b.V.I Markus Schulte	Lit.	Vorentwurf 29.07.2024
[18] Begründung zur 39. Änderung des Flächennutzungsplans	Stadt Schmallebenberg; Ö.b.V.I Markus Schulte	Lit.	Vorentwurf 29.07.2024
[19] Betriebsbeschreibung der Schiefergrube	Zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	Lit.	02.11.2025
[20] Schalltechnischer Bericht Nr. 23-12 – Aufstellung des Bebauungsplanes "Schiefergruben Magog" im Ortsteil Bad Fredeburg der Stadt Schmallebenberg – Schalltechnische Untersuchung zur Gewerbelärmimmission in der Nachbarschaft	Draeger Akustik – Ingenieurbüro für Akustik, Messungen, Planung, Beratung Meschede; Zur Verfügung gestellt durch den Auftraggeber	Lit.	17.04.2023

Titel	Beschreibung / Bemerkung	Kat.	Datum
[21] Bebauungsplan Nr. 28c "Weisser Stein" in Fredeburg Teilabschnitt III	Stadt Schmallenberg	P	Dezember 1982

Kategorien:

G: Gesetz

V: Verordnung

VV: Verwaltungsvorschrift

RdErl.: Runderlass

N: Norm

RIL: Richtlinie

Lit: Buch, Aufsatz, Berichtigung

P: Planunterlagen / Betriebsangaben

3 Betriebsbeschreibung, örtliche Gegebenheiten und Nutzungsansätze

Die technische Entwicklung der Förderung und Verarbeitung von Schiefer hat zu einer fortschreitenden Entwicklung des Betriebsgeländes in der „Hemmeske“ geführt. Nicht nur die Errichtung neuer Produktionshallen mit hochtechnisierter Verarbeitungstechnik, auch der immer weiter steigende Bedarf an Lagerflächen führen zu einer stetigen Ausdehnung der benötigten Betriebsflächen.

Eine steigende Nachfrage nach Schieferprodukten erfordert kurz- bis mittelfristig eine deutliche Erhöhung der Produktions- und Lagerkapazitäten am Standort Bad Fredeburg. Hier ist der Bau von Produktionshallen und insbesondere auch von Lagerhallen zwingend erforderlich, da eine Lagerung des Materials aufgrund der unterschiedlichen Trägerschichten wetterbedingt im Trockenem erfolgen muss.

Das Betriebsgelände (Hemmeske) der Firma Schiefergruben Magog befindet sich innerhalb des rechtskräftigen Bebauungsplans Nr. 36 „Weißer Stein II“. Die dort festgeschriebene GI-Fläche (Industriefläche) ist derzeit schon durch den realen genehmigten Flächenbedarf erheblich überschritten (Genehmigung bisher über das Bergbaugesetz). Die geplante Betriebserweiterung umfasst eine Platzerweiterung in süd-westlicher Richtung. Um ein ebenes Betriebsgelände zu erhalten, ist vorgesehen, die vorhandene Schieferabraumhalde abzutragen und die Materialien zur Auffüllung des Geländes auf Höhe des bestehenden Lagerplatzes zu nutzen [17][19].

Die innerhalb der vorliegenden Untersuchung berücksichtigten Immissionsorte (Gebäude am Schieferweg) befinden sich südlich der Schiefergrube. Gemäß dem Bebauungsplan Nr. 28c "Weisser Stein" in Fredeburg Teilabschnitt III [21] weist diese Bebauung eine Schutzbedürftigkeit gemäß eines allgemeinen Wohngebietes (WA) auf.

Im Rahmen der vorliegenden Erschütterungsprognose wird der zukünftige Betriebszustand nach der vollständigen Betriebserweiterung betrachtet. Im Vergleich mit zeitlich davor liegenden Betriebszuständen liegen zu diesem Zeitpunkt die geringsten Abstände zwischen der südlich gelegenen Wohnbebauung am Schieferweg und dem Betriebsgelände vor. Somit wird in den Berechnungen der ungünstigste Betriebszustand mit den höchsten zu erwartenden Immissionen abgebildet.

Die Betriebszeiten der Schiefergruben Magog sind nachfolgend dargestellt [19][20]:

- Betrieb werktags (Montags bis Samstag);
- Schiefergrubenbetrieb täglich von 6:00 bis 22:00 Uhr;
- Furnierproduktion mit 3-Schicht-Betrieb (24 Stunden / Tag).

Ein Abkippen von Abraum durch Radlader oder Dumper an der Haldenkante findet im Zeitraum von 7:00 bis 20:00 Uhr bis zu 16 mal pro Tag statt, davon 10 Vorgänge mit Dumpfern mit je 12,0 t Abraum / Vorgang und 6 Vorgänge mit Radladern mit je 4,8 t Abraum / Vorgang [20].

4 Beurteilungsgrundlagen

4.1 Allgemeines

Die während einer Erschütterungsimmissionsmessung erfasste und registrierte Messgröße ist die Schwingschnelle $v(t)$ in mm/s (das Schnellsignal). Diese Größe ist gemäß DIN 4150, Teil 3 [7] ohne jegliche Zeit- und Frequenzbewertung zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf Gebäude heranzuziehen.

Entsprechend der DIN 4150, Teil 2 [5] wird zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden als Beurteilungsgröße das frequenz- und zeitbewertete Erschütterungssignal, gemessen in Raummitte der am stärksten betroffenen Geschossdecke, herangezogen. Die Frequenzbewertung erfolgt dabei in Form der so genannten "KB-Bewertung". Das Ergebnis der Bewertung ist der gleitende Effektivwert des frequenzbewerteten Erschütterungssignals nach folgender Gleichung:

$$KB_{\tau}(t) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \int_{\xi=0}^t e^{-\left(\frac{t-\xi}{\tau}\right)} \cdot KB^2(\xi) d\xi}$$

Als Zeitbewertung wird der gleitende Effektivwert mit einer Zeitkonstanten von $\tau = 0,125$ s gebildet. Zur Konkretisierung der verwendeten Zeitkonstante wird, entsprechend der Norm, die bewertete Schwingstärke $KB_F(t)$ genannt. Die während der Beurteilungszeit erfasste höchste bewertete Schwingstärke wird als Maximalwert KB_{Fmax} bezeichnet.

Da es sich bei Erschütterungsimmissionen nicht um gleichförmige Schwingungen, sondern um stochastische Einzelvorgänge handelt, kann gemäß DIN 4150, Teil 2, der Beginn eines jeden Ereignisses (Zugvorbeifahrt) an den Anfang eines 30-Sekunden-Taktes gelegt werden. Hierdurch wird die Anzahl der belegten Takte minimiert. Aus diesen ermittelten Taktmaximalwerten $KB_{FTi,Zug}$ wird der Taktmaximal-Effektivwert $KB_{FTm,Zug}$ berechnet.

Für die Beurteilung der Erschütterungsimmissionen werden zwei Beurteilungsgrößen herangezogen. Dies sind zum einen die maximal bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} sowie, falls erforderlich, die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} . Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FT} ist der Taktmaximal-Effektivwert über die Beurteilungszeit.

In die Beurteilungsschwingstärke KB_{FT} gehen Art und Anzahl der Erschütterungsereignisse innerhalb der Beurteilungszeiten Tag und Nacht mit dem jeweiligen von der entsprechenden Erschütterungsquelle abhängigen Takt-Maximal-Effektivwert KB_{FTm} ein.

Die so ermittelten Beurteilungsgrößen KB_{Fmax} und KB_{FT} werden mit den in der DIN 4150, Teil 2, angegebenen Anhaltswerten, unter Zugrundelegung verschiedener Gebietsnutzungen für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen, verglichen (siehe Tabelle 4.2).

Hierbei sind drei unterschiedliche Anhaltswerte A_u , A_0 und A_r angegeben.

Ist der ermittelte KB_{Fmax} -Wert kleiner oder gleich dem "unteren" Anhaltswert A_u , ist die Anforderung der DIN 4150, Teil 2, erfüllt.

Ist der ermittelte KB_{Fmax} -Wert größer als der "obere" Anhaltswert A_0 , sind die Anforderungen der Norm nicht eingehalten. Hierbei sind die Besonderheiten bei Erschütterungen aus Straßenverkehr, Schienenverkehr und Sprengungen zu beachten.

Für Werte von $A_0 \geq KB_{Fmax} \geq A_u$ ist die Beurteilungsschwingstärke $KB_{FT,r}$ zu ermitteln und mit dem Anhaltswert A_r zu vergleichen. Ist $KB_{FT,r}$ kleiner bzw. gleich dem Anhaltswert A_r , so sind die Anforderungen der Norm eingehalten.

$KB_{FT,i}$ -Werte $\leq 0,1$ können als Maß für die Fühlschwelle herangezogen werden, wobei die Tatsache, ob ein Erschütterungsereignis gespürt wird von vielen individuellen Faktoren und dem subjektiven Empfinden abhängt (siehe auch Tabelle 4.1).

Tabelle 4.1: Zusammenhang zwischen bewerteter Schwingstärke und subjektiver Wahrnehmung [13]

Bewertete Schwingstärke KB	Beschreibung der Wahrnehmung
< 0,1	nicht spürbar
0,1	Fühlschwelle
0,1 – 0,4	gerade spürbar
0,4 – 1,6	gut spürbar
1,6 – 6,3	stark spürbar
> 6,3	sehr stark spürbar

4.2 Schutzbedürftige Räume

Die DIN 4150, Teil 2 – Ausgabe August 2025 [5] definiert erstmals schutzbedürftige Räume für welche die Anhaltswerte der nachfolgenden Tabelle 4.2 anzuwenden sind.

Schutzbedürftige Räume sind unter anderem Wohnräume, Wohndielen, Wohnküchen, Schlafräume, einschließlich Übernachtungsräumen in Beherbergungsstätten, Bettenräume in Krankenhäusern und Sanatorien, Unterrichtsräume in Schulen, Hochschulen und ähnlichen Einrichtungen, Büroräume, Praxisräume, Sitzungsräume sowie ähnliche Arbeitsräume und Pausenräume.

Schutzbedürftige Räume in Kindergärten, Schulen und Hochschulen sind Zeile 3 der nachfolgenden Tabelle 4.2 zuzuordnen.

Keine schutzbedürftigen Räume sind unter anderem Küchen, Flure, Bäder, Toilettenräume, Gartenlauben und Nebenräume.

4.3 Beurteilungsgrößen für Erschütterungsimmissionen

Erschütterungsimmissionen sind nach Punkt 6.2 der DIN 4150, Teil 2 [5] zu beurteilen und mit den Anhaltswerten der Tabelle 1, "Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in schutzbedürftigen Räumen" der DIN 4150, Teil 2 (siehe hier Tabelle 4.2), zu vergleichen. Diese orientieren sich dabei an der tatsächlichen Schutzbedürftigkeit,

an der Gebietsausweisung gemäß BauNVO und gegebenenfalls anderen planerischen Erfordernissen.

Tabelle 4.2: Anhaltswerte A gemäß DIN 4150, Teil 2, Tabelle 1, Abschnitt 6.2

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		Au	Ao	Ar	Au	Ao	Ar
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (siehe Industriegebiete BauNVO, §9).	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (siehe Gewerbegebiete BauNVO, §8).	0,3	6	0,15	0,2	0,4	0,1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (siehe Kerngebiete BauNVO, §7, urbane Gebiete BauNVO, §6a Mischgebiete BauNVO, §6, Dorfgebiete BauNVO, §5, dörfliche Wohngebiete BauNVO, § 5a, besondere Wohngebiete BauNVO, § 4a).	0,2	5	0,1	0,1	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (siehe reines Wohngebiet BauNVO, §3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, §4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, §2).	0,15	3	0,07	0,1	0,2	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0,1	3	0,05	0,1	0,15	0,05

Anhaltswerte für den Zeitraum nachts sind nur dann anzusetzen, wenn die betreffenden schutzbedürftigen Räume regelmäßig zum Schlafen in der Nachtzeit verwendet werden.

4.3.1 Ermittlung der Beurteilungsgrößen für Erschütterungen

Um die Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in einem Gebäude anhand der Anhaltswerte gemäß Tabelle 4.2 zu beurteilen, werden die Beurteilungsgrößen KB_{Fmax} und KB_{FTr} aus dem auf die Beurteilungszeit bezogenen Taktmaximal-Effektivwert (KB_{FTm}) ermittelt.

Maximale bewertete Schwingstärke (KB_{Fmax})

Der höchste während der gesamten Messzeit erfasste Erschütterungseinwirkung. Für die jeweilige Messzeit gilt:

$$KB_{FTmax} = \max\{KB_{FTi}\}$$

Taktmaximal-Effektivwert (KB_{FTm})

Die Ermittlung des Taktmaximal-Effektivwertes (KB_{FTm}) erfolgt nach folgender Gleichung:

$$KB_{FTm} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N KB_{FTi}^2}$$

Hierbei sind KB_{FTi} -Werte $\leq 0,1$ mit dem Wert 0 einzusetzen. Jedoch gehen diese Takte in die Anzahl N ein.

Erschütterungen mit KB_{FTi} -Werten $\leq 0,1$ werden bei der Berechnung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} gleich 0 gesetzt, da solche Erschütterungen in der Regel nicht fühlbar sind. Das Nullsetzen ist notwendig, um zu verhindern, dass nicht fühlbare Schwingungen zur Anhebung der Beurteilungs-Schwingstärke führen.

Beurteilungs-Schwingstärke (KB_{FTr})

Beurteilungszeit T_r

Die Beurteilungszeit T_r beträgt tags 16 h (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) und nachts 8 h (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr).

Innerhalb der Beurteilungszeit T_r sind im Tageszeitraum folgende Ruhezeiten definiert:

- werktags von 06:00 Uhr bis 07:00 Uhr und von 19:00 Uhr bis 22:00 Uhr;
- sonn- und feiertags von 06:00 Uhr bis 22:00 Uhr.

Einwirkungen außerhalb von Ruhezeiten

Die Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} außerhalb von Ruhezeiten wird nach folgender Gleichung berechnet:

$$KB_{FTTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} \sum_j T_{e,j} \cdot KB_{FTm,j}^2}$$

mit:

- T_r = die Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h);
- T_e = die Einwirkungszeit;
- T_{ej} = die Teileinwirkungszeiten;
- $KB_{FTm,j}$ = der Taktmaximal-Effektivwert, der für die Einwirkungszeit T_e oder Teileinwirkungszeit T_{ej} repräsentativ ist.

Einwirkungen während der Ruhezeiten

Erschütterungseinwirkungen während der Ruhezeiten führen zu erhöhten Störwirkungen. Bei der Ermittlung der Beurteilungs-Schwingstärke wird dies dadurch berücksichtigt, dass diese Zeiten mit dem Faktor 2 gewichtet werden. Hiermit ergibt sich der KB_{FTr} -Wert nach folgender Formel:

$$KB_{FTr} = \sqrt{\frac{1}{T_r} (T_{e1} \cdot KB_{FTm1}^2 + 2 \cdot T_{e2} \cdot KB_{FTm2}^2)}$$

mit:

- T_r = die Beurteilungszeit (tags 16 h, nachts 8 h);
- T_{e1} = die Einwirkungszeit außerhalb der Ruhezeiten;
- T_{e2} = die Einwirkungszeit innerhalb der Ruhezeiten;
- KB_{FTm1} = der Taktmaximal-Effektivwert außerhalb der Ruhezeiten;
- KB_{FTm2} = der Taktmaximal-Effektivwert innerhalb der Ruhezeiten.

4.3.2 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Zum Schutz nahe gelegener Gebäude vor Schäden sind die Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 [7] heranzuziehen. Den Anhaltswert definiert die Norm als Wert, bei dessen Einhaltung aus Erfahrung kein Schaden eintritt. Bei Überschreitung der Anhaltswerte folgen daraus jedoch nicht automatisch Schäden. Als Schaden wird eine bleibende Folge einer Einwirkung definiert, die eine Verminderung des Gebrauchswerts des betroffenen Bauwerks oder Bauteils im Hinblick auf die Nutzung mit sich bringt.

In den nachfolgenden Tabellen 4.3 und 4.4 sind die in den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [7] angegebenen Anhaltswerte für kurzzeitige und Dauererschütterungen dargestellt.

Tabelle 4.3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude gemäß Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 3 [7]

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

^{a)} Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

^{b)} Bei dieser Gebäudeart kann zur Verhinderung leichter Schäden eine deutliche Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig sein.

Tabelle 4.4: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit zur Beurteilung der Wirkung von Dauererschütterungen auf Gebäude gemäß Tabelle 4 der DIN 4150, Teil 3 [7]

	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s	
		Oberste Deckenebene, horizontal	Decken vertikal
		alle Frequenzen	
	1	2	3
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	10	10
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	10
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	2,5	10*
ANMERKUNG: Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalte 2 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.			

*) Unterabschnitt 6.1.2 "Beurteilung von Decken" der DIN 4150, Teil 3 ist zu beachten.

Als kurzzeitige Erschütterungen gelten Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungen hervorzurufen, und deren zeitliche Abfolge und Dauer nicht geeignet sind, um in der betroffenen Struktur eine wesentliche Vergrößerung der Schwingungen durch Resonanzerscheinungen zu erzeugen. Als Dauererschütterungen gelten alle Erschütterungen, auf die die Definition kurzzeitiger Erschütterungen nicht zutrifft.

Bei den hier zu untersuchenden Abwürfen von Abraum auf die Halde es sich aufgrund der mittleren Dauer der Erschütterungsereignisse von circa 30 Sekunden pro Abwurf um Dauererschütterungen.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150, Teil 3 sind z. B.:

- Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und
- Verminderung der Tragfähigkeit von Decken und anderen Bauteilen.

Bei Gebäuden nach Tabelle 1 für kurzzeitige Erschütterungen und Tabelle 4 für Dauererschütterungen der DIN 4150, Teil 3 [7], jeweils Zeilen 2 und 3, ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z. B.:

- Risse im Putz von Wänden auftreten;
- bereits vorhandene Risse im Gebäude vergrößert werden;

- Trenn- oder Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

Werden Gebäude nach den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [7], jeweils nach Zeile 1 beurteilt (gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten), stellen leichte Schäden keine Minderung des Gebrauchswertes dar.

Unter der besonderen Erschütterungsempfindlichkeit gemäß den Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [7], jeweils Zeile 3, wird die Eigenschaft eines Bauwerkes verstanden, dass bereits geringe Erschütterungen leichte Schäden hervorrufen können.

Bei Einhaltung der Anhaltswerte der Tabellen 1 und 4 der DIN 4150, Teil 3 [7], jeweils Zeile 1, können in diesen Gebäuden leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.

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

Als oberste Deckenebene ist die Deckenebene definiert, die auf tragenden Wänden aufliegt und in der Regel eine aussteifende Wirkung in den beiden horizontalen Richtungen übernimmt.

4.4 Beurteilungsgrundlagen für Innenraumpegel

Aufgrund Erschütterungen innerhalb von Gebäuden können durch die Anregung der Raumbegrenzungsflächen und der hieraus bedingten Schallabstrahlung Schallimmissionen in Form von Sekundärluftschall auftreten.

Gemäß der TA Lärm [2] existieren Anforderungen für Immissionsorte in Gebäuden, wenn eine baulicher Verbund vorliegt, oder die Immissionen in einem Gebäude durch Körperschalleinleitung bedingt sind.

Im vorliegenden Fall kann durch die Erschütterungs- / Körperschalleintragung in die geplanten Gebäude Luftschall entstehen, der sogenannte sekundäre Luftschall. Diese Immissionen sind durch den gewerblichen Betrieb bedingt und werden nach TA Lärm beurteilt.

Eine Betrachtung der Immissionen vor den Gebäude, also am Immissionsort 0,5 m vor den Fassaden erfolgt in einer eigenen schalltechnischen Untersuchung zum Bebauungsplan.

Gemäß Ziffer 6.2 "Immissionsorte innerhalb von Gebäuden" der TA Lärm [2] sind bei Geräuschübertragungen innerhalb von Gebäuden oder bei Körperschallübertragung in betriebsfremden schutzbedürftigen Räumen nach DIN 4109 [3] unabhängig von der Lage des Gebäudes, also seiner Gebietseinstufung, folgende Immissionsrichtwerte einzuhalten:

Tags: 35 dB(A)

Nachts: 25 dB(A).

Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen dürfen die Immissionsrichtwerte um nicht mehr als 10 dB überschreiten.

5 Erschütterungsmessungen

5.1 Ort und Zeit der Messungen

Die Erschütterungsmessungen wurden am 09.02.2026 auf dem Betriebsgelände der Schiefergrube Magog durchgeführt.

Die Messungen erfolgten auf einem Messquerschnitt in drei Abständen zur Abraumhalde.

Die Messpunkte befanden sich in einem Abstand von 12 (Messpunkt 23), 20 (Messpunkt 24) und 28 Metern (Messpunkt 25) zum Haldenfuß. Der Abwurf des Abraummaterials fand in Bereich der Haldenoberkante statt. Das Material rutschte anschließend über ein Drittel bis zur Hälfte die Halde herunter. Einzelne Steine rollten bis zum Haldenfuß, kamen hier aber zum Liegen.

Eine detaillierte Beschreibung der Messumgebung und der Messaufbauten ist in Anlage 2 dargestellt.

5.2 Messgeräte

Die Erschütterungsmessungen wurden entsprechend der DIN 4150, Teil 2, in Verbindung mit DIN 45669, Teil 1 [8] und Teil 2 [9] durchgeführt.

Die Messpunkte wurden auf Dreipunktlagern gemäß DIN 45669 auf eingeschlammten Betonplatten auf Bodenniveau aufgestellt. Die Lage der Messpunkte ist in Anlage 2 dargestellt.

Die Erschütterungsimmissionen wurden mittels Geophone (Schwingungsmesser nach DIN 45669 A3HV 315/1) mit dem Messsystem BlueStack der Firma Wölfel aufgezeichnet. Die eingesetzten Messketten sind in Anlage 2 dargestellt.

Die Frequenzanalysen erfolgten mittels der Auswertesoftware (MEDA) der Firma Wölfel.

5.3 Messdurchführung

Während der gesamten Messzeiten wurden Erschütterungsanregungen durch das Abschieben von Abraum auf die Halde erfasst. Dabei wurden ggf. Besonderheiten / Auffälligkeiten festgehalten.

Die Messung am 09.02.2026 wurde von Herrn Oliver Streuber und Herrn Felix Ehrgott durchgeführt.

Die Auswertung der Messung und die Prognoseberechnungen erfolgten durch Herrn Oliver Streuber.

5.4 Auswertung der Messungen

Die Auswertung der Erschütterungsimmissionen erfolgte gemäß DIN 4150 Teil 2 [5] und DIN 4150 Teil 3 [7].

5.5 Ergebnisse der Erschütterungsmessung

Die Abwurfvorgänge auf die Halde konnten störungsfrei messtechnisch erfasst werden.

Die höchste Erschütterungseinwirkung durch einen Abwurfvorgang betrug $v_{\max} = 0,217$ mm/s in vertikaler Richtung (Z) am Messpunkt 1 im geringsten Abstand zur Halde, hervorgerufen durch Materialabwurf mittels eines Dumpers (Mess-Nr. 9).

In Tabelle 5.1 sind die Messnummern und gemessenen Vorgänge dokumentiert. Die Messungen Nr. 1 bis Nr. 4 dienen der Funktionskontrolle des Messsystems und werden nachfolgend nicht weiter ausgewertet.

Die Ergebnisse der Erschütterungsmessungen an den drei Messpunkten sind in der Tabelle 5.2 dargestellt.

Tabelle 5.1: Messdokumentation

Nr:	Dauer: [s]	Vorgang:
1	-	Klopftests Messpunkt 23 – Messkanäle 1, 2, 3 – Richtungen X, Y, Z
2	-	Klopftests Messpunkt 24 – Messkanäle 1, 2, 3 – Richtungen X, Y, Z
3	-	Klopftests Messpunkt 25 – Messkanäle 1, 2, 3 – Richtungen X, Y, Z
4	-	Messung Scherwellengeschwindigkeit
5	13	Abwurf Abraum mit Dumper
6	26	Abwurf Abraum mit Radlader
7	13	Abwurf Abraum mit Radlader
8	34	Abwurf Abraum mit Radlader
9	31	Abwurf Abraum mit Dumper
10	5; 10	Pkw und Lkw Vorbeifahrt auf Straße "Zur Hemmeske"
11	42	Abwurf Abraum mit Dumper
12	35	Abwurf Abraum mit Radlader
13	19	Abwurf Abraum mit Radlader

Tabelle 5.2: Ergebnisse der Erschütterungsmessungen

Messpunkt / Messrichtung	Maximale Schwinggeschwindigkeit v_{\max} in [mm/s]									
	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 11	Nr. 12	Nr. 13	Nr. 10.1	Nr. 10.2
	Abwurfvorgänge mit Dumper und Radlader								Pkw	Lkw
MP 23 - X -12m	0,026	0,050	0,044	0,078	0,129	0,047	0,049	0,033	0,012	0,020
MP 23 - Y -12m	0,026	0,044	0,051	0,097	0,098	0,037	0,050	0,044	0,012	0,018
MP 23 - Z- 12m	0,024	0,045	0,041	0,121	0,217	0,037	0,066	0,026	0,010	0,025
MP 24 - X -20m	0,023	0,036	0,038	0,067	0,076	0,035	0,043	0,029	0,019	0,042
MP 24 - Y -20m	0,023	0,049	0,038	0,066	0,065	0,025	0,041	0,031	0,014	0,040
MP 24 - Z- 20m	0,012	0,017	0,017	0,061	0,056	0,013	0,020	0,013	0,019	0,055
MP 25 - X -28m	0,010	0,012	0,010	0,023	0,031	0,010	0,012	0,011	0,064	0,147
MP 25 - Y -28m	0,011	0,011	0,011	0,030	0,053	0,012	0,013	0,012	0,068	0,203
MP 25 - Z- 28m	0,011	0,011	0,011	0,023	0,018	0,015	0,012	0,011	0,045	0,120

Wie die in Tabelle 5.2 dargestellten Ereignisse der Erschütterungsmessungen zeigen, wurden die höchsten Schwinggeschwindigkeiten an allen Messpunkten der Messkette durch den Abwurf von Abraum während der Messung Nr. 9 erfasst. Hierbei erfolgte das Abladen von Abraum auf die Halde durch einen Dumper.

Informativ wurde auch eine Pkw und Lkw Fahrt auf der Straße "Zur Hemmeske" messtechnisch erfasst und ausgewertet. Hier beträgt für die Lkw-Vorbeifahrt die höchste Schwinggeschwindigkeit 0,203 mm/s am der Straße nächstgelegenen Messpunkt 25 in horizontaler Richtung.

6 Auswerte- und Prognoseverfahren

6.1 Einflussgrößen für Erschütterungen

Maßgeblich für die Höhe der Erschütterungsimmissionen ist die Höhe der Emission und der Abstand der zu betrachtenden Gebäude zur Erschütterungsquelle. Weitere Einflussgrößen sind:

- die Bodenbeschaffenheit auf dem Übertragungsweg,
- die Bauweise der Gebäude.

Die Bodenbeschaffenheit auf dem Übertragungsweg sowie die Bauweise des jeweiligen Gebäudes haben bei der Prognose von Erschütterungen meist einen schwer abschätzbaren Einfluss.

6.2 Beschreibung der Methodik

Mittels der messtechnisch erfassten Emissionen bzw. Immissionen sowie den theoretischen Übertragungsfunktionen aus der Literatur erfolgte die Prognose der in den Gebäuden am Schieferweg zu erwartenden Erschütterungsimmissionen.

Für die allgemeinen Erschütterungsimmissionen wurden im ersten Schritt Frequenzanalysen (Terz-F-max) durchgeführt und diese anschließend energetisch gemittelt. Diese gemittelten Terz-F-max Frequenzspektren für die Messpunkte gehen als Eingangsdaten in die Prognosen ein. Durch die Verwendung von Terz-F-Max Spektren liegen die berechneten Prognosen auf der sicheren Seite, da für diese Spektren zu jeder Terz der während der Erschütterungseinwirkungen maximal aufgetretene Messwert zugeordnet wird. Dies tritt so in der Realität allgemein nicht auf und führt daher bei der Prognose in der Regel zu höheren Werten.

Für die Prognose der Erschütterungen in die bestehenden Gebäude am Schieferweg werden theoretische Übertragungsfunktionen vom Erdboden beziehungsweise vom Fundament auf die jeweilige Geschosdecke als der Literatur [14] oder aus Berechnungen und eigenen Messungen an vergleichbaren Vorhaben verwendet.

6.3 Prognoseunsicherheit

Die generelle messtechnische Unsicherheit bei der Ermittlung von KBF-Werten kann gemäß DIN 4150 Teil 2 [5] mit 15 % beziffert werden. Die zur Prognose herangezogenen Übertragungsfunktionen für die Transmission im Erdboden, den Übergang vom Fundament auf die Decken im Gebäude sind ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet.

Als Eingangsdaten für die Prognose werden jedoch Emissionsspektren herangezogen, welche die höchsten Erschütterungsimmissionen verursacht haben. Im Mittel aller Abwurfvorgänge wird eine niedrigere Erschütterungsimmission auftreten. Weiterhin wurden für die Prognose sogenannte Terz-F-Max-Spektren verwendet, welche in der Regel bis zu 10 dB über dem gemittelten Emissionsspektrum liegen. Eine Prognoseunsicherheit von 20 %

bewirkt eine Pegelunsicherheit, die deutlich geringer (< 2 dB) ist. Erfahrungsgemäß werden daher die zukünftig zu erwartenden Erschütterungen tendenziell konservativ überschätzt.

Die Anforderungswerte sind jedoch durch die ermittelten, gemessenen oder prognostizierten Ergebnisse einzuhalten, es ist nicht erforderlich, die Anforderungen durch den ermittelten Wert zuzüglich der Unsicherheit einzuhalten [5].

7 Prognose der Erschütterungsimmissionen

7.1 Beurteilung gemäß DIN 4150, Teil 2

7.1.1 Allgemeines

Die detaillierten Prognoseberechnungen für die Erschütterungsimmissionen an der Bestandsbebauung am Schieferweg können den Anlage 3 und 4 entnommen werden. Für die Gebäude wurden die Erschütterungsimmissionen für theoretische Übertragungsfunktionen aus der Literatur [14] für Geschossdecken mit Holz- und Betondecken für 8 Hz bis 80 Hz berechnet.

Die Beurteilung der prognostizierten Erschütterungseinwirkungen an der Bestandsbebauung erfolgt für eine Gebietsausweisung als allgemeines Wohngebietes (WA) gemäß dem Bebauungsplan Nr. 28c "Weisser Stein" in Fredeburg Teilabschnitt III [21].

Zur Erhöhung der Prognosegenauigkeit erfolgen die nachfolgenden Prognoseberechnungen auf Basis der Messwerte, welche am Messpunkt 23 in 12 m Abstand zum Haldenfuß erfasst wurden. Die nächstgelegene Wohnbebauung am Schieferweg befindet sich zukünftig mindestens 80 m vom geplanten Haldenfuß entfernt (siehe Abbildung 7.1).



Abbildung 7.1: Zukünftiger Abstand Haldenfuß – Bestandsbebauung (Quellen: Bebauungsplan: Stadt Schmallenberg; Ö.b.V.l. Markus Schulte; Luftbild: Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0 – <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>)

Gemäß den Betriebsangaben [19][20] erfolgt der Schiefergrubenbetrieb werktätlich von 6:00 bis 22:00 Uhr. Ein Abkippen von Abraum durch Radlader oder Dumper an Haldenkante findet im Zeitraum von 7:00 bis 20:00 Uhr bis zu 16 mal pro Tag statt, davon 10 Vorgänge mit Dumpfern mit je 12,0 t Abraum / Vorgang und 6 Vorgänge mit Radladern mit je 4,8 t Abraum / Vorgang.

Für die Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden gemäß DIN 4150, Teil 2 [5] gelten von der TA Lärm [2] abweichende Zeiträume für die Definition von Ruhezeiten. Gemäß der DIN 4150, Teil 2 [5] sind im Tageszeitraum Ruhezeiten an Werktagen von 06:00 Uhr bis 07:00 Uhr und von 19:00 Uhr bis 22:00 Uhr festgelegt.

Somit fallen Tätigkeiten zwischen 19:00 und 20:00 in die abendliche Ruhezeit. Dies wird nachfolgend berücksichtigt, indem angenommen wird, dass in dieser Stunde zwei Abladevorgänge mit Dumpfern auf die Halde stattfinden, welche gemäß Kapitel 4.3.1 mit dem Faktor 2 in die Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} einfließen.

7.1.2 Ergebnisse der Prognosen auf Basis der Messungen am Messpunkt 23

Aus Basis der Ergebnisse der Erschütterungsmessungen am der Abraumhalde nächstgelegenen Messpunkt 23, werden in Abhängigkeit des Gebäudeverhaltens (Häuser mit Betondecken und/oder Holzdecken), die nachfolgenden Erschütterungsimmissionen prognostiziert.

Hierbei wird der Maximalfall angenommen, bei dem sich ein Gebäude am Messpunkt, also lediglich in einem Abstand von 12 m zum Fuß der Abraumhalde, befindet. Zukünftig beträgt der geringste Abstand der bestehenden Wohnbebauung am Schieferweg zum Haldenfuß rund 80 m (siehe Abbildung 7.1). An der Bebauung am Schieferweg werden somit aufgrund der größeren Entfernung deutlich geringere Erschütterungen vorliegen. Dies zeigen bereits die in Tabelle 5.2 dargestellten Messergebnisse in 12, 20 und 28 m Abstand zum Haldenfuß.

Es erfolgte die Ermittlung und Beurteilung der Beurteilungsschwingstärke KB_{FTr} . Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen für Gebäude mit Beton- und Holzdecken sind zusammengefasst in der nachfolgenden Tabelle 7.1 und im Detail in der Anlage 3 dargestellt.

Die höchsten sich aus den Prognoseberechnungen ergebenden Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} je Messpunkt für den Tageszeitraum sind **fett** gedruckt dargestellt. Da keine Abwürfe auf die Halde im Nachtzeitraum stattfinden beträgt der $KB_{FTr,Nacht} = 0$.

Vor dem Vergleich der prognostizierten Beurteilungsschwingstärken KB_{FTr} mit den Anhaltswerten A_r für den Tageszeitraum ist ein Vergleich der maximalen bewerteten Schwingstärke KB_{FMax} mit dem oberen Anhaltswert A_o erforderlich.

Das angewendete spektrale Prognoseverfahren zur Berechnung der in den Gebäuden zu erwartenden Erschütterungsimmissionen gibt lediglich Taktmaximal-Effektivwerte KB_{FTm} aus, welche zur Berechnung der Beurteilungs-Schwingstärke KB_{FTr} benötigt werden.

Beim Abwurf von Abraum auf die Halde wird ein Stoßfaktor von 2 berücksichtigt. Damit ergibt sich der für die Beurteilung herangezogene KB_{Fmax} mit $2 \cdot KB_{FTm}$.

Der höchste prognostizierte KB_{FTm} -Wert beträgt 0,16 bei einem Abraumabwurf mittels Dumper für eine Betondecke mit einer Eigenfrequenz von 25 Hz (siehe Anlage 3.5). Unter

Berücksichtigung eines Stoßfaktors von 2 ergibt sich eine maximale bewerte Schwingstärke $KB_{F_{Max}}$ von $0,16 \cdot 2 = 0,32$. Der obere Anhaltswert $A_o = 3$ für Wohngebiete im Tageszeitraum wird somit deutlich eingehalten.

Tabelle 7.1: Prognostizierte Erschütterungsimmissionen für Gebäude mit Beton- und Holzdecken auf Basis der Messergebnisse am Messpunkt 23

Deckeneigenfrequenz	$KB_{F_{Tr}}$ MP 23 Betondecken	$KB_{F_{Tr}}$ MP 23 Holzdecken	$A_r(WR/WA)$ Tags
	Tags	Tags	
8 Hz	0,005	0,004	0,07
10 Hz	0,005	0,005	
12,5 Hz	0,006	0,008	
16 Hz	0,010	0,012	
20 Hz	0,012	0,014	
25 Hz	0,013	0,015	
31,5 Hz	0,012	0,013	
40 Hz	0,011	0,013	
50 Hz	0,010	0,012	
62,5 Hz	0,010	0,012	
80 Hz	0,008	0,010	

Wie den in Tabelle 7.1 dargestellten Ergebnissen entnommen werden kann, wird den Ergebnissen der Prognoseberechnungen zufolge der Anhaltswert der DIN 4150-2 für Wohngebiete (WR/WA) im Tageszeitraum von $A_r = 0,07$ mit einer maximalen Beurteilungsschwingstärke von $KB_{F_{Tr}} = 0,013$ für Betondecken deutlich eingehalten. Ebenso liegt für Holzdecken mit einer maximalen Beurteilungsschwingstärke von $KB_{F_{Tr}} = 0,015$ eine deutliche Einhaltung des Anhaltswertes vor.

Die höchsten Erschütterungseinwirkungen tags ergeben sich für Deckeneigenfrequenzen von 25 Hz.

Mit prognostizierten $KB_{F_{Max}}$ -Werten von bis zu 0,16 (siehe Anlage 3.5) lägen gerade spürbare Erschütterungen vor. Dies jedoch unter der Annahme, das sich das Gebäude nur 12 m vom Haldenfuß entfernt befindet (siehe Kapitel 7.1.1). Für die Gebäude am Schieferweg ist mit einem zukünftigen Mindestabstand von 80 m ist von keinen spürbaren Erschütterungen auszugehen.

7.2 Beurteilung gemäß DIN 4150, Teil 3

Bei den hier zu untersuchenden Abwürfen von Abraum auf die Halde es sich aufgrund der Dauer der Erschütterungsereignisse von 13 bis 42 Sekunden pro Abwurf (siehe Tabelle 5.1) um Dauererschütterungen im Sinne der DIN 4150, Teil 3 [7].

Aus den Ergebnissen der Erschütterungsmessungen und der Prognoseberechnungen (siehe Kapitel 7.1) können die maximal zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten in den Gebäuden abgeleitet werden.

In der Regel liegen in der obersten Deckenebene in horizontaler Richtung um den Faktor 3 höhere Schwinggeschwindigkeiten wie am Fundamentmesspunkt vor. Während der Erschütterungsmessungen wurden maximale horizontale Schwinggeschwindigkeiten von 0,129 mm/s an den Bodenmesspunkten ermittelt. Hieraus folgt für die oberste Deckenebene eine maximale Schwinggeschwindigkeit von rund 0,4 mm/s. Selbst der Anhaltswert für besonders erschütterungsempfindliche Gebäude, von 2,5 mm/s in horizontaler Richtung, wird somit nur zu 20 % ausgeschöpft.

In vertikaler Richtung beträgt der Anhaltswert 10 mm/s. Bei stoßhaften Erschütterungseinwirkungen liegen in vertikaler Richtung ebenfalls um den Faktor 3 erhöhte Schwinggeschwindigkeiten vor, sodass maximale vertikale Schwinggeschwindigkeiten von circa 0,7 mm/s berechnet werden. Der Anhaltswert der DIN 4150, Teil 3 für vertikale Schwingungen wird somit nur zu 7 % ausgeschöpft.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben gelten auch diese Aussagen für Gebäude unmittelbar an den Messpunkten. Für die Bebauung am Schieferweg in größerem Abstand sind Gebäudeschäden durch Erschütterungen aus dem Abwurf von Abraum auf die Halde auszuschließen.

8 Berechnung und Beurteilung der Sekundärluftschallimmissionen

8.1 Allgemeines

Durch Anwendung eines empirischen Zusammenhangs zwischen auftretendem Schwingschnellepegel und dem Sekundärluftschallpegel [14] können die durch den Abwurf von Abraum auf die Halde zu erwartenden sekundären Luftschallimmissionen analog zu der Prognose der auftretenden Erschütterungsimmissionen ermittelt werden. Die Beurteilung der prognostizierten Sekundärluftschallimmissionen erfolgt hilfsweise gemäß den Anforderungen der TA Lärm für Innenraumpegel (siehe Kapitel 4.4).

Hieraus folgen mittlere Innenraumpegel von 35 dB(A) tags und 25 dB(A) nachts für schutzbedürftigen Räume. Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen (Maximalpegel) dürfen diese Immissionsrichtwerte um nicht mehr als 10 dB überschreiten [2].

8.2 Sekundärluftschall - Mittelungspegel

In der nachfolgenden Tabelle 8.1 und den Anlagen 3.5 und 3.10 sind die prognostizierten Sekundärluftschallimmissionen in einem potentiellen Gebäude in 12 m Abstand zum Haldenfuß auf Basis der Messergebnisse am Messpunkt 23 aufgeführt (siehe auch Kapitel 7.1.1). Die höchsten prognostizierten Beurteilungspegel für den Tageszeitraum sind jeweils **fett** gedruckt dargestellt. Nachts finden keine Abwürfe auf die Halde statt.

Tabelle 8.1: Prognostizierte Sekundärluftschallimmissionen im Tageszeitraum (Mittelungspegel L_m) auf Basis der Messergebnisse der Messpunkte 23 und 24

Deckeneigenfrequenz	L_m [dB(A)] MP 23		zulässiger L_r [dB(A)] Tags
	Betondecken	Holzdecken	
8 Hz	7	8	35
10 Hz	7	8	
12,5 Hz	7	9	
16 Hz	8	9	
20 Hz	8	10	
25 Hz	10	11	
31,5 Hz	10	12	
40 Hz	11	13	
50 Hz	12	13	
62,5 Hz	14	14	
80 Hz	13	14	

Die Prognoseberechnungen für ein potentiell Gebäude am Messpunkt 23 in 12 m Abstand zum Haldenfuß ergeben sekundäre Luftschallimmissionen als Mittelungspegel von maximal 14 dB(A) im Tageszeitraum. Die Anforderung an den mittleren Sekundärluftschallpegel von 35 dB(A) tags wird somit deutlich eingehalten.

An den Gebäuden am Schieferweg werden aufgrund des deutlich größeren Abstandes nochmals geringere Mittelungspegel vorliegen.

8.3 Sekundärluftschall-Maximalpegel

Die Ergebnisse der Prognosen zum mittleren Maximalpegel L_{max} sind in der nachfolgenden Tabelle 8.2 und den Anlagen 3.5 und 3.10 dargestellt. Die höchsten prognostizierten Maximalpegel sind **fett** gedruckt dargestellt.

Tabelle 8.2: Prognostizierte mittlere Maximalpegel L_{max} im Tageszeitraum auf Basis der Messergebnisse am Messpunkt 23

Deckeneigenfrequenz	L_{rm} [dB(A)] MP 23		zulässiger L_{max} [dB(A)] Tags
	Betondecken	Holzdecken	
8 Hz	34	36	45
10 Hz	34	36	
12,5 Hz	35	36	
16 Hz	35	36	
20 Hz	36	37	
25 Hz	37	38	
31,5 Hz	38	39	
40 Hz	39	40	
50 Hz	40	41	
62,5 Hz	41	42	
80 Hz	40	41	

Den Prognoseberechnungen zufolge ist mit einem mittleren Maximalpegel von $L_{max} = 42$ dB(A) von einer Einhaltung der Anforderung an den Maximalpegel L_{max} von 45 dB(A) im Tageszeitraum für alle Deckeneigenfrequenzen von 8 bis 80 Hz für Beton- sowie Holzdecken auszugehen. Die höchsten Beurteilungspegel zum Sekundärluftschall liegen für Deckeneigenfrequenzen von 50 und 62,5 Hz vor. Auch hier gilt dass die Berechnungen für ein potentiell Gebäude unmittelbar am Messpunkt 23 durchgeführt wurden. Für die Bebauung am Schieferweg ist daher von deutlich geringeren mittleren Maximalpegeln auszugehen.

9 Zusammenfassung

Die Schiefergruben Magog GmbH & Co. KG betreibt im Ortsteil Bad Fredeburg der Stadt Schmallenberg die Schiefergrube „Magog“ zur Gewinnung und Verarbeitung von Schiefer.

Es ist beabsichtigt, die Betriebsflächen in süd-westliche Richtung zu erweitern, um ein ebenes Gelände zu erhalten, auf welchem weitere Produktionsstätten errichtet werden können. Das Planrecht hierzu soll über den Bebauungsplan Nr. 171 "Schiefergruben Magog" erreicht werden.

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens war eine erschütterungstechnische Untersuchung zu den aus dem Abwurf von Abraum auf die Halde entstehenden Erschütterungs- und sekundären Luftschallimmissionen an der Wohnbebauung am Schieferweg zu erstellen.

Hierzu erfolgten am 09.02.2026 Erschütterungsmessungen im Bereich des Betriebsgeländes während des Abschiebens von Abraum auf die Halde. Ausgehend von den Messergebnissen wurden die an der Wohnbebauung am Schieferweg zukünftig zu erwartenden Erschütterungseinwirkungen prognostiziert.

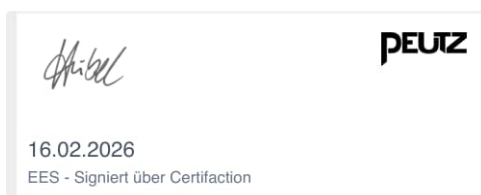
Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen für die Erschütterungsimmissionen wurden gemäß der DIN 4150, Teil 2 für Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden und DIN 4150, Teil 3 für Gebäudeschäden beurteilt. Sekundäre Luftschallimmissionen wurden gemäß den Anforderungen der TA Lärm an Innenraumpegel beurteilt.

Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen zeigen deutliche Einhaltung an die Anforderungen der DIN 4150, Teil 2 für Wohngebiete (WR /WA) für Gebäude mit Beton- und/oder Holzdecken mit Eigenfrequenzen von 8 bis 80 Hz.

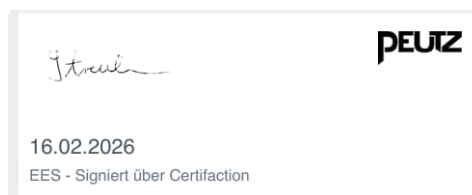
Ebenso werden die Anforderungen der TA Lärm an Innenraumpegel sowohl den Beurteilungspegel zum Mittelungspegel als auch für kurzzeitige Geräuschspitzen (Maximalpegel) deutlich eingehalten.

Gebäudeschäden durch Erschütterungen aus dem Abwurf von Abraum auf die Halde sind gemäß der DIN 4150, Teil 3 auszuschließen.

Peutz Consult GmbH



ppa. Dipl.-Phys. Axel Hübel
(Messstellenleitung)



i.V. Dipl.-Ing. Oliver Streuber
(Projektleitung / Projektbearbeitung)



i.A. Felix Ehrgott
(Projektmitarbeit)

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Bebauungsplan Nr. 171 "Schiefergruben Magog"
- Anlage 2: Messdokumentation
- Anlage 3: Erschütterungsprognose und Prognose des sekundären Luftschalls auf
Basis der Messergebnisse am Messpunkt 23 für Beton- und Holzde-
cken

**Dokumentation der
Erschütterungsmessung**

am 09.02.2026

**auf dem Betriebsgelände der
Schiefergrube Magog in Bad Fredeburg**



Abb.1: Verortung Messpunkte (Luftbild: Geobasis NRW, Datenlizenz Deutschland – Zero – Version 2.0 – <http://www.govdata.de/dl-de/zero-2-0>)

Messpunkt 23 – 12 m Abstand zum Haldenfuss



Abb.2: Messpunkt 23

Messpunkt 24 – 20 m Abstand zum Haldenfuss



Abb.3: Messpunkt 24

Messpunkt 25 – 28 m Abstand zum Haldenfuss



Abb.4: Messpunkt 25

Gesamtmessquerschnitt



Abb.6: Abwurf mit Dumper an Haldenoberkante

Abb.5: Gesamtmessquerschnitt

Übersicht Messkette

Messpunkt	Sensor Nr.	Kanalbelegung Messsystem X/ Y/ Z	Abstand Messpunkt – Halddenfuß
MP1	23	1 / 2 / 3	12 m
MP2	24	4 / 5 / 6	20 m
MP3	25	7 / 8 / 9	28 m

Messkette Meda- BlueStack

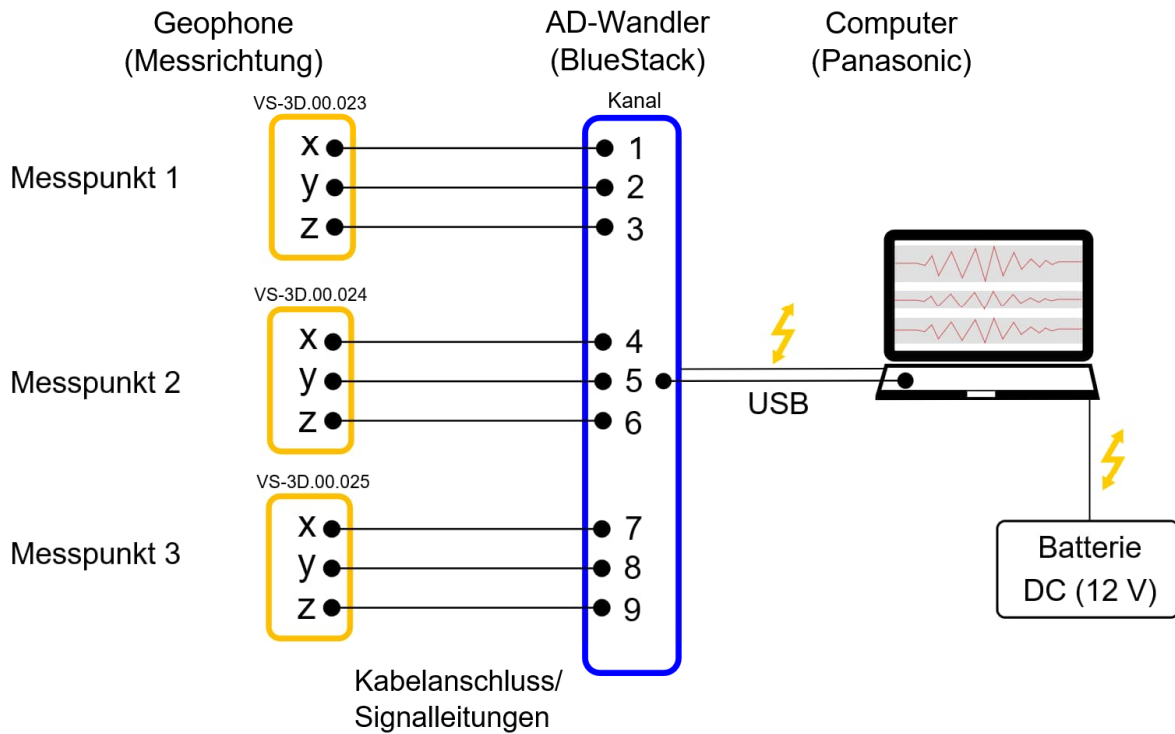
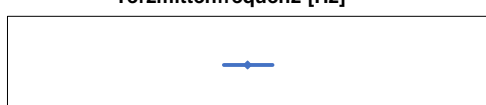
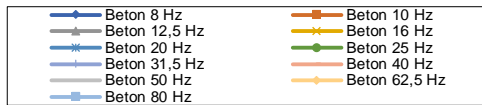
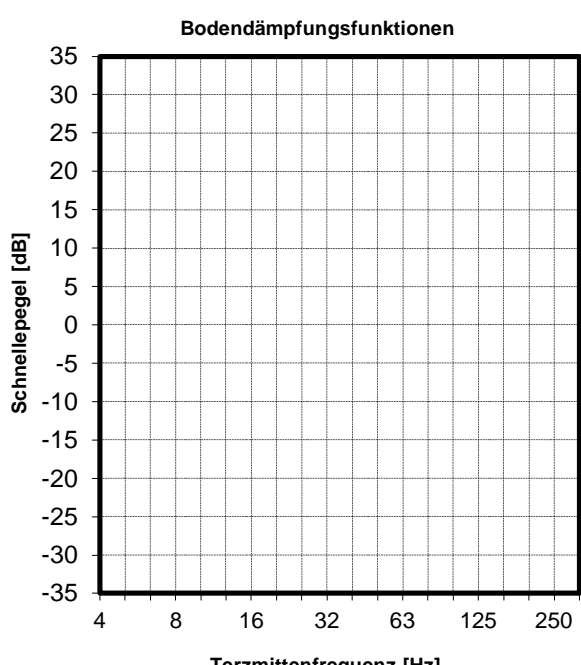
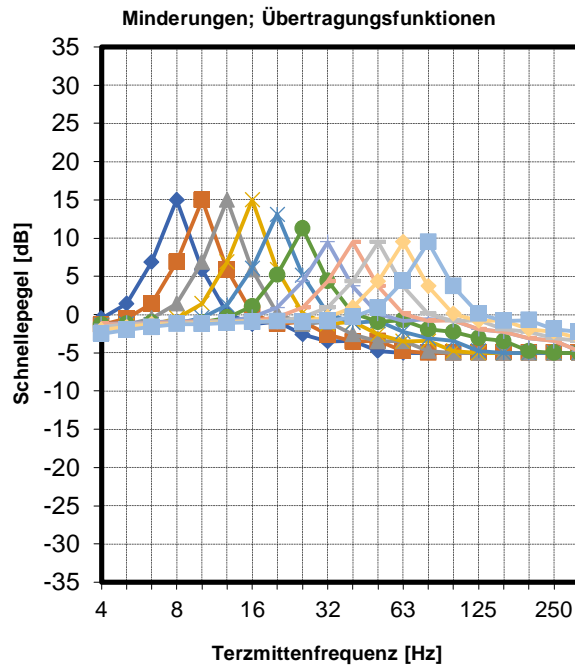
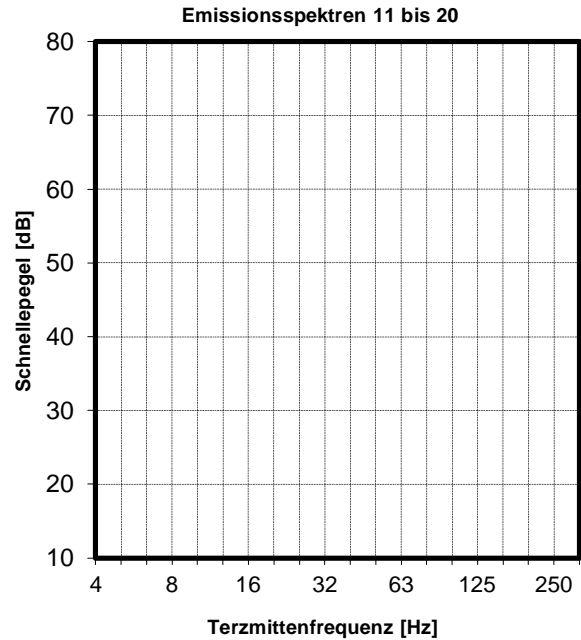
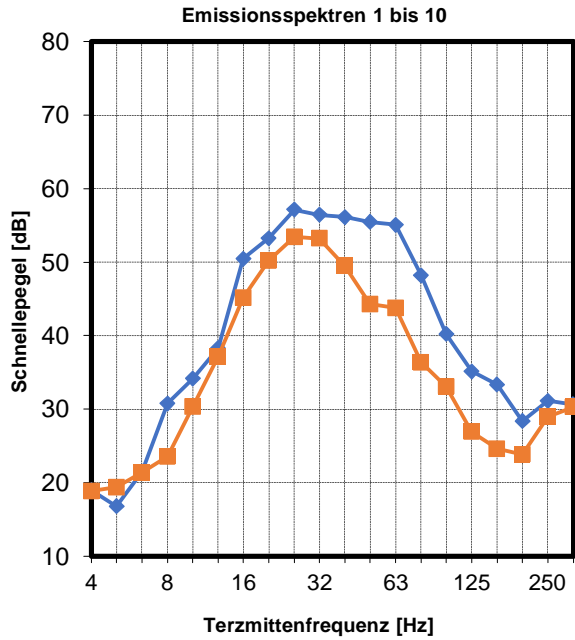


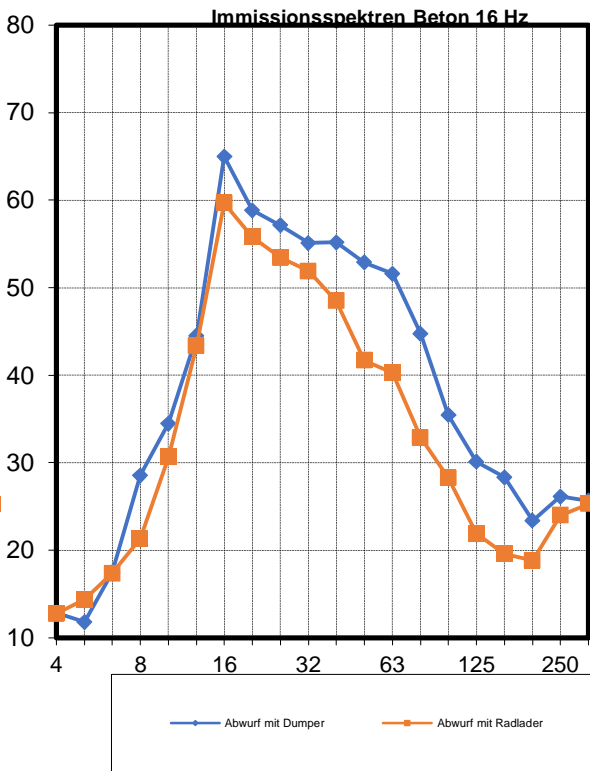
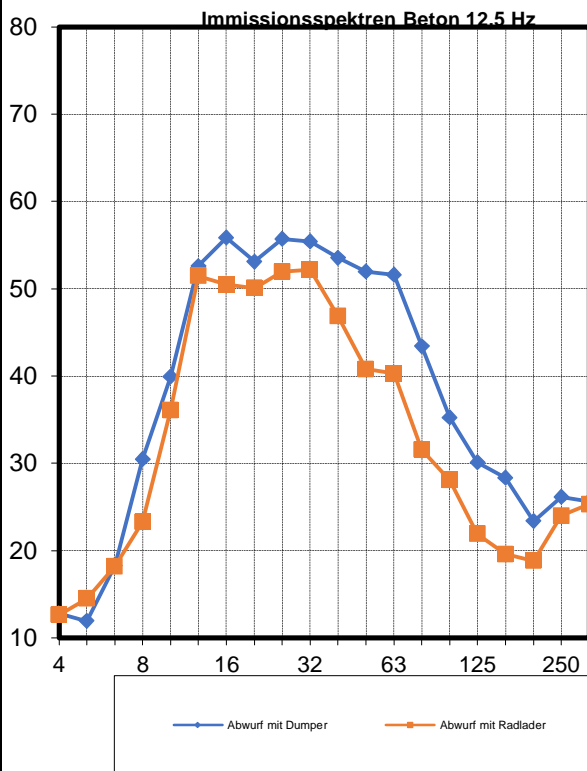
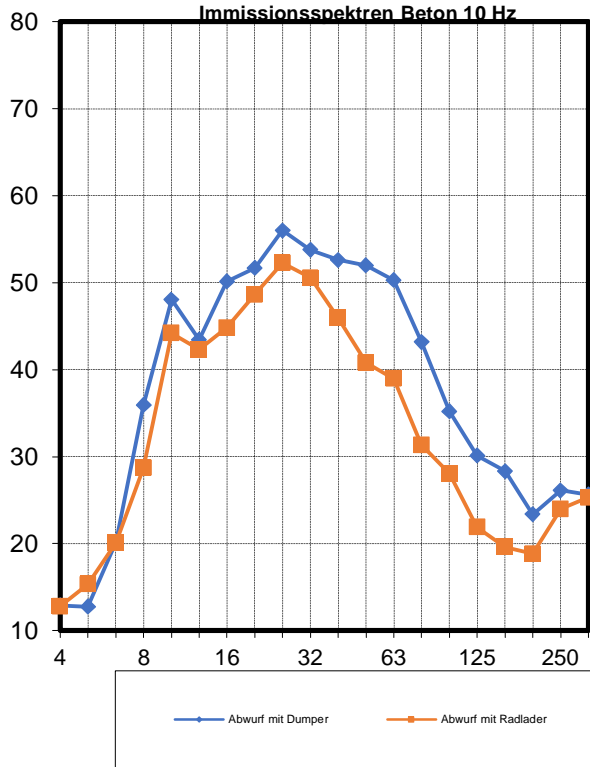
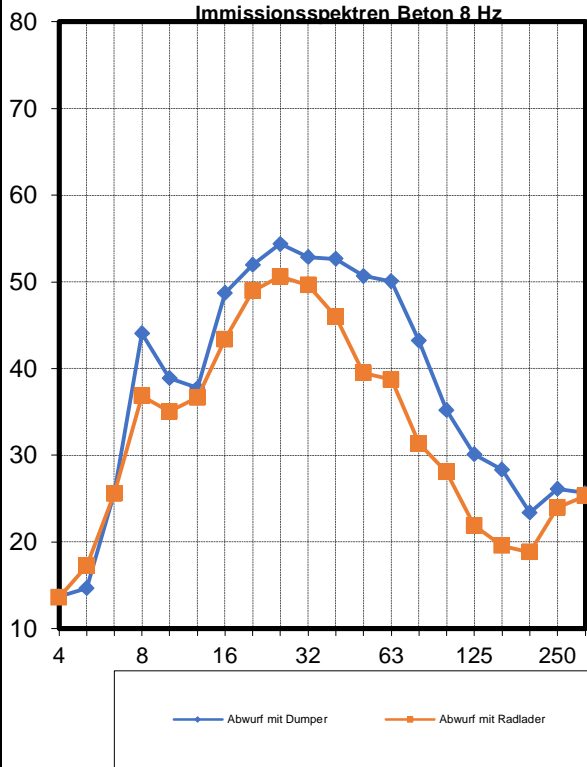
Abb.7: Kanalbelegung Messverstärker

Eingangsgdaten zur Prognose für Betondecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog



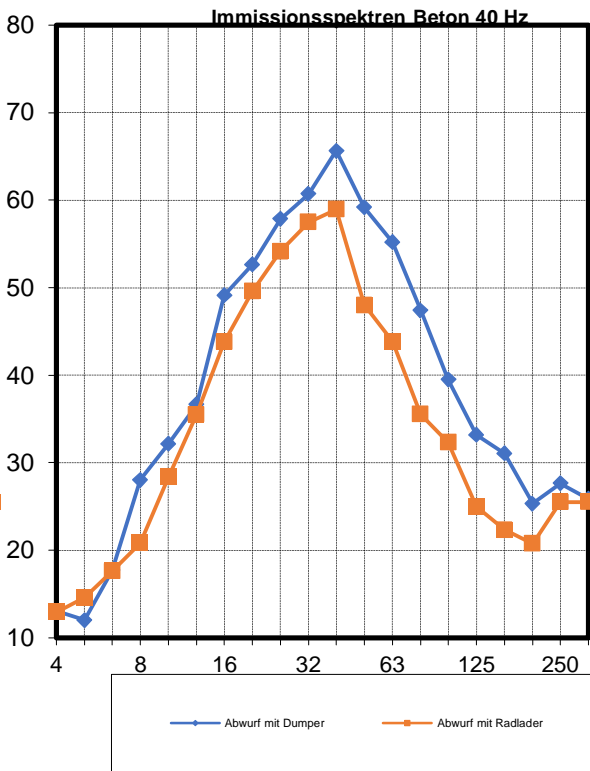
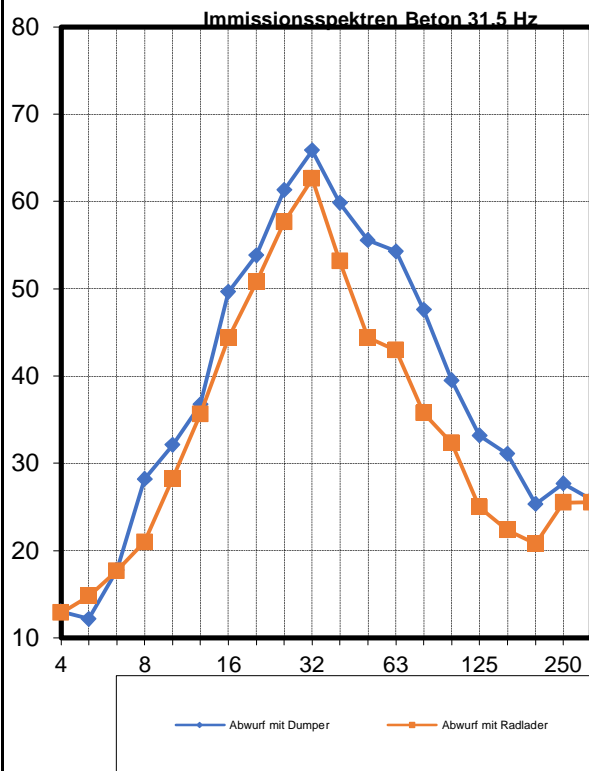
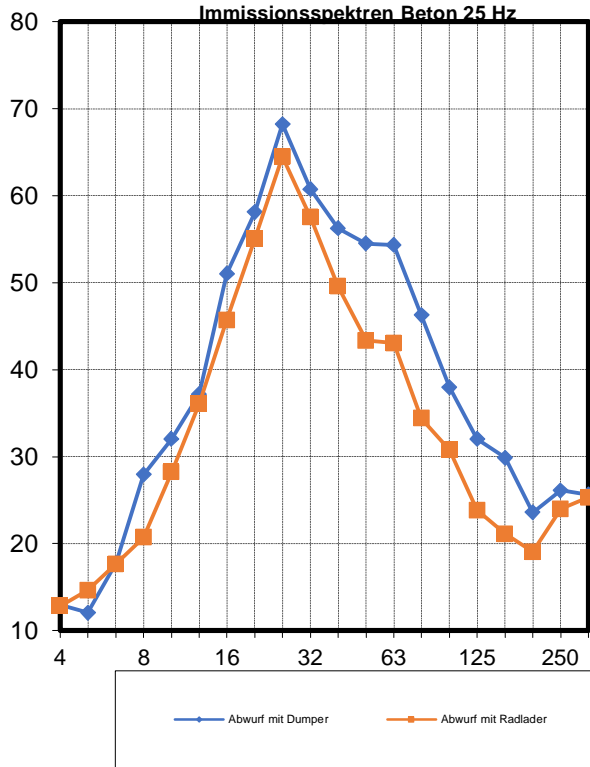
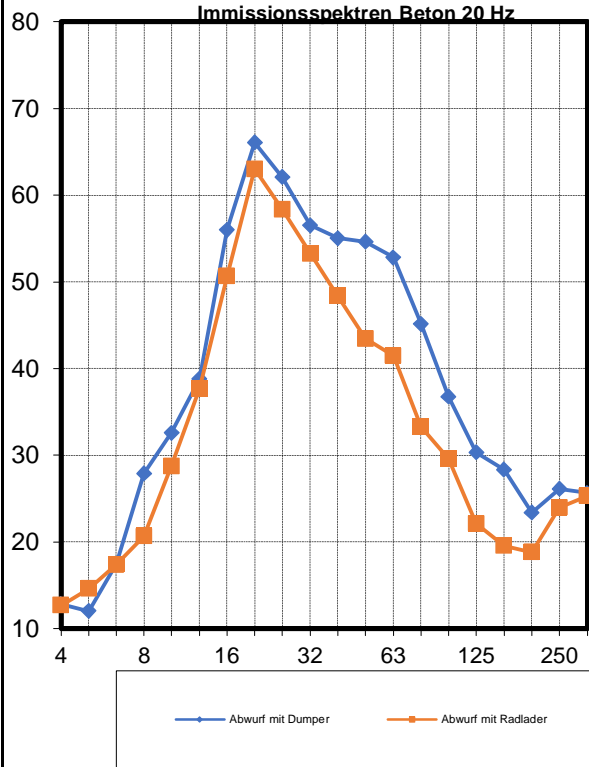
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog



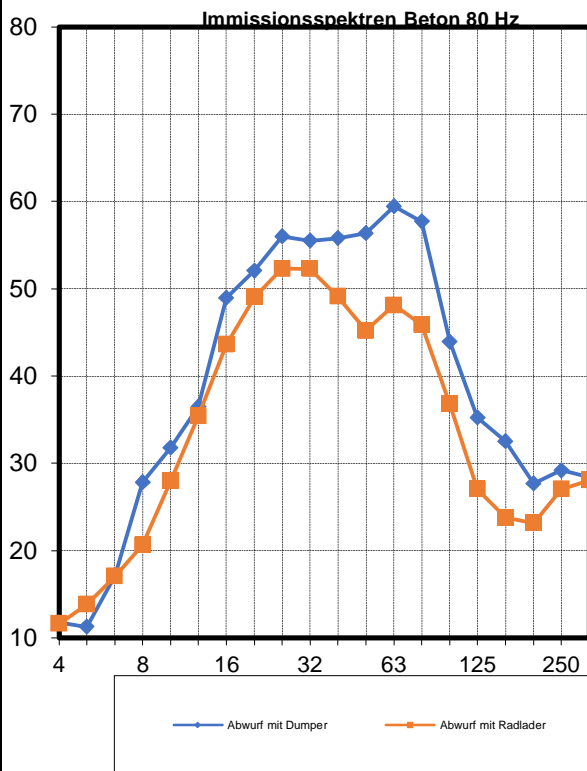
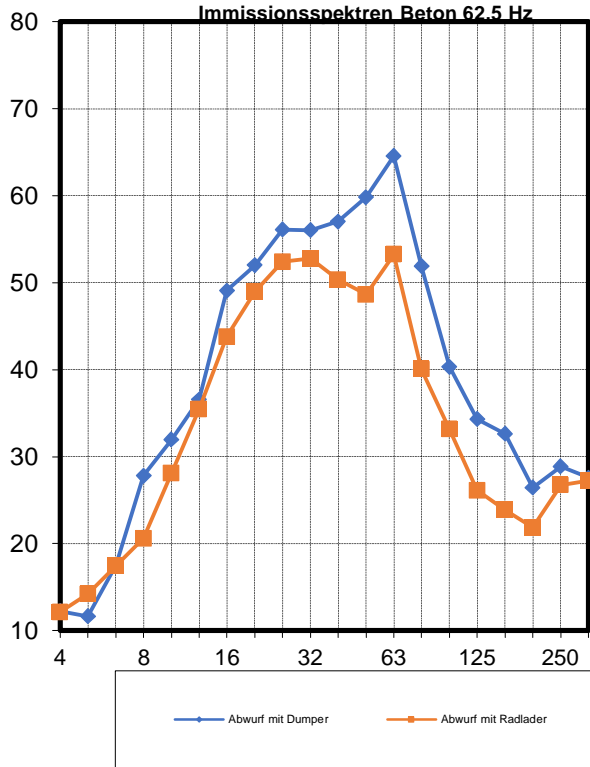
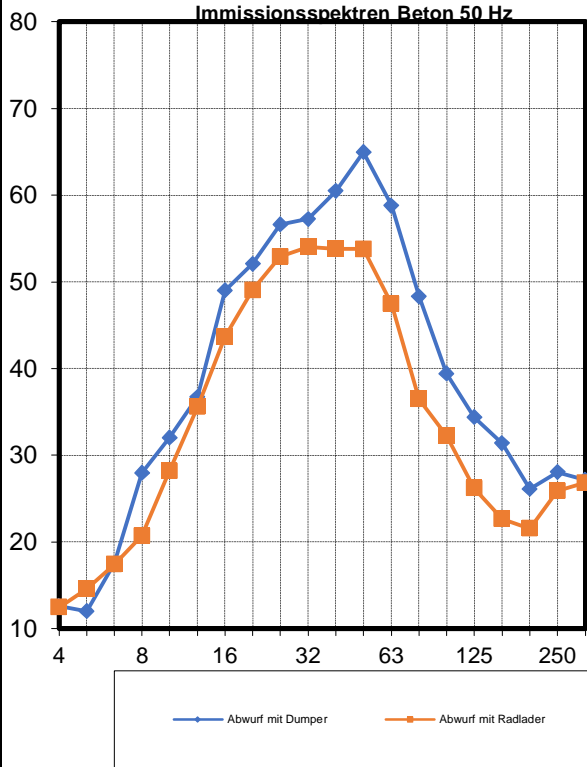
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog



alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Betondecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog



alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Berechnung der Immissionen für Betondecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog

Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse								
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht							
Emissionsspektren																							
Abwurf mit Dumper	21,3	19,0	16,8	21,5	30,8	34,1	38,3	50,5	53,2	57,2	56,5	56,1	55,5	55,1	48,2	40,2	35,1	33,3	28,4	31,1	30,7	12	0
Abwurf mit Radlader	20,5	18,8	19,3	21,4	23,5	30,3	37,2	45,1	50,2	53,4	53,2	49,4	44,3	43,8	36,4	33,1	26,9	24,6	23,8	29,0	30,3	6	0

Übertragungsfunktionen																					
Beton 8 Hz	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 10 Hz	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 12,5 Hz	-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 16 Hz	-1,5	-1,4	-1,5	-1,3	-0,5	1,4	6,9	15,0	5,9	0,2	-1,3	-1,0	-2,6	-3,5	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 20 Hz	-1,4	-1,4	-1,2	-1,3	-1,2	-0,4	1,2	6,0	13,1	5,1	0,2	-1,1	-0,8	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Beton 25 Hz	-1,5	-1,3	-1,2	-1,0	-1,1	-1,0	-0,4	1,1	5,2	11,3	4,4	0,1	-1,0	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8	-5,0	-5,0
Beton 31,5 Hz	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,6	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8
Beton 40 Hz	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8
Beton 50 Hz	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5	-4,8
Beton 62,5 Hz	-2,5	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1	-3,5
Beton 80 Hz	-3,1	-2,5	-2,0	-1,6	-1,2	-1,3	-1,1	-1,0	-0,9	-0,9	-0,3	0,9	4,4	9,5	3,7	0,1	-0,8	-0,7	-1,9	-2,3	-3,1

Immissionsspektren																						KB _{FTm} :		L _{max} (dB(A))	
Abwurf mit Dumper																									
Beton 8 Hz	19,9	18,4	18,2	28,4	45,8	40,0	38,5	49,2	52,3	54,6	53,0	52,7	50,7	50,1	43,2	35,2	30,1	28,3	23,4	26,1	25,7	0,05	33,7		
Beton 10 Hz	19,8	17,6	16,3	22,9	37,6	49,1	44,2	50,6	52,0	56,2	53,9	52,6	52,0	50,3	43,2	35,2	30,1	28,3	23,4	26,1	25,7	0,06	33,9		
Beton 12,5 Hz	19,9	17,5	15,4	21,0	32,2	41,0	53,3	56,3	53,4	55,9	55,5	53,5	52,0	51,6	43,4	35,2	30,1	28,3	23,4	26,1	25,7	0,07	34,3		
Beton 16 Hz	19,8	17,6	15,3	20,1	30,2	35,6	45,2	65,5	59,1	57,3	55,2	55,2	52,9	51,6	44,7	35,4	30,1	28,3	23,4	26,1	25,7	0,12	34,7		
Beton 20 Hz	19,9	17,5	15,6	20,2	29,6	33,7	39,5	56,5	66,4	62,3	56,6	55,0	54,6	52,8	45,1	36,7	30,3	28,3	23,4	26,1	25,7	0,14	35,4		
Beton 25 Hz	19,8	17,7	15,6	20,4	29,6	33,1	37,9	51,5	58,4	68,4	60,9	56,3	54,5	54,4	46,3	38,0	32,0	29,9	23,6	26,1	25,7	0,16	36,4		
Beton 31,5 Hz	20,1	17,7	15,7	20,5	29,9	33,2	37,4	50,1	54,1	61,5	66,0	59,8	55,6	54,3	47,6	39,5	33,2	31,1	25,3	27,7	25,9	0,13	37,1		
Beton 40 Hz	19,7	17,7	15,5	20,4	29,7	33,3	37,4	49,6	52,9	58,1	60,8	65,6	59,2	55,2	47,4	39,5	33,2	31,1	25,3	27,7	25,9	0,13	38,1		
Beton 50 Hz	19,3	17,3	15,5	20,2	29,7	33,1	37,4	49,5	52,4	56,8	57,4	60,5	65,0	58,8	48,3	39,4	34,4	31,4	26,1	28,1	27,2	0,13	39,5		
Beton 62,5 Hz	18,8	17,0	15,1	20,3	29,5	33,1	37,3	49,6	52,3	56,3	56,1	57,0	59,8	64,6	51,9	40,3	34,3	32,6	26,4	28,9	27,6	0,12	40,7		
Beton 80 Hz	18,2	16,5	14,8	19,9	29,5	32,9	37,2	49,4	52,4	56,2	55,6	55,8	56,4	59,4	57,7	43,9	35,2	32,5	27,7	29,2	28,4	0,09	39,8		
Abwurf mit Radlader																									
Beton 8 Hz	19,1	18,3	20,8	28,3	38,5	36,2	37,3	43,9	49,2	50,9	49,7	46,0	39,5	38,8	31,4	28,1	21,9	19,6	18,8	24,0	25,3	0,03	28,0		
Beton 10 Hz	19,0	17,5	18,8	22,8	30,4	45,3	43,0	45,3	48,9	52,5	50,6	45,9	40,8	39,0	31,4	28,1	21,9	19,6	18,8	24,0	25,3	0,04	28,3		
Beton 12,5 Hz	19,1	17,4	18,0	20,9	25,0	37,2	52,2	51,0	50,4	52,2	52,3	46,9	40,8	40,3	31,6	28,1	21,9	19,6	18,8	24,0	25,3	0,04	28,8		
Beton 16 Hz	19,0	17,5	17,9	20,0	23,0	31,7	44,1	60,1	56,1	53,6	52,0	48,5	41,7	40,3	32,9	28,3	21,9	19,6	18,8	24,0	25,3	0,07	29,2		
Beton 20 Hz	19,0	17,4	18,1	20,1	22,4	29,9	38,4	51,2	63,3	58,6	53,4	48,3	43,4	41,5	33,3	29,6	22,1	19,6	18,8	24,0	25,3	0,09	30,0		
Beton 25 Hz	19,0	17,5	18,1	20,3	22,4	29,3	36,8	46,2	55,4	64,7	57,6	49,6	43,3	43,0	34,4	30,8	23,8	21,1	19,1	24,0	25,3	0,10	31,8		
Beton 31,5 Hz	19,2	17,6	18,3	20,4	22,7	29,4	36,3	44,8	51,1	57,8	62,7	53,2	44,4	43,0	35,7	32,3	25,0	22,3	20,8	25,5	25,5	0,08	32,7		
Beton 40 Hz	18,8	17,6	18,1	20,3	22,5	29,4	36,2	44,3	49,9	54,3	57,6	58,9	48,0	43,9	35,6	32,3	25,0	22,3	20,8	25,5	25,5	0,07	33,2		
Beton 50 Hz	18,5	17,2	18,1	20,1	22,4	29,3	36,3	44,2	49,4	53,1	54,1	53,8	53,8	47,5	36,5	32,3	26,2	22,6	21,6	25,9	26,8	0,05	33,3		
Beton 62,5 Hz	18,0	16,8	17,7	20,2	22,3	29,2	36,2	44,3	49,3	52,6	52,9	50,3	48,6	53,3	40,1	33,2	26,1	23,9	21,9	26,7	27,2	0,05	34,1		
Beton 80 Hz	17,4	16,3	17,3	19,8	22,3	29,1	36,1	44,1	49,3	52,5	52,4	49,1	45,2	48,1	45,9	36,8	27,0	23,8	23,1	27,0	28,0	0,04	33,2		

(Max-Hold, Fast)
alle Spektren [dB], re 5*10⁻⁵ mm/s

KB _{FTm} :	Beton 8 Hz		Beton 10 Hz		Beton 12,5 Hz		Beton 16 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	0,005	0,000	0,005	0,000	0,006	0,000	0,010	0,000

L _r (dB(A)):	Beton 8 Hz		Beton 10 Hz		Beton 12,5 Hz		Beton 16 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	6,2	0,0	6,4	0,0	6,9	0,0	7,2	0,0

KB _{FTm} :	Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	0,012	0,000	0,013	0,000	0,012	0,000	0,011	0,000

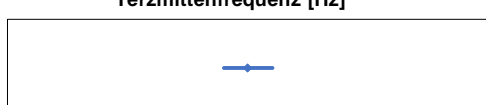
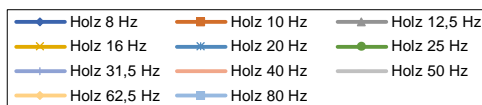
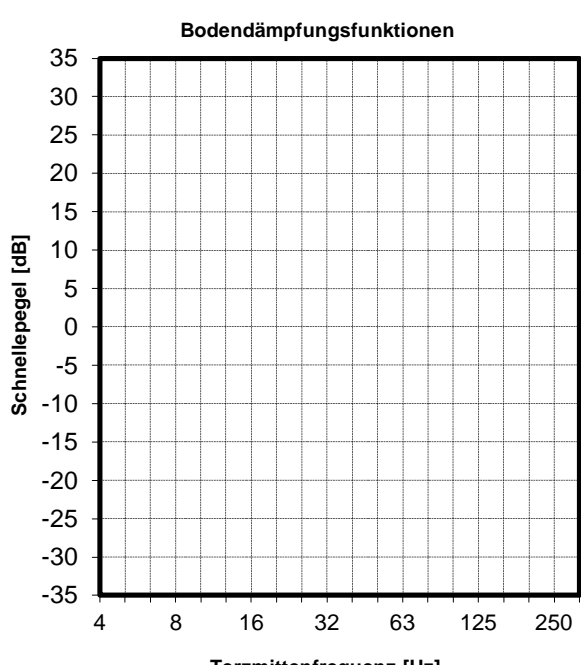
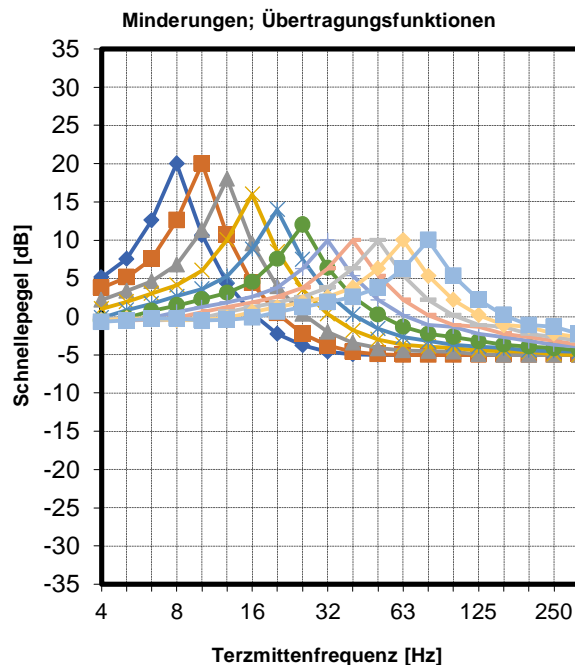
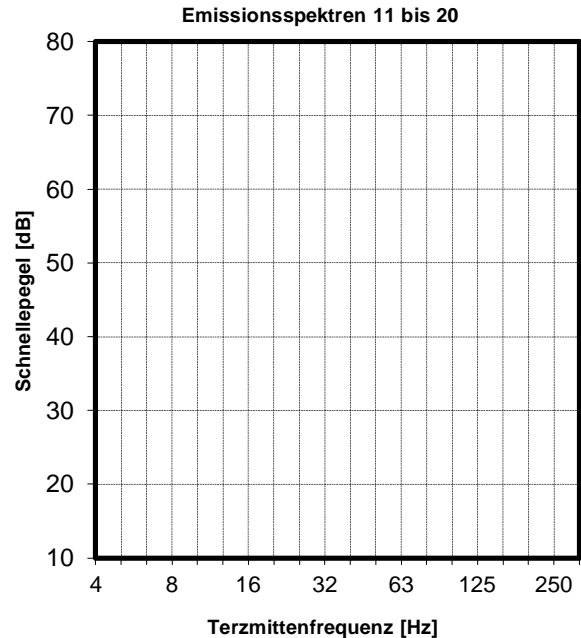
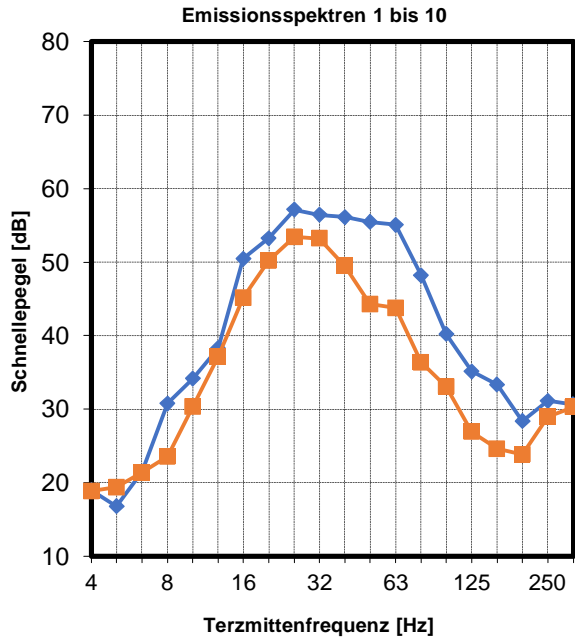
L _r (dB(A)):	Beton 20 Hz		Beton 25 Hz		Beton 31,5 Hz		Beton 40 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	8,0	0,0	9,1	0,0	9,7	0,0	10,7	0,0

KB _{FTm} :	Beton 50 Hz		Beton 62,5 Hz		Beton 80 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	0,010	0,000	0,010	0,000	0,008	0,000

L _r (dB(A)):	Beton 50 Hz		Beton 62,5 Hz		Beton 80 Hz	
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
	11,9	0,0	13,1	0,0	12,2	0,0

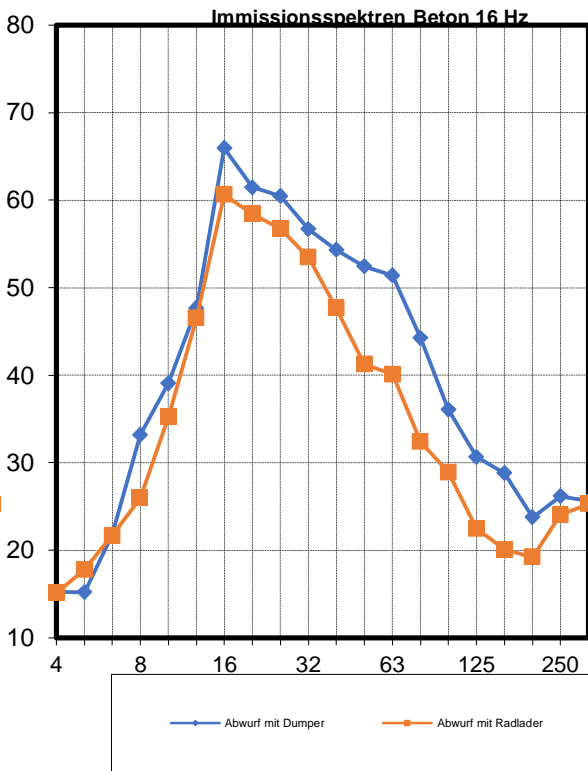
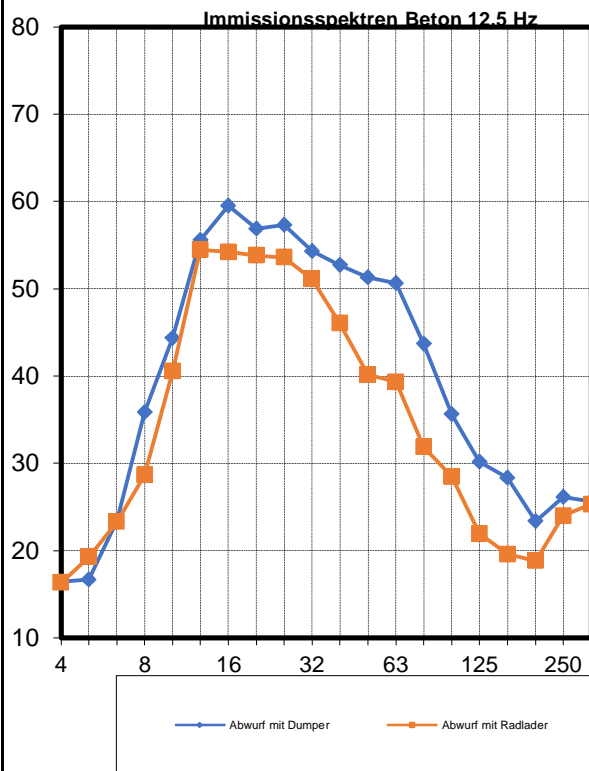
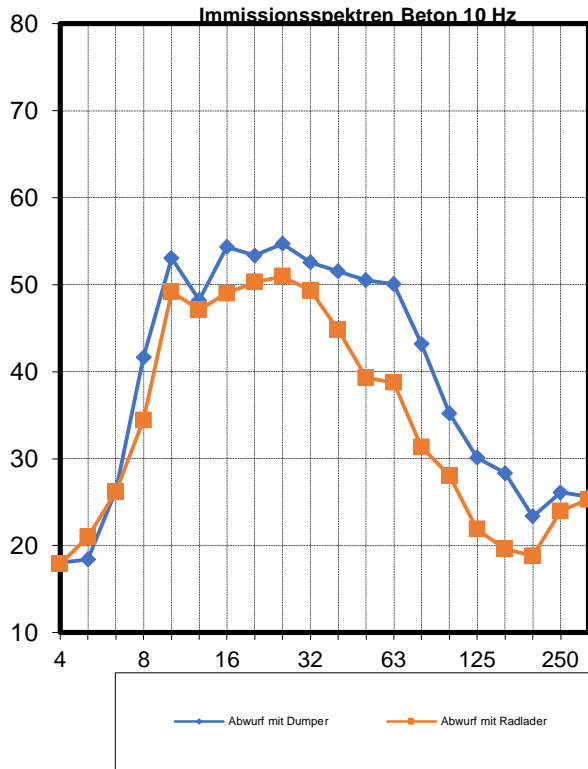
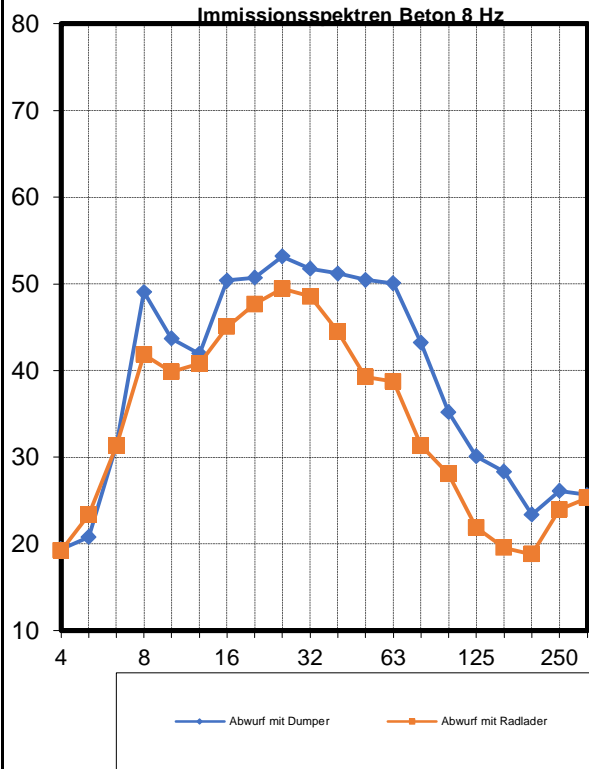
Zur Berechnung von KB_{FTm} bzw. KB_{FTv} werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog



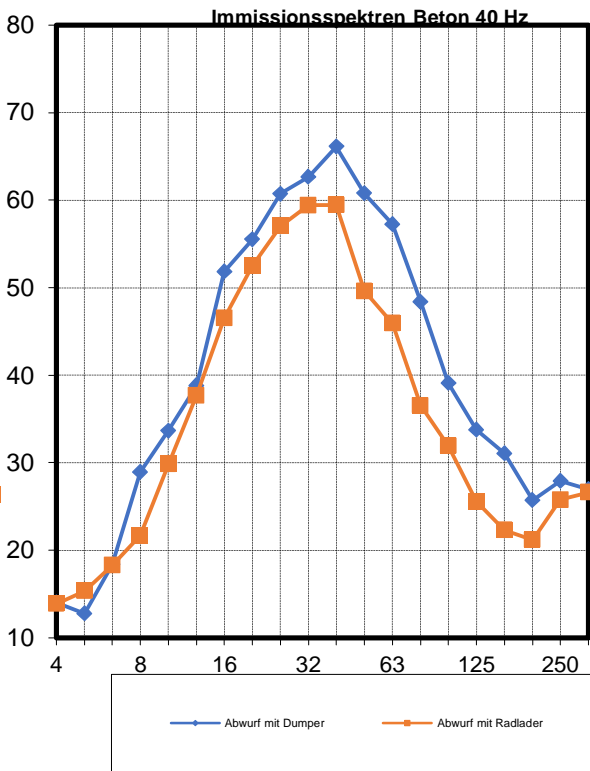
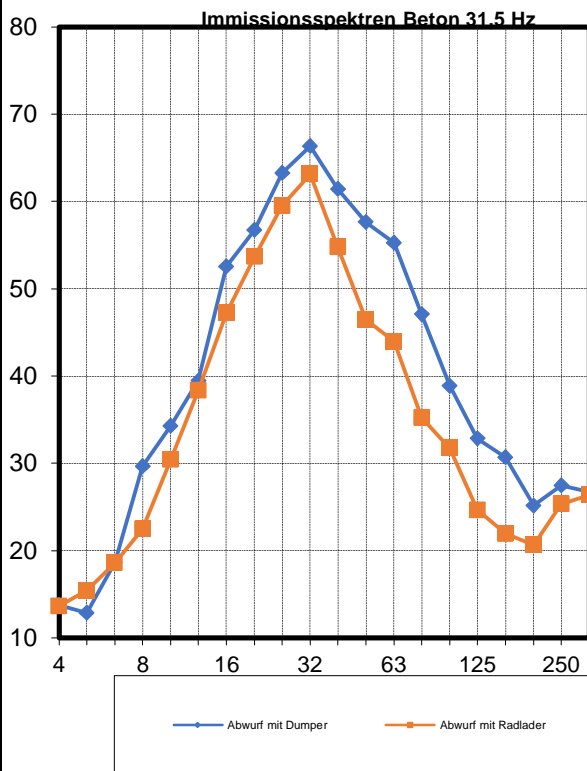
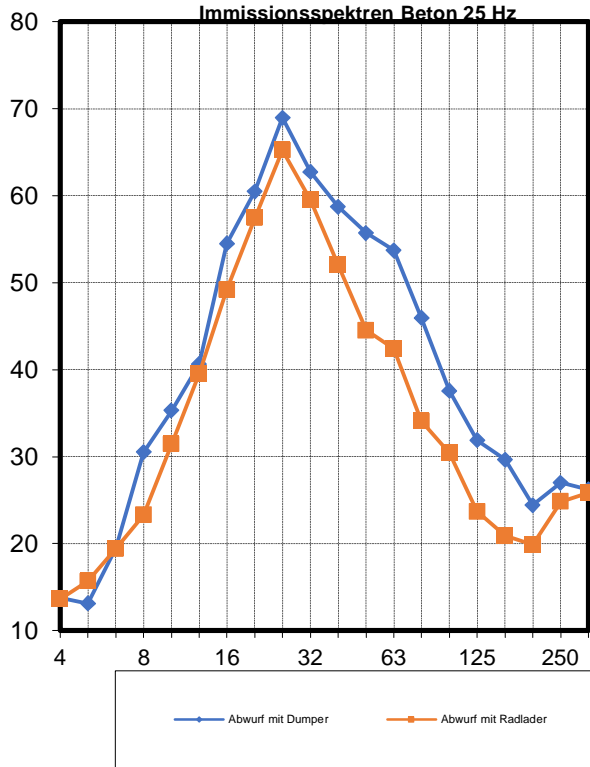
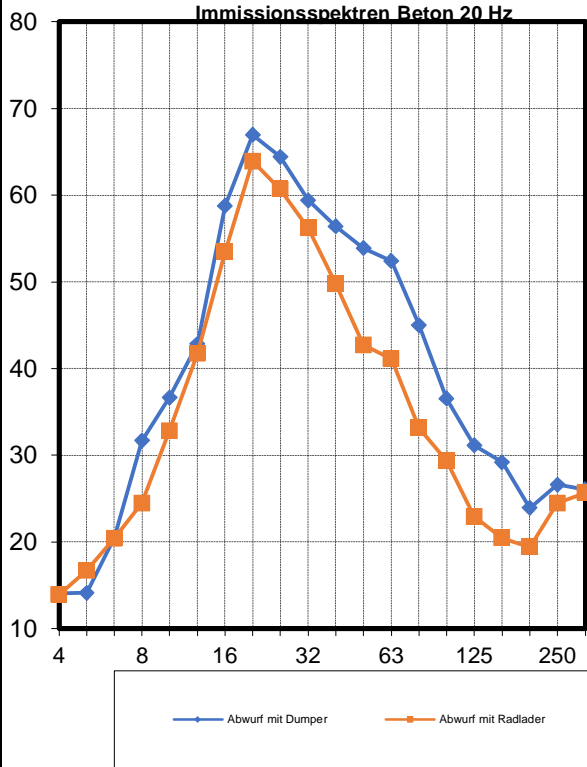
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog



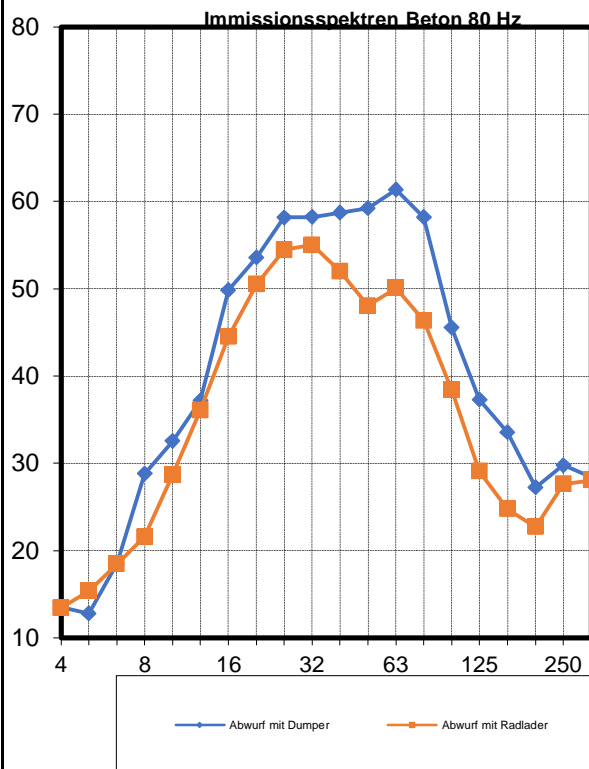
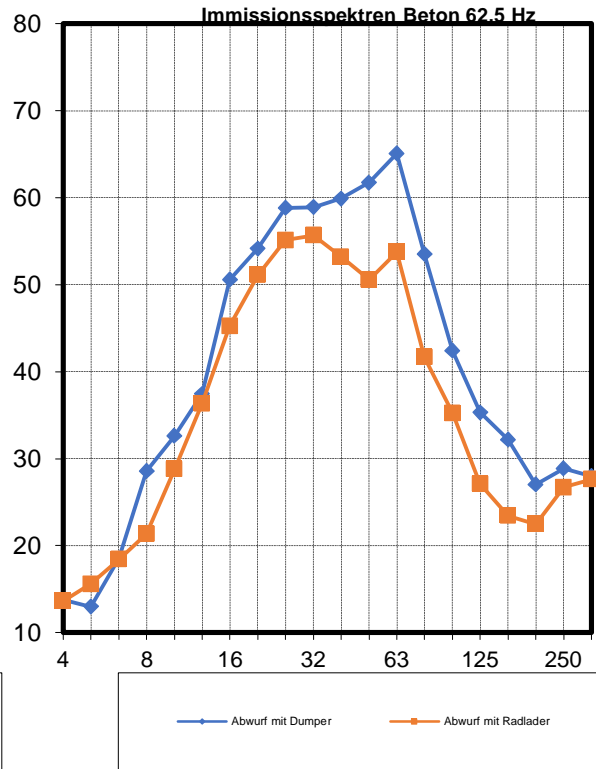
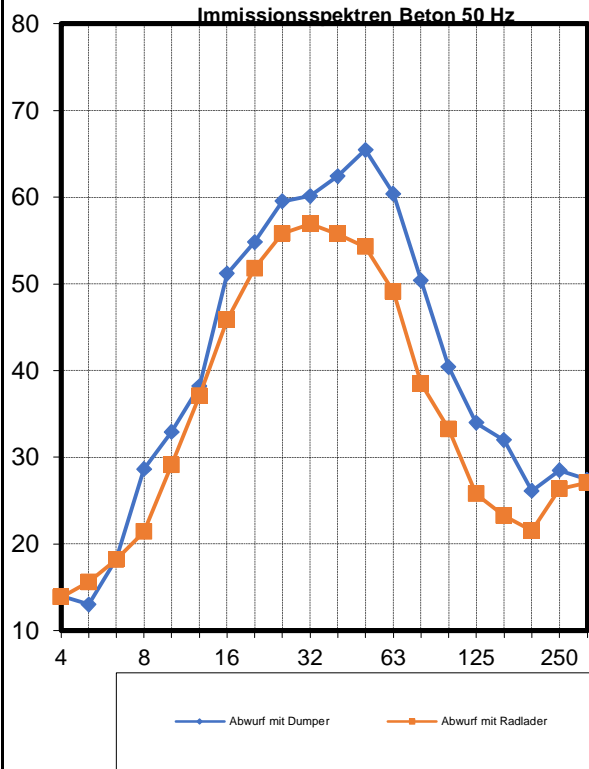
alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog



alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Eingangsdaten zur Prognose für Holzdecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog



alle Spektren [dB], re 5*10-5 mm/s

Berechnung der Immissionen für Holzdecken auf Basis MP 23; Schiefergrube Magog

Frequenz [Hz]	4		8		16		32		63		125		250		Anzahl Ereignisse								
	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht							
Emissionsspektren																							
Abwurf mit Dumper	21,3	19,0	16,8	21,5	30,8	34,1	38,3	50,5	53,2	57,2	56,5	56,1	55,5	55,1	48,2	40,2	35,1	33,3	28,4	31,1	30,7	12	0
Abwurf mit Radlader	20,5	18,8	19,3	21,4	23,5	30,3	37,2	45,1	50,2	53,4	53,2	49,4	44,3	43,8	36,4	33,1	26,9	24,6	23,8	29,0	30,3	6	0

Übertragungsfunktionen																					
Holz 8 Hz	3,8	5,1	7,6	12,6	20,0	10,6	4,4	0,4	-2,3	-3,8	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 10 Hz	2,6	3,8	5,1	7,6	12,6	20,0	10,6	4,4	0,4	-2,3	-3,8	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 12,5 Hz	1,2	2,2	3,4	4,6	6,8	11,3	18,0	9,6	3,9	0,4	-2,0	-3,4	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,9	-5,0	-5,0	-5,0	-5,0
Holz 16 Hz	0,0	1,0	2,0	3,0	4,1	6,0	10,1	16,0	8,5	3,5	0,3	-1,8	-3,0	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6	-4,9	-5,0
Holz 20 Hz	-0,4	-0,2	0,9	1,7	2,6	3,6	5,3	8,8	14,0	7,5	3,1	0,3	-1,6	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4	-4,5	-4,6
Holz 25 Hz	-0,2	-0,5	-0,2	0,7	1,5	2,3	3,1	4,5	7,6	12,0	6,4	2,6	0,2	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0	-4,1	-4,4
Holz 31,5 Hz	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7	-4,0
Holz 40 Hz	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2	-3,7
Holz 50 Hz	-0,5	-0,3	-0,2	-0,5	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2
Holz 62,5 Hz	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7	-3,2
Holz 80 Hz	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,4	-0,1	0,6	1,2	1,9	2,6	3,8	6,3	10,0	5,3	2,2	0,2	-1,1	-1,4	-2,3	-2,7

Immissionsspektren																						KB_{FTm}:		L_{max} (dB(A))	
Abwurf mit Dumper																									
Holz 8 Hz	25,1	24,1	24,3	34,1	50,8	44,8	42,6	50,9	51,0	53,4	51,9	51,2	50,5	50,1	43,2	35,2	30,1	28,3	23,4	26,1	25,7	0,05	35,1		
Holz 10 Hz	23,9	22,7	21,9	29,0	43,3	54,1	48,9	54,8	53,7	54,9	52,7	51,5	50,5	50,1	43,2	35,2	30,1	28,3	23,4	26,1	25,7	0,06	35,1		
Holz 12,5 Hz	22,5	21,1	20,2	26,1	37,5	45,5	56,3	60,0	57,2	57,5	54,4	52,7	51,3	50,6	43,7	35,6	30,2	28,3	23,4	26,1	25,7	0,09	35,5		
Holz 16 Hz	21,3	19,9	18,7	24,5	34,9	40,2	48,4	66,5	61,8	60,6	56,8	54,3	52,4	51,4	44,3	36,1	30,7	28,8	23,8	26,2	25,7	0,14	36,0		
Holz 20 Hz	20,9	18,8	17,6	23,2	33,4	37,7	43,6	59,3	67,2	64,6	59,5	56,4	53,9	52,4	45,0	36,5	31,2	29,2	23,9	26,6	26,1	0,16	36,6		
Holz 25 Hz	21,0	18,5	16,6	22,2	32,2	36,4	41,4	55,0	60,8	69,2	62,8	58,7	55,7	53,7	45,9	37,6	31,9	29,7	24,4	27,0	26,2	0,18	37,6		
Holz 31,5 Hz	21,0	18,5	16,4	21,4	31,4	35,4	40,2	53,0	57,0	63,4	66,5	61,4	57,6	55,3	47,1	38,9	32,8	30,7	25,2	27,5	26,7	0,15	38,3		
Holz 40 Hz	21,0	18,7	16,3	21,1	30,6	34,8	39,5	52,3	55,8	60,9	62,7	66,1	60,8	57,3	48,4	39,1	33,8	31,1	25,7	27,9	27,0	0,15	39,3		
Holz 50 Hz	20,8	18,7	16,5	21,0	30,3	34,0	38,9	51,7	55,1	59,7	60,2	62,4	65,5	60,4	50,4	40,4	34,0	32,0	26,1	28,5	27,4	0,15	40,3		
Holz 62,5 Hz	20,6	18,5	16,5	21,2	30,3	33,7	38,2	51,1	54,5	59,0	59,0	59,9	61,7	65,1	53,5	42,4	35,3	32,2	27,0	28,9	28,0	0,14	41,1		
Holz 80 Hz	20,3	18,3	16,3	21,2	30,5	33,7	37,9	50,3	53,9	58,4	58,3	58,7	59,2	61,4	58,2	45,5	37,3	33,5	27,3	29,8	28,4	0,11	40,6		
Abwurf mit Radlader																									
Holz 8 Hz	24,2	24,0	26,9	34,0	43,5	40,9	41,5	45,5	48,0	49,7	48,6	44,5	39,3	38,8	31,4	28,1	21,9	19,6	18,8	24,0	25,3	0,03	30,6		
Holz 10 Hz	23,0	22,6	24,5	28,9	36,1	50,3	47,8	49,5	50,6	51,2	49,4	44,8	39,3	38,8	31,4	28,1	21,9	19,6	18,8	24,0	25,3	0,04	30,7		
Holz 12,5 Hz	21,7	21,0	22,7	26,0	30,3	41,6	55,2	54,7	54,1	53,8	51,2	46,0	40,1	39,3	31,8	28,5	22,0	19,6	18,8	24,0	25,3	0,06	31,2		
Holz 16 Hz	20,4	19,8	21,3	24,4	27,6	36,3	47,2	61,1	58,7	56,9	53,6	47,6	41,3	40,1	32,4	28,9	22,5	20,1	19,2	24,0	25,3	0,08	31,9		
Holz 20 Hz	20,1	18,7	20,2	23,1	26,2	33,9	42,5	53,9	64,2	60,9	56,3	49,7	42,7	41,1	33,1	29,4	23,0	20,4	19,4	24,5	25,7	0,10	32,9		
Holz 25 Hz	20,2	18,3	19,2	22,1	25,0	32,6	40,3	49,7	57,8	65,4	59,6	52,1	44,5	42,4	34,1	30,4	23,7	20,9	19,9	24,8	25,9	0,11	34,2		
Holz 31,5 Hz	20,2	18,3	18,9	21,3	24,2	31,5	39,1	47,7	54,0	59,7	63,2	54,8	46,5	44,0	35,2	31,7	24,6	21,9	20,6	25,3	26,3	0,10	34,9		
Holz 40 Hz	20,2	18,6	18,9	21,0	23,4	30,9	38,4	47,0	52,8	57,2	59,5	59,4	49,6	45,9	36,6	31,9	25,6	22,3	21,2	25,8	26,6	0,08	35,3		
Holz 50 Hz	20,0	18,6	19,1	20,9	23,1	30,2	37,8	46,4	52,1	56,0	57,0	55,7	54,3	49,1	38,5	33,3	25,8	23,2	21,6	26,3	27,1	0,07	35,5		
Holz 62,5 Hz	19,8	18,3	19,1	21,1	23,0	29,9	37,0	45,8	51,4	55,3	55,8	53,2	50,6	53,8	41,7	35,2	27,1	23,5	22,5	26,7	27,6	0,06	36,1		
Holz 80 Hz	19,5	18,1	18,8	21,1	23,3	29,8	36,8	45,0	50,8	54,7	55,1	52,0	48,0	50,1	46,4	38,4	29,1	24,8	22,7	27,6	28,0	0,05	35,6		

(Max-Hold, Fast) alle Spektren [dB], re 5*10 ⁻⁵ mm/s	KB _{FTm} :	Holz 8 Hz	Holz 10 Hz	Holz 12,5 Hz	Holz 16 Hz	Lr (dB(A)):	Holz 8 Hz	Holz 10 Hz	Holz 12,5 Hz	Holz 16 Hz							
		Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht		Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht							
		0,004	0,000	0,005	0,000	0,008	0,000	0,012	0,000	7,8	0,0	7,8	0,0	8,2	0,0	8,7	0,0
	KB _{FTm} :	Holz 20 Hz	Holz 25 Hz	Holz 31,5 Hz	Holz 40 Hz	Lr (dB(A)):	Holz 20 Hz	Holz 25 Hz	Holz 31,5 Hz	Holz 40 Hz							
		Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht		Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht							
		0,014	0,000	0,015	0,000	0,013	0,000	0,013	0,000	9,4	0,0	10,5	0,0	11,2	0,0	12,1	0,0
KB _{FTm} :	Holz 50 Hz	Holz 62,5 Hz	Holz 80 Hz	Lr (dB(A)):	Holz 50 Hz	Holz 62,5 Hz	Holz 80 Hz										
	Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht		Tag Nacht	Tag Nacht	Tag Nacht										
	0,012	0,000	0,012	0,000	0,010	0,000	12,9	0,0	13,7	0,0	13,2	0,0					

Zur Berechnung von KB_{FTm} bzw. KB_{FTv} werden die Spektren laut DIN 4150 bis maximal 80 Hz herangezogen.