

4.4 Sprenggutachten

Vorhabenträger:	Verfasser:
 <p>Diabaswerk Halbeswig GmbH & Co. KG Korzerter Str. 18 42349 Wuppertal</p>	<p>Dipl.-Ing. Josef Hellmann Spreng- und Erschütterungs- sachverständigenbüro Örlingweg 29 44309 Dortmund</p>



Spreng- und Erschütterungssachverständigenbüro

Vom Landesoberbergamt NRW öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für übertägige und untertägige Sprengtechnik und Erschütterungsbeurteilung

Dipl.-Ing. Josef Hellmann · Örlingweg 29 · D-44309 Dortmund

Diabaswerk Halbeswig GmbH & Co. KG

Korzerter Straße 18

42349 Wuppertal

Örlingweg 29
D-44309 Dortmund
Telefon: 02 31/2 00 87 42
Handy: 0171/2 28 11 77
Telefax: 0231/2 00 87 43

Hellmann@Sprenggutachter.de
www.Sprenggutachter.de

- Messung und Beurteilung von Schwingungen durch Baumaschinen und Sprengungen
- Schallpegelmessungen
- Gutachten und Beratung, Erschütterungsprognosen
- Sprengausbildung

Digitales Exemplar

Dortmund, 22.02.2024

Meine Projekt-Nr.: 24 – S – 22.02. Erweiterung Diabaswerk Halbeswig

Spreng- und erschütterungstechnisches Gutachten

im Rahmen des Genehmigungsantrags gemäß § 16 BimSchG für die geplante
Südost-Erweiterung des Steinbruchs des Diabaswerks Halbeswig GmbH &
Co. KG

Firma:

Diabaswerk Halbeswig GmbH & Co. KG
Korzerter Straße 18
42349 Wuppertal

Werk:

Diabaswerk Halbeswig GmbH & Co. KG
Halbeswig 100
59909 Bestwig

Inhaltsverzeichnis

=====

Pkt.	Titel	Seite
	Inhaltsverzeichnis.....	2
1.0	Vorbemerkungen.....	4
2.0	Aufgabenstellung.....	5
3.0	Aufbau des Gutachtens.....	5
4.0	Verwendete Unterlagen zur Gutachtenerstellung.....	6
5.0	Beschreibung der geplanten Erweiterung des Steinbruchs Halbeswig.....	7
5.1	Abgrabungsabstände.....	8
6.0	Abbaubeschreibung.....	9
6.1	Abbau des Diabas.....	10
6.2	Bohrarbeiten.....	10
6.3	Sprengarbeiten.....	12
6.3.1	Geplante sprengtechnische Daten.....	13
6.3.2	Beschreibung der Ladearbeit mit Sprengstoffen.....	13
6.4	Zündanlage.....	14
6.4.1	Elektrische Zündung.....	15
6.4.2	Elektronische Zündung.....	15
6.4.3	Nichtelektrische Zündung.....	16
6.5	Nachzerkleinerung.....	16
6.6	Ladearbeit und Förderung des Haufwerkes.....	17
7.0	Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich.....	17
7.1	Normalfall einer Gewinnungssprengung, Vermeidung von Steinflug.....	18
7.2	Verkleinerung des Sprengbereichs und Maßnahmen zur Unterbindung von Steinflug über den verkleinerten Bereich hinaus.....	20
8.0	Geräuschbelästigung durch Explosionsknall.....	23
9.0	Erschütterungsimmissionsschutz.....	24
9.1	DIN 4150 Teil 1, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen".....	24
9.2	DIN 4150 Teil 2, "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden"	24



Pkt.	Titel	Seite
9.2.1	Quellenspezifische Regelungen gemäß Pkt. 6.5 der DIN 4150 Teil 2.....	26
9.3	DIN 4150 Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen"	27
9.4	Runderlass vom 04.10.2018 (MBI. NRW. 2018 Nr. 28 S. 573-624).....	28
10.0	Einordnung der zu betrachtenden Bauwerke.....	28
10.1	Gewerblich genutzte Bauten	29
10.2	Grillhütte.....	29
10.3	Erdverlegte Leitungen.....	30
10.4	Wohngebäude und gleichartige Bauten.....	30
11.0	Erschütterungsmessungen	32
11.1	Dauermessstellen.....	32
11.2	Messwerte der Dauermessungen.....	33
12.0	Grundlagen der Erschütterungsprognose.....	35
13.0	Erschütterungsprognose.....	37
13.1	Erschütterungsprognose für die Wohnbebauung.....	38
13.2	Erschütterungsprognose für die Grillhütte.....	39
13.3	Erschütterungsprognose für das Gesundheitszentrum.....	40
13.4	Erschütterungsprognose für die nächstgelegene Bebauung aus Tab. 1.....	41
14.0	Beurteilung.....	42
14.1	DIN 4150, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“.....	42
14.2	DIN 4150, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“.....	43
15.0	Zusammenfassung.....	45
16.0	Schlussbemerkung.....	46
	Anlagen.....	47 - 50



1.0 Vorbemerkungen

Die Firma Diabaswerk Halbeswig GmbH & Co. KG, in der Folge Diabaswerk Halbeswig genannt, betreibt seit 1994 südöstlich der Ortschaft Halbeswig der Gemeinde Bestwig im Hochsauerlandkreis den Diabassteinbruch Halbeswig.

Zur längerfristigen Rohstoffsicherung stellt das Diabaswerk Halbeswig bei der zuständigen Genehmigungsbehörde einen Antrag auf eine Südost-Erweiterung des Steinbruchs um ca. 5,5 ha.

Die genaue Lage der in Abb. 1 dargestellten Flächen kann der Flurkarte des Antrags auf Erweiterung entnommen werden.

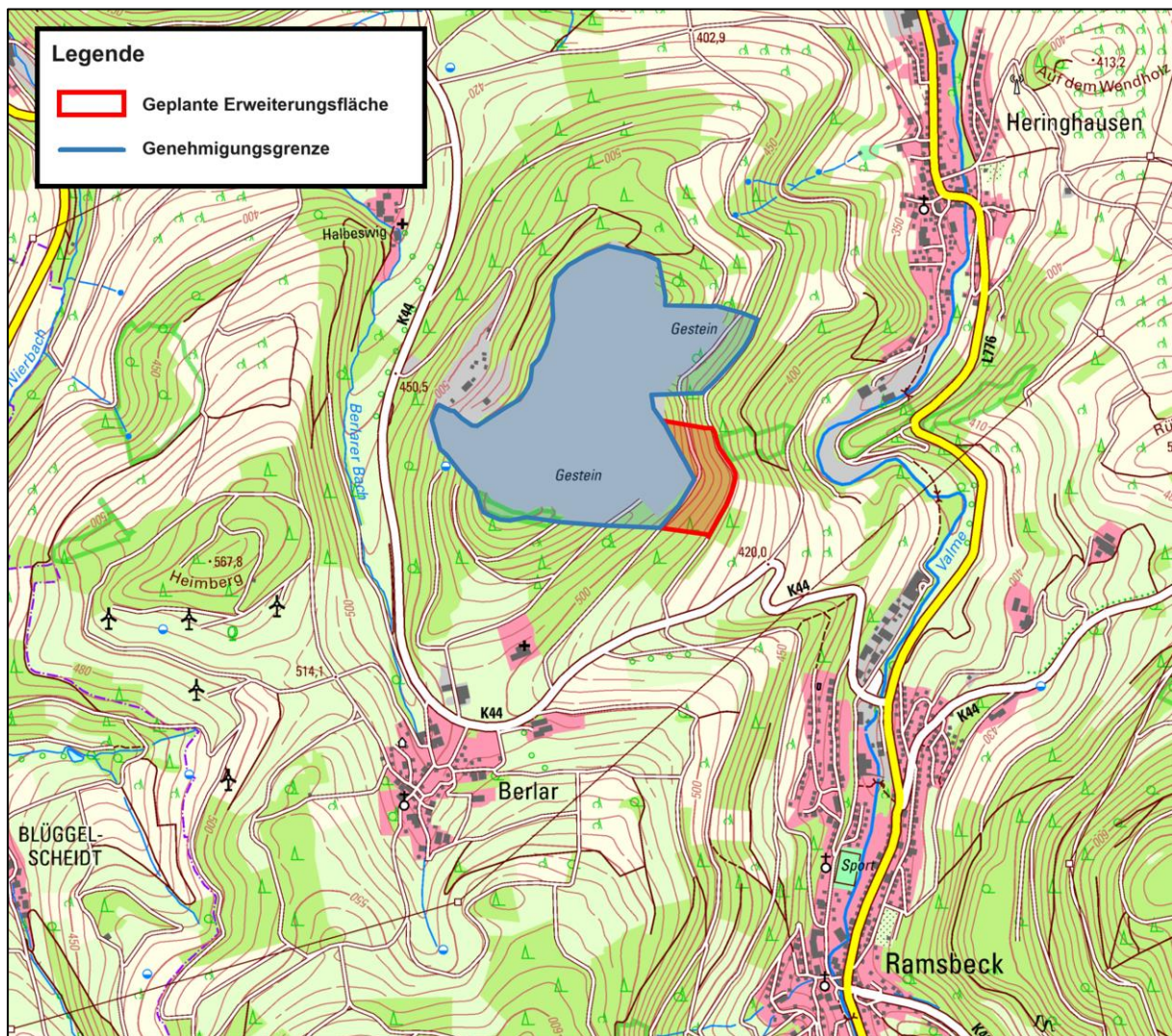


Abb. 1 Lage des Steinbruchs des Diabaswerks Halbeswig mit der geplanten Erweiterung



2.0 Aufgabenstellung

Mit dem hier erstellten spreng- und erschütterungstechnischen Gutachten soll sichergestellt werden, dass bei den vorzunehmenden Sprengarbeiten in der geplanten Erweiterung die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte an und in der gesamten Nachbarbebauung des Steinbruchs eingehalten werden. Auch der Schutz der Bevölkerung, der angrenzenden Bebauung und anderer zu schützender Anlagen und Objekte vor ungewolltem Steinflug ist weiterhin zu gewährleisten.

Grundlage für die Beurteilung der zu erwartenden Erschütterungen sind die Messdaten von zwei betrieblichen Erschütterungs-Dauermessstellen in der Umgebung des Steinbruchs Halbeswig aus dem Zeitraum 01.01.2023 bis 31.12.2023 und eine darauf aufbauende Erschütterungsprognose. Der Abbau in der geplanten Erweiterung findet in denselben geologischen Formationen wie bisher statt. Auch für die Sprengtechnik sind keine wesentlichen Veränderungen vorgesehen. Somit sind die verwendeten Messungen als Datengrundlage gut geeignet.

3.0 Aufbau des Gutachtens

Die Lage der geplanten Erweiterung des Steinbruchs Halbeswig wird beschrieben und die Vorgehensweise zum Abbau des Gesteins sowie das vorgesehene Sprengverfahren werden erläutert.

Anhand der Ergebnisse der Erschütterungsmessungen an den Dauermessstationen am Steinbruch Halbeswig und der darauf aufbauenden Erschütterungsprognose werden Sprengstofflademengen festgelegt, die sicherstellen, dass an der angrenzenden Bebauung keine unzulässig hohen Sprengerschütterungen auftreten.

Des Weiteren werden für den Fall einer Verkleinerung des Sprengbereichs Vorgaben zur Unterbindung von unzulässig weitem Steinflug über den Absperrbereich hinaus genannt.



Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen wird sichergestellt, dass bei Einhaltung aller sicherheits- und umweltrelevanten Auflagen der Schutz der Anwohner, der Bebauung und anderer Anlagen vor Steinflug und vor unzulässigen Erschütterungen gegeben ist.

4.0 Verwendete Unterlagen zur Gutachtenerstellung

- Scopingvorlage zur geplanten Erweiterung des Steinbruchs Halbeswig des Diabaswerks Halbeswig
- Karten zum geplanten Vorhaben
- Runderlass NRW:
„Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ (Erschütterungserlass) vom 04.10.2018
- LAI Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz
Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen vom 06.03.2018
- Ratgeber Erschütterungen
Dr. Peter Lichte, Leipzig
Eigenverlag 2006
- DIN 4150, „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 2 und 3
- Technische Regel zum Sprengstoffrecht „Sprengarbeiten“
(SprengTR 310 – Sprengarbeiten)
- DGUV Information 213-10 „Sprengarbeiten Anwendungshinweise zur SprengTR 310“
- Erschütterungsmessergebnisse von Gewinnungssprengungen im Steinbruch Halbeswig, die an den umliegenden Dauermessstationen registriert wurden



5.0 Beschreibung der geplanten Erweiterung des Steinbruchs Halbeswig

Das Diabaswerk Halbeswig plant die Erweiterung der Betriebsfläche des Steinbruchs Halbeswig um ca. 5,5 ha. Die vorgesehene Fläche grenzt direkt als süd-östliche Erweiterung an den bereits weitgehend ausgesteinten östlichen Teil des Steinbruchs. Die Fläche liegt in den Gemarkungen Ramsbeck und Heringhausen der Gemeinde Bestwig im Hochsauerlandkreis und befindet sich im Besitz des Diabaswerks Halbeswig bzw. es bestehen gültige Pachtverträge.



Abb. 2 Geplante Erweiterung (rot umrandet)



5.1 Abgrabungsabstände

Der Steinbruch Halbeswig ist von Wald- und Grünflächen umgeben und befindet sich zwischen den Ortschaften Halbeswig im Nordwesten, Heringhausen im Nordosten, Ramsbeck im Südosten und Berlar im Südwesten.

Es ist geplant, von den sich an die Abbaugrenze anschließenden Flächen einen Mindestabstand in gewachsenen Zustand von 5 m, von öffentlichen Wegen von 10 m und von Waldflächen von 15 m einzuhalten.

Nachfolgend werden die nächstgelegenen schutzwürdigen Gebäude mit den geringsten horizontalen Entfernungen zu den möglichen Sprengstellen in der geplanten Erweiterung aufgeführt.

Objekt u. Adresse	Objekt- bezeich- nung	geringste Ent- fernung zu den Sprengstellen (m)	Lage zur geplanten Erweiterung
Ortschaft Heringhausen Berlarer Straße 26	Nr. 1	ca. 620	östlich
Fa. Anton Nieder Berlarer Straße 48 Büro u. Wohngebäude Betriebsgebäude	Nr. 2	ca. 590 ca. 510	östlich östlich
Grillhütte	Nr. 3	ca. 250	östlich
Ortschaft Ramsbeck Ziegelwiese 1b	Nr. 4	ca. 650	südöstlich
Ortschaft Ramsbeck Birkenstraße 26	Nr. 5	ca. 620	südöstlich
Gesundheitszentrum Hoch- sauerland GmbH St. Altfried Bastenstraße 50	Nr. 6	ca. 580	südwestlich

Tab. 1: Geringste Entfernungen zwischen der Erweiterungsfläche und den zu schützenden Gebäuden und sonstigen Anlagen



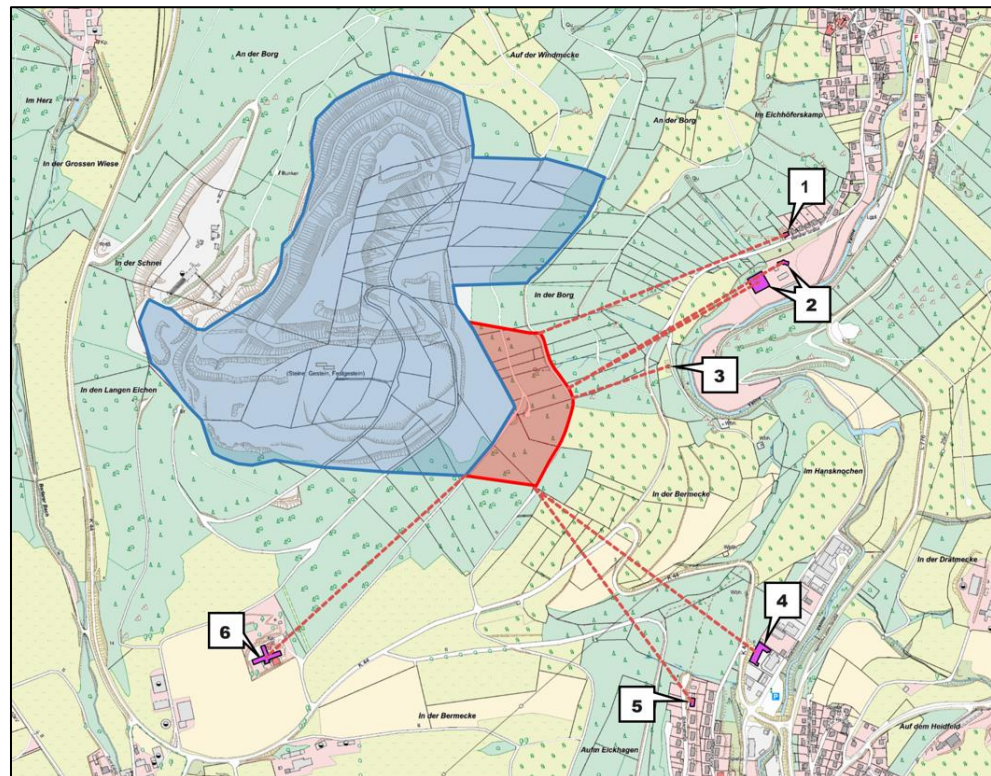


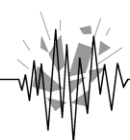
Abb. 3 Lage der Erweiterung und der nächstgelegenen in Tab. 1 aufgeführten Nachbarbebauung

Es ist geplant, den Abbau in der Erweiterung an der Ostflanke des bestehenden Süd-Ostfeldes über ein Rampensystem anzuschließen. Der Diabas soll über 5 Gewinnungssohlen mit Wandhöhen bis 20 m abgebaut und über betriebsinterne Fahrwege zur Aufbereitung transportiert werden. Die generelle Abbaurichtung verläuft von West nach Ost. Die tiefste Abbausohle ist bei 400 mNN vorgesehen.

6.0 Abbaubeschreibung

Für den Abbau des Diabas in der geplanten Erweiterung sind keine Veränderungen gegenüber der bisher genehmigten Gewinnung vorgesehen. Die bisherige und auch zukünftig vorgesehene Bohr- und Sprengarbeit wird im Folgenden noch einmal in ihren wesentlichen Punkten beschrieben:

Die erforderlichen Verfahrensschritte zur sprengtechnischen Gewinnung des Diabas gliedern sich wie folgt auf:



- Vorbereitende Arbeiten wie z. B. die Herrichtung der einzelnen Abbausohlen
- Planung der einzelnen Sprenganlagen
- Bohren der Sprengbohrlöcher
- Sprengen
- Laden und Transportieren

Von den bei den einzelnen Verfahrensschritten entstehenden Emissionen werden in diesem Gutachten die Emissionen durch Sprengerschütterungen und die möglichen Gefahren durch ungewollten weiten Steinflug behandelt.

6.1. Abbau des Diabas

Der Abbau des Diabas erfolgt im Trockenabbau durch Bohr- und Sprengarbeit. Die in der geplanten Erweiterung vorgesehenen bohr- und sprengtechnischen Daten entsprechen der derzeitigen Sprengarbeit im bestehenden Steinbruch. Je nach Bedarf und örtlicher Gegebenheit werden Abbausohlen im Rahmen des betrieblichen Abbaufortschrittes angelegt. Die Abbauhöhe der einzelnen Sohlen ist mit bis zu 20 m vorgesehen. In Sonderfällen können auch andere Wandhöhen erforderlich werden. Die Sohlen werden über innerbetriebliche Fahrwege und Rampen mit einer Neigung von maximal 1:10 verbunden. Die Bermen werden mit der erforderlichen Breite erstellt, um den Abbau gefahrlos durchführen zu können und werden später zur Gestaltung der Endböschung auf eine Mindestbreite von 5 m reduziert.

6.2 Bohrarbeiten

Die für das Sprengverfahren erforderlichen Sprengbohrlöcher werden nach Bohrplänen erstellt, in denen Bohransatzpunkte, Bohrrichtung und Bohrlochlänge für jedes Bohrloch vorgegeben sind. Zurzeit werden die Bohrlochbohrer mit Großbohrlochmaschinen mit einem Bohrlochdurchmesser von 95 mm bis 102 mm von oben nach unten abgebohrt. Der technischen Entwicklung folgend können zukünftig auch andere Bohrlochdurchmesser gebohrt werden. Die geplante Bohrlochneigung beträgt ca. 80° - 90° bei einer



Wandneigung von ebenfalls ca. 80° - 90°. Die Bohrgeräte sind mit einer Entstaubungseinrichtung ausgerüstet.

Derzeitige bohrtechnische Daten:

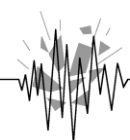
Bohrantrieb:	drehschlagend
Bohrloch-Ø:	95 mm -102 mm
Vorgabe:	3,0 m – 5,0 m
Seitenabstand:	2,5 m – 4,0 m
Bohrlochneigung:	ca. 80° bis 90°
Wandneigung:	ca. 80° bis 90°
Wandhöhe:	ca. bis 20,0 m
Bohrlochtiefe:	ca. bis 21,5 m
Unterbohrung:	max. 1,0 m
Bohrlochreihen:	ein- oder mehrreihig

Falls die örtlichen Gegebenheiten es erforderlich machen, können auch andere Wandhöhen, Bohrlochtiefen und -neigungen gebohrt werden. Sohlbohrlöcher und sonstige Hilfsbohrlöcher werden nur bei Bedarf eingesetzt.

Bei Großbohrlochsprengungen muss vor Aufnahme der Bohrarbeiten die Bruchwand in Bezug auf Höhe, Neigung und eventuelle Wandausbrüche vermessen werden. Anhand dieser Messung werden die Bohrlochansatzpunkte, die Bohrlochneigung, der Bohrlochdurchmesser und das Bohrraster (Vorgaben und Seitenabstand) unter Berücksichtigung der topographischen, geologischen und örtlichen Verhältnisse festgelegt. Des Weiteren sind eine maßstäbliche Zeichnung und eine Lademengenberechnung anzufertigen.

Für die vorgesehenen Sprengungen werden im Normalfall die Sprenglöcher entsprechend der Wandvermessung von oben nach unten abgebohrt. Die richtige Anordnung der Bohrlöcher hat entscheidenden Einfluss auf das Sprengergebnis und die Sicherheit der Sprengung sowie auf die von der Sprengung ausgehenden Emissionen.

Die Bohrarbeiten werden in einem Bohrprotokoll dokumentiert. Dort müssen auch Besonderheiten wie Klüfte, Hohlräume u.a. festgehalten werden, die bei der Planung der Sprengstofflademenge mit berücksichtigt werden. Nach



dem Bohren werden die Löcher auf Richtung und Tiefe kontrolliert und die Ergebnisse protokolliert.

6.3 Sprengarbeiten

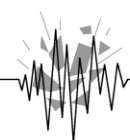
Es werden nur zugelassene Sprengstoffe und Zündmittel eingesetzt. Die in den bisherigen Abbaubereichen angewendete Sprengtechnik entspricht dem Stand der heutigen Zünd- und Sprengtechnik.

Als Sprengstoffe können gelatinöse Sprengstoffe, Emulsionssprengstoffe oder pulverförmige Sprengstoffe (z.B. ANFO-Sprengstoffe) zum Einsatz kommen. Als Zündverstärker können erforderlichenfalls Nitropenta-Sprengschnüre oder Booster verwendet werden. Bei Bedarf wird der Sprengstoff-Ladesäule eine Nitropenta-Sprengschnur mit einem Ladegewicht von 20 - 40 g/m beigeladen.

Bei der Gestaltung der Endböschung werden bei Bedarf auch Kontursprengungen mit verkleinertem Lochabstand und einer Sprengschnur mit einem Ladegewicht von 100 g/m als Sprengladung ausgeführt.

Als Zündmittel können elektrische, elektronische oder nichtelektrische Zündsysteme Anwendung finden.

Bei Großbohrlochsprengungen hat der verantwortliche Sprengberechtigte vor dem Einbringen des Sprengstoffs die Bohrlöcher auf Ansatzpunkt und Richtung zu prüfen. Abweichungen von der beabsichtigten Richtung sind messtechnisch zu ermitteln und zu dokumentieren. Die Berechnung der Lademenge ist gegebenenfalls entsprechend den Abweichungen zu berichtigen. Die in der SprengTR 310 - Sprengarbeiten im Anhang T-2 genannten zusätzlichen Schutzmaßnahmen für Großbohrlochsprengungen sind einzuhalten.



6.3.1. Geplante sprengtechnische Daten

spez. Sprengstoffeinsatz:	400 – 500 g/fm ³
Bohrlochlänge:	max. 21,5 m
Ladesäulenlänge:	max. 18,0 m
Endbesatzlänge:	ca. 3,0 m – 3,5 m
Sprengstoffmenge/Zeitstufe:	zurzeit max. 150 kg
Anzahl der Bohrlöcher:	abhängig vom Zündsystem: Bei elektrischer Zündung werden i. A. bis zu 20 Sprengbohrlöcher geladen. Bei elektronischer oder nichtelektrischer Zündung sind auch größere Sprenganlagen möglich.
Zündung:	einfach oder redundant, i. A. redundant aus dem Ladungstiefsten
Sprengschnur, falls erf.:	20 g/m - 40 g/m (abh. vom eingesetzten Sprengstoff)

Bei anderen Wandhöhen ergeben sich daraus angepasste Daten.

6.3.2 Beschreibung der Ladearbeit mit Sprengstoffen

In das Bohrlochtiefste wird entweder ein Booster oder eine kapselempfindliche Sprengstoffpatrone (Schlagpatrone), z.B. patronierter gelatinöser Sprengstoff, mit einem Zünder eingebracht, wobei der Zünder in die Schlagpatrone eingeführt wird.

Im Allgemeinen wird nach dem Einbringen von patroniertem gelatinösem Sprengstoff (Fußladung) als Hauptladung loser ANC-Sprengstoff oder Emulsionssprengstoff eingebracht. Bei losen Sprengstoffen ist das Ansteigen der Ladesäule zu überwachen, um ein eventuelles Verlaufen von Sprengstoff in Klüfte rechtzeitig zu erkennen.

Standard ist hier die Verwendung von losem ANC-Sprengstoff als Hauptladung. Falls Emulsionssprengstoff verwendet wird, kann er in patronierter Form oder als gepumpter, loser Emulsionssprengstoff eingebracht werden. Bei patroniertem Sprengstoff ist der Patronendurchmesser dem Bohrloch-



durchmesser anzupassen. Falls erforderlich, ist eine Sprengschnur entsprechend den Anforderungen des Sprengstoffes beizuladen. Sprengschnüre sind erforderlich, wenn die Zündung der gesamten Ladesäule nicht sicher gewährleistet ist, z. B. durch das Nachfallen von Gestein beim patronierten Laden oder wenn die Gefahr besteht, dass Patronen in Klüften stecken bleiben.

Der Endbesatz besteht aus Sand oder feinen Splitten und hat im Normalfall, abhängig vom Bohrlochdurchmesser, eine Länge von ca. 3,0 m bis 3,5 m. In Einzelfällen kann es erforderlich werden, dass zur Vermeidung von Überhängen eine halbe Patrone Sprengstoff in die Besatzzone eingebracht werden muss. Gegen dieses Vorgehen bestehen keine Bedenken, wenn sich oberhalb dieser Ladung noch mindestens 2,0 m Endbesatz befinden und keine Sprengschnur durch den Endbesatz geführt wird.

Muss aus ladetechnischen Gründen die Ladezone mit Zwischenbesatz gestreckt werden, wird nach jedem Einbringen von Zwischenbesatz eine weitere Patrone eines kapselempfindlichen Sprengstoffes eingebracht. Vor dem Einbringen von Zwischen- oder Endbesatz müssen elektrische Zünder auf Widerstand und gegen Isolationsfehler mit einem zugelassenen Ohmmeter geprüft werden.

Die Sprengarbeit wird gemäß der SprengTR 310 – „Sprengarbeiten“ in Bohr-, Zünd- und Ladeplänen dokumentiert. Ergänzende Hinweise zur Ausführung der Sprengarbeit nennt die DGUV Information 213-10 „Sprengarbeiten, Anwendungshinweise zur SprengTR 310“. Bei Großbohrlochsprengungen sind zusätzlich die Bestimmungen im Anhang T-2 der SprengTR 310 zu beachten.

6.4 Zündanlage

Das Standardverfahren im Steinbruch des Diabaswerks Halbeswig ist zurzeit die nichtelektrische Zündung. Aus gutachterlicher Sicht bestehen jedoch auch keine Bedenken gegen ein elektrisches oder elektronisches Zündsystem. Je nach Bedarf und geologischen Verhältnissen wird die Zündanlage mit oder ohne Sprengschnur ausgeführt. Wenn mit Sprengschnur gearbeitet wird, muss die aus dem Bohrloch aufsteigende



Schnur zur Reduzierung des Detonationsknalls ausreichend abgedeckt werden.

Die Zündung erfolgt in der Regel aus dem Bohrlochtiefsten, mit einem redundanten Zünder am oberen Ende der Ladesäule.

Falls aus erschütterungstechnischen oder sonstigen Gründen eine Verringerung der Sprengstofflademenge je Zündzeitstufe erforderlich ist, kann mit mehreren, durch Zwischenbesatz voneinander getrennten Ladezonen in den Bohrlöchern gearbeitet werden, wodurch die Möglichkeit besteht, die verschiedenen Ladezonen mit unterschiedlichen Zündzeiten zu versehen.

6.4.1 Elektrische Zündung

Falls elektrisch gezündet wird, wird die Zündanlage als Reihenschaltung ausgeführt. Es sind dann derzeit U-Momentzünder und/oder U-Kurzzeitzünder mit Verzögerungsintervallen von 25 ms vorgesehen. Die Zündanlage muss auf Widerstand sowie gegen Isolationsfehler geprüft werden und das Ergebnis muss mit dem vorher errechneten Widerstandswert übereinstimmen.

6.4.2 Elektronische Zündung

Durch den Einsatz des elektronischen Zündverfahrens können z. B. größere Sprenganlagen bei Beibehaltung der ursprünglichen Lademenge je Zündzeit hergestellt werden. Es steht hierbei eine erheblich größere Anzahl von Zündzeitstufen zur Verfügung als bei der herkömmlichen elektrischen Zündung. Die Größe der Zündanlagen kann somit den betrieblichen und örtlichen Gegebenheiten sehr gut angepasst werden. Ein weiterer Vorteil ist die exakte Einhaltung der Zündzeiten, die bei diesem Zündsystem nicht mehr pyrotechnisch, sondern elektronisch geregelt wird.

Die mit diesen Zündsystemen umgehenden Sprengberechtigten müssen durch eine entsprechende Schulung des Herstellers eine besondere Fachkunde dafür erworben haben.



6.4.3 Nichtelektrische Zündung

Bei diesem Zündsystem kann eine große Zahl von Zündern über einen auf seiner Innenseite mit einer Sprengstoffbeschichtung bestäubten Anzündschlauch miteinander verbunden werden. Ein an der Oberfläche am Bohrlochmund angebrachter Zündverzögerer ist dazu bestimmt, die Zündverzögerung außerhalb der Bohrlöcher vorausseilen zu lassen, bevor die erste Bohrlochladung detoniert. Es stehen verschiedene Zündzeitintervalle zur Verfügung. Im Allgemeinen wird das System durch einen elektrischen Zünder ausgelöst.

Neben der möglichen großen Anzahl verschiedener Zündzeiten zeichnet sich dieses System durch seine einfache Handhabung aus. Die Planung der Zündanlage setzt jedoch genaue Kenntnisse des Systems voraus. So ist sorgsam darauf zu achten, dass die möglichen Toleranzen der pyrotechnischen Verzögerungselemente in den Zündern ausreichend berücksichtigt werden und die tatsächlichen Zündzeiten der Zünder nicht zu eng beieinander liegen. Gelegentlich auftretende unzulässig hohe Erschütterungen können ihre Ursache in einem unglücklichen Überschneiden der tatsächlichen Zündzeiten haben, wenn die möglichen Toleranzen nicht ausreichend berücksichtigt werden.

Die mit diesen Zündsystemen umgehenden Sprengberechtigten müssen durch eine entsprechende Schulung eine besondere Fachkunde für den Umgang mit diesem System erworben haben.

6.5 Nachzerkleinerung

Die Beseitigung von Unebenheiten auf der Sohle (Zehen) durch Sprengarbeit erfordert eine sehr genaue Ermittlung der Vorgaben und eine exakte Lademengenberechnung für jedes einzelne Sprengbohrloch. Fehler hierbei können zu gefährlichem Steinflug führen. Gleiches gilt für Knäppersprengungen. Nähere Ausführungen hierzu finden sich unter Pkt. 7.0 in diesem Gutachten.



6.6. Ladearbeit und Förderung des Haufwerkes

Das sprengtechnisch gelöste Material wird entweder mit einem Radlader oder mit einem Bagger auf Muldenkipper geladen und über je nach Abbau-situation angelegte Fahrrampen und Fahrwege zu den weiterverarbeitenden Betriebsanlagen transportiert. Alternativ kann auch ein mobiler Vorbrecher zum Einsatz kommen, der direkt vom Ladegerät beschickt wird.

7.0 Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich

Der abzusperrende Sprengbereich beträgt gemäß der SprengTR 310 – „Sprengarbeiten“ im Allgemeinen 300 m und kann vom Sprengberechtigten im Einvernehmen mit dem Erlaubnisinhaber verkleinert werden, wenn es die Sicherheit erlaubt und eine Gefährdung in der Umgebung ausgeschlossen ist. Hierzu muss eine Gefährdungsbeurteilung erstellt werden. Der Sprengbereich muss vergrößert werden, wenn es die Sprenganlage erfordert und eine Gefährdung nicht ausgeschlossen werden kann.

Die Absperrung und Räumung des erforderlichen Sprengbereiches erfolgt außerhalb und innerhalb der eigenen Betriebsanlagen durch Betriebsan-gehörige des Steinbruchs bzw. des Sprengunternehmers. Personen, die sich im Sprengbereich aufhalten müssen, dürfen sich nur in den dafür vorgesehenen und geeigneten Schutzräumen aufhalten. Dies gilt auch für eventuell im Sprengbereich tätige Fremdunternehmer. Die Absperrposten müssen sich mit Sprechfunk oder Mobiltelefon mit dem Sprengberechtigten verständigen können.

Der in der SprengTR 310 - „Sprengarbeiten“ unter Pkt. 4.7 genannte Sprengbereich von 300 m um die Sprengstelle wird in der geplanten Erweiterung zu allen benachbarten Wohnhäusern eingehalten. Lediglich eine gelegentlich benutzte Grillhütte (Nr. 3 der Auflistung in Tabelle 1) sowie die östlich verlaufende Berlarer Straße und einige Forstwege befinden sich in einer Entfernung von weniger als 300 m zu den nächstgelegenen Sprengstellen.



Es ist vorgesehen, bei einer Unterschreitung von 300 m Abstand zu den Sprenganlagen die Berlarer Straße zu sperren und die Grillhütte auf eventuell anwesende Personen zu überprüfen und zu räumen. Alternativ kann auch eine Verkleinerung des Sprengbereichs bei Beachtung der nachfolgenden Vorgaben praktiziert werden.

Der kleinste Abstand der Berlarer Straße und der Grillhütte zu den Sprengstellen am östlichen Rand der geplanten Erweiterung beträgt:

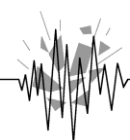
Berlarer Straße	ca. 190 m
Grillhütte, Nr. 3 aus Tabelle 1	ca. 250 m

7.1 Normalfall einer Gewinnungssprengung, Vermeidung von Steinflug

Bei der Umsetzung einer Sprengladung entstehen innerhalb weniger Millisekunden aus 1 kg Sprengstoff ca. 800 - 1000 l Gasvolumen. Durch die hohe Temperatur bei der Sprengstoffdetonation vergrößert sich dieses Volumen weiter und bewirkt neben anderen Mechanismen die Zerkleinerung und das Werfen des anstehenden Gesteins. Der bei der Detonation auftretende Gasdruck wirkt zum einen in Richtung auf die Vorgabe und löst das Gestein aus dem Verbund, zum anderen aber auch auf das rückseitige Gestein, z. B. in Form von Sprengerschütterungen.

Wenn die allgemeinen Sprengparameter eingehalten werden und die abbautechnischen Voraussetzungen normal sind, liegt nach dem Lösen und Werfen des Gebirges das Haufwerk ca. 2 - 3mal länger an, als es die Wandhöhe vorgibt. Bei einer Wandhöhe von z. B. 20 m liegt demnach das Haufwerk in Wurfrichtung auf einer Länge von ca. 40 m – 60 m an. Hinzu kommen noch einzelne Steine, die bis zu 25 m weiter rollen oder streuen können.

Bei den hier vorgesehenen Gewinnungssprengungen werden die Bruchwände durch Kopflöcher von oben nach unten in einem vorgegebenen Bohrraster abgebohrt. Dieses Raster ergibt sich aus der geplanten Vorgabe zur freien Wandseite sowie dem Abstand der Bohrlöcher untereinander. Weitere wesentliche Faktoren bei der Planung der Sprenganlagen sind der



Gesteinsaufbau, der spezifische Sprengstoffaufwand, der Bohrlochdurchmesser und die Bohrlochneigung, die Art des eingesetzten Sprengstoffs, die Sprengstoffdichte, der Bohrlochfüllungsgrad und der Endbesatz.

Steinflug entsteht durch eine punktuelle oder lineare Überladung von Sprengbohrlöchern, die durch verschiedene Ursachen hervorgerufen werden kann und die für sich allein oder meist in Kombination miteinander den Steinflug verursachen.

Der in Steinbruchbetrieben erforderliche spezifische Sprengstoffaufwand beträgt ca. $q = 0,250 - 1,00 \text{ kg/fm}^3$. Im Steinbruch des Diabaswerks Halbeswig wird das Gestein durch Gewinnungssprengungen mit einem spezifischen Sprengstoffaufwand von $q = \text{ca. } 0,400 \text{ kg/fm}^3$ bis $0,500 \text{ kg/fm}^3$ abgebaut. Bei diesem spezifischen Sprengstoffaufwand ist bei Beachtung und Einhaltung der sprengtechnischen Regeln und einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften Steinflug über den üblicherweise abgesperrten Sprengbereich von 300 m hinaus ausgeschlossen.

Wenn wie hier in Einzelfällen in eine Richtung der Sprengbereich verkleinert werden soll, muss durch zusätzliche Maßnahmen sichergestellt sein, dass in diesem verkürzten Bereich eine Gefährdung durch Sprengstücke nicht gegeben ist. Dabei spielt die Wurfrichtung des Gesteins eine große Rolle, da bei ordnungsgemäß ausgeführten Sprengungen an Steinbruchwänden entgegengesetzt zur Wurfrichtung kein Steinflug auftritt. Lediglich gelegentlich ausgeblasener Besatz, der sich im Umkreis von einigen Metern um das Sprengbohrloch niederschlägt sowie einige beim Anheben des Gebirges nach hinten gerollte Steine können im rückwärtigen Bereich einer ordnungsgemäß ausgeführten Wandsprengung auftreten.

Selbst bei groben Fehlern bei der Ausführung der Sprengarbeit gibt es nur wenige Ursachen, die zu Steinflug in den rückwärtigen Bereich - entgegengesetzt zur Wurfrichtung - führen können. In Wurfrichtung kann unkontrollierter weiter Steinflug hingegen bei verschiedenen groben Fehlern auftreten. Er wird durch eine punktuelle oder lineare Überladung verursacht und tritt erfahrungsgemäß dann ein, wenn der im Betrieb übliche spezifische Sprengstoffeinsatz q wesentlich überschritten wird. Dabei kann es sich um einen einzelnen Fehler oder eine unglückliche Kombination mehrerer Fehler handeln, von denen jeder für sich genommen möglicherweise nicht



ausgereicht hätte, diesen Steinflug zu verursachen. Mögliche Ursachen für eine Überladung und daraus resultierenden weiten Steinflug können die im Folgenden genannten Fehler sein:

- Vermessungsfehler und damit zu geringe Wandvorgaben
- Falsche Bemessung der Lademengen
- Nicht berücksichtigte Ausbrüche oder Schwächezonen in der Bruchwand
- Richtungsabweichungen bei der Bohrarbeit
- In Klufräume verlaufener Sprengstoff bei der Verwendung loser Sprengstoffe
- Zu kurzer Endbesatz in den Sprengbohrlöchern
- Nacharbeiten der Sohle durch Sprengarbeiten

Falls grobe Fehler zu unkontrolliert gefährlich weitem Steinflug führen, erfolgt dieser, mit Ausnahme von zu kurzem Endbesatz sowie Fehlern bei Nacharbeiten der Sohle und Fehlern beim Sprengen von Knäppern jedoch immer noch in der geplanten Wurfrichtung.

7.2 Verkleinerung des Sprengbereichs und Maßnahmen zur Unterbindung von Steinflug über den verkleinerten Sprengbereich hinaus

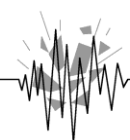
Bei der hier vorgesehenen Abbauplanung, bei der die Wurfrichtung des Haufwerks stets in den Steinbruch hinein gerichtet ist, ergibt sich als wesentliche zusätzliche Sicherheit, dass bei den meisten Fehlern, die bei der Ausführung von Sprengarbeit auftreten können, die Wurfrichtung der Steine immer noch weg von der Nachbarbebauung und in den Steinbruch hinein weist.

Für den Fall, dass eine Verkürzung des Sprengbereichs nach Osten in Richtung auf die Berlarer Straße oder die Grillhütte erforderlich wird, werden im Folgenden Maßnahmen aufgezählt, die bei der Planung, Vorbereitung und Durchführung von Gewinnungssprengungen in der geplanten Erweiterung sicherstellen, dass bei einem nach Osten bis auf 190 m an die Berlarer Straße bzw. 250 m an die Grillhütte verkürzten Sprengbereich ein über diesen Absperrbereich hinausgehender Steinflug ausgeschlossen ist.



Für die Verkleinerung des Sprengbereichs ist vom Unternehmen eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen und es sind die im Folgenden genannten Maßnahmen einzuhalten.

- Der verantwortliche Sprengberechtigte hat dafür zu sorgen, dass beim Bohren und Sprengen alle Arbeitsgänge entsprechend den aktuell geltenden Auflagen, Gesetzen, Vorschriften und Regelwerken ausgeführt werden.
- Dem Sprengberechtigten sind alle die Sprengarbeit betreffenden Auflagen und Nebenbestimmungen aus den Genehmigungen sowie eventuelle die Sprengarbeit betreffende Gutachten zur Verfügung zu stellen. Der Empfang und die Beachtung der Vorgaben ist vom Sprengberechtigten schriftlich zu bestätigen.
- Die Bruchwände sind mit einem 3-D Laser-Vermessungssystem zu vermessen und zu dokumentieren. Andere zukünftige Messverfahren (z. B. mit einer Drohne) sind zulässig, wenn sie eine vergleichbare Darstellung und Genauigkeit gewährleisten.
- Die Planung und die spätere Ausführung der Sprengarbeiten muss durch einen sachkundigen Ingenieur des Betriebs oder des Sprengunternehmens ausgeführt oder überwacht werden.
- Um eine Verkleinerung des Sprengbereichs zur Berlarer Straße oder zur Grillhütte zu ermöglichen, muss die Wurfrichtung des Gesteins weg von der Nachbarbebauung nach Südwesten, Westen oder Nordwesten in den Steinbruch hinein weisen. Dabei ist ein Streubereich von 45° um die senkrecht zur Bruchwand gerichtete Wurfrichtung zu berücksichtigen.
- Bei einer zusätzlichen freien seitlichen Fläche im Eckbereich ist die seitliche Vorgabe mindestens auf das 1,5fache des Seitenabstandes der Bohrlöcher zu vergrößern.
- Beim Bohren der Sprengbohrlöcher sind sorgfältig alle Unregelmäßigkeiten in einem Bohrprotokoll für jedes Loch zu dokumentieren. Unregelmäßigkeiten sind z. B. angebohrte Klüfte oder Hohlräume, Abgehen des Bohrgestänges, Wassereinbrüche, plötzlicher Spülverlust oder Staubaustritt aus dem Gebirge. Das Bohrprotokoll ist dem Sprengberechtigten zur Verfügung zu stellen, der die Angaben im Ladeplan berücksichtigen muss.



- Jedes Bohrloch ist nach dem Bohren auf Ansatzpunkt und Bohrlochverlauf zu vermessen.
- Bei der Erstellung des Ladeplans sind die Ergebnisse der Vermessung und des Bohrprotokolls zu berücksichtigen. Durch eine Reduzierung der Lademenge und/oder Zwischenbesatz sind lokale Überladungen auszuschließen. Die Lademengenberechnung ist für jedes Bohrloch zu erstellen.
- Falls Unterlagen von Dritten übernommen werden, muss der verantwortliche Sprengberechtigte sich von der Korrektheit und Aktualität der Dokumentationen überzeugen.
- Bei der Ladearbeit ist für jedes Bohrloch die eingebrachte Lademenge und die Verteilung der Ladung im Bohrloch zu dokumentieren.
- Die Länge des Endbesatzes muss im verkürzten Sprengbereich mindestens das 44fache des Bohrlochdurchmessers betragen.
- Beim Laden der Löcher ist die verbleibende Lochlänge zur Aufnahme des Endbesatzes zu messen und für jedes Loch einzeln im Ladeplan zu dokumentieren. Vor dem Einbringen des Endbesatzes ist durch eine zweite Person die Länge des nicht ausgeladenen Bohrlochs erneut zu überprüfen und im Ladeplan gegenzuzeichnen.
- Als Endbesatz sollte feinkörniger Splitt z. B. der Körnung 2 - 8 verwendet werden. Er ist sorgfältig in das Bohrloch einzubringen und mit dem Ladestock anzudrücken.
- Zur Stabilisierung des Endbesatzes muss eine gegebenenfalls der Ladung beigeladene Sprengschnur zusammen mit der Ladesäule unterhalb des Besatzes enden.
- Im verkleinerten Sprengbereich werden keine Knäppersprengungen ausgeführt. Falls Knäppersprengungen in besonderen Ausnahmefällen unausweichlich sind, sind die Knäpper vor der Sprengung zur Unterbindung von eventuellem Steinflug mit Haufwerk zu überschütten. Sind die Felsen für dieses Vorgehen zu groß, ist das weitere Vorgehen mit der Aufsichtsbehörde abzustimmen.
- Im verkleinerten Sprengbereich werden keine horizontalen Sohlbohrlöcher oder Heber zur Beseitigung von Felsrippen gebohrt. Falls Sohlbohrlöcher oder Heber in besonderen Ausnahmefällen unausweichlich sind ist das Vorgehen mit der Aufsichtsbehörde abzustimmen.



- Falls Zehensprengungen erforderlich sind, müssen sie im Zusammenhang mit einer Gewinnungssprengung erfolgen. Hierbei ist durch die Wahl einer ausreichend hohen Zündzeitstufe in den der Bruchwand vorgelagerten Zehenlöchern sicher zu stellen, dass das Haufwerk der gleichzeitig gezündeten Wandsprengung die zu lösenden Zehen bereits abdeckt und gefährlicher Steinflug aus diesem Bereich dadurch sicher unterbunden wird.

8.0 Geräuschbelästigung durch Explosionsknall

Bei einer Gewinnungssprengung erzeugt der detonierende Sprengstoff einen unterschiedlich starken Luftschall. Die Zeitdauer erstreckt sich je nach Sprenganlage etwa bis zu 1 s.

Außerhalb des abgesperrten Sprengbereiches ist der Luftschall nicht größer als die Immissionen anderer Lärmquellen, z.B. Flugzeuge oder Verkehrslärm an stark befahrenen Verkehrswegen.

Um die auftretenden Lärmimmissionen beim Sprengen auf ein mögliches Mindestmaß zu reduzieren, ist bei der Verwendung von Sprengschnur das aus dem Bohrloch herausragende Sprengschnurende nach dem Anbringen eines redundanten Zünders ausreichend tief in den Endbesatz einzubringen bzw. ausreichend mit feinem Besatzmaterial abzudecken.



9.0 Erschütterungsimmissionsschutz

Beurteilungsgrundlage für die auftretenden Erschütterungen, verursacht durch die Sprengungen in der geplanten Erweiterung sind die DIN 4150, „Erschütterungen im Bauwesen“, die aus den Teilen 1 bis 3 besteht und die Auflagen des gemeinsamen Runderlasses des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz.– V 5 8800.4.10, des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie – 503-VIB2-46-00, und des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung – 615-850.1 – "Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsemissionen" (Erschütterungserlass) vom 04.10.2018 (MBI. NRW. 2018 Nr. 28 S. 573-624).

9.1 DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen" vom Juni 2001

Der Teil 1 dieser DIN, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen" vom Juni 2001, gibt eine Anleitung für die Vorermittlung von Erschütterungen und enthält Verfahren, Angaben und Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorausgesagt werden können.

Mit diesen Werten kann eine Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen nach DIN 4150-2 und DIN 4150-3 in der jeweils gültigen Fassung erfolgen.

9.2 DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2, "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden" vom Juni 1999

Der Teil 2 der DIN enthält Angaben für die Beurteilung von Erschütterungen im Frequenzbereich von 1 - 80 Hz, die in Gebäuden auf Menschen einwirken.

Entweder ist die Beurteilungsgröße KB_{Fmax} direkt vom Messgerät ermittelt worden, oder wenn dies nicht der Fall ist, ist unter bestimmten Bedingungen (Frequenzbereich des verwendeten Aufnehmer-Registriersystems von unter 2 Hz bis über 80 Hz) näherungsweise die Bestimmung der Beurteilungsgröße KB_{Fmax} auch aus der Registrierung des Signals (v_t) möglich.



Ermittlung des KB-Wertes:

Sind die oben genannten Bedingungen erfüllt, ist der Maximalwert des v_t -Signals der Aufzeichnung und ein zugehöriger Schätzwert der Frequenz zu bestimmen. Daraus ist zunächst das KB-bewertete Signal nach der Zahlengleichung (6) und nach der Gleichung (7) mit c_F nach Tabelle 3 der DIN der Schätzwert des gleitenden Effektivwertes wie folgt zu berechnen:

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \frac{v_{\max}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2}} \quad (\text{Gleichung 6})$$

$$KB_{F_{\max}} = KB \times c_F \quad (\text{Gleichung 7})$$

Hierin sind:

v_{\max} = max. gemessene Schwinggeschwindigkeit (mm/s)

KB = hat die Einheit 1

f_0 = 5,6 Hz (Grenzfrequenz des Hochpasses)

f = Frequenz in Hz

c_F = Konstante nach Tabelle 3 (s.u.)

Es werden in der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 (siehe Anlage 1) Anhaltswerte (A) für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen gemacht, die mit den ermittelten $KB_{F_{\max}}$ -Werten verglichen werden müssen. Für selten auftretende, kurzzeitige Einwirkungen (z.B. Sprengerschütterungen sind kurzzeitige Einwirkungen) ist die Anforderung der Norm eingehalten, wenn $KB_{F_{\max}}$ kleiner als der obere Anhaltswert (A_o) ist.

In der gleichen Norm werden in der Tabelle 3 Erfahrungswerte für die Konstanten c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen aufgeführt.

DIN 4150 Teil 2, Tabelle 3, Zeile 4: Einzelereignisse kurzer Dauer

a) mit Resonanzbeteiligung: $c_F = 0,8$

b) ohne Resonanzbeteiligung: $c_F = 0,6$



9.2.1 Quellspezifische Regelungen gemäß Pkt. 6.5 der DIN 4150 Teil 2

Die DIN 4150 vom Juni 1999, "Erschütterungen im Bauwesen", Teil 2, "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden", sagt unter Pkt. 6.5 "Quellspezifische Regelungen" und Pkt. 6.5.1 "Selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen" Folgendes aus:

"Bei selten auftretenden und nur kurzzeitig einwirkenden Erschütterungen bis zu 3 Ereignissen je Tag, z.B. Sprengerschütterungen, gilt die Anforderung als eingehalten, wenn die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} kleiner oder gleich dem (oberen) Anhaltswert A_o nach Tabelle 1 ist. Die Ermittlung von KB_{FTr} und der Vergleich mit A_r entfällt."

Dies gilt grundsätzlich auch für Erschütterungen, die von Gewinnungssprengungen verursacht werden, mit folgenden zusätzlichen Regelungen:

- Folgen mehrere Sprengungen unmittelbar aufeinander, gelten diese im Sinne der Norm als ein Ereignis. Es dürfen in diesem Fall aber nicht mehr als 15 Sprengungen in einer Woche stattfinden.
- Wenn die Sprengungen an Werktagen mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten 7 - 13 Uhr oder 15 - 19 Uhr erfolgen, gelten in Gebieten nach Tabelle 1, Zeilen 3 und 4 auch die A_o -Werte nach Zeile 1, wenn nur 1 Ereignis pro Tag stattfindet.

Anmerkung: Die Vorwarnung erfolgt in der Regel durch akustische Signalgebung oder außerhalb des Absperrbereiches auch durch andere Maßnahmen.

Sind die oben genannten Bedingungen erfüllt, sind folgende Werte zugelassen:

$$A_o = 6$$

In Ausnahmefällen, wenige Male im Jahr, dürfen die KB_{Fmax} -Werte bis zu 8 betragen.



Sprengungen können als unmittelbar aufeinander folgend betrachtet werden, wenn sie innerhalb eines Absperrvorganges abgetan werden. In einem Zeitraum von 5 min bis 10 min gezündete Sprengungen sind somit als ein Ereignis zu betrachten.

9.3 DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen" vom Dezember 2016

Die DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3 "Einwirkungen auf bauliche Anlagen", sagt unter anderem Folgendes zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen (z.B. Sprengerschütterungen) aus:

"... Dieses Dokument nennt Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten, die aus zahlreichen Messungen als Erfahrungswerte gewonnen wurden.

Werden diese Anhaltswerte eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes (...), deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf. Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind. Werden die Anhaltswerte überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden auftreten müssen. ..."

In der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 (Anlage 2) sind für die verschiedenen Gebäudearten Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke am Fundament und in der obersten Deckenebene angegeben. In der Tabelle 3 der DIN 4150 Teil 3 (Anlage 3) sind Anhaltswerte zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Leitungen angegeben.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes ist bei Gebäuden, die in die Zeilen 2 und 3 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 einzustufen sind, auch dann gegeben, wenn leichte Schäden auftreten. Leichte Schäden im Sinne der Norm sind z.B.:

- Auftreten von Rissen im Putz von Wänden
- Vergrößern von bereits vorhandenen Rissen im Gebäude
- Abreißen von Trenn- und Zwischenwänden von tragenden Wänden bzw. Decken.



9.4 Auflagen des gemeinsamen Runderlasses des Ministeriums für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz – V 5 8800.4.10, des Ministeriums für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie – 503-VIB2-46-00, und des Ministeriums für Heimat, Kommunales, Bau und Gleichstellung – 615-850.1 – "Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsemissionen" (Erschütterungserlass) vom 04.10.2018 (MBI. NRW. 2018 Nr. 28).

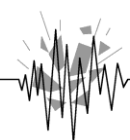
Der Erlass verweist auf die Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen der LAI Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz vom 06.03.2018.

Die Anforderungen des BImSchG und des LImSchG zur Abwehr schädlicher Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen und zur Vorsorge werden darin konkretisiert.

Zur Messung und Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen sind die Normen DIN 4150 Teil 2 und 3, Erschütterungen im Bauwesen sowie die DIN 45669 Teil 1 und 2, „Messung von Schwingungsimmissionen“ heranzuziehen.

10.0 Einordnung der zu betrachtenden Bauwerke

Im Folgenden werden die in Tabelle 1 dieses Gutachtens aufgeführten nächstgelegenen Nachbarbebauungen in das Regelwerk der DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ eingeordnet. Berücksichtigt wurden dabei die Bebauungen im Osten und Südosten der geplanten Erweiterung. Die im Nordwesten gelegene Bebauung des Ortsteils Halbeswig hinter dem Steinbruchgelände ist mehr als 1.000 m von der geplanten Erweiterung entfernt gelegen und wird darüber hinaus durch den Hohlraum des Steinbruchs abgeschirmt. Unzulässige Erschütterungsbeeinträchtigungen durch die geplante Erweiterung sind dort ausgeschlossen.



10.1 Gewerblich genutzte Bauten

Objekt Nr. 2, Betriebsgebäude, Berlarer Straße 48a

Objekt Nr. 4, gewerblich genutztes Gebäude, Ziegelwiese 1b

Die oben genannten Bauten und sonstige gewerbliche Bauwerke sind in die Zeile 1 der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 3, als gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten einzuordnen.

Hier sind folgende Werte am Fundament zugelassen:

< 10 Hz $v_i = 20 \text{ mm/s}$

10 - 50 Hz $v_i = 20\text{-}40 \text{ mm/s}$

50 - 100 Hz $v_i = 40\text{-}50 \text{ mm/s}$

In der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen $v_i = 40 \text{ mm/s}$

In der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen $v_i = 20 \text{ mm/s}$

10.2 Grillhütte

Objekt Nr. 3, Grillhütte

Gartenhäuser, Grillhütten etc. werden in der DIN 4150 nicht betrachtet.

Für die auf einer Bodenplatte in stabiler eingeschossiger Holzbauweise errichtete Grillhütte werden im Folgenden die um 50 % reduzierten Fundamentanhaltswerte von gewerblich genutzten Bauten zu Grunde gelegt.

< 10 Hz $v_i = 10 \text{ mm/s}$

10 - 50 Hz $v_i = 10\text{-}20 \text{ mm/s}$

50 - 100 Hz $v_i = 20\text{-}25 \text{ mm/s}$



10.3 Erdverlegte Leitungen

Die zur Versorgung und Entsorgung der umgebenden Bebauung vorhandenen erdverlegten Leitungen, wie Gas-, Wasser- und Abwasserleitungen, sind gemäß Tabelle 3 der DIN 4150, Teil 3, „Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Leitungen“ einzuordnen.

In der Tabelle 3 der DIN sind für Rohrleitungen für die verschiedenen Leitungsarten folgende Anhaltswerte genannt:

Zeile 1:	$v_i = 100 \text{ mm/s}$ (Stahl geschweißt)
Zeile 2:	$v_i = 80 \text{ mm/s}$ (Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Metall mit oder ohne Flansche)
Zeile 3:	$v_i = 50 \text{ mm/s}$ (Mauerwerk, Kunststoff)

10.4 Wohngebäude und gleichartige Bauten

Objekt Nr. 1, Wohnhaus Berlarer Straße 26

Objekt Nr. 2, Wohnhaus Berlarer Straße 48

Objekt Nr. 4, Wohn/Bürotrakt Ziegelwiese 1b

Objekt Nr. 5, Wohnhaus Birkenstraße 26

Objekt Nr. 6, Gesundheitszentrum Hochsauerland GmbH, Bastenstraße 50

Die oben genannten Immissionsorte sowie sonstige Wohngebäude in den Außenbereichen und den umliegenden Ortschaften sind in die Zeilen 3 und 4 der Tabelle 1 der Norm DIN 4150, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ einzuordnen.

Die Zeile 3 gilt für Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen, noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete §6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO) und hat einen oberen Anhaltswert von $A_o = 5$.



Die Zeile 4 gilt für Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet BauNVO, § 3, allgemeine Wohngebiete BauNVO, § 4, Kleinsiedlungsgebiete BauNVO, § 2) und hat einen oberen Anhaltswert von $A_o = 3$.

Für selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen lässt die DIN 4150, Teil 2, aufgrund von Punkt 6.5.1 der DIN, Quellspezifische Regelungen, jedoch einen oberen Anhaltswert von

$$A_o \leq 6$$

zu. Nähere Erläuterungen hierzu finden sich unter Punkt 9.2.1 in diesem Gutachten.

Für das Gesundheitszentrum ist in der bestehenden Genehmigung ein obere Anhaltswert von $A_o = 3$ vorgegeben.

Für die Ermittlung der KB_{Fmax} -Werte wird eine c_F -Konstante von 0,8 zu Grunde gelegt, für Einzelereignisse kurzer Dauer, Schwingungen mit Resonanzbeteiligung. Nähere Erläuterungen hierzu finden sich unter Punkt 9.2 in diesem Gutachten.

Die Gebäude selbst sind gemäß der Zeile 2 der Tabelle 1 der Norm DIN 4150, Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen" als Wohngebäude einzuordnen. Hier sind folgende Werte zugelassen:

am Fundament bei Frequenzen:

$$< 10 \text{ Hz } v_i = 5 \text{ mm/s}$$

$$10\text{-}50 \text{ Hz } v_i = 5\text{-}15 \text{ mm/s}$$

$$50\text{-}100 \text{ Hz } v_i = 15\text{-}20 \text{ mm/s}$$

In der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

$$\text{bei allen Frequenzen } v_i = 15 \text{ mm/s}$$

In der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

$$\text{bei allen Frequenzen } v_i = 20 \text{ mm/s}$$



11.0 Erschütterungsmessungen

Am Steinbruch Halbeswig werden durch den Steinbruchbetrieb zwei Dauermessstellen zur permanenten Erschütterungsüberwachung der Sprengarbeiten betrieben und die Messdaten bei Bedarf der Aufsichtsbehörde zur Verfügung gestellt. Es ist vorgesehen, die Messstellen auch während des Gesteinsabbaus in der geplanten Erweiterung weiter zu betreiben. Damit ist eine Überwachung und Dokumentation der Sprengerschütterungen aus der geplanten Erweiterung gewährleistet.

11.1 Dauermessstellen

Dauermessstelle 1

Gesundheitszentrum Hochsauerland GmbH
Bastenstraße 50
59909 Bestwig

Heizungskeller im Gesundheitszentrum, bestehend aus dem Haupt- und Wohngebäude sowie mehreren Nebengebäuden. Herkömmlich aus Mauerwerk mit Stahlbetondecken errichtetes Hauptgebäude bestehend aus KG, EG, 1. OG und 2. OG mit nicht ausgebautem DG.

Der triaxiale Sensor steht im Heizungskeller auf der Betonbodenplatte an der steinbruchseitigen Gebäudeaußenwand. Die X-Achse des Sensors ist in etwa zu den Sprengstellen und parallel zu einer Gebäudeaußenwand ausgerichtet.

Dauermessstelle 2

Wohnhaus
Jakobusstraße 4
59909 Bestwig

Herkömmlich aus Mauerwerk erbautes Wohnhaus, bestehend aus KG, EG OG und ausgebautem DG. Die Geschossdecken sind aus Stahlbeton.

KG, triaxialer Sensor auf dem Betonboden an der steinbruchseitigen Gebäudeaußenwand. Die X-Achse des Sensors ist in etwa zu den Sprengstellen und parallel zu einer Gebäudeaußenwand ausgerichtet.



11.2 Messwerte der Dauermessungen

In den folgenden Abbildungen 4 und 5 sind die Messergebnisse der Dauermessstellen zusammen mit den zulässigen Erschütterungsanhaltswerten der DIN 4150, Teil 3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ Tabelle 1, graphisch dargestellt.

Dauermessstelle Gesundheitszentrum Hochsauerland GmbH
Bastenstraße 50

Zeitraum: 01.01.2023 - 31.12.2023

Im genannten Zeitraum betrug der größte Messwert 2,11 mm/s bei 57,0 Hz. Der bei dieser Frequenz zulässige Fundament-Anhaltswert beträgt 15,7 mm/s und wurde zu 13,4 % erreicht.

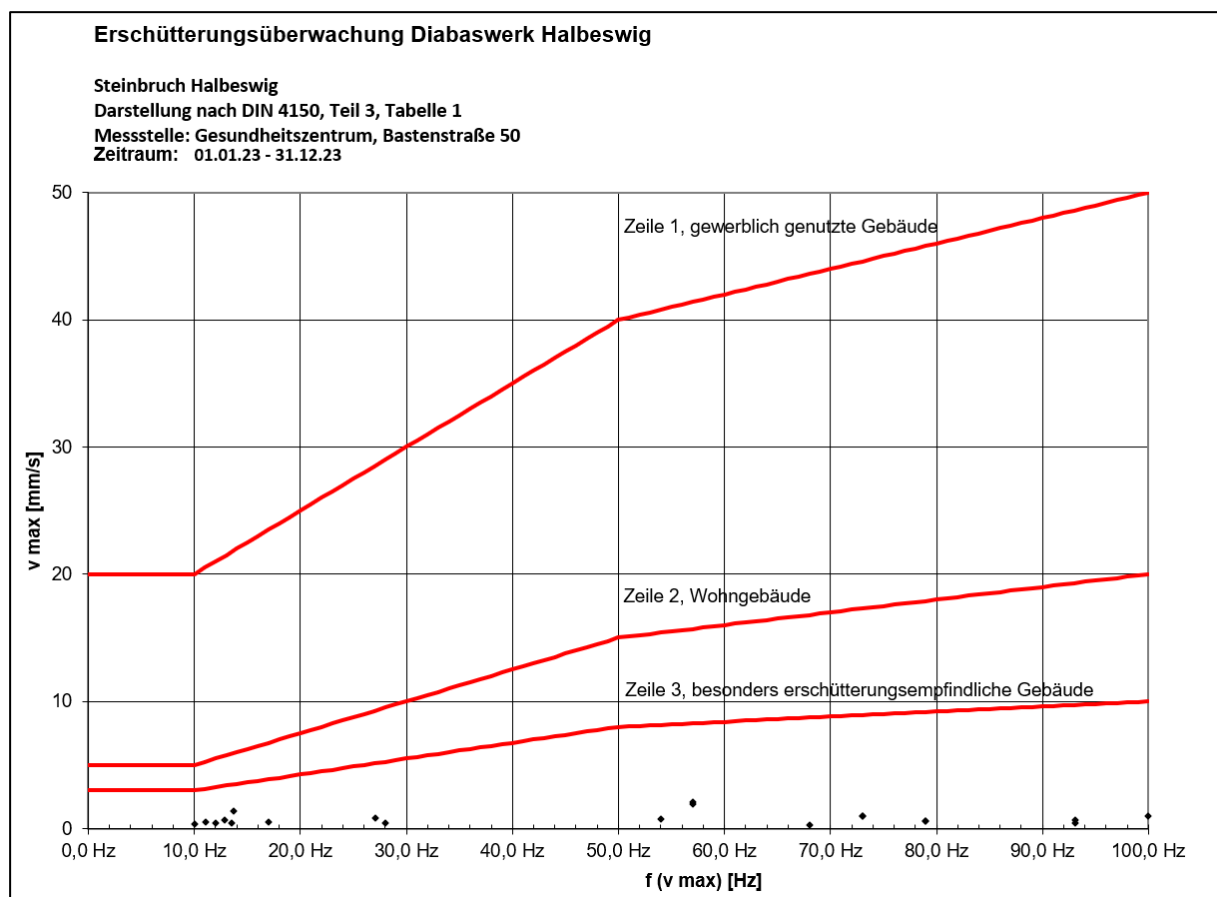
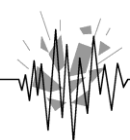


Abb. 4 Gesundheitszentrum Bastenstraße 50, Erschütterungsmesswerte



Dauermessstelle Jakobusweg 4

Zeitraum: 01.01.2023 - 31.12.2023

Im genannten Zeitraum betrug der größte Messwert 0,811 mm/s bei 13,0 Hz. Der bei dieser Frequenz zulässige Fundament-Anhaltswert beträgt 5,75 mm/s und wurde zu 14,1 % erreicht.

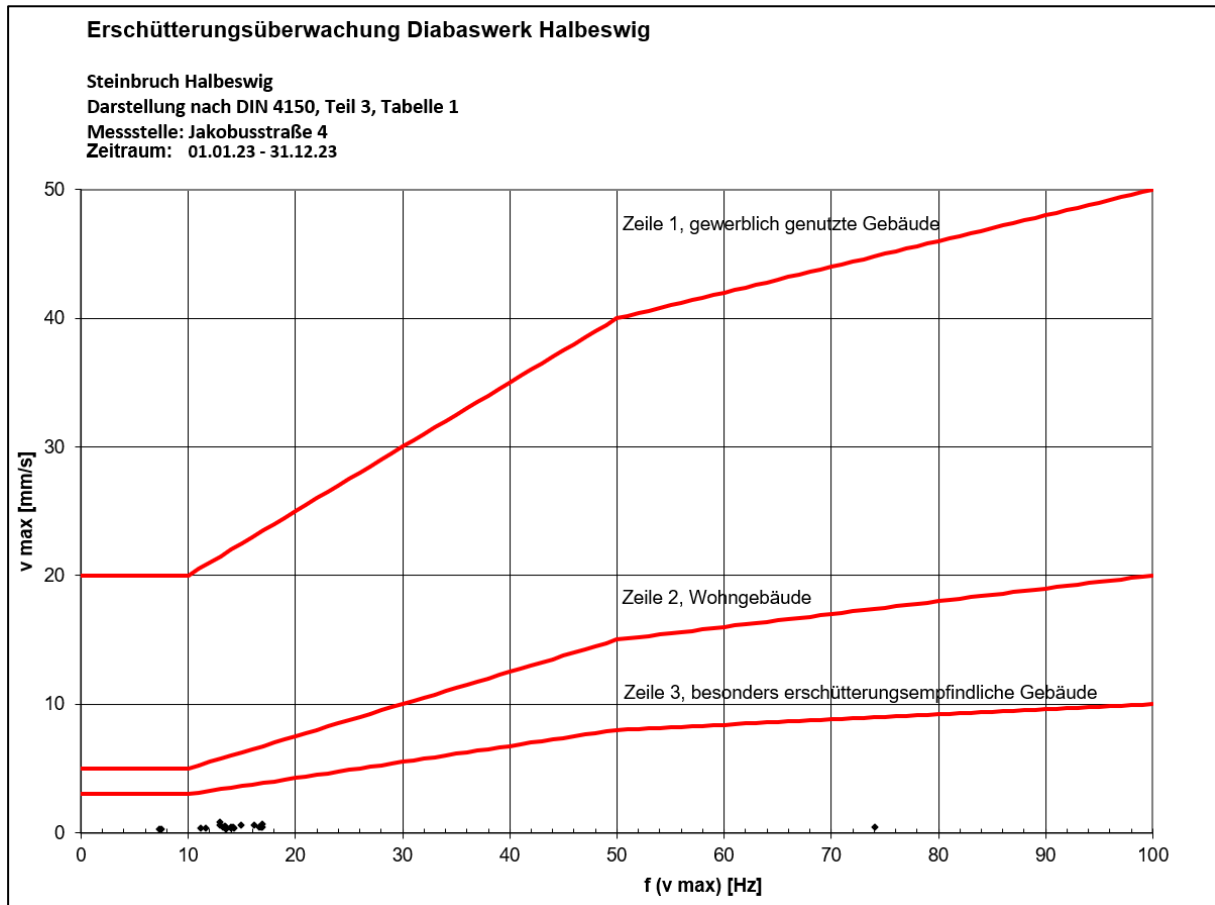


Abb. 5 Wohnhaus Jakobusstraße 4, Erschütterungsmesswerte

Die bisherige Bohr- und Sprengtechnik im Steinbruch des Diabaswerks Halbeswig soll auch in der geplanten Erweiterung fortgeführt werden. Auch die Entfernungen zur Nachbaubebauung verändern sich nicht wesentlich. Somit ist zu erwarten, dass auch aus dem Bereich der geplanten Erweiterung die Erschütterungsauswirkungen der Gewinnungssprengungen deutlich unterhalb der zulässigen Anhaltswerte bleiben.



12.0 Grundlagen der Erschütterungsprognose

Für die Prognose von Sprengerschütterungen stehen verschiedene empirisch ermittelte Abstands-Lademengen-Beziehungen zur Verfügung, die auf der gleichen Gleichung beruhen und sich in der Größe der Koeffizienten unterscheiden. Diese Prognoseformel wird auch in der DIN 4150 Teil 1 vom Juni 2001 für die Prognose von Sprengerschütterungen genannt.

$$v_i = k \cdot \left(\frac{L}{L_0} \right)^b \cdot \left(\frac{R}{R_0} \right)^{-m}$$

Hierin sind:

v_i : max. Schwinggeschwindigkeit (mm/s)

L : Sprengstofflademenge/Zündzeitstufe

L_0 : 1 kg (Bezugsgröße)

R : Abstand schützenswertes Objekt vom Sprengort

R_0 : 1 m (Bezugsgröße)

k : Vorfaktor

b : Koeffizient der Lademenge

m : Koeffizient der Entfernung

Erfahrungsgemäß geben die Parameter der BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) für die oben aufgeführte Gleichung bei Entfernungen über 100 m zwischen den Sprengstellen und dem zu beurteilenden Objekt die tatsächlichen Verhältnisse am besten wieder.

Die von der BGR empirisch ermittelten Parameter k , b und m werden im Freifeld wie folgt angegeben:

kristalline Hartgesteine

$k = 206$

$b = 0,8$

$m = 1,3$

Sedimentgesteine

$k = 969$

$b = 0,59$

$m = 1,52$

Die hier in Abbau stehende Diabaslagerstätte ist im Wesentlichen in devonische Sedimente eingebettet. Somit erfolgt die Ausbreitung der Sprengerschütterungen in Richtung auf die Nachbarbebauung hauptsächlich durch Sedimentgesteine. Im Folgenden werden daher die Parameter für Sedimentgesteine für die Herleitung einer Erschütterungsprognose zu Grunde



gelegt. Da hier Messwerte aus Sprengungen im Steinbruch Halbeswig vorliegen, können die Parameter k und m der BGR-Formel speziell an die hier vorliegenden Bedingungen angepasst werden. Dazu wurde die Streuung der bei den Sprengungen entstehenden Erschütterungen derart berücksichtigt, dass alle gemessenen Werte unterhalb der hier ermittelten Ausbreitungsfunktion liegen. Hierzu wird ein Streufaktor von

$$s = 3,5$$

angesetzt.

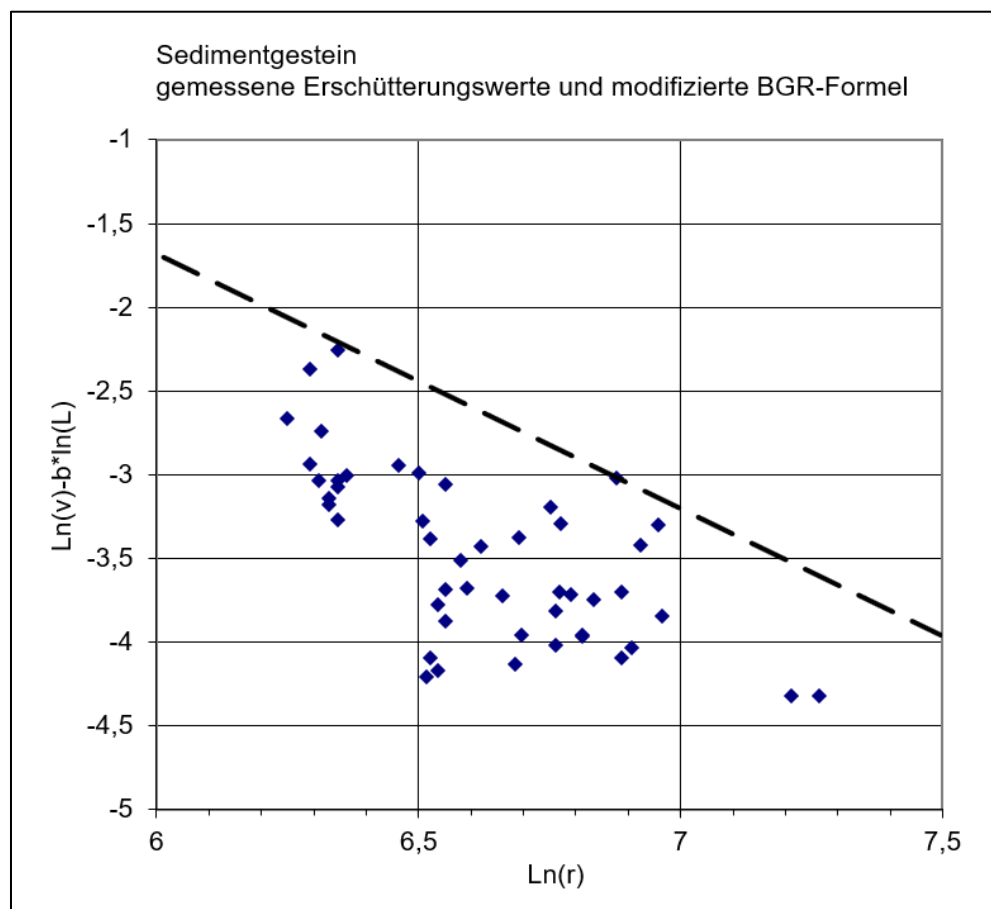


Abb. 6: Gewählte Ausbreitungsfunktion (gestrichelte Linie) und gemessene Erschütterungen (Punkte)

In der obigen Abbildung sind die Erschütterungsmessergebnisse der Messungen an den oben beschriebenen Dauermessstellen als Punkte aufgetragen. Die gestrichelte Linie stellt die ermittelte Ausbreitungsfunktion gemäß der angepassten BGR-Formel dar, nach der im Folgenden die Erschütterungen prognostiziert werden.



Für den Übergang von Sprengerschütterungen im Freifeld auf ein Bauwerk wird üblicherweise ein Übertragungsfaktor Freifeld - Bauwerksfundament von 0,5 berücksichtigt (siehe Literatur: Nobel Hefte 2/79, Böttcher, Lüdeling, Wüstenhage, Übertragungsfaktoren Freifeld zu Bauwerksfundamenten: $\ddot{u} = 0,2 - 0,9$ und Ratgeber Erschütterungen Dr. P. Lichte, Sprengerschütterungen Erschütterungsprognosen frequenzabhängig $V_F = \text{ca. } 0,5$).

Für die folgenden Rechnungen wurde somit der Streufaktor $s = 3,5$ gesetzt und für den Übergang vom Freifeld auf ein Gebädefundament ein Übertragungsfaktor Freifeld - Bauwerksfundament von 0,5 berücksichtigt.

$$v_i = s \times \ddot{u} \times k \times L^b \times R^{-m}$$

$$v_i = 3,5 \times 0,5 \times 969 \times L^{0,59} \times R^{-1,52}$$

13.0 Erschütterungsprognose

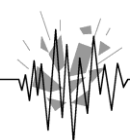
Um die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden beurteilen zu können, sind die Erschütterungen der Gebäude im obersten Vollgeschoss an der Außenwand und auf der obersten Deckenebene zu ermitteln. Erfahrungsgemäß werden die an den Gebädefundamenten auftretenden Erschütterungen aufgrund der dynamischen Eigenschaften der Gebäude nach oben hin überhöht. Diese Überhöhungen betragen erfahrungsgemäß in horizontaler Richtung (Fundament – Außenwand im OG) das 2 - 3fache des Fundamentwertes und in vertikaler Richtung (Fundament – Deckenmitte im OG) das 3 - 4fache des Fundamentwertes.

Für die folgende Prognose werden für die umliegenden Gebäude Überhöhungsfaktoren von

$\ddot{U}_F = 3,0$ in horizontaler Richtung und

$\ddot{U}_F = 4,0$ in vertikaler Richtung

angenommen. Da der KB_{Fmax} -Wert zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden - wenn auch nur geringfügig - frequenzabhängig ist, wurde er jeweils für eine Frequenz von 20 Hz und bei einem c_F -Wert von 0,8 (mit Resonanzbeteiligung) bestimmt (siehe Pkt. 9.2). Als zulässiger Fundamentanhaltswert für die Gebäude wurde in der Prognose ein Wert für die ungünstigsten Frequenzen (unter 10 Hz) angesetzt. Für



das Obergeschoss wurde die Prognose für die Vertikalschwingung in der Deckenmitte durchgeführt.

13.1 Erschütterungsprognose für die Wohnbebauung

Für die Bebauung in der Umgebung der geplanten Erweiterung werden in der folgenden Tabelle 2 für Entfernungen von 500 m bis 1.000 m und bei einer maximalen Lademenge von 150 kg je Zündzeit die zu erwartenden Erschütterungen prognostiziert.

Entfernung (m)	Lademenge je Zünd- zeitstufe (kg)	v_{\max} am Fundament (mm/s)	v_{\max} im OG Aussen- wand (mm/s)	v_{\max} im OG Decken- mitte (mm/s)	$KB_{F\max}$ OG zul. $A_o = 6^*$
500	150	2,58	7,73	10,30	5,61
520	150	2,43	7,28	9,70	5,29
540	150	2,29	6,87	9,16	4,99
560	150	2,17	6,50	8,67	4,72
580	150	2,06	6,17	8,22	4,48
600	150	1,95	5,86	7,81	4,25
620	150	1,86	5,57	7,43	4,05
640	150	1,77	5,31	7,08	3,86
660	150	1,69	5,07	6,75	3,68
680	150	1,61	4,84	6,46	3,52
700	150	1,54	4,63	6,18	3,36
750	150	1,39	4,17	5,56	3,03
800	150	1,26	3,78	5,04	2,75
850	150	1,15	3,45	4,60	2,50
900	150	1,05	3,16	4,22	2,30
950	150	0,97	2,91	3,88	2,12
1000	150	0,90	2,69	3,59	1,96

* zulässig gemäß DIN 4150 Teil 2, Tabelle 1, Zeile 1 nach Pkt. 6.5.1 quellenspezifische Regelungen für kurzzeitige Erschütterungen

Tab. 2 Lademengen-Abstandstabelle für die umliegenden Gebäude



13.2 Erschütterungsprognose für die Grillhütte

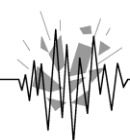
Die östlich der geplanten Erweiterung gelegene Grillhütte (Objekt Nr. 3) hat einen kleinsten Abstand von ca. 250 m zu den nächstgelegenen Sprengstellen in der geplanten Erweiterung. Da die Hütte eingeschossig ist, ist hier lediglich die Erschütterungseinwirkung auf das Erdgeschoss zu prognostizieren.

In der folgenden Tabelle 3 werden für Entfernungen von 250 m bis 500 m bei einer maximalen Lademenge von 150 kg je Zündzeit die zu erwartenden Erschütterungen prognostiziert, bei denen der in diesem Gutachten unter Pkt. 10.2 für die Hütte vorgeschlagene Fundamentwert von $v_{\max} = 10,0 \text{ mm/s}$ eingehalten wird.

Entfernung (m)	Lademenge je Zünd- zeitstufe (kg)	v_{\max} am Fundament (mm/s)	v_{\max} im OG Aussen- wand (mm/s)	v_{\max} im OG Decken- mitte (mm/s)	$KB_{F\max}$ EG zul. $A_o = 6^*$
250	150	7,39	-	-	4,02
260	150	6,96	-	-	3,79
280	150	6,22	-	-	3,39
300	150	5,60	-	-	3,05
320	150	5,07	-	-	2,76
340	150	4,63	-	-	2,52
360	150	4,24	-	-	2,31
380	150	3,91	-	-	2,13
400	150	3,62	-	-	1,97
420	150	3,36	-	-	1,83
440	150	3,13	-	-	1,70
480	150	2,74	-	-	1,49
500	150	2,58	-	-	1,40

* zulässig gemäß DIN 4150 Teil 2, Tabelle 1, Zeile 1 nach Pkt. 6.5.1 quellenspezifische Regelungen für kurzzeitige Erschütterungen

Tab. 3 Lademengen-Abstandstabelle für die Grillhütte



13.3 Erschütterungsprognose für das Gesundheitszentrum Hochsauerland GmbH

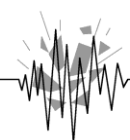
Für das südwestlich gelegene Gesundheitszentrum Hochsauerland GmbH (Objekt Nr. 6) nennt die bestehende Genehmigung für die Menschen im Gesundheitszentrum eine maximal zulässige bewertete Schwingstärke von $KB_{Fmax} = 3,0$.

Das Gesundheitszentrum hat einen kleinsten Abstand von ca. 580 m zu den nächstgelegenen Sprengstellen in der geplanten Erweiterung. In der folgenden Tabelle 4 werden für Entfernungen von 580 m bis 800 m Lademengen je Zündzeitstufe prognostiziert, bei denen ein Wert von $KB_{Fmax} = 3,0$ im obersten Geschoss eingehalten wird.

Entfernung (m)	Lademenge je Zünd- zeitstufe (kg)	v_{max} am Fundament (mm/s)	v_{max} im OG Aussen- wand (mm/s)	v_{max} im OG Decken- mitte (mm/s)	KB_{Fmax} OG zul. $A_o = 3^*$
580	76	1,38	4,13	5,50	3,00
600	83	1,38	4,13	5,51	3,00
620	90	1,37	4,12	5,50	2,99
640	98	1,38	4,13	5,51	3,00
660	105	1,37	4,10	5,47	2,98
680	114	1,37	4,12	5,49	2,99
700	123	1,37	4,12	5,49	2,99
720	132	1,37	4,12	5,49	2,99
740	142	1,37	4,12	5,50	2,99
760	150	1,36	4,09	5,45	2,97
780	150	1,31	3,93	5,24	2,85
800	150	1,26	3,78	5,04	2,75
850	150	1,15	3,45	4,60	2,50
900	150	1,05	3,16	4,22	2,30
950	150	0,97	2,91	3,88	2,12
1000	150	0,90	2,69	3,59	1,96

* zulässig gemäß DIN 4150 Teil 2, Tabelle 1, Zeile 5

Tab. 4 Lademengen-Abstandstabelle für das Gesundheitszentrum



13.4 Erschütterungsprognose für die nächstgelegene Bebauung aus Tabelle 1

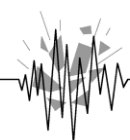
In der folgenden Tabelle 5 sind die prognostizierten Erschütterungswerte für die in Tabelle 1 aufgelistete Bebauung in der Umgebung der geplanten Erweiterung dargestellt. Dabei wurden bis zu einer Obergrenze von 150 kg die jeweils größtmöglichen Sprengstofflademengen je Zündzeit bei der geringsten Entfernung zu Grunde gelegt.

Objekt	Lade- menge (kg)	Entf. (m)	Fundament v_{\max}		Obergeschoss* v_{\max}		Obergeschoss* $KB_{F\max}$	
			zul. (mm/s)	Progn. (mm/s)	zul. (mm/s)	Progn. (mm/s)	zul.	Progn.
Nr. 1 Berlarer Straße 26 Heringhausen	150	645	5,0	1,75	20,0	6,99	6,0	3,81
Nr. 2 Berlarer Straße 48 Heringhausen - Büro u. Wohngebäude - Betriebsgebäude	150	590	5,0	2,00	20,0	8,01	6,0	4,36
	150	510	20,0	2,50	-	-	-	-
Nr. 3 Grillhütte Bestwig	150	250	10,0	7,39	-	-	-	4,02
Nr. 4 Ziegelwiese 1 b Ramsbeck	150	660	5,0	1,69	20,0	6,75	6,0	3,68
Nr. 5 Birkenstraße 26 Ramsbeck	150	630	5,0	1,81	20,0	7,25	6,0	3,95
Nr. 6 Gesundheitszentrum Bastenstraße 50 Bestwig	76	580	5,0	1,38	20,0	5,50	3,0	3,00

* Deckenmitte vertikal

Tab. 5 Erschütterungsprognose für die in Tabelle 1 genannte nächstgelegene Bebauung

Die hier für die Bebauung in der Umgebung der geplanten Erweiterung prognostizierten Erschütterungswerte werden wahrscheinlich in der Praxis deutlich unterschritten. Für diese Prognose wurde von ungünstigen Annahmen ausgegangen. Dieses betrifft den c_F - Wert, die Überhöhungsfaktoren in den Gebäuden und den Streufaktor in der Prognoseformel. Durch die Multiplikation dieser ungünstig angenommenen Faktoren ergeben sich in



der Prognose Erschütterungswerte, die in der Praxis - wenn überhaupt - nur in den seltensten Fällen erreicht werden.

Sollte daher später beim Abbau durch Messung der tatsächlich auftretenden Erschütterungen belegt werden, dass die Erschütterungen dauerhaft niedriger sind als hier prognostiziert, bestehen aus gutachtlicher Sicht keine Bedenken, die Sprengstofflademengen je Zündzeitstufe entsprechend zu vergrößern. Andererseits sind die Lademengen zu verringern, wenn sich zeigen sollte, dass durch besondere, zurzeit nicht erkennbare Gegebenheiten die Erschütterungen höher sein werden, als hier prognostiziert.

14.0 Beurteilung

14.1 DIN 4150, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“

Wohngebäude

Die Wohnbebauung mit der geringsten Entfernung zu der geplanten Erweiterung ist das Büro- und Wohngebäude „Berlarer Straße 48“ in Heringhausen mit einer horizontalen Entfernung von minimal ca. 590 m.

Bei einer Entfernung von 590 m und einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 150 kg wird der Anhaltswert $A_o = 6$ der DIN 4150 Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ Tabelle 1, Zeile 1 nach Pkt. 6.5.1, quellenspezifische Regelungen für kurzzeitige Erschütterungen mit einem prognostizierten Wert von $KB_{Fmax} = 4,36$ eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert $A_o = 6$ wird damit auch an allen anderen weiter entfernt gelegenen benachbarten Wohnhäusern eingehalten, wenn die in Tabelle 2 genannten Lademengen je Zündzeitstufe eingehalten werden. Eine wesentliche Belästigung der Anwohner, verursacht durch die auftretenden Sprengerschütterungen bei Sprengungen in der geplanten Erweiterung, ist laut DIN 4150 Teil 2 nicht gegeben.



Gesundheitszentrum Hochsauerland GmbH

Bei einer Entfernung von 580 m und einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 76 kg wird der Anhaltswert $A_o = 3$ der DIN 4150 Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ Tabelle 1, Zeile 5 („besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte“) für kurzzeitige Erschütterungen mit einem prognostizierten Wert von $KB_{Fmax} = 3,0$ eingehalten.

14.2..DIN 4150, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“**Wohnbebauung**

Bei Beachtung der in Tabelle 2 dieses Gutachtens aufgeführten Lademengen-Abstandstabelle und der in Tabelle 5 für die nächstgelegenen Gebäude genannten Lademengen je Zündzeitstufe ergeben sich für die geringste Entfernung von 590 m zum Büro- und Wohngebäude „Berlarer Straße 48“ Fundamenterschütterungen von maximal $v_i = 2,00$ mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von $v_{i,max} = 5,0$ mm/s wird zu 40,0 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung bei allen Frequenzen $v_{i,max} = 15$ mm/s und wird am nächstgelegenen Wohngebäude bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von $v_i = 6,01$ mm/s zu 40,1 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung bei allen Frequenzen $v_{i,max} = 20$ mm/s und wird am nächstgelegenen Wohngebäude bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von $v_i = 8,01$ mm/s zu 40,1 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Die für die nächstgelegenen Wohngebäude prognostizierten Erschütterungen liegen damit auch unterhalb der Anhaltswerte der Zeile 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ für besonders erschütterungsempfindliche und besonders erhaltenswerte, z.B. denkmalgeschützte, Bauten.



Gesundheitszentrum Hochsauerland GmbH

Bei Beachtung der in Tabelle 4 dieses Gutachtens aufgeführten Lademengen-Abstandstabelle und der in Tabelle 5 für die nächstgelegenen Gebäude genannten Lademengen je Zündzeitstufe ergeben sich für die geringste Entfernung von 580 m zum Gesundheitszentrum Hochsauerland GmbH Fundamenterschütterungen von maximal $v_i = 1,38$ mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von $v_{i,max} = 5,0$ mm/s wird zu 27,6 % erreicht und damit sicher eingehalten.

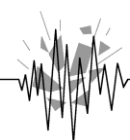
Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung bei allen Frequenzen $v_{i,max} = 15$ mm/s und wird am Gesundheitszentrum bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von $v_i = 4,13$ mm/s zu 27,5 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung bei allen Frequenzen $v_{i,max} = 20$ mm/s und wird am Gesundheitszentrum bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von $v_i = 5,50$ mm/s zu 27,5 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Die für das Gesundheitszentrum prognostizierten Erschütterungen liegen damit auch unterhalb der Anhaltswerte der Zeile 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ für besonders erschütterungsempfindliche und besonders erhaltenswerte, z.B. denkmalgeschützte, Bauten.

Gewerblich genutzte Bauten

Das nächstgelegene gewerblich genutzte Gebäude ist das Betriebsgebäude „Berlarer Straße 48“. Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 150 kg ergeben sich für die geringste Entfernung von 510 m Fundamenterschütterungen von ca. $v_i = 2,50$ mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von $v_{i,max} = 20,0$ mm/s wird dort zu 12,5 % erreicht und damit sicher eingehalten.



Grillhütte

Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 150 kg ergeben sich für die geringste Entfernung von 250 m an der Grillhütte Fundamenterschütterungen von ca. $v_i = 7,39$ mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen als zulässig zu Grunde gelegte Anhaltswert von $v_{i,max} = 10,0$ mm/s wird dort zu 73,9 % erreicht und damit sicher eingehalten.

15.0 Zusammenfassung

Das Diabaswerk Halbeswig beantragt eine Erweiterung des Steinbruchs Halbeswig.

In dieser Stellungnahme wird die geplante Sprengarbeit beschrieben und es werden Erschütterungsprognosen und Lademengen-Abstandstabellen erstellt, die sicherstellen, dass bei den Sprengungen in der geplanten Erweiterung die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte in der Nachbarbebauung eingehalten werden.

Im Osten der Erweiterung kann eine Verkleinerung des Sprengbereichs erforderlich werden. Hierfür werden Vorgaben gemacht, um Steinflug über den verkleinerten Absperrbereich hinaus auszuschließen.

Grundlage der Erschütterungsprognose sind Erschütterungsmessungen, die an zwei vom Steinbruchunternehmen betriebenen Dauermessstellen erfasst wurden.

Mit den Daten dieser Messungen wurde eine von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe entwickelte Prognoseformel den örtlichen Gegebenheiten angepasst. Diese Prognoseformel wird auch in der DIN 4150 Teil 1 vom Juni 2001 für die Prognose von Sprengerschütterungen genannt. Der Abbau in der geplanten Erweiterung findet in denselben geologischen Formationen wie bisher statt. Auch für die Sprengtechnik sind keine wesentlichen Veränderungen vorgesehen. Somit sind die verwendeten Messungen als Datengrundlage gut geeignet.



Bei den hier prognostizierten Sprengerschütterungen können gemäß den Anhaltswerten der DIN 4150 keine Schäden an der benachbarten Bebauung verursacht werden. Dies gilt auch für alle sonstigen Gebäude und Anlagen im weiteren Einwirkungsbereich der geplanten Abgrabung, soweit sie mir genannt wurden oder bekannt sind.

Werden die oben genannten Auflagen eingehalten, ist eine wesentliche Belästigung in Sinne der DIN 4150 für die Anwohner im Einwirkungsbereich der geplanten Abgrabung nicht gegeben.

16.0 Schlussbemerkung

Dieses spreng- und erschütterungstechnische Gutachten habe ich in meiner Eigenschaft als unabhängiger, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger nach bestem Wissen und Gewissen und nach dem mir bekannten Stand der Dinge und der Technik erstellt.

Abhängigkeiten zu den an der Planung und Durchführung beteiligten Personen, Dienststellen und Firmen, sowie den Eigentümern und Nutzern der angrenzenden Gebäude und Anlagen, bestehen nicht.



Dortmund, den 22.02.2024

Josef Hellmann

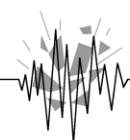
Anlagen



Anlage 1

DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“, Tabelle 1, „Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsemissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen

Zeile	Einwirkungsort	Tags			Nachts		
		A_u	A_o	A_r	A_u	A_o	A_r
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete BauNVO, § 9).	0,4	6	0,2	0,3	0,6	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche 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 (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,2	5	0,1	0,15	0,3	0,07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche 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
In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.							



Anlage 2

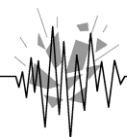
DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Tabelle 1, „Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Bauwerke“

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ in mm/s				
		Fundament Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal	Decken, vertikal
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ^a	alle Frequenzen	alle Frequenzen
Spalte Zeile	1	2	3	4	5	6
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	40	40 bis 50	40	20
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15	20
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen <u>und</u> besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 ^b
ANMERKUNG 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 Abschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten						

Anlage 3

DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Tabelle 3, „Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Leitungen“

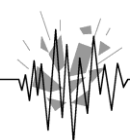
Zeile	Leitungsbaustoffe	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s auf der Rohrleitung
1	Stahl, geschweißt	100
2	Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Metall mit und ohne Flansche	80
3	Mauerwerk, Kunststoff	50



Anlage 4

Messergebnisse an der Messstelle 1, Gesundheitszentrum, Bastenstraße 50, 59909 Bestwig

Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwingge- schwindigkeit V_{\max} (mm/s)	Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
19.02.23	570	104,0	0,72	12,9	5,72	12,49
25.01.23	517	152,7	1,35	13,7	5,92	22,81
16.02.23	809	152,9	0,37	13,5	5,88	6,32
28.02.23	540	146,9	1,01	73,0	17,30	5,84
02.03.23	1050	123,0	0,63	79,0	17,90	3,52
13.03.23	1020	112,5	0,98	100,0	20,00	4,90
17.03.23	690	177,9	0,33	114,0	20,00	1,65
13.04.23	680	173,9	0,35	102,0	20,00	1,75
18.04.23	1016	126,7	0,57	79,0	17,90	3,18
12.05.23	980	126,0	0,43	93,0	19,30	2,23
13.06.23	805	117,0	0,57	102,0	20,00	2,85
27.06.23	540	168,0	1,92	57,0	15,70	12,23
06.07.23	780	136,1	0,44	12,0	5,50	8,00
01.08.23	550	163,7	0,97	73,0	17,30	5,61
21.08.23	560	173,9	0,91	114,0	20,00	4,55
04.09.23	570	183,4	1,04	146,0	20,00	5,20
08.09.23	700	138,3	0,38	28,0	9,50	4,00
13.09.23	570	163,1	0,77	54,0	15,40	5,00
20.09.23	676	172,1	0,31	10,0	5,00	6,20
25.09.23	730	137,4	0,46	17,0	6,75	6,81
04.10.23	570	163,1	2,11	57,0	15,70	13,44
18.10.23	561	172,5	0,87	114,0	20,00	4,35
23.10.23	701	137,5	0,46	11,0	5,25	8,76
30.10.23	552	168,0	1,33	102,0	20,00	6,65
15.11.23	580	54,0	0,52	205,0	20,00	2,60
20.11.23	800	127,8	0,28	68,0	16,80	1,67
29.11.23	670	138,0	0,69	93,0	19,30	3,58
08.12.23	700	125,3	0,81	27,0	9,25	8,76



Anlage 5

Messergebnisse an der Messstelle 2, Jakobusstraße 4, 59909 Bestwig

Datum	Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeit (kg)	Schwingge- schwindigkeit v_{\max} (mm/s)	Frequenz (Hz)	Zulässig (mm/s)	Erreicht (%)
10.02.23	665	60,0	0,56	16,1	6,53	8,63
16.02.23	909	152,9	0,37	13,5	5,88	6,32
02.03.23	870	123,0	0,42	16,9	6,72	6,31
13.03.23	865	112,5	0,29	13,5	5,88	4,95
18.04.23	864	126,7	0,38	74,1	17,41	2,21
04.05.23	873	123,5	0,64	13,0	5,75	11,10
12.05.23	855	126,0	0,71	16,9	6,73	10,60
16.05.23	1430	168,0	0,27	7,5	5,00	5,46
02.06.23	1355	152,0	0,26	7,3	5,00	5,14
13.06.23	970	117,0	0,81	13,0	5,75	14,10
30.06.23	890	117,5	0,40	14,2	6,05	6,68
06.07.23	930	136,1	0,43	14,0	6,00	7,17
11.07.23	720	116,7	0,50	13,4	5,86	8,48
08.08.23	690	134,9	0,42	16,9	6,72	6,18
25.08.23	680	113,6	0,56	14,9	6,23	8,92
25.09.23	980	137,4	0,30	13,9	5,98	5,08
03.11.23	640	32,5	0,41	16,7	6,68	6,14
24.11.23	750	60,0	0,36	14,3	6,08	5,97
29.11.23	1058	138,0	0,39	13,2	5,80	6,74
08.12.23	1000	125,3	0,31	11,1	5,28	5,81

