

Anlage 6

Betr.: Genehmigungsantrag vom 26.09.2023

Az.: 404-3816-63 USG

**Antrag gem. § 68 WHG über die Vertiefung des Steinbruchs Asbeck (K10)  
auf 120 m üNN im Werk Hönnetal der Rheinkalk GmbH**

---

**Fachgutachten  
Immissionsprognose Erschütterungen  
(Dipl. – Ing. J. Hellmann, Spreng- und  
Erschütterungssachverständigenbüro, Dortmund)**

Rheinkalk GmbH

  
Gödde

  
Vogt



## 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

**Rheinkalk GmbH  
- Umweltschutz und Genehmigungen -  
Am Kalkstein 1  
42489 Wülfrath**

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, 24.08.2022

Meine Projekt-Nr.: 22 – S – 24.08. Rheinkalk Hönnetal

### **Spreng- und erschütterungstechnisches Gutachten**

**im Rahmen des Genehmigungsantrags gemäß § 68 WHG über die Vertiefung des Steinbruchs „Asbeck“ im Werk Hönnetal der Rheinkalk GmbH.**

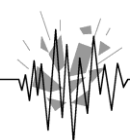
**Firma:** Rheinkalk GmbH  
Am Kalkstein 1  
42489 Wülfrath

**Werk:** Werk Hönnetal  
Kalköfenstraße 20  
58710 Menden  
Steinbruch „Asbeck“

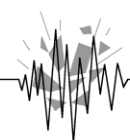
## Inhaltsverzeichnis

=====

<b>Pkt.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
	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 Vertiefung des Steinbruchs „Asbeck“.....	7
5.1	Abgrabungsabstände.....	8
6.0	Abbaubeschreibung.....	12
6.1	Abbau des Kalksteins.....	13
6.2	Bohrarbeiten.....	13
6.3	Sprengarbeiten.....	15
6.3.1	Geplante sprengtechnische Daten.....	15
6.3.2	Beschreibung der Ladearbeit mit Sprengstoffen.....	16
6.4	Zündanlage.....	17
6.4.1	Elektrische Zündung.....	18
6.4.2	Elektronische Zündung.....	18
6.4.3	Nichtelektrische Zündung.....	18
6.5	Nachzerkleinerung.....	19
6.6	Ladearbeit und Förderung des Haufwerk.....	19
7.0	Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich.....	20
7.1	Normalfall einer Gewinnungssprengung, Vermeidung von Steinflug.....	21
7.2	Verkleinerung des Sprengbereichs und Maßnahmen zur Unterbindung von Steinflug über den verkleinerten Bereich hinaus.....	23
8.0	Geräuschbelästigung durch Explosionsknall.....	26
9.0	Erschütterungsimmissionsschutz.....	27
9.1	DIN 4150 Teil 1, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen".....	27
9.2	DIN 4150 Teil 2, "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden".....	27



<b>Pkt.</b>	<b>Titel</b>	<b>Seite</b>
9.2.1	Quellenspezifische Regelungen gemäß Pkt. 6.5 der DIN 4150 Teil 2.....	29
9.3	DIN 4150 Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen" .....	30
9.4	Runderlass vom 04.10.2018 (MBI. NRW. 2018 Nr. 28 S. 573-624).....	31
10.0	Einordnung der zu betrachtenden Bauwerke.....	32
10.1	Gewerblich genutzte Bauwerke .....	32
10.2	Erdverlegte Leitungen .....	33
10.3	Wohngebäude.....	33
10.4	Besonders erschütterungsempfindliche Bauten.....	35
11.0	Erschütterungsmessungen .....	36
11.1	Beschreibung der Dauermessstellen.....	37
11.2	Zusätzliche temporäre Messstelle.....	37
11.3	Messwerte der Dauermessungen.....	38
12.0	Grundlagen der Erschütterungsprognose.....	42
13.0	Erschütterungsprognose.....	43
14.0	Beurteilung.....	47
14.1	DIN 4150, Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“.....	47
14.2	DIN 4150, Teil 2, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“.....	47
15.0	Zusammenfassung.....	50
16.0	Schlussbemerkung.....	51
	Anlagen.....	52 - 53



## 1.0 Vorbemerkungen

Die Firma Rheinkalk GmbH, Werk Hönnetal, in der Folge als Rheinkalk GmbH bezeichnet, betreibt auf dem Gebiet der Stadt Menden im Märkischen Kreis, Regierungsbezirk Arnsberg, das Kalkwerk Hönnetal und auf dem Gebiet der Nachbarstadt Balve den dazugehörigen Steinbruch „Asbeck“.

Zur längerfristigen Rohstoffsicherung stellt die Rheinkalk GmbH bei der zuständigen Genehmigungsbehörde einen Antrag auf Vertiefung des südöstlichen Bereichs des Steinbruchs.

Eine Ausweitung des Steinbruchs in der Fläche ist hiermit nicht verbunden. Die genaue Lage der in Abb. 1 dargestellten Flächen kann der Flurkarte des Antrags auf Vertiefung entnommen werden.

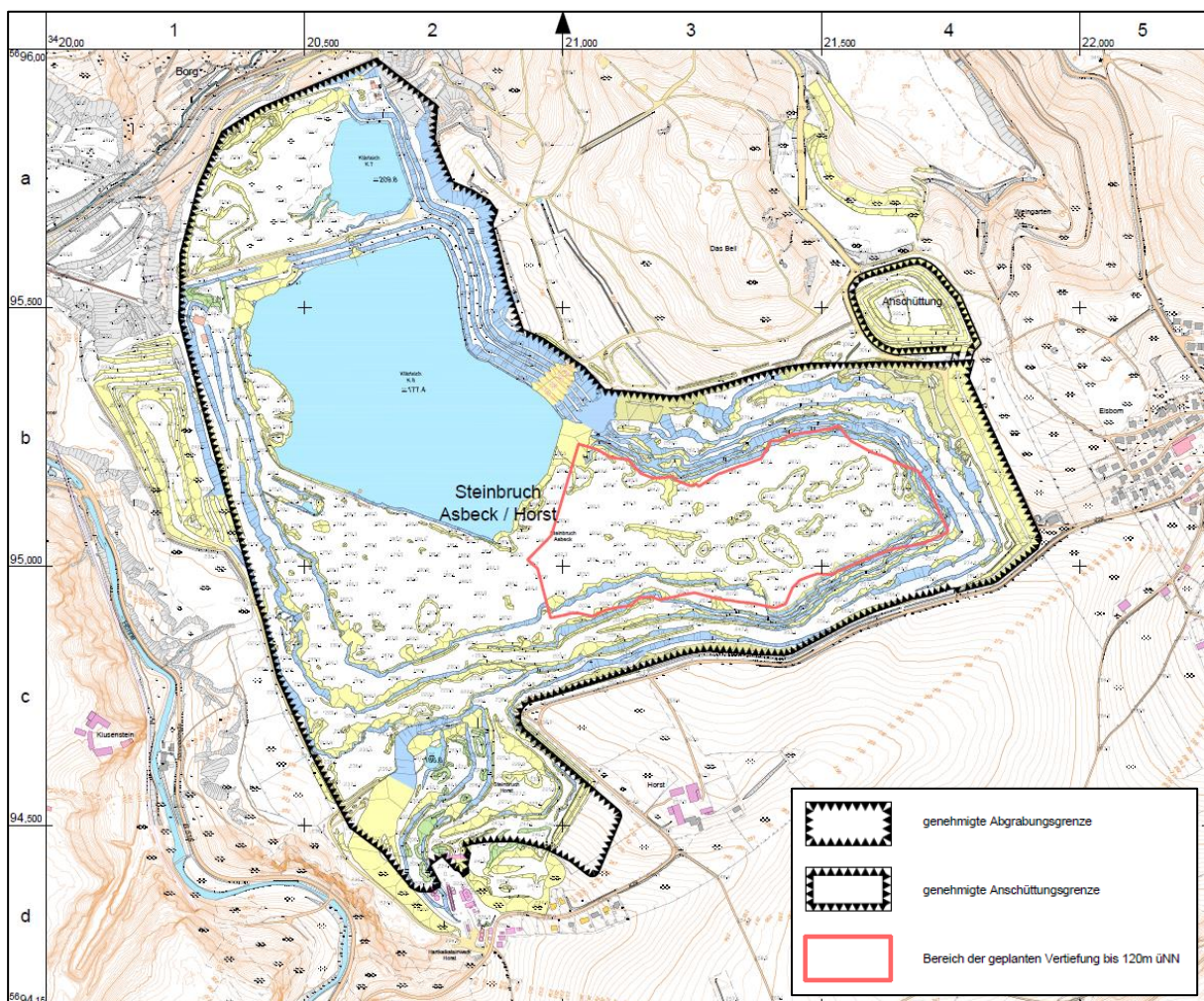


Abb. 1 Lage des Steinbruchs „Asbeck“ mit der geplanten Vertiefung im südöstlichen Bereich



## **2.0 Aufgabenstellung**

Mit dem hier erstellten spreng- und erschütterungstechnischen Gutachten soll sichergestellt werden, dass bei den vorzunehmenden Sprengarbeiten in der geplanten Vertiefung 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 Erschütterungsmessungen und eine daraus resultierende Erschütterungsprognose aus unserem Gutachten - Projekt-Nr.: 13 - S – 14.08. Rheinkalk Steinbruch Horst - sowie Messdaten von vier Erschütterungs-Dauermessstellen in der Umgebung des Steinbruchs aus dem Zeitraum 01.07.2021 bis 30.06.2022 und einer temporären Messstelle im Zeitraum 16.04.2021 bis 02.12.2021. Der Abbau in der geplanten Vertiefung „Asbeck“ 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 Vertiefung des Steinbruchs „Asbeck“ wird beschrieben und die Vorgehensweise zum Abbau des Gesteins sowie das vorgesehene Sprengverfahren werden erläutert.

Anhand der Messdaten und der Erschütterungsprognose unseres Gutachtens vom 14.08.2013 und den Ergebnissen der Erschütterungsmessungen an den Dauermessstationen am Steinbruch „Asbeck“ werden Sprengstofflademengen festgelegt, die sicherstellen, dass an der angrenzenden Bebauung keine unzulässig hohen Sprengerschütterungen auftreten.

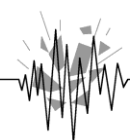
Des Weiteren werden für den Fall einer Verkleinerung des Sprengbereichs Vorgaben zur Unterbindung von unzulässig weitem Steinflug über den Absperrbereich hinaus genannt.



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.

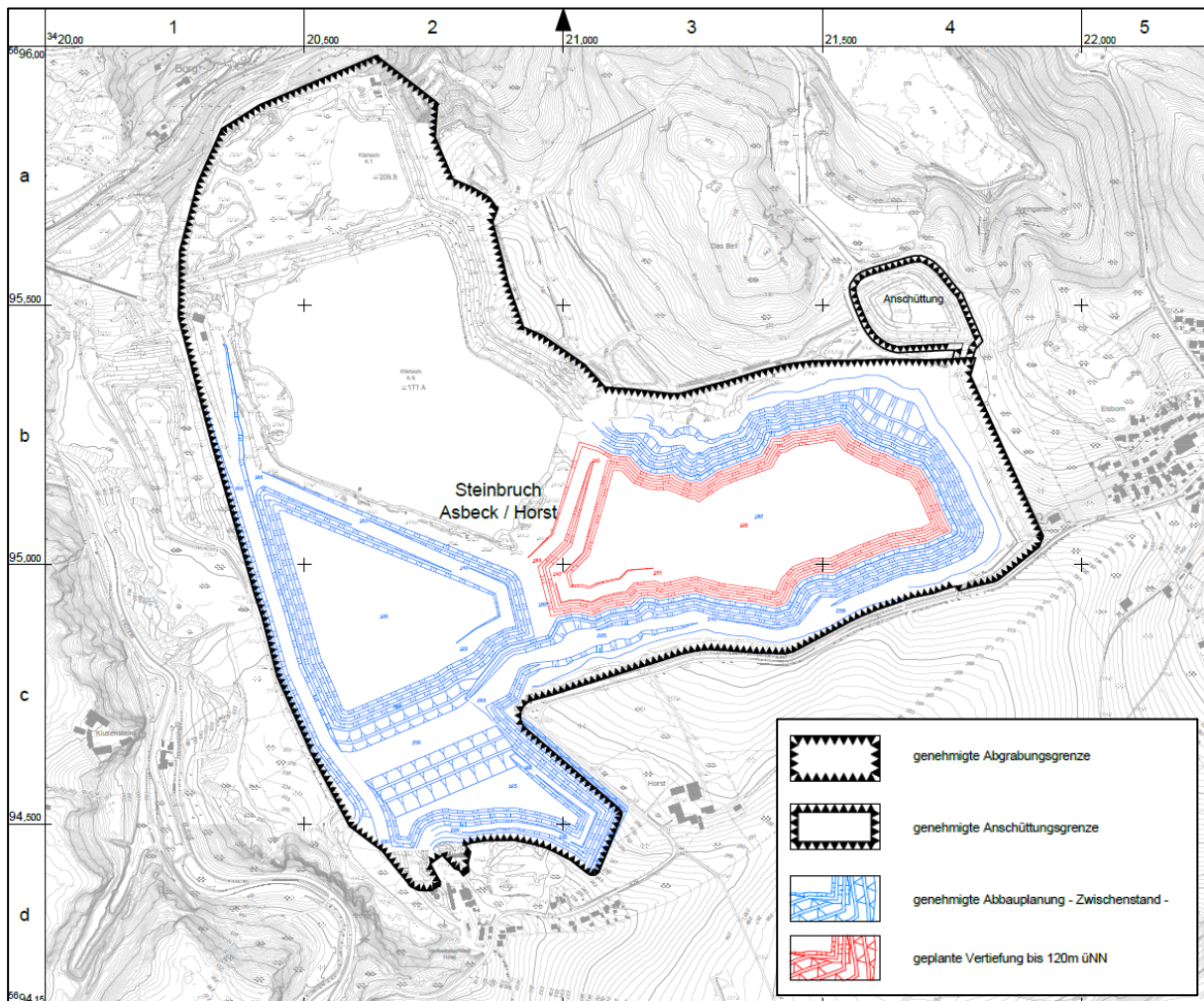
#### **4.0 Verwendete Unterlagen zur Gutachtenerstellung**

- Unternehmensinterne Beschreibungen der geplanten Vertiefung des Steinbruchs „Asbeck“ der Rheinkalk GmbH.
- Pläne und Schnitte zum geplanten Vorhaben
- Runderlass NRW:  
„Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ (Erschütterungserlass) vom 04.10.2018
- 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“
- Spreng- und erschütterungstechnisches Gutachten im Rahmen des Genehmigungsantrages für den Abbau des Kalksteinpfeilers zwischen den Steinbrüchen „Asbeck“ und „Horst“ sowie für die Vertiefung bzw. partielle Vertiefung der Steinbrüche „Asbeck“ und „Horst“ am Werk Hönnetal der Rheinkalk GmbH.  
Projekt-Nr.: 13 - S – 14.08. Rheinkalk Steinbruch Horst  
Dipl.-Ing. Josef Hellmann  
Spreng- und Erschütterungssachverständigenbüro
- Erschütterungsmessergebnisse von Gewinnungssprengungen im Steinbruch „Asbeck“, die an den umliegenden Dauermessstationen registriert wurden.



## 5.0 Beschreibung der geplanten Vertiefung des Steinbruchs „Asbeck“

Die Rheinkalk GmbH plant, im Steinbruch „Asbeck“ die Lagerstätte im Südosten des Steinbruchs vom bisher genehmigten Niveau +180 mNN bis auf +120 mNN zu vertiefen. Die für die Vertiefung vorgesehene Fläche beträgt insgesamt ca. 19 ha. Die Fläche liegt in der Gemarkung Eisborn, Flur 3 und 4 der Stadt Balve auf den Flurstücken 217, 297 und 315 und befindet sich im Besitz der Rheinkalk GmbH.



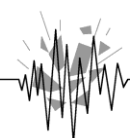


## 5.1 Abgrabungsabstände

Der Steinbruch „Asbeck“ ist auf einer Hochfläche östlich des Hönnetals gelegen. Nördlich der geplanten Vertiefung befinden sich Waldflächen, die im Besitz der Rheinkalk GmbH sind, östlich liegt die Ortschaft Balve-Eisborn, südlich befinden sich die Kreisstraße K 29 Hönnetal - Eisborn sowie die Siedlung Horst und im Westen verläuft die Hönne mit der Landstraße 515 Balve- Menden sowie die Hönnetalbahn.

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

Nr.	Objekt u. Adresse	Messstelle	geringste Entfernung zu den Sprengstellen (m)	Lage zur Vertiefung
1	Wohnhaus Schützenstr. 6 Balve- Eisborn	MP 1	ca. 375	östlich
2	Wohnhaus Schützenstr. 10 Balve-Eisborn		ca. 314	östlich
3	Landwirtschaftliche Halle Horster Straße Balve		ca. 193	östlich
4	Messstelle der Rheinkalk (Wasserhäuschen) Horster Str. Balve		ca. 177	östlich
5	Landw. Anwesen - Scheune - Wohnhaus Horst 20 Balve	MP 2	ca. 358 ca. 422	südlich
6	Wohnhaus Horst 3 Balve		ca. 541	südlich
7	Betriebsgebäude Horst 4 Balve	MP 3	ca. 603	südlich
8	Alte Kalköfen Horst Balve		ca. 615	südlich



9	Messstelle Klusensteiner Mühle Klusenstein 1 Balve	MP 4	ca. 788	südwestlich
10	Burg Klusenstein Klusenstein 1 Hemer		ca. 840	südwestlich
11	Wohnhaus Hönnetal 12 Hemer		ca. 1.071	westlich
12	Wohnhaus Hüstener Straße 7 Menden		ca. 989	nordwestlich
13	Wohnhaus Hüstener Straße 17 Menden		ca. 1.022	nordwestlich
14	Wohnhaus Am Asbecker Bach 1 Menden		ca. 979	nordwestlich
15	Wohnhäuser Hüstener Straße 27 u. 29 Balve		ca. 1.080	nördlich
16	Wohnhäuser Hüstener Straße 33 u. 35 Menden		ca. 1.180	nördlich
17	Wohnhaus Hüstener Straße 51 Menden		ca. 1.260	nördlich
18	Wohnhaus Hüstener Straße 2 Balve		ca. 1.229	nördlich

Tab. 1 Geringste Entfernungen der Sprengstellen in der geplanten Vertiefung zu den zu betrachtenden Nachbargebäuden



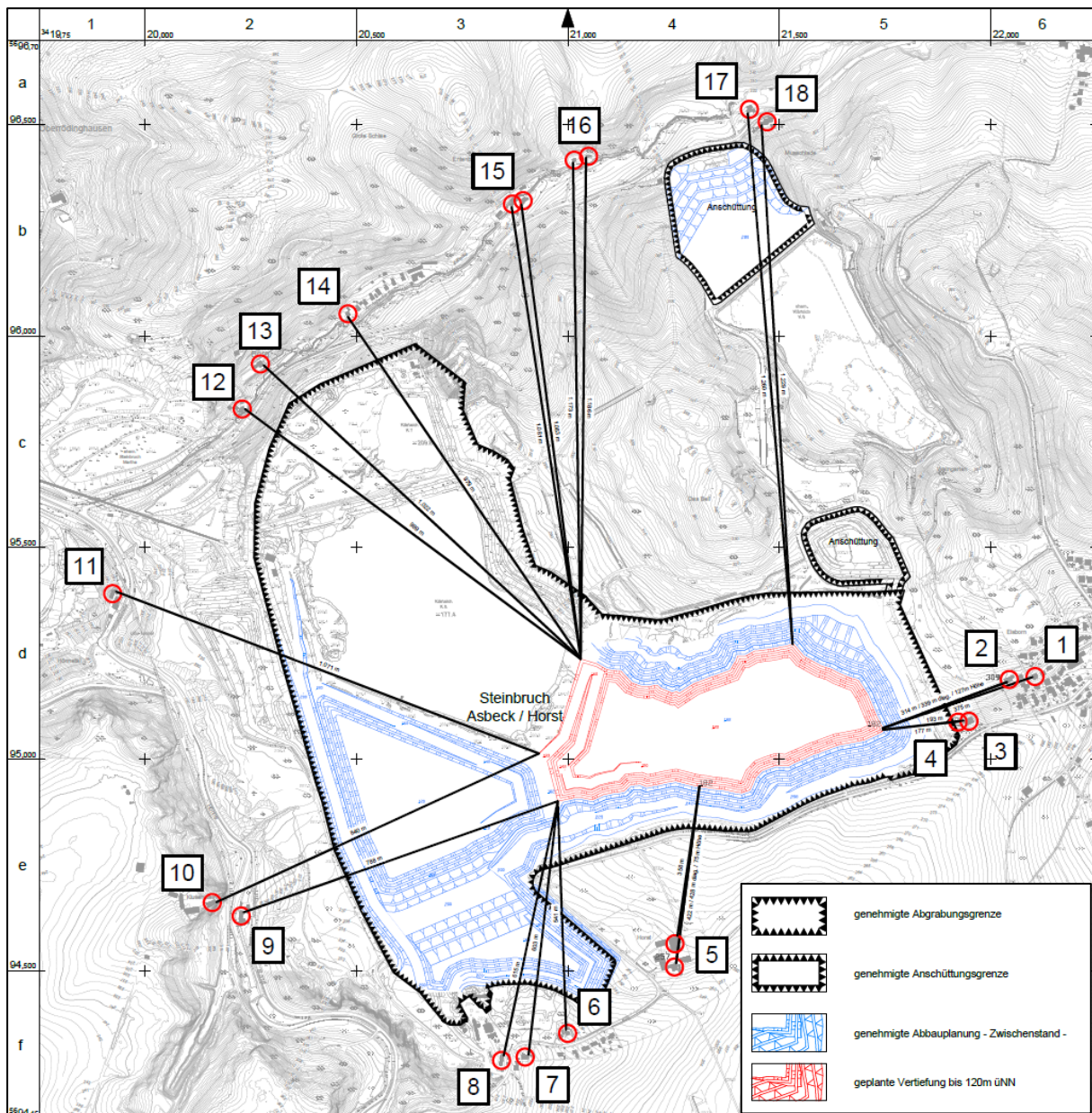


Abb. 3 Lage der Vertiefung und der nächstgelegenen in Tab. 1 aufgeführten Nachbarbebauung

Es ist geplant, den Abbau in der Vertiefung über ein Rampensystem am westlichen Rand der Vertiefung zu erschließen. Da es aufgrund der Schichtneigung an den südlichen Wänden zu Rutschungen kommen kann, ist beabsichtigt, die Wände auf den einzelnen Sohlen entlang der nördlichen Abbaugrenze zu öffnen und zunächst in Richtung Osten abzubauen. Dabei können die Nordwände durch „Vorspaltsprengen“ entlang der jeweiligen Abbaugrenze stabilisiert werden. Der weitere Abbau auf den jeweiligen Sohlen soll dann von Norden nach Süden erfolgen (siehe Abb. 4). Betrieblichen Erfordernissen folgend kann der Abbau an



einzelnen Wänden oder Wandabschnitten auch in anderer Richtung und zeitlicher Abfolge erfolgen

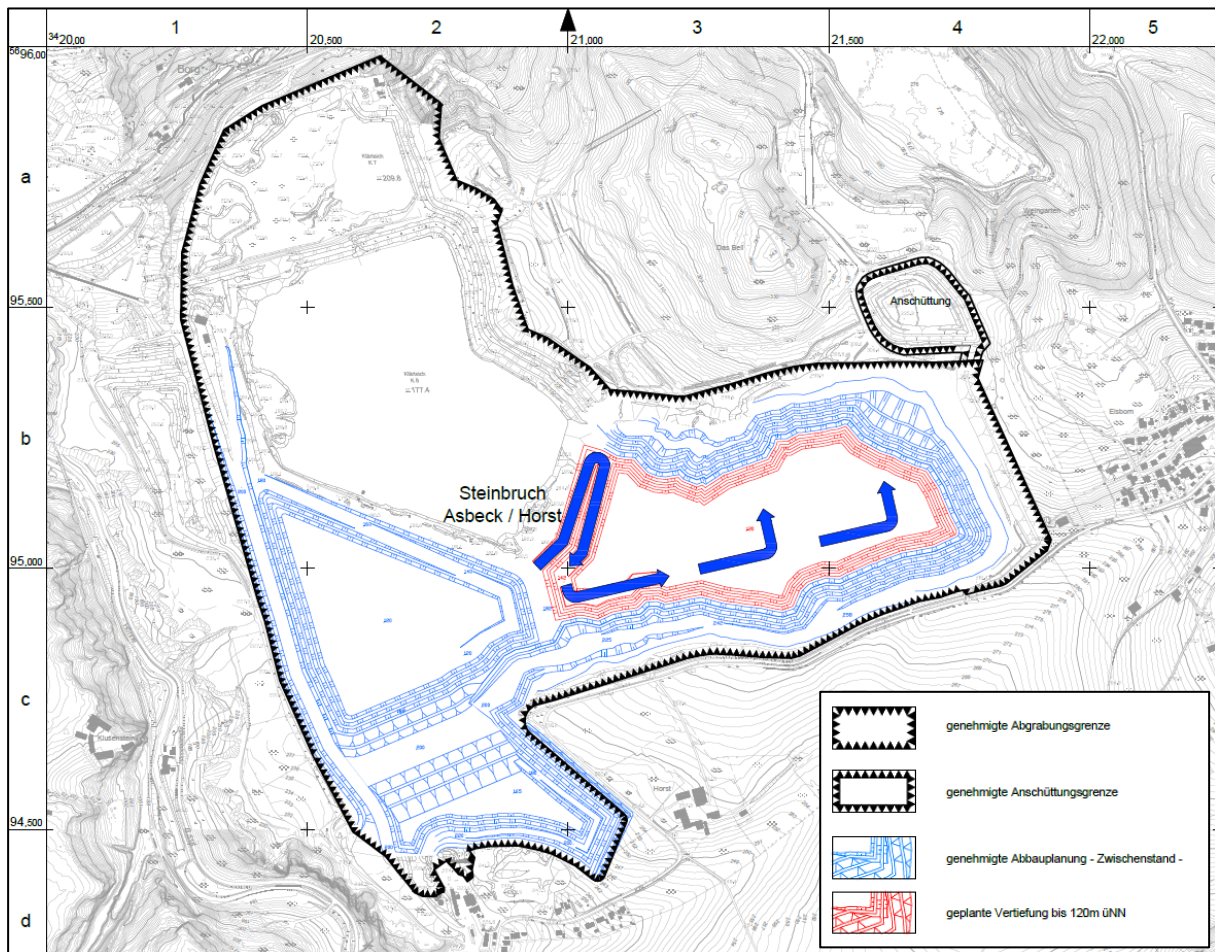
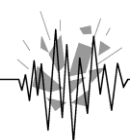


Abb. 4 Geplante Abbaurichtungen

Westlich der geplanten Vertiefung befinden sich im Tal der Hönne Höhlen in den umliegenden Felswänden. Für den Gesteinsabbau im westlich der geplanten Vertiefung gelegenen und bereits genehmigten Abbaufeld K 9 wurden diese Höhlen im Rahmen des damaligen Genehmigungsverfahrens in unserem Gutachten vom 14.08.2013 berücksichtigt.

Der Abstand der Höhlen zur jetzt geplanten Vertiefung ist erheblich größer als zum bereits genehmigten Abbaufeld. Eine Gefährdung der Höhlen durch die geplante Vertiefung ist nicht gegeben.



Höhlen	Abstand zum bereits genehmigten Abbau	Abstand zur Rampe der geplanten Vertiefung
Haustadthöhle Ziegenhöhle Köttenhöhle	ca. 120 m – 300 m	ca. 660 m
Basteifelsen Schlafhöhle Fuchshöhle	ca. 180 m – 240 m	ca. 720 m
Feldhofhöhle Tunnelhöhle Friedrichshöhle	ca. 350 m – 390 m	ca. 880 m
Burghöhle	ca. 330 m – 390 m	ca. 810 m

Tab. 2 Geringste Entfernungen der Sprengstellen in der geplanten Vertiefung zu den Höhlen im Tal der Hönne

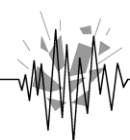
## 6.0 Abbaubeschreibung

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

Die erforderlichen Verfahrensschritte zur sprengtechnischen Gewinnung des Kalksteins 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 Kalksteins

Der Abbau des Kalksteins erfolgt im Trockenabbau durch Bohr- und Sprengarbeit. Die in der geplanten Vertiefung 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 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. Im Bereich der Endböschungen sind gemäß den geotechnischen Vorgaben zur Sicherstellung einer dauerhaften Standsicherheit Wandhöhen von 20,0 m bei einer Wandneigung von ca. 70° mit einer Endbermenbreite von jeweils ca. 5,0 m vorgesehen, sodass sich eine Generalneigung von 58° ergibt.

## 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 Bohrlöcher mit Großbohrlochmaschinen mit einem Bohrlochdurchmesser von 95 mm bis 110 mm von oben nach unten abgebohrt. Der technischen Entwicklung folgend können zukünftig auch andere Bohrlochdurchmesser gebohrt werden. Die geplante Bohrlochneigung beträgt ca. 75° bei einer Wandneigung von ebenfalls ca. 75°. Die Bohrgeräte sind mit einer Entstaubungseinrichtung ausgerüstet.



**Derzeitige bohrtechnische Daten:**

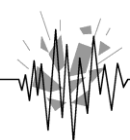
Bohrantrieb:	drehschlagend
Bohrloch-Ø:	95 - 110 mm
Wandhöhe	bis ca. 20,0 m
Bohrlochtiefe	bis ca. 21,5 m
Vorgabe:	bis ca. 5,0 m
Seitenabstand:	bis ca. 5,0 m
Reihenabstand	ca. 4,0 m – 5,0 m
Bohrlochneigung:	ca. 75°
Wandneigung:	ca. 75°
Bohrlochreihen:	einreihig und mehrreihig

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.

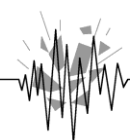
Als Zündmittel können elektrische, elektronische oder nichtelektrische Zündsysteme Anwendung finden.

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

Derzeit übliche sprengtechnische Daten bei einem Bohrlochdurchmesser von 110 mm

Spez. Sprengstoffeinsatz:	250 – 400 g/m <sup>3</sup>
Bohrlochlänge	bis ca. 21,5 m
Ladesäulenlänge:	bis ca. 17,5 m





Endbesatzlänge:	ca. 4,0 m
Sprengstoffmenge/Zeitstufe:	max. 260 kg
Anzahl der Bohrlöcher:	abhängig vom Zündsystem: Bei elektrischer Zündung werden bis zu 20 Sprengbohrlöcher geladen. Bei elektronischer oder nichtelektrischer Zündung sind auch größere Sprenganlagen möglich.
Zündung:	i.A. redundant aus dem Ladungstiefsten

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 Bohrlochdurchmesser 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. 4,0 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 „Asbeck“ des Werks Hönnetal der Rheinkalk GmbH ist zurzeit die elektrische und elektronische Zündung. Aus gutachterlicher Sicht bestehen jedoch auch keine Bedenken gegen ein nichtelektrisches 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-Momentzündler und/oder U-Kurzzeitzündler 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.

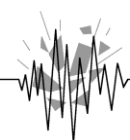
#### **6.4.2 Elektronische Zündung**

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 Bohr-



lochmund angebrachter Zündverzögerer ist dazu bestimmt, die Zündverzögerung außerhalb der Bohrlöcher vorseilen 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.

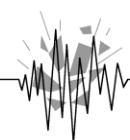
Die mit diesen Zündsystemen umgehenden Sprengberechtigten müssen durch eine entsprechende Schulung eine besondere Fachkunde für den Umgang mit diesem System erworben haben.

## 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 mit Radladern oder Baggern auf Schwerlastkraftwagen geladen und über je nach Abbausituation angelegte Fahrrampen und Fahrwege zu den weiterverarbeitenden Betriebsanlagen transportiert.



## **7.0 Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich**

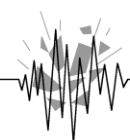
Der abzusperrende Sprengbereich beträgt gemäß der SprengTR 310 – „Sprengarbeiten“ im Allgemeinen 300 m und kann vom Sprengberechtigten im Einvernehmen mit dem Erlaubnisinhaber verkleinert werden, wenn es die Sicherheit erlaubt und eine Gefährdung in der Umgebung ausgeschlossen ist. Hierzu muss eine Gefährdungsbeurteilung 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 Betriebsangehörige 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 Vertiefung zu allen benachbarten Wohnhäusern eingehalten. Lediglich eine Scheune (Nr. 3 der Auflistung in Tabelle 1) und der Zugang zu einem nicht mehr benutzten Wasserhochbehälter („Wasserhäuschen“, Nr. 4 der Auflistung in Tabelle 1) sowie die südlich verlaufende Kreisstraße K 29 befinden sich in einer Entfernung von weniger als 300 m zu den nächstgelegenen Sprengstellen.

Üblicherweise wird die Kreisstraße K 29 abgesperrt und die Scheune und das „Wasserhäuschen“ auf eventuell anwesende Personen überprüft und geräumt, wenn eine Sprenganlage mit Ihrem Sprengbereich diese Objekte überlagert. In wenigen Fällen kann auch eine Verkleinerung des Sprengbereichs erforderlich werden, wenn ein Sperren bzw. Räumen dieser Objekte nicht möglich ist. Der geringste Abstand der Sprengstellen beträgt:

Landw. Halle	Nr. 3 aus Tabelle 1	ca. 193 m
„Wasserhäuschen“	Nr. 4 aus Tabelle 1	ca. 177 m
Kreisstraße K 29		ca. 120 m



## 7.1 Normalfall einer Gewinnungssprengung, Vermeidung von Steinflug

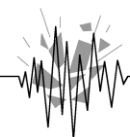
Bei der Umsetzung einer Sprengladung entstehen innerhalb weniger Millisekunden aus 1 kg Sprengstoff ca. 800 - 1000 l Gasvolumen. Durch die hohe Temperatur bei der Sprengstoffdetonation vergrößert sich dieses Volumen weiter und bewirkt neben anderen Mechanismen die Zerkleinerung und das Werfen des anstehenden 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 „Asbeck“ im Werk Hönnetal der Rheinkalk GmbH wird das Gestein durch Gewinnungssprengungen mit einem spezifischen Sprengstoffaufwand von  $q = \text{ca. } 0,250 \text{ kg/fm}^3$  bis  $0,400 \text{ kg/fm}^3$  abgebaut. Bei diesem spezifischen Sprengstoffaufwand ist



bei Beachtung und Einhaltung der sprengtechnischen Regeln und einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften Steinflug über den 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 Klufträume 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 den Ortsteil Eisborn oder nach Süden in Richtung auf die Kreisstraße K 29 erforderlich wird, werden im Folgenden Maßnahmen aufgezählt, die bei der Planung, Vorbereitung und Durchführung von Gewinnungssprengungen in der geplanten Vertiefung sicherstellen, dass bei einem nach Osten bis auf 180 m an das „Wasserhäuschen“ bzw. nach Süden bis auf 120 m an die Kreisstraße K 29 verkürzten Sprengbereich ein über diesen Absperrbereich hinausgehender Steinflug ausgeschlossen ist.

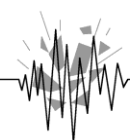
Für die Verkleinerung des Sprengbereichs ist vom Unternehmen eine Gefährdungsbeurteilung zu erstellen und es sind die im Folgenden genannten Maßnahmen einzuhalten.

- 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.

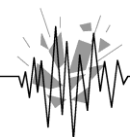




- Die Bruchwände sind mit einem 3-D Laser-Vermessungssystem zu vermessen und zu dokumentieren. Andere zukünftige Messverfahren (z. B. mit einer Drohne) sind zulässig, wenn sie eine vergleichbare Darstellung und Genauigkeit gewährleisten.
- Die Planung und die spätere Ausführung der Sprengarbeiten muss durch einen sachkundigen Ingenieur des Betriebs oder des Sprengunternehmens ausgeführt oder überwacht werden.
- Um eine Verkleinerung des Sprengbereichs nach Osten zum „Wasserhäuschen“ auf 180 m zu ermöglichen, muss die Wurfrichtung des Gesteins weg von der Nachbarbebauung nach Westen in den Steinbruch hinein weisen. Dabei ist ein Streubereich von 45° um die senkrecht zur Bruchwand gerichtete Wurfrichtung zu berücksichtigen.
- Um eine Verkleinerung des Sprengbereichs nach Süden zur Kreisstraße K 29 auf 120 m zu ermöglichen, muss die Wurfrichtung des Gesteins weg von der Nachbarbebauung nach Norden 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, Wassereintritte, 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 kontrollieren.
- 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 Lademengenermittlung 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 Vertiefung 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**

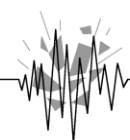
Der Teil 1 dieser DIN, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen" vom Juni 2001, gibt eine Anleitung für die Vorermittlung von Erschütterungen und enthält Verfahren, Angaben und Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorausgesagt werden können.

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  $KB_{F_{max}}$  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  $KB_{F_{\max}}$  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 Quellenspezifische 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 "Quellenspezifische 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:

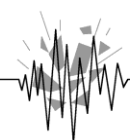
- Folgen mehrere Sprengungen unmittelbar aufeinander, gelten diese im Sinne der Norm als ein Ereignis. Es dürfen in diesem Fall aber nicht mehr als 15 Sprengungen in einer Woche stattfinden.
- Wenn die Sprengungen an Werktagen mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten 7 - 13 Uhr oder 15 - 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 S. 573-624).**

Der Erlass enthält Maßstäbe zur Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden und auf Gebäude.

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 Bauungen im Osten, Süden und Westen der geplanten Vertiefung. Die im Norden gelegene Nachbarbebauung hinter dem Steinbruchgelände ist mehr als 1.000 m von der geplanten Vertiefung entfernt gelegen und wird aufgrund der dort zu erwartenden minimalen Erschütterungen nicht im Einzelnen betrachtet. Aus der Lademengen-Abstandstabelle Tab. Nr. 3 auf Seite 43 sind jedoch für Entfernungen bis 1.000 m die zu erwartenden Erschütterungen aufgelistet.

### 10.1 **Gewerblich genutzte Bauwerke**

Objekt Nr. 3, Landwirtschaftliche Halle, Horster Straße, Eisborn

Objekt Nr. 4, „Wasserhäuschen“, Horster Straße, Eisborn

Objekt Nr. 5, Landwirtschaftliche Nutzbauten, Horst 20

Objekt Nr. 7, Betriebsgebäude, Horst 4

Objekt Nr. 8, alte Kalköfen am Steinbruch Horst

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  $v_i = 20$  mm/s

10 - 50 Hz  $v_i = 20-40$  mm/s

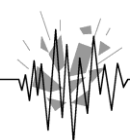
50 -100 Hz  $v_i = 40-50$  mm/s

In der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen  $v_i = 40$  mm/s

In der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen  $v_i = 20$  mm/s



In der Beurteilung in Pkt. 14 dieses Gutachtens wird der für gewerblich genutzte Gebäude am Fundament zulässige Anhaltswert für die große Scheune am landwirtschaftlichen Anwesen Schulte-Horst und für die alten Kalköfen auf 50 % reduziert, um der besonderen Bedeutung der Scheune und der Kalköfen Rechnung zu tragen.

## 10.2 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)

## 10.3 Wohngebäude

Objekt Nr. 1, Wohnhaus Schützenstraße 6

Objekt Nr. 2, Wohnhaus Schützenstraße 10

Objekt Nr. 5, Wohnhaus des landw. Anwesen Horst 20

Objekt Nr. 6, Wohnhaus Horst 3

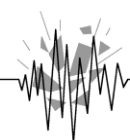
Objekt Nr. 9, Klusensteiner Mühle, Klusenstein 1

Objekt Nr. 11, Wohnhaus Hönnetal 12

Objekt Nr. 12, Wohnhaus Hüstener Straße 7

Objekt Nr. 13, Wohnhaus Hüstener Straße 17

Objekt Nr. 14, Wohnhaus Am Asbecker Bach 1



Objekt Nr. 15, Wohnhäuser Hüstener Straße 27 u. 29

Objekt Nr. 16, Wohnhäuser Hüstener Straße 33 u. 35

Objekt Nr. 17, Wohnhaus Hüstener Straße 51

Objekt Nr. 18, Wohnhaus Hüstener Straße 2

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, Quellenspezifische 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 die Ermittlung der  $KB_{F_{max}}$ -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 Hz  $v_i = 5$  mm/s

10- 50 Hz  $v_i = 5-15$  mm/s

50-100 Hz  $v_i = 15-20$  mm/s

In der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen  $v_i = 15$  mm/s

In der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen  $v_i = 20$  mm/s

#### 10.4 Besonders erschütterungsempfindliche Bauten

##### Objekt Nr. 10, Burg Klusenstein

Die Burg Klusenstein ist in die Zeile 3 der Tabelle 1 der Norm DIN 4150, Teil 3, „Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und Zeile 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind“ einzuordnen.

Hier sind folgende Werte zugelassen:

##### am Fundament bei Frequenzen:

< 10 Hz  $v_i = 3$  mm/s

10 - 50 Hz  $v_i = 3 - 8$  mm/s

50 - 100 Hz  $v_i = 8 - 10$  mm/s

In der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen  $v_i = 8$  mm/s

In der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen  $v_i = 20$  mm/s, gegebenenfalls ist eine Abminderung erforderlich.



## 11.0 Erschütterungsmessungen

Am Steinbruch „Asbeck“ werden vier Dauermessstellen zur permanenten Erschütterungsüberwachung der Sprengarbeiten betrieben (Abb. 5). Die Messergebnisse werden quartalsweise gutachterlich ausgewertet und der Aufsichtsbehörde übermittelt. Es ist vorgesehen, die Messstellen auch während des Gesteinsabbaus in der geplanten Vertiefung weiter zu betreiben. Damit ist eine Überwachung und Dokumentation der Sprengerschütterungen aus der geplanten Vertiefung gewährleistet.

Aufgrund der Neigung der Endböschungen und der tieferen Lage der Sprengstellen ergeben sich in der geplanten Vertiefung ca. 60 m - 80 m größere Abstände der Sprengstellen zur Nachbarbebauung als im derzeitigen genehmigten Abgrabungsbereich. Da bei der vorgesehenen Sprengtechnik keine Veränderung gegenüber der derzeitigen Sprengarbeit vorgesehen ist, sind an der Nachbarbebauung aufgrund der größeren Abstände tendenziell kleinere Erschütterungen zu erwarten als bisher.

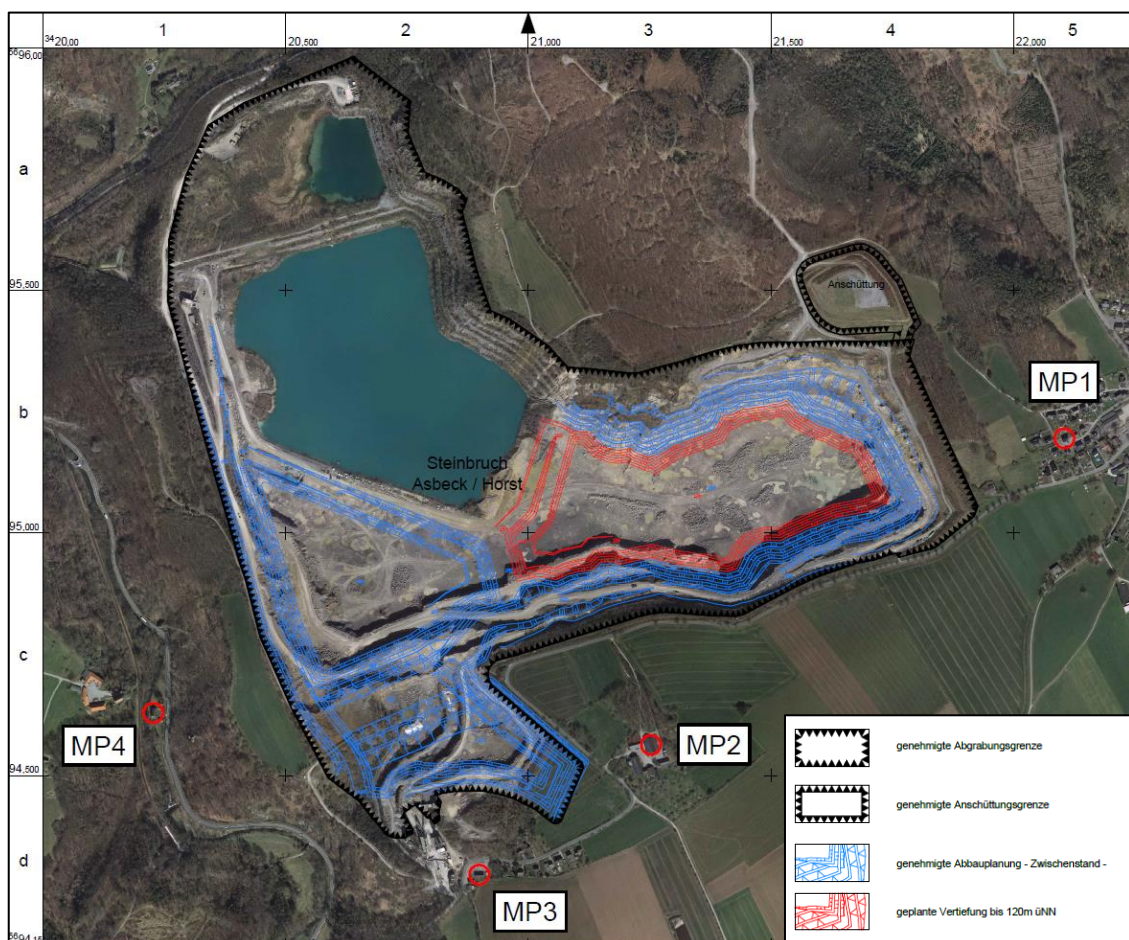
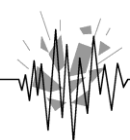


Abb. 5 Lage der Dauermessstellen am Steinbruch „Asbeck“



## 11.1 Beschreibung der Dauermessstellen

Messpunkt MP 1      Nr. 1 in Tabelle 1

Wohnhaus Schützenstraße 6 in Eisborn

Konventionell gebautes Wohnhaus, bestehend aus KG, EG und ausgebautem DG. Der triaxiale Sensor steht im KG auf der Betonbodenplatte an der steinbruchseitigen Gebäudeaußenwand.

Messpunkt MP 2      Nr. 5 in Tabelle 1

Landwirtschaftliches Anwesen Horst 20

Große Scheune mit Außenwänden aus Natursteinmauerwerk. Der triaxiale Sensor ist auf eine massiven Stahlkonsole geschraubt, die kurz über dem Boden an die Außenwand der Scheune angedübelt ist.

Messpunkt MP 3      Nr. 7 in Tabelle 1

Betriebsgebäude Horst 4

Konventionell gebautes Gebäude, bestehend aus KG, EG und DG. Der triaxiale Sensor steht im KG auf der Betonbodenplatte an der steinbruchseitigen Gebäudeaußenwand.

Messpunkt MP 4      Nr. 9 in Tabelle 1

Klusensteiner Mühle, Klusenstein 1

Massiv gebautes altes Mühlengebäude bestehend aus KG, EG, OG und DG. Der triaxiale Sensor steht im KG auf der Betonbodenplatte an der steinbruchseitigen Gebäudeaußenwand.

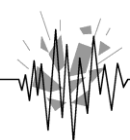
## 11.2 Zusätzliche temporäre Messstelle

Im Zeitraum 16.04.2021 - 02.12.2021 wurde in Eisborn eine zusätzliche Messstelle im Haus Schützenstraße 10 betrieben.

Zus. Messstelle      Nr. 2 in Tabelle 1

Wohnhaus Schützenstraße 10

Konventionell gebautes Wohnhaus, bestehend aus KG, EG und ausgebautem DG. Der triaxiale Sensor stand im Waschkeller im KG auf Steinzeugfliesen auf der Betonbodenplatte an der steinbruchseitigen Gebäudeaußenwand.



### 11.3 Messwerte der Dauermessungen

In den folgenden Abbildungen 6 bis 10 sind die Messergebnisse der vier Dauermessstationen für den Zeitraum 01.07.2021 - 30.06.2022 und der temporären Messstelle für den Zeitraum 16.04.2021 - 02.12.2021 zusammen mit den zulässigen Erschütterungsanhaltswerten der DIN 4150, Teil 3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ Tabelle 1, graphisch dargestellt.

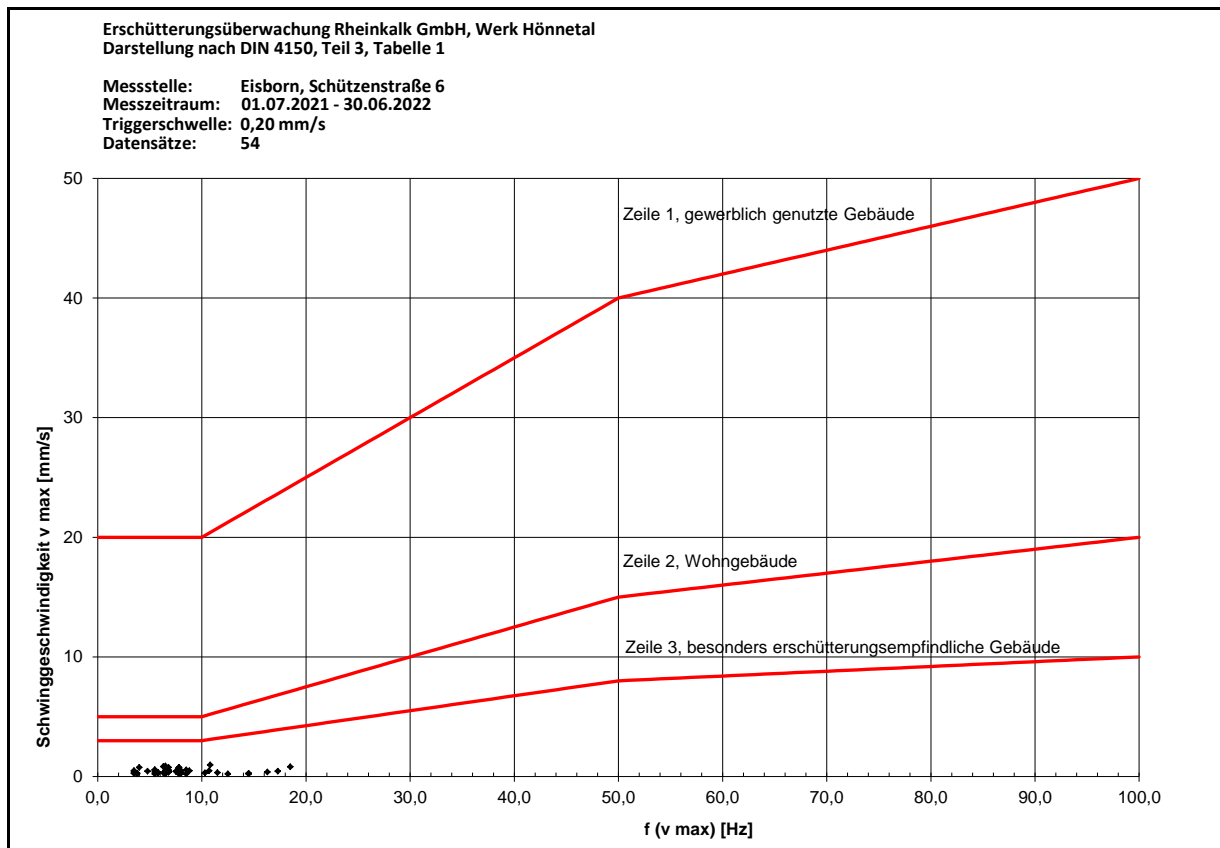
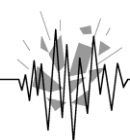


Abb. 6 Messstelle 1, Schützenstraße 6, Erschütterungsmesswerte



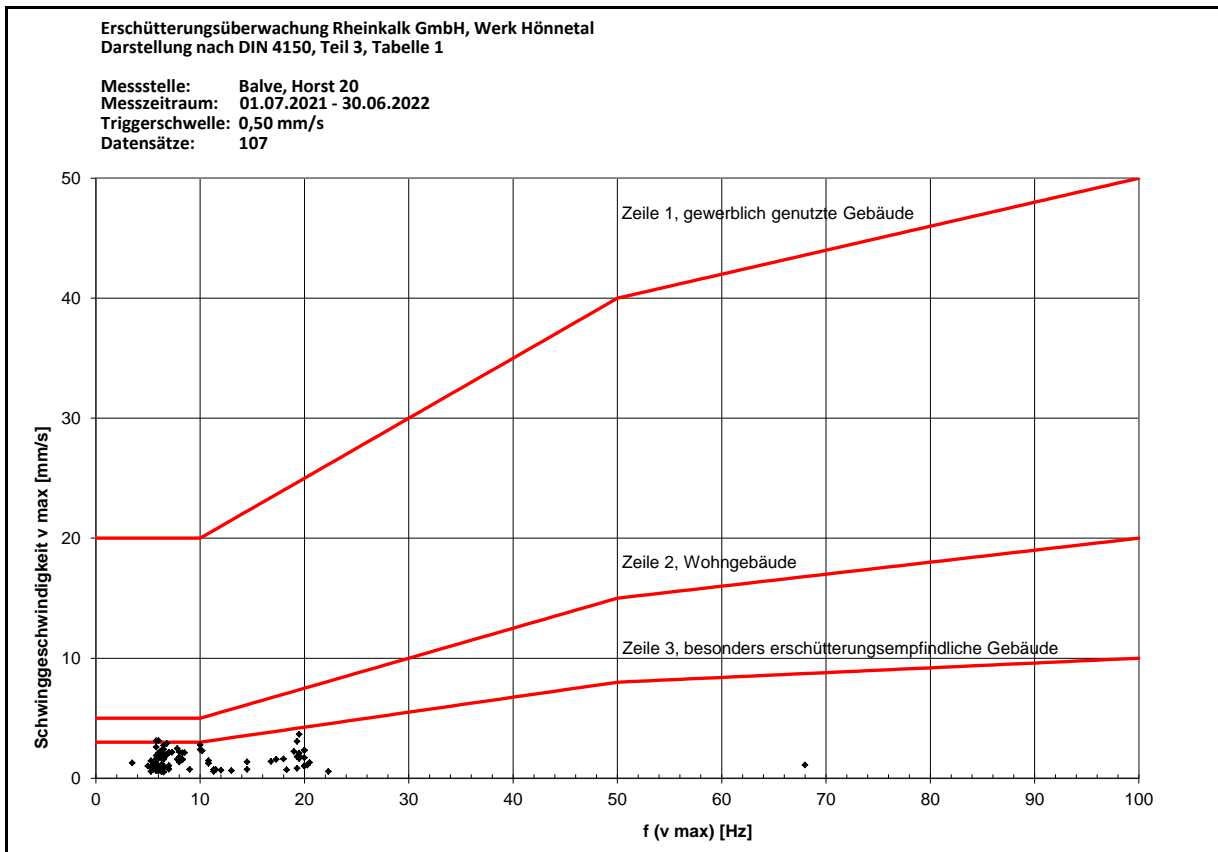


Abb. 7 Messstelle 2, Horst 20, Erschütterungsmesswerte

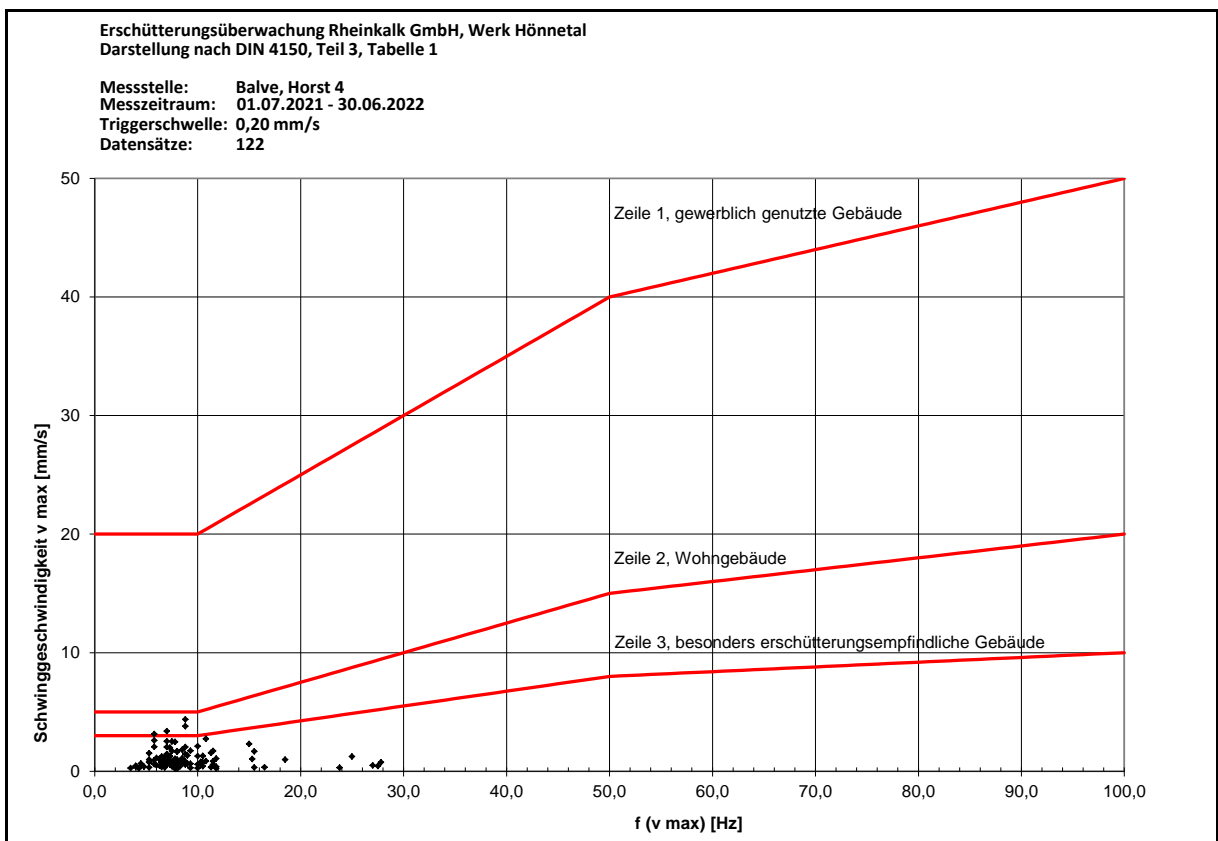


Abb. 8 Messstelle 3, Horst 4, Erschütterungsmesswerte





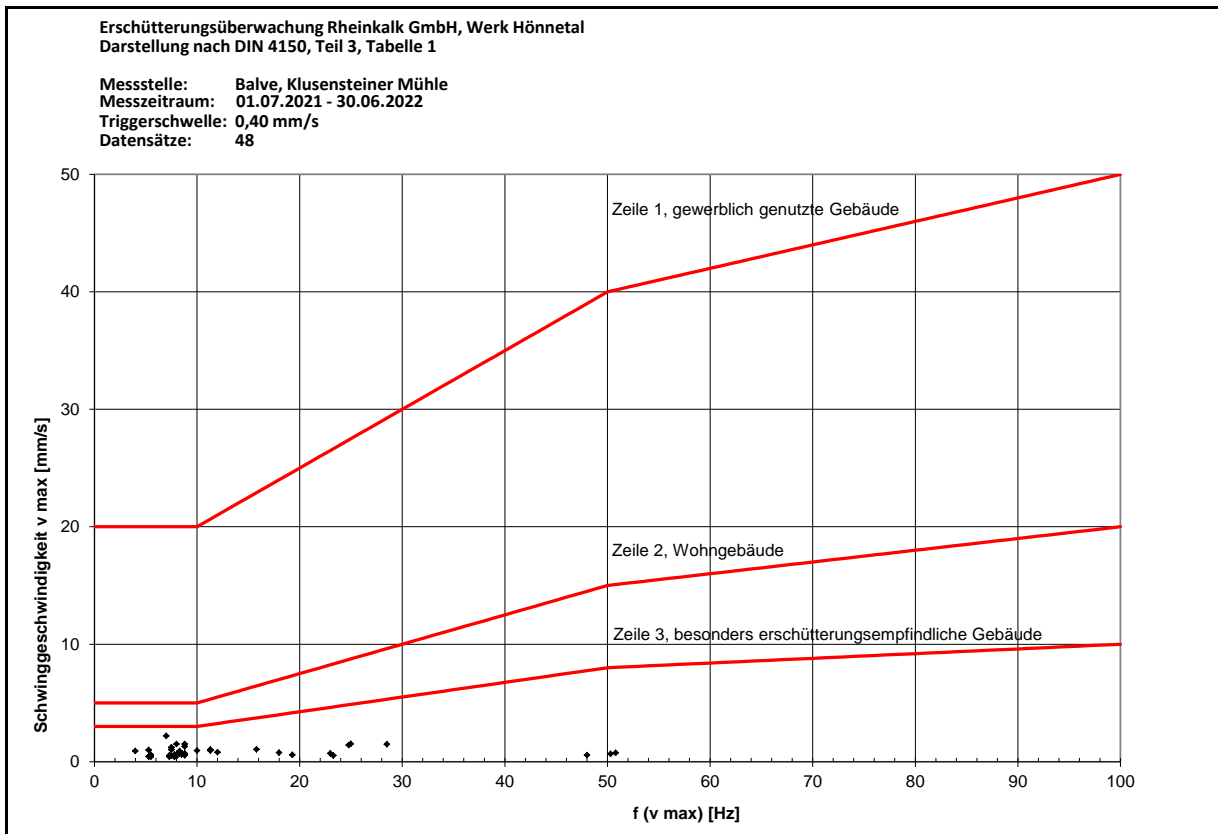


Abb. 9 Messstelle 4, Klusensteiner Mühle, Erschütterungsmesswerte

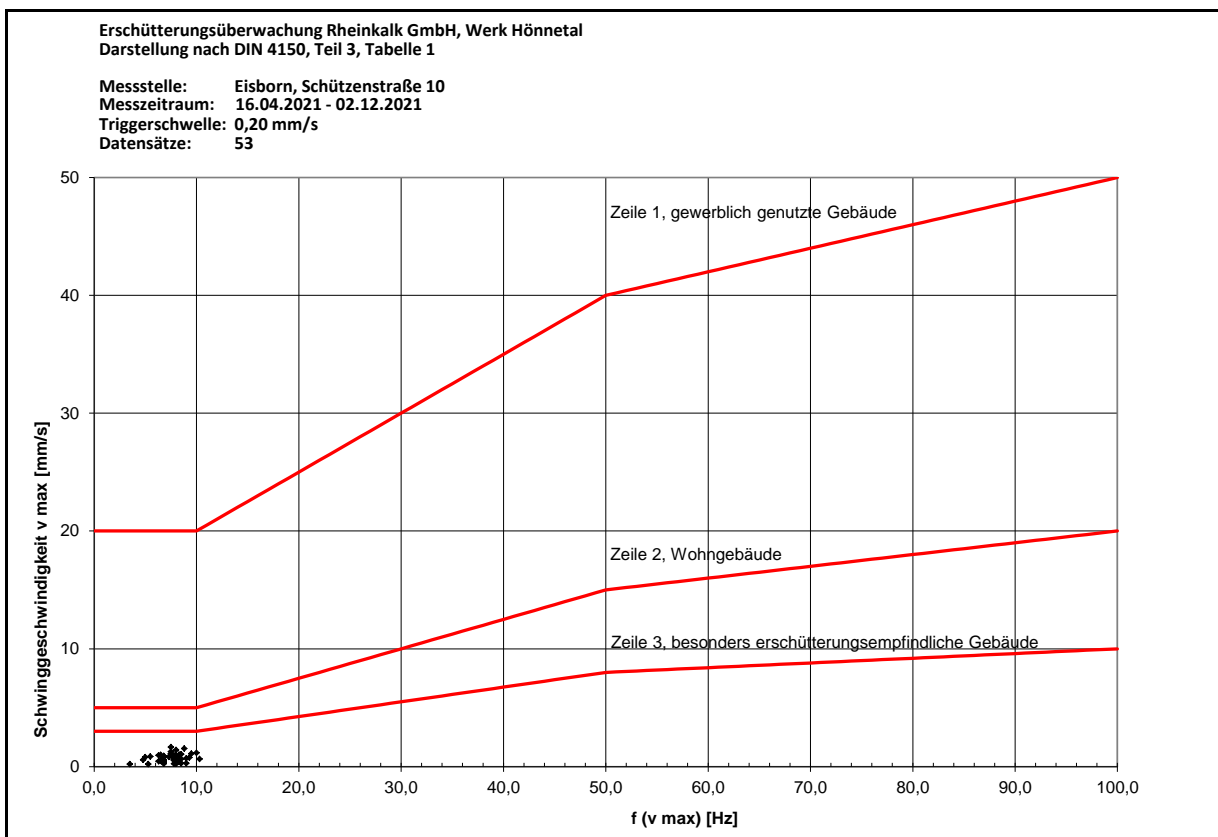


Abb. 10 Temporäre Messstelle, Schützenstraße 10, Erschütterungsmesswerte



Da die bisherige Bohr-und Sprengtechnik in der geplanten Vertiefung fortgeführt werden soll und die Entfernungen der Sprengstellen zur Nachbarbebauung je nach Lage und Niveau der Sprengstellen etwa 60 m bis 80 m größer werden, ist sichergestellt, dass bei Beachtung der Vorgaben unseres Gutachtens vom 14.08.2013 auch aus dem Bereich der geplanten Vertiefung die Erschütterungsauswirkungen weiterhin unterhalb der zulässigen Anhaltswerte bleiben.

Die folgenden Ausführungen zur Prognose der Sprengerschütterungen in den Punkten 12.0 und 13.0 basieren daher im Wesentlichen auf den gleichen Grundlagen wie in unserem Gutachten vom 14.08.2013. Lediglich bei der Prognose der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden wurde die maßgebliche Frequenz von 10 Hz auf 20 Hz angepasst, da der  $KB_{F_{max}}$ -Wert - wenn auch nur in geringem Maße - frequenzabhängig ist und mit steigenden Frequenzen geringfügig größer wird. Dadurch ergeben sich entfernungsabhängig etwas kleinere zulässige Lademengen je Zündzeit als im Gutachten vom 14.08.2013.



## 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.

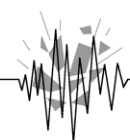
Die von der BGR empirisch ermittelten Parameter  $k$ ,  $b$  und  $m$  werden im Freifeld wie folgt angegeben:

$$k = 969$$

$$b = 0,59$$

$$m = 1,52$$

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  $V_F = \text{ca. } 0,5$ ).



Die Streuung der bei den Sprengungen entstehenden tatsächlichen Erschütterungen um die rechnerisch gemäß der Ausbreitungsfunktion nach BGR ermittelten Erschütterungswerte wird mit einem Faktor

$$s = 2,0$$

berücksichtigt.

Für die folgenden Rechnungen wurde der Streufaktor  $s = 2$  gesetzt und für den Übergang vom Freifeld auf ein Gebäudefundament ein Übertragungsfaktor Freifeld - Bauwerksfundament von 0,5 berücksichtigt.

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

$$v_i = 2 \times 0,5 \times 969 \times L^{0,59} \times R^{-1,52}$$

### 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 Gebäudefundamenten 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.

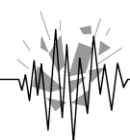
Für die folgende Prognose werden für die umliegenden Gebäude Überhöhungsfaktoren von

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

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

angenommen.

Da der  $KB_{F_{\max}}$ -Wert zur Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden - wenn auch nur in geringem Maße - 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).



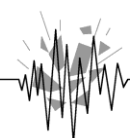
Als zulässiger Fundamentanhaltswert für die Gebäude wurde in der Prognose ein Wert für die ungünstigsten Frequenzen (unter 10 Hz) angesetzt. Für das Obergeschoss wurde die Prognose für die Vertikalschwingung in der Deckenmitte durchgeführt.

Für die Bebauung in der Umgebung der geplanten Vertiefung werden in der folgenden Tabelle für Entfernungen von 300 m bis 1.000 m und bis zu einer maximalen Lademenge von 260 kg je Zündzeit die zu erwartenden Erschütterungen prognostiziert.

Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	$v_{\max}$ am Fundament (mm/s)	$v_{\max}$ im OG Aussenwand (mm/s)	$v_{\max}$ im OG Deckenmitte (mm/s)	$KB_{F\max}$ EG / OG zul. $A_o = 6^*$
300	115	2,73	8,20	10,94	5,96
320	135	2,73	8,18	10,90	5,94
440	160	2,75	8,24	10,99	5,99
360	185	2,74	8,23	10,98	5,98
380	210	2,72	8,17	10,89	5,93
400	240	2,73	8,18	10,90	5,94
420	260	2,65	7,96	10,61	5,78
440	260	2,47	7,42	9,89	5,39
460	260	2,31	6,93	9,24	5,04
480	260	2,17	6,50	8,66	4,72
500	260	2,04	6,11	8,14	4,44
550	260	1,76	5,28	7,04	3,84
600	260	1,54	4,63	6,17	3,36
650	260	1,37	4,10	5,46	2,98
700	260	1,22	3,66	4,88	2,66
750	260	1,10	3,30	4,40	2,40
800	260	1,00	2,99	3,99	2,17
850	260	0,91	2,73	3,63	1,98
900	260	0,83	2,50	3,33	1,82
950	260	0,77	2,30	3,07	1,67
1.000	260	0,71	2,13	2,84	1,55
1.100	260	0,61	1,84	2,46	1,34
1.200	260	0,54	1,61	2,15	1,17

\* 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 umliegenden Gebäude



In der folgenden Tabelle 6 sind die prognostizierten Erschütterungswerte für die in Tabelle 1 aufgelistete Bebauung in der Umgebung der geplanten Vertiefung dargestellt. Dabei wurden bis zu einer Obergrenze von 260 kg die jeweils größtmöglichen Sprengstofflademengen je Zündzeit bei der geringsten Entfernung zu Grunde gelegt.

Objekt	Lademe- menge (kg)	Entf. (m)	Fundament		Obergeschoss*		Obergeschoss*	
			$v_{max}$		$v_{max}$		$KB_{Fmax}$	
			zul. (mm/s)	Progn. (mm/s)	zul. (mm/s)	Progn. (mm/s)	zul.	Progn.
<b>Nr. 1 Messstelle 1</b> Wohnhaus Schützen- straße 6 in Eisborn	130	375	5,0	2,09	20,0	8,38	6,0	4,56
<b>Nr. 2</b> Wohnhaus Schützen- straße 10 in Eisborn	130	314	5,0	2,74	20,0	10,97	6,0	5,98
<b>Nr. 3</b> Landwirtschaftliche Halle Horster Straße	130	193	20,0	5,75	-	-	-	-
<b>Nr. 4</b> Messstelle der Rheinkalk (Wasserhäuschen) Horster Straße	130	177	20,0	6,56	-	-	-	-
<b>Nr. 5 Messstelle 2</b> Landw. Anwesen, Horst 20 Scheune Wohnhaus	260 260	358 422	10,0** 5,0	3,38 2,63	- 20,0	- 10,54	- 6,0	- 5,74
<b>Nr. 6</b> Wohnhaus Horst 3	260	541	5,0	1,81	20,0	7,22	6,0	3,93
<b>Nr. 7 Messstelle 3</b> Betriebsgebäude Horst 4	260	603	20,0	1,53	-	-	-	-
<b>Nr. 8</b> Alte Kalköfen Horst	260	615	10,0**	1,49	-	-	-	-
<b>Nr. 9 Messstelle 4</b> Klusensteiner Mühle Klusenstein 1	260	788	5,0	1,02	20,0	4,08	6,0	2,22
<b>Nr. 10</b> Burg Klusenstein Klusenstein 1	260	840	3,0	0,93	10,0**	3,70	6,0	2,02
<b>Nr. 11</b> Wohnhaus Hönnetal 12	260	1.071	5,0	0,64	20,0	2,56	6,0	1,39
<b>Nr. 12</b> Wohnhaus Hüstener Straße 7	260	989	5,0	0,72	20,0	2,89	6,0	1,57



<b>Nr. 13</b> Wohnhaus Hüstener Straße 17	260	1.022	5,0	0,69	20,0	2,75	6,0	1,50
<b>Nr. 14</b> Wohnhaus Am Asbecker Bach 1	260	979	5,0	0,73	20,0	2,93	6,0	1,60
<b>Nr. 15</b> Wohnhäuser Hüstener Straße 27 u. 29	260	1.080	5,0	0,63	20,0	2,53	6,0	1,38
<b>Nr. 16</b> Wohnhäuser Hüstener Straße 33 u. 35	260	1.180	5,0	0,55	20,0	2,21	6,0	1,20
<b>Nr. 17</b> Wohnhaus Hüstener Straße 51	260	1.260	5,0	0,50	20,0	2,00	6,0	1,09
<b>Nr. 18</b> Wohnhaus Hüstener Straße 2	260	1.229	5,0	0,52	20,0	2,08	6,0	1,13

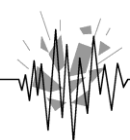
\* Deckenmitte vertikal

\*\* Zulässiger Wert von  $v_{i,max} = 20$  mm/s auf  $v_{i,max} = 10$  mm/s gemindert

Tab. 4 Erschütterungsprognose für die in Tabelle 1 genannte nächstgelegene Bebauung

Die hier für die Bebauung in der Umgebung der geplanten Vertiefung 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 Vertiefung ist das Wohnhaus „Schützenstraße 1“ in Balve-Eisborn mit einer horizontalen Entfernung von minimal ca. 314 m. Die hier konservativ nicht berücksichtigte tatsächliche diagonal durch das Gebirge gemessene Entfernung beträgt minimal ca. 339 m bei einer Höhendifferenz von minimal ca. 127 m.

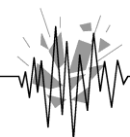
Bei einer Entfernung von 314 m und einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 130 kg wird der Anhaltswert  $A_o = 6$  der DIN 4150 Teil 2, „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“ Tabelle 1, Zeile 1 nach Pkt. 6.5.1, quellenspezifische Regelungen für kurzzeitige Erschütterungen, an diesen nächstgelegenen Wohnhäusern mit einem prognostizierten  $KB_{Fmax}$ -Wert von  $KB_{Fmax} = 5,98$  eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert  $A_o = 6$  wird damit auch an allen anderen weiter entfernt gelegenen benachbarten Wohnhäusern eingehalten, wenn die in Tabelle 3 genannten Lademengen je Zündzeitstufe eingehalten werden. Eine wesentliche Belästigung der Anwohner, verursacht durch die auftretenden Sprengerschütterungen bei Sprengungen in der geplanten Vertiefung, ist laut DIN 4150 Teil 2 nicht gegeben.

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

#### **Burg Klusenstein**

Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 260 kg ergeben sich für die geringste Entfernung von ca. 840 m zur Burg Klusenstein Fundamenterschütterungen von ca.  $v_i = 0,93$  mm/s. Der bei ungünstigsten Frequenzen für besonders erschütterungsempfindliche Gebäude zulässige Anhaltswert von  $v_{i,max} = 3,0$  mm/s wird zu 31,0 % 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  $v_{i,max} = 8,0$  mm/s und wird in der Burg Klusenstein bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von  $v_i = 2,78$  mm/s zu 34,8 % erreicht und damit sicher eingehalten.

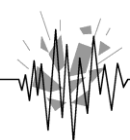
Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung bei allen Frequenzen  $v_{i,max} = 20,0$  mm/s und wird in der Burg Klusenstein bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von  $v_i = 3,70$  mm/s zu 18,5 % erreicht und damit sicher eingehalten. Mindert man den zulässigen vertikalen Anhaltswert wegen einer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit der Burg Klusenstein um die Hälfte auf  $v_{i,max} = 10,0$  mm/s ab, wird dieser Wert zu 37,0 % erreicht.

### **Wohnbebauung**

Bei Beachtung der in Tabelle 3 dieses Gutachtens aufgeführten Lademengen-Abstandstabelle und der in Tabelle 4 für die nächstgelegenen Wohngebäude genannten Lademengen je Zündzeitstufe ergeben sich für die geringste Entfernung von 314 m zum nächstgelegenen Wohnhaus Schützenstraße 10 Fundamenterschütterungen von maximal  $v_i = 2,74$  mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von  $v_{i,max} = 5,0$  mm/s wird zu 54,8 % 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 Wohnhaus bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von  $v_i = 8,23$  mm/s zu 54,9 % 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 Wohnhaus bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von  $v_i = 10,97$  mm/s zu 54,9 % erreicht und damit sicher eingehalten.



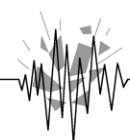
Die für das nächstgelegene Wohnhaus Schützenstraße 10 prognostizierten Erschütterungen liegen damit etwa in Bereich der Anhaltswerte der Zeile 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen für besonders erschütterungsempfindliche und besonders erhaltenswerte, z.B. denkmalgeschützte, Bauten.

### **Gewerblich genutzte Bauten**

Die nächstgelegenen gewerblich genutzten Bauten sind eine landwirtschaftlich genutzte Halle (Nr. 3) und das „Wasserhäuschen“ (Nr. 4) in Balve. Aufgrund der dahinter gelegenen Wohnbebauung der Ortschaft Eisborn ist die Lademenge bei der geringstmöglichen Entfernung zu den Sprengstellen in der geplanten Vertiefung auf 130 kg je Zündzeitstufe begrenzt. Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 130 kg ergeben sich für die geringste Entfernung von 177 m zum „Wasserhäuschen“ Fundamenterschütterungen von ca.  $v_i = 6,56$  mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von  $v_{i,max} = 20,0$  mm/s wird dort zu 32,8 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Für die große Scheune am landwirtschaftlichen Anwesen Horst 20 und für die alten Kalköfen wird der zulässige Anhaltswert von  $v_{i,max} = 20,0$  mm/s um 50 % auf  $v_{i,max} = 10,0$  mm/s reduziert, um der besonderen Bedeutung der Scheune und der Kalköfen Rechnung zu tragen

Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 260 kg ergeben sich für die geringste Entfernung von 358 m zur Scheune am landwirtschaftlichen Anwesen Horst 20 Fundamenterschütterungen von ca.  $v_i = 3,38$  mm/s und für die geringste Entfernung von 615 m zu den Kalköfen Fundamenterschütterungen von ca.  $v_i = 1,49$  mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige reduzierte Anhaltswert von  $v_{i,max} = 10,0$  mm/s wird dort zu 33,8 % bzw. 14,9 % erreicht und damit sicher eingehalten.



## 15.0 Zusammenfassung

Die Rheinkalk GmbH beantragt im Werk Hönnetal eine Vertiefung des Steinbruchs „Asbeck“.

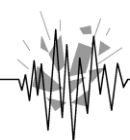
In dieser Stellungnahme wird die geplante Sprengarbeit beschrieben und es werden Erschütterungsprognosen und Lademengen-Abstandstabellen erstellt, um sicherzustellen, dass bei den Sprengungen in der geplanten Vertiefung die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte in der Nachbarbebauung eingehalten werden.

Im Osten und Süden der Vertiefung kam in Einzelfällen eine Verkleinerung des Sprengbereichs erforderlich werden. Hierfür werden Vorgaben gemacht, um Steinflug über den verkleinerten Absperrbereich hinaus auszuschließen.

Grundlage der Erschütterungsprognose sind Messdaten aus unserem Gutachten „Spreng- und erschütterungstechnisches Gutachten im Rahmen des Genehmigungsantrages für den Abbau des Kalksteinfeilers zwischen den Steinbrüchen „Asbeck“ und „Horst“ sowie für die Vertiefung bzw. partielle Vertiefung der Steinbrüche „Asbeck“ und „Horst“ am Werk Hönnetal der Rheinkalk GmbH“ vom 14.08.2013.

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 Vertiefung 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. Ergänzend hierzu wurden auch die Messergebnisse von vier Dauermessstellen und einer temporären Messstelle in der Umgebung der geplanten Vertiefung genutzt.

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 auszuschließen.

## 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 24.08.2022

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 <sup>a</sup>	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 <b>und</b> besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 <sup>b</sup>
ANMERKUNG Bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.						
<sup>a</sup> Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.						
<sup>b</sup> 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 Flanschen	80
3	Mauerwerk, Kunststoff	50

