

# Projekt

## Erweiterung der Abbauflächen des Steinbruchs Rüblingen

### Spreng- und immissionstechnisches Gutachten

Auftraggeberin:

**Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG**

Schotter- und Splittwerke

Langenburger Straße 51

74635 Kupferzell



**Dipl.-Ing. G. A. Schmücker**

Bethlehemstr. 59

D - 50126 Bergheim

Bei der IHK Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger  
für Sprengtechnik und Immissionsbeurteilungen bei übertägigen und  
untertägigen Gesteinssprengungen.

Engineering Service Schmücker  
Dipl.-Ing. (RWTH) Guido A. Schmücker  
Sprengingenieur  
Bethlehemstr. 59  
D-50126 Bergheim

17. Dezember 2024



Von der IHK zu Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Sprengtechnik und Immissionsbeurteilungen bei übertägigen und untertägigen Gesteinssprengungen.

## **Spreng- und immissionstechnisches Gutachten**

**Gutachterliche  
Hilfskraft**

Alexander H. Kirchhofer  
Alter Markt 43 - 46  
41061 Mönchengladbach

**Projekt**

**Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen**

### **Inhaltsverzeichnis**

		Seite
<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>03</b>
	1.1 Auftraggeber	03
	1.2 Allgemeine Erläuterungen zum Vorhaben	03
	1.3 Auftrag und Vorgehensweise	04
	1.4 Quellen als Grundlage zur Gutachtenerstellung	04
<b>2</b>	<b>Verfahrensablauf im Steinbruch</b>	<b>05</b>
<b>3</b>	<b>Betriebsbeschreibung</b>	<b>05</b>
	3.1 Umgebungssituation und Beschreibung der Immissionsobjekte	06
	3.2 Bohrtechnik	09
	3.3 Zündverfahren	10
	3.3.1 Elektrisches Zündverfahren	11
	3.3.2 Weitere Zündverfahren	11
	3.4 Zündungstechnik	11
	3.5 Sprengtechnik	13

<b>4</b>	<b>Grundlagen zur Immissionsprognose</b>	<b>13</b>
4.1	Sprengerschütterungen - Allgemeines -	14
4.2	Beurteilungsgrundlage für Sprengerschütterungsimmissionen	15
4.2.1	Einwirkungen auf bauliche Anlagen (DIN 4150 Teil 3)	15
4.2.2	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150 Teil 2)	18
4.3	Vorermittlung von Schwingungsgrößen (DIN 4150 Teil 1)	19
<b>5</b>	<b>Immissionsprognose</b>	<b>20</b>
5.1	Ermittlung der spezifischen Gebirgsbeiwerte	23
5.2	Immissionsprognose (Erschütterungen)	25
5.3	Immissionsprognose (Schallpegel)	29
5.4	Steinflug - Ursachen und Vermeidung -	30
5.5	Sprengbereich und Absperrung	32
5.6	Sprengschwaden und Gesteinsstäube	34
<b>6</b>	<b>Schutzkonzept</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>Empfehlungen für die Antragstellerin</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>Empfehlungen für die Genehmigungsbehörde</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>37</b>
<b>Anhänge</b>		
Anhang 1	Lademengen-Abstandstabelle für Nahbereich (Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten)	39
Anhang 2	Lademengen-Abstandstabelle (Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten)	40
Anhang 3	Lademengen-Abstandstabelle (Wohngebäude)	41
Anhang 4	Lademengen-Abstandstabelle (als Wohngebäude betrachtete Gebäude)	42
Anhang 5	Lademengen-Abstandstabelle (Erdverlegte Rohrleitungen)	43
Anhang 6	Exemplarische Lademengenberechnung 26 m Bruchwandhöhe	44
Anhang 7	Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle für $L_{\max} = 125,5 \text{ kg}$	45
Anhang 8	Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle für $L_{\max} = 60,0 \text{ kg}$	46
Anhang 9 a - e	Prinzipzeichnungen Steinfluggefahren	47 - 51
<b>Anlagen</b>		
Anlage 1	Maßstäblicher Luftbildlageplan des Steinbruchs Rüblingen mit der genehmigten Betriebsfläche und der geplanten Erweiterungsfläche	
Anlage 2	Messbericht des Ingenieurbüros Engineering Service Schmücker (ESS) vom 01.07.2024 bezüglich der Überprüfung der Einhaltung von Anhalts- bzw. Immissionswerten gemäß den einschlägigen Regelwerken für Erschütterungen im Bauwesen (DIN 4150) bei betriebsüblichen Gewinnungssprengungen im Steinbruch Rüblingen im Zeitraum 25.04.2023-18.06.2024	

**Das Gutachten enthält ein Deckblatt, 38 Textseiten und 13 Seiten Anhänge, insgesamt 51 Seiten + 2 Anlagen.**

## **1** **Allgemeines**

### **1.1** **Auftraggeberin**

Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG

Langenburger Straße 51

74635 Kupferzell

### **1.2** **Allgemeine Erläuterungen zum Vorhaben**

Auf der Gemarkung Feßbach der zum Hohenlohekreis (Baden-Württemberg) gehörenden Gemeinde Kupferzell betreibt die Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG (im Folgenden: Fa. Paul Kleinknecht) den Steinbruch Rüblingen. Dort erfolgt mittels Bohr- und Sprengarbeit der Abbau von Muschelkalk. Die Bohr- und Sprengarbeiten werden von der Fa. Paul Kleinknecht in Eigenregie ausgeführt.

Im neben dem Steinbruch bestehenden Schotter- und Splittwerk wird das abgebaute Wertgestein zu mineralischen Baustoffen für den Tief- und Straßenbau, zu Zuschlagstoffen für die Beton- und Asphaltherstellung sowie zu Düngekalk für die Landwirtschaft aufbereitet.

Die Fläche des bisherigen Betriebsgeländes beträgt ca. 48,8 ha. Hierbei umfassen die aktuell aktive Abbaufäche ca. 2,9 ha und die genehmigte Restabbaufäche ca. 1,3 ha.

Zwecks langfristiger Sicherung der Rohstoffversorgung des Schotter- und Splittwerks, beabsichtigt die Fa. Paul Kleinknecht eine Erweiterung des bestehenden Steinbruchs Rüblingen. Die Erweiterung ist in nördlicher Richtung geplant und soll ca. 15,7 ha betragen. Der in Anlage 1 des vorliegenden Gutachtens enthaltene maßstäbliche Luftbildlageplan veranschaulicht die Lage des bisher genehmigten Steinbruchs und der geplanten Erweiterung.

In der geplanten Erweiterungsfläche befinden sich unterhalb der quartären Deckschichten die Schichten des Unteren Keupers und des Oberen Muschelkalks. Hiervon werden als Wertgestein die oberen Schichtglieder des Oberen Muschelkalks gewonnen. Die aus Quartär- und Keupermaterial bestehende Überdeckung der Muschelkalklagerstätte ist nicht als Rohstoff geeignet. Das Material wird als Abraum abgetragen und zur Wiederverfüllung sowie zur Rekultivierung des Steinbruchs verwendet. In Abhängigkeit von der Höhenlage des Geländes weisen die Abraumschichten in der Erweiterungsfläche Mächtigkeiten von ca. 10 m bis 20 m auf. Unterhalb der Keuperbasis folgen die abbauwürdigen Schichten des Oberen Muschelkalks. In diesen sind jeweils Lagen aus Mergelstein und Tonmergelstein zwischengeschaltet. Unmittelbar unter der Keuperbasis steht eine ca. 32 m bis 33 m mächtige Schichtenfolge mit nur sehr geringen tonigen Zwischenschichten an die zur Gewinnung geeignet ist. Darunter sind die sogenannten Tonplattenschichten angeordnet, die eine Mächtigkeit von ca. 11 m bis 12 m aufweisen. Hier sind die Anteile an nicht verwertbaren Zwischenmitteln deutlich größer. Dennoch ist dieser Bereich wirtschaftlich nutzbar.

Unter Berücksichtigung des Abraumüberlagers kann von einer maximalen Gesamtabbaumächtigkeit von ca. 65 m und damit von einem Abbauvolumen von ca. 6 Mio. m<sup>3</sup> ausgegangen werden. Die in der Lagerstätte enthaltenen und nicht verwertbaren tonigen Zwischenmittel werden im Vordreher ausgesiebt. Das Material wird zur Wiederauffüllung des Steinbruchs verwendet. Nach den bisherigen Betriebserfahrungen liegt der Anteil an nicht verwertbaren Lagerstättenbestandteilen bei ca. 30 %. Somit ist ein Volumenanteil von ca. 4,2 Mio. m<sup>3</sup> für die Baustoffproduktion geeignet und kann für die Produktion von ca. 10,5 Mio. t Schotter, Splitte, Sande und Gesteinsmehle genutzt werden. Eine angestrebte Jahresproduktion von ca. 550.000 t zugrunde legend, kann dementsprechend für die geplante Erweiterungsfläche eine Laufzeit von ca. 19 bis 20 Jahren angenommen werden.

Die geplante Erweiterung des Steinbruchs stellt im Sinne von § 16 BImSchG eine wesentliche Änderung einer bestehenden Anlage dar, die einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigung bedarf. Gemäß Ziffer 2.1.1 des Anhang 1 zur 4. BImSchV gehören Steinbrüche mit einer Abbaufäche von mehr als 10 ha zu den Vorhaben, zu deren Genehmigung ein förmliches Genehmigungsverfahren nach § 10 BImSchG mit Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen ist. Da es sich bei der geplanten Steinbrucherweiterung um eine wesentliche Änderung von Lage und Beschaffenheit einer bereits bestehenden Anlage handelt, ist ein Änderungsverfahren gemäß § 16 BImSchG erforderlich.

Nach den Regelungen des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) ist für die „Errichtung und den Betrieb eines Steinbruches mit einer Flächengröße von 25 ha oder mehr“ im Rahmen des Genehmigungsverfahrens generell eine UVP durchzuführen.

Bei der Ermittlung der beurteilungsrelevanten Flächengröße sind die aktuellen und die noch genehmigten Abbauflächen in die Berechnung mit einzubeziehen. Im vorliegenden Fall nehmen diese einen Umfang von ca. 16 ha ein, womit der Schwellenwert von 25 ha für die generelle UVP-Pflicht überschritten wird. Infolgedessen ist nach § 9 Satz 1 Nummer 1 UVPG im Rahmen des Genehmigungsverfahrens eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen.

### **1.3 Auftrag und Vorgehensweise**

Der Unterzeichner wurde von der Fa. Paul Kleinknecht mit der Ausarbeitung des Spreng- und immissionstechnischen Gutachtens bezüglich der Gewinnungsarbeiten mittels Bohr- und Sprengarbeit in der vorgesehenen Erweiterungsfläche des Steinbruchs Rüblingen beauftragt.

Im Einzelnen umfasst diese Ausarbeitung:

- Schematische Darstellung (Fließbild) des Steinbruchbetriebes
- Sprengtechnische Immissionsprognose (Sprengerschütterungen)
- Berechnung und Erläuterung der betriebsüblichen Sprengtechnik
- Empfehlungen zur Sprengtechnik und zur Steinflugvermeidung

Die Immissionsprognose umfasst eine gutachterliche Stellungnahme zu den Themenschwerpunkten

- Sprengerschütterungen unter Berücksichtigung der gültigen Regelwerke
- Steinflugfahren und -vermeidung und Bestimmung der Sprengbereiche
- Sprengschwaden und Gesteinsstäube und
- Sprenggeräusche

Bezüglich der beantragten Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen orientieren sich die gutachterlichen Empfehlungen, unter Einhaltung der geltenden Gesetze und Regelwerke, auch an der Kernaussage des BImSchG „nicht mehr Emissionen zu erzeugen, als nach dem Stand der Technik unvermeidbar sind“. Themenschwerpunkt der Immissionsbetrachtung sind Sprengerschütterungen und Steinflugvermeidung.

### **1.4 Quellen als Grundlage zur Gutachtenerstellung**

Nachfolgend aufgeführte Unterlagen wurden dem Unterzeichner von der Fa. Paul Kleinknecht und vom Planungsbüro Arguplan GmbH zur Verfügung gestellt respektive von dem Unterzeichner zur Gutachtenausarbeitung verwendet:

- Diverse Planunterlagen
- Tischvorlage zum Scoping-Termin bezüglich der Erweiterung Steinbruch Rüblingen der Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG Schotter- und Splittwerke aus November 2023
- Messbericht des Unterzeichners (ausgeführt durch sein Ingenieurbüro Engineering Service Schmücker (im Weiteren ESS) vom 01.07.2024) bezüglich der Einhaltung von Anhalts- bzw. Immissionswerten gemäß den einschlägigen Regelwerken für Erschütterungen im Bauwesen (DIN 4150) bei betriebsüblichen Gewinnungssprengungen im Steinbruch Rüblingen im Zeitraum 25.04.2023 - 18.06.2024
- DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen
  - Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen (Weißdruck Dezember 2022)
  - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Weißdruck Juni 1999, sowie Entwurfsfassung vom 21.11.2023)
  - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen (Weißdruck Dezember 2016)
- DIN 45669 Messung von Schwingungsimmissionen
  - Teil 1: Schwingungsmesser - Anforderungen und Prüfung (Weißdruck Juni 2020)
  - Teil 2: Messverfahren (Weißdruck Juni 2005)

- Sog. Erschütterungsrichtlinie  
Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen. Herausgeber: Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), Stand 06.03.2018
- Technische Regel zum Sprengstoffrecht Sprengarbeiten (SprengTR 310 - Sprengarbeiten), Stand 05.10.2016
- Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA-Lärm) vom 08.06.2017

## **2 Verfahrensablauf im Steinbruch - Entstehung von Emissionen -**

Aus der Abbildung 1 gehen die im Steinbruch erforderlichen Verfahrensschritte zur Rohmaterialgewinnung mittels Bohr- und Sprengarbeit hervor.

Die Verfahrensschritte gliedern sich im Regelfall wie folgt:

1. Vorbereitende Arbeiten wie z. B. Abraum abtragen und verkippen, Rodungen
2. Bohren
3. Sprengen
4. Laden und Transportieren
5. Brechen und Klassieren

Der Aufbereitungsprozess mit Brech- und Klassiervorgängen ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens respektive des durch die Fa. Paul Kleinknecht ausgeführten Genehmigungsverfahrens und wird hier nur der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Die Reduzierung von Sprengemissionen ist wegen der vielzähligen Einflussfaktoren ein sehr komplexes Thema und darüber hinaus sehr stark von verschiedenen Faktoren, wie z. B. der angewandten Sprengtechnik, deren Ausführungsqualität vor Ort und den geologischen und hydrologischen Bedingungen abhängig.

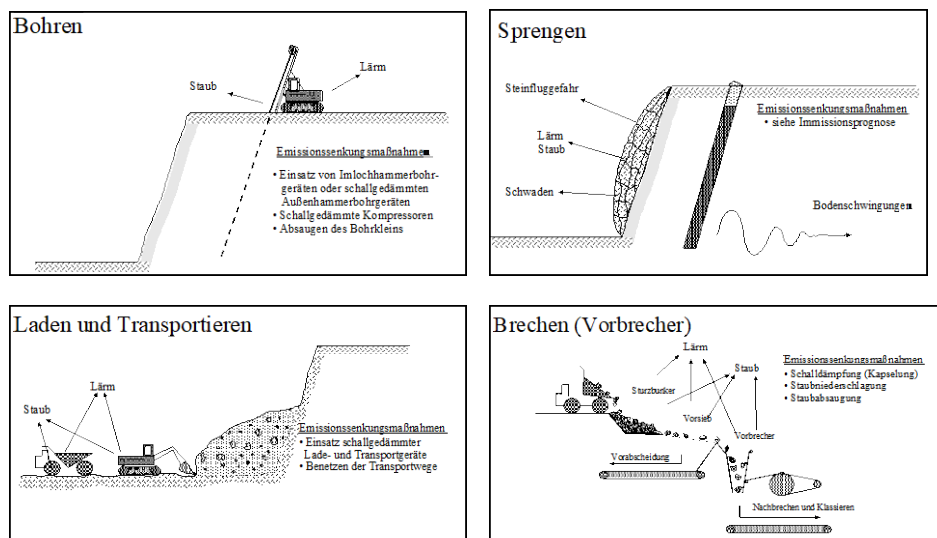


Abbildung 1: Verfahrensschritte zur Rohstoffgewinnung mittels Bohr- und Sprengarbeit

## **3. Betriebsbeschreibung**

In der Betriebsbeschreibung werden die zukünftig geplante Betriebstechnik in Anlehnung an die bislang erfolgreich eingesetzte Bohr- und Sprengtechnik beschrieben und Empfehlungen für die Zukunft gegeben.

Die geplante Erweiterungsfläche des Steinbruchs Rüblingen wird aus dem bisher genehmigten Abbaufächern heraus erschlossen. Hierbei wird die Generalabbaurichtung Nordnordost sein. Ein Neuaufschluss ist nicht erforderlich.

Der Abraum, bestehend aus dem kulturfähigen Oberboden und den leicht löslichen Quartär- und Keuper-Schichten, wird wie bisher zunächst mit einem Bagger abgetragen. Die Gewinnung des Wertgesteins mittels Bohr- und Sprengarbeit erfolgt danach auf zwei Abbaustrossen. Betriebsintern werden die beiden Gewinnungstrossen als Obere Sohle und Untere Sohle bezeichnet.

Die betriebsüblichen Gewinnungssprengungen variieren bezüglich des jeweiligen Umfangs und folglich auch hinsichtlich der entsprechenden Parameter. Üblicherweise werden ein bis zwei Sprengungen pro Woche durchgeführt. Bei den Sprengungen kommen überwiegend Kopfbohrlöcher – bisher im Regelfall bis zu 14 – zum Einsatz. Vereinzelt durchgeführte Flächensprengungen können eine höhere Bohrlochzahl (bisher von bis zu 45 Stück) aufweisen. Da die Bohrlöcher auch zukünftig mit ca. 90 ° gebohrt werden, sind Bohrlochlängen zwischen 18 m und 26 m je nach Gewinnungstrosse möglich, da im Regelfall ohne Unterbohrung gebohrt wird. Es ist davon auszugehen, dass zukünftig wie bisher ein Bohrlochdurchmesser von 95 mm eingesetzt wird. Damit ergibt sich in etwa ein Sprengraster von ca. 4 m x ca. 4 m.

Diese Parameter können zukünftig je nach erforderlichem Sprengergebnis frei variiert werden.

Bei den bisher durchgeführten Sprengungen betrug die Gesamtladung an Sprengstoff bis zu ca. 1.385 kg, wobei eine maximale Ladung je Zündzeitstufe von bis zu ca. 126 kg zur Anwendung kam.

Bei den Sprengungen sollen auch zukünftig standardmäßig patronierte gelatinöse Sprengstoffe als Schlagladung im Bohrlochtiefsten und patronierte Emulsionssprengstoffe in der Oberladung zur Anwendung kommen. Eine Teilung der Ladesäule wurde bisher nicht vorgenommen. Dieses ist auch zukünftig nicht zu erwarten (vgl. Ergebnisse der Immissionsprognose). Somit reichte in der Vergangenheit das elektrische Zündverfahren in Verbindung mit der redundanten Zündung (weiterer Zünder zur Zündung am oberen Ende der Ladesäule) aus. Da auch zukünftig nicht geplant ist, die Haufwerksmengen der Sprengungen zu vergrößern, ist eine Änderung für die beantragte Erweiterungsfläche nicht zu erwarten.

Die nutzbare Abbaumächtigkeit wird ca. 42 m bis ca. 46 m betragen. Somit ergibt sich in etwa das nachfolgend in Abbildung 2 dargestellte Regelprofil mit zwei Gewinnungstrossen bis zur beantragten Abbauendtiefe von + 350 m NHN.

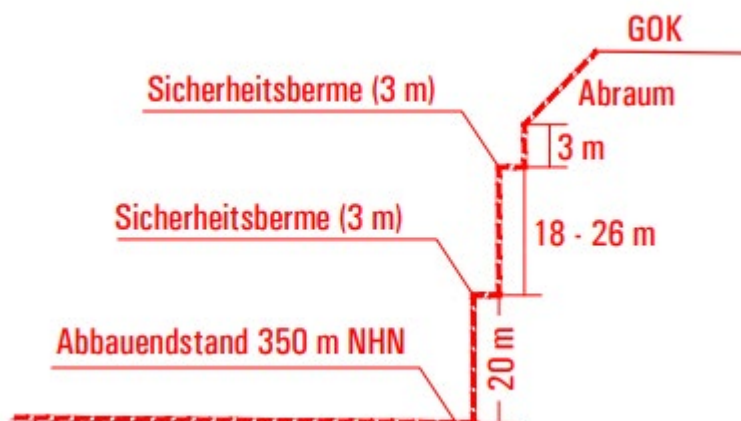


Abbildung 2: Regelprofil des Abbaus

Aufgrund der vorgesehenen Bruchwandhöhen wird auch weiterhin für die Sprengarbeiten das Großbohrlochverfahren (bei senkrechten Strossenhöhen > 12 m) zur Anwendung kommen. Die maximal zulässige Strossenhöhe von 30 m wird in der beantragten Erweiterungsfläche damit nicht überschritten.

### **3.1 Umgebungssituation und Beschreibung der Immissionsobjekte**

Die geplante Erweiterungsfläche des Steinbruchs Rüblingen liegt ca. 400 m östlich der Ortsrandlage Rüblingen. Sie schließt nördlich an die vorhandene Steinbruchfläche an. Im Westen, grenzt die Erweiterungsfläche an landwirtschaftliche Nutzflächen, im Norden und Osten an Wirtschaftswege mit überwiegend dahinterliegenden landwirtschaftlichen Nutzflächen. An diese

schließen sich im Osten Waldflächen an. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen und die Waldflächen werden durch diverse Wirtschafts- und Waldwege erschlossen.

Die Betriebsflächen des Steinbruchs Rüblingen werden verkehrstechnisch über die südlich des bestehenden Steinbruchs verlaufende Landesstraße L 1036 angebunden.

Um die geplante Erweiterungsfläche herum sind in nahezu allen Himmelsrichtungen schützenswerte Objekte in verschiedenen Abständen vorhanden. Für das vorliegende spreng- und immissionstechnische Gutachten werden diejenigen schützenswerte Objekte betrachtet, die zu der beantragten Abbaugrenze jeweils am nächsten liegen. Diese werden nachfolgend als Immissionsobjekt (im Folgenden: IO) bezeichnet und sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Tabelle enthält die Nummerierung, Bezeichnung, Anschrift oder gegebenenfalls Koordinaten (Dezimalgrad), Gebäudeart sowie den jeweiligen minimalen horizontalen Abstand zur Abbaugrenze.

Die im Osten nächstgelegene Wohnbebauung (Ortsrandlage Steinkirchen) weist einen minimalen horizontalen Abstand zur Abbaugrenze von ca. 1.011 m und die südöstlich befindliche Ortsrandlage Döttingen eine minimale horizontale Entfernung von ca. 1.277 m auf. Aufgrund der jeweils großen Entfernungen von über 1.000 m, und da sich Wohngebäude in deutlich geringerem Abstand zur Abbaugrenze der geplanten Erweiterungsfläche befinden, werden diese beiden Ortsrandlagen nicht weiter betrachtet.

Entlang der nördlichen Grenze der geplanten Erweiterungsfläche verläuft eine Hauptwasserleitung (IO 09). Deren Trassenverlauf ist identisch mit dem in diesem Bereich vorhandenen Wirtschaftsweg. Ebenso ist östlich zur geplanten Erweiterungsfläche ein Wasserbehälter (IO 08) vorhanden. Auf die Entfernung zum tatsächlichen Abbau dieser beiden schützenswerten Objekte wird unter Punkt 5.3 näher eingegangen.

Des Weiteren befindet sich südlich der geplanten Erweiterungsfläche eine elektrische Freileitung (220 kV) des Betreibers Transnet BW. Diese überquert das derzeitige Betriebsgelände der Fa. Paul Kleinknecht von Nordwesten in südöstlicher Richtung.

Abbildung 3 gibt mittels einer Google Earth-Ansicht (Bildaufnahmedatum 15.05.2022) die Lage der einzelnen repräsentativen Immissionsobjekte im Gesamtumfeld der vorgesehenen Erweiterungsfläche (in türkis skizziert) wieder. Aufgrund des Bildaufnahmedatums wird in Abbildung 3 allerdings nicht die aktuelle Abbausituation dargestellt.

Eine Betrachtung der besonders schützenswerten Anlagen/Einrichtungen in einem Radius von 1.000 m gemäß 3. SprengV § 1 Abs. 2 Nr. 1 c) wird im Rahmen der Erstellung der Sprenganzeige erfolgen.

Immissionsobjekte					
Nr.	Bezeichnung	Anschrift / Koordinaten		Gebäudeart	minimaler, horizontaler Abstand (m)
IO 01	Whs Am Glockenturm 21/1	Am Glockenturm 21/1	74635 Kupferzell	Wohngebäude	ca. 400 m
IO 03	Whs Am Glockenturm 33	Am Glockenturm 33	74635 Kupferzell	Wohngebäude	ca. 447 m
IO 04	Wirtg Am Glockenturm 21	Am Glockenturm 21	74635 Kupferzell	Gewerblicher Bau	ca. 426 m
IO 05	Gewerblicher Bau Fa. BBH	Paul-Kleinknecht-Weg 1	74635 Kupferzell	Gewerblicher Bau	ca. 318 m
IO 06	Freileitungsmast (elektrische Freileitung 220 kV)	49.22664156344067, 9.750741759706909	74635 Kupferzell	Gewerblicher Bau	ca. 399 m
IO 07	Freiflächen-PV-Anlage	49.22516937888116, 9.75075819980655	74635 Kupferzell	Gewerblicher Bau	ca. 498 m
IO 08	Wasserbehälter *	49.233857839513206, 9.756402963623044	74635 Kupferzell	Gewerblicher Bau	ca. 40 m
IO 09	Hauptwasserleitung *	49.23483362473075, 9.75332419317641	74635 Kupferzell	Erderlegte Rohrleitung	ca. 30 m
IO 10	Wirtschaftsgebäude	49.23440270861337, 9.746866397821318	74635 Kupferzell	Gewerblicher Bau	ca. 318 m

Tabelle 1: Übersicht schützenswerte Objekte (Immissionsobjekte - IO) mit Angabe der jeweiligen Nummerierung, Bezeichnung, Anschrift ggf. Koordinaten, Gebäude-/Leitungsart sowie dem minimalen horizontalen Abstand zur Abbaugrenze.  
\* horizontaler Abstand zum tatsächlichen Abbau.

Die aufgeführten Immissionsobjekte gelten als repräsentativ für die umliegende Bebauung. Dementsprechend betragen die maßgeblichen minimalen horizontalen Abstände zur geplanten Abbaugrenze

- für gewerblich genutzte Bauten ca. 40 m (IO 08 - Wasserbehälter),
- für Wohngebäude ca. 400 m (IO 01 - Wohnhaus Am Glockenturm 21/1),
- für Bauten, die in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung Wohngebäuden gleichen ca. 426 m (IO 04 - Wirtg Am Glockenturm 21) und
- für erdverlegte Rohrleitungen ca. 30 m (IO 09 - Hauptwasserleitung).

Somit liegen die nächstgelegenen Wohngebäude der Ortsrandlage Rüblingen grundsätzlich in Entfernungen, bei denen für die Art der angewendeten Sprengtechnik dort von geringen Sprengerschütterungsimmissionen ausgegangen werden kann. Berechnungen dazu und zu den

nachfolgend erwähnten Immissionsobjekten sind dem Punkt 5 (Immissionsprognose) zu entnehmen.

Wie bereits aufgeführt, verlaufen im Umfeld der geplanten Erweiterungsfläche diverse öffentliche Verkehrswege. Straßen und Wirtschaftswege können im Regelfall aufgrund Ihres Nutzungszwecks jedoch nur mechanisch und nicht durch Erschütterungen beschädigt werden. Deshalb sind die im Umfeld der Erweiterungsfläche befindlichen Straßen und Wirtschaftswege hinsichtlich der Erschütterungseinwirkungen nicht weiter zu berücksichtigen.

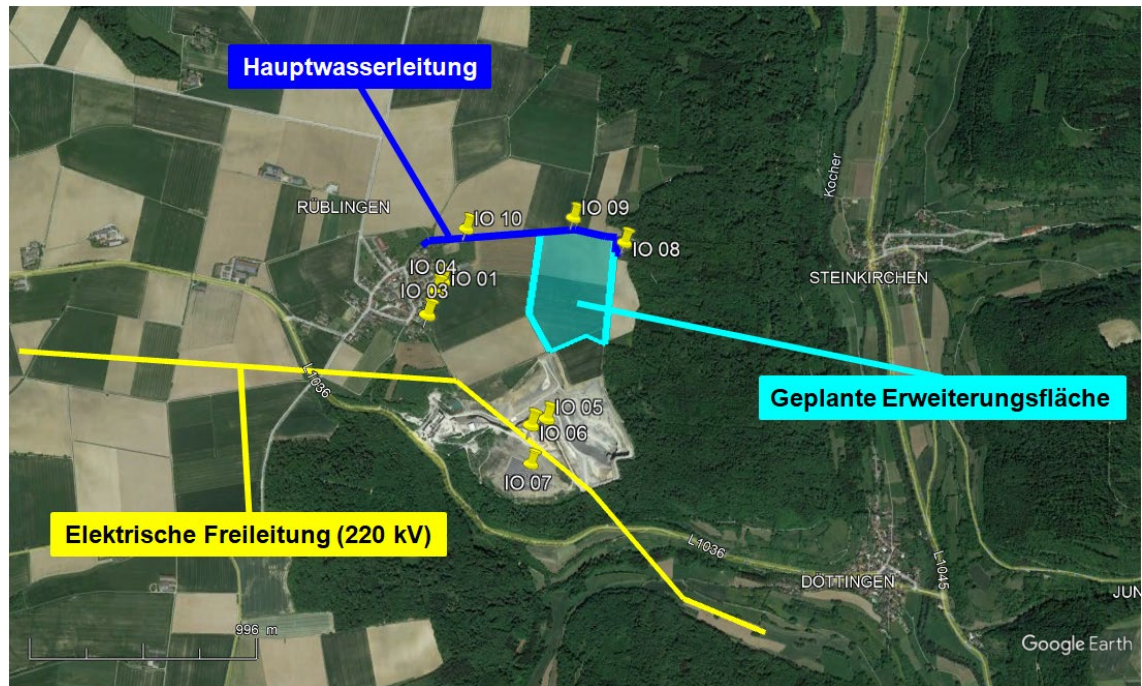


Abbildung 3: Google Earth-Ansicht (Bildaufnahmedatum 15.05.2022) der geplanten Erweiterungsfläche (schematisch) sowie der Lage der einzelnen Immissionsobjekte

Gemäß SprengTR 310 (Anhang T-10) gilt es zu beachten, dass für elektrische Zündanlagen Mindestabstände zu Hochfrequenzsendern einzuhalten sind. Insofern gilt es dieses hier zu betrachten, da die Anwendung des elektrischen Zündverfahrens zukünftig vorgesehen ist.

Die EMF-Karte der Bundesnetzagentur zugrunde legend, sind in einem Radius von 1.000 m rund um die geplante Erweiterungsfläche keine Standorte ortsfester Funkanlagen vorhanden. Abbildung 4 gibt den entsprechenden Ausschnitt der EMF-Karte wieder. Hier ist die Lage der geplanten Erweiterungsfläche in türkis und deren Grenzen in der Farbe Schwarz skizziert.

Ortsfeste Funkanlagen nutzen Frequenzen in den Bereichen 800 MHz, 1,8 GHz und 2,6 GHz. Erfahrungsgemäß kann die Strahlungsleistung EIRP bis zu 10 kW betragen. Unter Berücksichtigung der genannten Frequenzen und Strahlungsleistung EIRP ist gemäß der SprengTR 310 (Anhang T-10) ein Mindestabstand für den Einsatz elektrischer Zünder der Klasse II (Typ U) von 20 m einzuhalten. Prinzipiell ist auch die Verwendung von elektrischen Zündern der Klasse IV (Typ HU) möglich. Somit sind für die Zündanlagen keine Sondermaßnahmen erforderlich. Da die Sprengarbeiten in der Erweiterungsfläche voraussichtlich ganzjährig und somit auch in den Sommermonaten durchgeführt werden, ist wegen der geringen aber nicht gänzlich auszuschließenden Gewittergefahr der Einsatz von elektrischen Zündern der Klasse IV (Typ HU) in den Sommermonaten zu erwägen, oder auf ein anderes Zündsystem umzustellen.

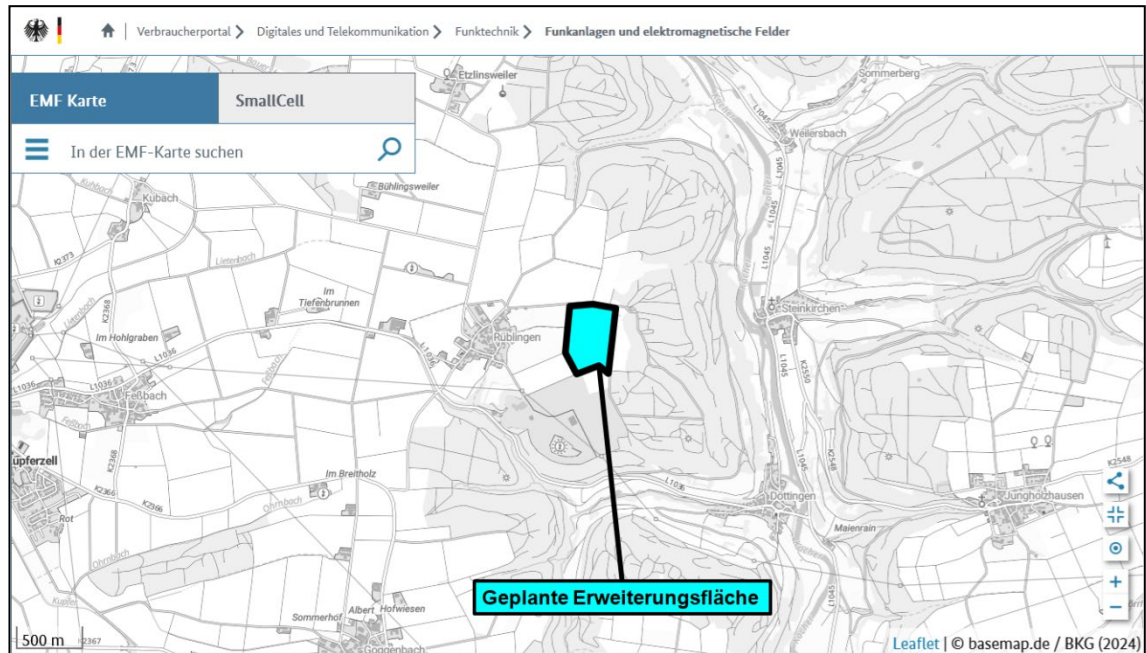


Abbildung 4: Ausschnitt der EMF-Karte mit skizzierter Lage der geplanten Erweiterungsfläche

### 3.2 Bohrtechnik

Die richtige Anordnung und Herstellung der Laderäume haben entscheidenden Einfluss auf das Sprengergebnis, die technische Sicherheit und den Umweltschutz.

Zum jetzigen Zeitpunkt kann keine Festlegung bezüglich der zukünftigen Art der Verwendung findenden Bohrgeräte erfolgen. Jedoch kann auf Basis der Erfahrungen aus dem bisherigen Abbau und aus vergleichbaren geologischen Bedingungen davon ausgegangen werden, dass in diesen Lagerstättenbedingungen sowohl der erfolgreiche Einsatz moderner Imlochhammer- als auch Außenhammer-Bohrgeräte darstellbar ist. Die Auswahl des richtigen dickwandigen Bohrgestänges und unter Umständen die Verwendung von Führungsstangen (bei Außenhammerbohrgeräten) ermöglichen bei fachgerechter Anwendung ein richtungsgenaues und wirtschaftliches Bohren.

Bei der Auswahl des Bohrlochdurchmessers sind viele Faktoren einzubeziehen. Hier gilt es z. B. die geologischen Verhältnisse, den Sprengzweck, die angewandte Sprengtechnik, die Immissionsbedingungen (z. B. die mögliche maximale Lademenge je Zündzeitstufe) und die Leistungsfähigkeit des zur Verfügung stehenden Bohrgerätes hinreichend zu berücksichtigen. In den übertägigen Gewinnungsbetrieben der Bundesrepublik Deutschland bilden derzeit Bohrlochdurchmesser von 76 mm bis 115 mm (in Ausnahmefällen auch bis 140 mm) den Stand der Technik ab.

Bisher weisen die Bohrlöcher in der genehmigten Abbaufäche des Steinbruchs Rüblingen in der Regel Durchmesser von 95 mm auf. Es kann angenommen werden, dass dieser Bohrlochdurchmesser auch in der beantragten Erweiterungsfläche weiterhin Verwendung finden wird. Generell hat sich die Auswahl des Bohrlochdurchmessers an der später aufgeführten maximal möglichen Lademenge je Zündzeitstufe zu orientieren.

Die zukünftig eingesetzten Bohrgeräte sollten nach wie vor dem jeweiligen Stand der Technik entsprechen. Darüber hinaus ist bei der Ausführung der Bohrarbeiten aus qualitativen und sicherheitsrelevanten Gründen besonders darauf zu achten, dass die einzelnen Bohrlöcher richtungsgenau abgebohrt werden.

Es ist generell zu empfehlen, die Erstellung der Bohrlöcher mit Anfertigung von Bohrberichten zu dokumentieren. Die Berichte sollten die folgenden Angaben enthalten:

- Skizze zu den Bohranlagen
- Bohrlochabstände
- Vorgaben
- Bohrlochnummerierungen

- Bohrlochtiefen
- Bohrlochneigungswinkel
- Bohrlochdurchmesser

Ferner sollten im Bohrbericht auch Informationen über den Zustand der Bohrlöcher, über Besonderheiten des Gebirges (Klüfte, ggf. Lehm, Hohlräume, trocken, wasserführend etc.) aufgeführt sein. Auf Grundlage dieser Informationen können die Lade- und Sprengarbeiten an die jeweiligen örtlichen Gegebenheiten angepasst werden.

### **3.3 Zündverfahren**

Gemäß der derzeit gültigen Technischen Regel zum Sprengstoffrecht „Sprengarbeiten“ (SprengTR 310 - Sprengarbeiten) können mittlerweile alle in Deutschland von der BAM zur Verwendung zugelassenen Zündverfahren und -systeme bei Sprengarbeiten Verwendung finden.

In der bisher genehmigten Abbaufäche des Steinbruchs Rüblingen wird das elektrische Zündverfahren mit redundanter Zündung eingesetzt.

Da gegebenenfalls bei einer möglichen Vergrößerung des Bohrlochdurchmessers oder der Sprenganlagen sowie bei Änderung des Sprengstoffs auch andere Zündverfahren zur Anwendung kommen könnten, werden nachfolgend der Vollständigkeit halber alle üblichen Zündverfahren (elektrisches, nichtelektrisches und elektronisches) kurz beschrieben.

Moderne Zündverfahren wie z. B. das nichtelektrische oder elektronische Zündverfahren haben im Vergleich zum elektrischen Zündverfahren folgende Vorteile (Beispiele):

- Große Variationsmöglichkeiten des Zündintervalls
- Deutlich höhere Anzahl von zur Verfügung stehenden Zündzeitstufen. Das hilft besonders bei Ladungsteilungen und Vergrößerung der Sprenganlagen
- Zum Teil höhere Zündgenauigkeiten (elektronisches Zündverfahren)

Durch Anwendung dieser Zündverfahren kann unter anderem gewährleistet werden, dass die in der Immissionsprognose festgesetzten maximalen Lademengen je Zündzeitstufen auch in der Praxis bei nahezu beliebig großen Sprenganlagen respektive mehreren Ladungsteilungen tatsächlich eingehalten und damit die Immissions- bzw. Anhaltswerte der einschlägigen Regelwerke unterschritten werden können.

Im Sinne der Reduzierung von Immissionsquellen ist eine eventuell durch den Einsatz der oben genannten Zündverfahren mögliche Vergrößerung der Sprenganlagen aus Sicht des Immissionsschutzes positiv zu beurteilen, da so die Häufigkeit von Sprengungen abnimmt und damit die Anzahl der Immissionsereignisse sowie der Aufwand der Absperrmaßnahmen sinkt. Erfahrungsgemäß kann die Akzeptanz der Sprengarbeiten durch die Anlieger gesteigert werden, wenn die Anzahl der Sprengungen verringert wird. Hinzu kommt eine Abnahme der Häufigkeit von sprengtechnischen Problembereichen (Randbereiche, Vorgabenbestimmungen etc.).

#### Anmerkung

Es ist in Fachkreisen seit langem bekannt, dass aus einer Erhöhung der Gesamtlademenge an Sprengstoff je Sprengung nicht zwangsläufig eine Erhöhung der Erschütterungsimmissionen resultiert. Dementsprechend ist eine Beschränkung der Bohrlochanzahl je Sprengung grundsätzlich nicht zielführend.

Die Qualität der Erschütterungsimmissionen ist von vielen Faktoren abhängig, wie unter anderem dem Verspannungsgrad im Gebirge, dem spezifischen Sprengstoffaufwand, der maximalen Lademenge je Zündzeitstufe, dem Energieinhalt des Sprengstoffes in Kombination mit dem Gebirge, den einzelnen Zündzeitabständen als auch den Betriebs- und Umfeldbedingungen.

Ein vorrangiger Zweck moderner Zündsysteme ist unter anderem die Reduzierung von Emissionen.

### **3.3.1 Elektrisches Zündverfahren**

Dieses Zündverfahren besteht heute aus der Kombination eines Moment- und in etwa 20 Kurzzeitzündern (herstellerspezifisch) mit 25 ms sowie teilweise weiteren Zündern (bis zu 10 Stück) mit 50 ms Zündintervall.

Damit sind derzeit insgesamt zwischen ca. 10 und 15 Ladungen redundant und ca. 21 bis 30 Ladungen mit nur einem Zünder je Bohrlochladung sicher überschneidungsfrei zündbar.

Um bei Sprenganlagen größeren Umfangs sicherzustellen, dass überschneidungsfrei nur ein Bohrloch je Zündzeitstufe gezündet wird, ist in diesem Fall meistens das nichtelektrische Zündverfahren oder das elektronische Zündverfahren anzuwenden.

### **3.3.2 Weitere Zündverfahren**

Nach der derzeit gültigen Technischen Regel SprengTR 310 - Sprengarbeiten (Nummer 4.5) dürfen alle zur Verwendung zugelassenen Zündsysteme eingesetzt werden. Allerdings ist den Sprengberechtigten der Einsatz nur derjenigen Zündsysteme gestattet, für deren Verwendung sie nachweislich die erforderliche Fachkunde besitzen.

Derzeit gehören folgende Zündsysteme zum Stand der Technik:

- Nichtelektrisches Zündverfahren
- Elektronisches Zündverfahren
- Mehrkreiszündung (elektrische Zündung mit Zündkreisen, die heute faktisch keine Rolle mehr spielt und daher hier nicht weiter ausgeführt wird)

### **Nichtelektrisches Zündverfahren**

Dieses Zündverfahren erlaubt theoretisch eine unbegrenzte Anzahl von Sprengladungen überschneidungsfrei in einer Sprenganlage zur Zündung zu bringen.

Die Teilladungs-, Bohrloch- bzw. Reihenverzögerungen werden durch Verzögerungszünder in der Nähe des Bohrlochmundes hergestellt, nachdem in jeder Bohrlochladung die gleiche Zündzeitstufe eingesetzt wird.

Je nach Hersteller stehen Verzögerungszünder mit z. B. 0, 9, 17, 25, 33, 42, 67, 109, 176 und gegebenenfalls z. B. 280 ms zur Verfügung. Beliebige Kombinationen von Verzögerungszeiten tragen zu einer hohen Flexibilität bei der Herstellung von Zündanlagen bei.

### **Elektronisches Zündverfahren**

Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung des Gutachtens sind in Deutschland mehrere Zündsysteme von der BAM zur Verwendung zugelassen.

Alle Zündsysteme basieren auf einem Einheitszünder. Mit diesen Systemen sind die Verzögerungsintervalle beliebig in z. B. 1 ms Schritten einstellbar und je nach Zündmaschine und Zündsystem bis zu ca. 1.200 oder 1.600 Zünder in einem Zündkreis sicher zündbar. Auf die Besonderheiten der verschiedenen Systeme soll hier nicht weiter eingegangen werden.

Mit der Verwendung von elektronischen Zündern ist die Überschneidungsfreiheit von Sprengladungen unter Verwendung eines geeigneten Zündplanes sicher gewährleistet. Des Weiteren sind auch große Sprenganlagen mit nur einer Ladung je Zündzeitstufe durchführbar.

Die freie Bestimmung des Zündzeitpunktes für jeden Sprengzünder und die hohe zur Verfügung stehende Gesamtanzahl von Sprengzündern wird aus Sicht des Immissionsschutzes positiv beurteilt.

Allerdings kann der alleinige Einsatz dieses Zündverfahrens noch kein Garant zur direkten Reduzierung der Immissionswerte sein. Das für den jeweiligen Anwendungsfall optimale Zündintervall der Teilladungen muss in der Praxis zunächst durch Aufzeichnung der Immissionswerte (besser noch der dazugehörigen Schwingungskurven) festgestellt werden.

## **3.4 Zündungstechnik**

Sofern bei Sprengbohrlöchern die Zündung der gesamten Ladesäule nicht sicher gewährleistet ist, müssen Sprengschnüre mit Sprengzündern verwendet werden (vgl. SprengTR 310 -Spreng-

arbeiten Nummer 4.5.6). Dementsprechend ist der Einsatz von Sprengschnur bei der Verwendung von patronierten Sprengstoffen in Verbindung mit gestreckten Ladungen durch den Einsatz von Zwischenbesatz gängige Praxis. Üblicherweise wird hierbei Sprengschnur mit einem Ladungsgewicht von 20 g/m eingesetzt, so dass die Ladungsteile sicher gezündet werden können. Hierzu sind für jedes Produkt die Verwendungsbestimmungen der BAM zu beachten, die in den Datenblättern der Hersteller meistens aufgeführt sind.

In Abbildung 5 sind die möglichen Zündungsarten für Sprengbohrlöcher, die den heutigen Stand der Technik darstellen, schematisch dargestellt:

- Zündung vom Bohrlochmund aus mit Sprengschnur
- Redundante Zündung aus dem Bohrlochtieftsten mit Sprengschnur
- Redundante Zündung aus dem Bohrlochtieftsten mit Sprengschnur bei geteilter Ladesäule
- Redundante Zündung aus dem Bohrlochtieftsten ohne Sprengschnur

Sofern die Zündung der gesamten Ladesäule sichergestellt ist, ist aus sprengtechnischen und erschütterungstechnischen Gründen die Zündung aus dem Bohrlochtieftsten zu empfehlen.

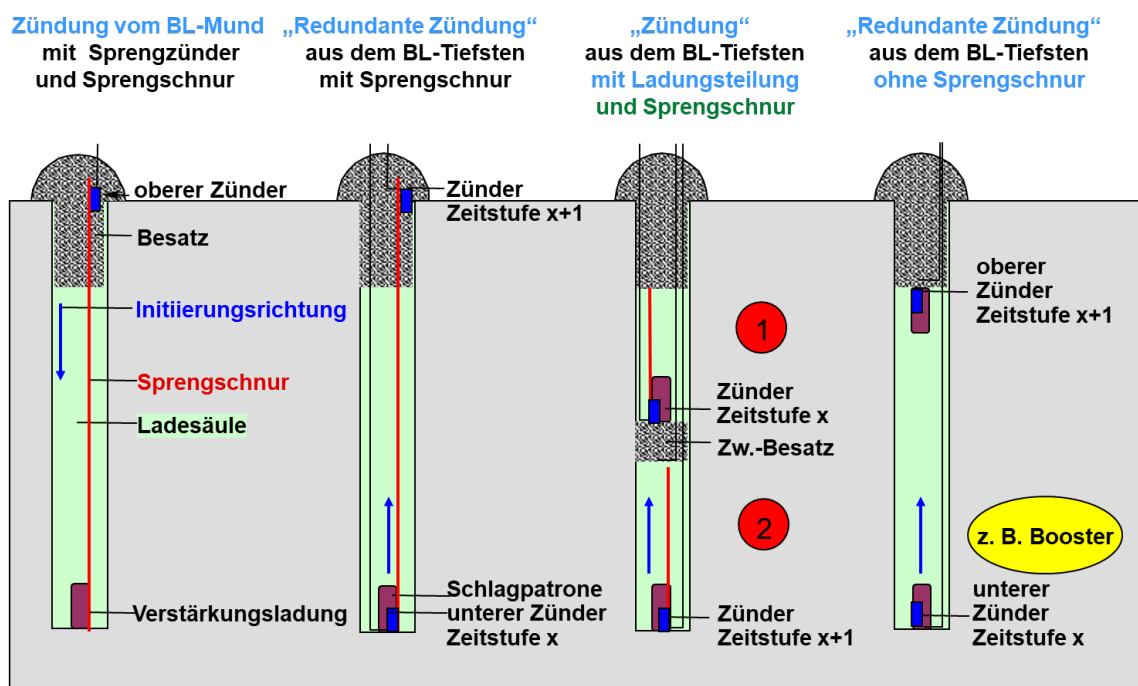


Abbildung 5: Beispiel für Zündungsarten von Großbohrlöchern

Des Weiteren kann, in geologisch schwierigen Bereichen der Lagerstätten, durch einen zusätzlichen Sprengzünder am Bohrlochmund in der Regel ein vollständiges Durchdetonieren der Ladesäule gewährleistet werden, auch wenn eventuell ein einmaliges Abscheren der Ladesäule vorliegen sollte. Damit lassen sich in vielen Fällen gefährliche Teilversager vermeiden. Bei Bohrlochsprengungen ist der Einsatz des redundanten Zünders individuell zu beurteilen.

Der redundante Sprengzünder (2) ist laut der SprengTR 310 - Sprengarbeiten (Nummer 4.5.6) vorgeschrieben, sofern die Zündung der gesamten Ladesäule nicht sicher garantiert werden kann. Durch die redundante Zündung aus dem Bohrlochtieftsten mit Ladungsteilung und Sprengschnur (3) kann eine Reduzierung der Lademenge je Zündzeitstufe vorgenommen werden. Damit geht eine Verringerung der Erschütterungsimmissionen einher, die umso größer ist, desto geringer das ausgewählte Sprengmuster ist, weil dadurch der spezifische Sprengstoffaufwand ansteigt.

Die redundante Zündung aus dem Bohrlochtieftsten ohne Sprengschnur (4) ist gemäß der SprengTR 310 - Sprengarbeiten dann vorgesehen, wenn das Abscheren von Ladungsteilen nicht ausgeschlossen ist (Nummer 4.5.6 Absatz 4). Ein Durchdetonieren der Ladung ist durch Verwendung von losem Sprengstoff (z. B. pumpfähigen Emulsionssprengstoff oder ANFO) meistens gegeben. Vor jeder einzelnen Sprengung muss eine individuelle Beurteilung der örtlichen Gegebenheiten erfolgen.

### **3.5 Sprengtechnik**

Wenn immer möglich, sollte bei Anwendung der Sprengtechnik deren neuester Stand der Technik Berücksichtigung finden. Die Bestimmungen der SprengTR 310 - Sprengarbeiten bzw. zukünftige Aktualisierungen müssen dabei jederzeit befolgt werden. Hilfreich hierfür sind die dazugehörigen Anwendungshinweise (aktuell DGUV Information 213-110 - Sprengarbeiten - Anwendungshinweise zur SprengTR 310).

Auch in der zukünftigen Regelabbauphase werden nach derzeitigem Kenntnisstand überwiegend Einreihensprengungen eingesetzt werden. Solange die in der Immissionsprognose berechnete maximale Lademenge je Zündzeitstufe bzw. die Anhalts- und Immissionswerte der DIN 4150 eingehalten werden, können beliebig große Sprenganlagen durchgeführt werden.

Zur Bestimmung der Vorgaben und der genauen Bohrlochtiefen wird empfohlen, die jeweiligen Abbaubereiche der Sprengungen im 2D- oder 3D-Verfahren zu vermessen sowie die Sprenganlagen anschließend entsprechend exakt zu planen. Durch diese Vorgehensweise können Erschütterungen reduziert, Steinflug vermieden und besonders die Haufwerksqualität betrieblich optimal eingestellt werden. Neben vielen weiteren Vorteilen, sind so zusätzlich gute Dokumentationsnachweise erstellbar.

Da die geplante Erweiterungsfläche von der bisher genehmigten Abbaufäche aus erschlossen wird, sind hier keine umfangreichen Aufschlussarbeiten zur Herstellung der Gewinnungssohlen erforderlich.

Je nach Bruchwandhöhe (bzw. Bohrlochtiefe) kann der spezifische Sprengstoffaufwand – nach den Erfahrungen aus den Sprengungen in der bisher genehmigten Abbaufäche – bis zu ca.  $q = 0,32 \text{ kg/fm}^3$  betragen. Aus dem spezifischen Sprengstoffaufwand ergibt sich für die jeweilige Bruchwandhöhe ein entsprechendes Bohrlochrastrer.

Ausgehend von einer maximalen Bruchwandhöhe von ca. 26 m, einem spezifischen Sprengstoffaufwand von  $q = 0,27 \text{ kg/fm}^3$  und bei Beibehaltung eines Bohrlochdurchmessers von 95 mm sowie einer Bohrlochneigung von  $90^\circ$ , können beispielhaft die Vorgabe ca. 4,0 m und der Seitenabstand ca. 4,5 m betragen.

Je nach Bohrlochverhältnissen (trocken / wasserführend), des weiteren Verzichts auf eine Unterbohrung, dem bisher eingesetzten Ladesäulenaufbau (Sprengstoffart und eventuellem Zwischenbesatz zum Strecken der Ladesäule zur Steuerung der Haufwerksstückigkeit) und einem Endbesatz von ca. 4,0 m, ergibt sich für den Bohrlochdurchmesser 95 mm eine maximale Bohrlochladung von ca. 125,5 kg bis maximal ca. 130,2 kg. Dabei ist die Verwendung von Zwischenbesatz zur Streckung der Ladesäule nicht berücksichtigt. Insofern ist diese Lademenge der Worst Case für diesen Bohrlochdurchmesser.

Die bohr- und sprengtechnischen Erfahrungen aus dem Gesteinsabbau in der bisher genehmigten Abbaufäche werden auch in der geplanten Erweiterungsfläche berücksichtigt.

In der bisher genehmigten Abbaufäche werden überwiegend patronierter gelatinöser Sprengstoff (als Schlagladung) sowie patronierter Emulsionssprengstoff eingesetzt. Es ist davon auszugehen, dass diese Sprengstoffe auch in der geplanten Erweiterungsfläche Verwendung finden werden.

## **4 Grundlagen zur Immissionsprognose**

Bei der Durchführung von Strossensprengungen entstehen zwangsläufig Emissionen, da sich die Gesamtenergie der Sprengstoffumsetzung in zwei Hauptenergieanteile aufteilt:

- In einen Wirkanteil, der in sprengtechnisch gewünschter Form zur Ablösung, Zerkleinerung und zum Werfen einer bestimmten Gesteinsmasse benötigt wird.
- In einen nicht unerheblichen Anteil an Verlustenergie. Neben einem kleinen Anteil, der als thermische (Wärmeabstrahlung) und akustische Energie (Luftschall) in der Atmosphäre verlorengeht, wird der weitaus größte Anteil der Verlustenergie an das anstehende Gestein als elastische Wellen in Form von spürbaren Erschütterungen (Körperschall) abgegeben.

Die bei Sprengungen entstehenden Emissionen lassen sich sprengtechnisch nicht vermeiden, sondern nur reduzieren, wenn deren Ursprung bekannt ist, und geeignete Gegenmaßnahmen getroffen werden.

#### **4.1 Sprengerschütterungen - Allgemeines -**

Sprengerschütterungen stellen bei Strossensprengungen die Hauptform der auftretenden Energieverluste dar.

##### **Emissionen**

Während im direkten Einwirkungsbereich von Sprenganlagen die Energie wie geplant und erwünscht den Gebirgsverband pulverisiert und bis zur Haarrissbildung zerstört, auflockert und die Vorgaben geworfen werden, können in entfernteren Bereichen Bodenschwingungen auftreten.

Als Schwingung wird eine zeitliche Veränderung von physikalischen Größen bezeichnet, wenn diese Veränderung im betrachteten Zeitraum nicht monoton verläuft. Ein betrachteter Punkt durchläuft dabei immer die gleiche Ruhelage. Demgegenüber entsteht eine Welle durch das räumliche Zusammenwirken zahlreicher schwingender Teilchen. Hier führen die einzelnen Punkte zur Gänze gleichartige Schwingungen aus. Sie gehen jedoch nicht alle gleichzeitig, sondern nacheinander durch die Ruhelage.

Durch Sprengarbeiten im anstehenden Boden oder Fels entstehen somit seismische Wellen, deren Weiterleitung durch den Untergrund die Ursache für Erschütterungen ist. Man unterscheidet dabei zwei Hauptwellenarten: Raum- und Oberflächenwellen.

Beide Wellenarten sind im Wesentlichen durch die Ausbreitungsgeschwindigkeit und die Frequenz (daraus resultiert die Wellenlänge) charakterisiert.

In der Theorie werden für geringe Entfernungen zwischen Erschütterungserreger (Sprengung) und Immissionsort die Raumwellen (Transversal- und Kompressionswellen) und für einen größeren Abstand (> 100 m) die Oberflächenwellen als maßgeblich für die Erschütterungsbetrachtung herangezogen. Letztere sind durch niedrigere Frequenzen, aber höhere Schwingungsamplituden gekennzeichnet.

Die in der Praxis auftretenden Ausbreitungsverhältnisse liegen zumeist zwischen diesen beiden Grenzfällen.

##### **Unveränderliche Faktoren für die Ausbildung von Bodenschwingungen sind z. B.:**

- Geologische und tektonische Verhältnisse
- Topographische und morphologische Gegebenheiten
- Entfernung zwischen Sprengstelle und Immissionsort sowie ihre räumliche Lage zueinander

##### **Beeinflussbare und veränderbare Faktoren sind z. B.:**

- Höchstlademenge an Sprengstoff je Zündzeitstufe und deren zeitliche Beeinflussung untereinander (z. B. Zündzeitabstände)
- Zünd- und Zündungstechnik
- Spezifischer Sprengstoffaufwand
- Verspannungsgrad des zu lösenden Gesteins
- Die gewählte Lösungsform der Bruchwandfußvorgaben, z. B. räumliche und zeitliche Trennung

##### **Immissionen**

Bei der Einwirkung von externen Erschütterungsquellen (z. B. Sprengungen) werden die einzelnen Teile des Gebäudes über die Fundamente in unterschiedlicher Weise zu Schwingungen angeregt. Dadurch treten dynamische Spannungen in den Bauteilen auf. Überschreiten diese die Festigkeitsgrenze des Materials, kommt es zur Rissbildung.

Für die Beurteilung dieser Schwingungen sind folgende Faktoren ausschlaggebend:

- Maximale Schwinggeschwindigkeit
- Schwingfrequenzen
- Schwingungsdauer
- Bauliche und statische Beschaffenheit des Einwirkortes

Die Beanspruchungen können je nach der Größe der Erschütterungsimmissionen und anderer Gegebenheiten (wie z. B. Gebäudekonstruktion, Bausubstanz) bauliche Schäden hervorrufen. Zunächst können aber für die Bewohner bei entsprechender Immissionshöhe belästigende Einwirkungen entstehen.

Tabelle 2 veranschaulicht die Empfindungsstärken des Menschen in Relation zu Schwinggeschwindigkeiten von 0,2 bis 5,0 mm/s.

Empfindungsstärke	Schwinggeschwindigkeit (mm/s)
Spürbar	0,2 - 0,5
Bemerkbar	0,5 - 1,0
Unangenehm	1,0 - 2,0
Störend	2,0 - 3,0
Ggf. beanstandbar	3,0 - 5,0

Tabelle 2: Empfindungsstärken des Menschen auf Erschütterungen (Quelle: Landesamt für Immissionsschutz (LAI), Essen)

#### **4.2 Beurteilungsgrundlage für Sprengerschütterungsimmissionen**

Erschütterungsimmissionen unterliegen generell keiner gesetzlichen Vorgabe durch Grenzwerte. Die Beurteilung erfolgt daher anhand der fachlichen Empfehlungen des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“ (letzte Überarbeitung am 06.03.2018) sowie dem gleichlautenden Ministerialblatt der Bundesländer (Runderlass der Bundesländer), die allesamt auf der DIN 4150 aufbauen.

Der Runderlass der Bundesländer wird jedoch von den für den Immissionsschutz zuständigen Behörden in der Praxis verbindlich angewendet (auch im Bundesland Baden-Württemberg).

Die Basis für diese Beurteilungsgrundlagen von Erschütterungsimmissionen bildet seit Jahrzehnten die Deutsche Industrie Norm DIN 4150 - Erschütterungen im Bauwesen - in ihrer jeweils gültigen Form, die inhaltlich fast identisch in die zuvor genannten „Richtlinien“ eingeflossen ist.

Diese dreiteilige Norm, bestehend aus

- Teil 1 Vorermittlung von Schwingungsgrößen (Weißdruck Dezember 2022)
- Teil 2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Weißdruck Juni 1999, sowie Entwurfsfassung vom 21.11.2023)
- Teil 3 Einwirkungen auf bauliche Anlagen (Weißdruck Dezember 2016)

wird in gewissen Zeitabständen überarbeitet, so dass die neuesten Erkenntnisse in Bezug auf den Immissionsschutz in die Anhaltswerte einfließen. Für die Immissionsbeurteilung sind diese Normen zwingend anzuwenden.

Die messtechnische Erfassung, Aufzeichnung und Auswertung von Sprengerschütterungsimmissionen ist nach der DIN 45669 - Messung von Schwingungsimmissionen - durchzuführen. Für jedes Schwingungsereignis sind die Schwinggeschwindigkeit durch spezielle Schwingungsmessgeräte in Millimeter pro Sekunde (mm/s) und die maßgeblichen Schwingfrequenzen des Ereignisses in Hertz (Hz) zu ermitteln. Weitere Größen wie Schwingwege und Schwingbeschleunigungen lassen sich ebenfalls messtechnisch erfassen oder aus den Messwerten rechnerisch ableiten.

Die Anhalts- bzw. Immissionswerte sind in den Regelwerken nicht als Grenzwerte zu verstehen, sondern bedürfen im Falle von Überschreitungen der weiteren fachlichen Auslegung. Für Immissionsprognosen gelten diese Werte jedoch zunächst als Obergrenze.

##### **4.2.1 Einwirkungen auf bauliche Anlagen (DIN 4150 Teil 3)**

Die sogenannte Erschütterungsrichtlinie orientiert sich an der DIN 4150 Teil 3 und übernimmt die Anhaltswerte der DIN als Immissionswerte (IW). Sie gilt den Behörden als Mittel zur Umsetzung von Maßnahmen und Beurteilungen von Erschütterungen, da die DIN nur normativen Charakter hat. Trotzdem bildet die DIN den Stand der Technik ab.

Nachfolgend wird daher von Anhaltswerten (nach DIN) bzw. Immissionswerten (nach Erschütterungsrichtlinie) gesprochen.

Tabelle 3 gibt den maßgeblichen Auszug der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 wieder.

Das in Abbildung 6 aufgeführte Diagramm stellt die Werte der Tabelle 3 (vgl. Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) graphisch dar.

Die DIN 4150 Teil 3 nennt Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit bei kurzzeitigen Erschütterungen (wie dies bei Sprengungen der Fall ist), die aus zahlreichen Messungen und Erfahrungswerten gewonnen wurden.

Bei der Einordnung der Gebäude in die Tabelle 3 wird für die festgelegten Anhalts- bzw. Immissionswerte nicht die jeweilige individuelle Bausubstanz unterschieden. Insofern sind bei den Anhalts- bzw. Immissionswerten deutliche Sicherheiten vorhanden, da die Werte sehr gering für alle Eventualitäten ausgelegt sind. Der Unterzeichner kann die Anhalts- bzw. Immissionswerte mit den damit vermittelten Aussagen aus der Praxis bestätigen.

Die in der Tabelle 3 aufgeführten Anhalts- bzw. Immissionswerte sollten bei den Sprengarbeiten sowohl für die Fundamentanregung als auch für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses eingehalten werden.

Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude						
Zeile/Spalte	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
	1	2	3	4	5	6
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 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 2 entsprechen und 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> Es ist zu beachten, dass bei der Gebäudeart nach Tabelle 1, Zeile 3 zur Verhinderung leichter Schäden eine Abminderung dieses Anhaltswertes notwendig werden kann.

Tabelle 3: Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v_{i, \max}$  zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude

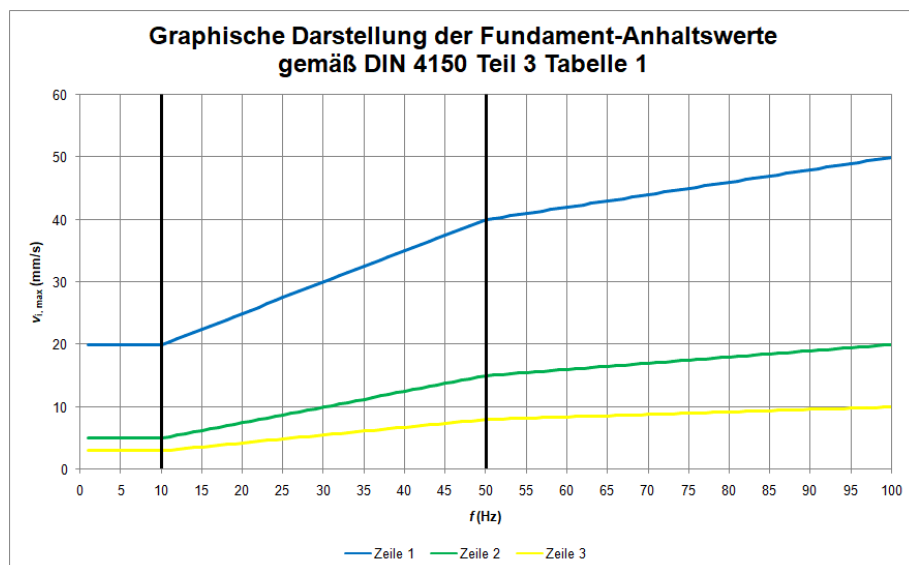


Abbildung 6: Diagramm zur Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 (nach Bild 1 – Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte von Tabelle 1, S. 9)

Für die Beurteilung des jeweiligen Gesamtbauwerks sind die horizontalen Schwinggeschwindigkeiten in der obersten Deckenebene maßgebend. Es wird der größte Wert der horizontalen Schwinggeschwindigkeit zugrunde gelegt. Bei Messungen an dieser Stelle werden in der Regel die maximalen horizontalen Schwingungsantworten des Bauwerks auf die Fundamentanregung ermittelt.

Die frequenzabhängigen Anhalts- bzw. Immissionswerte für Fundamenterschütterungen berücksichtigen im Regelfall auch das Übertragungsverhalten vom Fundament auf die oberste Deckenebene.

Folgende Aussagen bilden in der DIN den Stand der Technik ab, der aus der langjährigen Erfahrung des Unterzeichners bestätigt werden kann:

- Werden die 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. Bei Überschreitungen sind gegebenenfalls weitergehende Untersuchungen erforderlich, beispielsweise die Spannungsermittlung und -beurteilung nach den unter 4.3 und 4.4 in der DIN erläuterten Verfahren.
- Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150 Teil 3 sind z. B.
  - Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und
  - Verminderung der Tragfähigkeit von Decken und anderen Bauteilen.
- Bei Gebäuden nach Tabelle 3 (vgl. Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3), Zeilen 2 und 3, ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z. B.
  - Risse im Putz von Wänden auftreten,
  - bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden,
  - Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.

Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.

- Treten bei kurzzeitigen Erschütterungen Deckenschwingungen auf, so ist bei  $v_z \leq 20$  mm/s in vertikaler Messrichtung am Ort der größten Schwinggeschwindigkeit – dies ist im Allgemeinen die Deckenmitte – eine Verminderung des Gebrauchswertes nicht zu erwarten. Alternativ zu einer direkten Messung dürfen die vertikalen Schwingungen am Fundament zur Beurteilung herangezogen werden.
- Die stärksten Vertikalschwingungen treten nicht zwangsläufig in der obersten Deckenebene auf.

Für erdverlegte Rohrleitungen diverser Materialien und Verbindungstechniken gelten im Wesentlichen die Anhaltswerte der Tabelle 3 der DIN 4150 Teil 3. Diese Tabelle wird in der nachfolgenden Tabelle 4 wiedergegeben.

Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Rohrleitungen		
Zeile	Leitungsbaustoffe	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $v_{i, \max}$ in mm/s auf der Rohrleitung
1	Stahl, geschweißt	100
2	Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Metall mit oder ohne Flansche	80
3	Mauerwerk, Kunststoff	50
Dränageröhre sind nach Zeile 3 zu beurteilen.		

Tabelle 4: Tabelle 3 der DIN 4150 Teil 3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit  $v_{i, \max}$  zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Rohrleitungen

#### 4.2.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150 Teil 2)

Die Erschütterungsrichtlinie lehnt sich auch hier bezüglich der Immissionswerte sehr stark an die DIN 4150 Teil 2 an. Unter Nummer 3 verweist sie ausdrücklich darauf, dass die Tabelle 3 der Erschütterungsrichtlinie Immissionswerte für Situationen angibt, in denen Erschütterungsquellen über mehrere Monate und Jahre auf Immissionsobjekte einwirken. Für vereinzelt auftretende (kurzzeitige) Erschütterungen gelten Besonderheiten. Dementsprechend ist die nachfolgend in Tabelle 5 wiedergegebene Tabelle 3 der Erschütterungsrichtlinie nur eingeschränkt anzuwenden und zwar nur dann, wenn die Sonderregelungen für kurzzeitige Erschütterungen nicht umgesetzt werden.

Immissionswerte (IW) für die Beurteilung von Erschütterungsmissionen in Wohnungen und vergleichbaren schutzbedürftigen Räumen							
Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		$IW_u$	$IW_o$	$IW_r$	$IW_u$	$IW_o$	$IW_r$
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).	0,40	6,0	0,20	0,30	0,60	0,15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete BauNVO, § 8).	0,30	6,0	0,15	0,20	0,40	0,10
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete BauNVO, § 7, Mischgebiete BauNVO, § 6, Dorfgebiete BauNVO, § 5).	0,20	5,0	0,10	0,15	0,30	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	0,07	0,10	0,20	0,05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken (§ 11 BauNVO)	0,10	3,0	0,05	0,10	0,15	0,05
Beurteilungsgrößen nach DIN 4150 Teil 2		$KB_{Fmax}$	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$	$KB_{Fmax}$	$KB_{Fmax}$	$KB_{FTr}$

Tabelle 5: Immissionswerte (IW) für die Beurteilung von Erschütterungsmissionen in Wohnungen und vergleichbaren schutzbedürftigen Räumen

#### Sonderregelung für kurzzeitige Erschütterungen

Unter 6.5 „quellenspezifische Regelungen“ geht die DIN 4150 Teil 2 in Ihren Unterpunkt 6.5.1 auf selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen ein. Diese Ausführungen werden in der Erschütterungsrichtlinie übernommen.

Danach sind als selten und kurzzeitig einwirkende Erschütterungen solche Ereignisse einzuordnen, die eine Einwirkungsdauer von wenigen Sekunden pro Ereignis (bei bis zu drei Ereignissen je Tag) haben. Hierunter fallen eindeutig Sprengerschütterungen.

Nach den Ausführungen dieser Sonderregelung gelten die Anforderungen der DIN als eingehalten, wenn die maximale Schwingstärke  $KB_{Fmax}$  kleiner oder gleich dem (oberen) Immissionswert  $IW_o$  nach Tabelle 5 ist. Diese Regelung kann in Anlehnung an die DIN 4150 Teil 2 Anwendung finden, sofern nur maximal 3 Ereignisse pro Tag stattfinden, wobei mehrere Sprengungen unmittelbar aufeinander folgend als ein Ereignis gelten, sofern nicht mehr als 15 Sprengungen in einer Woche durchgeführt werden.

Wenn die Sprengungen werktags mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten von 7:00 bis 13:00 Uhr oder von 15:00 bis 19:00 Uhr erfolgen, gelten in den Gebieten nach der oben aufgeführten Tabelle 5, Zeilen 3 und 4, auch die  $IW_o$ -Werte nach Zeile 1 ( $IW_o = 6,0$ ), wenn nur ein Ereignis pro Tag stattfindet.

Bis zu 10-mal pro Jahr dürfen die  $IW_o$ -Werte bis zu 8,0 (je Immissionsort) betragen (Nummer 4.2 der Erschütterungsrichtlinie).

Die Vorwarnung erfolgt in der Regel durch akustische Signalgebung (z. B. Sprengsignale oder Aushang bzw. telefonische Vorwarnung) oder außerhalb des Absperrbereichs durch andere Maßnahmen.

Die Fa. Paul Kleinknecht stellt als Antragstellerin sicher, dass die Voraussetzungen zur Inanspruchnahme dieser Sonderregelung bei den Sprengungen immer erfüllt sind. Daher kommt

auch zukünftig der Immissionswert von  $IW_0 = 6,0$  im Regelfall zur Anwendung und ist Grundlage der Immissionsprognose.

#### **4.3 Vorermittlung von Schwingungsgrößen (DIN 4150 Teil 1)**

Grundlage für die Vorermittlung von Schwingungsgrößen sind die in der DIN 4150 Teil 1 - Vorermittlung von Schwingungsgrößen - aufgeführten Prognoseformeln. Für die Immissionsprognose werden zwei unterschiedliche Grundgleichungen benutzt, die den Einfluss der Lademenge je Zündzeitstufe und die Immissionshöhe zur Entfernung zwischen Emissionsort (Sprenganlage) und Immissionsort (Bauwerk) in Beziehung setzen und die mit den Ausführungen aus der DIN 4150 Teil 1 korrespondieren. Sie beinhalten seit vielen Jahren den Stand der Technik.

#### **Koch`sche Gleichung**

Diese wurde von *Prof. Koch* beim Bau der Biggetalsperre – damals wurden später überflutete Häuser als Versuchsobjekte benutzt – aus praktischen Messreihen entwickelt und stellt heute immer noch den Stand der Technik dar:

$$v_i = K \cdot \frac{\sqrt{L}}{R}$$

Darin bedeuten:

- $v_i$  = maximale Schwinggeschwindigkeit (mm/s)
- $L$  = Höchstlademenge je Zündzeitstufe (kg)
- $R$  = minimale Entfernung Sprengstelle - Immissionsort (m)
- $K$  = Gebirgsbeiwert

Die Koch`sche Gleichung bietet für den Nahbereich (Entfernung zum Emissionsort < 100 m) eine gute Prognosesicherheit. Der Gebirgsbeiwert  $K$  wird (sofern keine Messwerte in dem anstehenden Gebirge vorliegen) üblicherweise mit 100 angenommen.

#### **Formeln nach BGR**

1986 wurde das Resultat eines Forschungsauftrages in den Nobelheften veröffentlicht, der federführend von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) bearbeitet wurde und im Wesentlichen die Vorermittlung von Sprengerschütterungsemissionen zum Thema hatte.

Die Autoren *Dr. Lüdeling* und *Dr. Hinzen* veröffentlichten zwei Formeln sowohl für Sediment- als auch kristalline Gesteine:

$$\text{Kristallines Gestein:} \quad v_i = K \cdot L^{0,8} \cdot R^{-1,3}$$

$$\text{Sedimente:} \quad v_i = K \cdot L^{0,6} \cdot R^{-1,5}$$

$v_i$ ,  $L$  und  $R$  haben die gleiche Bedeutung wie in der Koch`schen Gleichung.

Die BGR-Formel hat sich besonders für den Fernbereich (Entfernung zum Emissionsort > 100 m) als gute Möglichkeit zur Vorabschätzung bewährt.

Sofern keine Erfahrungs- bzw. Messwerte vorliegen, wird der Gebirgsbeiwert  $K$  im kristallinen Gestein mit dem Wert 206 und im Sedimentgestein mit dem Wert 969 angenommen. Aufgrund des im Steinbruch Rüblingen anstehenden Kalksteins und der Entfernungssituation ist die BGR-Formel für Sedimentgestein hier die maßgebende Formel.

Mit Hilfe von Erschütterungsmessungen im anstehenden und zu beurteilenden Festgestein kann der Gebirgsbeiwert  $K$  in Abhängigkeit von  $L$  und  $R$  für jede Situation individuell errechnet werden.

## **5 Immissionsprognose**

Die Vorgehensweise bei der Immissionsprognose bezüglich der Sprengerschüttungsimmis-sionen gliedert sich in mehrere Schritte.

Zunächst werden mit Hilfe des festgelegten Gebirgsbeiwertes Lademengen-Abstandstabellen berechnet. Den jeweiligen minimalen Abstand zu den einzelnen Immissionsobjekten zugrunde legend, wird hiermit die maximal mögliche Lademenge je Zündzeitstufe ermittelt, bei deren Einsatz die jeweils gültigen Anhalts- bzw. Immissionswerte sicher eingehalten werden. Dabei werden die geringstmöglichen Entfernungen zwischen den Immissionsobjekten und der Abbau-grenze berücksichtigt. In der späteren Praxis werden die tatsächlichen Entfernungen dementsprechend größer sein. Nur zu den Immissionsobjekten IO 08 und IO 09 wird (wegen der geringen Nähe) die Entfernung zum tatsächlichen Abbau berücksichtigt.

Anschließend wird überprüft, ob diese maximale Lademenge je Zündzeitstufe in der Praxis durch die geplante Bohr- und Sprengtechnik zu realisieren ist, respektive welche Sicherheiten sich für die Praxis ergeben.

Die Durchführung der Immissionsprognose für die Sprengarbeiten bedingt die Umrechnung des einzuhaltenden Anhalts- bzw. Immissionswertes – hier  $IW_o = A_o = 6$  – auf Schwingge-schwindigkeitswerte zunächst für das Obergeschoss und anschließend für das Gebäude-fundament. Diese Umrechnung ist erforderlich, da die Prognoseformeln für Sprengungen als Bezugsgröße die Schwinggeschwindigkeiten am Gebäudefundament verwenden.

Hierzu gelten für den allgemeinen Rechengang die Gleichungen 6 und 7 der DIN 4150 Teil 2:

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

$$\text{Gleichung 7 der DIN} \quad A_o = KB_{Fmax}^* = KB \cdot c_F$$

Darin bedeuten:

- $v_{max}$  = maximale Schwinggeschwindigkeit auf der Deckenebene (mm/s)
- $f_0$  = Bezugsfrequenz 5,6 Hz
- $f$  = Schwingfrequenz (geschätzt mit ca. 10 Hz)
- $c_F$  = Konstante
- $A_o$  = Immissionswert (IW)

Das Berechnungsverfahren kann für alle Arten von Erschütterungen zur Umrechnung in Schwinggeschwindigkeiten verwendet werden.

Der  $c_F$ -Wert kann der Tabelle 3 der DIN 4150 Teil 2 Zeile 4 entnommen werden und gilt für Einzelereignisse kurzer Dauer bei denen im Regelfall keine Resonanzen zu erwarten sind.

Erfahrungsgemäß sind bei Sprengarbeiten (kurzzeitige Erschütterungen) keine Resonanzen in den Geschossdecken feststellbar (vgl. 5.5.5. der DIN 4150 Teil 1). Somit kann hier der  $c_F$ -Wert von 0,6 angewendet werden.

Die Darstellung der Berechnungen unter Verwendung eines  $c_F$ -Wertes von 0,8 erfolgt in den Tabellen 6 und 7 nur zum Vergleich und hat dementsprechend ausschließlich informativen Charakter.

### Bestimmung des Überhöhungswertes

Um bei mehrgeschossigen Gebäuden aus der Schwinggeschwindigkeit auf der Deckenebene die Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament ableiten zu können, ist die Berücksichtigung des Überhöhungswertes  $\ddot{U}$  erforderlich.

Der Überhöhungswert findet standardmäßig Verwendung, um dynamische Belastungen an schützenswerten Gebäuden mit mehreren Stockwerken zu bewerten. Der Wert beschreibt die erhöhte Anregung im Bereich der Deckenebenen in Bezug zur Fundamentanregung. Er ist der Quotient der maximalen Schwinggeschwindigkeit  $v_{i, max}$  jeweils in der obersten Deckenebene und am Gebäudefundament.

Die Höhe des Überhöhungswertes ist von vielen Faktoren abhängig, z. B. von

- der Art der Anregung (z. B. kurzzeitige Erschütterung),
- der Bausubstanz,
- des Gebäudetyps (z. B. Wohn- oder Industriegebäude),
- den Deckenspannweiten,
- der Bauart und des Materials der Geschossdecken,
- der Anzahl der Stockwerke sowie,
- den in das Bauwerk eingeleiteten Frequenzen.

Je höher die Frequenz der Anregung ist, desto geringer ist erfahrungsgemäß der Überhöhungswert. Für Wohngebäude „normaler Bauart“ liegt dieser Überhöhungswert im Regelfall im Bereich von  $\ddot{U} = 2$  bis  $\ddot{U} = 4$ , abhängig von der Erregungsart sowie der Entfernung und den Frequenzen. Für gewerblich genutzte und dementsprechend massiver gebaute Gebäude beziehungsweise für Industriegebäude liegt der Überhöhungswert niedriger. Grundsätzlich gilt, dass der Überhöhungswert mit zunehmender Gebäudestabilität abnimmt.

Maßgeblich für die zu betrachtenden Gebäude (hier Wohngebäude) wird im vorliegenden Prognoseverfahren ein Überhöhungswert von  $\ddot{U} = 4$  zugrunde gelegt.

Dieser Wert ist größer als der Medianwert der Überhöhungswerte, die der Unterzeichner im Rahmen der vom 27.02.2024 bis zum 18.06.2024 in den Wohngebäuden IO 01 - Whs Am Glockenturm 21/1 und IO 03 - Whs Am Glockenturm 33 von ihm durchgeführten Erschütterungsmessungen berechnet hat (vgl. Messbericht des Unterzeichners vom 01.07.2024, Anlage 2). Hierbei bilden die Messdaten von 44 Sprengungen im Steinbruch Rüblingen die Grundlage für die Berechnungen.

Der Median eignet sich besonders für einen umfassenden Überblick über die im Messzeitraum berechneten Überhöhungswerte. Denn der Median stellt den lagetypischen Mittelwert dar. Da er gewichtet ist, liegen 50 % der Werte oberhalb und 50 % unterhalb des Medianwertes. Für den vorbezeichneten Messzeitraum beträgt der Median aller an den beiden Immissionsobjekten berechneten Überhöhungswerte  $\ddot{U}_{\text{Median, gemessen, gesamt}} = 2,11$ .

Die auf den Erschütterungsmessungen basierenden Überhöhungswerte verdeutlichen, dass der für die vorliegende Immissionsprognose verwendete Überhöhungswert  $\ddot{U} = 4$  für Wohngebäude mit ein bis zwei Geschoßhöhen in stabiler Bauweise einen üblichen und angemessenen Überhöhungswert darstellt. Hierbei werden auch die üblichen Schwankungen des Wertes bei einer Vielzahl von Messungen berücksichtigt. Somit kann davon ausgegangen werden, dass der hier angesetzte Überhöhungswert ausreichend hohe Sicherheiten für die Prognose der Sprengerschütterungsimmersionen beinhaltet.

Auch haben Erfahrungen des Unterzeichners über Jahre gezeigt, dass diese Annahme bei praktischen Messungen einen guten Näherungswert darstellt.

Zur Information: Bei allen für die Berechnung maßgebenden Sprengungen wurde der Überhöhungswert von  $\ddot{U} = 4$  nur zweimal überschritten.

#### Anmerkung

Es gilt zu beachten, dass eventuell in Gebäuden verbaute Holzdecken aufgrund ihrer Materialeigenschaften prinzipiell größere Erschütterungen schadlos aufnehmen können als Betondecken. Es besteht somit bei kurzzeitigen Erschütterungen erfahrungsgemäß kein Erfordernis den Überhöhungswert zu erhöhen.

Für die Immissionsprognose zur Beurteilung der kurzzeitigen Erschütterungsereignisse nach DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 werden folgende Ansätze verwendet (vgl. Tabellen 6 und 7):

Eine typische Eigenfrequenz für Betondecken von ca. 30 Hz zugrunde legend, lässt sich für den zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswert von  $A_0 = IW_0 = 6$  (bei Anwendung der Sonderregel für kurzzeitige Ereignisse, von der hier ausnahmslos ausgegangen wird) eine maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit von  $v_{i, \text{max}} = 14,39$  mm/s als Äquivalentwert ableiten.

Wie Tabelle 6 nunmehr zu entnehmen ist, kann mit einer maximalen Schwinggeschwindigkeit von  $v_{i, \text{max}} = 3,60$  mm/s am Gebäudefundament der Anhalts- bzw. Immissionswert von  $A_0 = IW_0 = 6$  auch in der Geschossdecke (Mitte) eingehalten werden.

Des Weiteren werden auch die Anhalts- bzw. Immissionswerte für die Geschosdecken nach DIN 4150 Teil 3 von  $v_{x,y,max} = 15,00$  mm/s (horizontale Achsen, am aufsteigenden Mauerwerk) sowie von  $v_{z,max} = 20,00$  mm/s in der Deckenmitte (vertikale Achse) eingehalten.

Wie in den Ausführungen der Regelwerke (zum Beispiel DIN 4150 Teil 2, LAI-Erschütterungsrichtlinie) aufgeführt, ist darüber hinaus auch bis zu 10-mal pro Jahr (je Immissionsobjekt) ein Anhalts- bzw. Immissionswert von bis zu  $A_o = IW_o = 8$  (für jedes schutzwürdige Objekt einzeln) erlaubt. Aus diesem Wert lässt sich für das Gebäudefundament, wie in Tabelle 7 dokumentiert, sogar eine maximal mögliche Schwinggeschwindigkeit von ca.  $v_{i,max} = 4,80$  mm/s ableiten.

Beurteilung Gewinnungssprengung (Steinbruch)		
	$c_F$ -Wert = 0,6 <b>IW = 6</b> Deckenmitte OG	$c_F$ -Wert = 0,8 <b>IW = 6</b> Deckenmitte OG
Frequenz Hz	$v_{i,max}$ zulässig mm/s	$v_{i,max}$ zulässig mm/s
10	16,21	12,16
15	15,10	11,32
20	14,69	11,01
25	14,49	10,87
30	14,39	10,79
35	14,32	10,74
40	14,28	10,71
45	14,25	10,69
50	14,23	10,67

Ü	Fundament	Fundament
	$v_{i,max}$ zulässig mm/s	$v_{i,max}$ zulässig mm/s
4	3,60	2,70

Tabelle 6: Umrechnung des Anhalts- bzw. Immissionswertes in eine Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament, hier für  $A_o = IW_o = 6$

Beurteilung Gewinnungssprengung (Steinbruch)		
	$c_F$ -Wert = 0,6 <b>IW = 8</b> Deckenmitte OG	$c_F$ -Wert = 0,8 <b>IW = 8</b> Deckenmitte OG
Frequenz Hz	$v_{i,max}$ zulässig mm/s	$v_{i,max}$ zulässig mm/s
10	21,61	16,21
15	20,13	15,10
20	19,58	14,69
25	19,32	14,49
30	19,18	14,39
35	19,10	14,32
40	19,04	14,28
45	19,00	14,25
50	18,97	14,23

Ü	Fundament	Fundament
	$v_{i,max}$ zulässig mm/s	$v_{i,max}$ zulässig mm/s
4	4,80	3,60

rote Zahlenwerte = durch maximale Schwinggeschwindigkeit gemäß DIN 4150 Teil 3 gedeckelt
--

Tabelle 7: Umrechnung des Anhalts- bzw. Immissionswertes in eine Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament, hier für  $A_o = IW_o = 8$

Die tatsächlichen Messwerte fallen im Regelfall – durch vielzählige praktische Messungen belegbar – geringer aus als die hier berechneten Prognoseansätze. Denn der ermittelte  $KB_{Fmax}$ -Wert im Obergeschoss wird durch Filterung und Berücksichtigung der Taktmaximalwerte direkt im Messgerät bestimmt und dann als Anhalts- ( $A_o$ ) bzw. Immissionswert ( $IW_o$ ) ausgegeben.

### 5.1 Ermittlung der spezifischen Gebirgsbeiwerte

Der Gebirgsbeiwert  $K$  beschreibt die Übertragung der Erschütterungswellen im Untergrund. Dementsprechend sind für diesen Wert die geologischen Bedingungen vor Ort maßgebend.

Sowohl in der bisher genehmigten Abbaufäche als auch in der geplanten Erweiterungsfläche ist die gleiche Lagerstätte anstehend. Somit kann in beiden Flächen von prinzipiell vergleichbaren geologischen Verhältnissen ausgegangen werden. Basierend auf den vom Unterzeichner durchgeführten Erschütterungsmessungen sowie den von der Fa. Paul Kleinknecht zur Verfügung gestellten Entfernungsdaten konnte eine Berechnung der Gebirgsbeiwerte erfolgen.

Ausgewertet wurden die im Steinbruch Rüblingen durchgeführten Sprengungen, von denen die tatsächlichen Entfernungen zwischen den einzelnen Messorten und den Sprengstellen sowie die zu den jeweiligen Sprengungen gehörenden Angaben zur maximalen Lademenge je Zündzeitstufe bekannt und nachvollziehbar waren. Es wurden sowohl die Gebirgsbeiwerte gemäß der Formel BGR-Sediment als auch nach der Formel von Koch (informativ) berechnet.

Die gesamten Daten wurden vom Unterzeichner auf Plausibilität geprüft. Die Sprengungen verteilten sich auf die beiden Abbaustrossen Obere Sohle und Untere Sohle in der bisher genehmigten Abbaufäche des Steinbruchs. Die im Messzeitraum maximal eingesetzte Lademenge je Zündzeitstufe erstreckt sich über eine Spannweite von ca.  $L_{\max} = 6$  kg bis ca.  $L_{\max} = 126$  kg. Hierbei resultiert der Minimalwert aus einer mit diesen Parametern einmalig durchgeführten Flächensprengung.

Bezüglich der Dokumentation zu den Erschütterungsmessungen inklusive der sprengtechnischen Daten wird auf den bereits genannten Messbericht des Unterzeichners vom 01.07.2024 verwiesen. Der Messbericht ist dem vorliegenden Gutachten als Anlage 2 beigefügt.

Die berechneten Gebirgsbeiwerte wurden statistisch ausgewertet. Hierfür wurden für die Gebirgsbeiwerte nach Koch sowie nach der Formel BGR-Sediment jeweils die Maximal- und die Medianwerte gebildet. Das Ergebnis der statistischen Auswertung veranschaulicht Tabelle 8.

	Berechnete Gebirgsbeiwerte Statistische Auswertung	
	Koch	BGR-Sediment
Anzahl Sprengungen	99	
Maximalwert	180	4.288
Median	54	965

Tabelle 8: Statistische Auswertung der berechneten Gebirgsbeiwerte

Bei der Betrachtung der jeweiligen Maximalwerte gilt es zu berücksichtigen, dass es sich bei diesen Werten um Ausreißer handelt, die jeweils nur aus einer einzelnen Sprengung resultieren. Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine Flächensprengung. Somit können die aufgeführten Maximalwerte nicht als repräsentativ für die im Steinbruch Rüblingen üblichen Gewinnungssprengungen angesehen werden.

Für einen umfassenden Blick auf das Niveau der berechneten Gebirgsbeiwerte ist auch hier der Median besonders geeignet. Wie Tabelle 8 entnommen werden kann, beträgt der Median für die nach der Formel BGR-Sediment berechneten Gebirgsbeiwerte  $K_{\text{gemessen, BGR-Sediment, Median}} = 965$  und der Wert nach der Formel Koch  $K_{\text{gemessen, Koch, Median}} = 54$ .

Während der Medianwert für die nach der Formel Koch berechneten Gebirgsbeiwerte deutlich kleiner ist als der entsprechende Standardwert, fällt der Median der nach der Formel BGR-Sediment berechneten Gebirgsbeiwerte nur geringfügig niedriger aus als der Standardwert. Dieses ist verständlich, da die BGR-Sedimentformel für den hier relevanten Entfernungsbereich geeigneter ist.

Um für ein Worst-Case-Szenario die Immissionsprognose mit entsprechenden Sicherheiten auszustatten, werden deshalb nicht die auf den Messdaten basierenden Gebirgsbeiwerte verwendet, sondern die mit einem zusätzlichen Sicherheitszuschlag von 25 % versehenen Standardwerte.

Darüber hinaus gilt es zu beachten, dass im Regelfall die Gebirgsbeiwerte im unmittelbaren Nahbereich (ca. < 30 m) der Sprengstellen ansteigen. Um diesen Anstieg hinreichend zu berücksichtigen, wird bei Prognosen für Entfernungen < 50 m der Sicherheitszuschlag auf 50 % erhöht.

Somit werden die geologischen Bedingungen sowie die Schwankungsbreite der Messwerte und statistische Abweichungen hinreichend berücksichtigt.

Dementsprechend finden folgende Gebirgsbeiwerte bei der Immissionsprognose Verwendung:

Formel Koch	$K = 150,0$	Nahbereich (Abstand < 50 m)
Formel Koch	$K = 125,0$	Nahbereich (50 m < Abstand < 100 m)
Formel BGR Sediment	$K = 1.211,3$	Fernbereich (Abstand > 100 m)

Informationshalber enthalten die im Anhang des vorliegenden Gutachtens aufgeführten Lademengen- und Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabellen auch Prognoseberechnungen, die die Medianwerte der aus den Erschütterungsmessdaten abgeleiteten Gebirgsbeiwerte nach der Formel Koch sowie nach der BGR-Formel für Sedimentgestein zugrunde legen.

#### Sicherheiten der Immissionsprognose

In der Immissionsprognose werden die minimalen horizontalen Entfernungen zwischen der vorgesehenen Abbaugrenze und den einzelnen Immissionsobjekten berücksichtigt. Bei dem überwiegenden Teil der Sprengungen werden die tatsächlichen Abstände jedoch größer sein. Infolgedessen sind geringere Immissionswerte zu erwarten.

Des Weiteren führt die Verwendung der mit einem Sicherheitszuschlag versehenen Standardwerte zu einem weiteren Sicherheitspuffer, da die eingesetzten Werte größer sind als die Medianwerte der aus den Messdaten abgeleiteten Gebirgsbeiwerte.

Darüber hinaus gilt es zu berücksichtigen, dass 10-mal im Jahr (vgl. DIN 4150 Teil 2) Anhalts- bzw. Immissionswerte pro Immissionsobjekt bis  $A_o = IW_o = 8$  zulässig sind, statt des standardmäßigen Wertes  $A_o = IW_o = 6$ . Dementsprechend liegt eine weitere Absicherung für den Fall vor, dass bei dem Erschütterungsmonitoring vereinzelt übermäßige Spitzenwerte gemessen würden. In diesem Fall könnte die Immissionsprognose, statt mit einer Schwinggeschwindigkeit von  $v_{i, \max} = 3,60$  mm/s, mit einer Schwinggeschwindigkeit von  $v_{i, \max} = 4,80$  mm/s durchgeführt werden, um die Anhalts- bzw. Immissionswerte gemäß DIN 4150 Teil 2 einhalten zu können.

Für die Sprengarbeiten in der späteren Praxis sind die tatsächlich gemessenen Sprengerschütterungsimmissionen respektive die tatsächlich ermittelten Anhalts- bzw. Immissionswerte ausschlaggebend.

Insofern sind die in der Immissionsprognose ermittelten Werte in Zusammenhang mit dem Schutzkonzept (Erschütterungen) zu sehen. Bei entsprechend hohen Messerwerten wären in einem Worst-Case-Szenario (die tatsächlichen Gebirgsbeiwerte würden die hier in der Immissionsprognose verwendeten Werte deutlich übersteigen) Anpassungen bezüglich der entfernungsabhängigen maximalen Lademenge je Zündzeitstufe erforderlich.

Aufgrund der beschriebenen Sicherheiten ist jedoch davon auszugehen, dass die maßgeblichen Anhalts- bzw. Immissionswerte an allen Immissionsobjekten eingehalten werden.

Hierfür sind die nachfolgenden Empfehlungen bezüglich der maximalen Lademengen je Zündzeitstufe vollumfänglich umzusetzen, sofern nichts Gegenteiliges anhand von Messwerten in der späteren Praxis aufgezeigt wird.

#### Anmerkung

Es gilt in der Praxis eine Messtoleranz zu berücksichtigen: „Wird der Vergleich von Messergebnissen mit Immissionswerten durchgeführt, um bei festgestellten schädlichen Umwelteinwirkungen bestimmte Maßnahmen anzuordnen, muss sichergestellt sein, dass Überschreitungen der Immissionswerte nicht auf messtechnischen Unsicherheiten beruhen. Bei der messtechnischen Ermittlung von Schwinggeschwindigkeiten oder KB-Werten treten erfahrungsgemäß Unsicherheiten von bis zu +/- 15 % auf. Sollen Anordnungen auf die Messergebnisse gestützt werden, ist in der Regel vom durch Messung ermittelten Wert ein Abzug von 15 % vorzunehmen. Werden Messgeräte der Klasse II nach DIN 45669 Teil 1 eingesetzt oder wird das Näherungsverfahren nach DIN 4150 Teil 2 angewendet, können größere Unsicherheiten auftreten.“ (vgl. Erschütterungsrichtlinie, Nummer 4, Hinweise zur Beurteilung)

Auch laut DIN 45669 Teil 2 können – durch die Erfüllung der in der DIN 45669 Teil 1 festgelegten Einzelanforderungen an Schwingungsmesser – die gerätetechnisch bedingten Messwertabweichungen klein gehalten werden. Aufgrund der in der DIN 45669 Teil 1 erlaubten Einzelabweichung ist zu erwarten, dass die Messwertabweichung einzelner Anzeigegrößen unabhängig von der Signalart folgende Vertrauensgrenze mit hohem statistischem Vertrauensniveau einhält:

Für die verwendeten Messgeräte gilt 20 % bei Spitzenwerten.

Insofern können die Messwerte in einem Wertekorridor von zumindest +/- 15 % um die dargestellten Spitzenwerte liegen.

## 5.2 Immissionsprognose (Erschütterungen)

In den Lademengen-Abstandstabellen sind generell die maximalen Lademengen je Zündzeitstufe aufgeführt, mit denen bei minimalen Abständen zwischen Sprengstelle und den jeweiligen schutzwürdigen Objekten die Anhaltswerte ( $A_0$ ) der DIN 4150 bzw. die Immissionswerte ( $IW_0$ ) der Erschütterungsrichtlinie sicher eingehalten werden können.

Bei den hier berücksichtigten Abständen handelt es sich um die minimalen horizontalen Abstände zu den beantragten Abbaugrenzen. Die tatsächlichen räumlichen Entfernungen sind somit größer. Das gilt zudem für die überwiegende Anzahl der Sprengungen. Somit resultiert aus der Verwendung der horizontalen Abstände eine zusätzliche Sicherheit für die Immissionsprognose.

Es gilt hierbei zu berücksichtigen, dass bei Gebäuden eine Einteilung hinsichtlich der jeweiligen Gebäudeart und der Nutzung vorzunehmen ist. Hierbei ist die in Tabelle 3 dargestellte Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 maßgeblich.

Infolgedessen werden die Immissionsobjekte IO 05, IO 06 (Freileitungsmast), IO 07 (Freiflächen-PV-Anlage), IO 08 und IO 10 aufgrund ihrer baulichen Strukturen und Nutzungen „als gewerblich genutzte Bauten oder ähnlich konstruierte Bauwerke“ gemäß Tabelle 1 Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 betrachtet.

Bei den Immissionsobjekten IO 01 und IO 03 handelt es sich um Wohngebäude. Somit ist hier eine Einordnung in Zeile 2 der Tabelle 1 vorzunehmen. Darüber hinaus ist bei diesen Immissionsobjekten auch Teil 2 der DIN 4150 anzuwenden.

Die bauliche Konstruktion des Gebäudes IO 04 gleicht näherungsweise der Konstruktion eines Wohngebäudes. Deshalb wird dieses Immissionsobjekt als Wohngebäude betrachtet und in Zeile 2 der Tabelle 1 eingeordnet. Da davon auszugehen ist, dass kein dauerhafter Aufenthalt von Menschen im Gebäude vorliegt, ist hier ausschließlich DIN 4150 Teil 3 maßgeblich.

Bezüglich des bei IO 09 - Hauptwasserleitung verwendeten Leitungsbaustoffs liegen dem Unterzeichner keine Informationen vor. Deshalb erfolgt für IO 09 eine Einordnung in Zeile 3 der Tabelle 3 der DIN 4150 Teil 3. Somit wird für IO 09 der geringste Anhalts- bzw. Immissionswert für erdverlegte Rohrleitungen gemäß der Norm berücksichtigt. Dieses ist eine gängige Vorgehensweise.

Aus den oben aufgeführten Betrachtungen resultieren somit folgende Anhalts- bzw. Immissionswerte als Grundlage für die Immissionsprognose:

<b>Gewerblich genutzte Bauten</b>	<b>20,00 mm/s</b>	<b>(Frequenzen &lt; 10 Hz)</b>
<b>Wohngebäude mit Aufenthalt von Menschen</b>	<b>3,60 mm/s</b>	<b>(Frequenzen &lt; 10 Hz)</b>
<b>Wohngebäude ohne Aufenthalt von Menschen</b>	<b>5,00 mm/s</b>	<b>(Frequenzen &lt; 10 Hz)</b>
<b>Erdverlegte Rohrleitungen</b>	<b>50,00 mm/s</b>	<b>(frequenzunabhängig)</b>

Diese Werte implizieren für die Immissionsobjekte IO 01, IO 03, IO 04, IO 05, IO 06, IO 07, IO 08, IO 09 und IO 10 die Einhaltung der maßgeblichen Anhalts- bzw. Immissionswerte des Teil 3 der DIN 4150 und, dort wo dieser anzuwenden ist, des Teil 2 der vorbezeichneten Norm.

Projekt: Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG – Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen							
Immissionsobjekt Nr.	Immissionsobjekt Bezeichnung	minimaler, horizontaler Abstand (m)	Berücksichtigung DIN 4150-2	Einordnung in die DIN 4150-3 (Tabelle / Zeile)	Anhaltswert Fundament nach DIN 4150-3 Real (< 10 Hz bei Einordnung in Tabelle 1) (mm/s)	Anhaltswert Fundament für Immissionsprognose (mm/s)	mögliche maximale Lademenge pro Zündzeitstufe (kg/ZS)
IO 01	Whs Am Glockenturm 21/1	ca. 400 m	Ja	1 / 2	5,00 mm/s	3,60 mm/s	196,6 kg/ZS
IO 03	Whs Am Glockenturm 33	ca. 447 m	Ja	1 / 2	5,00 mm/s	3,60 mm/s	259,5 kg/ZS
IO 04	Wirtg Am Glockenturm 21	ca. 426 m	Nein	1 / 2	5,00 mm/s	5,00 mm/s	397,9 kg/ZS
IO 05	Gewerblicher Bau Fa. BBH	ca. 318 m	Nein	1 / 1	20,00 mm/s	20,00 mm/s	unrealistisch hoch *
IO 06	Freileitungsmast (elektrische Freileitung 220 kV)	ca. 399 m	Nein	1 / 1	20,00 mm/s	20,00 mm/s	unrealistisch hoch *
IO 07	Freiflächen-PV-Anlage	ca. 498 m	Nein	1 / 1	20,00 mm/s	20,00 mm/s	unrealistisch hoch *
IO 08	Wasserbehälter *	ca. 45 m	Nein	1 / 1	20,00 mm/s	20,00 mm/s	36,0 kg/ZS
IO 09	Hauptwasserleitung *	ca. 30 m	Nein	3 / 3	50,00 mm/s	50,00 mm/s	100,0 kg/ZS
IO 10	Wirtschaftsgebäude	ca. 318 m	Nein	1 / 1	20,00 mm/s	20,00 mm/s	unrealistisch hoch *

\* Maximal mögliche Lademenge je Zündzeitstufe > 1.000,0 kg

Nahbereich: Maximal mögliche Lademenge pro Zündzeitstufe von $L_{max}$ =	36,0 kg/ZS
Normalbereich: Maximal mögliche Lademenge pro Zündzeitstufe von $L_{max}$ =	196,6 kg/ZS

Tabelle 9: Zur geplanten Abbaugrenze nächstgelegene Immissionsobjekte mit Einteilung in die DIN 4150 Teil 3, berücksichtigten Anhaltswerten und möglichen maximalen Lademengen je Zündzeitstufe

Tabelle 9 sind die der geplanten Erweiterungsfläche nächstgelegenen repräsentativen Immissionsobjekte und die wichtigsten Informationen zur Immissionsprognose zu entnehmen. Das betrifft unter anderem die minimalen horizontalen Abstände zu den Abbaugrenzen (überwiegend) der Erweiterungsfläche, die Einteilung gemäß DIN 4150 Teil 3 und die entsprechenden Anhalts- bzw. Immissionswerte sowie die in der Immissionsprognose tatsächlich berücksichtigten Anhalts- bzw. Immissionswerte. Ausgewiesen werden auch die auf Grundlage der Lademengen-Abstandstabellen errechneten, jeweils möglichen maximalen Lademengen je Zündzeitstufe.

Im Einzelnen sind

- dem Anhang 1 die Berechnungen bezüglich der als gewerblich genutzte und ähnlich strukturierte Bauten eingestufteten Gebäude und Bauten im Nahbereich, Abstand < 50 m (IO 08),
- dem Anhang 2 die Berechnungen bezüglich der als gewerblich genutzte und ähnlich strukturierte Bauten eingestufteten Gebäude und Bauten (IO 05, IO 06, IO 07, IO 10,), Abstand > 50 m,
- dem Anhang 3 die Berechnungen bezüglich der als Wohngebäude betrachteten Gebäude respektive bezüglich der Gebäude mit Anwendung der DIN 4150 Teil 2 (IO 01, IO 03),
- dem Anhang 4 die Berechnungen bezüglich des baulich als Wohngebäude betrachteten Gebäudes (IO 04) ohne dass die Anwendung der DIN 4150 Teil 2 erforderlich ist,
- dem Anhang 5 die Berechnungen zu erdverlegten Rohrleitungen im Nahbereich, Abstand < 50 m (IO 9)

in tabellarischer Form zu entnehmen.

Anhang 6 enthält eine beispielhafte Lademengenberechnung, die auf die maximal zum Einsatz kommende Bruchwandhöhe von ca. 26 m ausgelegt ist. Diese basiert auf den bisherigen Sprengparametern der betriebsüblichen Gewinnungssprengungen. Der Berechnung kann entnommen werden, dass die maximale Lademenge je Zündzeitstufe, in Abhängigkeit des Bohrlochdurchmessers, der Bohrlochneigung und des Sprengrasters in einem Korridor bis maximal ca.  $L_{\max} = 155 \text{ kg}$  liegen wird, sofern nur eine Bohrlochladung je Zündzeitstufe gezündet wird. Diese maximale Lademenge je Zündzeitstufe berücksichtigt noch keine Bohrlochdurchmesser > 105 mm (z. B. 115 mm), die theoretisch entsprechend den Lademengen-Abstandstabellen auch möglich wären. Insofern ist mit Anwendung der im genehmigten Abbaufeld eingesetzten Sprengtechnik und auch mit Optimierungen die Unterschreitung der maximal möglichen Lademenge je Zündzeitstufe garantiert.

Das bedeutet, dass bei einer errechneten max. Lademenge je Zündzeitstufe von ca.  $L_{\max} = 197 \text{ kg}$  alle zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 sicher eingehalten werden.

Rechnerisch sind mit Annäherung an die Immissionsobjekte

- IO 08 (Wasserbehälter) und
- zum Abbauende hin an die an der nördlichen Abbaugrenze gelegene Hauptwasserleitung (IO 09)

Sondermaßnahmen erforderlich, um Schäden, verursacht durch die Sprengungen, an den jeweiligen schützenswerten Objekten sicher ausschließen zu können. Es wird somit nicht berücksichtigt, dass die beiden Immissionsobjekte gegebenenfalls im Zuge des Abbaus außer Betrieb genommen sind. Ihr Weiterbetrieb wird hier in der Immissionsprognose als Worst-Case angenommen.

Um eine realistische Betrachtung der Abbausituation zu berücksichtigen, wurden die später tatsächlich vorhandenen minimalen horizontalen Entfernungen ermittelt (vergl. Abbildungen 7 und 8). Somit wurde der Abraumabtrag und die Bermbreiten, im Unterschied zu den sonst berücksichtigten Entfernungen zur Abbaugrenze, berücksichtigt.

Insofern sind kleine, wenige Meter umfassende Sondersprengbereiche „Nord“ und „Ost“ entsprechend der Lademengen-Abstandstabellen (vergl. Anhang 1, 2 und 5) sprengtechnisch zu beachten.

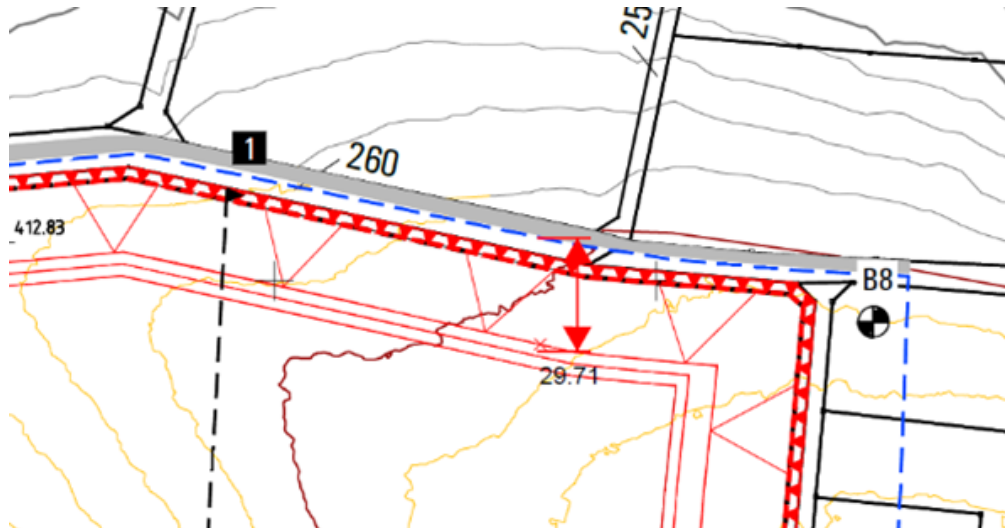


Abbildung 7: Schematische Darstellung der geplanten Abbausituation „Nord“ mit tatsächlich zu erwartendem Abstand. Die Hauptwasserleitung ist blau gestrichelt dargestellt.

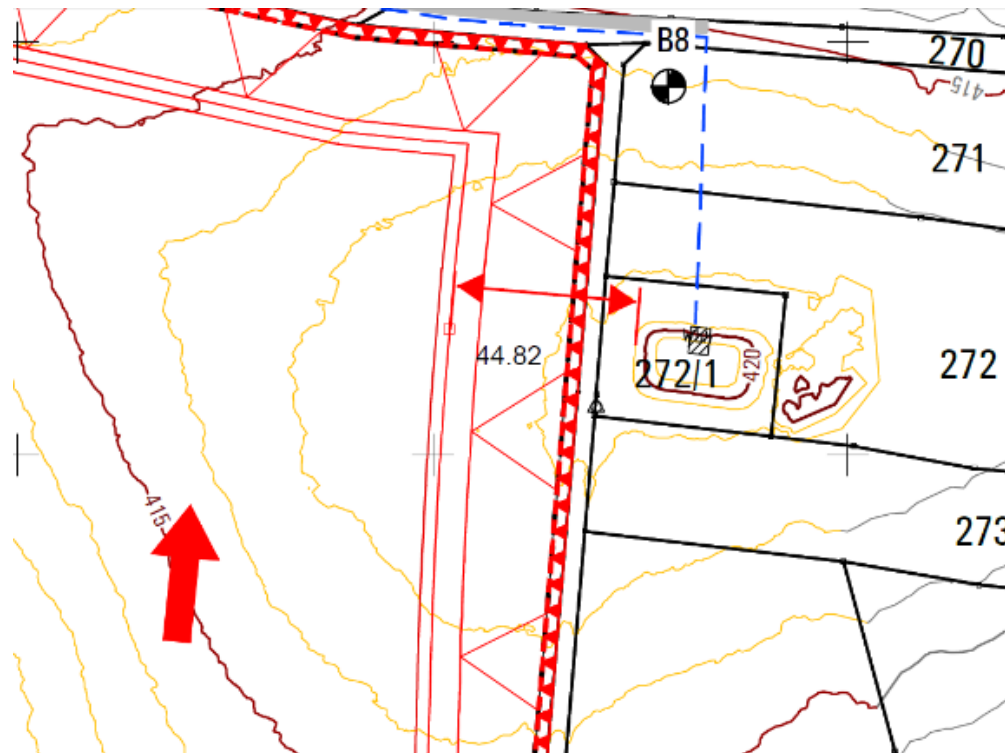


Abbildung 8: Schematische Darstellung der geplanten Abbausituation „Ost“ mit tatsächlich zu erwartendem Abstand.

#### Annäherung an den Wasserbehälter (IO 08)

Bis zu ca. 70 m Abstand (Radius) kann die normale Standard-Sprengtechnik (mit ca.  $L_{\max}=125$  kg) angewendet werden.

Ab Unterschreitung einer Entfernung von 70 m zum Wasserbehälter (IO 08) muss die maximale Lademenge je Zündzeitstufe im Vergleich zu der angewendeten Regelsprengtechnik reduziert werden. Beim Einsatz des standardmäßigen Bohrlochdurchmessers von 95 mm wird es als ausreichend angesehen, wenn dort die Ladesäule zündtechnisch bis zu einer Entfernung von ca. 50 m unterteilt wird. Somit können die Vorgaben der Lademengen-Abstandstabelle (ca.  $L_{\max} \leq 64$  kg) eingehalten werden.

Im Abstand von  $< 50$  m muss ein kleinteiliger Abbau entsprechend der Lademengen-Abstandstabelle (vergl. Anhang 1) erfolgen. Dieses wird wohl nur die obere Gewinnungsstrosse

betreffen. Hier bietet sich z. B. eine Dreiteilung der Ladesäule an, da somit die Strossenhöhe nicht verkleinert werden muss.

### Empfehlung

Mit Verringerung der Entfernung  $< 70$  m wird ein Erschütterungsmonitoring am Fundament des Wasserbehälters empfohlen, um die Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte zu überprüfen und zu dokumentieren. Da somit auch die tatsächlichen Frequenzen bewertet werden, kann bei dominanten Frequenzen  $> 10$  Hz eventuell auf Sondermaßnahmen verzichtet werden, bzw. diese individueller angepasst werden.

### Annäherung an die Hauptwasserleitung (IO 09)

Die Annäherung im Norden an die erdverlegte Hauptwasserleitung (IO 09) kann ab Unterschreitung von ca. 35 m Abstand nur mit sprengtechnischen Sondermaßnahmen erfolgen. Somit ist nur ein „Streifen“ von ca. 5 m von diesen Sondermaßnahmen zum Ende der Abbautätigkeit in dem beantragten Erweiterungsgebiet betroffen.

Daraus ergibt sich, dass die Abschlussprengungen in diesem „Streifen“ mit reduzierter maximaler Lademenge je Zündzeitstufe (vergl. Anhang 5), z. B. durch Ladungsteilung (analog den Ausführungen zur Annäherung an IO 08), durchgeführt werden müssen. Ein Erschütterungsmonitoring ist nicht erforderlich, da sich z. B. bereits durch die räumliche Entfernung ein größerer Abstand als hier dargestellt ergibt.

### Empfehlung

Zur weiteren Erschütterungsreduzierung in Bezug zu den Wohngebäuden der Ortsrandlage Rüblingen kann die Antragstellerin eine „Negativbarriere“ auf allen Sohlen einsetzen. Die „Negativbarriere“ umfasst die zum übrigen Abbau vorlaufende Gewinnung im westlichen Abbauteil der geplanten Erweiterungsfläche und somit die Schaffung von Freiflächen. Die Maßnahme hat zum Ziel, die Ankopplung der Sprengstellen im umgebenden Fels geeignet zu unterbrechen. Dabei mildern Freiflächen die Weiterleitung der Erschütterungen ab. In Abbildung 9 wird das der „Negativbarriere“ zugrunde liegende Prinzip anhand einer Google Earth-Ansicht (Bildaufnahmedatum: 15.05.2022) schematisch dargestellt. Der vorlaufende Abbau kann die Breite von 1 bis 2 Regelsprengungen umfassen. Dieses ist eine gute Alternative zum Schwenken der Abbaurichtung, hier nach Osten.

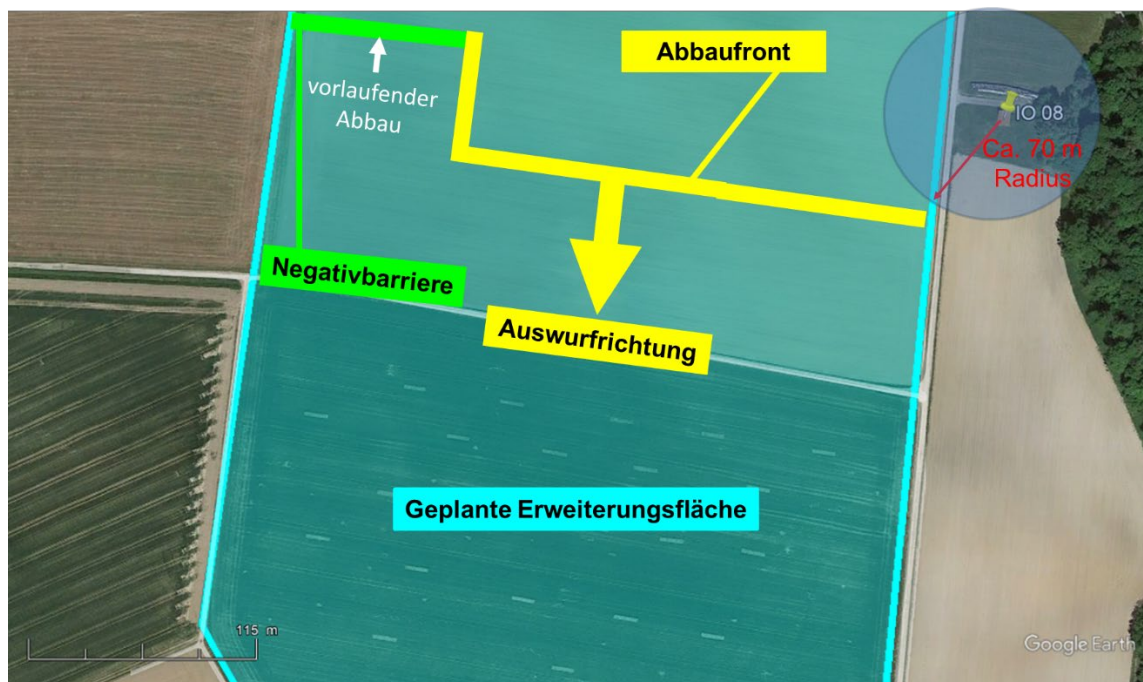


Abbildung 9: Schematische Darstellung des Prinzips der „Negativbarriere“ anhand einer Google Earth-Ansicht (Bildaufnahmedatum: 15.05.2022)

Die Anhänge 7 und 8 enthalten die Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabellen jeweils für die Anwendung der voraussichtlichen Standard-Sprengtechnik ohne und mit Ladungsteilung. Hierbei berücksichtigen die Berechnungen eine Bruchwandhöhe von ca. 26 m.

Im Einzelnen enthält

- Anhang 7 die Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle mit einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von  $L_{\max} = 125,5$  kg (keine Ladungsteilung) und
- Anhang 8 die Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle mit einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von  $L_{\max} = 60,0$  kg (mit Ladungsteilung).

Es kann für die überwiegende Anzahl der Sprengungen angenommen werden, dass die für die jeweiligen Immissionsobjekte berechneten Schwinggeschwindigkeiten aufgrund der bei den Berechnungen vorhandenen Sicherheiten deutlich unterschritten werden.

### **Fazit**

Aus den in den Lademengen-Abstandstabellen (Anhänge 1 bis 5) aufgeführten Berechnungen geht hervor, mit welchen maximalen Lademengen je Zündzeitstufe alle Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 respektive die Immissionswerte der Erschütterungsrichtlinie an den zu der geplanten Erweiterungsfläche nächstgelegenen Immissionsobjekten eingehalten werden können.

Hierfür ist bei der Annäherung an die Immissionsobjekte IO 08 - Wasserbehälter und IO 09 - Hauptwasserleitung jeweils die Einrichtung eines kleinen Sondersprengbereiches erforderlich, wenn die beiden vorbezeichneten Immissionsobjekte bei Unterschreitung der relevanten Entfernungen noch in Betrieb oder aber trotzdem noch als schützenswert gelten. In diesen Sondersprengbereichen sind sprengtechnische Sondermaßnahmen zur Reduzierung der Sprengerschütterungen (z. B. Ladungsteilung, kleiner Bohrlochdurchmesser, andere Zündrichtung etc.) umzusetzen.

Bei allen berechneten entfernungsabhängigen Lademengen ist zu beachten, dass die hier aufgeführten Entfernungen Minimalentfernungen sind. Die meisten Sprengungen werden aufgrund der weiteren Entfernungen deutlich geringere Erschütterungen erzeugen als in diesen Tabellen aufgeführt.

**Daher ist mit hohen Sicherheiten von einer Einhaltung der Anhaltswerte nach DIN 4150 (Teil 2 und Teil 3) beziehungsweise der Immissionswerte nach der Erschütterungsrichtlinie, auch in den Geschossdecken, auszugehen. Schäden an Gebäuden beziehungsweise Bauwerken, die ursächlich von Sprengarbeiten verursacht werden könnten, können mit hohen Sicherheiten ausgeschlossen werden.**

### **5.3 Immissionsprognose (Schallpegel)**

Zu unterscheiden ist der zum Teil gut hörbare Sprengknall und die gegebenenfalls wahrnehmbaren Erschütterungen.

Nach einer Veröffentlichung im Heft 1/94 der Zeitschrift „Die Natursteinindustrie“ bewertet der Autor *Dr.-Ing. Pompetzki* in seinem Beitrag „Beurteilung von Nachbarschaftslärm aus Betrieben der Steine- und Erdenindustrie“ die Detonationsknalle von Sprengungen in 100 m Distanz mit  $L_{\text{peak}}$  80 bis 100 dB(A). Das deckt sich, Sonderfälle ausgeschlossen, mit den hiesigen Erfahrungen.

Im vorliegenden Fall beträgt der kürzeste Abstand einer Sprengstelle zum ersten Wohngebäude ca. 400 m (IO 01 - Whs Am Glockenturm 21/1).

Als Worst-Case-Szenario ist die Annahme eines mittleren Peak-Wertes von maximal 90 dB(A) aufgrund der Örtlichkeit für die höchsten Detonationsknalle in 100 m Distanz gerechtfertigt.

Bekanntlich reduziert sich die freie, durch Reflexionen und Absorptionen ungehinderte Schallausbreitung im Halbraum mit einer Abstandsverdoppelung von der Erregerquelle um etwa **6 dB (A)**. Bei einer Abstandsvergrößerung tritt damit zwangsläufig eine Emissionssenkung ein.

**Vorabschätzung (für die ungünstigste Situation, hier mit der maximalen Bruchwandhöhe von ca. 26 m).**

$$L_{A(\text{Quelle})} = 90 \text{ dB(A)} + 20 \log \frac{100 \text{ m}}{1 \text{ m}} + 6 \text{ dB(A)} = \underline{\underline{136 \text{ dB(A)}}$$

$$L_{A\text{peak}} (d = 400 \text{ m}) = 136 \text{ dB(A)} - 20 \log \frac{400 \text{ m}}{1 \text{ m}} - 6 \text{ dB(A)}$$

$$\underline{\underline{L_{A\text{peak}} (d = 400 \text{ m}) = 78 \text{ dB(A)}}$$

### Beurteilung:

Betrachtet man IO 01 - Ws Am Glockenturm 21/1 als nächstgelegene Wohnbebauung, dann sind bei einem minimalen Abstand bezogen auf IO 01 ca. 78 dB(A) als Sprengknall bei der Durchführung von Sprengungen in etwa zu erwarten.

Maßgeblich ist die Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA-Lärm) vom 26.08.1998.

Das vorbezeichnete Wohngebäude wird unter Nummer 6.1 „Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden“ Buchstabe d) „In Kerngebieten, Dorfgebieten und Mischgebieten“ eingeordnet. Der Einordnung wird bezüglich der Art der baulichen Nutzung das „Mischgebiet“ zugrunde gelegt. In diesem Gebiet ist Wohnen und die Unterbringung von Gewerbebetrieben, die das Wohnen nicht wesentlich stören, vorgesehen. Dies entspricht der hier vorhandenen Bebauung.

Der vorbezeichneten Einordnung entsprechend sind dort tags 60 dB(A) + 30 dB(A) = 90 dB(A) für kurzzeitige Geräuschspitzen zulässig. Dementsprechend sind hier auch bei der Annahme eines Wort-Case-Szenarios die Forderungen der TA-Lärm erfüllt.

Im Folgenden kann eine Beurteilung im Hinblick auf die durch die Detonation des Sprengstoffes und des Haufwerkauswurfs auf das nächstgelegene Gebäude eventuell einwirkenden tiefrequenten Schalldruckwellen (sekundärer Schalldruck) erfolgen, wobei der gängige Berechnungsansatz von *Dr.-Ing. Pompetzki* vom LUA-Essen angewendet wird.

$$L_p = (10 \cdot \log[1,078 \cdot 10^{10} \cdot (f \cdot A \cdot v_x)^2] - 20 \cdot \log d - 8) \text{ dB}$$

Distanz $d_{IO\ 01}$ =	400 m
Bewegungsgeschwindigkeit $v_x$ =	15 m/s
Schwingfrequenz $f$ =	1 Hz
Seitenabstand =	4,5 m
Bohrlochanzahl =	14 Stück
Wandhöhe =	26,0 m
Membranfläche $A$ =	1.638 m <sup>2</sup>

### Rechnerische Überprüfung – beispielhafter Ansatz – :

Berechnung der Membranfläche einer betriebsüblichen Sprengung mit ca. 14 Bohrlöchern in einer Reihe in der kürzesten (möglichen) Distanz zur nächstgelegenen Wohnbebauung (IO 01):

$$L_p = (10 \cdot \log[1,078 \cdot 10^{10} \cdot (1 \cdot 1.638 \cdot 15)^2] - 20 \cdot \log 400 - 8) \text{ dB}$$

$$\underline{\underline{L_p = 128,1 \text{ dB}}}$$

### Bewertung:

Anhand der Ergebnisse beider Berechnungen kann festgestellt werden, dass auch im absolut ungünstigsten Fall die aus der DIN 1055 Teil 4 - Lastannahmen für Bauten - resultierenden Vorgaben signifikant eingehalten werden können. Denn laut dieser Vorgaben darf der Spitzenschallpegel maximal 143 dB betragen. Dieser Wert entspricht einer Last von ca. 0,6 kN/m<sup>2</sup>.

### 5.4 Steinflug - Ursachen und Vermeidung -

Auftretender Steinflug ist in aller Regel das Ergebnis von örtlichen oder punktuellen Überladungen. In diesem Fall sind die zur Erzielung des gewünschten Sprengzweckes eingesetzte

Sprengladung und ihr Energieinhalt wesentlich größer, als die geometrischen Abmessungen und physikalischen Eigenschaften des Einschussmediums es erfordern.

Der spezifische Sprengstoffaufwand ( $\text{kg}/\text{fm}^3$  Festgestein – bezogen auf ein mit Sprengstoff gefülltes Bohrloch –) liegt bei aufgetretenem Steinflug, insgesamt oder örtlich, wesentlich über dem sprengtechnisch ermittelten (erforderlichen) Wert. Der spezifische Sprengstoffaufwand ist unter anderem abhängig vom Gestein, der Geologie, dem angestrebten Sprengerfolg und beträgt bei den meisten Gewinnungssprengungen über Tage zwischen 0,2 und 0,8  $\text{kg}/\text{fm}^3$ .

Nach allgemeinen Erfahrungen tritt bei Gewinnungssprengungen ein über das normale Maß hinausgehender, unkontrollierter Steinflug bei einem spezifischen Sprengstoffaufwand von ca.  $\geq 2 \text{ kg}/\text{fm}^3$  auf. Hierbei sind die örtlichen Bedingungen maßgeblich. Zu diesen zählen unter anderem Einschussgrad der Ladung, Verspannung der Vorgabe, mechanische Eigenschaften des Einschussmediums, Klüftigkeit etc. sowie die topographischen Bedingungen.

Im Anhang 9 a - e „Steinfluggefahren“ sind die aufgrund der physikalischen Gesetze leicht verständlichen Hauptursachen für auftretenden Steinflug zusammenfassend verdeutlicht und dem Normalfall einer Gewinnungssprengung gegenübergestellt. Hier ist auch der Anwendungsfall „Verwendung von Sohlbohrlöchern“ aufgeführt, der nur nach Freigabe der Berufsgenossenschaften mit entsprechender Begründung für die Erfordernis und ausführlicher Gefährdungsanalyse zur Anwendung kommen darf und in der geplanten Erweiterungsfläche des Steinbruchs Rüblingen nicht vorgesehen ist.

Werden unzureichende Vorgaben (in der Regel kleiner als ca. 2,0 bis 2,5 m je nach Bohrdurchmesser und verwendeter Sprengstoffart) bei Bruchwandhöhen  $> 12 \text{ m}$  (Großbohrlochsprengungen) festgestellt, ist der spezifische Sprengstoffaufwand in den kritischen Bereichen zu reduzieren. Hierfür sind die entsprechenden Sprengstoffladesäulen mittels des Einbringens von geeignetem Zwischenbesatz zu strecken.

Sofern die Vorgaben in den kritischen Bereichen nicht exakt feststellbar sind, sind diese Bohrlöcher nicht mit Sprengstoff zu besetzen. Es wird auf die sorgfältige Planung der Sprenganlagen und deren Dokumentation (geplant / ausgeführt) verwiesen. Geeignete Bruchwandvermessungs- und Bohrlochvermessungssysteme erleichtern heute die Sprengplanung erheblich und stellen, bei fachgerechter Anwendung, einen enormen Sicherheitsgewinn dar.

Auftretender Steinflug aus Bruchwandbereichen erfolgt in Wurfriechung der Sprengungen. Dabei ist die Hauptstreureichtung allseitig in einem Winkel von  $45^\circ$  auf die jeweilige Bohrlochachse projiziert.

In der geplanten Erweiterungsfläche ist davon auszugehen, dass bei der vorgesehenen Generalabbaurichtung unmittelbar in der jeweiligen Hauptstreureichtung der Sprengungen entweder Betriebsflächen der Fa. Paul Kleinknecht oder landwirtschaftliche Nutzflächen liegen, wie Abbildung 3 entnommen werden kann.

Spritzflug aus den Bohrlochmündern von Kopfbohrlöchern ist bei ordnungsgemäßer Durchführung von Gewinnungssprengungen sehr leicht und sicher vermeidbar, wenn die Endbesatzhöhe geeignet eingehalten wird. Die Wahl geeigneter Endbesatzhöhen hat unter Einbeziehung der Bohrlochtiefe und des verwendeten Sprengstoffs (patroniert, lose etc.) zu erfolgen.

Aufgrund einer eventuell beabsichtigten Verkleinerung des Regelsprengbereiches auf  $< 300 \text{ m}$  sollten für den Regelabbau mit Bruchwandhöhen von  $\geq 12 \text{ m}$  (Sprengungen mit Großbohrlöchern) im Regelfall folgende Endbesatzhöhen (hier die oberen Werte in Fettdruck) eingehalten werden.

Zündung vom Bohrlochmund aus:

Bohrlochdurchmesser	ca.	95 mm:	ca.	3,5 - <b>4,0 m</b>
Bohrlochdurchmesser	ca.	105 mm:	ca.	4,0 - <b>4,5 m</b>

Zündung aus dem Bohrlochtiefsten:

Bohrlochdurchmesser	ca.	95 mm:	ca.	3,0 - <b>3,5 m</b>
Bohrlochdurchmesser	ca.	105 mm:	ca.	3,5 - <b>4,0 m</b>

Die Zündung aus dem Bohrlochtiefsten wird unter anderem aus sicherheitstechnischen Gründen empfohlen.

Gegebenenfalls kann zur Erreichung eines besseren Zerkleinerungsgrades im Besatzbereich eine Kleinladung (z. B. 1/3 oder 1/4 Patrone) in Kombination mit einer aus der Ladesäule herausgeführten Sprengschnur eingesetzt werden. Bei der Verwendung von mehreren Patronenstücken dürfen diese keinen Kontakt zueinander haben.

Der Endbesatz muss aus geeignetem steinfreiem Material bestehen. Hierzu zählen beispielsweise Bohrklein, Brech- oder Natursand und feiner Splitt < 16 mm (vgl. SprengTR 310 Nummer 4.6 Absatz 10). Der Endbesatz muss mit dem Ladestock verdichtet eingebracht werden. Für das Einbringen des Besatzes gelten SprengTR 310 Nummer 4.6 Absatz 11 bis Absatz 13.

### **5.5 Sprengbereich und Absperrung**

In der SprengTR 310 - Sprengarbeiten wird unter Nummer 4.7 der Sprengbereich beschrieben. Dieser umfasst in der Regel einen Umkreis mit einem Radius von 300 m ausgehend von der jeweiligen Sprengstelle. In diesem Umfeld sollen sich keine Personen ohne Deckung im Freien aufhalten.

Bei der Größe des Sprengbereichs von 300 m handelt es sich um eine sogenannte Kann-Bestimmung.

Wenn mit einem Bereich, in dem direkte Sprengwirkungen entstehen können, von mehr als 300 m um die Sprengstelle zu rechnen ist, so hat der Sprengberechtigte einen vergrößerten Sprengbereich festzulegen. (SprengTR 310 Nummer 4.7 Absatz 4)

Der Sprengberechtigte darf im Einvernehmen mit dem Erlaubnisinhaber den Sprengbereich verkleinern, wenn sichergestellt ist, dass Personen und Sachgüter nicht gefährdet werden. Dies muss im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen dargelegt werden. (SprengTR 310 Nummer 4.7 Absatz 5)

Die erforderliche Vergrößerung oder eine zulässige Verkleinerung des Sprengbereichs kann unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten in unterschiedlichen Richtungen und Abmessungen vorgenommen werden. (SprengTR 310 Nummer 4.7 Absatz 6)

Der Sprengberechtigte darf die Sprenganlage nur zünden, wenn sichergestellt ist, dass die eventuell im Sprengbereich gelegenen öffentlichen Verkehrswege für die Dauer der Gefahr geräumt, gesperrt und bewacht werden. (SprengTR 310 Nummer 4.7 Absatz 7)

Bei Sprengungen ist der Schutz der Personen dadurch sicherzustellen, dass diese Deckungsräume aufsuchen oder den Sprengbereich (hier der Regelfall) verlassen. Für die Beschaffenheit von Deckungsräumen ist der Anhang A-2 zu beachten. (SprengTR 310 Nummer 4.7 Absatz 8)

Das bedeutet, wenn durch geeignete Maßnahmen oder günstige Abbau- und Umfeldbedingungen sichergestellt wird, dass Steinflug auf die schutzwürdigen Objekte sicher unmöglich ist (z. B. günstige örtliche Bedingungen), so kann der Sprengbereich gefahrlos verkürzt werden. Dieses betrifft insbesondere den Sprengbereich hinter den Sprenganlagen.

Der verantwortliche Sprengberechtigte hat für jede Sprengung entsprechend der örtlichen Situation und der Beurteilung der Gefahrenlage den Sprengbereich und die erforderlichen (eingewiesenen) Absperrposten festzulegen.

Vor der Durchführung von Sprengungen müssen gemäß den Allgemeinen Bestimmungen der SprengTR 310 Nummer 3.2 alle möglichen Gefährdungen durch den verantwortlichen Sprengberechtigten ermittelt werden. Die Schriftform wird hierzu empfohlen.

Unabhängig von der Zugehörigkeit des die Sprengarbeiten durchführenden Personals (eigenes Personal, Personal eines Sprengdienstleisters), wird auf jeden Fall empfohlen, die Gefährdungen gemeinsam mit Verantwortlichen der Betriebsleitung schriftlich festzulegen. Die Berufsgenossenschaften haben hierzu Handlungshilfen entwickelt. Dadurch sollte nach Auffassung des Unterzeichners auch für verschiedene Sprengstellen ein geordnetes Procedere festgelegt werden, um den Standardsprengbereich auszuführen. Von diesem kann und soll natürlich in Ausnahmesituationen (z. B. unmittelbare Gefahr für Steinflug durch „schwierige Sprenganlagen“) abgewichen werden.

In Abbildung 10 ist der Regelsprengbereich mit einem Radius von 300 m um die geplante Erweiterungsfläche (in türkis skizziert) dargestellt. Hierbei bildet die Grenze der Erweiterungsfläche die Bemessungsgrundlage. Somit wird die Fläche dargestellt, die im Normalfall vom Regelsprengbereich in Anspruch genommen werden kann.

Wie Abbildung 8 ferner veranschaulicht, kann, je nach Lage der Sprengstelle, IO 08 - Wasserbehälter im Regelsprengbereich liegen. Ist dies der Fall, resultiert hieraus die Notwendigkeit einer Kommunikation und eines Informationsaustauschs mit dem Betreiber des Wasserbehälters. Entsprechende Empfehlungen sind unter Punkt 8 aufgeführt.



### **5.6 Sprengschwaden und Gesteinsstäube**

Sprengarbeiten sind nur deshalb möglich, weil die brisanten gewerblichen Sprengmittel unter erheblicher Volumenzunahme detonativ, d. h. mit Geschwindigkeiten im Bereich von 3.000 - 6.000 m/s, ihren Aggregatzustand von pulverförmig, gelatinös oder pastös nach gasförmig verändern.

Die gasförmigen Reaktionsprodukte sind nicht zu vermeiden, da diese zwingend für die Zerkleinerungsarbeit erforderlich sind. Ohne sie sind Sprengarbeiten nicht denkbar.

Die Sprengschwaden verdünnen sich im Allgemeinen in der freien Atmosphäre recht schnell und sind nach Freigabe der Sprengstelle kaum noch wahrnehmbar. Sie stellen somit keine Gefahr für Mensch und Umwelt dar.

Gesteinsstäube entstehen durch die Gefügezerstörung innerhalb der gelösten Gesteinsmasse, durch den Wurf der Vorgaben und durch die Aufwirbelung des bereits auf der Ladesohle vorhandenen Gesteinsstaubes.

Besonders in der trockenen Jahreszeit kann es zu stärkeren Staubeentwicklungen kommen. Geeignete Schutzmaßnahmen sind hierfür einzusetzen, die nicht Gegenstand dieses Gutachtens sind. Hier sind die Abstände von schützenswerten Objekten zu den geplanten Abbaugrenzen allerdings so groß, dass das Thema Gesteinsstäube (durch Sprengungen) vernachlässigbar ist.

## **6 Schutzkonzept**

Oberste Priorität hat die Vermeidung von Steinflug. Dies kann mittels Umsetzung der erwähnten Maßnahmen sowie auch durch den Einsatz geeigneter Planungs- und Vermessungshilfen erreicht werden.

Die Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte der maßgeblichen Regelwerke an den nächstgelegenen schutzwürdigen Objekten sollte sinnvoll messtechnisch überprüft und dokumentiert werden.

Zu diesem Zweck wird empfohlen, während der Sprengarbeiten ein Erschütterungsmonitoring am Fundament eines nächstgelegenen, repräsentativen Gebäudes durchzuführen. Hierfür kann entweder ein Gebäude in der Ortsrandlage Rüblingen (bspw. IO 01 - Whs Am Glockenturm 21/1) ausgewählt werden oder eine geeignete, von der Fa. Paul Kleinknecht selbst bestimmte Referenzmessstelle. Sollte bei der Annäherung an IO 08 der Wasserbehälter noch in Betrieb sein, so wird auch hier die Durchführung von Erschütterungsmessungen am Gebäudefundament empfohlen.

In den Sprengprotokollen sollte ferner standardmäßig die Entfernung zwischen Sprengstelle und Messstelle aufgeführt werden. Dort ist die Angabe der maximalen Lademenge je Zündzeitstufe obligatorisch. Mittels dieser Angaben und den Messdaten können die Lademengen-Abstandstabellen jederzeit verifiziert werden.

Darüber hinaus kann bei Bedarf das Erschütterungsniveau für die übrigen schützenswerten Objekte im Umfeld der geplanten Erweiterungsfläche auf Basis der an einem repräsentativen Immissionsobjekt erfassten Messdaten sowie der dokumentierten Sprengdaten und der tatsächlichen Abstandsbeziehungen rechnerisch prognostiziert werden.

## **7 Empfehlungen für die Antragstellerin**

- Die Sprengarbeiten sollten grundsätzlich bei Tageslicht durchgeführt werden. Somit sollten sie in einem Zeitfenster von frühestens einer Stunde nach Sonnenaufgang bis spätestens eine Stunde vor Sonnenuntergang erfolgen. Sprengungen bei Dunkelheit sollen somit vermieden werden. Die Einhaltung des genannten Zeitfensters trägt unter anderem dazu bei, dass der Absperrbereich exakt überblickt und kontrolliert werden kann.
- Aus Gründen des Arbeits- und Umweltschutzes sollte die Nachzerkleinerung von Übergrößen (Knäppern) mittels mechanischer Nachzerkleinerung erfolgen, z. B. unter Verwendung von Felsmeißeln oder Fallkugeln. Da auch bei dieser Methode Steinflug nicht ausgeschlossen werden kann, sollte auf eine innerbetriebliche Absperrung des Arbeitsbereiches bei einem Mindestabstand von 100 m für Personen ohne Schutz (als Schutz werden z. B. der Aufenthalt in Gebäuden oder geschützten Fahrzeugen angesehen) geachtet werden. Der

Steinflug von Gesteinssplintern über die Abbaugrenze hinaus sollte unterbunden werden.

Knäppersprengungen sollten nicht durchgeführt werden, da bei Überdimensionierung der Sprengladung erheblicher Steinflug zu erwarten ist.

- Im Vorfeld geplanter Sprengarbeiten sollte die Fa. Paul Kleinknecht mit dem Betreiber des Wasserbehälters (IO 08) Kontakt aufnehmen. Hiermit soll erreicht werden, dass am, beziehungsweise im Gebäude, aufhaltende Personen hinreichend über eine bevorstehende Sprengung informiert werden (Sprengbereich). Dies gilt vor allem für ortsfremdes Personal des Betreibers oder Personal eines von diesem beauftragten Dienstleisters, welches z. B. Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten an dem Wasserbehälter vornimmt. Deshalb wird ferner empfohlen, dass zwischen dem Betreiber des Wasserbehälters und der Fa. Paul Kleinknecht eine Termininformation und Absprache bezüglich etwaiger Wartungs- oder Instandsetzungsarbeiten und der Sprengungen erfolgt. Bei den Sprengungen, bei denen das Immissionsobjekt IO 08 in dem auf die jeweilige Sprengung bezogenen Sprengbereich (Abstand zu Sprengungen < 300 m Entfernung) liegt, kann die Fa. Paul Kleinknecht somit das am Wasserbehälter arbeitende Personal gezielt informieren und warnen.

## **8 Empfehlungen für die Genehmigungsbehörde**

- Grundsätzlich können alle für Bohrloch- und Großbohrlochsprengungen sinnvollen und technisch realisierbaren Bohrlochdurchmesser eingesetzt werden. Dementsprechend sollten seitens der Genehmigungsbehörde keine Vorgaben zwecks Limitierung des Bohrlochdurchmessers festgesetzt werden.  
Für die Auswahl des Bohrlochdurchmessers ist dabei die jeweils örtlich mögliche maximale Lademenge je Zündzeitstufe maßgeblich.
- Über den Betriebszeitraum eines Steinbruches können sich die Unfallverhütungsvorschriften respektive Technischen Regeln, z. B. durch Angleichung an den fortgeschrittenen Stand der Technik, ändern.  
Zwecks Vermeidung späterer aufwendiger Änderungsanzeigen (z. B. wesentliche Änderungen gemäß BImSchG) oder sonstiger anzuwendender Vorschriften, die den Steinbruchbetrieb stark einschränken können, sollte dieses bei der Genehmigungserteilung soweit wie möglich berücksichtigt werden. Die Einhaltung der jeweils gültigen Technischen Regel oder gegebenenfalls Unfallverhütungsvorschriften oder ersatzweiser Regelungen sind immer vorgegeben und verstehen sich von selbst. Änderungen in den Ausführungen sollten dann auch für die Ausführungen der Sprengarbeiten gelten.
- Grundsätzlich ist es sinnvoll, dass alle mit einer EU-Baumusterprüfbescheinigung (CE-Zeichen) versehenen und darüber hinaus in Deutschland zur Verwendung zugelassenen Sprengstoffe und Zündmittel (mit erteilter Identifikationsnummer) bei den Sprengarbeiten zum Einsatz kommen können. Dieses betrifft hier im speziellen Fall sowohl patronierte als auch lose Sprengstoffe sowie alle zugelassenen Zündverfahren (derzeit das elektrische-, nichtelektrische- und elektronische Zündverfahren).  
Als Sprengstoffe sollten daher gelatinöse Sprengstoffe, patronierte Emulsionssprengstoffe bzw. patroniertes oder loses ANFO sowie pulverförmige Sprengstoffpatronen grundsätzlich zum Einsatz kommen können, die derzeit den Stand der Technik beschreiben. Prinzipiell wäre auch im späteren Regelabbau der Einsatz von Mischladefahrzeugen mit pumpfähigen Emulsionssprengstoffen sowie ANFO- und Heavy-ANFO-Sprengstoffen möglich.
- Aus dem Einsatz verschiedener Sprengstoffe, Bohrlochtiefen etc. können unterschiedliche Sprengraster resultieren. Es wird deshalb empfohlen, auf eine Festlegung bezüglich bestimmter Bohr- und Sprengraster zu verzichten. Der Fa. Paul Kleinknecht als Antragstellerin sollten hier Freiheitsgrade zur Verfügung stehen, um bei Bedarf Anpassungen der Sprengtechnik entsprechend der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten vornehmen zu können.

- Bezüglich der Sprengerschütterungen ist immer die Einhaltung der jeweiligen Anhalts- bzw. Immissionswerte gefordert. Mit Unterschreitung der max. Lademenge je Zündzeitstufe von  $L_{\max} = 197 \text{ kg}$  ist dieses in der gesamten beantragten Abtragungsfläche gegeben. Ausnahmen bilden nur die beiden kleinen Sondersprengbereiche „Nord“ und „Ost“ wobei Anpassungen durch Sondermaßnahmen zur Reduzierung der maximalen Lademenge je Zündzeitstufe entsprechend den Lademengen-Abstandstabellen erfolgen müssen.
- Um das tatsächliche aus der geplanten Erweiterung resultierende Erschütterungsniveau zu erfassen, wird die Durchführung eines Erschütterungsmonitorings empfohlen. Die Messungen sollten am Fundament eines nächstgelegenen, repräsentativen Gebäudes erfolgen (bspw. IO 01 - Whs Am Glockenturm 21/1). Wenn der Wasserbehälter (IO 08) bei der Annäherung noch in Betrieb ist, sollten hier ebenfalls Erschütterungsmessungen am Gebäudefundament durchgeführt werden.

Durch das Erschütterungsmonitoring kann die Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte messtechnisch überprüft und dokumentiert werden. Darüber hinaus können gegebenenfalls Anpassungen der Sprengtechnik zur Reduzierung der Sprengerschütterungen aus den Messergebnissen abgeleitet werden.
- Wenn an einer Messstelle bei drei aufeinanderfolgenden Sprengungen Schwinggeschwindigkeiten gemessen werden, die  $> 75 \%$  der Immissions- bzw. Anhaltswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 sind, und die Entfernungen zwischen Messstelle und Sprengungen weiter abnehmen werden, dann sind Maßnahmen zur dauerhaften Erschütterungsreduzierung umzusetzen. Hierzu steht ein ausreichend großer sprengtechnischer Maßnahmen-katalog zur Verfügung.

Zu diesen Maßnahmen gehören zum Beispiel:

- Reduzierung der maximalen Lademenge je Zündzeitstufe durch Teilung oder gegebenenfalls Drittelung der Ladesäule
- Einsatz geringerer Bohrlochdurchmesser
- Verwendung von Sprengstoff mit geringerer Dichte
- Erhöhung des spezifischen Sprengstoffaufwandes durch Veränderung des Bohrlochrasters
- Änderung der Abbaurichtung
- Zündtechnische Veränderungen
  - Änderung der Zündrichtung
  - Einsatz des elektronischen Zündsystems zur Vergleichmäßigung der Schwingungsamplituden

Falls ferner Beschwerden aus der Nachbarschaft bezüglich der Sprengerschütterungsimmissionen entstehen, sollten an dem betreffenden Immissionsobjekt Erschütterungsmessungen zur Verifizierung des tatsächlichen Erschütterungsniveaus durchgeführt werden.

## **9 Zusammenfassung**

Das spreng- und immissionstechnische Gutachten im Rahmen des Genehmigungsantrages für die Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen der Fa. Paul Kleinknecht wurde auftragsgemäß erstellt.

Die Gewinnungsarbeiten in der geplanten Erweiterungsfläche sollen – wie bereits innerhalb der derzeit genehmigten Abbaufäche des Steinbruchs Rüblingen – mittels Bohr- und Sprengarbeit durchgeführt werden.

Die erforderlichen Betrachtungen für einen wirksamen Immissionsschutz bezüglich der Sprengarbeiten an Bruchwänden mit maximalen senkrechten Bruchwandhöhen von bis zu ca. 26 m sind anhand der derzeit gültigen Regelwerke erfolgt.

Berücksichtigung fanden dabei die jeweils maximal möglichen Immissionsauswirkungen (maximale Lademenge je Zündzeitstufe) bezogen auf die jeweils geringsten Entfernungen (bezogen auf die Abbaugrenzen) zwischen den nächstgelegenen schützenswerten Objekten (Immissionsobjekte) und den Sprengstellen. Besonders betrachtet wurden die Annäherungen zum einen an den Wasserbehälter (IO 08) im Osten der beantragten Abbaufäche und zum anderen im Norden an die Hauptwasserleitung (IO 09).

Es ist erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass bei Einhaltung der maßgeblichen Anhalts- bzw. Immissionswerte bei den nächstgelegenen Immissionsobjekten diese auch bei weiter entfernt gelegenen Objekten eingehalten werden.

Bei den gutachterlichen Ausführungen zu den Sprengerschütterungen sowie bei den entsprechenden Prognoseberechnungen wurden bezüglich der Gebirgsbeiwerte Standardwerte gemäß der Formel BGR-Sediment sowie der Formel Koch zuzüglich eines Sicherheitsfaktors von 25 % berücksichtigt. Bei den Prognoseberechnungen für im Nahbereich < 50 m gelegene Immissionsobjekte kamen die Standardwerte zuzüglich eines Sicherheitsfaktors von 50 % zur Anwendung. Hiermit wird der üblicherweise festzustellende Anstieg der Gebirgsbeiwerte im unmittelbaren Nahbereich (ca. < 50 m) entsprechend der DIN 4150 Teil 1 hinreichend berücksichtigt.

Dem Gutachten liegt ein Messbericht zu den vom Unterzeichner im Zeitraum vom 25.04.2023 bis zum 18.06.2024 durchgeführten Erschütterungsmessungen zugrunde, die geringere Medianwerte der Gebirgsbeiwerte ausweisen. Trotzdem wurde in der Immissionsprognose zur Erhöhung der Prognosesicherheit auf die Standardwerte zuzüglich der jeweiligen Sicherheitszuschläge von 25 % respektive 50 % zurückgegriffen.

Die zur Abbaugrenze der beantragten Erweiterungsfläche nächstgelegene Wohnbebauung befindet sich in einer minimalen horizontalen Entfernung von ca. 400 m (IO 01 - Whs Am Glockenturm 21/1).

Wie eine exemplarische Lademengenberechnung zeigt, ist davon auszugehen, dass in der beantragten Erweiterungsfläche mit Bruchwandhöhen von maximal ca. 26 m, dem betriebsüblichen Bohrlochdurchmesser von 95 mm sowie dem für die Lagerstätte üblichen spezifischen Sprengstoffaufwand die maximale Lademenge je Zündzeitstufe bei ca.  $L_{\max} = 125 \text{ kg}$  (bei Zündung von nur einer Bohrlochladung je Zündzeitstufe) liegen wird. Maximal möglich wäre eine Lademenge je Zündzeitstufe von  $L_{\max} = 197 \text{ kg}$ . Dieser Wert sollte auch die Lademengenbeschränkung darstellen.

Die mit großen Sicherheiten durchgeführte Immissionsprognose zeigt auf, dass aus dem Einsatz dieser Lademenge je Zündzeitstufe Erschütterungsimmissionen resultieren werden, die deutlich unter den maßgeblichen Anhaltswerten der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 bzw. den Immissionswerten der Erschütterungsrichtlinie für die jeweiligen schützenswerten Objekte IO 01, IO 03, IO 04, IO 05, IO 06, IO 07 und IO 10 liegen.

Bezüglich der Annäherung an die beiden Immissionsobjekte IO 08 und IO 09 werden Sondermaßnahmen beschrieben, mit denen auch hier die maßgeblichen Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3 bzw. die Immissionswerte der Erschütterungsrichtlinie eingehalten werden können. Diese Sondermaßnahmen sind aber nur dann erforderlich, wenn die beiden vorbezeichneten Immissionsobjekte zu diesem Zeitpunkt noch in Betrieb sind bzw. weiterhin als schutzwürdig gelten.

Darüber hinaus greift das aufgeführte Schutzkonzept. Dieses umfasst die Durchführung von Erschütterungsmessungen an einer für die umliegenden schützenswerten Objekte repräsentativen Messstelle zur generellen Nachweisführung. Die Erschütterungsmessungen dienen der Überprüfung der Immissionsprognose sowie der Festlegung eines Schwellenwertes für den

Worst Case gegebenenfalls zur notwendiger Umsetzung zusätzlicher erschütterungsreduzierender Maßnahmen.

Insofern ist mit hohen Sicherheiten auszuschließen, dass Schäden ursächlich durch Sprengungen an schützenswerten Objekten im Umfeld der geplanten Erweiterungsfläche entstehen können.

Nach Bewertung der jeweiligen Gefahrensituation durch den verantwortlichen Sprengberechtigten, sind gegebenenfalls umfangreiche Absperrmaßnahmen zur Sicherstellung des Regelsprengbereiches oder des angepassten Sprengbereichs durchzuführen.

Bei Einhaltung der gültigen Regelwerke (z. B. der Spreng TR 310) und den vorgeschlagenen Empfehlungen sowie der für die Sprengarbeiten gebührenden Sorgfalt ist Steinflug über die Abbaugrenzen hinaus mit hohen Sicherheiten vermeidbar sowie die Einhaltung der maßgeblichen Anhalts- bzw. Immissionswerte sichergestellt.

**Aus der hier behandelten spreng- und immissionstechnischen Sicht, spricht unter Einhaltung der aufgeführten Empfehlungen und Anwendung des anerkannten Stands der Technik nichts gegen die Durchführung von Sprengarbeiten innerhalb der von der Fa. Paul Kleinknecht für den Steinbruch Rüblingen beantragten Erweiterungsfläche.**

Dieses Gutachten habe ich entsprechend meinem Eid als unabhängiger, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger nach bestem Wissen und Gewissen und nach dem mir bekannten Stand der Technik verfasst.



Dipl.-Ing. Guido A. Schmücker

---

Bergheim, 17. Dezember 2024

## Anhang 1

<b>Lademengen-Abstandstabelle für Nahbereich (&lt; 50 m)</b>						
<b>(Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten)</b>						
<b>Projekt: Paul Kleinknecht GmbH &amp; Co. KG – Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen</b>						
Abstandsbereiche: minimal:		2 m	maximal:		94 m	
<b>Anhang 1</b>						
<b>Grundlagen:</b>						
Formeln zur Berechnung:			$K_{\text{Gemessen, Median}}$		<b>Standardwerte zzgl. 50 %</b>	
1) nach Koch	$v_i = (K_i) \cdot L^{0,5} \cdot R^{-1}$		K 1 = 54,4		<b>K 5 = 150,0</b>	
2) BGR-Sediment	$v_i = (K_i) \cdot L^{0,6} \cdot R^{-1,5}$		K 2 = 964,9		<b>K 6 = 1.453,5</b>	
<b>Berechnungen zu Schwinggeschwindigkeiten am jeweiligen Gebäudefundament</b>						
<b>Tabelle:</b>						
Abstandsbereich von:	2 m	Abstand (m)	Koch (K 1) Lademenge (kg)	BGR- Sediment (K 2) Lademenge (kg)	Koch (K 5) Lademenge (kg)	BGR- Sediment (K 6) Lademenge (kg)
Abstandsschritte:	2 m					
Zulässiges $v_{i, \text{max}}$ :	<b>20,00 mm/s</b>					
<b>IO 08 - Wasserbehälter Sonderbereich für Annäherung an IO 08</b>		2 m	0,5 kg	0,0 kg	0,1 kg	0,0 kg
		4 m	2,2 kg	0,1 kg	0,3 kg	0,0 kg
		6 m	4,9 kg	0,1 kg	0,6 kg	0,1 kg
		8 m	8,7 kg	0,3 kg	1,1 kg	0,1 kg
		10 m	13,5 kg	0,5 kg	1,8 kg	0,2 kg
		12 m	19,5 kg	0,8 kg	2,6 kg	0,4 kg
		14 m	26,5 kg	1,1 kg	3,5 kg	0,6 kg
		16 m	34,6 kg	1,6 kg	4,6 kg	0,8 kg
		18 m	43,8 kg	2,1 kg	5,8 kg	1,1 kg
		20 m	54,1 kg	2,8 kg	7,1 kg	1,4 kg
		22 m	65,4 kg	3,6 kg	8,6 kg	1,8 kg
		24 m	77,9 kg	4,4 kg	10,2 kg	2,2 kg
		26 m	91,4 kg	5,4 kg	12,0 kg	2,7 kg
		28 m	106,0 kg	6,5 kg	13,9 kg	3,3 kg
		30 m	121,6 kg	7,7 kg	16,0 kg	3,9 kg
		32 m	138,4 kg	9,1 kg	18,2 kg	4,6 kg
		34 m	156,3 kg	10,5 kg	20,6 kg	5,3 kg
		36 m	175,2 kg	12,2 kg	23,0 kg	6,1 kg
		38 m	195,2 kg	13,9 kg	25,7 kg	7,0 kg
		40 m	216,3 kg	15,8 kg	28,4 kg	8,0 kg
42 m	238,4 kg	17,9 kg	31,4 kg	9,0 kg		
<b>s. Anhang 2</b>		<b>45 m</b>	273,7 kg	21,2 kg	<b>36,0 kg</b>	10,7 kg
		46 m	286,0 kg	22,4 kg	37,6 kg	11,3 kg
		48 m	311,4 kg	25,0 kg	41,0 kg	12,6 kg
		50 m	337,9 kg	27,6 kg	44,4 kg	14,0 kg
		52 m				
		54 m				
		56 m				
		58 m				
		60 m				
		62 m				
		64 m				
		66 m				
68 m						
70 m						
72 m						
74 m						
76 m						
78 m						
80 m						
82 m						
84 m						
86 m						
88 m						
94 m						

## Anhang 2

<b>Lademengen-Abstandstabelle</b>						
<b>(Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten)</b>						
<b>Projekt: Paul Kleinknecht GmbH &amp; Co. KG – Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen</b>						
Abstandsbereiche: minimal:	50 m	maximal:	500 m	Anhang 2		
<b>Grundlagen:</b>						
Formeln zur Berechnung:			$K_{\text{Gemessen, Median}}$	Standardwerte zzgl. 25 %		
1) nach Koch	$v_i = (K \cdot i)^{0,5} \cdot R^{1,1}$		K 1 = 54,4	K 3 = 125,0		
2) BGR-Sediment	$v_i = (K \cdot i)^{0,6} \cdot R^{1,5}$		K 2 = 964,9	K 4 = 1.211,3		
<b>Berechnungen zu Schwinggeschwindigkeiten am jeweiligen Gebäudefundament</b>						
<i>Tabelle:</i>						
Abstandsbereich von:	50 m	Abstand (m)	Koch (K 1) Lademege (kg)	BGR- Sediment (K 2) Lademege (kg)	Koch (K 3) Lademege (kg)	BGR- Sediment (K 4) Lademege (kg)
Abstandsschritte:	10 m					
Zulässiges $v_i$ , max:	20,00 mm/s					
<b>Sonderbereich für Annäherung an IO 08 Wasserbehälter</b>		50 m	337,9 kg	27,6 kg	64,0 kg	18,9 kg
		60 m	486,6 kg	43,6 kg	92,2 kg	29,9 kg
		70 m	662,3 kg	64,1 kg	125,4 kg	43,9 kg
<b>IO 05 - Gewerblicher Bau Fa. BBH IO 10 - Wirtg</b>		80 m	865,1 kg	89,5 kg	163,8 kg	61,3 kg
		90 m	1.094,8 kg	120,2 kg	207,4 kg	82,3 kg
		100 m	1.351,6 kg	156,4 kg	256,0 kg	107,1 kg
		110 m	1.635,5 kg	198,5 kg	309,8 kg	135,9 kg
		120 m	1.946,4 kg	246,7 kg	368,6 kg	168,9 kg
		130 m	2.284,3 kg	301,4 kg	432,6 kg	206,3 kg
		140 m	2.649,2 kg	362,7 kg	501,8 kg	248,3 kg
		150 m	3.041,2 kg	431,0 kg	576,0 kg	295,0 kg
		160 m	3.460,2 kg	506,5 kg	655,4 kg	346,7 kg
		170 m	3.906,3 kg	589,3 kg	739,8 kg	403,4 kg
		180 m	4.379,3 kg	679,9 kg	829,4 kg	465,4 kg
		190 m	4.879,4 kg	778,3 kg	924,2 kg	532,8 kg
		200 m	5.406,6 kg	884,8 kg	1.024,0 kg	605,7 kg
		210 m	5.960,7 kg	999,5 kg	1.129,0 kg	684,2 kg
		220 m	6.542,0 kg	1.122,8 kg	1.239,0 kg	768,6 kg
		230 m	7.150,2 kg	1.254,8 kg	1.354,2 kg	859,0 kg
		240 m	7.785,5 kg	1.395,6 kg	1.474,6 kg	955,4 kg
		250 m	8.447,8 kg	1.545,6 kg	1.600,0 kg	1.058,1 kg
		260 m	9.137,1 kg	1.704,8 kg	1.730,6 kg	1.167,1 kg
		270 m	9.853,5 kg	1.873,5 kg	1.866,2 kg	1.282,5 kg
		280 m	10.596,9 kg	2.051,8 kg	2.007,0 kg	1.404,6 kg
290 m	11.367,3 kg	2.240,0 kg	2.153,0 kg	1.533,4 kg		
300 m	12.164,8 kg	2.438,1 kg	2.304,0 kg	1.669,0 kg		
310 m	12.989,3 kg	2.646,4 kg	2.460,2 kg	1.811,6 kg		
318 m	13.668,4 kg	2.820,4 kg	2.588,8 kg	1.930,8 kg		
320 m	13.840,8 kg	2.865,0 kg	2.621,4 kg	1.961,3 kg		
330 m	14.719,4 kg	3.094,1 kg	2.787,8 kg	2.118,1 kg		
340 m	15.625,0 kg	3.333,8 kg	2.959,4 kg	2.282,2 kg		
350 m	16.557,6 kg	3.584,4 kg	3.136,0 kg	2.453,8 kg		
360 m	17.517,3 kg	3.845,9 kg	3.317,8 kg	2.632,8 kg		
370 m	18.504,0 kg	4.118,6 kg	3.504,6 kg	2.819,5 kg		
380 m	19.517,7 kg	4.402,6 kg	3.696,6 kg	3.013,8 kg		
390 m	20.558,5 kg	4.697,9 kg	3.893,8 kg	3.216,0 kg		
399 m	21.518,3 kg	4.973,7 kg	4.075,5 kg	3.404,8 kg		
400 m	21.626,3 kg	5.004,9 kg	4.096,0 kg	3.426,2 kg		
410 m	22.721,1 kg	5.323,6 kg	4.303,4 kg	3.644,3 kg		
420 m	23.843,0 kg	5.654,2 kg	4.515,8 kg	3.870,6 kg		
430 m	24.991,9 kg	5.996,8 kg	4.733,4 kg	4.105,2 kg		
440 m	26.167,8 kg	6.351,5 kg	4.956,2 kg	4.348,0 kg		
450 m	27.370,8 kg	6.718,6 kg	5.184,0 kg	4.599,3 kg		
460 m	28.600,8 kg	7.098,1 kg	5.417,0 kg	4.859,1 kg		
470 m	29.857,8 kg	7.490,2 kg	5.655,0 kg	5.127,5 kg		
480 m	31.141,9 kg	7.894,9 kg	5.898,2 kg	5.404,6 kg		
490 m	32.453,0 kg	8.312,6 kg	6.146,6 kg	5.690,5 kg		
498 m	33.521,3 kg	8.656,0 kg	6.348,9 kg	5.925,6 kg		
500 m	33.791,1 kg	8.743,2 kg	6.400,0 kg	5.985,3 kg		
<b>IO 06 - Freileitungsmast</b>						
<b>IO 07 - Freiflächen-PV-Anlage</b>						

## Anhang 3

<b>Lademengen-Abstandstabelle</b>						
<b>(Wohngebäude)</b>						
<b>Projekt: Paul Kleinknecht GmbH &amp; Co. KG – Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen</b>						
Abstandsbereiche: minimal:	100 m	maximal:	1.000 m	Anhang 3		
<b>Grundlagen:</b>						
Formeln zur Berechnung:			$K_{\text{Gemessen, Median}}$	Standardwerte zzgl. 25 %		
1) nach Koch	$v_i = (K i)^L \cdot 0,5 \cdot R^{-1}$		K 1 = 54,4	K 3 = 125,0		
2) BGR-Sediment	$v_i = (K i)^L \cdot 0,6 \cdot R^{-1,5}$		K 2 = 964,9	K 4 = 1.211,3		
<b>Berechnungen zu Schwinggeschwindigkeiten am jeweiligen Gebäudefundament</b>						
<i>Tabelle:</i>						
Abstandsbereich von:	100 m	Abstand (m)	Koch (K 1) Lademege (kg)	BGR- Sediment (K 2) Lademege (kg)	Koch (K 3) Lademege (kg)	BGR- Sediment (K 4) Lademege (kg)
Abstandsschritte:	20 m					
Zulässiges $v_{i, \text{max}}$ :	3,60 mm/s					
<b><math>v_{i, \text{max}}</math> gilt für die Prognose nach DIN 4150 Teil 2 u. Teil 3.</b>						
	100 m		43,8 kg	9,0 kg	8,3 kg	6,1 kg
	120 m		63,1 kg	14,2 kg	11,9 kg	9,7 kg
	140 m		85,8 kg	20,8 kg	16,3 kg	14,2 kg
	160 m		112,1 kg	29,1 kg	21,2 kg	19,9 kg
	180 m		141,9 kg	39,0 kg	26,9 kg	26,7 kg
	200 m		175,2 kg	50,8 kg	33,2 kg	34,8 kg
	220 m		212,0 kg	64,4 kg	40,1 kg	44,1 kg
	240 m		252,2 kg	80,1 kg	47,8 kg	54,8 kg
	260 m		296,0 kg	97,8 kg	56,1 kg	67,0 kg
	280 m		343,3 kg	117,7 kg	65,0 kg	80,6 kg
	300 m		394,1 kg	139,9 kg	74,6 kg	95,8 kg
	320 m		448,4 kg	164,4 kg	84,9 kg	112,5 kg
	340 m		506,3 kg	191,3 kg	95,9 kg	131,0 kg
	360 m		567,6 kg	220,7 kg	107,5 kg	151,1 kg
	380 m		632,4 kg	252,6 kg	119,8 kg	172,9 kg
IO 01 - Whs Am Glockenturm 21/1	400 m		700,7 kg	287,2 kg	132,7 kg	196,6 kg
	420 m		772,5 kg	324,5 kg	146,3 kg	222,1 kg
	440 m		847,8 kg	364,5 kg	160,6 kg	249,5 kg
IO 03 - Whs Am Glockenturm 33	447 m		875,0 kg	379,1 kg	165,7 kg	259,5 kg
	460 m		926,7 kg	407,3 kg	175,5 kg	278,8 kg
	480 m		1.009,0 kg	453,0 kg	191,1 kg	310,1 kg
	500 m		1.094,8 kg	501,7 kg	207,4 kg	343,5 kg
	520 m		1.184,2 kg	553,4 kg	224,3 kg	378,8 kg
	540 m		1.277,0 kg	608,2 kg	241,9 kg	416,3 kg
	560 m		1.373,4 kg	666,0 kg	260,1 kg	456,0 kg
	580 m		1.473,2 kg	727,1 kg	279,0 kg	497,8 kg
	600 m		1.576,6 kg	791,4 kg	298,6 kg	541,8 kg
	620 m		1.683,4 kg	859,0 kg	318,8 kg	588,1 kg
	640 m		1.793,8 kg	930,0 kg	339,7 kg	636,6 kg
	660 m		1.907,6 kg	1.004,4 kg	361,3 kg	687,6 kg
	680 m		2.025,0 kg	1.082,2 kg	383,5 kg	740,8 kg
	700 m		2.145,9 kg	1.163,5 kg	406,4 kg	796,5 kg
	720 m		2.270,2 kg	1.248,4 kg	430,0 kg	854,6 kg
	740 m		2.398,1 kg	1.336,9 kg	454,2 kg	915,2 kg
	760 m		2.529,5 kg	1.429,1 kg	479,1 kg	978,3 kg
	780 m		2.664,4 kg	1.525,0 kg	504,6 kg	1.044,0 kg
	800 m		2.802,8 kg	1.624,6 kg	530,8 kg	1.112,2 kg
	820 m		2.944,7 kg	1.728,1 kg	557,7 kg	1.183,0 kg
	840 m		3.090,1 kg	1.835,4 kg	585,3 kg	1.256,5 kg
	860 m		3.238,9 kg	1.946,6 kg	613,5 kg	1.332,6 kg
	880 m		3.391,3 kg	2.061,8 kg	642,3 kg	1.411,4 kg
	900 m		3.547,3 kg	2.180,9 kg	671,8 kg	1.493,0 kg
	920 m		3.706,7 kg	2.304,1 kg	702,0 kg	1.577,3 kg
	940 m		3.869,6 kg	2.431,4 kg	732,9 kg	1.664,4 kg
	960 m		4.036,0 kg	2.562,8 kg	764,4 kg	1.754,4 kg
	980 m		4.205,9 kg	2.698,4 kg	796,6 kg	1.847,2 kg
	1.000 m		4.379,3 kg	2.838,1 kg	829,4 kg	1.942,9 kg

## Anhang 4

<b>Lademengen-Abstandstabelle</b>						
<b>(Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder Nutzung gleichartige Bauten)</b>						
<b>Projekt: Paul Kleinknecht GmbH &amp; Co. KG – Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen</b>						
Abstandsbereiche: minimal:	100 m	maximal:	1.000 m	Anhang 4		
<b>Grundlagen:</b>						
Formeln zur Berechnung:		$K_{\text{Gemessen, Median}}$		Standardwerte zzgl. 25 %		
1) nach Koch	$v_i = (K_i) \cdot L^{0,5} \cdot R^{-1}$	K 1 = 54,4		K 3 = 125,0		
2) BGR-Sediment	$v_i = (K_i) \cdot L^{0,6} \cdot R^{-1,5}$	K 2 = 964,9		K 4 = 1.211,3		
Berechnungen zu Schwinggeschwindigkeiten am jeweiligen Gebäudefundament						
Tabelle:						
Abstandsbereich von:	100 m	Abstand (m)	Koch (K 1) Lademege (kg)	BGR- Sediment (K 2) Lademege (kg)	Koch (K 3) Lademege (kg)	BGR- Sediment (K 4) Lademege (kg)
Abstandsschritte:	20 m					
Zulässiges $v_i$ , max:	5,00 mm/s					
IO 04 - Wirtg Am Glockenturm 21	100 m	84,5 kg	15,5 kg	16,0 kg	10,6 kg	
	120 m	121,6 kg	24,5 kg	23,0 kg	16,8 kg	
	140 m	165,6 kg	36,0 kg	31,4 kg	24,6 kg	
	160 m	216,3 kg	50,2 kg	41,0 kg	34,4 kg	
	180 m	273,7 kg	67,5 kg	51,8 kg	46,2 kg	
	200 m	337,9 kg	87,8 kg	64,0 kg	60,1 kg	
	220 m	408,9 kg	111,4 kg	77,4 kg	76,3 kg	
	240 m	486,6 kg	138,5 kg	92,2 kg	94,8 kg	
	260 m	571,1 kg	169,1 kg	108,2 kg	115,8 kg	
	280 m	662,3 kg	203,6 kg	125,4 kg	139,4 kg	
	300 m	760,3 kg	241,9 kg	144,0 kg	165,6 kg	
	320 m	865,1 kg	284,2 kg	163,8 kg	194,6 kg	
	340 m	976,6 kg	330,8 kg	185,0 kg	226,4 kg	
	360 m	1.094,8 kg	381,6 kg	207,4 kg	261,2 kg	
	380 m	1.219,9 kg	436,8 kg	231,0 kg	299,0 kg	
	400 m	1.351,6 kg	496,5 kg	256,0 kg	339,9 kg	
	420 m	1.490,2 kg	561,0 kg	282,2 kg	384,0 kg	
	426 m	1.533,1 kg	581,2 kg	290,4 kg	397,9 kg	
	440 m	1.635,5 kg	630,2 kg	309,8 kg	431,4 kg	
	460 m	1.787,5 kg	704,2 kg	338,6 kg	482,1 kg	
	480 m	1.946,4 kg	783,3 kg	368,6 kg	536,2 kg	
	500 m	2.111,9 kg	867,4 kg	400,0 kg	593,8 kg	
	520 m	2.284,3 kg	956,8 kg	432,6 kg	655,0 kg	
	540 m	2.463,4 kg	1.051,5 kg	466,6 kg	719,8 kg	
	560 m	2.649,2 kg	1.151,6 kg	501,8 kg	788,3 kg	
	580 m	2.841,8 kg	1.257,1 kg	538,2 kg	860,6 kg	
	600 m	3.041,2 kg	1.368,3 kg	576,0 kg	936,7 kg	
620 m	3.247,3 kg	1.485,2 kg	615,0 kg	1.016,7 kg		
640 m	3.460,2 kg	1.607,9 kg	655,4 kg	1.100,7 kg		
660 m	3.679,8 kg	1.736,5 kg	697,0 kg	1.188,7 kg		
680 m	3.906,3 kg	1.871,0 kg	739,8 kg	1.280,9 kg		
700 m	4.139,4 kg	2.011,7 kg	784,0 kg	1.377,1 kg		
720 m	4.379,3 kg	2.158,5 kg	829,4 kg	1.477,6 kg		
740 m	4.626,0 kg	2.311,5 kg	876,2 kg	1.582,4 kg		
760 m	4.879,4 kg	2.470,9 kg	924,2 kg	1.691,5 kg		
780 m	5.139,6 kg	2.636,6 kg	973,4 kg	1.804,9 kg		
800 m	5.406,6 kg	2.808,9 kg	1.024,0 kg	1.922,9 kg		
820 m	5.680,3 kg	2.987,8 kg	1.075,8 kg	2.045,3 kg		
840 m	5.960,7 kg	3.173,3 kg	1.129,0 kg	2.172,3 kg		
860 m	6.248,0 kg	3.365,6 kg	1.183,4 kg	2.304,0 kg		
880 m	6.542,0 kg	3.564,7 kg	1.239,0 kg	2.440,2 kg		
900 m	6.842,7 kg	3.770,7 kg	1.296,0 kg	2.581,3 kg		
920 m	7.150,2 kg	3.983,7 kg	1.354,2 kg	2.727,1 kg		
940 m	7.464,5 kg	4.203,7 kg	1.413,8 kg	2.877,7 kg		
960 m	7.785,5 kg	4.430,9 kg	1.474,6 kg	3.033,2 kg		
980 m	8.113,2 kg	4.665,3 kg	1.536,6 kg	3.193,7 kg		
1.000 m	8.447,8 kg	4.907,0 kg	1.600,0 kg	3.359,1 kg		

## Anhang 5

<b>Lademengen-Abstandstabelle für Nahbereich (&lt; 50 m)</b>						
<b>(Erdverlegte Rohrleitungen)</b>						
<b>Projekt: Paul Kleinknecht GmbH &amp; Co. KG – Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen</b>						
Abstandsbereiche: minimal:	1 m	maximal:	120 m	<b>Anhang 5</b>		
<b>Grundlagen:</b>						
Formeln zur Berechnung:				$K_{\text{Gemessen, Median}}$	<b>Standardwerte zzgl. 50 %</b>	
1) nach Koch	$v_i = (K_i) \cdot L^{0,5} \cdot R^{-1}$		$K_1 = 54,4$		$K_3 = 150,0$	
2) BGR-Sediment	$v_i = (K_i) \cdot L^{0,6} \cdot R^{-1,5}$		$K_2 = 964,9$		$K_4 = 1.453,5$	
<b>Berechnungen zu Schwinggeschwindigkeiten am jeweiligen Gebäudefundament</b>						
<i>Tabelle:</i>						
Abstandsbereich von:	1 m	Abstand (m)	Koch (K 1) Lademenge (kg)	BGR- Sediment (K 2) Lademenge (kg)	Koch (K 3) Lademenge (kg)	BGR- Sediment (K 4) Lademenge (kg)
Abstandsschritte:	5 m					
Zulässiges $v_{i, \text{max}}$ :	<b>50,00 mm/s</b>					
<b>IO 09 - Hauptwasserleitung</b> <b>Sonderbereich für die Annäherung</b> <b>an IO 09 (Hauptwasserleitung)</b>		1 m	0,8 kg	0,0 kg	0,1 kg	0,0 kg
		4 m	13,5 kg	0,2 kg	1,8 kg	0,1 kg
		5 m	21,1 kg	0,4 kg	2,8 kg	0,2 kg
		10 m	84,5 kg	2,3 kg	11,1 kg	1,2 kg
		15 m	190,1 kg	6,3 kg	25,0 kg	3,2 kg
		20 m	337,9 kg	12,9 kg	44,4 kg	6,5 kg
		25 m	528,0 kg	22,5 kg	69,4 kg	11,4 kg
		<b>30 m</b>	<b>760,3 kg</b>	<b>35,5 kg</b>	<b>100,0 kg</b>	<b>17,9 kg</b>
		<b>35 m</b>	<b>1.034,9 kg</b>	<b>52,2 kg</b>	<b>136,1 kg</b>	<b>26,4 kg</b>
		40 m	1.351,6 kg	72,9 kg	177,8 kg	36,8 kg
		45 m	1.710,7 kg	97,8 kg	225,0 kg	49,4 kg
		<b>50 m</b>	<b>2.111,9 kg</b>	<b>127,3 kg</b>	<b>277,8 kg</b>	<b>64,3 kg</b>
		55 m				
		60 m				
		65 m				
		70 m				
		75 m				
80 m						
85 m						
90 m						
95 m						
100 m						
105 m						
110 m						
115 m						
120 m						

## Anhang 6

**Sprengplanung für eine Strossenhöhe von max. ca. 26 m** Anhang 6  
**Beispielberechnungen für Einreihensprengungen ohne Unterteilung der Ladesäule**  
**Lademengenberechnungen für Kopfbohrlöcher**

	Möglichkeit 1	Möglichkeit 2
	Patronen + ANFO	patr.Sprengstoffe wasserführende BL
Max. senkr. Wandhöhe	26,00 m	

Sprengstoffdichte ANFO	0,82 g/cm <sup>3</sup>				1,15 g/cm <sup>3</sup>	
	95 mm		105 mm		95 mm	105 mm
Bohrlochdurchmesser	95 mm		105 mm		95 mm	105 mm
Bohrlochneigung	80 °	90 °	80 °	90 °	90 °	90 °
Unterbohrung	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m	0,00 m
Bohrlochlänge inkl. Unterbohrung	26,4 m	26,0 m	26,4 m	26,0 m	26,0 m	26,0 m
Bohrlochfüllungsgrad ANFO	100 %	100 %	100 %	100 %		
Lademetergewicht ANFO	5,81 kg/m	5,81 kg/m	7,10 kg/m	7,10 kg/m		
Bohrlochfüllungsgrad Patronen	80 %	80 %	80 %	80 %	70 %	70 %
Lademetergewicht Patronen	6,52 kg/m	6,52 kg/m	7,97 kg/m	7,97 kg/m	5,71 kg/m	6,97 kg/m

Ladesäule	Einsatz von Patronen und ANFO				Einsatz von Patronen	
Zwischenbesatzhöhe	variabel über die Teilladesäule					
Endbesatzhöhe	4,0 m	4,0 m	4,5 m	4,5 m	4,0 m	4,5 m
Ladesäule	22,4 m	22,0 m	21,9 m	21,5 m	22,0 m	21,5 m
Verstärkungsladung	2,5 kg	2,5 kg	3,1 kg	3,1 kg	2,5 kg	3,1 kg
Hauptsprengstoff	127,7 kg	125,4 kg	152,4 kg	149,5 kg	123,0 kg	146,7 kg
Sprengstoffmenge gesamt	130,2 kg	127,9 kg	155,5 kg	152,7 kg	125,5 kg	149,9 kg

Lademenge pro Bohrloch	130,2 kg	127,9 kg	155,5 kg	152,7 kg	125,5 kg	149,9 kg
Lademenge pro Zündzeitstufe	130,2 kg	127,9 kg	155,5 kg	152,7 kg	125,5 kg	149,9 kg

**Sprengtechnische Rasterkalkulation (Bsp.)**

Vorgabe (z. B.)	4,0 m	4,0 m	4,5 m	4,5 m	4,0 m	4,5 m
Seitenabstand (z. B.)	4,5 m	4,5 m	5,0 m	5,0 m	4,5 m	5,0 m
Ausbruchfläche	18,0 m <sup>2</sup>	18,0 m <sup>2</sup>	22,5 m <sup>2</sup>	22,5 m <sup>2</sup>	18,0 m <sup>2</sup>	22,5 m <sup>2</sup>
Spez. Sprengstoffbedarf (kg/fm <sup>3</sup> )	0,28	0,27	0,27	0,26	0,27	0,26

Der spezifische Sprengstoffaufwand liegt erfahrungsgemäß zwischen 0,10 kg/fm<sup>3</sup> (Lockerungssprengungen) und ca. 0,35 kg/fm<sup>3</sup> und variiert in Abhängigkeit der Vorortbedingungen.

Die Bohrlochraster sind hier beispielhaft aufgeführt und sollten den Vorortbedingungen angepaßt werden.

## Anhang 7

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle								Anhang 7
Projekt: Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG – Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen								
Abstandsbereiche von minimal:		4 m	maximal:		1.000 m			
Berechnung auf der Grundlage einer konstanten Lademenge pro Zündzeitstufe: <b>L = 125,5 kg</b>								
Grundlagen:								
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte:				Standardwerte		Gebirgsbeiwerte		
1) nach Koch $v_i = (K \cdot i)^L \cdot 0,5 \cdot R^{A-1}$				K 1 = 100,0		Standardwerte zzgl. 25 %		
2) BGR-Sediment $v_i = (K \cdot i)^L \cdot 0,6 \cdot R^{A-1,5}$				K 2 = 969,0		K 3 = 125,0		
						K 4 = 1.211,3		
						K 5 = 150,0		
						K 6 = 1.453,5		
Regelsprengtechnik ohne Ladungsteilung (BL-Dmr. 95 mm)								
Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten								
Abstandsbereich von:	20 m	Abstand (m)	$v_i$ -Koch (K 1) (mm/s)	$v_i$ -BGR (K 2) (mm/s)	$v_i$ -Koch (K 3) (mm/s)	$v_i$ -BGR (K 4) (mm/s)	$v_i$ -Koch (K 5) (mm/s)	$v_i$ -BGR (K 6) (mm/s)
Abstandsschritte:	20 m							
IO 09 - Hauptwasserleitung		4 m	280,07 mm/s	2.199,99 mm/s	350,08 mm/s	2.749,98 mm/s	420,10 mm/s	3.299,98 mm/s
		20 m	56,01 mm/s	196,77 mm/s	70,02 mm/s	245,97 mm/s	84,02 mm/s	295,16 mm/s
IO 08 - Wasserbehälter		24 m	46,68 mm/s	149,69 mm/s	58,35 mm/s	187,11 mm/s	70,02 mm/s	224,54 mm/s
		40 m	28,01 mm/s	69,57 mm/s	35,01 mm/s	86,96 mm/s	42,01 mm/s	104,35 mm/s
		60 m	18,67 mm/s	37,87 mm/s	23,34 mm/s	47,34 mm/s		
		80 m	14,00 mm/s	24,60 mm/s	17,50 mm/s	30,75 mm/s		
		100 m	11,20 mm/s	17,60 mm/s	14,00 mm/s	22,00 mm/s		
		120 m	9,34 mm/s	13,39 mm/s	11,67 mm/s	16,74 mm/s		
		140 m	8,00 mm/s	10,62 mm/s	10,00 mm/s	13,28 mm/s		
		160 m	7,00 mm/s	8,70 mm/s	8,75 mm/s	10,87 mm/s		
		180 m	6,22 mm/s	7,29 mm/s	7,78 mm/s	9,11 mm/s		
		200 m	5,60 mm/s	6,22 mm/s	7,00 mm/s	7,78 mm/s		
		220 m	5,09 mm/s	5,39 mm/s	6,37 mm/s	6,74 mm/s		
		240 m	4,67 mm/s	4,73 mm/s	5,83 mm/s	5,92 mm/s		
		260 m	4,31 mm/s	4,20 mm/s	5,39 mm/s	5,25 mm/s		
		280 m	4,00 mm/s	3,76 mm/s	5,00 mm/s	4,70 mm/s		
		300 m	3,73 mm/s	3,39 mm/s	4,67 mm/s	4,23 mm/s		
IO 05 - Gewerblicher Bau Fa. BBH IO 10 - Wirtg		318 m	3,52 mm/s	3,10 mm/s	4,40 mm/s	3,88 mm/s		
		320 m	3,50 mm/s	3,07 mm/s	4,38 mm/s	3,84 mm/s		
		340 m	3,29 mm/s	2,81 mm/s	4,12 mm/s	3,51 mm/s		
		360 m	3,11 mm/s	2,58 mm/s	3,89 mm/s	3,22 mm/s		
		380 m	2,95 mm/s	2,38 mm/s	3,69 mm/s	2,97 mm/s		
IO 06 - Freileitungsmast		399 m	2,81 mm/s	2,21 mm/s	3,51 mm/s	2,76 mm/s		
IO 01 - Whs Am Glockenturm 21/1		400 m	2,80 mm/s	2,20 mm/s	3,50 mm/s	2,75 mm/s		
		420 m	2,67 mm/s	2,04 mm/s	3,33 mm/s	2,56 mm/s		
IO 04 - Wirtg Am Glockenturm 21		426 m	2,63 mm/s	2,00 mm/s	3,29 mm/s	2,50 mm/s		
		440 m	2,55 mm/s	1,91 mm/s	3,18 mm/s	2,38 mm/s		
IO 03 - Whs Am Glockenturm 33		447 m	2,51 mm/s	1,86 mm/s	3,13 mm/s	2,33 mm/s		
		460 m	2,44 mm/s	1,78 mm/s	3,04 mm/s	2,23 mm/s		
		480 m	2,33 mm/s	1,67 mm/s	2,92 mm/s	2,09 mm/s		
IO 07 - Freiflächen-PV-Anlage		498 m	2,25 mm/s	1,58 mm/s	2,81 mm/s	1,98 mm/s		
		500 m	2,24 mm/s	1,57 mm/s	2,80 mm/s	1,97 mm/s		
		520 m	2,15 mm/s	1,48 mm/s	2,69 mm/s	1,86 mm/s		
		540 m	2,07 mm/s	1,40 mm/s	2,59 mm/s	1,75 mm/s		
		560 m	2,00 mm/s	1,33 mm/s	2,50 mm/s	1,66 mm/s		
		580 m	1,93 mm/s	1,26 mm/s	2,41 mm/s	1,57 mm/s		
		600 m	1,87 mm/s	1,20 mm/s	2,33 mm/s	1,50 mm/s		
		620 m	1,81 mm/s	1,14 mm/s	2,26 mm/s	1,43 mm/s		
		640 m	1,75 mm/s	1,09 mm/s	2,19 mm/s	1,36 mm/s		
		660 m	1,70 mm/s	1,04 mm/s	2,12 mm/s	1,30 mm/s		
		680 m	1,65 mm/s	0,99 mm/s	2,06 mm/s	1,24 mm/s		
		700 m	1,60 mm/s	0,95 mm/s	2,00 mm/s	1,19 mm/s		
		720 m	1,56 mm/s	0,91 mm/s	1,94 mm/s	1,14 mm/s		
		740 m	1,51 mm/s	0,87 mm/s	1,89 mm/s	1,09 mm/s		
		760 m	1,47 mm/s	0,84 mm/s	1,84 mm/s	1,05 mm/s		
		780 m	1,44 mm/s	0,81 mm/s	1,80 mm/s	1,01 mm/s		
		800 m	1,40 mm/s	0,78 mm/s	1,75 mm/s	0,97 mm/s		
		820 m	1,37 mm/s	0,75 mm/s	1,71 mm/s	0,94 mm/s		
		840 m	1,33 mm/s	0,72 mm/s	1,67 mm/s	0,90 mm/s		
		860 m	1,30 mm/s	0,70 mm/s	1,63 mm/s	0,87 mm/s		
		880 m	1,27 mm/s	0,67 mm/s	1,59 mm/s	0,84 mm/s		
		900 m	1,24 mm/s	0,65 mm/s	1,56 mm/s	0,81 mm/s		
		920 m	1,22 mm/s	0,63 mm/s	1,52 mm/s	0,79 mm/s		
		940 m	1,19 mm/s	0,61 mm/s	1,49 mm/s	0,76 mm/s		
		960 m	1,17 mm/s	0,59 mm/s	1,46 mm/s	0,74 mm/s		
		980 m	1,14 mm/s	0,57 mm/s	1,43 mm/s	0,72 mm/s		
		1.000 m	1,12 mm/s	0,56 mm/s	1,40 mm/s	0,70 mm/s		

## Anhang 8

Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle								Anhang 8
Projekt: Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG – Erweiterung des Steinbruchs Rüblingen								
Abstandsbereiche von minimal:		4 m	maximal:		1.000 m			
Berechnung auf der Grundlage einer konstanten Lademenge pro Zündzeitstufe: <b>L = 60,0 kg</b>								
Grundlagen:								
Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte:				Standardwerte		Standardwerte zzgl. 25 %		
1) nach Koch $v_i = (K \cdot i)^L \cdot 0,5 \cdot R^{L-1}$				K 1 = 100,0		K 3 = 125,0		
2) BGR-Sediment $v_i = (K \cdot i)^L \cdot 0,6 \cdot R^{L-1,5}$				K 2 = 969,0		K 4 = 1.211,3		
Regelsprengtechnik ohne Ladungsteilung (BL-Dmr. 95 mm)								
Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten								
Abstandsbereich von:	20 m	Abstand (m)	$v_i$ -Koch (K 1) (mm/s)	$v_i$ -BGR (K 2) (mm/s)	$v_i$ -Koch (K 3) (mm/s)	$v_i$ -BGR (K 4) (mm/s)	$v_i$ -Koch (K 5) (mm/s)	$v_i$ -BGR (K 6) (mm/s)
Abstandsschritte:	20 m							
IO 09 - Hauptwasserleitung		4 m	193,65 mm/s	1.412,94 mm/s	242,06 mm/s	1.766,18 mm/s	290,47 mm/s	2.119,41 mm/s
		20 m	38,73 mm/s	126,38 mm/s	48,41 mm/s	157,97 mm/s	58,09 mm/s	189,57 mm/s
IO 08 - Wasserbehälter		24 m	32,27 mm/s	96,14 mm/s	40,34 mm/s	120,17 mm/s	48,41 mm/s	144,21 mm/s
		40 m	19,36 mm/s	44,68 mm/s	24,21 mm/s	55,85 mm/s	29,05 mm/s	67,02 mm/s
		60 m	12,91 mm/s	24,32 mm/s	16,14 mm/s	30,40 mm/s		
		80 m	9,68 mm/s	15,80 mm/s	12,10 mm/s	19,75 mm/s		
		100 m	7,75 mm/s	11,30 mm/s	9,68 mm/s	14,13 mm/s		
		120 m	6,45 mm/s	8,60 mm/s	8,07 mm/s	10,75 mm/s		
		140 m	5,53 mm/s	6,82 mm/s	6,92 mm/s	8,53 mm/s		
		160 m	4,84 mm/s	5,59 mm/s	6,05 mm/s	6,98 mm/s		
		180 m	4,30 mm/s	4,68 mm/s	5,38 mm/s	5,85 mm/s		
		200 m	3,87 mm/s	4,00 mm/s	4,84 mm/s	5,00 mm/s		
		220 m	3,52 mm/s	3,46 mm/s	4,40 mm/s	4,33 mm/s		
		240 m	3,23 mm/s	3,04 mm/s	4,03 mm/s	3,80 mm/s		
		260 m	2,98 mm/s	2,70 mm/s	3,72 mm/s	3,37 mm/s		
		280 m	2,77 mm/s	2,41 mm/s	3,46 mm/s	3,02 mm/s		
		300 m	2,58 mm/s	2,18 mm/s	3,23 mm/s	2,72 mm/s		
IO 05 - Gewerblicher Bau Fa. BBH IO 10 - Wirtg		318 m	2,44 mm/s	1,99 mm/s	3,04 mm/s	2,49 mm/s		
		320 m	2,42 mm/s	1,97 mm/s	3,03 mm/s	2,47 mm/s		
		340 m	2,28 mm/s	1,80 mm/s	2,85 mm/s	2,25 mm/s		
		360 m	2,15 mm/s	1,65 mm/s	2,69 mm/s	2,07 mm/s		
		380 m	2,04 mm/s	1,53 mm/s	2,55 mm/s	1,91 mm/s		
IO 06 - Freileitungsmast		399 m	1,94 mm/s	1,42 mm/s	2,43 mm/s	1,77 mm/s		
IO 01 - Whs Am Glockenturm 21/1		400 m	1,94 mm/s	1,41 mm/s	2,42 mm/s	1,77 mm/s		
		420 m	1,84 mm/s	1,31 mm/s	2,31 mm/s	1,64 mm/s		
IO 04 - Wirtg Am Glockenturm 21		426 m	1,82 mm/s	1,29 mm/s	2,27 mm/s	1,61 mm/s		
		440 m	1,76 mm/s	1,22 mm/s	2,20 mm/s	1,53 mm/s		
IO 03 - Whs Am Glockenturm 33		447 m	1,73 mm/s	1,20 mm/s	2,17 mm/s	1,50 mm/s		
		460 m	1,68 mm/s	1,15 mm/s	2,10 mm/s	1,43 mm/s		
		480 m	1,61 mm/s	1,07 mm/s	2,02 mm/s	1,34 mm/s		
IO 07 - Freiflächen-PV-Anlage		498 m	1,56 mm/s	1,02 mm/s	1,94 mm/s	1,27 mm/s		
		500 m	1,55 mm/s	1,01 mm/s	1,94 mm/s	1,26 mm/s		
		520 m	1,49 mm/s	0,95 mm/s	1,86 mm/s	1,19 mm/s		
		540 m	1,43 mm/s	0,90 mm/s	1,79 mm/s	1,13 mm/s		
		560 m	1,38 mm/s	0,85 mm/s	1,73 mm/s	1,07 mm/s		
		580 m	1,34 mm/s	0,81 mm/s	1,67 mm/s	1,01 mm/s		
		600 m	1,29 mm/s	0,77 mm/s	1,61 mm/s	0,96 mm/s		
		620 m	1,25 mm/s	0,73 mm/s	1,56 mm/s	0,92 mm/s		
		640 m	1,21 mm/s	0,70 mm/s	1,51 mm/s	0,87 mm/s		
		660 m	1,17 mm/s	0,67 mm/s	1,47 mm/s	0,83 mm/s		
		680 m	1,14 mm/s	0,64 mm/s	1,42 mm/s	0,80 mm/s		
		700 m	1,11 mm/s	0,61 mm/s	1,38 mm/s	0,76 mm/s		
		720 m	1,08 mm/s	0,59 mm/s	1,34 mm/s	0,73 mm/s		
		740 m	1,05 mm/s	0,56 mm/s	1,31 mm/s	0,70 mm/s		
		760 m	1,02 mm/s	0,54 mm/s	1,27 mm/s	0,67 mm/s		
		780 m	0,99 mm/s	0,52 mm/s	1,24 mm/s	0,65 mm/s		
		800 m	0,97 mm/s	0,50 mm/s	1,21 mm/s	0,62 mm/s		
		820 m	0,94 mm/s	0,48 mm/s	1,18 mm/s	0,60 mm/s		
		840 m	0,92 mm/s	0,46 mm/s	1,15 mm/s	0,58 mm/s		
		860 m	0,90 mm/s	0,45 mm/s	1,13 mm/s	0,56 mm/s		
		880 m	0,88 mm/s	0,43 mm/s	1,10 mm/s	0,54 mm/s		
		900 m	0,86 mm/s	0,42 mm/s	1,08 mm/s	0,52 mm/s		
		920 m	0,84 mm/s	0,41 mm/s	1,05 mm/s	0,51 mm/s		
		940 m	0,82 mm/s	0,39 mm/s	1,03 mm/s	0,49 mm/s		
		960 m	0,81 mm/s	0,38 mm/s	1,01 mm/s	0,48 mm/s		
		980 m	0,79 mm/s	0,37 mm/s	0,99 mm/s	0,46 mm/s		
		1.000 m	0,77 mm/s	0,36 mm/s	0,97 mm/s	0,45 mm/s		



## Anhang 9 b

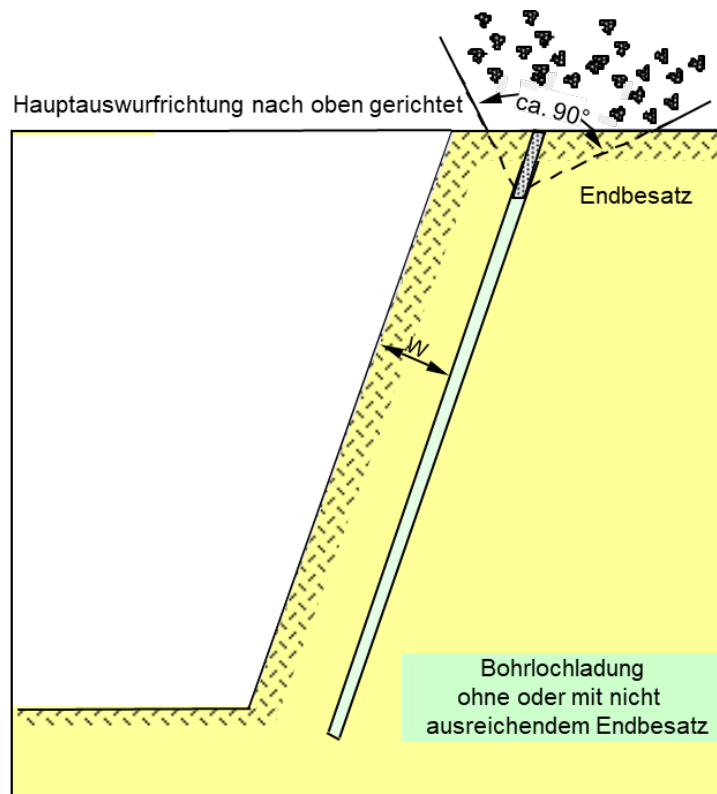


Abb. 2: Steinflug durch Nichteinhaltung der erforderlichen Mindestendbesatzhöhe

Die Neigung der Bohrlöcher weicht erheblich von der Bruchwandneigung ab, es ist zu flach gebohrt worden.  
Im unteren Bohrlöcherbereich ist keine ausreichende Vorgabe vorhanden.

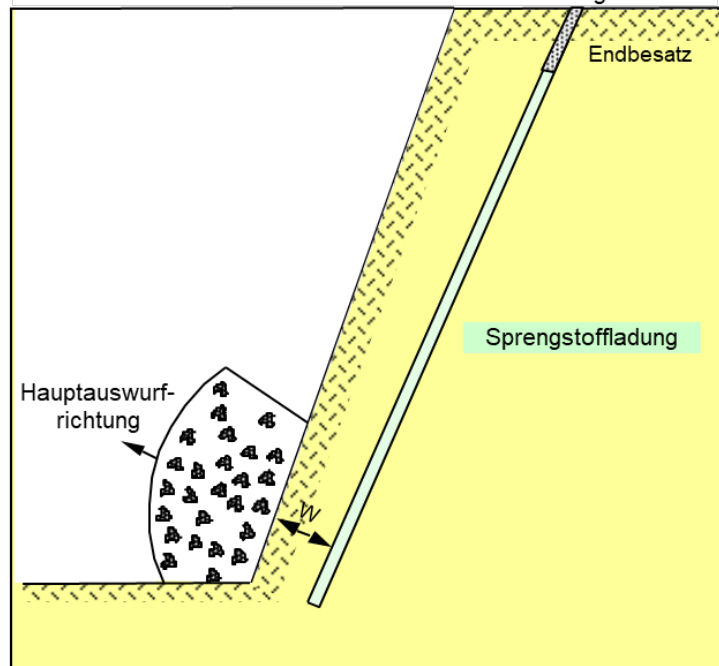


Abb. 3: Steinflug durch Bohr- und/oder Vermessungsfehler

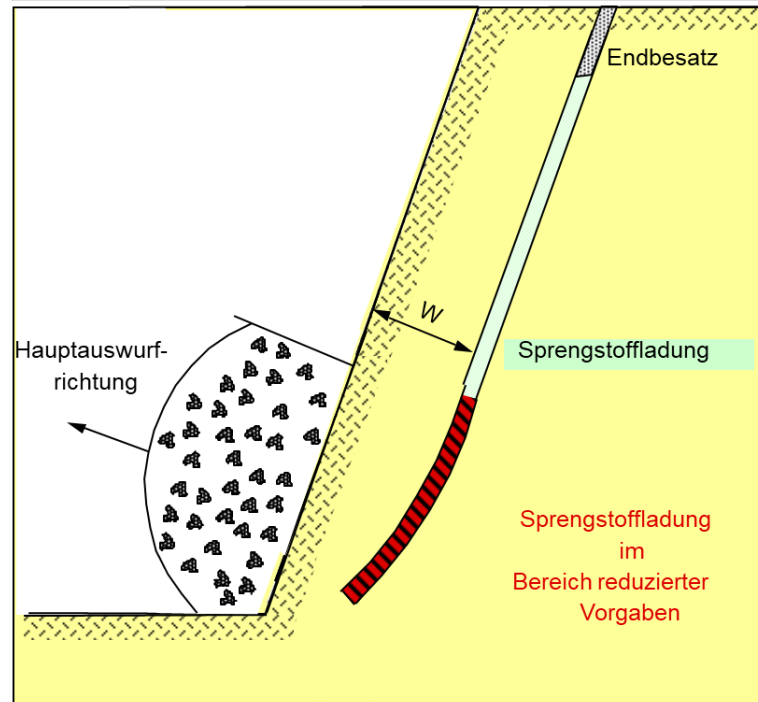
**Steinflug durch " in sich verlaufene Bohrlöcher"**

Abb. 4 Verlaufen von Bohrlöchern, z. B. durch Einsatz falscher Bohrgeräte (Außenhammergerät unter ungeeigneten Einsatzbedingungen). Geringe Vorgaben im Wandfußbereich wurden nicht berücksichtigt.

## Anhang 9 d

### Steinflug durch Wandausbrüche und fehlenden Zwischenbesatz

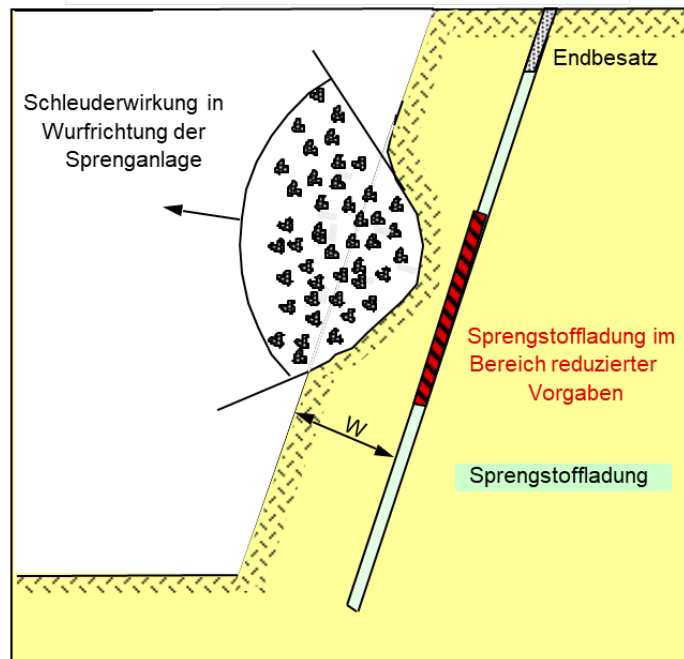


Abb. 5: Der Wandausbruch muß eingemessen werden und das Bohrloch in diesem Bereich mit Zwischenbesatz verfüllt sein.

### Verlaufen von losen Sprengstoffen in Klüfte und Höhlen

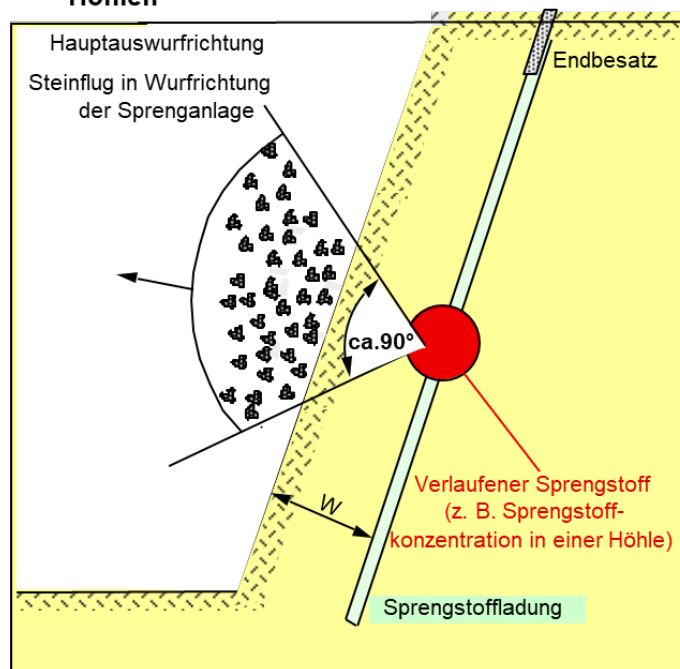


Abb. 6: Steinflug durch Sprengstoffansammlungen außerhalb des Bohrloches

**Nicht ausreichende Vorgaben von Sohlschüssen  
bzw. bei Nacharbeit in der Sohle.  
Abdeckung fehlt!!**

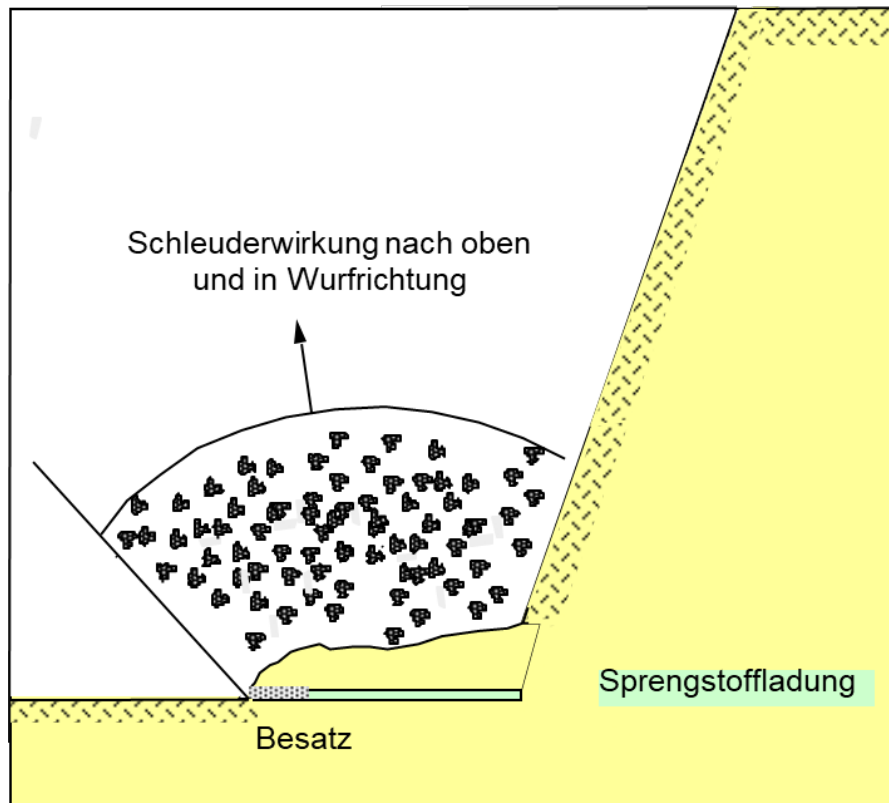





Abb. 7: Steinflug durch Überladungen

ZEICHENERKLÄRUNG

-  Genehmigungsgrenze
-  Grenze geplante Erweiterung (ca. 15,7 ha)
-  B6 Erkundungsbohrung



**PAUL KLEINKNECHT**  
WIR SORGEN FÜR STABILE VERHÄLTNISS

Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG  
Schotter- und Splittwerke  
Langenburger Straße 51  
74635 Kupferzell

**arguplan.**

Vorholzstraße 7 · 76137 Karlsruhe  
Tel. 0721.16110-0 Fax 0721.16110-10  
www.arguplan.de

Erweiterung Steinbruch Rüblingen

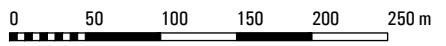
Projekt Nr. 0444  
Maßstab 1 : 5.000

**Luftbildlageplan**

Anlage 1

	Name	Datum
Gezeichnet	be	09.11.2023
Geprüft	zi	09.11.2023
Geändert		

Datei: K0444\_2308\_Kleinknecht\_Rüblingen\_Betrieb\_Okt2019.dwg / A2308\_Anl\_2\_Luftbildlageplan



Datengrundlagen  
Kataster  
Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL), Amtliches Liegenschaftskataster Informationssystem ALKIS®  
Auszug vom 23.08.2019

Betriebszustand  
Aufmaß aktiver Abbau und Verfüllbereich  
UAV-Befliegung vom 15.10.2019,  
IBS Bauvermessung GmbH, 76532 Baden-Baden

Luftbild  
UAV-Befliegung vom 19.10.2023, IBS Bauvermessung GmbH im Umfeld:  
Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg (LGL), Digitales Orthophoto (DOP),  
Bildflug vom 03.07.2018

Engineering Service Schmücker  
Dipl.-Ing. (RWTH) Guido A. Schmücker  
Sprengingenieur  
Bethlehemstr. 59  
D-50126 Bergheim

01. Juli 2024



Von der IHK zu Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Sprengtechnik und Immissionsbeurteilungen bei übertägigen und untertägigen Gesteinssprengungen.

## Messbericht

### **Gutachterliche Hilfskraft**

**Alexander H. Kirchhofer**  
Engineering Service Schmücker  
Alter Markt 43 - 46  
41061 Mönchengladbach

### **Projekt**

### **Steinbruch Rüblingen**

### **Thema**

**Überprüfung zur Einhaltung von Anhalts- bzw. Immissionswerten gemäß den einschlägigen Regelwerken für Erschütterungen im Bauwesen (DIN 4150) während der Sprengarbeiten im Steinbruch Rüblingen**

### **Auftraggeber**

**Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG**  
Schotter- und Splittwerke  
Langenburger Straße 51  
74635 Kupferzell

### **Inhalt**

<b>I</b>	<b>Textteil</b>	
	1	Allgemeines 2
	1.1	Auftrag und Vorgehensweise 2
	1.2	Quellen als Grundlage zur Erstellung des Messberichts 2
	2	Sprengtechnik 2
	3	Beschreibung der Messgeräte 2
	4	Lagebeschreibung der Immissionsobjekte und Messorte 4
	5	Umgebungsverhältnisse 6
	5.1	Umgebungsstruktur 7
	5.2	Witterung 7
	5.3	Fremdereignisse 7
	6	Messergebnisse 8
	7	Schlussfolgerung 12
<b>II</b>	<b>Anhang</b>	
	A	Fotodokumentation der einzelnen Messstellen und Messorte
<b>III</b>	<b>Anlagenteil</b>	
	1	Tabellarische Zusammenfassungen der Messergebnisse

## **1 Allgemeines**

Die Paul Kleinknecht GmbH & Co. KG (im Folgenden: Fa. Paul Kleinknecht) betreibt auf dem Gebiet der zum Hohenlohekreis (Baden-Württemberg) gehörenden Gemeinde Kupferzell den Steinbruch Rüblingen. Im Steinbruch wird Muschelkalk abgebaut. Die Gewinnung erfolgt mittels Bohr- und Sprengarbeit. Diese Arbeiten führt die Fa. Paul Kleinknecht in Eigenregie aus.

### **1.1 Auftrag und Vorgehensweise**

Die Fa. Paul Kleinknecht hat den Unterzeichner beauftragt, die Sprengerschütterungsimmis-sionen im Betrachtungszeitraum vom 25.04.2023 bis zum 18.06.2024 messtechnisch zu erfassen und in Bezug zur maßgeblichen Norm DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 auszuwerten. Die Messdaten sollen im Zuge der geplanten Erweiterung der Abbaufäche die Grundlage für eine durch-zuführende Immissionsprognose bilden.

Das Erschütterungsmonitoring war in zwei zeitliche Abschnitte unterteilt. Im ersten Abschnitt waren die jeweiligen Gebäudefundamente zweier Wohnhäuser mit Schwingungsmessgeräten instrumentiert. Hiermit konnte sich ein erster Überblick zur Immissionssituation Erschütterungen verschafft werden. Die Entfernungen zwischen Sprengstelle und Messstelle wurde in dieser Phase nur sporadisch erfasst, so dass nur wenige Gebirgsbeiwerte errechnet werden konnten.

Um die Datenlage zu vergrößern und Messdaten gemäß Teil 2 der DIN 4150 zu generieren, wurden im zweiten Abschnitt die Erschütterungsmessungen ausgeweitet. Die DIN-konformen Messungen erfolgten dann in zwei jeweils zu dem Steinbruch nächstgelegenen repräsentativen Wohngebäuden. Zusätzlich zu den Fundamentmessorten wurden die Sprengerschütterungen auch in den Geschossdecken (jeweils am aufsteigenden Mauerwerk und in der Deckenmitte) erfasst. Die jeweiligen Messstellen wurden allesamt als Dauermessstellen betrieben.

Die ausgewerteten Messdaten werden nachfolgend dokumentiert. Die beiden Immissionsobjekte und die jeweiligen DIN-gerechten Messorte kurz beschrieben. Darüber hinaus wird die Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte der maßgeblichen Normen für den Betrachtungszeitraum untersucht.

### **1.2 Quellen als Grundlage zur Erstellung des Messberichts**

Nachfolgende Unterlagen wurden vom Unterzeichner zur Ausarbeitung des Messberichts verwendet (Auszug):

- DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen
  - Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen (Weißdruck Dezember 2022)
  - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Weißdruck Juni 1999, sowie Entwurfsfassung vom 21.11.2023)
  - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen (Weißdruck Dezember 2016)
- DIN 45669 Messung von Schwingungsimmis-sionen
  - Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung (Weißdruck Juni 2020)
  - Teil 2: Messverfahren (Weißdruck Juni 2005)
- Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmis-sionen (sog. Erschütterungsrichtlinie). Herausgeber: Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), Stand 06.03.2018
- Erschütterungsmessdaten und Auswertungen des Unterzeichners bzw. von seinem Ingenieurbüro Engineering Service Schmücker (ESS) im Betrachtungszeitraum 25.04.2023 bis 18.06.2024
- Sprengtechnische Daten der im Messzeitraum 25.04.2023 - 18.06.2024 durchgeführten Sprengungen der Fa. Paul Kleinknecht
- Von der Fa. Paul Kleinknecht erfasste Koordinaten und daraus abgeleitete Entfernungen zwischen den Sprengstellen und den einzelnen Immissionsobjekten

## **2 Sprengtechnik**

Die im vorliegenden Messbericht betrachteten Erschütterungsimmis-sionen resultieren aus insgesamt 132 betriebsüblichen Gewinnungssprengungen. Von diesen Sprengungen wurden

71 Sprengungen auf der oberen Sohle und 61 Sprengungen auf der unteren Sohle abgetan. Bei den Sprengungen kamen ausschließlich Kopfbohrlöcher zum Einsatz.

Die einzelnen Sprengungen unterscheiden sich hinsichtlich ihres jeweiligen Umfangs und folglich auch hinsichtlich der entsprechenden Parameter. Die Anzahl der Kopfbohrlöcher variiert bei den betriebsüblichen Gewinnungssprengungen zwischen 2 und 14 Stück. Eine mit 45 Bohrlochern durchgeführte Flächensprengung bildet im Betrachtungszeitraum eine einmalige Ausnahme. Die Borlochlängen betragen auf der oberen Sohle maximal ca. 26,6 m und auf der unteren Sohle maximal ca. 18,3 m. Es wurde nie unterbohrt. Es wurden ausschließlich Bohrlocher mit einem Durchmesser von 95 mm und eine Neigung von ca. 90 ° eingesetzt. In der Regel kommt ein Sprengraster von ca. 4 m x ca. 4 m zur Anwendung. Die Gesamtlademenge liegt in einem Korridor von ca. 115 kg bis ca. 1.385 kg.

Die Bandbreite der maximal eingesetzten Lademenge pro Zündzeitstufe erstreckt sich von ca. 6 kg bis ca. 126 kg. Hierbei resultiert der Minimalwert aus der vorbezeichneten Flächensprengung. Es wurde sowohl patronierter gelatinöser Sprengstoff (als Schlagladung) sowie patronierter Emulsionssprengstoff in der Oberladung eingesetzt. Bei allen Sprengungen wurde auf eine Teilung der Ladesäule verzichtet.

Zum Einsatz kam ausschließlich das elektrische Zündsystem mit redundanter Zündung aus dem Bohrlochtiefsten.

### **3 Beschreibung der Messgeräte**

Der Unterzeichner setzte bei den Erschütterungsmessungen insgesamt sechs Schwingungsmessgeräte mit jeweils gültiger Werkskalibrierung des Typs MENHIR vom Hersteller SEMEX-EngCon ein. Abbildung 1 zeigt ein baugleiches Gerät. Bei dem MENHIR handelt es sich um ein DIN 45669 konformes, digitales 24 bit Schwingungsmessgerät. Es verfügt über einen 3-axialen, internen Geschwindigkeitssensor und KB-Bewertung gemäß DIN 4150 Teil 2. Schwingungsereignisse oberhalb der definierten Triggerschwelle werden von dem Messgerät als Event erfasst und gespeichert. Des Weiteren bietet das Gerät die Möglichkeit einer kontinuierlichen Hintergrund-Aufzeichnung (Background Recording). Unabhängig von einem Erreichen der Triggerschwelle, wird dabei z. B. alle 240 s der maximal gemessene Schwingungsgeschwindigkeitswert, die dominante Frequenz und der  $KB_{Fmax}$ -Wert (= Immissionswert IW gemäß der DIN 4150 Teil 2 bzw. des Runderlasses für die Deckenmitte der obersten Deckenebene) gespeichert. Mit dieser Funktion kann die Immissionsbeeinflussung an dem jeweiligen Messort lückenlos dokumentiert werden.

Die Gesamtmasse des MENHIR ist > 5 kg. Bei dieser Gesamtmasse kann erfahrungsgemäß davon ausgegangen werden, dass kein „Abheben“ oder „Wandern“ des Schwingungsaufnehmers auftritt. Des Weiteren ist die Masse des Schwingungsaufnehmers größer als in der hier maßgeblichen DIN 45669 Teil 2 gefordert. Es kann mittels der jeweiligen Schwingungsverläufe überprüft werden, dass der Schwingungsaufnehmer weder „abhebt“ oder „wandert“.



Abbildung 1: Baugleiches Schwingungsmessgerät vom Typ SEMEX-EngCon MENHIR

Gemäß der vorbezeichneten Norm sollen darüber hinaus die Schwingbeschleunigungsspitzenwerte in allen Richtungen  $\leq 3 \text{ m/s}^2$  sein. Wird dieser Wert eingehalten, dies ist bei dem eingesetzten Messgerätetyp der Fall, kann das Messgerät ohne Befestigung (bspw. mittels Ankleben, Anschrauben, Angipsen) aufgestellt werden (vgl. DIN 45669 Teil 2 5.3 Ankopplung).

Für die Kommunikation und den Datentransfer ist der MENHIR mit einem Ethernet-Anschluss (LAN), internen WLAN- sowie GPRS- oder LTE-Modems ausgestattet. Das Messgerät sendet täglich Statusmeldungen sowie bei Events die jeweiligen Messdaten (maximale

Schwinggeschwindigkeiten und dominante Frequenzen jeweils für die drei Einzelkomponenten separat) via E-Mail-Verteiler.

Die Messdaten werden in die vom Unterzeichner zur Verfügung gestellten webbasierten Auswertungssoftware Smart Data Center Professional (SDC) exportiert. Im SDC erfolgen die Visualisierung, die Auswertung gegen die maßgebliche Norm, die Dokumentation und die Speicherung der Messdaten. Abbildung 2 enthält eine exemplarische Ansicht der gegen die Norm ausgewerteten Messergebnisse im SDC. Dabei werden die Ergebnisse in einer übersichtlichen Ampeldarstellung angezeigt.

Messstelle	Gerät	Peak X (DIN)	Peak Y (DIN)	Peak Z (DIN)	KBf Max
IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	ESS_125-17320438	6,2%	4,7%	2,9%	
IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	ESS_107-15300011	2,8%	2,8%	2,6%	
IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	ESS_119-16380286	Trigger-Bedingung nicht erfüllt			
IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	ESS_126-18460881	Trigger-Bedingung nicht erfüllt			
IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	ESS_121-16380288	2,4%	1,5%	1,5%	
IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	ESS_130-18460885	2,5%	2,3%	3,7%	4,9%

Abbildung 2: Exemplarische Ansicht der ausgewerteten Messergebnisse im SDC

#### 4 Lagebeschreibung der Immissionsobjekte und Messorte

Im vorliegenden Messzeitraum erfolgten die Erschütterungsmessungen an insgesamt 7 Messorten in 3 verschiedenen Wohngebäuden. Die jeweiligen Messorte in den Gebäuden werden als Immissionsobjekt (IO) bezeichnet. Sie sind mit einer numerischen Kennzeichnung und einem alphabetischen Zusatz versehen. Hierbei kennzeichnet „a“ den Messort Fundament, „b“ den Messort Obergeschoss aufsteigendes Mauerwerk und „c“ den Messort Obergeschoss Deckenmitte.

Eine Übersicht der einzelnen Immissionsobjekte, deren Gebäudeart, Anschrift, minimale horizontale Entfernung zu der Betriebsfläche des Steinbruchs Rüblingen sowie des Messzeitraums sind Tabelle 1 zu entnehmen. Ferner veranschaulicht die in Abbildung 3 dargestellte Google Earth-Ansicht die jeweilige Lage der einzelnen Immissionsobjekte zum Steinbruch Rüblingen. Bei der Betrachtung der Abbildung 3 gilt es zu beachten, dass in der Google Earth-Ansicht aufgrund des Bildaufnahmedatums 15.05.2022 nicht die aktuelle Abbausituation dargestellt ist.

Lfd.-Nr.	Bezeichnung	Gebäudeart	Anschrift	Min. Entfernung zur Betriebsfläche	Betrachteter Messzeitraum
01	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	Wohngebäude	Am Glockenturm 21/1 74635 Kuperzell OT Rüblingen	ca. 417 m	25.04.2023 - 18.06.2024
02	IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	Wohngebäude	Am Glockenturm 21/1 74635 Kuperzell OT Rüblingen	ca. 417 m	27.02.2024 - 18.06.2024
03	IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	Wohngebäude	Am Glockenturm 21/1 74635 Kuperzell OT Rüblingen	ca. 417 m	27.02.2024 - 18.06.2024
04	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	Wohngebäude	Waldstr. 34 74635 Kuperzell OT Rüblingen	ca. 565 m	25.04.2023 - 23.02.2024
05	IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	Wohngebäude	Am Glockenturm 33 74635 Kuperzell OT Rüblingen	ca. 301 m	27.02.2024 - 18.06.2024
06	IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	Wohngebäude	Am Glockenturm 33 74635 Kuperzell OT Rüblingen	ca. 301 m	27.02.2024 - 18.06.2024
07	IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	Wohngebäude	Am Glockenturm 33 74635 Kuperzell OT Rüblingen	ca. 301 m	27.02.2024 - 18.06.2024

Tabelle 1: Übersicht der Immissionsobjekte

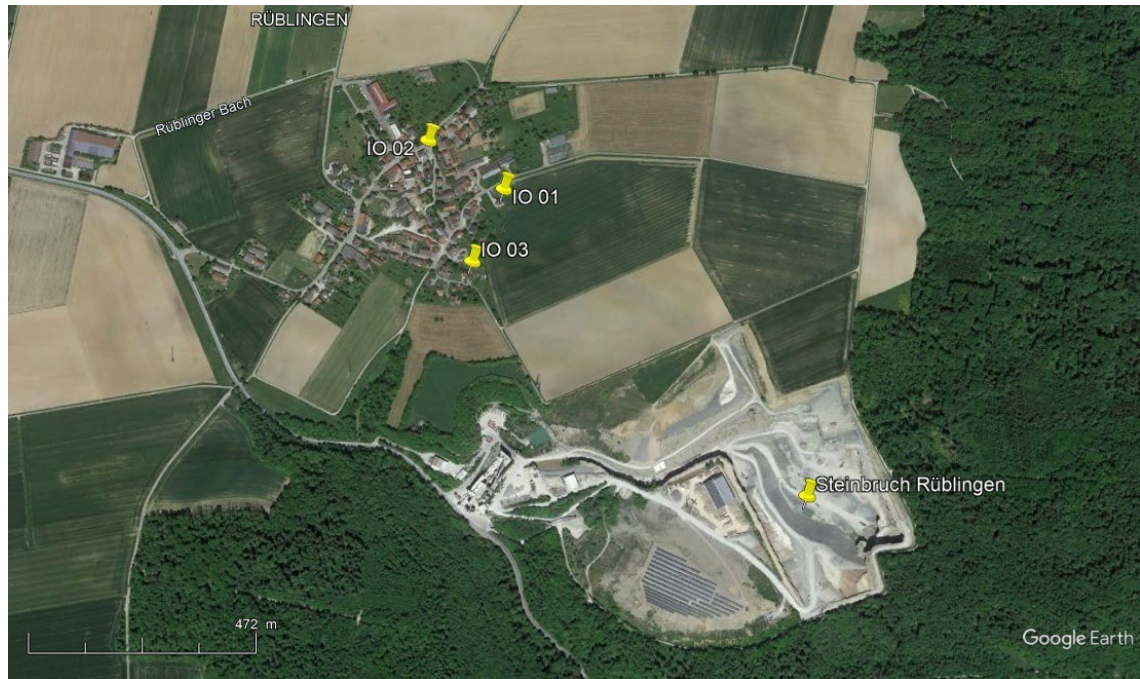


Abbildung 3: Google Earth-Ansicht (Bildaufnahmedatum: 15.05.2022) mit der jeweiligen Lage der einzelnen Immissionsobjekte zum Steinbruch Rüblingen

Nachfolgend werden die Immissionsobjekte kurz einzeln beschrieben. Darüber hinaus sind diese im Anhang des vorliegenden Messberichts bildlich dokumentiert.

### **Whs Am Glockenturm 21/1**

#### **IO 01 a - - Fundament**

Bei dem Immissionsobjekt IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 handelt es sich um ein in der östlichen Ortsrandlage von Kupferzell Ortsteil Rüblingen gelegenes Einfamilienhaus. Das in leichter Hanglage, freistehende, massiv gebaute Haus hat ein Erdgeschoss und zwei Obergeschosse. Es ist nicht unterkellert. Das Satteldach des Hauses verfügt auf der südöstlichen Dachfläche über eine Giebelgaube. Ferner ist an der südwestlichen Außenwand des Wohnhauses eine Doppelgarage angebaut. Das Dach der Garage wird als Terrasse genutzt.

Als Messort Gebäudefundament (IO 01 a) diente der ein Schlafzimmer im Erdgeschoss. Hier wurde das Schwingungsmessgerät mit der internen Bezeichnung ESS\_125-17320438 an der nordöstlichen Außenwand platziert. Ein Aufstellort an der dem Steinbruch zugewandten südöstlichen Gebäudeseite war aufgrund der örtlichen Gegebenheiten und den vorliegenden Raumnutzungen nicht darstellbar. Das Schlafzimmer weist folgenden Bodenaufbau auf: Betonbodenplatte, Dämmschichten/Fußbodenheizung, Fließestrich, Steinfliesen. Bei diesem Bodenaufbau ist eine ausreichende Fundamentankopplung gegeben.

#### **IO 01 b - OG aufst. Mauerwerk**

Die Erschütterungsmessungen im Obergeschoss am aufsteigenden Mauerwerk erfolgten im Ankleide-/ Bügelzimmer an der dortigen nordöstlichen Außenwand. Im Obergeschoss war diese Wand, unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten und der Raumnutzungen, der geeignetste Messort am aufsteigenden Mauerwerk.

Eine Holzdecke, Dämmschichten/Fußbodenheizung, Fließestrich und Steinfliesen bilden den Bodenaufbau im Ankleide-/Bügelzimmer. Es kam hier das Schwingungsmessgerät mit der internen Kennung ESS\_107-15300011 zum Einsatz. Den Bodenaufbau gilt es zu berücksichtigen, sofern Messwerte im Grenzbereich der DIN 4150 liegen sollten.

#### **IO 01 c - OG Deckenmitte**

Als Messort für das Erschütterungsmonitoring im Obergeschoss in der Deckenmitte wurde ebenfalls das Ankleide-/ Bügelzimmer ausgewählt. Infolgedessen sind an diesem Messort

Bodenaufbau und Ankopplung identisch mit denen vom IO 01 b. Die Erschütterungsmessungen erfolgten mit dem Schwingungsmessgerät ESS\_119-16380286.

### **Wohnhaus Waldstr. 34**

#### **IO 02 a - - Fundament**

Das in leichter Hanglage gebaute Doppelhaus Waldstr. 34 ist das Immissionsobjekt IO 02. Das Haus hat Keller-, Erd- und ein ausgebautes Dachgeschoss. Aufgrund der Hanglage ist der Keller nicht zur Gänze unter der Geländeoberkante. Das Satteldach hat auf jeder Dachseite jeweils zwei Zwerchhäuser. An der südöstlichen Gebäudeseite ist auf dem Niveau des Kellers eine Garage angebaut.

Für die Erschütterungsmessungen am Gebäudefundament wurde das Schwingungsmessgerät mit der internen Bezeichnung ESS\_126-18460881 in einem als Partyraum genutzten Keller-raum aufgestellt. Aufgrund des hier vorhandenen Bodenaufbaus, bestehend aus Betonplatte, Estrich, Steinfliesen, liegt eine feste Ankopplung des Messgerätes an das Fundament vor.

### **Whs Am Glockenturm 33**

#### **IO 03 a - Fundament**

IO 03 ist ein freistehendes Einfamilienhaus in Hanglage mit Satteldach inklusive Giebel und Schleppgaube. Es besitzt eine Tiefparterre, Erd- und Dachgeschoss. Unmittelbar an der süd-westlichen Gebäudeecke befindet sich eine Doppelgarage. Eine weitere Doppelgarage befindet sich östlich des Hauses. Diese Garage ist nicht direkt an das Wohnhaus angebaut. Jedoch gehen die Dächer der beiden Gebäude nahtlos ineinander über.

Die Erschütterungsmessungen am Gebäudefundament erfolgten mit dem Schwingungsmessgerät ESS\_126-18460881 im Bad der in der Tiefparterre gelegenen Einliegerwohnung an der dem Steinbruch zugewandten, östlichen Außenwand. Den dortigen Bodenaufbau Beton, Estrich, Fliesen zugrunde legend, kann eine feste Ankopplung des Messgerätes an das Fundament vorausgesetzt werden.

#### **IO 03 b - OG aufst. Mauerwerk**

Für das Erschütterungsmonitoring am aufsteigenden Mauerwerk wurde das im Obergeschoss befindliche Kinderzimmer ausgewählt. Das Schwingungsmessgerät mit der internen Kennung ESS\_121-16380288 stand an der östlichen Außenwand und somit an der dem Steinbruch zugewandten Gebäudeseite.

Bei der Beurteilung der hier gemessenen Erschütterungsimmissionen gilt es den Bodenaufbau im Kinderzimmer mit Betondecke, Estrich, Korkboden, zu berücksichtigen. Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten stand für das Messgerät am aufsteigenden Mauerwerk kein anderer geeigneter Messort zur Verfügung.

#### **IO 03 c - OG Deckenmitte**

Die Erschütterungsmessungen im OG in der Deckenmitte wurden im Obergeschoss gelegenen Wohnzimmer durchgeführt. Um die mit dem Betrieb einer Dauermessstelle verbundenen Einschränkungen der Bewohner bei der Nutzung des Wohnzimmers zu reduzieren, wurde das Schwingungsmessgerät mit der internen Kennung ESS\_130-18460885 nicht exakt, sondern näherungsweise in der Raummitte platziert. An dieser Messstelle besteht der Bodenaufbau aus der Betondecke, Estrich und Steinfliesen. Somit ist eine feste Ankopplung des Messgerätes an die Gebäudestruktur gegeben.

## **5 Umgebungsverhältnisse**

In dem diesem Messbericht zugrunde liegenden Betrachtungszeitraum lagen die nachfolgend aufgeführten Umgebungsverhältnisse vor.

### **5.1 Umgebungsstruktur**

Der Steinbruch Rüblingen der Fa. Paul Kleinknecht befindet sich südöstlich der Ortslage Rüblingen, nordwestlich des zu der Gemeinde Braunsbach gehörenden Ortsteils Döttingen und südwestlich des ebenfalls zu Braunsbach gehörenden Ortsteils Steinkirchen.

Der horizontale Abstand zwischen der Grenze der Steinbruchbetriebsfläche und der nächstgelegenen Ortsrandlage von Rüblingen beträgt ca. 271 m, zu der nächstgelegenen Ortsrandlage von Döttingen ca. 809 m und zu der nächstgelegenen Ortsrandlage von Steinkirchen ca. 1.191 m.

Der Steinbruch grenzt im Westen an das Betriebsgelände der Fa. Paul Kleinknecht, einer Bodenbehandlungsanlage sowie einer Freiflächen-PV-Anlage, im Süden und Osten an Waldflächen und im Norden an landwirtschaftliche Nutzflächen.

Südlich des Steinbruchs verläuft die Landesstraße L 1036, die Kupferzell mit Döttingen verbindet. Über diese Straße erfolgt auch die verkehrliche Anbindung des Steinbruchs Rüblingen.

In Abbildung 4 ist anhand einer Google Earth-Ansicht (Bildaufnahmedatum: 15.05.2022) die Umgebungssituation des Steinbruchs Rüblingen dargestellt. Die Abbildung enthält ferner die jeweiligen minimalen horizontalen Abstände zwischen den Betriebsflächen des Steinbruchs und den umliegenden Ortschaften Rüblingen, Döttingen und Steinkirchen.

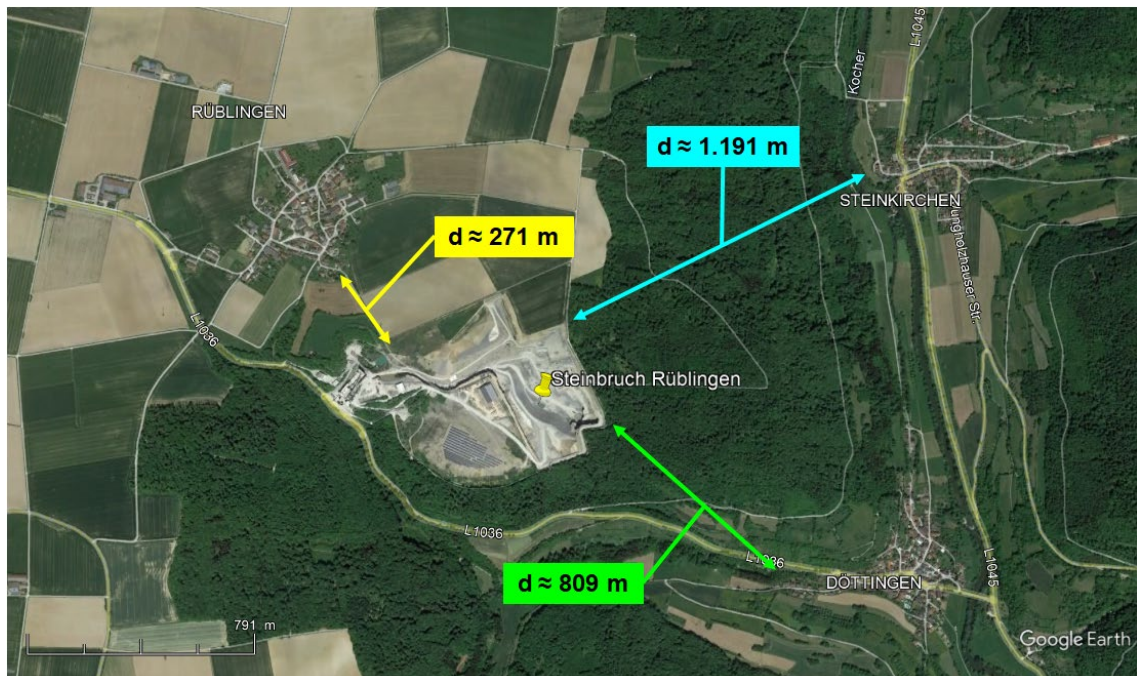


Abbildung 4: Google Earth-Ansicht (Bildaufnahmedatum: 15.05.2022) der Umgebungssituation des Steinbruchs Rüblingen

### **5.2 Witterung**

Über die während der jeweiligen Sprengungen herrschenden Witterungsverhältnisse stehen dem Unterzeichner keine Daten zur Verfügung. Da sich der Messzeitraum über ca. 14 Monate (April 2023 bis Juni 2024) erstreckte, kann von sommer-, herbst- und winterlichen sowie frühlinghaften Witterungsverhältnissen und Bodenbeschaffenheiten (trocken, nass, gefroren) ausgegangen werden.

### **5.3 Fremdereignisse**

Im Messzeitraum haben die Messgeräte an allen Messorten Fremdereignisse registriert. Diese wurden durch den Unterzeichner in Augenschein genommen. Des Weiteren erfolgte durch den Unterzeichner ein Abgleich der jeweiligen Daten und Uhrzeiten der Fremdereignisse mit den Zeitangaben der Sprengungen, die seitens der Fa. Paul Kleinknecht dokumentiert sind. Infolgedessen konnten die Fremdereignisse zweifelsfrei als solche identifiziert werden. Eine Kausalität

zu den im Steinbruch Rüblingen getätigten Sprengungen und eine Beeinflussung der Messergebnisse konnte somit ausgeschlossen werden. Vermutlich ist mehrheitlich das Nutzungsverhalten der in den Gebäuden anwesenden Personen ursächlich für die als Fremdereignisse eingeordneten Erschütterungen.

## **6 Messergebnisse**

Für die normgerechte Auswertung der Messdaten sind die zu beurteilenden Immissionsobjekte entsprechend in die DIN 4150 Teil 3 einzuordnen. Da es sich im vorliegenden Messzeitraum bei sämtlichen Immissionsobjekten um Gebäude handelt, hat die Einordnung anhand Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 zu erfolgen. Hierbei ist die jeweilige Gebäudeart das entscheidende Kriterium. Aus der vorgenommenen Einordnung werden in der Norm die jeweiligen Anhalts- bzw. Immissionswerte für die einzelnen Immissionsobjekte unter Berücksichtigung des jeweiligen Messortes abgeleitet.

Die drei betrachteten Immissionsobjekte IO 01 - Whs Am Glockenturm 21/1, IO 02 - Whs Waldstr. 34 und IO 03 - Whs Am Glockenturm 33 sind allesamt Wohngebäude. Infolgedessen ist für die Beurteilung der jeweiligen Messdaten Zeile 2 (Wohngebäude und/oder in ihrer Nutzung gleichartige Bauten) der vorbezeichneten Tabelle maßgeblich.

Die Erschütterungsmissionen der im Messzeitraum 25.04.2023 bis 18.06.2024 durchgeführten 132 Sprengungen wurden zur Gänze an den jeweils betriebenen Dauermessstellen von den dort installierten Schwingungsmessgeräten erfasst. Anhand dieser vom Unterzeichner ausgewerteten Messdaten kann festgestellt werden, dass aus den getätigten 132 Sprengungen an keinem Immissionsobjekt Überschreitungen der aus der maßgeblichen Norm DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 abgeleiteten Anhalts- bzw. Immissionswerte für die Schwinggeschwindigkeiten resultieren. Die Anhalts- bzw. Immissionswerte werden deutlich unterschritten.

Die dokumentierten Sprengerschütterungsmissionen betragen maximal 32,5 % der in der Norm aufgeführten jeweiligen Anhalts- bez. Immissionswerte gemäß DIN 4150 Teil 3.

Laut DIN 4150 Teil 2 sind auf der Deckenebene des obersten Vollgeschosses frequenzunabhängig  $I_{W_o}$ -Werte (tags) bzw.  $A_o$ -Werte (tags) von 6 (bei Inanspruchnahme der Sonderregelung nach 6.5.1 der DIN 4150 Teil 2, von der hier ausnahmslos ausgegangen werden kann) für kurzzeitige Schwingungsereignisse zulässig. Wie den entsprechenden Messdaten der beiden Messstellen im Obergeschoss Deckenmitte IO 01 c und IO 03 c entnommen werden kann, wird dieser Wert im betrachteten Messzeitraum ebenfalls signifikant unterschritten. Hier werden maximal 31,5 % des zulässigen  $I_{W_o}$ -Wertes (tags) bzw.  $A_o$ -Wertes (tags) erzielt.

Im vorliegenden Messzeitraum beträgt die geringste erfasste Distanz zwischen einer Sprengstelle und einer Messstelle ca. 653 m (Sprengung 03.06.2024, 08:48, obere Sohle, westlich, IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 – Fundament). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Distanz negativ mit der Schwinggeschwindigkeit korreliert, d. h. bei gleichen Sprengparametern und zunehmender Distanz ist eine Verringerung der Schwinggeschwindigkeit zu erwarten (und vice versa). Somit kann davon ausgegangen werden, dass die maßgeblichen Anhalts- bzw. Immissionswerte der Norm auch an weiter entfernt gelegenen Immissionsobjekten deutlich eingehalten wurden.

Die ausgewerteten Messdaten sind in einer tabellarischen Übersicht der Anlage 1 dieses Messberichts beigefügt. Auf Basis der vorliegenden Messdaten wurden darüber hinaus statistische Auswertungen für die jeweiligen Immissionsobjekte durchgeführt. Hierbei werden die gemessenen Schwinggeschwindigkeiten sowie die Relativwerte separat für die drei Einzelkomponenten (x, y: horizontal und z: vertikal) betrachtet. Der Relativwert stellt hierbei das Verhältnis des tatsächlichen Messwertes zum gemäß DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswertes dar. Somit kann aus der Betrachtung der Relativwerte ein guter Überblick über das aus den Sprengungen resultierende Erschütterungsniveau abgeleitet werden.

Die statistische Auswertung beinhaltet die jeweiligen Maximalwerte, Median und Mittelwerte. Dabei ist zu beachten, dass der Maximalwert als Ausreißer auf nur einer einzelnen Sprengung basiert. Für einen umfassenden Überblick über das im Messzeitraum emittierte Erschütterungsniveau ist es hingegen sinnvoller, den Median (lagetypischer Mittelwert) zu betrachten. Dieser Wert zeigt am deutlichsten die Entwicklung des Erschütterungsniveaus an, da er gewichtet ist: 50 % der Werte liegen oberhalb und 50 % unterhalb dieses Wertes.

Für die Immissionsobjekte IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament, IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament und IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament werden zudem

informationshalber die nach den Formeln Koch und BGR-Sediment berechneten Gebirgsbeiwerte aufgeführt.

Des Weiteren werden die für die Immissionsobjekte IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte und IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte erfolgte Auswertung der Messdaten gegen DIN 4150 Teil 2 ebenfalls statistisch betrachtet.

Nachfolgend werden die Ergebnisse der statistischen Auswertungen im Einzelnen dokumentiert.

#### Anmerkung

Laut DIN 45669 Teil 2 können – durch die Erfüllung der in der DIN 45669 Teil 1 festgelegten Einzelanforderungen an Schwingungsmesser – die gerätetechnisch bedingten Messwertabweichungen klein gehalten werden. Aufgrund der in der DIN 45669 Teil 1 erlaubten Einzelabweichung ist zu erwarten, dass die Messwertabweichung einzelner Anzeige Größen unabhängig von der Signalart folgende Vertrauensgrenze mit hohem statistischem Vertrauensniveau einhält:

Für die verwendeten Messgeräte gilt 20 % bei Spitzenwerten.

Insofern könnten die Messwerte in einem Wertekorridor von +/- 20 % um die dargestellten Spitzenwerte liegen.

#### **IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament**

Am IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament ergab sich ein maximaler Relativwert von 32,5 %. Er resultiert aus der maximalen Schwinggeschwindigkeit von  $v_{i, \max} = 1,624$  mm/s. Der Median der Relativwerte liegt bei 11,7 %, der Median der Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  bei 0,610 mm/s. Die vorgenannten Werte stellen die jeweiligen Maximalwerte des gesamten Messzeitraumes DIN 4150 Teil 3 betreffend dar.

Die Berechnung der Gebirgsbeiwerte ergibt für die Formel nach Koch einen Maximalwert von 118 und einen Medianwert von 60 sowie für die Formel BGR-Sediment einen Maximalwert von 2.857 und einen Medianwert von 1.101. Zur Einordnung dieser und der nachfolgend aufgeführten Werte, wird darauf hingewiesen, dass, wenn keine Erfahrungs- bzw. Messwerte aus dem anstehenden Gebirge vorliegen, für Koch der Wert 100 und für BGR-Sediment der Wert 969 angenommen wird. Die jeweiligen Maximalwerte resultieren aus der oben aufgeführten Flächensprengung und sind somit für betriebsübliche Gewinnungssprengungen nicht als repräsentativ anzusehen. Besonders der BGR Maximalwert von 2.857 ist unplausibel hoch.

In der nachfolgenden Tabelle 2 ist die statistische Auswertung der am IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament erfassten Messdaten aufgeführt.

<b>IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament</b>										
Betrachtungszeitraum 25.04.2023 - 18.06.2024										
Anzahl Sprengungen = 132										
Anzahl gemessene Sprengungen = 132										
	Schwinggeschwindigkeit in mm/s gemessen am Fundament				Relativwert (gemäß DIN 4150-3)				Gebirgsbeiwert	
	$v_x$	$v_y$	$v_z$	gesamt	% <sub>x</sub>	% <sub>y</sub>	% <sub>z</sub>	gesamt	Koch	BGR-Sedi.
Maximalwert	1,282	1,624	1,133	<b>1,624</b>	25,6%	32,5%	22,7%	<b>32,5%</b>	118	2857
Median	0,645	0,573	0,595	<b>0,610</b>	12,9%	11,4%	9,2%	<b>11,7%</b>	60	1101
Mittelwert	0,646	0,647	0,577	<b>0,623</b>	12,9%	12,8%	10,1%	<b>11,9%</b>	61	1126

Tabelle 2: IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament – Statistische Auswertung der Messdaten

#### **IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk**

Der am IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk ermittelte maximale Relativwert in Höhe von 24,4 % basiert auf der maximalen Schwinggeschwindigkeit von  $v_{i, \max} = 3,654$  mm/s. Der Median der Relativwerte von 5,2 % veranschaulicht das an diesem Messort erfasste niedrige Erschütterungsniveau. Auch der Median der Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  in Höhe von 0,853 mm/s verdeutlicht dieses.

Die statistischen Auswertungen der Messdaten des IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk sind der nachfolgenden Tabelle 3 zu entnehmen.

IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk								
Betrachtungszeitraum 27.02.2024 - 18.06.2024								
Anzahl Sprengungen = 44								
Anzahl gemessene Sprengungen = 44								
	Schwinggeschwindigkeit in mm/s gemessen im OG am aufsteigenden Mauerwerk				Relativwert (gemäß DIN 4150-3)			
	$v_x$	$v_y$	$v_z$	gesamt	% <sub>x</sub>	% <sub>y</sub>	% <sub>z</sub>	gesamt
Maximalwert	2,000	3,654	2,000	3,654	13,3%	24,4%	10,0%	24,4%
Median	0,838	1,272	0,700	0,853	5,6%	8,5%	3,5%	5,2%
Mittelwert	0,979	1,424	0,842	1,082	6,5%	9,5%	4,2%	6,7%

Tabelle 3: IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk – Statistische Auswertung der Messdaten

### IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte

Dem maximalen Relativwert von 24,6 % liegt die am IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte maximal gemessene Schwinggeschwindigkeit von  $v_{i, \max} = 3,690$  mm/s zugrunde. Der Medianwert der Relativwerte beträgt 10,0 %, der Median der Schwinggeschwindigkeit  $v_i = 2,0$  mm/s.

Die Auswertung der Messdaten nach der DIN 4150 Teil 2 ergibt einen maximalen  $IW_o = A_o = KB_{F_{\max}}$ -Wert in Höhe von 1,890. Dieser Wert entspricht 31,5 % des maximal zulässigen  $IW_o$ - bzw.  $A_o$ -Wertes. Der für den Messzeitraum ermittelte Median beträgt 0,834 und somit 13,9 %. Aus diesen Werten lässt sich ableiten, dass sich die aus den Sprengungen resultierenden Einwirkungen auf Menschen im Wohngebäude IO 01 c auf einem Niveau deutlich unterhalb des maximal zulässigen  $IW_o$ - bzw.  $A_o$ -Wertes befinden.

Darüber hinaus kann aus den vorliegenden Messdaten für das Wohngebäude IO 01 c ein maximaler Überhöhungswert in Höhe von 6,42 (Sprengung am 07.06.2024) abgeleitet werden. Dieser Wert ist nur einmal in dieser ungewöhnlichen Höhe vorgekommen und wird als Ausreißer gewertet. Der nächst tieferer Maximalwert liegt bei  $\ddot{U} = 4,4$ . Ferner ergibt sich ein Medianwert für den Überhöhungswert von 2,67 (mit dem Ausreißerwert).

Die statistische Auswertung der am IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte erfassten Messdaten zeigt Tabelle 4 auf.

IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte											
Betrachtungszeitraum 27.02.2024 - 18.06.2024											
Anzahl Sprengungen = 44											
Anzahl gemessene Sprengungen = 44											
	Schwinggeschwindigkeit in mm/s gemessen im OG Deckenmitte				Relativwert (gemäß DIN 4150-3)				KB <sub>F<sub>max</sub></sub> (gemäß DIN 4150-2)		Ü-Wert
	$v_x$	$v_y$	$v_z$	gesamt	% <sub>x</sub>	% <sub>y</sub>	% <sub>z</sub>	gesamt	Max	%	
Maximalwert	3,394	3,690	3,342	3,690	22,6%	24,6%	16,7%	24,6%	1,890	31,5%	6,42
Median	2,000	2,000	2,000	2,000	13,3%	13,3%	10,0%	10,0%	0,834	13,9%	2,67
Mittelwert	1,721	1,575	1,703	1,666	11,5%	10,5%	8,5%	10,2%	0,885	14,8%	2,79

Tabelle 4: IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte – Statistische Auswertung der Messdaten

### IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament

Der im Messzeitraum am IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament ermittelte maximale Relativwert beträgt 19,7 %. Ihm liegt eine Schwinggeschwindigkeit von 0,985 mm/s zugrunde. Die höchste hier gemessene Schwinggeschwindigkeit  $v_{i, \max} = 1,457$  mm/s entspricht aufgrund einer dominanten Frequenz von 60,9 Hz einem Relativwert von 9,1 %. Der Median der Relativwerte liegt bei 5,5 %, der Median der Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  bei 0,440 mm/s.

Die Berechnung der Gebirgsbeiwerte ergibt für die Formel nach Koch maximal den Wert 134, für die Formel BGR-Sediment 2710. Der Medianwert beträgt für die Koch-Werte 82 und für die BGR-Sediment-Werte 1.584.

In der nachfolgenden Tabelle 5 ist die statistische Auswertung der am IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament erfassten Messdaten aufgeführt.

<b>IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament</b>										
Betrachtungszeitraum 25.04.2023 - 23.02.2024										
Anzahl Sprengungen = 86										
Anzahl gemessene Sprengungen = 86										
	Schwinggeschwindigkeit in mm/s gemessen am Fundament				Relativwert (gemäß DIN 4150-3)				Gebirgsbeiwert	
	$v_x$	$v_y$	$v_z$	gesamt	% <sub>x</sub>	% <sub>y</sub>	% <sub>z</sub>	gesamt	Koch	BGR-Sedi.
Maximalwert	1,231	1,457	1,158	<b>1,457</b>	14,8%	19,7%	14,7%	<b>19,7%</b>	134	2710
Median	0,454	0,702	0,326	<b>0,440</b>	5,3%	6,1%	3,7%	<b>5,5%</b>	82	1584
Mittelwert	0,456	0,644	0,368	<b>0,489</b>	6,6%	7,3%	4,8%	<b>6,2%</b>	72	1462

Tabelle 5: IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament – Statistische Auswertung der Messdaten

### IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament

Am IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament beträgt der maximale Relativwert 23,4 %. Dieser Wert ergibt sich aus einem Schwinggeschwindigkeitswert von  $v_i = 1,172$  mm/s. Aus dem maximalen Schwinggeschwindigkeitswert  $v_{i, \max} = 1,734$  mm/s und einer dominanten Frequenz von 71,9 Hz lässt sich ein Relativwert von 10,1 % ableiten.

Mit einem Median der Relativwerte von 4,3 % sowie einem Median der Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  in Höhe von 0,387 mm/s befinden sich die hier erfassten Sprengerschütterungsimmissionen ebenfalls auf einem geringen Niveau.

Mit der Koch'schen Formel kann ein maximaler Gebirgsbeiwert von 180, mit der Formel nach BGR-Sediment ein maximaler Wert von 4.288 berechnet werden. Für die Gebirgsbeiwerte nach Koch ergibt sich ein Medianwert von 42 und für die Werte gemäß der Formel BGR-Sediment ein Medianwert von 775. Wie für IO 01 a festgestellt, sind auch hier die jeweils maximalen Gebirgsbeiwerte wegen der zugrunde liegenden Flächensprengung nicht repräsentativ.

Die nachfolgende Tabelle 6 dokumentiert die statistische Auswertung der am IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament erfassten Messdaten.

<b>IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament</b>										
Betrachtungszeitraum 27.02.2024 - 18.06.2024										
Anzahl Sprengungen = 44										
Anzahl gemessene Sprengungen = 44										
	Schwinggeschwindigkeit in mm/s gemessen am Fundament				Relativwert (gemäß DIN 4150-3)				Gebirgsbeiwert	
	$v_x$	$v_y$	$v_z$	gesamt	% <sub>x</sub>	% <sub>y</sub>	% <sub>z</sub>	gesamt	Koch	BGR-Sedi.
Maximalwert	1,734	0,768	0,639	<b>1,734</b>	23,4%	15,4%	10,5%	<b>23,4%</b>	180	4288
Median	0,500	0,325	0,273	<b>0,387</b>	6,6%	3,9%	3,4%	<b>4,3%</b>	42	775
Mittelwert	0,584	0,357	0,310	<b>0,417</b>	7,0%	5,2%	3,9%	<b>5,4%</b>	51	924

Tabelle 6: IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament – Statistische Auswertung der Messdaten

### IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk

Aus der am IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk maximal gemessenen Schwinggeschwindigkeit von  $v_{i, \max} = 2,000$  mm/s resultiert der maximale Relativwert in Höhe von 13,3 %. Der Median der Relativwerte beträgt 3,0 %, der Median der Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  0,474 mm/s.

Die nachfolgende Tabelle 7 veranschaulicht die statistische Auswertung der Messdaten des IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk.

IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk								
Betrachtungszeitraum 27.02.2024 - 18.06.2024								
Anzahl Sprengungen = 44								
Anzahl gemessene Sprengungen = 44								
	Schwinggeschwindigkeit in mm/s gemessen im OG am aufsteigenden Mauerwerk				Relativwert (gemäß DIN 4150-3)			
	$v_x$	$v_y$	$v_z$	gesamt	% <sub>x</sub>	% <sub>y</sub>	% <sub>z</sub>	gesamt
Maximalwert	2,000	2,000	2,000	2,000	13,3%	13,3%	10,0%	13,3%
Median	0,431	0,482	0,487	0,474	2,9%	3,2%	2,5%	3,0%
Mittelwert	0,575	0,641	0,645	0,620	3,8%	4,3%	3,2%	3,8%

Tabelle 7: IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk – Statistische Auswertung der Messdaten

### IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte

Für IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte sind die maximale Schwinggeschwindigkeit  $v_{i, \max} = 2,261$  mm/s sowie der maximale Relativwert von 13,3 % dokumentiert. Der Medianwert der Relativwerte beläuft sich auf 4,0 %, der Median der Schwinggeschwindigkeit  $v_i$  auf 0,654 mm/s.

Des Weiteren kann aus der Auswertung gegen DIN 4150 Teil 2 ein maximaler  $KB_{F\max}$ -Wert von 0,862 abgeleitet werden. Mit diesem Wert werden 14,4 % des maximal zulässigen  $IW_o$ - bzw.  $A_o$ - Wertes erreicht. Der Median der im Messzeitraum erfassten  $KB_{F\max}$ -Werte beträgt 0,416 und entspricht 6,9 % des maximal zulässigen  $IW_o$ - bzw.  $A_o$ -Wertes. Dieser Wert wird, wie die Auswertung zeigt, am IO 03 c im Messzeitraum deutlich unterschritten.

Ferner kann für den Messzeitraum ein maximaler Überhöhungswert von 2,94 festgestellt werden. Die Berechnung des Medians der Überhöhungswerte ergibt 2,02.

Die statistische Auswertung der am IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte erfassten Messdaten gibt Tabelle 8 wieder.

IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte											
Betrachtungszeitraum 27.02.2024 - 18.06.2024											
Anzahl Sprengungen = 44											
Anzahl gemessene Sprengungen = 44											
	Schwinggeschwindigkeit in mm/s gemessen im OG Deckenmitte				Relativwert (gemäß DIN 4150-3)				$KB_{F\max}$ (gemäß DIN 4150-2)		Ü-Wert
	$v_x$	$v_y$	$v_z$	gesamt	% <sub>x</sub>	% <sub>y</sub>	% <sub>z</sub>	gesamt	Max	%	
Maximalwert	2,000	2,000	2,261	2,261	13,3%	13,3%	11,3%	13,3%	0,862	14,4%	2,94
Median	0,598	0,392	1,019	0,654	4,0%	2,6%	5,1%	4,0%	0,416	6,9%	2,02
Mittelwert	0,708	0,527	1,119	0,785	4,7%	3,5%	5,6%	4,6%	0,470	7,8%	1,94

Tabelle 8: IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte – Statistische Auswertung der Messdaten

## 7 Schlussfolgerung

An allen sieben Immissionsobjekten (IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament, IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk, IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte, IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament, IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament, IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk, IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte) werden im Messzeitraum die Anhalts- bzw. Immissionswerte gemäß DIN 4150 Teil 3 deutlich unterschritten. Der Maximalwert beträgt 32,5 % des jeweils zulässigen Wertes.


Ferner kann anhand der Messdaten der beiden Immissionsobjekte IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte und IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte festgestellt werden, dass im Messzeitraum die Anhalts- bzw. Immissionswerte gemäß DIN 4150 Teil 2 hier ebenfalls mit großem Abstand eingehalten werden. Es ist ein maximaler  $KB_{F\max}$  in Höhe von 1,890 zu verzeichnen, der 31,5 % des maximal zulässigen Wertes entspricht.

Infolgedessen kann bei den als repräsentativ ausgewählten Gebäuden ausgeschlossen werden, dass die im vorliegenden Messzeitraum durchgeführten Sprengungen ursächlich für etwaige Gebäudeschäden sind.

Die berechneten maximalen Gebirgsbeiwerte werden hier ungünstig durch die eine durchgeführte Flächensprengung beeinflusst. Diese errechneten Maximalwerte sind unrealistisch hoch. Im Gutachten zur Steinbrucherweiterung muss daher entschieden werden, wie mit diesen Werten umzugehen ist.

Alle Messergebnisse können im Rahmen zu erstellender, gutachterlicher Stellungnahmen verwendet werden.

Dipl.-Ing. Guido A. Schmücker

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Schmücker', with a long horizontal stroke extending from the end of the name.

Bergheim, 01. Juli 2024

## Anhang

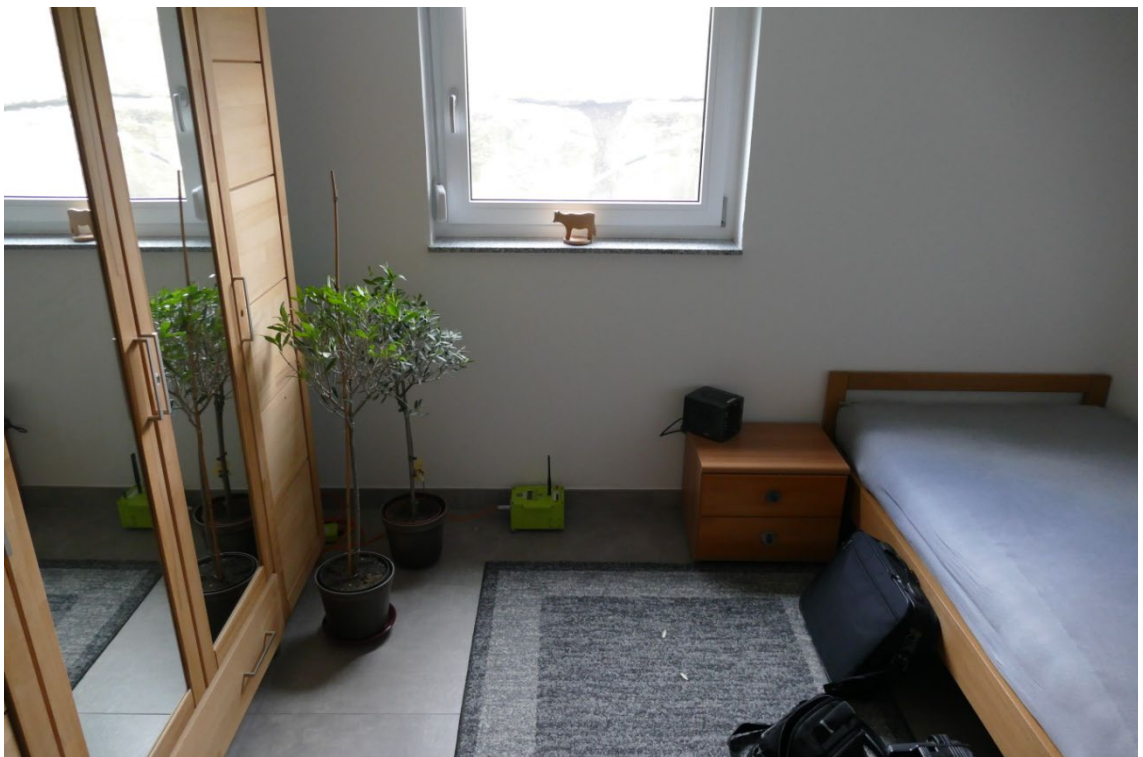
### A Fotodokumentation der einzelnen Immissionsobjekte

#### Wohnhaus Am Glockenturm 21/1

##### IO 01 a - Fundament



Außenansicht IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1, Blickrichtung Südosten

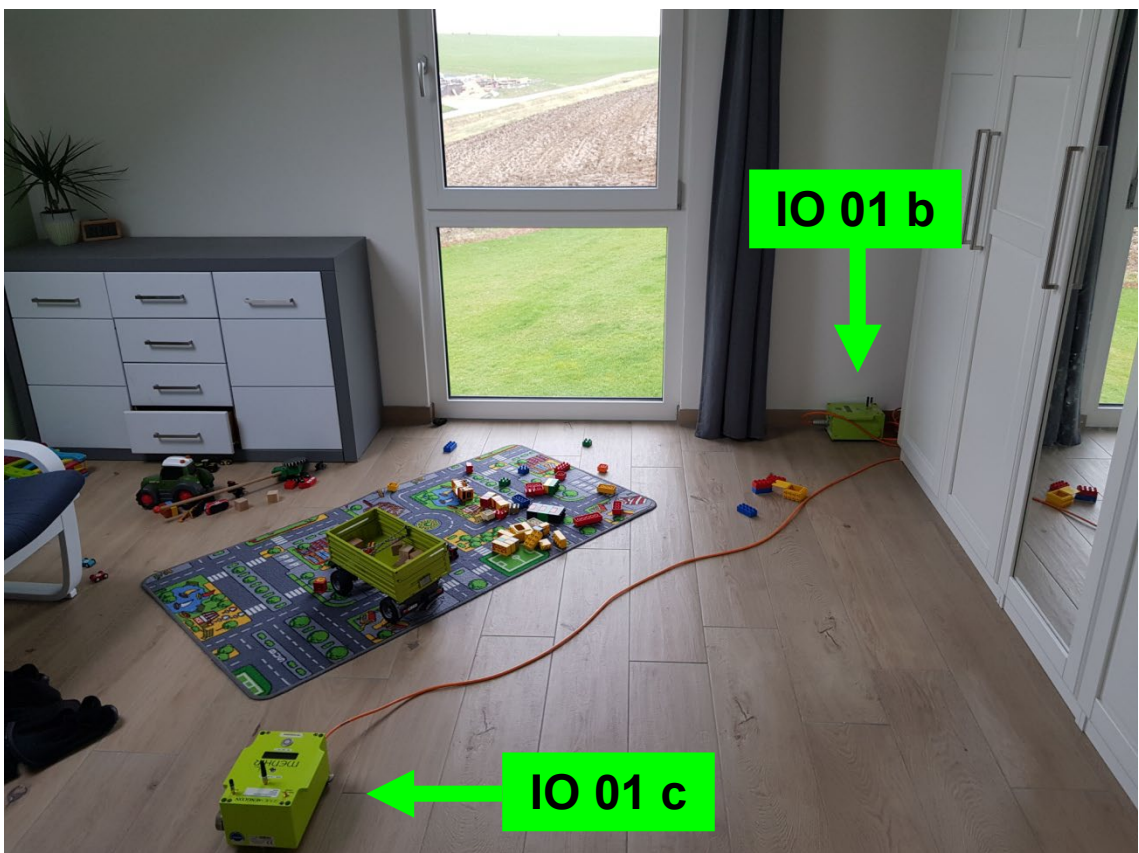


Übersichtsfoto zum Fundamentmessort IO 01 a



Detailansicht Fundamentmessstelle IO 01 a

**IO 01 b - OG aufst. Mauerwerk**



Übersicht zum Messort OG aufsteigendes Mauerwerk IO 01 b und OG Deckenmitte IO 01 c



Detailaufnahme zum Messort OG aufsteigendes Mauerwerk IO 01 b



Detailaufnahme zum Messort OG aufsteigendes Mauerwerk IO 01 b

IO 01 c - OG Deckenmitte



Übersicht zum Messort OG Deckenmitte IO 01 c



Detailansicht zum Messort OG Deckenmitte IO 01 c

**Wohnhaus Waldstr. 34**

**IO 02 a - Fundament**



Außenansicht IO 02 - Whs Waldstr. 34, Blickrichtung Südosten



Außenansicht IO 02 - Whs Waldstr. 34, Blickrichtung Südwesten



Übersicht zum Fundamentmessort IO 02 a



Detailansicht zum Fundamentmessort IO 02 a

**Wohnhaus Am Glockenturm 33**

**IO 03 a - Fundament**



Außenansicht IO 03 - Whs Am Glockenturm 33, Blickrichtung Norden



Übersicht zum Fundamentmessort IO 03 a



Detailansicht zum Fundamentmessort IO 03 a

**IO 03 b - OG aufst. Mauerwerk**



Übersicht Messstelle OG aufsteigendes Mauerwerk IO 03 b



Detailansicht zum Messort OG aufsteigendes Mauerwerk IO 03 b

### IO 03 c - OG Deckenmitte



Übersicht zum Messort OG Deckenmitte IO 03 c



Detailansicht zum Messort OG Deckenmitte IO 03 c

Bohrlocher - Tiefe Zünder Sprengstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBfmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte	
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.
<b>02.05.2023 07:58:30 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																					
6 Loch - 26m 6 Zünder 5 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 692,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,3 40,6	10,5 42,0	45,0 44,7	0,674 0,890	13,5% 7,0%	0,585 1,297	11,4% 10,0%	0,749 0,357	5,5% 2,6%	5,0 12,6	5,1 13,0	13,7 13,7	- -	- -	- -	- -	
<b>09.05.2023 10:08:19 Sprengung obere Sohle, westlich</b>																					
8 Loch - 26m 8 Zünder 7 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 923,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,6 40,3	7,6 37,9	7,5 40,6	0,759 0,671	15,2% 5,3%	0,768 0,956	15,4% 8,0%	0,980 0,365	19,6% 2,9%	5,0 12,6	5,0 12,0	5,0 12,7	- -	- -	- -	- -	
<b>12.05.2023 09:34:20 Sprengung obere Sohle, westlich</b>																					
4 Loch - 26m 4 Zünder 3 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 461,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,0 11,6	10,5 63,0	7,2 11,0	0,445 0,472	8,9% 8,8%	0,515 0,633	10,0% 3,9%	0,610 0,353	12,2% 6,7%	5,0 5,4	5,1 16,3	5,0 5,2	- -	- -	- -	- -	
<b>16.05.2023 09:45:49 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																					
5 Loch - 26m 5 Zünder 4 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 577,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,7 4,8	7,7 6,1	7,1 6,6	1,013 0,680	20,3% 13,6%	0,652 0,901	13,0% 18,0%	0,775 0,360	15,5% 7,2%	5,0 5,0	5,0 5,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>22.05.2023 09:13:17 Sprengung obere Sohle, westlich</b>																					
6 Loch - 26m 6 Zünder 5 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 692,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,1 41,0	10,5 41,5	10,1 10,7	0,551 0,602	11,0% 4,7%	0,580 0,998	11,3% 7,8%	0,896 0,566	17,9% 10,9%	5,0 12,8	5,1 12,9	5,0 5,2	- -	- -	- -	- -	
<b>23.05.2023 09:44:35 Sprengung untere Sohle, mittig</b>																					
14 Loch - 18m 14 Zünder 12 Zeitstufen	65,2 kg/ZS 912,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,9 39,3	7,3 38,5	7,4 37,9	0,450 0,284	9,0% 2,3%	0,549 0,324	11,0% 2,7%	0,374 0,209	7,5% 1,7%	5,0 12,3	5,0 12,1	5,0 12,0	- -	- -	- -	- -	
<b>25.05.2023 11:44:56 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																					
6 Loch - 26m 6 Zünder 5 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 692,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,8 4,4	9,5 63,9	7,2 11,0	0,668 0,620	13,4% 12,4%	0,706 1,123	14,1% 6,9%	0,725 0,351	14,5% 6,7%	5,0 5,0	5,0 16,4	5,0 5,2	- -	- -	- -	- -	
<b>30.05.2023 09:34:27 Sprengung obere Sohle, westlich</b>																					
4 Loch - 26m 4 Zünder 3 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 461,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,9 4,7	9,1 6,5	7,3 9,5	0,807 0,408	16,1% 8,2%	1,146 0,703	22,9% 14,1%	0,752 0,388	15,0% 7,8%	5,0 5,0	5,0 5,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>31.05.2023 08:55:50 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																					
10 Loch - 26m 10 Zünder 9 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.154,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	5,3 41,0	9,5 39,5	10,1 10,7	0,898 0,809	18,0% 6,3%	0,983 1,045	19,7% 8,5%	0,994 0,534	19,8% 10,3%	5,0 12,8	5,0 12,4	5,0 5,2	- -	- -	- -	- -	
<b>02.06.2023 09:26:49 Sprengung obere Sohle, westlich</b>																					
6 Loch - 26m 6 Zünder 5 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 692,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,9 4,2	9,0 6,1	7,2 9,6	0,643 0,452	12,9% 9,0%	0,859 0,802	17,2% 16,0%	0,925 0,320	18,5% 6,4%	5,0 5,0	5,0 5,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>12.06.2023 10:57:00 untere Sohle, westlich</b>																					
9 Loch - 18m 9 Zünder 8 Zeitstufen	65,2 kg/ZS 586,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	9,8 10,9	7,2 5,3	28,3 12,3	0,335 0,229	6,7% 4,4%	0,276 0,136	5,5% 2,7%	0,250 0,096	2,6% 1,7%	5,0 5,2	5,0 5,0	9,6 5,6	- -	- -	- -	- -	
<b>12.06.2023 15:03:08 obere Sohle, mittig</b>																					
7 Loch - 26m 7 Zünder 6 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 807,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,3 42,1	8,4 41,7	43,7 10,7	0,620 0,764	12,4% 5,9%	0,598 0,701	12,0% 5,4%	0,777 0,329	5,8% 6,4%	5,0 13,0	5,0 12,9	13,4 5,2	- -	- -	- -	- -	
<b>16.06.2023 09:23:18 obere Sohle, westlich</b>																					
8 Loch - 26m 8 Zünder 7 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 923,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	11,5	64,6	11,1	0,552	10,3%	1,190	7,2%	0,516	9,8%	5,4	16,5	5,3	-	-	-	-	
<b>20.06.2023 08:59:31 obere Sohle, mittig</b>																					
8 Loch - 26m 8 Zünder 7 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 923,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,0 85,0	8,7 6,2	7,3 8,4	0,697 0,856	13,9% 4,6%	0,993 0,753	19,9% 15,1%	1,007 0,418	20,1% 8,4%	5,0 18,5	5,0 5,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>21.06.2023 07:54:10 untere Sohle, mittig</b>																					
14 Loch - 18m 14 Zünder 13 Zeitstufen	65,2 kg/ZS 912,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	9,7 9,0	9,1 9,6	28,5 28,3	0,673 0,245	13,5% 4,9%	0,413 0,290	8,3% 5,8%	0,465 0,145	4,8% 1,5%	5,0 5,0	5,0 5,0	9,6 9,6	- -	- -	- -	- -	
<b>27.06.2023 10:20:32 obere Sohle, mittig</b>																					
9 Loch - 26m 9 Zünder 8 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.038,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,2 10,4	10,5 60,0	10,2 10,7	0,908 0,571	18,2% 11,2%	1,049 0,863	20,5% 5,4%	0,803 0,503	15,9% 9,7%	5,0 5,1	5,1 16,0	5,0 5,2	- -	- -	- -	- -	
<b>05.07.2023 11:07:03 obere Sohle obere Sohle, westlich</b>																					
9 Loch - 26m 9 Zünder 8 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.038,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	9,6 40,2	10,5 10,1	10,1 10,9	0,776 1,231	15,5% 9,8%	0,952 0,703	18,5% 14,0%	0,797 0,487	15,9% 9,3%	5,0 12,5	5,1 5,0	5,0 5,2	- -	- -	- -	- -	

Bohrlicher - Triefe Zünder Zeitstufen Sprengschur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBfmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte	
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.
<b>05.07.2023 14:47:00 untere Sohle untere Sohle, mittig</b>																					
7 Loch - 18m 7 Zünder 6 Zeitstufen	65,2 kg/ZS 456,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,0 9,0	7,4 41,2	7,4 3,7	0,364 0,198	7,3% 4,0%	0,357 0,161	7,1% 1,3%	0,211 0,089	4,2% 1,8%	5,0 5,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	- -	
<b>12.07.2023 10:59:30 obere Sohle, mittig</b>																					
7 Loch - 26m 7 Zünder 6 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 807,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,0 9,4	9,4 9,3	0,847	16,9% 1,281	25,6% 0,999	20,0% 5,0	5,0 5,0	5,0	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -		
<b>17.07.2023 08:58:00 untere Sohle, mittig</b>																					
10 Loch - 18m 10 Zünder 9 Zeitstufen	65,2 kg/ZS 652,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	9,8 10,9	9,2 10,6	28,5 6,4	0,490 0,271	9,8% 5,2%	0,449 0,195	9,0% 3,8%	0,295 0,120	3,1% 2,4%	5,0 5,2	5,0 5,0	9,6	- -	- -	- -	- -	
<b>17.07.2023 11:36:39 obere Sohle, mittig</b>																					
6 Loch - 26m 6 Zünder 5 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 692,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,1 40,7	9,0 41,8	45,3 45,1	0,800 0,542	16,0% 4,3%	0,791 0,615	15,8% 4,7%	1,042 0,287	7,5% 2,1%	5,0 12,7	5,0 12,9	13,8 13,8	- -	- -	- -	- -	
<b>18.07.2023</b>																					
5 Loch - 10,5m 5 Zünder 4 Zeitstufen	37,4 kg/ZS 187,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	5,1 5,9	6,6 40,8	28,9 6,3	0,364 0,160	7,3% 3,2%	0,205 0,112	4,1% 0,9%	0,184 0,107	1,9% 2,1%	5,0 5,0	5,0 12,7	9,7 5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>21.07.2023 09:57:10 untere Sohle, mittig</b>																					
13 Loch - 18m 13 Zünder 12 Zeitstufen	65,2 kg/ZS 847,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,5 39,9	7,4 40,4	40,8 40,1	0,574 0,312	11,5% 2,5%	0,418 0,354	8,4% 2,8%	0,472 0,151	3,7% 1,2%	5,0 12,5	5,0 12,6	12,7 12,5	- -	- -	- -	- -	
<b>21.07.2023 11:26:41 obere Sohle, westlich</b>																					
12 Loch - 26m 12 Zünder 11 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.384,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,2 78,5	9,5 77,7	9,4 78,9	0,887 1,083	17,7% 6,1%	1,388 1,092	27,8% 6,1%	1,133 1,019	22,7% 5,7%	5,0 17,8	5,0 17,8	5,0 17,9	- -	- -	- -	- -	
<b>31.07.2023 12:13:46 obere Sohle, westlich</b>																					
11 Loch - 26m 11 Zünder 10 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.269,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,3 39,5	8,7 9,5	10,1 9,2	0,661 0,590	13,2% 4,8%	1,009 0,703	20,2% 14,1%	0,733 0,572	14,6% 11,4%	5,0 12,4	5,0 5,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>08.08.2023 08:47:30 obere Sohle, mittig</b>																					
7 Loch - 25,5m 7 Zünder 6 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 807,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,1 41,5	8,7 39,3	7,2 74,8	0,671 0,480	13,4% 3,7%	0,742 0,867	14,8% 7,0%	0,801 0,619	16,0% 3,5%	5,0 12,9	5,0 12,3	5,0 17,5	- -	- -	- -	- -	
<b>08.08.2023 09:46:00 untere Sohle, westlich</b>																					
5 Loch - 11m 5 Zünder 4 Zeitstufen	36,8 kg/ZS 184,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,4 12,3	6,3 65,3	7,4 6,3	0,243 0,179	4,9% 3,2%	0,208 0,184	4,2% 1,1%	0,169 0,094	3,4% 1,9%	5,0 5,6	5,0 16,5	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>09.08.2023 10:01:00 untere Sohle, westlich</b>																					
6 Loch - 11m 6 Zünder 5 Zeitstufen	38,5 kg/ZS 231,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,6 5,9	7,2 4,5	7,4 83,4	0,358 0,139	7,2% 2,8%	0,191 0,138	3,8% 2,8%	0,174 0,126	3,5% 0,7%	5,0 5,0	5,0 18,3	5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>14.08.2023 10:24:21 obere Sohle, mittig</b>																					
9 Loch - 25,5m 9 Zünder 8 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.038,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	10,3 40,4	10,5 68,1	10,2 11,0	0,736 0,693	14,5% 5,5%	0,751 0,708	14,6% 4,2%	0,977 0,566	19,3% 10,8%	5,1 12,6	5,1 16,8	5,1 5,2	- -	- -	- -	- -	
<b>14.08.2023 11:57:00 untere Sohle, westlich</b>																					
6 Loch - 11,7m 6 Zünder 5 Zeitstufen	36,8 kg/ZS 220,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,6 5,9	7,2 8,8	7,4 6,3	0,345 0,168	6,9% 3,4%	0,227 0,142	4,5% 2,8%	0,211 0,097	4,2% 1,9%	5,0 5,0	5,0 5,0	5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>16.08.2023 10:28:09 Sprengung untere Sohle, mittig</b>																					
14 Loch - 18m 14 Zünder 12 Zeitstufen	60,2 kg/ZS 843,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,0 39,3	9,0 63,4	41,5 41,0	0,590 0,368	11,8% 3,0%	0,564 0,539	11,3% 3,3%	0,493 0,227	3,8% 1,8%	5,0 12,3	5,0 16,3	12,9 12,8	- -	- -	- -	- -	
<b>18.08.2023 09:35:08 obere Sohle, westlich</b>																					
8 Loch - 25,5m 8 Zünder 7 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 923,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,9 39,8	8,7 39,8	7,3 84,1	0,793 0,659	15,9% 5,3%	0,716 1,388	14,3% 11,1%	0,775 1,108	15,5% 6,0%	5,0 12,4	5,0 12,4	5,0 18,4	- -	- -	- -	- -	
<b>28.08.2023 10:21:41 obere Sohle, mittig</b>																					
11 Loch - 26m 11 Zünder 10 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.269,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,1 39,6	9,5 37,8	7,1 9,2	0,753 0,581	15,1% 4,7%	1,166 0,771	23,3% 6,4%	0,862 0,528	17,2% 10,6%	5,0 12,4	5,0 12,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	
<b>01.09.2023 10:35:56 obere Sohle</b>																					
6 Loch - 25,5m 6 Zünder 5 Zeitstufen	69,2 kg/ZS 115,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	788 m 960 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,8 11,7	8,8 6,0	7,2 87,6	0,823 0,639	16,5% 11,8%	0,838 0,693	16,8% 13,9%	0,714 1,158	14,3% 6,2%	5,0 5,4	5,0 5,0	5,0 18,8	- -	- -	- -	79 134	

Bohrlicher - Tiefe Zünder Zeitstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBfmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte	
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.
<b>04.09.2023 10:35:00 untere Sohle</b>																					
7 Loch - 11,5m 7 Zünder 6 Zeitstufen	39,8 kg/ZS 278,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	920 m 1115 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,6 8,6	7,2 41,0	7,4 40,8	0,401 0,144	8,0% 2,9%	0,218 0,198	4,4% 1,6%	0,162 0,107	3,2% 0,8%	5,0 5,0	5,0 12,7	5,0 12,7	- -	- -	- -	58 35	1227 808
<b>05.09.2023 10:30:50 untere Sohle</b>																					
6 Loch - 18m 6 Zünder 5 Zeitstufen	62,5 kg/ZS 375,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	920 m 1115 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,0 11,5	9,0 10,7	7,4 10,7	0,641 0,275	12,8% 5,1%	0,499 0,165	10,0% 3,2%	0,278 0,108	5,6% 2,1%	5,0 5,4	5,0 5,2	5,0 5,2	- -	- -	- -	75 39	1496 856
<b>05.09.2023 14:27:04 obere Sohle</b>																					
10 Loch - 25,5m 10 Zünder 9 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.154,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	788 m 962 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,6 11,4	10,9 39,3	11,8 87,5	0,998 0,638	20,0% 11,9%	0,976 0,852	18,7% 6,9%	0,898 0,903	16,5% 4,8%	5,0 5,3	5,2 12,3	5,5 18,8	- -	- -	- -	73 81	1278 1560
<b>06.09.2023 10:03:00 untere Sohle</b>																					
6 Loch - 18m 6 Zünder 5 Zeitstufen	62,5 kg/ZS 391,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	920 m 1115 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,6 5,9	6,3 4,7	7,2 85,2	0,243 0,170	4,9% 3,4%	0,193 0,131	3,9% 2,6%	0,169 0,127	3,4% 0,7%	5,0 5,0	5,0 18,5	5,0 18,5	- -	- -	- -	28 24	567 529
<b>07.09.2023 10:47:00 untere Sohle</b>																					
7 Loch - 12,3m 7 Zünder 6 Zeitstufen	45,3 kg/ZS 317,1 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	920 m 1115 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,6 11,7	7,2 41,6	43,2 41,0	0,325 0,147	6,5% 2,7%	0,228 0,198	4,6% 1,5%	0,237 0,120	1,8% 0,9%	5,0 5,4	5,0 12,9	13,3 12,8	- -	- -	- -	44 33	920 748
<b>13.09.2023 15:09:58 obere Sohle</b>																					
9 Loch - 26,6m 9 Zünder 8 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.038,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	780 m 960 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,4 10,9	8,7 67,8	7,2 86,7	0,835 0,739	16,7% 14,1%	0,873 0,989	17,5% 5,9%	0,750 0,876	15,0% 4,7%	5,0 5,2	5,0 16,8	5,0 18,7	- -	- -	- -	63 88	1101 1703
<b>20.09.2023 16:04:40 obere Sohle</b>																					
6 Loch - 25,6m 6 Zünder 5 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 692,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	780 m 960 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,6 4,8	7,5 63,3	7,0 81,0	0,675 0,644	13,5% 12,9%	0,688 1,066	13,8% 6,5%	0,667 0,636	13,3% 3,5%	5,0 5,0	5,0 16,3	5,0 18,1	- -	- -	- -	50 95	868 1836
<b>25.09.2023</b>																					
11 Loch - 25,6m 11 Zünder 10 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.269,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	780 m 960 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,1 10,3	9,6 38,8	10,1 38,6	1,067 0,695	21,3% 13,7%	1,055 0,920	21,1% 7,5%	1,042 0,777	20,7% 6,4%	5,0 5,1	5,0 12,2	5,0 12,2	- -	- -	- -	77 82	1346 1584
<b>25.09.2023 11:17:25 untere Sohle</b>																					
14 Loch - 18m 14 Zünder 13 Zeitstufen	65,2 kg/ZS 912,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	920 m 1115 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	40,5 40,5	42,3 40,9	40,8 40,4	0,642 0,361	5,1% 2,9%	0,459 0,603	3,5% 4,7%	0,517 0,228	4,1% 1,8%	12,6 12,6	13,1 12,7	12,7 12,6	- -	- -	- -	73 83	1461 1831
<b>29.09.2023 08:59:47 obere Sohle</b>																					
11 Loch - 25,6m 11 Zünder 10 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.269,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	788 m 962 m	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,9 11,5	11,2 39,6	11,9 84,1	1,020 0,769	20,4% 14,3%	0,904 1,106	17,1% 8,9%	0,991 0,946	18,1% 5,1%	5,0 5,4	5,3 12,4	5,5 18,4	- -	- -	- -	75 99	1306 1911
<b>04.10.2023 15:15:36 Sprengung untere Sohle, westlich</b>																					
11 Loch - 18m 11 Zünder 10 Zeitstufen	65,2 kg/ZS 717,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,0 11,5	7,3 8,0	7,4 7,2	1,136 0,375	22,7% 7,0%	1,096 0,315	21,9% 6,3%	0,326 0,215	6,5% 4,3%	5,0 5,4	5,0 5,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	- -
<b>09.10.2023 09:21:17 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																					
8 Loch - 25,6m 8 Zünder 7 Zeitstufen	115,0 kg/ZS 920,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,8 41,0	7,5 42,0	7,4 82,8	0,709 0,628	14,2% 4,9%	0,705 0,782	14,1% 6,0%	0,821 0,568	16,4% 3,1%	5,0 12,7	5,0 13,0	5,0 18,3	- -	- -	- -	- -	- -
<b>09.10.2023 14:57:20 Sprengung untere Sohle, mittig</b>																					
13 Loch - 18m 13 Zünder 12 Zeitstufen	65,2 kg/ZS 847,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,5 11,5	7,3 9,6	7,4 27,9	0,989 0,383	19,8% 7,1%	0,901 0,349	18,0% 7,0%	0,621 0,193	12,4% 2,0%	5,0 5,4	5,0 5,0	5,0 9,5	- -	- -	- -	- -	- -
<b>11.10.2023 14:17:16 Sprengung obere Sohle, westlich</b>																					
9 Loch - 25,6m 9 Zünder 8 Zeitstufen	115,0 kg/ZS 1.035,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,6 11,8	9,6 39,8	7,1 75,0	0,786 0,503	15,7% 9,2%	0,636 1,067	12,7% 8,6%	0,969 0,625	19,4% 3,6%	5,0 5,4	5,0 12,4	5,0 17,5	- -	- -	- -	- -	- -
<b>18.10.2023 08:24:54 Sprengung</b>																					
-	-	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	8,0 8,6	7,3 8,0	7,4 6,4	0,686 0,284	13,7% 5,7%	0,560 0,294	11,2% 5,9%	0,281 0,121	5,6% 2,4%	5,0 5,0	5,0 5,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	- -
<b>18.10.2023 11:25:22 Sprengung untere Sohle, westlich</b>																					
8 Loch - 18m 9 Zünder 8 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 1.038,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	9,8 11,4	7,6 10,2	29,6 31,2	0,756 0,538	15,1% 10,0%	0,789 0,738	15,8% 14,6%	0,773 0,441	7,8% 4,3%	5,0 5,4	5,0 5,1	9,9 10,3	- -	- -	- -	- -	- -
<b>24.10.2023 09:11:09 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																					
6 Loch - 25,8m 6 Zünder 5 Zeitstufen	115,4 kg/ZS 692,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	- -	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	7,9 8,2	9,1 9,9	7,3 8,4	1,282 0,550	25,6% 11,0%	1,572 0,985	31,4% 19,7%	0,695 0,737	13,9% 14,7%	5,0 5,0	5,0 5,0	5,0 5,0	- -	- -	- -	- -	- -

Bohrlicher - Tiefe Zünder Zeitstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBFmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte	
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.
<b>25.10.2023 08:39:43 Sprengung untere Sohle, mittig</b>																					
6 Loch - 18m	65,3 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	8,0	7,4	7,4	0,666	13,3%	0,714	14,3%	0,409	8,2%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
6 Zünder	392,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	10,7	8,0	31,5	0,291	5,6%	0,337	6,7%	0,167	1,6%	5,2	5,0	10,4	-	-	-	-	
5 Zeitstufen																					
<b>27.10.2023 09:34:09 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																					
5 Loch - 25,8m	115,8 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	8,0	10,7	7,2	0,846	16,9%	1,007	19,5%	0,964	19,3%	5,0	5,2	5,0	-	-	-	-	
5 Zünder	578,9 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	10,4	68,5	87,7	0,620	12,2%	0,922	5,5%	0,602	3,2%	5,1	16,8	18,8	-	-	-	-	
4 Zeitstufen																					
<b>02.11.2023 08:58:14 Sprengung obere Sohle, westlich</b>																					
8 Loch - 25,8m	95,1 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	8,0	8,8	7,0	1,055	21,1%	1,223	24,5%	0,745	14,9%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
8 Zünder	760,6 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	7,4	8,3	8,5	0,522	10,4%	0,805	16,1%	0,446	8,9%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
7 Zeitstufen																					
<b>07.11.2023 09:27:24 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																					
8 Loch - 25,8m	80,7 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,4	7,4	6,9	0,802	16,0%	0,766	15,3%	0,583	11,7%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
8 Zünder	645,7 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	10,8	61,4	83,9	0,735	14,1%	1,123	7,0%	0,646	3,5%	5,2	16,1	18,4	-	-	-	-	
7 Zeitstufen																					
<b>08.11.2023 09:07:00 Sprengung untere Sohle, mittig</b>																					
11 Loch - 18m	63,3 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,9	7,4	7,4	0,784	15,7%	0,776	15,5%	0,640	12,8%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
11 Zünder	696,2 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	39,4	58,6	33,2	0,366	3,0%	0,720	4,5%	0,295	2,7%	12,3	15,9	10,8	-	-	-	-	
10 Zeitstufen																					
<b>14.11.2023 08:57:14 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																					
7 Loch - 25,8m	98,4 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,9	9,4	7,3	0,789	15,8%	1,035	20,7%	0,847	16,9%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
7 Zünder	688,9 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	41,4	59,9	60,1	0,592	4,6%	0,890	5,6%	0,357	2,2%	12,8	16,0	16,0	-	-	-	-	
6 Zeitstufen																					
<b>20.11.2023 09:22:55 Sprengung untere Sohle, westlich</b>																					
11 Loch - 18m	69,7 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,5	7,4	7,4	0,913	18,3%	0,472	9,4%	0,467	9,3%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
11 Zünder	767,1 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	40,8	63,7	63,9	0,331	2,6%	0,710	4,3%	0,216	1,3%	12,7	16,4	16,4	-	-	-	-	
10 Zeitstufen																					
<b>20.11.2023 11:54:02 obere Sohle, mittig</b>																					
8 Loch - 25,8m	90,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,4	7,4	7,3	0,747	14,9%	0,881	17,6%	0,706	14,1%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
8 Zünder	720,2 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	37,4	61,4	9,8	0,512	4,3%	0,832	5,2%	0,365	7,3%	11,9	16,1	5,0	-	-	-	-	
7 Zeitstufen																					
<b>27.11.2023 08:45:53 untere Sohle, westlich</b>																					
4 Loch - 18m	65,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,3	7,3	7,4	0,439	8,8%	0,494	9,9%	0,593	11,9%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
4 Zünder	263,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	11,7	40,1	27,6	0,264	4,9%	0,329	2,6%	0,215	2,3%	5,4	12,5	9,4	-	-	-	-	
3 Zeitstufen																					
<b>29.11.2023 08:17:46 obere Sohle, mittig</b>																					
2 Loch - 25,8m	115,5 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,5	8,0	7,5	0,625	12,5%	0,939	18,8%	0,638	12,8%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
2 Zünder	231,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,0	13,3	10,0	0,342	6,8%	0,359	6,2%	0,272	5,4%	5,0	5,8	5,0	-	-	-	-	
1 Zeitstufen																					
<b>30.11.2023 08:49:57 obere Sohle, mittig</b>																					
7 Loch - 18m	64,8 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,4	7,2	7,8	0,504	10,1%	0,392	7,8%	0,341	6,8%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
7 Zünder	453,8 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,6	8,0	27,6	0,169	3,4%	0,167	3,3%	0,136	1,4%	5,0	5,0	9,4	-	-	-	-	
6 Zeitstufen																					
<b>05.12.2023 14:13:52 obere Sohle, mittig</b>																					
5 Loch - 18m	65,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	9,6	7,4	28,3	0,364	7,3%	0,377	7,5%	0,422	4,4%	5,0	5,0	9,6	-	-	-	-	
5 Zünder	325,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,6	36,5	27,6	0,192	3,8%	0,284	2,4%	0,148	1,6%	5,0	11,6	9,4	-	-	-	-	
4 Zeitstufen																					
<b>06.12.2023 08:51:14 obere Sohle, westlich</b>																					
3 Loch - 25,5m	107,5 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	5,5	7,4	7,3	1,014	20,3%	1,104	22,1%	0,497	9,9%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
3 Zünder	322,5 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,2	5,5	9,3	0,409	8,2%	0,598	12,0%	0,329	6,6%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
2 Zeitstufen																					
<b>07.12.2023 14:18:25 untere Sohle, mittig</b>																					
6 Loch - 18m	65,2 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	9,6	7,8	27,9	0,297	5,9%	0,227	4,5%	0,302	3,2%	5,0	5,0	9,5	-	-	-	-	
6 Zünder	391,4 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	37,1	4,7	27,7	0,126	1,1%	0,172	3,4%	0,106	1,1%	11,8	5,0	9,4	-	-	-	-	
5 Zeitstufen																					
<b>08.12.2023 08:12:33 obere Sohle, mittig</b>																					
2 Loch - 25,5m	115,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,5	7,4	7,4	0,947	18,9%	0,778	15,6%	0,727	14,5%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
2 Zünder	230,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,2	61,5	9,3	0,367	7,3%	0,961	5,9%	0,438	8,8%	5,0	16,2	5,0	-	-	-	-	
1 Zeitstufen																					
<b>08.12.2023 11:12:04 untere Sohle, mittig</b>																					
2 Loch - 18m	65,2 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,6	7,4	7,4	0,294	5,9%	0,266	5,3%	0,272	5,4%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
2 Zünder	130,4 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	11,5	8,0	27,0	0,166	3,1%	0,197	3,9%	0,112	1,2%	5,4	5,0	9,3	-	-	-	-	
1 Zeitstufen																					
<b>11.12.2023 08:55:26 obere Sohle, westlich</b>																					
3 Loch - 25,5m	116,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	10,2	7,4	7,3	1,068	21,2%	1,271	25,4%	0,728	14,6%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
3 Zünder	347,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,2	62,0	9,3	0,544	10,9%	1,041	6,4%	0,526	10,5%	5,0	16,2	5,0	-	-	-	-	
2 Zeitstufen																					

Bohrlicher - Tiefe Zünder Zeitstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBfmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte	
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.
<b>11.12.2023 10:45:06 untere Sohle, westlich</b>																					
4 Loch - 18m	65,5 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,4	7,2	7,4	0,209	4,2%	0,265	5,3%	0,362	7,2%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
4 Zünder	260,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	11,9	56,7	57,4	0,175	3,2%	0,449	2,9%	0,107	0,7%	5,5	15,7	15,7	-	-	-	-	
3 Zeitstufen																					
<b>13.12.2023 08:40:29 obere Sohle, westlich</b>																					
4 Loch - 25,8m	110,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	8,2	7,7	7,2	1,104	22,1%	1,624	32,5%	0,589	11,8%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
4 Zünder	439,8 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	7,7	6,5	8,4	0,472	9,4%	0,930	18,6%	0,512	10,2%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
3 Zeitstufen																					
<b>13.12.2023 11:14:16 untere Sohle, mittig</b>																					
5 Loch - 18m	65,5 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	9,6	10,7	29,7	0,278	5,6%	0,293	5,7%	0,322	3,2%	5,0	5,2	9,9	-	-	-	-	
5 Zünder	327,4 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	11,3	55,7	36,0	0,252	4,7%	0,358	2,3%	0,166	1,4%	5,3	15,6	11,5	-	-	-	-	
4 Zeitstufen																					
<b>15.12.2023 08:52:32 obere Sohle, mittig</b>																					
2 Loch - 25,8m	115,5 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	10,2	7,4	7,3	0,656	13,0%	0,879	17,6%	0,597	11,9%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
2 Zünder	301,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,2	10,0	10,1	0,424	8,5%	0,834	16,7%	0,292	5,8%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
1 Zeitstufen																					
<b>15.12.2023 10:57:47 untere Sohle, mittig</b>																					
6 Loch	65,2 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	9,6	7,7	7,4	0,478	9,6%	0,542	10,8%	0,222	4,4%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
6 Zünder	391,2 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	11,3	9,6	11,3	0,269	5,1%	0,251	5,0%	0,084	1,6%	5,3	5,0	5,3	-	-	-	-	
5 Zeitstufen																					
<b>18.12.2023 14:27:24 obere Sohle, westlich</b>																					
4 Loch - 25,8m	115,5 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	6,2	7,5	7,2	0,696	13,9%	0,591	11,8%	0,704	14,1%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
4 Zünder	602,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	38,6	4,7	5,2	0,409	3,4%	0,546	10,9%	0,280	5,6%	12,2	5,0	5,0	-	-	-	-	
3 Zeitstufen																					
<b>19.12.2023 11:51:37 untere Sohle, westlich</b>																					
6 Loch - 18m	66,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	9,6	7,7	7,3	0,636	12,7%	0,563	11,3%	0,361	7,2%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
6 Zünder	391,4 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	11,1	8,0	8,6	0,265	5,0%	0,233	4,7%	0,144	2,9%	5,3	5,0	5,0	-	-	-	-	
5 Zeitstufen																					
<b>21.12.2023 08:09:09 obere Sohle, westlich</b>																					
1 Loch - 25,8m	115,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	10,2	10,8	7,2	0,522	10,3%	0,676	13,0%	0,563	11,3%	5,1	5,2	5,0	-	-	-	-	
2 Zünder	230,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	10,4	6,6	10,3	0,303	5,9%	0,643	12,9%	0,324	6,4%	5,1	5,0	5,1	-	-	-	-	
1 Zeitstufen																					
<b>23.01.2024 08:09:52 obere Sohle, westlich</b>																					
2 Loch - 25,8m	115,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,4	7,7	7,4	0,678	13,6%	0,694	13,9%	0,454	9,1%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
2 Zünder	230,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	4,8	5,9	6,3	0,342	6,8%	0,563	11,3%	0,271	5,4%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
1 Zeitstufen																					
<b>25.01.2024 08:37:25 obere Sohle, westlich</b>																					
3 Loch - 25,8m	109,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	8,6	7,4	7,3	0,875	17,5%	1,202	24,0%	0,663	13,3%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
3 Zünder	326,0 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,2	57,5	9,3	0,514	10,3%	1,022	6,5%	0,449	9,0%	5,0	15,8	5,0	-	-	-	-	
2 Zeitstufen																					
<b>29.01.2024 08:17:44 obere Sohle, westlich</b>																					
3 Loch - 25,5m	126,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,2	9,2	7,3	0,762	15,2%	1,119	22,4%	0,628	12,6%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
3 Zünder	380,7 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,1	10,0	8,4	0,467	9,3%	0,708	14,2%	0,298	6,0%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
2 Zeitstufen																					
<b>30.01.2024 14:10:00 obere Sohle, westlich</b>																					
3 Loch - 25,5m	126,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	6,2	7,9	7,2	0,708	14,2%	0,543	10,9%	0,746	14,9%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
3 Zünder	380,7 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	7,9	56,7	8,4	0,626	12,5%	1,049	6,7%	0,397	7,9%	5,0	15,7	5,0	-	-	-	-	
2 Zeitstufen																					
<b>05.02.2024 08:08:48 oben, östlich</b>																					
3 Loch - 25,5m	115,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	8,2	7,7	7,3	0,756	15,1%	1,349	27,0%	0,885	17,7%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
3 Zünder	345,1 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	8,1	60,9	8,5	0,740	14,8%	1,457	9,1%	0,514	10,3%	5,0	16,1	5,0	-	-	-	-	
2 Zeitstufen																					
<b>05.02.2024 09:21:12 untere Sohle, mittig</b>																					
5 Loch - 18m	65,6 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,5	7,7	7,4	0,535	10,7%	0,404	8,1%	0,396	7,9%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
5 Zünder	327,9 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	56,6	57,8	57,8	0,455	2,9%	0,876	5,6%	0,326	2,1%	15,7	15,8	15,8	-	-	-	-	
4 Zeitstufen																					
<b>09.02.2024 08:08:36 oben, mittig</b>																					
4 Loch - 26m	100,0 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	9,6	6,2	7,4	0,507	10,1%	0,498	10,0%	0,810	16,2%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
4 Zünder	401,2 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	40,4	10,3	26,7	0,477	3,8%	0,538	10,6%	0,347	3,8%	12,6	5,1	9,2	-	-	-	-	
3 Zeitstufen																					
<b>12.02.2024 11:01:54 oben, westlich</b>																					
6 Loch - 18m	65,6 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,2	7,9	7,2	0,549	11,0%	0,571	11,4%	0,732	14,6%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
6 Zünder	391,8 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	11,7	6,2	8,5	0,464	8,6%	0,696	13,9%	0,324	6,5%	5,4	5,0	5,0	-	-	-	-	
5 Zeitstufen																					
<b>19.02.2024 08:45:16 untere Sohle, westlich</b>																					
5 Loch - 17,8m	65,6 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,2	7,2	7,2	0,307	6,1%	0,261	5,2%	0,272	5,4%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
5 Zünder	372,9 kg	IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_126-18460881	4,7	5,5	4,5	0,245	4,9%	0,227	4,5%	0,116	2,3%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
4 Zeitstufen																					

Bohrlicher - Triefe Zünder Sprengstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBFmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte	
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.
19.02.2024 11:01:25 oben, östlich																					
5 Loch - 25,8m 5 Zünder 4 Zeitstufen	110,8 kg/ZS 553,9 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 02 a - Whs Waldstr. 34 - Fundament	-	ESS_125-17320438 ESS_126-18460881	9,6 40,5	10,5 10,2	45,5 11,1	0,607 0,402	12,1% 3,2%	0,529 0,637	10,3% 12,7%	0,687 0,325	5,0% 6,2%	5,0 12,6	5,1 5,0	13,9 5,3	-	-	-	-	
26.02.2024 08:06:12 untere Sohle, westlich																					
5 Loch - 17,8m	65,6 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,8	7,4	7,2	0,352	7,0%	0,349	7,0%	0,227	4,5%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	
26.02.2024 11:01:41 oben																					
4 Loch - 25,8m	115,4 kg/ZS	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,4	10,5	7,3	0,649	13,0%	0,563	11,0%	0,695	13,9%	5,0	5,1	5,0	-	-	-	-	
28.02.2024 11:42:40 untere Sohle untere Sohle, mittig																					
6 Loch - 17,8m 6 Zünder 5 Zeitstufen	65,5 kg/ZS 392,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	855 m - - 829 m - -	ESS_125-17320438 ESS_107-15300011 ESS_119-16380286 ESS_126-18460881 ESS_121-16380288 ESS_130-18460885	7,5 - - 51,6 - 26,4	7,7 - - 26,4 - 12,3	28,7 - - 27,4 - 18,2	0,416 - - 0,377 - 0,364	8,3% - - 2,5% - 2,4%	0,425 - - 0,227 - 0,245	8,5% - - 2,5% - 1,6%	0,590 - - 0,361 - 1,109	6,1% - - 3,9% - 5,5%	5,0 - - 15,2 - 15,0	5,0 - - 9,1 - 15,0	9,7 - - 9,4 - 20,0	-	-	-	62	1200
04.03.2024 08:44:49 obere Sohle oben, östlich																					
5 Loch - 25,8m 5 Zünder 4 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 578,9 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	774 m - - 772 m - -	ESS_125-17320438 ESS_107-15300011 ESS_119-16380286 ESS_126-18460881 ESS_121-16380288 ESS_130-18460885	7,2 7,2 - 34,8 - 9,6	10,5 8,0 - 35,4 - 35,6	7,2 34,6 - 35,0 - 34,0	0,574 0,602 - 0,580 - 0,653	11,5% 4,0% - 5,2% - 4,4%	0,601 1,563 - 0,559 - 0,548	11,7% 10,4% - 4,9% - 3,7%	0,874 1,020 - 0,476 - 1,501	17,5% 5,1% - 4,2% - 7,5%	5,0 15,0 - 11,2 - 15,0	5,1 15,0 - 11,4 - 15,0	5,0 20,0 - 11,2 - 20,0	-	-	-	41	715
04.03.2024 10:23:00 untere Sohle untere Sohle, westlich																					
5 Loch - 17,8m 5 Zünder 4 Zeitstufen	65,6 kg/ZS 327,9 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	845 m - - 816 m - -	ESS_125-17320438 ESS_107-15300011 ESS_119-16380286 ESS_126-18460881 ESS_121-16380288 ESS_130-18460885	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
07.03.2024 15:03:14 unten untere Sohle, mittig																					
7 Loch - 17,8m 7 Zünder 6 Zeitstufen	65,6 kg/ZS 458,5 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	840 m - - 809 m - -	ESS_125-17320438 ESS_107-15300011 ESS_119-16380286 ESS_126-18460881 ESS_121-16380288 ESS_130-18460885	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
11.03.2024 08:57:18 obere Sohle oben, östlich																					
4 Loch - 25,7m 4 Zünder 3 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 462,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	773 m - - 774 m - -	ESS_125-17320438 ESS_107-15300011 ESS_119-16380286 ESS_126-18460881 ESS_121-16380288 ESS_130-18460885	5,5 7,6 7,8 6,0 14,9 9,6	7,5 7,8 7,6 24,7 21,9 7,2	7,2 7,8 25,2 25,9 47,9 34,2	0,926 0,653 1,223 0,721 0,613 0,576	18,5% 4,4% 8,2% 14,4% 4,1% 3,8%	0,720 1,165 0,669 0,426 0,563 0,350	14,4% 7,8% 4,5% 4,9% 3,8% 2,3%	0,688 0,786 1,119 0,383 0,802 1,279	13,8% 3,9% 5,6% 4,3% 4,0% 6,4%	5,0 15,0 15,0 5,0 15,0 15,0	5,0 15,0 20,0 8,7 15,0 15,0	5,0 20,0 20,0 9,0 20,0 20,0	-	-	1,32	52	892
12.03.2024 11:54:27 unten untere Sohle, westlich																					
6 Loch - 17,8m 6 Zünder 5 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 391,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	850 m - - 811 m - -	ESS_125-17320438 ESS_107-15300011 ESS_119-16380286 ESS_126-18460881 ESS_121-16380288 ESS_130-18460885	7,8 7,2 7,2 11,3 10,4 10,4	7,2 7,4 11,3 10,0 9,4 8,0	7,2 7,4 27,6 9,0 9,6 10,6	0,464 0,933 1,250 0,393 0,207 0,497	9,3% 6,2% 8,3% 7,4% 1,4% 3,3%	0,400 1,188 0,826 0,159 0,515 0,197	8,0% 7,9% 5,5% 3,2% 3,4% 1,3%	0,202 0,344 0,694 0,111 0,157 0,680	4,0% 1,7% 3,5% 2,2% 0,8% 3,4%	5,0 15,0 15,0 5,3 15,0 15,0	5,0 15,0 20,0 5,0 15,0 20,0	5,0 20,0 20,0 5,0 20,0 20,0	-	-	2,69	39	730

Bohrlicher - tiefe Zünder Zeitstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBfmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte	
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.
					14.03.2024 09:17:51 oben oben, östlich																
5 Loch - 25,7m 5 Zünder 4 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 578,9 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	790 m	ESS_125-17320438	9,6	9,2	10,0	0,963	19,3%	1,071	21,4%	0,938	18,7%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	78	1366
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	9,7	7,8	8,2	1,328	8,9%	2,829	18,9%	0,854	4,3%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,8	9,8	8,2	2,961	19,7%	1,506	10,0%	1,994	10,0%	15,0	15,0	20,0	1,563	26,1%	2,76	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	781 m	ESS_126-18460881	9,6	11,0	25,9	0,749	15,0%	0,514	9,8%	0,490	5,5%	5,0	5,3	9,0	-	-	-	54	939
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	9,8	9,6	46,7	0,547	3,6%	0,800	5,3%	0,953	4,8%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,8	11,3	10,6	1,028	6,9%	0,627	4,2%	1,611	8,1%	15,0	15,0	20,0	0,647	10,8%	2,15	-	-
14.03.2024 11:21:49 unten untere Sohle, mittig																					
7 Loch - 17,7m 7 Zünder 6 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 458,5 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	838 m	ESS_125-17320438	7,9	7,3	7,3	0,582	11,6%	0,564	11,3%	0,401	8,0%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	60	1136
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	7,6	7,4	1,003	6,7%	1,549	10,3%	0,432	2,2%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,6	7,4	27,4	1,642	10,9%	0,838	5,6%	1,346	6,7%	15,0	15,0	20,0	0,934	15,6%	2,82	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	812 m	ESS_126-18460881	9,4	9,8	9,2	0,387	7,7%	0,174	3,5%	0,154	3,1%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	38	720
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,4	10,0	9,4	0,333	2,2%	0,477	3,2%	0,253	1,3%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,4	8,2	10,4	0,712	4,7%	0,240	1,6%	0,782	3,9%	15,0	15,0	20,0	0,365	6,1%	2,02	-	-
19.03.2024 14:08:33 untere Sohle untere Sohle, westlich																					
6 Loch - 17,7m 6 Zünder 5 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 391,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	849 m	ESS_125-17320438	7,6	7,2	7,4	0,299	6,0%	0,253	5,1%	0,155	3,1%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	31	595
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,2	7,8	7,4	0,535	3,6%	0,741	4,9%	0,277	1,4%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,4	7,0	27,4	0,793	5,3%	0,519	3,5%	0,591	3,0%	15,0	15,0	20,0	0,450	7,5%	2,65	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	826 m	ESS_126-18460881	8,0	9,8	9,4	0,161	3,2%	0,102	2,0%	0,070	1,4%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	16	307
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	8,0	10,2	27,6	0,130	0,9%	0,167	1,1%	0,108	0,5%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,4	8,2	19,0	0,321	2,1%	0,135	0,9%	0,338	1,7%	15,0	15,0	20,0	0,152	2,5%	2,10	-	-
21.03.2024 14:21:01 untere Sohle untere Sohle, westlich																					
4 Loch - 17,75m 4 Zünder 3 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 261,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	827 m	ESS_125-17320438	7,8	7,2	7,3	0,554	11,1%	0,243	4,9%	0,285	5,7%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	56	1060
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,2	7,6	7,4	0,555	3,7%	0,593	4,0%	0,328	1,6%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,6	7,2	24,6	0,624	4,2%	0,525	3,5%	0,903	4,5%	15,0	15,0	20,0	0,447	7,5%	1,63	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	799 m	ESS_126-18460881	21,5	5,7	25,4	0,346	4,4%	0,251	5,0%	0,139	1,6%	7,9	5,0	8,9	-	-	-	34	629
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	8,2	19,0	22,3	0,178	1,2%	0,366	2,4%	0,174	0,9%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,4	8,0	18,8	0,348	2,3%	0,200	1,3%	0,664	3,3%	15,0	15,0	20,0	0,273	4,6%	1,92	-	-
25.03.2024 09:06:25 obere Sohle, mittig																					
6 Loch - 25,7m 6 Zünder 5 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 658,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	790 m	ESS_125-17320438	9,6	7,5	36,9	0,926	18,5%	0,618	12,4%	1,015	8,7%	5,0	5,0	11,7	-	-	-	74	1295
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,5	8,0	8,0	0,677	4,5%	2,078	13,9%	1,095	5,5%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	791 m	ESS_126-18460881	35,3	35,5	35,2	0,739	6,5%	0,625	5,5%	0,508	4,5%	11,3	11,4	11,3	-	-	-	54	945
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	9,8	9,6	38,1	0,588	3,9%	0,565	3,8%	0,826	4,1%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	35,8	36,7	37,7	1,582	10,5%	0,999	6,7%	1,689	8,4%	15,0	15,0	20,0	0,862	14,4%	2,29	-	-
26.03.2024 08:41:54 untere Sohle, mittig																					
6 Loch - 18m 6 Zünder 5 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 392,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	834 m	ESS_125-17320438	7,8	7,4	7,2	0,485	9,7%	0,452	9,0%	0,173	3,5%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	50	940
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	7,6	7,4	0,834	5,6%	1,343	9,0%	0,358	1,8%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	803 m	ESS_126-18460881	8,0	9,6	9,0	0,332	6,6%	0,108	2,2%	0,099	2,0%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	33	608
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,2	9,8	9,2	0,265	1,8%	0,360	2,4%	0,148	0,7%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,2	10,4	10,4	0,701	4,7%	0,171	1,1%	0,519	2,6%	15,0	15,0	20,0	0,377	6,3%	2,11	-	-
02.04.2024 09:07:43 untere Sohle, westlich																					
6 Loch - 17,8m 6 Zünder 5 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 392,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	840 m	ESS_125-17320438	9,7	7,3	7,5	0,529	10,6%	0,283	5,7%	0,424	8,5%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	54	1036
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	7,4	7,6	0,704	4,7%	0,805	5,4%	0,631	3,2%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,4	7,4	24,8	0,569	3,8%	0,846	5,6%	1,045	5,2%	15,0	15,0	20,0	0,550	9,2%	1,98	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	811 m	ESS_126-18460881	11,3	10,0	44,4	0,386	7,2%	0,182	3,6%	0,191	1,4%	5,3	5,0	13,6	-	-	-	38	717
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,2	9,8	44,4	0,264	1,8%	0,486	3,2%	0,307	1,5%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,0	11,9	10,4	0,678	4,5%	0,299	2,0%	1,026	5,1%	15,0	15,0	20,0	0,353	5,9%	2,66	-	-

Bohrlicher - tiefe Zünder Zeitstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBFmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte		
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.	
					Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
04.04.2024 08:03:00 obere Sohle obere Sohle, westlich																						
5 Loch - 25,8m 5 Zünder 4 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 580,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	762 m	ESS_125-17320438	8,2	10,6	7,2	0,609	12,2%	0,523	10,1%	0,657	13,1%	5,0	5,2	5,0				46	794	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,2	8,2	29,5	0,676	4,5%	0,958	6,4%	0,783	3,9%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	768 m	ESS_126-18460881	69,0	36,1	26,2	0,562	3,3%	0,516	4,5%	0,371	4,1%	16,9	11,5	9,1				40	687	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	39,7	12,3	38,1	0,396	2,6%	0,567	3,8%	0,637	3,2%	15,0	15,0	20,0				-	-	
IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,0	36,2	19,0	0,471	3,1%	0,626	4,2%	1,335	6,7%	15,0	15,0	20,0	0,567	9,5%	2,38			-	-	
04.04.2024 09:11:34 untere Sohle untere Sohle, mittig																						
8 Loch - 17,7m 8 Zünder 7 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 522,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	843 m	ESS_125-17320438	7,9	7,3	7,3	0,647	12,9%	0,409	8,2%	0,430	8,6%	5,0	5,0	5,0				67	1274	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	7,6	7,4	0,619	4,1%	0,730	4,9%	0,620	3,1%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	823 m	ESS_126-18460881	37,1	37,7	40,3	0,494	4,2%	0,321	2,7%	0,243	1,9%	11,8	11,9	12,6				50	938	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,2	14,3	38,7	0,262	1,7%	0,360	2,4%	0,364	1,8%	15,0	15,0	20,0				-	-	
IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,0	38,1	18,6	0,487	3,2%	0,358	2,4%	1,132	5,7%	15,0	15,0	20,0	0,428	7,1%	2,29			-	-	
10.04.2024 09:53:00 untere Sohle, mittig																						
7 Loch - 18,1m 7 Zünder 6 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 458,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	826 m	ESS_125-17320438	7,9	7,3	7,3	0,389	7,8%	0,229	4,6%	0,214	4,3%	5,0	5,0	5,0				39	743	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,3	7,4	7,4	0,505	3,4%	0,506	3,4%	0,362	1,8%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	797 m	ESS_126-18460881	11,4	10,1	11,3	0,251	4,7%	0,127	2,5%	0,122	2,3%	5,3	5,0	5,3				24	454	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	Trigger-Level nicht erreicht (0,30 mm/s)																	
IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	Trigger-Level nicht erreicht (0,50 mm/s)																			
15.04.2024 08:17:34 untere Sohle, mittig																						
6 Loch - 17,8m 6 Zünder 5 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 332,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	830 m	ESS_125-17320438	9,8	10,9	43,5	0,439	8,8%	0,261	5,0%	0,349	2,6%	5,0	5,2	13,4				45	845	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	11,4	7,3	43,2	0,707	4,7%	0,533	3,6%	0,552	2,8%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,4	11,5	25,0	0,506	3,4%	0,813	5,4%	1,058	5,3%	15,0	15,0	20,0	0,468	7,8%	2,41			
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	806 m	ESS_126-18460881	11,5	10,1	25,7	0,393	7,3%	0,208	4,1%	0,200	2,2%	5,4	5,0	8,9				39	723	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,1	9,9	39,6	0,248	1,7%	0,380	2,5%	0,284	1,4%	15,0	15,0	20,0				-	-	
IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,0	10,4	35,3	0,562	3,7%	0,210	1,4%	0,662	3,3%	15,0	15,0	20,0	0,297	4,9%	1,68			-	-	
17.04.2024 08:52:36 obere Sohle, mittig																						
6 Loch - 25,8m 6 Zünder 5 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 697,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	791 m	ESS_125-17320438	8,1	9,1	10,0	0,916	18,3%	0,867	17,3%	0,798	15,9%	5,0	5,0	5,0				67	1171	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	9,7	7,7	7,8	1,063	7,1%	2,174	14,5%	0,878	4,4%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,7	9,8	8,0	2,278	15,2%	1,198	8,0%	1,511	7,6%	15,0	15,0	20,0	1,232	20,5%	2,49			
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	793 m	ESS_126-18460881	36,0	35,9	38,5	0,872	7,6%	0,601	5,2%	0,518	4,3%	11,5	11,5	12,1				64	1119	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	7,6	9,6	38,2	0,570	3,8%	0,773	5,2%	0,782	3,9%	15,0	15,0	20,0				-	-	
IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,7	7,6	37,1	1,116	7,4%	0,674	4,5%	1,600	8,0%	15,0	15,0	20,0	0,748	12,5%	1,83			-	-	
17.04.2024 09:55:02 untere Sohle, mittig																						
7 Loch - 18,1m 7 Zünder 6 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 458,5 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	819 m	ESS_125-17320438	7,9	7,3	7,3	0,430	8,6%	0,278	5,6%	0,224	4,5%	5,0	5,0	5,0				43	811	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,3	7,3	7,5	0,589	3,9%	0,848	5,7%	0,323	1,6%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,4	7,4	24,6	0,807	5,4%	0,560	3,7%	0,876	4,4%	15,0	15,0	20,0	0,484	8,1%	2,04			
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	790 m	ESS_126-18460881	8,1	10,1	8,5	0,293	5,9%	0,134	2,7%	0,142	2,8%	5,0	5,0	5,0				28	523	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	8,5	9,3	8,5	0,194	1,3%	0,341	2,3%	0,203	1,0%	15,0	15,0	20,0				-	-	
IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,5	8,4	19,0	0,433	2,9%	0,220	1,5%	0,622	3,1%	15,0	15,0	20,0	0,243	4,1%	2,12			-	-	
19.04.2024 08:22:43 untere Sohle, mittig																						
7 Loch - 17,8m 7 Zünder 6 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 458,5 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	844 m	ESS_125-17320438	7,9	7,4	39,8	0,561	11,2%	0,284	5,7%	0,549	4,4%	5,0	5,0	12,4				58	1107	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	7,7	7,6	0,566	3,8%	0,822	5,5%	0,684	3,4%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,6	7,4	39,5	0,845	5,6%	0,614	4,1%	1,522	7,6%	15,0	15,0	20,0	0,648	10,8%	2,71			
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	818 m	ESS_126-18460881	42,0	38,4	40,2	0,388	3,0%	0,340	2,8%	0,279	2,2%	13,0	12,1	12,6				39	730	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	8,2	14,3	39,6	0,339	2,3%	0,345	2,3%	0,513	2,6%	15,0	15,0	20,0				-	-	
IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,7	8,2	39,3	0,510	3,4%	0,346	2,3%	0,800	4,0%	15,0	15,0	20,0	0,393	6,5%	2,06			-	-	

Bohrlicher Tiefe Zünder Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBfmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte	
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.
<b>23.04.2024 10:09:31 untere Sohle, westlich</b>																					
11 Loch - 18m 11 Zünder 10 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 719,7 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	815 m	ESS_125-17320438	7,9	7,3	39,6	0,407	8,1%	0,217	4,3%	0,313	2,5%	5,0	5,0	12,4			-	41	762
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	7,6	7,6	0,535	3,6%	0,612	4,1%	0,553	2,8%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,6	7,4	38,7	0,556	3,7%	0,546	3,6%	1,118	5,6%	15,0	15,0	20,0	0,471	7,9%	2,75	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	791 m	ESS_126-18460881	37,8	38,0	37,4	0,290	2,4%	0,171	1,4%	0,162	1,4%	11,9	12,0	11,9			-	28	519
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	38,1	12,1	39,1	0,207	1,4%	0,290	1,9%	0,291	1,5%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,2	38,0	18,6	0,343	2,3%	0,239	1,6%	0,683	3,4%	15,0	15,0	20,0	0,315	5,3%	2,36	-	-
<b>26.04.2024 09:41:59 oben, östlich</b>																					
6 Loch - 25,8m 6 Zünder 5 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 694,8 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	762 m	ESS_125-17320438	8,0	10,5	9,8	0,926	18,5%	1,063	20,7%	0,788	15,8%	5,0	5,1	5,0			-	75	1285
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	9,4	7,9	7,9	1,598	10,7%	3,148	21,0%	0,968	4,8%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,9	9,5	8,3	3,394	22,6%	1,552	10,3%	1,379	6,9%	15,0	15,0	20,0	1,782	29,7%	3,19	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	761 m	ESS_126-18460881	69,7	9,7	26,2	0,800	4,7%	0,612	12,2%	0,416	4,6%	17,0	5,0	9,0			-	56	965
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	7,5	9,0	70,1	0,750	5,0%	1,070	7,1%	0,928	4,6%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,0	7,5	18,7	0,638	4,3%	0,820	5,5%	1,631	8,2%	15,0	15,0	20,0	0,679	11,3%	2,04	-	-
<b>26.04.2024 11:18:28 untere Sohle, mittig</b>																					
7 Loch - 17,8m 7 Zünder 6 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 458,5 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	837 m	ESS_125-17320438	7,9	7,6	30,0	0,411	8,2%	0,432	8,6%	0,615	6,1%	5,0	5,0	10,0			-	63	1198
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	7,7	7,6	0,625	4,2%	0,956	6,4%	0,924	4,6%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,6	7,4	29,9	1,003	6,7%	0,584	3,9%	1,573	7,9%	15,0	15,0	20,0	0,782	13,0%	2,56	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	815 m	ESS_126-18460881	71,7	9,4	25,8	0,400	2,3%	0,280	5,6%	0,293	3,3%	17,2	5,0	8,9			-	40	749
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	8,2	9,8	40,1	0,368	2,5%	0,347	2,3%	0,503	2,5%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,0	8,1	18,0	0,510	3,4%	0,434	2,9%	1,106	5,5%	15,0	15,0	20,0	0,475	7,9%	2,77	-	-
<b>06.05.2024 09:05:35 untere Sohle, westlich</b>																					
12 Loch - 18,1m 12 Zünder 11 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 783,6 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	824 m	ESS_125-17320438	7,7	7,4	44,3	0,650	13,0%	0,355	7,1%	0,483	3,6%	5,0	5,0	13,6			-	66	1237
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,0	7,5	7,5	0,976	6,5%	0,852	5,7%	0,684	3,4%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,4	7,4	30,3	1,039	6,9%	0,825	5,5%	1,211	6,1%	15,0	15,0	20,0	0,504	8,4%	1,86	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	791 m	ESS_126-18460881	11,5	10,2	77,2	0,341	6,4%	0,228	4,5%	0,255	1,4%	5,4	5,0	17,7			-	33	610
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,6	11,8	39,7	0,282	1,9%	0,512	3,4%	0,365	1,8%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,5	12,1	10,6	0,466	3,1%	0,318	2,1%	0,931	4,7%	15,0	15,0	20,0	0,343	5,7%	2,73	-	-
<b>06.05.2024 10:42:20 obere Sohle, westlich</b>																					
4 Loch - 24,8m 4 Zünder 3 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 463,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	678 m	ESS_125-17320438	8,3	9,4	7,2	0,473	9,5%	0,974	19,5%	0,692	13,8%	5,0	5,0	5,0			-	61	988
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,2	8,0	8,1	1,042	6,9%	2,097	14,0%	0,739	3,7%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	8,0	7,2	7,9	2,425	16,2%	1,014	6,8%	1,512	7,6%	15,0	15,0	20,0	1,282	21,4%	2,49	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	662 m	ESS_126-18460881	9,6	9,9	7,8	0,644	12,9%	0,440	8,8%	0,469	9,4%	5,0	5,0	5,0			-	39	630
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	7,9	9,7	7,8	0,540	3,6%	0,476	3,2%	0,657	3,3%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,8	7,9	18,1	0,710	4,7%	0,559	3,7%	1,305	6,5%	15,0	15,0	20,0	0,465	7,8%	2,03	-	-
<b>07.05.2024 09:24:25 untere Sohle, mittig</b>																					
11 Loch - 18,2m 11 Zünder 10 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 716,9 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	816 m	ESS_125-17320438	Trigger-Level nicht erreicht (0,20 mm/s)																
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	Trigger-Level nicht erreicht (0,50 mm/s)																
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	789 m	ESS_126-18460881	Trigger-Level nicht erreicht (0,10 mm/s)																
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	Trigger-Level nicht erreicht (0,30 mm/s)																
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	Trigger-Level nicht erreicht (0,50 mm/s)																
<b>10.05.2024 14:12:27 Sprengung obere Sohle, westlich</b>																					
4 Loch - 24,8m 4 Zünder 3 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 463,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	678 m	ESS_125-17320438	7,8	10,8	7,1	0,943	18,9%	0,796	15,3%	0,668	13,4%	5,0	5,2	5,0			-	59	956
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,1	7,6	7,1	1,180	7,9%	1,268	8,5%	0,929	4,6%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,6	7,1	20,9	1,284	8,6%	1,175	7,8%	3,342	16,7%	15,0	15,0	20,0	1,351	22,5%	3,54	-	-
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	662 m	ESS_126-18460881	66,0	10,2	26,2	0,942	5,7%	0,547	10,8%	0,471	5,2%	16,6	5,0	9,1			-	58	922
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	8,1	13,3	40,6	0,503	3,4%	0,658	4,4%	0,832	4,2%	15,0	15,0	20,0			-	-	-
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,3	12,2	18,3	0,700	4,7%	0,605	4,0%	1,419	7,1%	15,0	15,0	20,0	0,584	9,7%	1,51	-	-

Bohrlicher - Triefe Zünder Sprengstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBfmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte		
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.	
<b>13.05.2024 09:42:23 untere Sohle, westlich</b>																						
9 Loch - 18,3m 9 Zünder 8 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 586,3 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	809 m	ESS_125-17320438	9,8	10,9	44,8	0,519	10,4%	0,358	6,8%	0,470	3,4%	5,0	5,2	13,7				51	961	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,0	7,5	7,1	0,925	6,2%	0,765	5,1%	0,594	3,0%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,4	11,5	25,0	0,627	4,2%	0,971	6,5%	1,384	6,9%	15,0	15,0	20,0	0,618	10,3%	2,67	-	-	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	785 m	ESS_126-18460881	11,5	10,1	43,8	0,390	7,2%	0,187	3,7%	0,233	1,7%	5,4	5,0	13,4				37	690	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,2	11,6	39,7	0,366	2,4%	0,500	3,3%	0,317	1,6%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,2	12,5	44,2	0,630	4,2%	0,336	2,2%	0,883	4,4%	15,0	15,0	20,0	0,362	6,0%	2,26	-	-	
<b>15.05.2024 10:26:05 untere Sohle, Flächensprengung</b>																						
45 Loch - 4,5m 8 Zünder 7 Zeitstufen	6,0 kg/ZS 360,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	843 m	ESS_125-17320438	8,0	7,3	41,4	0,324	6,5%	0,273	5,5%	0,342	2,7%	5,0	5,0	12,9				118	2857	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	Trigger-Level nicht erreicht (0,50 mm/s)																	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	814 m	ESS_126-18460881	72,9	74,2	74,8	0,541	3,1%	0,273	1,6%	0,217	1,2%	17,3	17,4	17,5				180	4288	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,4	10,3	39,1	0,199	1,3%	0,227	1,5%	0,444	2,2%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,4	8,2	34,0	0,303	2,0%	0,262	1,7%	0,667	3,3%	15,0	15,0	20,0	0,266	4,4%	1,23	-	-	
<b>15.05.2024 14:32:16 obere Sohle, westlich</b>																						
3 Loch - 24,5m 3 Zünder 2 Zeitstufen	116,9 kg/ZS 348,5 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	687 m	ESS_125-17320438	7,3	8,7	7,3	0,626	12,5%	0,866	17,3%	0,745	14,9%	5,0	5,0	5,0				55	896	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,3	7,8	8,0	1,216	8,1%	2,316	15,4%	1,031	5,2%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,8	7,2	8,9	2,696	18,0%	1,039	6,9%	2,524	12,6%	15,0	15,0	20,0	1,414	23,6%	3,11	-	-	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	679 m	ESS_126-18460881	6,0	9,7	7,6	1,172	23,4%	0,644	12,9%	0,450	9,0%	5,0	5,0	5,0				74	1191	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	7,8	9,4	29,6	0,711	4,7%	0,611	4,1%	0,729	3,6%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,2	7,8	35,4	0,814	5,4%	0,898	6,0%	1,372	6,9%	15,0	15,0	20,0	0,556	9,3%	1,17	-	-	
<b>16.05.2024 15:25:02 Sprengung untere Sohle, mittig</b>																						
9 Loch - 18,3m 9 Zünder 8 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 586,3 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	809 m	ESS_125-17320438	7,9	7,4	39,9	0,493	9,9%	0,225	4,5%	0,386	3,1%	5,0	5,0	12,5				49	913	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	7,4	7,4	0,636	4,2%	0,626	4,2%	0,610	3,1%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	785 m	ESS_126-18460881	73,0	10,0	2,4	0,438	2,5%	0,185	3,7%	0,183	3,7%	17,3	5,0	5,0				42	775	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,2	9,4	39,8	0,261	1,7%	0,376	2,5%	0,289	1,4%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,2	8,2	36,3	0,387	2,6%	0,244	1,6%	0,670	3,3%	15,0	15,0	20,0	0,262	4,4%	1,53	-	-	
<b>21.05.2024 09:53:43 obere Sohle, mittig</b>																						
6 Loch - 25m 6 Zünder 5 Zeitstufen	102,9 kg/ZS 617,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	741 m	ESS_125-17320438	8,3	9,4	35,5	0,678	13,6%	0,575	11,5%	0,682	6,0%	5,0	5,0	11,4				50	853	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,1	8,0	35,5	0,795	5,3%	1,367	9,1%	0,892	4,5%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	7,0	8,0	8,2	1,470	9,8%	3,000	20,0%	1,110	5,6%	15,0	15,0	20,0	1,550	25,8%	4,40	-	-	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	735 m	ESS_126-18460881	70,3	35,6	35,2	0,950	5,6%	0,653	5,7%	0,397	3,5%	17,0	11,4	11,3				69	1174	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	7,9	21,2	38,3	0,701	4,7%	0,591	3,9%	0,501	2,5%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,8	7,9	19,8	0,593	4,0%	0,648	4,3%	1,379	6,9%	15,0	15,0	20,0	0,562	9,4%	1,45	-	-	
<b>22.05.2024 08:34:10 untere Sohle, mittig</b>																						
8 Loch - 18m 8 Zünder 7 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 522,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	832 m	ESS_125-17320438	11,3	7,4	39,9	0,555	10,4%	0,391	7,8%	0,456	3,7%	5,3	5,0	12,5				57	1072	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,3	7,4	7,4	0,841	5,6%	0,613	4,1%	0,679	3,4%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	813 m	ESS_126-18460881	12,1	38,3	26,1	0,537	9,7%	0,329	2,7%	0,306	3,4%	5,5	12,1	9,0				53	1001	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,6	12,1	39,9	0,475	3,2%	0,469	3,1%	0,524	2,6%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,5	12,2	17,9	0,599	4,0%	0,353	2,4%	0,999	5,0%	15,0	15,0	20,0	0,384	6,4%	1,86	-	-	
<b>27.05.2024 09:29:28 untere Sohle, mittig</b>																						
9 Loch - 18,3m 9 Zünder 8 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 589,1 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	833 m	ESS_125-17320438	11,3	7,3	40,0	0,512	9,6%	0,423	8,5%	0,528	4,2%	5,3	5,0	12,5				54	1021	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,3	7,4	7,4	0,574	3,8%	0,778	5,2%	0,673	3,4%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	812 m	ESS_126-18460881	11,5	38,4	44,6	0,490	9,1%	0,371	3,1%	0,221	1,6%	5,4	12,1	13,7				49	912	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,5	12,1	40,0	0,450	3,0%	0,422	2,8%	0,473	2,4%	15,0	15,0	20,0				-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,4	12,1	17,9	0,502	3,3%	0,355	2,4%	1,012	5,1%	15,0	15,0	20,0	0,418	7,0%	2,07	-	-	

Bohrlicher - tiefe Zünder Zeitstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBfmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte	
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.
					Trigger-Level nicht erreicht (0,20 mm/s)																
27.05.2024 13:54:30 oben, westlich																					
7 Loch - 24,8m 7 Zünder 6 Zeitstufen	102,9 kg/ZS 720,3 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	703 m	ESS_125-17320438	Trigger-Level nicht erreicht (0,20 mm/s)																
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	8,0	33,0	1,010	6,7%	1,971	13,1%	1,096	5,5%	15,0	15,0	20,0					
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	699 m	ESS_126-18460881	71,8	72,4	29,4	1,285	7,5%	0,534	3,1%	0,431	4,4%	17,2	17,2	9,8				89	1473
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	7,9	12,4	29,9	0,730	4,9%	0,746	5,0%	0,888	4,4%	15,0	15,0	20,0					
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,7	12,4	40,9	0,867	5,8%	0,628	4,2%	1,424	7,1%	15,0	15,0	20,0	0,541	9,0%	1,11		
03.06.2024 08:48:25 obere Sohle, westlich																					
6 Loch - 24,8m 6 Zünder 7 Zeitstufen	102,9 kg/ZS 617,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	665 m	ESS_125-17320438	7,7	9,2	7,0	0,776	15,5%	1,220	24,4%	0,631	12,6%	5,0	5,0	5,0				80	1298
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,0	8,0	7,1	1,521	10,1%	2,971	19,8%	1,133	5,7%	15,0	15,0	20,0					
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	653 m	ESS_126-18460881	16,7	9,5	8,3	0,940	14,1%	0,524	10,5%	0,479	9,6%	6,7	5,0	5,0				61	973
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	8,3	13,3	29,4	0,641	4,3%	1,307	8,7%	0,795	4,0%	15,0	15,0	20,0					
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,0	8,3	18,7	1,288	8,6%	0,804	5,4%	2,240	11,2%	15,0	15,0	20,0	0,823	13,7%	2,38		
04.06.2024 13:37:04 Sprengung untere Sohle, mittig																					
8 Loch - 18,3m 8 Zünder 7 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 522,4 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	811 m	ESS_125-17320438	7,8	7,2	6,9	0,710	14,2%	0,502	10,0%	0,354	7,1%	5,0	5,0	5,0				71	1319
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,0	7,6	7,4	1,114	7,4%	1,643	11,0%	0,604	3,0%	15,0	15,0	20,0					
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	786 m	ESS_126-18460881	8,0	9,9	6,5	0,523	10,5%	0,217	4,3%	0,216	4,3%	5,0	5,0	5,0				50	927
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,2	13,2	40,6	0,413	2,8%	0,453	3,0%	0,373	1,9%	15,0	15,0	20,0					
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,2	8,1	35,6	0,654	4,4%	0,344	2,3%	0,665	3,3%	15,0	15,0	20,0	0,295	4,9%	1,27		
05.06.2024 11:17:40 Sprengung obere Sohle, westlich																					
7 Loch - 24,5m 7 Zünder 6 Zeitstufen	102,9 kg/ZS 720,3 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	707 m	ESS_125-17320438	8,2	9,2	7,2	0,945	18,9%	0,808	16,2%	0,928	18,6%	5,0	5,0	5,0				66	1102
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,2	8,0	29,8	1,047	7,0%	1,640	10,9%	1,016	5,1%	15,0	15,0	20,0					
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	712 m	ESS_126-18460881	70,9	72,0	28,9	1,337	7,8%	0,640	3,7%	0,549	5,7%	17,1	17,2	9,7				94	1575
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	7,8	12,5	29,0	0,699	4,7%	0,596	4,0%	1,142	5,7%	15,0	15,0	20,0					
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,7	12,4	36,4	0,773	5,2%	0,730	4,9%	1,678	8,4%	15,0	15,0	20,0	0,565	9,4%	1,26		
07.06.2024 08:27:19 untere Sohle, westlich																					
7 Loch - 18,3m 7 Zünder 6 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 458,5 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	800 m	ESS_125-17320438	7,8	7,3	7,3	0,575	11,5%	0,429	8,6%	0,231	4,6%	5,0	5,0	5,0				56	1047
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,3	7,5	7,5	0,891	5,9%	1,276	8,5%	0,345	1,7%	15,0	15,0	20,0					
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	10,9	7,5	7,6	1,720	11,5%	3,690	24,6%	1,100	5,5%	15,0	15,0	20,0	1,890	31,5%	6,42		
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	773 m	ESS_126-18460881	11,3	9,9	11,1	0,380	7,1%	0,184	3,7%	0,145	2,7%	5,3	5,0	5,3				36	657
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,3	11,2	11,1	0,340	2,3%	0,401	2,7%	0,304	1,5%	15,0	15,0	20,0					
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,4	12,0	10,4	0,660	4,4%	0,212	1,4%	0,497	2,5%	15,0	15,0	20,0	0,368	6,1%	1,74		
10.06.2024 10:05:05 Sprengung untere Sohle, mittig																					
9 Loch - 18,3m 9 Zünder 8 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 589,1 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	821 m	ESS_125-17320438	7,5	7,3	40,2	0,988	19,8%	0,645	12,9%	0,479	3,8%	5,0	5,0	12,6				99	1870
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,3	7,4	7,4	0,752	5,0%	0,843	5,6%	0,479	2,4%	15,0	15,0	20,0					
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	805 m	ESS_126-18460881	16,4	10,0	55,5	0,541	8,2%	0,350	7,0%	0,255	1,6%	6,6	5,0	15,6				53	994
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	10,2	16,1	40,7	0,449	3,0%	0,435	2,9%	0,443	2,2%	15,0	15,0	20,0					
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,2	15,8	18,3	0,469	3,1%	0,496	3,3%	0,837	4,2%	15,0	15,0	20,0	0,359	6,0%	1,55		
11.06.2024 14:59:58 Sprengung obere Sohle, mittig																					
7 Loch - 24,5m 7 Zünder 6 Zeitstufen	102,9 kg/ZS 720,3 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	821 m	ESS_125-17320438	9,5	7,5	35,5	0,779	15,6%	0,612	12,2%	0,690	6,1%	5,0	5,0	11,4				63	1137
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,5	7,6	8,0	0,736	4,9%	1,573	10,5%	0,715	3,6%	15,0	15,0	20,0					
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	758 m	ESS_126-18460881	68,0	36,2	38,8	0,817	4,9%	0,567	4,9%	0,639	5,2%	16,8	11,5	12,2				61	1057
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	8,0	9,2	38,3	0,529	3,5%	0,577	3,8%	0,896	4,5%	15,0	15,0	20,0					
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,2	7,9	38,3	0,741	4,9%	0,679	4,5%	1,553	7,8%	15,0	15,0	20,0	0,677	11,3%	1,90		

Bohrtiefe - Tiefe Zünder Zeitstufen Sprengschnur	Ladmenge / Zeitstufe Sprengladung	Messstellen	Dist.	Geräte	Frequenz in Hz			Maximalgeschwindigkeit in mm/s und Relativwerte gemäß DIN 4150-3						Maximal zulässige Geschwindigkeit in mm/s gemäß DIN 4150-3			KBFmax und Relativwerte nach DIN 4150-2		Ü	Berechnete Geb.-Beiwerte		
					X	Y	Z	X	%	Y	%	Z	%	X	Y	Z	Max	%		Koch	BGR-Sedim.	
					<b>13.06.2024 11:29:54 Sprengung obere Sohle, mittig</b>																	
6 Loch - 24,5m 6 Zünder 5 Zeitstufen	102,9 kg/ZS 617,0 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	8,0	9,4	9,6	1,121	22,4%	1,598	32,0%	0,902	18,0%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-	-	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	10,9	7,5	7,6	1,589	10,6%	3,654	24,4%	1,027	5,1%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	-	ESS_126-18460881	71,9	9,9	7,8	1,734	10,1%	0,768	15,4%	0,526	10,5%	17,2	5,0	5,0	-	-	-	-	-	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	7,9	9,8	8,8	0,987	6,6%	0,874	5,8%	0,956	4,8%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,9	7,9	35,0	1,505	10,0%	1,016	6,8%	2,261	11,3%	15,0	15,0	20,0	0,847	14,1%	1,30	-	-	
<b>17.06.2024 08:48:03 Sprengung untere Sohle, westlich</b>																						
7 Loch - 18,3m 7 Zünder 6 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 455,7 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	703 m	ESS_125-17320438	8,0	7,4	7,4	0,575	11,5%	0,472	9,4%	0,379	7,6%	5,0	5,0	5,0	-	-	-	49	862	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,4	7,4	7,4	0,515	3,4%	0,845	5,6%	0,526	2,6%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	699 m	ESS_126-18460881	37,8	38,4	37,4	0,566	4,7%	0,238	2,0%	0,266	2,2%	12,0	12,1	11,9	-	-	-	48	842	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	12,5	12,4	41,0	0,626	4,2%	0,372	2,5%	0,309	1,5%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	10,6	12,5	18,5	0,596	4,0%	0,426	2,8%	0,920	4,6%	15,0	15,0	20,0	0,364	6,1%	1,63	-	-	
<b>18.06.2024 09:54:50 Sprengung untere Sohle, westlich</b>																						
4 Loch - 18,3m 4 Zünder 3 Zeitstufen	66,7 kg/ZS 261,2 kg	IO 01 a - Whs Am Glockenturm 21/1 - Fundament	-	ESS_125-17320438	7,9	7,4	41,5	0,308	6,2%	0,234	4,7%	0,367	2,9%	5,0	5,0	12,9	-	-	-	-	-	
		IO 01 b - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_107-15300011	7,5	7,5	7,4	0,425	2,8%	0,420	2,8%	0,519	2,6%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-	
		IO 01 c - Whs Am Glockenturm 21/1 - OG Deckenmitte	-	ESS_119-16380286	Trigger-Level nicht erreicht (2,00 mm/s)																	
		IO 03 a - Whs Am Glockenturm 33 - Fundament	-	ESS_126-18460881	Trigger-Level nicht erreicht (0,10 mm/s)																	
		IO 03 b - Whs Am Glockenturm 33 - OG aufst. Mauerwerk	-	ESS_121-16380288	38,0	14,5	26,4	0,358	2,4%	0,219	1,5%	0,301	1,5%	15,0	15,0	20,0	-	-	-	-	-	
		IO 03 c - Whs Am Glockenturm 33 - OG Deckenmitte	-	ESS_130-18460885	9,9	37,9	38,2	0,376	2,5%	0,348	2,3%	0,739	3,7%	15,0	15,0	20,0	0,291	4,9%	-	-	-	