



Spreng- und Erschütterungssachverständigenbüro

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

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

**Südbayerisches Portland-Zementwerk
Gebr. Wiesböck & Co. GmbH
Sinnig 1
83101 Rohrdorf**

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

Hellmann@Sprenggutachter.de
www.Sprenggutachter.de

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

Entwurf 2

Digitales Exemplar

Dortmund, 20.12.2018

Meine Projekt-Nr.: 18 – S – 20.12. Zementwerk Rohrdorf

Spreng- und erschütterungstechnisches Gutachten

im Rahmen des Genehmigungsantrages für die geplante Erweiterung und den Betrieb der Kalksteingewinnung im Steinbruch „Überfilzen“ in 83131 Nußdorf.

Firma: Südbayerisches Portland-Zementwerk
Gebr. Wiesböck & Co. GmbH
Sinnig 1
83101 Rohrdorf

Steinbruch: Steinbruch „Überfilzen“
83131 Nußdorf

Inhaltsverzeichnis

=====

Pkt.	Titel	Seite
	Inhaltsverzeichnis.....	2
1.0	Vorbemerkungen.....	4
2.0	Aufgabenstellung.....	5
3.0	Aufbau des Gutachtens.....	6
4.0	Verwendete Unterlagen zur Gutachtenerstellung.....	6
5.0	Beschreibung der geplanten Erweiterung.....	7
5.1	Abgrabungsabstände.....	7
6.0	Abbaubeschreibung.....	10
6.1	Abtragung von Oberboden und Abraum.....	11
6.2	Abbau des Kalksteins.....	11
6.3	Bohrarbeiten.....	11
6.4	Sprengarbeiten.....	13
6.4.1	Sprengtechnische Daten.....	14
6.4.2	Beschreibung der Ladearbeit mit Sprengstoffen.....	14
6.5	Zündanlage.....	15
6.5.1	Elektrische Zündung.....	16
6.5.2	Elektronische Zündung.....	16
6.5.3	Nichtelektrische Zündung.....	16
6.6	Nachzerkleinerung.....	17
6.7	Ladearbeit und Förderung des Haufwerkes.....	17
7.0	Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich.....	18
7.1	Normalfall einer Gewinnungssprengung mit Kopflöchern.....	18
8.0	Geräuschbelästigung durch Explosionsknall.....	21
9.0	Erschütterungsimmissionsschutz.....	22
9.1	DIN 4150 Teil 1, "Vorermittlung von Schwingungsgrößen".....	22
9.2	DIN 4150 Teil 2, "Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden".....	22



Pkt.	Titel	Seite
9.2.1	Quellenspezifische Regelungen gemäß Pkt. 6.5 der DIN Teil 2.....	24
9.3	DIN 4150 Teil 3, "Einwirkungen auf bauliche Anlagen"	25
9.4	Erschütterungsleitlinie des LAI.....	26
10.0	Einordnung der zu betrachtenden Bauwerke.....	27
10.1	Gewerblich genutzte Bauwerke	27
10.2	Erdverlegte Leitungen	28
10.3	Wohngebäude.....	28
10.4	Besonders erschütterungsempfindliche Bauten.....	30
11.0	Erschütterungsmessungen	31
12.0	Grundlagen der Erschütterungsprognose.....	36
13.0	Erschütterungsprognose.....	40
13.1	Erschütterungsprognose in Richtung Tal.....	41
13.2	Erschütterungsprognose in Richtung Bichleralm.....	42
13.3	Erschütterungsbeeinträchtigung der Felswände hinter der Bichleralm.....	44
14.0	Beurteilung.....	45
15.0	Zusammenfassung.....	48
16.0	Schlussbemerkung.....	49
	Anlagen.....	50 - 57



1.0 Vorbemerkungen

Die Firma Südbayerisches Portland-Zementwerk Gebr. Wiesböck & Co. GmbH in Rohrdorf, in der Folge als Zementwerk Rohrdorf bezeichnet, betreibt südöstlich der Gemeinde Nußdorf im Ortsteil Überfilzen den Steinbruch „Überfilzen“ am nordwestlichen Hang des „Heubergs“. Für den weiteren Betrieb des Steinbruchs beantragt das Zementwerk Rohrdorf eine Genehmigung zur Erweiterung der Abgrabung von Kalkstein.

Die genaue Lage der Abgrabungsfläche kann der Flurkarte des Abbauantrags entnommen werden.



Abb. 1 Steinbruch „Überfilzen“



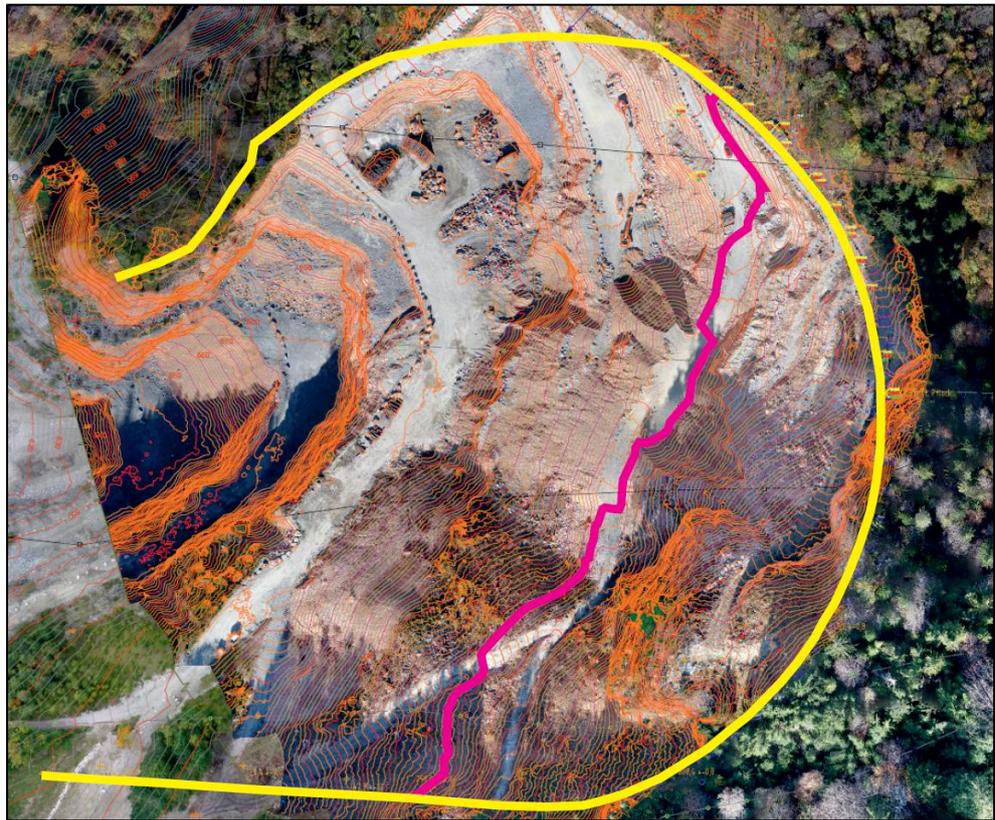


Abb. 2 Lage der Erweiterungsfläche (rechts der roten Markierung)

2.0 Aufgabenstellung

Erstellung eines spreng- und erschütterungstechnischen Gutachtens mit integrierter Erschütterungsprognose für die geplante Erweiterung des Steinbruchs „Überfilzen“. Mit dem hier erstellten spreng- und erschütterungstechnischen Gutachten soll sichergestellt werden, dass bei den vorzunehmenden Sprengungen in der geplanten Erweiterung die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte in der gesamten Nachbarbebauung eingehalten werden.

Grundlage der Erschütterungsprognose sind 16 betriebliche Messungen bei 7 Sprengungen im Steinbruch „Überfilzen“ aus den Jahren 2017 und 2018 sowie eine von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe entwickelte Prognoseformel. Der Abbau in der geplanten Erweiterung findet in denselben geologischen Formationen wie bisher statt. Auch für die Sprengtechnik sind keine wesentlichen Veränderungen vorgesehen. Somit sind die verwendeten Messungen als Datengrundlage gut geeignet.



3.0 Aufbau des Gutachtens

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

Anhand der Messergebnisse von Erschütterungsmessungen aus den Jahren 2017 und 2018 bei Sprengarbeiten im Steinbruch „Überfilzen“ wird eine Erschütterungsprognose erstellt und es werden Sprengstofflademengen festgelegt, die sicherstellen, dass an der angrenzenden Bebauung keine unzulässig hohen Sprengerschütterungen auftreten. Mit den vorgeschlagenen Maßnahmen wird sichergestellt, dass bei Einhaltung aller sicherheits- und umweltrelevanten Auflagen der Schutz der Anwohner, der Bebauung und anderer Anlagen vor Steinflug und vor unzulässigen Erschütterungen gegeben ist.

4.0 Verwendete Unterlagen zur Gutachtenerstellung

- Erschütterungsmessergebnisse von betrieblichen Messungen bei Gewinnungssprengungen im bestehenden Steinbruch „Überfilzen“ aus den Jahren 2017 und 2018
- DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2 und 3
- Technische Regel zum Sprengstoffrecht „Sprengarbeiten“ (SprengTR 310 – Sprengarbeiten)
- Erschütterungs-Leitlinie des LAI (Länderausschuss für Immissionsschutz) vom 06. März 2018



5.0 Beschreibung der geplanten Erweiterung

Die geplante Erweiterungsfläche grenzt nach Westen an den genehmigten und betriebenen Steinbruch „Überfilzen“ an. Weiter westlich befindet sich der Ortsteil Überfilzen. Nördlich, östlich und südlich sind mit Wald und Wiesen bewachsene Hänge der Chiemgauer Alpen gelegen. Des Weiteren befindet sich östlich die Hütte der „Bichleralm“.

Es ist beabsichtigt, die Erweiterungsfläche übergangslos an den jetzigen Steinbruch „Überfilzen“ anzubinden. Die Größe der Erweiterungsfläche beträgt ca. 2 ha und erstreckt sich in Nord-Süd-Richtung über ca. 260 m und in Ost-West-Richtung über ca. 100 m.

Der generelle Abbau in der Erweiterungsfläche soll von Westen nach Osten aus dem bestehenden Abbaugebiet heraus erfolgen, wobei der Abbau an einzelnen Wänden auch in anderer Richtung und zeitlicher Abfolge erfolgen kann.

5.1 Abgrabungsabstände

Nachfolgend werden die nächstgelegenen schutzwürdigen Objekte, Gebäude und sonstigen Anlagen (betriebseigene Anlagen und Gebäude ausgenommen) mit den geringsten Entfernungen zu den möglichen Sprengstellen in der geplanten Erweiterungsfläche aufgeführt. Bei der Ermittlung der Entfernungen wurden die unterschiedlichen Höhenlagen mit berücksichtigt.



Objekt u. Adresse	Objektbezeichnung	geringste Entfernung zu den Sprengstellen	Lage zum geplanten Neuaufschluss
Überfilzen Wohnbebauung an der Römerstraße u. RO1	Nr. 1	ca. 840 m	westlich
Wochenendhaus Überfilzen 44	Nr. 2	ca. 830 m	westlich
Wohnhaus Überfilzen 45	Nr. 3	ca. 705 m	westlich
Bildstock Überfilzen 45	Nr. 4	ca. 730 m	westlich
Wasserhochbehälter Riedlberg	Nr. 5	ca. 925 m	südwestlich
Landwirtschaftliche Anwesen Riedlberg	Nr. 6	ca. 940 m	südwestlich
Almhütte Bichleralm	Nr. 7	ca. 350 m	östlich

Tab. 1: Geringste Entfernungen der Sprengstellen in der geplanten Erweiterungsfläche zu den zu betrachtenden Gebäuden und sonstigen Anlagen

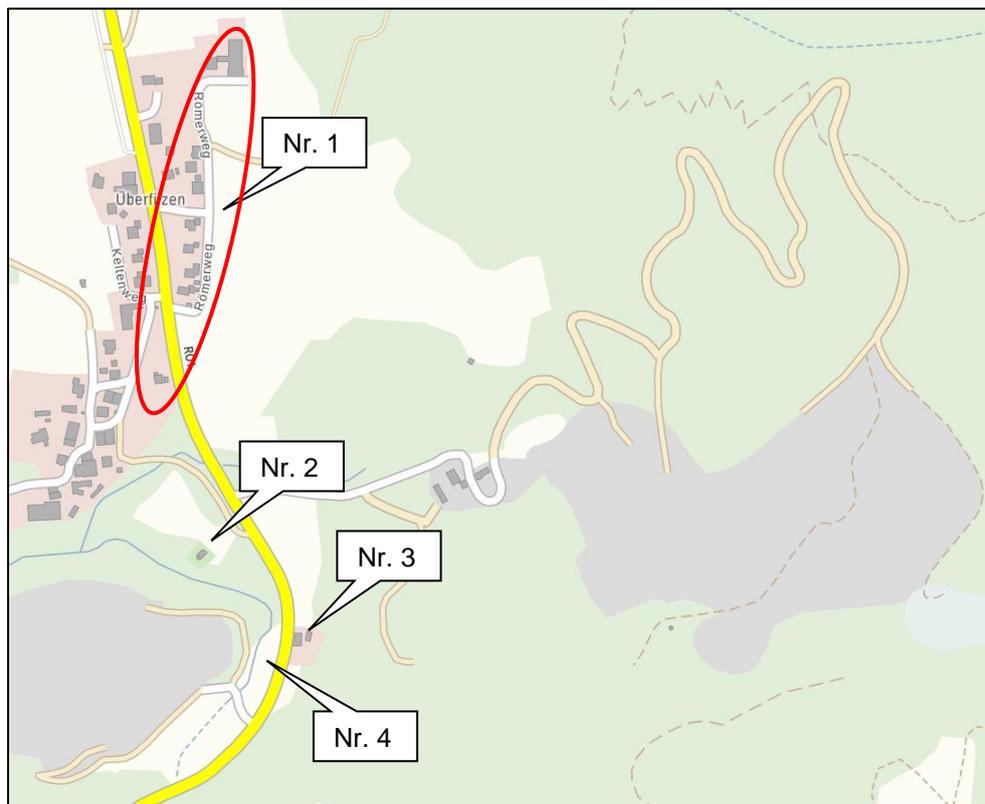


Abb. 3 Westlich gelegene Bebauung





Abb. 4 Südwestlich gelegene Bebauung

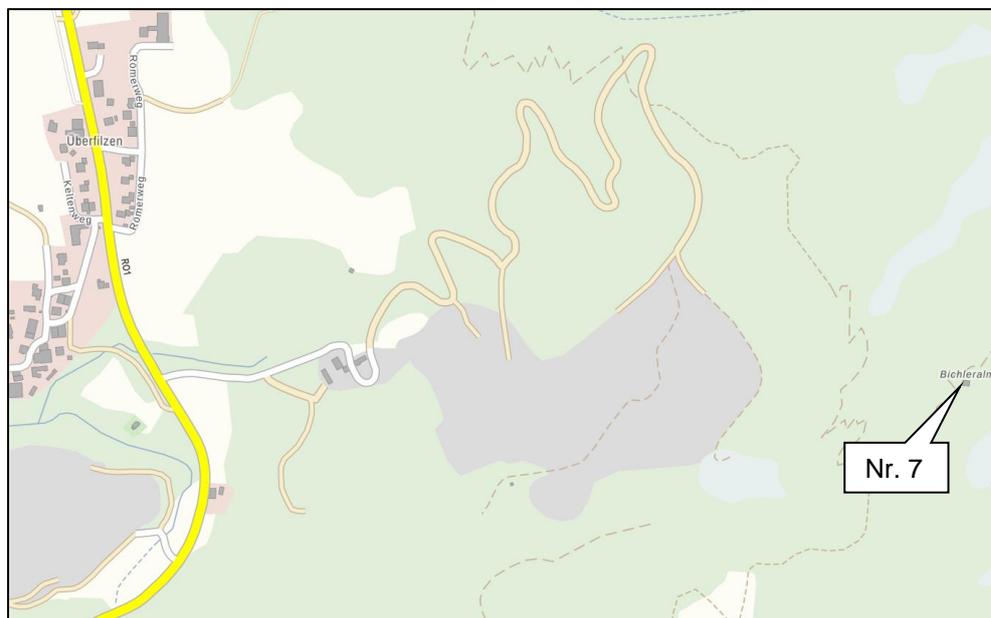


Abb. 5 Östlich gelegene Bebauung





Abb. 6 Östlich gelegene Hütte der Bichleralm

6.0 Abbaubeschreibung

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

- Vorbereitende Arbeiten wie z. B. Abraum abtragen und verkippen mit der Herrichtung der einzelnen Abbausohlen
- Bohren der Sprengbohrlöcher
- Sprengen
- Laden und Transportieren
- Brechen und Klassieren des gewonnenen Materials

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



6.1. Abtragung von Oberboden und Abraum

Die oberste Schicht in der vorgesehenen Erweiterungsfläche wird als Abraum- und Säuberungsschnitt geführt, dessen Abtragungshöhe sich nach der Mächtigkeit des anstehenden Abraums und des Oberbodens richtet.

Der über dem zu gewinnenden Kalkstein anstehende Oberboden und das nicht verwertbare Material (Abraum) sind unterschiedlich mächtig und werden entweder im Rahmen der Renaturierung wiederverwendet oder anderweitig verwertet.

6.2. Abbau des Kalksteins

Nach der Beseitigung des Abraumes werden die Abbausohlen im Rahmen des betrieblichen Abbaufortschrittes angelegt. Der Abbau erfolgt im Trockenabbau durch Bohr- und Sprengarbeit. Die Abbauhöhe richtet sich nach Mächtigkeit der nutzbaren Lagerstätte, dem Einfallen des Kalkgesteins und der Geländehöhe und beträgt bis zu 30 m.

Der abzubauen Kalkstein wird im Großbohrloch-Sprengverfahren gewonnen bei einem notwendigen spezifischen Sprengstoffeinsatz von ca. 300 - 400 g/fm³ (Festkubikmeter).

6.3 Bohrarbeiten

Die für das Sprengverfahren erforderlichen Sprengbohrlöcher werden mit Großbohrlochmaschinen, drehend oder drehschlagend, mit einem Bohrl Lochdurchmesser von zurzeit 95 mm von oben nach unten abgebohrt. Die geplante Bohrlochneigung beträgt 70° bei einer Wandneigung von ebenfalls ca. 70°. Die Bohrgeräte sind mit einer Entstaubungseinrichtung ausgerüstet.



Derzeitige bohrtechnische Daten:

Bohrantrieb:	drehschlagend
Bohrloch-Ø:	95 mm
Vorgabe:	ca. 3,5 - 4,5 m
Seitenabstand:	ca. 3,0 - 4,0 m
Bohrlochneigung:	ca. 70°
Wandneigung:	ca. 70°
Wandhöhe:	bis 30 m
Unterbohrung:	ca. 0,5 - 1,0 m
Bohrlochreihen	ein- oder zweireihig

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

Es kann für die Zukunft nicht ausgeschlossen werden, dass auch größere Bohrlochdurchmesser verwendet werden. Die größeren Bohrlochdurchmesser bieten eine größere Bohrrichtungsgenauigkeit, da bei größeren Bohrlochdurchmessern die Bohrmaschine auch mit einem stärkeren Bohrgestänge ausgerüstet wird. Ist der Durchmesser der Bohrstangen größer, ist die Wahrscheinlichkeit des Verlaufs der Bohrlöcher aufgrund der besseren Stabilität des Bohrgestänges geringer.

Der spezifische Sprengstoffeinsatz und der maximale Sprengstoffeinsatz/Zündzeitstufe können davon aber unberührt bleiben. Dies ist möglich durch eine dann gegebenenfalls erforderliche Unterteilung der Gesamtsprengstoffladesäule eines Bohrloches in mehrere Einzelladesäulen mit jeweils einer eigenen Zündzeit. Daher werden sich die von den Gewinnungssprengungen ausgehenden Sprengemissionen durch den Einsatz von geteilten Ladesäulen auch bei größeren Bohrlochdurchmessern und größeren Sprenganlagen nicht maßgeblich ändern.

Bei Großbohrlochsprengungen muss vor Aufnahme der Bohrarbeiten die Bruchwand in Bezug auf Höhe, Neigung und eventuelle Wandausbrüche vermessen werden. Anhand dieser Messung werden die Bohrlochansatzpunkte, die Bohrlochneigung, der Bohrlochdurchmesser und das Bohrraster (Vorgaben und Seitenabstand) unter Berücksichtigung der topogra-



phischen, geologischen und örtlichen Verhältnisse festgelegt. Des Weiteren sind eine maßstäbliche Zeichnung und eine Lademengenberechnung anzufertigen.

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

Die Bohrarbeiten werden in einem Bohrprotokoll dokumentiert. Dort müssen auch Besonderheiten wie Klüfte, Hohlräume u.a. festgehalten werden, die bei der Planung der Sprengstofflademenge mit berücksichtigt werden. Nach dem Bohren werden die Löcher auf Richtung und Tiefe kontrolliert und die Ergebnisse protokolliert.

6.4 Sprengarbeiten

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

Als Sprengstoffe können gelatinöse Sprengstoffe, Emulsionssprengstoffe oder pulverförmige Sprengstoffe (z.B. ANFO-Sprengstoffe) zum Einsatz kommen. Als Zündverstärker können erforderlichenfalls Nitropenta-Sprengschnüre oder Booster verwendet werden.

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

Bei Großbohrlochsprengungen hat der verantwortliche Sprengberechtigte vor dem Einbringen des Sprengstoffes die Bohrlöcher auf Ansatzpunkt und Richtung zu prüfen. Abweichungen von der beabsichtigten Richtung sind messtechnisch zu ermitteln und zu dokumentieren. Die Berechnung der Lademenge ist gegebenenfalls entsprechend den Abweichungen zu berichtigen.



Die in der SprengTR 310 - Sprengarbeiten im Anhang T-2 genannten zusätzlichen Schutzmaßnahmen für Großbohrlochsprengungen sind einzuhalten.

6.4.1 Derzeitige sprengtechnische Daten

Spez. Sprengstoffeinsatz:	300 – 400 g/m ³
Bohrlochtiefe:	max. ca. 31,5 m
Ladesäulenlänge:	max. ca. 28,5 m
Endbesatzlänge:	ca. 3,0 m – 4,0 m
Sprengstoffmenge/Zeitstufe:	zurzeit max. 240 kg
Anzahl der Bohrlöcher:	abhängig vom Zündsystem: Bei elektrischer Zündung werden i. A. bis zu 20 Sprengbohrlöcher geladen. Bei elektronischer oder nichtelektrischer Zündung sind auch größere Sprenganlagen möglich.
Zündung:	redundant, aus dem Bohrloch tiefsten
Eingesetzte Sprengschnur:	Einsatz nur bei Bedarf, 20 g/m - 40 g/m (abhängig vom eingesetzten Sprengstoff)

6.4.2 Beschreibung der Ladearbeit mit Sprengstoffen

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

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

Falls Emulsionssprengstoff verwendet wird, kann er in patronierter Form oder als gepumpter, loser Emulsionssprengstoff eingebracht werden. Stan-



dard ist hier die Verwendung von losem Sprengstoff. Bei der Verwendung von patroniertem Sprengstoff ist der Patronendurchmesser dem Bohrlochdurchmesser anzupassen. Falls erforderlich, ist eine Sprengschnur entsprechend den Anforderungen des Sprengstoffes beizuladen. Sprengschnüre sind erforderlich, wenn die Zündung der gesamten Ladesäule nicht sicher gewährleistet ist, z. B. durch das Nachfallen von Gestein beim patronierten Laden oder wenn die Gefahr besteht, dass Patronen durch Klüfte stecken bleiben.

Der Endbesatz besteht aus Bohrmehl oder feinen Splitten und hat im Normalfall, abhängig vom Bohrlochdurchmesser, eine Länge von ca. 3,0 m – 4,0 m.

Muss aus ladetechnischen Gründen die Ladezone mit Zwischenbesatz gestreckt werden, wird nach jedem Einbringen von Zwischenbesatz eine weitere Patrone eines kapselempfindlichen Sprengstoffes eingebracht.

Vor dem Einbringen von Zwischen- oder Endbesatz müssen elektrische Zünder auf Widerstand und gegen Isolationsfehler mit einem zugelassenen Ohmmeter geprüft werden.

Über die Sprengarbeit wird bei Großbohrlochsprengungen ein Bericht geführt, in dem die Gesamtlademege, die Art der Zündung, die Anzahl der Zünder, die Zündrichtung und Besonderheiten beim Ladevorgang aufgeführt werden.

6.5 Zündanlage

Das Standardverfahren im Steinbruch „Überfilzen“ ist die nichtelektrische Zündung. Je nach Bedarf und geologischen Verhältnissen wird die Zündanlage mit oder ohne Sprengschnur ausgeführt. Wenn mit Sprengschnur gearbeitet wird, muss die aus dem Bohrloch aufsteigende Schnur zur Reduzierung des Detonationsknalls ausreichend abgedeckt werden.

Die Zündung erfolgt in der Regel aus dem Bohrlochtieftsten, gegebenenfalls kann auch vom Bohrlochmund gezündet werden.



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

6.5.1 Elektrische Zündung

Falls elektrisch gezündet wird, wird die Zündanlage als Reihenschaltung ausgeführt. Es werden derzeit U-Momentzündler und/oder U-Kurzzeitzündler mit Verzögerungsintervallen von 25 ms verwendet. Die Zündanlage muss auf Widerstand sowie gegen Isolationsfehler geprüft werden und mit dem vorher errechneten Widerstandswert übereinstimmen.

6.5.2 Elektronische Zündung

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

Die mit diesen Zündsystemen umgehenden Sprengberechtigten müssen durch eine entsprechende Schulung des Herstellers eine besondere Fachkunde dafür erworben haben. Dieses Zündsystem ist das derzeit genaueste Zündsystem, das zur Verfügung steht.

6.5.3 Nichtelektrische Zündung

Bei diesem Zündsystem kann eine große Zahl von Zündern über einen auf seiner Innenseite mit einer Sprengstoffbeschichtung bestäubten Anzündschlauch miteinander verbunden werden. Ein an der Oberfläche am Bohr-



lochmund angebrachter Zündverzögerer ist dazu bestimmt, die Zündverzögerung außerhalb der Bohrlöcher vorseilen zu lassen, bevor die erste Bohrlochladung detoniert. Es stehen verschiedene Zündzeitintervalle zur Verfügung. Im Allgemeinen wird das System durch einen elektrischen Zünder ausgelöst.

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

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

6.6 Nachzerkleinerung

Die Beseitigung von Unebenheiten auf der Sohle (Zehen) durch Sprengarbeit erfordert eine sehr genaue Ermittlung der Vorgaben und eine exakte Lademengenberechnung für jedes einzelne Sprengbohrloch. Fehler hierbei können zu gefährlichem Steinflug führen. Gleiches gilt für Knäppersprengungen. Knäpper werden im Steinbruch „Überfilzen“ mechanisch zerkleinert.

6.7 Ladearbeit und Förderung des Haufwerkes

Das sprengtechnisch gelöste Material wird mit Radladern und Baggern auf Lastkraftwagen geladen und über je nach Abbausituation angelegte Fahr rampsen und Fahrwege zu den weiterverarbeitenden Betriebsanlagen transportiert.



7.0 Sicherungsmaßnahmen bei Sprengungen, der Sprengbereich

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

Aufgrund der Hanglage des Steinbruchs können sich bergab in Richtung Westen größere Wurfweiten ergeben. Daher wird in diese Richtung der Sprengbereich auf mind. 450 m vergrößert. Hierzu wird im Bereich der ehemaligen Aufbereitungsanlagen am unteren Steinbruchzugang abgesperrt.

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

7.1 Normalfall einer Gewinnungssprengung, Vermeidung von Steinflug

Bei der Umsetzung des Sprengstoffes entstehen innerhalb weniger Millisekunden aus 1 kg Sprengstoff ca. 800 - 1000 l Gasvolumen. Diese Volumenvergrößerung wird benutzt, um die Vorgabe "w" zu werfen, bzw. das anstehende Gestein zu zerkleinern. Dabei treten Gasdrücke von bis zu 10.000 bar auf, die zum einen in Richtung auf die Vorgabe, zum anderen aber auch auf das rückseitige Gestein einwirken.

Wenn die allgemeinen Sprengparameter eingehalten werden und die abbautechnischen Voraussetzungen normal sind, liegt nach dem Lösen und Werfen des Gebirges das Haufwerk um ca. 70 - 100 % länger an, als



es die Wandhöhe vorgibt. Bei einer Wandhöhe von z.B. 30 m ist üblicherweise mit einer Wurfweite des Haufwerks von ca. 50 m – 60 m zu rechnen. Hinzu kommen noch einzelne Steine, die bis zu 25 m weiter rollen oder streuen können. Durch die Hanglage und die daraus resultierenden schmalen Bermen wird das Haufwerk hier jedoch oftmals weiter nach unten auf die nächsttieferen Bermen geworfen.

Bei herkömmlichen Gewinnungssprengungen werden die Bruchwände durch Kopflöcher von oben nach unten in einem vorgegebenen Bohrraster abgebohrt. Die Vorgabe ("w" zur freien Wandseite), sowie der Bohrlochabstand ("a_B") untereinander kennzeichnen dieses Raster. Als weitere Faktoren bei der Planung einer Gewinnungssprengung können der Gesteinsaufbau, der spezifische Sprengstoffaufwand, der Bohrlochdurchmesser und die Bohrlochneigung, die Art des eingesetzten Sprengstoffes, die Sprengstoffdichte, der Bohrlochfüllungsgrad und der Endbesatz angeführt werden.

Dem Auftreten von außergewöhnlichem, gefährlich weitem Steinflug ist in aller Regel eine punktuelle Überladung von Sprenganlagen oder Bohrlöchern vorausgegangen. Dies bedeutet, dass die eingesetzte Sprengstoffmenge insgesamt oder punktuell wesentlich höher gelegen haben muss, als es der normale Gewinnungsbetrieb vorsieht. Der spezifische Sprengstoffeinsatz wird allgemein mit "q" = 0,25 - 0,80 kg/fm³ angegeben.

Im Steinbruch „Überfilzen“ wird das Gestein durch Gewinnungssprengungen mit einem spezifischen Sprengstoffeinsatz von in der Regel "q" = ca. 0,300 kg/fm³ bis 0,400 kg/fm³ abgebaut.

Bei diesem spezifischen Sprengstoffeinsatz ist bei Beachtung und Einhaltung der sprengtechnischen Regeln und einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften Steinflug über den abgesperrten Sprengbereich hinaus auszuschließen. Wenn der Sprengbereich verkleinert werden soll, muss durch zusätzliche Maßnahmen sichergestellt sein, dass eine Gefährdung durch Sprengstücke ausgeschlossen ist.

Unkontrollierter Steinflug tritt erfahrungsgemäß erst ein, wenn der in diesem Betrieb übliche spezifische Sprengstoffeinsatz "q" wesentlich überschritten wird. Damit keine derartige punktuelle Überladung auftreten kann,



muss eine fehlerhafte Bohr- und Sprenganordnung ausgeschlossen sein. Bei der hier vorgesehenen Abbauplanung, bei der die Wurfrichtung des Haufwerks stets in den Steinbruch hinein gerichtet ist, ergibt sich, dass selbst bei Fehlern des Sprengberechtigten bei der Ausführung der Sprengarbeit die Wurfrichtung der Steine immer noch in den Steinbruch hinein weist. Ausnahmen hierbei sind lediglich zu kurzer Endbesatz oder Fehler bei eventuellen Zehensprengungen.

Die Beseitigung von Unebenheiten auf der Sohle (Zehen) durch Sprengarbeit erfordert eine sehr genaue Ermittlung der Vorgaben und eine exakte Lademengenberechnung für jedes einzelne Sprengbohrloch. Fehler hierbei können zu gefährlichem Steinflug in alle Richtungen führen. Gleiches gilt für Knäppersprengungen. Knäpper werden im Steinbruch „Überfilzen“ mechanisch zerkleinert.

Zur sicheren Unterbindung der Steinfluggefahr bei Zehensprengungen sollte das Sprengen solcher Unebenheiten im Zusammenhang mit einer Gewinnungssprengung erfolgen. Hierbei kann durch die Wahl einer ausreichend hohen Zündzeitstufe in den der Bruchwand vorgelagerten Zehenlöchern sichergestellt werden, dass das Haufwerk der gleichzeitig gezündeten Wandsprengung die zu lösenden Zehen bereits abdeckt und gefährlicher Steinflug aus diesem Bereich dadurch sicher unterbunden wird.

Verkleinerung des Sprengbereichs

Der in der SprengTR 310 - „Sprengarbeiten“ unter Pkt. 4.7 genannte Sprengbereich von 300 m um die Sprengstelle wird in der geplanten Erweiterung nach Osten zur Hütte der Bichleralm bis auf ca. 275 m bei horizontaler Messung unterschritten. Aufgrund des Höhenunterschieds zwischen der Hütte (1.018 mNN) und der oberen Kante der Erweiterung (800 mNN) beträgt der tatsächliche Abstand ca. 350 m.

Eine Verkleinerung des Sprengbereichs von 300 m um die Sprengstellen ist somit bei der Ausführung von Sprengarbeiten in der geplanten Erweiterung nicht erforderlich.



8.0 Geräuschbelästigung durch Explosionsknall

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

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

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



9.0 Erschütterungsimmissionsschutz

Beurteilungsgrundlage für die auftretenden Erschütterungen, verursacht durch die Sprengungen in der geplanten Erweiterung des Steinbruchs „Überfilzen“ des Zementwerks Rohrdorf sind die DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, die aus den Teilen 1 bis 3 besteht.

Weitere Informationen finden sich in der Erschütterungs-Leitlinie des LAI (Länderausschuss für Immissionsschutz) vom 06. März 2018.

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

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

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

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

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

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



Ermittlung des KB-Wertes:

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

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

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

Hierin sind:

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

KB = hat die Einheit 1

f_0 = 5,6 Hz (Grenzfrequenz des Hochpasses)

f = Frequenz in Hz

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

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

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

Tabelle 3, Zeile 4,

Einzelereignisse kurzer Dauer:

a) mit Resonanzbeteiligung $c_F = 0,8$

b) ohne Resonanzbeteiligung $c_F = 0,6$



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

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

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

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

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

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

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

$$A_o = 6$$

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



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

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

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

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

Werden diese Anhaltswerte eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nicht auf. Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind. ..."

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

Werden die Anhaltswerte nach Tabelle 1 und 3 eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach bisheriger Erfahrung nicht auf.

Werden die Anhaltswerte der DIN überschritten, heißt das nicht automatisch, dass Schäden auftreten müssen. Es müssen dann weitere Untersuchungen (z.B. Schadensbegutachtung durch einen Bausachverständigen) erfolgen.



Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken ist auch dann gegeben, wenn leichte Schäden auftreten.

Leichte Schäden im Sinne der Norm, die auch als Schönheits- oder architektonische Schäden bezeichnet werden, sind z.B.:

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

9.4 Erschütterungs-Leitlinie des LAI

Die Hinweise in der Erschütterungs-Leitlinie des Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) dienen dem Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen sowie der Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch Erschütterungen. Sie enthalten Beurteilungsmaßstäbe zur Konkretisierung der Anforderungen aus dem BImSchG sowie ergänzende Hinweise auf landesrechtliche Regelungen. Enthalten sind Beurteilungsmaßstäbe für die Grenzen der Schädlichkeit von Erschütterungsimmissionen, die auf Gebäude und auf Menschen in Gebäuden bei üblicher Nutzung einwirken. Werden diese Beurteilungsmaßstäbe eingehalten, ist immer auch der Gefahrenschutz, insbesondere der Gesundheitsschutz von Menschen, sichergestellt.

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



10.0 Einordnung der zu betrachtenden Bauwerke

In der weiteren Umgebung des Steinbruchs „Überfilzen“ gibt es einige alte Bauernhäuser, die als Baudenkmäler unter besonderem Schutz stehen. Derartige Bauten sind damit nicht automatisch besonders erschütterungsempfindlich im Sinne der DIN 4150.

Aufgrund der großen Entfernungen zwischen der geplanten Erweiterung und den Baudenkmälern im Tal ergeben sich jedoch in jedem Fall an diesen Bauten Erschütterungswerte, die deutlich unterhalb der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3, Tabelle 1 Zeile 3 für besonders erschütterungsempfindliche und besonders erhaltenswerte Bauten liegen.

10.1 **Gewerblich genutzte Bauwerke**

Objekt Nr. 1, Überfilzen, Landwirtschaftliche Scheunen und Stallungen

Objekt Nr. 5, Wasserhochbehälter Riedlberg

Objekt Nr. 6, Riedlberg, Landwirtschaftliche Scheunen und Stallungen

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

Hier sind folgende Werte zugelassen:

am Fundament bei Frequenzen:

< 10 Hz $v_i = 20$ mm/s

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

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

In der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen $v_i = 40$ mm/s

In der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen $v_i = 20$ mm/s



10.2 Erdverlegte Leitungen

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

In der Tabelle 3 der DIN sind für Rohrleitungen für die verschiedenen Leitungsorten folgende maximale Anhaltswerte zugelassen:

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

10.3 Wohngebäude

Objekte Nr. 1, Überfilzen, Wohnbebauung

Objekt Nr. 2, Wochenendhaus Überfilzen 44

Objekt Nr. 3, Wohnhaus Überfilzen 45

Objekt Nr. 5, Riedlberg, Wohnbebauung

Objekt Nr. 7, Almhütte Bichleralm

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

Die Zeile 3 gilt für Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen, noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind



(vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete §6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO) und hat einen oberen Anhaltswert von $A_o = 5$.

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

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

$$A_o \leq 6$$

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

Für die Ermittlung der $KB_{F_{max}}$ -Werte wird in der folgenden Prognose eine c_F -Konstante von 0,8 zu Grunde gelegt, für Einzelereignisse kurzer Dauer, Schwingungen mit Resonanzbeteiligung. Nähere Erläuterungen hierzu finden sich unter Punkt 10.2 in diesem Gutachten.

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

Hier sind folgende Werte zugelassen:

am Fundament bei Frequenzen:

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

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

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

in der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

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



in der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

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

10.4 Besonderes erschütterungsempfindliche Bauten

Objekt Nr. 4, Bildstock

Stellvertretend für alle Bauten, die besonders erschütterungsempfindlich und besonders erhaltenswert sind, wird hier der Bildstock genannt, der etwa schräg gegenüber dem Haus Überfilzen 45 am Straßenrand steht.

Die oben genannten Bauten sind in die Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150, Teil 3, als besonders erschütterungsempfindlich und besonders erhaltenswert einzuordnen.

Hier sind folgende Werte zugelassen:

am Fundament bei Frequenzen:

< 10 Hz $v_i = 3 \text{ mm/s}$

10 - 50 Hz $v_i = 3-8 \text{ mm/s}$

50 -100 Hz $v_i = 8-10 \text{ mm/s}$

In der Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung:

bei allen Frequenzen $v_i = 8 \text{ mm/s}$

In der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung:

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

Zur Verhinderung leichter Schäden kann je nach Bauweise eine Abminderung des Anhaltswertes in vertikaler Messrichtung erforderlich werden.



11.0 Erschütterungsmessungen

Als Datengrundlagen zur Ermittlung einer geeigneten Prognoseformel zur Erschütterungsausbreitung bei den Sprengarbeiten in der geplanten Erweiterung des Steinbruchs „Überfilzen“ wurden die Messergebnisse von Erschütterungsmessungen verwendet, die in den vergangenen Jahren 2017 und 2018 im Rahmen von betrieblichen Eigenüberwachungen durchgeführt wurden sowie eine von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe entwickelte Prognoseformel.

Messungen am 29.08.2017

Sprengung 1, Berme 680 m

Messort	Entfernung zur Sprengstelle	max Lademenge je Zündzeitstufe	max. Schwinggeschwindigkeit
Nr. 3 Garage Oberauer	560 m	240 kg	X 0,8 mm/s 10 Hz Y 0,7 mm/s 18 Hz Z 1,0 mm/s 21 Hz
Nr. 7 Bichler Alm	605 m	240 kg	X 1,65 mm/s 4 Hz Y 1,60 mm/s 11 Hz Z 1,13 mm/s 12 Hz
Holzner-Hof	780 m	240 kg	X 0,75 mm/s 9 Hz Y 0,69 mm/s 19 Hz Z 0,82 mm/s 17 Hz

Tab. 1 Ergebnisse der Messungen vom 29.08.2017, 1. Sprengung

Sprengung 2, Berme 708 m

Messort	Entfernung zur Sprengstelle	max Lademenge je Zündzeitstufe	max. Schwinggeschwindigkeit
Nr. 3 Garage Oberauer	585 m	240 kg	X 0,8 mm/s 16 Hz Y 1,0 mm/s 22 Hz Z 0,5 mm/s 21 Hz
Nr. 7 Bichler Alm	570 m	240 kg	X 1,14 mm/s 7 Hz Y 1,54 mm/s 14 Hz Z 0,79 mm/s 16 Hz
Holzner-Hof	800 m	240 kg	X 0,75 mm/s 9 Hz Y 0,64 mm/s 1 Hz Z 0,90 mm/s 18 Hz

Tab. 2 Ergebnisse der Messungen vom 29.08.2017, 2. Sprengung



Messungen am 22.11.2017

Sprengung 1, Berme 710 m

Messort	Entfernung zur Sprengstelle	max Lademenge je Zündzeitstufe	max. Schwinggeschwindigkeit
Nr. 3 Garage Oberauer	605 m	140 kg	X 0,9 mm/s 17 Hz Y 0,6 mm/s 15 Hz Z 0,8 mm/s 17 Hz
Nr. 7 Bichler Alm	560 m	140 kg	X 1,79 mm/s 6 Hz Y 1,29 mm/s 5 Hz Z 0,88 mm/s 6 Hz

Tab. 3 Ergebnisse der Messungen vom 22.11.2017, 1. Sprengung

Sprengung 2, Berme 725 m

Messort	Entfernung zur Sprengstelle	max Lademenge je Zündzeitstufe	max. Schwinggeschwindigkeit
Nr. 3 Garage Oberauer	685 m	95 kg	X 0,6 mm/s 10 Hz Y 0,6 mm/s 18 Hz Z 0,5 mm/s 28 Hz
Nr. 7 Bichler Alm	510 m	95 kg	X 1,76 mm/s 11 Hz Y 1,03 mm/s 14 Hz Z 1,04 mm/s 9 Hz

Tab. 4 Ergebnisse der Messungen vom 22.11.2017, 2. Sprengung

Messungen am 12.06.2018

Berme 710 m

Messort	Entfernung zur Sprengstelle	max Lademenge je Zündzeitstufe	max. Schwinggeschwindigkeit
Nr. 3 Garage Oberauer	590 m	200 kg	X 1,0 mm/s 8 Hz Y 0,7 mm/s 6 Hz Z 0,6 mm/s 45 Hz
Nr. 7 Bichler Alm	570 m	200 kg	X 2,07 mm/s 10 Hz Y 2,65 mm/s 6 Hz Z 1,28 mm/s 16 Hz

Tab.5 Ergebnisse der Messungen vom 12.06.2018



Messungen am 06.11.2018

Sprengung 1, Berme 680 m

Messort	Entfernung zur Sprengstelle	max Lademenge je Zündzeitstufe	max. Schwinggeschwindigkeit
Nr. 3 Garage Oberauer	570 m	190 kg	X 0,9 mm/s 4 Hz Y 0,8 mm/s 5 Hz Z 0,6 mm/s 5 Hz
Nr. 7 Bichler Alm	590 m	190 kg	X 1,94 mm/s 13 Hz Y 2,72 mm/s 4 Hz Z 1,72 mm/s 11 Hz

Tab. 6 Ergebnisse der Messungen vom 06.11.2018, 1. Sprengung

Sprengung 2, Berme 710 m

Messort	Entfernung zur Sprengstelle	max Lademenge je Zündzeitstufe	max. Schwinggeschwindigkeit
Nr. 3 Garage Oberauer	595 m	190 kg	X 0,8 mm/s 12 Hz Y 0,7 mm/s 8 Hz Z 0,7 mm/s 11 Hz
Nr. 7 Bichler Alm	570 m	190 kg	X 2,11 mm/s 11 Hz Y 2,49 mm/s 7 Hz Z 1,41 mm/s 9 Hz

Tab. 7 Ergebnisse der Messungen vom 06.11.2018, 2. Sprengung





Abb. 7 Wohnhaus Überfilzen 45



Abb. 8 Messstelle 1, Garage am Wohnhaus Überfilzen 45





Abb. 9 Hütte der Bichleralm



Abb. 10 Messstelle 2 vor der Hütte der Bichleralm



12.0 Grundlagen der Erschütterungsprognose

Anhand der Ergebnisse der oben dargestellten Erschütterungsmessungen und auf der Basis einer geeigneten und gebräuchlichen Prognoseformel wird im Folgenden eine Erschütterungsprognose über die zu erwartenden Erschütterungen an der angrenzenden Bebauung und den anderen schützenswerten Objekten erstellt.

Aus einer Prognoseberechnung mit der Abstands-Mengen-Beziehung nach der BGR-Formel (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe), die aufgrund von mehreren Tausend Messungen aufgestellt wurde, lassen sich die zu erwartenden Sprengerschütterungen an den Fundamenten der Wohnbebauung und den anderen schützenswerten Objekten ausreichend genau ermitteln.

Diese Prognoseformel wird auch in der DIN 4150 Teil 1 vom Juni 2001 für die Prognose von Sprengerschütterungen genannt.

BGR-Formel

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

Hierin sind:

v_i : max. Schwinggeschwindigkeit (mm/s)

L : Sprengstofflademenge/Zündzeitstufe

L_0 : 1 kg (Bezugsgröße)

R : Abstand schützenswertes Objekt vom Sprengort

R_0 : 1 m (Bezugsgröße)

k : Vorfaktor

b : Koeffizient der Lademenge

m : Koeffizient der Entfernung

Die empirisch ermittelten Parameter k , b und m werden im Freifeld für Sedimentgesteine wie folgt angegeben:

$$k = 969$$

$$b = 0,59$$

$$m = 1,52$$



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

Die Messwerte an der Hütte der Bichleralm wurden auf einem in den Boden eingelassenem Stein vor der Hütte gemessen, da der zugängliche Bereich der Türschwelle nicht breit genug ist, um dort einen Sensor aufzustellen.

Im Sinne einer konservativen Betrachtung wird im Folgenden angenommen, dass aufgrund der geringen Masse der Hütte beim Übergang der Sprengerschütterungen aus dem Freifeld auf die Hütte keine Dämpfung erfolgt. Somit wird hier bei der Prognose ein Übergangsfaktor von $\ddot{u} = 1,0$ zu Grunde gelegt.

In Richtung Tal wird für die Bebauung der übliche Übergangsfaktor von $\ddot{u} = 0,5$ angesetzt. Die im Folgenden in den Abbildungen 11 und 12 graphisch dargestellten Vergleiche der gemessenen mit den prognostizierten Erschütterungen belegen die Richtigkeit dieser Annahmen.

Die Streuung der bei den Sprengungen entstehenden tatsächlichen Erschütterungen um die rechnerisch gemäß der Ausgleichsfunktion nach BGR ermittelten Erschütterungswerte ist in der Prognose mit einem Faktor

$$s = 2,0$$

berücksichtigt.

In der folgenden Abbildung 11 sind die Erschütterungsmessergebnisse der oben beschriebenen Messungen an der Hütte der Bichleralm als Punkte aufgetragen. Die gestrichelte Linie stellt die ermittelte Ausbreitungsfunktion gemäß der um den Sicherheitsfaktor 2 angepassten BGR-Formel dar, nach der im Folgenden die Erschütterungen für die Hütte der Bichleralm prognostiziert werden.



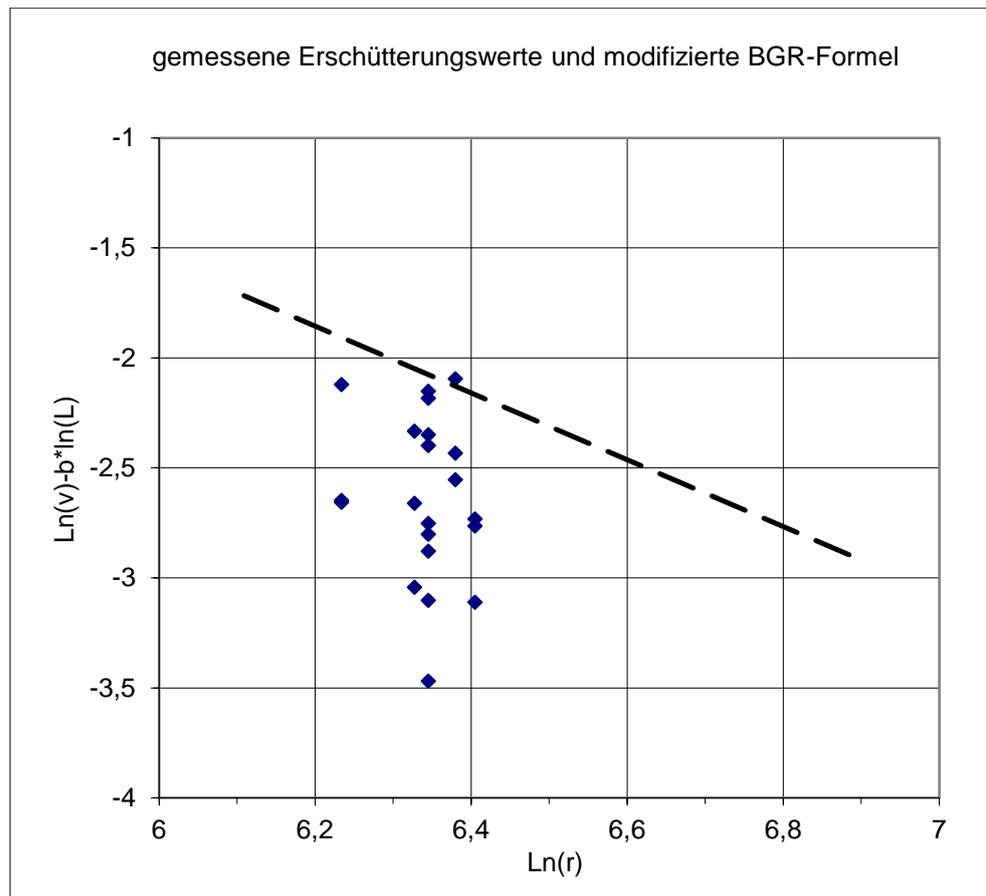


Abb. 11: Gewählte Ausbreitungsfunktion (gestrichelte Linie) für die Hütte der Bichleralm und dort gemessene Erschütterungen (Punkte)

Der Vergleich der Messungen mit der im Folgenden verwendeten Prognoseformel zeigt, dass die zu erwartenden Erschütterungen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb der Prognoseansätze liegen werden. Für die folgenden Rechnungen wurde daher der Streufaktor $s = 2$ gesetzt und für den Übergang vom Freifeld auf ein Gebäudefundament ein Übertragungsfaktor Freifeld - Bauwerksfundament von $\ddot{u} = 1,0$ berücksichtigt. Im Weiteren wird somit für die Hütte der Bichleralm mit der folgenden Prognoseformel gerechnet:

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

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



In der folgenden Abbildung 12 sind die Erschütterungsmessergebnisse der oben beschriebenen Messungen an der Bodenplatte der Garage des Wohnhauses Überfilzen 45 als Punkte aufgetragen. Hier wurde ein Übertragungsfaktor Freifeld - Bauwerksfundament von $\ddot{u} = 0,5$ berücksichtigt. Die gestrichelte Linie stellt die ermittelte Ausbreitungsfunktion gemäß der um den Sicherheitsfaktor 2 angepassten BGR-Formel dar, nach der im Folgenden die Erschütterungen für die Bebauung im Tal prognostiziert werden.

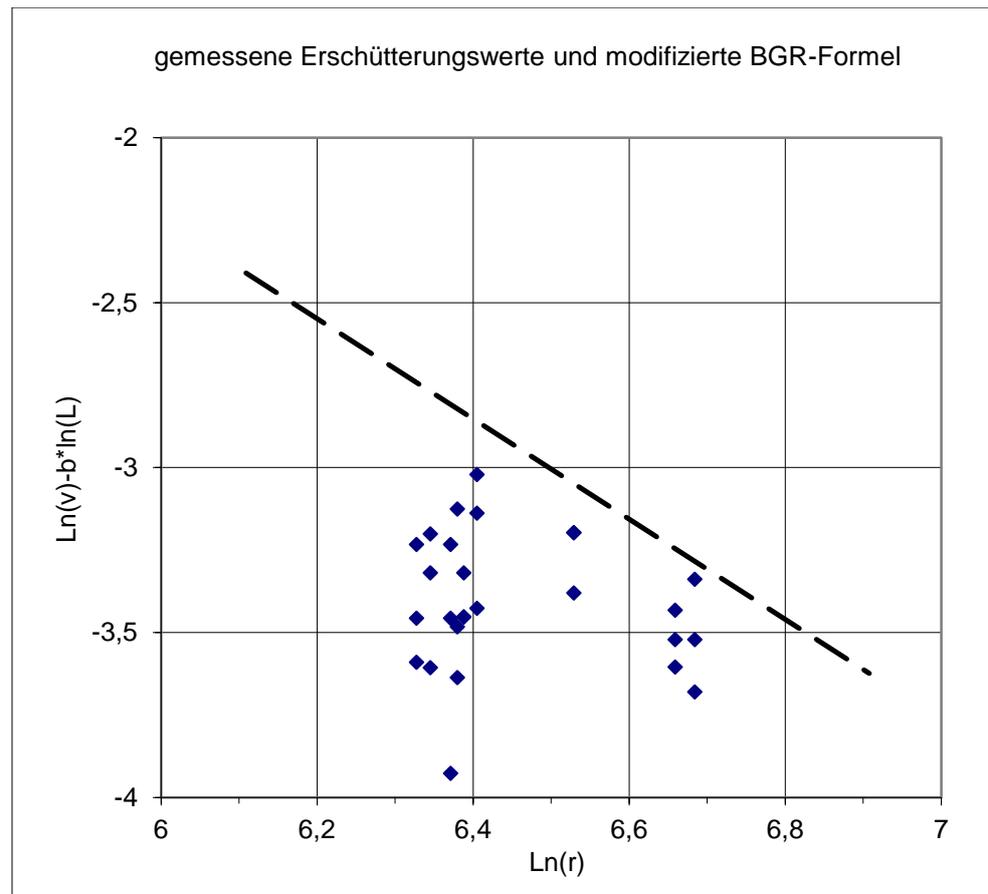


Abb. 12: Gewählte Ausbreitungsfunktion (gestrichelte Linie) für die Bebauung im Tal und dort gemessene Erschütterungen (Punkte)

Der Vergleich der Messungen mit der im Folgenden verwendeten Prognoseformel zeigt, dass die zu erwartenden Erschütterungen mit hoher Wahrscheinlichkeit unterhalb der Prognoseansätze liegen werden. Für die folgenden Rechnungen wurde daher der Streufaktor $s = 2$ gesetzt und für den Übergang vom Freifeld auf ein Gebäudefundament ein Übertragungsfaktor Freifeld - Bauwerksfundament von $\ddot{u} = 0,5$ berücksichtigt. Im



Weiteren wird somit für die Bebauung im Tal mit der folgenden Prognoseformel gerechnet:

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

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

13.0 Erschütterungsprognose

Um die Einwirkung auf Menschen in Gebäuden beurteilen zu können, sind die Erschütterungen der Gebäude im obersten Vollgeschoss an der Außenwand und auf der obersten Deckenebene zu ermitteln. Erfahrungsgemäß werden die an den Gebäudefundamenten auftretenden Erschütterungen aufgrund der dynamischen Eigenschaften der Gebäude nach oben hin überhöht. Diese Überhöhungen betragen erfahrungsgemäß in horizontaler Richtung (Fundament – Außenwand im OG) das 2 - 3fache des Fundamentwertes und in vertikaler Richtung (Fundament – Deckenmitte im OG) das 3 - 5fache des Fundamentwertes.

Für die folgende Prognose werden Überhöhungsfaktoren von

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

$$\ddot{U}_F = 5,0 \quad \text{in vertikaler Richtung}$$

angenommen.

Da der $KB_{F_{\max}}$ -Wert - wenn auch nur in geringem Maße - frequenzabhängig ist, wurde er jeweils für eine Frequenz von 20 Hz und bei einem c_F -Wert von 0,8 bestimmt.

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



13.1 Erschütterungsausbreitung in Richtung Tal

Für die Bebauung im Tal westlich der geplanten Erweiterung werden in den folgenden Tabellen für Entfernungen von 700 m bis 1.000 m und für eine maximale Lademenge bis zu 240 kg je Zündzeit die zu erwartenden Erschütterungen prognostiziert.

Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	v_{\max} am Fundament (mm/s)	v_{\max} im OG Aussenwand (mm/s)	v_{\max} im OG Deckenmitte (mm/s)	$KB_{F\max}$ OG Deckenmitte
700	240	1,16	3,49	5,82	3,17
720	240	1,12	3,35	5,58	3,04
740	240	1,07	3,21	5,35	2,91
760	240	1,03	3,08	5,14	2,80
780	240	0,99	2,96	4,94	2,69
800	240	0,95	2,85	4,75	2,59
820	240	0,92	2,75	4,58	2,49
840	240	0,88	2,65	4,41	2,40
860	240	0,85	2,55	4,26	2,32
880	240	0,82	2,47	4,11	2,24
900	240	0,79	2,38	3,97	2,16
920	240	0,77	2,31	3,84	2,09
940	240	0,74	2,23	3,72	2,03
960	240	0,72	2,16	3,60	1,96
980	240	0,70	2,09	3,49	1,90
1000	240	0,68	2,03	3,39	1,84

Tab. 8 Erschütterungsprognose für die Bebauung im Tal

Die Auswirkungen der Erschütterungen aus den Sprengungen in der geplanten Erweiterung werden in Richtung Tal zusätzlich vermindert, da die Wellenausbreitung in diese Richtungen durch den dort bereits stattgefundenen Abbau beschränkt wird.



13.2 Erschütterungsausbreitung in Richtung Bichleralm

Für die Hütte auf der Bichleralm östlich der geplanten Erweiterung werden in den folgenden Tabellen für Entfernungen von 350 m bis 600 m und für eine maximale Lademenge bis zu 240 kg je Zündzeit die zu erwartenden Erschütterungen prognostiziert.

Entfernung (m)	Lademenge je Zündzeitstufe (kg)	v_{\max} am Fundament (mm/s)	v_{\max} im OG Aussenwand (mm/s)	v_{\max} im OG Deckenmitte (mm/s)	$KB_{F\max}$ OG Deckenmitte
350	145	4,96	-	-	2,70
360	155	4,94	-	-	2,69
370	165	4,92	-	-	2,68
380	180	4,97	-	-	2,71
390	190	4,94	-	-	2,69
400	205	4,97	-	-	2,71
420	235	5,00	-	-	2,72
440	240	4,72	-	-	2,57
460	240	4,41	-	-	2,40
480	240	4,13	-	-	2,25
500	240	3,88	-	-	2,12
520	240	3,66	-	-	1,99
540	240	3,45	-	-	1,88
560	240	3,27	-	-	1,78
580	240	3,10	-	-	1,69
600	240	2,94	-	-	1,60

Tab. 9 Erschütterungsprognose für die Hütte auf der Bichleralm

In der folgenden Tabelle 10 sind die prognostizierten Erschütterungswerte für die in Tabelle 1 aufgelistete Bebauung in der Umgebung der geplanten Erweiterung des Steinbruchs „Überfilzen“ dargestellt. Dabei wurden bis zu einer Obergrenze von 240 kg die jeweils größtmöglichen Sprengstofflademengen je Zündzeit bei der geringsten Entfernung zu Grunde gelegt.



Objekt	Lademenge (kg)	Entf. (m)	Fundament		Obergeschoss*		Obergeschoss	
			v_{max}		v_{max}		KB_{Fmax}	
			zul. (mm/s)	Progn. (mm/s)	zul. (mm/s)	Progn. (mm/s)	zul.	Progn.
Nr. 1 Überfilzen Wohnbebauung an der Römerstraße u. RO1	240	840	5,0	0,88	20,0	4,41	6,0	2,40
Nr. 2 Wochenendhaus Überfilzen 44	240	830	5,0	0,90	20,0	4,49	6,0	2,45
Nr. 3 Wohnhaus Überfilzen 45	240	705	5,0	1,15	20,0	5,76	6,0	3,14
Nr. 4 Bildstock Überfilzen 45	240	730	3,0	1,09	-	-	-	-
Nr. 5 Wasserhochbehälter Riedlberg	240	925	20,0	0,76	-	-	-	-
Nr. 6 Landwirtschaftl. Anwesen Riedlberg								
Wohngebäude	240	940	5,0	0,74	20,0	3,72	6,0	2,03
Scheunen / Ställe	240	940	20,0	0,74	-	-	-	-
Nr. 7 Almhütte Bichleralm	145	350	5,0	4,96	-	-	-	-

* Deckenmitte

Tab. 10: Erschütterungsprognose für die in Tabelle 1 genannte nächstgelegene Bebauung in der Umgebung der geplanten Erweiterung

Die hier prognostizierten Erschütterungswerte werden mit großer Wahrscheinlichkeit in der Praxis deutlich unterschritten. Für diese Prognose wurde stets von den ungünstigsten Annahmen ausgegangen. Dieses betrifft den c_F - Wert, die Überhöhungsfaktoren in den Gebäuden und den Sicherheitsfaktor in der Prognoseformel nach BGR. Durch die Multiplikation dieser ungünstig angenommenen Faktoren ergeben sich in der Prognose Erschütterungswerte, die den ungünstigsten Fall darstellen und die in der Praxis - wenn überhaupt - nur in den seltensten Fällen erreicht werden.



Sollte daher später beim Abbau durch Messung der tatsächlich auftretenden Erschütterungen belegt werden, dass die Erschütterungen dauerhaft niedriger sind als hier prognostiziert, bestehen aus gutachtlicher Sicht keine Bedenken, die Sprengstofflademengen je Zündzeitstufe entsprechend zu vergrößern.

13.3 Erschütterungsbeeinträchtigung der Felswände hinter der Bichleralm

Die östlich der geplanten Erweiterung hinter der Bichleralm gelegenen Felswände haben etwa folgende mittlere Entfernungen zur östlichen Begrenzung der geplanten Erweiterung:

„Kindlwand“	ca. 650 m
„Eingefallene Wand“	ca. 450 m
„Wasserwand“	ca. 970 m

Aufgrund der vorgelagerten Hütte der Bichleralm beträgt die maximale Sprengstoff-Lademege je Zündzeitstufe an der östlichen Begrenzung der geplanten Erweiterung 145 kg. Für die oben genannten Felswände ergeben sich damit die in Tabelle 11 aufgeführten maximalen Sprengerschütterungen:

Felswand	Entfernung (m)	Lademege (kg)	v_{\max} (mm/s)
Kindlwand	650	145	1,94
Eingefallene Wand	450	145	3,39
Wasserwand	970	145	1,05

Tab 11 Erschütterungsprognose für die nächstgelegenen Felswände

Am Alpenrand werden als Erdbebenzonen die Zonen 0-2 angegeben. Legt man die Erdbebenzone 1 zu Grunde, wird hierfür in der Literatur ein Bemessungswert der Bodenbeschleunigung von $0,40 \text{ m/s}^2$ genannt, in der Erdbebenzone 2 wird ein Wert von $0,60 \text{ m/s}^2$ aufgeführt.

Die in Tabelle 11 prognostizierten maximalen Felserschütterungen verursachen je nach auftretender Frequenz unterschiedliche Bodenbeschleunigungen. Aufgrund der großen Entfernungen werden die maßgeblichen



Frequenzen der erschütterungsbedingten Bodenwellen im Bereich der Felswände relativ niedrig in einem Bereich von ca. 5 -15 Hz auftreten.

Felswand	v_{\max} (mm/s)	Bodenbeschleunigung in m/s^2		
		5 Hz	10 Hz	15 Hz
Kindlwand	1,94	0,061	0,122	0,182
Eingefallene Wand	3,39	0,106	0,213	0,319
Wasserwand	1,05	0,033	0,066	0,099

Tab 12 Prognose der max. Beschleunigungen an den nächstgelegenen Felswänden

Damit ergeben sich durch die Gewinnungssprengungen in der geplanten Erweiterung an den Felswänden Bodenbeschleunigungen, die etwa zwischen den erdbebenbedingten natürlich auftretenden Bodenbeschleunigungen der Erdbebenzonen 0 und 1 liegen.

14.0 Beurteilung

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

Die Wohnbebauung mit der geringsten Entfernung zur geplanten Erweiterung des Steinbruchs „Überfilzen“ ist das Wohnhaus Überfilzen 45 an der RO1. Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 240 kg wird der Anhaltswert $A_o = 6$ der DIN 4150 Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Tabelle 1, Zeile 1 nach Pkt. 6.5.1, quellspezifische Regelungen für kurzzeitige Erschütterungen, im Obergeschoss dieses Gebäudes mit einem prognostizierten Wert von $KB_{F_{\max}} = 3,14$ sicher eingehalten.

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



DIN 4150, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Fundamente der nächstgelegenen Wohnhäuser und in ihrer Konstruktion oder Nutzung gleichartigen Bauten bei Frequenzen unter 10 Hz $v_i = 5$ mm/s.

Wohnbebauung im Tal

Das nächstgelegene Wohnhaus zur geplanten Erweiterung ist das Wohnhaus Überfilzen 45 an der RO1. Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 240 kg ergeben sich für die geringste Entfernung von 705 m Fundamenterschütterungen von ca. $v_i = 1,15$ mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von $v_i = 5$ mm/s wird zu 23 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in horizontaler Messrichtung bei allen Frequenzen $v_i = 15$ mm/s und wird bei einem prognostizierten maximalen Erschütterungswert von $v_i = 3,46$ mm/s zu 23,1 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses in vertikaler Messrichtung bei allen Frequenzen $v_i = 20$ mm/s und wird bei einem prognostizierten Erschütterungswert von $v_i = 5,76$ mm/s zu ca. 28,8 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Hütte auf der Bichleralm

Die nächstgelegene Bebauung östlich der geplanten Erweiterung ist die Hütte auf der Bichleralm. Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 145 kg ergeben sich für die geringste Entfernung von 350 m Fundamenterschütterungen von ca. $v_i = 4,96$ mm/s. Die Lademenge wurde auf den für ungünstigste Frequenzen zulässigen Anhaltswert von $v_i = 5$ mm/s abgestimmt.

Wenn die zulässigen Anhaltswerte an den in Tabelle 10 aufgeführten nächstgelegenen Bebauungen eingehalten werden, kann mit Sicherheit



davon ausgegangen werden, dass auch in allen anderen weiter entfernt gelegenen benachbarten Bebauungen die zulässigen Anhaltswerte der DIN 4150 eingehalten werden.

Gewerblich genutzte Bauten

Die für die gewerblich genutzten Bauten im Tal zulässigen Anhaltswerte werden aufgrund der erheblich niedrigeren Anhaltswerte für die ebenfalls dort gelegene Wohngebäude bei weitem unterschritten.

Der zulässige Anhaltswert der DIN 4150 Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, beträgt für die Fundamente der nächstgelegenen gewerblich genutzten Bauwerke bei Frequenzen unter 10 Hz $v_i = 20,0$ mm/s. Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 240 kg ergibt sich bei einem geringsten Abstand von ca. 840 m zwischen den Sprengstellen in der geplanten Erweiterung und den nächstgelegenen Ställen und Scheunen im Ortsteil Überfilzen ein prognostizierter Fundamentwert von $v_i = 0,88$ mm/s. Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von $v_{max} = 20$ mm/s wird zu 4,4 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Besonders erschütterungsempfindliche Bauten

Westlich des Steinbruchs „Überfilzen“ gibt es im Tal einige alte Bauten, die als Baudenkmäler unter besonderem Schutz stehen. Derartige Bauten sind damit nicht automatisch besonders erschütterungsempfindlich im Sinne der DIN 4150.

Aufgrund der großen Entfernungen zwischen der geplanten Erweiterung und den Baudenkmälern im Tal ergeben sich jedoch in jedem Fall an diesen Bauten Erschütterungswerte, die deutlich unterhalb der Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3, Tabelle 1 Zeile 3 für besonders erschütterungsempfindliche und besonders erhaltenswerte Bauten liegen.

Bei einer maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von 240 kg ergibt sich bei einem geringsten Abstand von ca. 840 m zwischen den Sprengstellen in der geplanten Erweiterung und den nächstgelegenen Baudenkmälern im Ortsteil Überfilzen ein prognostizierter Fundamentwert von $v_i = 0,88$ mm/s.



Der für ungünstigste Frequenzen zulässige Anhaltswert von $v_{\max} = 3,0$ mm/s wird zu 29,3 % erreicht und damit sicher eingehalten.

Felswände hinter der Bichleralm

Für die Gewinnungssprengungen in der geplanten Erweiterung ergeben sich an den nächstgelegenen in Tab. 11 genannten Felswänden Schwinggeschwindigkeiten zwischen ca. 1,05 mm/s und 3,39 mm/s. Je nach Frequenz und Intensität der Erschütterungen resultieren daraus Beschleunigungswerte zwischen ca. 0,03 und ca. 0,3 m/s². Werte dieser Größenordnungen liegen im Bereich der Bodenbeschleunigungen der Erdbebenzonen 0 und 1.

15.0 Zusammenfassung

Das Zementwerk Rohrdorf beantragt die Erweiterung des bestehenden Steinbruchs „Überfilzen“ zur Abgrabung von Kalkstein. In dieser Stellungnahme wird die geplante Sprengarbeit beschrieben und es werden Erschütterungsprognosen und Lademengen-Abstandstabellen erstellt, um sicherzustellen, dass bei den Sprengungen in der geplanten Erweiterung des Steinbruchs „Überfilzen“ die zulässigen Erschütterungsanhaltswerte an und in der gesamten Nachbarbebauung eingehalten werden.

Grundlage der Erschütterungsprognose sind Ergebnisse von Erschütterungsmessungen, die in den vergangenen Jahren im Rahmen der betrieblichen Eigenüberwachung durchgeführt wurden sowie eine von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe entwickelte Prognoseformel.

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

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



der geplanten Erweiterung des Steinbruchs „Überfilzen“ mit hoher Sicherheit auszuschließen.

16.0 Schlussbemerkung

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

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

Dortmund, den 20.12.2018

Josef Hellmann

Anlagen



Anlage 1

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

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

In Klammern sind jeweils die Gebiete der Baunutzungsverordnung BauNVO angegeben, die in der Regel den Kennzeichnungen unter Zeile 1 bis 4 entsprechen. Eine schematische Gleichsetzung ist jedoch nicht möglich, da die Kennzeichnung unter Zeile 1 bis 4 ausschließlich nach dem Gesichtspunkt der Schutzbedürftigkeit gegen Erschütterungseinwirkungen vorgenommen ist, die Gebietseinteilung in der BauNVO aber auch anderen planerischen Erfordernissen Rechnung trägt.



Anlage 2

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

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

Anlage 3

DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“, Teil 3, „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“, Tabelle 2, „Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf erdverlegte Leitungen“

Zeile	Leitungsbaustoffe	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s auf der Rohrleitung
1	Stahl, geschweißt	100
2	Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Metall mit und ohne Flanschen	80
3	Mauerwerk, Kunststoff	50



Anlage 4.1

Bichler Almu

VibraZEB VM-7D+ SCHWINGUNGSMESSGERAET

Aufzeichnungsdatum:
 Seriennummer: 5148
 Datum / Zeit: 29/08/2017 - 14:36:09
 Notiz 1:
 Notiz 2:
 Kanal: 1: 1.65 mm/s - 4 Hz
 Kanal: 2: 1.60 mm/s - 11 Hz
 Kanal: 3: 1.13 mm/s - 12 Hz
 Vector Summe Block 1: 1.97 mm/s - 391.6 ms

VibraZEB VM-7D+ SCHWINGUNGSMESSGERAET

Aufzeichnungsdatum:
 Seriennummer: 5148
 Datum / Zeit: 29/08/2017 - 14:42:14
 Notiz 1:
 Notiz 2:
 Kanal: 1: 1.14 mm/s - 7 Hz
 Kanal: 2: 1.54 mm/s - 14 Hz
 Kanal: 3: 0.79 mm/s - 16 Hz
 Vector Summe Block 1: 1.55 mm/s - 336.4 ms

Anlage 4.2

ZEB/SM-3E
 DIN 45669-C3HV4-80 *Oberauer*

Start der Messung:
 29.08.17 14:21:41

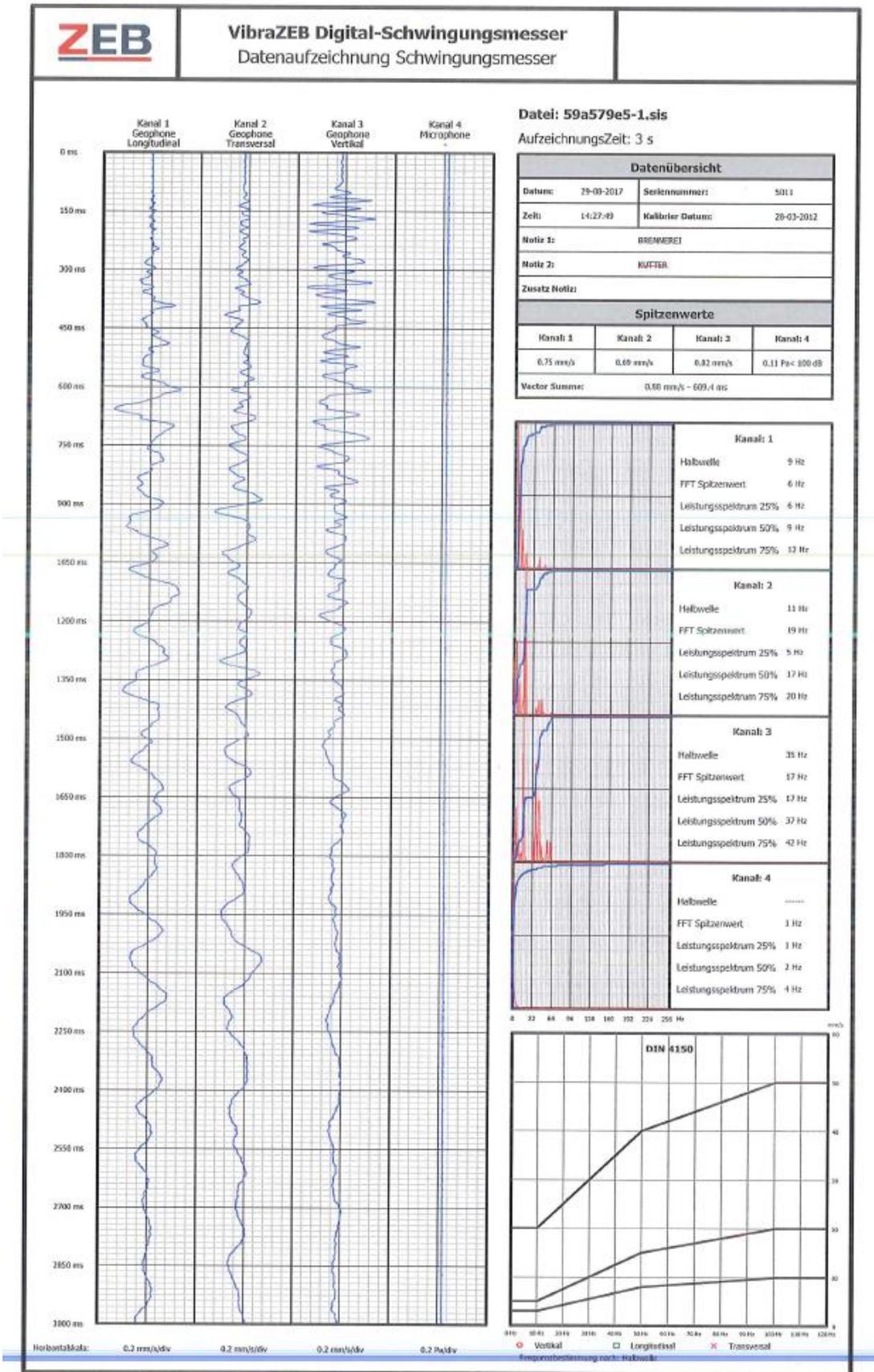
Trigger: 0.5 mm/s

E-Nr.	Datum	Zeit	
X	Y	Z	VRmax
01	29.08.	14:29:28	
0.4	0.5	0.7	0.7 mm/s
33	24	21	Hz
02	29.08.	14:29:29	
0.8	0.7	1.0	1.1 mm/s
10	18	21	Hz
03	29.08.	14:35:33	
0.8	1.0	0.5	1.1 mm/s
16	22	21	Hz

Ende der Messung:
 29.08.17 14:36:56



Anlage 4.3



Anlage 4.4

Alm

VibraZEB VM-7D+ SCHWINGUNGSMESSGERAET

Aufzeichnungsdatum:
 Seriennummer: 5148
 Datum / Zeit: 23/11/2017 - 14:19:57
 Notiz 1:
 Notiz 2:
 Kanal: 1: 1.79 mm/s - 6 Hz
 Kanal: 2: 1.29 mm/s - 5 Hz
 Kanal: 3: 0.88 mm/s - 6 Hz
 Vector Summe Block 1: 1.88 mm/s - 292,5 ms

VibraZEB VM-7D+ SCHWINGUNGSMESSGERAET

Aufzeichnungsdatum:
 Seriennummer: 5148
 Datum / Zeit: 23/11/2017 - 14:27:17
 Notiz 1:
 Notiz 2:
 Kanal: 1: 1.76 mm/s - 11 Hz
 Kanal: 2: 1.03 mm/s - 14 Hz
 Kanal: 3: 1.04 mm/s - 9 Hz
 Vector Summe Block 1: 1.77 mm/s - 431,6 ms

Anlage 4.5

ZEB/SM-3E
 DIN 45669-C3HV4-80

Start der Messung: *Oberau*
 23.11.17 15:01:26

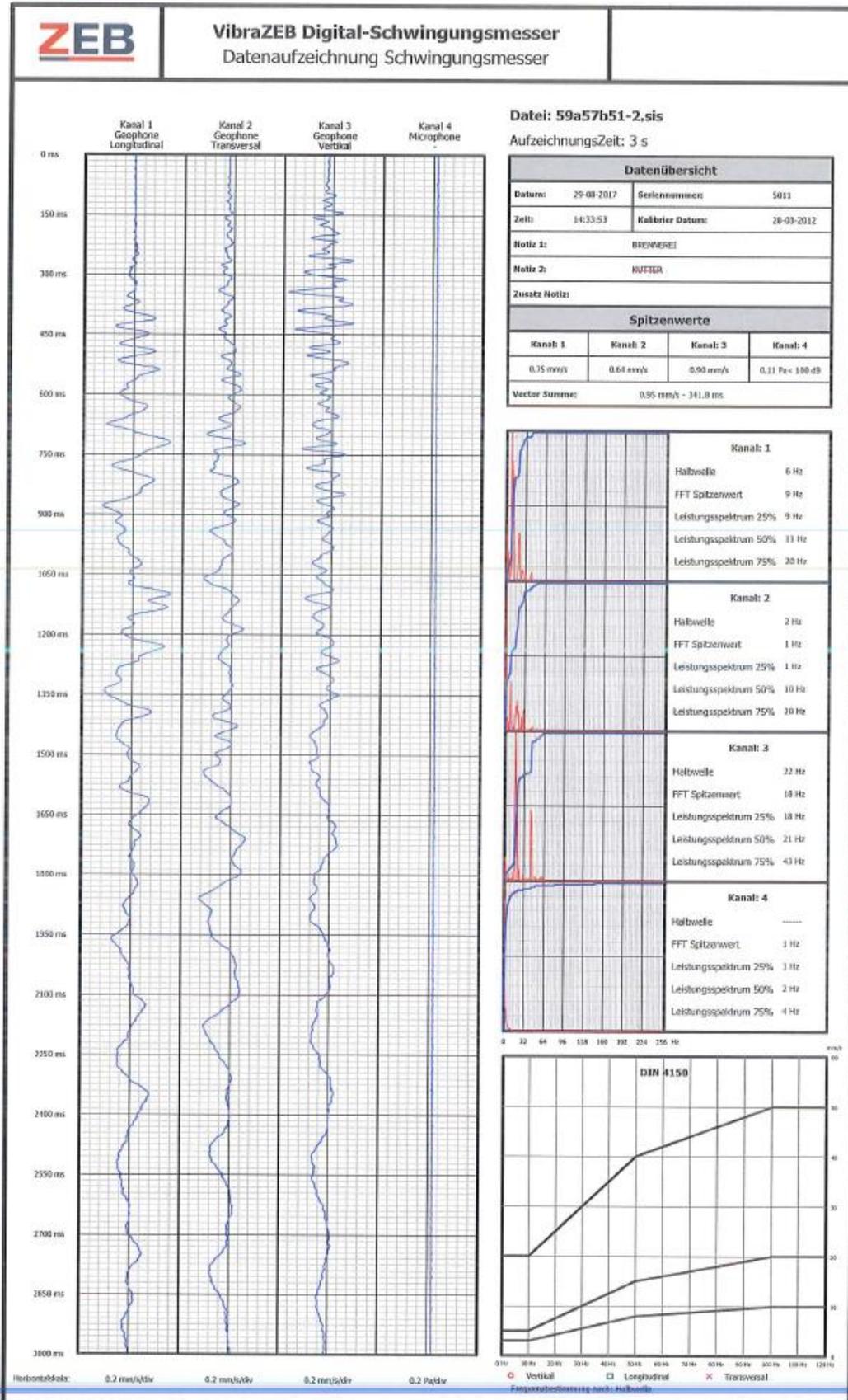
Trigger: 0.5 mm/s

E-Nr.	Datum			Zeit
	X	Y	Z	VRmax
01	23.11.			15:07:04
	0.9	0.6	0.8	1.1 mm/s
	17	15	17	Hz
02	23.11.			15:14:25
	0.6	0.6	0.5	0.7 mm/s
	10	18	28	Hz

Ende der Messung:
 23.11.17 15:15:58



Anlage 4.6



Anlage 4.7

VibraZEB VM-7D+ SCHWINGUNGSMESSGERÄT

Aufzeichnungsdatum:
 Seriennummer: 5148
 Datum / Zeit: 12/06/2018 - 13:41:14
 Notiz 1:
 Notiz 2:
 Kanal: 1: 2.07 mm/s - 10 Hz
 Kanal: 2: 2.65 mm/s - 6 Hz
 Kanal: 3: 1.28 mm/s - 16 Hz
 Vector Summe Block 1: 3.03 mm/s - 495.1 ms

*Pichler
Alm*

Anlage 4.8

ZEB/SM-3E
 DIN 45669-C3HV4-80

Start der Messung:
 12.06.18 13:28:50

Trigger: 0.5 mm/s

Oberauer

E-Nr.	Datum			Zeit
X	Y	Z	VRmax	
01	12.06.			13:37:45
1.0	0.7	0.6	1.1 mm/s	
8	6	45	Hz	

Ende der Messung:
 12.06.18 13:40:05



Anlage 4.9

VibraZEB VM-7D+ SCHWINGUNGSMESSGERAET

Aufzeichnungsdatum:
 Seriennummer: 5148
 Datum / Zeit: 06/11/2018 - 16:25:28

Bichler Alm

Notiz 1:
 Notiz 2:

① Kanal: 1: 1.94 mm/s - 13 Hz
 Kanal: 2: 2.72 mm/s - 4 Hz
 Kanal: 3: 1.72 mm/s - 11 Hz
 Vector Summe Block 1: 2.91 mm/s - 460.0 ms

VibraZEB VM-7D+ SCHWINGUNGSMESSGERAET

Aufzeichnungsdatum:
 Seriennummer: 5148
 Datum / Zeit: 06/11/2018 - 16:28:56

Notiz 1:
 Notiz 2:

② Kanal: 1: 2.11 mm/s - 11 Hz
 Kanal: 2: 2.49 mm/s - 7 Hz
 Kanal: 3: 1.41 mm/s - 9 Hz
 Vector Summe Block 1: 2.69 mm/s - 397.9 ms

Anlage 4.10

ZEB/SM-3E
 DIN 45669-C3HV4-80

Wohnhaus Oberauer

Start der Messung:
 06.11.18 17:11:20

Trisser: 0.5 mm/s

E-Nr.	Datum	Zeit	
X	Y	Z	VRmax
01	06.11.	17:17:01	
0.8	0.7	0.5	1.1 mm/s
18	16	14	Hz
⑦ 02	06.11.	17:17:02	
0.9	0.8	0.6	1.1 mm/s
4	6	5	Hz
03	06.11.	17:17:03	
0.6	0.8	0.4	1.1 mm/s
5	5	6	Hz
04	06.11.	17:20:30	
0.8	0.7	0.7	1.1 mm/s
12	8	11	Hz
② 05	06.11.	17:20:31	
0.7	0.4	0.4	0.7 mm/s
5	10	9	Hz

Ende der Messung:
 06.11.18 17:24:47

