



Von der IHK Braunschweig öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für allgemeine Sprengarbeiten und Großbohrlochsprengungen

Am Schütt 8
D – 38685 Langelsheim
Tel.: 0 53 26/ 9 39 21
Fax: 0 53 26/ 9 39 29
Mobil: 0173 / 7 25 42 49

Albrecht-SV@GMX.de

Thomas Albrecht · Am Schütt 8 · 38685 Langelsheim

HeidelbergCement AG
Zementwerk Ennigerloh - Steinbruch Warstein
Am Hillenberg 14
59581 Warstein

Sachverständige Stellungnahme zu Gewinnungssprengungen im Zuge der geplanten Westerweiterung des Steinbruchs Lohbusch der Firma HeidelbergCement AG in Warstein

Auftraggeber: Heidelberg Sand und Kies GmbH
Herrn Martin Wollschläger
Wocklumer Allee 1
58802 Balve

Auftragsdatum: 10. August 2022

Diese Stellungnahme 2022/08-HC-Loh hat einen Umfang von 29 Seiten.

Sie dient nur dem oben genannten Zweck.



Inhaltsverzeichnis

1	Präambel.....	4
1.1	Allgemeines	4
1.2	Auftragsinhalt	5
1.3	Vom AG erhaltene Unterlagen	5
1.4	Verwendete Literatur.....	6
1.5	Hinweis zu Hilfskräften	6
2	Abbaukonzept, benachbarte Objekte und sprengtechnische Daten.....	7
2.1	Abbaukonzept	7
2.2	Benachbarte Objekte.....	8
2.3	Sprengtechnische Daten	9
2.3.1	Gewinnungssprengungen im Strossenbau	9
2.3.2	Zündtechnik	10
2.3.3	Sprengtechnische Parameter	10
3	Sprengemissionen.....	12
3.1	Steinflug	12
3.2	Sprengschwaden	13
3.3	Staub	14
3.4	Lärm/Schalldruck	14
3.5	Sprengerschütterungen (allgemein)	14
4	Beurteilung und Prognose von Sprengerschütterungen	15
4.1	DIN 4150-2 – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	15
4.2	DIN 4150-3 – Einwirkungen auf bauliche Anlagen.....	17
4.3	Prognose von Sprengerschütterungen	19
4.3.1	Einwirkungen auf bauliche Anlagen.....	19
4.3.2	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	22
5	Immissionsorte mit Zuordnung zu Gefährdungsbereichen.....	25
6	Beurteilung von Sprengemissionen, Maßnahmen	26
6.1	Steinflug/Sprengbereich	26



6.2	Sprengschwaden	27
6.3	Staub	27
6.4	Lärm/Schalldruck	27
6.5	Sprengerschütterungen.....	28
6.6	Zusammenfassende Beurteilung der Sprengemissionen.....	28
7	Zusammenfassung.....	29



1 Präambel

1.1 Allgemeines

Die Firma HeidelbergCement AG betreibt südlich der Stadt Warstein die Steinbrüche Morgensonne, Kupferkuhle und Lohbusch zur Gewinnung von Kalkstein.

Zur langfristigen Standortsicherung ist eine Erweiterung des bestehenden Steinbruchs Lohbusch in westlicher Richtung geplant.

Die geplante Erweiterung mit einer Fläche von ca. 8,66 ha grenzt östlich an den Weg „Nuttlarer Pfad“ und hat eine Ost-West-Ausdehnung von ca. 400 m.

Die nördliche Grenze verläuft an der Straße „Am Hillenberg“. Die größte Nord-Süd Ausdehnung liegt bei ca. 240 m im östlichen Bereich.

Die südliche Grenze verläuft entlang eines auf dem Gelände vorhandenen Wirtschaftsweges (Flurstück 386).



Bild 1 - Erweiterungsfläche (Quelle: Scopingvorlage vom 20.01.2022)



1.2 Auftragsinhalt

Die Gewinnung des Kalksteins in der geplanten Erweiterungsfläche soll wie in den bestehenden Steinbrüchen mit der in der Rohsteingewinnung häufig angewendeten Bohr- und Sprengtechnik erfolgen.

Dabei soll das Gestein im Aufschlussbereich mit kleineren Lockerungs- und Flächensprengungen und im Gewinnungsbereich mit ein- und mehrreihigen Strossensprengungen, die überwiegend als Großbohrlochsprengungen nach SprengTR 310 – Sprengarbeiten ausgeführt werden, gelöst und in lade- und förderfähiges Haufwerk zerkleinert werden.

Die sachverständige Stellungnahme soll die für diese Erweiterung vorgesehene Bohr- und Sprengtechnik näher betrachten, Empfehlungen für sicher anwendbare bohr- und sprengtechnische Parameter abgeben und die zwangsläufig bei Sprengungen entstehenden Emissionen prognostizieren und beurteilen.

Dabei sind die unter 2.1 geplanten Abbaurichtungen zu berücksichtigen.

Der Schutz der Nachbarschaft muss unter Einhaltung der für die auftretenden Immissionen jeweils zulässigen Grenz- und/oder Anhaltswerte gewährleistet sein.

1.3 Vom AG erhaltene Unterlagen

- Scoping-Vorlage zur Steinbrucherweiterung Lohbusch West der Firma GeoConsult Busch, Aachen, vom 20.01.2022
- Ergebnisprotokoll zum Scoping-Termin vom 03.03.2022 zur Steinbrucherweiterung Lohbusch West der Firma HeidelbergCement AG in Warstein
- Liegenschaftskarte der geplanten Erweiterung Lohbusch West im Maßstab 1:1.500 vom 28.04.2022 als pdf-Datei
- Spreng- und erschütterungstechnisches Gutachten vom Sachverständigen Dipl.-Ing. Josef Hellmann für die Erschließung des Kalksteinbruchs Lohbusch West der Firma H. Brühne Baustoff und Transport GmbH vom 04.04.2008
- Nutzungs- und Verträglichkeitsabkommen zwischen der Warsteiner Brauerei und den damals benachbarten Steinbruchbetreibern (Brühne, Köster, Dyckerhoff) vom 30.03.2001
- Nachtrag zu dem vorgenannten Nutzungs- und Verträglichkeitsabkommen zwischen der Warsteiner Brauerei und den benachbarten Steinbruchbetreibern (HeidelbergCement, Köster, Dyckerhoff) vom 30.09.2019



1.4 Verwendete Literatur

- SprengG - Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz), Stand Juli 2021
- SprengTR 310 - Sprengarbeiten, Stand Oktober 2016
- DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 1, Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Stand Juni 2001
- DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Stand Juni 1999
- DIN 4150, Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, Stand Dezember 2016
- DIN 45669 Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 1, Schwingungsmesser - Anforderungen und Prüfungen, Stand September 2010
- DIN 45669 Messung von Schwingungsimmissionen, Teil 2, Messverfahren, Stand Juni 2005
- TA Lärm - Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz, Stand August 1998

1.5 Hinweis zu Hilfskräften

Die vorliegende Stellungnahme wurde von mir persönlich erstattet.
Es erfolgte keine Mitarbeit von Hilfskräften.



2 Abbaukonzept, benachbarte Objekte und sprengtechnische Daten

2.1 Abbaukonzept

Innerhalb der geplanten Erweiterungsfläche ist eine Rohstoffgewinnung in der östlichen Hälfte auf den Flurstücken 63, 64, 65, 66, 211, 212, 332 und 333 vorgesehen.

Die Zufahrt zu der Erweiterungsfläche erfolgt über die nordöstliche Ecke. Hier soll der Aufschluss der Lagerstätte für eine obere Abbaustrosse in südlicher Richtung beginnen und im weiteren Verlauf zur Erschließung der unteren Abbaustrossen in nördlicher Richtung fortgesetzt werden. In diesem Bereich wird überwiegend mit Lockerungs- und kleineren Flächensprengungen gearbeitet. Mit zunehmender Tiefe können auch Strossensprengungen notwendig werden, bei denen die Sprengrichtung nach Norden oder Süden weist.

Die Hauptabbaurichtung verläuft anschließend nach Westen, woraus sich eine Hauptsprengrichtung nach Osten ergibt.

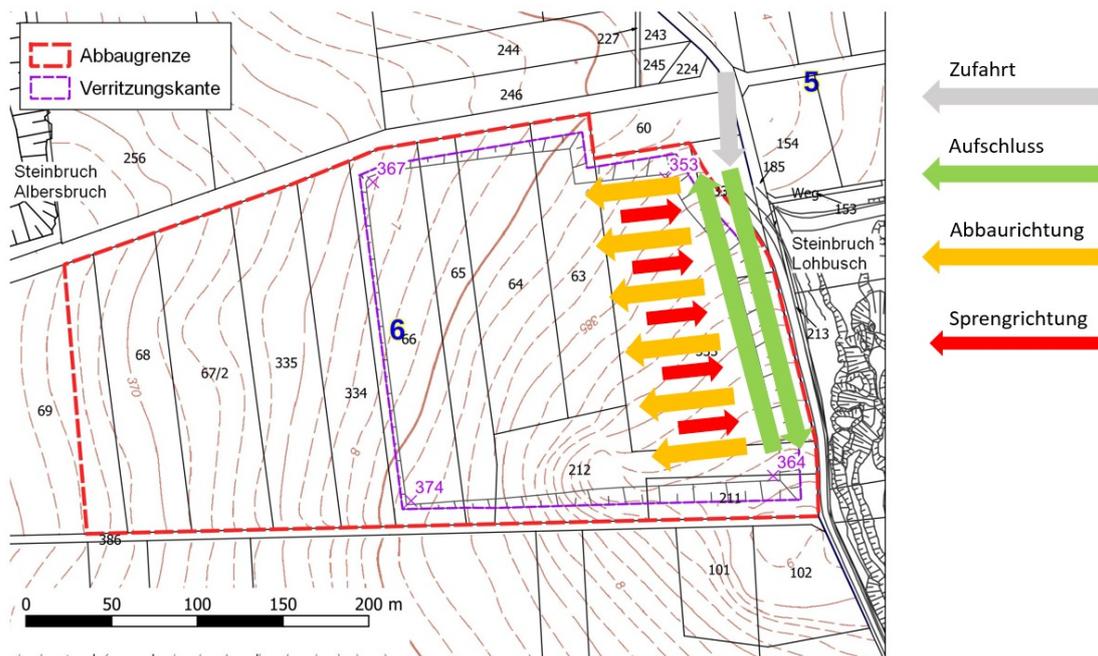


Bild 2 – Übersicht Abbauplan

Die geplanten End-Abbautiefen im vorgesehenen Abbaubereich liegen im Nordosten bei 353 m NHN und im Südwesten bei 374 m NHN.

Daraus ergeben sich Abbaumächtigkeiten von ca. 30 m im östlichen und ca. 10 m im westlichen Bereich.



Nach mechanischer Beseitigung der überlagernden Abraumschichten soll der Abbau in Abhängigkeit der Lagerstättenausbildung auf voraussichtlich ein bis drei Teilsohlen erfolgen.

Die finalen Höhen der einzelnen Teilsohlen ergeben sich im laufenden Gewinnungsbetrieb u. a. auch aus der Lagerstättenausbildung im Abbaubereich.

Für diese Stellungnahme nehme ich die folgende Variante an:

Eine obere Sohle mit einer Strossenhöhe von ca. 12 m im südöstlichen Bereich, die bei söhligem Abbau Richtung Westen auf null ausläuft.

Darunter ein oder zwei Teilsohlen mit einer maximalen Strossenhöhe von bis zu ca. 20 m, die hier für die Sprengplanung und Emissionsprognose zugrunde gelegt wird.

2.2 Benachbarte Objekte

Um den geplanten Abbaubereich befinden sich folgende Objekte, die in die Emissionsbetrachtung einfließen (siehe auch Punkt 5 – Lage der Immissionsorte):

Campingplatz Warsteiner Welt (Immissionsort IO 1) mit einer Entfernung von ca. 400 m zur südlichen Abbaugrenze.

Besucherzentrum Warsteiner Welt (Immissionsort IO 2) mit einer Entfernung von ca. 520 m zur südlichen Abbaugrenze.

Reitschule Plückers Hoff (Immissionsort IO 3) mit einer Entfernung von ca. 440 m zur westlichen Abbaugrenze.

Restaurant Plückers Hoff (Immissionsort IO 4) mit einer Entfernung von ca. 620 m zur westlichen Abbaugrenze.

Wohnbebauung an der Straße „Homertrift“ (Immissionsort IO 5) mit einer Entfernung von ca. 700 m zur westlichen Abbaugrenze.

Wohnbebauung an der Straße „Am Hillenberg“ (Immissionsort IO 6) mit einer Entfernung von ca. 660 m zur westlichen Abbaugrenze.

Wohnbebauung an den Straßen „Bergpfad“ und „Walkemühle“ (Immissionsort IO 7) mit einer Entfernung von ca. 780 m zur nördlichen Abbaugrenze.

Stallanlage des landwirtschaftlichen Hofes „Enste-Sieren“ (Immissionsort IO 8) mit einer Entfernung von ca. 680 m zur nordöstlichen Abbaugrenze.

Gewerbegebiet „Enkerbruch“ (Immissionsort IO 9) mit einer Entfernung von ca. 900 m zur östlichen Abbaugrenze.



Landwirtschaftliche Nutzgebäude am Nuttlarer Pfad (Immissionsort IO 10) mit einer Entfernung von ca. 310 m zur südlichen Abbaugrenze.

Eisenbahntrasse der WLE (Immissionsort IO 11) mit einer Entfernung von ca. 220 m zur südlichen Abbaugrenze.

Ansonsten befinden sich um die Abbauf Flächen herum land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen, sowie öffentlich befahrbare Straßen und Feldwege mit geringer Verkehrsdichte, die gut einsehbar sind.

2.3 Sprengtechnische Daten

2.3.1 Gewinnungssprengungen im Strossenbau

Der in dem Abbaugbiet anstehende Kalkstein wird bei Abbaustrossenhöhen von bis zu 20 m überwiegend mit Großbohrlochsprengungen gemäß Spreng-TR 310 gelöst.

Eine Großbohrlochsprengung ist eine Sprengung zur Gewinnung von Gesteinen und Mineralien bei der die Sprengbohrlöcher länger als 12 m sind.

Der Einsatz dieser Sprengtechnik ist bundesweit (und auch international) in Betrieben der Rohstoffindustrie ein gängiges Verfahren um einen kompakten Gesteinskörper in lade-, transportier- und aufbereitungsfähiges Haufwerk zu zerkleinern.

Dabei werden nach vorhergehender Planung nach einem festgelegten Raster und vorgegebenen Richtungen und Neigungswinkeln von oben Bohrlöcher in dem zu lösenden Gesteinskörper erstellt. Die Länge der Bohrlöcher entspricht dabei der geplanten Strossenhöhe zuzüglich einer eventuell erforderlichen Unterbohrung der Fördersohle.

Für die Erstellung der Bohrlöcher werden moderne dieselhydraulisch angetriebene Bohrgeräte eingesetzt, die eine hohe Bohrgenauigkeit und damit auch die Einhaltung der vorgegebenen Bohrparameter (Bohrlochneigung und -richtung) gewährleisten.

Vor dem Einbringen des Sprengstoffs wird die Qualität der Bohrlöcher über einen Vergleich der Soll- und Istwerte der Bohrparameter überprüft. Sollten dabei Abweichungen außerhalb des jeweiligen Toleranzbereichs festgestellt werden, die sicherheits- und emissionsrelevant sein können, werden geeignete Maßnahmen (z. B. Zwischenbesatz, gestreckte Ladesäule, größerer Sprengbereich) eingeleitet, die die Abweichungen kompensieren können.

Anschließend werden die Bohrlöcher mit der für eine zielgerichtete Zertrümmerung des zu gewinnenden Gesteins erforderlichen Sprengstoffmenge beladen. Dafür sollen in diesem Tagebau vorwiegend patronierte gelatinöse Sprengstoffe und patronierte Emulsionssprengstoffe verwendet werden.



Der erforderliche spezifische Sprengstoffaufwand für die hier geplanten Gewinnungssprengungen liegt nach Erfahrungswerten aus dem benachbarten Steinbruch Lohbusch zwischen ca. 0,350 kg und 0,500 kg Sprengstoff je fm^3 Gestein.

2.3.2 Zündtechnik

Für die Initiierung der Sprenganlagen wird primär das nichtelektrische Zündsystem eingesetzt. Alternativ könnten auch elektrische oder elektronische Zündsysteme zur Anwendung kommen.

Bei der nichtelektrischen Zündung sind durch die systemtypische Entkoppelung von Zünd- und Verzögerungszeiten viele Varianten der Zündzeitverzögerung, sowie eine nahezu unbegrenzte Anzahl von Sprengbohrlöchern mit einmaligen effektiven Zündzeiten planbar.

Die Verwendung des nichtelektrischen Zündsystems in diesem Tagebau trägt dazu bei, dass die maximale Lademenge je Zündzeitstufe möglichst weit reduziert wird.

Zur Sicherstellung der Detonationsübertragung im Sprengbohrloch wird eine Sprengschnur mit einem Mindestfüllgewicht von 20 g Nitropenta je Meter über die komplette Länge der Ladesäule mit eingebracht.

Die Zündung der Ladesäulen erfolgt bei den Großbohrlochsprengungen unter Anwendung der redundanten Zündtechnik (2 Sprengzünder je Ladesäule) mit primärer Initiierung aus dem Bohrlochtiefersten.

2.3.3 Sprengtechnische Parameter

Die Gewinnungssprengungen auf den Teilsohlen können unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten aus vergleichbaren Gewinnungsbetrieben im Rahmen der folgenden sprengtechnischen Parameter ausgeführt werden.

mögliche sprengtechnische Parameter

Bruchwandhöhe	max. 20 m
Unterbohrung der Sohle	max. 2,0 m
Bohrlochneigung	75° bis 85°
Bohrlochlänge	max. 22,5 m
Vorgabe der Bohrlöcher 1. Reihe	3,5 bis 4,0 m
Reihenabstand ab 2. Reihe	3,0 bis 3,5 m
Abstand der Bohrlöcher	2,5 bis 3,5 m
Bohrlochdurchmesser	89 bis 102 mm
Endbesatzzone	3,0 bis 4,0 m
Gesteinsvolumen je Bohrloch	max. 280 fm^3



Auf Grundlage der bisher im Steinbruch Lohbusch durchgeführten Gewinnungs-sprengungen und der aktuell eingesetzten Bohr- und Sprengtechnik sollen die folgenden Sprengparameter, die auch als Grundlage für die Emissionsprognose dienen, bevorzugt angewendet werden.

empfohlene sprengtechnische Parameter

Abbaustrossenhöhe	10,0 m	15,0 m	20,0 m
Unterbohrung der Sohle	2,0 m	2,0 m	2,0 m
Bohrlochneigung	80°	80°	80°
Bohrlochlänge	12,5 m	17,5 m	22,5 m
Vorgabe der Bohrlöcher 1. Reihe	3,7 m	3,7 m	3,7 m
Reihenabstand ab 2. Reihe	3,0 m	3,0 m	3,0 m
Abstand der Bohrlöcher	3,0 m	3,0 m	3,0 m
Bohrlochdurchmesser	92 mm	92 mm	92 mm
Volumen je Bohrloch 1. Reihe	111,0 fm ³	166,5 fm ³	222,0 fm ³
Endbesatzzone	3,0 m	3,0 m	3,0 m
Fußladung	25,0 kg gel. Sprengstoff	25,0 kg gel. Sprengstoff	25,0 kg gel. Sprengstoff
Aufladung	20,0 kg EMS-Sprengstoff	45,0 kg EMS-Sprengstoff	70,0 kg EMS-Sprengstoff
Gesamtlademenge je Bohrloch	45,0 kg	70,0 kg	95,0 kg
Bohrlöcher je Zündzeitstufe	1 Stck.	1 Stck.	1 Stck.
max. Lademenge/Zündzeitstufe	45,0 kg	70,0 kg	95,0 kg
spez. Sprengstoffeinsatz 1. Reihe	0,405 kg/fm ³	0,420 kg/fm ³	0,428 kg/fm ³

Mehrreihensprengung – Kopflöcher mit Unterbohrung
 Beispielhafte Darstellung eines Ladesäulenaufbaus

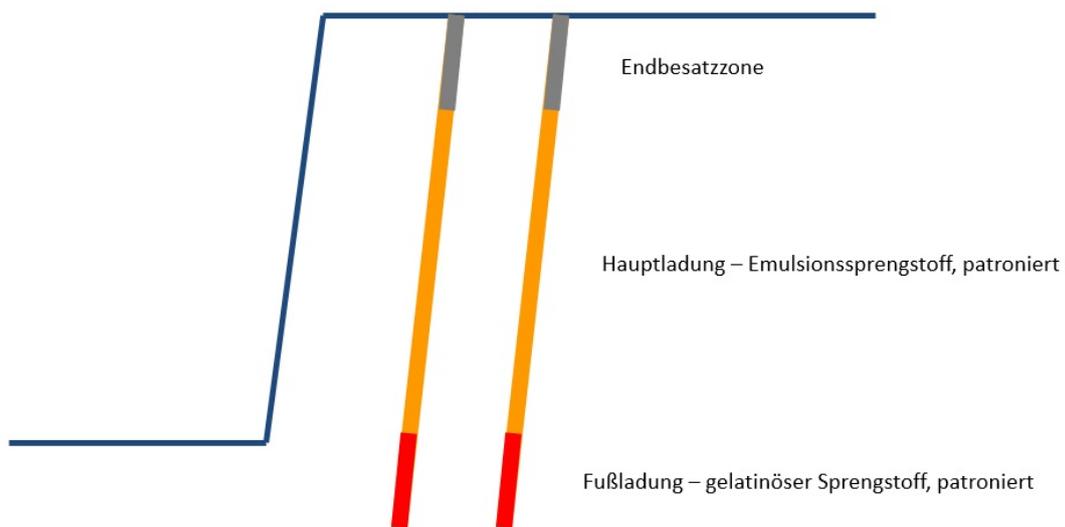


Bild 3 – Beispiel eines Ladesäulenaufbaus



3 Sprengemissionen

Bei der Ausführung von Gewinnungssprengungen kommt es zwangsläufig zu unterschiedlichen Emissionen, die im Folgenden näher beschrieben werden.

3.1 Steinflug

Steinflug aus Sprenganlagen kann aus verschiedenen Zusammenhängen entstehen. Ursache ist aber immer eine flächige oder punktuelle Überladung des Gesteinskörpers.

Im Wesentlichen kann Steinflug im Bereich der Ausbruchsfläche in Sprengrichtung streuen, oder auch aus dem Bereich des Bohrlochmundes mit Auswurf nach oben in den Seiten- und Rückraum der Sprenganlage gelangen.

Grundvoraussetzung für die Vermeidung von Steinflug ist die Einhaltung des für das jeweilige Sprengobjekt ermittelten spezifischen Sprengstoffaufwands im Bereich der Ausbruchsfläche, sowie die Einhaltung einer Mindestbesatzzone am Bohrlochmund.

Um dies zu gewährleisten, wird jede Strossensprengung vermessen und die zu erstellenden Bohrlöcher werden in einem 2D- oder 3D-Modell mit Ansatzpunkt, Richtung, Neigung und Tiefe vorab geplant.

Nach Erstellung der Bohrlöcher werden die tatsächlichen Bohrparameter erfasst und mit den Soll-Werten verglichen, bzw. in das Modell integriert.

Damit ist eine qualitativ hochwertige Analyse der Sprenganlage gewährleistet.

Werden bereits bei der Planung oder während der Überprüfung der Sprenganlage Umstände ermittelt, die zu einer Überladung und damit zu Steinflug führen könnten, müssen entsprechende Maßnahmen zur Vermeidung von Steinflug eingeleitet werden.

Überladungen in der Ausbruchsfläche begründen sich erfahrungsgemäß aus Planungs- oder Bohrfehlern, nicht berücksichtigten Wandausbrüchen, oder verlaufenen Bohrlöchern. In diesem Fall sind die Bohrlöcher in den gefährdeten Bereichen nur mit reduzierter Ladung oder gar nicht zu beladen.

Ein weiterer Grund für Steinflug kann das Verlaufen von Sprengstoff in Hohlräume oder Klüfte sein, was ebenfalls zu einer punktuellen Überladung führt. Ein kontinuierliches Überwachen des Ansteigens der Ladesäule lässt hier eventuell auftretende Probleme früh erkennen und geeignete Maßnahmen (z. B. Verwendung von Zwischenbesatz) können eingeleitet werden.

Zur Vermeidung von Steinflug aus dem Bereich des Bohrlochmundes soll die Länge der Endbesatzzone mindestens 75% der Vorgabe bzw. des Seitenabstands (der größere Wert ist zu Grunde zu legen) des Bohrlochs betragen.



Eine günstige Abbauführung kann auch dazu beitragen, das Steinflugrisiko zu reduzieren. Die Abbaurichtung sollte möglichst so gewählt werden, dass sich gefährdete Objekte nicht in Ausbruchsrichtung, sondern seitlich oder im Rückraum der Sprenganlage befinden.

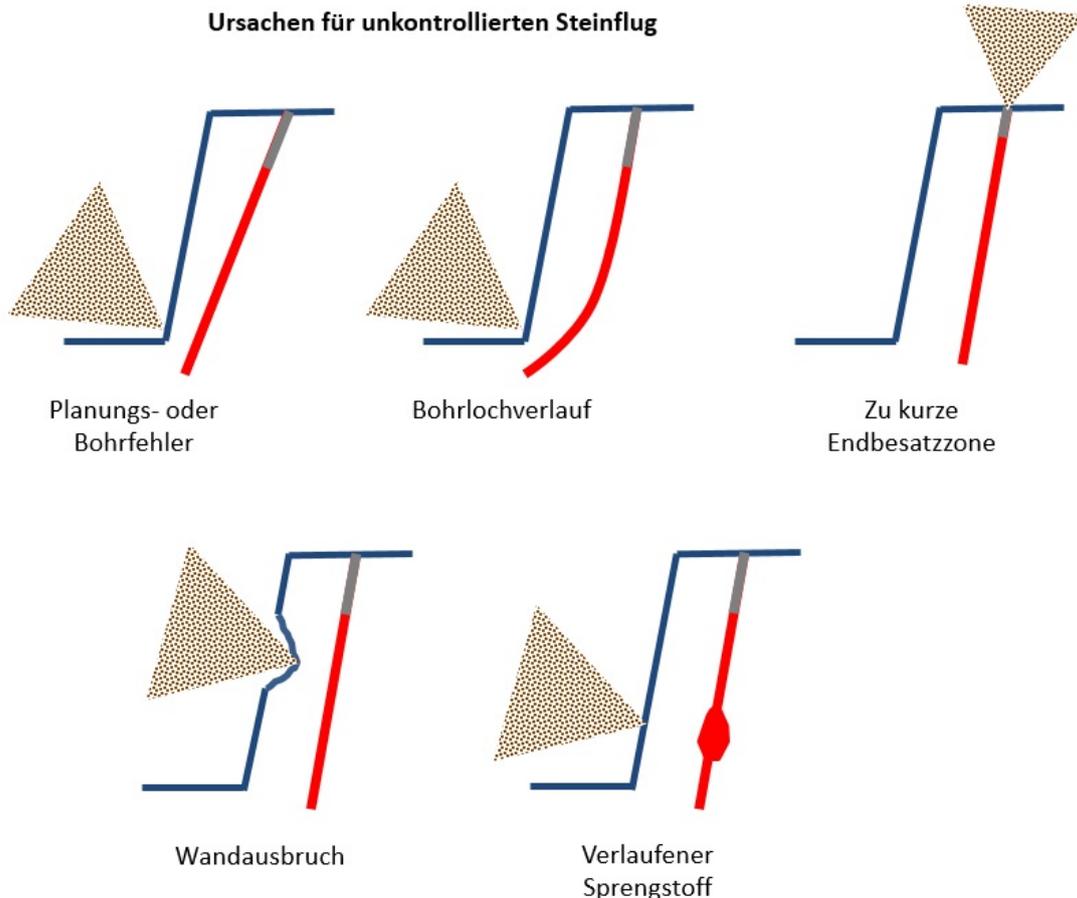


Bild 4 – Ursachen für Steinflug

3.2 Sprengschwaden

Mit Sprengschwaden werden die Gase bezeichnet, die bei der detonativen Umsetzung des Sprengstoffs entstehen und für eine erfolgreiche Sprengung (z. B. Werfen der Vorgabe bei Gewinnungssprengungen) zwingend notwendig sind.

Je kg Sprengstoff werden, in Abhängigkeit des Sprengstofftyps, bei der Umsetzung ca. 900 bis 1.000 l Gas entwickelt. Im Wesentlichen entstehen dabei stabile Verbrennungsprodukte in Form von Kohlenstoffdioxid (CO_2), Stickstoff (N_2) und Wasserdampf (H_2O). Zusätzlich entstehen noch in geringen Mengen Kohlenstoffmonoxid (CO) und Stickstoffoxide (NO , NO_2).

3.3 Staub

Durch die Zerstörung des Gesteinskörpers und das Werfen des Haufwerks entstehen mit der Sprengung auch Gesteinsstäube. Weiterhin werden durch das Niederlegen des Haufwerks auf der Fördersohle dort bereits vorhandene Stäube aufgewirbelt. Der Umfang der bei den Sprengungen entstehenden Gesteinsstäube ist letztendlich auch stark von den Umgebungsbedingungen (nass/trocken) und den aktuellen Witterungsbedingungen (Sonne/Regen/Luftfeuchtigkeit) abhängig.

3.4 Lärm/Schalldruck

Durch die hohe Umsetzungsgeschwindigkeit des Sprengstoffs kommt es zu Geräuschemissionen, die als Detonationsknall wahrgenommen werden können.

Die größten Schallemissionen bei Gewinnungssprengungen gehen bei der Verwendung von Sprengschnüren von eventuell am Bohrlochmund freiliegenden Sprengschnürenden aus.

Auch falscher oder fehlender Endbesatz kann zu verstärkten Lärmemissionen führen.

Vorwiegend in Ausbruchsrichtung kann es im Nahbereich der Umgebung zu Belästigungen durch Schalldruck kommen.

3.5 Sprengerschütterungen (allgemein)

Die bei der Umsetzung des im Bohrloch eingebrachten Sprengstoffs freiwerdende Energie wird im Wesentlichen in die Zertrümmerung des umgebenden Gebirges und das Werfen der jeweiligen Vorgabe (Massenbewegung) umgesetzt.

Ein Teil dieser Energie generiert aber auch verschiedene Schwingungen im Gesteinskörper, die im Nah- und Fernbereich unterschiedliche Auswirkungen zeigen. Für die Auswirkungen auf die weitere Umgebung der Sprengstelle haben die Rayleigh-Wellen (Oberflächen-Wellen) die größte Bedeutung.

Die bei einer Sprengung entstehenden Erschütterungen sind nicht vermeidbar, man kann aber bei der Planung der jeweiligen Sprenganlage mit unterschiedlichen Faktoren Einfluss auf die Stärke der Schwingungen nehmen. Dies sind u. a. die Höchstlademenge Sprengstoff je Zündzeitstufe, die Wahl des spezifischen Sprengstoffaufwands und der Aufbau der Zündanlagen (Zündsystem, Zündrichtung, Zündintervall).

Die Entfernung zur Emissionsquelle ist zudem noch ein wesentlicher Faktor für die zu erwartenden Erschütterungen am Immissionsort. Mit zunehmender Entfernung geht auch eine Reduzierung der Oberflächenwellen einher.

Weiterhin ist auch darauf zu achten, dass der für das jeweilige Gestein erforderliche spezifische Sprengstoffbedarf (q) möglichst genau eingehalten wird. Zu geringer Sprengstoffeinsatz würde zwangsläufig zu einer „Unterladung“ der Sprenganlage



führen. Der Sprengstoff steht dann zu sehr im Zwang und ist nicht mehr in der Lage die berechnete Vorgabe planmäßig zu werfen. Das führt zu einem erhöhten Energieeintrag ins umliegende Gebirge und damit auch zu einer Erhöhung der Sprengerschütterungen.

Aber auch Bohrfehler (z. B. verlaufene Bohrlöcher, zu tiefe Unterbohrung) oder ungünstige Zündzeitstufenplanung (Zündung aus dem Zwang) können diesen Effekt verstärken.

4 Beurteilung und Prognose von Sprengerschütterungen

Die Beurteilung und Prognose von Sprengerschütterungen erfolgt auf Grundlage der DIN 4150 mit den Teilen 1 bis 3.

Erschütterungen im Sinne dieser Norm sind mechanische Schwingungen fester Körper mit potentiell schädigender oder belästigender Wirkung für den Menschen, oder schädigender Wirkung für bauliche Anlagen.

Teil 1 dieser Norm gibt eine Anleitung für die Vorermittlung von Erschütterungen und enthält Verfahren, Angaben und Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen prognostiziert werden können.

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

Erschütterungen aus Sprengungen sind Einzelereignisse.

Die Normenreihe DIN 45669, Messung von Schwingungsimmissionen, besteht aus

- Teil 1: Schwingungsmesser — Anforderungen und Prüfungen und
- Teil 2: Messverfahren.

Die DIN 45669-2 legt ein Verfahren zur Messung von Schwingungen unter Verwendung der in DIN 45669-1 definierten Schwingungsmesser fest. Es enthält allgemeine Festlegungen für die Auswahl der Messorte und Messrichtungen, sowie Grundsätze zur einheitlichen Durchführung von Messungen im Rahmen des Immissionsschutzes.

Die nach diesem Dokument ermittelten Größen dienen zur Beurteilung von Schwingungseinwirkungen auf Menschen in Gebäuden nach DIN 4150, Teil 2 und auf bauliche Anlagen nach DIN 4150, Teil 3.

4.1 DIN 4150-2 – Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Dieser Teil enthält Angaben für die Beurteilung von Erschütterungen im Frequenzbereich von 1 Hz bis 80 Hz, die in Gebäuden auf Menschen einwirken.



Grundsätzlich sollte der Mensch in Gebäuden, insbesondere in Wohnungen, so wenig wie möglich wahrnehmbaren Erschütterungen ausgesetzt werden. Wahrnehmbare Erschütterungen sind jedoch nach dem Stand der Technik nicht immer zu vermeiden.

Es werden Anforderungen und Anhaltswerte genannt, bei deren Einhaltung erwartet werden kann, dass in der Regel erhebliche Belästigungen von Menschen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen vermieden werden.

Die Messung der Schwingungsgrößen erfolgt in einer vertikalen (z) und zwei rechtwinklig zueinanderstehenden horizontalen Richtungen (x, y) auf der Decke des obersten Vollgeschosses.

Aus den Ergebnissen einer Schwingungsmessung, oder einer Prognose der zu erwartenden Schwingungsgrößen, muss anschließend die maximale bewertete Schwingstärke KB_{Fmax} (dimensionslos) bestimmt werden. Der ermittelte KB_{Fmax} - Wert wird mit den Anhaltswerten der Tabelle 1 aus DIN 4150-2 verglichen. Ist der KB_{Fmax} - Wert $< A_o$ der für den jeweiligen Einwirkungsort entsprechenden Zeile, liegen die Erschütterungen in einem Bereich, der nicht zu erheblichen Belästigungen führt.

Da übertägige Sprenganlagen nur bei ausreichenden Licht- und Sichtverhältnissen gezündet werden dürfen, wird dies i. d. R. tagsüber geschehen, so dass die Anhaltswerte aus der Spalte „Tags“ anzunehmen sind.

Tabelle 1: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen 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.



4.2 DIN 4150-3 – Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Dieser Teil legt ein Verfahren für die Ermittlung und Beurteilung der durch Erschütterungen verursachten Einwirkungen auf bauliche Anlagen fest. Das Dokument nennt Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten, die aus zahlreichen Messungen als Erfahrungswerte gewonnen wurden.

Für die Beurteilung sind die horizontalen Schwinggeschwindigkeiten in der obersten Deckenebene maßgebend. Alternativ zu einer direkten Messung in der obersten Deckenebene kann für die Beurteilung kurzzeitiger Erschütterungen, zu denen die hier beschriebenen Sprengerschütterungen zählen, auch am Gebäudefundament gemessen werden. Diese Messwerte werden anschließend mit einem entsprechenden Überhöhungsfaktor auf die oberste Deckenebene projiziert.

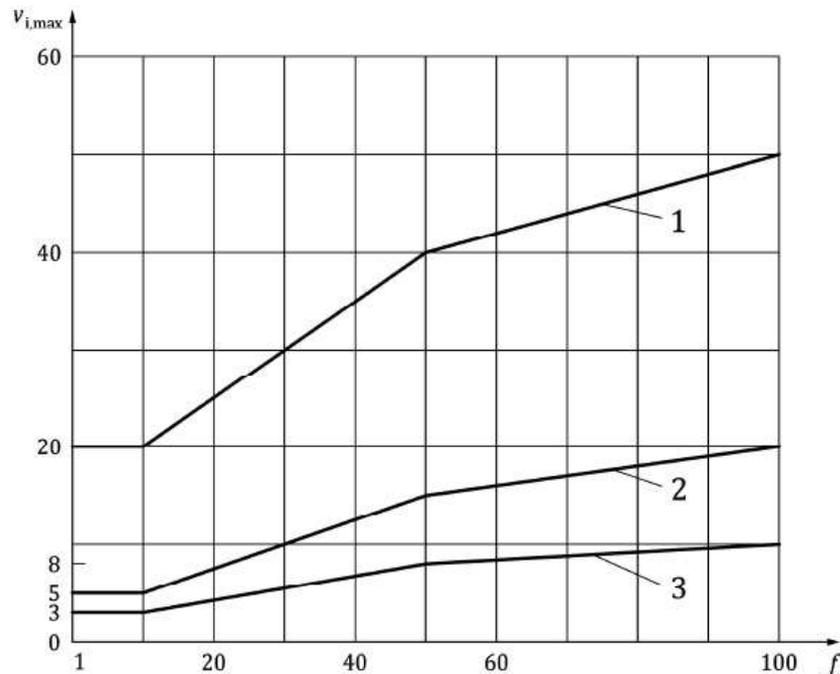
Für diese Beurteilung werden die prognostizierten Schwinggeschwindigkeit $v_{i,max}$ der drei Einzelkomponenten $i = x, y, z$ am Fundament herangezogen.

In Tabelle 1 und Bild 1 der DIN 4150-3 sind für verschiedene Gebäudearten Anhaltswerte für Schwinggeschwindigkeiten am Fundament und in der obersten Deckenebene angegeben.

Tabelle 1 — Anhaltswerte für $v_{i,max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude

-	Gebäudeart	Anhaltswerte für $v_{i,max}$ in mm/s				
		Fundament, alle Richtungen, $i = x, y, z$ Frequenzen			Oberste Deckenebene, horizontal, $i = x, y$	Decken, vertikal, $i = z$
		1 Hz bis 10 Hz	10 Hz bis 50 Hz	50 Hz bis 100 Hz ^a	alle Frequenzen	alle Frequenzen
Spalte Zeile	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 Zeile 2 entsprechen <u>und</u> besonders erhaltenswert (z. B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8	20 ^b
ANMERKUNG Auch bei Einhaltung der Anhaltswerte nach Zeile 1, Spalten 2 bis 5 können leichte Schäden nicht ausgeschlossen werden.						
^a Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.						
^b Unterabschnitt 5.1.2 Absatz 2 ist zu beachten.						





Legende

- | | |
|-------------|--|
| 1 | Zeile 1 |
| 2 | Zeile 2 |
| 3 | Zeile 3 |
| f | Frequenz (Hz) |
| $v_{i,max}$ | Betragsmaximalwert der Schwinggeschwindigkeit (mm/s) |

Bild 1 — Graphische Darstellung der Fundament-Anhaltswerte von Tabelle 1

Werden die Anhaltswerte nach Tabelle 1 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.

Die Anhaltswerte der o. g. Tabellen sind keine Grenzwerte.

Werden die Anhaltswerte nach Tabelle 1 überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden auftreten müssen. Bei Überschreitungen sind gegebenenfalls weitergehende Untersuchungen erforderlich.

Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen ist z. B.:

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



Bei Gebäuden nach Tabelle 1, 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.

4.3 Prognose von Sprengerschütterungen

Über verschiedene Formelwerke können die zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten an den im Einflussbereich der Sprengungen liegenden Objekten prognostiziert werden.

Sind die berechneten Maximalwerte kleiner als die Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150-3, Einwirkungen auf bauliche Anlagen, werden die Anforderungen an den Erschütterungsschutz eingehalten.

Gleiches gilt für den errechneten $KB_{F_{max}}$ - Wert, der mit den Anhaltswerten der Tabelle 1 der DIN 4150-2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, abzugleichen ist.

4.3.1 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Für diese Stellungnahme wird die folgende Prognoseformel nach BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe) von Lüdelling und Hinzen angewendet, die bevorzugt für den Fernbereich mit Abständen zwischen Spreng- und Immissionsort von > 100 m ausgelegt ist:

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

Dabei ist:

- v_i = maximale Schwinggeschwindigkeit (mm/s)
 k = Konstante für Gebirgsbeiwert (dimensionslos)
 L = Maximal Lademenge je Zündzeitstufe (kg)
 L_0 = Bezugsgröße der Lademenge (1 kg)
 b = Koeffizient der Lademenge
 R = Entfernung Sprengstelle – Immissionsort (m)
 R_0 = Bezugsgröße der Entfernung (1 m)
 m = Koeffizient der Entfernung



Für die Prognose der Einwirkung von Sprengerschütterungen auf ein Bauwerk wird bei der vorgenannten Formel für den Übergang von Bodenwellen auf das Bauwerksfundament üblicherweise ein Übergangsfaktor von 0,5 angewendet.

Da es im Regelbetrieb zu Streuungen bei den tatsächlich auftretenden Erschütterungsemissionen aus Gewinnungssprengungen kommen kann, verzichte ich aus Sicherheitsgründen auf die Anwendung dieses Übergangsfaktors.

Daraus ergibt sich ein zusätzlicher Sicherheitsfaktor von 2,0.

Zu Gewinnungssprengungen im aktiven Steinbruch Lohbusch wurden durch das ausführende Sprengunternehmen in der Vergangenheit mehrere Schwingungsmessungen im Gewerbegebiet Enkerbruch durchgeführt, die ich zum Teil persönlich begleitet habe.

Bei einer Entfernung von ca. 570 m zwischen Messort und Sprenganlage und Lademengen von bis zu 80 kg je Zündzeitstufe wurde die eingestellte Triggerschwelle des Messgerätes von 0,3 mm/s bei den von mir begleiteten Messungen nicht überschritten.

Auf Grundlage dieser Messergebnisse wurden von mir zur Prognose der zu erwartenden Sprengerschütterungen aus der Erweiterung Lohbusch West die Konstante und die Koeffizienten für die BGR-Formel wie folgt festgelegt:

$$k = 646, b = 0,59 \text{ und } m = -1,52$$

Die zum geplanten Abbaubereich nächstgelegenen baulichen Anlagen nach Zeile 1 der Tabelle 1 der DIN 4150-3 sind die landwirtschaftlichen Nutzgebäude am Nuttlarer Pfad (Immissionsort IO 10) mit einer Entfernung von ca. 310 m zur südlichen Abbaugrenze.

Die nächstgelegene Wohnbebauung nach Zeile 2 der Tabelle 1 der DIN 4150-3 ist das Restaurant Plückers Hoff (Immissionsort IO 4) mit einer Entfernung von ca. 620 m zur westlichen Abbaugrenze.

Eine zu berücksichtigende Besonderheit ist der Güllekeller der Stallanlage „Enstesieren“ (Immissionsort IO 8), der nach Vorgabe der zuständigen Aufsichtsbehörde als besonders erschütterungsempfindliches Gebäude nach Zeile 3 der Tabelle 1 der DIN 4150-3 zu bewerten ist. Diese Stallanlage liegt in einer Entfernung von ca. 680 m zur nordöstlichen Abbaugrenze.

Basierend auf der Lage der Immissionsorte und einer maximal geplanten Lademenge von 95 kg/Zündzeitstufe wurde die folgende Lademengen-Abstandstabelle berechnet, die einen Entfernungsbereich von 200 m bis 1.000 m abdeckt und die Zeilen 1, 2 und 3 aus der Tabelle 1, DIN 4150-3, berücksichtigt.



L/A-Tabelle nach BGR 646/0,59/-1,52	DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1, Zeile 1, $v_i = \text{max. } 20 \text{ mm/s bei } 10 \text{ Hz}$		DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1, Zeile 2, $v_i = \text{max. } 5 \text{ mm/s bei } 10 \text{ Hz}$		DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1, Zeile 3, $v_i = \text{max. } 3 \text{ mm/s bei } 10 \text{ Hz}$	
	Entfernung zur Sprengstelle (m)	Lademenge/ Zündzeitstufe (kg)	v_{max} am Fundament (mm/s)	Lademenge/ Zündzeitstufe (kg)	v_{max} am Fundament (mm/s)	Lademenge/ Zündzeitstufe (kg)
200	95	3,02	95	3,02	90	2,92
250	95	2,15	95	2,15	95	2,15
300	95	1,63	95	1,63	95	1,63
350	95	1,29	95	1,29	95	1,29
400	95	1,05	95	1,05	95	1,05
500	95	0,75	95	0,75	95	0,75
600	95	0,57	95	0,57	95	0,57
700	95	0,45	95	0,45	95	0,45
800	95	0,37	95	0,37	95	0,37
900	95	0,31	95	0,31	95	0,31
1000	95	0,26	95	0,26	95	0,26

Lademengen/Abstands-Tabelle

Prozentuale Bewertung der Prognose	DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1, Zeile 1, $v_i = \text{max. } 20 \text{ mm/s bei } 10 \text{ Hz}$		DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1, Zeile 2, $v_i = \text{max. } 5 \text{ mm/s bei } 10 \text{ Hz}$		DIN 4150, Teil 3 Tabelle 1, Zeile 3, $v_i = \text{max. } 3 \text{ mm/s bei } 10 \text{ Hz}$	
	Entfernung zur Sprengstelle (m)	v_{max} am Fundament (mm/s)	Verhältnis zum Anhaltswert	v_{max} am Fundament (mm/s)	Verhältnis zum Anhaltswert	v_{max} am Fundament (mm/s)
200	3,02	15%	3,02	60%	2,92	97%
250	2,15	11%	2,15	43%	2,15	72%
300	1,63	8%	1,63	33%	1,63	54%
350	1,29	6%	1,29	26%	1,29	43%
400	1,05	5%	1,05	21%	1,05	35%
500	0,75	4%	0,75	15%	0,75	25%
600	0,57	3%	0,57	11%	0,57	19%
700	0,45	2%	0,45	9%	0,45	15%
800	0,37	2%	0,37	7%	0,37	12%
900	0,31	2%	0,31	6%	0,31	10%
1000	0,26	1%	0,26	5%	0,26	9%

Bewertung der Prognose

4.3.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Für die Prognose und Beurteilung nach DIN 4150-2, Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Tabelle 1, ist der $KB_{F_{max}}$ -Wert zu berechnen und mit den Anhaltswerten aus der Tabelle 1 zu vergleichen.

Näherungsweise ist die Bestimmung der Beurteilungsgröße $KB_{F_{max}}$ aus der maximalen Schwinggeschwindigkeit und der Frequenz der Fundamentanregung nach folgender Formel möglich:

$$KB_{F_{max}} = KB \cdot c_F$$

Dabei ist:

- $KB_{F_{max}}$ = maximal bewertete Schwingstärke (dimensionslos)
- KB = KB-bewertetes Signal (dimensionslos)
- c_F = Konstante nach DIN 4150-2, Tabelle 3 (dimensionslos)

Bei Sprengungen handelt es sich um Einzelereignisse von kurzer Dauer, in der Regel ohne Resonanzbeteiligung. Danach ist der Wert für die Konstante c_F der Zeile 4 der Tabelle 3 zu entnehmen und beträgt 0,6.

Tabelle 3: Erfahrungswerte für die Konstante c_F für verschiedene Arten von Erschütterungseinwirkungen

Zeile	Kurzbeschreibung der Einwirkungsart ¹⁾	c_F ²⁾
1	Harmonische Schwingungen mit geringen Verzerrungen (z. B. Sägewerke in großer Entfernung oder bei wesentlicher Resonanzbeteiligung)	0,9
2	Wie Zeile 1, jedoch stärker verzerrt — mehr als etwa 20 % Verzerrungen (z. B. Sägewerke in enger Nachbarschaft, wenn noch mehrere Oberschwingungen vorhanden sind)	0,8
3	Stochastische Schwingungen und periodische Vorgänge mit Schwebungen a) mit Resonanzbeteiligung (z. B. Webereien, Rammern, gemessen auf mitschwingenden Wohnungsfußböden);	0,8
	b) ohne Resonanzbeteiligung (z. B. auf nicht unterkellerten Wohnungsfußböden)	0,7
4	Einzelereignisse kurzer Dauer a) mit Resonanzbeteiligung	0,8
	b) ohne Resonanzbeteiligung	0,6

1) Die Einordnung einer Messung in eine dieser Klassen sollte nach dem Bild der Schwingungsaufzeichnung erfolgen. Die genannten Beispiele sollten nur eine Orientierung geben, in welchen Situationen die einzelnen Klassen der Erschütterungseinwirkung häufig anzutreffen sind.
 2) Die Werte für c_F sind mittlere Erfahrungswerte. Abweichungen von etwa $\pm 15\%$ können auftreten.



Für die Berechnung des KB-bewerteten Signals ist die maximal zu erwartende Schwinggeschwindigkeit an der Decke des obersten Vollgeschosses unter Berücksichtigung der Gebäudedynamik zu Grunde zu legen. Für 2- bis 3-geschossige Wohnhäuser nach westeuropäischem Baustandard kann für erste Prognosen erfahrungsgemäß ein Überhöhungsfaktor von 2,5 zu den am Fundament ermittelten Schwinggeschwindigkeiten angenommen werden.

Damit ist zuerst das KB-bewertete Signal nach folgender Formel zu bestimmen:

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{v_{\max}}{\sqrt{1 + (f_0/f)^2}}$$

Dabei ist:

- KB = KB-bewertetes Signal (dimensionslos)
 V_{\max} = maximal zu erwartende Schwinggeschwindigkeit (mm/s)
 f_0 = Grenzfrequenz des Hochpasses (5,6 Hz)
 f = Frequenz (Hz)

Zur Tabelle 1 der DIN 4150-2 (siehe 4.1) gelten für selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen, dazu zählen grundsätzlich auch Erschütterungen aus Gesteinssprengungen, folgende zusätzliche Regelungen:

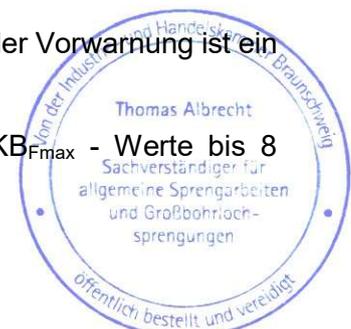
- Bei selten auftretenden und nur kurzzeitig einwirkenden Erschütterungen bis zu 3 Ereignissen je Tag, gilt die Anforderung als eingehalten, wenn die maximal bewertete Schwingstärke $KB_{F_{\max}}$ kleiner oder gleich dem oberen Anhaltswert A_0 nach Tabelle 1 ist.

Die hier betrachtete Wohnbebauung (Immissionsorte IO 5, IO 6 und IO 7) ist in Zeile 4 der Tabelle 1 einzuordnen. Danach ist ein zulässiger $KB_{F_{\max}}$ -Wert von 3 anzunehmen.

- 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 Gebieten nach Tabelle 1, Zeilen 3 und 4, auch die A_0 -Werte nach Zeile 1, wenn nur ein Ereignis je Tag stattfindet.

Innerhalb der hier genannten Sprengzeiten und bei entsprechender Vorwarnung ist ein zulässiger $KB_{F_{\max}}$ -Wert von 6 anzunehmen.

- In Ausnahmefällen (wenige Male je Jahr) dürfen die $KB_{F_{\max}}$ - Werte bis 8 betragen.



Die folgende Tabelle zeigt eine Prognose der maximal zu erwartenden KB_{Fmax} -Werte unter Berücksichtigung verschiedener Frequenzen und prognostizierten Schwinggeschwindigkeiten aus der Lademengen/Abstands-Tabelle aus Punkt 4.3.1 bei Entfernungen von 900 bis 600 m zum Emissionsort, sowie eine prozentuale Berechnung zu den A_O -Werten 6 und 3.

Mit diesem Entfernungsbereich werden alle nächstliegenden Wohngebäude erfasst.

Entfernung (m)	Fundament-anregung (mm/s)	Über-höhungs-faktor	erw. V_{max} Decke OG (mm/s)	Frequenz (Hz)	Konstante cF	KB_{Fmax} erwartet	KB_{Fmax} in % von A_O 6	KB_{Fmax} in % von A_O 3
900	0,31	2,5	0,78	10,00	0,6	0,29	4,83	9,67
800	0,37	2,5	0,93	10,00	0,6	0,34	5,67	11,33
700	0,45	2,5	1,13	10,00	0,6	0,42	7,00	14,00
600	0,57	2,5	1,43	10,00	0,6	0,53	8,83	17,67
900	0,31	2,5	0,78	20,00	0,6	0,32	5,33	10,67
800	0,37	2,5	0,93	20,00	0,6	0,38	6,33	12,67
700	0,45	2,5	1,13	20,00	0,6	0,46	7,67	15,33
600	0,57	2,5	1,43	20,00	0,6	0,58	9,67	19,33

KB_{Fmax} -Tabelle

An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass alle Prognosen, die hier erstellt wurden, auf Erfahrungswerten vergleichbarer Projekte beruhen. Eine Überprüfung der Prognosen durch Messungen im später laufenden Gewinnungsbetrieb wird empfohlen.



5 Immissionsorte mit Zuordnung zu Gefährdungsbereichen

In der folgenden Tabelle sind die nächstgelegenen berücksichtigten Immissionsorte aufgelistet und entsprechend der zu beurteilenden Gefährdung zugeordnet.

Nr.	Immissionsort	geringste Entfernung	Einstufung DIN 4150-3	Beurteilung nach DIN 4150-2	im Sprengbereich 300 m
IO 1	Campingplatz Warsteiner Welt	ca. 400 m	Zeile 1	nein	nein
IO 2	Besuchszentrum Warsteiner Welt	ca. 520 m	Zeile 1	nein	nein
IO 3	Reitschule Plückers Hoff	ca. 440 m	Zeile 1	nein	nein
IO 4	Restaurant Plückers Hoff	ca. 620 m	Zeile 2	nein	nein
IO 5	Wohnbebauung „Homertrift“	ca. 700 m	Zeile 2	ja	nein
IO 6	Wohnbebauung „Am Hillenberg“	ca. 660 m	Zeile 2	ja	nein
IO 7	Wohnbebauung „Bergpfad“ und „Walkemühle“	ca. 780 m	Zeile 2	ja	nein
IO 8	Stallanlage „Enste-Sieren“	ca. 680 m	Zeile 3	nein	nein
IO 9	Gewerbegebiet „Enkerbruch“	ca. 900 m	Zeile 1	nein	nein
IO 10	Landwirtsch. Nutzgebäude am Nuttlarer Pfad	ca. 310 m	Zeile 1	nein	nein
IO 11	Eisenbahntrasse der WLE	ca. 220 m			ja

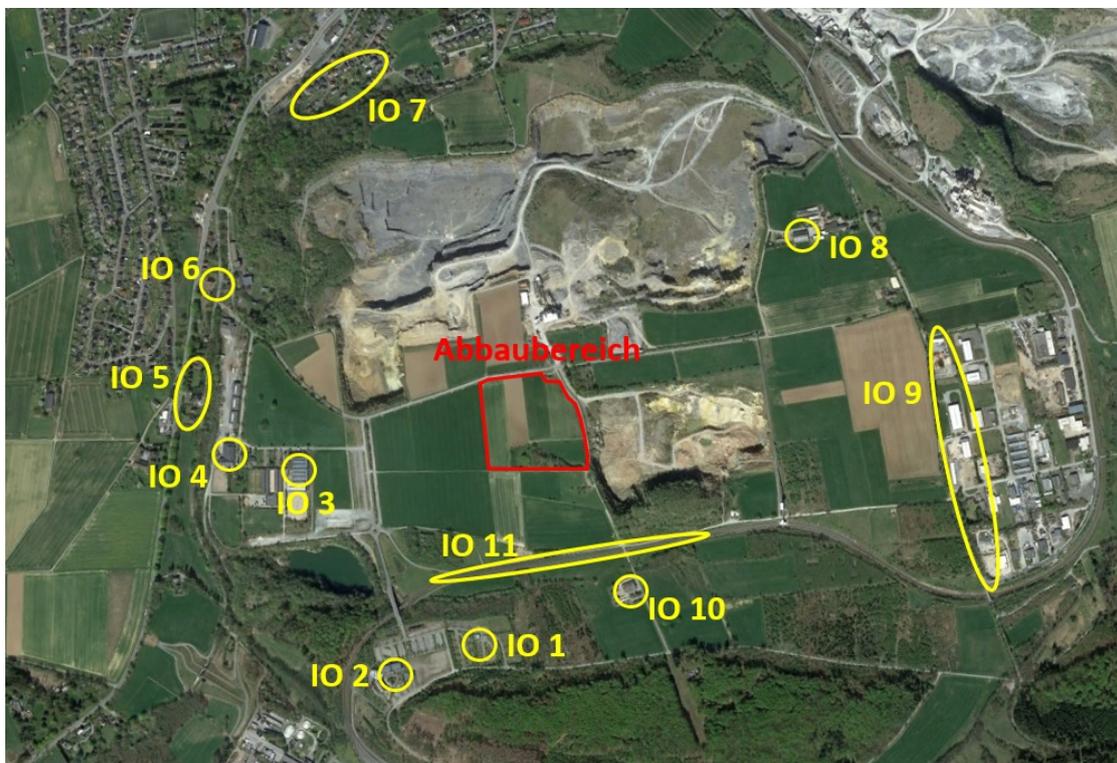


Bild 5 - Lage der Immissionsorte (Bildquelle: Google Earth Pro)



6 Beurteilung von Sprengemissionen, Maßnahmen

6.1 Steinflug/Sprengbereich

Der Sprengbereich ist der Bereich um eine Sprengstelle herum, in dem Streuflug nicht ausgeschlossen werden kann, oder in dem Personen- und/oder Sachschäden durch direkte Sprengwirkung entstehen können.

Gemäß SprengTR 310 - Sprengarbeiten umfasst der pauschale Sprengbereich einen Radius von 300 m um die Sprengstelle.

Diese Entfernungen werden zu den möglichen Sprenganlagen innerhalb der geplanten Abbaufäche von den Immissionsorten IO 1 bis IO 10 sicher eingehalten.

Die Eisenbahntrasse der WLE (IO 11) kann mit einer Entfernung von 220 m zur südlichen Abbaugrenze in Abhängigkeit des jeweiligen Abbaustands innerhalb des Regelsprengbereichs liegen.

Weiterhin befinden sich um das Abbaugebiet herum überwiegend land- und forstwirtschaftlich genutzte Flächen, sowie öffentlich zugängliche Straßen und Feldwege mit geringer Verkehrsdichte, die gut einsehbar sind.

Die Straßen und Wege sind entsprechend des jeweiligen Abbaustands und des festgelegten Sprengbereichs zu überwachen oder abzusperren.

Die Festlegung des Sprengbereichs kann auch abweichend von der pauschalen Vorgabe nach individuellen Anforderungen erfolgen.

Die SprengTR 310 – Sprengarbeiten bietet dafür die Möglichkeit, dass der verantwortliche Sprengberechtigte in Einvernehmen mit dem Erlaubnisinhaber den Sprengbereich verkleinern darf, wenn sichergestellt ist, dass Personen oder Sachgüter nicht gefährdet werden.

Der Sprengbereich muss auch nicht in allen Richtungen um die Sprenganlage gleich groß sein. So kann eine Verkleinerung des Sprengbereichs z. B. in den seitlichen Bereichen oder im Rückraum der Sprenganlage erfolgen, wenn entsprechende Vorkehrungen gegen Steinflug getroffen werden.

Zu den zu treffenden Vorkehrungen zählen u. a. die unter 3.1 aufgeführten Punkte zur qualitativ hochwertigen Planung und Analyse der Sprenganlage, sowie auch die Einhaltung von minimalen Vorgaben und maximal einzusetzender Sprengstoffmenge je Fest-m³ zu sprengendem Gestein (spezifischer Sprengstoffeinsatz). Eine zusätzliche Abdeckung der Sprengbohrlöcher kann ebenfalls dazu beitragen, das Steinflugrisiko in den Rückraum der Sprenganlage zu reduzieren.

Die Maßnahme „Verkleinerung des Sprengbereichs“ muss im Rahmen der Ermittlung und Beurteilung der Gefährdungen dargelegt werden.



Grundsätzlich ist an dieser Stelle noch anzumerken, dass die Verantwortung für Personen und Sachgüter primär beim ausführenden Sprengberechtigten liegt.

Werden bei der Überprüfung oder beim Besetzen der Sprenganlage Umstände ermittelt, die zu einer Überladung und damit zu Steinflug führen könnten, müssen entsprechende Sicherungsmaßnahmen (z. B. Vergrößerung des Absperrbereichs, zusätzliche Abdeckungen) eingeleitet werden, die eine Gefährdung von Personen und Sachgütern durch direkte Sprengwirkungen ausschließen.

Für den jeweils erforderlichen Sprengbereich ist ein Absperrplan zu erstellen. Die Hilfskräfte, die für Absperrmaßnahmen eingesetzt werden sollen, müssen vom verantwortlichen Sprengberechtigten vorab entsprechend eingewiesen werden. Eine störungsfreie Kommunikation (z. B. per Funk) zwischen dem verantwortlichen Sprengberechtigten und dem Absperrpersonal ist sicher zu stellen.

6.2 Sprengschwaden

Bei Sprengungen in Tagebaubetrieben werden die bei der detonativen Umsetzung des Sprengstoffs entstehenden Sprengschwaden nach erfolgter Sprengung sehr schnell mit der umgebenden Atmosphäre verdünnt und aufgelöst.

Durch die günstige Schwadenzusammensetzung moderner Sprengstoffe und die schnelle Verdünnung der Sprengschwaden mit der Umgebungsluft, können Belastungen im Umfeld des Betriebsgeländes weitestgehend ausgeschlossen werden.

6.3 Staub

Bei Sprenganlagen in der geplanten Größenordnung und unter Berücksichtigung, dass der hier zu gewinnende Kalkstein eine relativ hohe Eigenfeuchte hat, sind überhöhte und belastende Staubemissionen aus den in dieser Stellungnahme betrachteten Gewinnungssprengungen nicht zu erwarten.

Diese Annahme wird auch durch Erfahrungswerte aus in der Vergangenheit durchgeführten Gewinnungssprengungen vergleichbarer Größenordnungen im benachbarten Steinbruch Lohbusch bekräftigt.

6.4 Lärm/Schalldruck

In der TA Lärm sind in Abschnitt 6 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb und innerhalb von Gebäuden festgelegt.

Außerhalb von Gebäuden liegen die Richtwerte tagsüber für Gewerbegebiete bei 65 dB(A) und für reine Wohngebiete bei 50 dB(A). Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, um die es sich bei den Sprengungen handelt, dürfen diese Richtwerte am Tage um bis zu 30 dB(A) überschreiten.



Innerhalb von Gebäuden liegen die Richtwerte tagsüber bei 35 dB(A). Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, dürfen diese Richtwerte am Tage um bis zu 10 dB(A) überschreiten.

Zur Minderung der Emissionen durch Detonationsknall werden eventuell frei liegende Sprengschnurenden am Bohrlochmund in das Bohrloch eingeführt und mit Besatzmaterial abgedeckt. Die Besatzzonen der Sprengbohrlöcher werden mit körnigem Material vollständig verfüllt.

Zudem liegen die geplanten Sprenganlagen zum größten Teil unterhalb des natürlichen Geländeniveaus, was sich ebenfalls dämpfend auf die Lärmemissionen auswirkt.

Die Lärm- und Schalldruckemissionen werden mit diesen Maßnahmen erfahrungsgemäß soweit eingedämmt, dass die zulässigen Richtwerte der TA Lärm im Nahbereich eingehalten und im Fernbereich deutlich unterschritten werden.

Eine Belästigung durch Lärm- und/oder Schalldruck an den betrachteten Immissionsorten ist nicht zu erwarten.

6.5 Sprengerschütterungen

Unter Einhaltung der Lademengen je Zündzeitstufe aus der Lademengen-Abstandstabelle gemäß Abschnitt 4.3.1 können die voraussichtlich auftretenden Sprengerschütterungen wie folgt beurteilt werden:

An allen betrachteten Immissionsorten werden die jeweils heranzuziehenden Anhaltswerte der DIN 4150-3 für Bauwerke deutlich unterschritten.

Für die nächstgelegene Wohnbebauung (Immissionsort IO 5, IO 6 und IO 7) liegen die zu erwartenden Immissionen für Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden weit unter den in der DIN 4150-2 angegebenen Anhaltswerten.

Eine Reduzierung der geplanten Höchstlademenge von 95 kg je Zündzeitstufe ist nicht erforderlich.

6.6 Zusammenfassende Beurteilung der Sprengemissionen

Zusammenfassend ist festzustellen, dass bei regelkonformer Planung und Ausführung der Sprengarbeiten nach den in dieser Stellungnahme festgelegten Sprengparametern, und unter Einhaltung der Anforderungen der SprengTR 310 – Sprengarbeiten, davon ausgegangen werden kann, dass alle betrachteten Sprengimmissionen unter den jeweils vorgegebenen Grenz- und Anhaltswerten bleiben und nicht zu Schäden oder unzumutbaren Belästigungen führen.



7 Zusammenfassung

Die „Sachverständige Stellungnahme zu Gewinnungssprengungen im Zuge der geplanten Westerweiterung des Steinbruchs Lohbusch der Firma HeidelbergCement AG in Warstein“ wurde auftragsgemäß erstellt.

Es erfolgte eine Betrachtung aller relevanten Emissionen, die von den Gewinnungssprengungen im geplanten Abbaubereich ausgehen können.

Die prognostizierten Maximalwerte der zu erwartenden Immissionen liegen bei Einhaltung der empfohlenen Sprengparameter in solchen Bereichen, dass zulässige Grenz- und Anhaltswerte nicht erreicht werden und unzumutbare Belästigungen der Nachbarschaft sowie schädigende Einwirkungen auf Bauwerke nicht zu erwarten sind.

Im Regelbetrieb werden die tatsächlich verwendeten Lademengen je Zündzeitstufe voraussichtlich noch unter den für diese Prognosen verwendeten Lademengen liegen, was zu einer weiteren Reduzierung der zu erwartenden Sprengerschütterungen führt.

In Abhängigkeit von Abbaustand und Sprengrichtung sind der jeweils erforderliche Absperrbereich und die Maßnahmen zur Sicherung der naheliegenden Verkehrswege vom verantwortlichen Sprengberechtigten individuell festzulegen.

Eine sprengtechnische Gewinnung des in dem geplanten Abbaugbiet anstehenden Kalksteins ist unter Einhaltung der unter Punkt 2.3.3 beschriebenen Sprengparameter ohne zusätzliche Einschränkungen durchführbar.

Alle Sprengarbeiten sind nach SprengTR 310 – Sprengarbeiten auszuführen.

Mit Aufnahme des Sprengbetriebes sollen begleitende Sprengerschütterungsmessungen zur Überprüfung der in dieser Stellungnahme angenommenen Prognosen durchgeführt werden.

Die zwischen der Warsteiner Brauerei und den benachbarten Steinbruchbetreibern in dem Vertrag vom 27.03.2001 und dem Nachtrag vom 30.09.2019 vereinbarten Maßnahmen bleiben von dieser sachverständigen Stellungnahme unberührt.

Langelsheim, den 5. Dezember 2022



The image shows a handwritten signature in black ink over a blue circular official stamp. The stamp contains the following text: 'IHK Braunschweig' at the top, 'Thomas Albrecht' in the center, 'Sachverständiger für allgemeine Sprengarbeiten und Großbohrlochsprengungen' in the middle, and 'öffentlich bestellt und vereidigt' at the bottom.