

Erweiterung des Steinbruchs Enzberg

Natursteinwerke im
Nordschwarzwald
NSN GmbH & Co. KG

Sprengtechnisches Gutachten und Immissionsprognose

07.11.2018

Dipl.-Ing. G. A. Schmücker
Bethlehemstr. 59
D - 50126 Bergheim



Bei der IHK Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für über- und untertägige Gesteinssprengungen und
Immissionsprognosen



Spreng- und immissionstechnisches Gutachten

Projekt **Erweiterung des Steinbruchs Enzberg**

Inhaltsverzeichnis

| | | Seite |
|----------|---|-----------|
| 1 | Allgemeines | 03 |
| | 1.1 Auftraggeber | 03 |
| | 1.2 Allgemeine Erläuterungen zum Vorhaben | 03 |
| | 1.3 Auftrag und Vorgehensweise | 05 |
| | 1.4 Quellen als Grundlage zur Gutachtenerstellung | 05 |
| 2 | Verfahrensablauf im Steinbruch | 06 |
| 3 | Betriebsbeschreibung | 07 |
| | 3.1 Abbauführung | 07 |
| | 3.2 Umgebungssituation und Beschreibung der Immissionsobjekte | 08 |
| | 3.3 Bohrtechnik | 09 |
| | 3.4 Sprengtechnik | 10 |
| | 3.5 Zündverfahren | 11 |
| | 3.5.1 Elektrisches Zündverfahren | 12 |
| | 3.5.2 Weitere Zündverfahren | 12 |
| | 3.6 Zündungstechnik | 13 |
| 4 | Grundlagen | 14 |
| | 4.1 Sprengerschütterungen – Allgemeines - | 15 |
| | 4.2 Beurteilungsgrundlage für Sprengerschütterungsimmissionen | 16 |
| | 4.2.1 Einwirkungen auf bauliche Anlagen (DIN 4150 Teil 3) | 17 |
| | 4.2.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (DIN 4150 Teil 2) | 19 |
| | 4.3 Vorermittlung von Schwingungsgrößen (DIN 4150 Teil 1) | 20 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 5 | Immissionsprognose | 21 |
| 5.1 | Ermittlung der spezifischen Gebirgsbeiwerte | 24 |
| 5.2 | Immissionsprognose (Erschütterungen) | 27 |
| 5.3 | Steinflug – Ursachen und Vermeidung - | 29 |
| 5.4 | Sprengbereich und Absperrung | 30 |
| 5.5 | Sprengschwaden und Gesteinsstäube | 32 |
| 5.6 | Immissionsprognose (Schallpegel) | 32 |
| 6 | Schutzkonzept Sprengerschütterungen | 34 |
| 7 | Zusammenfassung | 35 |

Anhänge

| | | |
|----------|--|----|
| Anhang 1 | Übersichtskarte | 37 |
| Anhang 2 | Übersichtskarte mit Abständen zu den Immissionsobjekten | 38 |
| Anhang 3 | Lademengen-Abstandstabelle (Wohngebäude) | 39 |
| Anhang 4 | Lademengen-Abstandstabelle (Industriegebäude) | 40 |
| Anhang 5 | Lademengen-Abstandstabelle (Strommast) | 41 |
| Anhang 6 | Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle ($L_{\max} = 61$ kg) | 42 |
| Anhang 7 | Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle ($L_{\max} = 94$ kg) | 43 |
| Anhang 8 | Prinzipzeichnungen Steinfluggefahren | 44 |
| Anlage 1 | Maßstäblicher Lageplan mit den Immissionsorten | |
| Anlage 2 | Situation der Strommasten (20 KV) im Umfeld des Erweiterungsgebietes | |

Das Gutachten enthält 48 Seiten und 2 Anlagen.

1 **Allgemeines**

1.1 **Natursteinwerke im Nordschwarzwald**

NSN GmbH & Co. KG
Brettener Str. 80
75417 Mühlacker-Enzberg

1.2 **Allgemeine Erläuterungen zum Vorhaben**

Die Natursteinwerke im Nordschwarzwald NSN GmbH & Co. KG (im weiteren kurz Fa. NSN genannt) betreibt am Standort Enzberg (Stadt Mühlacker, Enzkreis), einen Steinbruch zur Gewinnung von Muschelkalk.

Zur Sicherung der Rohstoffversorgung des Schotterwerkes für die nächsten Jahre beantragt die NSN eine Erweiterung des Abbaus in östliche Richtung um ca. 5 ha entsprechend eines immissionsschutzrechtlichen Änderungsverfahrens nach § 16 BImSchG. Gemäß der vierten Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (4. BImSchV) ist demnach entsprechend der Ziffer 2.1.2 des Anhangs 1 für Steinbrüche mit einer Abbaufäche von weniger als 10 ha, soweit Sprengstoffe verwendet werden, ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren nach § 19 BImSchG ohne Öffentlichkeitsbeteiligung durchzuführen.

Unter Berücksichtigung der erforderlichen Abstandsflächen und des Flächenbedarfs für Ersatzwege beträgt die Gesamtfläche der Erweiterung ca. 5,7 ha.

Die Abgrenzung dieser Antragsfläche geht auf die zurückliegenden Verhandlungen der NSN mit der Stadt Mühlacker, dem Regionalverband Nordschwarzwald und einer Bürgerinitiative aus dem Ortsteil Enzberg zurück. Im Rahmen der Verhandlungen hat die NSN als Kompromissvorschlag die hier beantragte, 5 ha große Abbaufäche als letztmalige Erweiterung des Steinbruchs in östliche Richtung angeboten und sich im Gegenzug gegenüber dem Regionalverband Nordschwarzwald, der Stadt Mühlacker, dem Landratsamt Enzkreis und der Bürgerinitiative bereit erklärt, nach dieser abschließenden Erweiterung des Steinbruchs Enzberg auf alle weiteren langfristigen Erweiterungsoptionen im unmittelbaren Randbereich des bestehenden Steinbruchs zu verzichten. Diese Zusicherung wurde zwischenzeitlich sowohl in einem notariellen Vertrag zwischen der Stadt Mühlacker und der NSN als auch in einem raumordnerischen Vertrag mit dem Regionalverband Nordschwarzwald entsprechend fixiert.

Der derzeitige Abbau erfolgt auf der Basis verschiedener immissionsschutzrechtlicher Abbaugenehmigungen vom 23.03.1982, vom 07.06.1995 und insbesondere der zuletzt ergangenen immissionsschutzrechtlichen Änderungsgenehmigung vom 07.11.2003, in der auch die Rekultivierung des Gesamtgeländes geregelt ist. Zwei immissionsschutzrechtliche Entscheidungen vom 12.12.2006 und vom 24.05.2013 zu genehmigungsfreien Änderungen beziehen sich auf die Einrichtung und die Lage von Dauermessstellen zur Überwachung der Erschütterungsauswirkungen der Großbohrlochsprengungen beim Steinbruchbetrieb in Enzberg.

Die Abbildung 1 als auch der Anhang 1 (Übersichtskarte des Planungsbüros arguplan) zeigen eine geographische Übersicht der heutigen Abbausituation. Maßstäblich ist die Umgebungssituation in der Anlage 1 dargestellt. Der Steinbruch Enzberg der NSN befindet sich nordöstlich von Enzberg und ist über die L 1173 (Brettener Straße) an das örtliche Straßennetz angeschlossen. Die Erweiterungsfläche grenzt östlich an den bestehenden Abbaubereich an. Das Schotterwerk mitsamt den Aufbereitungsanlagen befindet sich innerhalb des alten Steinbruchgeländes.

Die vorgesehene Steinbrucherweiterung soll ausgehend vom aktiven Abbaubereich weiter in Richtung Nordosten erfolgen. An der Lage und der Beschaffenheit des Schotterwerkes und der darin befindlichen Anlagen sind keine Änderungen vorgesehen.

Da im Steinbruch Enzberg Kalksteine des Oberen Muschelkalks als Rohstoff für die Schotter- und Splittproduktion abgebaut werden, sind Bohr- und Sprengarbeiten als Löseverfahren erforderlich. Überlagert ist der nutzbare Muschelkalk von Schichten aus Lößlehm und des Unteren Keupers. Eine technische Verwertung des Überlagers ist nicht möglich, weshalb diese Schichten als Abraum anzusehen sind. Dieses gilt auch für größere Schichtanteile in den oberen Bereichen der Muschelkalklagerstätte die aus Trigonodus-Dolomit bestehen.



Abb. 1: Darstellung der heutigen Abbausituation anhand einer Google-Earth-Darstellung.

Die Abraummassen werden zum Teil für die Rekultivierung der vollständig abgebauten Tagebaubereiche eingesetzt.

Da aufgrund der Lage des Steinbruches innerhalb eines fachtechnisch abgegrenzten Wasserschutzgebiets kein Abbau in grundwasserführende Schichten vorgesehen ist, wird der Abbau in der Erweiterungsfläche in die Tiefe nicht durch die Haßmersheimer Schichten (nicht verwertbare Ton- und Kalksteinschichten, sondern durch die nach Nordosten zum Enztal hin geneigte Grundwasseroberfläche begrenzt. Vor diesem Hintergrund beträgt die mittlere nutzbare Rohstoffmächtigkeit im bestehenden Steinbruch ca. 50 m. Durch die bestehenden Begrenzungen der Lagerstätte durch den überlagernden Abraum sowie den Grundwasserkörper in die Tiefe, kann sich die Nutzbarkeit der Lagerstätte im Erweiterungsbereich gegenüber dem heutigen Abbaubereich etwas reduzieren.

Derzeit erfolgt die Gewinnung des Kalksteins mit zwei Hauptgewinnungssohlen (Sohlen 3 und 4) sowie eine Sohle 5 (Tiefgang), die als Ausgleichsschicht in die Tiefe bis zur genehmigten Endtiefe dient. Die oberen beiden Sohlen können dem Abraumabtrag zugerechnet werden.

| | | | |
|---------|-----------|------------|--------------------------|
| Sohle 1 | Kalkstein | ca. 3,0 m | Bruchwandhöhe |
| Sohle 2 | Dolomit | ca. 3,5 m | Bruchwandhöhe |
| Sohle 3 | Gewinnung | ca. 23,0 m | Bruchwandhöhe |
| Sohle 4 | Gewinnung | ca. 26,0 m | Bruchwandhöhe |
| Sohle 5 | Gewinnung | ca. 7,0 m | Bruchwandhöhe (Tiefgang) |

Tabelle 1: Betrieblich Nummerierungen der Sohlen und ihre Strossenhöhen (derzeitiger Abbau)

In der genehmigten Abbaufäche stehen momentan noch ca. 1 Mio. m³ an wirtschaftlich verwertbarem Muschelkalk an. Diese Reserven ermöglichen bei einer jährlichen Abbaumenge von ca. 250.000 m³/a eine Restbetriebszeit des Schotterwerkes von ca. 4 Jahren.

Unter Beibehaltung der bisherigen jährlichen Abbaurates von ca. 250.000 m³ ermöglicht die geplante Erweiterung eine Fortführung der Rohstoffproduktion um ca. 8 Jahre, bei einem geschätzten Gesamtabbauvolumen von ca. 3,0 Mio. m³ und einem Kalksteinvolumen von ca. 2,0 Mio. m³.

Die geplante Steinbrucherweiterung soll im unmittelbaren Anschluss an die östliche Genehmigungsgrenze des bestehenden Tagebaus erfolgen. Die innerbetrieblichen Fahr- und Förderwege werden hierfür verlängert, so dass keine neue Erschließung erforderlich wird.

Für die durch die Abbauerweiterung beanspruchten Wegabschnitte (u.a. Radweg „Dürrn-Sengach-Mühlacker“) werden Ersatzwege angelegt, die um die entstehende Steinbruchfläche herumgeführt werden.

Die zu beantragende Abbauerweiterung erstreckt sich nahezu vollständig auf landwirtschaftliche Nutzflächen, wobei im Südwesten der Erweiterungsfläche vier kleine Flurstücke als Kleingarten mitgenutzt werden.

1.3 Auftrag und Vorgehensweise

Der Unterzeichner ist von der Fa. NSN mit der Ausarbeitung des Spreng- und immissionstechnischen Gutachtens bezüglich der Gewinnungsarbeiten mittels Bohr- und Sprengarbeit beauftragt worden.

Im Einzelnen umfasst diese Ausarbeitung:

- Schematische Darstellung (Fließbild) des Steinbruchbetriebes
- Sprengtechnische Immissionsprognose
- Berechnung und Erläuterung der vorgeschlagenen Sprengtechnik
- Empfehlungen zur zukünftigen Sprengtechnik

Die Immissionsprognose umfasst eine gutachterliche Stellungnahme zu den Themenschwerpunkten

- Sprengerschütterungen unter Berücksichtigung der gültigen Regelwerke
- Steinfluggefahren und -vermeidung
- Sprengschwaden und Gesteinsstäube und
- Sprenggeräusche

Die gutachterlichen Empfehlungen für die beabsichtigte Steinbrucherweiterung orientieren sich unter Einhaltung der geltenden Gesetze und Regelwerke, auch an der Kernaussage des BImSchG "nicht mehr Emissionen zu erzeugen, als nach dem Stand der Technik unvermeidbar sind".

Themenschwerpunkt der Immissionsbetrachtung sind Sprengerschütterungen und Steinflugvermeidung.

Der Unterzeichner führt seit 2012 die Sprengerschütterungsmessungen im Auftrage der Fa. NSN durch und erarbeitet jährliche einen entsprechenden Jahresbericht aus. Insofern sind die Örtlichkeiten des Steinbruchs und der Umgebungssituation gut bekannt.

1.4 Quellen als Grundlage zur Gutachtenerstellung

Nachfolgende Unterlagen wurden dem Unterzeichner von der Auftraggeberin zur Verfügung gestellt:

- Tischvorlage zum Scopingtermin (April 2017) erstellt durch das Planungsbüros arguplan
- DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen
 - Teil 1: Vorermittlung von Schwingungsgrößen (Weißdruck Juni 2001)
 - Teil 2: Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Weißdruck aus 06 / 1999)
 - Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen (Weißdruck Dez. 2016 -geänderte Neufassung-)
- DIN 45669 Messung von Schwingungsimmissionen
 - Teil 1: Schwingungsmesser, Anforderungen, Prüfung (Weißdruck Juni 1995)
 - Teil 2: Messverfahren (Weißdruck Juni 2005)
 - Teil 3: Prüfung (Kalibrierung und Beurteilung) der Schwingungsmesseinrichtung; Erstprüfung, Nachprüfung, Zwischenprüfung, Prüfung für den Messeinsatz

- Sog. Erschütterungsrichtlinie
Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen. Runderlass des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz; des Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr und des Ministeriums für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport Baden-Württemberg vom 31.07.2000.
- Hinweise zur Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen“. Herausgeber: Bund/Länder Arbeitsgemeinschaft Immissionsschutz (LAI), Stand 06.03.2018
- Diverse Erschütterungsmessdaten und Auswertungen des Unterzeichners bzw. seines Ingenieurbüros ESS (Engineering Service Schmücker) sowie Aufstellprotokolle der Erschütterungsmessgeräte.
- Sprengtechnische Daten (Bohr- und Sprengprotokolle) des die Bohr- und Sprengarbeiten ausführenden Unternehmens Lothar Rapp GmbH Bohr- und Sprengunternehmen.
- Gutachterliche Jahresauswertungen der Jahre 2012 bis 2017, erstellt durch den Unterzeichner. Es wurden zudem ausgewertete Messdaten bis zum 18.06.2018 verwertet.
- Technische Regel “Spreng TR 310 Sprengarbeiten”

2 Verfahrensablauf im Steinbruch - Entstehung von Emissionen -

Aus der Abbildung 2 gehen die im Steinbruch erforderlichen Verfahrensschritte zur Rohmaterialgewinnung mittels Bohr- und Sprengarbeit hervor.

Die Verfahrensschritte gliedern sich im Regelfall wie folgt:

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

Der Aufbereitungsprozeß mit Brech- und Klassiervorgängen ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens bzw. des durch die NSN ausgeführten Genehmigungsverfahrens und wird hier nur der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Die Reduzierung von Sprengemissionen ist wegen der Vielzahl der Einflußfaktoren ein sehr komplexes Thema und darüber hinaus sehr stark von der angewandten Sprengtechnik, deren Ausführung vor Ort und den geologischen und hydrologischen Bedingungen abhängig.

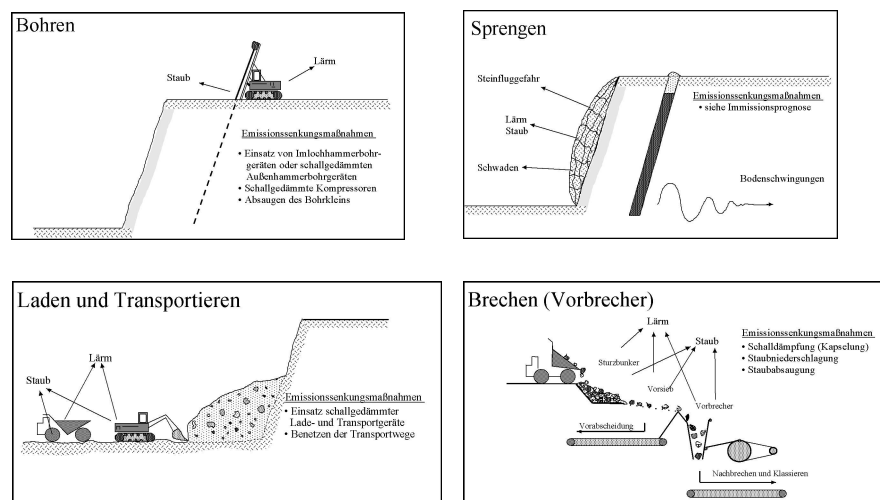


Abb. 2: Verfahrensschritte zur Rohstoffgewinnung mit Bohr- und Sprengarbeit

3. Betriebsbeschreibung

In der Betriebsbeschreibung wird die derzeitige eingesetzte und zukünftig geplante Betriebs-technik im Erweiterungsbereich ausführlich beschrieben und Empfehlungen bezüglich der Sprengtechnik gegeben.

3.1 Abbauführung

Die Abbaurichtung ist weiterhin in Richtung Sengach (nach Osten) gerichtet. Damit verläuft der Abbau zukünftig entfernungs­mäßig weiterhin parallel zur Ortschaft Enzberg mit gleichbleibenden Abständen wie bisher, die Abstände der Sprengstellen in Richtung Sengach werden sich jedoch verringern (Abbildung 3).

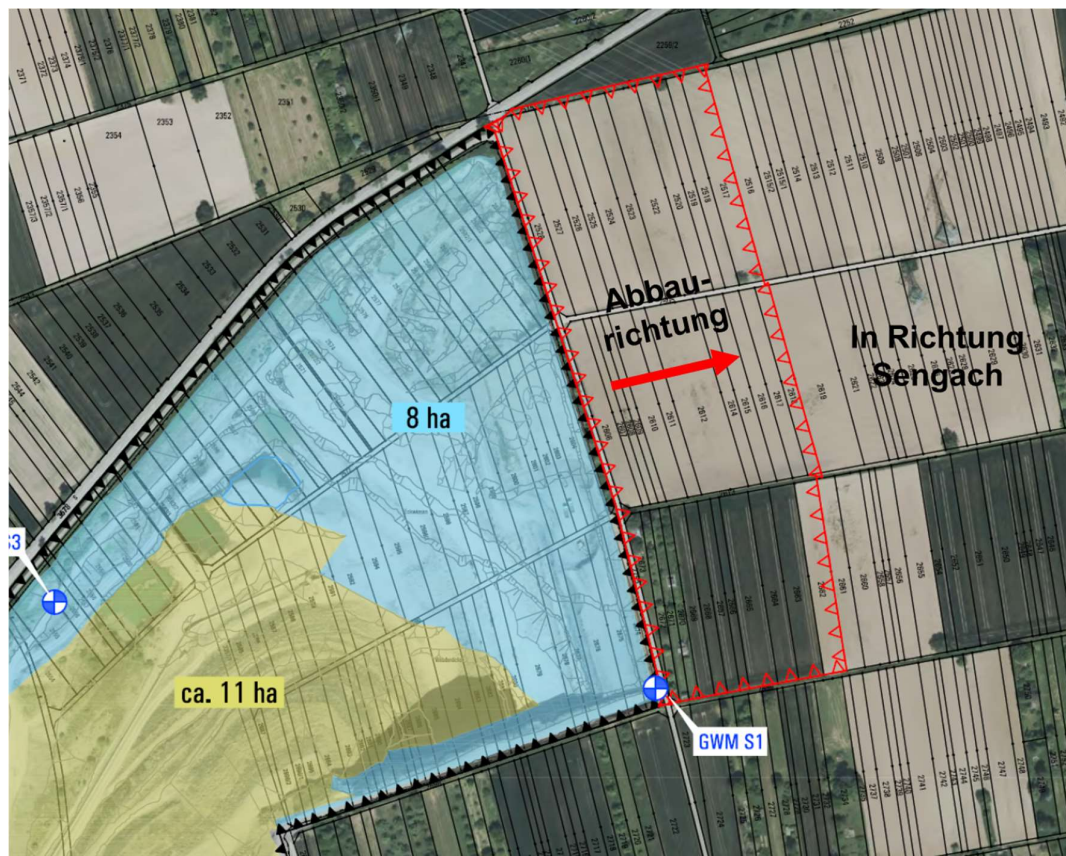


Abb. 3: Darstellung der Abbaurichtung nach Osten.

Seit 2012 wird im Steinbruch Enzberg das Abbauprinzip mit „Negativbarriere“ zur Erschütterungsreduzierung zur Ortsrandlage Enzberg im Süden praktiziert (Abbildung 4). Bei der „Negativbarriere“ wird die Weiterleitung der Erschütterungen durch eine „Art Tal“ abmildert. Dieses erfolgt in Kombination mit einer Rissbildung entlang z. B. der Abbaugrenze (Presplitting-Verfahren) und dann dem vorlaufenden Abbau mindestens einer Bruchwandlänge der zu den Wohngebäuden Enzberg vorhandenen Lagerstätte. Dadurch wird die „Ankopplung“ der Sprengstellen im Gebirgsverband geeignet unterbrochen.

Dieses hat nachweislich den Vorteil, dass die Erschütterungsausbreitung in Richtung Ortsrandlage Enzberg reduziert wird. Dieses Prinzip soll auch in der zur Genehmigung beantragten Erweiterungsfläche zur Anwendung kommen.



Abb. 4: Prinzip des derzeitigen und zukünftigen Abbaus nach dem Prinzip der „Negativbarriere“.

3.2 Umgebungssituation und Beschreibung der Immissionsobjekte

Aus dem [Anhang 2](#) geht die Immissionssituation im Detail hervor. Dargestellt sind die jeweils minimalen horizontalen Abstände zu den Abbaugrenzen des Erweiterungsgebietes.

Demnach ergeben sich folgende schützwürdige Immissionsobjekte (IO's):

| | |
|--|-----------|
| IO 01: Reithof mit Wohngebäude | ca. 429 m |
| IO 02: Reithof mit Wohngebäude | ca. 730 m |
| IO 03: Ortsrandlage Sengach, Wohngebäude | ca. 775 m |
| IO 04: Vereinsheim in Sengach | ca. 430 m |
| Dieses wird auch nach DIN 4150 Teil 3 als Wohngebäude eingestuft. | |
| Eine Einstufung nach DIN 4150 Teil 2 wird nicht durchgeführt, da sich in dem Gebäude dauerhaft keine Menschen aufhalten. | |
| IO 05: Ortsrandlage Enzberg, Wohngebäude | ca. 388 m |
| IO 06: Ortsrandlage Enzberg, neues Baugebiet mit Wohngebäuden | ca. 400 m |
| IO 07: Ortsrandlage Ötisheim, Wohngebäude | ca. 945 m |
| Darüber hinaus befindet sich im relevanten Entfernungsbereich noch ein Gewerbebetrieb: | |
| IO 08: Fa. Kummer, Ötisheim Gewerbebetrieb | ca. 929 m |

Im Nahfeld zur Erweiterungsfläche befinden sich verschiedene Starkstromleitungen mit ihren Mastfundamenten.

| | |
|---|-----------|
| IO 09: Geringster Abstand zu den Starkstrommasten | ca. 105 m |
| IO 10: 20 KV Stromleitung | |

Aus der Anlage 2 gehen zum einen die beiden Standorte der noch vorhandenen Stromleitung (20 KV) mit ihren beiden Masten an den Abbaugrenzen zum Erweiterungsfeld (grün) sowie die neuen Standorte der Masten nach der Verlegung der Stromtrasse durch den Eigentümer ENBW (orange) auf Veranlassung der NSN hervor.

Diese Stromleitung verläuft derzeit noch über das Erweiterungsfeld und besitzt einen Strommasten am Übergang der bisher genehmigten zu der beantragten Erweiterungsfläche sowie an deren Ende (nordöstlich).

Zwischen Leitungsbetreiber und der NSN wurde vereinbart, die Stromleitung vor Aufnahme der Sprengarbeiten im Erweiterungsgebiet an den Rand der Erweiterungsfläche entlang der Landstraße L 1173 zu verlegen.

Zu den Sprengarbeiten ergibt sich somit ein Abstand von ca. 30 m.

IO 11: Wasserdruckfernleitung (Eigentümer Bodensee Wasserversorgung) ca. 265 m

IO 12: Landstraße L 1173 in unmittelbarer Nähe zur nördlichen Abgrabungsgrenze.

Straßen können generell nicht durch Erschütterungen zerstört werden. Hierfür ist in der Regel ein mechanischer Einfluss erforderlich. Die Landstraße muss daher in der für den Sprengbereich und die Absperrmaßnahmen weiter betrachtet werden.

Weitere als die hier aufgeführte Wasserdruckfernleitung Versorgungsleitungen Dritter sind nach Aussage der Auftraggeberin im Einflussbereich der Sprengungen nicht vorhanden.

3.3 Bohrtechnik

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

Welche Bohrgeräte zukünftig in der hier beantragten Erweiterungsfläche zum Einsatz kommen werden, kann zu diesem Zeitpunkt nicht festgelegt werden. Es hat sich jedoch in der Vergangenheit in diesen geologischen Bedingungen gezeigt, dass sowohl moderne Imlochhammer- als auch Außenhammer - Bohrgeräte richtungsgenau und wirtschaftlich bohren können.

Die zukünftig eingesetzten Bohrgeräte sollten auch weiterhin dem Stand der Technik entsprechen und vordergründig für richtungsgenaue Bohrlöcher sorgen.

Es ist davon auszugehen, dass ein Bohr- und Sprengdienstleister wie bisher für die Sprengarbeiten verantwortlich sein wird. Derzeit werden diese durch die Fa. Lothar Rapp GmbH Bohr- und Sprengunternehmen durchgeführt. Dabei kommen überwiegend GPS-basierte Außenhammerbohrgeräte zum Einsatz. Dadurch kann die Qualität der Bohrungen überprüft und die Bohransatzpunkte genau bestimmt werden.

Aus dokumentationsgründen wird für die Erstellung der Bohrlöcher die Anfertigung von Bohrberichten empfohlen, die folgende Angaben enthalten sollten:

- Skizze zu den Bohranlagen
- Bohrlochabstände
- Vorgaben
- Bohrlochnummerierungen
- Bohrlochtiefen
- Bohrlochneigungswinkel
- Bohrllochdurchmesser

In diesem Bohrbericht sollten darüber hinaus auch Informationen über den Zustand der Bohrlöcher, über Besonderheiten des Gebirges (Klüfte, Lehm, Hohlräume, trocken, wasserführend) festgehalten werden, um die Lade- und Sprengarbeiten der örtlichen Situation anpassen zu können.

Den Stand der Technik stellen zur Zeit in der Bundesrepublik Deutschland Bohrllochdurchmesser von 76 bis 115 mm (in Ausnahmefällen auch bis 140 mm) dar. Bisher wird im Steinbruch Enzberg ein Bohrllochdurchmesser von ca. 93 mm eingesetzt.

Die Wahl des Bohrllochdurchmessers ist von vielen Faktoren abhängig, wie z. B. den geologischen Verhältnissen, dem Sprengzweck, der angewandten Sprengtechnik, den Immissionsbedingungen (z. B. Lademenge je Zündzeitstufe) und der Leistungsfähigkeit des einzusetzenden Bohrgerätes.

Nachfolgende sprengtechnische Berechnungen berücksichtigen bei der Auswahl der möglichen Bohrllochdurchmesser die spezifischen Bedingungen im Steinbruch Enzberg.

Empfehlung

Grundsätzlich können alle für Bohrloch- und Großbohrlochsprengungen sinnvollen und technisch realisierbaren Bohrlochdurchmesser eingesetzt werden.

Eine Einschränkung kann sich jedoch durch eine jederzeit zu garantierende Einhaltung der gültigen Immissions- bzw. Anhaltswerte ergeben. Aufgrund der relativ großen Entfernungen zu den schützenswerten Objekten, ist diese jedoch mit der zur Anwendung empfohlenen Sprengtechnik in der Praxis nicht erreichbar.

Näheres hierzu wird unter Punkt 5 (Immissionsprognose) ausgeführt.

3.4 Sprengtechnik

Die Sprengtechnik sollte, soweit möglich, immer dem neuesten Stand der Technik entsprechen. Die Bestimmungen der „Technische Regel zum Sprengstoffrecht Sprengarbeiten (SprengTR 310 - Sprengarbeiten) vom 5. Oktober 2016 müssen immer angewendet werden.

Die Bestimmungen im Anhang T – 2 für Großbohrlochsprengungen müssen dabei zwingend angewendet werden, da die überwiegenden Strossensprengungen eine Bohrlochlänge von > 12 m erfordern.

Bisher angewendete Sprengtechnik

Bisher werden jährlich ca. 50 bis 60 Sprengungen durchgeführt, die auch die Sohlen 1 und 2 (Kalkstein und Dolomit) umfassen. Die überwiegenden Gewinnungssprengungen werden an den beiden Hauptabbausohlen 3 und 4 durchgeführt.

Standardmäßig finden die nachfolgend aufgeführten Sprengstoffe Verwendung:

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Patronierter Emulsionssprengstoff: | Emulex 2 Plus |
| Patronierter ANFO-Sprengstoff: | Wandex P |
| Looser ANFO-Sprengstoff: | z. B. Wandex |

Die Zündung der Sprengstoffladungen erfolgte überwiegend mit einer 20 g PETN/m Sprengschnur, da in den Ladesäulen zum Teil Zwischenbesatz eingesetzt wird um die Haufwerksstückigkeit besser beeinflussen zu können.

Um bei der für die Sohlen 3 und 4 übliche und notwendige Ladungsteilung ein geeignetes und gleichmäßiges Zündintervall verwenden zu können, wird überwiegend das elektronische Zündsystem eingesetzt. Die Sprengungen auf den Sohlen 1, 2 und 5 werden in der Regel nichtelektrisch gezündet.

Die üblichen maximalen Lademengen je Zündzeitstufen betragen somit auf den Gewinnungssohlen 3 und 4 bisher bis zu ca. $L_{\max} = 61,0$ kg. Die Gewinnungssprengungen wurden bisher mit bis zu ca. 25 Bohrlöchern maximal ausgeführt.

Das Sprengraaster auf den beiden Hauptabbausohlen 3 und 4 betrug bisher ca. 4,0 m x 4,0 m bei einem spezifischen Sprengstoffaufwand von ca. $q = 0,3$ kg/fm³.

Diese reduzierte maximale Lademenge je Zündzeitstufe mit den Maßnahmen „Negativbarriere“ und GPS gestütztes Bohren sowie der Einsatz der elektronischen Zünder hat bisher dafür gesorgt, dass sich das Immissionsniveau für Sprengerschütterungen auf relativ geringem Niveau eingependelt hat. So wurden beispielhaft in 2017 maximal an der zu dem Steinbruch nächstgelegenen Messstelle Ötischeimer Steige 59 am Gebäudefundament ca. 27 % des zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswertes erreicht.

Die bisherige Sprengtechnik soll auch im Erweiterungsbereich angewendet werden. Darüber hinaus soll nat. jederzeit die Möglichkeit bestehen, die jeweilige neuste Sprengtechnik einzusetzen.

Empfehlung

Grundsätzlich sollten alle mit einer EG-Baumusterprüfbescheinigung (CE-Zeichen) versehenen und darüber hinaus in Deutschland zur Verwendung BAM-zugelassenen Sprengstoffe und Zündmittel (mit erteilter Identifikationsnummer) bei den Sprengarbeiten zum Einsatz kommen können. Dieses betrifft hier im speziellen Fall sowohl patronierte als auch lose Sprengstoffe

sowie alle marktüblichen Zündverfahren (derzeit das elektrische-, nichtelektrische- und elektronische Zündverfahren).

Als Sprengstoffe können daher gelatinöse Sprengstoffe, patronierte Emulsionssprengstoffe bzw. patroniertes oder loses ANFO sowie pulverförmige Sprengstoffpatronen zum Einsatz kommen, die derzeit den Stand der Technik beschreiben. Grundsätzlich wäre auch der Einsatz von Mischladefahrzeugen mit pumpfähigen Emulsionssprengstoffen sowie ANFO- und Heavy-ANFO-Sprengstoffen möglich.

Näheres zur Berechnung der möglichen Sprengstoff - Lademengen bzw. zum Einsatz verschiedener Möglichkeiten der Sprengtechnik ist im Rahmen der Immissionsprognose unter Punkt 5 ausgeführt.

Empfehlung

Die Nachzerkleinerung von Übergrößen (Knäppern) sollte aus Gründen des Arbeits- und Umweltschutzes als mechanische Nachzerkleinerung, z. B. mit Felsmeißeln oder Fallkugeln erfolgen. Da auch bei dieser Methode Streuflug nicht ausgeschlossen werden kann, sollte auf eine innerbetriebliche Absperrung des Arbeitsbereiches bei einem Mindestabstand von 150 m für Personen ohne Schutz (als Schutz werden z. B. der Aufenthalt in Fahrzeugen angesehen) geachtet werden.

Sofern Knäppersprengungen in Sonderfällen, wenn andere Verfahren zur Zerkleinerung ausscheiden, doch durchgeführt werden müssen (in dokumentierten Ausnahmefällen), wird empfohlen, einen Sprengbereich für Knäppersprengungen von mindestens 300 m einzuhalten. Knäppersprengungen in einem verkleinerten Regelsprengbereich (< 300 m) sollten unzulässig sein. Auf die besondere und sorgfältige Auslegung der Sprengstoffmengen je Kubikmeter Knäppergestein sollte großen Wert gelegt werden, um Streuflug sicher ausschließen zu können. Die Ladungsberechnung sollte dokumentiert werden.

Empfehlung

Die Sprengungen sollten frühestens eine Stunde nach Sonnenaufgang begonnen und spätestens eine Stunde vor Sonnenuntergang beendet sein. Bei Dunkelheit sollte nicht gesprengt werden.

3.5 Zündverfahren

Grundsätzlich können gemäß der gültigen SprengTR 310 – Sprengarbeiten mittlerweile alle in Deutschland von der BAM zur Verwendung zugelassenen Zündverfahren und –systeme eingesetzt werden.

In der derzeit genehmigten Abbaufäche des Steinbruchs wurden bisher alle üblichen Zündverfahren (elektrisches, nichtelektrisches und elektronisches) eingesetzt. Zukünftig ist davon auszugehen, dass je nach Anwendungsfall entschieden wird, welches Zündverfahren zum Einsatz kommen wird.

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

- Variationsmöglichkeiten des Zündintervalls
- Deutlich höhere Anzahl von zur Verfügung stehenden Zündzeitstufen
- Zum Teil höhere Zündgenauigkeiten (elektronisches Zündverfahren)

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

Im Sinne des Immissionsschutzes ist eine eventuell durch den Einsatz der oben genannten Zündverfahren mögliche Vergrößerung der Sprenganlagen aus Sicht des Immissionsschutzes positiv zu beurteilen, da so die Häufigkeit von Sprengungen abnimmt und damit die Anzahl der Immissionsereignisse sinkt. Dieses kann erfahrungsgemäß zu einer höheren Akzeptanz der

Sprengarbeiten durch die Anlieger führen. Dieses konnte im Steinbruch Enzberg in der Vergangenheit bereits bewiesen werden. Hinzu kommt eine Abnahme der Häufigkeit von sprengtechnischen Problembereichen (Randbereiche, Vorgabenbestimmungen etc.).

Anmerkung

In Fachkreisen ist seit langem bekannt, dass eine Erhöhung der Gesamtladmenge an Sprengstoff je Sprengung nicht zwangsläufig mit einer Erhöhung der Erschütterungs-immissionen einhergehen muss. Aus diesem Grunde sind Beschränkungen der Bohrlochanzahl je Sprengung nicht zielführend.

Für die Immissionshöhe sind viele Faktoren ausschlaggebend, wie unter anderem z. B. der Verspannungsgrad im Gebirge, der spezifische Sprengstoffaufwand, die Ladmenge je Zündzeitstufe, der Energieinhalt des Sprengstoffes in Kombination mit dem Gebirge, die einzelnen Zündzeitabstände als auch die Betriebs- und Umfeldbedingungen.

Alle modernen Zündsysteme dienen in erster Linie auch der Emissionssenkung. Nachfolgend werden kurz die Möglichkeiten für die zusätzlich zum elektrischen Zündverfahren zur Verfügung stehenden Zündverfahren aufgeführt.

3.5.1 Elektrisches Zündverfahren

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

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

3.5.2 Weitere Zündverfahren

Nach der heute gültigen Technischen Regel SprengTR 310 - Sprengarbeiten (Punkt 4.5) dürfen alle zur Verwendung zugelassenen Zündsysteme eingesetzt werden, sofern die Sprengberechtigten für deren Verwendung geschult sind.

Derzeit gehören folgende Zündsysteme zum Stand der Technik:

- **Nichtelektrisches Zündverfahren**
- **Elektronisches Zündverfahren**
- **Mehrkreiszündung (elektrische Zündung mit Zündkreisen, die heute faktisch keine Rolle mehr spielt)**

Nichtelektrisches Zündverfahren

Dieses Zündverfahren erlaubt theoretisch, eine unbegrenzte Anzahl von Sprengladungen (im Prinzip) überschneidungsfrei in einer Sprenganlage zur Zündung zu bringen.

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

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

Elektronisches Zündverfahren

Zum Zeitpunkt der Gutachtenausarbeitung sind in Deutschland mehrere Zündsysteme von der BAM zur Verwendung zugelassen, hier eine Auswahl:

| | |
|--------------------------|------------------------|
| I-Kon-System / Unitronic | (Orica Germany) |
| Daveytronic / Riotronic | (Davey Bickford/Maxam) |
| E-Det | (Austin Detonators) |

Alle Zündsysteme basieren auf einem Einheitszünder. Mit diesen Systemen sind die Verzögerungsintervalle beliebig in z. B. 1 ms Schritten einstellbar und je nach Zündmaschine und Zündsystem bis zu 1200 oder 1600 Zünder in einem Zündkreis sicher zündbar. Auf die Besonderheiten der Systeme soll hier nicht weiter eingegangen werden. Zukünftig sind in Deutschland auch weitere zugelassene elektronische Zündsysteme zu erwarten.

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

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

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

Auf das Mehrkreiszündverfahren mit elektrischen Zündern soll hier nicht näher eingegangen werden, da es heute nahezu bedeutungslos ist. Es basiert auf dem elektrischen Zündverfahren mit verschiedenen Zündkreisen. Es muss eine spezielle Zündmaschine eingesetzt werden.

3.6 Zündungstechnik

Sofern bei Sprengbohrlöchern die Zündung der gesamten Ladesäule nicht sicher gewährleistet ist, müssen Sprengschnüre mit Sprengzündern verwendet werden (s. SprengTR 310 – Sprengarbeiten Punkt 4.5.6).

Empfehlung

Über den Betriebszeitraum eines Steinbruches können sich die Unfallverhütungsvorschriften bzw. Technische Regeln, z. B. durch Angleichung an den fortgeschrittenen Stand der Technik, ändern.

Zwecks Vermeidung späterer aufwendiger Änderungsanzeigen (z. B. wesentliche Änderungen gemäß BImSchG) oder sonstiger anzuwendender Vorschriften, die den Steinbruchbetrieb stark einschränken können, sollte dieses bei der Genehmigungserteilung soweit wie möglich berücksichtigt werden. Die Einhaltung der jeweils gültigen Technischen Regel oder ggf. Unfallverhütungsvorschriften oder ersatzweiser Regelungen ist immer vorgegeben und versteht sich von selbst.

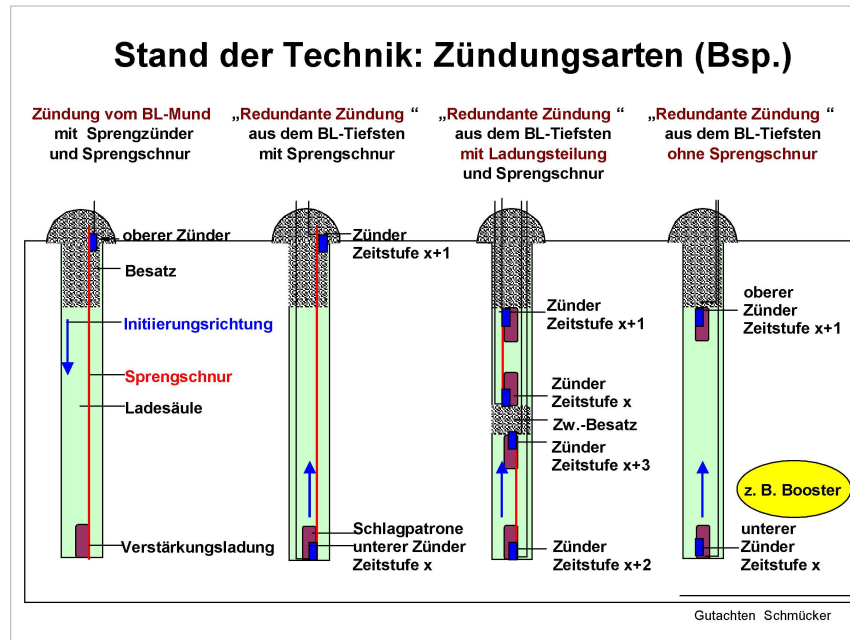


Abb. 4: Beispiel für Zündung von Großbohrlöchern

In der Abbildung 4 sind die möglichen Zündungsarten für Sprengbohrlöcher, die den heutigen Stand der Technik darstellen, schematisch dargestellt:

- Zündung vom Bohrlochmund aus mit Sprengschnur
- Redundante Zündung aus dem Bohrlochtiefsten mit Sprengschnur
- Redundante Zündung aus dem Bohrlochtiefsten mit Sprengschnur bei geteilten Ladesäulen
- Redundante Zündung aus dem Bohrlochtiefsten ohne Sprengschnur

Sofern die Zündung der gesamten Ladesäule sichergestellt ist, ist aus sprengtechnischen und erschütterungstechnischen Gründen die Zündung aus dem Bohrlochtiefsten zu empfehlen. Auch in geologisch schwierigen Lagerstättenbereichen ist durch einen zusätzlichen Sprengzünder am Bohrlochmund in der Regel gewährleistet, dass die Ladesäule trotz eventuellem einmaligen Abscherens dennoch vollständig durchdetonieren kann. Damit lassen sich in vielen Fällen gefährliche Teilversager vermeiden.

Der redundante Sprengzünder ist laut der SprengTR 310 - Sprengarbeiten (Punkt 4.5.6) vorgeschrieben, sofern die Zündung der gesamten Ladesäule nicht sicher garantiert werden kann.

Sollte eine Reduzierung der Lademenge je Zündzeitstufe aus erschütterungsminimierenden Gründen erforderlich werden, besteht auch grundsätzlich die Möglichkeit der Ladungsteilung (3), die auch ohne redundanten Zünder in den Ladungsteilen durchgeführt werden kann. Im Steinbruch Enzberg wird diese Möglichkeit auf den Hauptabbausohlen 3 und 4 überwiegend eingesetzt. Es ist davon auszugehen, dass diese Zündungstechnik auch in dem Erweiterungsfeld aus Immissionsschutzgründen überwiegend zum Einsatz kommen wird.

Die redundante Zündung aus dem Bohrlochtiefsten ohne Sprengschnur (4) ist gemäß der SprengTR 310 - Sprengarbeiten dann vorgesehen, wenn das Abscheren von Ladungsteilen nicht ausgeschlossen ist (4.5.6 Punkt 4). Dieses ist auch nur dann gegeben, wenn die Ladesäule durchgängig aus losem Sprengstoff besteht.

4 Grundlagen

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

- In einen Wirkanteil, der in sprengtechnisch gewünschter Form zur Ablösung, Zerkleinerung und zum Werfen einer bestimmten Gesteinsmasse benötigt wird.

- In einen nicht unerheblichen Anteil an Verlustenergie. Neben einem kleinen Anteil, der als thermische (Wärmeabstrahlung) und akustische Energie (Luftschall) in der Atmosphäre verlorengelassen wird, wird der weitaus größte Anteil der Verlustenergie an das anstehende Gestein als elastische Wellen in Form von spürbaren Erschütterungen (Körperschall) abgegeben.

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

Seit vielen Jahren wurden die Sprengarbeiten messtechnisch im Auftrage der NSN mit dauerhaften Erschütterungsmessungen begleitet. Seit 2012 werden diese Messungen durch das Ingenieurbüro des Unterzeichners durchgeführt. Aufgrund einer Änderung in der Art der Datenbank wurden für die Ermittlung des Gebirgsbeiwertes die Messergebnisse aus Messungen durchgeführt in den Jahren 2014 bis 2017 (4 Jahre) ausgewertet.-

4.1 Sprengerschütterungen - Allgemeines -

Sprengerschütterungen stellen beim Strossensprengen die Hauptform der auftretenden Energieverluste dar.

Emissionen

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

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

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

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

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

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

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

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

Beeinflussbare und veränderbare Faktoren sind z. B.:

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

Immissionen

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

Für die Beurteilung dieser Schwingungen sind folgende Faktoren ausschlaggebend:

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

Die Beanspruchungen können je nach der Größe der Erschütterungsimmissionen und anderer Gegebenheiten (wie z. B. Gebäudekonstruktion, Bausubstanz) bauliche Schäden hervorrufen. Zunächst können aber für die Bewohner bei entsprechender Immissionshöhe belästigende Einwirkungen entstehen. (Tabelle 1)

| Empfindungsstärke | Schwinggeschwindigkeit (mm/s) |
|-------------------|-------------------------------|
| Spürbar | 0.2 - 0.5 |
| Bemerkbar | 0.5 - 1.0 |
| Unangenehm | 1.0 - 2.0 |
| Störend | 2.0 - 3.0 |
| Ggf. beanstandbar | 3.0 - 5.0 |

Tabelle 1: Wahrnehmungsstärken des Menschen auf Erschütterungen
(Quelle: Landesamt für Immissionsschutz (LAI), Essen)

4.2 Beurteilungsgrundlage für Sprengerschütterungsimmissionen

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

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

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

Diese dreiteilige Norm bestehend aus,

- Teil 1 Vorermittlung von Schwingungsgrößen (Weißdruck aus 06/2001)
- Teil 2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden (Weißdruck aus 06/1999)
- Teil 3 Einwirkungen auf bauliche Anlagen (Weißdruck aus 12/2016 (geänderte Neufassung))

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

In diesem Gutachten wird daher von Anhalts- und Immissionswerten gesprochen, um begrifflich sowohl die DIN 4150 als auch den Runderlass der Ministerien („Erschütterungsrichtlinie“) als auch die LAI Richtlinie abdecken zu können.

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

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

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

Für die Beurteilung dieser Schwingungen sind folgende Faktoren ausschlaggebend:

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

4.2.1 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Mittlerweile hat die DIN 4150 Teil 3 „Einwirkungen auf bauliche Anlagen“ mit Weißdruck von 10 / 2015 die Version aus Februar 1999 abgelöst. Vergleicht man die beiden Normen direkt, so ergeben sich wenige, für diese Beurteilung, nicht relevante Änderungen. Wichtig ist, dass die Anhaltswerte dieses Teil für die Einordnung der Messwerte mit Schwinggeschwindigkeit [mm/s] und Frequenzen [Hz] gleich geblieben ist. Die nachfolgenden Ausführungen orientieren sich an der neuen Norm.

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

Nachfolgend wird daher von Anhalts- bzw. Immissionswerten gesprochen.

Die Tabelle 2 gibt den maßgeblichen Auszug der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 wieder.

| | | Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit V_{imax} in mm/s für kurzzeitige Einwirkungen | | | |
|--|--|--|------------------|----------------------|---------------------------------|
| | | Fundament Frequenzen | | | Oberste Deckenebene, horizontal |
| Zeile/Spalte | Gebäudeart | 1 Hz bis 10 Hz | 10 Hz bis 50 Hz | 50 Hz bis 100 Hz (a) | alle Frequenzen |
| 1 | Gewerblich genutzte Bauten Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten | 20 | 20 bis 40 | 40 bis 50 | 40 |
| 2 | Wohngebäude und/oder in ihrer Nutzung gleichartige Bauten. | 5 | 5 bis 15 | 15 bis 20 | 15 |
| 3 | Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 und 2 entsprechen und besonders erhaltenswert sind (z. B. Denkmalschutz) | 3 | 3 bis 8 | 8 bis 10 | 8 |
| *) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden | | | | | |

Tabelle 2: "Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit V_{imax} zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen auf Gebäude.
(a) Bei Frequenzen von über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden.

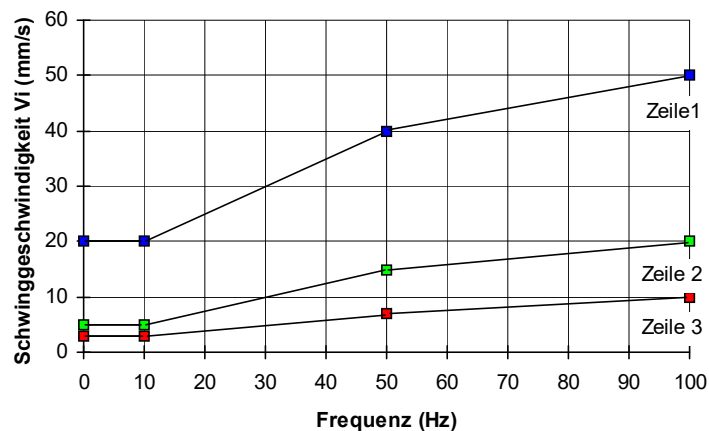


Diagramm zur Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 (nach Bild 1, S. 9).

Das Diagramm setzt die Werte der Tabelle 2 (vgl. Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) um.

Folgende Anhalts- bzw. Immissionswerte sind unabhängig von der Schwingfrequenz im obersten Vollgeschoß für vertikale Schwingungen für die Zeilen 1 bis 3 der Tabelle 1 einzuhalten:

V_{imax} in der Deckenmitte (vertikale z-Ebene)

20 mm/s

Die DIN 4150 Teil 3 nennt Anhaltswerte für kurzzeitige Schwinggeschwindigkeiten (wie dies bei Sprengerschütterungen der Fall ist), die aus zahlreichen Messungen und Erfahrungswerten gewonnen wurden.

Bei der Einordnung der Gebäude in die Tabelle 2 wird für die festgelegten Anhaltswerte nicht die individuelle Bausubstanz unterschieden. Insofern sind bei den Immissions- bzw. Anhaltswerten deutliche Sicherheiten vorhanden.

Die in der Tabelle 2 aufgeführten Immissions- bzw. Anhaltswerte sollten bei den Sprengarbeiten sowohl für die Fundamentanregung als auch für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses eingehalten werden.

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

Die frequenzabhängigen Immissions- bzw. Anhaltswerten für Fundamenterschütterungen berücksichtigen das Übertragungsverhalten von Fundament auf die oberste Deckenebene.

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

- Werden die Anhaltswerte eingehalten, so treten Schäden im Sinne einer Vermeidung des Gebrauchswertes deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auf.

Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind. Werden die Anhaltswerte überschritten, so folgt daraus nicht, dass Schäden auftreten müssen. Bei Überschreitungen sind gegebenenfalls weitergehende Untersuchungen erforderlich, beispielsweise die Spannungsermittlung und –beurteilung nach den in 4.3 und 4.4 (der DIN) erläuterten Verfahren.

- Eine Verminderung des Gebrauchswertes von Gebäuden oder Gebäudeteilen durch Erschütterungseinwirkungen im Sinne der DIN 4150 Teil 3 ist z. B.
 - Beeinträchtigung der Standsicherheit von Gebäuden und
 - Verminderung der Tragfähigkeit von Decken und anderen Bauteilen.

- Bei Gebäuden nach Tabelle 2, Zeilen 2 und 3, ist eine Verminderung des Gebrauchswertes auch gegeben, wenn z. B.
 - Risse im Putz von Wänden auftreten,
 - bereits vorhandene Risse in Gebäuden vergrößert werden,
 - Trenn- und Zwischenwände von tragenden Wänden oder Decken abreißen.
 Diese Schäden werden auch als leichte Schäden bezeichnet.
- Treten bei kurzzeitigen Erschütterungen Deckenschwingungen auf, so ist bei $V_z \leq 20$ mm/s in vertikaler Messrichtung am Ort der größten Schwinggeschwindigkeit – dies ist im allgemeinen die Deckenmitte – eine Verminderung des Gebrauchswertes nicht zu erwarten. Alternativ zu einer direkten Messung dürfen die vertikalen Schwingungen am Fundament zur Beurteilung herangezogen werden.
- Die stärksten Vertikalschwingungen treten nicht zwangsläufig in der obersten Deckenebene auf.

Für Rohrleitungen diverser Materialien und Verbindungstechniken gelten im Wesentlichen die Anhaltswerte der nachfolgenden Tabelle 2 (Tabelle 2 der DIN 4150 Teil 3), die es im vorliegenden Fall bei vorhandenen Versorgungsleitungen zu berücksichtigen gilt.

| Tabelle 3 - Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $V_{i, \max}$ zur Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterung auf erdverlegte Rohrleitungen Hohlräumen | | |
|---|---|---|
| Zeile | Leitungsbaustoffe | Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit $V_{i, \max}$ in mm/s auf der Rohrleitung |
| 1 | Stahl, geschweißt | 100 |
| 2 | Steinzeug, Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Metall mit oder ohne Flansche | 80 |
| 3 | Mauerwerk, Kunststoff | 50 |

Anmerkung: Drainagerohre sind nach Tabelle 3, Zeile 3 zu beurteilen.

Tabelle 2: Anhalts- bzw. Immissionswerte gemäß der DIN 4150 Teil 3 für erdverlegte Rohrleitungen

4.2.2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

Die Erschütterungsrichtlinie lehnt sich auch hier bezüglich der Immissionswerte sehr stark an die DIN 4150 Teil 2 an. Unter Punkt 3 verweist sie ausdrücklich, dass die Tabelle 2 der Erschütterungsrichtlinie Immissionswerte für Situationen angibt, in denen Erschütterungsquellen über mehrere Monate und Jahre auf Immissionsorte einwirken. Für vereinzelt auftretende (kurzzeitige) Erschütterungen gelten Besonderheiten, damit ist die Tabelle 4 nur eingeschränkt anzuwenden, sofern nicht die Sonderregelungen für kurzzeitige Erschütterungen greifen.

Nachfolgend ist die Tabelle aus der Erschütterungsrichtlinie dargestellt.

| Zeile | Einwirkungsort | tags | | | Nachts | | |
|-------|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | A_{U1} | A_{R1} | A_{D1} | A_{U2} | A_{R2} | A_{D2} |
| 1 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete §9 BauNVO) | 0,4 | 0,2 | 6 | 0,3 | 0,15 | 0,6 |
| 2 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete §8 BauNVO) | 0,3 | 0,15 | 6 | 0,2 | 0,1 | 0,4 |
| 3 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete §7 BauNVO, Mischgebiete §6 BauNVO, Dorfgebiete §5 BauNVO) | 0,2 | 0,1 | 5 | 0,15 | 0,07 | 0,3 |
| 4 | Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet §3 BauNVO, allgemeines Wohngebiet §4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiete §2 BauNVO) | 0,15 | 0,07 | 3 | 0,1 | 0,05 | 0,2 |
| 5 | Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z.B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen. | 0,1 | 0,05 | 3 | 0,1 | 0,05 | 0,15 |

Tabelle 4: Anhalts- bzw. Immissionswerte für die Beurteilung von Erschütterungen in vergleichbar genutzten Räumen. Quelle: DIN 4150 Teil 2, Seite 4

Sonderregelung für kurzzeitige Erschütterungen

Unter Punkt 6.5 "quellenspezifische Regelungen" geht die DIN 4150 Teil 2 aus 6/1999 in Ihren Unterpunkt 6.5.1 auf selten auftretende, kurzzeitige Erschütterungen ein.

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

Nach den Ausführungen dieser Sonderregelung gelten die Anforderungen der DIN als eingehalten, wenn die maximale Schwingstärke $KB_{F_{max}}$ kleiner oder gleich dem (oberen) Anhaltswert A_0 (bzw. IW_0) nach Tabelle 4 ist. Diese Regelung kann in Anlehnung an die DIN 4150, Teil 2 Anwendung finden, sofern nur maximal **3** Ereignisse pro Tag stattfinden, wobei mehrere Sprengungen unmittelbar aufeinander folgend als ein Ereignis gelten, sofern nicht mehr als 15 Sprengungen in einer Woche erfolgen.

Wenn die Sprengungen werktags mit Vorwarnung der unmittelbar Betroffenen in den Zeiten von 7.00 bis 13.00 Uhr oder von 15.00 bis 19.00 Uhr erfolgen, gelten in den Gebieten nach der o. g. Tabelle 3, Zeilen 3 und 4, auch die A_0 -Werte bzw. (IW_0 -Werte) nach Zeile 1 (A_0 - bzw. $IW=6$), wenn nur ein Ereignis pro Tag stattfindet.

Bis zu 10 mal pro Jahr dürfen die IW_0 -Werte bis zu 8 betragen (Punkt 4.2 der Erschütterungsrichtlinie).

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

4.3 Vorermittlung von Schwingungsgrößen (DIN 4150 Teil 1)

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

Koch'sche Gleichung

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

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

Darin bedeuten:

- V_i = maximale Schwinggeschwindigkeit (mm/s)
- L = Höchstlademenge/Zündzeitstufe (kg)
- R = kürzeste Entfernung Sprengstelle - Immissionsort (m)
- K = Gebirgsbeiwert

Die Koch'sche Gleichung bietet für den Nahbereich eine gute Prognosesicherheit. Der Gebirgsbeiwert K wird (sofern keine Messwerte in dem anstehenden Gebirge vorliegen) üblicherweise mit 100 angenommen.

Formeln nach BGR

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

Die Autoren Dr. Lüdeling und Dr. Hinzen veröffentlichten zwei Formeln sowohl für Sediment- als auch kristalline Gesteine, die sich im Wesentlichen durch unterschiedliche Exponenten voneinander abheben:

$$V_i = K \cdot L^{0,6} \cdot R^{-1,5}$$

Hier: Formel für Sedimentgesteine

V_i , L und R haben die gleiche Bedeutung wie in der Koch'schen Gleichung.

Sofern keine Erfahrungs- bzw. Messwerte vorliegen, wird der Gebirgsbeiwert K im Sedimentgestein mit dem Wert **969** angenommen.

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

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

Somit gilt es im Weiteren aufgrund der vielfältigen Erfahrungen aus den Erschütterungsmessungen den Gebirgsbeiwert für die Immissionsprognose festzulegen.

Aufgrund der Entfernungen zwischen den beantragten Abbaugrenzen des Erweiterungsgebietes und den schützenswerten Objekten von deutlich mehr als 100 m, bildet die BGR-Formel für Sedimentgestein die Grundlage für die hier durchzuführende Immissionsprognose. Beide Berechnungsarten sind jedoch bei allen Prognosen zum Vergleich untereinander mit aufgeführt.

5 Immissionsprognose

Die Vorgehensweise der Immissionsprognose Sprengerschütterungen für das beantragte Erweiterungsgebiet geht aus der Abbildung 5 hervor.

Vorgehensweise zur Immissionsprognose

1. Ermittlung der lagerstättenspezifischen Gebirgsbeiwerte

- Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte nach
 1. Prof. Koch (Nahbereich)
 2. **BGR - Sediment** (Fernbereich), hier ausschlaggebend
- Grundlage:
Verwertung von Erschütterungsmessungen von 2014 bis 2017 (4 Jahre) im Steinbruch Enzberg
- Bildung des
 - Maximalwertes
 - Mittelwertes
 - Medians



**Grundlage für weitere Berechnungen:
Medianwert aller ermittelten
Gebirgsbeiwerte**

2. Immissionsprognose

- Lademengen-Abstandstabelle
- Ermittlung der notwendigen Sprengstoff-Lademengen für verschiedene Sprengtechniken – evtl. Bildung verschiedener Sprengzonen -
- Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabellen evtl. für verschiedene Sprengstoff-Lademengen entsprechend den vorgeschlagenen Lademengen je Zündzeitstufen

Abb. 5: Vorgehensweise zur Immissionsprognose

Bei der Immissionsprognose für die Sprengerschütterungen ist die Vorgehensweise so, dass zunächst Lademengen –Abstandstabellen berechnet werden, um aufgrund des jeweiligen Abstandes zu den Immissionsorten die maximal mögliche Lademenge je Zündzeitstufe zu ermitteln, bei deren Einsatz die jeweils gültigen Anhalts- und Immissionswerte sicher eingehalten werden.

Zur Durchführung der Immissionsprognose für die notwendigen Sprengungen muss für den einzuhaltenden Anhalts- bzw. Immissionswert - hier $IW_0=A_0=6$ - zunächst auf Schwinggeschwindigkeitswerte im Obergeschoss und anschließend auf das Gebäudefundament zurückgerechnet werden, da sich die Prognoseformeln für Sprengungen auf Schwinggeschwindigkeiten beziehen, die in den Geschossdeckenebenen messtechnisch ermittelt werden bzw. als Anhalts- bzw. Immissionswerte in den Regelwerken vorgegeben werden (und nicht auf $KB^*_{F_{max}}$ -Werte).

Hierzu verwendet man den allgemeinen Rechengang nach den Gleichungen 6 und 7 der DIN 4150, Teil 2:

Gleichung 6 der DIN

$$KB = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{\max}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2}}$$

Gleichung 7 der DIN

$$A_0 = KB^*_{F_{max}} = KB \cdot C_F$$

Darin bedeuten:

- V_{\max} = höchste Schwinggeschwindigkeit auf der Deckenebene (mm/s)
- f_0 = Bezugsfrequenz 5,6 Hz
- f = Schwingfrequenz (geschätzt mit ca. 10 Hz)
- C_F = Konstante
- A_0 = Immissionswert (IW)

Der C_F - Wert kann der Tabelle 2 der DIN 4150, Teil 2, Zeile 4 entnommen werden und gilt für Einzelereignisse kurzer Dauer bei denen keine Resonanzen (wie bei Sprengungen üblich) zu erwarten sind. Das Berechnungsverfahren kann für alle Arten der Erschütterungen zur Umrechnung in Schwinggeschwindigkeiten verwendet werden.

Erfahrungsgemäß sind bei Sprengarbeiten (und kurzzeitigen Erschütterungen) keine Resonanzen in den Geschossdecken feststellbar (vgl. Punkt 5.5.5. der DIN 4150 Teil 1 und Blatt 1472 Absatz 6 des Ministerialblattes Nr. 73 des Bundeslandes NRW). Aus diesem Grund kann hier der cF -Wert von 0,6 angewendet werden. Der cF -Wert von 0,8 wird hier nur zum Vergleich in den Tabellen 5 und 6 zum Vergleich mit dargestellt.

Für die Immissionsprognose zur Beurteilung der kurzzeitigen Erschütterungsereignisse werden folgende Ansätze verwendet (Tabellen 4 und 5):

Geht man von typischen Eigenfrequenzen für Betondecken um ca. 30 Hz aus, so lässt sich für den zulässigen Anhalts- bzw. Immissionswert von $A_0 = IW_0 = 6$ (bei Anwendung der Sonderregel für kurzzeitige Ereignisse, von der hier ausnahmslos ausgegangen wird) eine maximal zulässige Schwinggeschwindigkeit von $V_{\max} = 14,39$ mm/s als Äquivalentwert errechnen.

| Beurteilung Gewinnungssprengung (Steinbruch) | | |
|---|---|---|
| | CF-Wert = 0,6 IWo = 6 Deckenmitte OG | CF-Wert = 0,8 IWo = 6 Deckenmitte OG |
| Frequenz | v_{\max} zulässig | v_{\max} zulässig |
| Hz | mm/s | mm/s |
| 10 | 16,21 | 12,16 |
| 15 | 15,10 | 11,32 |
| 20 | 14,69 | 11,01 |
| 25 | 14,49 | 10,87 |
| 30 | 14,39 | 10,79 |
| 35 | 14,32 | 10,74 |
| 40 | 14,28 | 10,71 |
| 45 | 14,25 | 10,69 |
| 50 | 14,23 | 10,67 |
| Mit $\ddot{U} = 4$ | 3,60 | 2,70 |

Tabelle 5: Umrechnung des Anhalts- bzw. Immissionswertes in eine Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament

Aus der Tabelle 4 ist nunmehr ersichtlich, dass für eine maximale Schwinggeschwindigkeit von $v_{\max} = 3,6$ mm/s am Gebäudefundament der Anhalts- bzw. Immissionswert von $A_0 = IWo = 6$ in der Geschossdecke (Mitte) eingehalten werden kann.

Für die errechneten Schwinggeschwindigkeitswerte in der Geschossdeckenebene von $v_{\max} = 14,39$ mm/s sind sowohl die Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 2 als auch für kurzzeitige Erschütterungsereignisse nach DIN 4150 Teil 3 eingehalten.

Bestimmung des Überhöhungswertes

Zur Bewertung der dynamischen Belastungen an schützenswerten Gebäuden mit mehreren Stockwerken ist es üblich und sinnvoll, einen Überhöhungswert \ddot{U} für die Immissionen in der obersten Deckenebene aus Fundament- und den höchsten Deckenmesswerten zu ermitteln. Dieser beschreibt die erhöhte Anregung im Bereich der Deckenebenen in Bezug zur Fundamentanregung.

Der Wert dieses Überhöhungswertes ist von vielen Faktoren abhängig, z. B. von

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

Je höher die Frequenz ist, desto geringer ist erfahrungsgemäß der Überhöhungswert. Für Wohngebäude „normaler Bauart“ liegt dieser Überhöhungswert im Bereich von $\ddot{U} = 2$ bis $\ddot{U} = 4$, abhängig von der Erregungsart sowie der Entfernung und den Frequenzen.

Für Wohngebäude wird dieser Überhöhungswert mit $\ddot{U} = 4$ angesetzt. Diese Werte beruhen auf allgemeinen Mess- und Beurteilungserfahrungen. Für gewerblich genutzte (und dementsprechend gebaute) Gebäude bzw. für Industriegebäude liegt dieser Überhöhungswert niedriger.

Erfahrungsgemäß sind durch diesen Überhöhungswert für die Beurteilung der Erschütterungsimmisionen verursacht durch Sprengungen ausreichend hohe Sicherheiten gegeben.

Darüber hinaus ist 10 mal pro Jahr laut den Ausführungen der Regelwerke (zum Beispiel DIN 4150 Teil 2, LAI-Erschütterungsrichtlinie) ein Anhalts- bzw. Immissionswert von bis zu $A_0 = IWo = 8$ (für jedes schutzwürdige Objekt einzeln) möglich.

Dieses entspräche (Tabelle 5) am Gebäudefundament sogar einer maximalen Schwinggeschwindigkeit von ca. $V_{\text{imax}} = 4,8 \text{ mm/s}$. Dieser Wert wird für die weiteren Berechnungen aber nicht weiter verwendet und ist hier nur informativ berechnet.

| Beurteilung Gewinnungssprengung (Steinbruch) | | |
|---|---|---|
| | CF-Wert = 0,6 IWo = 8 Deckenmitte OG | CF-Wert = 0,8 IWo = 8 Deckenmitte OG |
| Frequenz Hz | V_{max} zulässig mm/s | V_{max} zulässig mm/s |
| 10 | 21,61 | 16,21 |
| 15 | 20,13 | 15,10 |
| 20 | 19,58 | 14,69 |
| 25 | 19,32 | 14,49 |
| 30 | 19,18 | 14,39 |
| 35 | 19,10 | 14,32 |
| 40 | 19,04 | 14,28 |
| 45 | 19,00 | 14,25 |
| 50 | 18,97 | 14,23 |
| Mit $\ddot{U} = 4$ | 4,80 | 3,60 |

Tabelle 6: Umrechnung des Anhalts- bzw. Immissionswertes in eine Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament

Im Regelfall – durch vielzählige praktische Messungen belegbar – liegen die tatsächlichen Messwerte unterhalb der hier berechneten Prognoseansätze, da dieser ermittelte $KB^*_{F_{\text{max}}}$ -Wert im Obergeschoss durch Filterung und Berücksichtigung der Taktmaximalwerte im Messgerät direkt bestimmt wird.

Der Immissionsprognose wird somit eine maximale Schwinggeschwindigkeit von

$$V_{\text{imax}} = 3,6 \text{ mm/s} (< 10 \text{ Hz}) \text{ am Gebäudefundament}$$

zu Grunde gelegt. Mit diesem Wert werden alle Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 eingehalten.

5.1 Ermittlung der spezifischen Gebirgsbeiwerte

Der Gebirgsbeiwert beschreibt die Übertragung der Erschütterungswellen im Untergrund, ist also überwiegend abhängig von den geologischen Bedingungen.

In diesem Gutachten werden für die Immissionsprognose Gebirgsbeiwerte verwendet, die aufgrund von Messergebnissen aus drei repräsentativen Messstellen in den Jahren 2014 bis 2017 (volle vier Jahre) sowie bis 15.06.2018 ausgewertet wurden.

Als Messstellen wurden die behördlich festgelegten Messstellen IO 1 und IO 2 sowie die vom Unterzeichner im Einvernehmen mit der NSN und der Familie Wendelstein festgelegte Messstelle IO 3 in Sengach verwendet.

Messstelle 1, IO 1: Fam. Dr. Miemietz; Ötisheimer Steige 59 in 75417 Mühlacker

Messstelle 2, IO 2: Fam. Rauth, Händelstr. 54 in 75417 Mühlacker

Messstelle 3, IO 3: Frau Wendelstein, Hauptstr. 5 in 75417 Mühlacker-Sengach

Ganz bewusst wurde am 13.11.2013 die Messstelle IO 3 in Sengach aktiviert (trotz des zum derzeitigen Abbaus noch sehr großen Abstands) um dem Voranschreiten des Abbaus mit der Erweiterungsfläche und dem damit verbundenen geringer werdenden Abstand Rechnung zu tragen.

Aus der Tabelle 7 gehen die berechneten Gebirgsbeiwerte für die drei oben genannten Messstellen für die Jahre 2014 bis Ende 2017 hervor.

| 2014 | Messstelle 1 Fam. Miemitz | | Messstelle 2 Fam. Rauth | | Messstelle 3 Fr. Wendelstein | |
|--------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment |
| Maximalwert | 160 | 3104 | 114 | 1962 | 256 | 6850 |
| Median | 85 | 1424 | 62 | 892 | 134 | 3015 |
| Mittelwert | 95 | 1709 | 69 | 1088 | 149 | 3632 |

| 2015 | Messstelle 1 Fam. Miemitz | | Messstelle 2 Fam. Rauth | | Messstelle 3 Fr. Wendelstein | |
|--------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment |
| Maximalwert | 125 | 2738 | 178 | 3574 | 364 | 9891 |
| Median | 42 | 770 | 33 | 539 | 86 | 1970 |
| Mittelwert | 64 | 1295 | 69 | 1292 | 134 | 3387 |

| 2016 | Messstelle 1 Fam. Miemitz | | Messstelle 2 Fam. Rauth | | Messstelle 3 Fr. Wendelstein | |
|--------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment |
| Maximalwert | 81 | 1295 | 61 | 1219 | 95 | 2049 |
| Median | 81 | 1295 | 57 | 1030 | 95 | 2049 |
| Mittelwert | 81 | 1295 | 55 | 1016 | 95 | 2049 |

| 2017 | Messstelle 1 Fam. Miemitz | | Messstelle 2 Fam. Rauth | | Messstelle 3 Fr. Wendelstein | |
|--------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment |
| Maximalwert | 100 | 1660 | 60 | 953 | 166 | 3582 |
| Median | 68 | 1124 | 49 | 747 | 101 | 2169 |
| Mittelwert | 67 | 1124 | 46 | 707 | 106 | 2301 |

| 2018 | Messstelle 1 Fam. Miemitz | | Messstelle 2 Fam. Rauth | | Messstelle 3 Fr. Wendelstein | |
|--------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment |
| Maximalwert | 81 | 1431 | 74 | 1256 | 192 | 4415 |
| Median | 58 | 1031 | 50 | 810 | 112 | 2500 |
| Mittelwert | 59 | 1058 | 48 | 778 | 113 | 2524 |

Tabelle 7: Statistische Auswertung der Messergebnisse aller drei Messstellen

Auffällig ist, dass hier bei den Maximalwerten ungewöhnlich hohe Ausreißer vorkommen. Erfahrungsgemäß sind Ausreißer bis zum ca. 2,5-fachen des Standardwertes möglich. Diese extremen Ausreißer, die im Wesentlichen an der Messstelle 3 im noch weit entfernten Sengach vorkamen, können vielschichtige Gründe haben, die zum Beispiel wären:

- Nicht exakt bestimmte Ortsangaben (GPS) bzw. sich daraus ergebende ungenaue Entfernungsangaben.
- Kleine Ungenauigkeiten in den Sprengtechnischen Angaben können bei den noch bis Sengach vorhandenen sehr großen Entfernungen große Werteabweichungen zu Folge haben.

Für den Umgang mit diesen Daten gibt es nun drei Möglichkeiten den adäquaten Gebirgsbeiwert für die Immissionsprognose zu bestimmen, da die Maximalwerte vollkommen unrealistisch sind:

1. Eliminierung der Gebirgsbeiwerte mit einem Faktor $> 2,5$ und neue statistische Berechnung.
2. Festlegung eines Faktors (z. B. 80 % des Medianwertes)
3. Beibehaltung aller Messwerte und Verwendung des errechneten Medianwertes

Aus den Erfahrungen mit ähnlichen Abbausituationen mit vergleichbaren Gebirgsverhältnissen ist die dritte Auswertungsmöglichkeit diejenige, die auch realistische Prognosewerte zulässt und die hier bevorzugt wird. Dieser bildet auch die Erfahrungen von vergleichbaren Lagerstätten ab.

Der Medianwert ist der lagetypische Mittelwert, bei dem 50 % der Werte unter und 50 % der Werte über diesem Median Wert liegen.

In der Tabelle 8 werden die zunächst je Einzeljahr ausgewerteten Messergebnisse im Gesamten ausgewertet. Insofern wird die Immissionsprognose mit folgenden Gebirgsbeiwerten durchgeführt (vgl. Tabelle 8):

| | Messstelle 1 Fam. Miemitz | | Messstelle 2 Fam. Rauth | | Messstelle 3 Fr. Wendelstein | |
|--------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| 2014 - 2018 | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment | Koch | BGR-Sediment |
| Maximalwert | 160 | 3104 | 178 | 3574 | 364 | 9891 |
| Median | 63 | 1063 | 49 | 784 | 107 | 2343 |
| Mittelwert | 68 | 1185 | 54 | 900 | 114 | 2572 |

| | Gebirgsbeiwerte gesamt | |
|--------------------|---------------------------|--------------|
| 2014 - 2018 | Koch | BGR-Sediment |
| Maximalwert | 364 | 9891 |
| Median | 70 | 1244 |
| Mittelwert | 81 | 1632 |

Tabelle 8: Statistische Auswertung der Messergebnisse aller drei Messstellen im Gesamten

Insofern werden der Immissionsprognose die folgenden Gebirgsbeiwerte zu Grunde gelegt:

BGR Sediment **K = 1244** **Fernbereich (Standard wäre K = 969)**

Prof. Koch K = 70 Nahbereich (Standard wäre K = 100)

Da alle zu betrachtenden Immissionsobjekte weiter als 100 m zu den beantragten Abbaugrenzen entfernt liegen, ist die BGR Sedimentformel die maßgebliche Prognoseformel.

Sicherheiten der Immissionsprognose

Die Immissionsprognose wird mit dem errechneten Medianwert durchgeführt, der auch die sehr hohen und zum Teil unrealistisch hohen Gebirgsbeiwerte berücksichtigt. Der verwendete Gebirgsbeiwert (nach Formel BGR) liegt somit ca. 30 % höher als der Standardwert, der angewendet wird, wenn keine Messergebnisse vorliegen. Da bei den Messungen (besonders in Richtung Enzberg niemals auch nur annähernd der Anhalts- bzw. Immissionswert erreicht wurde, bestätigt diese Vorgehensweise.

In Anbetracht der Zulässigkeit (10 mal im Jahr, DIN 4150 Teil 2) von Immissionswerten (bzw. Anhaltswerten) je Messstelle bis $IW_o = 8$ statt wie standardmäßig $IW_o = 6$, ist die Einhaltung der Immissionsbestimmungen mit den im weiteren Verlauf empfohlenen Lademengen je Zündzeitstufe überdies jederzeit sicher gewährleistet.

Zudem werden Maßnahmen im Schutzkonzept (Punkt 6) erläutert, wie bei Annäherung der Messwerte an die Anhalts- bzw. Immissionswerte vorzugehen ist.

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

5.2 Immissionsprognose (Erschütterungen)

Aus den Lademengen - Abstandstabellen geht generell hervor, welche maximalen Lademengen je Zündzeitstufe bei minimalen Entfernungen zwischen Sprengstelle und den schutzwürdigen Objekten eingesetzt werden dürfen, damit die Immissionswerte (IW) der Erschütterungsrichtlinie bzw. die Anhaltswerte (A_0) der DIN 4150 eingehalten werden.

Demnach ergeben sich für die Immissionsprognose folgende maximalen Schwinggeschwindigkeiten am Gebäudefundament bei Berücksichtigung des Überhöhungsfaktors von $\ddot{U} = 4,0$ für Wohngebäude und der im Prognoseverfahren errechneten maximalen Schwinggeschwindigkeit in der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses, folgende Rechenwerte:

Wohnhäuser: 3,6 mm/s (Frequenzen < 10 Hz)

Für die gewerblich genutzten Gebäude bzw. auch die Strommasten kann folgender Anhaltswert für die Gebäudefundamente festgelegt werden.

Industriebauten: 20,0 mm/s (Frequenzen < 10 Hz)

Die Tabelle 9 gibt einen Überblick zu den minimalen Entfernungen der maßgeblichen Immissionsobjekte und den aus den Lademengen-Abstandstabellen errechneten möglichen maximalen Lademengen je Zündzeitstufe.

| Immissionsobjekt Nr. | Immissionsobjekt Bezeichnung | Einordnung in die DIN 4150 Teil 3, Zeile | Anhaltswert nach DIN 4150 Teil 3 (mm/s), Fundament für Immissionsprognose | | minimaler Abstand (m) | mögliche Lademenge je Zündzeitstufe kg / ZS |
|----------------------|---------------------------------------|--|---|-------|-----------------------|---|
| | | | Real (< 10 Hz) | | | |
| IO 01 | Reithof mit Wohngebäude | 2 | 5,00 | 3,60 | 429 | 225 |
| IO 02 | Reithof mit Wohngebäude | 2 | 5,00 | 3,60 | 730 | 846 |
| IO 03 | Ortsrandlage Sengach, Wohngebäude | 2 | 5,00 | 3,60 | 775 | 966 |
| IO 04 | Vereinsheim in Sengach | 2 | 5,00 | 5,00 | 430 | 225 |
| IO 05 | Ortsrandlage Enzberg, Wohngebäude | 2 | 5,00 | 3,60 | 388 | 176 |
| IO 06 | Ortsrandlage Enzberg, neues Baugebiet | 2 | 5,00 | 3,60 | 400 | 188 |
| IO 07 | Ortsrandlage Otisheim, Wohngebäude | 2 | 5,00 | 3,60 | 945 | unrealistisch hoch |
| IO 08 | Fa. Kummer, Otisheim Gewerbebetrieb | 1 | 20,00 | 20,00 | 929 | unrealistisch hoch |
| IO 09 | Starkstrommast | 1 | 20,00 | 20,00 | 105 | 115 |
| IO 10 | Starkstrommasten (neu) an der L1173 | 1 | 20,00 | 40,00 | 30 | 92 |
| IO 11 | Wasserdruckfernleitung | - | 50,00 | 50,00 | 265 | unrealistisch hoch |

unrealistisch hoch, bedeutet maximal mögliche Lademengen je Zündzeitstufe von > 1.000 kg

Tabelle 9: Übersicht zur Einteilung der nächstgelegenen Immissionsorte in die DIN 4150.

Im Einzelnen sind

- dem Anhang 3 die Berechnungen zu den Wohngebäuden,
- dem Anhang 4 die Berechnungen zu den Industriegebäuden (bzw. vergleichbar eingestufte Objekten wie dem nächstgelegenen Strommast außerhalb des Abbaubereiches,
- dem Anhang 5 die Berechnungen zu den beiden neuen Strommasten der ENBW am Rande des neuen Abbaubereiches nach ihrer örtlichen Versetzung (hier wurde der Gebirgsbeiwert nach Prof. Koch mit $K = 125$ angewendet, da in diesem Entfernung(nah)bereich der in großen Entfernungen ermittelte Median Gebirgsbeiwert von $K = 70$ erfahrungsgemäß zu gering ist),

zu entnehmen.

Empfehlung

Aus den durchgeführten Berechnungen ergibt sich eine maximal mögliche Lademengen je Zündzeitstufe von $L_{\max} = 188$ kg unter Berücksichtigung der zur Erweiterungsfläche umliegenden bereits bestehenden oder zukünftig entstehenden Wohngebäude.

Die NSN hat jedoch kein Interesse bekundet diese maximal mögliche Lademenge je Zündzeitstufe auch in der Praxis einzusetzen. Da sich die Höhe der Gewinnungsstrossen prinzipiell nicht ändert, wird die maximale Lademenge je Zündzeitstufe auch zukünftig in der Praxis im Bereich von $L_{\max} = 61$ kg liegen (wie im Jahr 2017 erfolgt).

Da dieses durch die NSN freiwillig aus Gründen eines guten nachbarschaftlichen Verhältnisses erfolgt, sollte in die Genehmigung folgender Satz aufgenommen werden.

„Mit einer maximalen Lademengen je Zündzeitstufe von $L_{\max} = 188$ kg können die derzeitigen Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 Teil 3 und Teil 2 bzw. die gleichlautenden Werte der LAI-Richtlinie Erschütterungen bei Durchführung der Sprengarbeiten eingehalten werden.

Die NSN verpflichtet sich im Zuge einer angestrebten Immissionsreduzierung dazu, dass diese Anhalts- bzw. Immissionswerte eine Schwelle von 75 % nicht übersteigt.

Dazu werden an zwei zu den Sprengungen nächstgelegenen Immissionsorten Erschütterungsmessungen (jeweils am Gebäudefundament) durchgeführt. Sollten an einem Immissionsort die Anhalts- und Immissionswerte dreimal $> 75 \%$ liegen, so sind umgehend immissionsreduzierende Maßnahmen (z. B. weitere Ladungsteilung, Verringerung des Bohrlochdurchmessers, Erhöhung des spezifischen Sprengstoffaufwandes) durchzuführen um das Erschütterungsniveau zu reduzieren.

Strommasten

Der Starkstrommast (IO 09) befindet sich in großer Entfernung zu den Sprengarbeiten im Erweiterungsgebiet und muss nicht weiter in der Immissionsprognose betrachtet werden.

Die beiden von der ENBW im Auftrage der NSN umzusetzenden Strommasten (20 KV Leitung) befinden sich zum einen noch relativ nah zu den Sprengungen am nördlichen Böschungsbereich und zum anderen muss Steinflug auf die Stromleitungen unbedingt verhindert werden.

Die beiden Strommasten werden in die Zeile 1 der Tabelle 2 (vgl. Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) eingeordnet. Damit ist zum Beispiel eine maximale Schwinggeschwindigkeit von $V_{\text{imax}} = 20 \text{ mm/s}$ ($< 10 \text{ Hz}$) zulässig.

Da jedoch erfahrungsgemäß bei den Sprengungen im Nahbereich zu dem Strommast hohe Frequenzen ($>> 10 \text{ Hz}$) eingetragen werden, können die frequenzabhängigen Anhalts- bzw. Immissionswert gemäß der Zeile 1 der Tabelle 2 (vgl. Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3) für diesen Strommast für eine Betrachtung im Nahbereich der Immissionsprognose verdoppelt werden.

Aus dem Anhang 5 ergibt sich, dass eine maximale Lademenge je Zündzeitstufe von ca. $L_{\text{max}} = 92 \text{ kg}$ einsetzbar ist. Daraus und aus der Tatsache, dass betrieblich im Regelfall nur eine maximale Lademenge je Zündzeitstufe von ca. $L_{\text{max}} = 61 \text{ kg}$ eingesetzt wird, können die Anhalts- bzw. Immissionswerte am Fundament der Strommasten sicher eingehalten werden.

Es wird empfohlen, das Presplitting-Verfahren an der nördlichen Böschungskante einzusetzen, um die Endböschung standsicher auszuführen und auch Rückrisse in Richtung Fundamente der Strommasten und auch in Richtung Landstraße so weit wie möglich vermeiden zu können.

Auf die Vermeidung von Steinflug, hier zum Schutze der Stromleitungen) wird unter Punkt 5.3 eingegangen.

Wasserdruckfernleitung

Die erdverlegte Wasserdruckfernleitung (IO 11) befindet sich in einem sehr großen Abstand von $\geq 265 \text{ m}$. Setzt man hier den niedrigsten Anhalts- bzw. Immissionswert nach Tabelle 3 von $V_{\text{imax}} = 50 \text{ mm/s}$, so errechnet sich eine maximal mögliche Lademenge je Zündzeitstufe von über 5 to, die für die Anwendung völlig unrealistisch ist. Insofern liegt diese erdverlegte Rohrleitung in einem völlig sicheren Entfernungsbereich zu den Sprengungen und muss nicht weiter betrachtet werden.

Die Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabellen werden zum einen

- mit der bisher in den letzten Jahren üblichen maximalen Lademengen je Zündzeitstufe von $L_{\text{max}} = 61,0 \text{ kg}$ (Anhang 6) und
- zum anderen mit 50 % der möglichen maximalen Lademengen je Zündzeitstufe also mit von $L_{\text{max}} = 94,0 \text{ kg}$ (Anhang 7).

durchgeführt. Dabei ist zu beachten, dass die hier aufgeführten Entfernungen Minimalentfernungen sind. Die meisten Sprengungen werden aufgrund der geringeren Entfernungen deutlich geringere Erschütterungen als in diesen Tabellen aufgeführt erzeugen.

Für die beiden neuen Strommasten (IO 10) lassen sich die folgenden Werte für die beiden verschiedenen hier betrachteten maximalen Lademengen je Zündzeitstufe prognostizieren:

$L_{\text{max}} = 61,0 \text{ kg}$: $V_{\text{imax}} = 18,2 \text{ mm/s}$

$L_{\text{max}} = 94,0 \text{ kg}$: $V_{\text{imax}} = 22,6 \text{ mm/s}$

Eine höhere maximale Lademenge je Zündzeitstufe als die $L_{\text{max}} = 94,0 \text{ kg}$ wird zur Anwendung aufgrund des Immissionsumfeldes generell nicht empfohlen, damit das

derzeitige Immissionsniveau erhalten bleibt, dass von den Anliegern im Prinzip akzeptiert wird.

Die einzusetzende Sprengtechnik orientiert sich an den bisher eingesetzten Parametern mit einem spezifischen Sprengstoffaufwand von in etwa $q = 0,3 \text{ kg/fm}^3$ und ist natürlich (neben den geologischen Bedingungen) auch maßgeblich abhängig von den Bruchwandhöhen.

Empfehlung

Da die Sprengraster mit der Verwendung unterschiedlicher Sprengstoffe, Bohrlochtiefen etc. stark variieren, wird keine Festschreibung von bestimmten Bohr- und Sprengrastern empfohlen. Hier sollten dem Betrieb Freiheitsgrade gelassen werden die Sprengtechnik den örtlichen Bedingungen anzupassen.

Fazit

Die ausgeführten Schwinggeschwindigkeits – Abstandstabellen verdeutlichen, wie sich die zukünftig zum Einsatz kommenden Lademengen je Zündzeitstufen in der Praxis auf die verschiedenen Immissionsorte in unterschiedlichen Entfernungen auswirken. Die maximalen Lademengen entsprechen den bisher betriebsüblich eingesetzten.

Dementsprechend werden zukünftig bei den nächstgelegenen Immissionsobjekten IO 05 und IO 06 in der Ortsrandlage Enzberg Erschütterungen am Gebäudefundament von maximal $V_{\text{imax}} = 2,5 \text{ mm/s}$ zu erwarten sein.

Daher ist mit hohen Sicherheiten von einer Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 (Teil 2 und Teil 3) bzw. der Immissionswerte nach der Erschütterungsrichtlinie, auch in den Geschossdecken, auszugehen.

5.3 Steinflug –Ursachen und Vermeidung -

Auftretender Steinflug ist in aller Regel das Ergebnis von örtlichen oder punktuellen Überladungen. In diesem Fall ist die Sprengladung und ihr Energieinhalt wesentlich größer, als die geometrischen Abmessungen und physikalischen Eigenschaften des Einschlußmediums dies zur Erzielung des gewünschten Sprengzweckes erfordern.

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

Nach allgemeinen Erfahrungen tritt bei Gewinnungssprengungen ein über das normale Maß hinausgehender, unkontrollierter Steinflug bei einem spezifischen Sprengstoffeinsatz von etwa 2 kg/fm^3 und mehr ein, wobei die örtlichen Bedingungen wie Einschlußgrad der Ladung, Verspannung der Vorgabe, mechanische Eigenschaften des Einschlußmediums, Klüftigkeit und dergleichen eine wichtige Rolle spielen, von den topographischen Bedingungen einmal ganz abgesehen.

In dem Anhang 8a - e "Steinfluggefahren" sind die, aufgrund der physikalischen Gesetze leicht verständlichen, Hauptursachen für auftretenden Steinflug zusammenfassend verdeutlicht und dem Normalfall einer Gewinnungssprengung gegenübergestellt. Hier ist auch der Anwendungsfall „Verwendung von Sohlbohrlöchern“ erwähnt, der nur nach Freigabe der Berufsgenossenschaften mit entsprechender Begründung für die Erfordernis und Gefährdungsanalyse zur Anwendung kommen darf.

Werden unzureichende Vorgaben (in der Regel kleiner als ca. 2,0 bis 2,5 m je nach Bohrl Lochdurchmesser und verwendeter Sprengstoffart) festgestellt, sind die entsprechenden Sprengstoffladesäulen geeignet „zu strecken“, wodurch sich der spezifische Sprengstoffaufwand in den kritischen Bereichen reduziert.

Sofern die Vorgaben in den kritischen Bereichen nicht exakt feststellbar sind, sind diese Bohrlöcher nicht mit Sprengstoff zu besetzen.

Auftretender Steinflug aus Bruchwandbereichen erfolgt in Wurfrichtung der Sprengungen. Dabei ist die Hauptstreurichtung allseitig in einem Winkel von 45° auf die jeweilige Bohrlochachse projiziert.

Spritzflug aus den Bohrlochmündern von Kopfbohrlöchern ist bei ordnungsgemäßer Durchführung von Gewinnungssprengungen sehr leicht und sicher vermeidbar, wenn die Endbesatzlänge geeignet eingehalten wird.

Folgende Endbesatzhöhen für Großbohrlöcher sollten im Regelfall eingehalten werden.

Zündung vom Bohrlochmund aus:

| | | |
|---------------------|-------------|-----------------|
| Bohrlochdurchmesser | ca. 76 mm: | ca. 2,5 - 3,0 m |
| Bohrlochdurchmesser | ca. 90 mm: | ca. 3,0 - 3,5 m |
| Bohrlochdurchmesser | ca. 102 mm: | ca. 3,5 - 4,0 m |
| Bohrlochdurchmesser | ca. 115 mm: | ca. 4,0 - 4,5 m |

Zündung aus dem Bohrloch tiefsten:

| | | |
|---------------------|-------------|-----------------|
| Bohrlochdurchmesser | ca. 76 mm: | ca. 2,0 - 2,5 m |
| Bohrlochdurchmesser | ca. 90 mm: | ca. 2,5 - 3,0 m |
| Bohrlochdurchmesser | ca. 102 mm: | ca. 3,0 - 3,5 m |
| Bohrlochdurchmesser | ca. 115 mm: | ca. 3,5 - 4,0 m |

Der Endbesatz muss aus steinfreiem Material wie z. B. Bohrklein, Brech- oder Natursand bzw. feinem Splitt bestehen und mit dem Ladestock verdichtet eingebracht werden.

Die 20 KV Starkstromleitungen, die über die neuen beiden Strommasten (IO 10) am Rande des Abbaufeldes an der nördlichen Endböschung geführt werden, dürfen nicht durch Steinflug beschädigt werden. Ebenso ist Steinflug auf die im Bereich der Strommasten an das Erweiterungsgebiet angrenzende Landstraße L 1173 sicher auszuschließen.

Daher müssen die Sprengarbeiten in einem Sicherheitskorridor von ca. 100 m zur Leitungstrasse äusserst sorgfältig ausgeführt werden. Der Endbesatzbereich muss hier um zusätzliche 0,5 m vergrößert werden. Sollte die Stückigkeit des Haufwerks dadurch aus dem Besatzbereich zu groß werden, so kann mit dem Einsatz von Sprengschnur und einer gedrittelten Patrone Abhilfe geschaffen werden ohne die Steinfluggefahr zu erhöhen. In diesem Sicherheitskorridor ist eine Vermessung der Bruchwände zur Feststellung der exakten Vorgaben erforderlich, sofern die Auswurf-richtung des Haufwerks in Richtung Westen erfolgt. Dabei werden moderne Vermessungssysteme (Laserbruchwandvermessung, Fotogrammetrische Vermessung etc.) zur Verwendung empfohlen. Sofern der Richtungsverlauf der Bohrlöcher nicht mit herkömmlichen Methoden ermittelt werden kann, sind Bohrlochvermessungssysteme einzusetzen.

5.4 Sprengbereich und Absperrung

In der Technischen Regel SprengTR 310 - Sprengarbeiten wird unter Punkt 4.7 der Sprengbereich beschrieben. Dieser umfasst normalerweise einen kreisförmigen von 300 m um die jeweiligen Sprengstellen. In diesem Umfeld sollen sich keine Personen ohne Deckung im Freien aufhalten.

Bei der Größe des Sprengbereichs von 300 m handelt es sich um eine sog. Kann-Bestimmung. Wenn mit einem Bereich, in dem direkte Sprengwirkungen entstehen können, von mehr als 300 m um die Sprengstelle zu rechnen ist, so hat der Sprengberechtigte einen vergrößerten Sprengbereich festzulegen. (Unterpunkt 4 der SprengTR 310)

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

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

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

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

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

Aus der Abbausituation ergibt sich begünstigend, dass niemals die Auswurfrichtung des Haufwerks innerhalb von 300 m direkt auf die Wohnbebauungen bzw. öffentliche Verkehrswege gerichtet ist. Insofern ist hier generell eine potentielle Gefahr für die Beschädigungen von Sachgütern Dritter über die Betriebsgrenzen hinaus bei Einhaltung des Stand der Technik sowie den hier ausgesprochenen Empfehlungen und der Anwendung der erforderlichen Sorgfalt auszuschließen.

Trotzdem kann der Regelsprengbereich von 300 m in Bezug zur L 1173 und zu den vorhandenen „Gartenhäuschen“ im Süden und Südwesten sowie zu den Feldwegen nicht immer vollständig eingehalten werden.

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

In der Abbildung 6 wird der erforderliche Regelsprengbereich mit Abstand 300 m (rot) ausgehend von der Landstraße als Mittelpunkt gezeigt, da sich die Sprengungen im Erweiterungsgebiet nach Norden hin sehr nah an die Landstraße annähern, bzw. diese auch durch eine zu berücksichtigende seitliche Auswurfrichtung (45°) meistens in diesem Regelsprengbereich liegt. Der gelbe Kreis ist auf 150 m Radius ausgelegt. Man erkennt somit, dass dieser Radius zu klein ist.

Es wird daher empfohlen die L 1173 bei allen Sprengungen, die sich in dem roten Bereich befinden, für das kurze Zeitfenster der Sprengung abzusperren. Die behördlichen Genehmigungen zur Absperrung müssen dafür eingeholt werden.

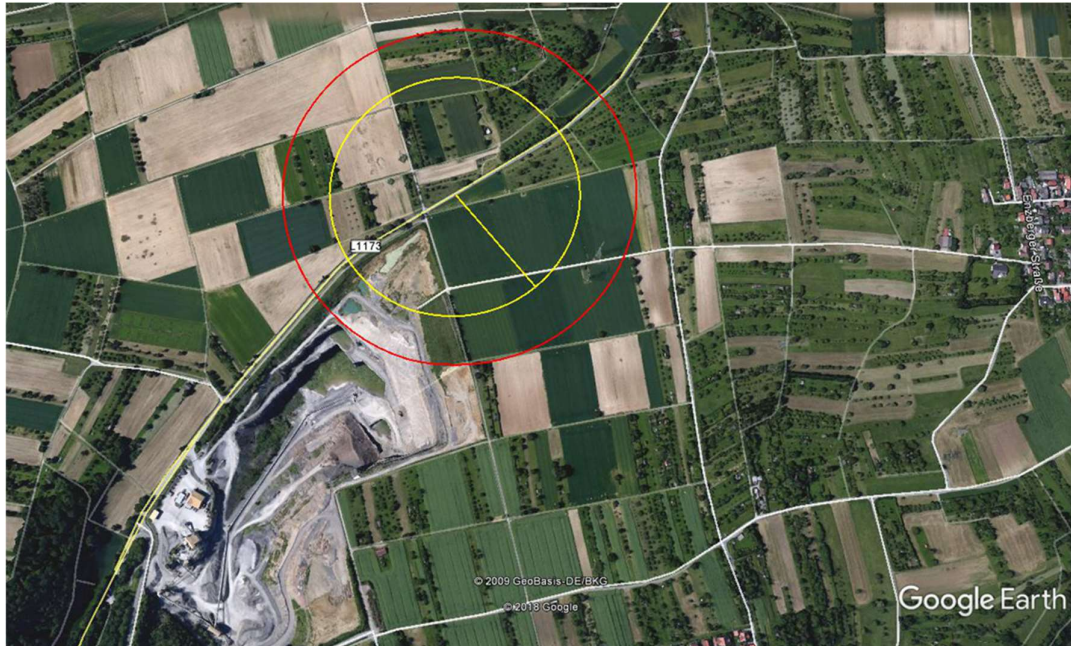


Abb. 6: Darstellung des Regelsprengbereichs von 300 m (rot) und des Sprengbereichs von 150 m (gelb).

Bezüglich der erforderlichen Absperrungen im südlichen Bereich ist anzumerken, dass sich keine Menschen innerhalb des festgelegten Sprengbereichs im Freien (ohne dass geeignete Deckungsräume aufgesucht werden) aufhalten dürfen. Auch wenn die in manchen Bereichen vorhandenen Gartenhäuschen ohne Genehmigung errichtet wurden, gilt diese Maßgabe auch für Personen, die sich dort aufhalten. Diese müssen ihre Grundstücke und Gartenhäuser verlassen, sofern sie sich im Sprengbereich aufhalten.

Es befinden sich im Umfeld des Erweiterungsbereichs diverse Feldwege. Diese müssen in die Absperrungen mit einbezogen werden.

Die bereits erwähnten Absperrmaßnahmen müssen generell sicherstellen, dass bei eventuellem Steinflug – auch über die Betriebsgrenzen hinaus - keine Personen (auch Dritte unbeteiligte) Schaden nehmen können.

Die Absperrposten müssen betrieblich nachweislich (gegen Unterschrift) unterwiesen werden und untereinander sowie zum verantwortlichen Sprengberechtigten Kontakt haben (per Funk- oder Telefon).

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

Egal ob die Sprengarbeiten durch eigenes Personal oder durch einen Sprengdienstleister durchgeführt werden, es wird auf jeden Fall empfohlen, die Gefährdungen gemeinsam mit Verantwortlichen der Betriebsleitung schriftlich festzulegen. Die Berufsgenossenschaften haben hierzu Hilfen entwickelt.

5.5 Sprengschwaden und Gesteinsstäube

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

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

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

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

Besonders in der trockenen Jahreszeit kann es zu stärkeren Staubeentwicklungen kommen. Geeignete Schutzmaßnahmen sind hierfür einzusetzen, die nicht Gegenstand dieses Gutachtens sind.

5.6 Immissionsprognose des Schallpegels

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

Im vorliegenden Fall beträgt der kürzeste Abstand einer Sprengstelle zum ersten Wohnhaus ca. 388 m (Ortsrandlage Enzberg).

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

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

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

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

$$L_{Apeak} = 136 \text{ dB(A)} - 20 \lg \frac{388 \text{ m}}{1 \text{ m}} - 6 \text{ dB(A)}$$

$$\underline{L_{Apeak} = 79 \text{ dB(A)}}$$

Beurteilung:

Betrachtet man die Ortsrandlage Enzberg als nächstgelegenen Wohnbereich, dann sind dort bei minimalem Abstand ca. 79 dB(A) bei der Durchführung von Sprengungen als Sprengknall zu erwarten.

Maßgeblich ist die sechste Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm - TA-Lärm) vom 28.08.1998.

Die Wohnhäuser der Ortsrandlage werden als Wohnhäuser unter 6. "Immissionsrichtwerte" in die Rubrik d) allgemeines Wohngebiet und Kleinsiedlungsgebiet eingeordnet.

Danach sind dort tags 55 dB(A) + 30 dB(A) = 85 dB(A) für kurzzeitige Geräuschspitzen zulässig. Dementsprechend sind hier auch im Extremfall die Forderungen der TA-Lärm erfüllt.

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

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

| | |
|---|---------|
| Distanz d = | 388 m |
| Bewegungsgeschwindigkeit V _x = | 15 m/s |
| Schwingfrequenz f = | 1 Hz |
| Seitenabstand = | 3,0 m |
| Bohrlochanzahl = | 20 |
| Wandhöhe = | 26,0 m |
| Membranfläche A = | 1560 qm |

Rechnerische Überprüfung – beispielhafter Ansatz -:

Berechnung der Membranfläche einer betriebsüblichen Sprengung mit ca. 20 Bohrlöchern in einer Reihe in der kürzesten (möglichen) Distanz zu den Gebäuden in der Ortsrandlage Enzberg (IO 05 und IO 06).

$$L_p = (10 \times \log [1,078 \times 10^{10} \times (1 \times 1560 \times 50)^2] - 20 \times \log 733 - 8) \text{ dB}$$

$$\underline{L_p = 127,9}$$

Bewertung:

Damit sind auch im absolut ungünstigsten Fall die aus der DIN 1055 Teil 4 „Lastannahmen für Bauten“ resultierenden Vorgaben, = Spitzenschallpegel von max. 143 dB, das entspricht einer Last von 60 kp/m², deutlich eingehalten.

6 Schutzkonzept Sprengerschütterungen

Aufgrund der langjährigen Sprengtätigkeit im Steinbruch Enzberg sowie dem jahrelangen Monitoring der Sprengerschütterungen an zwei bis derzeit drei Messstellen, konnte das Erschütterungsniveau anhand der den Stand der Technik abbildenden Vorgehensweise für die Sprengungen in der Erweiterungsfläche prognostiziert werden.

Das tatsächliche entfernungsabhängige Erschütterungsniveau sollte auch weiterhin durch Erschütterungsmessungen kontrolliert und in einem aussagefähigen Jahresbericht ausgewertet und die Ergebnisse dargestellt werden .

Die derzeitigen Messstellen

Messstelle 1, IO 1: Fam. Dr. Miemietz; Ötisheimer Steige 59 in 75417 Mühlacker
(als repräsentative Messstelle für die Telemannstr. / Ötisheimer Steige)

Messstelle 2, IO 2: Fam. Rauth, Händelstr. 54 in 75417 Mühlacker
(als repräsentative Messstelle für die Händelstraße)

werden auch weiterhin als geeignet für das Erweiterungsgebiet angesehen.

Zusätzlich sollte in Sengach anstelle der von der NSN bisher als freiwillige zusätzliche Messstelle in der Hauptstr. 5 (Fam. Wendelstein) eine zur Erweiterungsfläche näher gelegene Messstelle gewählt werden. Hier bietet sich das IO 03 (Enzberger Str. 12/1) als zur Erweiterungsfläche nächstgelegenes Wohnhaus in Sengach an.

Sofern Sprengungen in dem definierten Sicherheitskorridor von 100 m zur nördlichen Starkstromtrasse ausgeführt werden, sollten exemplarische Erschütterungsmessungen an dem zu der Sprengung jeweils nächstgelegenen Fundament des Masten durchgeführt und somit die Einhaltung der Anhalts- bzw. Immissionswerte nach DIN 4150 Teil 3 kontrolliert werden.

Generell sollte im Zuge des Schutzkonzeptes gelten, dass sofern an einem Immissionsort dreimal hintereinander ein Immissions- bzw. Anhaltswert die Schwelle von 75 % überschreitet, für die Sprengarbeiten mit geringer werdender Entfernung Maßnahmen zur dauerhaften Erschütterungsreduzierung zu treffen sind.

Diese Maßnahmen können vielfältig sein, zum Beispiel:

- Reduzierung der maximalen Lademenge je Zündzeitstufe durch
 - weitere Ladungsteilung
 - Einsatz geringerer Bohrlochdurchmesser
 - Verwendung von Sprengstoff mit geringerer Dichte
 - ...
- Änderung der Abbaurichtung
- Erhöhung des spezifischen Sprengstoffaufwandes
- Zündtechnische Veränderungen
- ...

Mit diesem Konzept ist sichergestellt, dass die Anhalts- bzw. Immissionswerte für Erschütterungen bei sämtlichen Anrainern eingehalten und somit das Schutzgut Mensch und Eigentum ausreichend abgesichert ist.

Zusätzlich sind für diesen Fall (dreimalige Überschreitungen) Erschütterungsmessungen in den Geschossdecken des betreffenden Gebäudes zur Überprüfung der übrigen Anhalts- bzw. Immissionswerte erforderlich. Die Messungen in den Geschossdecken bilden dann die jeweils maßgeblichen Werte entsprechend der DIN 4150 ab.

Dabei muss beachtet werden, dass diese Messungen bzw. die Messorte auch für benachbarte Gebäude als repräsentativ gelten.

7 Zusammenfassung

Das Spreng- und immissionstechnische Gutachten für die beantragte Erweiterungsfläche zum Steinbruch Enzberg der NSN wurde auftragsgemäß erstellt.

Zukünftig sollen die Gewinnungsarbeiten – wie bereits in der bisher genehmigten Abbaufäche – auch in der Erweiterungsfläche mit Hilfe der Bohr- und Sprengarbeit durchgeführt werden.

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

Berücksichtigung fanden dabei die jeweils maximal möglichen Immissionsauswirkungen bezogen auf die jeweils geringsten Entfernungen zwischen Emissions- und Immissionsorten (schützenswerte Objekte). Weiter entfernte mögliche Immissionsorte wurden aufgrund dessen nicht betrachtet. Es ist erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass bei Einhaltung der Immissionswerte bei den nächstgelegenen Objekten diese auch bei weiter entfernt gelegenen eingehalten werden.

Die gutachterlichen Ausführungen zu den Sprengerschütterungen stützen sich auf Messwerte, die an mehreren Messstellen seit 2012 mittels Dauermessstationen gesammelt und gemäß der DIN 4150 ausgewertet wurden. Insofern lag der Auswertung eine sehr hohe Datendichte vor.

Die Abbausituation in der Erweiterungsfläche ist dadurch gekennzeichnet, dass die Abstände zur Ortsrandlage Enzberg im Prinzip gleich bleiben bzw. sich zur Ortschaft Sengach sowie zu anderen noch vorhandenen Immissionsobjekten (z. B. Gebäuden) verringern werden. Die bisher im genehmigten Abbaufeld angewendete Sprengtechnik war Grundlage für die Immissionsprognose. Das bedeutet, dass auch für die zukünftige Abbausituation von relativ geringen Erschütterungsimmissionen auszugehen ist.

Zur Einhaltung der jeweiligen Anhalts- bzw. Immissionswerte für Sprengerschütterungen wurden die maximal möglichen Lademengen je Zündzeitstufe anhand von Lademengen – Abstandstabellen berechnet. Demnach beträgt die maximal mögliche Lademenge je Zündzeitstufe $L_{\max} = 188$ kg. Beim späteren Betriebsablauf ist davon auszugehen, dass die jeweiligen Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 (Teil 2 und Teil 3) mit hohen Sicherheiten eingehalten werden können. Dieses um so mehr, da im Regelfall auch zukünftig – wie bisher – nur Lademengen je Zündzeitstufe von maximal etwa $L_{\max} = 61$ kg in Verbindung mit Ladungsteilung eingesetzt werden. Dieses geht aus den erstellten exemplarischen Schwinggeschwindigkeits - Abstandstabellen für den betriebsüblichen Einsatz der Sprengtechniken hervor.

Vorschläge zum zukünftigen Monitoring der Sprengerschütterungen und Anwendung eines Schutzkonzeptes sind ausgeführt worden.

Bei Einhaltung der vorgeschlagenen Empfehlungen und gültigen Regelwerke (z. B. Spreng TR 310) sowie der für die Sprengarbeiten gebührenden Sorgfalt ist auch Steinflug über die Abbaugrenzen hinaus mit hohen Sicherheiten vermeidbar.

Der Regelsprengbereich von 300 m erfordert bei Sprengungen im Bereich der Landstraße L 1173 Absperrmaßnahmen der Straße. Ansonsten sind weitere umfangreiche Absperrmaßnahmen wegen der vielen vorhandenen Feldwege und diversen Gartenhäuschen im Umfeld erforderlich. Wohngebäude befinden sich nicht im Entfernungsbereich von < 300 m zu den Abbaugrenzen.

Aus der hier behandelten immissionstechnischen Sicht spricht unter Einhaltung der aufgeführten Empfehlungen nichts gegen die Durchführung von Sprengarbeiten innerhalb der beantragten Erweiterungsfläche.

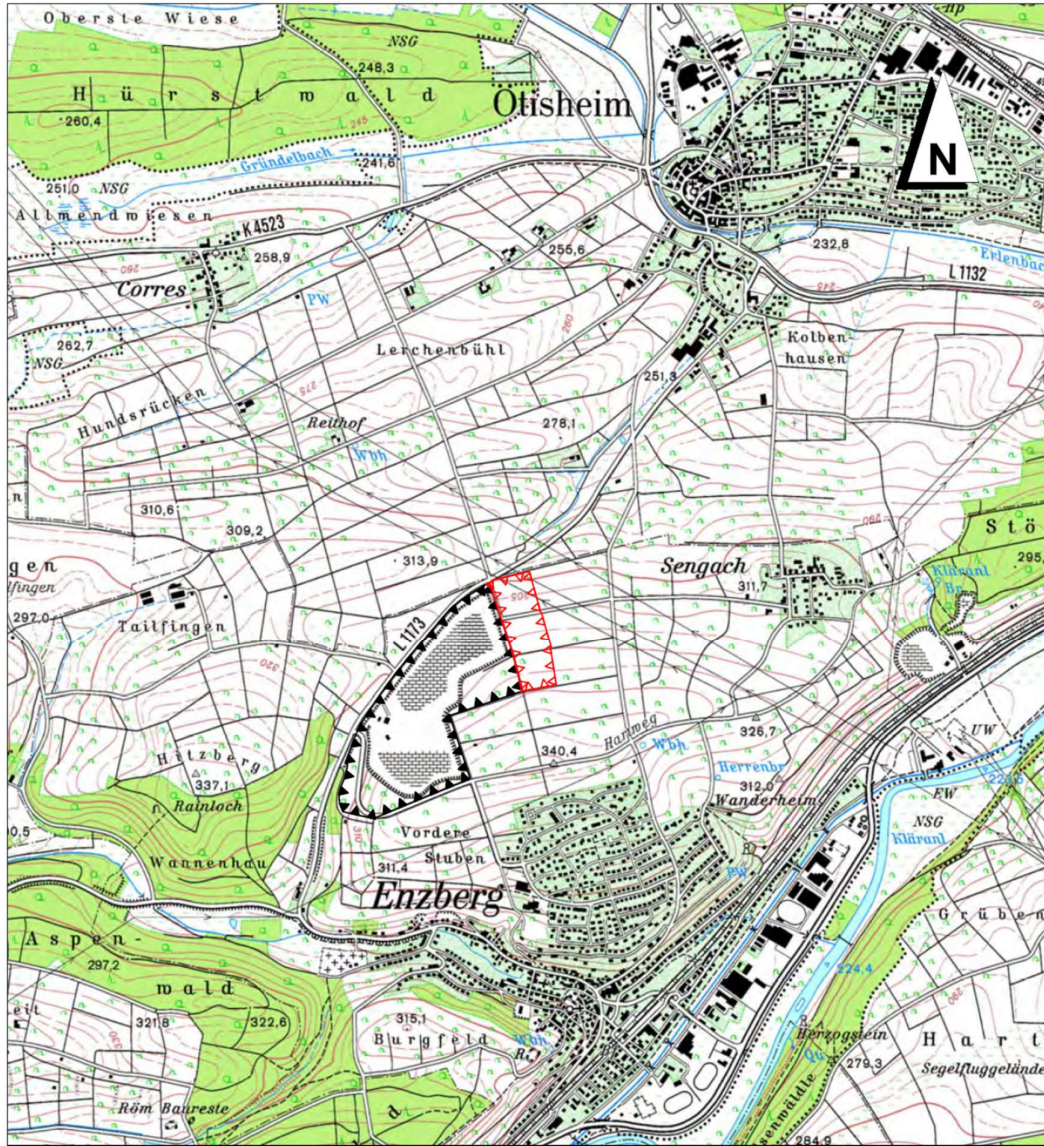
Dieses Gutachten habe ich entsprechend meines Eides als unabhängiger, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger nach bestem Wissen und Gewissen und nach dem mir bekannten Stand der Technik verfasst.



Dipl.-Ing. Guido A. Schmücker

Bergheim, 07. November 2018

Anhang 1



ZEICHENERKLÄRUNG

- ▲▲▲ Genehmigungsgrenze
- △△△ Geplante Erweiterung



NATURSTEINWERKE IM NORDSCHWARZWALD **NSN** GMBH & CO. KG

arguplan.

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

Erweiterung Steinbruch Enzberg

Projekt Nr. 0007
Maßstab 1 : 20.000

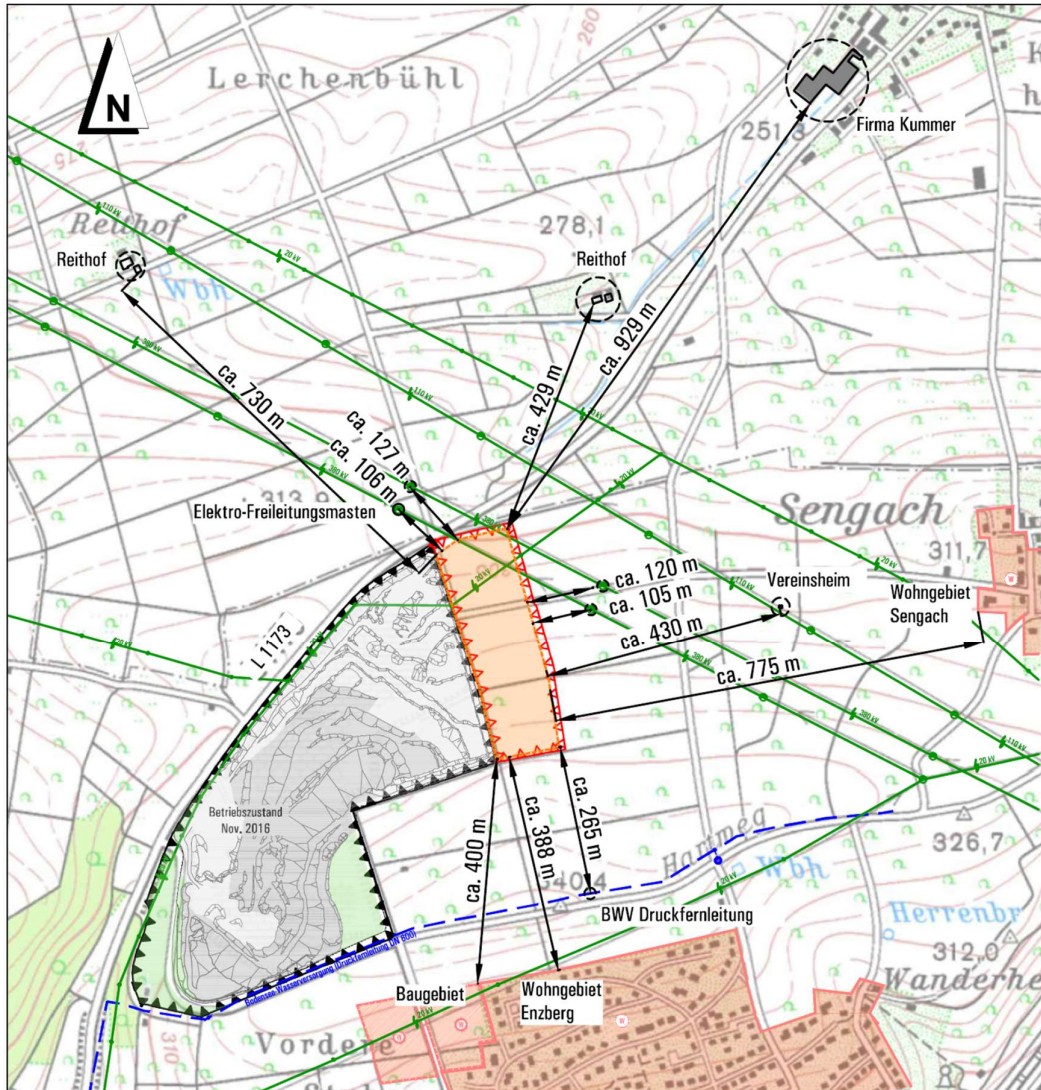
Übersichtskarte

| | | |
|------------|------|------------|
| Anlage | 1 | |
| Bezeichnet | Name | Datum |
| Geprüft | kö | 15.03.2017 |
| Geändert | zi | 15.03.2017 |

Datengrundlagen
Topographie
Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg



Datum: K0007_1702_NSN_Enzberg_Erweiterungsplanung.dwg / Anl_1_Übersichtskarte_M20000

Anhang 2



ZEICHENERKLÄRUNG

Planung

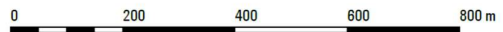
-  Antragsgrenze Erweiterung
-  Abgrabungsfläche

Bestand

-  Konzessionsgrenze (Bestand)

Datengrundlagen

Topographie
 Top. Karte 1:25.000 Baden-Württemberg (2012)
 Geobasisdaten © Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg



| <p>NATURSTEINWERKE IM NORDSCHWARZWALD GMBH & CO. KG</p> <p>Brettener Straße · D-75417 Mühlacker</p> | |  | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|---|--|--|------|-------|------------|----|------------|---------|----|------------|----------|--|--|
| <p>Engineering Service Schmücker</p> | | <p>Dipl.-Ing. (RWTH) Guido A. Schmücker Sprengingenieur Bethlehemsstr. 59 D-50128 Bergheim</p> | | | | | | | | | | | | | |
| <p>arguplan.</p> | | <p>Vorholzstraße 7 · 76137 Karlsruhe Tel. 0721.16110-0 Fax 0721.16110-10 www.arguplan.de</p> | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Erweiterung Steinbruch Enzberg Gutachten Sprengerschütterungen</p> | | <p>Projekt Nr. 0007 Maßstab 1 : 10.000</p> | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Übersichtskarte</p> | | <p>Anlage 1</p> | | | | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Name</th> <th>Datum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Gezeichnet</td> <td>KÖ</td> <td>25.10.2017</td> </tr> <tr> <td>Geprüft</td> <td>ZI</td> <td>25.10.2017</td> </tr> <tr> <td>Geändert</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | Name | Datum | Gezeichnet | KÖ | 25.10.2017 | Geprüft | ZI | 25.10.2017 | Geändert | | |
| | Name | Datum | | | | | | | | | | | | | |
| Gezeichnet | KÖ | 25.10.2017 | | | | | | | | | | | | | |
| Geprüft | ZI | 25.10.2017 | | | | | | | | | | | | | |
| Geändert | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Datei: K0007_1710_NSN_Enzberg_Schallgutachten.dwg / A1710_GP_An1_1_Übersichtskarte_DTK_10000</p> | | | | | | | | | | | | | | | |

Anhang 3

| Lademengen-Abstandstabelle (Wohngebäude) | | | | | |
|--|-----------------------------|-------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|
| für die beantragte Erweiterung der NSN in Enzberg | | | | | |
| Abstandsbereiche: | minimal: | 300 m | maximal: | 945 m | Anhang 3 |
| Grundlagen: | | | Median Gebirgsbeiwert | | |
| Formeln zur Berechnung: | | | | | |
| 1) BGR-Sediment | $V_i=(K1)*L^{0,6}*R^{-1,5}$ | | K1=1244,0 | (hier anzuwenden) | |
| 2) nach Koch | $V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$ | | K2=70,0 | | |
| Tabelle: | | | | | |
| <i>Tabell:</i> | | | Sediment (1) | Koch (2) | |
| Abstandsbereich von: | 300 m | Abstand (m) | Lademenge | Lademenge | |
| Abstandsschritte: | 10 m | 300 | 91,61 kg | 238,04 kg | |
| Zulässiges $V_{i,max}$: | 3,60 mm/s | 310 | 99,44 kg | 254,17 kg | |
| (in der Immissionsprognose!) | | 320 | 107,65 kg | 270,84 kg | |
| | | 330 | 116,26 kg | 288,03 kg | |
| | | 340 | 125,27 kg | 305,75 kg | |
| | | 350 | 134,68 kg | 324,00 kg | |
| | | 360 | 144,51 kg | 342,78 kg | |
| | | 370 | 154,75 kg | 362,09 kg | |
| | | 380 | 165,42 kg | 381,92 kg | |
| IO 05: Ortsrandlage Enzberg | | 390 | 176,52 kg | 402,29 kg | (neues Baugebiet) |
| IO 06: Ortsrandlage Enzberg | | 400 | 188,06 kg | 423,18 kg | |
| | | 410 | 200,03 kg | 444,61 kg | |
| | | 420 | 212,45 kg | 466,56 kg | |
| IO 01: Reithof mit Wohngebäude | | 430 | 225,32 kg | 489,04 kg | IO 04: Vereinsheim |
| | | 440 | 238,65 kg | 512,05 kg | |
| | | 450 | 252,45 kg | 535,59 kg | |
| | | 460 | 266,71 kg | 559,66 kg | |
| | | 470 | 281,44 kg | 584,26 kg | |
| | | 480 | 296,65 kg | 609,38 kg | |
| | | 490 | 312,34 kg | 635,04 kg | |
| | | 500 | 328,52 kg | 661,22 kg | |
| | | 510 | 345,19 kg | 687,94 kg | |
| | | 520 | 362,36 kg | 715,18 kg | |
| | | 530 | 380,04 kg | 742,95 kg | |
| | | 540 | 398,22 kg | 771,25 kg | |
| | | 550 | 416,91 kg | 800,08 kg | |
| | | 560 | 436,12 kg | 829,44 kg | |
| | | 570 | 455,85 kg | 859,33 kg | |
| | | 580 | 476,11 kg | 889,74 kg | |
| | | 590 | 496,90 kg | 920,69 kg | |
| | | 600 | 518,22 kg | 952,16 kg | |
| | | 610 | 540,08 kg | 984,17 kg | |
| | | 620 | 562,49 kg | 1.016,70 kg | |
| | | 630 | 585,45 kg | 1.049,76 kg | |
| | | 640 | 608,96 kg | 1.083,35 kg | |
| | | 650 | 633,02 kg | 1.117,47 kg | |
| | | 660 | 657,65 kg | 1.152,12 kg | |
| | | 670 | 682,85 kg | 1.187,29 kg | |
| | | 680 | 708,61 kg | 1.223,00 kg | |
| | | 690 | 734,95 kg | 1.259,24 kg | |
| | | 700 | 761,87 kg | 1.296,00 kg | |
| | | 710 | 789,37 kg | 1.333,29 kg | |
| | | 720 | 817,46 kg | 1.371,12 kg | |
| IO 02: Reithof mit Wohngebäude | | 730 | 846,14 kg | 1.409,47 kg | |
| | | 740 | 875,42 kg | 1.448,35 kg | |
| | | 750 | 905,29 kg | 1.487,76 kg | |
| | | 760 | 935,77 kg | 1.527,69 kg | |
| IO 03: Ortsrandlage Sengach | | 770 | 966,86 kg | 1.568,16 kg | |
| | | 780 | 998,56 kg | 1.609,16 kg | |
| | | 790 | 1.030,87 kg | 1.650,68 kg | |
| IO 07: Ortsrandlage Ötisheim | | 945 | 1.613,30 kg | 2.361,96 kg | |

Anhang 4

| Lademengen-Abstandstabelle (Industriegebäude etc.) | | | | |
|---|-----------------------------|-------------|---------------------|-----------------------|
| für die beantragte Erweiterung der NSN in Enzberg | | | | |
| Abstandsbereiche: | minimal: | 70 m | maximal: | 929 m |
| Grundlagen: | | | | Median Gebirgsbeiwert |
| Formeln zur Berechnung: | | | | |
| 1) BGR-Sediment | $V_i=(K1)*L^{0,6}*R^{-1,5}$ | | K1=1244,0 | (hier anzuwenden) |
| 2) nach Koch | $V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$ | | K2=70,0 | |
| Tabelle: | | | | |
| <i>Tabelle:</i> | | | Sediment (1) | Koch (2) |
| Abstandsbereich von: | 70 m | Abstand (m) | Lademenge | Lademenge |
| Abstandsschritte: | 10 m | 70 | 41,99 kg | 400,00 kg |
| Zulässiges $V_{i,max}$: | 20,00 mm/s | 80 | 58,62 kg | 522,45 kg |
| (in der Immissionsprognose!) | | 90 | 78,70 kg | 661,22 kg |
| | | 100 | 102,41 kg | 816,33 kg |
| IO 9: nächstgelegener Starkstrommast | | 105 | 115,70 kg | 900,00 kg |
| | | 120 | 161,55 kg | 1.175,51 kg |
| | | 130 | 197,34 kg | 1.379,59 kg |
| | | 140 | 237,50 kg | 1.600,00 kg |
| | | 150 | 282,21 kg | 1.836,73 kg |
| | | 160 | 331,63 kg | 2.089,80 kg |
| | | 170 | 385,90 kg | 2.359,18 kg |
| | | 180 | 445,17 kg | 2.644,90 kg |
| | | 190 | 509,60 kg | 2.946,94 kg |
| | | 200 | 579,33 kg | 3.265,31 kg |
| | | 210 | 654,48 kg | 3.600,00 kg |
| | | 220 | 735,20 kg | 3.951,02 kg |
| | | 230 | 821,62 kg | 4.318,37 kg |
| | | 240 | 913,86 kg | 4.702,04 kg |
| | | 250 | 1.012,04 kg | 5.102,04 kg |
| | | 260 | 1.116,30 kg | 5.518,37 kg |
| | | 270 | 1.226,76 kg | 5.951,02 kg |
| | | 280 | 1.343,52 kg | 6.400,00 kg |
| | | 290 | 1.466,71 kg | 6.865,31 kg |
| | | 300 | 1.596,44 kg | 7.346,94 kg |
| | | 310 | 1.732,82 kg | 7.844,90 kg |
| | | 320 | 1.875,96 kg | 8.359,18 kg |
| | | 330 | 2.025,98 kg | 8.889,80 kg |
| | | 340 | 2.182,96 kg | 9.436,73 kg |
| | | 350 | 2.347,03 kg | 10.000,00 kg |
| | | 360 | 2.518,29 kg | 10.579,59 kg |
| | | 370 | 2.696,83 kg | 11.175,51 kg |
| | | 380 | 2.882,76 kg | 11.787,76 kg |
| | | 390 | 3.076,17 kg | 12.416,33 kg |
| | | 400 | 3.277,17 kg | 13.061,22 kg |
| | | 410 | 3.485,85 kg | 13.722,45 kg |
| | | 420 | 3.702,31 kg | 14.400,00 kg |
| | | 430 | 3.926,63 kg | 15.093,88 kg |
| | | 440 | 4.158,92 kg | 15.804,08 kg |
| | | 450 | 4.399,27 kg | 16.530,61 kg |
| | | 460 | 4.647,76 kg | 17.273,47 kg |
| | | 470 | 4.904,49 kg | 18.032,65 kg |
| | | 480 | 5.169,55 kg | 18.808,16 kg |
| | | 490 | 5.443,02 kg | 19.600,00 kg |
| | | 500 | 5.724,99 kg | 20.408,16 kg |
| | | 510 | 6.015,54 kg | 21.232,65 kg |
| | | 520 | 6.314,77 kg | 22.073,47 kg |
| | | 530 | 6.622,76 kg | 22.930,61 kg |
| | | 540 | 6.939,59 kg | 23.804,08 kg |
| | | 550 | 7.265,34 kg | 24.693,88 kg |
| | | 560 | 7.600,10 kg | 25.600,00 kg |
| IO 8: Fa. Kummer | | 929 | 26.939,44 kg | 70.452,33 kg |

Anhang 5

| Lademengen-Abstandstabelle (Strommast Nahbereich) | | | | |
|--|-----------------------------|---------------|---|--------------------------------------|
| für die beantragte Erweiterung der NSN in Enzberg | | | | |
| Abstandsbereiche: | minimal: 1 m | maximal: 51 m | | Anhang 5 |
| Grundlagen: | | | Erfahrungswert Nahbereich | |
| Formeln zur Berechnung: | | | (in der Immissionsprognose für Frequenzen > 10 Hz!) | |
| 1) BGR-Sediment | $V_i=(K1)*L^{0,6}*R^{-1,5}$ | | K1=1244,0 | |
| 2) nach Koch | $V_i=(K2)*L^{0,5}*R^{-1}$ | | K2=125,0 | (hier anzuwenden) |
| Tabelle: | | | | |
| <i>Tabelle:</i> | | | Sediment (1) | Koch (2) |
| Abstandsbereich von: | 1 m | Abstand (m) | Lademenge | Lademenge |
| Abstandsschritte: | 1 m | 1 | 0,00 kg | 0,10 kg |
| Zulässiges $V_{i,max}$: | 40,00 mm/s | 2 | 0,02 kg | 0,41 kg |
| | | 3 | 0,05 kg | 0,92 kg |
| | | 4 | 0,10 kg | 1,64 kg |
| | | 5 | 0,18 kg | 2,56 kg |
| | | 6 | 0,29 kg | 3,69 kg |
| | | 7 | 0,42 kg | 5,02 kg |
| | | 8 | 0,59 kg | 6,55 kg |
| | | 9 | 0,79 kg | 8,29 kg |
| | | 10 | 1,03 kg | 10,24 kg |
| | | 11 | 1,30 kg | 12,39 kg |
| | | 12 | 1,62 kg | 14,75 kg |
| | | 13 | 1,98 kg | 17,31 kg |
| | | 14 | 2,38 kg | 20,07 kg |
| | | 15 | 2,83 kg | 23,04 kg |
| | | 16 | 3,33 kg | 26,21 kg |
| | | 17 | 3,87 kg | 29,59 kg |
| | | 18 | 4,47 kg | 33,18 kg |
| | | 19 | 5,12 kg | 36,97 kg |
| | | 20 | 5,82 kg | 40,96 kg |
| | | 21 | 6,57 kg | 45,16 kg |
| | | 22 | 7,38 kg | 49,56 kg |
| | | 23 | 8,25 kg | 54,17 kg |
| | | 24 | 9,17 kg | 58,98 kg |
| | | 25 | 10,16 kg | 64,00 kg |
| | | 26 | 11,21 kg | 69,22 kg |
| | | 27 | 12,32 kg | 74,65 kg |
| | | 28 | 13,49 kg | 80,28 kg |
| | | 29 | 14,73 kg | 86,12 kg |
| IO 10: Schutzabstand zu den Strommasten | | 30 | 16,03 kg | 92,16 kg am Steinbruchgelände |
| | | 31 | 17,40 kg | 98,41 kg |
| | | 32 | 18,83 kg | 104,86 kg |
| | | 33 | 20,34 kg | 111,51 kg |
| | | 34 | 21,92 kg | 118,37 kg |
| | | 35 | 23,56 kg | 125,44 kg |
| | | 36 | 25,28 kg | 132,71 kg |
| | | 37 | 27,08 kg | 140,19 kg |
| | | 38 | 28,94 kg | 147,87 kg |
| | | 39 | 30,88 kg | 155,75 kg |
| | | 40 | 32,90 kg | 163,84 kg |
| | | 41 | 35,00 kg | 172,13 kg |
| | | 42 | 37,17 kg | 180,63 kg |
| | | 43 | 39,42 kg | 189,34 kg |
| | | 44 | 41,75 kg | 198,25 kg |
| | | 45 | 44,17 kg | 207,36 kg |
| | | 46 | 46,66 kg | 216,68 kg |
| | | 47 | 49,24 kg | 226,20 kg |
| | | 48 | 51,90 kg | 235,93 kg |
| | | 49 | 54,65 kg | 245,86 kg |
| | | 50 | 57,48 kg | 256,00 kg |
| | | 51 | 60,39 kg | 266,34 kg |

Anhang 6

| Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle | | | | | |
|---|--|--------------------|------------------|---------------------|---------------------------|
| für die beantragte Erweiterung der NSN in Enzberg | | | | | |
| Abstandsbereiche von: minimal: | | 95 m | maximal: | 929 m | Anlage 6 |
| Berechnung auf der Grundlage einer konstanten Lademenge je Zündzeitstufe: | | | | L = 61,00 kg | |
| Formeln zur Berechnung: | | | | | |
| 1) BGR-Sediment: | $V_i = (K1) \cdot L^{0,6} \cdot R^{1,5}$ | | | K1=1244,0 | |
| 2) nach Koch: | $V_i = (K2) \cdot L^{0,5} \cdot R^{-1}$ | | | K2=70,0 | |
| Bemerkungen: | Ermittelter Median Gebirgsbeiwert | | | | |
| Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten | | | | | |
| <i>Tabelle</i> | | Abstand (m) | Vi-BGR | Vi-Koch | |
| Abstandsbereich von: | 300 m | 95 m | 15,83 mm/s | 5,75 mm/s | |
| Abstandsschritte: | 10 m | 100 m | 14,66 mm/s | 5,47 mm/s | |
| IO 09: nächstgelegener Starkstrommast | | 105 m | 13,62 mm/s | 5,21 mm/s | |
| IO 11: erdverlegte Wasserdruckfernleitung | | 260 m | 3,50 mm/s | 2,10 mm/s | |
| | | 340 m | 2,34 mm/s | 1,61 mm/s | |
| | | 350 m | 2,24 mm/s | 1,56 mm/s | |
| | | 360 m | 2,15 mm/s | 1,52 mm/s | |
| | | 370 m | 2,06 mm/s | 1,48 mm/s | |
| | | 380 m | 1,98 mm/s | 1,44 mm/s | |
| IO 05: Ortsrandlage Enzberg | | 390 m | 1,90 mm/s | 1,40 mm/s | (neues Baugebiet) |
| IO 06: Ortsrandlage Enzberg | | 400 m | 1,83 mm/s | 1,37 mm/s | |
| | | 410 m | 1,77 mm/s | 1,33 mm/s | |
| | | 420 m | 1,70 mm/s | 1,30 mm/s | |
| IO 01: Reithof mit Wohngebäude | | 430 m | 1,64 mm/s | 1,27 mm/s | IO 04: Vereinsheim |
| | | 440 m | 1,59 mm/s | 1,24 mm/s | |
| | | 450 m | 1,54 mm/s | 1,21 mm/s | |
| | | 460 m | 1,49 mm/s | 1,19 mm/s | |
| | | 470 m | 1,44 mm/s | 1,16 mm/s | |
| | | 480 m | 1,39 mm/s | 1,14 mm/s | |
| | | 490 m | 1,35 mm/s | 1,12 mm/s | |
| | | 500 m | 1,31 mm/s | 1,09 mm/s | |
| | | 510 m | 1,27 mm/s | 1,07 mm/s | |
| | | 520 m | 1,24 mm/s | 1,05 mm/s | |
| | | 530 m | 1,20 mm/s | 1,03 mm/s | |
| | | 540 m | 1,17 mm/s | 1,01 mm/s | |
| | | 550 m | 1,14 mm/s | 0,99 mm/s | |
| | | 560 m | 1,11 mm/s | 0,98 mm/s | |
| | | 570 m | 1,08 mm/s | 0,96 mm/s | |
| | | 580 m | 1,05 mm/s | 0,94 mm/s | |
| | | 590 m | 1,02 mm/s | 0,93 mm/s | |
| | | 600 m | 1,00 mm/s | 0,91 mm/s | |
| | | 610 m | 0,97 mm/s | 0,90 mm/s | |
| | | 620 m | 0,95 mm/s | 0,88 mm/s | |
| | | 630 m | 0,93 mm/s | 0,87 mm/s | |
| | | 640 m | 0,91 mm/s | 0,85 mm/s | |
| | | 650 m | 0,88 mm/s | 0,84 mm/s | |
| | | 660 m | 0,86 mm/s | 0,83 mm/s | |
| | | 670 m | 0,85 mm/s | 0,82 mm/s | |
| | | 680 m | 0,83 mm/s | 0,80 mm/s | |
| | | 690 m | 0,81 mm/s | 0,79 mm/s | |
| | | 700 m | 0,79 mm/s | 0,78 mm/s | |
| | | 710 m | 0,77 mm/s | 0,77 mm/s | |
| | | 720 m | 0,76 mm/s | 0,76 mm/s | |
| IO 02: Reithof mit Wohngebäude | | 730 m | 0,74 mm/s | 0,75 mm/s | |
| | | 740 m | 0,73 mm/s | 0,74 mm/s | |
| | | 750 m | 0,71 mm/s | 0,73 mm/s | |
| | | 760 m | 0,70 mm/s | 0,72 mm/s | |
| IO 03: Ortsrandlage Sengach | | 770 m | 0,69 mm/s | 0,71 mm/s | |
| | | 770 m | 0,69 mm/s | 0,71 mm/s | |
| | | 780 m | 0,67 mm/s | 0,70 mm/s | |
| IO 08: Fa. Kummer | | 929 m | 0,52 mm/s | 0,59 mm/s | |
| IO 07: Ortsrandlage Ötisheim | | 945 m | 0,50 mm/s | 0,58 mm/s | |

Anhang 7

| Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle | | | | | |
|---|---|--------------------|------------------|-------------------------------------|----------|
| für die beantragte Erweiterung der NSN in Enzberg | | | | | |
| Abstandsbereiche von: minimal: | | 95 m | maximal: | 929 m | Anlage 7 |
| Berechnung auf der Grundlage einer konstanten Lademenge je Zündzeitstufe: | | | | L = 94,00 kg | |
| Formeln zur Berechnung: | | | | | |
| 1) BGR-Sediment: | $V_i = (K1) \cdot L^{0,6} \cdot R^{-1,5}$ | | | K1=1244,0 | |
| 2) nach Koch: | $V_i = (K2) \cdot L^{0,5} \cdot R^{-1}$ | | | K2=70,0 | |
| Bemerkungen: 50 % der maximal möglichen Lademenge je Zündzeitstufe (Worst-Case-Szenario) | | | | | |
| Tabelle der zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten | | | | | |
| <i>Tabelle</i> | | Abstand (m) | Vi-BGR | Vi-Koch | |
| Abstandsbereich von: | 300 m | 95 m | 20,52 mm/s | 7,14 mm/s | |
| Abstandsschritte: | 10 m | 100 m | 19,00 mm/s | 6,79 mm/s | |
| IO 09: nächstgelegener Starkstrommast | | 105 m | 17,66 mm/s | 6,46 mm/s | |
| IO 11: erdverlegte Wasserdruckfernleitung | | 260 m | 4,53 mm/s | 2,61 mm/s | |
| | | 340 m | 3,03 mm/s | 2,00 mm/s | |
| | | 350 m | 2,90 mm/s | 1,94 mm/s | |
| | | 360 m | 2,78 mm/s | 1,89 mm/s | |
| | | 370 m | 2,67 mm/s | 1,83 mm/s | |
| | | 380 m | 2,56 mm/s | 1,79 mm/s | |
| IO 05: Ortsrandlage Enzberg | | 390 m | 2,47 mm/s | 1,74 mm/s (neues Baugebiet) | |
| IO 06: Ortsrandlage Enzberg | | 400 m | 2,37 mm/s | 1,70 mm/s | |
| | | 410 m | 2,29 mm/s | 1,66 mm/s | |
| | | 420 m | 2,21 mm/s | 1,62 mm/s | |
| IO 01: Reithof mit Wohngebäude | | 430 m | 2,13 mm/s | 1,58 mm/s IO 04: Vereinsheim | |
| | | 440 m | 2,06 mm/s | 1,54 mm/s | |
| | | 450 m | 1,99 mm/s | 1,51 mm/s | |
| | | 460 m | 1,93 mm/s | 1,48 mm/s | |
| | | 470 m | 1,86 mm/s | 1,44 mm/s | |
| | | 480 m | 1,81 mm/s | 1,41 mm/s | |
| | | 490 m | 1,75 mm/s | 1,39 mm/s | |
| | | 500 m | 1,70 mm/s | 1,36 mm/s | |
| | | 510 m | 1,65 mm/s | 1,33 mm/s | |
| | | 520 m | 1,60 mm/s | 1,31 mm/s | |
| | | 530 m | 1,56 mm/s | 1,28 mm/s | |
| | | 540 m | 1,51 mm/s | 1,26 mm/s | |
| | | 550 m | 1,47 mm/s | 1,23 mm/s | |
| | | 560 m | 1,43 mm/s | 1,21 mm/s | |
| | | 570 m | 1,40 mm/s | 1,19 mm/s | |
| | | 580 m | 1,36 mm/s | 1,17 mm/s | |
| | | 590 m | 1,33 mm/s | 1,15 mm/s | |
| | | 600 m | 1,29 mm/s | 1,13 mm/s | |
| | | 610 m | 1,26 mm/s | 1,11 mm/s | |
| | | 620 m | 1,23 mm/s | 1,09 mm/s | |
| | | 630 m | 1,20 mm/s | 1,08 mm/s | |
| | | 640 m | 1,17 mm/s | 1,06 mm/s | |
| | | 650 m | 1,15 mm/s | 1,04 mm/s | |
| | | 660 m | 1,12 mm/s | 1,03 mm/s | |
| | | 670 m | 1,10 mm/s | 1,01 mm/s | |
| | | 680 m | 1,07 mm/s | 1,00 mm/s | |
| | | 690 m | 1,05 mm/s | 0,98 mm/s | |
| | | 700 m | 1,03 mm/s | 0,97 mm/s | |
| | | 710 m | 1,00 mm/s | 0,96 mm/s | |
| | | 720 m | 0,98 mm/s | 0,94 mm/s | |
| IO 02: Reithof mit Wohngebäude | | 730 m | 0,96 mm/s | 0,93 mm/s | |
| | | 740 m | 0,94 mm/s | 0,92 mm/s | |
| | | 750 m | 0,92 mm/s | 0,90 mm/s | |
| | | 760 m | 0,91 mm/s | 0,89 mm/s | |
| IO 03: Ortsrandlage Sengach | | 770 m | 0,89 mm/s | 0,88 mm/s | |
| | | 770 m | 0,89 mm/s | 0,88 mm/s | |
| | | 780 m | 0,87 mm/s | 0,87 mm/s | |
| IO 08: Fa. Kummer | | 929 m | 0,67 mm/s | 0,73 mm/s | |
| IO 07: Ortsrandlage Ötisheim | | 945 m | 0,65 mm/s | 0,72 mm/s | |

Steinfluggefahren

Die Vorgabe "W" gleich mechanisch gesehen einem beidseitig eingespannten Balken.

Die Einspannung erfolgt zum einen im Bereich des Bruchwandfußes und zum anderen im Bereich der Endbesatzhöhe.

Dieser Balken wird durch den Druck, der sich im Augenblick der Detonation umsetzenden Sprengstoffladung auf Durchbiegung beansprucht. Der auf die Bohrlochwänden und damit auch auf die Vorgabe "W" einwirkende Expansionsstoß erreicht Größen von 100.000 bis 120.000 bar. Dabei ist die Einspannung bzw. Verspannung und damit auch der Sprengwiderstand im Bereich des Wandfußes erheblich größer (ungefähr Faktor 3) als im weiteren Wandverlauf in Richtung des Endbesatzes.

In der Abbildung 1 ist das Prinzip einer Gewinnungssprengung im Profil dargestellt. Die Vorgabe "W" wird normal geworfen und zerkleinert. Dieser Vorgang erfolgt kontrolliert und ist kalkulierbar, sofern die für eine Sprenganlage erforderlichen Parameter eingehalten werden.

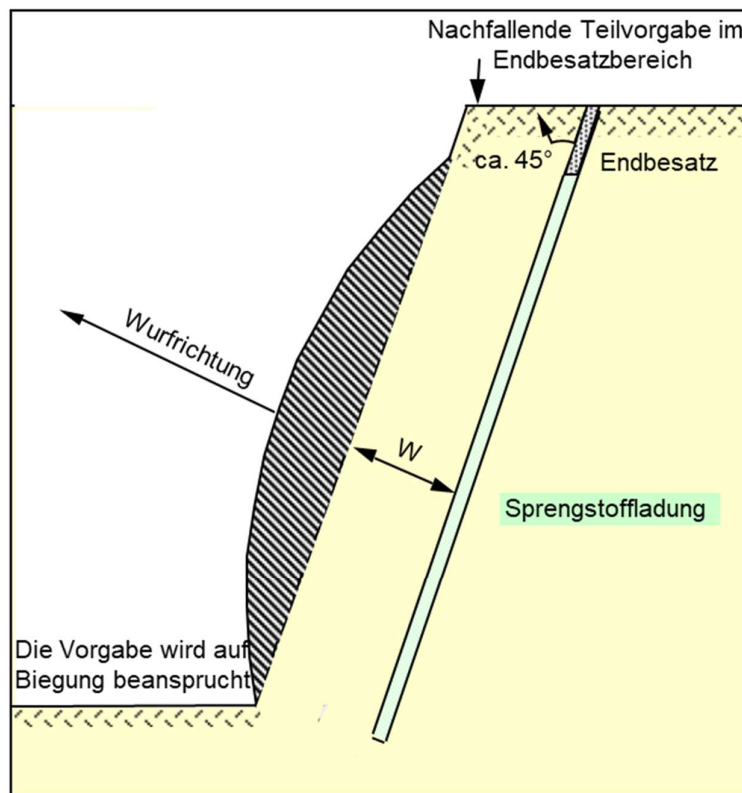


Abb. 1: Normalfall einer Gewinnungssprengung durch Kopfbohrlöcher

Anhang 8b

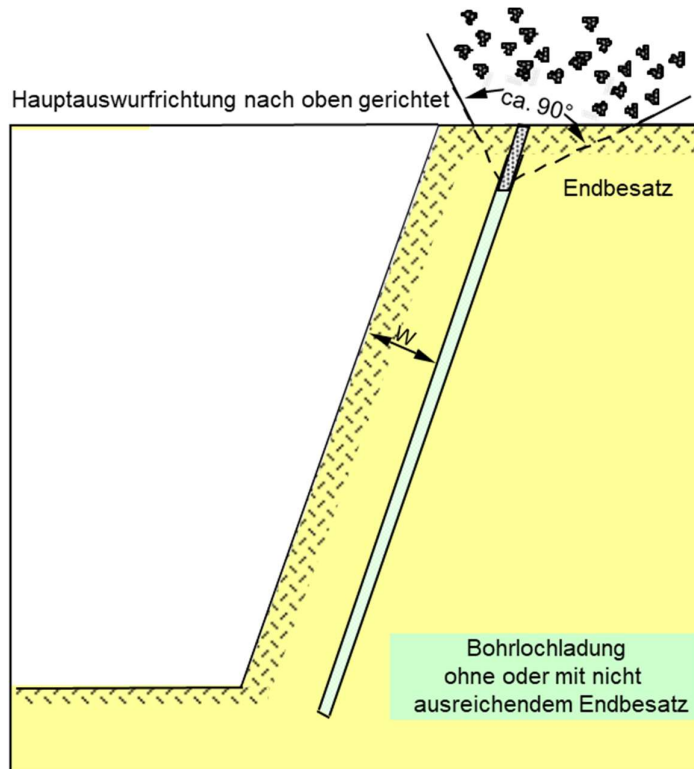


Abb. 2: Steinflug durch Nichteinhaltung der erforderlichen Mindestendbesatzhöhe

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

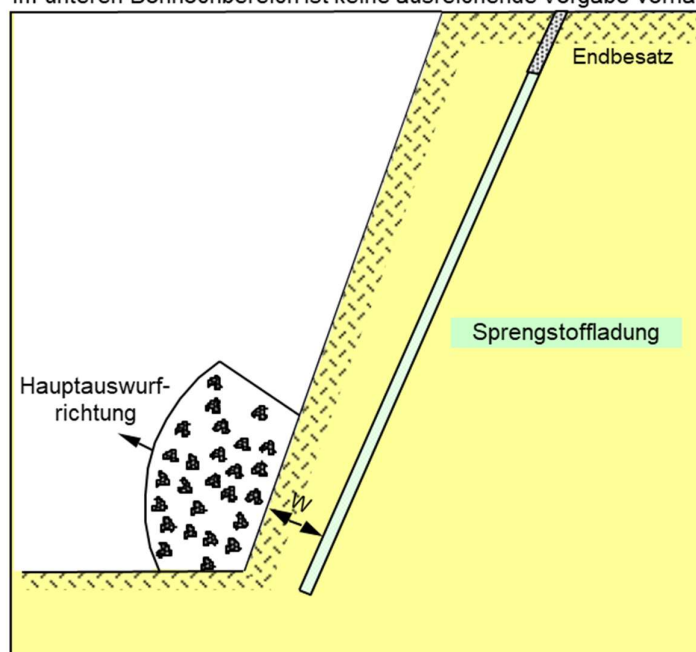


Abb. 3: Steinflug durch Bohr- und/oder Vermessungsfehler

Anhang 8c

Steinflug durch " in sich verlaufene Bohrlöcher"

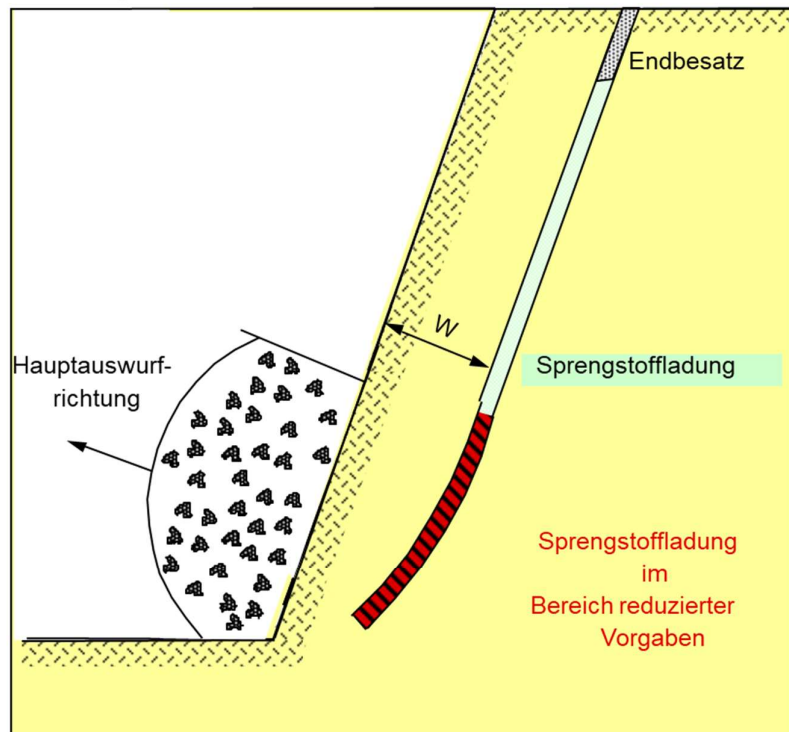


Abb. 4 Verlaufen von Bohrlöchern, z. B. durch Einsatz falscher Bohrgeräte (Außenhammergerät unter ungeeigneten Einsatzbedingungen). Geringe Vorgaben im Wandfußbereich wurden nicht berücksichtigt.

Steinflug durch Wandausbrüche und fehlenden Zwischenbesatz

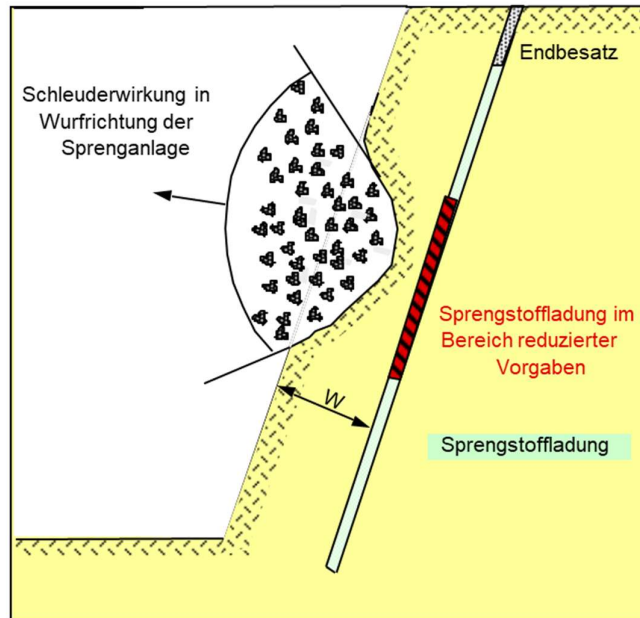


Abb. 5: Der Wandausbruch muß eingemessen werden und das Bohrloch in diesem Bereich mit Zwischenbesatz verfüllt sein.

Verlaufen von losen Sprengstoffen in Klüfte und Höhlen

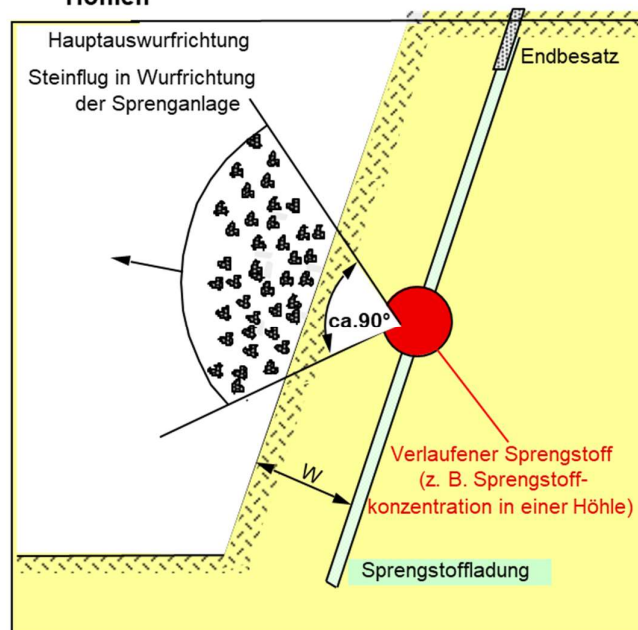


Abb. 6: Steinflug durch Sprengstoffansammlungen außerhalb des Bohrloches

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

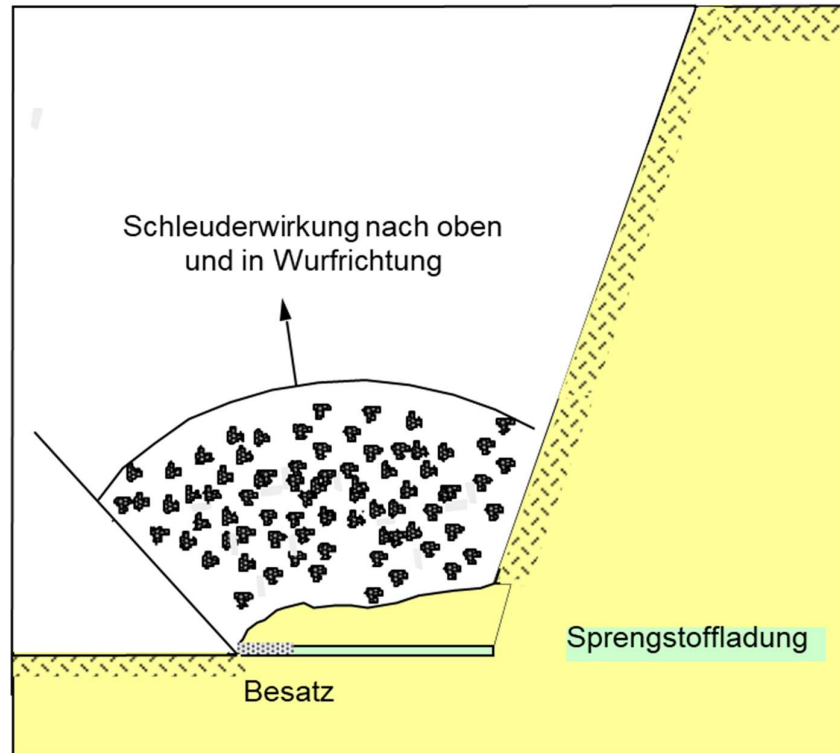


Abb. 7: Steinflug durch Überladungen

