

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

Spreng- und Immissionstechnisches **Gutachten**

Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	Allgemeines	03
1.1	Auftraggeber	03
1.2	Allgemeine Erläuterungen	03
1.3	Auftrag und Vorgehensweise	04
1.4	Quellen als Grundlage zur Gutachtenerstellung	05
2	Verfahrensablauf in der Sandgrube	05
3	Betriebsbeschreibung	06
3.1	Umgebungssituation	06
3.2	Abbauführung	06
3.3	Bohrtechnik	07
3.4	Sprengtechnik	07
3.5	Zündverfahren	08
3.5.1	Nicht-Elektrisches Zündverfahren	09
3.5.2	Elektronisches Zündverfahren	09
3.6	Sprengbereich und Absperrung	11
4	Immissionsprognose	12
4.1	Sprengerschütterungen – Allgemeines -	12
4.2	Beurteilungsgrundlage für Sprengerschütterungsimmisionen	13
4.2.1	Einwirkungen auf bauliche Anlagen	14
4.2.2	Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden	15
4.3	Prognoseformeln	17
4.4	Ermittlung der spezifischen Gebirgsbeiwerte	19
4.5	Immissionsprognose und Lademengenberechnungen	19
4.6	Steinflug – Ursachen und Vermeidung -	24
4.7	Sprengschwaden und Gesteinsstäube-	26
4.8	Prognose des Schallpegels-	26
5	Gutachterliche Stellungnahme und abschließende Empfehlungen	28

Anlagenverzeichnis

- Anlage 1: Abstands- und Lageplan
- Anlage 2: Luftbild 1:5000
- Anlage 3 a, b: Lademengen - Abstandstabellen
- Anlage 4: Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle
- Anlage 5: Lademengenberechnungen
- Anlage 6: Steinfluggefahren

1. Allgemeines

1.1 Auftraggeber

Strobel Quarzsand GmbH
Freihung
92271 Freihung

1.2 Allgemeine Erläuterungen

Die Firma Strobel Quarzsand GmbH baut bereits in mehreren Tagebauen im Bereich Freihung Quarzsand ab.

Zur längerfristigen Rohstoffsicherung und zur Absicherung verschiedener Qualitäten für das Quarzsandwerk in Freihung, ist der geplante Neuaufschluss „Tagebau Sandholzgrube“ nördlich der Ortschaft Kainsricht geplant.

Die Abbildung 1 zeigt die Lage der geplanten Sandgrube mit den umgebenden Tagebauen. Die beantragte Fläche beträgt 49 ha, wobei ca. 40 ha Waldflächen sind.

Das Genehmigungsverfahren wird nach Bergrecht durchgeführt, wobei umweltrechtliche Belange im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung gefordert sind.

Da die Fa. Strobel Quarzsand GmbH (im Weiteren Fa. Strobel genannt) seit über 140 Jahren Erfahrung mit der Gewinnung hochwertiger Quarzsande in der Region hat, ist auch für das neue Aufschlussgebiet davon auszugehen, dass zur Rohstoffgewinnung auch Bohr- und Sprengarbeiten erforderlich werden. Insofern müssen in diesem Gutachten auch die Belange zur Anwendung der Sprengtechnik in Bezug auf die Immissionen betrachtet werden.

Der Unterzeichner hat bereits im Jahre 2012 für die Erweiterung des Tagebaus Barbara ein vergleichbares Gutachten erstellt. Die damals ermittelten Grundlagen können auch für diese Lagerstätte angewendet werden, so dass nochmalige Untersuchungen (z. B. zur Ausbreitung von Sprengerschütterungen) hier nicht mehr erforderlich sind.

Durch die besondere geographische Situation des neuen Abbaubereiches nahezu überwiegend im Waldgebiet, sind die nächsten Wohngebäude mit einem Abstand von ca. 1000 m relativ weit entfernt, so dass die Immissionen durch die beabsichtigten Lockerungssprengungen sehr gering sein werden. Insofern unterscheidet sich die Immissionssituation der beantragten Sandgrube deutlich von der zum damaligen Erweiterungsgebiet des Tagebaus Barbara mit wesentlich geringeren Abständen zu den nächstgelegenen Immissionsobjekten.

Die Abbaumächtigkeit des Quarzsandes liegt bei bis zu ca. 60 m bei geringer Abraummächtigkeit. Der gesamte Abraum kann voraussichtlich ohne Anwendung von Bohr- und Sprengarbeit abgetragen werden. Es ist geplant, die Gewinnung des Quarzsandes - wie bisher - auch weiterhin im Trockenabbau, bzw. in temporärem Nassabbau, durchzuführen.

Anmerkung

Grundsätzlich sind Sprengarbeiten auch in Bereichen unterhalb des Grundwasserspiegels durchführbar. Hierzu gibt es genügend Beispiele von Abbaugenehmigungen.

Sollten Sprengungen im temporären Nassabbau erforderlich sein, muss hierzu die Sprengtechnik angepasst werden (z. B. ausschließliche Verwendung von patronierten Emulsions-sprengstoffen).

Es wird vorgeschlagen, dass im Vorfeld etwaiger Anwendungen zwischen dem Antragsteller, der Aufsichts- bzw. Fachbehörde und einem fachkundigen Sprengsachverständigen das Verfahren abgestimmt wird, um eventuelle umweltrelevante Auswirkungen zu berücksichtigen.

Ein entsprechender zeitlicher Vorlauf zur Abstimmung des Vorhabens und zur Genehmigung der Sprengtechnik ist zu berücksichtigen.

Wie bisher auch in anderen Tagebauen der Fa. Strobel angewendet, wird der anstehende Quarzsand mit Hilfe von Lockerungssprengungen bei senkrechten Wandhöhen von bis zu maximal 12 m, welches auch den Bohrlochtiefen in etwa entspricht, hereingewonnen. Die

Sprengarbeiten werden gemäß der derzeit gültigen Regel „Sprengarbeiten“ der Berufsgenossenschaften im Sinne von allgemeinen Sprengarbeiten und nicht mit Großbohrlochsprengungen durchgeführt.

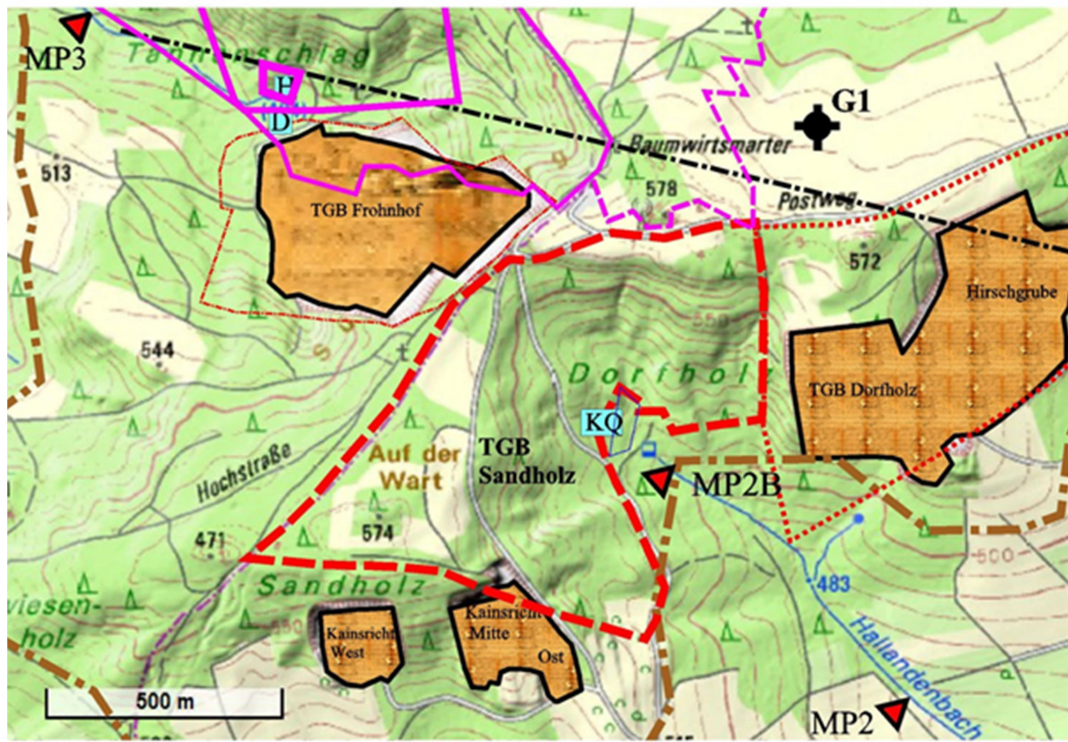


Abb. 1: Geographische Einordnung des beantragten Tagebaus und Nachbartagebaue

1.3 Auftrag und Vorgehensweise

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

Im Einzelnen umfasst diese Ausarbeitung:

- Schematische Darstellung (Abbildung 1) eines Tagebaus,
- Sprengtechnische Immissionsprognose,
- Berechnung und Erläuterung der vorgeschlagenen sprengtechnischen Daten,
- Empfehlungen zur Sprengtechnik.

Die Immissionsprognose umfasst eine gutachterliche Stellungnahme zu den Themenschwerpunkten

- Sprengerschütterungen
- Steinflugfahren und -vermeidung
- Sprengschwaden und Gesteinstäube und
- Sprengeräusche

Der Schwerpunkt des Gutachtens liegt auf der Prognose der Sprengerschütterungen.

Die gutachterlichen Empfehlungen für den beantragten Tagebauaufschluß orientieren sich unter Einhaltung der geltenden Gesetze und Regelwerke, immer an der Kernaussage des BImSchG „nicht mehr Emissionen zu erzeugen, als nach dem Stand der Technik unvermeidbar sind“. Für die Durchführung von Sprengarbeiten ist die Regel DGUV Regel 113-016 vom März 2012 in der aktualisierten Fassung vom November 2015 gültig, auf die sich dieses Gutachten in einigen Passagen bezieht. Grundsätzlich Es gelten für die praktischen Umsetzungen der Sprengarbeiten immer die aktuellen Regelwerke.

1.4 Quellen als Grundlage zur Gutachtenerstellung

Nachfolgende Unterlagen wurden den Unterzeichnern von der Auftraggeberin zur Verfügung gestellt:

- Erweiterungsgutachten des Unterzeichners vom 2012.04.20 zum Tagebau Barbara.
- Sprengprotokolle/Erschütterungsmessdaten sowie Messberichte der Fa. MAXAM Deutschland GmbH der betriebsüblichen Gewinnungssprengungen vom 13. und 21. Januar 2011 sowie den Lageplänen mit den eingezeichneten Sprengstellen, übergeben durch die Betriebsleitung.
- Scopingunterlagen
- Diverses maßstäbliches Kartenmaterial

2. Verfahrensablauf in der Sandgrube - Entstehung von Emissionen -

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

Die Verfahrensschritte gliedern sich wie folgt:

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

Der Aufbereitungsprozess mit seinen Klassiervorgängen ist nicht Gegenstand dieses Genehmigungsantrages und wird hier nur der Vollständigkeit halber aufgeführt.

Die Reduzierung von Sprengemissionen ist wegen der vielzähligen Einflussfaktoren ein sehr komplexes Thema und darüber hinaus sehr stark von der angewandten Sprengtechnik und den geologischen Bedingungen abhängig.

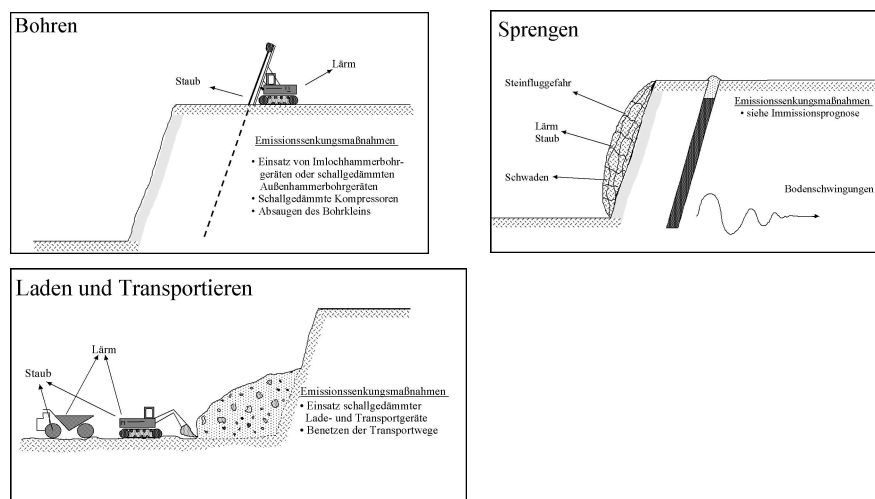


Abb. 2: Verfahrensschritte zur Rohstoffgewinnung mit Bohr- und Sprengarbeit im Tagebau

In Folge der geologischen Bedingungen ist der Quarzsandabbau nicht nur mittels Bohr- und Sprengarbeit möglich, sondern ebenso unter Anwendung der mechanischen Abbautechnik.

Bezüglich der Anwendung von Sprengtechnik als Gewinnungsverfahren haben sich sogenannte Lockerungssprengungen zum Auflockern des bindigen Quarzsandes als günstig in Bezug auf den Energieaufwand und die Gesamtmissionen erwiesen.

3. Betriebsbeschreibung

In der Betriebsbeschreibung wird das Projekt Neuaufschluss mit der zum Einsatz geplanten Betriebstechnik beschrieben und Empfehlungen bezüglich der Sprengtechnik gegeben.

3.1 Umgebungssituation

Aus der Anlage 1 (Lageplan 1 : 10.000) und der Anlage 2 (Luftbild 1 : 5.000), ergeben sich - nachfolgende Immissionsorte (IO's, schutzwürdige Objekte), die im direkten Einflussbereich von Sprengarbeiten liegen können. Hierbei sind nur diejenigen Objekte berücksichtigt worden, die zu dem zukünftigen Abbau am nächsten gelegen sind. Es gilt hierbei der Grundsatz, dass bei Einhaltung der Anhaltswerte im Nahbereich diese im Regelfall auch im Fernbereich eingehalten werden. Es ist erwähnenswert, dass die Abstände zu den nächstgelegenen Wohngebäuden der Ortschaften Atzmansricht und Kainsricht für die hier angewendete Sprengtechnik sehr groß sind, so dass die Immissionen (Sprengerschütterungen) in den Wohngebäuden gering sein werden.

Die Entfernungen der Grundstücks- bzw. Objektgrenzen beziehen sich auf die kürzesten horizontalen Distanzen zu der beantragten Abgrabungsgrenze inkl. eines 10 m breiten Schutzstreifens für den Böschungsbereich. Bezüglich der Entfernungen wurden alle Gebäude auf den Grundstücken der Anrainer berücksichtigt, nicht die Entfernungen zu den reinen Wohngebäuden.

- IO 1 Ortsrandlage Kainsricht ≥ 935 m
- IO 2 Ortsrandlage Atzmansricht ≥ 1472 m
- IO 3 Funkmast der Firma American Tower Germany ≥ 20 m
Eigentümer:
Balcke-Duerr-Allee 2
40882 Ratingen
Tel. 02102 5390862
- IO 4 Windrad der Bürgerwindenergie Gebenbach GmbH & Co.KG ≥ 106 m
Eigentümer
Hauptstraße 6
92274 Gebenbach
- IO 5 Verschiedene Waldwege, die an das neue Abgrabungsgebiet angrenzen

Im entsprechenden Einflussbereich (ca. 50 m) der Sprengarbeiten befinden sich keine Rohrleitungen, die hier berücksichtigt werden müssen.

3.2 Abbauführung

Es wird keine Generalabbaurichtung zur Anwendung kommen, sondern verschiedene Abbaurichtungen eingesetzt um den Tagebau Neuaufschluss durchzuführen.

Bei den Gewinnungssprengungen mit Bohrlochtliefen kleiner 12 m handelt es sich im Sinne der DGUV Regel 113-016 Sprengarbeiten nicht um Großbohrlochsprengungen (Pkt. 4.2.2), sondern dem Sinne nach um allgemeine Sprengarbeiten mittels Bohrlochsprengungen.

Im Tagebau Sandholzgrube sind ausschließlich allgemeine Sprengarbeiten mit einer Bohrlochtliefe = Wandhöhe kleiner 12 m vorgesehen. Die Wandneigungen werden ca. 90 ° betragen, so dass auch senkrechte Bohrlöcher zum Einsatz kommen werden.

Sollten Sprengarbeiten im Bereich der Endböschungen vorgenommen werden, so ist ein schonendes Sprengverfahren unter Berücksichtigung der Generalneigung zur Herstellung einer standsicheren Böschung anzuwenden.

3.3 Bohrtechnik

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

Welches Bohrgerät zukünftig im Tagebau Sandholzgrube eingesetzt werden soll, kann zu diesem Zeitpunkt nicht festgelegt werden. Es hat sich jedoch in der Vergangenheit in den vergleichbaren Tagebauen gezeigt, dass sowohl moderne Imlochhammer- als auch Außenhammer-Bohrgeräte richtungsgenau bohren können. In Abhängigkeit des einzusetzenden Bohrlochdurchmessers sollte auch auf den geeigneten Durchmesser bzw. die Wandstärke des Bohrgestänges geachtet werden.

Für Bohrlochsprengungen (allgemeine Sprengarbeiten) sind Bohrpläne zu empfehlen, die folgende Angaben enthalten sollten:

- Skizze Bohrlochschema der Bohranlage
- Bohrlochabstand
- Vorgabe
- Bohrlochnummerierung
- Bohrlochtiefen
- Bohrlochneigungswinkel
- Bohrlochdurchmesser
- Lageposition

Über die Bohrarbeiten sollte ein Bohrprotokoll geführt werden, in dem Informationen über den Zustand der Bohrlöcher, über Besonderheiten des Gebirges (z. B. Klüfte, Lehm, Hohlräume) festgehalten werden, um die Lade- und Sprengarbeiten der örtlichen Situation anpassen zu können.

Den Stand der Technik in der BRD stellen zur Zeit Bohrlochdurchmesser von 76 bis 115 mm (in Ausnahmefällen auch bis 140 mm) dar.

Die Wahl des Bohrlochdurchmessers ist von vielen Faktoren abhängig, wie z.B. den geologischen Verhältnissen, dem Sprengzweck, der angewandten Sprengtechnik, den Immissionsbedingungen und der Leistungsfähigkeit des einzusetzenden Bohrgerätes.

Nachfolgende Berechnungen decken aus Immissionsschutzgründen nur Bohrlochdurchmesser im Bereich von 89 und 105 mm ab. Der derzeit verwendete Standarddurchmesser der Gewinnungsbohrlöcher in Tagebauen der Fa. Strobel beträgt 89 mm.

Empfehlung 01 (für die Genehmigungsbehörde)

Grundsätzlich können alle für Bohrlochsprengungen sinnvolle und technisch realisierbare Bohrlochdurchmesser zwischen 64 mm und 125 mm eingesetzt werden sofern die Lademengen-Abstandstabelle berücksichtigt wird.

3.4 Sprengtechnik

Die Sprengtechnik sollte, soweit möglich, immer dem neuesten Stand der Technik entsprechen, um übermäßige Immissionen zu vermeiden.

Die betriebsüblichen Sprengarbeiten im neuen Tagebau Sandholzgrube werden zukünftig Lockerungssprengungen im Bohrlochsprengverfahren (allgemeine Sprengarbeiten mit Bohrlochtiefen kleiner 12 m) sowohl als Einreihen- als auch Mehrreihensprengungen umfassen.

Die Bohrlochtiefen richten sich nach der Höhe der jeweiligen Gewinnungsstrossen, der gewählten Bohrlochneigung, einer eventuell gewählten Unterbohrung sowie eventuell nach den Strossenhöhen im Bereich der Endböschungen. Die Bohrlochtiefe = Wandhöhe der Gewinnungssprengungen soll zukünftig - wie bisher auch in anderen Tagebauen der Fa. Strobel – auf unter 12 m festgelegt bleiben.

Anmerkung

Die Gewinnungsstrossen werden durch die Bestimmungen der DGUV Vorschrift 29 Steinbrüche, Gräbereien und Halden auf vorgegebene senkrechte Strossenhöhen von 30 m begrenzt.

Empfehlung 02 (für die Genehmigungsbehörde)

Generell wird die Empfehlung ausgesprochen, dem Betrieb genehmigungsrechtlich die Möglichkeit zu geben, neu zugelassene Sprengstoffe und Zündmittel einsetzen zu können, wenn die jeweils gültigen Anhalts- bzw. Immissionswerte mit Anwendung dieser Technik sicher eingehalten bzw. gesenkt werden können und/oder damit wirtschaftliche Verbesserungen erreichbar sind.

Grundsätzlich sollten deshalb alle mit einer EG-Baumusterprüfbescheinigung (CE-Zeichen) versehenen und darüber hinaus in Deutschland zur Verwendung BAM-zugelassenen (Identifikationsnummer) Sprengstoffe und Zündmittel bei den Sprengarbeiten zum Einsatz kommen können. Dieses betrifft sowohl patronierte als auch lose Sprengstoffe sowie die bisher neben dem elektrischen Zündverfahren heute üblichen Zündverfahren wie das nichtelektrische-, und das elektronische Zündverfahren. Das betrifft im Prinzip auch die elektrische Mehrkreiszündung, die aber heute nur noch selten angewendet wird.

Es ist zu erwarten, dass die Bohrlöcher im zukünftigen Tagebau überwiegend trocken sind, so dass derzeit meistens loser ANFO-Sprengstoff mit einer Verstärkungsladung (z. B. patronierter Gesteinssprengstoff, wie z.B. gelatinöser Sprengstoff oder Emulsionssprengstoff) sowie - falls erforderlich - eine über die gesamte Länge der Ladesäule geführte Sprengschnur eingesetzt wird.

Je nach Bindigkeit des Quarzsandes werden zukünftig auch weiterhin sogenannte Lockerungssprengungen durchgeführt. Hierbei wird ein deutlich vergrößertes Bohr- und Sprengraster (z. B. mit Vorgaben von 4 m und Seitenabständen von 3 – 4 m) angewendet. Der spezifische Sprengstoffaufwand q liegt somit zumeist zwischen 150 – maximal 300 g/fm³.

Näheres zur Berechnung der möglichen Sprengstoff-Lademengen bzw. zum Einsatz verschiedener Möglichkeiten der Sprengtechnik ist im Rahmen der Immissionsprognose im Kapitel 4.5 ausgeführt.

3.5 Zündverfahren

Grundsätzlich können alle Zündverfahren eingesetzt werden und im speziellen solche Zündsysteme, die eine EG-Baumusterprüfbescheinigungs Nummer eines Notify Bodies besitzen.

Es ist auch zukünftig geplant, elektrische Kurzzeitzünder einzusetzen. Dieses Zündverfahren besteht heute im Regelfall aus der Kombination eines Momentzünders und 20 Kurzzeitzündern mit einem Zündintervall von **25 ms** sowie - je nach Hersteller - aus zusätzlichen bis zu 5 Zündzeitstufen mit einem Zündintervall von 50 ms.

Damit sind derzeit insgesamt ca. 21 bis 26 Ladungen mit nur einem Zünder sicher überschneidungsfrei zündbar.

Die Sprengberechtigten dürfen jedoch nur Zündsysteme einsetzen, für die sie geschult sind und so die spezielle Fachkunde (vergl. 4.1.7 der DGUV Regel 113-016) erworben haben.

Sofern neben dem elektrischen Zündsystem ein anderes Zündsystem eingesetzt werden soll, so ergeben sich damit folgende Vorteile:

- Viele Variationsmöglichkeiten des Zündintervalles,
- damit deutlich höhere Anzahl von zur Verfügung stehenden Zündzeiten
- sowie zum Teil höhere Zündgenauigkeiten (elektronisches Zündverfahren) bei noch mehr Variationsmöglichkeiten als z. B. bei dem nichtelektrischen Zündverfahren.

Durch Anwendung dieser Zündverfahren kann unter anderem gewährleistet werden, dass die später unter Punkt 4.5 des Gutachtens in der Immissionsprognose festgesetzte Lademenge je Zündzeitstufe auch in der Praxis bei nahezu beliebig großen Sprenganlagen tatsächlich eingehalten werden kann und somit die Immissions- bzw. Anhaltswerte der einschlägigen Regelwerke damit unterschritten werden können.

Anmerkung

In Fachkreisen ist seit langem bekannt, dass eine Erhöhung der Gesamtlademenge je Sprengung nicht zwangsläufig mit einer Erhöhung der Erschütterungsimmissionen einhergehen muss.

Über die Gesamtsprengstoffmenge einer Sprenganlage hinaus sind für die Immissionshöhe unter anderem z.B. der Verspannungsgrad im Gebirge, der spezifische Sprengstoffaufwand, die Lademenge je Zündzeitstufe, der Energieinhalt des Sprengstoffes, die einzelnen Zündzeitabstände als auch noch andere Parameter sowie Betriebs- und Umfeldbedingungen maßgeblich entscheidend.

Alle nachfolgend aufgeführten Zündsysteme dienen in erster Linie auch der Emissionssenkung. Nachfolgend werden kurz die Möglichkeiten und die derzeit zur Verfügung stehenden Zündzeitstufen für die derzeit zusätzlich zum elektrischen Standardzündverfahren zur Verfügung stehenden Zündverfahren aufgeführt.

3.5.1 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. Je nach Hersteller stehen Verzögerungszünder mit z.B. 9 ms, 17 ms, 25 ms, 33 ms, 42 ms, 67 ms, 100 ms, 150 ms (herstellerspezifisch) zur Verfügung. Beliebige Kombinationen von Verzögerungszeiten tragen zu einer hohen Flexibilität bei der Herstellung von Zündanlagen bei.

3.5.2 Elektronisches Zündverfahren

Zum Zeitpunkt der Gutachtenausarbeitung sind in Deutschland Zündsysteme von folgenden Herstellern zugelassen (die Aufzählung muss nicht vollständig sein):

i-kon-System	(Orica Germany)
Unitronic	(Orica Germany)
Daveytronic/Riotronic	(Davey Bickford / Maxam)
E-Star	(Austin Powder)

Alle Zündsysteme basieren auf einem Einheitszünder, der beliebig in 1-ms Schritten einstellbar und je nach Zündmaschine und Zündsystem bis zu 1200/1600 Zünder in einem Zündkreis sicher zündbar ist. 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 (durch die variierbaren Verzögerungszeiten) wird aus Sicht des Immissionsschutzes positiv beurteilt.

Allerdings kann der alleinige Einsatz dieses Zündverfahrens noch kein Garant zur direkten Reduzierung der Immissionswerte sein. Das für den jeweiligen Anwendungsfall optimale Zündintervall der Teilladungen muss in der Praxis zunächst durch Aufzeichnung der Immissionswerte (besser noch der dazugehörigen Schwingungskurven) festgestellt werden. Der Einsatz dieses Zündsystems kann auch dann von Vorteil sein, wenn geringere Zündzeiten als 25 ms für einen guten Zertrümmerungseffekt erforderlich werden.

Empfehlung 03 (für die Genehmigungsbehörde)

Über den Betriebszeitraum einer Sandgube können sich die Regeln der Unfallverhütungsvorschriften, z. B. durch Angleichung an den fortgeschrittenen Stand der Technik, ändern.

Zwecks Vermeidung späterer aufwendiger Änderungsanzeigen oder wesentlicher Änderungen gemäß Bundesberggesetz, die den Tagebaubetrieb stark einschränken können, sollte dieses bei der Genehmigungserteilung soweit wie möglich berücksichtigt werden. Die Einhaltung der jeweils gültigen Regeln der Unfallverhütung oder Ersatzregelungen ist immer vorgegeben und versteht sich von selbst.

Nachfolgend sind die Möglichen der Zündungsarten für Bohrlöcher beschrieben, die den heutigen Stand der Technik berücksichtigen, auf das zündtechnische Teilen von Ladesäulen wird an dieser Stelle nicht eingegangen, da hierzu voraussichtlich keine Notwendigkeit besteht.

1. Zündung aus dem Bohrlochtiefsten ohne Sprengschnur
2. Zündung vom Bohrlochmund mit Sprengschnur
3. Zündung aus dem Bohrlochtiefsten mit Sprengschnur
4. Redundante Zündung aus dem Bohrlochtiefsten ohne Sprengschnur
5. Redundante Zündung aus dem Bohrlochtiefsten mit Sprengschnur

Aus sprengtechnischen und erschütterungstechnischen Gründen ist die Zündung aus dem Bohrlochtiefsten zu empfehlen, die auch in den anderen Tagebauen der Fa. Strobel bei den Lockerungssprengungen angewendet wird. Aufgrund der geologischen Verhältnisse, bei der die Bohrlöcher leicht zufallen können, wird dort auch standardmäßig auch Sprengschnur zur Detonationsübertragung eingesetzt, diese sollte so dimensioniert sein, dass Sie die eingesetzten Sprengstoffe sicher zünden können. Dieses sollte auch bei den Sprengungen im neuen Tagebau Sandholzgrube so beibehalten werden.

In geologisch schwierigen Lagerstättenbereichen ist auch bei Bohrlochsprengungen durch einen zusätzlichen (redundanten) 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 DGUV Regel 113-016 dann vorgeschrieben, wenn bei der Zündung von gestreckten Sprengladungen das Abscheren von Ladungsteilen nicht ausgeschlossen werden kann.

Sollte eine Reduzierung der Lademenge je Zündzeitstufe aus erschütterungsminimierenden Gründen erforderlich werden, besteht auch grundsätzlich die Möglichkeit der Ladungsteilung. Diese Möglichkeit erscheint im neuen Tagebau Sandholzgrube jedoch nicht erforderlich.

Empfehlung 04 (für den Betrieb)

Bei Verwendung von patronierten Sprengstoffen ist eine geschlossene Ladesäule nicht immer sicher zu gewährleisten, so dass Sprengschnur in der Ladesäule für diese Anwendungen zur Teilversagervermeidung unabdingbar bleibt.

3.6 Sprengbereich und Absperrung

Die Berufsgenossenschaften bestimmen in der DGUV Regel 113-016 unter Punkt 4.1.15 einen kreisförmigen Regelsprengbereich 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. Der verantwortliche Sprengberechtigte kann in Abstimmung mit dem Unternehmer

- den Sprengbereich verkleinern, wenn durch geeignete Maßnahmen das Auftreten von Streuflug ausgeschlossen ist oder
- er muss diesen erweitern, wenn mit dem Auftreten von Streuwirkung zu rechnen ist.

Der Sprengbereich ist so zu bemessen, dass außerhalb der Begrenzung Personen oder Sachgüter durch die Sprengwirkung nicht gefährdet werden können. Dazu zählen auch die an den Tagebau grenzenden landwirtschaftlichen Nutzflächen und Waldgebiete.

Der Regelsprengbereich von 300 m kann im neuen Tagebau Sandholzgrube dem Grunde nach immer eingehalten werden. Es ist bei jeder Sprengung besonders darauf zu achten, dass der innerbetrieblich festzulegende Absperrplan eingehalten wird. Dabei wird empfohlen, den Tagebau im Segmente einzuteilen und dazu ein vorher festgelegtes Absperrprocedere zu Grunde zu legen. Dabei muss auch berücksichtigt werden, dass eine Absprache mit den angrenzenden Tagebauen Frohnhof und Dorfholz der Fa. Dorfner erfolgen muss. Auch auf deren Tagebaugelände dürfen sich keine Personen innerhalb der Sprengbereichs ohne Deckung im Freien aufhalten.

Die Notwendigkeit einer Verkleinerung des Regelsprengbereichs auf unter 300 m wird hier generell nicht gesehen, da sich keine besonders schützenswerten Objekte (wie z. B. Wohngebäude oder öffentliche Straßen innerhalb des Sprengbereichs) befinden können.

Der Übersichtsplan der Anlage 1 gibt über die Umgebungsverhältnisse einen guten Überblick. Hier ist um die Abtragungsgrenze herum sogar ein Abstandsbereich von 500 m eingezeichnet.

Bezüglich der Immissionsobjekte IO 3 (Funkmast) und IO 4 (Windrad) muss jedoch sichergestellt werden, dass sich dort ebenfalls keine Personen, z. B. Wartungspersonal, aufhalten, sofern sich diese beiden Immissionsobjekte im Sprengbereich von 300 m befinden. Dieses gilt dort als reine Sicherheitsmaßnahme, da unter Punkt 4.6 zusätzliche Maßnahmen beschrieben werden, die Steinflug auf diese Immissionsobjekte sicher ausschließen können. Die Situation ist in der Abbildung 2 dargestellt.

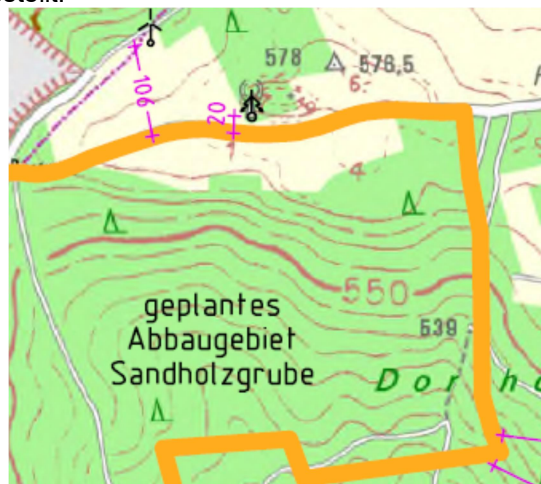


Abb. 2: Gebiet in dem der Sprengbereich

Empfehlung 05 (für die Genehmigungsbehörde)

Vor Aufnahme der Sprengarbeiten im Erweiterungsgebiet sollte der Betrieb einen geeigneten und sicher einzuhaltenden Absperrplan vorlegen. Dieser muss gewährleisten, dass sich im Umkreis von 300 m keine Menschen im Freien ohne Deckungsräume aufhalten. Hier sind

besonders die Absperrungen der jeweils im Sprengbereich liegenden Feld- und Waldwege sowie auch Personen in den umliegenden und im jeweiligen Sprengbereich liegenden Tagebauen zu berücksichtigen. Sofern auch der Funkmast sowie das Windrad im Sprengbereich liegen sollten, sind auch diese Bereiche in den Sperrbereich und die Maßnahmen zu integrieren.

Die Absperrposten sollten (nachweislich) betrieblich eingewiesen sein.

Zwischen dem verantwortlichen Sprengberechtigten und den Sperrposten muss die jederzeitige Verständigung gewährleistet sein. Funkkontakt zum verantwortlichen Sprengberechtigten bzw. zu den Absperrposten untereinander ist zu empfehlen.

4 Immissionsprognose

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

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

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

4.1 Sprengerschütterungen - Allgemeines -

Sprengerschütterungen stellen beim Strossensprengen die Hauptform der auftretenden Energieverluste dar.

Emissionen

Während im direkten Einwirkungsbereich von Sprenganlagen die Energie wie geplant und erwünscht den bindigen Quarzsand 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 entstehen somit seismische Wellen, deren Weiterleitung durch den Untergrund die Ursache für Erschütterungen sind. 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)
- Zündungstechnik
- Spezifischer Sprengstoffaufwand
- Verspannungsgrad des zu lösenden Gesteins
- Die gewählte Lösungsform der Bruchwandfußvorgaben, z.B. räumliche und zeitliche Trennung

Die Beanspruchungen können je nach Größe der Erschütterungsimmissionen und anderer Gegebenheiten bauliche Schäden hervorrufen.

Zunächst können aber für die Bewohner bei entsprechenden Immissionshöhen belästigende Einwirkungen entstehen (Tabelle 1).

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 Elastizitätsgrenze des Materials, kommt es zur Rissbildung (2).

Für die Beurteilung dieser Schwingungen sind folgende Faktoren ausschlaggebend:

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

Die Beanspruchungen können je nach 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
Beanstandbar	3.0 - 5.0

Tabelle 1: Wahrnehmungsstärken des Menschen auf Erschütterungen (3)

4.2 Beurteilungsgrundlage für Sprengerschütterungsimmissionen

Die Beurteilungsgrundlage von Erschütterungsimmissionen bildet seit Jahrzehnten die Deutsche Industrie Norm DIN 4150 - Erschütterungen im Bauwesen - in ihrer jeweils gültigen Form.

Diese dreiteilige Norm bestehend aus,

- Teil 1 Vorermittlung von Schwingungsgrößen, Weißdruck 06/200)
- Teil 2 Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden, Weißdruck aus 06/1999
- Teil 3 Entwurffassung aus 10/2015 die in Kürze Gültigkeit bekommt und den alten

Weissdruck aus 1999 ablösen wird.

wird in gewissen Zeitabständen überarbeitet, so dass die neusten Erkenntnisse in Bezug auf den Immissionsschutz in die Anhaltswerte einfließen.

Die messtechnische Erfassung, Aufzeichnung und Auswertung von Sprengerschütterungsimmisionen 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) festzustellen.

Weitere Größen wie Schwingwege und Schwingbeschleunigungen lassen sich ebenfalls messtechnisch erfassen oder aus Messwerten rechnerisch ableiten.

4.2.1 Einwirkungen auf bauliche Anlagen

Nachfolgend sind die zulässigen maximalen Schwinggeschwindigkeiten und Frequenzbereiche der gemäß DIN 4150 Teil 3 für Erschütterungen im Bauwesen aufgeführt.

Laut den Ausführungen der DIN 4150 Teil 3 (4.2) ist davon auszugehen, dass Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursachen auf Erschütterungen zurückzuführen wären, nach den bisherigen Erfahrungen nicht auftreten. Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind.

Werden trotzdem Schäden beobachtet, ist davon auszugehen, dass andere Ursachen für diese Schäden maßgebend sind.

Werden die Anhaltswerte nach Tabelle 2 (Tabelle 1 der DIN) 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.

		Anhaltswerte in mm/s für kurzzeitige Einwirkungen			
		Fundament			Deckenebene des obersten Vollgeschosses
		Frequenzen ***			
Zeile	Gebäudeart	< 10 Hz	10 bis 50 Hz	50 bis 100 Hz *)	alle Frequenzen
1	Gewerblich genutzte Bauten und Industriebauten u. ä.	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 Erschütterungs- empfindlichkeit 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): Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungswirkungen auf Gebäude in mm/s (Auszug aus der DIN 4150 Teil 3)

***Die Immissionswerte für Frequenzen von 10 bis 50 Hz sowie von 50 bis 100 Hz sind durch lineare Interpolation zwischen den Immissionswerten der jeweiligen Zeilen zu ermitteln.

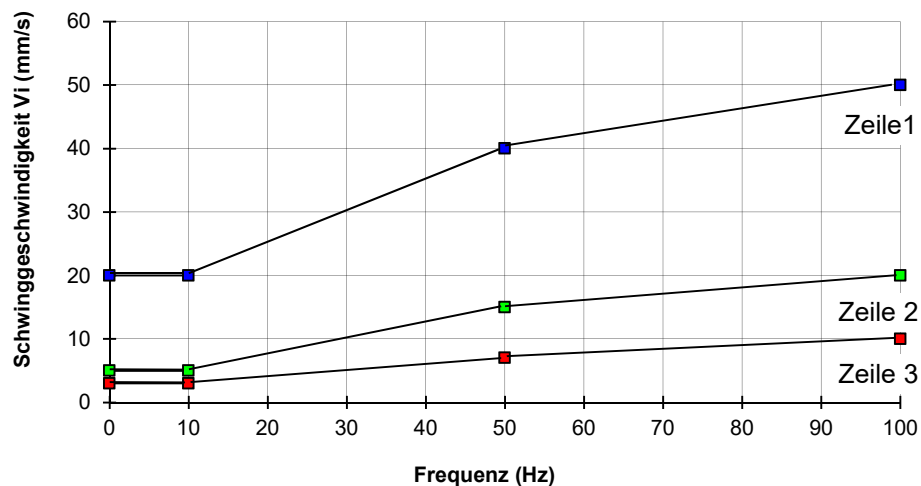


Diagramm zur DIN Tabelle 1 (nach Bild 1, S. 3) der DIN 4150 Teil 3.

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

Die Tabelle 1 hat nur Gültigkeit in Verbindung mit dem Diagramm zur Tabelle.

Die hier abgebildete Tabelle 1 (der DIN) bezieht sich nur auf kurzzeitige Erschütterungen, zu denen auch Sprengerschütterungen gehören. Diese dauern höchstens wenige Sekunden je Ereignis, wobei ihre Häufigkeit für Materialermüdungen und ihr zeitlicher Abstand für Resonanzerscheinungen unerheblich sind.

Die Beurteilungen der Deckenebene haben sich sowohl auf das aufsteigende Mauerwerk (i. d. Regel = Deckenrand) als auch auf die Deckenmitte der größten freitragenden Deckenfläche des obersten Vollgeschosses zu beziehen. In der Tabelle 1 (der DIN) sind die Anhaltswerte für horizontale Schwingungen (frequenzunabhängig) angegeben.

Folgende Anhaltswerte sind unabhängig von der Schwingfrequenz im obersten Vollgeschoss für vertikale Schwingungen für die Zeilen 1 und 2 der Tabelle 1 (der DIN) einzuhalten:

V_i max in der Deckenmitte (z-Richtung)

20 mm/s

Es ist üblich, für Gebäude mit mehreren Stockwerken einen Überhöhungsfaktor für die Immissionen in der obersten Deckenebene zu ermitteln. Er ist aus dem Fundament- und dem höchsten Deckenmesswerten zu ermitteln. Damit kann – später - bei alleinigen Messungen am Fundament auf die Höhe der Anregung des Vollgeschosses geschlossen werden. Umgekehrt ist auch bei alleinigen Messungen im obersten Vollgeschoss auf die Fundamentanregung zu schließen.

Der Wert dieses Überhöhungsfaktors ist unter anderem von der Bausubstanz, den Deckenspannweiten und von der Anzahl der Stockwerke abhängig.

Die in der Tabelle 1 der DIN aufgeführten Anhaltswerte sollten bei den Sprengarbeiten sowohl für die Fundamentanregung als auch für die Deckenebene des obersten Vollgeschosses eingehalten werden.

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 3 Immissionswerte für Situationen angibt, in denen Erschütterungsquellen über mehrere Monate und Jahre auf Immissionsorte einwirken. Für vereinzelt auftretende (kurzzeitige) Erschütterungen gilt eine Sonderregel.

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 nach Tabelle 1 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.

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		Au	Ao	Ar	Au	Ao	Ar
1	Einwirkorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und gegebenenfalls ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiete § 9 BauNVO).	0.4	6	0.2	0.3	0.6	0.15
2	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend gewerbliche Anlagen untergebracht sind (vergleiche Gewerbegebiete § 8 BauNVO)	0.3	6	0.15	0.2	0.4	0.1
3	Einwirkungsorte, in deren Umgebung weder vorwiegend gewerbliche Anlagen noch vorwiegend Wohnungen untergebracht sind (vergleiche Kerngebiete § 7 BauNVO, Mischgebiete § 6 BauNVO, Dorfgebiete § 5 BauNVO)	0.2	5	0.1	0.15	0.3	0.07
4	Einwirkungsorte, in deren Umgebung vorwiegend oder ausschließlich Wohnungen untergebracht sind (vergleiche reines Wohngebiet § 3 BauNVO, allgemeine Wohngebiete § 4 BauNVO, Kleinsiedlungsgebiet § 2 BauNVO)	0.15	3	0.07	0.1	0.2	0.05
5	Besonders schutzbedürftige Einwirkungsorte, z. B. in Krankenhäusern, in Kurkliniken, soweit sie in dafür ausgewiesenen Sondergebieten liegen.	0.1	3	0.05	0.1	0.15	0.05

Tabelle 3: Anhaltswerte A für die Beurteilung von Erschütterungsimmissionen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen, z.B. in Büroräumen, die nicht der verursachenden Anlage zuzurechnen sind. (Quelle: DIN 4150 Teil 2, Seite 4)

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. nach Zeile 1 ($A_0 = 6$), wenn nur ein Ereignis pro Tag stattfindet.

In Ausnahmefällen (wenige Male im Jahr, z.B. bis zu 10 mal) dürfen die A_0 -Werte bis zu 8 betragen.

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

Nachfolgend ist gemäß der DIN der Rechenweg aufgezeigt, um von gemessenen vertikalen Schwinggeschwindigkeiten in der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses den Anhaltswerte ermitteln zu können. (s. Gleichungen 6 und 7 aus DIN 4150 Teil 2).

Gleichung 1

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

Gleichung 2

$$IW_o = A_o = KB \cdot C_{F_{\max}} = KB \cdot C_F$$

Darin bedeuten:

V_{\max} = höchste Schwinggeschwindigkeit auf der Deckenebene (mm/s)

f_0 = Bezugsfrequenz 5,6 Hz

f = Schwingfrequenz gemessen oder sonst mit 20 Hz im Ansatz

C_F = Konstante (hier mit 0,6 angenommen)

A_o = Immissionswerte (IW) / Anhaltswerte (A_o)

Der angenommene C_F - Wert von 0,6 ist der Tabelle 3 der DIN 4150 Teil 2 Zeile 4 entnommen und gilt für Einzelereignisse von kurzer Dauer, bei denen keine Resonanzbeteiligung an den Bauwerksteilen zu erwarten ist.

Empfehlung 06 (für die Genehmigungsbehörde)

Die Entfernungen zu den nächstgelegenen Wohngebäuden sind mit mehr als ca. 1000 m sehr groß. Zusätzlich sind die Sprenganlagen relativ klein und die Lademenge je Zündzeitstufe ebenfalls gering.

Trotzdem sollten die Bedingungen zur Anwendung der Sonderregel eingehalten werden, da somit die A_o -Werte von 6 und 10 mal pro Jahr A_o -Werte auch von 8 (für jedes schutzwürdige Objekt) bei den weiteren Betrachtungen für alle Wohngebäude zugrunde gelegt werden können. Ansonsten müsste die Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 zur Anwendung kommen. Dieses hätte einen A_o -Wert von 3 zur Folge.

Da die Fa. Strobel aber die Bedingungen zur Anwendung der Sonderregel einhalten wird, wird den nachfolgenden Berechnungen auch ein A_o -Wert von 6 zu Grunde gelegt.

Die Sprengzeiten sollten somit sowohl zur Anwendung der Sonderregelung als auch aus Nachbarnschaftsschutzgründen auf Zeiten zwischen werktags 7.00 Uhr bis 13.00 Uhr und 15.00 Uhr bis 19.00 Uhr beschränkt werden.

Sollten aus hier nicht vorhersehbaren Gründen Sprengungen zwischen 13.00 Uhr und 15.00 Uhr erfolgen, dann müssen die Anhaltswerte der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 2 je nach Gebietseinordnung eingehalten werden. Für ein reines Wohngebiet nach Zeile 4 wäre das somit der ein A_o -Wert von 3.

4.3 Prognoseformeln

Die Vorgehensweise der Immissionsprognose geht aus der Abbildung 3 hervor. Dabei werden die nachfolgend erläuterten Prognoseformeln verwendet.

Grundlage für die anzuwendenden Prognoseformeln bildet die DIN 4150 Teil 1 – Vorermittlung von Schwingungsgrößen -. 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 der DIN 4150 Teil 1 korrespondieren. Sie beinhalten seit vielen Jahren unseren Stand der Technik.

Vorgehensweise zur Immissionsprognose

1. Verwendung der lagerstättenspezifischen Gebirgsbeiwerte

- Formeln zur Berechnung der Gebirgsbeiwerte nach
 1. Prof. Koch (Nahbereich)
 2. BGR - Sediment (Fernbereich)
- Grundlage: Sprengungen in der Zeit vom 13.01. bis 21.01.2011 im Tagebau Barbara, bei denen am Fundament und im OG gemessen wurde
- Bildung des
 - Maximalwertes
 - Mittelwertes
 - Medians



2. Immissionsprognose

- Lademengen-Abstandstabelle
- Ermittlung der notwendigen Sprengstoff-Lademengen
- Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabellen für verschiedene Sprengstoff-Lademengen entsprechend den vorgeschlagenen Lademengen je Zündzeitstufen

Abb. 3: Vorgehensweise zur Immissionsprognose

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:

Gleichung 3:

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

Darin bedeuten:

V_i = maximale Schwinggeschwindigkeit (mm/s)

L = Höchstlademenge/Zündzeitstufe (kg)

R = kürzeste Entfernung Sprengstelle - Immissionsort (m)

K = Gebirgsbeiwert

Üblicherweise setzt man bei derartigen Vorabschätzungen

$K = 100$ ein, sofern keine Erfahrungs- bzw. Messwerte vorliegen

Die Koch'sche Gleichung bietet für den Nahbereich eine gute Prognosesicherheit. Der Gebirgsbeiwert K wird (sofern keine Messwerte aus dem Gebirge vorliegen) 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:

Gleichung 4:

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

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 als gute Möglichkeit zur Vorabschätzung bewährt. Im Nahbereich unter 100 m ist die Verwendung der Koch'schen Formel zu bevorzugen.

Beide Berechnungsarten sind bei allen Prognosen zum Vergleich untereinander mit aufgeführt.

4.4 Ermittlung der spezifischen Gebirgsbeiwerte

In diesem Gutachten wird auf die Auswertungen zum Gebirgsbeiwert aus dem Gutachten zur Erweiterung des Tagebaus Barbara aus dem Jahre 2012 zurückgegriffen.

Damals wurden zwischen dem 13.01. und dem 21.01.2011 fünf betriebsübliche Sprengungen in vergleichbarer Lagerstätte mit vergleichbarer Sprengtechnik durchgeführt und mit umfangreichen Erschütterungsmessungen begleitet. Aus den Auswertungen wurde damals der spezifische Gebirgsbeiwert an repräsentativen schützenswerten Objekten ermittelt. Die gesamte Dokumentation zu den Messungen und Auswertungen werden hier nicht noch einmal aufgeführt, sondern es wird sich nur auf die Ergebnisse bezogen. Die Ergebnisse im Einzelnen können auf Wunsch eingesehen werden.

	BGR	Prof. Koch
Maximalwert	3261	159
Arithm. Mittelwert	1084	70
Median	888	65

Tabelle 4: Ergebnisse der Untersuchungen aus 2011 in vergleichbarer Lagerstätte

Die errechneten Gebirgsbeiwerte lagen zum Teil im Vergleich zu den Standardwerten sehr hoch.

	Max.	Abw. zum arithm. Mittel	Abw. Zum Median
BGR Sediment	3261	27 %	41 %
Prof. Koch	159	33 %	44 %

Der Medianwert zeigt hingegen zusammen mit dem Mittelwert Gebirgsbeiwerte an, die im Vergleich des Üblichen für derartige Lagerstätten liegen.

Anmerkung:

Die relativ hohen Abweichungen zwischen dem seinerzeit in 2012 für die Barbaragrube verwendeten Maximalwert zum arithmetischen Mittel bzw. zum Median rührt daher, dass es sich bei der untersuchten Lagerstätte um eine Quarzsandlagerstätte handelte, die bis zu den Immissionsorten reichte. Die Erschütterungsmessungen wurden damals im Januar unter winterlichen Witterungen (nass-kalt, jedoch kein Frost) durchgeführt, als der Boden wassergesättigt war. Hierdurch haben sich relativ niedrige Erschütterungswellen über weite Strecken ausbreiten können, was zu den vereinzelt hohen Gebirgsbeiwerten geführt hat, die bei der statistischen Betrachtung des arithmetischen Mittels bzw. des Median relativiert werden.

Die nachfolgenden Berechnungen werden mit beiden Werten durchgeführt, wobei der Maximalwert als Worst-Case und der Medianwert als Best-Case angenommen wird.

4.5 Immissionsprognose und Lademengenberechnungen

Da die nächstgelegenen Wohnhäuser für diese Art der zum Einsatz beabsichtigten Sprengtechnik sehr weit weg liegen und dort die Erschütterungs-Immissionen sehr gering sein werden, liegt der Fokus der Immissionsprognose auf dem Windrad und dem Funkmastensensor.

Grundlage für die Immissionsprognose sind die Lademengen-Abstandstabellen der Anlage 3 für die Gebäude der Ortsrandlage sowie für die Fundamente des Windrades und den Funkmasten. Diese wurden jeweils errechnet mit dem maximalen Gebirgsbeiwert nach der BGR Sedimentformel als auch mit dem entsprechenden Medianwert.

Aus den Tabellen geht hervor, welche maximalen Lademengen je Zündzeitstufe bei minimalen Entfernungen zwischen Sprengstelle und den schutzwürdigen Objekten eingesetzt werden dürfen, damit die Anhaltswerte der DIN 4150 eingehalten werden.

Für die Ermittlung der sprengtechnischen Lademengen im Prognoseverfahren sind für die Wohngebäude der Überhöhungsfaktor und die Betrachtung des zulässigen Maximalwertes im obersten Vollgeschoß zur Ermittlung des maximalen Anhaltswertes für das Fundament von Wohngebäuden ausschlaggebend.

- Maximalwerte oberstes Vollgeschoß / Überhöhungsfaktor -

Nunmehr werden die zu erwartenden Immissionen für die beiden Ortrandlagen betrachtet. Frequenzunabhängig sind auf der Deckenebene des obersten Vollgeschosses IW_o bzw. A_o -Werte (tags) von 6 (bei Inanspruchnahme der Sonderregelung, von der hier ausnahmslos ausgegangen werden kann) bzw. 10 mal im Jahr von bis zu 8 für kurzzeitige Schwingungsereignisse zulässig.

Mit den bereits erwähnten Gleichungen 1 und 2 kann nunmehr der Immissionswert nach DIN 4150 Teil 2 in eine Schwinggeschwindigkeit umgerechnet werden wobei für das oberste Vollgeschoss mit einem Überhöhungsfaktor von $\ddot{U} = 3,0$ (der höchste ermittelte Wert lag bei den Messungen zur Erweiterung der Barbaragrube in 2011 bei 1,8!) gerechnet wird. Dabei wird eine mittlere Frequenz von 10 Hz berücksichtigt. **Hierdurch ergibt sich für die Immissionsprognose eine zusätzliche deutliche Sicherheit.**

Gleichung 1

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

Gleichung 2

$$IW = A_o = KB_{*F_{\max}} = KB \cdot C_F$$

Der c_F - Wert von 0,6 ist hier anwendbar, wenn keine Resonanzbeteiligung an den Bauwerksteilen zu erwarten ist, wobei Erschütterungen aus Einzelereignissen in der Regel nicht zu ausgeprägten Resonanzerscheinungen von Gebäuden und Bauteilen führen (s. DIN 4150 Teil 1 unter 5.5.5), so dass dieser c_F – Wert bei Sprengungen für ausgesteifte Baukonstruktionen von Gebäuden im Regelfall angenommen werden kann.

Anmerkung

Bei allen in 2011 ausgewerteten Erschütterungsereignissen (Deckenmitte) wurde eindeutig kein Resonanzverhalten bei den Messwerten auf den Deckenmittlen festgestellt. Resonanzbeteiligungen sind bei Sprengungen wegen der kurzen Einwirkzeit eher unüblich.

Bei den Messungen im Rahmen dieses Gutachtens wurde der $KB_{F_{\max}}$ -Wert direkt mit der Software (KB-Filter) ermittelt.

Folgende Berechnungen (Tabelle 5) verdeutlichen für die Immissionsprognose, welche Immissions- bzw. Anhaltswerte (in Schwinggeschwindigkeiten) am Fundament möglich wären um die Immissions- bzw. Anhaltswerte in der jeweiligen Deckenmitte eines Gebäudes einzuhalten:

Frequenzen	Standard: Anwendung der Sonderregel Sprengungen			bis zu maximal 10 mal / Jahr Sprengungen			
	cF-Wert = 0,6	cF-Wert = 0,7	cF-Wert = 0,8	cF-Wert = 0,6	cF-Wert = 0,7	cF-Wert = 0,75	cF-Wert = 0,8
	IW=6	IW=6	IW=6	IW=8	IW=8	IW=8	IW=8
	Deckenmitte OG	Deckenmitte OG	Deckenmitte OG	Deckenmitte OG	Deckenmitte OG	Deckenmitte OG	Deckenmitte OG
	Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig
10	16,2	13,9	12,2	20,0	18,5	17,3	16,2
15	15,1	12,9	11,3	20,0	17,3	16,1	15,1
20	14,7	12,6	11,0	19,6	16,8	15,7	14,7
25	14,5	12,4	10,9	19,3	16,6	15,5	14,5
30	14,4	12,3	10,8	19,2	16,4	15,3	14,4
35	14,3	12,3	10,7	19,1	16,4	15,3	14,3
40	14,3	12,2	10,7	19,0	16,3	15,2	14,3

Fundament	Fundament	Fundament	Fundament	Fundament	Fundament	Fundament
Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig	Vmax zulässig
4,8	4,1	3,6	6,4	5,5	5,1	4,8

Berücksichtigung eines Überhöhungswertes von $\dot{U} = 3$

rote Zahlenwerte = durch maximale Schwinggeschwindigkeit DIN 4150 Teil 3 gedeckelt.

Tabelle 5: Umrechnung der Immissions- bzw. Anhaltswerte nach DIN 4150 Teil 2 in Schwinggeschwindigkeiten am Gebäudefundament

In der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses wären zur Einhaltung des $IW_o = A_o$ -Wertes von 6 Schwinggeschwindigkeiten bis zu 14,4 mm/s bei einem c_F-Faktor von 0,6 und einer Frequenz von 30 Hz zulässig. Mit den 30 Hz sind die üblichen Deckenfrequenzen von Betondecken gut abgebildet.

Wegen der nach DIN 4150 Teil 3 ausschließlich erlaubten Schwinggeschwindigkeit von $V_i = 20,0$ mm/s auf der Deckenmitte des obersten Vollgeschosses, ergibt sich eine maximal mögliche Schwinggeschwindigkeit am Gebäudefundament von **ca. 4,8 mm/s**, (bei einem $IW_o = A_o$ -Wert von 6). Dieser Wert für die Schwinggeschwindigkeit wird in der Immissionsprognose zu Grunde gelegt.

Aus der Anlage 3 a geht hervor, wieviel Lademenge je Zündzeitstufe theoretisch bei den Sprengungen eingesetzt werden dürfte, damit die Anhalts- bzw. Immissionswerte noch eingehalten werden würden (bis die erwähnten ca. $V_i = 4,8$ mm/s als Referenzwert erreicht würden).

Empfehlung 07 (für die Genehmigungsbehörde)

Die Lademengen – Abstandstabellen gelten als Empfehlung, um im laufenden Abbaubetrieb gegebenenfalls einschätzen zu können, welche Immissionen bei welchem Einsatz der Lademenge je Zündzeitstufe zu erwarten ist. Dieses da nicht ausgeschlossen werden kann, dass bei vergrößerten Sprenganlagen und dem standardmäßigen Einsatz des elektrischen Zündverfahrens auch mehr als eine Ladung je Zündzeitstufe gezündet werden muss.

Somit sind diese Tabellen so lange verbindlich, bis andere Messwerte eine Überarbeitung der tabellen erfordern.

Einordnung des Funksenders (IO 3) in die DIN 4150 Teil 3

Der Funkmast ist hier im gesamten Kontext bezüglich Steinflug und Sprengerschütterungen schützenswert.

Es muss demnach ein Mindestabstand zwischen Funkmast und den gegebenenfalls dort im Umkreis erforderlichen Sprengungen angegeben werden. Zusätzlich sind Angaben erforderlich, welches Zündverfahren in welchem Umkreis zu dem Funkmast sicher angewendet werden kann.

Nach der EMF Datenbank der Bundesnetzagentur hat dieser Funkmast die Standortbescheinigungs Nummer 680310 (interne Bezeichnung 360211).

Mit dem Betreiber American Tower wurde am 31.10.2016 telefonisch Rücksprache gehalten, um welche Nutzung es sich bei diesem Funkmast handelt. Der Funkmast ist demnach an diverse Mobilfunkbetreiber vermietet. Die Strahlungsleistung beträgt > 1 GHz bei EIRP – Leistungen > 20 Watt. Gemäß der Anlage 2 der DGUV – Regel 113-016 muss damit bei Verwendung von Zündern der Klasse II (Typ U) ein Mindestabstand zu dem Funkmast von 2 m eingehalten werden.

Der Funkmast hat einen Abstand von ca. 20 m zu Abbaugrenze, wobei der minimale Abstand zu der tatsächlichen Böschungskante in der Praxis noch etwas größer sein wird. Insofern sind keine zündtechnischen Sondermaßnahmen bei Sprengungen im Nahbereich zu dem Funkmast erforderlich.

Auch bezüglich der Sprengerschütterungen darf der Funkmast samt seiner elektrischen Anlagen nicht beschädigt werden. Bei derartigen Bauwerken ist von einer schweren Fundamentierung auszugehen. Für diese Bauwerke kann, sofern nicht vom Hersteller andere Anhalts- bzw. Immissionswerte vorgelegt und begründet werden, eine Einordnung mindestens in die Zeile 1 der Tabelle 1 der DIN 4150 als „gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten“ vorgenommen werden.

Die DIN 4150 Teil 3 (in der aktuellen Entwurfsfassung) gibt sogar für „Ingenieurbauwerke in massiver Bauweise (z. B. Stahlbetonbauteile, Widerlager, Blockfundamente) einen Anhaltswert von 80 mm/s vor, sofern keine Gefahren aus bodenmechanischen Vorgängen entstehen können. Bodenmechanische Vorgänge sind bei dem vorhandenen Mindestabstand zu den eventuell im Nahbereich stattfindenden Sprenganlagen nach Ansicht des Unterzeichners nicht zu erwarten.

In dem hier vorliegenden Fall wird der Anhaltswert für die beiden Fundamente (Funkmast und Bodenplatte Technischeinrichtungen) auf das Zweifache (frequenzabhängig) der Anhaltswerte der Zeile 1 Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 festgelegt. Das bedeutet für Frequenzen < 10 Hz eine maximale Schwinggeschwindigkeit von ca. $V_i = 40$ mm/s.

Da der Unterzeichner keine Fundamentierungspläne eingesehen hat und den Betreiber nicht um Aussage zu einer vom Unternehmen zugelassenen Schwinggeschwindigkeit angefragt hat, ist diese - auch in anderen vergleichbaren Fällen angewendete maximale Schwinggeschwindigkeit - verhältnismäßig.

Aus der Anlage 3 b (Lademengen – Abstandstabelle) wird ersichtlich, dass die Lademenge je Zündzeitstufe in 20 m Abstand ca. $L_{\max} = 151$ kg (Best Case) betragen dürfte und in der Praxis aber nur bei ca. $L_{\max} = 60$ kg liegen wird.

Berücksichtigt man nun noch den unwahrscheinlichen Fall des sehr hohen Gebirgsbeiwertes, so müsste allerdings ein Mindestabstand von ca. 30 m zu dem Funkmast eingehalten werden.

Empfehlung 08 (für die Genehmigungsbehörde)

Sollten in dem Nahbereich zu dem Funkmast tatsächlich Sprengarbeiten erforderlich sein, so sind ab einem Abstand zwischen Funkmast und Sprenganlage von ca. 50 m Erschütterungsmessungen auf dem Fundament des Funkmastes durchzuführen und die Erschütterungswerte durch einen fachkundigen Sachverständigen für Erschütterungen und Sprengtechnik zu beurteilen. Werden die Anhalts- bzw. Immissionswerte mit dem Zweifachen Wert der Angaben nach Zeile 1 der DIN 4150 Teil 3 überschritten, sind die Sprengarbeiten dort einzustellen bzw. müssen weitere Sondermaßnahmen zur Erschütterungsreduzierung (z. B. Ladungsteilung) eingesetzt werden. Hierzu bedarf es einer gesonderten Begutachtung von einem Sachverständigen (siehe oben).

Erforderliche Sondermaßnahmen zur Steinflugvermeidung werden unter Punkt 4.6 erläutert.



Abb. 3: Mobilfunkmast der Fa. American Tower

Einordnung des Windrades (IO 4) in die DIN 4150 Teil 3

Aus der Abbildung 4 ist das in ca. 106 m Nähe zu der Abbaugrenze vorhandene Windrad zu entnehmen. Dieses muss vor Beschädigungen durch Steinflug und auch vor Schäden hervorgerufen durch Sprengerschütterungen geschützt werden.

Der Anhalts- bzw. Immissionswert für das Betonfundament solcher Anlagen kann erfahrungsgemäß mit der Handhabung von Windrädern bei anderen Genehmigungsverfahren genauso in die DIN 4150 Teil 3 Zeile 1 mit den doppelten Werten eingeordnet werden, wie der Funkmast. Nach allgemeinen Angaben eines renommierten Statikers (Ingenieurbüro Dehm aus Heilbronn) sind Windkraftanlagen welche auf Masten angebracht werden, die aus Stahlrohr oder aus Gitterfachwerk bestehen trotz der großen Kopfmasse relativ leichte Bauwerke. Das bedeutet, die Einwirkungen aus Wind auf das Bauwerk sind oft größer oder gleich den Gewichtseinwirkungen. Das heißt, horizontale Einwirkungen, wie sie durch Erdbeben oder Sprengungen hervorgerufen werden, spielen im Normalfall keine Rolle. Deshalb werden auch solche Maste nicht mit einem Erdbebennachweis dimensioniert.

Aus der Anlage 4 a geht hervor, dass bei der bisher für den Abbau der 12 m hohen Gewinnungsstrossen verwendeten maximalen Lademenge je Zündzeitstufe von $L_{\max} = 60$ kg, sowohl im Falle des wahrscheinlichen „Best-Case“ eine Schwinggeschwindigkeit von $V_i = 10$ mm/s und im „Worst-Case“ eine Schwinggeschwindigkeit von $V_i = 38$ mm/s messbar wären.



Abb. 4: Windrad

Insofern sind keine weiteren sprengtechnischen oder organisatorischen Maßnahmen erforderlich und eine Schädigung des Windrades (bzw. des Fundamentes) im Sinne der DIN 4150 Teil 3 kann durch die Sprengungen im Regelfall nicht eintreten. Erschütterungsmessungen sind nicht erforderlich.

Erforderliche Sondermaßnahmen zur Steinflugvermeidung werden unter Punkt 4.6 erläutert.

In der Anlage 5 wurde die bisherige Standardtechnik in den Tagebauen der Fa. Strobel auch für die zukünftige Sprengtechnik im Tagebau Sandholzgrube zu Grunde gelegt.

Die Ladesäulen wurden für die übliche Bohrlochneigung mit 80° und für verschiedene Sprengstoffarten bzw. Bohrlochzustände (wasserführend oder trocken) sowie für zwei Bohrl Lochdurchmesser von 89 mm und 105 mm Durchmesser berechnet. Entsprechend des im Tagebau Barbaragrube üblichen spezifischen Sprengstoffaufwandes von ca. 0,20 – 0,35 kg/m³ wurden auch Beispiele für Sprengraster ermittelt, die stets in der Praxis an die betrieblichen Bedingungen anzugleichen sind.

Des Weiteren ist anzumerken, dass die sprengtechnischen Vorgaben keine Bewertung der Standsicherheit für die zu erstellenden Endböschungen entlang der Abbaugrenze darstellen. Etwaige Vorgaben bezüglich der Standsicherheit der Endböschungen sind durch Sachkundige Personen zu beurteilen. Deren Empfehlungen sollten durch die Betriebsleitung beachtet werden.

Fazit

Die Schwinggeschwindigkeits-Abstandstabelle der Anlage 4 verdeutlicht, welche Schwinggeschwindigkeiten bei den minimalen Abständen mit Anwendung der betriebsüblichen Sprengtechnik an den Immissionsobjekten erwartet werden kann.

Sofern nicht der Worst-Case-Fall eintritt, werden an den beiden Ortsrandlagen die Sprengerschütterungen nur im Bereich der Fühlbarkeitsschwellen – also auf sehr geringem Niveau - zu spüren sein.

Besondere sprengtechnische oder organisatorische Maßnahmen sind beim Einsatz der betriebsüblichen Sprengtechnik nicht zu treffen, um die Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 einhalten zu können.

Lediglich bei der Annäherung an den Funkmast müssen die Sprengungen mit Erschütterungsmessungen - wie beschrieben - begleitet werden.

Grundsätzlich kann die Lademenge je Zündzeitstufe, wie nachfolgend aufgeführt, durch folgende Maßnahmen weiter reduziert werden, wobei nur die wichtigsten Möglichkeiten erwähnt werden:

- Verringerung des Bohrl Lochdurchmessers (z. B. 76 mm statt 89 mm)
- Verkleinerung der Ladesäulenlänge bzw. Teilen der Ladesäule

Empfehlung 09 (für die Genehmigungsbehörde)

Da die Sprengraster mit der Verwendung unterschiedlicher Sprengstoffe, Bohrl ochtiefen etc. stark variieren, empfiehlt es sich im Genehmigungsbereich keine festen Sprengraster festzuschreiben. Im Sinne von Lockerungssprengungen sind diese variabel, können somit auch vergrößert werden.

In der Sprengpraxis sind selbstverständlich statt der Grundlagen für die Immissionsprognose die Anhaltswerte der DIN 4150 (Teile 2 und 3), bzw. die der vorliegenden Stellungnahme festgelegten Anhaltswerte einzuhalten, bzw. messtechnisch zu ermitteln. Bei evtl. Überprüfungsmessungen sind gemäß der Erschütterungsrichtlinie Messungenauigkeiten von +/- 15 % zu berücksichtigen, bevor bei Überschreitungen Auflagen erteilt werden

4.6 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/m^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 0,2 und 0,8 kg/m^3 .

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

In der Anlage 6, "Steinfluggefahren", sind die, aufgrund der physikalischen Gesetze leicht verständlichen, Hauptursachen für auftretenden Steinflug zusammenfassend verdeutlicht und dem Normalfall einer Gewinnungssprengung gegenübergestellt.

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 Hauptstreureichtung allseitig in einem Winkel von 45° auf die jeweilige Bohrl Lochachse projiziert.

Spritzflug aus den Bohrl Lochmündern von Kopfbohrlöchern ist bei ordnungsgemäßer Durchführung von Gewinnungssprengungen sehr leicht und sicher vermeidbar, wenn die Endbesatzlänge in etwa der Vorgabe entspricht und der Endbesatz aus steinfreiem, feuchtem Steinmaterial, wie z. B. Bohrklein, Brech- oder Natursand verdichtet aufgebracht wird.

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

Je nach Zündungsart (aus dem Bohrl Lochtiefsten oder vom Bohrl Lochmund aus) kann die Endbesatzlänge variiert werden, wobei die Endbesatzlänge bei Zündung aus dem Bohrl Lochtiefsten zwischen 0,5 und 1,0 m kleiner gewählt werden kann.

bezüglich der notwendigen Verkleinerung des Regelsprengbereichs auf die entsprechenden Ausführungen im Kapitel 3.7 verwiesen.

Der Sprengbereich von 300 m sollte grundsätzlich eingehalten werden.

Mit Annäherung an die Immissionsorte IO 3 (Funkmast) und IO 4 (Windrad) befinden sich diese Objekte im Regelsprengbereich.

Daher sind in diesem speziellen Fall folgende Grundregeln einzuhalten:

Die Sprengungen sind im Bereich von 300 m Abstand zu den Objekten zum Schutz der Sachgüter so auszuführen, dass die Auswurfrichtung des Haufwerks nie auf diese Objekte zeigen.

Um Steinflug aus dem Besatzbereich in den rückwärtigen Bereich auf die schützenswerten Objekte zu vermeiden, sollte die Bohrl Lochneigung in diesem Bereich mit 90 ° ausgeführt werden und die Endbesatzlängen um 0,5 m vergrößert werden.

Bohrl Lochdurchmesser 89 mm: ca. 3,5 m

Bohrl Lochdurchmesser 105 mm: ca. 4,0 m

Bei evt. Abweichungen dieses Grundsatzes ist ein fachlich versierter Sprengingenieur oder Gutachter für Sprengarbeiten schon im Planungsstadium mit einzubeziehen, da Steinflug unter allen Umständen zu vermeiden ist und besonders auf diese beiden schützenswerten Objekte.

Sofern die Sprengarbeiten nach den allgemein gültigen Regeln der Sprengtechnik (Stand der Technik) und der gesetzlichen Bestimmungen sowie der notwendigen Sorgfalt erfolgen, ist keine Steinfluggefahr über die Abbaugrenzen hinaus zu befürchten.

4.7 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 fest (pulverförmig, gelatinös oder pastös) nach gasförmig verändern.

Die gasförmigen Reaktionsprodukte sind nicht zu vermeiden, da diese das Arbeitsvermögen eines Sprengstoffes darstellen und ohne sie Sprengarbeiten nicht denkbar wären.

Die Sprengschwaden verdünnen sich im Allgemeinen in der freien Atmosphäre recht schnell – zumindest bei übertägigen Gewinnungssprengungen - und sind oft nach Freigabe der Sprengstelle kaum noch wahrnehmbar und stellen somit keine Gefahr für Mensch und Umwelt dar.

4.8 Prognose 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 Lpeak 80 bis 100 dB (A).

Im vorliegenden Fall beträgt der absolut kürzeste Abstand einer Sprengstelle zum ersten Haus der Ortsrandlage Kainsricht ca. 935 m gemäß der Anlage 1. Die Haufwerkswurfrichtungen weisen zumeist in den offenen Tagebau hinein. Dorthin wird auch die akustische Hauptverlustenergie abgestrahlt und nicht in direkte Richtung der Bebauung. Damit erscheint die Annahme eines Lpeak-Wertes von maximal 90 dB (A) für die höchsten Detonationsknalle in 100 m Distanz als 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)

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

Wohngebäudebetrachtung: mind. 935 m Distanz

$$L_{A\text{peak}} = 136 \text{ dB(A)} - 20 \lg \frac{935 \text{ m}}{1 \text{ m}} - 6 \text{ dB(A)}$$

$$\underline{\underline{L_{A\text{peak}} = 70,6 \text{ dB(A)}}$$

Beurteilung:

Die Wohngebäude werden hier pauschal als allgemeines Wohngebiet der Kategorie c) der unter 6. "Immissionsrichtwerte" in der sechsten Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz als technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm-TA-Lärm vom 28.08.1998 ausgedruckten Tabelle eingestuft.

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

Im Weiteren kann eine Beurteilung im Hinblick der durch die Detonation des Sprengstoffes und des Haufwerkauswurfs auf das nächstgelegene Gebäude eventuell einwirkenden tieffrequenten

Schalldruckwellen erfolgen, wobei ein bekannter Berechnungsansatz von Dr.-Ing. Pompetzki vom LUA-Essen angewendet wird (3).

Rechnerische Überprüfung, mit beispielhaftem Ansatz:

Membranfläche einer betriebsüblichen Sprengung auf der obersten Sohle in kürzester Distanz zum nächsten Wohngebäude, wobei die Druckrichtung immer abgeneigt (ca. > 45 °) zum Gebäude sein wird, wodurch eine hier nicht berücksichtigte Verminderung des Schalldrucks eintreten wird.

Mitte Sprengung zum Wohnhaus: ca. 935 m

20 Bohrlöcher in einer Reihe, 4,0 m Bohrlochabstand und 12 m Wandhöhe
Wandfläche 12 m x 4,0 m x 20 Stück = 960 m².

Annahmen: f = 1 Hz, Bewegungsgeschwindigkeit 15 m/s

$$L_p = \left(10 \times \log \left[1,078 \times 10^{10} \times (1 \times 960 \times 10)^2 \right] - 20 \times (\log 935) - 8 \right) \text{dB}$$

$$L_p = \underline{\underline{116,1}}$$

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, eingehalten.

Bei oben genannten Parametern für Sprengungen im Bereich von ca. 935 m wären unter diesen Voraussetzungen weit über 100 Bohrlöcher in der ersten Reihe einsetzbar.

5. Gutachterliche Stellungnahme und abschließende Empfehlungen

Das Gutachten im Rahmen der beantragten zum Neuaufschluss des Tagebaus Sandholzgrube der Fa. Strobel Quarzsand GmbH wurde auftragsgemäß erstellt.

Die erforderlichen Betrachtungen für einen wirksamen Immissionschutz bezüglich der Sprengarbeiten sind anhand der derzeit gültigen Regelwerke sowie unter Einbeziehung von Sicherheiten erfolgt.

Berücksichtigung fanden dabei die jeweils maximal möglichen Immissionsauswirkungen bezogen auf die jeweils geringsten Entfernungen zwischen Emissions- und Immissionsort. Die Ortsrandlagen Kainsricht und Atzmansricht befinden sich mit einem Abstand von mehr als 900 m für die Art der Sprengungen (Lockerungssprengungen) relativ weit entfernt.

Die gutachterlichen Ausführungen stützen sich auf in 2011 im Rahmen des Erweiterungsantrages für den Tagebau Barbara ermittelte Erschütterungsmesswerte. Diese wurden im Rahmen von zwei Messreihen bei insgesamt fünf betriebsüblichen Sprengungen ermittelt und konnten hier als repräsentativ verwendet werden.

Bei der zukünftigen Abbausituation im Bereich dem geplanten Tagebaueraufschluss kann der Regelsprengbereich von 300 m eingehalten werden. Besondere Sorgfalt bezüglich der Steinflugvermeidung ist im Bereich des vorhandenen Funkmasts und des Windrades zu legen, wo der Sprengbereich von 300 m zwar eingehalten werden kann, jedoch Steinflug auch hier innerhalb des Sprengbereichs unbedingt vermieden werden muss. Daher sind bei diesen Sprengungen Sondermaßnahmen zu treffen.

Aufgrund der ermittelten Gebirgsbeiwerte sind bei Anwendung der bisher üblichen Sprengtechnik mit Bohrlochtliefen bis ca. 12 m in den Tagebauen der Fa. Strobel keine Zusatzmaßnahmen zur Sprengerschütterungsminimierung durchzuführen, um unter allen Umständen dauerhaft die Anhalts- bzw. Immissionswerte der DIN 4150 einzuhalten.

Diese Aussage bezieht sich auch auf die Annäherung des Abbaus an den Funkmast und auf die Zündung von nur einer Bohrlochladung je Zündzeitstufe. Ansonsten gibt die ermittelte Lademengen – Abstandstabelle Auskunft über die jeweils mögliche Lademenge je Zündzeitstufe.

Für alle schutzwürdigen Objekte sind bei Einhaltung

- der gesetzlichen Vorschriften und Bestimmungen (Auflagen zur Planung, Kontrolle, Ausführung und Dokumentation von Sprengarbeiten),
- des jeweils aktuellen Stands der Technik sowie
- den ausgeführten Empfehlungen

Überschreitungen der in den einschlägigen gültigen Regelwerken zulässigen Anhalts- und Immissionswerte (Erschütterungen/Lärm) sowie Beeinträchtigungen durch Steinflug für die Nachbarschaft bei der Durchführung von Sprengarbeiten mit großer Sicherheit auszuschließen.

Für die Sprengerschütterungen geht dieses aus den erstellten Lademengen- und Abstandstabellen sowie der Tabelle zu den zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten hervor. Hierbei wurde der Einsatz unterschiedlicher Sprengtechnik entsprechend den bisherigen Erfahrungen berücksichtigt. Die empfohlene Sprengtechnik lässt noch weiteren Raum zur Minimierung der Immissionen durch Einsatz von Sondermaßnahmen, wofür aber im Normalfall keine Veranlassung gesehen wird.

Die Anhalts- bzw. Immissionswerte werden laut der im Rahmen des Gutachtens durchgeführten Immissionsprognose sowohl für die Einwirkungen auf Gebäude als auch auf Menschen in Gebäuden entsprechend der DIN 4150 Teil 3 und 2 sowie der Erschütterungsrichtlinie eingehalten.

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

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

Dipl.-Ing. Guido A. Schmücker

Bei der IHK Köln öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Gesteinssprengungen unter und übertage sowie für Immissionsprognosen.

Bergheim, den 01. November 2016