

Gutachten

über

zu erwartende Immissionen bei Sprengarbeiten im Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg
der Gebr. Knauf Westdeutsche Gipswerke

1.0 Allgemeines

Auftraggeber: Knauf Gips KG
Postfach 10
97343 Iphofen
vom 15.04.2002

Auftragnehmer: Firma BlastCom GmbH
Sprengtechnik, Messtechnik
Consulting, Gutachten

Sachverständiger/
Bearbeiter: Rolf R. Schillinger
Bürgermeister-Reiger-Straße 30
D-86720 Nördlingen

Nördlingen, den 14. Juli 2003

Rolf R. Schillinger

Inhalt	Seite
1.0. Allgemeines	1
1.1. Anlass	3
1.2. Rechtsvorschriften und Richtlinien	3
1.3. Definitionen	4
2.0. Umgebungsverhältnisse	4
3.0. Technische Bedingungen	5
3.1. Sprengbarkeit des Gebirges	5
4.0. Grundlagen bei Gewinnungssprengungen	6
4.1. Auslegung einer Perforationssprengung	6
4.2. Sprengtechnische Parameter	7
5.0. Prognose von Sprengerschütterungen	7
5.1. Prognose von Sprengerschütterungen, Gipsabbauvorhaben Lüthorst	8
5.2. Zu erwartende Schwinggeschwindigkeiten	9
5.2.1 Beurteilung der Sprengerschütterungen auf das Gebirge	10
5.3. Beurteilung von Sprengerschütterungen auf Bauwerke	11
5.4. KB - Wert	13
5.5. Beurteilung von Schallimmissionen	14
6.0. Sicherungsbestimmungen bei Sprengarbeiten	15
6.1. Sprengtechnisches Qualitätsmanagement	15
6.2. Betriebsspezifische Risiken	16
6.3. Gefährdungsbereich (Sprengbereich)	16
6.4. Verkleinerung des Gefährdungsbereiches (Sprengbereich)	17
7.0. Maßnahmen zur Verkleinerung des Gefährdungsbereiches	17
7.0.1 Zündtechniken	17
7.0.2 Zündverfahren	18
7.0.3 Geteilte Ladesäule	18
7.0.4 Redundante Zündung	18
8.0. Gutachterliche Schlussfolgerungen	18
9.0. Anlagen	22-25

1.1. Anlass

Die Firma Knauf Gips KG, 97343 Iphofen, plant das Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg in der Gemarkung der Gemeinde Lüthorst.

Der Inhalt des Gutachtens betrifft die zu erwartenden Immissionen, die auf das Umfeld des geplanten Gipsabbaus bei zukünftigen Gewinnungssprengungen einwirken können. Die Aufgabenstellung erfordert, insbesondere für den übertägigen Bereich, eine Beschreibung sowie eine Aussage über Entstehung, Größenordnung und Vermeidung von Gefahrenmomenten, die durch einen sprengtechnischen Abbau im geplanten Vorhaben entstehen können.

(Lageplan i. d. Anlage)

1.2. Rechtsvorschriften und Richtlinien für das Gutachten

Das Gutachten wurde auf Grundlage folgender rechtlicher Bestimmungen und sowie Unterlagen erstellt:

Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (SprengG) vom 17. April 1986 (BGBl. I S. 577) in der Fassung vom 28. Juni 1990 (BGBl. I S. 1221) zuletzt geändert durch Art. 1 des Gesetzes vom 23.06.1998 (BGBl. I S. 1530)

Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1.SprengV) vom 31.Januar 1991 (BGBl. I S.169), geändert durch den Art. 2 des Gesetzes vom 23.Juni 1998 (BGBl. I S. 1530)

Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz vom 05.September 1989 (BGBl. I S. 1620), geändert am 23.Juni 1998 (BGBl. I S. 1530)

Dritte Verordnung zum Sprengstoffgesetz (3.SprengV) vom 23.Juni 1978 (BGBl. I S.783)

SprengKostV in der Fassung vom 20.04.1990 (BGBl. I. S. 786)

StGB in der Fassung der Bekanntmachung vom 10. März 1987 (BGBl. I S. 945) , geändert durch Gesetz vom 09. Juni 1989 (BGBl. I S. 1059)

Allgemeine Bundesbergbauverordnung (ABBergV) vom 01. Januar 1996

UVV " Sprengarbeiten" i. d. Fassung vom 01. Januar 1997 mit Durchführungsanweisungen vom Oktober 1994

DIN 4150-01 " Vorermittlung von Schwingungsgrößen " 1999-02

DIN 4150-02 " Einwirkung auf Menschen in Gebäuden " 1999-06

DIN 4150-03 " Einwirkung auf bauliche Anlagen " 1999-02

Prognoseermittlungen, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, D – 30631, Hannover

Nach den anerkannten Regeln der Technik

Maßnahmen

Ortsbefahrungen am 03.04.2002 und 26.06.2003

Übergebene Unterlagen

Lagepläne „Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg“

Literatur:

Busch, J.: Überlegungen zur Reduzierung von Sprengerschütterungen durch bohr - und zündtechnische Maßnahmen SPRENGINFO, DSV1996, Heft 1, S.22-29

Dowding, Ch.: Blast Vibration, Monitoring and Control, Prentice-Hall, 1985

König, R. : Höhere Sicherheit durch redundante Zündung von Großbohrlochsprengungen, NOBEL HEFTE 58 (1992) H.1, S 1-9
Lärmschutz im Betrieb, Institut für Ergonomie der TU München, 1981
Schillinger R.: Die Anwendung von Luftpuffern bei Großbohrlochsprengungen, SPRENGINFO, DSV 1994, Heft 2, S. 48 -51
Schillinger R.: Zur Vermessung der räumlichen Lage von Sprengbohrlöchern, 11. Kolloquium zu Fragen des Tagebau - und Steinbruchbetriebes, Nov. 1996, Montanuniversität Leoben
H. Wagner, R. Schillinger, P. Moser: Scriptum Sprengingenieurwesen, Montanuniversität Leoben, November 2002
Schillinger, R.: Sprengtechnisches Qualitätsmanagement, Öst. Bergbautag 2001, Kitzbühel
Sprengtechnisches Handbuch, ORICA Germany GmbH, Troisdorf, BRD
Steinhauser, P.: Zur Bedeutung der Sprengerschütterungen für die Rissbildung an Gebäuden BHM, 142. Jg. (1997) Heft 2

1.3 Definitionen (nach DIN 4150 - 3, 1999- 02)

1 Erschütterungen: *Mechanische Schwingungen fester Körper mit potentiell schädigender oder belastigender Wirkung.*

2 Schaden: *Bleibende Folge einer Einwirkung, die eine Verminderung des Gebrauchswertes des betroffenen Bauwerks oder Bauteils hinsichtlich seiner Nutzung bedeutet.*

3 Anhaltswert: *Ein aus Erfahrung festgelegter Wert, bei dessen Einhaltung ein Schaden nicht eintritt.*

4 Kurzzeitige Erschütterungen: *Erschütterungen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen auftreten zu lassen, und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in der betroffenen Struktur Resonanz zu erzeugen.*

2.0 Umgebungsverhältnisse

Das geplante Abbaugelände Lüthorst-Ravensberg liegt im Norden zur Gemeinde Lüthorst und Nord-Westen zur Gemeinde Portenhagen. Die Abstände zu den Ortschaften betragen ca. 1000 Meter. Die nächsten Bauwerke (Haus Wildwiese) befinden sich in ca. 250 m Entfernung zum geplanten überirdischen Abbaubereich und in ca. 180 m Entfernung zum geplanten unterirdischen Abbaubereich (siehe Lageplan i.d. Anlage 1).

Die geologischen Verhältnisse im geplanten Abbaubereich können wie folgt dargestellt werden:

Gesamter Abbaubereich: Die Grenze Gips – Anhydrit ist unruhig ausgebildet. Störungsflächen, Einlagerungen und Kleinstrukturen ermöglichen stellenweise hohe Verkipfungstiefen. Die Gipsmächtigkeiten erreichen deshalb Größen von ca. 12,0 m bis ca. 56,0 m. Im Abbaubereich besteht das Gebirge aus Lockersedimenten mit Mächtigkeiten von 10,0 m bis max. 20,0 m. Es kann mit einer strukturierten Gebirgsoberfläche gerechnet werden. Das Streichen und Einfallen der Schichten kann variieren. Zwischen dem Abbaugelände und dem Bewertal befinden sich Schichten aus Überschiebungsbrekzie, Oberer Buntsandstein und Mittlerer Buntsandstein.

3.0 Technische Bedingungen

Im geplanten Vorhaben Lüthorst-Ravensberg sollen Gips und Anhydrit mittels Bohren und Sprengen über und unter Tage abgebaut werden.

Die **übertägige** Gipsgewinnung von ca. 12 ha soll aus der Mitte in Richtung Nord-Westen und Süd-Osten geführt werden. Die **untertägige** Gewinnung des Gipses beträgt ca. 2 ha und beginnt im Süden. Im Tagebau entstehen Bruchtiefen bis zu 40 Höhenmetern.

Für die, zu diesem Zeitpunkt getätigte Begutachtung, wird bei den nachfolgenden sprengtechnischen Parametern davon ausgegangen, dass die Angaben infolge unterschiedlicher Randbedingungen, insbesondere in Hinsicht auf eine unterschiedliche Gebirgsabfolge, schwanken können.

Die Sprengparameter sind daher, soweit in den Schlussfolgerungen nicht ausdrücklich darauf hingewiesen wird, keine festen Vorgaben.

3.1 Sprengbarkeit des Gebirges

Bei **übertägigen** Sprengarbeiten wirken sich die o.a. hohen Vergipsungstiefen günstig auf die Abbauführung und auf die Reduzierung von Sprengerschütterungen aus.

Im Bereich des **untertägigen** Gipsabbaus wird die Vortriebsführung in Kammern mit einer Breite von 7,0 m und einer Höhe von 6,0 m erfolgen. Zwischen den Kammern verbleiben standfeste Pfeiler mit einer Grundfläche von 8,0 x 8,0 m. Die genannten Parameter wirken sich nicht nur günstig auf eine betrieblich entsprechende Vortriebsführung, sondern auch auf begleitende Sprengerschütterungen aus.

Das wechselhafte Gebirge im Aufschluss kann je nach tektonischer Beanspruchung als

<i>mittelschwer sprengbar</i>	<i>(Gips/Anhydrit makroskopisch gleichkörnig, massig, gebankt)</i>
<i>bis</i>	
<i>leicht sprengbar</i>	<i>(Kalk linear (lagig, dünnbankig))</i>

eingestuft werden.

Anhand der dargestellten Bedingungen ist das Festgebirge als bedingt "erschütterungsempfindlich" zu betrachten. Es werden daher in etwa gleichbleibende Erschütterungsimmissionen im Umfeld des Gipsabbauvorhabens Lüthorst-Ravensberg auftreten.

4.0 Grundlagen bei Gewinnungssprengungen mit unterschiedlichen Lade- und Zündverfahren

Bei einer Annäherung unter 300 Metern an das Haus Wildwiese werden bei den Gewinnungssprengungen im Tagebau, auch unter 12,0 m Bruchwandhöhe entsprechende vermessungstechnische Geländeaufnahmen, wie sie bei Großbohrlochsprengungen (nach der UVV) obligatorisch sind, zur Anwendung kommen. Unter Berücksichtigung der Geologie, der Schichtabfolge, der evtl. vorhandenen Klüfte und der gewünschten Sprenggeometrie wird ein Bohrraster errechnet und festgelegt. Als Grundlage für die Berechnung des Bohrrasters dient

der spezifische Sprengstoffverbrauch, der Bohrlochdurchmesser und die Bruchwandhöhe, Vorgabe sowie Seitenabstand.

Der *spezifische Sprengverbrauch* gibt die Sprengstoffmenge pro m^3 Gestein an, die erforderlich ist, um das Haufwerk ladegerecht hereinzusprengen. Der spezifische Sprengstoffverbrauch ist eine Betriebskennzahl, die wesentlich vom Gebirgsgefüge und den Anforderungen des Betriebes abhängt.

Der *Bohrlochdurchmesser* hängt von verschiedenen wirtschaftlichen Parametern, den Umgebungsbedingungen und dem eingesetzten Bohrgerät ab.

Die *Bruchwandhöhe* wird durch den Abbauzuschnitt und den unterschiedlichen wirtschaftlichen Überlegungen bestimmt.

Vorgabe und *Seitenabstand* werden durch den spezifischen Sprengstoffverbrauch festgelegt. Sie tragen entscheidend zum Gelingen einer Sprengung bei. Einhergehend muss die Vorgabe in die sicherheitlichen Überlegungen mit einbezogen werden. Die Ausgewogenheit der beiden Sprengparameter beeinflusst im weiteren die Größenordnung der auftretenden Erschütterungen. Die errechneten Werte und Daten sind auf ihre Durchführbarkeit zu prüfen. Widersprüche führen zu einer Abänderung bzw. Neuauslegung der Sprenganlage.

Die Entscheidung ob eine Sprengung mit oder ohne Sohlbohrlöcher (evtl. bei Einreihensprengungen) ausgeführt wird, hängt von der Lage der Sprengung, dem Schichteinfallen des Gebirges und den Anforderungen an die Beschaffenheit der Sohle ab. Wird eine Sprenganlage mit Sohlbohrlöcher geplant, so reichen die Kopfbohrlöcher bis max. 2 m über die Sohle. Wird eine Sprenganlage ohne Sohlbohrlöcher geplant, so werden die Kopfbohrlöcher ca. 1,0 m ($1/3 w$) unter die Sohle gebohrt, dies wird auch als Unterbohren der Sohle bezeichnet.

Unter Berücksichtigung allenfalls örtlich vorgegebener geologischer Gegebenheiten werden die Sprengparameter festgelegt. Dabei werden aus früheren Sprengungen und vergleichbaren Sprenganlagen ausgewertete Parameter übernommen bzw. berücksichtigt.

Die Durchführung der Ladearbeiten erfolgen gemäß den internen Betriebsanleitungen.

4.1. Auslegung von Perforationssprengungen (Pre - Splitting):

Das Pre - Splitting - Verfahren wird zur schonenden Herstellung der Tagebauendböschung verwendet. Das Verfahren wird in unverritztem Gebirge, der Gewinnungssprengung voraus – oder nacheilend eingesetzt. Mit dem Pre - Splitting - Verfahren wird das Gebirge perforiert und soll später eine saubere und steinschlagarme Wand entstehen lassen. Mit Hilfe dieses Verfahrens werden Sprengbeeinträchtigungen auf verbleibende Felsbereiche stark reduziert.

Beim Pre - Splitting wird die Sohle im allgemeinen um ca. 0,5 – 1,0 m unterbohrt. Der Bohrlochabstand beträgt ca. 0,8 – 1,2 m. Die Lademenge liegt bei ca. 10% der Vollausschüttung des Bohrlochs. Beim Pre - Splitting wird lediglich ein Haarriss von Bohrloch zu Bohrloch erzeugt. Ein Werfen des Gebirges wird vermieden. Der Sprengstoff kann als gestreckte Ladung an einer Sprengschnur angebracht oder als zwei getrennte Ladesäulen in Verbindung mit Air-Deck (Luftpuffer) hergestellt werden.

4.2 Sprengtechnische Parameter

Um mit o.a. aufgeführten Technologien umweltgerecht, aber auch unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit Gewinnungsarbeiten im Tagebau Lüthorst-Ravensberg durchführen zu können, sollten nachfolgende variable Sprengparameter zur Anwendung kommen, die zu diesem Zeitpunkt nur anhaltsweise festgelegt werden können:

Tabelle 1: Bohr - und Sprengparameter über Tage

Wandhöhe	h_w	max. 15,0 m
Bohrlochlänge	l_B	max. 16,0 m
Bohrlochneigung	(°)	70° - 80°
Vorgabe	l_w	2,0 - 3,0 m
Seitenabstand	a_B	2,0 - 3,0 m
Reihenabstand	a_R	2,0 - 3,0 m
Reihenanzahl	a_n	1 - 4
Sohlelöcher		bei Bedarf
Spezifischer Sprengstoff- Verbrauch q (kg/m ³)		0,280 - 0,350
max. Lademenge pro Zünd- zeitstufe (kg)		30 - 60
Dichte des Gebirges		ca. 2,2 t/m ³

Die in der Tabelle aufgeführten Sprengparameter gelten nicht generell für den gesamten Abbau, insbesondere nicht in der Annäherung an den Haus Wildwiese in ca. 250 m Entfernung. Sie müssen anhand von Versuchssprengungen optimiert und angepasst werden. Dabei kann es zu abweichenden Parametern kommen. Der durchschnittliche Wert für patronierte Emulsion, gelantinöse- bzw. ANC - Sprengstoffe liegt bei ca. 0,315 kg, bzw. bei ca. 60 kg pro Zündzeitstufe.

5.0 Prognose von Sprengerschütterungen

Für die Vorausermittlung der Einwirkungen von Sprengerschütterungen auf

- Bauwerke
- den Menschen
- den Untergrund
- empfindliche Maschinensysteme

ist durch die hinzugezogene DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ festgelegt, dass prognostiziert, beurteilt und gemessen werden muss. Hierbei wird die sogenannte v_i (maximale ankommende Schwinggeschwindigkeit) herangezogen und zusammen mit ihrer begleitenden Frequenz betrachtet.

Für die Vorausermittlung der zu erwartenden Einwirkungen durch Sprengereignisse kann auf Grund der bisherigen letzten Erkenntnisse die Abstands - Mengen - Beziehung in ihrer allgemeinen Form angewandt werden.

Es gilt die Formel

$$v = k \cdot L^b \cdot R^{-m}$$

wobei

- v = Schwinggeschwindigkeit in mm/s
 k, b, m = empirisch ermittelte Kennwerte die ihre Größe wechseln können
 L = Lademenge pro Zündzeitstufe (kg)
 R = Abstand Sprengort - Messstelle (m)

Die Gleichung gilt als mögliche rechnerische Regel zur Ermittlung der Lademengen - Zeitstufe in Beziehung zur Entfernung zum Sprengort und der zulässigen Schwinggeschwindigkeit.

5.1 Prognose von Sprengerschütterungen für das Gipsabbauvorhaben „Lüthorst-Ravensberg“

Bei Gewinnungssprengungen wird die Schwinggeschwindigkeit der Erschütterungen an einem zu beurteilenden Ort in der Umgebung der Sprengung von Kriterien wie

- *eingesetzte Lademenge per Zündzeitstufe*
- *Entfernung von der Sprengstelle*
- *Geometrie der Sprenganlage*
- *zeitlicher Verlauf der Sprengung*
- *Eigenschaften des zu sprengenden Gebirges*

bestimmt.

Für die Ermittlung von Sprengerschütterungen ist eine Abstands - Mengen - Beziehung zu verwenden.

Für das Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg wird die Prognose mit der Ermittlung nach dem Erschütterungszahlverfahren errechnet. Dieses Verfahren baut auf einer Abstands - Lademengen - Beziehung auf, in der aus der Entfernung des Prognosepunktes R und der eingesetzten

Lademenge per Zündzeitstufe L der Sprengung die zu erwartende Schwinggeschwindigkeit v nach einer exponentiellen Näherungsformel berechnet wird:

$$v = k \cdot (L/L_0)^b \cdot (R/R_0)^{-m} \quad \text{in (mm/s)}$$

Hierbei bedeuten:

- v** Schwinggeschwindigkeit v_i im Freifeld
- L** Lademege per Zündzeitstufe (kg Sprengstoff)
- L0** Bezugslademege
- R** Entfernung von der Sprengstelle
- R0** Bezugsentfernung
- k** Faktor
- b,m** empirisch ermittelte Exponenten

Die Exponenten **b** und **m** sind aus einer großen Zahl von Schwinggeschwindigkeitsmessungen v_i im Freifeld in der Umgebung von unterschiedlichen Sprengungen an unterschiedlichen Orten durch eine Regressionsrechnung für eine allgemeine Beziehung ermittelt.

Nach Lüdelig R. (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover in : Erschütterungsprognose und Erschütterungskataster - Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Sprengerschütterung Nobel-Heft 52 , 1986), sind die Exponenten für die allgemeine Beziehung

$$\begin{aligned} b &= 0,6 \\ m &= -1,5 \end{aligned}$$

Mit Hilfe der Exponenten kann der Faktor **k**, der als Erschütterungszahl **l** bezeichnet wird, bestimmt werden:

$$l_j = \log k_j = \log v_j - b \cdot \log L_j + m \cdot \log R_j$$

Für das Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg kann folgende Prognoseformel für „Sedimentäres Gestein“ angewandt werden:

$$v = 969 \times L^{0,6} \times R^{-1,5} \quad \text{in (mm/s)}$$

5.2 Zu erwartende Schwinggeschwindigkeiten auf das Umfeld

Anhand der Prognoseformel wird für das Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg mit einer theoretischen maximalen Lademege von 60 kg Sprengstoff pro Zündzeitstufe gerechnet, die nachfolgende Erschütterungswerte im Umfeld des Tagebaus erwarten lässt:

Angewandte Prognoseformel:

$$v = 969 \times 60 \text{ kg}^{0,6} \times R^{-1,5} \text{ (mm/s)}$$

Erwartete maximale Schwinggeschwindigkeiten im Umfeld des Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg:

Tabelle 2: Prognosewerte

Entfernung zu Bauwerken	mm/s	
	über Tage 60 kg	unter Tage 15kg
100 m	11,3	4,9
200 m	3,9	1,7
250 m	2,8	1,2
300 m	2,1	0,9
400 m	1,4	0,6
500 m	1,0	0,4
600 m	0,7	0,3
700 m	0,6	
800 m	0,5	
900 m	0,4	
1.000 m	0,3	

Die o.a. Prognosewerte können zur Abschätzung der zu erwartenden Sprengerschütterung herangezogen werden. Die ermittelten Prognosewerte sind bei den Sprengarbeiten durch begleitende Erschütterungsmessungen zu bestätigen.

5.2.1 Beurteilung der Sprengerschütterungen auf das Gebirge

Der Wirkungsmechanismus einer Sprengung führt zwangsläufig zum Entstehen von Schwingungen im umgebenden Medium. Unter herkömmlichen Bedingungen eines Bergbaus oder Steinbruchs treten sie dabei vor allem als Bodenerschütterung auf. Bei den erzeugten Sprengerschütterungen im Gebirge treten Reibungskräfte auf, die eine Dämpfung der Amplituden der Schwingungen über die Strecke der Wellenausbreitung bewirken. Die tatsächlich wirksamen Sprengerschütterungen werden in erster Linie durch die Absorptionseigenschaften des Gebirges bestimmt. Sie führen zu einer zusätzlichen Verringerung der Schwingintensität in Richtung der Wellenausbreitung. Ferner treten Reflexionen, Refraktionen und Diffraktionen an z.B. Rissen, Klüften, Schichtflächen usw. auf, die ebenfalls eine Energieabnahme der sich fortpflanzenden Welle bewirken. Einflüsse auf die Erschütterungsstärke, die von der örtlichen Lage des Abschlags innerhalb des Rohstoffvorkommens sowie von der Abschlagsrichtung herrühren sind noch nicht genügend erfasst. Verschiedentlich wurde jedoch festgestellt, dass Sprengungen mit Auswurfriechung der Vorgabe von der Messstelle hinweg im Vergleich zu Abschlägen mit anderer Anordnung stärkere Erschütterungen verursachten. Bei allen Einwir-

kungen auf das Umfeld ist zu beachten, dass der zeitliche Ablauf einer Sprengung im Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg um etwa 1 Sekunde liegen wird. Weiterhin wird die Häufigkeit des Auftretens der Erschütterungen zu beurteilen sein. Wird davon ausgegangen, dass der maximale Bedarf im Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg bei jährlich 120.000 t Gips liegt, so würden bei einer sprengtechnischen Gewinnung von ca. 4.600 t pro Abschlag max. 26 Sprengungen pro Jahr stattfinden. Bei einem Gipsvorrat von 2.200.000 t würde dies bedeuten, dass in max. 20 Jahren oder nach ca. 500 Sprengungen im Abbau der Vorrat erschöpft ist. Es würden also ca. 500 Einzelereignisse mit einem zeitlichen Verlauf um 1 Sekunde auf das Umfeld des Abbaus einwirken. Übermäßig hohe Belastungen auf das angrenzende wechselhafte Gebirge sind unter o.a. Betrachtungen nicht erkennbar.

Wird das Phänomen der Materialermüdung von Bauwerken berücksichtigt, so gilt nach dem heutigen Stand der Technik die Zahl von 1.000 Ereignissen als Kriterium, ab dem Ermüdung zu berücksichtigen ist. Dabei ist zu bemerken, dass unterschiedlichste Bauweisen von Bauwerken als erschütterungsempfindlicher einzuschätzen sind, als strukturierte Gebirge.

Die Frage nach einer generellen Reduzierung der Erschütterungsintensität bei den zukünftigen Sprengungen im Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg ist nachhaltig abzulehnen. Um z.B. die o.a. Erschütterungsintensität zu halbieren müsste die Lademenge auf ein Viertel reduziert werden, da sich die Intensität von Sprengerschütterungen proportional zur Quadratwurzel der Sprengstoffladung verhält. Um das gleiche Gesteinsvolumen lösen zu können, wären daher viermal so viele Sprengungen erforderlich, womit die Häufigkeit der Einwirkungen und deren Belastungen vervielfacht würde.

5.3 Beurteilung von Sprengerschütterungen auf Bauwerke

Es ist für das Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg von erheblicher Bedeutung, dass nach jeweiliger Gebirgseigenschaft sowie nach den geologischen Verhältnissen vor Beginn der über- oder untertägigen Sprengarbeiten so zu planen ist, dass solche Sprengparameter gewählt werden, die ein leichtes Herauslösen der zu sprengenden Massen aus dem Gebirgsverband gewährleisten. Bei untertägigen Sprengungen muss aufgrund der höheren Verspannung des Gebirges die Lademenge pro Zündzeitstufe auf 15 kg reduziert werden. Dabei sind erschütterungsarme Zündverfahren anzuwenden.

Die Übertragungseigenschaften des Gebirges zwischen Spreng- und Messort haben eine große Bedeutung für die Vorausermittlung der zu erwartenden Werte. Die Annahme, dass im gegebenen Falle eine Radialsymmetrie vorliegt ist nur eine sehr grobe Näherung. Erschütterungsmessungen sind fallweise in jedem Falle notwendig um das Erscheinungsbild der gemessenen Werte mit ihren Frequenzen zu betrachten und auszuwerten zu können. Anhand dieser Erschütterungsmessungen können neue Erschütterungszahlen berechnet und zur Verbesserung der Prognose sowie zur Emissionskontrolle herangezogen werden. Zur Beurteilung wurde die DIN 4150, Teil 3 herangezogen.

Die Stärke, bzw. die Größenordnung der auf ein Bauwerk einwirkenden Erschütterungen bildet den wichtigsten Parameter für die an Bauwerken ausgelösten dynamischen Spannungen. Letztere können in der Lage sein, um Schäden an Bauwerken herbeizuführen.

Um diesem Umstand entgegenzuwirken, müssen in der Regel grundsätzlich drei Faktoren berücksichtigt werden:

- Die Intensität der Erschütterungen (Frequenzen, insbesondere unter 10 Hz, Schwingungstyp, Einwirkungsdauer u.a.)

- Die dynamischen Eigenschaften der Baumaterialien und der Baukonstruktion
- Eigenschaften des bauwerknahe Untergrundes

Die auftretende Intensität der Erschütterungen wird maßgeblich bestimmt durch

- Die Entfernung zur Erschütterungsquelle
- Das Ausmaß der Erschütterung, z.B. die Größe der Sprengladung je Zündzeitstufe, Umsetzung des Sprengstoffes, Einbruch, Sohlebohrlöcher, Verspannungen usw.
- Die geologischen Eigenschaften des Untergrundes in Front des Ausbreitungsweges der Erschütterungswellen.

Die mechanischen Schwingungen, die an baulichen Anlagen zu dynamischen Belastungen führen können, sind durch den Maximalwert der drei Einzelkomponenten der Schwinggeschwindigkeit v_i (nach DIN 4150) am Gebäudefundament messtechnisch zu erfassen.

Die Schwingungsanfälligkeit von Gebäuden, d.h. deren Fähigkeit dynamische Spannungen aufzunehmen, wird durch eine Zuordnung in Gebäudeklassen festgelegt. Die dort aufgeführten Richtwerte der zulässigen Schwinggeschwindigkeiten lassen nicht erwarten, dass bis zu deren Erreichen schädliche dynamische Spannungen auftreten. Die Grundlage dazu sind zahlreiche wissenschaftliche und praktische Untersuchungen und Feldversuche, die über einen langen Zeitraum durchgeführt wurden.

Tabelle 3: Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i zur Beurteilung von kurzzeitigen Erschütterungen

Zeile	Gebäudeart	Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i in mm/s			
		Fundament			Deckenebene des obersten Vollgeschosses
		Frequenzen			alle Frequenzen
		1-10 Hz	10 bis 50 Hz	50 bis 100*Hz	
1	Gewerblich genutzte Bauten, Industriebauten und ähnlich strukturierte Bauten	20	20 bis 40	40 bis 50	40
2	Wohngebäude und in ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartige Bauten	5	5 bis 15	15 bis 20	15
3	Bauten, die wegen ihrer besonderen Erschütterungsempfindlichkeit nicht denen nach Zeile 1 u. 2 entsprechen und besonders erhaltenswert (z.B. unter Denkmalschutz stehend) sind	3	3 bis 8	8 bis 10	8
*) Bei Frequenzen über 100 Hz dürfen mindestens die Anhaltswerte für 100 Hz angesetzt werden					

Die in der Tabelle aufgeführten Richtwerte sind so niedrig angesetzt worden, dass ein Schadenrisiko für Bauwerke vernachlässigbar klein wird. Schwinggeschwindigkeiten innerhalb dieser Richtwerte sind nach den gegebenen Umständen als zulässig zu beurteilen es ist jedoch zu berücksichtigen, dass bei einmaligen Überschreitungen dieser Werte diese nicht als Ursache für Schäden an Bauwerken in Frage kommen müssen.

Weitergehend ist festzustellen ob die Werte Bauwerke und ihrer Konstruktion und/oder ihrer Nutzung gleichartigen Bauten entsprechen, oder ob die Werte für Bauten die besonders erschütterungsempfindlich sind, angewandt werden müssen. Dies wurde in diesem Gutachten berücksichtigt.

Die in der **Tabelle 1** aufgeführten „Sprengparameter“ können nicht generell für den gesamten Abbau in der Annäherung an das Haus Wildwiese in ca. 250 m Entfernung angewandt werden, sondern sie müssen anhand von Versuchssprengungen optimiert und angepasst werden. Es kann aus diesem Grund zu abweichenden Sprengparametern kommen.

Die für die **Tabelle 3** ermittelten Prognosewerte haben einen genügend großen rechnerischen Sicherheitsspielraum zu den wirklich gemessenen Erschütterungswerten und überschreiten diese in der Regel nicht. Die Prognosewerte können daher mit den Anhaltswerten der DIN 4150-03 verglichen werden. Dadurch wird eine Überschreitung der dort aufgeführten Werte vermieden. Es wurde ein Prognosewert mit einer maximalen Schwinggeschwindigkeit v_i von 2,8 mm/s ermittelt.

Der ermittelte Wert entspricht den vorangegangenen Ausführungen über die Schwinganfälligkeit von Wohngebäuden für einen Abstand von ca. 250 m vom Sprengort nach DIN 4150, 0-3, Zeile 2 (5-15 mm/s).

5.4 KB Wert (Bauwerksbezogene Wahrnehmungsstärke)

In Räumen, die für den dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, haben "spürbare" Erschütterungen eine unerwünschte Eigenschaft. Die Wirkungen, die Erschütterungen bei Menschen verursachen, sind nicht nur von der Stärke der Schwingungen, sondern auch von anderen augenblicklichen Einwirkungen abhängig wie z.B. Lärm, sichtbare Bewegungen, hörbarem Klappern von Gegenständen, vibrieren von Fenstern und Türen u.a.m. Diese können durch unterschiedliche Erzeugerquellen auftreten wie z.B. durch Verkehr (Schiene, Straße) durch Bauarbeiten (Hydromeißel, Walzen, Verdichtungen usw.) Maschinen (Produktion, Gesenke usw.) Düsenflugzeuge (Schall) Türeenschlagen (Garage usw.) und durch Sprengarbeiten. Die Anhaltswerte sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt:

Tabelle 4: Anhaltswert A_o für die Beurteilung von Erschütterungen in Wohnungen und vergleichbar genutzten Räumen

Zeile	Einwirkungsort	tags			nachts		
		Au	Ao	Ar	Au	Ao	Ar
1	Einwirkungsorte, in deren Umgebung nur gewerbliche Anlagen und ggf. ausnahmsweise Wohnungen für Inhaber und Leiter der Betriebe sowie für Aufsichts u. Berechtigungspersonen untergebracht sind (vergleiche Industriegebiet § 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, Kleinsiedlungsgebiete § 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

Aus der festgestellten, gemessenen Schwingungsgröße und der dabei auftretenden Frequenz wird nach der DIN 4150, Teil 2, eine in Gebäuden gültige Wahrnehmungsstärke KB bestimmt. Dieser KB - Wert wird mit den KB - Anhaltswerten (A_o) verglichen, die nach den

Einwirkungsorten entsprechend der baulichen Nutzung und ihrer Umgebung, der Dauer und Häufigkeit der Einwirkung sowie nach der Tageszeit des Auftretens unterteilt sind.

Für die **KB_{Fmax}** Abschätzung und den Vergleich mit den **A₀** Werten der o.a. Tabelle, sind die gemessenen Erschütterungen mit begleitenden Frequenzen < 10 Hz der Erschütterungen als Grundlage für die noch folgende **KB**- Berechnung nach DIN 4150 Teil 2, herangezogen worden. Bei Einhaltung der dort festgelegten Anhaltswerte kann davon ausgegangen werden, dass allgemein erhebliche Belästigungen in Gebäuden vermieden werden.

Nach der in der DIN 4150, Teil 2 aufgeführten Bezeichnung "selten auftretende Erschütterungen" verstehen sich nach den Regeln der Technik wenige, kurzzeitig einwirkende Ereignisse, wie z.B. durch bis zu drei Sprengungen je Tag, wenn der Anhaltswert gleich oder geringer nach o.a. Tabelle ist.

Haus Wildwiese:

Wenn die Sprengungen werktags mit Vorwarnung in den Zeiten von 7.00 bis 13.00 Uhr oder von 15.00 bis 19.00 Uhr erfolgen, gelten in Gebieten nach o.a. **Tabelle 4**, die Zeile 5 für das Haus Wildwiese und Zeile 3 für die angrenzenden Gemeinden.

Ermittlung des KB-Wertes

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

$$KB_{Fmax} = KB \cdot c_F; c_F = 0,6 \text{ (ohne Resonanzbeteiligung)}$$

Der **KB_{Fmax}** darf am Haus Wildwiese **A₀ 3**, in den angrenzenden Wohnbereichen der Gemeinden **A₀ 3** und in Mischgebieten **A₀ 5** betragen. Die Werte müssen durch begleitende Erschütterungsmessungen bestätigt und berechnet werden.

5.5 Beurteilung von Schallimmissionen

Schallimmissionen gehören zu den unumgänglichen Begleiterscheinungen von Sprengarbeiten. Bei Gewinnungssprengungen liegen die Schalldruckamplituden nach Erfahrung (durch Messungen) des Sachverständigen zwischen 70 und 110 dB. Es ist bei dieser Begleiterscheinung von Vorteil, dass die zugehörigen Frequenzen in einem sehr niederen Bereich von ca. 200 Hz bis ca. 600 Hz liegen. Aus diesem Grund sind Sprengarbeiten nicht in der TA Lärm erfasst worden.

Es ist daher von großer Bedeutung, dass geräuschkindernde Maßnahmen am Ort der Emission durchgeführt werden. Maßnahmen dieser Art am Sprengort sind das Kürzen der Sprengschnüre am Bohrlochmund, Einführen der Zünder in den Bohrlochmund und das sorgfältige und ausreichende Abdecken dieser Zündmittel mit ordnungsgemäßem Besatz. Nach allgemeinen Erkenntnissen kann dadurch bei Sprengungen das begleitende Schallereignis auf unter 90 dB(A) reduziert werden. Weiterhin ist festzustellen, dass bei vermindertem Schalldruck das Akzeptanzniveau der meist in negativer Erwartungshaltung befindlicher Außenstehender, erheblich erhöht wird.

Auf Grund der unvermeidlich begleitenden Schallimmission bei Sprengungen, werden letztere in vielen Fällen von Außenstehenden als besonders "groß" oder "stark" empfunden, obwohl

dies messtechnisch nachweisbar nicht der Fall ist. Ein allgemein niedriges Akzeptanzniveau gegenüber Sprengarbeiten lässt sofort eine erhebliche Erschütterungsimmission vermuten die ein betroffenes Bauwerk beschädigen könnte. Erklärungen an die Betroffenen können ausschließlich an Hand von durchgeführten Schallmessungen in dB(A), unter Vorzeigen der Messergebnisse glaubwürdig dargestellt werden.

6.0 Sicherheitsbestimmungen bei Sprengarbeiten

Sprengarbeiten im Tagebau gehören sicherheitstechnisch und emissionstechnisch zum sensibelsten Bereich der Gewinnung und entscheiden vielfach über die Akzeptanz und den Erfolg eines rohstoffgewinnenden Betriebes. Aus diesem Grund ist das Sprengwesen ausführlich in Gesetzen und Verordnungen geregelt nach denen die Behörden, der Betreiber und letztlich der Sprengberechtigte vorzugehen haben. (Seite 3)

Den Betreiber von Gewinnungsbetrieben betreffend werden hier der Transport, die Lagerung, das Verbringen und der Umgang mit Spreng- und Zündmitteln geregelt. Ebenso ist der Verantwortungsbereich, die Anforderungen an die beschäftigten Personen, die sicherheitstechnischen Anforderungen für den Arbeitnehmerschutz und den Anrainerschutz sowie der Ablauf von Sprengungen geregelt.

Für die auszuführenden Sprengarbeiten werden daher nur kontrolliert auslösbare und handhabungssichere Spreng- und Zündmittel verwendet. Damit wird sichergestellt, dass eine Sprenganlage ausschließlich bewusst zu einem gewissen Zeitpunkt von einer bestimmten Person (also kontrolliert) zur Auslösung gebracht wird und ein selbständiges Auslösen der Sprengung auszuschließen ist. Die Planung und Auslegung einer Gewinnungssprengung wird ausschließlich von den durch die Behörde anerkannten „verantwortlichen Personen“ mit dem Befähigungsschein ausgeführt.

Die Durchführung der Sprengungen erfolgt von einschlägig ausgebildetem betriebseigenem oder fremden Personal unter Aufsicht eines Sprengberechtigten. Die begleitenden Maßnahmen wie Bohrlochvermessung, Kontrolle des Bohrrasters etc. sowie die Ladearbeiten selbst werden vom Betriebsleiter, Betriebsleiterstellvertreter bzw. einem Sprengberechtigten mit Befähigungsnachweis überwacht und kontrolliert.

6.1 Sprengtechnisches Qualitätsmanagement

Für die Annäherung an das Haus Wildwiese ist ab 300 m Entfernung ein sprengtechnisches Qualitätsmanagement mit allen qualitativen und quantitativen Planungen für die Sprengarbeit und damit einhergehend alle bekannten Fakten, aber auch nicht abschätzbare Faktoren die mit der Ausführung verbunden sind, einzubinden.

Unter diesem Gesichtspunkt wird nicht nur die betriebliche Qualitätssicherung hinsichtlich der hereinzugewinnenden Rohstoffe, sondern auch das notwendige Risikomanagement bei Sprengarbeiten mit in die Betrachtungen einbezogen.

Wie unter 6.0 aufgeführt, gehören Sprengarbeiten sicherheitstechnisch und emissionstechnisch zum sensibelsten Bereich der Gewinnung. Aus diesem Grund müssen Sprengarbeiten unter dem Gesichtspunkt der Abwehr von Gefahren sowie der Vermeidung von Umweltbelästigungen geplant und durchgeführt werden.

6.2 Betriebsspezifische Risiken

Die Belästigungen aber auch Gefahren die mit Tätigkeiten in der sprengtechnischen Gewinnung verbunden sind, sind in der Regel durch betriebsspezifische Risiken gegeben. Sofern bei einer Sprengung auf Grund des Sprengortes eine zu schutzwürdigen Anlagen (innerbetrieblich, Anrainer, Verkehrswege) Auswurfrichtung ausgemacht werden kann, wie z.B. die noch bestehende Hochspannungsfreileitung im Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg, ist es notwendig diese Auswurfrichtung als „Hauptgefährdungsrichtung“ zu definieren. Wesentlich für die Sicherheit in diesem Raum dürften hierfür organisatorische Festlegungen im Vorfeld sowie weiterführende Maßnahmen am Sprengort sein. Weiterhin sind bei Begleiterscheinungen wie Explosionsknall und Staub unumgänglich. Bei unvorbereiteter Einwirkung von Schalldruck auf Menschen kann es zu unkontrollierten Reaktionen kommen, die subjektiv mit Angst und Erschrecken verbunden sind. Zur Staubbegrenzung sollten zukünftige Abbaue wenn möglich hinter einer Kulisse stattfinden. Bei freiliegenden Tagebauen sollte ein Sicht- und Schallschutzwall mit vorhandenem Abraummateriale errichtet werden.

Beim Abtrag einer Kulisse sind reduzierte Sprengparameter mit erhöhtem Endbesatz sowie ein evtl. Abdecken der Randbereiche anzuwenden. Damit werden übermäßige impulsförmige Schalleinwirkungen auf angrenzende Wohngebäude oder Verkehrswege im kleinstmöglichen Rahmen gehalten.

6.3 Gefährdungsbereich (Sprengbereich)

Der räumliche Bereich, in dem Personen und Sachen durch Sprengstücke und Druckeinwirkung gefährdet werden können, wird Gefährdungsbereich (Sprengbereich) genannt. Durch eine exakte und gewissenhafte Auslegung der Sprenganlage hat die verantwortliche Person dafür zu sorgen, dass dieser Bereich möglichst klein gehalten wird.

Die evtl. Annäherung eines geplanten Abbaufeldes (Randbereiche eines Tagebaus) an Wohngebiete oder Verkehrswege unter 300 m bedarf in jedem Fall einer genaueren Betrachtung.

Der in § 34 Abs. 1 der UVV Sprengarbeiten angesprochene Sprengbereich umfasst in der Regel einen Umkreis von 300 m. Abweichend zu Abs. 1 darf der Sprengberechtigte im Einvernehmen mit dem Unternehmer den Sprengbereich verkleinern wenn sichergestellt ist, dass Personen und Sachen nicht gefährdet werden (Abs. 2). In nicht abschätzbaren Situationen hinsichtlich einer Gefährdung muss der Sprengbereich vergrößert werden. Eine Verkleinerung des Sprengbereiches kann nur dann vorgenommen werden, wenn durch eingeleitete Maßnahmen eine Streuwirkung durch Steinflug oder sonstige gefährliche Einwirkungen ausgeschlossen werden kann.

Es ist Ziel des zukünftigen Tagebaubetriebes, dass vor Erreichen des Gefährdungsbereiches die Bruchwände so eingestellt sind, dass die Sprengrichtung in den Tagebau zeigt, d.h., dass das Haus Wildwiese im Rücken der Abbaufont liegt.

In der Regel wird auf Grund der Abbauführung, der sprengtechnischen Maßnahmen, insbesondere gegen Steinflug und der örtlichen Gegebenheiten im direkten Umkreis des Tagebaubetriebes der Gefährdungsbereich von 300 m ausgelegt sein. Bei einer erwarteten Gefährdung durch Steinflug muss dieser vergrößert werden. Ist durch örtliche topographische Gegebenheiten (Haus Wildwiese im Rücken der Abbaufont), oder durch besondere Maßnahmen keine Gefahr zu erwarten, so ist ein kleinerer Gefährdungsbereich ausreichend. Der als Regel der

Technik ausgewiesene Gefährdungsbereich von 300 m begründet sich dadurch, dass bei Sprengungen in diesem Bereich auf besondere Maßnahmen verzichtet wird. Die Zonenausweisung ist auf die Randbereiche und die maximale Ausstreckung des Tagebaus ausgelegt.

6.4 Verkleinerung des Gefährdungsbereiches

Um gegebenenfalls den Gefährdungsbereich (Sprengbereich) verkleinern zu können müssen unter dem Aspekt der Verhütung von Gefahren die das Leben oder die Gesundheit oder fremde Sachen bedrohen oder bedrohen können Maßnahmen festgelegt werden, deren Einhaltung und Dokumentation notwendig ist. Alle die unter diese besonderen Maßnahmen fallenden Punkte sind zum Schutz der Umwelt sowie des Betriebes einzuleiten, um dadurch eventuell unerwünschte und schädliche Sprengereignisse höchstmöglich zu vermeiden.

7.0 Maßnahmen zur Verkleinerung des Gefährdungsbereiches

Alle unter Maßnahmen dargelegten Punkte sind zum Schutz des Betriebes sowie der Umwelt notwendig, um in der Annäherung an das Haus Wildwiese in ca. 250 m Entfernung eventuelle unerwünschte schädliche Sprengereignisse wie z.B. Sprengerschütterungen oder Steinflug, höchstmöglich zu vermeiden. Um unerwünschten Sprengereignissen vorzubeugen, sind Maßnahmen einzuleiten, wobei insbesondere auf die Bruchwandvermessung, die Bruchwandhöhe, die Bohrlochvermessung und die Lademenge geachtet werden muss. Das bedeutet, dass je nach Ort und Lage auf die Gebirgseigenschaften eingegangen wird, um dadurch die Sprengparameter von Fall zu Fall dem Gebirge anzupassen. Folglich ist zu erwarten, dass unterschiedliche Bohrraster zum Einsatz kommen, die zum jetzigen Zeitpunkt nur annähernd festgelegt werden können.

7.0.1 Zündtechniken

Aus Sicht der sprengtechnischen Abläufe innerhalb einer Ladesäule ist die redundante und damit die Zündung aus dem Bohrlochtiefsten, die günstigste. Auf Grund der ersten Umsetzung des Sprengstoffes in der Zone des größten Gebirgswiderstandes kommt es zu einer Energiekonzentration mit Bruchwirkung im Wandfuß. Die gesamte Ladesäule wirkt dabei als Verdämmung die ein schnelles Entweichen der Reaktionsprodukte nach oben zum Bohrlochmund verhindert. Durch den Umstand, dass jedes Bohrloch sicher gezündet wird trägt diese Art der Initiierung erheblich zur Vermeidung von Versagern bei und wirkt dadurch indirekt Erschütterungen entgegen.

Entgegen der Zündung aus dem Bohrlochtiefsten kann bei Initiierung der Ladesäule vom Bohrlochmund ein Ausblasen des Endbesatzes bei gleichzeitiger Expansion der Reaktionsprodukte und einhergehend ein Energieverlust stattfinden, der die Bruchentwicklung der gesamten Ladesäule beeinflusst. Eine vorzeitige Schwadenexpansion im oberen Teil der Ladesäule kann zu einer nicht einwandfreien Detonationsübertragung im Rest der Ladesäule führen. Bei einer vorzeitigen Expansion der Produkte kann es zu einem "Ausblasen" des Endbesatzes kommen welches indirekt zu Erschütterungsimmissionen führen kann. (H.Wagner, R.Schillinger, P.Moser, Workshop Sprengingenieurwesen, Montanuniversität Leoben 2002). Aus umwelt- und sicherheitsrelevanten Überlegungen soll die Initiierung aus dem Bohrlochtiefsten vorzugsweise angewendet werden.

7.0.2 Zündverfahren zur Reduzierung von Sprengerschütterungen

Nach dem Stand der Technik ist es möglich Zündverfahren einzusetzen, die eine erhebliche Herabsetzung von Sprengerschütterungen erwarten lassen. In der Folge werden Zündverfahren- und Systeme dargestellt, die bei Bedarf zur Anwendung kommen können.

7.0.3 Geteilte Ladesäule

Das Sprengverfahren mit geteilter Ladesäule ist anzuwenden, wenn in der Annäherungsphase von Gewinnungssprengungen an Bauwerke oder sonstige erschütterungsempfindliche Einrichtungen keine Möglichkeit mehr zum Anwenden der herkömmlich verwendeten Lademenge per Zündzeitstufe besteht. Um die Lademenge per Zündzeitstufe herabsetzen zu können, werden in vorbereitete Bohrlöcher einer Sprenganlage zwei voneinander getrennte Ladesäulen eingebracht. Diese werden nach den Regeln der Technik als untere und obere Ladesäule bezeichnet. Die beiden Ladesäulen werden unabhängig voneinander gezündet, wobei die obere zuerst initiiert wird.

7.0.4 Redundante Zündung

Um ein mögliches Abschlagen von Ladesäulen zu vermeiden sowie den Vorteil der ersten Energieumsetzung des Sprengstoffes im Bohrlochtiefsten auszunutzen, werden in die jeweiligen Bohrlöcher zwei Zünder eingebracht. Die niedrigere Zeitstufe befindet sich dabei im Bohrlochtiefsten, die nächsthöhere Zeitstufe am Bohrlochmund. Grund der Vorgehensweise ist, dass bei einem möglichen Abschlagen innerhalb der Ladesäule zuerst die Ladesäule mit dem Zünder im BL – Tiefsten detoniert, anschließend nach einer, durch die in ms bestimmte Verzögerung, die abgeschlagene Ladesäule von oben. Verläuft die Durchdetonation der Ladesäule normal, wird der obere Zünder zerstört bevor seine Zeitstufe die Sprengschnur oder den Sprengstoff initiiert. Der obere Zünder ist in diesem Falle überflüssig (redundant).

Den Regeln der Technik entsprechenden Technologien, wie redundante Zündung und geteilte Ladesäule können im Einzelfall zur Reduzierung von Sprengerschütterungen sowie anderer Sprengimmissionen bei einer Verkleinerung des Gefährdungsbereiches beitragen. Daneben erweitern sie die Möglichkeiten zum umweltgerechten Hereingewinnen von Gebirge durch Sprengen.

8.0 Gutachterliche Schlussfolgerungen

Der Sachverständige kommt nach Überprüfung der oben dargelegten Erkenntnisse unter Einbeziehung der gesetzlichen Vorschriften und Richtlinien und ihrer Auslegungen, den allgemeinen Erfahrungen in Gewinnungsbetrieben der Knauf Gips KG sowie den anerkannten Regeln der Technik, zu nachfolgender Stellungnahme:

1. Aus dem Vergleich der berechneten Prognosewerte, den übergebenen Unterlagen über den Abbau sowie dem dargelegten Sprengbereich ergibt sich, dass Gewinnungssprengungen über und unter Tage im Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg unter einer Annäherung an das Haus Wildwiese bis auf 250 m sowie an die Ortschaften in den Gemeinden Lüthorst und Portenhagen in einem Abstand von ca.

1.000 Metern, unter umweltrelevanten Bedingungen sowie nach den Vorschriften von Seite 3 durchgeführt werden können.

2. Die angewandten Sprengparameter sind auf die Prognosewerten der Tabelle 2 dieses Gutachtens sowie nach den „Sprengtechnischen Parametern“ der Tabelle 1, auf die Gebirgsverhältnisse abzustimmen. Durch Bruchwandhöhen bis maximal 15,0 m, einhergehend mit einer theoretischen Lademenge von maximal 60 kg Sprengstoff per Zündzeitstufe über Tage sowie maximal 15 kg Sprengstoff per Zündzeitstufe unter Tage ist eine zu hohe Lademenge, die maßgeblich für Sprengerschütterungen wäre, nicht gegeben.
3. Unter Berücksichtigung der Einflüsse auf die Erschütterungsstärke hinsichtlich des Umfeldes, die von der örtlichen Lage der Abschläge innerhalb des Rohstoffvorkommens sowie von der Abschlagsrichtung herrühren wird empfohlen, dass die Sprengungen mit Auswurfrichtung nach Süden, bzw. Süd-Osten beginnen. Erschütterungseinwirkungen um 1 Sekunde lassen eine geringe Belastung des Umfeldes erwarten.
4. In der Annäherung an das Haus Wildwiese unter 300 Meter werden die Werte, mit einer durch Prognose ermittelten Schwinggeschwindigkeit v_i 2,8 mm/s nach DIN 4150 – 02 und 03 eingehalten. Vor den Sprengungen wird die Lademenge pro Zündzeitstufe dahingehend zeitgerecht über eine Erschütterungsprognose ermittelt sowie durch begleitende Erschütterungsmessungen bestätigt.
5. Unter Berücksichtigung einer möglichen Lademenge von maximal 60 kg Sprengstoff per Zündzeitstufe über Tage und maximal 15 kg Sprengstoff per Zündzeitstufe unter Tage, bei zu erwartenden Schwinggeschwindigkeiten nach Tabelle 2, gemessen an Gebäudefundamenten, werden die DIN Anhaltswerte der Tabelle 3, Zeile 2 dieses Gutachtens eingehalten. Bei deren Einhaltung treten nach den bisherigen Erkenntnissen von Wissenschaft und Technik Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes, deren Ursache auf kurzzeitige Erschütterungen nach der Definition von Seite 4 zurückzuführen wären, nicht auf. Bereits vorhandene Schäden können sich verändern und müssen vor Beginn der Sprengarbeiten in einem Beweissicherungsverfahren erfasst und dokumentiert werden. Hinsichtlich des Bauwerks Haus Wildwiese sollte frühzeitig dementsprechend vorgegangen werden.
6. Um den Nachweis über die zukünftigen Sprengarbeiten in der Annäherung unter 300 Metern an das Haus Wildwiese zu dokumentieren wird es notwendig, dass ein Sprengzonenplan erstellt und die Einhaltung der Sprengarbeiten nach diesem gewährleistet ist. Im Sprengzonenplan ist die Annäherung an das Haus Wildwiese mit den unterschiedlichen Lademengen pro Zündzeitstufe dargestellt. Die Sprengarbeiten sind von Fall zu Fall messtechnisch zu erfassen.

7. Um in der Annäherung Steinflug zu vermeiden, müssen vor Beginn der Sprengarbeiten Maßnahmen festgelegt werden, die der Sicherheit im Gefährdungsbereich entsprechen. Ein wichtiger Punkt hierbei ist die Sprengrichtung die nicht auf das Haus Wildwiese zeigen darf. Alle weiteren Maßnahmen im Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg, sind anhand des unter 6.1 dieses Gutachtens dargestellten Qualitätsmanagements, zu erfassen und festzulegen. Das Beispiel i. d. Anlage 2 dieses Gutachtens muss auf den Sprengbetrieb sowie auf die örtlichen Gegebenheiten zugeschnitten werden und ist dementsprechend zu ergänzen.
8. Übermäßige Schallimmissionen, ausgelöst durch Sprengungen im Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg sind unter Berücksichtigung der Regeln der Technik, wie z.B. das Kürzen der Sprengschnur, Einbringen und Abdecken mit richtigem Besatzmaterial sowie durch max. Bruchwandhöhen von max. 15,0 m nicht zu erwarten. In der Praxis breitet sich der Schall nicht homogen aus. Daher müssen für die Analyse der Luftschallübertragung noch andere Effekte, wie Brechung, Reflektion und Absorption, berücksichtigt werden. Bei größeren Entfernungen muss insbesondere die Schallbrechung berücksichtigt werden, deren Ursachen Schwankungen der Lufttemperatur und der Windgeschwindigkeit sind. Es ist daher zu empfehlen, dass fallweise bei den Sprengungen, insbesondere bei feuchtem Wetter oder starkem Wind in Richtung Haus Wildwiese, begleitende Schallmessungen durchgeführt werden.
9. Zur weiteren Kontrolle und Bestätigung der getroffenen gutachterlichen Schlussfolgerungen sind bei Beginn der Sprengarbeiten unter Tage Erschütterungs- sowie bei Beginn der Sprengarbeiten über Tage Erschütterungs- u. Schalldruckmessungen im Wohnbereich des Hauses Wildwiese durchzuführen.
10. Die gutachterlichen Aussagen sind auf zukünftige Gewinnungssprengungen mit einer maximalen Lademenge von maximal 60 kg Sprengstoff per Zündzeitstufe über Tage und maximal 15 kg Sprengstoff per Zündzeitstufe unter Tage, also auf die ungünstigsten Werte der zu erwartenden Immissionen aufgebaut. Die ermittelten Eckwerte und Erkenntnisse können daher als Ausgangsbasis für die Sprengarbeiten im Gipsabbauvorhaben Lüthorst-Ravensberg angesehen werden.

Nördlingen, den 14. Juli 2003

Rolf R. Schillinger

9.0 Anlage 1

1 Lageplan	Seite 22
2 Pre-Splitting	Seite 23
4 Redundante Zündung/ Geteilte Ladesäule	Seite 24

Anlage 2

Gefährdungsanalyse Sprengort Lüthorst-Ravensberg	Seite 25
--	----------

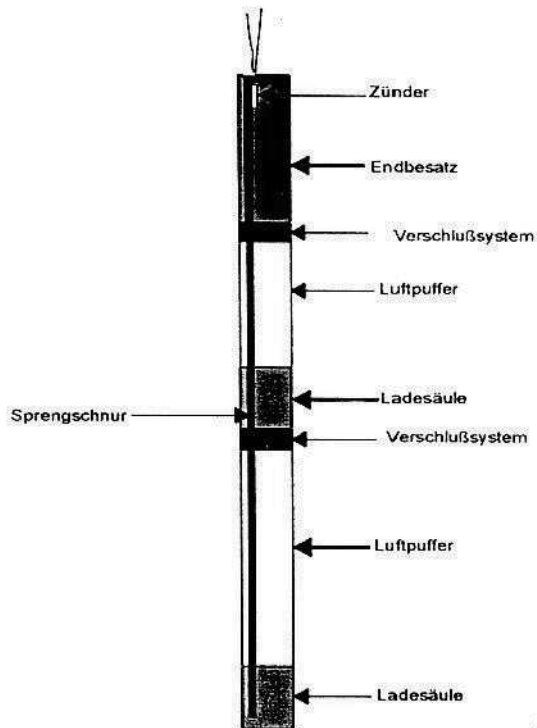
Lagepläne

Für Tagebauendböschung

Pre - Splitting

Luftpuffereinsatz bei Presplitting

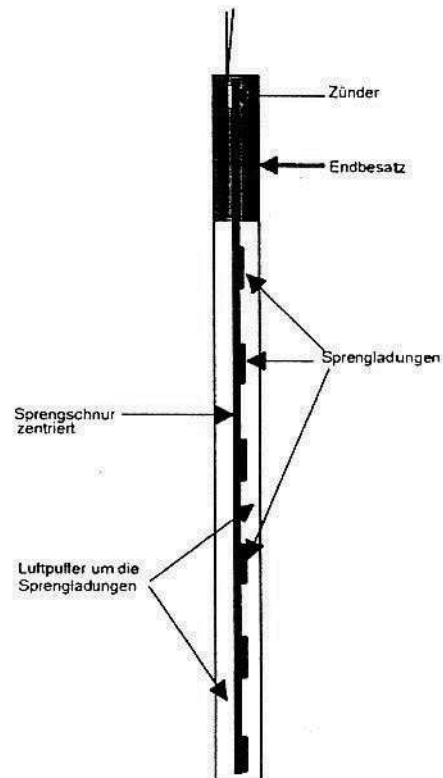
o.M.



Schillinger 98

Luftpuffereinsatz bei Presplitting

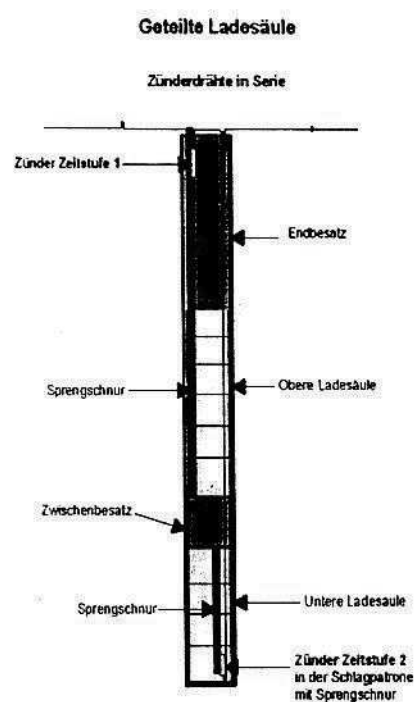
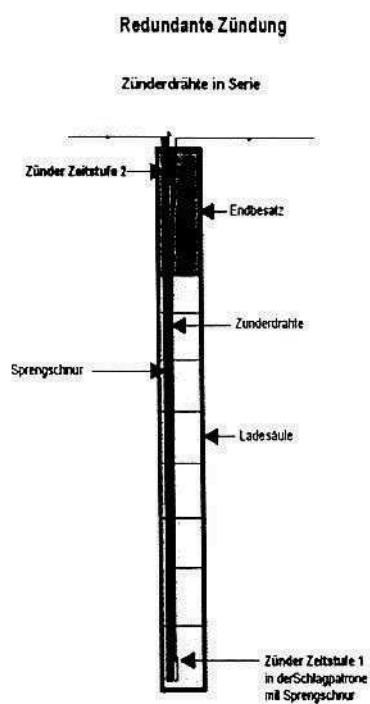
o.M.



Schillinger 98

Redundante Zündung

Geteilte Ladesäule



Anlage 2

Abb.1: Beispiel einer Gefährdungsanalyse für den Sprengort Lüthorst-Ravensberg

Bestandteil der Gefährdungsanalyse	Vorschriften: 1.SprengV, 2.SprengV,	Betriebsspezifische Risiken
Sprengort Lüthorst-Ravensberg	Sprengbereich innerbetrieblich UVV	z.B. für Betriebseinrichtungen mit Aufenthalt von Beschäftigten
Sprengort Lüthorst-Ravensberg	Sprengbereich zu Gebäuden und Verkehrswegen UVV	z.B. durch Handhabung, örtliche geologische Gegebenheiten, abbaubedingte Parameter
Lagerung	SprengLR 210 und SprengLR 230 UVV	z.B. durch Handhabung
Transport von Sprengstoff innerbetrieblich	UVV	z.B. durch Betriebsverkehr
Transport auf der Straße	(GGVS)	Übliche Risiken des Straßenverkehrs