

## **Anlage 12**

### **Sprengtechnisches Gutachten**

## Anlage 12

### Sprengtechnisches Gutachten

#### - Inhaltsverzeichnis -

- 12.1: Sprengtechnisches Gutachten zur beantragten Westerweiterung
- 12.2: Sprengtechnisches Gutachten zur Norderweiterung 2011
- 12.3: Sprengtechnisches Gutachten bzgl. Mindestabstand zur geplanten WEA

#### Hinweis:

Das sprengtechnische Gutachten zur beantragten Westerweiterung berücksichtigt die im „Sprengtechnischen Gutachten zur Norderweiterung 2011“ ermittelten Erschütterungen sowie bezüglich der geplanten Windenergieanlage gemachten Feststellungen im „Sprengtechnischen Gutachten 2017“, so dass diese zur Information als Anlagen 12.2 und 12.3 beigefügt sind.

## **Anlage 12.1**

### **Sprengtechnisches Gutachten zur beantragten Westerweiterung**

Dipl.-Ing. Detlef Wendt

Ingenieurbüro

Dienstleistungen zur Sprengtechnik



# Gutachten

## über die zu erwartenden Sprengimmissionen aus der geplanten Westerweiterung des Steinbruchs der Firma Calcit Edelsplitt Produktions GmbH&Co.KG in Arnsberg-Holzen

### Auftraggeber:

Calcit Edelsplitt Produktions GmbH & Co. KG

59757 Arnsberg-Holzen

Deinstrop 1

### vertreten durch:

Herrn Koopmans  
Geschäftsführer

### ausgeführt durch / Unterzeichner:

Dipl.-Ing. Detlef Wendt

vor der IHK Bonn-Rhein/Sieg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für  
über- und untertägige Gesteinssprengungen, Zündtechnik, Sprengerschütterungen

Archiv-Nr.: DW000085\_04

Bonn, 25.02.2021



Ing. Büro Detlef Wendt  
Leo-Breuer-Weg 12  
53117 Bonn, Germany

Tel: +49-(0) 228-687 115  
Fax: +49-(0) 228-9675 071  
e-mail: det.wendt@t-online.de  
Mobil: 0172-279 4011

Bankverbindung:  
Volksbank Bonn Rhein-Sieg eG  
IBAN: DE47 3806 0186 1102 7520 11  
BIC: GENODE33BRS

<b>0. Gliederung</b>	<b>Seite</b>
1. Auftrag und Zweck dieses Gutachtens .....	3
2. Verwendete Unterlagen .....	3
3. Beschreibung des Sprengobjektes .....	4
4. Beschreibung der Sprengtechnik .....	5
5. Sprengerschütterungen .....	6
5.1. Einwirkungen auf Bauwerke .....	6
5.2. Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden.....	8
6. Steinflug .....	12
7. Sprengschwaden und Sprengstaub .....	13
8. Grundwassergefährdung .....	14
9. Zusammenfassung .....	15

## **1. Auftrag und Zweck dieses Gutachtens**

Am 21.11.2019 beauftragte der Auftraggeber, vertreten durch das Büro für Landschaftsplanung Böhling, An der Molkerei 11, 47551 Bedburg-Hau den Unterzeichner per Mail mit der Erstellung eines sprengtechnischen Immissionsgutachtens für die geplante Westerweiterung des Betriebes in Arnsberg-Holzen.

Dieses Gutachten dient zur Vorlage bei den Genehmigungsbehörden im Rahmen des Genehmigungsverfahrens.

Der Unterzeichner erstellt dieses Gutachten in seiner Eigenschaft als vor der IHK Bonn-Rhein/Sieg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger.

## **2. Verwendete Unterlagen**

Per Mail erreichte den Unterzeichner am 17.02.2021 ein überarbeiteter Übersichtslageplan des geplanten Erweiterungsbereiches.

Als Grundlage für die Bewertung der Sprengerschütterungen dient DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 unter Berücksichtigung der NRW-Richtlinie : "Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen", Stand 04.11.2003 (MBI, NRW, 2004 S.97)

Zur Beurteilung der Lärmimmissionen wird auf das entsprechende Fachgutachten verwiesen.

Dieses Gutachten berücksichtigt die im Gutachten Nr.40a des Unterzeichners vom 13.10.2011 ermittelten Erschütterungen sowie bezüglich der Windenergieanlage gemachten Feststellungen im Gutachten mit der Nummer 75 des Unterzeichners vom 20.12.2017.

### 3. Beschreibung des Sprengobjektes

Die Firma Calcit Edelsplit Produktions GmbH & Co. KG betreibt in Arnsberg-Holzen einen genehmigten Abbau auf Kalkstein. Das Lösen des anstehenden Gesteins erfolgt mittels Bohr- und Sprengarbeit.

Die geplante Erweiterung soll den im Bild 1 gelb markierten Bereich umfassen. Dazu soll der anstehende Kalkstein in Form eines Strossen-/Sohlensaufschlusses hereingewonnen werden. Die Sprengarbeiten dazu beginnen an den bestehenden Abbauwänden des aktuellen Betriebes.

Südwestlich der geplanten Erweiterungsgrenze liegen etwas über 480 m entfernt die ersten Gebäude des Ortsteils Asbeck und südöstlich, ca. 540 m ein einzelnes Gebäude. Ca. 230 m nördlich liegt ein einzelnes Wohngebäude mit landwirtschaftlichen Nutzgebäuden, sowie ca. 140 m und 180 m die Wohngebäude Wortmann und Nagel. Längs der nördlichen und westlichen Begrenzung verläuft die L682.

#### KALKSTEINBRUCH 'HOLZEN' - WESTERWEITERUNG

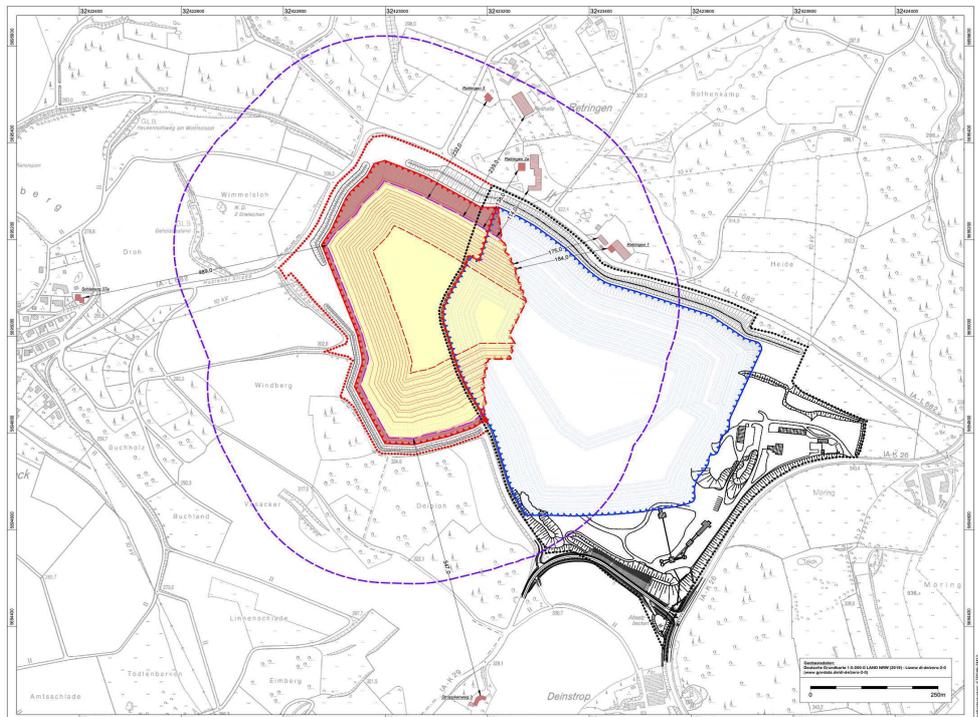


Bild 1: Geplanter Erweiterungsbereich, gelb/rot (ohne Maßstab)

#### 4. Beschreibung der Sprengtechnik

Bei den Gewinnungssprengungen in der geplanten Erweiterung soll nach denselben Sprengparametern gearbeitet werden wie im genehmigten Bereich. Dabei werden Bohrlöcher von maximal **94 mm** Durchmesser bis zu einer Tiefe von typisch ca. **7 m** mit einer Regelneigung von **75°** von oben nach unten hergestellt. Bei einer maximalen Unterbohrung von ca. **1,0 m** ergibt sich die senkrechte Strossenhöhe zu ca. **6 m**.

Mit einem Bohrraster von **3,0 m bis 4,0 m** Vorgabe und **3,0 m bis 4,0 m** Seitenabstand ergibt sich für jedes Bohrloch ein zu sprengendes Volumen von

**ca. 54 bis 96 m<sup>3</sup>**

und eine Rohmasse gemäß der angegebenen Dichte von **2,65 t/m<sup>3</sup>** von rund **143 bis 254 t**.

Die Sprenganlagen sind in der Regel mehrreihig angelegt, ohne Sohllöcher, mit gelegentlichen Hilfslöchern zur Begradigung vor oder hinter den Hauptsprengreihen. Zur Steuerung der gewünschten Qualitäten können auch geringere Wandhöhen zum Einsatz kommen.

Größere Wandhöhen sind möglich, wenn die im Folgenden ermittelten maximalen Lademengen je Zündzeitstufe in Abhängigkeit von der Entfernung zu den schutzwürdigen Bauwerken eingehalten werden. Bei Bedarf ist dann das Verfahren der "geteilten Ladesäulen" anzuwenden.

Als Sprengstoffe kommen sowohl patronierte gelatinöse Sprengstoffe oder patronierte Emulsionssprengstoffe als auch lose ANC- und Emulsionssprengstoffe zum Einsatz.

Die Endbesatzlänge beträgt mindestens das **33**-fache des Bohrl Lochdurchmessers, bei Entfernungen zu schutzwürdigen Einrichtungen von unter 300 m mindestens 4 m.

Bei einem Bohrlochdurchmesser von **94 mm** ergibt sich bei Einsatz von losem Emulsionssprengstoff eine maximal mögliche Lademenge je Bohrloch von ca. **30 kg**.

Beim ausschließlichen Einsatz von ANC-Sprengstoff verringert sich die Lademenge je Bohrloch zu ca. **20 kg**.

Entsprechend stellen sich die spezifischen Sprengstoffaufwände zu **0,487 kg/m<sup>3</sup> bis 0,327 kg/m<sup>3</sup>**

ein.

Gezündet wird in der Regel elektrisch, es sind jedoch problemlos alle anderen zugelassenen Zündverfahren möglich. Dabei erfolgt die Verteilung der Zeitstufen derart, dass maximal 1 Loch je Zündzeitstufe gezündet wird. Bei Sprengungen mit geteilter Ladesäule sind die Zündzeitstufen derart zu verteilen, dass maximal eine Teilladesäule pro Zeitstufe gezündet wird und die obere Teilladung eines Loches zeitlich vor der unteren Teilladung gezündet wird.

Bei Bedarf wird Sprengschnur mit einem Füllgewicht von **12 g/m, 20 g/m** oder **40 g/m** beigeladen.

Bei Sondersprengungen werden auch Sprengschnüre mit einem Füllgewicht von **100 g/m** eingesetzt.

## 5. Sprengerschütterungen

### 5.1. Einwirkungen auf Bauwerke

Zur Prognose von Sprengerschütterungen sind gemäß DIN 4150 drei Faktoren von ausschlaggebender Bedeutung:

maximale Lademenge je Zündzeitstufe  $L_{\max}$  in kg

horizontale Entfernung  $R$  in m

Korrelationskoeffizient  $c$  ohne Einheit

Daraus ergibt sich die maximale Schwinggeschwindigkeit  $V_{\max}$  in mm/s zu:

$$V_{\max} = c * L_{\max}^m * R^{-n}$$

Gewichtet werden die Faktoren  $L_{\max}$  und  $R$  mit den Exponenten  $m$  und  $n$ , um deren Einfluss auf die Sprengerschütterungen zutreffender zu beschreiben.

Hier werden die Exponenten, wie von Prof. Koch vorgeschlagen, mit  $m=0,5$  und  $n=1$  angenommen.

Der Korrelationskoeffizient " $c$ " liegt erfahrungsgemäß im Bereich zwischen **20** und **80** und wird hier zur konservativen Betrachtung zu **90** festgelegt. Dieser Wert wird durch die Erschütterungsmessungen aus dem Gutachten 40a bestätigt.

Damit steht zu erwarten, dass die prognostizierten Erschütterungswerte größer sein werden als die tatsächlich auftretenden Erschütterungen.

Zur Prognose von Deckenschwingungen an Wohngebäuden resp. Gebäuden, die ihrer Bauweise nach den Wohngebäuden zuzuordnen sind, verwendet der Unterzeichner im folgenden einen

Übertragungsfaktor, der sich aus folgender Betrachtung ergibt:

- jedes Vollgeschoss erhält den Zähler **2,0**,
- jede Unterkellerung und jedes ausgebaute Dachgeschoss einen solchen von **0,5**.

Bei einer ortsüblichen Bebauung von meistens ein- bis zweigeschossiger Bauweise mit Keller und ausgebautem Dachgeschoss ergibt sich somit ein üblicher maximaler Übertragungsfaktor von **5**, mit dem die prognostizierten Fundamentalschwingungen zu multiplizieren sind, um Werte zu erhalten, mit denen die Höhe der zu erwartenden Deckenschwingungen abzuschätzen sind.

Unter Zugrundelegung der maximal möglichen Lademenge von **30 kg** je Bohrloch und der Maßgabe, nur ein Loch je Zündzeitstufe zu zünden, zeigt **Tabelle 1** die zu erwartenden Sprengerschütterungen in mm/s als Fundament und Deckenwerte in Abhängigkeit von der horizontalen Entfernung in Meter.

Aussageverschärfend wird dabei die Frequenz der Schwingungen am Fundament zu **10 Hz** festgelegt, bei der **DIN 4150 Teil 3** die geringsten Anhaltswerte nennt, die an Fundamenten von Wohngebäuden auftreten können.

Dieses sind die Werte **5,0 mm/s** am Fundament und **15 mm/s** auf der Deckenebene des obersten Vollgeschosses. Unter Berücksichtigung des vorgenannten Übertragungsfaktors von **5** ergibt sich als maximal empfohlener Schwingungswerte am Fundament ein solcher von

$$v_{\max} = 15\text{mm/s} / 5 = 3 \text{ mm/s}$$

bei dessen Einhaltung davon ausgegangen werden kann, dass auch der maximal zulässige Deckenwert nicht überschritten wird.

Der Unterzeichner empfiehlt, bei Annäherung an umliegende Wohnbebauung, bei der höhere Schwinggeschwindigkeiten als **3 mm/s** am Fundament prognostiziert werden, die maximale Lademenge je Zündzeitstufe durch geeignete Maßnahmen zu verringern. Der Erfolg dieser Maßnahmen ist durch Sprengerschütterungsmessungen nachzuweisen.

## **5.2. Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden**

Zur Beurteilung, ob durch Erschütterungseinwirkungen Menschen in Gebäuden als erheblich belästigt bezeichnet werden können, wird DIN 4150 Teil 2 herangezogen.

Werden die in dieser DIN genannten Anhaltswerte nicht überschritten, kann davon ausgegangen werden, dass Menschen nicht über das zumutbare Maß hinaus belästigt werden.

Der dazu zu ermittelnde Körperbeeinflussungsfaktor  $KBF_{\max}$  errechnet sich näherungsweise wie folgt:

$$KBF_{max} = \frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{v_{i_{max}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f_i}\right)^2}} * c_f$$

**Formel 2:**  $KBF_{max}$ -Wert nach DIN 4150 Teil 2

mit:

$V_{i_{max}}$  = maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s

$f_0$  = Bezugsfrequenz **5,6 Hz**

$f_i$  = Frequenz der Bauteilschwingung in Hz (hier zu **10 Hz** angenommen)

$c_F$  = Resonanzbeiwert von **0,8**

DIN 4150 Teil 2 nennt als zulässige Anhaltswerte in Wohngebieten solche von "6", wenn es sich dabei um seltene und kurzzeitige Erschütterungseinwirkungen handelt und diese Einwirkungen nur an Werktagen außerhalb der Ruhezeiten und nach Vorwarnung der Betroffenen auftreten.

Erschütterungsprognose für 30 kg			
Entfernung [m]	Fundament [mm/s]	Decke [mm/s]	Kbfmax [-]
100	4,9	24,6	13,4
120	4,1	20,5	11,2
140	3,5	17,6	9,6
160	3,1	15,4	8,4
180	2,7	13,7	7,5
200	2,5	12,3	6,7
220	2,2	11,2	6,1
240	2,1	10,3	5,6
260	1,9	9,5	5,2
280	1,8	8,8	4,8
300	1,6	8,2	4,5
320	1,5	7,7	4,2
340	1,4	7,2	3,9
360	1,4	6,8	3,7
380	1,3	6,5	3,5
400	1,2	6,2	3,4

**Tabelle 1:** Erschütterungsprognose für  $L_{max}=30$  kg

Erschütterungsprognose für 20 kg			
Entfernung [m]	Fundament [mm/s]	Decke [mm/s]	Kbfmax [-]
100	4,0	20,1	11,0
120	3,4	16,8	9,1
140	2,9	14,4	7,8
160	2,5	12,6	6,9
180	2,2	11,2	6,1
200	2,0	10,1	5,5
220	1,8	9,1	5,0
240	1,7	8,4	4,6
260	1,5	7,7	4,2
280	1,4	7,2	3,9
300	1,3	6,7	3,7
320	1,3	6,3	3,4
340	1,2	5,9	3,2
360	1,1	5,6	3,0
380	1,1	5,3	2,9
400	1,0	5,0	2,7

**Tabelle 2:** Erschütterungsprognose für Lmax= 20 kg

Tabelle 1 zeigt, dass bezüglich der Erschütterungseinwirkungen auf Wohngebäude ab einer Entfernung von ca. **180 m** damit zu rechnen ist, dass beim Einsatz von **30 kg** je Zündzeitstufe, die Anhaltswerte nach DIN 4150 Teil 3 für Bauwerke eingehalten werden.

Bezüglich der Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden zeigt die Spalte "KBfmax", dass erst ab einer Entfernung von **240 m** vom Einhalten der Anhaltswerte nach DIN 4150 Teil 2 auszugehen ist.

Werden nur **20 kg** je Zündzeitstufe eingesetzt (Tabelle 2), also überwiegend ANC-Sprengstoffe oder patronierte Emulsionssprengstoffe, so verringern sich die entsprechenden Abstandswerte zu **140 m** resp . **200 m**.

Zur Projektierung von Sprenganlagen innerhalb der genannten Bereiche sollen die Tabellen 3a und 3b dienen.

DIN 4159 Teil 2 (Menschen)	
Entfernung (m)	maximale Lademenge je Zündzeitstufe (kg)
100	6,0
120	8,6
140	11,7
160	15,3
180	19,4
200	23,9
220	28,9
240	34,4
260	40,4
280	46,8
300	53,8
320	61,2
340	69,1
360	77,4
380	86,3
400	95,6
420	105,4
440	115,7
460	126,4
480	137,7
500	149,4

DIN 4150 Teil 3 (Bauwerke)	
Entfernung (m)	maximale Lademenge je Zündzeitstufe (kg)
100	11,1
120	16,0
140	21,8
160	28,4
180	36,0
200	44,4
220	53,8
240	64,0
260	75,1
280	87,1
300	100,0
320	113,8
340	128,4
360	144,0
380	160,4
400	177,8
420	196,0
440	215,1
460	235,1
480	256,0
500	277,8

**Tabellen 3a****und 3b:**

Lademengen-Abstandstabellen

Ausgehend von einer maximalen Fundamentschwingung von **2,2 mm/s** zur sicheren Einhaltung **aller** Anhaltswerte zeigt Tabelle **3a** die zusammenhängenden Werte von Entfernung und maximaler Lademenge je Zündzeitstufe.

Kann sichergestellt werden, dass sich zum Zeitpunkt der Sprengung keine Menschen in den betreffenden Gebäuden befinden, kann die Tabelle **3b** mit einer maximalen Fundamentschwingung von **3,0 mm/s** angewendet werden.

## 6. Steinflug

Ungewollter Steinflug tritt auf, wenn der eingesetzten Sprengstoffmenge eine zu geringe Vorgabe gegenübersteht.

Bei Gewinnungssprengungen kann dieses an zwei Stellen geschehen:

1. an den seitlichen freien Flächen oder
2. an der oberen freien Fläche.

Beide Möglichkeiten für Steinflug über 300 m können ausgeschlossen werden, wenn sichergestellt wird, dass die Vorgabe bei Verwendung von 94 mm-Bohrlöcher an jeder Stelle des geladenen Bohrloches mindestens 3,0 m beträgt und der Endbesatz mit mindestens 4 m sicher eingehalten wird.

Söhlige Löcher sind im geplanten Erweiterungsbereich nur in Ausnahmefällen und dann nur nach detaillierter Gefährdungsbeurteilung durch die Werksleitung möglich.

Der abzusperrende Sprengbereich beträgt in der Regel **300 m** um die Sprengstelle herum, wenn keine Tatsachen die Befürchtung rechtfertigen, dass aufgrund zu geringer Vorgabe, verlaufenden Sprengstoffes oder geologischer Störungen Steinflug auftreten könnte. Dann muss der Sprengbereich entsprechend größer abgesperrt werden **und** besondere Maßnahme zur Vermeidung von Steinflug getroffen werden.

Werden bei Annäherung an schutzwürdige Objekte auf unter **300 m** besondere Maßnahmen zum Schutz vor Steinflug getroffen ist es zulässig den Sprengbereich entgegen der Wurfrichtung auf **200 m** zu verkürzen.

Der Unterzeichner empfiehlt hierzu folgende Maßnahmen:

- sichere Einhaltung der Mindestendbesatzlänge von 4 m,
- Einhaltung der Hauptwurfrichtung nach Süden.
- Die obersten zwei Lademeter sind mit patroniertem Sprengstoff zu laden.
- Im Endbesatz darf sich keine Sprengschnur befinden.

**Im Sprengbereich dürfen sich keine Personen aufhalten!**

Sollten sich aus betrieblichen Gründen Personen im Sprengbereich aufhalten müssen, so haben sich diese Personen in einem zugelassenen Schutzraum aufzuhalten.

## **7. Sprengschwaden und Sprengstaub**

Sprengschwaden sind die gasförmigen Umsetzungsprodukte der gewerblichen Sprengstoffe ohne die eine Sprengwirkung nicht möglich ist. Sie bestehen im wesentlichen aus Wasserdampf, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> sowie in sehr geringem Maße aus weiteren Verbindungen.

Eine Gefährdung für Mensch und Umwelt besteht im Übertagebereich durch diese Schwaden im Allgemeinen nicht, da diese sich in der freien Atmosphäre sehr schnell verdünnen und oft bereits nach Freigabe der Sprengstelle kaum noch zu bemerken sind. Trotzdem sollten die Sprengstellen erst nach dem Abziehen der sichtbaren Schwaden wieder betreten werden. Insbesondere bei Inversionswetterlagen sollen tiefer gelegene Betriebsbereiche sorgfältig auf das Vorhandensein von Schwaden in Augenschein genommen werden und ggf. bis zum Abzug dieser Schwaden gesperrt bleiben.

Gesteinsstäube entstehen durch die Gefügezerstörung innerhalb der gesprengten Gesteinsmasse, durch das Aufeinanderprallen der geworfenen Gesteinsstücke sowie durch das Aufwirbeln des bereits im Sprengbereich befindlichen Gesteinsstaubes und stellen wie die Sprengschwaden im Übertagebereich in der Regel keine Gefährdung für Mensch und Umwelt dar, da sie sich schnell verdünnen und wieder ablagern.

In der trockenen Jahreszeit kann durch das Anfeuchten des auf und vor der Sprenganlage liegenden Staubes mit Wasser die Staubentwicklung erfahrungsgemäß deutlich verringert werden.

## 8. Grundwassergefährdung

Werden in Steinbrüchen Sprengstoffe in Bereichen eingesetzt, in denen mit wasserführenden Bohrlöchern gerechnet werden muss, so sind dort wasserlösliche Sprengstoffe, wie z.B. ANC-Sprengstoffe, technisch nicht einsetzbar resp. deren Einsatz verstößt dann sogar gegen die Verwendungsbeschränkungen der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung **BAM** in Berlin.

In wasserführenden Bereichen kommen daher nur wasserfeste Sprengstoffe zu Einsatz. Diese sind von ihrem Aufbau her so dargestellt, dass die Inhaltsstoffe nicht im wesentlichen Umfang ausgelöst werden können. Auch steht für einem Auswaschungseffekt eine sehr geringe Standzeit der Sprengstoffe im Bohrloch gegenüber, da in der Bundesrepublik nur in sehr seltenen Ausnahmefällen Sprengstoffe über einen Tag hinaus im Bohrloch geladen bleiben dürfen.

**Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die Sprengstoffe im Bohrloch innerhalb weniger Stunden gezündet und vollständig in ihre hauptsächlich gasförmigen Zersetzungsprodukte umgewandelt werden.**

Freie Ionen des Grundwassers könnten mit den gasförmigen Detonationsprodukten reagieren, aber dafür bleibt nur wenig Zeit. Bei Detonationsgeschwindigkeiten zwischen ca. 2000 m/s und 7000 m/s können lediglich unbedeutende Mengen als Reaktionsprodukte entstehen.

**Es kann also festgestellt werden, dass bei der bestimmungsgemäßen Verwendung von den in der Bundesrepublik zugelassenen gewerblichen Sprengstoffen bei der Rohstoffgewinnung von diesen Sprengstoffen und deren Reaktionsprodukte keine Gefährdung für das Grundwasser durch den Eintrag wassergefährdender Stoffe ausgeht.**

## 9. Zusammenfassung

Die Firma Calcit Edelsplitt Produktions GmbH & Co. KG betreibt in Arnsberg-Holzen einen genehmigten Abbau von Kalkstein. Die Gewinnung erfolgt mithilfe von Bohr- und Sprengarbeit. Werden im geplanten Erweiterungsbereich die vorgenannten Lademengen je Zündzeitstufe in Abhängigkeit von der Entfernung gemäß Tabelle 3a eingehalten, so kann davon ausgegangen werden, dass die in DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 genannten Anhaltswerte eingehalten werden. Dabei sind auch größere Wandhöhen als 6 m möglich, sofern dabei die ermittelten maximalen Lademengen je Zündzeitstufe im Bezug zur Entfernung nicht überschritten werden

**Da zur Prognose die betrachteten Parameter so in Ansatz gebracht wurden, dass sich die strengsten Werte zur Beurteilung ergaben, hält es der Unterzeichner für sinnvoll, Abweichungen zu höheren Lademengen je Zündzeitstufe zuzulassen, wenn vor Beginn einer solchen Phase ein Sprengsachverständiger anhand aussagekräftiger Daten diesem Vorgehen zustimmt und während der gesamten Phase in den betroffenen Bauwerken Sprengerschütterungsmessungen durchgeführt und zeitnah ausgewertet und beurteilt werden.**

Wird der Endbesatz auf mindestens 4 m sicher eingehalten und weitere Maßnahmen, wie oben beschrieben, angewendet, kann der Sprengbereich entgegen der Wurfrichtung auf 200 m verringert werden. Bei vorschriftsmäßiger Verwendung der Sprengmittel geht von diesen Produkten keine Grundwassergefährdung aus.

Bonn, 25.02.2021



(Dipl.-Ing. Detlef Wendt)

## **Anlage 12.2**

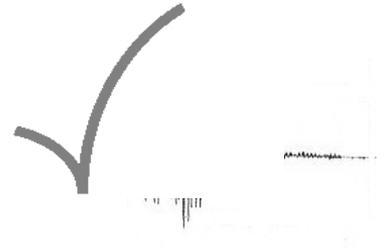
### **Sprengtechnisches Gutachten zur Norderweiterung 2011**

Dipl.-Ing. Detlef Wendt

Ingenieurbüro

Dienstleistungen zur Sprengtechnik

---



**Gutachten**  
**über die zu erwartenden**  
**Sprengimmissionen aus geplanten**  
**Erweiterungsflächen der Calcit**  
**Edelsplitt GmbH & Co. KG**  
**in Arnsberg-Holzen**

**Auftraggeber:**

Calcit Edelsplitt Produktions GmbH & Co. KG  
59757 Arnsberg-Holzen  
Deinstrop 1

**vertreten durch:**

Herrn F.A. Kamermans

**ausgeführt durch:**

Dipl.-Ing. Detlef Wendt

vor der IHK Bonn-Rhein/Sieg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für  
über- und untertägige Gesteinssprengungen, Zündtechnik, Sprengerschütterungen

Bonn, 13.10.2011

Archiv-Nr.: DW000040a

---

Ing. Büro Detlef Wendt  
Leo-Breuer-Weg 12  
53117 Bonn, Germany  
Steuernummer: 205/5322/1595

Tel: +49-(0) 228-687 115  
Fax: +49-(0) 228-9675 071  
e-mail: det.wendt@t-online.de  
UsSt-IdNr.: DE 237 229 464

Bankverbindung:  
Volksbank Bonn Rhein-Sieg eG  
BLZ: 380 601 86  
Kto: 1102752011

<b>0. Gliederung</b>	<b>Seite</b>
1. Auftrag und Zweck dieses Gutachtens.....	3
2. Verwendete Unterlagen.....	3
3. Beschreibung der Sprengtechnik.....	4
4. Sprengerschütterungsmessungen.....	7
5. Auswertung der Sprengerschütterungsmessungen	8
5.1 Messwertlisten.....	8
5.2 Wohnhäuser Wortmann und Nagel.....	12
5.2.1 Wohnhaus Wortmann.....	12
5.2.2 Prognose für das Haus Wortmann.....	13
5.2.3 Wohnhaus Nagel .....	14
5.2.4 Prognose für das Haus Nagel.....	15
5.2.5 Ergebnisse der Prognoserechnungen....	16
5.3 Weitere Messpunkte.....	18
• Wohnhaus Nagel außen (Messstelle 6).....	18
• Heiligenhäuschen (Messstelle 7).....	18
• Wohnhaus Nagel 2 (Messstelle 8).....	19
5.4 Sonstige Immissionsorte.....	20
5.5 Vertikale Abbauerweiterung innerhalb des derzeitig genehmigten Abbaubereiches.....	20
6. Steinflug .....	20
7. Sprengschwaden und Sprengstaub.....	22
8. Sprenglärm.....	23
9 Überprüfung der tieffrequenten Schalldruckspitzen nach LUA- Essen, Dr. Pompetzki.....	26
10. Grundwassergefährdung.....	27
11. Zusammenfassung.....	28
12. Anhang.....	32
A1 Liste aller gemessenen maximalen Erschütterungswerte	
A2 Betriebsbeschreibung Sprengwesen	

## **1. Auftrag und Zweck dieses Gutachtens**

Am 24.03.2009 erteilte der Auftraggeber dem Unterzeichner den Auftrag gutachterlich über die Sprengimmissionen Stellung zu nehmen, die bei der geplanten Erweiterung des Kalksteinbruches Holzen in Arnsberg, Gemarkung Holzen, Flur 8, in der Umgebung des Betriebes zu erwarten sind.

Dazu sind Sprengerschütterungsmessungen in der nächstgelegenen Wohnbebauung sowie gelegentliche Messungen an so genannten Heiligenhäusschen durchzuführen.

Weiterhin sind Aussagen zur Problematik von ungewolltem Steinflug, Sprenglärm, Staub, tieffrequentem Schalldruck (airblast) sowie Schwaden und Grundwassergefährdung zu machen.

**Dieses Gutachten dient dem Zweck zur Vorlage bei Genehmigungsbehörden als sprengtechnisches Gutachten im Rahmen von Genehmigungsverfahren und gilt ausschließlich zur Beurteilung von Immissionen, die aus Sprengungen aus den beantragten Erweiterungsflächen in sowohl horizontaler als auch vertikaler Erweiterung stammen. Dieses Gutachten dient nicht zur Beurteilung von Sprengimmissionen, die aus den bereits genehmigten Bereichen stammen.**

## **2. Verwendete Unterlagen**

Als Grundlage für die Bewertung der Sprengerschütterungen dient DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 unter Berücksichtigung der NRW-Richtlinie : "Messung, Beurteilung und Verminderung von Erschütterungsimmissionen", Stand 04.11.2003 (MBI, NRW, 2004 S.97).

Dem Unterzeichner wurden vom Auftraggeber ein Plan des Betriebsgeländes und der näheren Umgebung zur Verfügung gestellt.

Für die Durchführung der Sprengerschütterungsmessungen wurden von der Firma Orica GmbH in der Zeit vom 21.04.2009 bis zum 18.05.2009 jeweils zwei Erschütterungsmessgeräte vom Typ ZEB/SM 3C und ZEB/SM 3E zur Verfügung gestellt. Weitere Messungen führte der Unterzeichner mit seinem eigenen Messgerät vom Typ ZEB/SM 3 DO+ durch.

Für die Bestimmung der horizontalen Entfernungen verwendete der Unterzeichner ein GPS-System von Typ etrex® des Herstellers Garmin. Laut Herstellerangaben beträgt die Genauigkeit der Ortsangaben systembedingt  $\pm 3$  m. Für den Zweck der Entfernungsbestimmung zwischen Spreng- und Messstelle ist das hinreichend genau.

Zur Beurteilung der Lärmimmissionen wurde die TA-Lärm (Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz vom 26. August 1998 (GMBI Nr.26/1998 S. 503)) herangezogen.

### **3. Beschreibung der Sprengtechnik**

Im Steinbruch der Firma Calcit Edelsplitt in Arnsberg-Holzen erfolgt die Gewinnung des Gesteins durch Bohr- und Sprengarbeit. Dazu werden in der Regel Bohrlöcher von maximal 90 mm Durchmesser durch Bohren von oben nach unten hergestellt. Dabei betragen Vorgabe und Seitenabstand etwa jeweils 3-4 m.

Bei einer Unterbohrung von rd. 1 m und einer Bohrlochneigung von  $75^\circ$  errechnet sich bei einer mittleren Bohrlochtiefe von 12 m ein zu

sprengendes Volumen je Bohrloch im Mittel von  $140 \text{ m}^3$ .

Die Lademenge je Bohrloch beträgt zwischen 35 Kg und 50 Kg Sprengstoff.

Der spezifische Sprengstoffaufwand beträgt somit zwischen  $0,250$  und  $0,357 \text{ kg/m}^3$ .

Die Sprenganlagen sind maximal zweireihig angelegt, ohne Sohllöcher mit gelegentlichen Hilfslöchern zur Begradigung vor oder hinter der Hauptsprengreihe.

Zur Zündung werden elektrische Kurzzeitzünder und Sprengschnur eingesetzt.

Im Bild 1 sind die Bereiche markiert, in denen die Sprengungen für die Sprengerschüttungsmessungen für dieses Gutachten durchgeführt worden sind.

Es sind dies die Bereiche A,B und C die jeweils von Südosten beginnend nach Nordwesten aufgeföhren wurden.

Die östlichen Enden der Start- und Endlinien wurden vom Unterzeichner mit einem GPS-System erfasst und deren Lage im Bild 1 ohne Maßstab skizziert. Für die Entfernungsbestimmungen wurden die Endpunkte der einzelnen Sprengungen linear interpoliert und die Entfernungen zu den Messpunkten aus dem Plan entnommen.

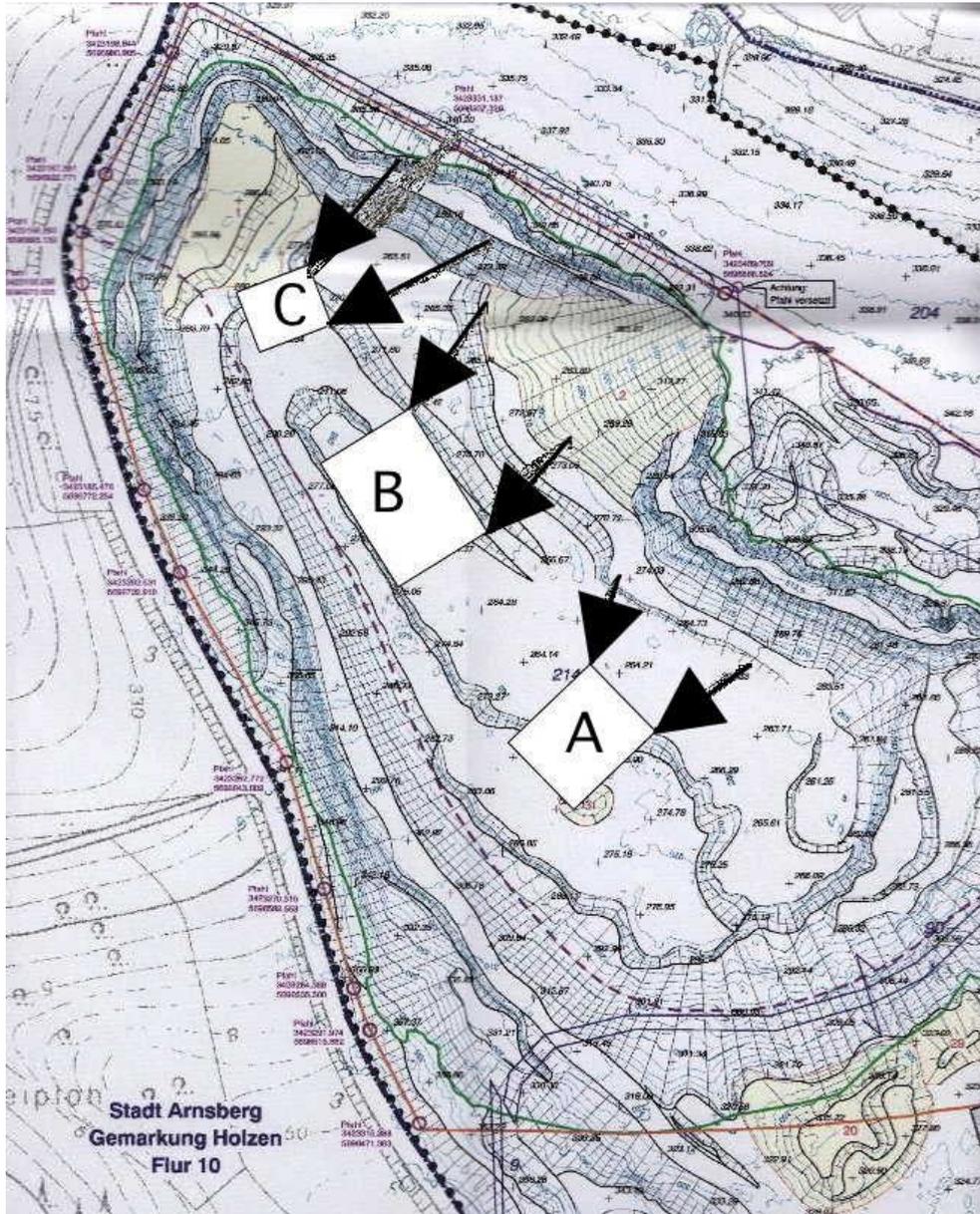


Bild 1: Lage der Sprengbereiche A, B und C (ohne Maßstab) mit Markierung der gemessenen Endpunkte

Bereich	Beginn		Ende	
	Hochwert	Rechtswert	Hochwert	Rechtswert
A	5696655	3423421	5696667	3423392
B	5696752	3423350	5696808	3423306
C	5696845	3423273	5696877	3423263

Tabelle 1: Lage der östlichen Endpunkte der Sprengbereiche

#### 4. Sprengerschütterungsmessungen

In der Zeit vom 23.04.2009 bis zum 22.06.2009 wurden an folgenden Stellen Sprengerschütterungsmessungen durchgeführt:

Nr.	Messstellen
1	Wohnhaus Wortmann, Kellerfundament
2	Wohnhaus Nagel, Kellerfundament
3	Wohnhaus Wortmann, Fußbodenmitte, Spielzimmer
4	Wohnhaus Nagel, Fußbodenmitte, Bad
5	Wohnhaus Nagel, Fußbodenmitte, Bügelzimmer
6	Wohnhaus Wortmann, Kellerfenstersims, außen
7	Kleine Kapelle, Bodenplatte
8	Wohnhaus Nagel 2, Garagentorschwelle

Tab. 2: Liste der Messstellen

An diesen Messstellen wurden je nach Verfügbarkeit der Messgeräte sowie nach Zutrittsgelegenheit zu den Messstellen die in den Tabellen 4 bis 8 aufgeführten maximalen Schwinggeschwindigkeiten gemessen. Dabei wurden zur Nummerierung der Sprengungen die im Betrieb verwendete Nummernfolge übernommen.

Bei den Sprengungen Nr. 35 bis 51 wurden immer die Fundamentwerte an den Wohnhäusern Wortmann und Nagel aufgezeichnet, bei den Sprengungen 52 bis 66 nur noch am Fundament des Wohnhauses Wortmann.

Wurde bei einer Messung der eingestellte Schwellwert nicht überschritten, so ist der eingestellte Schwellwert (in den Tabellen grau hinterlegt gekennzeichnet) als Messergebnis eingetragen.

Bei Sprengung 46 wurde am Haus Wortmann zusätzlich zum fest installierten Gerät im Keller [1] auf den nächstgelegenen Kellerfenstersims von außen [6] gemessen. Am Messpunkt 1 wurde ein Schwingwert von 0,72 mm/s bei 23 Hz gemessen, der Kontrollwert am Messpunkt 6 betrug 0,8 mm/s bei 25 Hz.

Ab Sprengung 45 wurde die Deckenmessung im Wohnhaus Nagel vom Badezimmer (Messpunkt 4) in das Bügelzimmer (Messpunkt 5) verlegt. Eine Parallelmessung bei Sprengung 45 zeigte, dass im Bügelzimmer mit deutlich höheren Schwingwerten zu rechnen ist.

## 5. Auswertung der Sprengerschütterungsmessungen

### 5.1 Messwertlisten

In den nachfolgenden Tabellen sind in den Spalten folgende Daten enthalten:

Titel	Bezeichnung
Nr	Nummer der Sprengung nach betriebseigener Zählung
Datum	Datum der Sprengung
Uhrzeit	Uhrzeit der Sprengung
Sprengstelle	Sprengbereich A,B oder C
$L_{max}$	maximale Lademenge je Zündzeitstufe in Kg
Messstelle	Nummer der Messstelle nach Tabelle 2
Entfernung	kürzeste horizontale Entfernung zwischen Spreng- und Messstelle in m
$V_{imax}$	maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s
$f_i$	Frequenz von $V_{imax}$ in Hz
$C_{Koch}$	Proportionalitätsfaktor nach Prof. Koch
$KB_{Fmax}$	Körperbeeinflussungsfaktor nach DIN 4150 Teil 2

Tabelle 3: Titelbezeichnungen der Tabellen 4 bis 8

In den Tabellen 6 und 7 sind die horizontalen Entfernungen nicht angegeben, weil in diesen Tabellen als Ergebnisse die  $KB_{Fmax}$ -Werte aus den Deckenschwingungen betrachtet werden, für die eine Entfernungsbetrachtung nicht sinnvoll ist.

Nr.	Datum	Uhrzeit	Sprengstelle	Lmax Kg	Messstelle	Entfernung	Vimax mm/s	fi Hz	C-Koch
35	23.04.09	10:15	C	90	1	265	2,07	33	57,82
36	27.04.09	10:03	B	35	1	285	0,68	43	32,76
37	27.04.09	10:36	A	50	1	352	0,82	24	40,82
38	29.04.09	09:16	C	42	1	263	1,35	32	54,79
39	04.05.09	08:55	B	46	1	284	0,68	16	28,47
40	05.05.09	10:11	B	40	1	283	0,89	26	39,82
41	06.05.09	09:36	B	36	1	282	1,4	21	65,80
42	07.05.09	10:04	B	44	1	281	0,84	24	35,58
43	08.05.09	09:04	B	43	1	280	1,31	21	55,94
44	11.05.09	10:03	A	40	1	347	0,59	14	32,37
45	12.05.09	08:56	B	41	1	279	0,89	26	38,78
46	13.05.09	08:27	A	42	1	345	0,72	23	38,33
47	14.05.09	08:25	C	40	1	261	1,25	32	51,58
48	14.05.09	13:40	A	45	1	342	0,8	19	40,79
49	14.05.09	13:42	B	45	1	278	1,34	29	55,53
50	18.05.09	08:55	B	38	1	277	0,72	17	32,35
51	18.05.09	09:07	C	40	1	259	1,45	26	59,38
52	20.05.09	08:35	B	36	1	276	0,8	30	36,80
53	25.05.09	08:50	B	44	1	275	1,2	18	49,75
54	26.05.09	09:29	B	42	1	273	0,6	19	25,27
55	27.05.09	10:47	A	40	1	339	0,8	19	42,88
56	29.05.09	11:45	A	37	1	337	0,7	17	38,78
57	29.05.09	11:48	B	36	1	272	1,3	35	58,93
58	04.06.09	11:25	B	32	1	271	0,9	17	43,12
59	04.06.09	12:45	C	38	1	257	1,3	50	54,20
60	05.06.09	10:25	B	37	1	268	1,3	43	57,28
61	09.06.09	09:50	A	87,5	1	337	0,7	22	25,22
62	10.06.09	10:07	B	45	1	267	0,9	29	35,82
63	16.06.09	12:02	A	87,5	1	335	0,7	23	25,07
64	17.06.09	09:37	B	36	1	265	1	37	44,17
65	19.06.09	11:39	A	90	1	332	0,8	17	28,00
66	22.06.09	11:26	C	55	1	255	1,7	41	58,45
						Mittelwert:	1,0	26	43
						Standartabweichung:	0,4	9	12
						Minimum	0,6	14	25
						Maximum	2,1	50	66

Tab. 4: Liste und Auswertung aller gemessenen Maximalwerte am Messstelle 1 (Wohnhaus Wortmann, Kellerfundament)

Nr.	Datum	Uhrzeit	Sprengstelle	Lmax Kg	Messstelle	Entfernung	Vimax mm/s	fi Hz	C-Koch
35	23.04.09	10:15	C	90	2	304	1,97	48	63,13
36	27.04.09	10:03	B	35	2	389	0,86	71	56,55
37	27.04.09	10:36	A	50	2	490	0,5		34,65
38	29.04.09	09:16	C	42	2	300	1,42	41	65,73
39	04.05.09	08:55	B	46	2	385	0,5		
40	05.05.09	10:11	B	40	2	381	1,11	71	66,87
41	06.05.09	09:36	B	36	2	377	0,57	20	35,82
42	07.05.09	10:04	B	44	2	373	0,5		
43	08.05.09	09:04	B	43	2	369	1,26	53	70,90
44	11.05.09	10:03	A	40	2	486	0,5		
45	12.05.09	08:56	B	41	2	365	1,34	56	76,38
46	13.05.09	08:27	A	42	2	483	0,5		
47	14.05.09	08:25	C	40	2	296	1,52	71	71,14
48	14.05.09	13:40	A	45	2	480	0,5		
49	14.05.09	13:42	B	45	2	361	1,37	100	73,73
50	18.05.09	08:55	B	38	2	357	0,5		28,96
51	18.05.09	09:07	C	40	2	292	1,33	45	61,41
						Mittelwert:	0,96	57,60	58,77
						Standartabweichung	0,48	21,86	16,45
						Minimum	0,50	20,00	28,96
						Maximum	1,97	100,00	76,38

Tab. 5: Liste und Auswertung aller gemessenen Maximalwerte an Messstelle 2 (Wohnhaus Nagel, Kellerfundament)

Nr.	Datum	Uhrzeit	Sprengstelle	Lmax	Messstelle	Vimax	fi	KBFmax	
35	23.04.2009	10:15	C	90	3	6,2	43	3,48	
36	27.04.2009	10:03	B	35					
37	27.04.2009	10:36	A	50	3	3,4	20	1,85	
38	29.04.2009	09:16	C	42					
39	04.05.2009	08:55	B	46					
40	05.05.2009	10:11	B	40	3	3,9	15	2,07	
41	06.05.2009	09:36	B	36					
42	07.05.2009	10:04	B	44	3	2,6	22	1,43	
43	08.05.2009	09:04	B	43					
44	11.05.2009	10:03	A	40					
45	12.05.2009	08:56	B	41	3	2,6	25	1,44	
46	13.05.2009	08:27	A	42					
47	14.05.2009	08:25	C	40	3	5,5	31	3,06	
48	14.05.2009	13:40	A	45					
49	14.05.2009	13:42	B	45					
50	18.05.2009	08:55	B	38	3	3,5	17	1,88	
51	18.05.2009	09:07	C	40	3	4,5	24	2,48	
						Mittelwert	4,0	24,6	2,2
						Standartabweichung	1,3	8,9	0,7
						Minimum	2,6	15,0	1,4
						Maximum	6,2	43,0	3,5

Tab. 6: Liste und Auswertung aller gemessenen Maximalwerte an Messstelle 3 (Wohnhaus Wortmann, Deckenmitte)

Nr.	Datum	Uhrzeit	Sprengstelle	Lmax Kg	Messstelle	Vimax mm/s	fi Hz	KBFmax
35	23.04.09	10:15	C	90	4	3,1	40	1,74
36	27.04.09	10:03	B	35	4	1,5	35	0,84
37	27.04.09	10:36	A	50	4	1,5	35	0,84
38	29.04.09	09:16	C	42				
39	04.05.09	08:55	B	46				
40	05.05.09	10:11	B	40	4	2	50	1,12
41	06.05.09	09:36	B	36				
42	07.05.09	10:04	B	44	4	1,5	35	0,84
43	08.05.09	09:04	B	43				
44	11.05.09	10:03	A	40	4	1,1	39	0,62
45	12.05.09	08:56	B	41	4	2,1	47	1,18
45					5	3,5	22	1,92
46	13.05.09	08:27	A	42	5	1,5	22	0,82
47	14.05.09	08:25	C	40				
48	14.05.09	13:40	A	45				
49	14.05.09	13:42	B	45				
50	18.05.09	08:55	B	38	5	1,9	19	1,03
51	18.05.09	09:07	C	40	5	5,9	41	3,31
			Mittel			2,6	35,0	1,3
			Standabw.			1,5	12,2	0,8
			Min			1,1	19,0	0,6
			Max			5,9	69,0	3,3

Tab. 7: Liste und Auswertung aller gemessenen Maximalwerte an Messstelle 4/5 (Wohnhaus Nagel, Deckenmitte)

Nr.	Datum	Uhrzeit	Sprengstelle	Lmax Kg	Messstelle	Entfernung	Vimax	fi	C-Koch
35	23.04.09	10:15	C	90	8	500	1,5		79,06
36	27.04.09	10:03	B	35	7	351	0,8	2	47,46
37	27.04.09	10:36	A	50	7	375	2,5	9	132,58
40	05.05.09	10:11	B	40	7	354	1,9	13	106,35
42	07.05.09	10:04	B	44	7	357	1,9	11	102,26
44	11.05.09	10:03	A	40	7	373	1,4	9	82,57
44					8	730	0,3		34,63
46	13.05.09	08:27	A	42	6	381	0,8	25	47,03
46					7	369	1,4	8	79,71
47	14.05.09	08:25	C	40	7	388	1,5	31	92,02
47					8	500	0,5	45	39,53
50	18.05.09	08:55	B	38	7	363	1,1	12	64,78
51	18.05.09	09:07	C	40	7	382	1	12	60,40

Tab. 8: Liste und Auswertung aller gemessenen Maximalwerte an den Messstellen 6,7,8

## 5.2 Wohnhäuser Wortmann und Nagel

### 5.2.1 Wohnhaus Wortmann

Am Fundament des Hauses Wortmann (Messstelle 1) wurden lückenlos alle Sprengungen in der Zeit vom 23.04.2009 bis zum 22.06.2009 aufgezeichnet und sind in Tabelle 4 dargestellt.

Bei allen Sprengungen wurde der eingestellte Triggerwert von 0,5 mm/s überschritten.

Da das Messgerät auf der Deckenmitte im Eisenbahnzimmer (Messstelle 3) immer nur unmittelbar vor den Sprengungen aufgebaut werden konnte und der Zutritt zum Wohnhaus nicht immer möglich war, sind die Deckenmessungen auf die angegebenen Sprengungen begrenzt.

Der maximale Übertragungsfaktor vom Fundament auf die Deckenmitte betrug am Haus Wortmann 4,8. Bei einer mittleren Frequenz auf der Decke von 25 Hz errechnet sich aus dem maximal zulässigen  $KB_{F_{max}}$ -Wert nach DIN 4150 Teil 2 von 6, unter Annahme einer Resonanzbeteiligung, eine maximale Schwinggeschwindigkeit auf der Decke von 10,8 mm/s.

[1]

mit

$V_i$  = maximale Schwinggeschwindigkeit in mm/s

$f_0$  = Bezugsfrequenz 5,6 Hz

$f_i$  = Frequenz der Schwingung in Hz

$c_F$  = Resonanzbeiwert von 0,8

Dividiert durch den Übertragungsfaktor von 4,8 ergibt sich ein maximaler Wert für die Schwinggeschwindigkeit am Fundament, bei

dessen Einhaltung ein Überschreiten des zulässigen Anhaltswertes nach DIN 4150 Teil 2 auf der Decke nicht zu erwarten ist.

Dieser Wert errechnet sich für das Wohnhaus Wortmann zu

$$V_{\text{imaxFund}} = 2,2 \text{ mm/s.}$$

Dieser Wert, sowie der maximale Schwingwert für die Decke von

$$V_{\text{imaxDecke}} = 15 \text{ mm/s,}$$

liegen deutlich unterhalb der in DIN 4150 Teil 3 genannten Anhaltswerte für Erschütterungseinwirkungen auf Bauwerke.

**Es kann deshalb davon ausgegangen werden, bei Einhaltung des maximalen Erschütterungswertes von 2,2 mm/s bei einer Frequenz von 10 Hz am Fundament des Wohnhauses Wortmann sowohl die Anhaltswerte für die Einwirkungen auf Bauwerke als auch die Anhaltswerte für Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden eingehalten werden.**

### 5.2.2 Prognose für das Haus Wortmann

Für die Prognose von Sprengerschütterungen wird in der Regel die allgemein anerkannte Prognoseformel nach Prof. Koch angewendet.

Diese Formel lautet:

[2]

mit  $V$ : prognostizierte Schwinggeschwindigkeit in mm/s

$L_{\text{max}}$ : maximale Lademenge je Zündzeitstufe in Kg

$R$ : horizontaler Abstand in Meter

$c$ : Proportionalitätsfaktor ohne Dimension

Maßgeblich für die Stärke der Erschütterungen ist die maximal eingesetzte Menge an Sprengstoff ( $L_{\text{max}}$ ), die mit einer Zeitstufe gezündet wird.

Aus den vorliegenden Messergebnissen kann der Proportionalitätsfaktor  $c$  bestimmt werden, mit dessen Hilfe dann Aussagen bei sich ändernden Parametern gemacht werden können.

Der c-Wert am Fundament wurde zu einem maximalen Wert von

$$c=66$$

bestimmt.

Um ein gewisses Maß an zusätzlicher Sicherheit einzusetzen wird für die weitere Prognose ein Wert von

$$c=80$$

gewählt.

Aus diesem c-Wert sowie der maximal möglichen Schwinggeschwindigkeit am Fundament des Hauses Wortmann kann mit Hilfe der o.g. Formel nach Prof. Koch ([2]) errechnet werden, welche maximale Lademengen je Zündzeitstufe in Abhängigkeit von der Entfernung eingesetzt werden dürfen, ohne dabei die Anhaltswerte nach DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 am Wohnhaus Wortmann zu überschreiten.

### 5.2.3 Wohnhaus Nagel

Am Fundament des Wohnhauses Nagel (Messstelle 2) wurden in der Zeit vom 23.04.2009 bis zum 18.05.2009 alle Sprengerschütterungen lückenlos aufgezeichnet. Die gemessenen Maximalwerte sind in Tabelle 5 dargestellt.

Bei 7 von 17 Messungen wurde der eingestellte Triggerwert von 0,5 mm/s nicht überschritten. Diese Messungen sind in Tabelle 5 grau hinterlegt dargestellt.

Die Messungen auf der Deckenebene des obersten Vollgeschosses wurden bei den Sprengungen Nr. 35 bis 45 auf der Mitte des Fußbodens im Badezimmer [Messstelle Nr. 4] und von Sprengung 45 bis 51 (ohne 47,48,49) in der Mitte des Bügelzimmers [Messstelle Nr. 5] durchgeführt.

Eine Parallelmessung bei Sprengung 45 lässt vermuten, dass dort deutlich höhere Messwerte zu erwarten sind.

Dieses traf dann auch zu.

Der höchste Deckenwert von **5,9 mm/s** und der höchste Übertragungsfaktor von Fundament zu Decke von **4,4** traten bei Sprengung 51 auf.

#### **5.2.4 Prognose für das Haus Nagel**

Bei einer mittleren Frequenz von 26 Hz an Messstelle 5 (Decke) ergibt sich eine maximale Schwinggeschwindigkeit von 10,8 mm/s, unter Annahme einer Resonanzbeteiligung sowie eines maximalen  $KB_{Fmax}$ -Wert von **6**.

Dividiert man diese maximale Schwinggeschwindigkeit auf der Decke durch den maximalen Übertragungsfaktor von 4,4, so errechnet sich die maximale Schwinggeschwindigkeit am Fundament zu

$$V_{imax} = 2,4 \text{ mm/s.}$$

Überschreitet die maximale Schwinggeschwindigkeit am Fundament den Wert von 2,4 mm/s nicht, so kann davon ausgegangen werden, dass die Anhaltswerte für die Deckenschwingungen sowohl nach DIN 4150 Teil 2 als auch nach Teil 3 sicher eingehalten werden.

Aus der Prognoseformel nach Prof. Koch errechnet sich der maximale Proportionalitätsfaktor  $c$  am Wohnhaus Nagel zu:

$$c = 77.$$

Um ein gewisses Maß an zusätzlicher Sicherheit einzusetzen wird für die weitere Prognose ein Wert von

$$c=90$$

gewählt.

Aus diesem c-Wert, sowie der maximal möglichen Schwinggeschwindigkeit am Fundament des Hauses Nagel, kann mit Hilfe der o.g. Formel [2] nach Prof. Koch errechnet werden, welche Lademenge je Zündzeitstufe maximal in Abhängigkeit von der Entfernung eingesetzt werden darf, ohne dabei die Anhaltswerte nach DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 zu überschreiten.

### **5.2.5 Ergebnisse der Prognoserechnungen**

Die Ergebnisse der Prognoserechnungen für die Wohnhäuser Wortmann und Nagel sind in der Tabelle 9: "Lademengen-Abstandstabelle" aufgeführt.

Die in den Spalten "Wortmann" und "Nagel" dargestellten maximalen Lademengen je Zündzeitstufe geben die Werte an, bei deren Einhaltung davon ausgegangen werden kann, dass an den Wohnhäusern Wortman und Nagel die Anhaltswerte nach DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 sicher eingehalten werden.

Diese Darstellung gilt nur für Sprengungen in den beantragten Erweiterungsflächen sowohl in horizontaler als auch vertikaler Erweiterung.

Horizontale Entfernung [m]	Maximale Lademenge je Zündzeitstufe [Kg]		
	Wortmann	Nagel	Heiligenhäuschen
50	1,9	1,7	3,5
60	2,7	2,5	5,1
70	3,7	3,4	7,0
80	4,8	4,5	9,1
90	6,1	5,7	11,2
100	7,6	7,1	14,3
120	10,9	10,2	20,66
140	14,8	13,9	28,1
160	19,4	18,2	36,7
180	24,5	23,0	46,4
200	30,3	28,4	57,3
220	36,6	34,4	69,4
240	43,6	40,9	82,6
260	51,1	48,0	96,9
280	59,3	55,7	112,4
300	68,1	64,0	129,1
320	77,4	72,8	146,9
340	87,4	82,2	165,8
360	98,0	92,1	185,9
380	109,2	102,6	207,1
400	131,0	113,7	229,5

Tabelle 9: Lademengen-Abstandstabelle für die Häuser Wortmann und Nagel sowie das Heiligenhäuschen

### 5.3 Weitere Messpunkte

#### - Wohnhaus Wortmann [Messstelle 6]

Bei Sprengung 46 konnte das Wohnhaus Wortmann nicht betreten werden, deshalb wurde das Messgerät von außen auf dem vordersten Kellerfenstersims installiert (Messstelle 6). Der Wert kann mit dem am Fundament (Messstelle 1) gemessenen Wert verglichen werden.

Messpunkt 1: 0,72 mm/s bei 23 Hz

Messpunkt 6: 0,8 mm/s bei 25 Hz.

Beide Werte stimmen hinreichend genau überein.

## -Heiligenhäuschen [Messstelle 7]



Bild 2: "Heiligenhäuschen"

Messstelle 7 war am Fundament des Heiligenhäuschen an der Weggabelung ca. 160 m östlich des Wohnhauses Wortmann. Dieser Messwert dient nur zur Kontrolle der Erschütterungen an diesem Häuschen. An 9 Sprengungen wurden Messungen durchgeführt. Der gemessene Maximalwert betrug dabei 2,5 mm/s bei 9 Hz. Für besonders erschütterungsempfindliche Bauwerke sieht die DIN 4150 Teil 3 einen Anhaltswert unterhalb einer Frequenz von 10 Hz von 3 mm/s vor.

**Damit ist am Heiligenhäuschen der Anhaltswert für besonders erschütterungsempfindliche Bauwerke sicher eingehalten.**

Wegen der besonders einfachen Bauweise des Häuschens kann jedoch auch hierbei der Anhaltswert nach Zeile 2 der Tabelle 1 der DIN 4150 Teil 3 zugrunde gelegt werden. Die maximalen Lademengen je Zündzeitstufe in Abhängigkeit von der horizontalen Entfernung können der Tabell 9 entnommen werden.

**-Wohnhaus Nagel 2 (Retringen 2A) [Messstelle 8]**

Etwa 160 m NNW vom Wohnhaus Nagel befindet sich ein Wohngebäude, dass ebenfalls der Familie Nagel gehört. Bei drei Sprengungen ( 35, 44, 47) wurden hier auf der Garagentorschwelle (Messstelle 8) die Erschütterungen gemessen. Lediglich bei Sprengung 47 wurde der Schwellwert überschritten. Der Messwert betrug: 0,5 mm/s bei 45 Hz.

Der c-Wert ergibt sich hierbei zu

$$c=40.$$

**Es kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der deutlich größeren Entfernung, die Anhaltswerte nach DIN 4150 Teil 2 und Teil 3 eingehalten werden, wenn diese auch am näher gelegenen Wohnhaus Nagel eingehalten werden.**

**5.4 Sonstige Immissionsorte**

Am Wohnhaus Nagel wurde zur Berechnung der möglichen Lademengen-Entfernungsverhältnisse ein maximaler c-Wert von **90** ermittelt.

Dieses ist der höchste ermittelte c-Wert an den Wohngebäuden zur Prognose und kann daher mit hinreichender Genauigkeit zur Kalkulation anderer möglicher Immissionsorte, als die in Tabelle 9 genannten, eingesetzt werden, wie sie insbesondere die Gebäude der SaFa-Fassonndreherei Germin & Schulte GmbH in Deinstrop darstellen.

**5.5 Vertikale Abbauerweiterung innerhalb des derzeitigen genehmigten Abbaubereiches**

Bei Abbau der Bereiche in größeren Tiefen als der bisher genehmigten minimalen Abbauhöhe ist die Spalte "Nagel" der

Lademengen-Abstandstabelle aus Tabelle 9 heranzuziehen. Die hierzu genannten maximalen Lademengen je Zündzeitstufe sind für alle den Betrieb umgebenden schutzwürdigen Einrichtungen maßgebend.

## 6 Steinflug

Ungewollter Steinflug tritt auf, wenn der eingesetzten Sprengstoffmenge eine zu geringe Vorgabe gegenübersteht.

Bei Gewinnungssprengungen kann dieses an drei Stellen geschehen:

1. und 2. an der seitlichen freien Fläche oder
3. an der oberen freien Fläche.

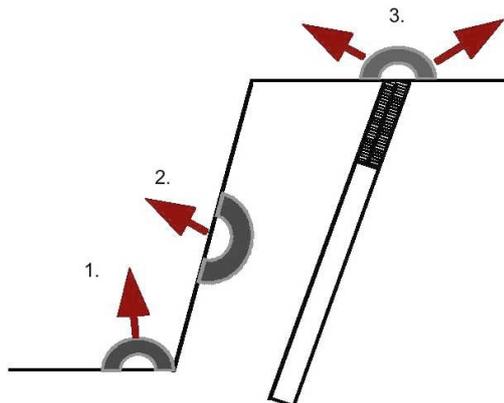


Bild 2: Mögliche Quellen für Steinflug (Prinzipiskizze ohne Maßstab)

Beide Möglichkeiten für Steinflug können ausgeschlossen werden, wenn sichergestellt wird, dass die Vorgabe bei Verwendung von max. 94 mm-Bohrlöcher an jeder Stelle des geladenen Bohrloches mindestens 3 m beträgt und der Endbesatz ebenfalls mit immer mindestens 3 m eingehalten wird.

Söhlige Löcher sind nur in Ausnahmefällen und dann nur so anzusetzen, dass deren Bohrlochmund in Richtung Süden bis Westen weist. Söhlige Löcher dürfen nur patroniert geladen werden.

Die Endbesatzlänge beträgt mindestens 3,0 m und ist vollständig mit Besatzpatronen zu füllen. Im Endbesatzbereich von söhligem Löchern darf sich keine Sprengschnur befinden. Der Sprengbereich in Ausblasrichtung beträgt immer mindestens 300 m.

Der abzusperrende Sprengbereich beträgt in der Regel 300 m um die Sprengstelle herum, wenn keine Tatsachen die Befürchtung rechtfertigen, dass aufgrund zu geringer Vorgabe, verlaufenden Sprengstoffes oder geologischer Störungen Steinflug auftreten könnte. Dann muss der Sprengbereich entsprechend größer abgesperrt werden und besondere Maßnahme zur Vermeidung von Steinflug getroffen werden.

Wird sichergestellt, dass die Vorgabe an jeder Stelle der freien seitlichen Fläche mindestens 4 m beträgt, kann der Sprengbereich in Wurfrichtung auf 200 m verringert werden.

Wird sichergestellt, dass

- die Länge des Endbesatzes bei allen Löchern einer Sprenganlage mindestens 4 m beträgt,
- kein loser Sprengstoff eingesetzt wird,
- der maximale Patronendurchmesser 65 mm beträgt und
- diese Patronen ungeschlitzt sind,

kann der Sprengbereich in entgegengesetzter Richtung auf 100 m verringert werden.

Der spezifische Sprengstoffaufwand darf dabei aber in beiden Fällen den Wert von  $0,5 \text{ kg/m}^3$  nicht überschreiten, außerdem darf dabei kein loser Sprengstoff eingesetzt werden.

Knäppersprengungen dürfen zum Schutz von ungewolltem Steinflug nicht durchgeführt werden.

Bei der Verwendung von losem Sprengstoff ist die Lademenge anhand der Angaben des Herstellers für jedes Bohrloch zu bestimmen und das Ansteigen der Ladesäule beim Laden der Löcher ständig zu kontrollieren um das ungewollte Verlaufen von Sprengstoff zu vermeiden.

## **7 Sprengschwaden und Sprengstaub**

Sprengschwaden sind die gasförmigen Umsetzungsprodukte der gewerblichen Sprengstoffe ohne die eine Sprengwirkung nicht möglich wäre. Sie bestehen im wesentlichen aus Wasserdampf, CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>2</sub> sowie zahlreiche weitere Verbindungen im sehr geringem Maße. Eine Gefährdung für Mensch und Umwelt besteht im Übertagebereich durch diese Schwaden im allgemeinen nicht, da diese sich in der freien Atmosphäre sehr schnell verdünnen und oft bereits nach Freigabe der Sprengstelle kaum noch zu bemerken sind.

Gesteinsstäube entstehen durch die Gefügezerstörung innerhalb der gesprengten Gesteinsmasse, durch das Aufeinanderprallen der geworfenen Gesteinsstücke sowie durch das Aufwirbeln des bereits im Sprengbereich befindlichen Gesteinsstaubes und stellen wie die Sprengschwaden im Übertagebereich in der Regel keine Gefährdung für Mensch und Umwelt dar, da sie sich schnell verdünnen und wieder ablagern.

In der trockenen Jahreszeit kann durch das Anfeuchten des auf oder vor der Sprenganlage liegenden Staubes mit Wasser die Staubentwicklung erfahrungsgemäß deutlich verringert werden.

## 8 Sprenglärm

Sprengstoffe detonieren mit einer Geschwindigkeit von mehreren tausend Meter pro Sekunde. Je höher die Detonationsgeschwindigkeit ist, um so lauter ist der Detonationsknall. Besonders laut sind daher die Sprengschnüre wahrzunehmen, die mit einer Geschwindigkeit bis zu 7000 m/s detonieren. Wesentlich langsamer und damit leiser sind dagegen die ANC-Sprengstoffe mit einer Detonationsgeschwindigkeit von rund 2000 m/s.

Sollte die Verwendung von Sprengschnur erforderlich sein, so ist das obere Ende der Sprengschnur, z.B. mithilfe der Redundanzpatrone oder dem Ladestock, möglichst weit in das Bohrloch herabzuziehen und mit dem Besatzmaterial zu verdämmen.

Befindet sich der detonierende Sprengstoff im Einschluss mit ausreichend großer Vorgabe so wird der Detonationsknall vom umgebenden Material stark gedämpft und ist in einer Entfernung von über 300 m kaum noch wahrnehmbar.

Die Hauptabstrahlrichtung des Sprengknalles ist die Hauptwurfrichtung des Haufwerkes. Durch Festlegen der Hauptsprengrichtung in südliche und östliche Richtung kann die Lärmausbreitung in Richtung der Wohnhäuser Nagel und Wortmann weiter vermindert werden.

Weiterhin ist darauf zu achten, dass der zeitliche Zündabstand zwischen den Löchern nicht zu groß wird. Die Zündzeitstufen sind so zu verteilen, dass zwischen benachbarten Bohrlöchern das Intervall nicht mehr als 50 ms beträgt. Werden die Zeiten deutlich größer als 50 ms, so kann unter Umständen eine detonierende Ladung der benachbarten nachfolgenden Ladung ungewollt die Vorgabe wegreißen und so zu deutlich erhöhtem Sprengknall führen. Bei

Zeiten  $\leq 50\text{ms}$  hat sich das Material noch nicht so weit bewegt, dass von einem Wegreißen der Vorgabe gesprochen werden kann. Das vor der nächsten Ladung liegende Gesteinsmaterial kann so seine Dämpfungsaufgabe ungestört wahrnehmen.

**Auf das Sprengen mit freiliegenden Ladungen sollte aus Lärmschutzgründen grundsätzlich verzichtet werden.**

**Auf das Sprengen von Knäppern sollte im Erweiterungsbereich aus Lärmschutzgründen verzichtet werden.**

Nach Untersuchungen der ehemaligen LIS = Landesamt für Immissionsschutz NRW in Essen - heute LUA- mit Veröffentlichungen in der Verbandszeitschrift "Die Naturstein-Industrie" Heft 1/1994 sind Detonationsknalle von Gewinnungssprengungen in 100 m Abstand von der Sprengstelle mit 80 - 100dB(A) zu bewerten."

Unter Berücksichtigung der oben aufgezählten Maßnahmen zur Lärminderung ist es zulässig für einen Mindestabstand zum Wohnhaus Wortmann von 100 m den unteren Wert von 80 dB(A) zum Ansatz zu bringen.

Die TA-Lärm nennt unter Punkt 6.1 Immissionsrichtwerte für Immissionsorte außerhalb von Gebäuden. Für Kerngebiete, Dorfgebiete, Mischgebiete nennt die TA-Lärm einen Richtwert von **60 dB(A)**.

Dieser Wert darf von einzelnen kurzzeitigen Geräuschspitzen am Tage um bis zu 30 dB(A) überschritten werden.

Damit wäre für die Schallemissionen für das Wohnhaus Wortmann aus den Sprengungen im geplanten Erweiterungsbereich ein maximaler Beurteilungspegel von 90 dB(A) zulässig.

Prognostiziert wurden 80 dB(A).

**Damit sind die zulässigen Immissionsrichtwerte der TA-Lärm Im Bereich des Wohngebäudes Wortmann eingehalten.**

**Da alle weiteren Immissionsorte (Retringen, Deinstrop, Möringen, etc.) in größeren Entfernungen liegen, kann davon ausgegangen werden, dass die aus den Sprengungen in den geplanten Erweiterungsflächen herrührenden Lärmimmissionen die zulässigen Immissionsrichtwerte nicht überschreiten werden.**

## **9 Überprüfung der tieffrequenten Schalldruckspitzen nach LUA- Essen, Dr. Pompetzki**

Zur Abschätzung tieffrequenter Schalldruckspitzen durch Sprengungen kann die nachfolgend aufgeführte Formel verwendet werden.

$$L_p = (10 \times \log[1.078 \times 10^{10} \times (f \times A \times V_x)^2] - 20 \times \log d - 8) \text{ in dB}$$

Darin sind:

- L<sub>p</sub> : Max. möglicher Spitzenpegel des Schalldrucks in dB
- f : Schwingfrequenz der Membran in Hz. Hier 1Hz.
- A : Membranfläche in m<sup>2</sup>. Hier 800 m<sup>2</sup>.
- d : Abstand der Membranfläche zum Immissionsort in Meter. Hier 100 m.
- V<sub>x</sub> : Anfangsgeschwindigkeit des Haufwerkwurfes in m/s. Hier im Ansatz: 10 m/s.

Rechnung:

$$L_p = (10 \times \log[1,078 \times 10^{10} \times (1 \times 800 \times 10)^2] - 20 \times \log 100-8)$$

$$L_p = (10 \times \log[1,078 \times 10^{10} \times 64000000] - 20 \times \log 92)$$

$$L_p = (10 \times \log[6,8992e+17] - 39,2)$$

$$L_p = 216 - 39,2$$

$$L_p = 138,8 \text{ dB}$$

Der zulässige Spitzenwert zur Vermeidung von Bauteilschäden beträgt 143 dB, was einer Last von 60 Kg/m<sup>2</sup> entspricht.

Prognostiziert wurden 138,8 dB.

**Damit sind die Forderungen zur Schadensvermeidung erfüllt.**

## 10 Grundwassergefährdung

Werden in Steinbrüchen Sprengstoffe in Bereichen eingesetzt, in denen mit wasserführenden Bohrlöchern gerechnet werden muss, so sind dort wasserlösliche Sprengstoffe, wie z.B. ANC-Sprengstoffe technisch nicht einsetzbar resp. deren Einsatz verstößt dann sogar gegen die Verwendungsbeschränkungen der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin.

In wasserführenden Bereichen kommen daher nur wasserfeste Sprengstoffe zu Einsatz. Diese sind von ihrem Aufbau her so dargestellt, dass die Inhaltsstoffe nicht im wesentlichen Umfang ausgelöst werden können. Auch steht für einem Auswaschungseffekt eine sehr geringe Standzeit der Sprengstoffe im Bohrloch gegenüber, da in der Bundesrepublik nur in sehr seltenen Ausnahmefällen Sprengstoffe über einen Tag hinaus im Bohrloch geladen bleiben dürfen.

**Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass die Sprengstoffe im Bohrloch innerhalb weniger Stunden gezündet und vollständig in ihre hauptsächlich gasförmigen Zersetzungsprodukte umgewandelt werden.**

Freie Ionen des Grundwassers könnten mit den gasförmigen Detonationsprodukten reagieren, aber dafür bleibt nur wenig Zeit. Bei Detonationsgeschwindigkeiten zwischen ca. 3000 m/s und 6000 m/s können lediglich unbedeutende Mengen als Reaktionsprodukte entstehen.

**Zusammengefasst ist auszusagen, dass bei der bestimmungsgemäßen Verwendung von den in der Bundesrepublik zugelassenen gewerblichen Sprengstoffen bei der Rohstoffgewinnung von diesen Sprengstoffen und deren Reaktionsprodukte keine Gefährdung für das Grundwasser durch den Eintrag wassergefährdender Stoffe ausgeht.**

## **11 Zusammenfassung**

Bei den geplanten Erweiterungsflächen für den Abbau des Gesteins im Kalksteinbruch "Holzen" der Firma Calcit Edelsplitt GmbH&CoKG in Arnsberg-Holzen kann ohne Gefährdung von Umwelt oder Menschen gesprengt werden, wenn folgende Bedingungen eingehalten werden:

1. Hauptwurfrichtung der Sprengungen nach Süden bis Osten
2. Durch exakte Planung wie Einmessen und Markieren der Bohrlochansatzpunkte und Kontrolle der tatsächlichen Vorgaben ist sicherzustellen, dass Bohrlöcher bzw. Bohrlochabschnitte in der ersten Bohrlochreihe mit Vorgaben unter 3,0 m nicht mit Sprengstoff geladen, bzw. die Ladungen mittels Zwischenbesatz abgeschwächt werden.

3. Es werden maximal 2 Bohrlochreihen in einer Sprengung abgetan.
4. Die maximale Bohrlochzahl einer Sprenganlage wird auf 20 Loch begrenzt.
5. Der Bohrlochdurchmesser wird auf maximal 94 mm begrenzt.
6. Folgende Endbesatzlängen sind entsprechend der Entfernungen zu den schutzwürdigen Objekten, den Höfen Wortmann und Nagel, sowie der unter Denkmalschutz stehenden Wegekappelle einzuhalten:

Distanz	Endbesatzlänge
ab 200 m	3,0 m
150-200 m	3,5 m
100-150 m	4,0 m
<100	4,5 m

7. Der Endbesatz soll aus splitterfreiem Material wie z.B. aus Bohrklein, Brechsand oder feinem Splitten bestehen.
8. Beim Abbau in den nordöstlichen Erweiterungsflächen ist die Lademengen-Abstandsrelation aus folgender Tabelle zu beachten, beim Abbau der vertikalen Erweiterung sind die Werte der Spalte "Nagel" auf alle schutzwürdigen Einrichtungen im Umfeld des Betriebes anzuwenden:

Horizontale Entfernung [m]	Maximale Lademenge je Zündzeitstufe [Kg]		
	Wortmann	Nagel	Heiligenhäuschen
50	1,9	1,7	3,5
60	2,7	2,5	5,1
70	3,7	3,4	7,0
80	4,8	4,5	9,1
90	6,1	5,7	11,2
100	7,6	7,1	14,3
120	10,9	10,2	20,66
140	14,8	13,9	28,1
160	19,4	18,2	36,7
180	24,5	23,0	46,4
200	30,3	28,4	57,3
220	36,6	34,4	69,4
240	43,6	40,9	82,6

260	51,1	48,0	96,9
280	59,3	55,7	112,4
300	68,1	64,0	129,1
320	77,4	72,8	146,9
340	87,4	82,2	165,8
360	98,0	92,1	185,9
380	109,2	102,6	207,1
400	131,0	113,7	229,5

9. Für alle anderen Gebäude im Umfeld sind die Werte aus der Spalte für das Wohnhaus Nagel anzusetzen.
10. In Bereichen, in denen mit Wasser zu rechnen ist, dürfen keine losen ANC-Sprengstoffe eingesetzt werden.
11. Sprengschnur darf nur innerhalb von Bohrlöchern eingesetzt werden.
12. Knäppersprengungen werden im Erweiterungsbereich nicht durchgeführt.
13. Sprengungen mit aufgelegten Ladungen werden nicht durchgeführt.
14. Söhlige Löcher werden im Erweiterungsbereich nur mit Ausblasrichtung Süd bis Ost angelegt und mit Besatzpatronen auf mindestens 3 m verdämmt. Im Endbesatz von söhligen Löchern befindet sich keine Sprengschnur.
15. Der spezifische Sprengstoffaufwand wird  $0,5 \text{ Kg/m}^3$  nicht überschreiten.

Es wird empfohlen das nicht-elektrische Zündverfahren mit redundanter Zündung einzusetzen. Die Zündung sollte dabei im Bohrloch tiefsten eingeleitet werden. Als Intervall in der ersten Reihe kommen dabei 17 ms oder 25 ms infrage, zur zweiten Reihe sollte die Verzögerung mindestens 42 ms betragen.

In der nördlichen Erweiterungsfläche sollte auf den Einsatz des Großbohrlochsprengverfahrens verzichtet werden. Die dann

zwangsweise beizuladende Sprengschnur trägt erheblich zur Lärmbelastigung bei. Bei Bohrlochtiefen unter 12 m ist keine beigeladene Sprengschnur vorgeschrieben.

Der Unterzeichner empfiehlt am Fundament im nächstgelegenen Wohnhaus alle Sprengungen messtechnisch zu erfassen und zu dokumentieren und die Ergebnisse in regelmäßigen Abständen einem Sachverständigen zur Beurteilung vorzulegen.

Bonn, den 13.10.2011



**12 Anhang****A1 Liste aller gemessenen  $V_{imax}$** 

Sprengung 35 bis 43

Nr.	Datum	Uhrzeit	Spreng- stelle	$L_{max}$ [Kg]	Mess- stelle	Entfernung [m]	$V_{imax}$ [mm/s]	$f_i$ [Hz]
35	23.04.09	10:15	C	90	1	283	2,07	33
					2	346	1,97	48
					3	-	6,2	43
					4	-	3,1	40
					8	500	<1,5	-
36	27.04.09	10:03	B	35	1	299	0,68	43
					2	446	0,86	71
					4	-	<1,5	
					7	351	0,8	2
						-		
37	27.04.09	10:36	A	50	1	387	0,82	24
					2	557	<0,5	
					3		3,4	20
					4		<1,5	
					7	375	2,5	9
38	29.04.09	09:16	C	42	1	282	1,35	32
					2	342	1,42	41
39	04.05.09	08:55	B	46	1	298	0,68	16
					2	440	<0,5	
40	05.05.09	10:11	B	40	1	298	0,89	26
					2	439	1,11	71
					3		3,9	15
					4		2	50
					7	354	1,9	13
41	06.05.09	09:36	B	36	1	297	1,4	21
					2	435	0,57	20
42	07.05.09	10:04	B	44	1	296	0,84	24
					2	431	<0,5	
					3		2,6	22
					4		<1,5	
					7	357	1,9	11
43	08.05.09	09:04	B	43	1	295	1,31	21
					2	428	1,26	53

## Sprengung 44 bis 51

Nr.	Datum	Uhrzeit	Spreng- stelle	L <sub>max</sub> [Kg]	Mess- stelle	Entfernung [m]	V <sub>imax</sub> [mm/s]	f <sub>i</sub> [Hz]
44	11.05.09	10:03	A	40	1	384	0,59	14
					2	553	<0,5	
					4		1,1	39
					7	373	1,4	9
					8	730	<0,3	
45	12.05.09	08:56	B	41	1	295	0,89	26
					2	424	1,34	56
					3		2,6	25
					4		2,1	47
					5		3,5	22
46	13.05.09	08:27	A	42	1	381	0,72	23
					2	549	<0,5	
					5		1,5	22
					6		0,8	25
					7	369	1,4	8
47	14.05.09	08:25	C	40	1	280	1,25	32
					2	338	1,52	71
					3		5,5	31
					7	388	1,5	31
					8	500	0,5	45
48	14.05.09	13:40	A	45	1	378	0,8	19
					2	545	<0,5	
49	14.05.09	13:42	B	45	1	294	1,34	29
					2	420	1,37	100
50	18.05.09	08:55	B	38	1	293	0,72	17
					2	417	<0,5	
					3		3,5	17
					5		1,9	19
					7	363	1,1	12
51	18.05.09	09:07	C	40	1	278	1,45	26
					2	333	1,33	45
					3		4,5	24
					5		5,9	41
					7	382	1	12

## Sprengung 52 bis 66

Nr.	Datum	Uhrzeit	Sprengstelle	$L_{\max}$ [Kg]	Messstelle	Entfernung [m]	$V_{\max}$ [mm/s]	$f_i$ [Hz]
52	20.05.09		B	36	1	292	0,8	30
53	25.05.09		B	44	1	292	1,2	18
54	26.05.09		B	42	1	291	0,6	19
55	27.05.09		A	40	1	375	0,8	19
56	29.05.09		A	37	1	371	0,7	17
57	29.05.09		B	36	1	290	1,3	35
58	04.06.09		B	32	1	289	0,9	17
59	04.06.09		C	38	1	277	1,3	50
60	05.06.09		B	37	1	289	1,3	43
61	09.06.09		A	87,5	1	368	0,7	22
62	10.06.09		B	45	1	288	0,9	29
63	16.06.09		A	87,5	1	365	0,7	23
64	17.06.09		B	36	1	287	1	37
65	19.06.09		A	90	1	362	0,8	17
66	22.06.09		C	55	1	275	1,7	41

## **A2 Betriebsbeschreibung Sprengwesen**

### **Bohren mit Vorarbeiten:**

Die für die Sprengung vorgesehene Bruchwand oder der vorgesehene Wandabschnitt werden nach dem Freiräumen vermessen. Bei guten Verhältnissen kann dies mit einfachen Mitteln wie z.B. Neigungsmesser, Bandmaß und Ladestock geschehen.

Schwierige Verhältnisse wie abgerutschte Wandteile, Nachbrüche oder Wandausbrüche erfordern höherwertige Messmethoden wie z.B. die Vermessung mittels Lasertheodolith.

Nach dem Festlegen der Bohrlochansatzpunkte, Neigung und Tiefe der Bohrlöcher werden die Sprengbohrlöcher als Kopfbohrlöcher von oben nach unten gebohrt.

Das Bohren der Löcher kann mittels Imloch- oder Außenhammerbohrgerät erfolgen.

### **Sprengen:**

Der verantwortliche Leiter der Sprengarbeit berechnet die benötigten Sprengstoffmengen und gibt seine Bestellung per FAX oder fernmündlich beim Lieferanten ab. Zum vereinbarten Termin wird die bestellte Ware mittels Gefahrguttransport angeliefert.

Nach Kontrolle der Bohrlöcher in Bezug auf Lage, Neigung, Tiefe und Verlauf beginnt die Ladearbeit, das Füllen der Bohrlöcher mit Sprengstoff. Dabei sind insbesondere die Vorschriften der Unfallverhütungsvorschriften

Sprengarbeiten der Berufsgenossenschaften zu beachten.

Der Sprengberechtigte kann sich bei seiner Arbeit von Spreng Helfern seiner wahl helfen lassen. Er hat deren Arbeit ständig zu beaufsichtigen und zu kontrollieren. Unbefugte Personen werden von der Sprenganlage ferngehalten.

Nach dem Abschluss der Ladearbeiten und dem Fertigstellen der Sprenganlage nimmt der Gefahrguttransport übrig gebliebene Sprengmittel wieder zurück oder diese werden, sofern möglich, in einem betriebseigenen Sprengmittellager eingelagert.

Rechtzeitig vor dem Sprengtermin unterweist der Sprengberechtigte die Absperrposten über deren Aufgabe und weist sie auf ihre Posten ein. Der Sprengberechtigte und die Absperrposten sind mittels Sprechfunkgeräte untereinander verbunden.

Bei abgesperrter Sprengstelle und nach Abgabe der Sprengsignale zündet der verantwortliche Leiter der Sprengarbeit die Sprengung.

Nach erfolgter Sprengung kontrolliert er den Erfolg der Sprengung und gibt, falls keine Besonderheiten erkennbar sind, die Sprenganlage frei und hebt die Absperrung auf.

### **Nachzerkleinerung:**

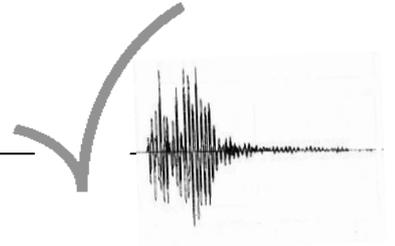
Die Nachzerkleinerung nicht brechergerechter Haufwerksteile (Knäpper) geschieht **nicht** mittels Bohr- und Sprengarbeit, sondern wird durch Felsmeißel oder Fallkugel erledigt.

**Anmerkung:**

Bei allen vorgenannten Tätigkeiten werden die entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen, Unfallverhütungsvorschriften und Genehmigungen beachtet. Die Dokumentation der Sprengungen obliegt dem verantwortlichen Leiter der Sprengarbeit.

## **Anlage 12.3**

### **12.3: Sprengtechnisches Gutachten bzgl. Mindestabstand zur geplanten WEA**



**Gutachten**  
**über die anzuwendende**  
**Sprengtechnik im Steinbruch der**  
**Calcit Edelsplitt Produktions GmbH**  
**&Co. KG**

**in Arnsberg-Holzen im Nahbereich zu**  
**den Windenergieanlagen**

**Auftraggeber:**

Calcit Edelsplitt Produktions GmbH&Co.KG  
Arnsberg-Holzen

**vertreten durch:**

Herrn Hubert Ebers

**ausgeführt durch:**

Dipl.-Ing. Detlef Wendt

vor der IHK Bonn-Rhein/Sieg öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für über- und untertägige Gesteinssprengungen, Zündtechnik, Sprengerschütterungen

Bonn, 20.12.2017

Archiv-Nr.: DW000075

Gliederung	Seite
• Auftrag und Zweck dieses Gutachtens.....	2
• Verwendete Unterlagen.....	2
• Beschreibung der Sprengtechnik.....	3
• Erschütterungsprognose.....	4
• Zusammenfassung.....	5

### **Auftrag und Zweck dieses Gutachtens**

Am 13.11.2017 erteilte der Auftraggeber dem Unterzeichner den Auftrag gutachterlich über die Sprengtechnik Stellung zu nehmen, die bei der geplanten Erweiterung des Betriebes in Arnsberg-Holzen in der Nähe der geplanten und bestehenden Windenergieanlagen in der Umgebung des Betriebes anzuwenden ist.

### **Verwendete Unterlagen**

Als Grundlage für die Bewertung der Sprengerschütterungen dient die DIN 4150 Teil 3. Dem Unterzeichner wurden vom Auftraggeber ein Plan des Betriebsgeländes und der näheren Umgebung zur Verfügung gestellt, sowie ein Schreiben der Firma BBU C. Schubert GmbH · Glockenplatz 1 · 34388 Trendelburg, Gutachten-Nr.: 215001-6 vom 13.11.2017 , in dem die Anhaltswerte der DIN 4150 Teil 3, Tabelle 1, Zeile 1, als maximal zulässige Grenzwerte für die Sprengerschütterungen erklärt werden. Der minimale Abstand der WEAs zu dem Gewinnungsbereich wurde mit 70 m beziffert.

## **Beschreibung der Sprengtechnik**

Im Steinbruch der Firma Calcit Edelsplitt in Arnsberg-Holzen erfolgt die Gewinnung des Gesteins durch Bohr- und Sprengarbeit. Dazu werden in der Regel Bohrlöcher von maximal 92 mm Durchmesser durch Bohren von oben nach unten hergestellt. Dabei betragen Vorgabe und Seitenabstand etwa jeweils 3,0-4,0 m. Bei einer Unterbohrung von rd. 1 m und einer Bohrlochneigung in der Regel von 75° errechnet sich bei einer mittleren Wandhöhe von 10,5 m eine mittlere Bohrlochlänge von 11,0 m.

Die Sprenganlagen sind in der Regel mehrreihig ohne Sohllöcher mit gelegentlichen Hilfslöchern zur Begradigung vor oder hinter den Hauptsprengreihen.

Zur Zündung werden elektrische, nichtelektrische oder elektronische Kurzzeitzünder und Sprengschnur eingesetzt. Dabei werden die Zündmittel in der Form eingesetzt, dass sichergestellt ist, dass immer nur ein Loch zu einer Zündzeitstufe initiiert wird.

Eingesetzt werden brisante Gesteinssprengstoffe und Zündmittel, deren Verwendung in der Bundesrepublik von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung in Berlin zugelassen ist.

Bei einer Bohrlochlänge von 11 m und einer Mindestendbesatzlänge von 3,0 m ergibt sich eine Ladelänge je Loch von 8,0 m.

Das bedeutet, dass jeweils 8 m jedes Bohrlochs mit Sprengstoff gefüllt werden.

Dabei kommen Patronen im Durchmesser von 65 mm bis 75 mm zum Einsatz oder loser ANC-Sprengstoff mit einer Schüttdichte von 0,83 kg/l.

Es sind dann zwischen 40 kg und 60 kg Sprengstoff in jedem Bohrloch geladen.

Wird die Zündanlage so ausgelegt, dass, wie bereits erwähnt, maximal ein Bohrloch auf eine Zeitstufe gezündet wird, beträgt die maximale Lademenge je Zündzeitstufe  $L_{\max} = 60 \text{ kg}$ .

## Erschütterungsprognose

Gemäß DIN 4150 wird zur Prognose von Sprengerschütterungen die folgende Formel verwendet:

$$V_{i\max} = k * L_{\max}^m * R^{-n}$$

mit:

$V_{i\max}$  : maximal prognostizierte Schwinggeschwindigkeit in mm/s

k : Proportionalitätsfaktor ohne Einheit

$L_{\max}$  : maximale Lademenge je Zündzeitstufe in kg

R : Entfernung in m

m : Exponent zur Wichtung von  $L_{\max}$

n : Exponent zur Wichtung von R

Die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover hat für Sedimentgesteine für den Exponenten m den Wert **0,6** und für den Exponenten n den Wert **1,5** vorgeschlagen. Der Korrelationskoeffizient k liegt erfahrungsgemäß im Bereich **400** bis **800**.

Zur Kalkulation der zu erwartenden Sprengerschütterungen an dem Fundament des nächstgelegenen Mastes in 70 m Entfernung wird der oberste Wert des Faktors k = 800 angenommen.

Mit den Parametern  $L_{\max} = 60$  kg und  $R = 70$  m errechnet sich die maximal zu erwartende Schwinggeschwindigkeit zu:

$$V_{i\max} = 800 * 60^{0,6} * 70^{-1,5} = \underline{\underline{15,92 \text{ mm/s}}}$$

**Damit wäre zu erwarten, dass bei nächster Annäherung des Abbaues mit einer Sohlenhöhe von 10 m an die WEAs der genannte Grenzwert von 20 mm/s bei allen Frequenzen eingehalten wird.**

## Zusammenfassung

Bei betriebsüblichen Gewinnungssprengungen mit

- einer Sohlenhöhen bis 10 m,
- einer Ladung je Zündzeitstufe,
- im Raster 3,0 m x 3,0 m bis 4,0 m x 4,0 m,
- bei Verwendung jedes zugelassenen Sprengstoffes und
- einer Mindestendbesatzlänge von 3,0 m

kann davon ausgegangen werden, dass die in das Fundament eingeleiteten Sprengerschütterungen die genannten Grenzwerte nicht überschreiten werden.

Bonn, 20.12.2017



(Dipl.-Ing. Detlef Wendt)