

Sprengtechnisches Projekt

Konzept Erweiterung des Steinbruches Kollmitzberg

der

**ODILIA
Kollmitzberger Granitsteinbruch GmbH
Heide 2, 3361 Aschbach Markt**

1. Thema:

Die Firma Odilia baut im Steinbruch Kollmitzberg Granitsteine ab. Das geschieht sinnvollerweise durch Sprengungen. Im Rahmen der Erweiterung soll die eingesetzte Sprengtechnik auf ihre Auswirkung auf die Anrainer, insbesondere in Hinblick auf Sprengerschütterungen betrachtet werden.

2. Grundlagen:

- Abbauplan
- Rekultivierungsplan
- Profile
- Geologisch-lagerstättenkundliche Beschreibung gemäß ÖNORM G1020-2
- Sprengprotokolle und Erschütterungsmessungen der letzten Jahre

3. Rechtsgrundlagen und Normen

- Mineralrohstoffgesetz - MinroG, BGBl. Nr. 38/1999, i.d.g.F.
- Sprengmittelgesetz 2010 – SprG, BGBl. I Nr. 121/2009
- Sprengmittellagerverordnung – SprLV, BGBl. II Nr. 483/2010
- Sprengarbeitenverordnung – SprengV, BGBl. II Nr. 358/2004 idF BGBl. II Nr. 13/2007
- Bergbau-Sprengverordnung - BSpV , BGBl. II Nr. 60/2009
- ÖNORM S 9020:2015-12 Erschütterungsschutz für ober- und unterirdische Anlagen
- DIN 4150-01 „Vorermittlung von Schwingungsgrößen“, Jun 2001
- DIN 4150-02 „Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden“
- DIN 4150-03 „Einwirkung auf bauliche Anlagen“, Feb 2001
- Tagbauarbeitenverordnung - TAV, BGBl. II Nr. 416/2010

4. Normen und Verordnungen zu Sprengerschütterungen

4.2.1. ÖNORM S 9020 neu

Ziel der ÖNORM S 9020 neu ist der Schutz baulicher Anlagen vor Schäden, die durch kurzzeitige, impulsförmige Erschütterungen von außen hervorgerufen werden.

Unter anderem ist in der ÖNORM S 9020 festgelegt, dass Erschütterungsmessungen dort zu erfolgen haben, wo die Erschütterungen in das Gebäude eingeleitet werden, d.h. im Fundamentbereich an der, der Sprengstelle

nächstgelegenen Bauwerksseite. Die maßgebliche Beurteilungskenngröße bildet dabei der Scheitelwert der resultierenden Schwinggeschwindigkeit (Schwinggeschwindigkeit $v_{R,max}$). Diese sehr moderne Norm berücksichtigt Frequenzen in Abhängigkeit von der Erschütterungsdauer. Umfangreiches Datenmaterial aus der Erdbeben- und Erschütterungsforschung wurde darin eingearbeitet. Im Anhang werden Erschütterungsschäden und ihr typisches Schadensbild beschrieben. Bei Einhaltung dieser Norm sind Schäden, die den Gebrauchswert mindern ausgeschlossen. Schönheitsschäden (Haarrisse) bei Gebäuden gelten als solche Schäden und werden daher bei Einhaltung der Norm vermieden.

4.2.2. Deutsche NORM „DIN 4150 – Erschütterungen im Bauwesen“

In der DIN 4150 vom Februar 1999, die als Ersatz für die Ausgabe 1986-05 gilt, wurden neuere Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Praxis berücksichtigt.

Die DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ besteht aus:

DIN 4150, Teil 1 "Vorermittlung von Schwingungsgrößen", Juni 2001

Die Norm enthält Angaben für die Vorermittlung von Erschütterungen, beschreibt Verfahren und gibt Hinweise, auf deren Grundlage die Werte von Erschütterungsgrößen vorermittelt werden können. Mit diesen Werten kann eine Beurteilung der Erschütterungseinwirkungen nach DIN 4150 Teil 2 und DIN 4150 Teil 3 erfolgen.

Die DIN 4150, Teil 3 "Einwirkung auf bauliche Anlagen" vom Februar 1999 legt ein Ermittlungs- und Beurteilungsverfahren für Erschütterungseinwirkungen auf bauliche Anlagen fest. Bei Einhaltung der Anhaltswerte treten Schäden im Sinne einer Verminderung des Gebrauchswertes von Bauwerken nicht ein.

4.2.3. Bergbau Sprengverordnung

Die Werte des Teils 3 der DIN-Norm "Einwirkung auf bauliche Anlagen" wurden unverändert in die neue Bergbau Sprengverordnung übernommen. Diese Norm ist die relevante Norm für diesen Abbau. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass sowohl die Bergbau-Sprengverordnung mit wesentlich niedrigeren Grenzwerten als auch die ÖNORM S9020 eine Schadensfreiheit – auch von Schönheitsschäden – garantieren.

5. Allgemeine Angaben

Detaillierte Angaben zur Aufschluss- und Abbauplanung sind dem Gewinnungsbetriebsplan zu entnehmen.

5.1. Sprengtechnische Rahmenparameter

Die bohr- und sprengtechnischen Aktivitäten des Steinbruches Odilia-Kollnitzberg können durch folgende sprengtechnische Parameter beschrieben werden:

verwendete Sprengstoffe:	Sprengstoffe, die dem Sprengmittelgesetz entsprechen. Im Wesentlichen werden Emulsionssprengstoffe oder Gelatinöse Sprengstoffe eingesetzt. Bei Bedarf kommen Sprengschnüre zum Einsatz. Sowohl als Begleitung zu normalen Sprengladungen als auch als Presplitting-Ladung.
Art der Zündung:	Zündung vom Bohrlochmund, Zündung aus dem Bohrlochtiefsten, redundante Zündung, Zündung von geteilten Ladesäulen. Die bevorzugte Art der Zündung wird eine Zündung aus dem Bohrlochtiefsten sein.
Zündertypen:	Moment- und Millisekundenzünder, elektrisch, nicht elektrisch (Schlauchzündung), elektronisch. Im Augenblick wird hauptsächlich die Schockschlauchzündung eingesetzt. Das soll auch weiterhin so bleiben.
Besatzart:	Splitt
Etagenhöhe	bis zu 10 m
Bohrlochlänge:	Bis zu 11 m
Bohrlochtypen:	Kopfbohrlöcher im Regelbetrieb.
Bohrlochneigung:	75°
Bohrlochdurchmesser:	Bis zu 90 mm
Seitenabstand:	2,5 – 3,5 m
Vorgabe:	2,5 – 3,5 m
Lademenge/Bohrloch:	Bis zu 40 kg
Lademenge/ZZS:	Bis zu 40 kg
Gesamtlademenge/Sprengung:	bis zu ca. 800 kg
Abschlagkubatur/Bohrloch:	Ca. 105 m ³
spezifischer Sprengstoffbedarf:	Ca. 300 - 400 g/m ³
Nächstes bewohnte Gebäude	75 m vom Abbaugelände

Die oben dargestellten Parameter gelten für den Regelbetrieb, in dem die abbau-geometrischen Verhältnisse den beschriebenen Rahmengrößen entsprechen. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass für die Höhe der zu erwartenden Erschütterungen nicht die Gesamtlademenge ausschlaggebend ist, sondern die Sprengstoffmenge pro Zündzeitstufe, d.h. die Sprengladungen, die gleichzeitig gezündet werden.

Die Bohrlochtiefe richtet sich nach den örtlichen Gegebenheiten und nach der jeweiligen Sprengaufgabe. Die Sprengprotokolle werden archiviert, um eine Dokumentation zu gewährleisten.

5.2. Umgebungssituation

5.2.1. Bewohnte Objekte

Das nächste bewohnte Objekt liegt in 75 m Entfernung zur Projektfläche und ca. 100 m von der nächsten Sprengstelle. Weitere bewohnte Objekte liegen in ca. 290 m Entfernung zur nächsten Sprengstelle

5.2.2. andere Objekte:

- Firmengebäude im Besitz der Firma Odilia
- Greiner Bundesstraße B119
- Donau als Wasserstraße

6. Prognose der Schwinggeschwindigkeiten

Bei Sprengungen treten Bodenerschütterungen auf. Als Maß für die Auswirkung dieser Bodenerschütterung gilt die Schwinggeschwindigkeit in mm/sec.

Die Schwinggeschwindigkeit verringert sich mit zunehmender Entfernung vom Sprengort. Die tatsächlich vor Ort auftretenden Sprengerschütterungen werden durch das Absorptionsverhalten des vorhandenen Gebirges bestimmt. Weitere Energieabnahmen werden durch Risse, Klüfte, Schichtflächen usw. bestimmt. Auf Basis der Distanz und der Lademenge pro Zündstufe ist eine Prognose der zu erwartenden maximalen Schwinggeschwindigkeiten möglich. Es existieren mehrere Verfahren, die auf empirisch ermittelten Faktoren basieren.

6.1. Prognose der Schwinggeschwindigkeiten nach Lüdeling/Hinzen

Zur Prognose der Schwinggeschwindigkeiten wird das Erschütterungszahlverfahren nach Lüdeling/Hinzen herangezogen. Beim nächsten Gebäude in 100 m sind bei 40 kg Sprengstoff pro Verzögerungsstufe ca. knapp 10 mm/s Schwinggeschwindigkeit zu erwarten.

Bei den anderen Gebäuden beträgt die prognostizierte Schwinggeschwindigkeit ca. 2,5 mm/s

	$206 \cdot L^{0,8} \cdot R^{-1,3}$
	Lüdeling
Distanz	Kristallin
100,00	9,90
110,00	8,74
120,00	7,81
130,00	7,04
140,00	6,39
150,00	5,84
160,00	5,37
170,00	4,97
250,00	3,01
260,00	2,86
270,00	2,72

280,00	2,60
290,00	2,48
300,00	2,37
310,00	2,27
320,00	2,18
330,00	2,10

6.2. Messungen der Schwinggeschwindigkeiten und Anpassung der Prognoseformel

Messreihen im Steinbruch zeigen eine deutlich geringere Erschütterung pro Sprengstoffmenge als von Lüdeling-Hinzen prognostiziert. Eine an die tatsächlichen Erschütterungen angepasste Formel ergibt für das nächste Gebäude (100 m Distanz, 40 kg Sprengstoffmenge/Zündstufe) einen Wert von ca. 6 mm. Als Formel wird eine modifizierte Oriard-Formel verwendet. Sie eignet sich sehr gut zur Ermittlung des tatsächlichen Verspannungsgrades und ist ähnlich der Lüdeling/Hinzen-Berechnung aufgebaut.

6.3. Vergleich mit den Anhaltswerten gemäß Bergbau-Sprengverordnung

Um den Schutz von fremden nicht zur Benützung überlassenen Gebäuden vor Beschädigungen durch Sprengerschütterungen zu gewährleisten, müssen die in der Anlage zur Bergbau-Sprengverordnung (BGBI. II Nr. 60/2009) festgelegten Anhaltswerte für die maximale Schwinggeschwindigkeit eingehalten werden:

Art des Gebäudes	maximale Schwinggeschwindigkeit v_i [mm/s]			
	Frequenz f [Hz] am Fundament			Oberste Deckenebene, horizontal
	1 bis 10 Hz	10 bis 50 Hz	50 bis 100 Hz	Alle Frequenzen
Gewerblich genutzte Gebäude, Industriebauten	20	$15 + 0,5 f$	$30 + 0,2 f$	40
Wohngebäude	5	$2,5 + 0,25 f$	$10 + 0,1 f$	15
Besonders erschütterungsempfindliche Gebäude (z. B. denkmalgeschützte)	3	$1,75 + 0,125 f$	$6 + 0,04 f$	8

Der einzuhaltende Anhaltswert ermittelt sich einerseits aus der zu erwartenden (= prognostizierten) Schwinggeschwindigkeit v_i und andererseits aus den begleitenden Frequenzen.

Die Sprengerschütterungen liegen beim nächsten Gebäude laut Prognoseformel von Lüdeling/Hinzen bei ca. 10 mm. Diese Schwinggeschwindigkeit wäre erst ab Frequenzen ab 30 Hz zulässig. Hier muss vor allem darauf geachtet werden, welche vorherrschenden Frequenzen im Gebäude auftreten. Je näher man am Schutzobjekt sprengt, desto höher werden üblicherweise die vorherrschenden

Frequenzen im Schutzobjekt. Der Kehrwert der Verzögerungszeiten ist hier eine gute Annäherung. Bei 25 mm sind das 40 Hz.

Verwendet man allerdings die an die tatsächlich gemessenen Schwinggeschwindigkeiten angepasste Formel, ergibt sich ein Wert von ca. 6 mm. Hier kann davon ausgegangen werden, dass die Frequenz höher liegt als 14 Hz.

Die Sprengungen werden mit einem Erschütterungsmessgerät überwacht. Sobald man im Objekt Peham Werte erreicht, die in die Nähe der Grenzwerte der Bergbau-Sprengverordnung liegen, werden die Sprengstoffmengen entsprechend verringert. Man kann das durch geringere Etagenhöhen oder geteilte Ladesäulen erreichen. Es wird noch einmal darauf hingewiesen, dass eine Überschreitung der Grenzwerte der Bergbau-Sprengverordnung nicht automatisch bedeutet, dass das Objekt beschädigt wird. Der entsprechende Grenzwert der ÖNORM liegt bei 16 mm. Auch hier wird explizit Schadensfreiheit (incl. Schönheitsschäden, wie Haarrisse im Putz) garantiert.

Im Gegensatz zur DIN-4150 und der daraus abgeleiteten Bergbau-Sprengverordnung orientiert sich die ÖNORM an Erkenntnissen aus der Erdbebenforschung (European Macroseismic Scale) und setzt ihre Grenzwerte bei 50 % der theoretisch möglichen Schadensschwelle an. Das entspricht auch den Erkenntnissen der internationalen Fachliteratur.

6.4. Brunnen:

Es befinden sich in größerer Entfernung vom Steinbruch mehrere Brunnen. Die Bergbau Sprengverordnung macht keine Angaben zum Schutz von Brunnen. Die neue ÖNORM S9020 stuft Quelfassungen und Reservoirs als normal empfindlich ein. Der Grenzwert dafür beträgt 23,6 mm/s bis 31,5 mm/s. Im Gegensatz zur landläufigen Meinung kamen Untersuchungen der US-Bergbehörde zur Erkenntnis, dass Quellen und Brunnen relativ unempfindlich gegenüber Erschütterungen sind.

Es besteht auch in dieser Hinsicht keine Gefahr durch Sprengerschütterungen.

5.6. Beurteilung der Belästigung von Menschen in Gebäuden durch Erschütterungsimmissionen lt. DIN-Norm 4150-2

Neben den Auswirkungen auf die Gebäudesubstanz führen Erschütterungen in Gebäuden zu einer Belästigung der Menschen, die darin leben. Das Ausmaß dieser Belästigung hängt insbesondere von folgenden Faktoren ab:

- der Größe bzw. Stärke der auftretenden Erschütterungen
- der Frequenz
- der Einwirkungsdauer
- der Häufigkeit und Tageszeit des Auftretens und der Auffälligkeit /Überraschungseffekt)

- der Art der Erschütterungsquelle

Von den individuellen Eigenschaften und den situativen Bedingungen sind unter anderem von Bedeutung:

der Gesundheitszustand (physisch, psychisch)

- die Tätigkeit während der Erschütterungsbelastung
- der Grad der Gewöhnung
- die Einstellung zum Erschütterungserzeuger
- die Erwartungshaltung in Bezug auf ungestörtes Wohnen, die unter Umständen von der Art des Wohngebietes abhängig ist.
- Die Sekundäreffekte, wie z. B. das Klirren von Gläsern, sichtbare Schwingungsbewegungen von Pflanzen oder Lampen etc. oder das Klappern von Türen, Fenstern usw.

Die DIN-Norm 4150 widmet sich dieser Problematik. Bei der Einhaltung dieser Norm wird davon ausgegangen, dass keine erheblichen Belästigungen durch Erschütterungen entstehen. Üblicherweise werden die Werte am konkreten Ereignis gemessen und berechnet. Vorhersagen sind infolge des unbekanntem Schwingungsverhaltens der Gebäude schwierig. Es wird der Versuch unternommen, Schwingungsgeschwindigkeiten anzugeben, bei denen diese Norm noch eingehalten wird.

Basis dieser Berechnung ist der dimensionslose KB-Wert. Dieser Wert sollte kleiner als der Anhaltswert A0 sein. Der A0 Wert beträgt bei Sprengungen 6 bzw. 8 (dimensionslos).

$$KBF_{\max} = KB \cdot cF$$

cF beträgt lt. Tabelle 3 für Einzelereignisse von kurzer Dauer ohne Resonanzbeteiligung den Wert 0,6

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

Wobei f die Frequenz und $f_0 = 5,6$ Hz (Grenzfrequenz des Hochpasses) beträgt.

Wenn man nun eine Frequenz von 20 Hz oder höher annimmt, so geht der zweite Teil der KB-Formel gegen v_{\max} . Höhere Frequenzen bewirken nur mehr eine sehr geringe Änderung des Ergebnisses, wobei sehr tiefe Frequenzen (unter 10 Hz) den Wert noch um einiges verringern können.

Die gemessenen Schwingungsgeschwindigkeiten dürfen somit bis ca. 14 mm/sec. betragen um den zulässigen Wert von $A_0 = 6$ einzuhalten. Da mehrmals pro Jahr auch ein Wert von $A_0 = 8$ erlaubt ist, darf die maximale gemessene Schwingungsgeschwindigkeit bis zu ca. 19 mm/s erreichen.

Die zu erwartenden Schwingungsgeschwindigkeiten und Frequenzen liegen bei Beachtung der vorgeschlagenen Lademengen im Verhältnis zur Distanz noch

unter den angeführten Grenzwerten. In Hinblick auf die Einhaltung der DIN Norm 4150 sind voraussichtlich unkritische Werte zu erwarten. Um sicherzugehen, dass die Werte auch tatsächlich eingehalten werden, werden Messungen durchgeführt. Sowohl am Fundament des Gebäudes (Bergbau-Sprengverordnung) als auch im Wohnbereich. Wobei anzunehmen ist, dass bei Einhaltung der Fundamentwerte auch die Werte im Wohnbereich eingehalten werden. Wie schon festgestellt, sind bei Annäherung der Sprengstelle an das Gebäude eher hohe Frequenzen zu erwarten. Das heißt: Der Grenzwert wird eher bei 14 mm/s (bzw. 19 mm/s) liegen. Wenn der Messwert im Fundament bei ca. 6 mm liegt, wird im Wohnbereich im Erdgeschoß der Wert etwas höher liegen, im 1. Stock beim ca. 1,5fachen bis doppelten des Fundamentwertes.

6.5. Sprengerschütterungen im Vergleich zu anderen Belastungen der Gebäudestruktur

Risse in Bauwerken (oder im Untergrund bzw. Felsen im Nahbereich des Steinbruches) werden durch Längen- oder Winkeländerungen verursacht, die dem Baustoff durch innere bzw. äußere Kräfte aufgezwungen werden.

Verursacht werden derartige Längen- und Winkeländerungen durch:

- Temperatur- und
- Feuchtigkeitsveränderungen
- Lastabhängige Verformungen
- Setzungen
- Frost
- Erschütterungen (z. B. Sprengerschütterungen)

Temperaturänderungen bilden materialmäßig die bei weitem größte Belastung eines Baustoffes. Untersuchungen der US-amerikanischen Bergbehörde stufen die Belastungen durch normale Hausbenutzung auf 0,5 Zoll = 12,5 mm ein.

Wetterbedingte Ursachen wie Windböen, Temperatur- und Feuchtigkeitsänderungen werden mit Schwinggeschwindigkeiten von 1,2 Zoll = 30 mm bis zu einem mehrfachen dieses Betrages angenommen. (Siskind) Diesen Werten liegen ausgedehnte Messreihen und Untersuchungen zugrunde.

6.4 Erdbeben-Schadensschwelle für Bauwerksschäden, Grad 1 für verschiedene Bauwerks-Empfindlichkeitsklassen nach EMS92

Empfindlichkeitsklasse	typische Bauform	Bebenintensität I	Schwinggeschwindigkeits-Richtwert
A	Adobe	5°	25 mm/sec
B	Stein, Ziegel und Betonstein Mit nicht versteiften Decken	6°	47 mm/sec
C	Ziegel mit versteiften Decken (Fertigteile mit Stahlbetonaufgabe, Stahlbetonplattendecken, etc.)	7°	87 mm/sec

7. Steinflug:

Die Distanz zwischen Sprengstelle und nächstem Nachbarn (Gehöft auf Parzelle .44/1, KG Kollmitzberg) beträgt ca. 100 m. Nachdem dieser Wert unter der in der Sprengarbeitenverordnung angeführten 300 m Streubereich liegt, sind vom Sprengbefugten besondere Maßnahmen hinsichtlich des Sprengverfahrens oder Schutzmaßnahmen gefordert. Nachdem die geologischen Verhältnisse bekannt sind, obliegt es dem Sprengbefugten, den Streubereich vor jeder Sprengung festzulegen. Die zahlreichen Sprengungen der letzten Jahre bilden eine wichtige Grundlage in der Beurteilung des Streufluges. Das betrifft auch die Greiner Bundesstraße in unmittelbarer Nachbarschaft des Steinbruches.

Es werden im Projekt keine fixen Distanzen angeführt, ab denen eine Sperre der Straße unbedingt erforderlich sein wird. Letztendlich wird die Distanz von den Erfahrungen der vergangenen Sprengungen und von zusätzlichen Schutzmaßnahmen (z. B. schwere Sprengschutzmatten) abhängig sein.

8. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Um die maximalen Schwinggeschwindigkeiten zu prognostizieren, wurde eine Prognoserechnung nach dem Erschütterungszahlverfahren von Lüdeling/Hinzen durchgeführt. Diese zeigt, dass die prognostizierten maximalen Schwinggeschwindigkeiten mit einer Ausnahme deutlich unterhalb der Grenzwerte der Bergbau-Sprengverordnung liegen. Für das Gehöft auf Parzelle .44/1, KG Kollmitzberg müssen im Vorfeld Erschütterungsmessungen erfolgen, die sowohl Schwinggeschwindigkeit als auch die damit verbundenen vorherrschenden Frequenzen erfassen. Damit kann man – falls erforderlich – die Sprengtechnik soweit anpassen, dass die Verordnung sicher eingehalten wird.

Die Streubereiche müssen vom Sprengbefugten festgelegt werden. Sie sind in großen Bereichen geringer als der in der Sprengarbeitenverordnung festgelegte Radius von 350 m. Aufgrund der bisher gewonnenen langjährigen Erfahrungen sind derartige Reduktionen möglich.