



Messbericht zu Sprengungen

Steinbruch Homburger Höhe

für den Zeitraum vom 07.06.2011 bis 18.07.2011

MESSPROTOKOLL

Institution: BlastCom GmbH, Am Reißturm 15, 86720 Nördlingen
Bearbeiter: Rolf R.Schillinger, CTO, Sachverständiger für Sprengtechnik und Sprengerschütterungen über und unter Tage

Zeit: 07. 06.bis 18.07.2011 09:50 - 14:10 Uhr
Datum Messzeiten

Auftraggeber: HeidelbergCement AG, Werk Lengfurt, Homburger Straße 41

1. Art der Erschütterungen:

- a) Erreger Sprengerschütterungen
b) Betriebsbedingungen siehe Bohr- u. Sprengplan HC

2. Ort und Lage:

- a) Erschütterungsquelle Werk Lengfurt
Gewinnungssprengung, Homburger Höhe
b) Messpunkte Geophon im Keller auf dem Boden an der Hauswand mit x,y zur Wand in Richtung Emissionsort
c) Messrichtung zur Erschütterungsquelle
d) Entfernung von der Erschütterungsquelle siehe Lageplan

3. Umgebungsverhältnisse:

Wohngebäude auf festem Untergrund

4. Subjektive Beobachtungen:

leicht spürbare Erschütterungen

5. Messkette:

Triggerschwelle 0,5 mm/s (siehe Messprotokolle der einzelnen Standorte)

1 INSTANTEL MiniMate Plus nach DIN 45669 , Eigenfrequenz 4,2 Hz A 3 HVT 2 - 250 mit Digitalfilter, Schwinggeschwindigkeitsaufnehmer, Arbeitsfrequenz 1 - 315 Hz; 1 Aufnehmer mit 3 Geophonen HVT, Frequenzanalysator für EDV – Auswertung, Richtmikrofon zur Schallbewertung.

Standort: Im Kemmerich 12

Am 07. Juni 2011, 11:04:14

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **104,2 dB(L) mit 2,3 Hz**

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Transversal **1,40 mm/s bei 5,6 Hz**

Am 7. Juni 2011, 11:07:23

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **106,5 dB(L) mit 2.7 Hz**

Sprengung!

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Transversal **0,698 mm/s bei 4,7 Hz**

Am 7. Juni 2011, 13:23:38

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **97,5 dB(L) mit 6,0 Hz**

Sprengung!

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Horizontal **1.19 mm/s bei 6.1 Hz**

Am 9. Juni 2011, 09:52:47

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **109,9 dB(L) mit 2,8 Hz**

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Transversal **1,21 mm/s bei 3,8 Hz**

Am 6. Juli 2011, 10:16:21

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **107,0 dB(L) o. Frequenz**

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Transversal **1,08 mm/s bei 4,3 Hz**

Am 18. Juli 2011, 14:04:18

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **103,5 dB(L) mit 4,9 Hz**

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Transversal **0,619 mm/s bei 5,1 Hz**

Standort: Am Hackenberg 12

Am 07. Juni 2011, 11:04:18

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **103,5 dB(L) mit 1,9 Hz**

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Transversal **1.86 mm/s bei 6.1 Hz**

Am 07. Juni 2011, 11:07:27

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **106,0 dB(L) mit 2,3 Hz**

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Transversal **0.984 mm/s bei 5.5 Hz**

Am 07. Juni 2011, 13:23:42

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **94,0 dB(L) mit 4,5 Hz**

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Horizontal **1,17 mm/s bei 5.7 Hz**

06. Juli 2011, 10:16:52

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz

Lineare Schallintensität **107,0 dB(L) 5,8 Hz**

Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz

Transversal **1,14 mm/s bei 4,4 Hz**

Standort: Im Kemmerich 7

Am 07. Juni 2011, 11:04:18

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz
Lineare Schallintensität **104,2 dB(L) mit 2,5 Hz**
Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz
Horizontal **1,21 mm/s bei 6.10Hz**

Am 07. Juni 2011, 11:07:27

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz
Lineare Schallintensität **105,5 dB(L) mit 2,5 Hz**
Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz
Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz
Transversal **0,714 mm/s bei 5.5 Hz**

Am 07. Juni 2011, 13:23:42

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz
Lineare Schallintensität **94,0 dB(L) mit 5,8 Hz**
Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz
Horizontal **1,57 mm/s bei 5.7 Hz**

Am 09. Juni 2011, 09:52:51

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz
Lineare Schallintensität **104,9 dB(L) mit 2,7 Hz**
Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz
Transversal **1,44 mm/s bei 4.3 Hz**

06. Juli 2011, 10:16:41

Sprengung!

Max. Schall und Frequenz
Lineare Schallintensität **95,9 dB(L) 2,9 Hz**
Max. Schwinggeschwindigkeit v_i (mm/s) und Frequenz
Transversal **0,825 mm/s bei 4,3 Hz**

Analyse der Erschütterungen

1.0. Gegenstand

Die Analyse betrifft Sprengerschütterungen die im Umfeld des Steinbruchs Homburger Höhe als Begleiterscheinung zu übertägigen Gewinnungsarbeiten aufgetreten sind. Die Analyse der Messwerte erfordert eine Beurteilung über die Sprengerschütterungen nach DIN 4150 "Erschütterungen im Bauwesen" sowie eine Aussage über schädliche Einwirkungen auf Bauwerke. Eine daraus folgernde Darlegung der Immissionen, die nicht im Einklang der DIN 4150-3, "Einwirkung auf bauliche Anlagen", Februar 1999 stehen, ist erforderlich.

2.0. Sprengerschütterungen

Der Wirkungsmechanismus einer Sprengung führt zwangsläufig zum Entstehen von Schwingungen im umgebenden Medium. Unter herkömmlichen Bedingungen eines 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.

Bei allen Einwirkungen auf das Umfeld ist zu berücksichtigen, dass nach den gewonnenen Erkenntnissen der zeitliche Ablauf einer Gewinnungssprengung im Steinbruch Homburger Höhe um ca. 1 - 2 Sekunden liegt. Die Einwirkungen sind als kurzzeitige Erschütterungen anzusehen, deren Häufigkeit des Auftretens nicht ausreicht, um Materialermüdungserscheinungen auftreten zu lassen, und deren zeitliche Abfolge nicht geeignet ist, um in betroffenen Bauwerksstrukturen Resonanz zu erzeugen.

4.0. Analyse der gemessenen Werte

4.1. Beurteilung von Sprengerschütterungen auf Bauwerke

Zur Beurteilung wurde die DIN 4150 – 03, 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 (Stärke, Frequenzen, besonders unter 8 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, 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 (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. Die Anhaltswerte sind in der u.a. Tabelle 1 dargestellt.

Die in der **Tabelle 1** angegebenen 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 sofort als Ursache für Schäden an Bauwerken in Frage kommen müssen.

Tabelle 1: 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

Nach DIN 4150-3-1999-02

Weitergehend ist festzustellen ob die Werte den Bauwerken 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 dieser Analyse berücksichtigt. Die Gebäudeart der Bauwerke wurde vom Unterfertigten, auf Grund der sensiblen Umweltsituation in die **Zeile 3** der **Tabelle 1** der **DIN 4150 – 03**, eingeordnet.

Analyse:

Es wurde festgestellt, dass die Messwerte im Zeitraum vom 07.06.2011 bis 18.07.2011 im Bereich der zulässigen Anhaltswerte lagen.

5.0. Beurteilung der Schallemission

Schallimmissionen gehören zu den unumgänglichen Begleiterscheinungen von Sprengarbeiten. Bei Sprengungen werden Erschütterungen, aber auch Schall durch den Boden weitergeleitet, der sich allseitig ausbreitet und erst mit wachsender Entfernung von der Erschütterungsquelle, allmählich abklingt. Neben dem unvermeidlichen Bodenschall ist auch Luftschall vorhanden, dem besondere Aufmerksamkeit zuzuordnen ist. Bis in eine gewisse Entfernung vom Sprengort ist dieser für den Menschen deutlich spürbar. Mit diesem Hintergrund wird erkennbar, dass neben den Sprengerschütterungen mit den Anhaltswerten der Schwinggeschwindigkeit v_i nach DIN 4150, noch andere Kriterien zu beachten sind, die einen nicht unerheblichen Einfluss auf Erschütterungseinwirkungen haben können.

Wie einschlägige Laborversuche zeigen, kann der Mensch verschieden starke Erschütterungsimmissionen erst dann unterscheiden, wenn sich ihre Stärke um 25 % ändert. In Dezibel ausgedrückt ergibt dies ein Auflösungsvermögen des Menschen für unterschiedliche Er-

erschütterungsimmissionen von ± 2 dB, das somit demjenigen für Schallimmissionen recht ähnlich ist. Daraus folgt auch, dass der Mensch erst eine Verdoppelung der Schwingstärke als wesentliche Qualitätsveränderung empfindet, welches er durch eine unterschiedliche Wahrnehmungsbeschreibung ausdrückt. In seinem Wohnbereich ist das Alltagsleben des Menschen dadurch charakterisiert, dass keine ständig wahrnehmbaren Erschütterungsimmissionen auf ihn einwirken, sondern nur einzelne Ereignisse, die vorwiegend von anderen Hausbewohnern einschließlich der Nachbarn hervorgerufen werden. Abgestrahlte Körperschall-Immissionen werden hörbar, sobald sie den Grundgeräuschpegel überschreiten. Dieser ist in Wohngebieten verhältnismäßig niedrig anzusetzen und in einer TA Lärm festgelegt. Da der Mensch Erschütterungen und sekundären Luftschall somit in unterschiedlicher Weise wahrnimmt, sind auch unterschiedliche Bewertungsverfahren notwendig.

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. Für den Menschen ist die Fühlbarkeitsschwelle einer Sprengung innerhalb eines Gebäudes oft erheblich niedriger, als außerhalb. Der Unterschied liegt vermutlich darin, dass der Schall innerhalb eines Bauwerks, vom Bauwerk selbst erzeugt wird. Daneben lässt ein allgemein niedriges Akzeptanzniveau gegenüber Sprengarbeiten sofort eine erhebliche Erschütterungsimmissionen vermuten, die ein betroffenes Bauwerk beschädigen könnte.

Analyse:

Die gemessenen Schalldruckwerte im Bereich von 104 dB(L) bis 109,9 dB(L) und dominanter Frequenzen von ca. 2 Hz bis 6 Hz lag im – für den Menschen - nicht wahrnehmbaren Hörbereich. Die Schalldruckwerte lassen jedoch Bewegungen in Bauwerken erwarten (Klappern von Gegenständen wie Türen und Fenster, Geschirr usw.)

6.0. Schlussfolgerungen und Maßnahmen

Schwingungsmessungen am Fundament nahe der Außenwand, geben wesentliche Hinweise für die Beurteilung von schädlichen Einwirkungen an Bauwerken. Bei Messungen an dieser Stelle wird die Antwort des Bauwerks auf die Fundamentanregung ermittelt. Im gegebenen Falle war keine übermäßige Belastung an den aufgehenden Kellerwänden zu erkennen. Die ermittelten Werte für kurzzeitige Einwirkungen lagen innerhalb des zulässigen Bereiches der Anhaltswerte. Die Definition der Anhaltswerte ist nachfolgend dargestellt:

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

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

Zur Verminderung des Schalldruckes dB(L) im Bereich unter 16 Hz (nicht hörbar für das menschliche Ohr), wurden vom Betrieb bereits Maßnahmen eingeleitet, die eine weitere Reduzierung der Immission im Umfeld erwarten lassen. Die Maßnahmen werden weiterhin vom Betrieb in Zusammenarbeit mit dem Unterfertigten vorbereitet und in den Bereichen Zündung und Endbesatz bei zukünftigen Sprengungen einfließen.

Nördlingen, den 22. Juli 2011



Rolf R. Schillinger, CTO
Sachverständiger für Sprengtechnik und
Sprengerschütterungen über und unter Tage