

Zusammenhang zwischen Erschütterungs- und Schallimmissionen bei Gewinnspaltungen der Naturstein-Industrie

Martin Klemenz (1), Heiko Fuchs (2)

(1) Institut für Technische Akustik, (2) Institut für Bergbaukunde III, RWTH Aachen

1 Einleitung

Betriebe der Naturstein-Industrie sind oft in hohem Maße mit Anwohnerbeschwerden konfrontiert. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens wurden die Ursachen für diese Belästigung untersucht. Insbesondere sollten Erschütterungs- und Schallimmissionen getrennt betrachtet und hinsichtlich ihrer hervorgerufenen Reaktionen bewertet werden. Die Kenntnis darüber, ob Betriebe zur Konfliktvermeidung neben der Erschütterungs- auch die Schallproblematik einbeziehen sollten, ist zwar teilweise vorhanden (siehe z.B. [1-3]); sie ist aber durchaus noch ergänzungswürdig.

2 Messung der Immissionen

Innerhalb des Forschungsvorhabens wurden die Immissionen von Sprengungen in einer Stadt im Norden des Sauerlandes untersucht, die Kalksteinvorkommen im Stadtgebiet aufweist und hierbei einer der Steinbrüche relativ nah an den angrenzenden Wohngebieten liegt. Hierbei wird unterschieden zwischen den Anwohnerbereichen "Block 1", der durch einen Berg, und "Block 2", der durch ein Tal von diesem Steinbruch getrennt ist. Diese Topografie ist grob in Bild 1 skizziert.

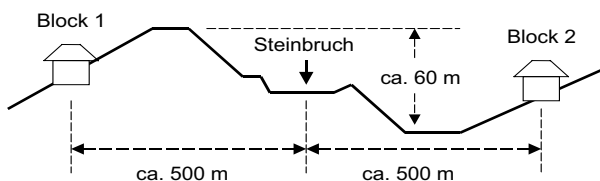


Bild 1 Skizze der topografischen Lage

Zu den Messdaten zählen u.A. der zeitliche Verlauf des Schalldrucks, gemessen mit Einzelmikrofonen innerhalb und außerhalb des jeweiligen Hauses, d.h. an den Messorten "außen" und "innen" nach [TA Lärm]. Ebenso wurde der zeitliche Verlauf der Beschleunigung mit einem triaxialen Beschleunigungsaufnehmer aufgezeichnet, und zwar auf dem Fußboden in "oberen Stockwerken" nach [DIN 4150 Teil 2].

Untersucht wurden die Immissionen in jeweils drei Häusern pro Anwohnerbereich, und es wurden innerhalb eines Zeitraumes von etwa einem Jahr insgesamt 28 Sprengungen aufgezeichnet. Zunächst lassen sich Einzelergebnisse mit Grenzwerten vergleichen.

- Erschütterungen: Die maximalen Amplituden werden in KB_{Fmax} -Werte nach [DIN 4150 Teil 2] umgerechnet. Der überwiegend große Teil der Immissionen liegt - mit einer Ausnahme - hierbei unterhalb des Grenzwertes von $A_0 = 3$.
- Schall außen: Alle Maximalpegel $L_{AF,max}$ liegen - teilweise deutlich - unter dem zulässigen Grenz-

wert von 80 dB(A) nach [TA Lärm] für kurzzeitige Geräuschspitzen.

- Schall innen: Der zulässige Grenzwert beträgt nach [TA Lärm] $L_{AF,max} = 45$ dB(A), und dieser Wert wird bei vielen Messungen teilweise bis zu 19 dB(A) überschritten.

Angesichts der überschrittenen Grenzwerte "Schall innen" empfiehlt sich eine detaillierte Analyse der akustischen Signale.

3 Analyse der Zeitsignale

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Unterteilung der Schallimmissionen in "primäre" Anteile (Luftschallübertragung der Detonationsgeräusche) und "sekundäre" Anteile (Körperschallausbreitung, Vibrationen am Immissionsort) [2]. Je nachdem, ob z.B. der primäre Schall durch Berge oder Wälder abgeschirmt wird oder ob beim Sekundärschall infolge der Erschütterungen Wohnungseinrichtungen vibrieren, können diese Anteile sehr unterschiedlich ausfallen.

Um die generellen Zusammenhänge zu verdeutlichen, zeigen die Bilder 2 und 3 die aufgezeichneten Schalldruck- und Beschleunigungssignale und die aus den Schalldrücken resultierenden A-/Fast-bewerteten Pegelverläufe bei zwei exemplarischen Messungen in den Blöcken 1 und 2.

- In Bild 2 sind im Luftschallsignal mehrere hintereinanderfolgende Anteile zu erkennen. Der zuerst eintreffende Schallanteil zwischen 1,0 s und 2,5 s fällt deutlich mit dem Körperschallsignal zusammen, während der hintere Teil zwischen 2,5 s und 4,0 s aus eher tieffrequenten Druckschwankungen besteht. Somit stellt der vordere Teil die sekundären und der hintere Teil die primären Schallanteile dar, wobei letztere Anteile naturgemäß später eintreffen [3]. Aus dem A-bewerteten Pegelverlauf wird nun deutlich, dass die hörbaren Schallimmissionen im Block 1 fast ausschließlich mit den sekundären Schallanteilen zusammenfallen.
- Dagegen enthalten die hörbaren Schallimmissionen im Block 2 größtenteils primäre Anteile, da das Maximum im A-bewerteten Pegelverlauf diesmal mit dem "Knall" bei 1,2 s im Luftschallsignal zusammenfällt. Im Körperschallsignal wird zwar auch ein Maximum an dieser Stelle registriert, wobei dies aber wahrscheinlich eine Folge der Luftschallanregung der Gebäudestruktur ist. Zwischen 0 s und 1 s ist nämlich ein Körperschallsignal sichtbar, welches aufgrund des schnelleren Eintreffens dem sekundären Ausbreitungsweg zuzuordnen wäre, welches aber aufgrund seiner

schwachen Amplitude keine hörbaren Luftschallanteile zur Folge hat. Einen weiteren Hinweis auf Primärschall liefert hier die deutliche Pegelminde- rung von außen nach innen.

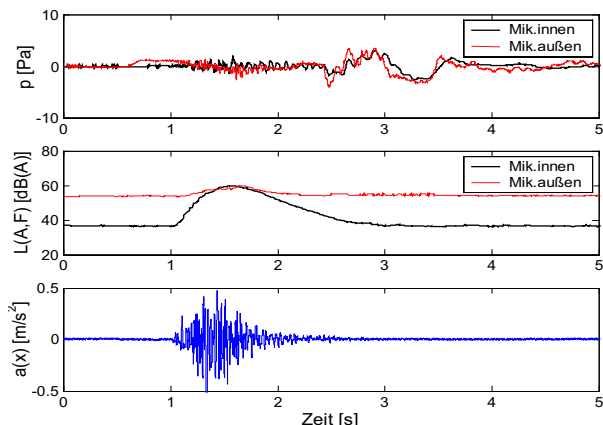


Bild 2 Verlauf der Schalldrücke (oben) und der A-bewerteten Schalldruckpegel (Mitte) gemessen mit Mikrofonen innen und außen sowie Verlauf der vertikalen Beschleunigung (unten) bei exemplarischer Messung im Block 1

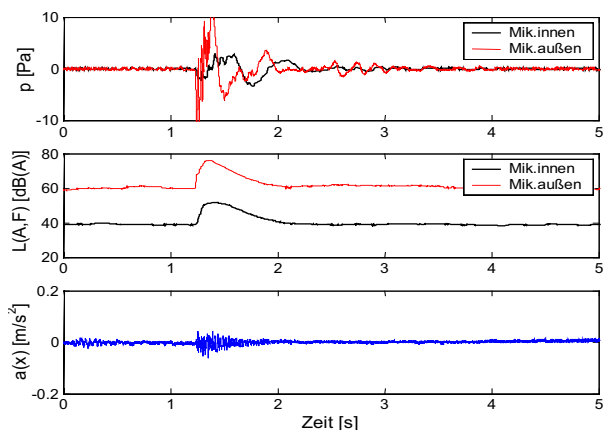


Bild 3 wie Bild 2, Block 2

Als Konsequenz kann festgehalten werden, dass zum hörbaren Schall im Block 1 vorwiegend sekundäre und im Block 2 vorwiegend primäre Anteile beitragen. Im Block 1 werden die Erschütterungen direkt in das Fundament der Häuser übertragen; der Luftschall wird durch den Berg abgeschirmt. Eine solche Abschirmung gibt es im Block 2 hingegen nicht; dafür ist das Erdreich tektonisch vom Steinbruch getrennt und die Erschütterungen sind dort sehr gering.

4 Analyse der Lästigkeit

Die Belästigung infolge der Schallsignale hängt sicherlich in erster Linie mit ihrer Lautheit zusammen. Inwiefern Spektrum und Zeitstruktur ihrerseits belästigend wirken, soll nun geprüft werden. Eine Auswertung anhand psychoakustischer Größen lieferte aber kein eindeutiges Bild, da Signale aus Block 1 eine höhere Schärfe und Signale aus Block 2 einen stärkeren Pegelanstieg aufwiesen. Rauigkeit, Tonhaltigkeit etc. haben sich als nicht relevant erwiesen.

Deutlicher war das Ergebnis eines Hörversuchs, bei dem sieben exemplarische Sprengeräusche auf eine Länge von 3 s zugeschnitten und in ihrem Lautheitsperzentil N_5 auf 15 sone_{GF} angeglichen wurden.

In einem zweiseitigen Paarvergleich mit 14 Versuchspersonen lautete die Fragestellung "Welches Geräusch ist lästiger". Die Auswertung mit Hilfe der BTL-Skalierung gemäß [4] ergab mit $\chi^2(15) = 20,72$ ($p > 0,1$) die folgenden, auf das Maximum normierten Werte.

Innen		außen					
Block 1		Bl. 2		Block 1		Block 2	
1,000	0,836	0,092	0,321	0,116	0,407	0,120	

Folglich wird Sprengschall im Inneren der Häuser bei gleicher Lautheit als deutlich lästiger wahrgenommen, wenn sekundäre Anteile überwiegen. Hierbei spielen kognitive Faktoren offenbar eine wichtige Rolle. Eine Befragung der Anwohner ergab, dass Erschütterungen in Block 1 deutlich kritischer als Schall bewertet werden, und dass dies vor allem auf Ängste um die Bausubstanz des Hauses zurückzuführen ist. Auch wenn die Erschütterungsgrenzwerte größtenteils eingehalten werden (s.o.), ist zu vermuten, dass vor allem durch die Stärke und den Klangcharakter des Sekundärschalls (Dröhnen von Mauerwerk, Klappern von Einrichtungen) eine entsprechende Belästigung bei den Anwohnern hervorgerufen wird.

5 Schlussfolgerungen

Immissionen, die durch Gewinn Sprengungen in den Häusern der Anwohner hervorgerufen werden, können sehr unterschiedlich zusammengesetzt sein. Sekundäre Schallanteile werden hierbei aufgrund von kognitiven Einflüssen besonders kritisch bewertet und nahmen am untersuchten Messort zudem relativ hohe Pegel an. Zur Konfliktvermeidung bieten sich daher nach wie vor erschütterungsmindernde Maßnahmen an, da nur diese die sekundären Schallanteile verringern können.

6 Literatur

- [1] W. Pompetzki
Tieffrequente Schalldruckspitzen bei Gewinn Sprengungen.
Proc. DAGA 95, S. 463, Saarbrücken, 1995
- [2] K. Wietlake
Beurteilung tieffrequenter Geräuscheinwirkungen unter Berücksichtigung von Sprengknallen.
Die Naturstein-Industrie 1/94, S. 14, 1994
- [3] C. Madshus, N.I. Nilsen
Low Frequency Vibration and Noise From Military Blast Activity: Prediction and Evaluation of Annoyance.
Proc. Inter-Noise 2000, S. 1984, Nice, 2000
- [4] W. Ellermeier, M. Mader, P. Daniel
BTL-Skalierung der Unangenehmheit von natürlichen Geräuschen.
Proc. DAGA 97, S. 407, Kiel, 1997