

S.- R. Mehra, N. Harder

Druckausbreitung in bebauten Gebieten – Vergleich zwischen Detonation und Schall

1. Einleitung

Grundsätzlich gilt es Personen und Infrastruktur gegen nicht hervorsehbare Ereignisse, die extreme Belastungen mit sich bringen, zu schützen. Druckausbreitungen eines Detonationsereignisses in einem bebauten Gebiet weisen die gleichen Effekte wie die Schallausbreitung auf. Die Schallerzeugung erfolgt durch unterschiedliche Schall- und Lärmquellen, die in den verschiedenen Bereichen Verkehr, Baustellen, Industrie, Freizeit und Nachbarschaft emittiert werden. Wie schnell sich Schall ausbreitet, hängt von den Eigenschaften des Immissions- und Emissionsort sowie von den Ausbreitungswegen ab. Durch Bebauungen können beispielsweise Fokussierungen oder Abschattungen der beiden genannten Phänomene entstehen. Weitere Parallelen zwischen Detonation und Schall sind ebenfalls im Bereich Barrierschutz festzustellen. Dies könnte durch ähnliche Wirkungsprinzipien und Einflussparameter begründet sein.

2. Ziel der Arbeit

Im Rahmen der Arbeit [1] wird eine Parameterstudie zum Vergleich von Schall- und Detonationsereignissen durchgeführt. Zu untersuchen sind die Gemeinsamkeiten einer Druckausbreitung bei unterschiedlichen Ursachen. Der Vergleich liefert eine Aussage darüber, welche Parameter für beide Ereignisse signifikant und in welchen Belangen Analogien vorhanden sind. Des Weiteren soll durch die Berücksichtigung einer Schutzwand das Maß der Druck- bzw. der Pegelminderung ermittelt und verglichen werden. Insofern ist zu prüfen, ob eine beidseitige Erkenntnisübertragung zwischen Kurzzeitdynamik und Lärmschutz möglich ist. Weiterhin ist zu untersuchen, ob Bauelemente sowohl blast- als auch schallreduzierend wirken.

3. Untersuchungsrahmen

Mittels einer ausführlichen Literaturrecherche erfolgt die Durchführung einer Parameterstudie, in der wesentliche Einflussgrößen einer Druckausbreitung eines Detonationsereignisses im bebauten Gebiet verglichen werden.

Für die Vergleichsrechnungen wird die ungehinderte Schallausbreitung unter Berücksichtigung einer Schutzwand simuliert. Hierfür wird im Bereich des Lärmschutzes das Ingenieur-Tool "CadnaA" verwendet. Die Simulation der Druckausbreitung infolge Detonation wird mit Hilfe des am Fraunhofer Ernst-Mach-Institut EMI entwickelten "Blastsolver" durchgeführt. Alternativ kann diese Berechnung durch ein Finite-Elemente-Verfahren (Hydrocode) vorgenommen werden. Bei der Analyse der kurzzeitdynamischen Problemstellung bestehen nach Remennikov [2] folgende Untersuchungsmöglichkeiten:

- Empirische Methode: experimentelle Daten
- Semi-empirische Methode: physikalische Modelle
- Numerische Methode: Finite-Elemente-Berechnungen

In der Arbeit [1] wird die semi-empirische Vorgehensweise gewählt. Anhand dieser sind für Schall und Detonation sogenannte Experten-Tools anzuwenden, die auf einfachen physikalischen Modellen basieren. Sie erlauben eine strukturierte Bewertung der Problemstellung bei vergleichsweise kurzer Rechenzeit. Dabei wird zunächst die ungehinderte Ausbreitung betrachtet. Anschließend wurde die gehinderte Ausstrahlung des Schalls- bzw. Detonationsdrucks untersucht.

4. Freie und geminderte Ausbreitung

In Variante 1 erfolgt eine Untersuchung der freien Ausbreitung von Schall und Detonation anhand eines experimentellen Aufbaus. Der Emissionswert der Punktschallquelle wird auf 100 dB(A) festgelegt. Hierbei zeigt sich nach Bild 1, dass der Druck bei beiden Ereignissen mit zunehmendem Abstand zum Emissionsort deutlich abnimmt. Bei Detonationsereignissen ist jedoch ein schnellerer Druckabbau festzustellen als bei Schallereignissen. Dies wird durch die Wellenüberlagerung und die extremen Druckgradienten hervorgerufen. Nach einer Detonation entstehen Verdünnungswellen, welche bei Ausbreitung die Schockwelle einholen und abschwächen. Darüber hinaus ist die Größe der Ladungsmenge entscheidend, da bei einer größeren Sprengstoffmenge (TNT),

eine größere Druckwelle erzeugt wird. Je mehr Schall die Luft absorbiert, desto geringer fällt der auftretende Druck aus.

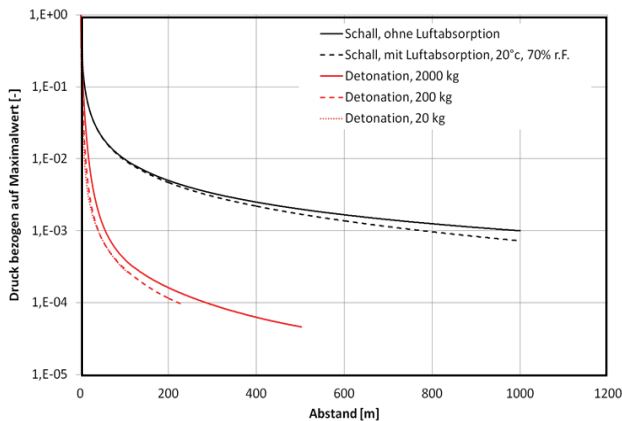


Bild 1: Vergleich der Druckabnahme in Abhängigkeit des Abstands bei Detonations- und Schallergebnissen [1].

In Variante 2 wird die Wirkung von Schutzwänden bzw. Barrieren, die in der Praxis vor Detonations- und Schallergebnissen schützen, untersucht. In den nachstehenden Betrachtungen werden folgende Parameter variiert:

- Abstand zwischen Emissionsort und Schutzwand
- Abstand zwischen Schutzwand und Immissionsort
- Höhe der Schutzwand
- Höhe des Immissionsortes

Bild 2 zeigt einen Auszug aus dem Programm „CadnaA“. Hier wird eine Lärmschutzwand von 3 m Höhe unter einer variierenden Distanz zwischen Quelle und Schutzwand von 4 m und 2 m untersucht. Es ist erkennbar, dass mit kleinerem Abstand zwischen Emissionsort und Schutzwand sowie steigender Höhe der Wand die Schutzwirkung vor dem Gebäude erhöht werden kann. Der Bereich hinter dem Gebäude ist grün eingefärbt und entspricht einem Schallpegel von etwa 35 dB(A). Daraus lässt sich hinter dem Gebäude eine Verbesserung von 65 dB(A) bezogen auf die Quelle feststellen.

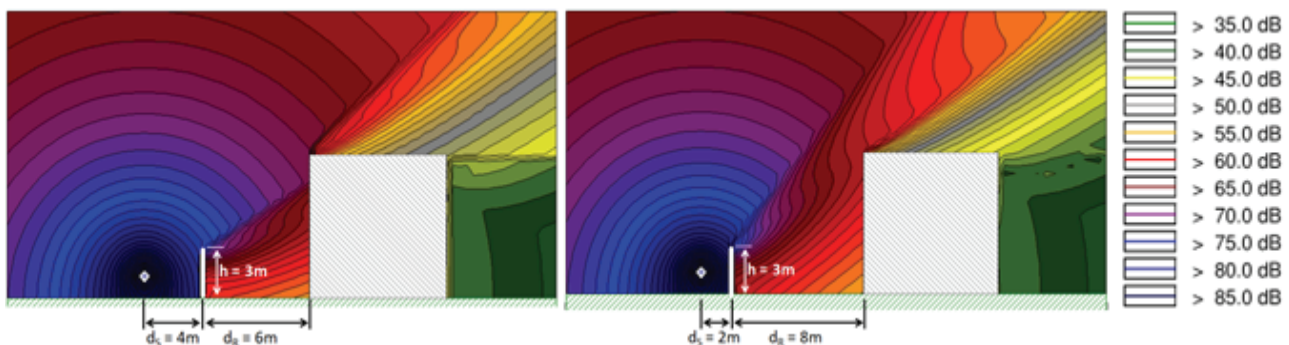


Bild 2: Vergleich der Schallpegel einer 3 m hohen Lärmschutzwand bei 4 m (links) und 2 m (rechts) Abstand zur Lärmquelle [1].

5. Fazit

Es hat sich gezeigt, dass bei der Ausbreitung von Schall und Detonation ähnliche Einflussparameter vorhanden sind, wobei die Ausbreitung einer Schockwelle infolge Detonation deutlich komplexer ist. Ebenfalls sind die Drücke einer Detonation um ein vielfaches größer als Schalldrücke. Bei beiden Ereignissen nimmt der Druck mit wachsendem Abstand ab, da sich die Intensität auf immer größer werdende Flächen ausbreitet. Bei der Detonation liegt eine größere geometrische Pegelabnahme vor, da die Stoßwelle im Nahbereich zusätzlich durch die Verdünnungswelle gemindert wird. Des Weiteren ergab sich, dass die Ausbreitung einer Schockwelle unabhängig von meteorologischen Einflüssen und der Luftabsorption erfolgt. Durch die Bebauung treten Abschirmeffekte auf, wodurch der Druck gemindert wird.

Unter Berücksichtigung einer Schutzwand konnte nachgewiesen werden, dass das Abschirmmaß unabhängig von der Ladungsmenge oder des Emissionspegels ist. Mit wachsender Höhe der Lärmschutzwand und geringerer Distanz zwischen Wand und Quelle wird das Schutzmaß erhöht. Im Nahbereich, direkt hinter der Wand wurde festgestellt, dass das Maß der Minderung bei einer Detonation größer ist als beim Schall. Ist eine Wand für den Schallschutz bemessen, so stellt diese auch hinreichenden Schutz gegen Detonationen dar. Künftig könnten auch mobile Wandsysteme, wie aufblasbare Lärmschutzwände Anwendung finden, mit dem Ziel des „Dual-Use-Effektes“ von Schall- und Detonationsschutz. Damit könnte neben dem allgegenwärtigen Lärm auch der zunehmenden Bedrohung terroristischer Gefährdungen, beispielsweise bei Auslandseinsätzen, entgegengewirkt werden.

Literatur

- [1] Fischer, K.: Parameterstudie zur Druckausbreitung in bebauten Gebieten, Vergleich zwischen Detonation und Schall. Masterarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2011).
- [2] Remennikov, M: Evaluation of blast loads on buildings in urban environment. Proceedings of 8th International Conference on Structures Under Shock and Impact, Iraklion (2004).



Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhlinhaber: Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Phys. Klaus Sedlbauer

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

Email: bauphysik@lpb.uni-stuttgart.de