

Zeitschrift: Zivilschutz = Protection civile = Protezione civile
Herausgeber: Schweizerischer Zivilschutzverband
Band: 31 (1984)
Heft: 11-12

Artikel: Alarmierung : Schall - Schallausbreitung - Schallmessung. Teil II
Autor: Schmid, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-367317>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Alarmierung: Schall – Schallausbreitung – Schallmessung (II)

Hans Schmid, Bundesamt für Zivilschutz, DZ Entwicklung II

Gemäss den Weisungen des Bundesamtes für Zivilschutz über die Verdichtung der Zivilschutz-Alarmierungsnetze ist die Sirenenplanung von den Zivilschutzorganisationen der Gemeinden unter Leitung der Kantone durchzuführen. Mit der Planung und Realisierung der Sirenennetze wird zwangsläufig das Gebiet der Akustik berührt. Nichts scheint einfacher zu sein, als mit kleinen Schallmessgeräten ein von Sirenen beschalltes Gebiet auszumessen. Dass dem aber nicht unbedingt so ist und die Schallausbreitung nicht immer einfachen Gesetzen folgt, soll im nachstehenden Artikel (Teil 2, siehe auch Nr. 9/84) auf leicht verständliche Art gezeigt werden.

3.4 Der Einfluss der Bodenbeschaffenheit

Die meisten natürlichen Bodenoberflächen weisen eine starke Schallabsorption auf. Dies verursacht eine Reduktion der Schallintensität, die vor allem in Bodennähe stark ins Gewicht fällt (Bodendämpfung, siehe Abb. 8). Auch hier ist die Abschwächung für höhere Frequenzen stärker als für tiefere und wird wesentlich von der Rauheit der Oberfläche bestimmt (Verhältnis von Wellenlänge zu den Abmessungen der Unregelmässigkeiten am Boden). Für Felder mit niedrigem Graswuchs ist die Dämpfung relativ gering, kann aber bei Kornfeldern oder Buschlandschaften enorme Werte bis gegen 20 dB pro 100 m annehmen. Auch schneebedeckter Boden absorbiert Schall stark. Für ebene Felder mit niedrigem Graswuchs kann für Überschlagsrechnungen mit folgenden Dämpfungen gerechnet werden:

Frequenz Hz	Luftdämpfung dB/100 m	Bodendämpfung dB/100 m
400	0,2	2,0
800	0,5	3,0

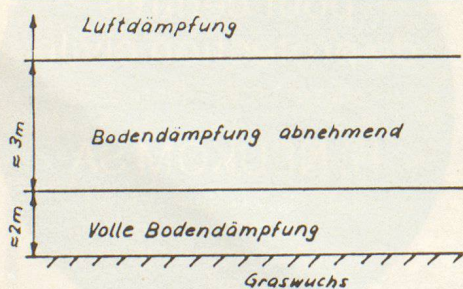


Abb. 8. Ungefähre Bereiche der Boden- und Luftdämpfung

3.5 Der Einfluss der Topographie

Hügel und Täler, Kuppen und Vertiefungen beeinflussen die Schallausbreitung. So kann zum Beispiel an Hanglagen beobachtet werden, dass Strassen- oder Bahnärm sehr gut übertragen wird und andererseits Hügel und Kuppen zur Lärmreduktion beitragen. Ersteres kann darauf zurückgeführt werden, dass die Schallwellen zum Teil fokussiert werden und dass die direkten Schallwellen hauptsächlich der Luftdämpfung unterworfen sind, die wesentlich geringer ist als die Bodendämpfung (siehe Abb. 9a). Bei Kuppen hingegen wird der Schall zerstreut, was eine schalldämmende Wirkung hat (siehe Abb. 9b). Der Beobachter befindet sich also in einer Schattenregion, die je nach Frequenz des Signales und je nach Grösse und Beschaffenheit des Schallhindernisses mehr oder weniger ausgeprägt ist. Dass der Schall nicht ganz ausbleibt, ist darauf zurückzuführen, dass Schallwellen um Gegenstände herum gebeugt werden (Beugungsgesetz). Schallwellen mit tiefen Frequenzen werden am selben Gegenstand mehr gebeugt als solche mit hohen Frequenzen. Am Beispiel einer Musikkapelle in einer Stadtstrasse ist dieser Effekt gut zu demonstrieren. Vor allem die tiefen Klänge von Pauken sind gegenüber den hohen Klängen von Cymbalen oder Trompeten auch um Ecken gut hörbar.

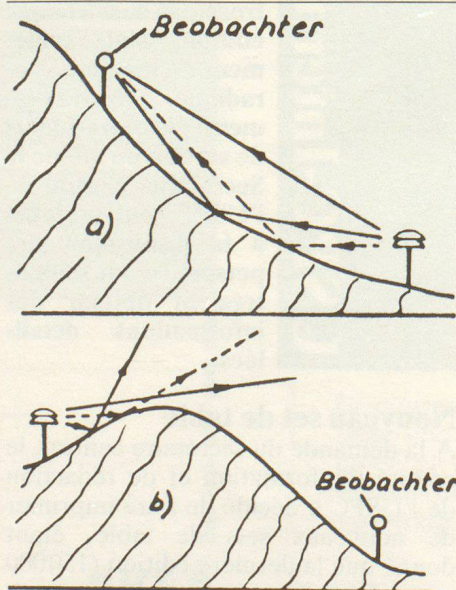


Abb. 9. a) Schallfokussierung an konkaven Oberflächen wie Hanglagen
b) Schallzerstreuung an konvexen Oberflächen wie Kuppen (Dämmung)

3.6 Der Einfluss der Überbauung

An harten Oberflächen wie Hauswänden und Strassen werden Schallwellen grösstenteils reflektiert. Überlagern sich reflektierte, also indirekte Schallwellen (Sekundärschall) mit solchen, die direkt von der Schallquelle eintreffen (Primärschall), können sie sich je nach Phasenlage verstärken oder auslöschen. Theoretisch können bei einer Phasenverschiebung von 0° Schallverstärkungen bis zu 6 dB und totale Schallauslöschungen bei einer Phasenverschiebung von 180° stattfinden. In der Praxis sind jedoch solche Verstärkungseffekte etwas geringer als 6 dB, und die Schallabschwächungen erreichen etwa Werte von 20 bis 30 dB. Die so entstehenden Schallschwankungen machen deshalb Schallmessungen vor allem in überbauten Gebieten äusserst problematisch und können leicht zu falschen Interpretationen der Messresultate führen.

Schallwellen, die irgendwo reflektiert werden, haben eine grössere Distanz zurückzulegen als Primärwellen, das heisst, sie treffen später beim Beobachter ein (Laufzeitdifferenz). Steht der Beobachter zum Beispiel im Abstand von 10 m vor einem Gebäude, trifft die reflektierte Schallwelle etwa 60 ms später als die direkte auf sein Ohr (siehe Abb. 10). Laufzeitdifferenzen von mehr als 50 ms werden je nach Pegeldifferenz von Primär- und Sekundärschall mehr oder weniger als Echo empfunden. Bei Alarmsignalen wirkt sich das Echo im Gegensatz zu der Sprachübertragung nicht störend aus.

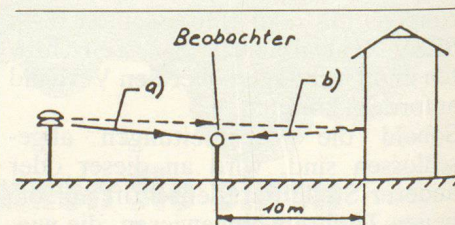


Abb. 10. Laufzeitdifferenzen bei Reflexionen
a) Direkter Schall
b) Reflektierter Schall

$$\text{Laufzeitdifferenz} = \frac{\text{Wegdifferenz}}{\text{Schallgeschwindigkeit}} = \frac{2 \times 10 \text{ m}}{344 \text{ m/s}} \approx 60 \cdot 10^{-3} \text{ s}$$

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass die Überbauungsart die Schallausbreitung der Alarmsignale stark beeinflusst. In dicht bebauten Gebieten mit hohen Gebäuden entstehen

durch Schalldämmung (Reflexion) und Schalldämpfung (Absorption) Schattenregionen, die gesamthaft mit mehr Schallenergie berücksichtigt werden müssen. Dies wirkt sich in der Praxis so aus, dass der Wirkungsradius einer Sirene für städtische Gebiete kleiner angenommen werden muss als für ländliche Überbauungsweisen.

Bei der mobilen Alarmierung wirken sich Mauern, Häuserfassaden, Hügel, Korn- und Maisfelder aufgrund des niedrigen Sirenenstandortes (Auto-dach) im allgemeinen stärker auf die Schallausbreitung aus als bei der stationären Alarmierung.

4. Der Wirkungsradius einer Alarmsirene

Um den Wirkungsradius einer Sirene festlegen zu können, müssen zuerst die Schallausbreitungsbedingungen definiert werden.

4.1 Definition der Schallausbreitungsbedingungen

Das Zusammenwirken der im Kapitel 3, Schallausbreitung, beschriebenen Umweltfaktoren kann zu variablen, sehr unterschiedlichen Schallausbreitungsbedingungen führen. Da Sirenenetze in der Praxis nicht laufend den variablen Umweltbedingungen angepasst werden können, sind für die Alarmierung im Zivilschutz drei konstante Schallausbreitungsbedingungen festgelegt worden, die im Mittel die wesentlichen Einflussgrößen mit einer distanzproportionalen Zusatzdämpfung wie folgt berücksichtigen [3]:

- Zusatzdämpfung 1 dB/100 m für «normale Überbauung» in ländlichen Gebieten.
- Zusatzdämpfung 3 dB/100 m für «cityähnliche Überbauung» oder städtische Gebiete.
- Zusatzdämpfung 6 dB/100 m für die mobile Alarmierung.

Die resultierende kalkulatorische Schallpegelabnahme ΔL beträgt demnach für die:

«normale Überbauung»:

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{\text{Distanz}}{30 \text{ m}} + 1 \text{ dB} \frac{\text{Distanz}-30 \text{ m}}{100 \text{ m}}$$

«cityähnliche Überbauung»:

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{\text{Distanz}}{30 \text{ m}} + 3 \text{ dB} \frac{\text{Distanz}-30 \text{ m}}{100 \text{ m}}$$

mobile Alarmierung:

$$\Delta L = 20 \log_{10} \frac{\text{Distanz}}{30 \text{ m}} + 6 \text{ dB} \frac{\text{Distanz}-30 \text{ m}}{100 \text{ m}}$$

Diese Formelausdrücke führen zu folgenden Kennlinien der Schallausbreitung (Abb. 11):

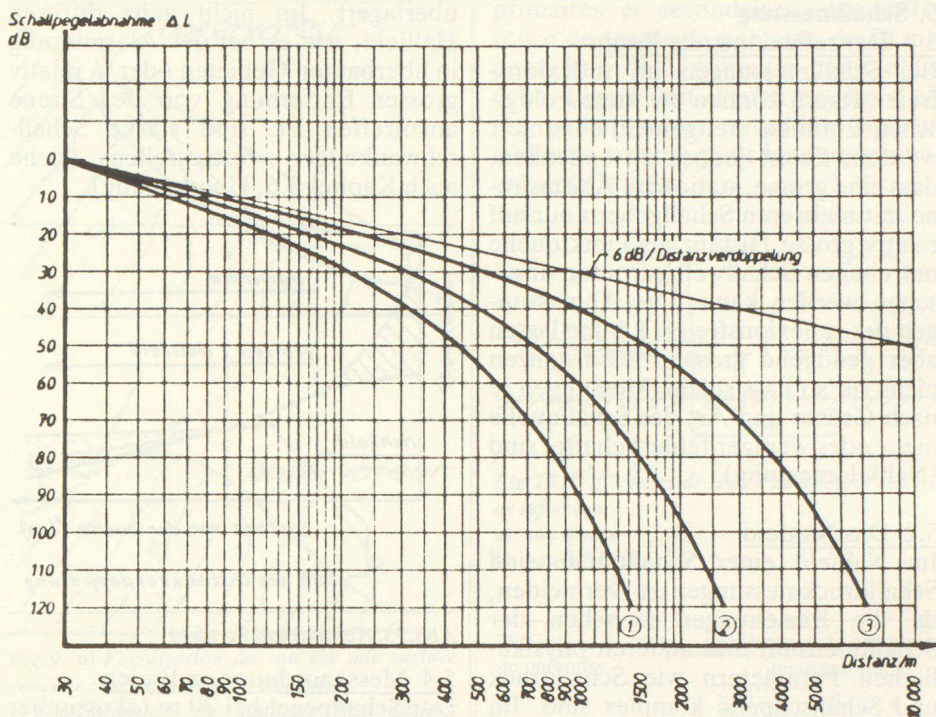


Abb. 11. Kennlinien der Schallausbreitung

① Zusatzdämpfung 6 dB/100 m (mobile Alarmierung)

② Zusatzdämpfung 3 dB/100 m («cityähnliche Überbauung»)

③ Zusatzdämpfung 1 dB/100 m («normale Überbauung»)

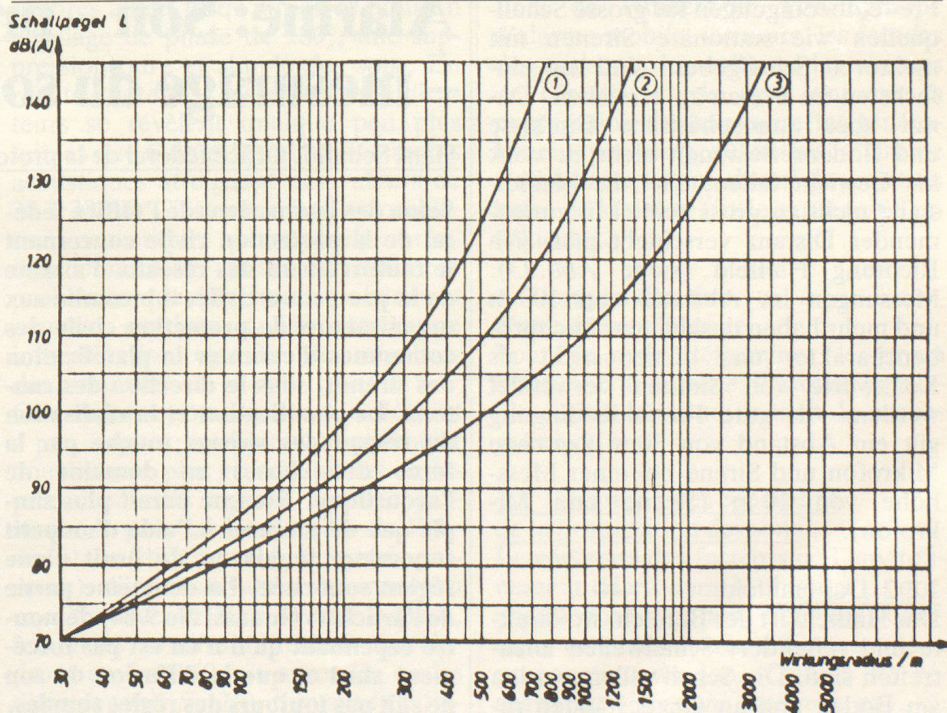
4.2 Der Wirkungsradius einer Zivilschutz-Alarmsirene

Das für die Planung in Zivilschutz-Alarmierungsnetzen anzuwendende Diagramm in Abbildung 12 basiert auf den Kennlinien der Schallausbreitung Abb. 11. Es zeigt den Verlauf des Wirkungsradius in Abhängigkeit des von einer Alarmsirene erzeugten Schallpegels L bei 30 m, und zwar für die Schallausbreitung in Gebieten mit

«normaler Überbauung», in Gebieten mit «cityähnlicher Überbauung» sowie für die mobile Alarmierung.

Abb. 12. Wirkungsradius einer Zivilschutz-Alarmsirene in Abhängigkeit des Schallpegels L bei 30 m.

- ① Mobile Alarmierung
- ② Für stationäre Alarmierung in Gebieten mit «cityähnlicher Überbauung»
- ③ Für stationäre Alarmierung in Gebieten mit «normaler Überbauung»



5. Schallmessung

5.1 Der reflexionsfreie Raum

Bei Schallmessungen im reflexionsfreien Raum können die meteorologischen Einflüsse weitgehend eliminiert werden. Es ist jedoch zu bedenken, dass eine grosse, stationäre Alarmsirene mit mehreren Schallgebern nur auf relativ grosse Distanz als Punktquelle mit ebenen Schallwellenfronten angesehen werden kann. Die Abmessungen der reflexionsfreien Räume lassen aber genügend grosse Messdistanzen nicht zu, so dass solche Messungen je nach Grösse und Art der Schallquelle mehr oder weniger fehlerbehaftet sind (Nahfeldmessung).

5.2 Das Nahfeld

Im Nahfeld einer Schallquelle sind Schalldruckmessungen zu vermeiden, da die Beziehungen zwischen der Schallintensität und anderen physikalischen Parametern wie Schalldruck und Schallschnelle komplex sind. Im Nahfeld nimmt die Schallintensität meistens mehr als 6 dB pro Distanzverdoppelung ab (siehe Abb. 13).

5.3 Das Fernfeld

Das Fernfeld ist der Bereich ausserhalb des Nahfeldes. Es kann in die Bereiche Freifeld und Hallfeld unterteilt werden. Im Freifeld nimmt die Schallintensität genau um 6 dB pro Distanzverdoppelung ab. Im Hallfeld treten Reflexionen auf, die sich mit den direkten Schallwellen überlagern.

5.3.1 Das Freifeld

Schallmessungen zur Bestimmung der akustischen Kennwerte von Alarmsirenen sind im Freifeld durchzuführen. Freifeldbedingungen für grosse Schallquellen wie stationäre Sirenen mit mehreren Schallgebern sind am einfachsten im Freien zu erreichen. Damit aber atmosphärische Einflüsse und Bodenreflexionen nicht zu stark ins Gewicht fallen, darf die Messdistanz nicht zu gross sein. Mit zunehmender Distanz verschiebt man sich Richtung Hallfeld (siehe Abb. 13). Messungen im Abstand von 100 m und mehr haben deshalb nur Stichprobencharakter und dürfen nicht als Kennwerte von Sirenen verwendet werden. Als gute Freifeldbedingung gilt ein Abstand von 30 m zwischen Mikrofon und Sirene bei einer Messhöhe von 10 m (Sirene und Mikrofon).

5.3.2 Das Hallfeld

Das Hallfeld ist der Bereich, wo direkte und reflektiert Schallwellen anzutreffen sind. Die Schallwellen werden am Boden und an Gegenständen reflektiert und mit dem Primärschall

überlagert. Im nicht ganz diffusen Hallfeld, wie es bei der Alarmierung in überbauten Gebieten oder in relativ grosser Entfernung von der Sirene anzutreffen ist, sind starke Schall-schwankungen festzustellen (siehe auch Kapitel 3.6, Überbauung).

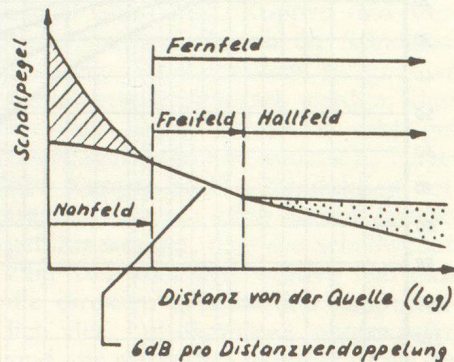


Abb. 13. Nahfeld und Fernfeld

5.4 Messanordnung im Freien

Der Schallpegel bei 30 m (akustischer Kennwert) wird für Zivilschutz-Alarmsirenen gemäss der Messanordnung in Abbildung 14 bestimmt. Die Messungen werden nach dem Reglement des Bundesamtes für Zivilschutz [3] vom Eidgenössischen Amt für Messwesen, Wabern-Bern, durchgeführt. Je höher die Sirene und das Mikrofon aufgestellt werden, desto geringer ist der Einfluss der Bodenreflexionen auf das Messresultat. Aus praktischen Gründen wird die Mess-

höhe auf 10 m festgelegt, wo aber noch gewisse Überlagerungseffekte zu berücksichtigen sind. Diese Berücksichtigung erfolgt dadurch, dass das Mikrofon an einem Drehgalgen kontinuierlich gedreht wird. Der einer punktuellen Messung anhaftende Zufälligkeitscharakter ist somit nicht gegeben. Gemessen wird mit einem integrierenden Schallpegelmessgerät, das den energieäquivalenten Mittelungspegel L_{eq} ermittelt. Die Anzeige liefert direkt den akustischen Kennwert einer Sirene.

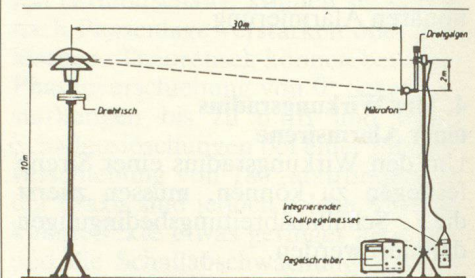


Abb. 14. Anordnung zur Bestimmung des akustischen Kennwertes

Literatur

- [1] J. R. Hassal, K. Zaveri, Acoustic noise measurements, 1979.
- [2] ISO Standards Handbook 4, 1980, Acoustics, vibration and shock.
- [3] Reglement des Bundesamtes für Zivilschutz über die akustische Messung von Zivilschutz-Alarmsirenen, 1983.

Schluss

Alarmer: Son – propagation du son – mesurage du son (II)

Hans Schmid, Office fédéral de la protection civile, Service de développement II

Selon des instructions de l'Office fédéral de la protection civile concernant le renforcement des réseaux d'alarme de la protection civile, il incombe aux organisations de protection civile des communes d'exécuter la planification des sirènes, sous la direction des cantons. La planification et la réalisation du réseau des sirènes touche par la force des choses au domaine de l'acoustique. Rien ne paraît plus simple que de mesurer à l'aide d'un petit sonomètre le niveau de bruit d'une région sonorisée. La deuxième partie de l'article (voir aussi No 9/84) démontre cependant qu'il n'en est pas forcément ainsi et que la diffusion du son ne suit pas toujours des règles simples.

3.4 L'influence exercée par la nature du terrain

La plupart des surfaces naturelles de terrain absorbent fortement les sons. Cela provoque une réduction de l'intensité acoustique qui entre sérieusement en ligne de compte surtout à proximité du sol (amortissement par le sol, voir fig. 8). Dans ce domaine également, l'affaiblissement sonore est plus fort pour les hautes fréquences que pour les basses fréquences. Il est essentiellement déterminé par les aspérités de la surface (relation entre les longueurs d'ondes et les dimensions des irrégularités du sol). Les champs où pousse une herbe courte amortissent relativement peu les sons, en revanche pour les champs de céréales