

Zeitschrift: Zivilschutz = Protection civile = Protezione civile
Herausgeber: Schweizerischer Zivilschutzverband
Band: 31 (1984)
Heft: 9

Artikel: Alarmierung : Schall - Schallausbreitung - Schallmessung
Autor: Schmid, Hans
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-367297>

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: 02.02.2025

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

Alarmierung: Schall – Schallausbreitung – Schallmessung

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 Sirenenetze 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 auf leicht verständliche Art gezeigt werden.

1. Zusammenfassung

Aufgrund der starken Umwelteinflüsse auf die Schallausbreitung von Alarmsignalen soll im vorliegenden Bericht vor allem darauf aufmerksam gemacht werden, dass es äusserst problematisch ist, Schallmessungen bei realen Sirenenetzen durchzuführen. Die oft von Zivilschutzorganisationen durchgeführten, recht beliebten Sirenenvergleichsmessungen haben aber nur dann eine Aussagekraft, wenn sie von kompetenten Fachstellen durchgeführt und ausgewertet werden. Im übrigen sei darauf hingewiesen, dass eigentlich auf die meistens recht aufwendigen und schwer interpretierbaren Vergleichsmessungen in den zu alarmierenden Gebieten verzichtet werden kann, wenn von allen Sirenentypen akustische Kennwerte vorliegen, die aufgrund von einheitlichen Messungen unter guten Freifeldbedingungen von einer neutralen Stelle ermittelt worden sind. Zur subjektiven Beurteilung der zum Teil sehr unterschiedlich klingenden Alarmsignale von verschiedenen Sirenen systemen (elektromechanische, elektronische, pneumatische) und zur Erlangung gewisser praktischer Beziehungen zu den Alarmierungsmitteln sind andererseits Sirenenvergleiche recht gut geeignet.

Der dem einzelnen Sirenentyp aufgrund seines Schallpegels zugeordnete Wirkungsradius ist eine reine Planungsgrösse und bedeutet nicht, dass im Abstand des Wirkungsradius ein

bestimmter Schallpegel garantiert wird. In der Praxis können ohne weiteres Schallpegelunterschiede im Bereich von 20 dB auftreten, so dass zum Beispiel Schallpegelwerte von 80 dB(A), 70 dB(A) oder solche von 60 dB(A) möglich sind.

Damit in Zukunft alle Sirenen, die zur Alarmierung der Bevölkerung für Zivilschutzzwecke angeboten werden, vom Schallpegel bzw. vom Wirkungsradius her miteinander verglichen werden können, müssen sie nach dem Reglement über die akustische Messung von Zivilschutz-Alarm sirenen (3) gemessen worden sein.

2. Schall

Schall besteht seiner physikalischen Natur nach aus mechanischen Schwingungen elastischer Medien. Ist das Medium Luft, wird von Luftschall gesprochen. Im Vakuum gibt es keinen Schall.

2.1 Das Schallfeld

Als Schallfeld bezeichnet man einen mit Materie (z. B. mit dem Medium Luft) gefüllten Raum, in dem sich Schall ausbreitet. Das Auftreten von Schallwellen ist durch räumliche und zeitliche Schwankungen der Mediumdichte und somit des Druckes gekennzeichnet.

2.2 Schallfeldgrössen

Zur quantitativen Beschreibung eines Schallfeldes können die linearen Schallfeldgrössen wie Schalldruck p , Schallschnelle v (Geschwindigkeit der Mediumteilchen um ihre Ruhelage, nicht zu verwechseln mit der Schallgeschwindigkeit c) oder der Schallaus schlag (Auslenkung der Mediumteilchen um ihre Ruhelage) verwendet werden. Neben diesen linearen Schallfeldgrössen gibt es auch noch quadratische Grössen (Energiegrössen), die sich aus den linearen ableiten lassen. Ein Mass für die Schallenergie, die pro Zeiteinheit durch ein Flächenelement hindurchtritt, ist die Schallintensität oder Schallstärke J . Die Schallintensität ist proportional zum Schalldruck p im Quadrat.

2.2.1 Der Schalldruck p

In der akustischen Messtechnik ist von

den Schallfeldgrössen der Schalldruck p am einfachsten zu erfassen. Ein Messmikrofon wandelt die Druckschwankungen in der Luft in eine Wechselspannung um, die dann in einem Schallpegelmessgerät weiterverarbeitet wird. Die meisten Mikrofone sind von der Natur her Druckempfänger. Auch das menschliche Ohr ist ein Druckempfänger.

2.2.2 Der Schalldruckpegel oder Schallpegel L

Der Schalldruck wird in der Regel nicht als Absolutwert angegeben, sondern als zwanzigfacher dekadischer Logarithmus des Verhältnisses vom Schalldruck zu einem Bezugswert, mit der dimensionslosen Einheit Dezibel oder abgekürzt dB. Als Bezugswert gilt international der Schalldruck p_0 , von $20 \mu\text{ Pa}$ ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-5} \text{ bar}$). Dieser Wert entspricht etwa der Hörschwelle des menschlichen Ohres bei einer Tonfrequenz von 1000 Hz. Diese logarithmierte Verhältniszahl wird als Schallpegel L bezeichnet.

$$\text{Schallpegel } L = 20 \log_{10} \frac{\text{Schalldruck } p}{\text{Bezugsschalldruck } p_0} \text{ in dB}$$

In einem Schallpegelmessgerät wird also nicht der absolute Schalldruck angezeigt, sondern der Schallpegel oder Schalldruckpegel in dB gemäss obigem Formelausdruck. Der Schalldruckbereich zwischen Hörschwelle und Schmerzempfindungsschwelle des Ohres umfasst etwa 6 Dekaden. Er reicht von $20 \mu\text{ Pa}$ bis etwa 20 Pa , was einem dynamischen Bereich von 10^6 (1 Million) zu 1 entspricht. Unter Verwendung der logarithmischen oder dB-Skala wird ermöglicht, dass dieser enorme Bereich auf einen besser überblickbaren Schallpegelbereich von 0–120 dB reduziert wird. Zur Veranschaulichung der dB-Skala soll das folgende, theoretische Beispiel dienen:

Eine Sirene erzeugt in einer bestimmten Distanz einen Schallpegel von 100 dB. Fügt man am gleichen Standort eine zweite, identische Sirene hinzu, verdoppelt sich die abgegebene Schalleistung bzw. die Schallintensität. Dies bedeutet jedoch nicht, dass sich der resultierende dB-Wert des Schallpegels verdoppelt und nun 200 dB beträgt, sondern die Zunahme beträgt lediglich 3 dB. Um eine weitere Erhöhung um 3 dB zu erreichen, müsste die Schalleistung der zwei Sirenen wieder verdoppelt werden, das heisst, es wären zwei weitere Sirenen erforderlich. Mit vier Sirenen würde also der Schallpegel gegenüber einer Sirene um «nur» 6 dB zunehmen und 106 dB betragen.

1 Sirene	100 dB
2 Sirenen	103 dB
4 Sirenen	106 dB
8 Sirenen	109 dB
16 Sirenen	112 dB
usw.	

Eine solche Art von Schallpegelerhöhung an einem Sirenenstandort ist daher aus wirtschaftlicher und praktischer Sicht nicht vertretbar. (Mit diesem Beispiel sind nicht Sirenenysteme angesprochen, deren Schallsignale von mehreren Schallgeberebenen synchron, das heisst ohne Phasenverschiebung, abgestrahlt werden können.)

Das subjektive Empfinden des Ohres lässt Schallpegeländerungen bei mittleren Pegeln und Frequenzen von 1 bis 3 dB gerade noch, solche von 5 dB ganz klar erkennen und Änderungen von 10 dB werden als etwa doppelt so laut empfunden.

2.3 Schallpegelmessgerät oder Schallpegelmesser

Im Blockschema der Abbildung 1 ist der prinzipielle Aufbau eines Schallpegelmessers dargestellt. Die vom Mikrophon aufgenommenen Luftdruckschwankungen werden in eine Wechselspannung umgewandelt und über einen Bereichswahlschalter dem Verstärker zugeführt. Das verstärkte Signal wird in einem Frequenzgangfilter bewertet, dann gleichgerichtet und im Anzeigeelement angezeigt.

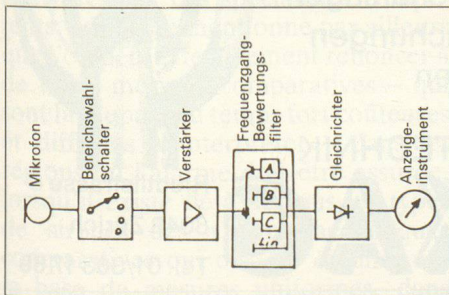


Abb. 1. Schallpegelmessgerät.

Mit dem Frequenzgangfilter können verschiedene, international genormte Bewertungen eingestellt werden. Nach IEC sind dies die Frequenzgangbewertungen A, B und C. Für die meisten Schallmessungen wird heute die A-Bewertung verwendet. Es ist dies eine Frequenzgangbewertung, die sich ziemlich genau mit der Frequenzgangkurve des menschlichen Ohres bei einer Lautstärke von 40 Phon deckt. Viele kleine, moderne Schallpegelmessgeräte sind oft nur noch mit einem fest eingebauten A-Filter ausgerüstet. Die A-Bewertung wird auch für die Bildung von statistischen Infor-

mationen, wie zum Beispiel des energieäquivalenten Mittelungspegels L_{eq} , vorausgesetzt. Der Mittelungspegel L_{eq} wird durch Integration des Abewerteten Schallpegels über die Messzeit gebildet. Die L_{eq} -Bildung ist vor allem bei schwankenden Schallsignalen sinnvoll. Schallpegelmessgeräte, die diese Funktion ausüben können, werden integrierende Schallpegelmesser genannt.

3. Schallausbreitung

Alarmsirenen können als Punktquellen angesehen werden, deren Wellenfronten sich kugelförmig vom Zentrum wegbewegen. In grosser Distanz von der Quelle (Fernfeld) können die Wellenfronten als parallele Ebenen angesehen werden. Die Schallintensität verhält sich indirekt proportional zum Quadrat der Distanz zwischen Schallquelle und Empfänger, das heisst dass pro Distanzverdoppelung die Schallintensität um 6 dB abnimmt. In der Praxis sind zusätzlich zu diesem Ausbreitungsgesetz noch Umweltbedingungen zu berücksichtigen, die sich in einem realen Medium wie in der Atmosphäre signifikant auf das Ausbreitungsverhalten von Schallwellen auswirken.

Es sind dies:

- Reflexion und Absorption je nach Topographie, Überbauungsart, Bodenbeschaffenheit und Frequenzzusammensetzung des Alarmzeichens. (Höhere Frequenzen haben eine grössere distanzproportionale Zusatzdämpfung.)
- Luftschichten mit verschiedenen Geschwindigkeiten (Luftgeschwindigkeitsgradienten) und Turbulenzen, hervorgerufen durch Wind und Thermik (1)
- Luftschichten mit verschiedenen Temperaturen (Temperaturgradienten)
- Temperatur
- Relative Luftfeuchtigkeit

3.1 Der Einfluss des Windes

Würde sich die gesamte Luftschicht mit einer konstanten Geschwindigkeit über der Erdoberfläche bewegen, hätte dies keinen Einfluss auf die Schallausbreitung, das heisst, auch «gegen den Wind» würde die gleiche Schallintensität gemessen wie «mit dem Wind». Für die Abschwächung der Schallintensität an bestimmten Stellen ist also nicht einfach der Gegenwind verantwortlich, sondern der Windgradient. Als Windgradienten kann man sich Luftschichten mit unterschiedlichen, nach einer Richtung hin zunehmenden Windgeschwindigkeit vorstellen. In der Praxis sieht das abgesehen von Turbulenzen so aus, dass die

Windgeschwindigkeit am Boden ungefähr Null ist und mit zunehmender Höhe über Boden stetig zunimmt. Dadurch wird die Schallwelle in eine bestimmte Richtung abgelenkt, und es entsteht eine «Schattenregion», in der Abschwächungen bis zu 30 dB möglich sind. In der Regel fallen auf der anderen Seite Schallverstärkungen weniger stark ins Gewicht (Abb. 2).

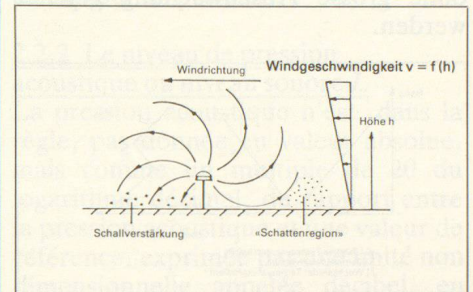


Abb. 2. Schallwellenbrechung als Folge von Windgradienten.

Dieses Phänomen kann mit einer einfachen Vektordarstellung erklärt werden (Abb. 3).

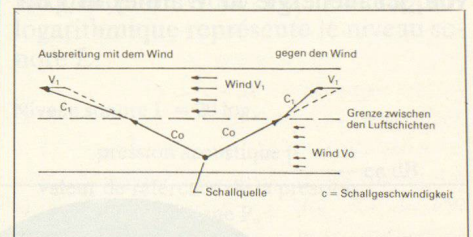


Abb. 3. Schallausbreitung zwischen Luftschichten mit verschiedenen Geschwindigkeiten.

3.2 Der Einfluss von Temperaturgradienten

Die Schallgeschwindigkeit in Luft steigt mit der Temperatur, und in einer realen Atmosphäre nimmt die Temperatur mit zunehmender Höhe über Boden ab (normales Temperaturverhalten, Abb. 4a). Wenn Schallwellen in eine Luftschicht mit tieferer Temperatur stossen, nimmt ihre Schallgeschwindigkeit ab, und der Schallstrahl wird an der Grenzschicht gebrochen (Brechungsgesetz). Dies bedeutet, dass in Abwesenheit von Wind die Schallstrahlen kontinuierlich vom Boden weggebogen werden und dass in einer bestimmten Distanz von der Schallquelle Schattenregionen entstehen (Abb. 5a). Wegen der Inhomogenität der Atmosphäre mit ihren Turbulenzen und lokalen Temperaturunterschieden (Thermik) sind jedoch diese Schattenregionen nicht ausgeprägt, sondern sind grossen Schallschwankungen unterworfen.

Es kann auch vorkommen, dass die Temperatur in erdnahen Luftschichten mit zunehmender Höhe steigt. Man nennt dies Temperaturinversion, der Temperaturgradient ist positiv

(Abb. 4b). Bei der Temperaturinversion werden die Schallstrahlen gegen die Erdoberfläche gebrochen, so dass keine Schattenregionen entstehen, sondern Schallverstärkungen in bestimmten Regionen (Abb. 5b).

Ein doppelter Temperaturgradient wie in Abbildung 4c wird selten angetroffen, wirkt aber wie ein Schallkanal, in dem Schallwellen auf weite Distanzen ohne grosse Abschwächung geleitet werden.

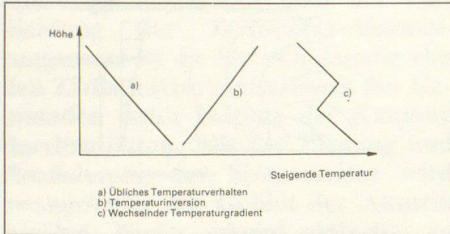


Abb. 4. Typische atmosphärische Temperaturgradienten.

3.3 Der Einfluss von Feuchtigkeit und Niederschlag

Die Schallabsorption (Umwandlung von Schallenergie in Wärme) in Luft

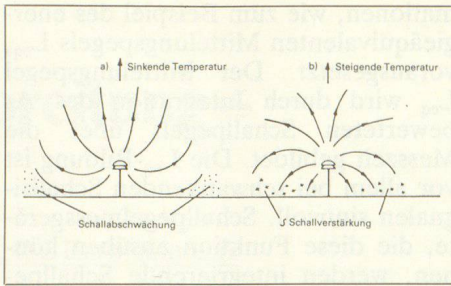


Abb. 5. Schallablenkung in einer Atmosphäre mit
a) Normalem Temperaturverhalten
b) Temperaturinversion

steht mit der Schallfrequenz, Feuchtigkeit und Temperatur in einer sehr komplizierten Beziehung. Generell kann gesagt werden, dass die Absorption mit steigender Signalfrequenz zunimmt. In bezug auf Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit besteht die Tendenz, dass die Dämpfung bei höherer Temperatur zunimmt und bei höherer relativer Luftfeuchtigkeit abnimmt. Die Wirkungen von Nebel, Schnee- und Regenfall können nicht gesondert ausgewiesen werden. Es

kann jedoch erwähnt werden, dass bei Nebel oder Niederschlag oft eine Temperaturinversion festzustellen ist, mit den dieser Erscheinung anhaftenden Auswirkungen (s. Ziff. 3.2).

Die Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit und der Frequenz ist aus den Kennlinien Fig. 6, die aus Tabellenwerten aus dem ISO-Handbuch (2) abgeleitet wurden, ersichtlich. In diesem Beispiel wird eine konstante Temperatur von 15°C vorausgesetzt.

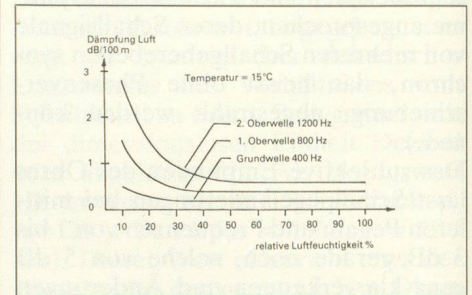


Abb. 6. Luftdämpfung in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit.

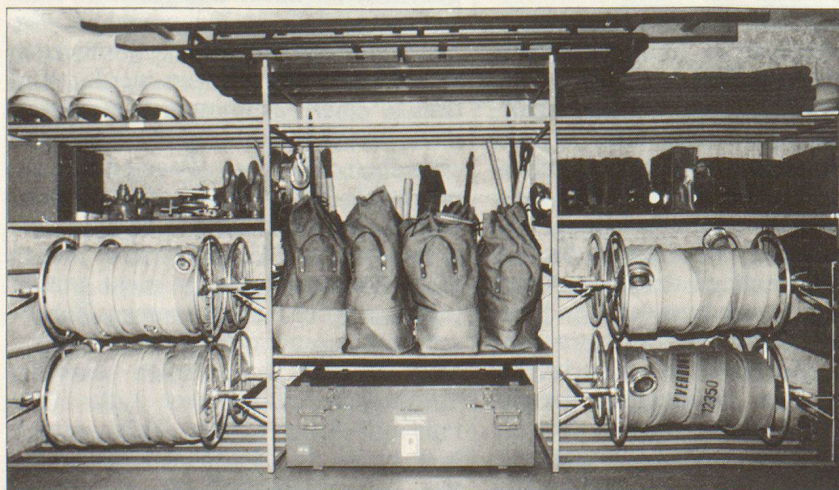
Fortsetzung folgt

Mobiliar
für
Zivilschutzanlagen
Militärunterkünfte
Beratung – Planung – Ausführung
H. NEUKOM AG
8340 Hinwil-Hadlikon ZH
Telefon 01 937 26 91

Die Vertrauensfirma für Ihre Sicherheitsprobleme!

Alarmanlagen
Türfernsehsprechanlagen
Fernsehüberwachungen
Notstromleuchten

SICHERHEITSTECHNIK
MEXAG
Riedtlistrasse 8
8042 Zürich
Tel. 01/363 17 69



Achetez en Suisse romande!
Rayonnage Protub

Un système simple et efficace à des prix avantageux. Une robustesse à tout épreuve. Le montage et le démontage s'effectuent avec une rapidité étonnante.

Sans outil.

Nous vous fournissons également vos lits ainsi que tout autre matériel.

Ein einfaches und wirksames System zu günstigen Preisen. Stabil, schnell montier- und demontierbar ohne jedes Werkzeug, sichern diese Vorteile dem Protub-Gestell einen immer grösseren Erfolg zu. Es kann frei im Raum ohne Wandbefestigung und Diagonalen aufgestellt werden.

Importateur général pour la Suisse

MULTIMAT SA, 1055 Froideville, 021 81 42 41