

Die Schallbeugung

Die Schallbeugung [engl.: *refraction*] ist ein Phänomen, das die Ausbreitung von Schall merklich beeinträchtigen kann, ähnlich wie man es aus der Optik kennt. Es ist die Schallbeugung, die bei der Lärmpegelabsenkung durch Schallschirme oder andere schallundurchlässige Hindernisse eine entscheidende Rolle spielt. Des Weiteren verdanken wir der Schallbeugung auch die Tatsache, dass wir quasi „um die Ecke hören“ können.

Eine Beugung von Schall tritt überall dort auf, wo die Ausmaße von irgendwelchen Hindernissen, die sich der Schallausbreitung entgegenstellen, von ihrer Größe her vergleichbar sind mit der Schallwellenlänge λ ($= c/f$); entsprechendes gilt auch für Öffnungen in trennenden Bauteilen. Im Hörschallbereich (16 ... 16 kHz) sind das Abmessungen, die zwischen etwa 2 cm und 20 m liegen. Aber gerade in diesem Bereich bewegen sich die Maße der meisten Gegenstände unserer Umgebung. Das hat zur Folge, dass die meisten Strukturen, auf die hörbarer Schall trifft, keine scharf umrissene akustische Schattenbildung zeigen, wie man das vom Licht oder auch von sehr hochfrequentem Ultraschall her kennt. Beugungsbedingt erhält man stattdessen ein „verwaschenes“ Feldbild. Bei einer Beugung wer-

den wellenartige Vorgänge um Hindernisse oder Kanten „herumgelenkt“.

Lässt man ebene Schallwellen gegen eine Wand laufen, die eine Öffnung (Blende, Spalt) besitzt, deren Abmessungen groß sind gegenüber der Schallwellenlänge λ , so ist das hindurchtretende Wellenbündel näherungsweise ein „Abbild“ der Öffnungsgeometrie, zumindest im Prinzip. Sind die Abmessungen der Öffnung dagegen gleich oder gar kleiner als die Wellenlänge, so erfährt das primär hindurchtretende, schmale Schallwellenbündel eine so starke Beugung nach allen Seiten, dass daraus wieder neue kugelförmige Schallwellen entstehen, die sich nach allen Seiten des Halbraumes gleichmäßig ausbreiten; die Öffnung wird quasi zur Quelle neuer Kugelwellen. Das ist auch die Erklärung dafür, dass man Schall aus Nachbarräumen noch gut vernehmen kann, wenn die trennenden Bauteile kleine „Undichtigkeiten“ enthalten, z. B. Türspalten.

Betrachtet man umgekehrt anstelle einer Blendenöffnung ein Hindernis, das sich der Wellenausbreitung entgegenstellt, so beobachtet man grundsätzlich ein ganz analoges Geschehen: Ist die Breite des Hindernisses groß gegenüber der Wellenlänge, so lässt es einen „Schallschatten“ entstehen, der den geometrischen Strahlengren-

Für die **Einfachbeugung** errechnet sich der Schirmwert z nach der folgenden Beziehung:

$$z = a_A + a_Q - (d_A + d_Q) = a_A + a_Q - s_m \approx \frac{h_s^2}{2} \cdot \left(\frac{1}{d_A} + \frac{1}{d_Q} \right) \quad (1)$$

Darin sind s_m der kürzeste Abstand zwischen der Schallquelle Q und dem Aufpunkt A , und h_s die „effektive“ Schirmhöhe. Die übrigen Größen sind der Abbildung 2 zu entnehmen.

Bei einer **Mehrfachbeugung** ergibt sich der Schirmwert z nach der folgenden Gleichung:

$$z = a_A + a_Q + e - s_m \quad (2)$$

Darin ist e die Entfernung von der ersten bis zur zweiten **Beugungskante** der Schirmgeometrie, siehe dazu auch VDI 2720.

zen entspricht. Ist die Hindernisbreite dagegen klein im Vergleich zur Wellenlänge, so verschwindet jegliche Schattenbildung. Das Hindernis ruft höchstens eine geringfügige Störung des Wellenverlaufs hervor, und das auch nur in seiner allernächsten Umgebung. Beugungserscheinungen lassen sich sehr anschaulich mit Wellen auf der Wasseroberfläche demonstrieren, siehe Abbildung 1.

Soviel zur Physik der Schallbeugung. Welche Bedeutung hat nun dieses Phänomen für die Praxis? Eingangs wurde schon darauf hingewiesen, dass an der abschirmenden und somit Pegel mindern Wirkung von Hindernissen (Häuserzeilen, Mauern, Wälle, Bewuchs, Geländeerhebungen, u.Ä.), die der Schallausbreitung im Wege stehen, die Schallbeugung einen sehr wesentlichen Anteil hat. Hinter solchen Hindernissen entsteht zunächst ein Schallschatten. Dort hinein gelangt nur noch der an den *Kanten* solcher Hindernisse

gebeugte Schall. Die durch eine Abschirmung, z. B. durch einen Schallschirm, bewirkte **Schallpegelminderung** ΔL_z (hinter dem Schirm) wird durch den so genannten **Schirmwert** z bestimmt, der seinerseits von der Geometrie der abschirmenden Anordnung abhängt.

Bei der Ermittlung des Schirmwertes z unterscheidet man generell zwei verschiedene Schirm- bzw. Beugungstypen, nämlich

- die **Einfachbeugung** an *dünnen* Schallschirmen, und
- die **Mehrfachbeugung** an *dicken* oder an (zwei) *parallelen dünnen* Schallschirmen, siehe auch VDI 2720 (vgl. dazu Kästen oben).

Eine weitere Größe, die in diesem Zusammenhang von Bedeutung ist und Auskunft gibt über die Wirkung eines Schallschirms, ist das vom Schirmwert z abhängige **Abschirmmaß** D_z . Daraus lässt sich die frequenzabhängige Schallpegelminderung ΔL_z berechnen, die mit Schallschirmen erreichbar ist. Grundlage für diese Berechnungen sind die am Schluss dieses Beitrages angegebenen Regelwerke (DIN, VDI). In der VDI 2714 findet man z. B. Näherungswerte für das Abschirmmaß von Gebäudeteilen.

Die Pegel mindernde Wirkung von Schallschirmen und ähnlichen Hindernissen, die man der Schallausbreitung entgegenstellt, hängt wesentlich von der Beschaffenheit der Beugungskanten ab. Es gibt Untersuchungen, die belegen, dass mit Hilfe von Schall absorbierenden Maßnahmen, die direkt an den Beugungskanten angebracht werden, eine Erhö-

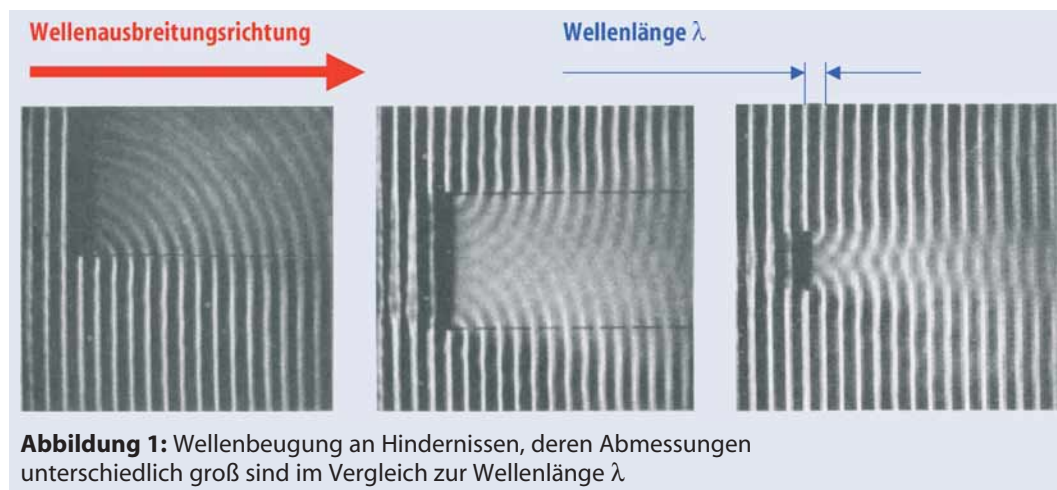


Abbildung 1: Wellenbeugung an Hindernissen, deren Abmessungen unterschiedlich groß sind im Vergleich zur Wellenlänge λ .

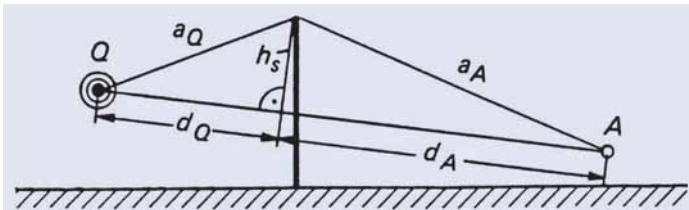


Abbildung 2: Schallbeugung an einem so genannten „dünnen“ Schallschirm. Eingezeichnet sind hier alle geometrischen Größen für die Definition des Schirmwertes z (Q = Schallquelle (Emissionsort), A = Aufpunkt (Immissionsort), h_s = effektive Schirmhöhe).

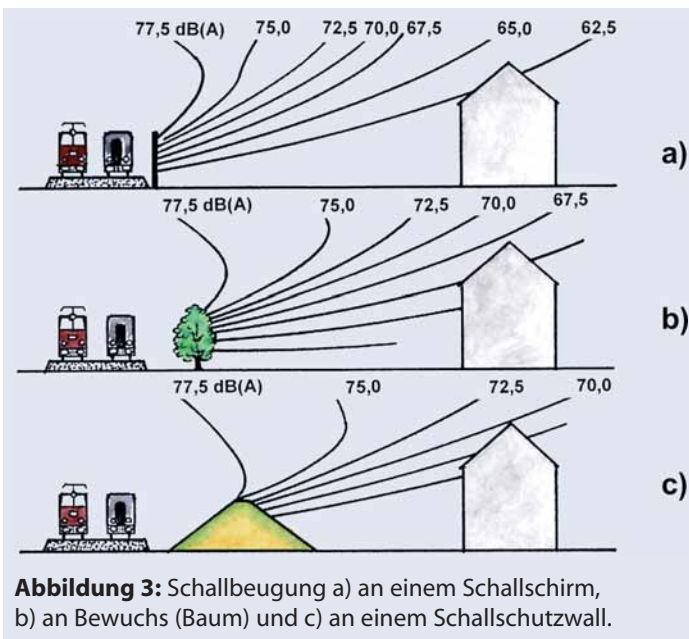


Abbildung 3: Schallbeugung a) an einem Schallschirm, b) an Bewuchs (Baum) und c) an einem Schallschutzwall.

hung der Schirmwirkung erreichbar ist.

Abschirmvorrichtungen, die man der Schallausbreitung entgegenstellt, können sehr wirksam sein, aber ihre Wirkung ist spektral und räumlich begrenzt. So ist z. B. der hinter einem Hindernis erreichbare Schallschutz sehr stark abhängig vom Abstand zwischen der Schallquelle und der ersten Beugungskante. Auch die Höhe und die Gestalt von Abschirm-Maßnahmen haben Einfluss auf den erzielten Schallschutz. Alle Maßnahmen haben letztlich das Ziel, das Schallfeld an der Beugungskante derart zu beeinflussen, dass ein möglichst „tiefer“ Schallschatten hinter dem Hindernis entsteht. Abbildung 3 illustriert diesen Sachverhalt anhand von drei verschiedenen Abschirmungsmöglichkeiten.

Bei der Planung von Schallschirmungen im Freien, z. B. von Schallschirmen, sollten folgende Punkte beachtet werden:

- Für die Pegelminderung ist nicht die Bauhöhe des Schirms, sondern die effektive Schirmhöhe h_s maßgebend [siehe Abbildung 1 und Gleichung (1), quadratischer Einfluss!].
- Die Pegelminderung ist umso größer, je näher der Schirm an der Schallquelle steht.


- Die Schirmhöhe (Bauhöhe) kann umso niedriger sein, je näher der Schirm an der Schallquelle steht, um dennoch den gleichen Schallschutz zu erreichen.
- Die Pegelminderung ist umso kleiner, je höher sich der Immissionsort befindet bzw. je weiter der Immissionsort vom Schirm entfernt ist.

Literatur

- [1] DIN 18005, „Schallschutz im Städtebau“, Teil 1
- [2] VDI 2714, „Schallausbreitung im Freien“
- [3] VDI 2720, „Schallschutz durch Abschirmung im Freien“

Autor

Prof. Dr.-Ing. Ivar Veit ist Akustiker und Sachverständiger mit Büros in Nauheim (Groß Gerau) und Riga (Lettland). An der FH Wiesbaden/Rüsselsheim hat er einen Lehrauftrag für Akustik.

www.trockenbau-akustik.de

 ► Schallübertragung