



UdK Berlin
Sengpiel
11.98
Schall

Der Schalldruck ist wirklich keine Schallintensität

Schallfeldgrößen und Schallenergiegrößen werden häufig verwechselt, häufig sogar gleichgesetzt und sicher nicht genügend deutlich auseinander gehalten.

Der Schalldruck p in $N / m^2 = \text{Pascal (Pa)}$ ist die wichtigste Schallfeldgröße zur Beschreibung von Schallfeldern im Medium Luft. Die Schallintensität I in W / m^2 ist eine Schallenergiegröße zur Kennzeichnung der in Schallfeldern vorhandenen Schallenergie. Der Begriff Schallintensität hat für die Tonaufnahmetechnik eine geringere Bedeutung. Sehen Sie selbst, wie es durcheinander geht z. B. im Internet unter:

<http://www.jlworld.com/website/Technology?OpenForm&CP=Sound>

What is sound?

Sound waves are in fact variations in the air pressure. The term Sound Pressure Level (SPL) is used to define the loudness or intensity of sound. The intensity of a sound wave is defined to the average rate per unit area at which force is transmitted by the sound wave. The SI unit for intensity is thus newtons per meter square. "Intensity" ist hier deutlich falsch.

Übersetzung: Was ist Schall?

Schallwellen sind tatsächlich Veränderungen des Luftdrucks (Schallwechseldruck). Der Begriff Schalldruckpegel (SPL) wird verwendet, um die Lautheit oder die Schallintensität zu erklären. Die Intensität (?) einer Schallwelle wird vom Durchschnittsgrad bestimmt, mit der die Kraft pro Flächeneinheit ($1 m^2$) durch die (ebene) Schallwelle übertragen wird. Die SI-Einheit für die (Schall-) Intensität (?) ist daher Newton pro Quadratmeter (N / m^2). (Ende)

Wie kann denn der [Schalldruck als eine Schallfeldgröße](#) gleich der [Intensität als eine Schallenergiegröße](#) sein? Als Tonaufnahmemenschen (Tonmeister und Toningenieur) haben wir es mit Mikrofonen in einer gewissen Nähe von Musikinstrumenten zu tun und natürlich mit dem Wichtigsten, unseren Ohren. Die in Schwingungen versetzten Musikinstrumente überlagern mit dem erzeugten Schallwechseldruck den statistischen atmosphärischen Luftdruck. Mikrofone nehmen als Schallsensoren den Schalldruck mit ihrer Membran auf und wandeln den Schalldruck in elektrische Tonwechselspannung um. Auch unsere Ohren sind Sensoren, die ausschließlich die Schalldruckänderungen mit den Trommelfellen aufnehmen und den Gehörreiz an das Gehirn zum Wahrnehmen weitergeben. Es besteht eine gewisse Ähnlichkeit zwischen Mikrofonmembran und Trommelfell, die Sensoren im Schallfeld darstellen. Wie man sicherlich erkennt, gibt es viel seltener die Notwendigkeit, in der Tonstudioteknik die Schallenergiegrößen, wie Schallintensität, Schalleistung oder Schallenergie-dichte zu betrachten oder anzuwenden.

Merke: Die elektrische Spannung ist dem Schalldruck direkt proportional. Dabei hat die Hörschwelle bei etwa 2000 Hz den festgelegten Bezugs-Schalldruck von $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pascal (Pa). Jeder auf diesen Wert bezogene Schalldruck p in Pa kann in den Schalldruckpegel L_p in dB umgerechnet werden:

$$L_p \text{ in dB} = 20 \cdot \lg \left(\frac{p}{p_0} \right)$$

Umgekehrt kann aus jedem Schalldruckpegel L_p in dB der Schalldruck p in Pa berechnet werden:

$$p = p_0 \cdot 10^{\frac{L_p}{20}} \quad p_0 = 0,00002 \text{ Pa}$$

Akustiker und Schallschützer (Lärmbekämpfer) verwenden dagegen für ihre Forschungen und Berechnungen recht gern die Schallenergiegrößen, wodurch sich Verständigungsprobleme zwischen Tontechnikern (Tonmeistern) und Akustikern ergeben. Unter Intensität des Schalls wird in der Akustik der akustische Energiebegriff Schall-Leistung durch Fläche in W / m^2 verstanden, was im allgemeinen Sprachgebrauch nicht der Fall ist. Damit es keine Verwechslungen mit dem Schalldruck p in N / m^2 geben kann, sollte der Ausdruck "Intensität" besser vermieden werden und dafür die passenden Worte Pegel, Amplitude oder Stärke angewendet werden; z. B.: Die Trompete spielt eben nicht mit großer Intensität, sondern . . . Häufig sprechen Lehrkräfte von der Intensität des Schalls, auch wenn es gar nicht so gemeint ist. Selbst die "Intensitäts"-Stereofonie heißt aus historischen Gründen nur so, denn es ist in Wirklichkeit (Schalldruck)-Pegeldifferenz-Stereofonie. Mit dem Panpot (Panoramaregler) stellt man auch keine unterschiedlichen Intensitäten an den Lautsprechern her, sondern man führt unterschiedliche Audio-Tonspannungen zu den Lautsprechern, die von diesen in Schalldruck umgewandelt werden. Zwischen den Stereo-Lautsprechern ergeben sich Pegelunterschiede und da die Spannung dem Schalldruck proportional ist, sind die Pegeldifferenzen gleichzeitig Spannungsdifferenzen und proportionale Schalldruckdifferenzen.

Merke: Mikrofone können keine Intensitätsdifferenzen aufnehmen, verarbeiten und umwandeln, genauso können das auch nicht unsere Ohren. Mikrofone und Ohren können als "quasi leistungslose" Schallsensoren betrachtet werden, die auf Schallwechseldruck reagieren. Vermeiden Sie bitte als Tontechniker bei der **Tonaufnahme** den umgangssprachlichen Ausdruck "Intensität", welche die Physiker und Akustiker als Hilfsgröße zu ihren Berechnungen unbedingt benötigen.

Um die "Lautstärke" bzw. die "Lautheit" anzugeben, werden Schalldruckmesser mit einem Mikrofon mit Kugelcharakteristik und dem A-Bewertungsfilter verwendet, womit wohl kaum die Schallintensität gemessen wird. Alle Versuche, die subjektive "Lautstärke" technisch absolut zu messen, waren erfolglos oder sind nur teilweise gelungen, wenn dazu sehr komplizierte Messungen und Berechnungen durchgeführt wurden. Da es recht einfache und kostengünstige Schallpegelmesser gibt, hat man sich darauf geeinigt, damit Messwerte zu erzeugen, die für Vergleiche ausreichen.

Man sagt nicht, dass die Messwerte in dB(A) mit der subjektiven Wirkung völlig übereinstimmen, aber es gibt halt einen Messwert. Dazu muss angegeben werden, ob die Messanzeige auf (s)low, (f)ast oder (i)mpuls eingestellt war. Die in Büchern zu findenden psychoakustischen Begriffe der Lautstärke in phon und der Lautheit in sone haben heute kaum noch Bedeutung. Nur wurde das noch nicht bemerkt. Der Schalldruck nimmt im Freifeld je Entfernungsverdopplung um die Hälfte (6 dB) ab – also mit $1 / r$ - siehe: <http://www.sengpielaudio.com/Rechner-entfernung.htm>

Merke: Für Tonverantwortliche hat die psychoakustische "Lautstärke" mit dem Schalldruck zu tun und nicht mit der Schall-Intensität - siehe: <http://www.sengpielaudio.com/Rechner-pegelaenderung.htm>

Mikrofonmembranen reagieren nicht nur auf den richtungslosen Schalldruck p (Skalar), sondern auch auf den Druckgradienten – das ist die Schalldruckdifferenz (Vektor) – der damit schnelle- und richtungsempfindlich ist. Da die Schallkennimpedanz von Luft $Z_0 = p / v$ als konstant anzusetzen ist, ist bei einer ebenen Schallwelle die Schalldruck p dem Schallschnelle v proportional. Schalleistung ist die Ursache und Schalldruck ist die Wirkung.

Letzteres interessiert besonders den Tontechniker. Siehe auch: <http://www.sengpielaudio.com/SchalldruckUndSchalleistung.pdf>
<http://www.sengpielaudio.com/PegelabnahmeVonSchalldruckUndIntensitaet.pdf>