



Infraschall und Ultraschall

Natürliche und industrielle Quellen

Akustik-Serie Teil 15

Unter Infraschall versteht man Schallvorgänge mit Frequenzen unterhalb von 16 Hz. Schallvorgänge mit Frequenzen oberhalb von 16 kHz (bis 1,0 GHz) bezeichnet man als Ultraschall. Beide Frequenzwerte gelten nominell als Grenzwerte für den menschlichen Hörbereich. Den Frequenzbereich zwischen 16 kHz und 1 GHz bezeichnete man bisher auch als Hyperschall-Bereich (DIN 1320, Akustik – Begriffe). In der aktuellen Fassung dieser Norm aus dem Jahre 2009 wird dieser Begriff allerdings nicht mehr verwendet.

Beide genannten Grenzwerte (16 Hz und 16 kHz) sind gemäß dem immer noch gültigen Lehrbuchwissen zumindest erläuterungsbedürftig. Bereits 1936 hat der ungarische Biophysiker und Nobelpreisträger für Medizin György von Békésy Hörschwellenmessungen bis in den Infraschallbereich hinab durchgeführt. Man weiß heute definitiv von einigen Tierarten, z. B. von Elefanten oder von Blauwalen (im Wasser!), dass sie sehr tiefe Frequenzen hören können und den Infraschall sogar zu Kommunikationszwecken nutzen. Ebenfalls abgesichert ist die Tatsache, dass Infraschall sich ohne nennenswerte Dämpfung über sehr große Entfernungen ausbreiten kann, auch unter Wasser. Diese Eigenschaft des Infraschalls ist daher auch sehr hilfreich bei der weltweiten Überwachung von Kernwaffenversuchen, sei es unterirdisch, sei es in der Atmosphäre oder unter Wasser. Dafür gibt es eigens ein internationales Netz von Infraschall-Messstationen (IMS). Auch bei der Frühwarnung vor Tsunamis spielt der Infraschall heute eine sehr große Rolle.

Auch der Ultraschall findet vielerorts einen nicht mehr wegzudenkenden Anwendungsbereich. Über beide Schallarten und ihren praktischen Einsatz wird nachfolgend berichtet.

Infraschall: Wirkungen auf den Menschen

Die nicht selten lästige Wirkung von Infraschall auf unser Gehör ist nicht so einfach zu beurteilen wie Wahrnehmungen im üblichem Hörschallbereich. Wir wissen heute, dass unser Gehör in der Lage ist, „Luftdruckschwankungen“ wahrzunehmen, die frequenzmäßig dem Infraschallbereich zuzuordnen sind, und zwar bis zu 1 Hz herab. Dazu muss allerdings ein sehr viel höherer Schalldruckpegel verwendet bzw. überschritten werden. Zu tiefen Frequenzen hin nimmt die Empfindlichkeit unseres Gehörs bekanntlich ab. Für 100 Hz liegt unsere Hörschwelle bei etwa 23 dB, bei 20 Hz sind das schon mehr als 70 dB, und bei 4 Hz liegt unsere „Wahrnehmungsschwelle“ für Infraschall bereits bei etwa 120 dB. Die Infraschall-Wahrnehmungsschwelle erscheint quasi wie eine leicht versetzte Fortsetzung der bekannten Hörschwellenkurve gemäß ISO R 226 (Bild 1). Ein Hören im üblichen Sinne ist das allerdings nicht, sondern eher ein „Fühlen“. Und unterhalb von etwa 20 Hz verschwindet die Empfindung von Tonhöhen.



Zur Information:

In leicht verständlicher Form vermitteln wir eine **Einführung in die Arbeitsgebiete der technischen Akustik – einschließlich Schwingungstechnik – und der Elektroakustik.**

Themengebiete:

- Akustische Grundbegriffe – Schallfeldgrößen, Pegel, Resonatoren (2/2019)
- Schallausbreitung – Reflexion, Beugung, Brechung und Absorption (3/2019)
- Elektromechanische Analogien – Analogie erster und zweiter Art, Ersatzschaltbilder (4/2019)
- Elektroakustische Wandler – Wandlerprinzipien und ihre Gesetze (5/2019)
- Mikrofone – vom Studiomikrofon bis zum Subminiaturmikrofon (6/2019)
- Kopfhörer – elektrodynamische und elektrostatische Kopfhörer (1/2020)
- Lautsprecher – von den Anfängen bis zur Bassreflexbox (2/2020)
- Beschallungstechnik – gerichtete Schallabstrahlung, Linienstrahler (4/2020)
- Raum- und Bauakustik – Sabine'sches Gesetz, Nachhallzeit und äquivalente Absorptionsfläche (4/2020)
- Gehör – Lautstärke, Lautheit, Hörverlust, Hörgeräte, Audiometrie (5/2020)
- Persönlicher Schallschutz – von passiven Gehörschutzmitteln bis zum aktiven Schallschutz mittels „Antischall“ (6/2020)
- Akustische Messräume – reflexionsarme Räume, Impedanz-Messrohre und Hallräume (1/2021)
- Körperschall und Vibrationen – Accelerometer und Ladungsverstärker (2/2021)
- Wasserschall – Schallausbreitung im Wasser, Hydrofone und Wasserschall-Messtanks (3/2021)
- **Infraschall und Ultraschall – natürliche und industrielle Quellen**
- Akustische Messtechnik – Terz- und Oktavpegel, Intensitätsmessung, Korrelationsanalyse, Cepstrumanalyse und akustische Peilung
- Hörgeräte Elektronik – Rückblick auf den Beginn der Hörgeräte-Entwicklung: Von der Elektronenröhre bis zum integrierten Schaltkreis und zur Digitaltechnik

Theoretische Zusammenhänge werden nur so weit vertieft, wie es für das Verständnis des Stoffs notwendig ist. Auf mathematische Ausdrücke (Gleichungen, Formeln) wird im Text so weit wie möglich verzichtet. Anschauliche Illustrationen unterstützen diese Beiträge. Autor dieser Serie ist Prof. Dr.-Ing. Ivar Veit.

Etwas Ähnliches beobachtet man auch im Ultraschallbereich, und zwar beim „Hören“ von knochengeleitetem Ultraschall, ohne dass dabei zuordenbare Tonhöhenunterschiede wahrnehmbar werden.

Neben der rein akustischen Wirkung kann Infraschall auch auf das gesamte Wohlbefinden Einfluss nehmen, nämlich auf vibratorischem Wege. Das hat damit zu tun, dass die mechanischen Eigenfrequenzen

(= Resonanzfrequenzen) einiger sehr wichtiger Körperorgane im Bereich zwischen etwa 1 bis 8 Hz liegen und dort leicht angeregt werden können (Bild 2). Die Eigenfrequenz des gesamten menschlichen Körpers liegt ebenfalls im gleichen Bereich, nämlich zwischen etwa 4 bis 5 Hz.

Unterhalb von etwa 1 Hz kann man eine der bekanntesten Wirkungen extrem tieffrequenter, mechanischer Schwingungen auf unseren Körper kennenlernen, nämlich die See- oder Reisekrankheit mit den dafür typischen Symptomen Übelkeit, Unwohlsein und sogar Erbrechen. Ursache ist die sehr tiefe Eigenfrequenz des Gleichgewichtsorgans, die dabei angeregt wird. Bei Infraschallpegeln von ≥ 140 dB – unbewertet – wird neben den bereits erwähnten Einwirkungen auf unser Gleichgewichtsorgan gelegentlich sogar auch von Atembeschwerden, Veränderungen des Pulsschlags, Kopfschmerzen, Benommenheit und Tinnitus berichtet.

Verbindliche Grenz- oder Anhaltswerte für den Umgang mit Infraschall am Arbeitsplatz sowie im Wohnbereich gibt es in Deutschland bisher nicht. Das hat nicht zuletzt auch damit zu tun, dass die Mess-

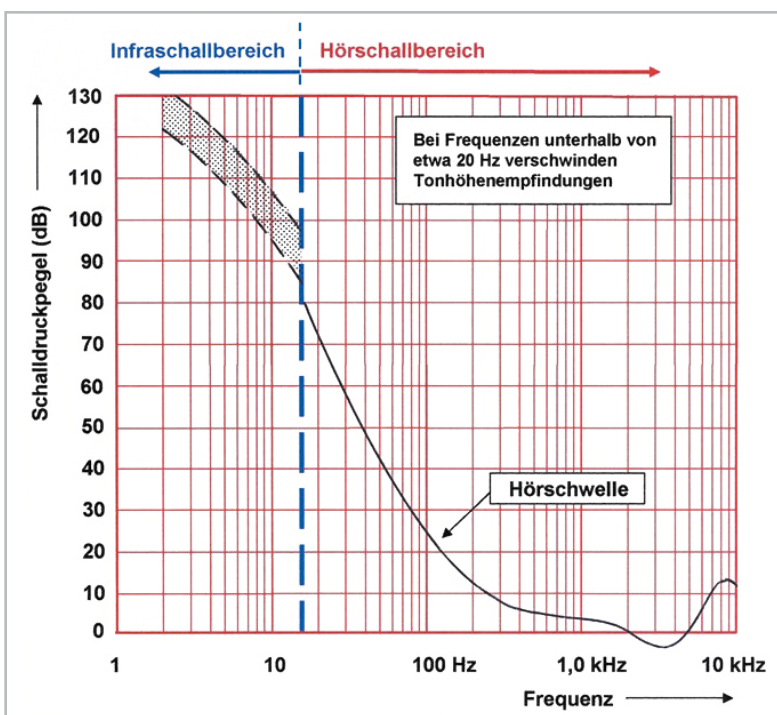


Bild 1: Infraschall-Wahrnehmungsschwelle und -Hörschwelle (nach ISO R 226) für Luftschall. Die Wahrnehmungsschwelle für Infraschall ist hier als Toleranzband dargestellt.

Herz	4–6 Hz (Kontraktionsfrequenz: 1,0–1,5 Hz)
Magen	2–3 Hz
Bauch	2–4 Hz
Nieren	6–8 Hz
Wirbelsäule	4–6 Hz
Gleichgewichtsorgan	0,5–1,3 Hz

Bild 2: Eigenfrequenzen einiger menschlicher Körperorgane



Bild 3: 1-Zoll-Messmikrofon-Kapsel, die auch zur Messung von Infraschall geeignet ist. Typ MK 103.1 (Microtech Gefell)
 Durchmesser: 23,8 mm/1"; Höhe: 26,5 mm;
 Frequenzbereich: 2 Hz–8 kHz; Freifeld-Übertragungsfaktor (Empfindlichkeit): 50 mV/Pa; Grenzschalldruck: 146 dB

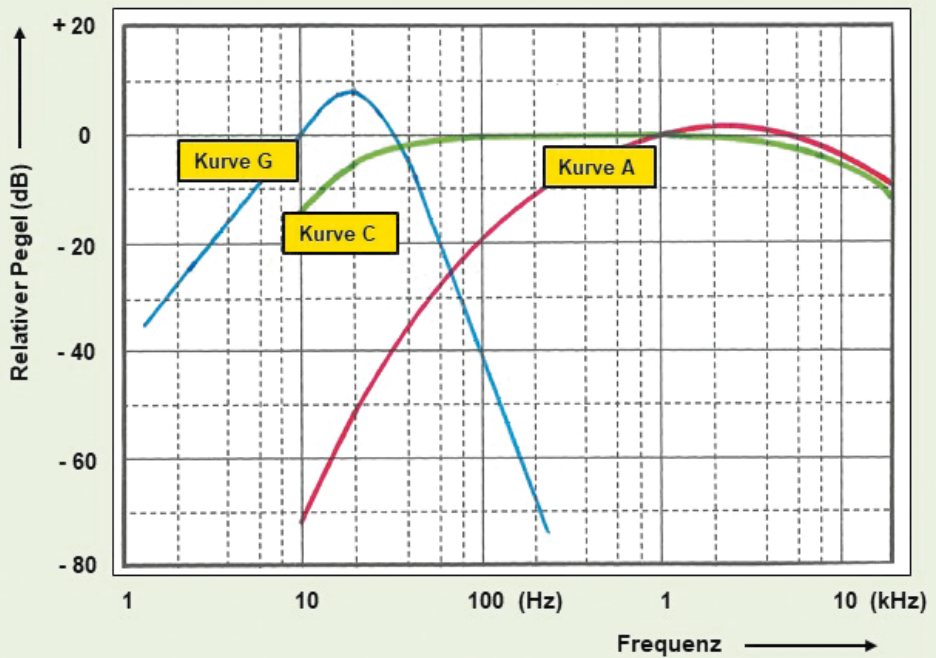


Bild 4: Bewertungskurven A und C für Schallmessungen im hörbaren Frequenzbereich, Bewertungskurve G für Schallmessungen im Infraschallbereich (nach: ISO 7196)

technik sich bisher hauptsächlich auf die Messung und Bewertung von Lärm, d. h. von Schall im Hörschallbereich, konzentriert. Auch die meisten Messmikrofone sind nicht ausdrücklich für den Infraschallbereich ausgelegt. Das Bild 3 zeigt z. B. ein 1-Zoll-Mikrofon, mit dem man immerhin bis zu 2 Hz heruntermessen kann. Auch bei der Festlegung von einzuhaltenden Grenzwerten besteht noch Handlungsbedarf. In der VDI-Richtlinie 2058-2 wird lediglich darauf hingewiesen, dass bei einer Frequenz von 20 Hz der frequenzmäßig unbewertete (!) Schalldruckpegel einen Wert von 120 dB und bei 1 Hz einen Wert von 132 dB nicht überschreiten sollte, um gesundheitliche Beeinträchtigungen zu vermeiden.

Für Schallmessungen im Infraschallbereich gibt es immerhin eine Bewertungskurve (G), s. Bild 4.

Und das Bild 5 gibt Auskunft über verschiedene Gefährdungsbereiche bei Infraschallexpositionen. Mit der Bewertungskurve (G) gemessene Schalldruckpegel werden in dB(G) angegeben.

Infraschall-Quellen

Infraschall kann sowohl natürliche als auch technische Quellen bzw. Ursachen haben. Zu den natürlichen Quellen gehören z. B. Windströmungen und Luftturbulenzen unter extremen meteorologischen Situationen, ferner Meeresbrandungen, Vulkaneruptionen oder Erdbeben. Emissionen dieser Art gehen zwar einher mit sehr hohen Pegeln im Infraschallbereich (bis zu 135 dB, unbewertet), sie treten

aber meist relativ selten und dann auch nur kurzzeitig auf. Anders dagegen sieht es mit den technischen Infraschallquellen aus. Sie wirken oft über eine längere Zeit und dann auch nur räumlich begrenzt auf Menschen ein.

Der Umfang an technischen Infraschall-Quellen ist sehr groß. Neben einer ganzen Reihe von Industrieanlagen (z. B. Hochöfen, unterirdische Wasserkraftwerke, Windkraftanlagen, Kompressorenräume) sind es vor allem Arbeitsplätze mit längeren, geschlossenen Räumen, wo Be- und Entlüftungsanlagen beachtliche Infraschallpegel erzeugen können, insbesondere in lang gestreckten Großraumbüros (Ausbildung stehender Wellen; einer Frequenz von 1 Hz entspricht in Luft eine Wellenlänge von $\lambda = 343 \text{ m}$!).

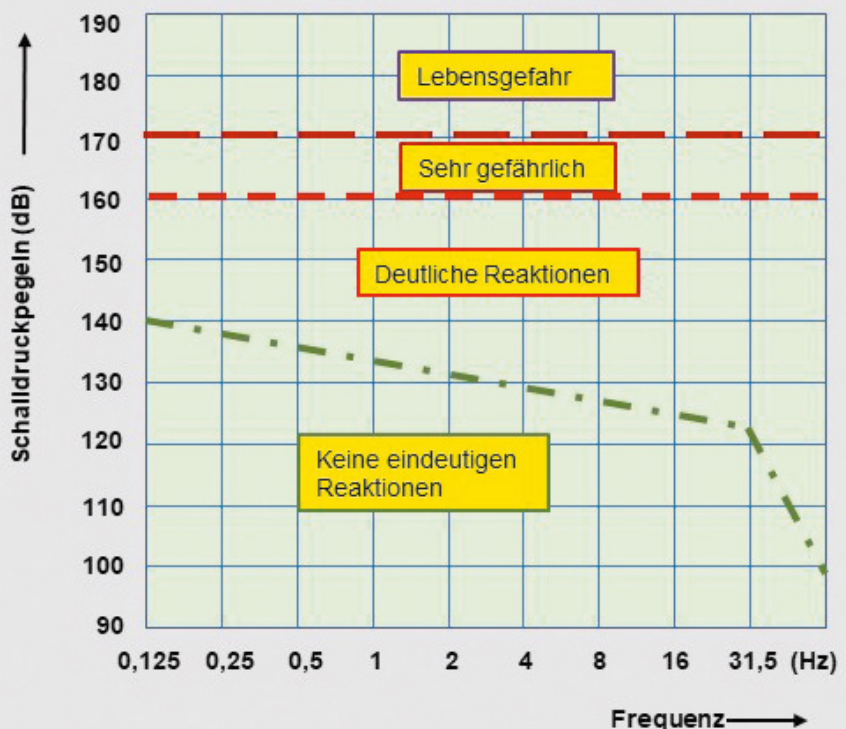


Bild 5: Gefährdungsbereiche bei Infraschall-Expositionen (nach Borgman)



Wegen der extrem großen Wellenlängen beim Infraschall verlangen wirksame Gegenmaßnahmen nach neuen Wegen, einschließlich des aktiven Schallschutzes. Gerade für sehr tiefe Frequenzen sind aktive Maßnahmen geradezu prädestiniert. Das Gleiche gilt auch für die Ausbreitung und Bekämpfung von Infraschall im Freien. Die Ausbreitungsdämpfung infolge von Luftabsorption ist beim Infraschall außerordentlich gering. Und ebenso gilt dies auch für die Ausbreitung von Infraschall im Wasser. So konnte z. B. durch Seebeben erzeugter Infraschall noch über enorme Entfernungen hinweg in vielen Weltmeeren nachgewiesen werden.

Eine viel diskutierte Quelle für den Infraschall bilden Windkraftanlagen. Sie bestehen im Prinzip aus vier Bauelementen: dem Fundament, dem Turm, der Maschinengondel und dem meist dreiflügeligen Rotor (Windrad), s. Bild 6. Bei jeder Umdrehung passieren die Rotorblätter nacheinander den Turm und erzeugen dabei jeweils einen impulsartigen Schall. Bei drei Rotorblättern und den üblichen Drehzahlen ergibt das eine ausgeprägte Pegelspitze bei etwa 1,5 Hz. Unklar ist aber weiterhin, ob das unsere Gesundheit beeinträchtigt, auch wenn viele Anwohner in der Nähe solcher Anlagen über Schlafstörungen, Unwohlsein o. Ä. klagen, was organisch nicht belegt ist.

Ultraschall: Wirkungen auf den Menschen

Zunächst sei auf eine physikalische Besonderheit beim Ultraschall hingewiesen, die es beim Hörschall nicht gibt. Es handelt sich dabei um den Schallstrahlungsdruck (Symbol: $\Pi \sim \rho \cdot \omega^2 \cdot \xi^2$; Einheit: N/m^2), der erst bei höheren Frequenzen ($f = \omega/2\pi$) und dabei auch noch mit dem Quadrat der Frequenz in Erscheinung tritt. Der Schallstrahlungsdruck ist ein statischer Druck im Gegensatz zum zeitlich veränderlichen Schallwechseldruck p . Bekannte Effekte, die dem Strahlungsdruck zuzuschreiben sind, sind der nebelnde Ultraschall-Sprudel (Bild 7) sowie der etwas weniger bekannte sogenannte „Quarzwind“: Beschallt man ein quadratisches Stück Papier (ca. 5 cm Kantenlänge), das bifilar aufgehängt ist, aus sehr kurzer Distanz mit Ultraschall (z. B. 800 kHz) hoher Leistung, so beobachtet man, dass das Papier infolge des Schallstrahlungsdrucks weggedrückt wird. Infolge der quadratischen Abhängigkeit des Strahlungsdrucks von der Frequenz tritt dabei eine Unsymmetrie auf, und zwar zwischen Abstoßung und „Zurücksaugung“ der zuvor in der ersten Schwingungshalbperiode nicht restlos weggestoßenen Luftteilchen. Während der zweiten halben Schwingungsperiode strömen auch noch neue Luftteilchen von der Seite heran. Mit anderen Worten: Der Volumenfluss während der Expansionsphase ist größer als der Rückfluss in der Ansaugphase, und es entsteht eine Art räumliche „Gleichrichtung“.

Das Gleiche ist auch beobachtbar in einem Versuch mit einer brennenden Kerze, die in der Nähe eines transversal schwingenden Quarzes steht; daher auch der Begriff Quarzwind, der, wenn er kräftig genug ist, die Kerze sogar ausblasen kann. Diese Erklärung gilt auch für die Veranschaulichung der Kraftwirkung beim Ultraschallsprudel.

Und nun zur Ultraschallwirkung auf den Menschen. Nach bisherigen Erkenntnissen kann man die Wirkung in drei verschiedene Gruppen einteilen:

- 1.) Beschallung mit nicht moduliertem, luftgeleitetem Ultraschall,
- 2.) Beschallung mit niederfrequent moduliertem Ultraschall und
- 3.) Beschallung mit nicht moduliertem, aber knochengeleitetem Ultraschall.

Beschallt man das menschliche Gehör mit nicht moduliertem Ultraschall, so kann man unter bestimmten Voraussetzungen einen Ton wahrnehmen, dessen Tonhöhe der ersten oder einer weiteren Subharmonischen der Ultraschallfrequenz entspricht. Bei hinreichend hohen Schalldruckpegeln kann nämlich das Trommelfell zu subharmonischen Schwingungen angeregt werden, die wahrnehmbar sind. Das kann bei industriellen Produktionsabläufen der Fall sein, wo Ultraschall zur Anwendung kommt, z. B. beim Reinigen, Emulgieren oder beim ultraschallerosiven Profilsenken in Glas (Bild 8) oder Keramik.

Bei einer Beschallung mit niederfrequent moduliertem Ultraschall kann der Modulationsinhalt der Trägerschwingung vom menschlichen

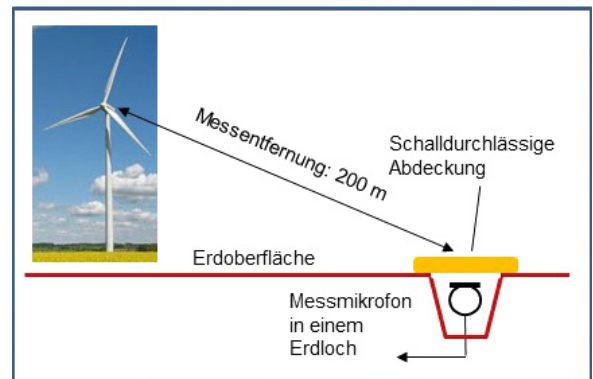


Bild 6: Windkraftanlagen – oben ein Windpark, unten Infraschallmessung an einer Windkraftanlage nach Betke und Remmers. Um am windumströmten Mikrofon keinen „Pseudoschall“ entstehen zu lassen, der von diesem aufgenommen wird, kann das Messmikrofon unterhalb der Erdoberfläche positioniert werden. Gewöhnliche Windschirme sind bei Infraschall unwirksam.

Gehör unmittelbar wahrgenommen werden, und zwar infolge eines auf den Schallstrahlungsdruck zurückzuführenden Demodulationsvorgangs. Das geschieht umso besser und deutlicher wahrnehmbar, je höher der Modulationsgrad ist. Dieser Vorgang ist durch zahlreiche Untersuchungen belegt.

Nicht modulierter Ultraschall kann auch auf dem Knochenschallwege hörähnliche Wahrnehmungen auslösen, und zwar auch noch bei sehr hohen Frequenzen, bis zu 200 kHz! Dieses Phänomen kennt man schon sehr lange, man weiß aber noch sehr wenig über den dafür verantwortlichen Mechanismus. Nicht unbedeutend ist dieser Effekt insofern, als der Schäl-

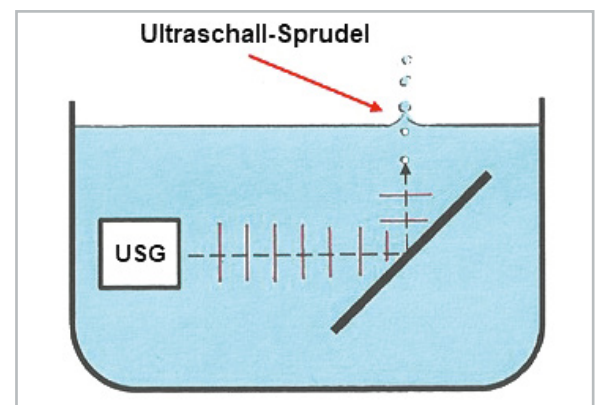


Bild 7: Ausbildung eines Ultraschall-Sprudels: Lässt man Ultraschallwellen mit einer höheren Frequenz, z. B. einige Hundert kHz, senkrecht von unten gegen die Oberfläche einer Flüssigkeit laufen, so entsteht dort infolge des Schallstrahlungsdrucks ein deutlich erkennbarer Sprudel, dessen Höhe von der Schallintensität abhängt. USG = Ultraschall-Geber

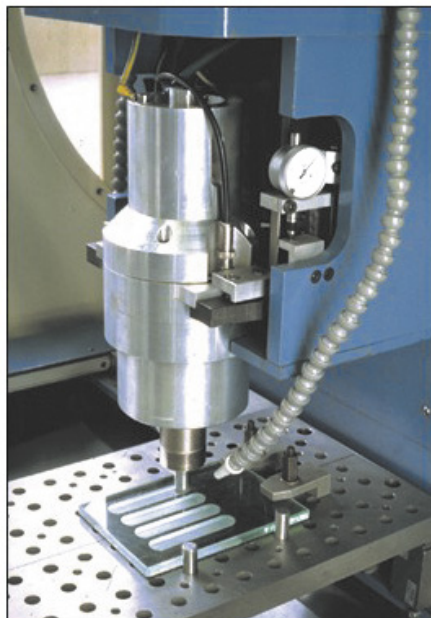
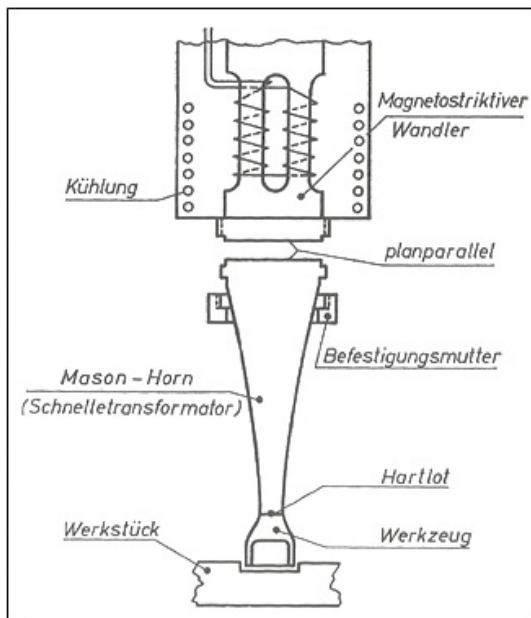


Bild 8: Ultraschallfräsen mit magnetostruktivem Wandler und angeschlossener Schnelletransformation (links) und Ultraschallfräsen in Glas (rechts)

delknochen zur Hörfähigkeit beiträgt. Für die Einleitung des Ultraschalls gibt es nach Angaben verschiedener Autoren besonders geeignete Punkte am Kopf (Bild 9), auch am Hals und selbst am Oberkörper. Im Hörfrequenzbereich ist der Schallstrahlungsdruck vernachlässigbar klein und somit ohne Bedeutung.

Ultraschall-Quellen und -Wandler

Eines der ältesten, nichtelektrischen Mittel zur Erzeugung von Ultraschall ist die von Sir Francis Galton 1883 erfundene und nach ihm benannte Galton-Pfeife, die zum Training von Delfinen oder auch von Hunden heute noch verwendet wird. Damit kann Ultraschall mit Frequenzen bis zu 40 kHz erzeugt werden. 1931 schuf J. Hartmann den nach ihm benannten, aber deutlich einfacher aufgebauten Hartmann-Generator, mit dem man Frequenzen von bis zu 100 kHz erzeugen konnte. In der Tierwelt dient Ultraschall vielfach zur Orientierung (Echolotung), aber auch zur Kommunikation. Die Hörschwelle z. B. von Hunden reicht frequenzmäßig bis zu 50 kHz und von Fledermäusen sogar bis zu 200 kHz.

Nun zu den Ultraschall-Wandlern: Heutzutage arbeiten die meisten elektroakustischen Wandler für Ultraschall – sowohl Sender als auch Empfänger – nach dem magnetostruktiven oder piezoelektrischen Wandlerprinzip. Mit magnetostruktiven Schallsendern erreicht man ungewöhnlich hohe Wirkungsgrade bis zu 90 %, allerdings nur bei ihrer Resonanzfrequenz, d. h. bei extrem schmalbandigem Betrieb. Anders dagegen bei piezoelektrischen Schallempfängern. Sorgt man konstruktiv

dafür, dass deren Resonanzfrequenz sehr hoch liegt (z. B. ≥ 500 kHz), spricht man von Hochabstimmung und erreicht somit unterhalb dieser Frequenz einen geradlinigen Frequenzgang. Hochabgestimmte Mikrofone verwendet man in der Messtechnik, und zwar sowohl im Hörschall- als auch im Ultraschallbereich.

Ultraschall: Anwendungen in Technik und Medizin

Der Ultraschall gehört heute zu einem nicht mehr wegzudenkenden „Werkzeug“ in der Medizin, aber auch für viele Arbeitsgebiete der Technik. Das Bild 10 vermittelt einen kleinen Überblick darüber. Militärische Anwendungen sind von dieser Übersicht ausgenommen. Die in diesem Bild angegebenen Frequenzen sind nur als orientierende Werte aufzufassen. Nachfolgend werden einige der im Bild 10 aufgelisteten Arbeitsgebiete als praktische Beispiele veranschaulicht. Zum Thema „Bohren, Fräsen, Erodieren“ zeigt das Bild 8 ein praktisches Beispiel. Auf diese Weise kann man sogar mehreckige Löcher erzeugen. Der Vorschub des Werkzeugs kann, je nach dem zu bearbeitenden Material, 0,5–2 mm/min betragen, wobei die Schwingungsamplituden zwischen 10–20 μm betragen.

Als ein weiteres Beispiel aus der Aufstellung im Bild 10 sei hier auf das Aluminiumlöten mithilfe von Ultraschall hingewiesen. Je nach Legierungsbestandteilen besitzt Aluminium eine Schmelztemperatur von etwa 580–660 °C. Nun befindet sich auf dem Aluminium eine unsichtbare Oxydschicht, die es vor Korrosion schützt, die aber leider auch eine höhere Schmelztemperatur besitzt, nämlich 2050 °C. Ohne Entfernung der Oxydschicht ist ein Löten von Aluminium aber nicht möglich. Hier kann Ultraschall sehr hilfreich sein, und zwar über das Phänomen der Kavitation. Dabei bilden sich infolge von hochfrequenten Vibrationen im flüssigen Lot kleine, blasenartige Hohlräume, die unter Einwirkung des Luftdrucks sofort wieder in extrem kurzer Zeit kollabieren. Dabei wird eine sehr große Energie frei, die die Oxydschicht zerstört und dabei das Löten von Aluminium sehr kurzzeitig ermöglicht.

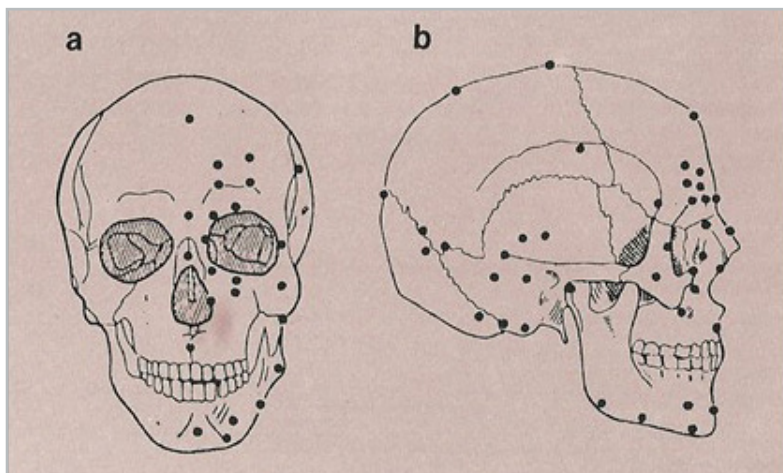


Bild 9: Punkte auf unserem Schädel, die sich für die Einleitung von sehr hochfrequentem Ultraschall als besonders günstig erwiesen haben, um eine Tonempfindung zu spüren. a) Schädelvorseite, b) Schädel, rechte Seite



Medizin (100 kHz–10 MHz)	Technik (20–100 kHz)
Diagnostik: Betrachtung innerer Strukturen mithilfe der Sonografie	Schweißen, Schneiden
Messung physiologischer Parameter	Reinigen
Therapie: Erhitzung von Geweben, Zerstörung von Geweben und Organen in der Chirurgie	Bohren, Fräsen, Erodieren
Zahnheilkunde	Löten von Aluminium
Inhalatoren	Entgasen von Flüssigkeiten
	Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung
	Abstandsmessung (Füllstandsmessung und Echolotung)

Bild 10: Ultraschall-Anwendungen in der Medizin und in der Technik



Bild 12: Ultraschall-Inhalator USC mit Mundstück, verwendbar auch mit Maske, für eine gezielte Behandlung der oberen und unteren Atemwege. Foto: Medisana AG



Bild 13: 1/8-Zoll-Messmikrofon-Kapsel, die auch zur Messung von Ultraschall gut geeignet ist: Typ 4138 (Brüel & Kjaer)

Die heutige Untersuchungstechnik ermöglicht es, gestochen scharfe 3D-Bilder eines noch ungeborenen Kindes im Mutterleib zu erhalten und zu sehen, dass es dem Baby gut geht (Bild 11). Die Untersuchung selbst ist denkbar einfach. Eine Ultraschallsonde wird dabei vom Arzt auf der Bauchoberfläche herumgeführt, wobei Ultraschallsignale in den Körper eingeleitet werden. Treffen sie auf organisches Gewebe, werden sie je nach Gewebestruktur unterschiedlich stark reflektiert und als „Echo“ empfangen. Stark reflektierende Strukturen, z. B. Knochen, reflektieren den Schall stärker als Flüssigkeitsansammlungen und erscheinen im Bild, das ein Computer schließlich errechnet, entsprechend heller.

Allerdings sind Ultraschalluntersuchungen während der Schwangerschaft, die nicht medizinisch begründet und nicht Teil des Leistungskatalogs der gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) sind, seit dem 1. Januar 2021 verboten. Die neue Verordnung im Strahlenschutzgesetz soll Embryos vor einer unnötigen, zu hohen Strahlendosis schützen (Ultraschall als „Babyfernsehen“).

Allgemein bekannt sind auch Ultraschallinhalatoren bzw. -vernebler. Wasser wird dabei mithilfe von Ultraschall in Schwingungen versetzt bzw. vernebelt, wobei Bestandteile eines darin enthaltenen Inhalats über ein Mundstück (Bild 12) oder über eine Maske in die Atemwege gelangen, einschließlich Nase, Hals, Bronchien und Lungen.

Für Messungen im Bereich ultrahoher Frequenzen benötigt man Mikrofone, die speziell dafür ausgelegt sind. Ihr Messbereich muss mindestens bis zu ≥ 120 kHz reichen. Das Bild 13 zeigt als Beispiel dafür eine allein schon abmessungsmäßig ausreichend kleine 1/8-Zoll-Mikrofonkapsel. Dieses Mikrofon arbeitet genauso wie auch die für Infraschallmessungen verwendete 1-Zoll-Kapsel (Bild 3) nach dem kapazitiven Wandlerprinzip, d. h. beide zuletzt genannten Kapseln sind Kondensatormikrofone.

Ausblick

Bei akustischen Messungen handelt es sich in den meisten Fällen um die Bestimmung des Schalldrucks bzw. des Schalldruckpegels. Von diesen Größen war auch in vielen der vorangegangenen Veröffentlichungen dieser Beitragsserie die Rede. Nur ist der Schalldruck nicht die allein



Bild 11: Bemerkenswert scharfes 3D-Ultraschallbild eines Babys im Mutterleib. Foto: I. Veit, Vorlesungs-Unterlagen

ausagekräftige Größe in der Akustik. Wichtig sind auch die Abhängigkeit dieser und auch noch anderer akustischer Größen z. B. von der Frequenz. Mit dieser Thematik befasst sich der nächste Teil. Neben dem Schalldruck, dem Schalldruck-Gradienten, der Schallschnelle, dem Schallfluss und dem Schallstrahlungsdruck sind es auch noch die leistungsbezogenen Größen Schallintensität und -leistung, die man kennen sollte, wenn man sich intensiver mit der Akustik beschäftigt. Auch die Richtung, in die Schall abgestrahlt wird bzw. aus der Schall empfangen wird (Richtwirkung), ist eine Größe, mit der sich die akustische Messtechnik befasst. Terzpegel und Oktavpegel sind weitere Größen, die sehr häufig gemessen werden. Des Weiteren sind die akustische Ortung von Schallquellen, die Korrelationsanalyse sowie die Cepstrumanalyse wichtige Gebiete, über die im nächsten Beitrag berichtet wird. **ELV**



Weitere Infos:

Veit, Ivar: „Neuere Erkenntnisse über die Einflüsse und Wirkungen von Infra- und Ultraschall auf unser Gehör“, Zeitschrift für Hörgeräte-Akustik, 1979, Heft 1, S. 2–24

Ising, H., et al.: „Infraschallwirkungen auf den Menschen“, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1982, ISBN 3-18-400525-9

Betke, K. und Remmers, H.: „Messung und Bewertung von tieffrequentem Schall“, DAGA, 1998

Veit, Ivar: „Technische Akustik“, Vogel-Verlag, Würzburg, 7. erweiterte Auflage, 2012, ISBN: 3834332828

Borgmann, R.: Infraschall – Leitfaden „nichtionisierende Strahlung“, Fachverband für Strahlenschutz e. V.

Magnusson, L. und Malmquist, N.: „Infraschall am Arbeitsplatz, Vorkommen und Wirkung“, Schweden 1973/74