

Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 5 (1950)
Heft: 6

Artikel: Ultraschall : Wesen, Technik und Anwendung
Autor: Mayer, F.E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-653927>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.02.2026

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

ULTRASCHALL

Wesen, Technik und Anwendung

Von Ing. F. E. Mayer

Von den weitgehenden, oft geradezu verblüffenden Fortschritten, die die Ultraschalltechnik in den letzten 10 bis 15 Jahren machte, ist bis vor kurzem verhältnismäßig wenig sichtbar geworden. Während des Krieges unterlag dieses Sondergebiet der Geheimhaltung, da die Kriegsführenden beider Seiten hofften, ihre Forschungsergebnisse vielleicht doch für die Konstruktion einer kriegsentscheidenden, neuen Waffe heranziehen zu können. Es waren da vor allem die für die Seekriegsführung bestimmten Einrichtungen, die meist nach dem Grundgedanken des Echolotes arbeiteten und denen man vielseitige Anwendung zugeschrieben hatte. Aber auch die Verwirklichung der gespenstischen „Todesstrahlen“ glaubte man mit Hilfe der letzten Erkenntnisse auf dem Gebiete der hochfrequenten Schallwellen erwarten zu können. Die Hoffnungen haben sich als trügerisch erwiesen. Jedenfalls waren den friedlichen Anwendungsmöglichkeiten — die nun allmählich weiteren Kreisen zugänglich werden — erfreulichere Erfolge beschieden. Mit ihnen und ihrer Entwicklung wollen wir uns im folgenden beschäftigen.

Unter „Ultraschall“ versteht man Schallschwingungen, die oberhalb der Hörgrenze des menschlichen Ohres liegen. Unser Ohr nimmt Schallimpulse auf, die zwischen 16 und 20.000 Schwingungen in der Sekunde liegen. Langsamere oder noch schnellere Schwingungen kann unser Gehör nicht als Schall oder Geräusch erkennen. Das Wissen um diese Naturgegebenheiten ist eine der wesentlichen Grundlagen für den Bau guter Grammophone und Lautsprecher sowie einwandfreier Schallplatten geworden. Der mechanische bzw. elektrische Aufnahmee und Wiedergabevorgang aber schränkt den Bereich der benützbaren Schwingungen schon wesentlich ein. So sind 50 Schwingungen pro Sekunde — oder 50 Hertz (Hz), wie die Physiker sagen — so ziemlich der tiefste Ton, den hochwertige, elektrische Geräte wiederzugeben vermögen. Andrerseits sind 6000 Hz etwa die oberste Grenze dessen, was eine gute Schallplatte aufzuzeichnen imstande ist. Wohl geben erstklassige Schallplatten auch noch 8000 ja sogar 10.000 Hz wieder, aber diese Töne sind so schwach, daß man sie kaum noch wahrnehmen kann.

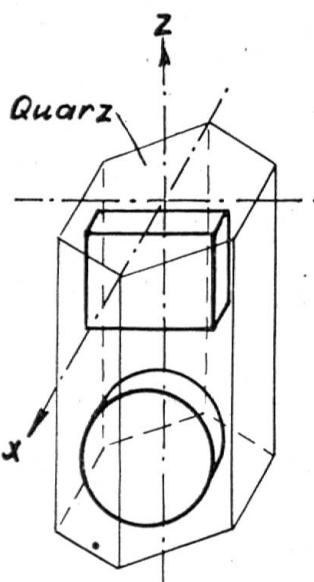
20.000 Hz sind für unser Ohr völlig unhörbar. Solche Schwingungen sind aber in der Natur

weder selten, noch sind sie besonders schwierig zu erzeugen. Eine Stahlsaite von 50 cm Länge liefert beim Streichen mit dem Fiedelbogen 5000 Schallschwingungen in der Sekunde oder 5 Kilohertz (kHz). Verkürzt man die Länge durch einen Steg auf 10 cm, so erhöht sich die Zahl der Schwingungen auf 25.000 oder 25 kHz. Während der erste Ton gut hörbar ist, können wir den zweiten nicht mehr wahrnehmen. Das sind aber noch die „langsam“ Ultraschallwellen! Mit den neuesten Hilfsmitteln sind wir heute imstande, Schwingungen bis etwa 500.000 kHz zu erzeugen, was 500 Millionen Schwingungen in der Sekunde entspricht. Da ist so ein Baßton an der unteren Grenze unseres Hörvermögens mit 16 oder 20 Schwingungen in der Sekunde doch die Behäbigkeit selber! Das heißt aber nicht, daß er sich etwa langsamer fortpflanzt! Nein, in der Luft sind die Schallwellen aller Frequenzen gleich schnell: sie jagen mit 330 m in der Sekunde durch den Raum. Wenn wir uns eine solche Schallwelle von 16 Hz als Wellenlinie (Sinuslinie) sichtbar gemacht denken, so nimmt eine einzelne Schwingung die Strecke von etwas mehr als 20 m ein ($330 : 16 = 20,6$). An der oberen Hörgrenze bei 20.000 Hz sind es nur mehr 0,016 m oder 1,6 cm! Die Wellenlänge an der oberen Grenze des Ultraschallwellenbereiches mit 500 Millionen Hertz aber beträgt gar nur 0,00006 cm!, das sind 6 Zehntausendstel Millimeter! Die kürzesten Ultraschallwellen reichen schon in die Größenordnung der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes hinein! In anderen Medien als Luft pflanzt sich der Schall jedoch mit wesentlich größerer Geschwindigkeit fort. So in Flüssigkeiten mit etwa 1200 m pro Sekunde, in festen Körpern mit etwa 4000 m pro Sekunde. Damit nehmen die Wellenlängen entsprechend größere Werte an. Es ist aber oft gerade die Kleinheit der Wellenlänge, die eine besonders vorteilhafte Anwendung des Ultraschalles auf verschiedenen Gebieten ermöglichte.

Besonders häufig sind Ultraschallschwingungen in der Natur als Lebensäußerungen der Insektenwelt anzutreffen. So erzeugen Heuschrecken und Grillen neben den in unserem Hörbereich liegenden Tönen, über deren Zustandekommen der Aufsatz „Insektenmusik“ in Heft 15/V unserer Zeitschrift be-

richtete, auch Ultraschalltöne, die bis zu 40 kHz ansteigen. In jüngster Zeit ist festgestellt worden, daß auch unsere Haussbiene im Fluge Ultraschallwellen aussenden. Besonders intensiv werden diese unhörbaren Töne beim Schwärmen bzw. beim Anfliegen oder Verlassen einer Blüte.

Überaus interessante Einblicke in die Werkstatt der Natur haben Versuche und Beobachtungen eröffnet, die an Fledermäusen angestellt worden sind. Diese fliegenden Säugetiere erweitern und verfeinern mit Hilfe hochfrequenter Töne ihr Ortsgefühl und ihren Tast- sinn in einer Weise, wie wir es bei keinem anderen Lebewesen beobachten konnten. Sie verwenden Ultraschallstrahlen, die sie im Munde erzeugen, als „Echolot“, d. h. sie senden ganz kurze hochfrequente Impulse aus, also plötzliche, krachartige Geräusche und schließen aus der Art und Weise, wie die Umgebung diese Töne zurückwirft, instinktiv auf Form und Ausdehnung des sie umgebenden Raumes. Wissenschaftler haben diese Geräusche aufgefangen, mit Hilfe von Kathodenröhren sichtbar gemacht und photographiert. Man hat übrigens noch eine weitere, höchst interessante Beobachtung gemacht. Man hat dabei festgestellt, daß die Fledermäuse im Augenblick der Gefahr die Frequenz der ausgestoßenen Laute erhöhen können! Das bedeutet, daß sie nun auch noch kleinere Hindernisse festzustellen vermögen, um auf kürzere Distanz noch schärfer „sehen“ zu können. Die Frequenz dieser Töne liegt zwischen 30 und 70 kHz. Die Dauer der Ultraschallschreie beträgt meist weniger als 2 Hundertstel Sekunden. Die Zahl der Tonstöße wechselt nach der augenblicklichen Flugsituation. Vor dem Abflug werden etwa 5 bis 10, beim Flug im freien Raum 20 bis 30, bei der Annäherung an ein Hindernis 50 bis 60 Impulse pro Sekunde ausgesandt. Jeder dieser Ultraschalltöne ist von einem schwach hörbaren Ticklaut be-



x = elektrische Achse
z = optische Achse

Abb. 1. Schwingungserreger für Ultraschallwellen werden in dieser Lage aus dem Quarzkristall herausgeschnitten

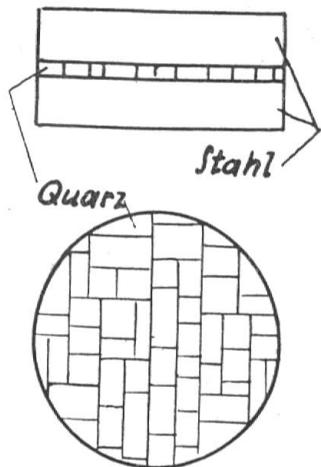
gleitet. Die Natur hat diese Tiere mit Schallsendern und -empfängern ausgestattet, die es ihnen gestatten, in völliger Dunkelheit den Raum akustisch „abzutasten“ und sich so zurechtzufinden. Man hat Fledermäusen versuchsweise die Augen verklebt — und sie sind ebenso sicher geflogen wie vorher. Man hat ihnen Maul und Ohren verschlossen — und sie waren völlig „blind“! Fledermäuse „schauen“ also mit Maul und Ohren!

Als Beispiel dafür, daß auch höhere Säugetiere dem Menschen unhörbare Töne vernehmen können, sei darauf verwiesen, daß man in England kleine Ultraschallpfeifen zum Abrichten von Polizei- und Jagdhunden hergestellt und mit Erfolg verwendet hat. Derart dressierte Hunde sollen auch im letzten Weltkrieg eingesetzt gewesen sein.

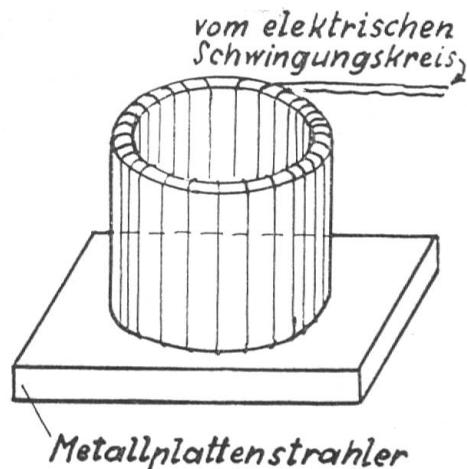
Schon in der Natur warten uns die Ultraschallwellen mit diesen überraschenden Erscheinungen auf. Als man nun Mittel und Wege gefunden hatte, solche Schwingungen künstlich zu erzeugen, folgten weitere Wunder auf Wunder.

Für die Erzeugung von Ultraschallwellen stehen heute drei Methoden zur Verfügung. Die erste bedient sich eines Luftdüsengenerators, der nach dem Prinzip eines Pfeifchens arbeitet. Er wird mit Druckluft betrieben und erzeugt schnell aufeinanderfolgende Luftverdichtungen, die sich so lange als Schallwellen bemerkbar machen, als die Frequenz im Hörbereich liegt. Moderne Geräte dieser Art strahlen Schwingungen bis 120 kHz aus. Derartige Schallwellen lassen sich ähnlich wie Lichtwellen im Hohlspiegel zusammenballen. Um die innenwohnenden Energien zu zeigen, hat man in einem Rotationsellipsoid Schallkonzentration erzeugt, die ein Stück Watte zum Entflammen bringen können!

Die zweite Methode ist auf dem sogenannten „piezoelektrischen Effekt“ aufgebaut, der darin besteht, daß gewisse Kristalle eine Längenänderung erfahren, wenn man an bestimmte Flächen ein elektrisches Potential anlegt. Meist wird Quarz, für geringe Leistungen auch Seignette-Salz herangezogen. Ist die Platte richtig aus dem Kristall herausgeschnitten, etwa so, wie es Abb. 1 zeigt, dann wird die Kontraktion oder Expansion in der Richtung der Achsen der Oberflächen erfolgen, an die die Spannung angelegt wurde. Ist die angelegte Spannung eine veränderliche, dann werden die Flächen der Platte mechanisch in dieser Frequenz pulsieren. Ist eine Fläche fest eingespannt, dann wird die freie Fläche schwin-



Links: Abb. 2. Größere Schwingungsleistungen kann man durch mosaikartiges Aneinanderfügen von Quarzkristallen erzielen



Rechts: Abb. 3. Der röhrenförmige Körper dieses magnetoelektrischen Schwingungssystems besteht meist aus eingerollten Stahl- oder Nickelblechstreifen

gen und Ultraschallwellen erzeugen, die frei durch jedes Medium gesandt werden können, sei es nun fest, flüssig oder gasförmig.

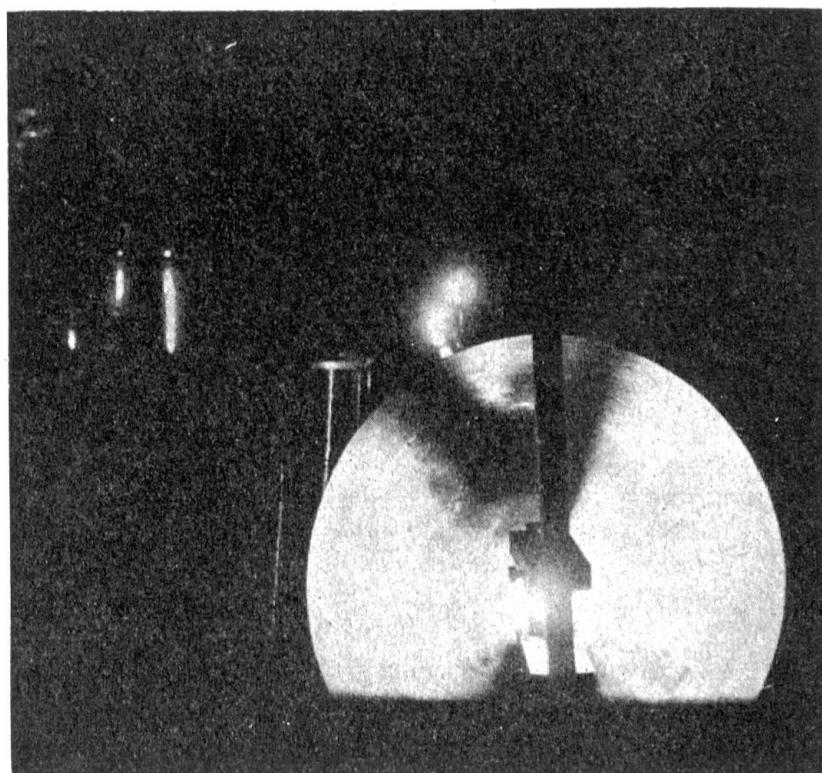
Das Wechselpotential wird von dem Schwingungskreis einer Radioröhre geliefert; die Frequenz kann mittels Abstimmkondensators verändert werden. Auf diese Weise erzeugt man Ultraschallwellen bis 5 Millionen Schwingungen in der Sekunde. Die Quarzscheibe muß um so dünner sein, je höher die geforderte Frequenz ist. Die besten Ergebnisse, das heißt die höchsten Leistungen (und größten Amplituden) werden erzielt, wenn die natürliche Eigenfrequenz des Kristalles mit der des Schwingungskreises übereinstimmt. Leider sind die Kristalle einer hohen natürlichen Frequenz sehr dünn, der mechanischen Beanspruchung meist nicht gewachsen und brechen deshalb leicht. Ein weiterer Nachteil ist der, daß Kristalle nur bis zu einer gewissen Größe vorhanden sind. Man ist also auch in der Auswahl der strahlenden Fläche in bestimmte Grenzen verwiesen. Der Ausweg, eine größere Zahl von Kristallplättchen etwa nach Abb. 2 zusammenzufassen und zwischen Stahlplatten zur Schwingung anzuregen, ist nicht in allen Fällen anwendbar; vor allem gibt er keine Schwingungen einheitlicher Frequenz.

Abb. 4. Eine Spannung von 40.000 Volt wird hier dazu benutzt, um einen gewaltigen Kugelblitz auszulösen. Der dabei entstehende Ultraschall ist wesentlich stärker als die Schalleistung eines Kanonenschusses. Er ist imstande, kleinere Tiere zu töten und beim Menschen schwere Schockwirkungen hervorzurufen. Aufnahme durch ein Schutzfenster

Die dritte Methode der Ultraschall-erzeugung benützt die magnetische Anziehung.

Ein Stück Eisen oder Nickel wird, wenn man es der magnetischen Anziehung unterwirft, um ein kleines, aber immerhin meßbares Stückchen kürzer. Zur Erzeugung von Ultraschallwellen werden vornehmlich röhrenförmige Stahl- oder Nickelkörper benutzt, die man womöglich aus Blechen nach Abb. 3 einrollt und mit isoliertem Kupferdraht umwickelt. An einen elektrischen Schwingungskreis angeschlossen, führt die Metallröhre Längsbewegungen aus, die durch eine Endplatte an das zu bestehende Medium übertragen werden.

Das Prinzip kann auch umgekehrt werden: Wird ein Quarzkristall oder das Nickelblechrohr Schwingungen ausgesetzt, die ihre Länge ändern, so entstehen hochfrequente Stromstöße, die ver-



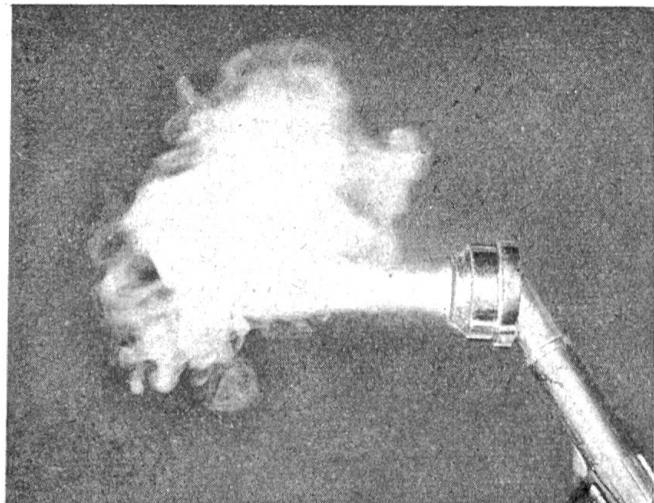


Abb. 5. Im Ultraschallfeld wird eine Flüssigkeit unvermittelt in Nebel zerstäubt

stärkt und auch irgendwie (z. B. mit einer Kathodenstrahlröhre) sichtbar gemacht werden können. Damit haben wir ein Aufnahmegerät für Ultraschallschwingungen zur Verfügung. Wie die Abb. 4 zeigt, kann auch durch Auslösen eines hochgespannten Kugelblitzes Ultraschall erzeugt werden.

Von den mannigfaltigen physikalischen Wirkungen sei eine besonders eingehend geschildert, da sie ein Bild von den Kräften gibt, die im Ultraschall wirken. Bringt man auf einen Schallgeber eine Flüssigkeit in dünner Schicht auf, so wird man nach dem Einschalten beobachten, daß die Flüssigkeit ganz kurz aufbrodelt und sich sofort in Nebel auflöst (Abb. 5). Das gelingt nicht nur mit Benzin oder Wasser, sondern auch mit schwer verdampfenden Ölen. Es handelt sich nämlich gar nicht um einen Verdampfungsvorgang, sondern um eine regelrechte Zerstäubung unter der Einwirkung der hochfrequenten Schallschwingungen. Das läßt sich auch dadurch nachweisen, daß die in der Flüssigkeit etwa gelösten nicht flüchtigen Stoffe, wie z. B. Farbstoffe, mit in den Nebel gelangen. Bei einer Verdampfung der Flüssigkeit würden sie zurückbleiben, die Konzentration erhöhen bzw. einen Rückstand bilden.

Wird nun eine Flüssigkeit, etwa Öl, beschallt, so sieht man an der Oberfläche eine hügelartige Ausbuchtung, die sich um so höher erhebt, je mehr man die Schalleistung steigert. Gibt man dem Schallquarz einen entsprechenden Hohl schliff, so steigen die Hügel zu Fontänen an, die 15 cm und höher aus der glatten Oberfläche des Ölpiegels herausschießen. Laboratoriumsgeräte, mit denen man derartige Versuche vorführen kann, werden nun auch schon in Österreich serienmäßig erzeugt. Sie sind allerdings nicht für den physikalischen Lehrsaal bestimmt,

sondern sollen praktischen Zwecken dienen. Es wird vornehmlich in chemischen, pharmazeutischen oder kosmetischen Laboratorien verwendet, wo es sich darum handelt, verhältnismäßig kleine Stoffmengen zu verarbeiten.

In der Chemie und pharmazeutischen Praxis hat der Ultraschall wesentliche Fortschritte ermöglicht. So hat man z. B. gelernt, Flüssigkeiten, die sich sonst nicht oder sehr schwer vermischen lassen, in hohem Grade gleichmäßig zu vermengen, zu „emulgieren“. So gelingt es, im Ultraschallfeld Öl mit Wasser zu vermischen oder — was fast unglaublich erscheint — eine Emulsion von Quecksilber in Wasser herzustellen. Quecksilber ist bekanntlich ein Metall, das bei normaler Temperatur flüssig ist. Es ist 13mal schwerer als Wasser. Und doch kann man im Ultraschallfeld sehen, wie sich die erst so scharfe Trennung des Wassers von dem silberglänzenden Metall eintrübt und nach und nach der ganze Inhalt milchig wird, emulgiert und sich auch nach Stunden ruhigen Stehens nicht absondert. Die Emulsionstechnik benötigt verhältnismäßig geringe Schalleistungen und benutzt für die fabrikmäßige Produktion vorzugsweise Ultraschallpfeifen, die mit den zu mischenden Flüssigkeiten betrieben werden.

Die Kosmetik bedient sich dieser Methoden zur Herstellung besonders feiner Salben und Ölgemische; man emulgiert Stoffe, die auf andere Weise nie in Verbindung bleiben würden. Für diese Zwecke werden vorteilhaft piezo-elektrische oder magnetisch erregte Schallgeber eingesetzt.

Die Photoindustrie wendet die Ultraschalldurchflutung zur Verfeinerung des Kornes ihrer lichtempfindlichen Schichten an.

Auf dem Gebiet der Kunstseide- und Zellwollindustrie dürfte dem Ultraschall ebenfalls eine günstige Entwicklung bevorstehen; auch in der Farben- und Lackindustrie benutzt man neuerdings den Ultraschall zur Mischung von Farbteilchen und Farbträgern, um sie in ein dauerndes Suspensionsverhältnis zu bringen. In jüngster Zeit hat man ein Waschverfahren mittels Ultraschall entwickelt. Bekanntlich haften Schmutzteilchen hauptsächlich aus Gründen der elektrischen Anziehung so fest an den Webstoffen. Wird nun der „Waschtroginhalt“ in

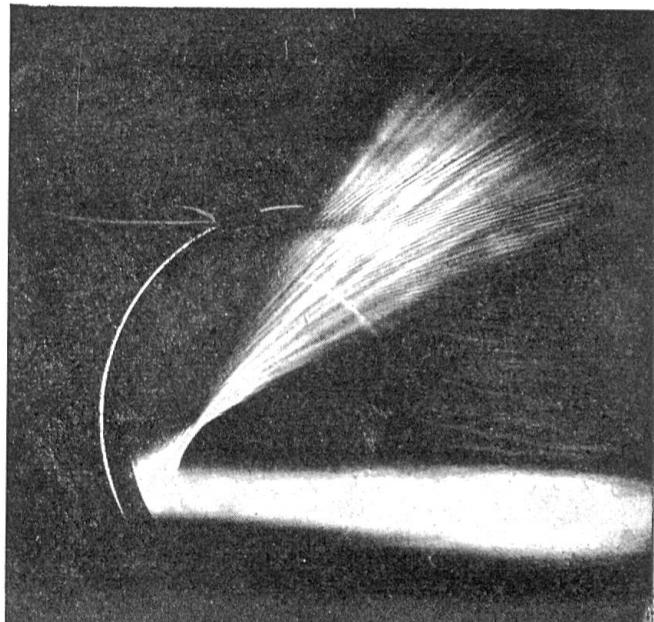
Abb. 6. Sichtbar gemachte Ultraschallwellen

(Photos: L. Ernst)

hochfrequente Schwingungen versetzt, so trennt der rasche Wechsel des Wasserdruckes die Schmutzteilchen viel schneller von dem Gewebe, als es sonst je möglich war. Andererseits kann Ultraschall auch zusammenballende Wirkungen ausüben. Man hat das unter anderm dazu benutzt, R u ß u n d G i f t s t o f f e aus Industrieschloten und staubförmige Verunreinigungen aus Großgasgeneratoren a u s z u s c h e i d e n. Auch hier können Ultraschallpfeifen oder Sirenen verwendet werden, wobei man in eigenen Kammern die durchziehenden Abgase der Schallwirkung aussetzt.

Für viele Probleme in Wissenschaft und Technik ist die Kenntnis der exakt gemessenen Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Flüssigkeiten und Gasen von ausschlaggebender Bedeutung. Die kurzwelligen Ultraschallwellen lassen sich hierzu besonders vorteilhaft benützen. Sie sind frei von störenden Umwelteinflüssen, und man braucht dazu nur ganz geringe Mengen des betreffenden Stoffes. Die Wissenschaft hat diese Aufgaben in umfangreichen Studien restlos gelöst.

Ultraschall, den man mit Hilfe besonderer Anordnungen übrigens auch sichtbar machen kann, wie Abb. 6 zeigt, pflanzt sich in verschiedenen dichten Stoffen mit verschiedener Geschwindigkeit fort. Auf dieser Eigenschaft aufbauend konnten Apparate entwickelt werden, die auch Dichteunterschiede mit hoher Empfindlichkeit anzeigen. Als es sich einmal darum handelte, das Eindringen giftiger Gase in einen Raum



festzustellen, und zwar zu dem Zeitpunkt, in dem sie eben eine gesundheitsschädliche Konzentration erreichen, hat man sich eines solchen Gerätes bedient und in Verbindung mit einem Signal eine Warnanlage geschaffen. Auch die Probleme der Schallabsorption wurden mit Hilfe dieser Methoden weitgehend geklärt. Formeln und umfangreiche Tabellenwerke sind der Niederschlag dieser Arbeiten und dienen dem Praktiker als Grundlage seiner Tätigkeit.

Das älteste und bekannteste Anwendungsgebiet des Ultraschalles dürfte wohl das Echolot sein. Ein magnetisch erregter Ultraschallsender, der tief unter der Wasserlinie in die Beplankung eines Überseeschiffes eingelassen ist, sendet Schallstöße aus, die vom Meeresboden reflektiert werden. (Siehe Abb. 7.) Dieses „Echo“ nimmt ein Ultraschallempfänger auf. Aus der Zeit, die zwischen der Aussendung und dem Eintreffen verstreicht, kann die genaue Tiefe errechnet werden. Moderne Geräte führen diese Arbeit selbstdäig und pausenlos durch, so daß der Mann am Steuerruder jederzeit die Tiefe unter dem Schiff ablesen und sich mit Hilfe seiner Seekarten leicht orientieren kann.

In den letzten Jahren hat man in den USA. den Grundgedanken der Schallabtastung, wie sie die Fledermäuse zur Orientierung benützen, dazu herangezogen, ein Leitgerät für Blinde zu schaffen. In einem in der Hand zu tragenden kleinen Gerät sind hinter Schalltrichtern je ein Ultraschallsender und Empfänger eingebaut. Der Sender gibt etwa zehnmal in der Sekunde Schallimpulse von sich. Das Echo wird aufgefangen und über einen Verstärker

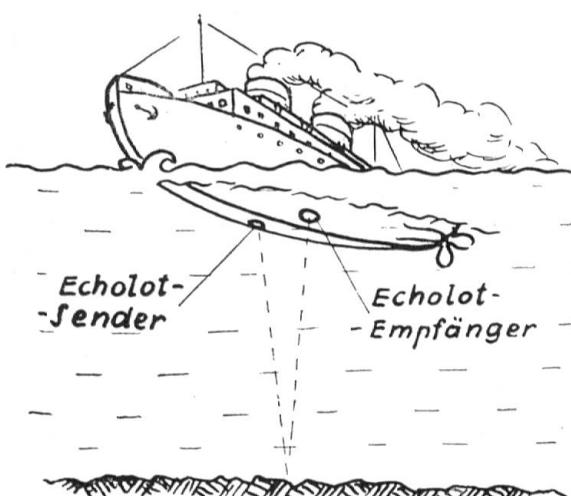


Abb. 7. Das Echolotgerät ist am Schiffsdeck untergebracht. Den Tiefenanziger hat der Steuermann auf der Brücke

mittels Kopfhörer abgehört. Der Empfänger wird durch einen motorisch angetriebenen Kontaktgeber erst auch einer gewissen Verzögerungszeit nach dem Auslösen des Schallimpulses eingeschaltet. Diese Verzögerungszeitspanne kann mit Hilfe eines kleinen Hebels verändert werden, was den Blinden ermöglicht, die Entfernung des reflektierenden Hindernisses festzustellen. Diese Geräte, die sich noch in reger Vervollkommnung befinden, haben eine Reichweite von $7\frac{1}{2}$ bis 15 m.

Dem Echolot ähnlich ist das Prinzip der Anwendung von Ultraschallimpulsen für die Erforschung der Erdkrüppel, das „seismische Schürfen“, wie es in Heft 5/1946 des „Universum“ geschildert worden ist.

Das gleiche Prinzip wird im kleinen dazu herangezogen, Fehler im Innern von Werkstoffen festzustellen, die hohen Beanspruchungen ausgesetzt sind. Man kann mit einer derartigen Ultraschall-Fehlstellenscheinrichtung haarfeine Rißbildung, ebenso wie große Gußlunker feststellen. Die Fehler können knapp unter der Oberfläche des Werkstückes liegen, sie können aber auch in 10 m Tiefe in einem Werkstoff ermittelt werden. Ihre Lage läßt sich eindeutig aus den Leuchtschirmbildern einer Kathodenstrahlröhre bestimmen. Eine Sonderausführung eines solchen Apparates zeigt Abb. 8. Mit seiner Hilfe können im Blechwalzwerk versteckte Fehler und Unganzeheiten in dem von der Walzenstraße kommenden Blechband festgestellt werden. Die Stellen werden völlig selbsttätig markiert und in einem späteren Arbeitsgang ausgeschieden.

Die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mit Hilfe der Ultraschallwellen kann auf die verschiedensten Stoffe angewandt werden. So hat man beispielsweise das Verfahren in Sperrholz-

fabriken dazu benutzt, um in den fertigen Platten die Stellen mit fehlerhafter Bindung aufzufinden. Eine amerikanische Fabrik für Autoreifen hat sich eine Einrichtung entwickelt, die es ermöglicht, Brüche in den Mantelflächen oder Trennungen des Gummis von den Stoffeinlagen festzustellen. Bei der Prüfung von eisenbewehrten Betonbalken auf Rißfreiheit hat sich dieses Verfahren der Röntgendifflutung als überlegen erwiesen. Neuerdings hat man den Verlauf des Abbindevorganges von Zement mit seiner Hilfe untersucht und wertvolle Aufschlüsse gewonnen.

Mit Hilfe dieses Verfahrens konnte man wohl die Lage einer Fehlerstelle feststellen, ohne jedoch ein genaues Bild zu erhalten, das Form und Größe des Fehlers zeigt. Nun ist es durch einen eleganten Kniff gelungen, die Schallwellen nach dem Durchdringen eines Gegenstandes sichtbar zu machen und so röntgenartige Helldunkelabbildungen zu erzielen. Der Kniff besteht darin, daß man die Ultraschallstrahlen, die das Prüfungsobjekt durchquert haben, auf einem Bildschirm auffängt, an dem sie Veränderungen hervorrufen, die im gewöhnlichen Licht sichtbar werden. Als Bildschirm wird eine Aufschwemmung von winzigen Aluminiumflitterchen verwendet, die den Raum zwischen einer schalldurchlässigen Kupferfolie und einer Glasplatte erfüllt. Dringt nun eine Schallwelle in diese Flüssigkeit ein, so richten sich die Aluminiumteilchen parallel zur Wellenrichtung aus. Beleuchtet man die Flitterchen durch die Glasscheibe in entsprechender Weise, so erblickt man ein helles Bild auf dunklem Grunde. Diese Bildschirme haben sich als äußerst empfindlich erwiesen, und man konnte handliche Geräte bauen, die für die zerstörungsfreie Reihenuntersuchung von Werkstücken auf Fehlstellen benutzt werden.

Eine der jüngsten und interessantesten Anwendungen des Ultraschalles ist die in der Fernsehtechnik. Beim Fernsehen kommt es darauf an, eine Lichtquelle derart zu steuern, daß sie die Helligkeitswerte des abgetasteten Bildes einwandfrei wiedergibt. Die Physiker haben festgestellt, daß sich Ultraschall als Mittler hierzu hervorragend eignet. Wird Licht durch eine von hochfrequenten Schallwellen durchflutete Flüssigkeit geschickt, so treten Beugungsscheinungen auf, die wie eine Lichtdrossel wirken. Wird der Ultraschall erzeuger im Rhythmus der Lichtintensitätsschwankung des ferngesehenen Bildes gesteuert, so kann er den bilderzeugenden Lichtstrahl ent-

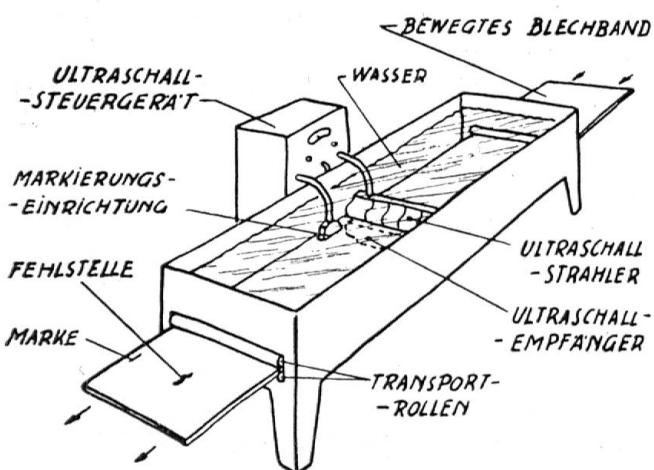


Abb. 8. Dieses Gerät zeigt selbsttätig Fehler im Innern eines Blechbandes auf und markiert das auszuscheidende Stück

sprechend beeinflussen. Die Anordnung arbeitet völlig trägeheitslos.

Die gerichtete Ultraschalltelephonie durch die Luft hat sich ähnlicher Mittel bedient. Allerdings ist die Reichweite nicht sehr groß. Dazu hängt die Schallausbreitung sehr stark von der Frequenz und den meteorologischen Verhältnissen ab, so daß dieses Nachrichtenmittel auf Sonderfälle beschränkt bleibt.

Auch als „Sesam öffne dich“ ist Ultraschall zu gebrauchen! Da hat man in einen Kraftwagen einen kleinen Schallsender eingebaut. Vor der Garage angelangt, wird über einen Druckknopf ein Schwingungsstoß ausgelöst. Völlig unhörbar dringt er in die verschlossenen Räume ein und schaltet über ein Relais den Motor ein, der das Garagentor wie von Geisterhänden betätigt öffnet.

Eine weitere Anwendung hat sich in der Papierindustrie ergeben. In den Abwässern der Zellulosemühlen sind meist noch geringe Mengen winzig kleiner Fasern enthalten, die durch die feinsten Siebe und Filter hindurchgehen und die den Fischbestand der Flüsse fast vernichten können. Sie werden durch eine Ultraschallstraße geleitet, wo sich die Fasern zu Knäueln vereinigen, die dann mit Hilfe von Sieben leicht zu entfernen sind.

Ähnlich wie auf die Rußstäubchen wirkt Ultraschall auf Nebel ein. Er vermag Nebel zum Verdichten und Abregnen zu bringen. Man hat auf diese Weise binnen wenigen Sekunden den Luftraum über einem Flugfeld „entnebelt“ — eine Sache, die sicher große Zukunftsaussichten hat.

Beim Arbeiten mit Ultraschall sind immer wieder neue Erkenntnisse geschöpft worden. Im Forschungslaboratorium hat man kleine Tiere und Insekten im Ultraschallfeld untersucht. Die Ergebnisse waren verblüffend. Die unhörbaren Schallwellen waren imstande, eine weiße Maus in einer Minute zu töten! Noch schneller sterben Insekten im Strahlenfeld, besonders wenn sie in Gruppen erfaßt werden.

Die Gelehrten haben nachgewiesen, daß die von den Ultraschallwellen erzeugte Hitze die Tiere tötet. Sie entsteht durch Absorption der Schallwellen in Flüssigkeiten bzw. im Innern der Zellen.

Überraschend waren vor allem die Wirkungen auf die Kleinstlebewesen. Man hat festgestellt, daß der „Ultraschall“ Bakterien tötet! Sofort war auch eine wertvolle Nutzanwendung gefunden: Man unterwirft Milch den Ultraschallwellen und sterilisierte sie auf

diese Weise. Amerikanische Molkereien lassen die Milch an schwingenden Membranen vorbeifließen und verarbeiten so 1000 Liter in der Stunde. Diese Milch ist nicht nur bakterienfrei, sie hat noch einen weiteren wichtigen Vorteil. Die raschen Schwingungen haben das in der Milch enthaltene Fett in feinste Verteilung gebracht, haben es „homogenisiert“. Damit ist sie vor allem den Kleinkindern leichter verdaulich geworden. Man hat auch verschiedene andere Nahrungsmittel einer „Ultraschallbehandlung“ unterzogen und wesentliche Qualitätssteigerungen erzielt. Der Einsatz dieses Prinzips in der Papierfabrikation hat es ermöglicht, den Fabrikationsgang um ein Fünftel zu beschleunigen.

Auch den Weinkennern kann der „Ultraschall“ mit einer Überraschung aufwarten! Er kann „Heurigen“ in wenigen Minuten hochachtbares Alter verleihen! Wissenschaftlich erklärt man diese Erscheinung mit einer durch die Schwingungsbeeinflussung erzielten Umgruppierung der chemischen Moleküle. Auch den drüben so beliebten „Whisky“ hat man auf diese Weise „gealtert“. Ähnlich wird mit wertvollen Riechstoffen verfahren.

Der Medizin ist im Ultraschall ein Helfer erstanden, den sie schon heute nicht mehr missen kann. Wohl liegt seine Anwendung in der Heilpraxis erst wenige Jahre zurück, und man verfügt vorderhand noch nicht über so reiche Erfahrung, um seine Wirksamkeit auf weite Sicht beurteilen zu können; es liegen aber schon so viele überprüfte Heilerfolge vor, daß die Ultraschalltherapie zu schönen Hoffnungen berechtigt! Die Wirkung der Schallwellen auf den menschlichen Körper liegt vor allem darin, daß sie eine Art verfeinerter und durchgreifender Zellmassage bewirken, die zu einer erhöhten Durchblutung und Durchlymphung der Gewebe führt.

Abb. 9 zeigt ein Therapiegerät neuester Konstruktion, bei dem neben hoher Leistung vor allem auf eine exakte Einstellung der angewandten Schallenergie (abzulesen in Watt pro Quadratzentimeter) an der Übertragungsstelle Wert gelegt wurde. Sie ist für eine feinfühlige Dosierung unerlässlich. Die Behandlungsfrequenz beträgt 1000 kHz. Eine Schaltuhr begrenzt die Dauer der Einwirkung. Da sich für bestimmte Anwendungen eine intermittierende Schaltgebung als vorteilhaft erwiesen hat, besitzt der Apparat neben der Gleichschallerregung auch eine Einrichtung zur selbsttätigen Abgabe von Schallimpulsen. Er kann 60 Impulse in der Sekunde

abgeben und darüber hinaus noch Schallpausen einlegen, die im Zeitverhältnis 1 : 1 bis 1 : 12 gesteigert werden können.

Die Behandlung wird mit dem Beschallungskopf ausgeführt, der seitlich am Gerät in einer Rast abgelegt ist. Er wird an die zu behandelnde Stelle gebracht oder über sie hin und her bewegt. Er enthält in wasserdichter Fassung das schwingende System und wird an dem gegen jede Schwingungsübertragung isolierten Handgriff gehalten.

Die Anwendungsmöglichkeiten sind überaus mannigfaltig. Vor allem sind hier Leiden zu nennen, die bisher ohne Erfolg auf vielfältige Weise bekämpft worden sind und bei denen sich nach der Schallbehandlung überraschend Besserung eingestellt hat. Bei chronischem Gelenkrheumatismus, einer Stoffwechselkrankheit, die dem Betroffenen arge Schmerzen bereitet und ihn oft am Gebrauch seiner Glieder behindert, hat man hervorragende Ergebnisse erzielt. Schon nach wenigen Bestrahlungen ließen die Schmerzen nach, die Gelenke wurden wieder beweglich, die Kranken konnten wieder ohne

Stöcke gehen. Nach einer Kur von 10 bis 15 Sitzungen waren die Beschwerden so gut wie verschwunden. Es zeigte sich zwar, daß es sich hierbei noch nicht um eine endgültige Ausheilung handelte, daß des öfteren eine Wiederholung der Kur notwendig war, daß Bäder zur Rückbildung der Knochenveränderungen mit herangezogen werden mußten — es hat sich das Verfahren aber jedenfalls allen anderen bisher angewandten überlegen erwiesen.

Ähnlich günstige Ergebnisse wurden bei Ischias erzielt. Hier wirkt der Ultraschall durch Bekämpfung der Infiltration im Ischiastern schmerzlindernd. So kann in Zukunft auf das gefährliche Morphin und die anderen schmerzstillenden Gifte verzichtet werden, die durch eine einfache Bestrahlung zu ersetzen sind.

Auch die bei alten Leuten immer wieder anzutreffenden, argen Gelenkschmerzen, die mit der Abnutzung der Gelenkflächen der Lenden- und unteren Brustwirbel zusammenhängen, hat man durch die Schalltherapie wirksam bekämpfen gelernt.

Bei vielen anderen Krankheiten hat man ebenfalls erfreuliche Erfolge zu verzeichnen. Trotzdem ist der Ultraschall kein Universalheilmittel, und es wird noch reicher Mühen bedürfen, um die beste Art der Anwendung, der Dosierung usw. zu ermitteln. Auch die Dauer der Wirksamkeit wird noch zu studieren sein, und man wird sich über eventuelle Schädigungen bei zu langer Einwirkung klar werden müssen.

Wie man sieht, spannt sich heute bereits ein weiter Bogen von den wissenschaftlichen Arbeiten mit Ultraschall zu den praktischen Anwendungen. So wie zur Zeit des klassischen Versuches von Heinrich Hertz, der erstmalig die Wirkung elektromagnetischer Wellen nachwies, niemand an Rundfunk und Fernsehen dachte, so wenig ließen die ersten Forschungsergebnisse auf dem Gebiete der überschnellen Schallwellen die kommende Entwicklung ahnen.

Daß so wenig Aufhebens um diese neuesten Errungenschaften gemacht wurde, liegt wahrscheinlich daran, daß man heutzutage solche „technische Wunder“ schon als ziemlich selbstverständlich hinnimmt. Wir leben ja im „technischen Zeitalter“! Und das „Zeitalter der Atomenergie“ steht vor der Tür. Der Ultraschall wird sicher auch in ihm einen nicht zu übersehenden Platz einnehmen!

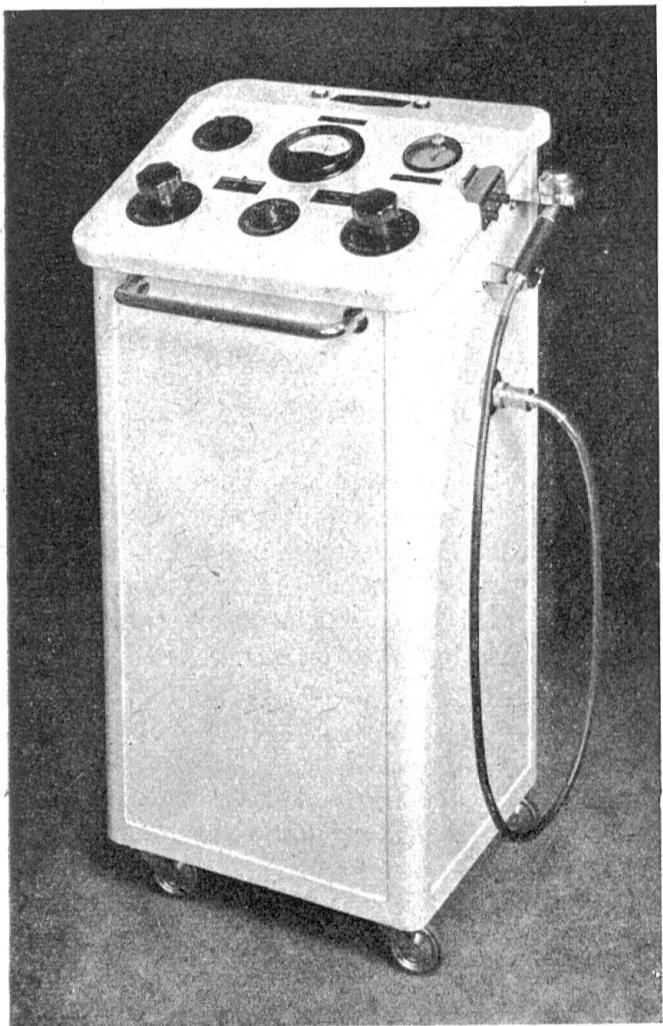


Abb. 9. Ein Ultraschall-Behandlungsgerät für Gleichschall und Impulsschall, wie es Ärzte und Kliniken verwenden