

Decibel, Phon - Dauerton und Stärkstimpulse

Autor(en): **Osswald, F.M.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **111/112 (1938)**

Heft 9

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-49785>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

INHALT: Decibel, Phon — Dauerton und Stärkstimpulse. — Das Eisenbahnrollmaterial an der Pariser Ausstellung 1937. — Wettbewerb für eine katholische Kirche Aarau. — Schallschutz im Hochbau. — Mitteilungen: Rückblick über die Ozeanflüge 1937. Kosten des elektrischen Energietransports. Schwingungsmesstechnik bei Eisenbahnbrücken. Italienischer Höchstdruck-Dampferzeuger mit Zwangsumlauf. Aktuelle Pro-

bleme der deutschen Eisenhüttenindustrie. Wärmeschutz schweizerischer Backstein-Wandkonstruktionen. Eisschäden. Grundwasserwerk Hardhof der Stadt Zürich. Drei grosse öffentliche Bauwerke. — Nekrologe: Albert Brenner. Jakob Schwarzenbach. — Wettbewerbe: Fernverkehrsstrasse Baden-Brugg. — Mitteilungen der Vereine. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

Band 111

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

Nr. 9

Decibel, Phon — Dauerton und Stärkstimpulse

Von Priv.-Doz. Ing. F. M. OSSWALD, Akust. Institut der E. T. H., Zürich

Die im Juli 1937 in Paris abgehaltene I. Internationale Akustische Konferenz, an der die Schweiz durch Ing. W. Furrer (Eidgen. P. T. T.) vertreten war, hat die von den amerikanischen Forschern Fletcher und Munson gefundenen Zusammenhänge zwischen der physikalischen Schallstärke L reiner, d. h. sinusförmiger Dauertöne in Luft von 760 mm Hg und 20° C und der physiologisch empfundenen Hörlautheit zur allgemeinen Annahme empfohlen (Abb. 1). Auf der Abszisse sind die für das Menschen-Ohr in Frage stehenden Frequenzen, rd. 20 bis 20 000 Hz (1 Hz («Hertz») = 1 Schwingung/sec), logarithmisch aufgetragen, die gleichfalls logarithmisch geteilten Ordinaten geben die physikalischen Kennwerte der Schallstärke; eine Schar von gewellten Kurven «gleicher Hörlautheit» ist eingezeichnet. Die unterste Kurve gibt an, welche physikalische Schallstärke bei der betreffenden Frequenz nötig ist, damit ein normales Menschenohr gerade den Eindruck leisester Hörwahrnehmung hat; man nennt sie die «Hör-Reizschwelle». Sie fällt von 20 Hz an stark ab, verläuft zwischen 1000 und 6000 Hz angenähert horizontal und steigt dann wieder an. Um die Vergleichbarkeit der Lautheiten verschiedener Tonhöhen zu ermöglichen, musste eine Bezugs-Tonhöhe angenommen werden, wofür sich 1000 Hz gut eignet; die dem Schnittpunkt der Reizschwellenkurve mit der 1000 Hz Ordinate entsprechende Schallstärke ist der Anfangspunkt der vertikalen Skala und ist nach Uebereinkunft mit 10⁻¹⁶ Watt/cm² = L₀ = 0 Decibel (db) festgelegt worden¹⁾.

Steigert man die Stärke L des 1000 Hz-Tones bis in die Gegend von 10⁻³ W/cm², dann ist seine Lautheit so stark geworden, dass nicht mehr klare Hörwirkung im Ohr zustandekommt, sondern eine Schmerzwirkung ausgelöst wird. Dieses Grenzgebiet nennt man daher die «Peinschwelle» oder «Fühlgrenze»; sie verläuft praktisch horizontal, d. h. für praktisch alle Tonhöhen liegen Tonstärken von mehr als 10⁻³ W/cm² im Bereich der Schmerzwirkung für das Ohr. Die im Diagramm zwischen «Peinschwelle» und «Hör-Reizschwelle» eingeschlossene Fläche stellt das vom Ohr ohne Nachteil verarbeitbare Gehörfeld dar. Nun kann das Ohr bei Tonhöhe 1000 Hz etwa 130 Lautheitsabstufungen unterscheiden, wenn die Stärke 10⁻¹⁶ bis 10⁻³ W/cm² durchläuft und, da diese Spanne 10¹³ ausmacht und überdies die Stärke der Sinneswahrnehmung nach dem Weber-Fechner'schen Gesetz angenähert proportional dem Logarithmus der physikalischen Anregung ist, lag es nahe, für die Skalabezifferung 10 log L : L₀ zu nehmen und einen Skalenteil als 1 Decibel Schallstärke-Unterschied zu bezeichnen. Die Kurven «gleicher Hörlautheit» gestatten nun ohne weiteres, die Hörlautheit mehrerer reiner Dauertöne, von denen Frequenz und physikalische Stärke bekannt sind, mit dem Bezugsston von 1000 Hz und auch unter sich zu vergleichen z. B. 100 Hz, 72 db wird gleich laut empfunden wie 6000 Hz, 67 db und wie 1000 Hz, 60 db. Die Bezugsstonhöhe 1000 Hz ist noch besonders ausgezeich-

1) Bis vor kurzem war in Europa der Anfangspunkt 10^{-3,5} dyn/cm² gebräuchlich, entsprechend 10^{-15,02} W/cm²; die neue Definition ist also um 10^{0,88} = 3,8 db tiefer angesetzt. Die Schweizer Normenvereinigung, Gruppe Akustik, hat die Pariser Vorschläge angenommen.

net worden, dadurch, dass man dem Decibel auf der 1000 Hz-Ordinate einen eigenen Namen «Phon» beilegt. Decibel ist also ein von der Tonhöhe unabhängiges Mass, Phon gilt dagegen nur auf der Ordinate 1000 Hz.

In einem gegebenen Schalleiter bestehen eindeutige Zusammenhänge zwischen verschiedenen, physikalisch messbaren Kenngrößen der Schallstärke. Dem Anfangspunkt der Skala, 0 Decibel entsprechen in Luft: (c = 34 300 cm/sec, ρ = 0,001205 gr/cm³).

- L₀ = 10⁻¹⁶ W/cm² Schall-Intensität (nach Definition)
- I₀ = 10^{-13,54} Erg/cm³ Schalldichte
- p₀ = 10^{-3,69} dyn/cm² = μbar effektiver Schalldruck
- v₀ = 10^{-5,31} cm/sec Schallschnelle = mittl. Partikelgeschwindigkeit
- a₀ = 1/f 10^{-5,96} cm Partikel-Auslenkung (f = Frequenz in Hz).

Die Grössen L und I sind dem Quadrat der Grössen p und v, wie auch, bei gegebenem f, der Grösse a proportional; daher ist die logarithmische Skalenteilung für die letzten drei Kennwerte doppelt so weit, Diagramm links.

Heute gibt es verschiedene, allerdings ausnahmslos noch recht teure Schallstärke-Messgeräte auf dem Markt, die eine objektive Messung des Schalldruckes oder der Decibel gestatten. Sie bestehen aus einem Mikrophon von möglichst gleichmässigem Frequenzgang und Richtungsempfindlichkeit, aus einer Verstärker- und Gleichrichter-Apparatur und einem Anzeigeelement, das in Decibel geeicht ist. Meistens umfasst der Skalabereich nur 15 bis 20 db, also nicht den ganzen gebräuchlichen Bereich 20 bis 130 db, es sind daher zuschaltbare 10 db-Potentiometer eingebaut. Ferner enthalten die neuern Instrumente besondere elektrische Angleich-Netzwerke, die den Fletcher-Munson oder früher den Kingsbury-Kurven²⁾ «gleicher Hörlautheit» nachgebildet sind, also durch einfache Umschaltung auch direkt die Phon angeben. Auch stufenlose logarithmische und schreibende Pegel-Messgeräte mit Ansprechzeiten von 100 bis 200 millisecc und mit Frequenzbandfiltern sind entwickelt worden; sie sind delikater und mehr für den Laboratoriumsgebrauch bestimmt.

Die empirisch erhaltenen Fletcher-Munson-Kurven gelten nur für die Lautheitsbeurteilung; über die Angenehmheit oder Lästigkeit gleich lauter Töne sagen sie nichts aus. Verschiedentlich wurde versucht, auch hierfür Kurvenzusammenhang zu finden; in Abb. 1 sind vier solcher ebenfalls empirisch gefundene

²⁾ Vergl. hierüber Bd. 106, Seite 189 (19. Oktober 1935). Red.

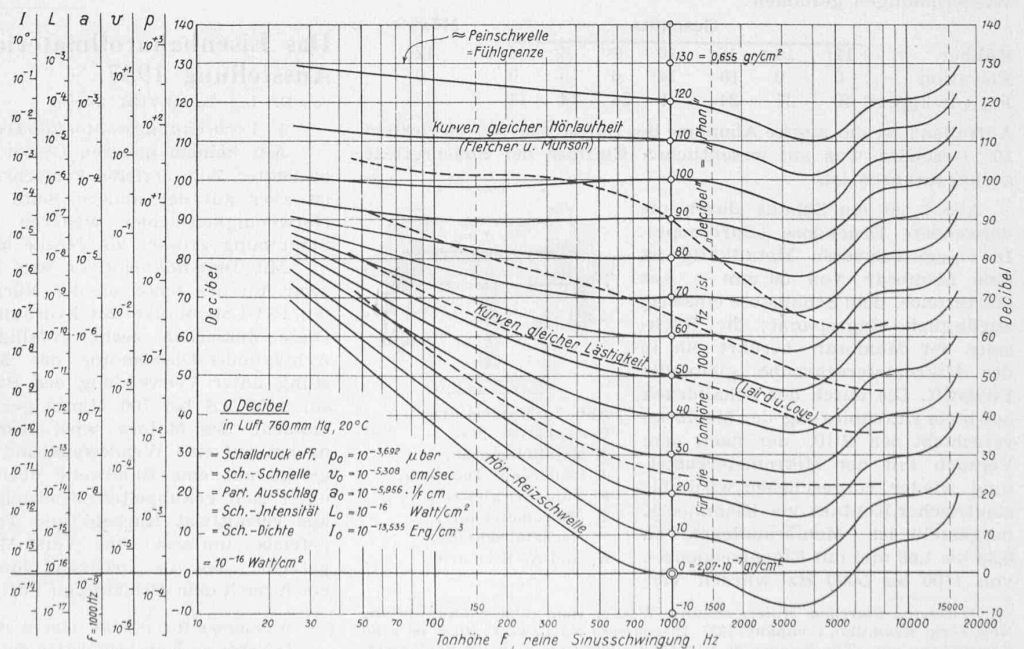


Abb. 1. Hörfeld, von der Internationalen akustischen Konferenz Paris 1937 angenommen

Kurven «gleicher Lästigkeit» nach Laird und Coye gestrichelt eingezeichnet, sie fallen mit steigender Tonhöhe. Gleich starke und gleich laute Töne höherer Frequenz sind also durchwegs lästiger als tieffrequente. Aber auch damit ist die äusserst komplexe Hörbeurteilung und Komfortstaxierung von Tönen nicht erschöpft, weil mancherlei individuelle physische und psychische Begleiterscheinungen stark streuen, u. U. direkt ausschlaggebend werden können: Schreckwirkungen, klanglicher Aufbau, Gedankenassoziationen, individuelle Sympathien und Antipathien. Immerhin sind Schallstärke und Lautheitsvergleichen in den meisten Fällen genügende Indizien.

Nach Diagramm Abb. 1 bewirken Dauertöne von 120 und mehr db Unbehagen und — bei längerer Einwirkung — Beschädigungsgefahr für das Gehör. Andererseits hat das Ohr überrasschend höhere Ertragungsfähigkeit für einzelne Kurzschalle. Aufschlussreich sind Versuche, die vom Department of the Council of National Defense auf dem Schiessplatz Sandy Hook (U. S. A.) mit Schussdetonationen von schweren Geschützen angestellt wurden, die bis in die Weltkriegsjahre zurückreichen und über die D. C. Miller zusammenfassend in seinem kürzlich erschienenen Buch³⁾ berichtet. Die Geschütze waren im Freien aufgestellt.

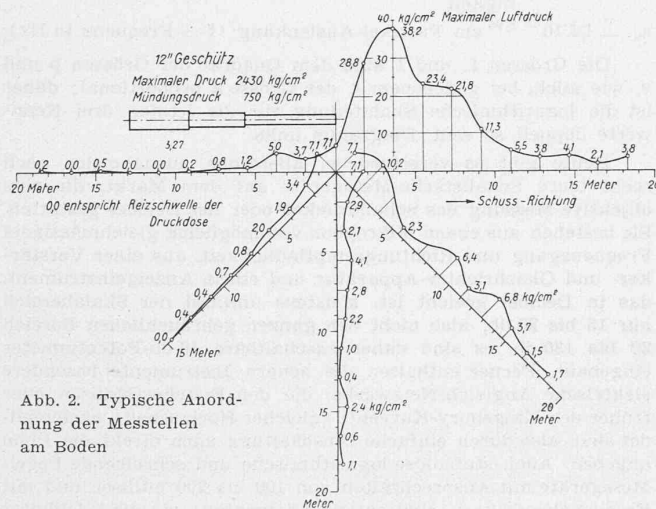


Abb. 2. Typische Anordnung der Messstellen am Boden

Vom Lotpunkt unter der Geschützöffnung sind nach verschiedenen Richtungen Messstrecken gelegt mit darauf verteilten Druckdosen. Abb. 2 zeigt die Anordnung für ein horizontal feuern des 12'' (305 mm) Küstengeschütz; die Maximaldrucke sind graphisch über den Strecken aufgetragen. Für andere Kaliber ergaben sich ganz ähnliche Druckverteilungen; immer ist das Maximum beim 45° Abwärtspunkt von der Mündung. Es wurde in zahlreichen Wiederholungen gefunden:

Kaliber	Geschütz						Mörser	
	12''	10''	10''	10''	8''	6''	5''	12''
Elevation	0	0	10°	14°	0	0	0	0
P _{max} in kg/cm ²	40	27	24	9	24	14	11	33

Auffallend ist die starke Abnahme des Luftstosses bei eleviertem 10'' Geschütz, was auf wesentlichen Einfluss der Bodenreflexe zurückzuführen ist.

Abb. 3 ist ein Schnitt durch die verwendete Druckdose (Baroscope). In einem schweren Metallkäfig ist eine Membran von 50 mm Ø aus Hartbronze, dem Schallstoss einseitig zugänglich eingespannt; die Rückseite der Membran berührt ein in der Mikrometerschraube gleitender Fühlstift. Die durch den Schalldruck bewirkte Durchbiegung der Membran verschiebt den Stift, der nach dem Versuch mit der Mikrometerzustellung wieder vorgeschoben wird, bis elektrischer Kontakt via Klemmen K hergestellt ist. Membrandicken von 0,38 bis 1,66 mm mit Eigenfrequenzen von 1100 bis 5000 Hz wurden ver-

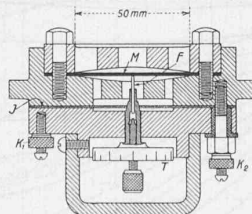


Abb. 3. Maximaldruck-Dose «baroscope». M Metallmembran, J Isolierende Dichtung, F Fühlstift gleitend, T Mikrometer mit Nachstellschraube, K₁ und K₂ Klemmen

wendet, die statische Druckeichung betrug beispielsweise für eine 0,57 mm starke Membran für 1 kg/cm² 0,016 mm Durchbiegung.

Schalldrucke von 10 bis 40 kg/cm² würden als Dauerschalle Stärken von über 200 db entsprechen, aber auch an Stellen, wo sich Geschützbedienungsmannschaften aufhalten, treten Schallstösse von der Grösse 0,5 bis 2 kg/cm² auf (= 170 bis 180 Momentan-db), die bei wenigen Sekunden Dauer schwerste Schädigungen beim Menschen anrichten müssten. Dass diese Kürzschalle dies nicht bewirken, liegt eben in deren kurzer Wirkzeit, in der nicht einmal ein Tonhöheerkennen der Detonation möglich ist; erst in grösserer Entfernung, wo die Stärke ins Gehörfeld herabgesunken ist, kann man die «Stimme» des Geschützes unterscheiden. Oszillographische Aufzeichnung in 500 m Entfernung zeigt, dass das Druckmaximum etwa 15 msec nach dem Schalleintreffen erreicht wird, dass nach weitem 25 msec Druckausgleich da ist und eine 50 msec Depression folgt; darauf pendelt der Druck rasch ab.

Ueber die physiologischen Wirkungen der Schiessknalle berichtet Miller: Bei angepflochten anästhesierten Tieren verursachen 12'' Schüsse von 18 bis 19 kg/cm² Luftstoss augenblicklichen Nervenzusammenbruch (primary shock) mit gründlicher mechanischer Zerstörung der Gehörteile; andererseits konnte keine funktionelle Störung im Herz oder an den Herzklappen gefunden werden, ebenso keine allgemeinen oder punktförmigen Blutergüsse, auch keine Haemolysierung des Blutes. Die Lungen zeigten Luftverdrängung, besonders in den Unterlappen, die praktisch luftleer geworden waren. Es ist denkbar, dass diese Erscheinungen auf Hirnquetschungen zurückgehen. Jedenfalls ist die sehr kurze Dauer der Druckwirkung ungenügend, um in den lebenswichtigen Teilen des Menschen zur vollen Geltung zu kommen.

Aus Frankreich liegen Beobachtungen von Marage⁴⁾ aus dem Kriege vor. Sprengluftdrucke nahe der Einschlagstelle von 150 bis 300 kg/cm² flauen in 30 m Entfernung auf 2 bis 3 kg/cm² ab. Die einen Menschen waren tot ohne sichtbare Verwundung, andere verloren Bewusstsein, oder Sprache, Gesicht, Gehör, Gedächtnis, verbunden mit intensiven Kopfschmerzen, welche Symptome für Wochen, selbst Jahre anhalten. Marage erklärt dies so: Der menschliche Körper ist mit einem mit Flüssigkeit gefüllten elastischen Sack vergleichbar, der mit einem weniger elastischen Hohlraum, dem Schädel, in Verbindung steht, in dem das Gehirn in einer isostatischen Flüssigkeit schwimmt. Ein von aussen ankommender Druck müsste sich als hydrostatischer Druck bis ins Gehirn fortplanzen, wenn sich dem nicht natürliche Hindernisse entgegen stellten, worunter die sehr kurze Zeitdauer des Stosses, weniger als 1/100 sec fällt. Ohrschutz, z. B. Ohrzäpfchen, können wohl das Trommelfell schützen, sind aber wirkungslos gegen Nervenzusammenbruch.

Beobachtungen aus dem Krieg lassen schliessen, dass schweres Trommelfeuer im ungeschützten Schützengraben, auch ohne Einschläge, Lautstärken bis zu 140 bis 150 db anschwellen lassen kann; an den daraus entstandenen Schädigungen leidet ein beträchtlicher Prozentsatz der Dauer-Kriegsinvaliden.

Das Eisenbahnrollmaterial an der Pariser Ausstellung 1937^{*}

von Dr. Ing. E. MEYER, Zürich

(Schluss von Seite 41)

4. Verbrennungsmotorfahrzeuge.

Auf keinem anderen Gebiet des Eisenbahnwesens tritt der in letzter Zeit erzielte Fortschritt deutlicher zutage. Nirgends ist aber auf der andern Seite auch die Möglichkeit und die Notwendigkeit einer weiteren Fortentwicklung und Vervollkommnung grösser als gerade hier.

Mit Diesellokomotiven war nur Deutschland vertreten und zwar mit der schon an der Nürnberger Ausstellung vorgeführten 1C1-Lokomotive mit hydraulischer Uebertragung von Voith. Diese äusserlich recht gefällige Maschine wird durch einen Achtzylinder-Dieselmotor der MAN angetrieben, dessen Leistung unter Verwendung des Büchi-Aufladeverfahrens von 920 auf 1400 PS bei 700 U/min gesteigert worden ist. Das Drehmoment des Motors wird über das Flüssigkeitsgetriebe zunächst auf eine Wendewelle und von dort über ein Zahnradvorgelege auf eine Blindwelle übertragen. Der Antrieb der drei unter sich gekuppelten Triebachsen erfolgt von der Blindwelle aus vermitteltst Kurbeln und Triebstangen. Das Flüssigkeitsgetriebe umfasst eine Voith-Maurer-Kupplung, ein Stirnradgetriebe, das die Drehzahl von 700 auf 1770 U/min erhöht, einen nach dem Prinzip von Föttinger arbeitenden Drehmoment-

³⁾ Dayton Clarence Miller, «Sound Waves, their Shape and Speed», New York, Macmillan Company, 1937. Dieses sehr lesernswerte Buch ist eine Fortsetzung von «The Science of Musical Sounds» des gleichen Verfassers, 1922, Macmillan.

⁴⁾ Comptes Rendus, 166, 1918, S. 132.

^{*} Vergl. auch die abgebildeten Berichte im «Organ» vom 15. Januar 1938 und in «Glaser's Annalen» vom 1. und 15. Januar 1938. Red.