

Kapitel 2: Schallintensität und Lautstärke

„Lautstärke“ gehört, folgt man dem Schema von Kapitel 1, auf die Seite der psychologischen Begriffe, sie bezeichnet eine Empfindung. Es erhebt sich die Frage: Gibt es eine der Lautstärke entsprechende physikalische Größe? Welche Eigenschaft des Reizes „Musik“ bedingt die Lautstärke? Wenn ja, wie misst man die? Und lässt sich hieraus ein Maß für die Lautstärke ableiten?

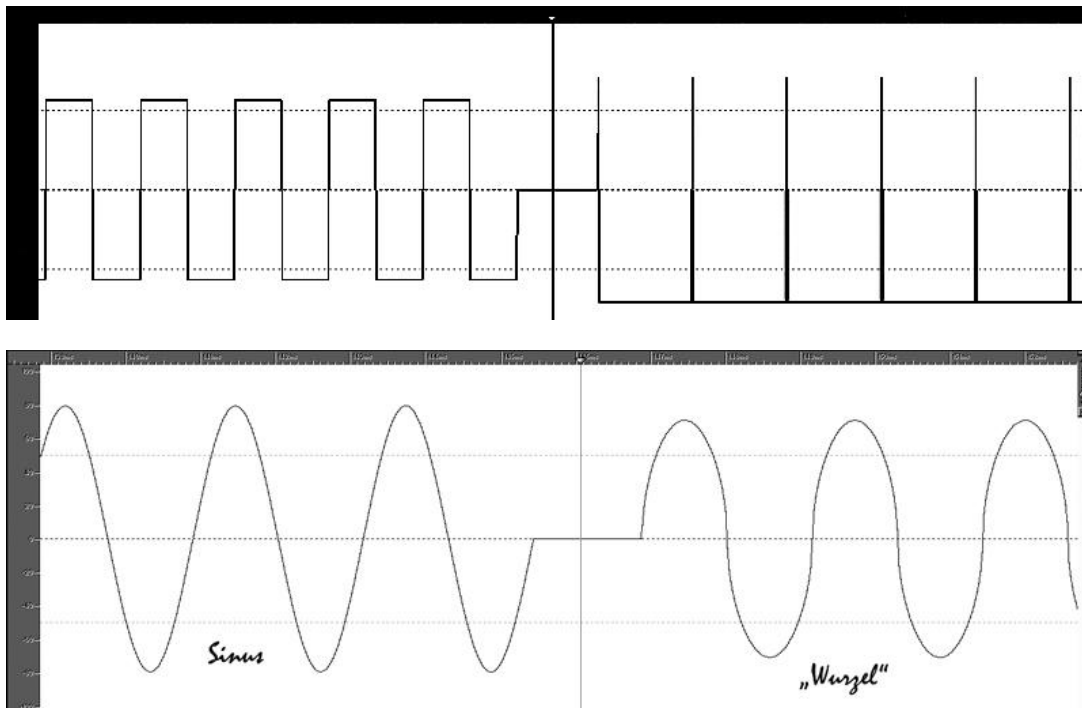
2.1. Schallintensität

Experiment 2.1. Amplitude und Lautstärkenempfindung

Es werden je zwei unterschiedliche Schallsignale gespielt und das jeweilige Schwingungsbild betrachtet. Die Hörer/innen werden gefragt, welches der beiden Schallsignale eines Paares als „lauter“ erscheint. Übereinstimmend werden bei den folgenden Schallsignalen dasjenige mit der kleineren Amplitude als „lauter“ bezeichnet:

PLAY	Schallsignal 1	Schallsignal 2	Amplitude größer	Empfindung lauter
Paar1	Sinus	Rechteck	Sinus	Rechteck
Paar2	hoher Sinuston	tieferer Sinuston	tieferer Ton	höherer Ton
Paar3	Rechteck	Puls (10%)	Puls	Rechteck
Paar4	weißes Rauschen	farbiges Rauschen	farbiges Rauschen	weißes Rauschen
Paar5	Sinus	„Wurzel“	Sinus	„Wurzel“

Zur Veranschaulichung und Erläuterung der genannten Schallsignale/Schwingungsformen (im Vorgriff auf einige Begriffe, die später noch genauer erläutert werden) Abbildung 2.1:



Das Experiment zeigt zweierlei:

- Die Lautstärkenempfindung ist von der Schwingungsform abhängig und kann bei kleinerer Amplitude sogar größer sein. Die Schulregel „je größer die Amplitude umso lauter der Ton“ ist falsch!
- Ursache für das Auseinanderklaffen von Amplitudengröße und Lautstärkenempfindung kann sein: Die „Eckigkeit“ der Schwingungsform (Paar 1), die Frequenz/Tonhöhe (Paar 2), die Fläche, die die Schwingung einschließt (Paar 3), die Klangfarbe (Paar 4) oder etwas Unerklärliches (Paar 5). Erst eine Fourieranalyse kann in den meisten hier vorliegenden Fällen ein klein wenig weiter helfen gemäß der Faustregel „je mehr Obertöne umso lauter“, aber diese Regel versagt auch gelegentlich (Paar 2 und 4). Bei Paar 2 spielt das menschliche Ohr eine Rolle (siehe unten Stichwort „Phonkurven“).

Die Schulregel gilt in einem ganz speziellen Fall: Wenn die Frequenz und die Schwingungsform gleich sind, dann ist die Lautstärkenempfindung proportional zur Amplitude.

Gibt es ein besseres physikalische Maß für die Lautstärkenempfindung als die Amplitude der Schwingung? Die Sinnesphysiologie macht hier einen Vorschlag: Eine geeignete physikalische Größe für Sinnesempfindungen ist die Energie, die pro Zeiteinheit auf eine gewisse Menge Sinneszellen einwirkt. Physikalisch also: Energie pro Zeit und Fläche oder gleichbedeutend Leistung (= Energie pro Zeit) pro Fläche (zum Beispiel Fläche des Trommelfelles). Diese physikalische Lautstärke ist dann die Menge von Energie, die in einer gewissen Zeit auf das Ohr trifft. Diese physikalische Größe nennt man **Intensität**, in unserem Falle **Schallintensität**.

Die genaue Definition von Schallintensität lautet:

$$\text{(Schall-) Intensität} = \text{(Schall-) Leistung} / \text{Fläche}$$

wobei die Leistung definiert ist als „Energie pro Zeit“. Das Maß der Leistung ist Watt, sodass die Intensität in Watt/m^2 gemessen wird. Die Größe „Watt“ ist aus dem Alltag vertraut: eine Glühlampe verbraucht 60 Watt, ein Heizofen 2000 Watt. An die EWE wird aber für die Energie bezahlt, d.h. für „Kilowattstunden“ (also Leistung mal Zeit = Energie!).

Für die Empfindung „Lautstärke“ ist die Leistung relevant, die auf unser Ohr trifft, nicht die, die ein Instrument abstrahlt. Strahlt ein Instrument seinen Schall sehr gebündelt und nicht in alle Himmelsrichtungen ab und hat jemand wie Beethoven einen Trichter, um die abgestrahlte Energie einzufangen und auf das Ohr zu lenken (Abbildung 2.2), so ist die Übertragung optimal. Bei einem Open Air Konzert ist's zum Glück anders: da strahlen die Lautsprecher in alle Himmelsrichtungen und den einen Quadratzentimeter unseres Ohres erreicht nur ein minimaler Bruchteil.

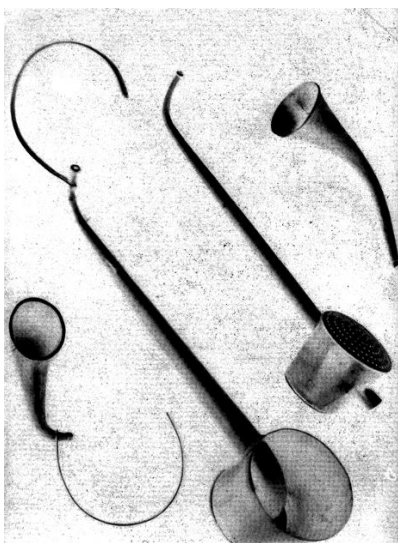


Abb. 2.2 Beethovens Hörgerätepark

Strahlt die Lautsprecherbox eine Viertel Kugeloberfläche aus, so bestrahlt sie in der Entfernung L (= „Länge“) eine Kugeloberfläche von $(4\pi L^2)/4 = \pi L^2$. Die Schallintensität nimmt also mit dem Quadrat der Entfernung von der Schallquelle ab. - Dieser Umstand und nicht so sehr die Absorption von Schallenergie durch die Luft ist maßgeblich dafür verantwortlich, dass Musik in der Ferne leiser als in der Nähe klingt.

Es zeigt sich - und das ist wegen der Kleinheit des Ohrs auch plausibel -, dass die musikalisch relevanten Schallintensitäten recht gering sind. Die Schmerzschwelle liegt bei ca. 1 Watt/m^2 (= $0,000\ 01 \text{ Watt/cm}^2$) und die Hörgrenze bei $0,000\ 000\ 001 \text{ Watt/m}^2$.

2.2. Dezibel

Experiment 2.2. Dezibel

Es sollen bis zu 16 exakt gleich laute Schallquellen „addiert“ werden. Wir benutzen einen Soundmodul mit „General Midi“-Norm (es könnte auch eine GM-Soundcard eines PC's sein). Ein Computer schaltet die maximal 16 gleichzeitig erklingenden Sounds mit exakt gleicher Lautstärke („volume“) nacheinander ein. Die Schallintensität nimmt „linear“ zu, weil jedes neu hinzukommende Instrument seinen eigenen Anteil an Energie liefert. Wie laut wird die lineare Zunahme der Schallintensität empfunden? [PLAY!](#)

Ergebnis dieses Hörexperiments: Das Hinzutreten eines neuen Instruments wird als sehr geringer Lautstärkenzuwachs empfunden und nicht als „Verdoppelung“; die Lautstärkenzunahme ist anfangs größer als später; wenn man überhaupt von einer „Verdoppelung“ der Lautstärkenempfindung sprechen kann, dann ist diese ungefähr bei der 10-fachen Schallintensität. Kurz: die Lautstärkenzunahme ist –geometrisch gesprochen - nicht linear sondern verläuft „abgeflacht“. Abbildung 2.3 (unten) entspricht ungefähr dem Höreindruck:

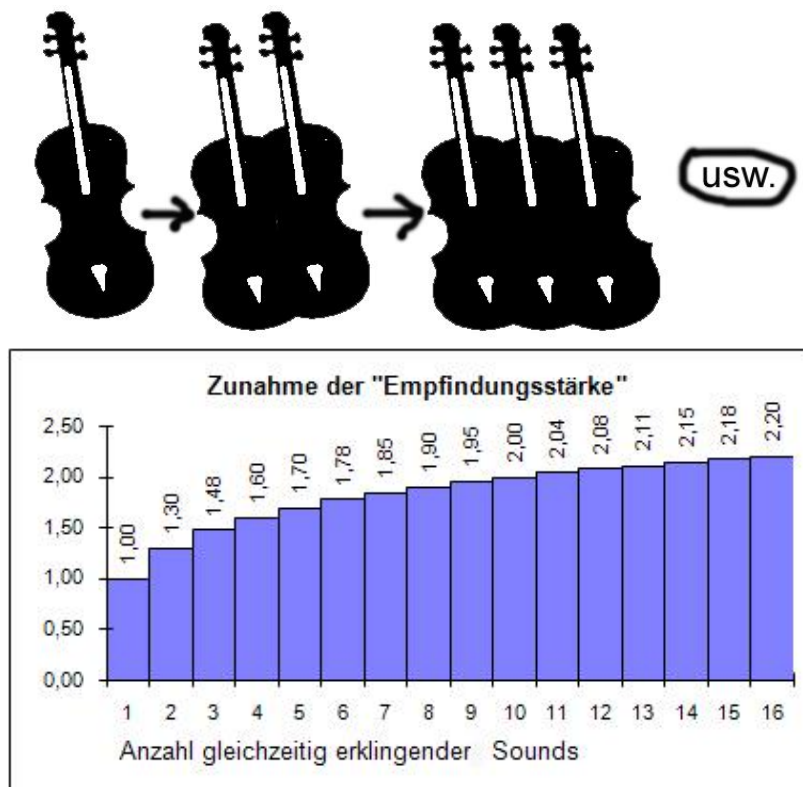


Abb. 2.3 Zunahme der Lautstärkenempfindung

Konsequenzen: Da der Mensch einen Schall der 10-fachen Intensität als „etwa doppelt so laut“ empfindet, nimmt die Schallintensität in viel schnellerem Tempo zu als die Lautstärkenempfindung. Die ersten drei Spalten der folgenden Tabelle zeigen das ganze Ausmaß dieser „Katastrophe“ :

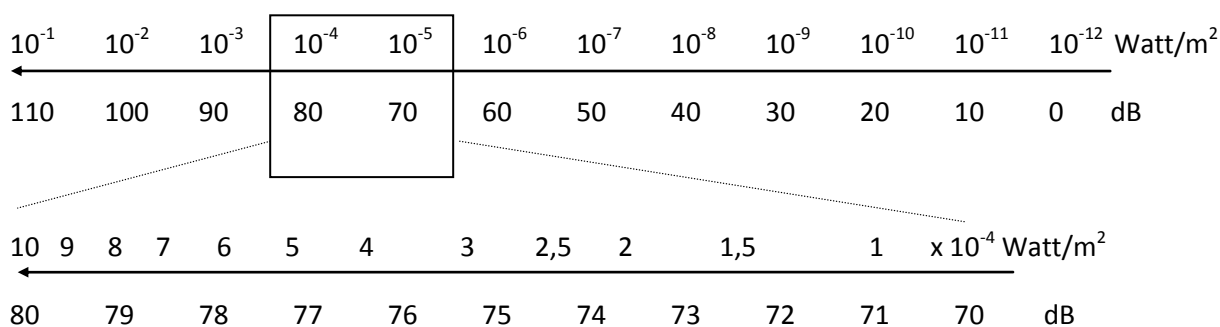
SENDER mit der Leistung	EMPFÄNGER hört in 10 m Entfernung die Intensität in Watt/m ²	musikalische Skala	Dezibel-Skala
100 Watt-Lautsprecher	1	Schmerz	120 dB
10 Watt: Pauke	0,1		110 dB
1 Watt: Orgel	0,01		100 dB
0,3 Watt Trompete/Spitze	0,001	fff	90 dB
	0,000 1	ff	80 dB
0,001 Watt Geige/Spitze	0,000 01	f	70 dB
0,000 007 Watt: Unterhaltung	0,000 001	mf	60 dB
	0,000 000 1	p	50 dB
	0,000 000 01	pp	40 dB
	0,000 000 001	ppp	30 dB
	0,000 000 000 1		20 dB
	0,000 000 000 01		10 dB
	0,000 000 000 001	Hörschwelle	0 dB

Zwischen je zwei Zeilen dieser Tabelle findet - von unten nach oben gelesen - eine Verzehnfachung der Schallintensität statt. Die Lautstärkenempfindung schreitet indessen, wie die dritte Spalte andeuten soll, relativ gleichmäßig voran. Alexander G. Bell (1847-1922) hat daher ein neues Maß für die Schallintensitäten eingeführt, dessen Verzehnfachung dann zur Bezeichnung Dezibel geführt hat:

Dezibel (abgekürzt dB) ist so definiert, dass die Hörschwelle (für einen 1000 Hz-Sinuston) 0 dB hat und jeder Verzehnfachung der Schallintensität eine Zunahme um 10 dB entspricht. Aus „multipliziere 10“ wird „addiere 10“. Diese Umwandlung von Multiplikation in Addition nennt man auch das „logarithmische Gesetz des Hörens“, weil die Logarithmusfunktion Multiplikation in Addition verwandelt.

Die dB-Formel: Eine Schallintensität I (in Watt/m²) hat $10 \times \log(I/I_0)$ dB, wobei I_0 die Schallintensität an der Hörschwelle und „log“ der Zehnerlogarithmus ist.

Eine typische Aufgabenstellung ist folgende: In einem Orchester sitzen 14 erste Geigen zu je 60 dB, wie laut ist die erste Geigen-Fraktion zusammen? - Die Lösung derartiger Aufgaben kann entweder vermittels der Definitions-Formel für Dezibel rein rechnerisch geleistet werden, oder aber in guter Annäherung durch genaue Betrachtung der folgenden Skala (bei der die kleinen Werte rechts stehen!):



Die unteren Skalen stellen einen vergrößerten Ausschnitt aus den oberen dar. Die „Exponentialschreibweise“ sehr kleiner oder großer Dezimalzahlen bedeutet: „10 hoch N“ ist eine 1

mit N Nullen, falls N positiv ist, und eine 0 mit N-1 Stellen hinter dem Komma, wenn N negativ ist. Man sieht, dass die Antwort auf die obige Frage lautet: In der Band müssten 20 Personen spielen – und die Geigenfraktion eines Sinfonieorchesters (vom Typ A) spielt um ca. 18 dB lauter als eine einzige Geige.

2.3. Phon

Experiment 2.3. Phonkurven 1

Vom Computer gesteuert wird ein Ton unterschiedlicher Tonhöhe gesendet. Mit einem Dezibel-Messgerät (oder einem zuvor geeichten Voltmeter am Synthesizerausgang) wird kontrolliert, dass die Schallintensität aller Töne gleich ist. Deutlich ist zu hören, dass die Töne leiser werden, wenn die Frequenz kleiner wird.

Die Empfindungsgröße „Lautstärke“ hat zwei unangenehme Eigenschaften:

- Zwei Schalle von unterschiedlichem Klangcharakter werden bei gleicher Schallintensität oft als unterschiedlich laut empfunden (z.B. der Schlag einer Bass Drum und ein hoher Geigenton),
- zwei Töne desselben Musikinstruments werden bei unterschiedlicher Tonhöhe und gleicher Schallintensität oft als unterschiedlich laut empfunden.

Beide Arten von Unterschieden schwanken von Person zu Person und sind bei ein und derselben Person zudem noch von der „Tageskondition“ (Müdigkeit, Nervosität usw.) abhängig. Ein schwerhöriger Mensch benötigt beispielsweise 40 dB, um überhaupt einen 1000 Hz-Ton zu hören, obgleich die offizielle Hörschwelle bei 0 dB liegt.

Um diese subjektiven Faktoren wenigstens im einfachsten Fall genauer beschreiben zu können, ist in der Audiometrie die Bestimmung von „Kurven gleicher Lautstärkenempfindung“ für Sinustöne eingeführt worden. Hier wird bestimmt, bei welcher Schallintensität oder welcher Dezibel-Größe zwei (Sinus-)Töne unterschiedlicher Tonhöhe als gleich laut empfunden werden. Beginnend bei 1000

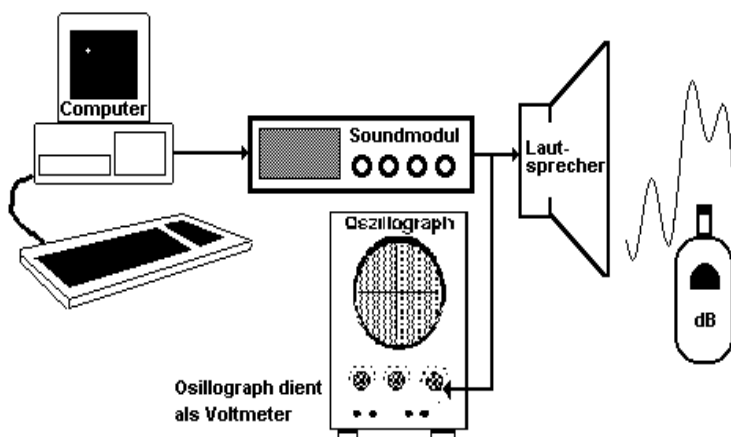


Abb. 2.4 Phonkurven-Versuch

Hz und einer bestimmten dB-Größe schreitet die Versuchsperson langsam zu niedrigeren oder höheren Frequenzen fort und stellt an einem dB-Regler die Intensität so ein, dass die Lautstärkenempfindung sich nicht verändert. Ein Querschnitt durch einige hundert solcher Messreihen ist normiert worden. (ISO 226:2003 hat in jüngster Zeit diese Kurven aus den 30er Jahren etwas revidiert.) Abbildung 2.4 zeigt die alten Kurven gleicher Lautstärkenempfindung, die folgendermaßen zu lesen sind: Ein Ton mit der Schallintensität 60 dB und der Frequenz 100 Hz wird ebenso laut empfunden wie ein Ton von 1000 Hz und 40 dB. Für beide Empfindungen sagt man „40 Phon“ oder – musikalisch – „pianissimo“. - Die unterste Kurve dieses Diagramms (die Hörschwelle) besagt, dass ein 1000 Hz-Ton bei Normalhörigen gerade noch wahrgenommen werden kann, ein 100 Hz-Ton aber bereits ca. 36 dB benötigt, um wahrgenommen zu werden.

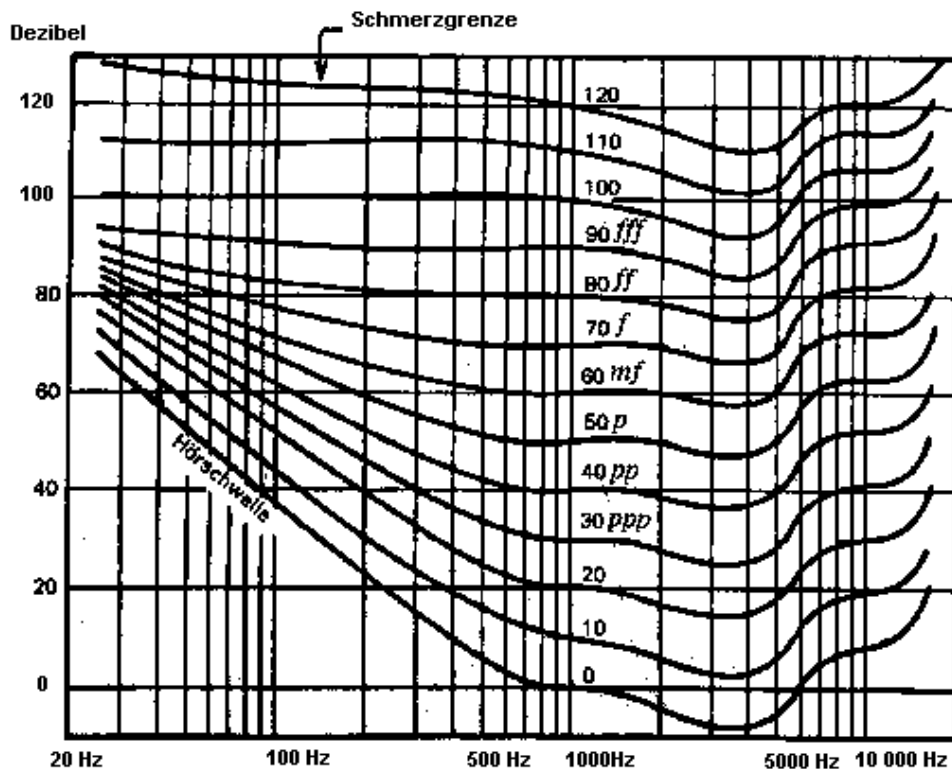


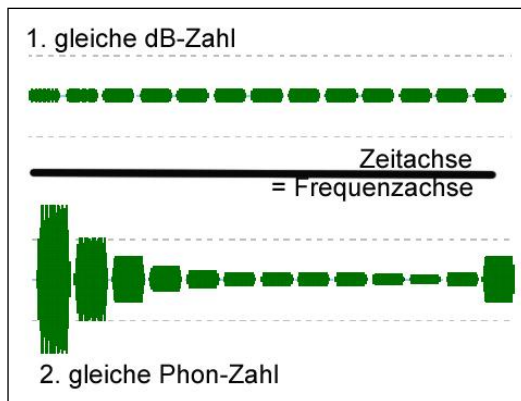
Abb. 2.5 Kurven gleicher Lautstärkenempfindung (Phon-Kurven)

Die Kurven gleicher Lautstärkenempfindung haben zur Definition der Maßeinheit **Phon** geführt. Entlang jeder der hier gezeichneten Kurven herrscht dieselbe Phon-Stärke. Ein 100 Hz-Ton mit 40 Phon hat also 62 dB und wirkt gleich laut wie ein 40-dB-Ton von 1000 Hz. Normierte Phonkurven werden auch als dB(A) bezeichnet. Viele Dezibel-Messgeräte können zwischen dB und dB(A), also „echtem“ dB und normiertem Phon, umschalten. Die Messwerte ändern sich immer dann, wenn der gemessene Schall starke Tiefen besitzt.

Einige Konsequenzen:

- Um in den Tiefen dieselbe (subjektive) Lautstärke zu erzielen wie in der Höhe müssen MusikerInnen oder Musikanlagen erheblich mehr **Energie** aufwenden.
- Ein Tonträger (LP, MC, CD usw.) wird so eingespielt, dass er bei relativ hoher Lautstärke in Höhen und Tiefen ausgewogen klingt. Stellt jemand seine Abspielanlage leiser als diese „optimale Einspiellautstärke“, so wirken die Höhen stärker und die Tiefen schwächer. Durch eine sog. „**Loudness-Taste**“ an vielen Verstärkern kann dieser Schaden wieder kompensiert werden: die Taste hebt die Bässe „physiologisch richtig“ an.
- Die **Datenreduktion** vor allem bei der Fraunhofer’schen MPEG, zum Beispiel „**mp3**“, beruht zum Teil auf der These, dass es nicht nötig ist, Frequenzen zu speichern und zu übertragen, die außerhalb des „Hörfeldes“ (eingegrenzt durch Schmerz- und Hörschwelle) liegen. Da der gesamte musikalisch relevante Lautstärkenbereich bei tiefen Frequenzen nur etwa halb so groß ist wie bei mittleren und hohen, kann man sich bei digitaler Speicherung enorm viel Speicherplätze sparen, wenn man das Signal vor der Speicherung erst einmal in „Frequenzbänder“ aufteilt (siehe unten Kapitel 4.3).

Experiment 2.4. Phonkurven 2



Ein Sinuston gleicher dB-Zahl erklingt von tief nach hoch (oberer Teil der Abbildung). In der Tiefe klingt der Ton leise, in der Mitte laut. Erst, wenn die dB-Zahl des Sinustons in der Tiefe wie im unteren Teil des Bildes dargestellt, angehoben wird, erscheint der Ton in allen Höhenlagen gleich laut. [PLAY \(Teil 1\)](#). [PLAY \(Teil 2\)](#).

Abb. 2.6 Experiment 2.4 visualisiert

Experiment 2.5. Klavierlautstärke

1. Passage mit Forte und piano

f	ff+ decresc.	pp
----------	---------------------	-----------

2. Piano-Stelle + 10 dB

3. Forte-Stelle – 10dB

Die musikalische **Information** „das Orchester spielt laut“ ist nicht in der Schallintensität des Orchesters codiert. Man kann mit großer Sicherheit auch bei leise eingestellten Wiedergabeeinrichtungen feststellen, ob ein Orchester laut oder leise spielt. Ein „lautes Orchester“ erkennt man offensichtlich an einem charakteristischen Klang, der von

der Schallintensität weitgehend unabhängig ist. Bei einem (Hammer-)Klavier ist die Lautstärkenempfindung eine Funktion des Geräuschs, das der Hammer beim Aufprall auf die Saite produziert. [PLAY \(Teil 1\)](#), [PLAY \(Teil 2\)](#), [PLAY \(Teil 3\)](#).

Die gespielte Passage hat drei Teile (1. Darbietung). Bei der 2. Darbietung wird die Pianostelle um 10 dB auf die Lautstärkenempfindung der Forte-Stelle angehoben, bei der 3. Darbietung die Fortestelle um 10 dB auf die Lautstärkenempfindung der Pianostelle abgesenkt. Effekt: die angehobene Pianostelle klingt „dumpf“ und nicht wie ein lautes Klavier, die abgesenkte Fortestelle klingt wie ein lautes Klavier in weiter Ferne.

Experiment 2.6. Lärm

Auch der Begriff „**Lärm**“ ist als komplexes psychologisches Phänomen nur bedingt mit der Schallintensität korreliert. Lärm, definiert durch Begriffe wie „Lästigkeit“ oder „Störung“, hängt bei geringer Schallintensität davon ab, ob die Schallquelle unbekannt, moralisch verabscheuungswürdig, unvorhergesehen, ideologisch abzulehnen, kulturell oder sozial erwünscht usw. ist. Motorräder, schreiende Kinder, Staubsauger, Rasenmäher, Techno-Musik, eine singende Walküre oder ein klavierspielender Junge werden im Hinblick auf Lärmbelästigung recht unterschiedlich bewertet. Selbst autonome physiologische Reaktionen (Herzklopfen, Schweißabsonderung, Blutdruck, Körpertemperatur, Adrenalinausschüttung usw.) treten in Abhängigkeit von solchen Faktoren auf. Erst ab 80 bis 90 Phon tritt weitgehend unabhängig von solchen Faktoren eine Lärmstörung zusammen mit der entsprechenden physiologischen Reaktion ein. Die Lärm-Gesetzgebung kümmert sich allerdings weniger um Lärm im Sinne einer Belästigung, sondern zumeist im Sinne einer Gesundheitsschädigung. So gibt es Gesetze für den „Arbeitsplatz Diskjockey“, nicht jedoch für die

Konsumfläche „Diskothek“. Dass „Lärm“ viel mit Moral und ästhetischer Wertung zu tun hat, sieht man an den Titeln und Inhalten vielverkaufter Bücher, in denen Lärm und Geräusch gleichgesetzt werden.

In einem Experiment werden 18 Schallsignale mit *genau gleicher Schallintensität* (dB) vorgespielt. Die Hörer/innen sollen sagen, wie „laut“ und wie „lästig“ sie den Schall einschätzen ([PLAY](#)). Die Lautstärke korreliert *nicht* mit der Lästigkeit. Und diese kann von vielen Faktoren abhängen. 40 Teilnehmer/innen eines Hörpsychologieseminars im Februar 2008 kreuzten wie in der Tabelle dargestellt an (Auswertung durch Axel Kassner):

Klang	Belästigungsgrad			
	nicht	ein wenig	etwas	sehr
Wellenrauschen	11	19	7	3
Babie schreien	1	1	12	25
Auto-Brems-Quietschen	1	9	25	5
WC-Spülung	17	16	3	3
Hund bellt	2	8	17	13
Dusch-Geräusch	23	14	2	0
E-Git. Akkorde	10	14	4	11
Flugzeug	2	10	19	7
Kirchengeläut	9	11	13	6
Vogelgezwitscher	10	11	4	13
Orchester stimmt	9	9	17	6
Orchester spielt	16	8	5	9
Schulhof-Kinder	1	13	17	11
verzerrender Synthesizer	1	1	4	33
Telefonklingeln (alt)	3	11	9	14
Fußballspiel im Stadion	15	9	10	4
Tür-Gong	3	10	11	13
knarrende Tür (langsam)	2	8	15	12
Gesamtempfindung	136	182	194	188

2.4. Lautstärke, Ohr und Schwerhörigkeit

Die Phon-Kurven (= Kurven gleicher Lautstärkenempfindung) sind weitgehend eine Folge des Baus des menschlichen Ohres, während das bereits erwähnte „logarithmische Gesetz des Hörens“ eher einen allgemeinen Mechanismus der Reizverarbeitung durch das Nervensystem abbildet. Denn nicht nur beim Gehör-, sondern auch beim Tast-, Gesichts- und Geruchssinn gilt das „logarithmische Gesetz“. Die Tatsache, dass unterschiedliche Frequenzen bei gleicher Schallintensität als unterschiedlich laut empfunden werden, kann wie folgt erklärt werden: Der Schall wird von den Ohrmuscheln „eingefangen“ (Beethoven-Effekt) und versetzt die Luft im Gehörgang in Schwingung. Aufgrund der Resonanzfrequenz des Gehörganges wird die Energie tiefer Frequenzen schlecht übertragen. Dadurch wird das Trommelfell durch tiefe Frequenzen nicht so gut erreicht. Die durch die Luft im Gehörgang angeregte Schwingung des Trommelfells wird sodann durch die drei Gehörknöchelchen an das Schwingungssystem „Innenohr“ adaptiert. Auch dieser Vorgang ist frequenzabhängig. Der letzte Gehörknöchel sitzt auf dem „ovalen Fenster“ des Innenohrs. Von hier aus wird die Flüssigkeit im Innenohr in Bewegung gesetzt (siehe „Hörtheorien“ in Kapitel 3). Die Flüssigkeitsbewegung reizt im Endeffekt die Sinneszellen.

Würde der Luftschall direkt auf die Innenohrflüssigkeit treffen, so würde fast alles reflektiert. Andererseits aber ist der hier skizzierte Adaptionsvorgang stark frequenzabhängig. Nicht zu vernachlässigen ist die Schallübertragung durch die Schädelknochen-substanz. Dies merkt man

beispielsweise beim Unterwasserhören, bei dem man sich ohne irgendeinen Effekt die Ohren verstopfen kann. (Ich empfehle einen Besuch in der Unterwassermusik-Therme von Bald Sulza!)

Außenohr → Mittelohr → Innenohr → Zentralnervensystem

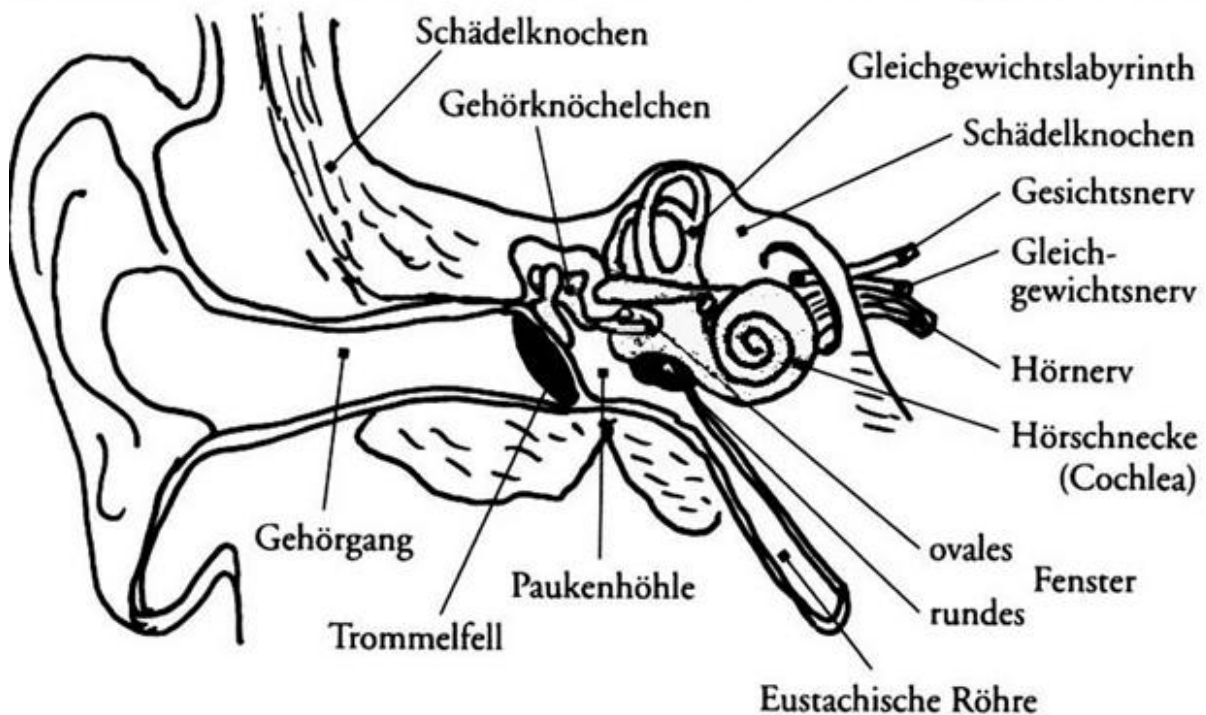


Abb. 2.7 Anatomie des menschlichen Ohrs

Bei **Schwerhörigkeit** liegt in Abbildung 2.5 die Hörschwelle höher als dort angegeben. Oft besteht Schwerhörigkeit nur in einem gewissen Frequenzbereich - zum Beispiel zwischen 500 und 2000 Hz. Das bedeutet, dass die Hörschwelle teilweise „angehoben“ ist. Die Volkskrankheit Schwerhörigkeit kann mehrere Ursachen haben. Hierzu einige Stichworte:

Das *Außen- oder Mittelohr* ist verwachsen, verknorpelt oder verstopft. Beweglichkeit der Gehörknöchelchen ist eingeschränkt, auch Entzündungen. Chirurgische Eingriffe sind hier möglich. Grundsätzlich ist Hören auch ohne Trommelfell/Gehörknöchelchen möglich, freilich sehr eingeschränkt.

Im *Innenohr*: (1) Vorübergehende Beeinträchtigung der Haarzellen (Versteifung, chemischer Kurzschluss) zum Beispiel nach einem sehr lauten Konzert oder bei lauter Arbeit. Die Härchen erholen sich hierbei nach einer gewisser Zeit wieder. Wenn die Erholung Schwierigkeiten bereitet, hilft „Klangmassage“ oder bessere Durchblutung (z.B. durch „Verflüssigung“ des Blutes durch Infusionen oder bei der Tomatis-Methode). (2) Irreversible Zerstörung der Haarzellen, „Haarausfall“ tritt bei plötzlich eintretenden lauten Schallen oder bei hoher Dauerbelastung ein („Ohrfeige“, „Knalltrauma“). Diese irreversible Beschädigung betrifft oft nur einen gewissen Frequenzbereich. Wenn hohe Frequenzen „fehlen“, dann haben die Betroffenen oft den Eindruck, die Menschen sprächen undeutlich. Dies liegt daran, dass klare Artikulation (Konsonanten) mit hohen Frequenzen arbeitet.

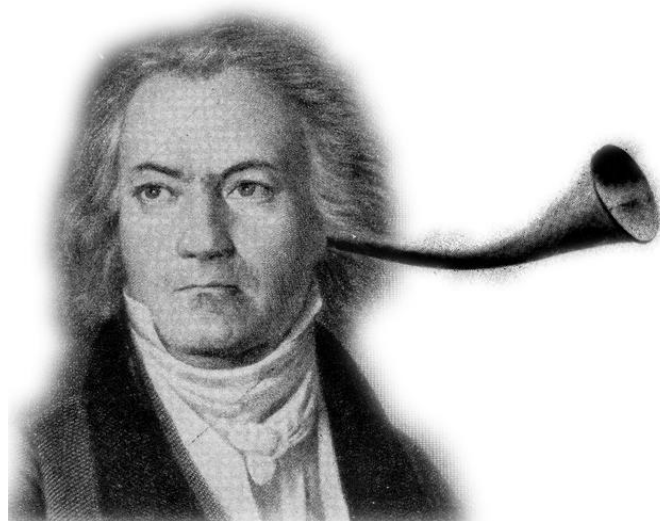
Im *Nervensystem* (Gehörnerv, Hörzentrum, Gehirn). Da hier ausschließlich chemisch-elektrische Prozesse eine Rolle spielen, können hier exogene oder endogene Drogen Heilung bringen. „Exogen“ = von außen zugeführte Chemikalien, „endogen“ vom Körper durch bestimmte Übungen selbst

erzeugte Chemikalien. Der Einfluss der endogenen Drogen wird u.a. daran deutlich, dass Hörsturz oder Tinnitus „psychisch bedingt“ sind und vor allem bei hohem Stress-Pegel auftreten.

Eine einfache Methode, die eigene Hörschwelle jenseits von Ohrenarzt oder Hörzentrum zu vermessen, ist folgende: Es werden Sinustöne mit den Frequenzen 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz und 8000 Hz dargeboten. Jeder Sinuston erklingt 10 mal hintereinander mit in 5 dB-Schritten abnehmender Schallintensität. Beim Ablauf des Experiments zählt man, wie viele Töne man hört und trägt das Ergebnis auf einem Blatt ein... [PLAY!](#)

Hz→	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1							
2							
3							
4	X						
5							
6		X					
7							
8			X				X
9				X			
10					X	X	

Teste Dein Gehör!



Eine mp3-Datei mit diesem Experiment, bei dem jedes Ohr einzeln getestet werden kann und das andere mit einem leisen Rauschen „betäubt“ wird, befindet sich im Internet unter <http://www.uni-oldenburg.de/musik-for/akustik/download>. Ein Justierungston zu Beginn soll dazu verwendet werden, die Lautstärke am Wiedergabegerät so niedrig wie möglich einzustellen. Jede 10er-Reihe erklingt zwei Mal.