

Lehmannaudio[®]

Techletter:

Kopfhörerverstärker

© N. Lehmann 2004 - Alle Rechte vorbehalten

Nachdruck und Vervielfältigung (auch auszugsweise) nur mit Quellenangabe

Lehmannaudio Dipl.-Ing. Norbert Lehmann Mozartstr. 16a 51145 Köln
Tel.: 02203 – 932968 Fax: 02203 – 932969 email: info@lehmannaudio.de

Warum Kopfhörer?

Mit Kopfhörern ist eine hervorragende Musikkwiedergabe zu einem Bruchteil des Preises erreichbar, der für vergleichbar hochwertige auf Lautsprechern basierte HiFi-Anlage ausgegeben werden müsste. In Auflösung und Dynamik stehen hochwertige Kopfhörer auch den besten Lautsprechern nicht nur in nichts nach, sondern sind meistens überlegen. Zudem besteht die Möglichkeit, auch nachts oder in nicht ganz optimal ruhigen Umgebungen Musik genießen zu können. Ersteres erhält den Frieden z. B. innerhalb der Familie oder mit den Nachbarn, letzteres lässt Umweltgeräusche außen vor.

Was macht ein Kopfhörer anders?

Es gibt eine Reihe von Parallelen zwischen (dynamischen) Kopfhörern und Lautsprechern. Beide sind – technisch gesehen - komplexe Lasten für die angeschlossenen Verstärker und sollten deshalb an eher stabilen Ausgängen betrieben werden. Es gibt hochohmige Kopfhörer, die mehr Spannung benötigen und niederohmige Ausführungen, die nach mehr Strom verlangen, um optimale Ergebnisse zu liefern. Wer einfach irgendeinen Kopfhörer in eine entsprechend bezeichnete Ausgangsbuchse steckt, ohne den Gegebenheiten des jeweiligen Kopfhörers Rechnung zu tragen, kann vom Ergebnis stark enttäuscht werden.

Bei Kopfhörern gibt es ebenso wie bei Lautsprechern eine unübersehbare Vielfalt der Ausführungen. Gebräuchliche Kopfhörer haben allerdings Impedanzen zwischen 30 Ohm und 600 Ohm. Überträgt man das auf Lautsprecher, so erhielte man zum Beispiel einen Bereich zwischen 4 Ohm und 80 Ohm. Die gleiche Signalspannung resultiert deshalb bei Kopfhörern in Leistungsunterschieden von etwa bis zum zwanzigfachen!

Unabhängig von der Impedanz haben Kopfhörer ebenso wie Lautsprecher sehr unterschiedliche Wirkungsgrade, setzen also die am Kopfhörerausgang anliegende Signalspannung mehr oder weniger effektiv in akustische Energie um. Bei Lautsprechern verwendet man üblicherweise als Maß der Effektivität den

erreichten Schalldruck bei 1W Leistung (dB/1W). Ähnliches gibt es auch bei Kopfhörern, allerdings ist hier die gebräuchlichste Kenngröße dB/mW, also der erreichte Schalldruck bei 1mW Leistung (nicht *pro* Milliwatt!), das ist 1/1000 Watt.

Bei jeder Leistungsverdopplung wird der Schalldruck 3dB höher. Im Umkehrschluß benötigt ein Kopfhörer mit einem um 3dB höheren Wirkungsgrad nur die Hälfte der Leistung zum Erreichen der gleichen Lautstärke. Die Regel mit den 3dB mehr Schalldruck pro Leistungsverdopplung gilt für Kopfhörer und Lautsprecher gleichermaßen. Aus der Angabe des Wirkungsgrades lässt sich also leicht die nötige Leistung für einen gewünschten Schallpegel errechnen. Die benötigte Leistung für den gleichen Schalldruckpegel kann bei den verschiedenen Kopfhörermodellen bis ungefähr zum Faktor 500 (!) unterschiedlich sein.

Letztendlich ist bei der Verwendung und Auswahl von Kopfhörern und Kopfhörerverstärkern zunächst entscheidend, ob diese gewünschte Lautstärke unverzerrt erreicht werden kann. Wichtig ist natürlich auch, ab welchen Pegeln der jeweilige Kopfhörer oder – weit schlimmer – das eigene Gehör Schaden nehmen. Die Maximalbelastung der jeweiligen Kopfhörer ist üblicherweise im Datenblatt als Maximalleistung angegeben. Daraus lässt sich wiederum die Maximalspannung errechnen, die am Kopfhörer anliegen darf. Wird der Kopfhörer überlastet, liegt also zuviel Signalspannung an, brennt die Schwingspule durch.

Belastung des Gehörs

Bei aller Freude, die man sich mit dem Musikhören bereiten kann, sollte man speziell beim Hören mit Kopfhörern auf die Gesundheit des eigenen Gehörs achten. Für die zulässige akustische Belastung des Gehörs in Abhängigkeit von der Dauer gibt es in Deutschland die sogenannte Arbeitsstättenverordnung, ein in der aktuellen Form seit 1975 geltendes Bundesgesetz. Hierin ist festgelegt, dass – grob vereinfacht - die Lärmbelastung am Arbeitsplatz bei sogenannter „sonstiger Tätigkeit“ **85dBA** (Bewerteter Dauerschallpegel) nicht überschreiten darf. In anderen europäischen Ländern gelten ähnliche Grenzwerte. Es wird hier die Dauer eines Arbeitstages also acht Stunden angenommen. Auch hier gibt es wieder eine Formel mit 3dB: Für jede 3dB mehr Schallpegel reduziert sich die zulässige sogenannte Einwirkzeit um die Hälfte. Die nachfolgende Tabelle zeigt, dass mit zunehmender Lautstärke sehr schnell sehr kurze zulässige Zeiten erreicht werden.

Zulässige Einwirkzeiten abhängig vom Schallpegel (dBA)

Schallpegel /dBA	85	88	91	94	97	100	103	106	109	112	115	118	121
Zulässige Dauer in Stunden	8	4	2	1									
Zulässige Dauer in Minuten					30	15	7,5						
Zulässige Dauer in Sekunden								225	112	56	28	14	7

Diese Zeiten sollten ernst genommen werden, da bei Überschreitung gesundheitliche Schäden erwiesenermaßen nicht auszuschließen sind (Regressansprüche gegen den Verursacher). Sinnvollerweise sollte man deshalb den Kopfhörer erst aufsetzen, wenn die Lautstärke entsprechend vorher eingestellt wurde, um unvorhersehbare akustische Belastungen des Gehörs zu vermeiden.

Übersicht über die Leistungsaufnahme von Kopfhörern bei verschiedenen Spannungspegeln:

Pegel (u_{eff})	Kopfhörerimpedanzen				
	32 Ohm z. B. Grado	60 Ohm z. B. Koss Portapro	120 Ohm z. B. AKG K 1000	300 Ohm z. B. Sennheiser HD650	600 Ohm z. B. AKG K240DF
0,1V	0,31mW	0,16mW	0,08mW	0,033mW	0,016mW
0,5V	7,8mW	4,2mW	2,1mW	0,83mW	0,42mW
1V	31,3mW	16,7mW	8,3mW	3,3mW	1,7mW
2V	125mW	66,7mW	33,3mW	13,3mW	6,7mW
3V	281mW	150mW	75mW	30mW	15mW
4V	500mW	267mW	133mW	53mW	27mW
5V	781mW	420mW	210mW	83mW	42mW
6V	1,13W	600mW	300mW	120mW	60mW
7V	1,53W	817mW	408mW	163mW	82mW
8V	2W	1,06W	533mW	213mW	107mW
9V	2,53W	1,35W	680mW	270mW	135mW

Benötigter Spannungspegel für 1mW Leistung

Pegeleinheiten	Kopfhörerimpedanzen				
	32 Ohm	60 Ohm	120 Ohm	300 Ohm	600 Ohm
Volt	179mV	245mV	347mV	550mV	775mV
dBu (0dB = 775mV)	-12,7	-10	-7	-3	0
dBV (0dB = 1V)	-14,9	-12,2	-9,2	-5,2	-2,2

Tabelle verbreiteter Kopfhörer¹

Typ	Impedanz /Ohm	Effektivität dB/1mW	Spannung für 100dB Schalldruck	Leistung für 100dB Schalldruck
AKG				
K141Studio	55	101	209mV	0,8mW
K240DF	600	88	3,1V	16mW
K501	120	94	350mV	4mW
K1000	120	74	6,93V	400mW
Beyerdynamic				
DT660	32	97	253mV	2mW
DT770, DT880, DT990	250	96	800mV	2,6mW
Grado				
Alle	32	98	225mV	1,6mW
Koss				
Portapro	60	101	218mV	0,8mW
Sennheiser				
HD500	32	97	253mV	2mW
HD555	120	94	694mV	4mW
HD650	300	97	775mV	2mW
Ultrasone				
HFI-15G	32	94	716mV	4mW
HFI-550	64	100	252mV	1mW
HFI-700	75	94	548mV	4mW

Es ist unschwer zu erkennen, dass auch innerhalb der Produkte eines Herstellers große Unterschiede hinsichtlich der Impedanz und/oder Effektivität auftreten können. Aus diesem Grunde ist es wichtig, bei der Anschaffung entweder den Kopfhörer und den Kopfhörerverstärker direkt zusammen passend auszuwählen, oder einen im Pegel einstellbaren Kopfhörerverstärker zu wählen, der mit den meisten auf dem Markt erhältlichen Kopfhörern harmoniert.

¹ Alle Angaben sind allgemein erhältlichen Herstellerdatenblättern entnommen und wurden teilweise aus anderen Angaben umgerechnet. Für Spannung und Leistung wird jeweils der Effektivwert und nicht der Spitzenwert angegeben. Rundungsfehler und Irrtümer vorbehalten. Alle Angaben ohne Gewähr.