



Lehmann*audio*[®]



Techletter

Kopfhörerverstärker

www.lehmannaudio.com

Inhalt

- 3 | Warum Kopfhörer?
- 3 | Was macht ein Kopfhörer anders?
- 4 | Muss ein Kopfhörer neutral sein? Warum?
- 5 | Transientenwiedergabe
- 6 | Leistung und Wirkungsgrad
- 7 | Norm-Pegel für Kopfhörer, Referenzierung
- 10 | Belastung des Gehörs
- 18 | Notizen

Warum Kopfhörer?

Mit Kopfhörern ist eine hervorragende Musikwiedergabe zu einem Bruchteil des Preises erreichbar, der für vergleichbar hochwertige, auf Lautsprechern basierte Hi-Fi-Anlage ausgegeben werden müsste. In den Bereichen Auflösung und Dynamik stehen hochwertige Kopfhörer auch den besten Lautsprechern nicht nur in nichts nach, sondern sind ihnen in den meisten Fällen 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 und macht völlig unabhängig von der Raumakustik.

Was macht ein Kopfhörer anders?

Es gibt eine Reihe von Parallelen zwischen (dynamischen) Kopfhörern und Lautsprechern. Beide sind – technisch gesehen – sogenannte „komplexe Lasten“ für die angeschlossenen Verstärker und sollten deshalb an eher stabilen Ausgängen betrieben werden. Es gibt hochohmige Kopfhörer, die prinzipbedingt einen höheren Spannungspegel benötigen und niederohmige Ausführungen, die nach mehr Strom verlangen, um optimale Ergebnisse und den entsprechenden Pegel 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. Das liegt daran, dass bei Kopfhörern die Produktvielfalt hinsichtlich Impedanz und Wirkungsgrad eigentlich noch unübersehbarer ist als bei Lautsprechern. Gebräuchliche Kopfhörer haben Impedanzen zwischen 16 Ohm und 600 Ohm. Übertrüge man das auf Lautsprecher, so erhielte man zum Beispiel einen Bereich zwischen 4 Ohm und 150 Ohm.



Lehmannaudio Vertriebs GmbH

Waltherstraße 49 – 51

51069 Köln

Tel.: +49 (0)221 – 29 49 33 20

Fax: +49 (0)221 – 29 49 33 19

info@lehmannaudio.de

www.lehmannaudio.de

www.facebook.de/lehmannaudio

www.twitter.com/lehmannaudio

Muss ein Kopfhörer neutral sein?

Warum?

Grundsätzlich kann im professionellen Bereich mit einem wirklich neutralen Kopfhörer die Arbeit schneller beurteilt werden. Das gilt vor allem für Situationen, in denen man als Abhörender auf einen neuen Kopfhörer trifft. Es gilt auch: Wer die Fehler seines Systems gut einschätzen kann, kann natürlich auch Kopfhörer verwenden, die eine gewisse Färbung im Frequenzgang oder andere Fehler aufweisen. Schwieriger wird aber es bei Effekten, die auf hoher Impulstreue beruhen. Wie will man z.B. über den Kopfhörer beurteilen, wieviel Stützmikrofonanteil in einer Aufnahme benötigt wird, wenn man sich gerade hier wegen der Eigenarten des verwendeten Kopfhörers nicht auf das Resultat verlassen kann?

Für private Musikhörer gibt es hinsichtlich Klangfärbungen natürlich noch weniger bindende Empfehlungen als bei den Profis. Erlaubt ist hier, was gefällt. Anders als bei Lautsprechern ist die Anzahl Kopfhörer dann auch eher vom eigenen Etat abhängig als vom Einverständnis oder gar Wohlwollen eventueller Mitbewohner. Hinsichtlich eventueller Färbungen kann man sich aber trotzdem vor Augen (Ohren) führen, dass eine spezielle Klangfärbung vergleichbar ist mit der permanenten Verwendung eines einzigen Gewürzes auf allen Speisen, die man genießt. Will man wirklich zu allen Gerichten Curry haben, oder Vanille oder Knoblauch ... ? Nichtsdestotrotz können verschiedene Kopfhörer mit verschiedenen Charakteristika für verschiedene Musikrichtungen oder Stimmungen für den jeweiligen Musikliebhaber eine echte Bereicherung sein.

Transientenwiedergabe

Evolutionsbedingt ist das menschliche Gehör enorm empfindlich für Impulse. Salopp gesagt wurde, wer nicht rechtzeitig hörte, dass ein Ast knackte, schnell zur Beute des Säbelzahnigers. Beim Abhören mit Kopfhörer geht es zwar nicht um Leben und Tod, Kopfhörerverstärker und Kopfhörer mit nicht hinreichend genauer Transientenwiedergabe machen sich aber immer in mehrfacher Hinsicht negativ bemerkbar.

Ein Beispiel wäre ein Musiker im Studio: Der Musiker hört das eingespielte Signal nicht richtig, weil er die Impulsanteile vermisst, er dreht also lauter auf. Davon wird die Impulswiedergabe jedoch nicht besser. Die Lautstärke wird deshalb weiter erhöht. Mögliches direkt hörbares Ergebnis: Es kommt zu erhöhtem Übersprechen von Kopfhörer auf beteiligte Mikrofone und der Toningenieur hat Schwierigkeiten mit der Spurtrennung. Zusätzlich ist der Musiker unkonzentriert und angespannt statt inspiriert und entspannt und macht mehr Fehler. Die Performance lässt zu wünschen übrig, es werden voraussichtlich mehr Takes und mehr Studiozeit benötigt (= mehr Kosten) und das Endprodukt hat höchstwahrscheinlich nicht die mögliche Qualität (= weniger Einnahmen). Am Ende des Studiotages gehen die entsprechend malträtierten Akteure mit Kopfschmerzen nach Hause. Auf Dauer sind zusätzlich gesundheitliche Beeinträchtigungen des Gehörs vorprogrammiert.

Ein Problem dabei ist hier vor allem das fehlende Problembewusstsein. Den Ausführenden ist in den meisten Fällen gar nicht klar, was da passiert. Der Musiker bekommt einfach einen Kopfhörer aufs Ohr und der Studioplaner oder Studiobetreiber ist oft froh, wenn er wenigstens hier noch ein paar Euro sparen kann und schaut ansonsten schwerpunktmäßig nach seinem renommierten Pult oder der neuesten Digital Audio Workstation. Deshalb: möglichst gute Kopfhörerverstärker sind an allen Stellen, an denen mit Kopfhörer abgehört wird, für das Gesamtergebnis enorm wichtig, nicht nur beim Mischen oder Mastern.

Leistung und Wirkungsgrad

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

Bei jeder Leistungsverdopplung wird der Schalldruck 3 dB höher. Im Umkehrschluss benötigt ein Kopfhörer mit einem um 3 dB höheren Wirkungsgrad nur die Hälfte der Leistung zum Erreichen der gleichen Lautstärke. Die Regel mit den 3 dB 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 Schalldruck 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 natürlich zunächst entscheidend, ob die gewünschte Lautstärke unverzerrt erreicht werden kann. Wichtig ist aber 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.

Norm-Pegel für Kopfhörer, Referenzierung

Beim Abhören über Lautsprecher waren früher z.B. in den ARD-Studios Monitorregler mit Abhörpegelangabe gang und gäbe. Die sogenannten Abhörkassetten in den Regieanlagen hatten in dB kalibrierte Lautstärkesteller. Hier erfolgte extra ein Abgleich durch die Akustiker, um in allen Studios von der Lautstärke her identische Abhörbedingungen zu schaffen. Das Thema wird allerdings selbst im professionellen Bereich beim Kopfhörermonitoring in den meisten Fällen vernachlässigt. Der Benutzer dreht einfach die Lautstärke hoch, bis es passt. Für eine wirklich genaue auch klangliche Beurteilung vor allem im Dauer-Abhörbetrieb mit Kopfhörer wäre aber auch hier eine entsprechende Referenzierung auf feste Abhörlautstärken nicht nur wünschenswert sondern äußerst sinnvoll. Hierzu müsste man sich allerdings innerhalb des jeweiligen Hauses auf die Verwendung eines Referenzhörers und eventuell noch die Verwendung pegelgleicher Modelle einigen, da ansonsten durch den möglichen Wirkungsgradunterschied der erhältlichen Kopfhörermodelle die Kalibrierung hinfällig wäre.

Klanglicher Hinweis

Einige Kopfhörer sind in verschiedenen Impedanzen erhältlich. Hier ist den hochohmigen Varianten der Vorzug vor den niederohmigen Varianten zu geben.

LA Lehmannaudio®

Linear

Die Referenz unter den
Kopfhörerverstärkern

September 2013, Red Bull Studios London:
**AKG präsentiert den neuen K812 exklusiv mit Lehmannaudio Linear
Kopfhörerverstärkern**

www.lehmannaudio.de/linear



Belastung des Gehörs

Beim Hören mit Kopfhörer kann es sehr schnell sehr laut werden. Zunächst zum Vergleich eine Tabelle mit verschiedenen Schalldruckpegeln:

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Schalldruckpegel

dBA	Schalldruckpegel
150	Silvesterböller
140	Düsentriebwerk
130	Startender Jet
120	Rockkonzert/Live Band
110	Disco/Walkman/Presslufthammer
100	Proberaum/Autoradio
90	Fabrik/Schwerlastverkehr
80	Straßenverkehr
70	Restaurant
60	Unterhaltung

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“ **85 dBA** (Bewerteter Dauerschallpegel) nicht überschreiten darf. In anderen europäischen Ländern gelten vergleichbare Grenzwerte.

Es wird hier die Dauer eines Arbeitstages also acht Stunden angenommen. Auch hier gibt es wieder eine Formel mit 3 dB: Für jede 3 dB mehr Schallpegel reduziert sich die zulässige sogenannte Einwirkzeit um die Hälfte. Für die Freizeit existiert keine separate Verordnung. Die nachfolgende Tabelle zeigt, dass mit zunehmender Lautstärke sehr schnell sehr kurze zulässige Zeiten erreicht werden.

Tabelle 2: Zulässige Einwirkzeiten abhängig vom Schallpegel (dBA)

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

Berechnungen auf Basis der deutschen Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV)

Diese Zeiten sollten ernst genommen werden, da bei Überschreitung gesundheitliche Schäden erwiesenermaßen nicht auszuschließen sind (Regressansprüche gegen den Verursacher/Arbeitgeber). Sinnvollerweise sollte man deshalb den

Kopfhörer erst aufsetzen, wenn die Lautstärke vorher entsprechend eingestellt wurde, um unvorhersehbare akustische Belastungen des Gehörs zu vermeiden.

Bemerkenswert ist, dass in den USA deutlich andere Grenzwerte gelten: Für einen achtstündigen Arbeitstag sind hier 90 dB zulässig und die Halbierung der zulässigen Einwirkzeit erfolgt alle fünf dB. 115 dB sind in den USA noch für 15 Minuten am Tag zulässig, in Deutschland gerade mal für 28 Sekunden.

Automatisierte Limiter, die spannungsbezogen den Pegel begrenzen, machen ausschließlich dann Sinn, wenn sie auf das jeweils verwendete Kopfhörermodell und dessen Wirkungsgrad kalibriert sind. Ansonsten haben die resultierenden Regelvorgänge mit der Realität nichts zu tun und suggerieren eine trügerische Arbeitssicherheit.

Tabelle 3: Leistungsaufnahme von Kopfhörern bei verschiedenen Spannungspegeln

Pegel (U_{eff})	Kopfhörerimpedanzen				
	16 Ohm (z.B. DT 100)	60 Ohm (z.B. HD-25 SP)	120 Ohm (z.B. K1000)	300 Ohm (z.B. HD 650)	600 Ohm (z.B. K240 DF)
0,1V	0,63 mW	0,16 mW	0,08 mW	0,033 mW	0,016 mW
0,5V	15,63 mW	4,2 mW	2,1 mW	0,83 mW	0,42 mW
1V	62,5 mW	16,7 mW	8,3 mW	3,3 mW	1,7 mW
2V	250 mW	66,7 mW	33,3 mW	13,3 mW	6,7 mW
3V	563 mW	150 mW	75 mW	30 mW	15 mW
6V	2.250 mW	600 mW	300 mW	120 mW	60 mW
9V	5.063 mW	1.350 mW	680 mW	270 mW	135 mW

Tabelle 4: Benötigter Spannungspegel für 1 mW Leistung

Pegel	Kopfhörerimpedanzen				
	16 Ohm	60 Ohm	120 Ohm	300 Ohm	600 Ohm
Spannung	127 mV	245 mV	347 mV	550 mV	775 mV
dBu	-15,7	-10	-7	-3	0
dBV	-17,9	-12,2	-9,2	-5,5	-2,2

Die obige Tabelle verdeutlicht unter anderem, dass der gleiche Spannungspegel an Kopfhörern verschiedener Impedanz zu Leistungsunterschieden bis zu 37,5 als Faktor z.B. für den Unterschied zwischen 16 Ohm und 600 Ohm führen kann. Wie laut der entsprechende Kopfhörer dann wirklich ist, hängt allerdings vom Wirkungsgrad ab.

Tabelle 5: Verbreitete Kopfhörer

	Impedanz in Ohm	Schalldruck in dB bei 1 mW Leistung	Spannung für 100 dB Schalldruck in mV	Leistung für 100 dB Schalldruck in mW
AKG				
K-141 MKII	55	101	209	0,8
K701	62	93	558	5
K812	63	96	300	2,6
Audeze				
EL-8	30	102	138	0,6
LCD-2	70	93	592	5
LCD-X	102	93	742	5
Audio Technica				
ATH-M20X	47	96	344	2,5
ATH-M40X	35	96	297	2,5
ATH-AD2000X	40	103	142	0,5
ATH-R70X	470	99	770	1,6
Austrian Audio				
Hi-X 50	25	102	126	0,6
Hi-X 55	25	102	126	0,6
Beyerdynamic				
DT 100	16	94	253	4
DT 1770 PRO	250	102	398	0,6

	Impedanz in Ohm	Schalldruck in dB bei 1 mW Leistung	Spannung für 100 dB Schalldruck in mV	Leistung für 100 dB Schalldruck in mW
Beyerdynamic				
DT 880/990	250	96	800	2,6
T1	600	102	620	0,6
Grado				
Alle Modelle (2019)	32	99,8	225	1,6
Koss				
Porta Pro	60	101	218	0,8
Sennheiser				
HD-25 SP	60	90	800	10
HD-280 PRO	64	90	800	10
MOMENTUM	18	93	314	5,5
HD-650/800	300	97	775	2
Sony				
MDR-7506	63	106	126	0,3
MDR-7509	24	107	69	0,2



Wandelbarer Champion
mit hohem Anspruch:
Der **Drachenfels**
Kopfhörerverstärker

www.lehmannaudio.de/drachenfels



Die in Tabelle 5 aufgelisteten Kopfhörer sind allesamt vergleichsweise große Kopfbügelmodelle. In-Ear Hörer, die für batteriebetriebene Geräte gedacht sind, haben meistens einen nochmals deutlich höheren Wirkungsgrad.

Es ist unschwer zu erkennen, dass bei Kopfhörern auch innerhalb der Produktpalette eines Herstellers große Unterschiede hinsichtlich der Impedanz und/oder Effektivität auftreten können, wobei die Impedanz des Kopfhörers eine bisher überbewertete Rolle einnimmt, zumindest wenn der Kopfhörerverstärker genügend Strom zu liefern in der Lage ist. Folgerichtig wird inzwischen bei vielen Kopfhörermodellen die Effektivität bei dB/1 V angegeben, bei In-Ear Hörern verwendet man in dem Fall wegen der höheren Effektivität meistens die Angabe dB/100 mV. Eine Herstellerangabe des Wirkungsgrades ohne Angabe der Bezugsgröße (V oder mW) ist sinnfrei – aber auch bei renommierten Herstellern immer wieder zu beobachten.

Bezogen auf den reinen Spannungspegel bleiben bei den Modellen der obigen Tabelle bis zu ca. 30 dB Unterschied für das Erreichen des gleichen Schallpegels am Kopfhörer. Aus diesem Grunde ist es wichtig, bei der Anschaffung entweder Kopfhörer und Kopfhörerverstärker direkt zusammen passend auszuwählen, oder einen in der Verstärkung einstellbaren Kopfhörerverstärker zu wählen, der mit den meisten auf dem Markt erhältlichen Kopfhörern harmoniert.

Notizen



Analog? Digital? Beides!

Klarheit, Kraft und Klasse:
Der **Linear D** Kopfhörerverstärker

Alle Rechte dieser Broschüre liegen bei

Lehmannaudio Vertriebs GmbH
Dipl.- Ing. Norbert Lehmann
Waltherstraße 49 – 51
51069 Köln

Nachdruck oder jegliche sonstige Veröffentlichung
oder Verbreitung – auch auszugsweise – nur mit
Genehmigung.

Stand: April 2020



www.lehmannaudio.de/linear-d

STUDIO KONZERT FOR HEADPHONES



STUDIO KONZERT heißt die audiophile Direct-2-Track Konzert-Reihe, die seit Anfang 2013 in den Bauer Studios Ludwigsburg produziert wird und als 180 g Vinyl im hochwertigen Schlauchalbum-Artwork in handnummerierter Limited Edition im Handel erhältlich ist.

Nach über 36 »STUDIO KONZERT« Veröffentlichungen werden ausgewählte Titel der Reihe jetzt auch digital als binaurale Mixes speziell für den Musikgenuss mit Kopfhörern angefertigt. Durch ein wesentlich durchhörbareres und umhüllenderes Klangbild als bei konventioneller Stereophonie entsteht ein unmittelbarer, emotionaler Zugang zum musikalischen Inhalt.

Für ein erstklassiges Ergebnis mischen die Bauer Studios über hochwertige Kopfhörervorverstärker von Lehmannaudio.



BAUER
STUDIOS
LUDWIGSBURG



www.bauerstudios.de