

HANDOUT ZUM THEMA: AUDIO-VERSTÄRKER

Kevin Kotinkar

kevin.f.kotinkar@campus.tu-berlin.de

- Audioverstärker \equiv möglichst verzerrungsarmer Verstärker für Wechselspannungen im hörbaren niederfrequenten Bereich von 20Hz bis 20 kHz

1 Klassifizierungen

1.1 nach Anwendungsgebiet

- Verzerrer - *Abweichungen vom linearen Frequenzgang erwünscht, z.B. als Effektgerät*
- Mischpult - *mehrere Vorverstärker vereint, separat verstärkbar, Möglichkeit Audio-Signale additiv zusammenzuführen*
- Vorverstärker - *dient zur Aufarbeitung des Signals damit fortführende Weiterverarbeitung möglich gemacht wird (\rightarrow Endstufe)*
- Leistungsverstärker (Endstufe) - *benötigt relativ hohen Eingangspegel, dafür hohe Aussteuerung, stellt zudem mit geringer Ausgangsimpedanz die Spannung für die Lautsprecher bereit*

Zuletzt genannte bilden zusammen den sogenannten Vollverstärker.

1.2 nach Schaltungsarchitektur

- Class-A im Eintakt Betrieb (Single-Ended-Design) - *1 aktives Bauelement (Transistor/Röhre) übernimmt die Verstärkung des kompletten Musiksignals - klanglich sehr überzeugende Schaltungsart, jedoch mit oft miserablen Wirkungsgrad ($< 25\%$)*
- Class-B im Gegentakt-Betrieb (Push-Pull-Design) - *2 aktive Bauelemente zur Verstärkung des Signals \rightarrow teilen sich positive & negative Halbwelle - verzerrungsanfällige Schaltungsart, dafür hoher Wirkungsgrad (bis 80 %)*
- Class-AB (Gegentakt) - *Kompromiss aus A- und B-Betrieb, mit Ausgleich zwischen klanglichen und energieeffizienten Eigenschaften - üblich für Großteil der auf dem Markt verfügbaren Audio-Verstärker*
- Class-C - *verstärkendes Element ist bei geringer Steuerspannung gesperrt und wird erst bei ausreichend hoher Wechselspannung stromführend \rightarrow dadurch hoher Wirkungsgrad - jedoch erhebliche Signalverzerrungen, daher nicht geeignet für NF-Bereich (Einsatz z.B. im HF-Bereich: Radiotechnik)*
- Class-D - *modernes Schaltungsdesign mit sehr hohem Wirkungsgrad und mittlerweile gutem Klang (dennoch überwiegend analog aufgebaut), mehr Infos dazu: Projektlabor SS 2013 - meisterOrgl: Untergruppe 5*

1.3 nach aktivem Bauelement

Auszug einiger Vorteile der entsprechenden Art

Transistor	Röhre
punktet durch niedrigen Preis	Einzigartiger Klang durch besonderes Klirrspektrum
leichte Integrierbarkeit	Große Bedeutung als Gitarrenverstärker
kleine Abmessungen (heutzutage Stereo-Endstufen als fertige IC's)	

Hybride Den Kompromiss aus der Röhre mit dem besonders vollem, warmen Klang und der modernen Transistortechnik beider bilden hier die sogenannten "Hybride".

2 Die wichtigsten Kenngrößen eines Audio-Verstärkers

- Die effektive Ausgangsleistung an einer bestimmten Last - z.B. $2 \times 50 \text{ Watt}_{RMS}$ an 4Ω
- Verstärkungsfaktor in $[dB]$
- Signal-Rausch-Abstand in $[dB]$ (*je größer, desto besser*)
- Bandbreite - optimaler Frequenzbereich: $20Hz - 20kHz$
- Klirrfaktor - *gibt an, in welchem Maße die harmonischen Oberschwingungen, die eine sinusförmige Grundschwingung (U_1) überlagern, Anteil am Gesamtsignal haben, Effektivwerte betrachten!*

$$k = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots}} \quad (1)$$

3 Verzerrungen

3.1 lineare Verzerrungen

- *Amplitudenverzerrung* - Je nach Frequenz erfolgt die Verstärkung mit unterschiedlicher Amplitude, sodass es zu Abweichungen von der horizontalen Ideallinie - der gleichen Verstärkung über das Frequenzspektrum - kommt → Resultat: ungleichmäßiger Frequenzgang
- *Phasenverzerrung* - Eine Phasenverzerrung liegt dann vor, wenn das Ausgangssignal nicht in Phase mit dem Eingangssignal liegt und diese Phasendifferenz zudem frequenzabhängig ist

3.2 nicht-lineare Verzerrungen

- *harmonische Verzerrungen* - aus einer Grundfrequenz (f_0) entstehen neue Signalüberlagerungen (ganzzahlige Vielfache ($k2, k3, k4, \dots$) von f_0) → Klirrspektrum → geradzahlige Obertöne ($k2, k4$) klingen gut, ungeradzahlige vermeiden!
- *nicht harmonische Verzerrungen* - auch 'Intermodulationsverzerrungen', treten auf als Summe/Differenz **zweier** Grundfrequenzen, keine geradzahligen Obertöne → Disharmonie, werden als sehr störend empfunden, verursacht durch Überaussteuerung, Verlassen des Arbeitsbereiches