

Messverstärker

Verstärker (Amplifiers)

Außer der Aufgabe der Leistungsverstärkung sind - je nach Einsatzgebiet unterschiedlich - eine Reihe weiterer Forderungen an Verstärker zu stellen, z.B.:

- das Ausgangssignal soll gegenüber dem Eingangssignal unverzerrt sein
- der Verstärker darf dem Nutzsignal keine Störsignale hinzufügen
- es soll ein gewünschter Verstärkungsgrad trotz beträchtlicher Toleranzen der Bauteilkennwerte eingestellt werden können
- die Eigenschaften des Verstärkers sollen sich im Betrieb möglichst wenig ändern
- der Schaltungsaufwand soll möglichst klein sein
- bei Endstufen soll die geforderte Verstärkung mit möglichst großem Wirkungsgrad erreicht werden
- Forderungen an eine bestimmte Abhängigkeit der Verstärkung von der Frequenz
- maximal abgebbare Leistung

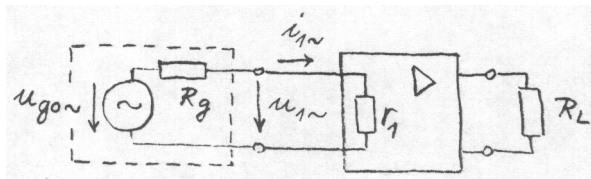
Verstärkerarten

Eine Einteilung der Verstärker ist nach unterschiedlichen Gesichtspunkten möglich, z.B.:

- Nach dem Frequenzbereich des Nutzsignals
 1. **Gleichspannungsverstärker** (DC-Verstärker): diese können sowohl Gleich- als auch Wechselspannungen verstärken.
 2. **Wechselspannungsverstärker** (AC-Verstärker): diese können Wechselspannungen, jedoch keine Gleichspannungsanteile des Signals verstärken
 - NF-Verstärker (Niederfrequenz-Verstärker), Frequenzen bis zu einigen 10kHz (Audiobereich)
 - HF-Verstärker (Hochfrequenzverstärker): Radio, TV, Funk,...
- nach der relativen Breite des zu verstärkenden Signalspektrums
 1. **Schmalbandverstärker** oder selektive Verstärker: Bandbreite relativ klein gegenüber Bandmittenfrequenz
 2. **Breitbandverstärker** mit großer Bandbreite (Antennenverstärker 40MHz bis 400 MHz)
- nach den Spitzenwerten der Eingangsspannung (μV Bereich bis einige 10V)
 1. **Kleinsignalverstärker**
 2. **Großsignalverstärker**
- nach der Anzahl der Verstärkerstufen
 1. **Einstufige Verstärker**
 2. **Mehrstufige Verstärker** (Vorstufen, Treiberstufen, Endstufen)

Einige Verstärkerdaten

1. Eingangswiderstand



$$r_1 = \frac{\hat{u}_{1\sim}}{\hat{i}_{1\sim}}$$

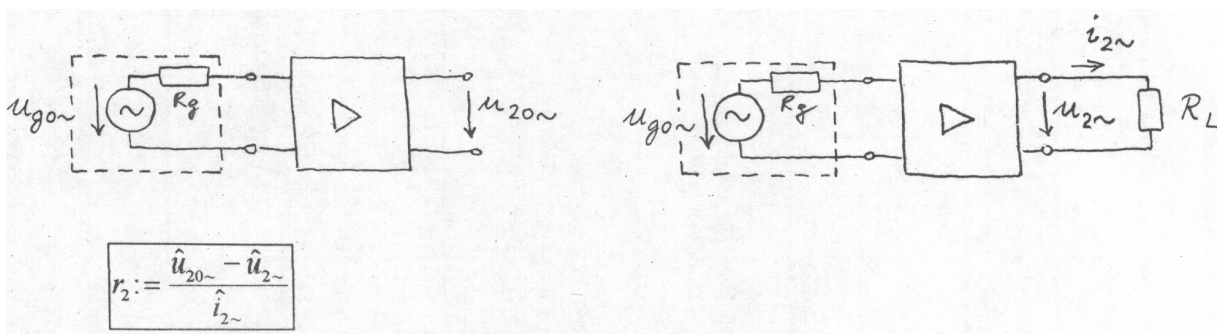
Der Eingangswiderstand belastet die Signalquelle. Der Eingangswiderstand kann von der Belastung des Ausgangs abhängen.

Bei bekanntem Eingangswiderstand kann z.B. berechnet werden

- der Strom und die Leistung, die die Signalquelle liefern muss
- die Eingangsspannung an den Klemmen des Verstärkers, wenn die Quellenspannung der Signalquelle gegeben ist.

2. Ausgangswiderstand

Der Ausgangswiderstand eines Verstärkers ist ein Modell für die Erscheinung, dass die Ausgangsspannung eines Verstärkers bei Belastung sinkt.



Ein besonders einfacher Belastungsfall ist der Kurzschluss. Dabei ist die Ausgangsspannung Null, der in diesem Fall fließende Strom ist dann der Kurzschlussstrom. Damit kann dann der Ausgangswiderstand wie folgt berechnet werden:

$$r_2 = \frac{\hat{u}_{20\sim}}{\hat{i}_{2K\sim}}$$

Der Ausgangswiderstand kann bei einigen Schaltungen vom Innenwiderstand der Signalquelle abhängen. (z.B.: Emitterfolger)

Bei bekanntem Ausgangswiderstand kann z.B. die Ausgangsspannung eines Verstärkers bei Belastung berechnet werden, wenn die Ausgangsspannung für Leerlauf bekannt ist.

3. Übertragungsfaktoren

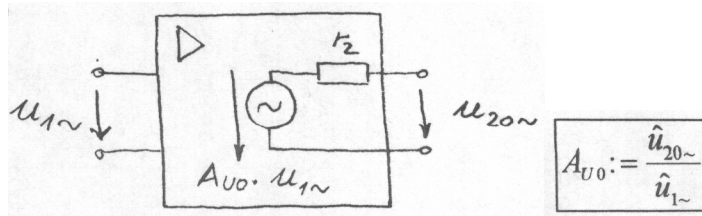
Zur Kennzeichnung des Übertragungsverhaltens (Verhältnis von Ausgangs- zu Eingangsgröße) des Verstärkers wird der Verstärkerausgang als gesteuerte Spannungs- oder Stromquelle dargestellt. Als steuernde Größe kann die Eingangsspannung oder der Eingangsstrom angesehen werden.

Es sind folgende vier Kenngrößen üblich:

- Leerlaufspannungsverstärkung (Ausgangsspannung / Eingangsspannung)
- Kurzschlussstromverstärkung (Ausgangsstrom / Eingangsstrom)
- Leerlaufübertragungswiderstand (Ausgangsspannung / Eingangsstrom)
- Kurzschlussübertragungsleitwert (Ausgangsstrom / Eingangsspannung)

Diese vier Kenngrößen sind jedoch nicht unabhängig voneinander. Bei Kenntnis einer davon können die anderen berechnet werden.

a) Leerlaufspannungsverstärkung A_{U0}



Die Kenntnis der Spannungsverstärkung eines Verstärkers ermöglicht es, die Ausgangsspannung bei bekannter Eingangsspannung zu errechnen.

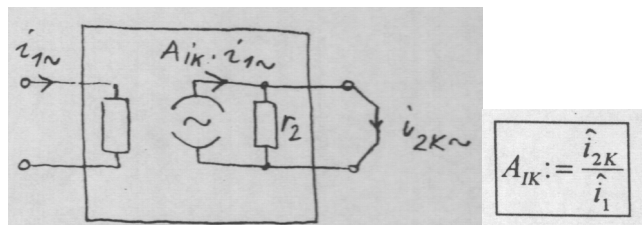
Als Kennwert des Verstärkers wird die Spannungsverstärkung bei Leerlauf angegeben. Die Spannungsverstärkung bei belastetem Verstärker kann mit Hilfe des Ausgangswiderstandes bestimmt werden.

Oft wird zur Charakterisierung das Spannungsverstärkungsmaß in der Pseudoeinheit dB (Dezibel) angegeben. Es ist folgendermaßen definiert:

$$\text{Verstärkungsmaß in dB} = 20 \cdot \log(\text{Spannungsverstärkung})$$

Motivation dafür: Sind zwei Verstärker rückwirkungsfrei hintereinander geschaltet, dann multiplizieren sich die Verstärkungsfaktoren. Da im Verstärkungsmaß der Logarithmus steht, addieren sich einfach die beiden Verstärkungsmaße zum Gesamtverstärkungsmaß.

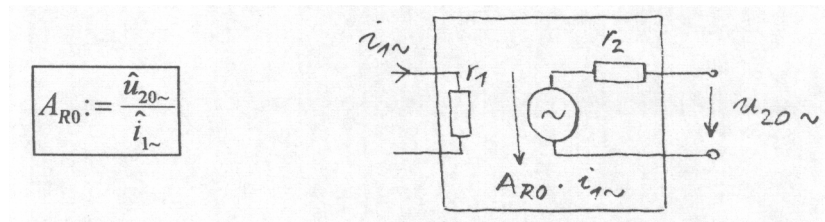
b) Kurzschlussstromverstärkung A_{IK}



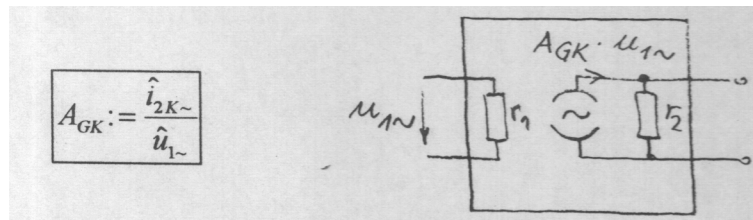
Da beide Ersatzschaltbilder (Spannungs- und Stromquelle) natürlich dasselbe Ergebnis liefern müssen, kann der Zusammenhang zwischen Spannungs- und Stromverstärkung leicht hergestellt werden:

$$A_{IK} = \frac{\hat{i}_{2K~}}{\hat{i}_{1~}} = A_{U0} \cdot \frac{r_1}{r_2}$$

c) Leerlaufübertragungswiderstand A_{R0}



d) Kurzschlussübertragungsleitwert A_{GK}



4. Leistungsverstärkung

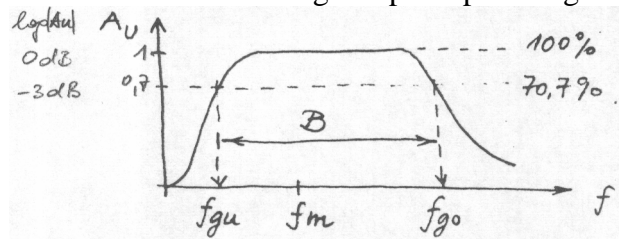
$$A_P := \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 * I_2}{U_1 * I_1} = A_U * A_I$$

5. Wirkungsgrad

Er gibt das Verhältnis der abgegebenen Nutzleistung zur vom Netzgerät oder von der Batterie entnommenen Leistung an. Er ist bei Endstufen von Bedeutung. (hauptsächlich bei Leistungsverstärkern)

6. Grenzfrequenzen, Bandbreite

Die Verstärkung eines Wechselspannungsverstärkers hat in Abhängigkeit von der Frequenz des zu verstärkenden Signals prinzipiell folgenden Verlauf:



f_m Bandmittenfrequenz (z.B. 1kHz)
 f_{go}, f_{gu} obere bzw. untere Grenzfrequenz

Definition: Die Grenzfrequenz ist jene Frequenz, bei der die Verstärkung - verglichen mit dem Wert in Bandmitte - auf das 0,707fache (70,7%) dieses Wertes abgesunken ist. Im logarithmischen Maß entspricht dies einer Abnahme der Verstärkung um 3dB.