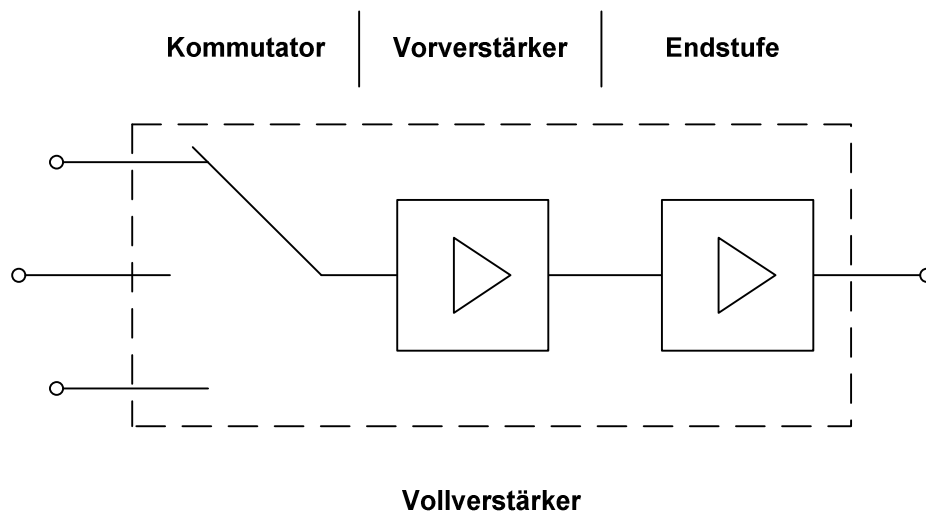


## 7. Kenndaten eines Audioverstärkers

### 7.1 Allgemeines

Im Kapitel über die Audiotechnik wurde bereits diskutiert, dass ein Vollverstärker meist zweistufig aufgebaut ist. Die erste Stufe, auch Vorstufe genannt, dient vor allem dazu die Spannung der Audioquelle variable zu verstärken. Die zweite Stufe ist die Endstufe und sie verstärkt hauptsächlich den Strom also auch die Leistung um die benötigte Lautstärke an den Lautsprechern zu erzeugen.

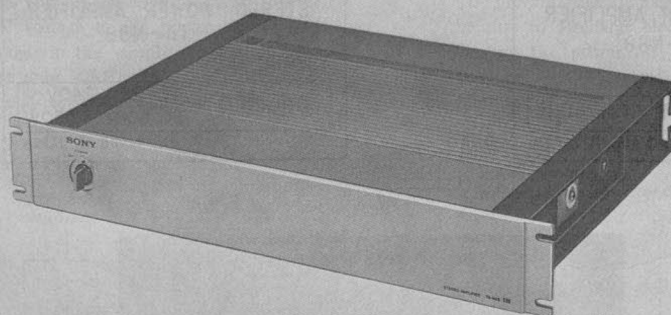


Bevor wir uns im Detail mit den grundlegenden Verstärkerschaltungen auseinandersetzen, müssen aber zunächst die wichtigsten Kenndaten von Audioverstärkern behandelt werden, die man in den Verkaufsbroschüren und Datenblättern findet.

# TA-N88

*US Model*

*AEP Model*



## STEREO POWER AMPLIFIER

### SPECIFICATIONS

#### GENERAL

|                     |  |
|---------------------|--|
| Power Requirements: | 90 – 130V ac, 50 – 400Hz (US model)<br>220 – 240V ac, 50 – 400Hz (AEP model)<br>110 – 140V dc (US model)<br>240 – 300V dc (AEP model)                        |
| Power Consumption:  | 135W (US model)<br>550W (AEP model)  |
| Dimensions:         | Approx. 480 (w) x 80 (h) x 360 (d) mm<br>18 $\frac{1}{8}$ (w) x 3 $\frac{1}{8}$ (h) x 14 $\frac{1}{4}$ (d) inches<br>Including projecting parts and controls |
| Weight:             | Approx. 11kg, 23 lb 6oz (net)<br>13kg, 28 lb 4oz (with shipping carton)  |

#### POWER AMPLIFIER SECTION

|  |   |
|--|---|
| Continuous RMS Power                           | Both channels driven simultaneously   |
| Output<br>(rated output)                       | At 20 – 20,000Hz  |
| (Less than 0.5% total<br>harmonic distortion): | 160 + 160W (8 $\Omega$ )<br>According to DIN45500<br>160 + 160W (8 $\Omega$ ) |
| Damping Factor:                                | 20 (8 $\Omega$ , 1000Hz)  |

#### SAFETY-RELATED COMPONENT WARNING!!

COMPONENTS IDENTIFIED BY SHADING AND MARK ON THE SCHEMATIC DIAGRAMS, EXPLODED VIEWS AND IN THE PARTS LIST ARE CRITICAL TO SAFE OPERATION. REPLACE THESE COMPONENTS WITH SONY PARTS WHOSE PART NUMBERS APPEAR AS SHOWN IN THIS MANUAL OR IN SUPPLEMENTS PUBLISHED BY SONY.

|   |  |
|---|--|
| Harmonic Distortion:                    | Less than 0.5% at rated output   |
| IM Distortion:<br>(60Hz : 7kHz = 4 : 1) | Less than 0.1% at rated output   |
| Frequency Response:                     | 5 – 40,000Hz $^{+0.5}_{-1}$ dB   |
| S/N Ratio:                              | Greater than 110dB, short-circuited input                              |
| Residual Noise:                         | Less than 100 $\mu$ V (8 $\Omega$ , weighting network A)               |
| Inputs:                                 | INPUT<br>Sensitivity 1.4V (for rated output)<br>Impedance 50k $\Omega$ |
| Outputs:                                | SPEAKER<br>Accept speakers of 8 – 16 $\Omega$                          |

# SONY®

## SERVICE MANUAL

## 7.2 Die Ausgangsleistung

Die Ausgangsleistung eines Verstärkers gibt die maximale Leistung an die ein Verstärker an eine ohmsche Last am Ausgang abgeben kann.

### Auszug aus dem Datenblatt des Hifi-Verstärkers Sony TA-F310R:

2 x 40W an 4 Ohm

2 x 29W an 8 Ohm

Man sieht, dass die Leistung von dem Widerstandswert abhängt. Vergleicht man also zwei Verstärker Punkto Leistung, so muss dies bei gleicher Last erfolgen.

Vor allem im "car audio"-Bereich geben die Hersteller gerne eine Musikleistung an. Dies ist die Leistung die der Verstärker während einer kurzen Zeit produzieren kann. Da die Testbedingungen für diese Messung nicht standardisiert sind, sind die Hersteller frei in der Wahl ihres Messverfahrens, was mitunter zu exorbitant hohen und somit wenig ausdrucksstarken Werten führt.

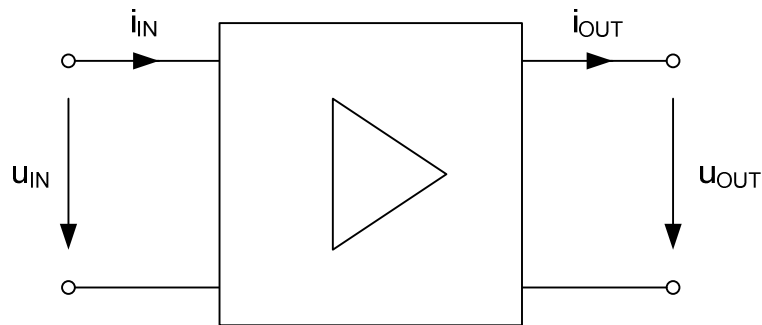
Nur der Wert der Nennleistung oder Sinusleistung, welche bei einer Frequenz von 1kHz und einer Mindesttestdauer von 10 Minuten durchgeführt wird, kann als Vergleichswert dienen.

### Aufgabe 1:

Du hast einen Verstärker (2x50W an 8 Ohm) gekauft. Einer deiner Freunde meint sein Verstärker hätte aber eine Leistung von 2x60W. Was solltest du ihm als Kommunikationstechniker darauf antworten?

### 7.3 Die Verstärkung

Ein Verstärker ist ein Vierpol. Wie wir bereits im Kapitel über die Dezibelrechnung gesehen haben, macht man an einem Vierpol den Unterschied zwischen dem Spannungsverstärkungsfaktor  $G_U$ , dem Stromverstärkungsfaktor  $G_I$  und dem Leistungsverstärkungsfaktor  $G_P$ .



Vor allem im HF Bereich wird die Verstärkung auch oft in Dezibel ausgedrückt. Man spricht in dem Fall vom Verstärkungsmaß.

#### Aufgabe 2:

Gegeben ist ein HF-Verstärker. Eingangswiderstand und Lastwiderstand sind gleich  $50\Omega$  und das "Spannungs"-Verstärkungsmaß beträgt 26dB.

- Gib das "Leistungs"-Verstärkungsmaß an.
- Gib an wie viel mal die Ausgangsspannung größer ist als die Eingangsspannung.
- Gib an wie viel mal die Ausgangsleistung größer ist als die Eingangsleistung.

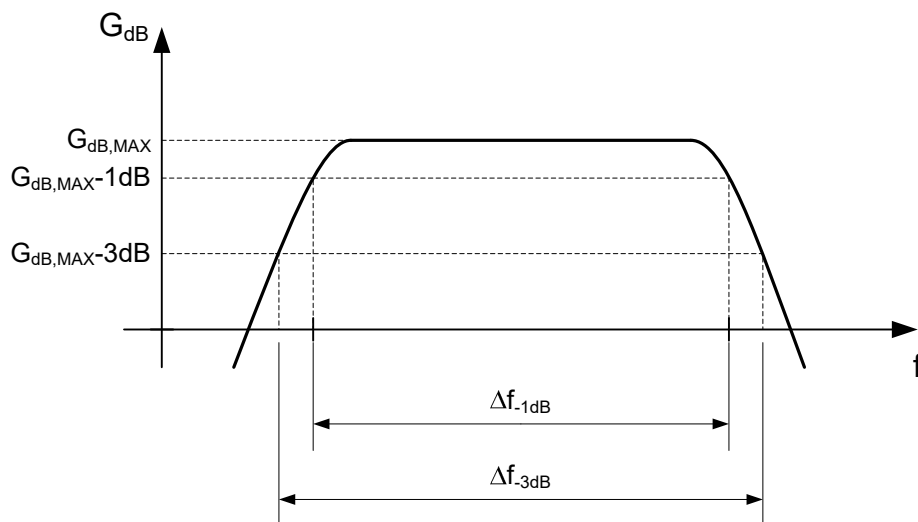
## 7.4 Die Bandbreite

Die meisten Verstärker verhalten sich wie ein aktiver Bandpass. Dementsprechend kann man eine Bandbreite bestimmen die eigentlich der Differenz der oberen und der unteren Grenzfrequenz entspricht. Im Kontext der Verstärker wird die Bandbreite aber gerne als Frequenzbereich angegeben.

### Beispiel:

Bandbreite: 20Hz bis 18kHz (-3dB)

Die Bandbreite kann kaum als Qualitätskriterium dienen da heute fast alle Hifi-Verstärker den Audiofrequenzbereich mehr als ausreichend abdecken. Einige Hersteller geben ihre Bandbreite bei -1dB an statt bei -3dB um ihren höheren Qualitätsanspruch unter Beweis zu stellen.



### Aufgabe 3:

Gegeben sind zwei Audioverstärker:

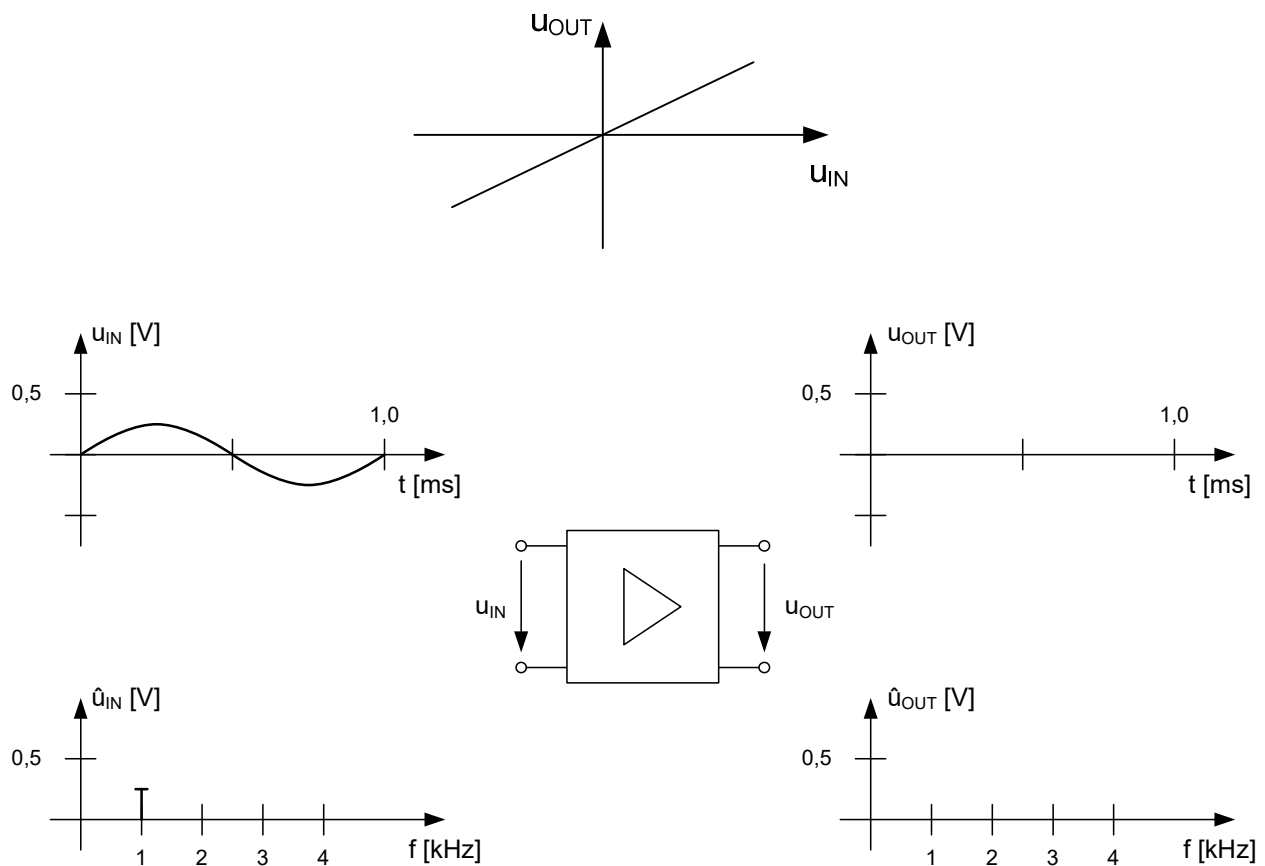
Bandbreite Verstärker 1: 16Hz à 20kHz (-3dB)

Bandbreite Verstärker 2: 16Hz à 20kHz (-1dB)

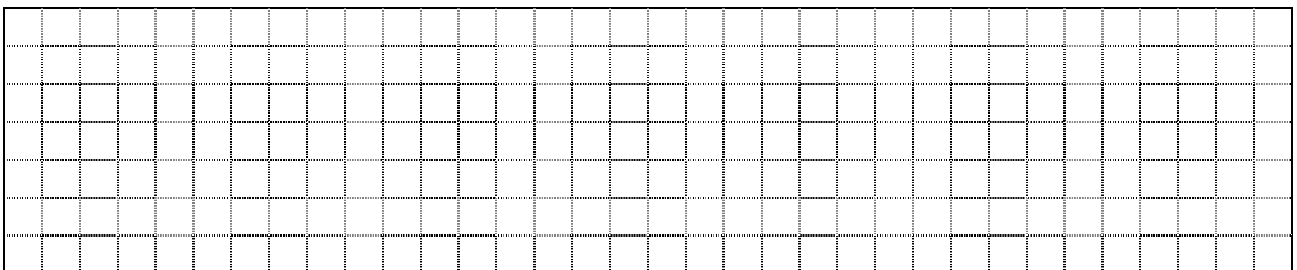
Die beiden Verstärker haben das gleiche maximale Verstärkungsmaß. Zeichne ungefähr die beiden Amplitudengänge in ein Diagramm ein und überlege dir anschließend welcher der beiden Verstärker den besseren Amplitudengang hat?

## 7.5 Klirrfaktor oder THD

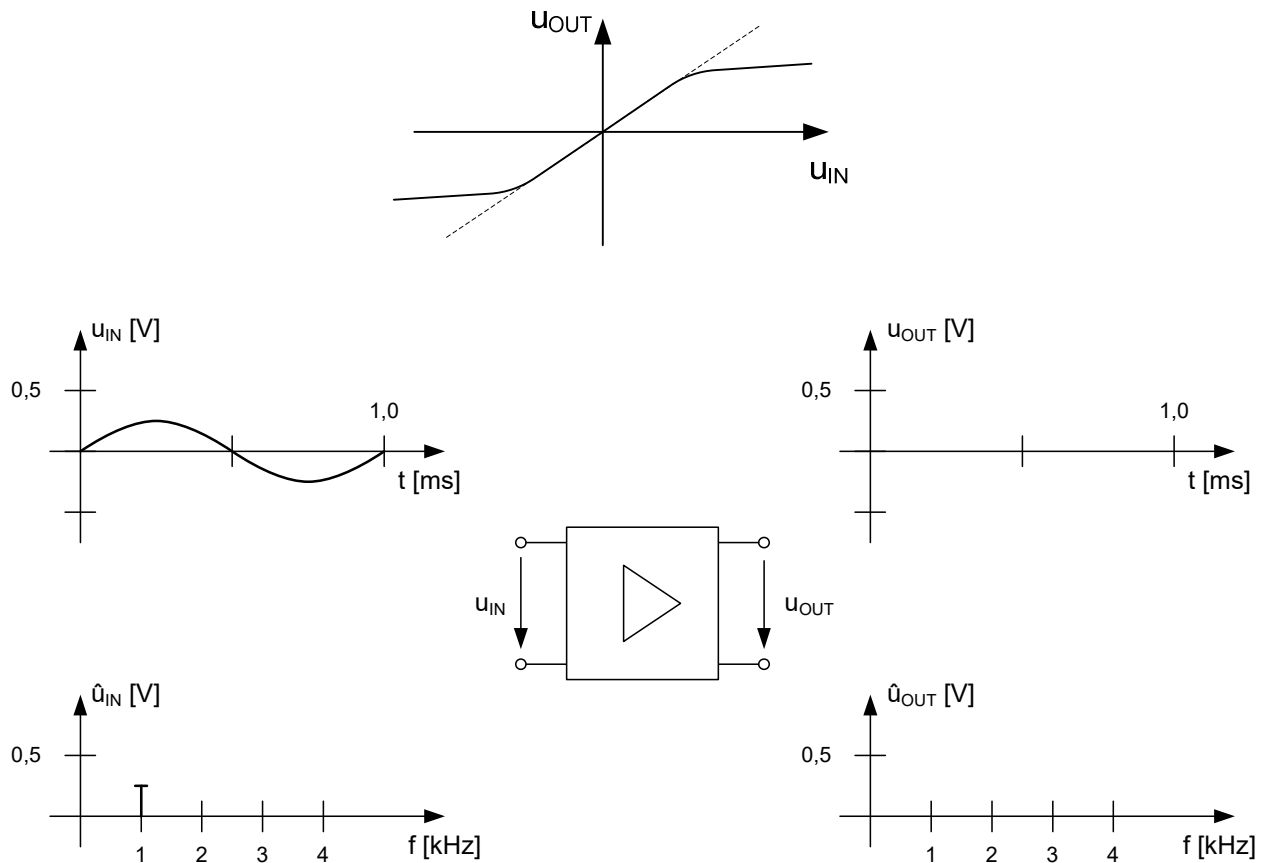
Ein idealer Verstärker wird nur die Amplitude des Signals erhöhen, er wird aber nicht die Form des Signals verändern. Dies ist gegeben wenn die Eingangs- und die Ausgangsspannung perfekt proportional zueinander sind, wenn also der Spannungsverstärkungsfaktor für jede Eingangsspannung gleich groß ist. In dem Fall spricht man von einer linearen Verstärkung.



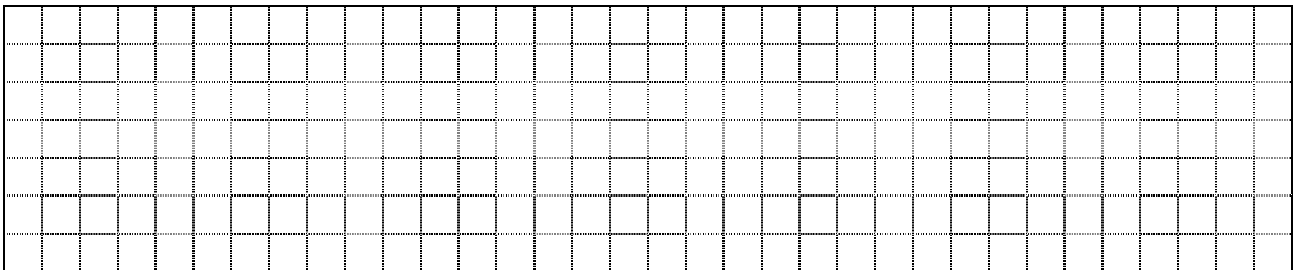
### Schlussfolgerung:



Ein realer Verstärker wird das Signal immer mehr oder weniger stark verformen. Diese Verformungen werden auch Verzerrungen genannt. Jede Verzerrung ist das Resultat einer nicht-linearen Verstärkung. Oft entstehen Verzerrungen durch Sättigungseffekte die dazu führen, dass der Spannungsverstärkungsfaktor mit zunehmender Eingangsspannung zurückgeht.



### Schlussfolgerung:



Aktustisch verfälschen Verzerrungen den Klang eines Audiosignals, da sie mehr oder weniger stark zusätzliche Töne erzeugen. Diese Töne werden auch unerwünschte Harmonische genannt. (siehe Fourieranalyse)

Ein Maß für die Stärke der erzeugten Verzerrungen ist der Klirrfaktor (engl.: THD Total Harmonic Distortion). Der Klirrfaktor quantifiziert (=als Zahl ausdrücken) die Präsenz von Harmonischen und wird oft in Prozent angegeben. Je größer der Klirrfaktor ist, umso mehr zusätzliche Harmonische erzeugt ein Verstärker, umso schlechter ist also seine Qualität. Klirrfaktoren unter 1% sind kaum noch hörbar.

$$\text{THD} \leq 1\%$$

Um den Klirrfaktor von zwei Verstärkern miteinander vergleichen zu können müssen diese bei gleicher Leistung und über den gleichen Frequenzbereich gemessen werden.

Beispiel:

Verstärker 1:             $\text{THD} \leq 1\%$  bei 10W de 100Hz à 10kHz

Verstärker 2:             $\text{THD} \leq 5\%$  bei 60W de 16Hz à 20kHz

Man kann nicht ohne Weiteres sagen, dass Verstärker 1 weniger verzerrt als Verstärker 2. Wenn man Verstärker 2 nur mit 10W betriebe und nur den eingeschränkten Frequenzbereich berücksichtigen würde, hätte dieser vielleicht einen besseren Klirrfaktor als Verstärker 1.

Der THD berechnet sich im Audiobereich nach folgender Formel:

$$\text{THD}_{\% \text{audio}} = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots + U_N^2}{U_1^2}} = \frac{\sqrt{U^2 - U_1^2}}{U_1}$$

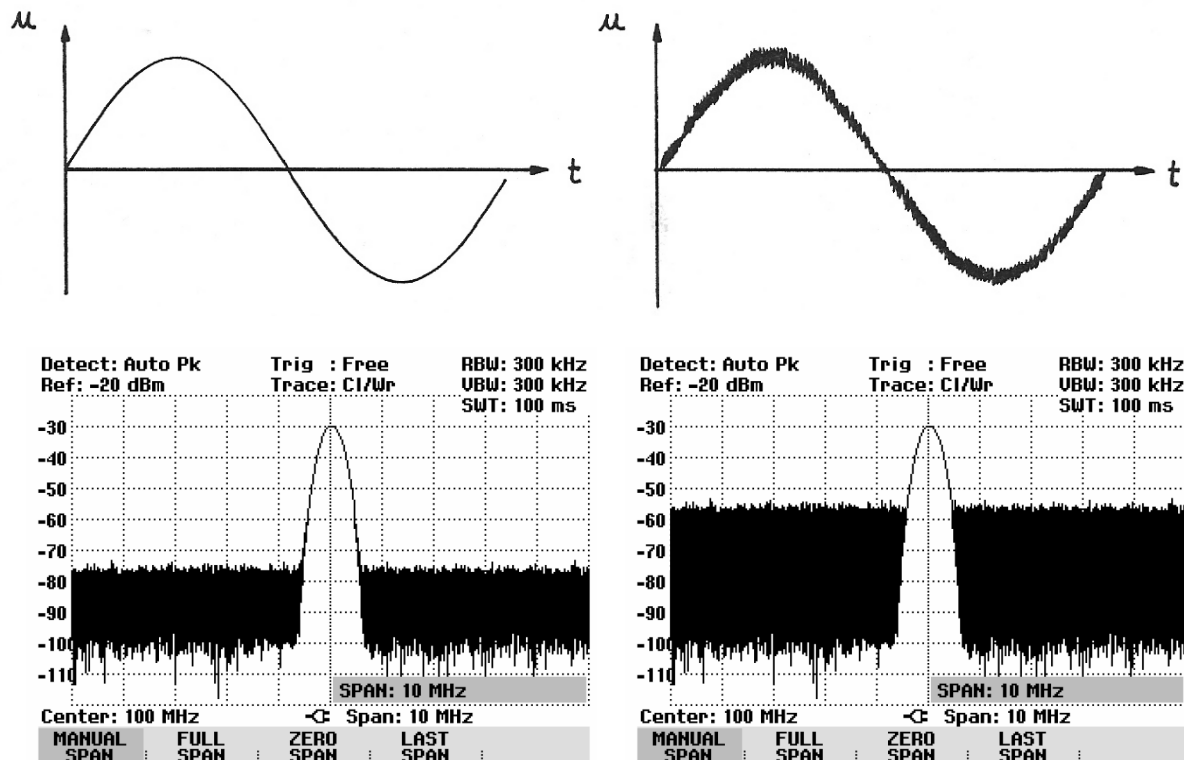
$U_1 - U_N$  sind die Effektivwerte der Harmonischen

$U$  ist der Effektivwert des Gesamtsignals



## 7.6 Signal-Rausch-Verhältnis (SNR)

In jedem Verstärker entsteht Rauschen. Rauschen entsteht durch die zufälligen temperatur-induzierten Bewegungen der Elektronen im Inneren der Widerstände und Halbleiter der Schaltung. Die Rauschspannung addiert sich zum Nutzsignal. Die folgenden Diagramme zeigen die Auswirkungen der Erhöhung des Rauschens auf das Signal-Zeit-Diagramm und das Spektrum einer sinusförmigen Spannung.



Rauschen ist also ein Signal das Harmonische mit gleicher Amplitude bei allen Frequenzen enthält. Eine Möglichkeit das Rauschen zu quantifizieren ist das Signal-Rausch-Verhältnis SNR (Signal to Noise Ratio). Die Definition des SNR ist folgende:

### Definitionen:

$$\text{SNR} = \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}}$$

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \cdot \log \left( \frac{P_{\text{signal}}}{P_{\text{noise}}} \right) = 20 \cdot \log \left( \frac{U_{\text{signal}}}{U_{\text{noise}}} \right)$$

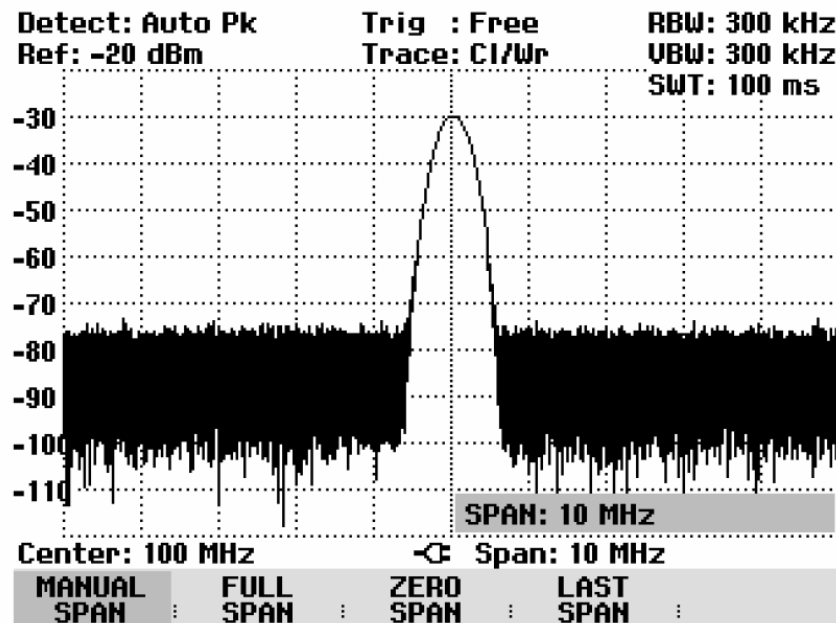
$\text{SNR}_{\text{dB}}$  ist das Signal-Rausch-Verhältnis in Dezibel [dB]

$P_{\text{SIGNAL}}$  ist die Leistung des Nutzsignals in Watt [W]

$P_{\text{NOISE}}$  ist die Leistung des Rauschens in Watt [W]

**Aufgabe 4:**

Bestimme  $\text{SNR}_{\text{dB}}$  und SNR des folgenden Signals:



Je größer das Signal-Rausch-Verhältnis ist, umso kleiner ist das Rauschen im Verhältnis zum Nutzsignal. Ein Verstärker mit einem großen Signal-Rausch-Verhältnis kann also gut Töne mit einer geringen Lautstärke reproduzieren. In dem Fall spricht man auch von einer Anlage mit einer großen Dynamik.

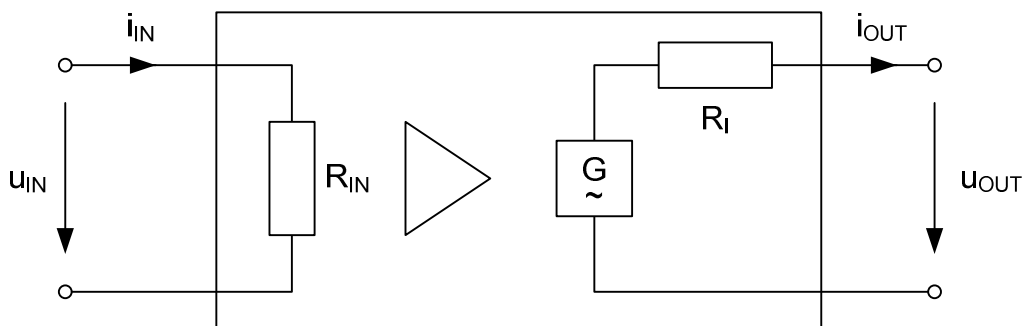
Das menschliche Ohr hat zum Beispiel ein SNR von 140dB. Dies besagt, dass der größte Schalldruck den das Ohr erträgt  $10^{\frac{140}{20}} = 10^7 = 10.000.000$ -mal größer ist als der kleinste Schalldruck den das Ohr gerade noch hört. Wenige technische Geräte können eine solche Dynamik aufweisen.

Für einen Hifi-Verstärker sollte der SNR über 90dB liegen.

## 7.7 Die Eingangs- und Ausgangsimpedanz

Wir haben bereits im Kapitel über die Dezibelrechnung gesehen, dass sich der Eingang eines Vierpols wie eine Last verhält und der Ausgang wie eine Signalquelle. In der Praxis ist diese Signalquelle natürlich real und weist somit einen Innenwiderstand  $R_i$  auf. Der Innenwiderstand entspricht dem Ausgangswiderstand. Der Innenwiderstand führt dazu, dass die Ausgangsspannung mehr oder weniger stark zusammenbricht wenn man den Ausgang belastet.

Man kann das Verhalten eines Verstärkers also wie folgt modellieren:



Wenn die Eingangs- und Ausgangswiderstände frequenzabhängig sind, ist es korrekter von Eingangs- und Ausgangsimpedanzen zu sprechen.

Im Allgemeinen will man, dass die Eingangsimpedanz groß ist, um die Audioquelle möglichst wenig zu belasten. In der Praxis findet man Werte in der Größenordnung  $50\text{k}\Omega$ . Im Hochfrequenzbereich erzeugen solche hohe Eingangsimpedanzen aber unerwünschte Reflexionen, so dass die Eingangsimpedanz dort oft nur  $50\Omega$  beträgt.

Eine kleine Ausgangsimpedanz verhindert einen großen Zusammenbruch der Ausgangsspannung im Belastungsfall. Gleichzeitig ermöglicht sie einen großen Ausgangsstrom und somit Ausgangsleistung. Audio-Verstärker haben einen Ausgangswiderstand in der Größenordnung von  $0,5\Omega$ . Im HF-Bereich werden wiederum  $50\Omega$  benötigt.

## 7.8 Akustische Qualität eines Audio-Verstärkers

Obwohl einige der angesprochenen Kenngrößen auch ein Qualitätskriterium sind, können sie kaum die tatsächliche akustische Qualität erfassen. Das beste Messinstrument um dies zu beurteilen ist ein geübtes Ohr.

Die technischen Daten können aber helfen um Mindestanforderungen zu definieren.