



Ich möchte betonen, dass ich weder Elektriker, Elektroniker, noch Physiker bin! Die Weisheiten in diesem kleinen Kompendium habe ich mir in dreißig Jahren als Musiker angeeignet.

Ich danke den "HCAs" des "Musiker-Boards" sowie Arbeitskollegen, die mir geholfen haben zumindest die schlimmsten Fehler zu eliminieren! Alle Fehler die noch zu finden sind, gehen einzig auf mein Konto!

Aus rechtlichen Gründen muss ich betonen:  
**Alle Angaben sind ohne Gewähr!**

Made by Cadfael 2008

# Cadfael und die Boxenluder

**Grundwissen zu Verstärkern  
sowie Boxenverkabelung bei  
Bass- & Gitarrenverstärkern**

**Version 1.41**

**Kein Nachschlagewerk für Experten,  
sondern eine für Anfänger und Fortgeschrittene  
geschriebene Einführung und Erläuterung!**

# Inhaltsverzeichnis

1		Vorwort
2A		Inhaltsverzeichnis
<b>2B</b>	<b>1</b>	<b>Einführung</b>
2B	1.1	Etwas neues muss her!
2B	1.2	Ausgangsüberlegungen
3A	1.3	Mindestimpedanz und Sollimpedanz
<b>3B</b>	<b>2</b>	<b>Impedanz</b>
3B	2.1	• Impedanz bei Transistorendstufen
4B	2.2	• Impedanz bei Röhrendstufen
5B	2.3	• Impedanz bei Hybridverstärkern
5B	2.4	• Endstufen-Zerre
<b>6A</b>	<b>3</b>	<b>Die Kirchhoffschen Regeln</b>
6A	3.1	• Reihenschaltung
7A	3.2	• Parallelschaltung
8A	3.3	• Gemischte Schaltungen
9A	3.4	• Schaltungen mit Schaltern
9B	3.5	• Tabelle Parallelschaltungen
<b>10A</b>	<b>4</b>	<b>Watt is?</b>
10A	4.1	• Das menschliche Gehör
10A	4.2	• Watt ist nicht Watt
10A	4.3	• Faustformlen
10B	4.4	• Das rechnet sich ...
11A	4.4.1	• Reihenschaltung
11A	4.4.2	• Parallelschaltung
11B	4.4.3	• Gemischte Schaltungen
<b>12A</b>	<b>5</b>	<b>Verbindungen</b>
12A	5.1	• Stecker
12B	5.2	• Lautsprecherkabel
<b>13A</b>	<b>6</b>	<b>Mono - Stereo / Fullrange - Bi-Amping</b>
13A	6.1	Unterschied Mono-Stereo
13B	6.2	Mono-Setups
14A	6.3	Stereo-Setups
15A	6.4	Fullrange - Bi-Amping
<b>15B</b>	<b>7</b>	<b>Lautsprecher und Boxen</b>

$$Z = \frac{U}{I}$$



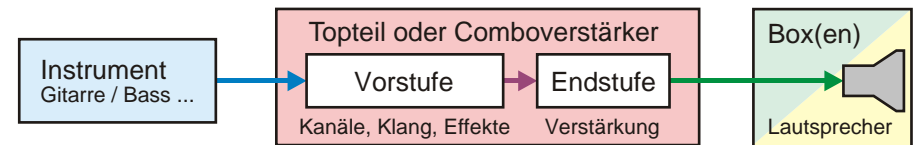
## 1 Einführung

### 1.1 Etwas neues muss her!

Irgendwann erwischt es jeden Bassisten und Gitarristen. Die alte Anlage ist zu klein geworden, man ist mit seinem Sound unzufrieden, Geldbeutel oder Ansprüche sind gewachsen - oder man will einfach nur die heimische Konjunktur ankurbeln (Stichwort G.A.S.\*).

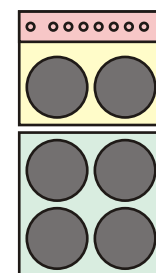
Solange man sich lediglich einen neuen Comboverstärker kauft ist alles kein Problem. Doch worauf muss geachtet werden, wenn man seine Anlage mit einer Zusatzbox erweitern will? Geht das überhaupt? Wie viel Ohm muss oder darf die neue Box haben? Worauf ist beim Kauf eines neuen Half oder Full Stacks zu achten? Passen Box und Verstärker überhaupt zusammen? Wie ist das mit den Kabeln und der Verkabelung? Kann ich meine vorhandene Box anders verkabeln um eine zweite Box dazu zu stellen?

Persönliche Soundvorstellungen sind natürlich bei der Neuanschaffung oder Erweiterung eines Sets am wichtigsten; darüber hinaus sollte man aber unbedingt die technischen und physikalischen Grundlagen berücksichtigen.

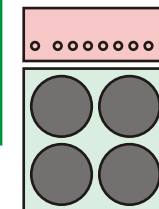


### 1.2 Ausgangsüberlegungen

Combo + Zusatzbox



Topteil mit einer Box (= Half Stack)  
zwei Boxen (= Full Stack)



Erste Frage, wenn es um die Kombination von Verstärkern mit Boxen geht, muss immer lauten:

**Handelt es sich um einen Röhren- oder Transistorverstärker?**

Dabei ist nicht wichtig, ob in der Vorstufe des Verstärkers Röhren, Transistoren oder beides eingesetzt werden. Es kommt darauf an, wie die Endstufe des Verstärkers aufgebaut ist. Im Zweifelsfall sollte immer das Handbuch des Verstärkers gelesen werden!

\* G.A.S. = "Gear Acquisition Syndrome" = (oft logisch unbegründetes) Verlangen eines Musikers sich unbedingt neues Equipment kaufen zu müssen

## 1.3 Mindestimpedanz und Sollimpedanz

Die Frage nach Transistor- oder Röhrenendstufe bei einem Verstärker ist wichtig, weil die beiden Endstufen nach unterschiedlichen Grundprinzipien arbeiten. Was einem Transistorverstärker in der Regel nichts ausmacht, kann für einen Röhrenverstärker innerhalb kürzester Zeit tödlich enden (Betrieb ohne Lautsprecher). Dafür interessiert es einen Röhrenverstärker nicht großartig, wenn die Impedanz der angeschlossenen Box(en) etwas zu klein ist - bei einem Transistorverstärker sehr gefährlich!

Es gibt auch Verstärker mit Endstufen, bei denen eine Röhre in eine Transistorschaltung eingebaut ist (z.B. Hughes & Kettner Quantum). Bei solchen speziellen Schaltungen sollte man unbedingt vorher das Handbuch lesen! Das empfiehlt sich allerdings generell!

Passen die Impedanzen von Box(en) und Endstufe eines Verstärkers nicht optimal zusammen, sprechen wir von einer **Fehlanpassung**. Von der Art der Endstufe hängt entscheidend ab, wie auf die Fehlanpassung zu reagieren ist, um Schäden zu vermeiden. Als grobe Faustformel sollte man sich merken:

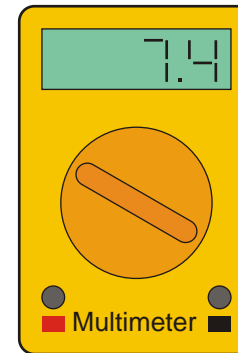
**Transistorendstufen haben eine Mindestimpedanz.  
Röhrenendstufen haben eine Sollimpedanz.**

Den Begriff "Sollimpedanz" gibt es, soweit ich weiß, in der Fachwelt nicht. Ich benutze ihn trotzdem, um eine klare Abgrenzung zur Mindestimpedanz bei Transistorverstärkern zu schaffen. Wundert euch also nicht, falls sich ein Fachmann beim Begriff "Sollimpedanz" verwundert den Kopf kratzen!

Da hier andauernd von "Impedanz", "Sollimpedanz" und Mindestimpedanz" die Rede ist, will ich diesen Begriff kurz - und unfachmännisch - erklären. Wer sich näher über dieses Thema informieren will findet im Internet (zum Beispiel bei Wikipedia) weitere Informationen und Links.

## 2 Impedanz

In Physikunterricht an der Schule werden die meisten bereits den Begriff "Widerstand" gehört haben. Er hat das Kurzzeichen "R" (engl. "Resistance"). Bei Verstärkern und Boxen sprechen wir von "Impedanz", weil es sich hier um einen komplexen Wechselstromwiderstand handelt. Dieser Wechselstromwiderstand variiert je nach Frequenzen. Die Impedanz wird ebenfalls in Ohm ( $\Omega$ ) angegeben. Statt "R" wird für die Impedanz das Kurzzeichen "Z" benutzt.



Eigentlich könnte es uns egal sein, ob die exakte Bezeichnung nun Widerstand oder Impedanz heißt. Es gibt allerdings einen für Musiker sehr wichtigen Unterschied!

Will man den Wert eines Lautsprechers ermitteln, misst man ihn mit einem Ohmmeter / Multimeter durch. Da der Lautsprecher aber einen komplexen Wechselstromwiderstand hat, zeigt das Messgerät bei einem 8 Ohm Lautsprecher nicht 8 Ohm, sondern lediglich einen Wert von 6,7 oder 7,4 Ohm. Der angezeigte Wert ist also immer etwas geringer als der Nennwert des Lautsprechers.

### 2.1 Impedanz bei Transistorverstärkern

(Verstärker mit Transistorendstufe)

Verstärker mit Transistorendstufe (auch "Solid State Amps" genannt) haben eine **"Nennimpedanz"**, oder auch **"Mindestimpedanz"**.

In den Handbüchern der Hersteller oder auf deren Websites ist sie meistens angegeben. Da heißt es zum Beispiel: "125 Watt an 8 Ohm". Dies bedeutet, dass angehängte Lautsprecher / Boxen zusammen mindestens eine Impedanz von 8 Ohm haben müssen. Bei Transistorendstufen darf die Impedanz problemlos höher sein. Manche Hersteller (z.B. Gallien-Krueger) geben an, dass ihre Verstärker auch ganz ohne Lautsprecher betrieben werden dürfen (was einer unendlich großen Impedanz entspricht).

Die Mindestimpedanz der meisten Transistorverstärker liegt bei 4 Ohm. Gerade Verstärker mit weniger Leistung haben oft 8 Ohm. Es gibt aber auch einige Hersteller (z.B. Peavey, Marshall, Eden Modelle), die ihre Verstärker mit einer Mindestimpedanz von 2 Ohm konstruieren.

Wird die Mindestimpedanz überschritten (Box mit 8 Ohm an einem 4 Ohm Verstärker), versorgt das Netzteil die Endstufentransistoren nicht mehr mit genügend Strom. Das stellt jedoch keine Gefahr für den Verstärker dar. Wird die Mindestimpedanz jedoch unterschritten (Box mit 2 Ohm an einem 4 Ohm Verstärker), kann das eine thermische Schädigung der Endstufentransistoren zur Folge haben!

Manche Hersteller bauen in ihre Verstärker Schutzschalter gegen mögliche Überhitzung ein; wird eine bestimmte Temperatur überschritten, schaltet der Schutzschalter den Verstärker ab. Passiert das während eines Gigs ist es sehr ärgerlich. Versagt der Schutzschalter wird es teuer.

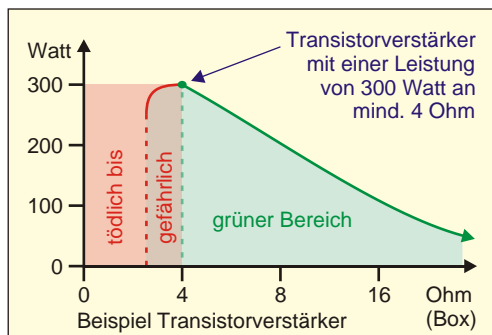
#### Folgende Grundregeln sollte man sich bei Verstärkern mit Transistorendstufe merken:

- Entspricht die Impedanz der Boxen der Mindestimpedanz des Verstärkers, bringt dieser seine volle / maximale Leistung.
- Ist die Impedanz der Boxen größer als die Mindestimpedanz des Verstärkers, nimmt die Leistung ab.
- Ist die Impedanz der Boxen kleiner als die Mindestimpedanz des Verstärkers, können schwerste Schäden am Verstärker entstehen.

Oder kürzer:

**Bei Verstärkern mit Transistorendstufe niemals die angegebene Mindestimpedanz unterschreiten!**

Bei Transistorverstärkern hat die Impedanz einer Box / Boxenkombination Einfluss auf die Leistung des Verstärkers. Grob gerechnet sinkt die Verstärkerleistung eines Transistorverstärkers bei Verdoppelung der Impedanz um ein Drittel. Ein 300 Watt Verstärker mit einer Mindestimpedanz von 4 Ohm gibt also an einer 8 Ohm Box eine Leistung von ungefähr 180 bis 200 Watt ab.



Aber Achtung!  
Da unser Gehör nicht linear funktioniert bedeutet das nicht, dass die Lautstärke um ein Drittel sinkt!

## 2.3 Impedanz bei Röhrenverstärkern

(Verstärker mit Röhrenendstufe)

Verstärker mit Röhrenendstufe (auch "Tube Amps" genannt) haben eine so genannte "**Sollimpedanz**". Diese Sollimpedanz sollte möglichst genau eingehalten werden. Bei ihr kann der Verstärker optimal arbeiten.

Bei fast allen Röhrenverstärkern kann man zwischen mehreren Impedanzen wählen; meistens werden 4, 8 und 16 Ohm angeboten. Es gibt aber auch Verstärker, die 2 Ohm oder 20 Ohm Ausgänge haben.

Je nach Hersteller und Modell gibt es verschiedene Möglichkeiten die Impedanz einzustellen. An alten Marshall Verstärkern findet man einen Stecker, den man herausziehen und in verschiedenen Positionen einstecken kann. Andere Modelle haben Schiebeschalter oder es gibt Verstärker, die für jede Impedanz extra Ausgänge bereithalten.

Wer sich nicht mit einem Verstärkermodell auskennt, soll dringend das Benutzerhandbuch des Herstellers konsultieren!

Anders als bei Transistorverstärkern hat die **Fehlanpassung** von Box(en) und Verstärker keinen bzw. kaum Einfluss auf die Lautstärke des Sets. 4 Ohm Gesamtimpedanz machen den Verstärker nicht lauter als 8 oder 16 Ohm. Eine Fehlanpassung kann allerdings Einfluss auf Klang und Reaktion eines Röhrenverstärkers haben, da die Röhre bei geringerer Boxenimpedanz "mehr arbeiten muss" und heißer wird.

Die Auswirkungen einer Fehlanpassung können je nach Hersteller und Modell sehr unterschiedlich sein. Manche Hersteller warnen vor einer Fehlanpassung oder raten zumindest davon ab.

Andere Hersteller hingegen erlauben eine gewisse Fehlanpassung und schlagen sie in ihren Benutzerhandbüchern sogar vor. Auch hier gilt also: Das Benutzerhandbuch des Herstellers konsultieren!

#### "Der Onkel" aus dem Musiker-Board ergänzt:

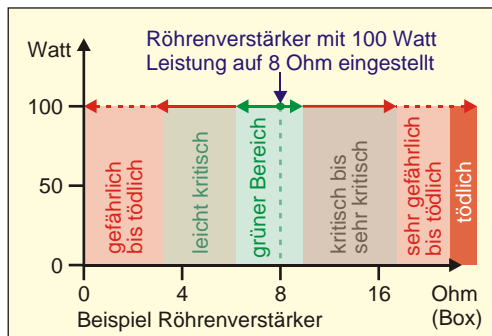
Da eine Röhrenendstufe immer als Kathodenschaltung ausgeführt ist, wird der maximale Anodenstrom durch den Kathodenwiderstand bestimmt. Aus diesem Blickwinkel unterscheiden sich Röhren und Transistorendstufen grundlegend. Ein zu kleiner Lastwiderstand (Unteranpassung) wird in der Konsequenz eher zu einem früheren Eintreten der Sättigung führen. Der Anodenstrom erhöht sich dabei zwar, wird aber nie größer als der maximale, durch den Kathodenwiderstand vorgegebene Hub. Bei einer Überanpassung entstehen an der Anode größere Spannungshübe, die gegebenenfalls zu einem Durchschlag am Übertrager führen können - was den Tod des Übertragers zur Folge hat. Wenn schon eine Fehlanpassung, dann also eher eine leichte Unteranpassung! 4 oder 16 Ohm stellen für eine 8-Ohm Röhrenendstufe also keine wirkliche Gefahr dar.

### Folgende Grundregeln sollte man sich bei Verstärkern mit Röhrenendstufe merken:

- Wird die Sollimpedanz des Verstärkers unterschritten, müssen die Röhren härter arbeiten. Sie werden heißer und verschleiben schneller.
- Wird die Sollimpedanz des Verstärkers überschritten, kann das zur Zerstörung des Ausgangsübertragers und anderer teurer Bauteile führen. Im Extremfall (Betrieb ohne Lautsprecher oder Powersoak) wird der Ausgangsübertrager innerhalb kürzester Zeit zerstört.
- Kann man eine Box wahlweise auf 4 oder 16 Ohm betreiben und hat man diese Möglichkeit ebenfalls beim Röhrenverstärker, sollte man die höhere Impedanz (also 16 Ohm) wählen.

Oder kürzer:

**Bei Verstärkern mit Röhrenendstufen möglichst die Sollimpedanz einhalten! Notfalls am Verstärker eine höhere Impedanz wählen.**



#### Herr Soldano (Hersteller von Röhrenamps) merkt dazu an:

If the load is lower than what the amp is set for, like using a 4 ohm cabinet with the amp set at 16 ohms, the power tubes will be worked harder and will run hotter. This, of course, will shorten the life of the power tubes. However, if the load is higher than the amp's setting, like using a 16 ohm cabinet with the amp set at 4 ohms, the voltages in the output transformer will be higher than normal. These excessively higher voltages increase the risk of arcing, which can destroy the output transformer and/or tube sockets. That's why running an amp with no load at all invariably ends up blowing the output transformer. I'd say tubes are easier to replace, wouldn't you?

## 2.3 Impedanz bei Hybridverstärkern

(Verstärker mit einer Mischung aus Röhren- und Transistortechnik)

Bei Hybridverstärkern ist entscheidend, wie die Endstufe aufgebaut ist. Handelt es sich um einen Verstärker mit Röhrenendstufe, sind auch die Richtlinien für Röhrenverstärker anzuwenden.

Sehr viele Hybridverstärker haben zwar Röhren in ihrer Vorstufe, aber keine Röhre(n) in der Endstufe. In solch einem Fall gelten die Regeln für Transistorendstufen. Man hat also eine Mindestimpedanz, die nicht unterschritten werden darf.

Es gibt Sonderfälle, bei denen Röhren in die Schaltung der Transistorendstufe integriert sind. Beim Hughes & Kettner Quantum Bass-Top ist das beispielsweise der Fall.

Im Kapitel über Röhrenverstärker wurde bereits erwähnt, dass manche Verstärker einen Impedanzwahlschalter besitzen. Schaut man sich die Rückseite des Quantum Tops an, findet man genau so einen Schalter. Es dürften also die Regeln für Röhrenverstärker gelten.

Auch hier gilt wieder:

**Hat man auch nur den geringsten Zweifel, sollte man das Handbuch zum Verstärker lesen!**

Selbst "alte Hasen" müssen bei manchen Verstärkern einen (kurzen) Blick in das Handbuch werfen um zu verstehen was der Hersteller gebastelt hat! Es ist also keine Schande darin zu blättern und sich bestimmte Kapitel genau durchzulesen.

## 2.4 Endstufen-Zerre

Endstufenverzerrung per **Vollröhrenverstärkern** ist ein beliebtes und Sagen umwobenes Thema. Eingesetzt wird sie hingegen von den wenigsten Gitarristen, denn ein 50 oder gar 100 Watt Röhrenverstärker produziert eine so enorme Lautstärke, dass Musizieren mit der Band in einem normalen Proberaum kaum mehr möglich ist.

Bei modernen Röhrenverstärkern spielt die Endstufen-Zerre keine Rolle. Seit Mitte der 70er Jahre werden die meisten Verstärker so konstruiert, dass sie ihre Verzerrung hauptsächlich mit den Röhren der Vorstufe produzieren.

Bei einem Verstärker mit **Transistorendstufe** sollte man darauf achten, dass die Endstufe nicht zu zerren anfängt! Ein zerrendes Transistorendstufensignal kann jeden Lautsprecher zerstören - egal wie großzügig er dimensioniert ist.



## 3 Die Kirchhoffschen Regeln

Generationen von Schülern wurden mit den beiden Kirchhoffschen Regeln zur Reihen- und Parallelschaltung im Physikunterricht gequält. Gerade die Regel zur Parallelschaltung sorgt für viel Leid in Klassenzimmern.

Als Gitarrist, Bassist oder im PA-Bereich braucht man diese Regeln aber ab und zu um die Gesamtimpedanz einer Box oder mehrerer Boxen zu errechnen.

Daher versuche ich die Regeln noch einmal zu erklären und mit Beispielen die Anwendung zu verdeutlichen. Wie bereits erwähnt, verwenden wir nicht "R" (wie in der Schule), sondern "Z" - als Kürzel für die Impedanz.

Grundsätzlich unterscheidet man bei den Kirchhoffschen Regeln zwischen Parallelschaltung und Reihenschaltung. Es treten aber auch immer wieder mal Mischschaltungen zwischen beiden auf.

### 3.1 Reihenschaltung (seriell)

Werden zwei Lautsprecher in Reihe / seriell geschaltet, addieren sich die Werte beider Lautsprecher. Man verbindet die Lautsprecher untereinander indem man jeweils Plus an Minus anschließt. An den "Enden der Kette" verbindet man Plus des ersten Lautsprechers mit Plus des Ausgangs sowie den Minuspol des letzten Lautsprechers mit Minus des Ausgangs. Eigentlich ganz einfach ...

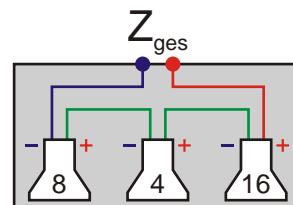
Die Formel lautet:

$$Z_{\text{ges}} = Z_1 + Z_2 + \dots + Z_n$$

Der Buchstabe "n" steht für eine beliebig hohe "natürlich Zahl". Bei elf Lautsprechern in Reihe addiert man also einfach alle elf Lautsprecher.

#### Beispiel 1:

Wir haben drei Lautsprecher in einer Box, die alle in Reihe geschaltet sind. Die Lautsprecher haben eine Impedanz von 8, 4 und 16 Ohm. Um die Impedanz der Box zu ermitteln werden (wegen der Reihenschaltung) alle Impedanzen miteinander addiert.



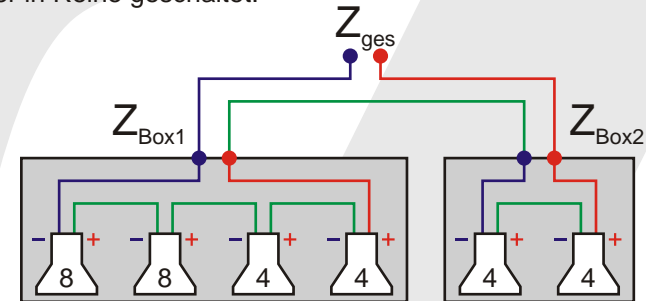
$$Z_{\text{ges}} = 8\Omega + 4\Omega + 16\Omega$$

$$Z_{\text{ges}} = 28\Omega$$

Die Box hat also 28 Ohm.

#### Beispiel 2:

Wir haben zwei Lautsprecherboxen. In einer Box sind vier Lautsprecher, in der anderen Box zwei Lautsprecher. In den Boxen sind alle Lautsprecher in Reihe geschaltet. Durch ein Spezialkabel sind die beiden Boxen ebenfalls zueinander in Reihe geschaltet.



Um kein Chaos entstehen zu lassen, rechnet man am besten zuerst die Impedanz der ersten Box und dann die Impedanz der zweiten Box aus. Danach rechnet man die Gesamtimpedanz der beiden Boxen aus.

#### Box1:

$$Z_{\text{Box1}} = 8\Omega + 8\Omega + 4\Omega + 4\Omega$$

$$Z_{\text{Box1}} = 24\Omega$$

Box1 hat also 24 Ohm.

#### Box2:

$$Z_{\text{Box2}} = 4\Omega + 4\Omega$$

$$Z_{\text{Box2}} = 8\Omega$$

Box2 hat also 8 Ohm.

Da die beiden Boxen mit einem Spezialkabel in Reihe geschaltet sind, kann ich weiterhin das Gesetz für Reihenschaltungen anwenden. Also:

$$Z_{\text{ges}} = Z_{\text{Box1}} + Z_{\text{Box2}}$$

$$Z_{\text{ges}} = 24\Omega + 8\Omega$$

$$Z_{\text{ges}} = 32\Omega$$

Beide Boxen haben zusammen also eine Impedanz von 32 Ohm.

**Solange es sich um eine reine Reihenschaltung handelt kann man die Werte der Lautsprecher einfach addieren.**

## 3.2 Parallelschaltung

Leider ist die Regel zur Parallelschaltung nicht ganz so einfach wie die zur Reihenschaltung. Dummerweise braucht man als Musiker aber gerade die Regel zur Parallelschaltung am häufigsten. Bei den meisten Verstärkern sind die Boxenausgänge parallel geschaltet. Da es auch Ausnahmen gibt (z.B. Hughes & Kettner), sollte man unbedingt das Handbuch zum Verstärker aufmerksam lesen! Doch kehren wir zurück zur Parallelschaltung.

Die Formel lautet:

$$\frac{1}{Z_{\text{ges}}} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \dots + \frac{1}{Z_n}$$

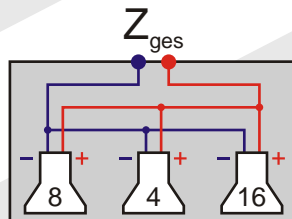
Wollen wir die Impedanz einer Box mit Parallelschaltung errechnen, müssen wir ein paar Mathematikkennnisse aus unserer Schulzeit ausgraben.  
1. Gemeinsamen Nenner finden  
2. Brüche addieren  
3. Kehrwert bilden

Lautsprecher werden parallel verdrahtet, indem man alle Pluspole mit Plus des Ausgangs sowie alle Minuspole mit Minus des Ausgangs verbindet.

### Beispiel 1:

Wir haben drei Lautsprecher in einer Box, die alle parallel geschaltet sind. Die Lautsprecher haben eine Impedanz von 8, 4 und 16 Ohm. Um die Impedanz zu ermitteln werden alle Impedanzen in die Formel eingesetzt.

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z_{\text{ges}}} &= \frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} && \text{zuerst muss man den gemeinsamen Nenner finden} \\ \frac{1}{Z_{\text{ges}}} &= \frac{2}{16} + \frac{4}{16} + \frac{1}{16} && \text{erst jetzt können alle Brüche addiert werden} \\ \frac{1}{Z_{\text{ges}}} &= \frac{7}{16} && \text{wenn nur noch zwei Brüche da sind kann man den Kehrwert bilden} \\ \frac{Z_{\text{ges}}}{1} &= \frac{16}{7} && \text{jetzt kann ich den Zähler durch den Nenner teilen und erhalte eine Zahl} \\ Z_{\text{ges}} &= 2,286 && \text{Die Box hat also 2,286 Ohm.} \end{aligned}$$

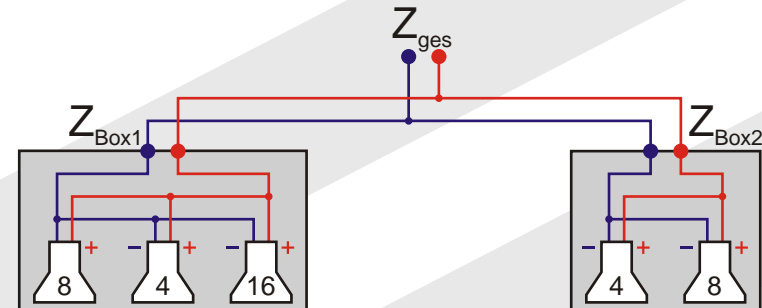


**Bei Parallelschaltungen ist die Gesamtimpedanz kleiner als die kleinste parallelgeschaltete Einzelimpedanz!**

Daher kann man bei einem Transistorcombo dessen Speaker bereits die Mindestimpedanz aufweist nicht einfach ein Box parallel schalten.

### Beispiel 2:

Zur Lautsprecherbox aus unserem ersten Beispiel hängen wir eine zweite Lautsprecherbox, in der zwei parallele Speaker sind, parallel. Um kein Chaos entstehen zu lassen, rechnet man am besten wieder zuerst die Impedanz der ersten Box und dann die Impedanz der zweiten Box aus. Danach rechnet man die Gesamtimpedanz der beiden Boxen aus.



$$\begin{aligned} \frac{1}{Z_{\text{Box1}}} &= \frac{1}{8} + \frac{1}{4} + \frac{1}{16} \\ \frac{1}{Z_{\text{Box1}}} &= \frac{2}{16} + \frac{4}{16} + \frac{1}{16} \\ \frac{1}{Z_{\text{Box1}}} &= \frac{7}{16} \\ \frac{Z_{\text{Box1}}}{1} &= \frac{16}{7} \\ Z_{\text{Box1}} &= 2,286 \end{aligned}$$

Box1 hat also 2,286 Ohm.

$$\begin{aligned} \frac{1}{Z_{\text{Box2}}} &= \frac{1}{4} + \frac{1}{8} \\ \frac{1}{Z_{\text{Box2}}} &= \frac{2}{8} + \frac{1}{8} \\ \frac{1}{Z_{\text{Box2}}} &= \frac{3}{8} \\ \frac{Z_{\text{Box2}}}{1} &= \frac{8}{3} \\ Z_{\text{Box2}} &= 2,667 \end{aligned}$$

Box2 hat also 2,667 Ohm.

Und wie soll man jetzt aus den 2,67 und den 2,28 Ohm den Gesamtwiderstand ermitteln? Ganz einfach!

Schauen wir uns dazu die jeweils dritte Zeile der Einzelberechnungen an:  $\frac{1}{Z_{\text{Box1}}} = \frac{7}{16}$   $\frac{1}{Z_{\text{Box2}}} = \frac{3}{8}$

Bei zwei parallel geschalteten Boxen gilt:  $\frac{1}{Z_{\text{ges}}} = \frac{1}{Z_{\text{Box1}}} + \frac{1}{Z_{\text{Box2}}}$

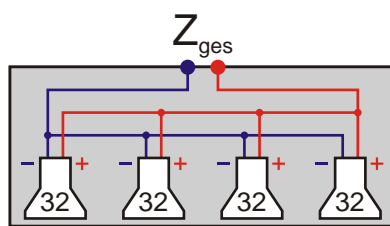
$$\begin{aligned} \text{Also: } \frac{1}{Z_{\text{ges}}} &= \frac{7}{16} + \frac{3}{8} = \frac{7}{16} + \frac{6}{16} = \frac{13}{16} \\ Z_{\text{ges}} &= \frac{16}{13} \quad Z_{\text{ges}} = 1,231 \end{aligned}$$

Die Gesamtimpedanz beider Boxen beträgt also 1,231 Ohm.

Will man lediglich den Gesamtwert zweier paralleler Impedanzen errechnen, kann man alternativ auch diese Formel anwenden:  $Z_{\text{ges}} = \frac{Z_1 \times Z_2}{(Z_1 + Z_2)}$

### Beispiel 3:

In mehreren 410er Bassboxen (z.B. Gallien-Krueger) sind alle vier Speaker parallel geschaltet. Das hat den Vorteil, dass die Impedanz automatisch steigt (wodurch die Verstärkerleistung sinkt), wenn ein Lautsprecher ausfällt.



$$\frac{1}{Z_{ges}} = \frac{1}{32} + \frac{1}{32} + \frac{1}{32} + \frac{1}{32} = \frac{4}{32}$$

$$Z_{ges} = \frac{32}{4}$$

$$Z_{ges} = 8 \text{ Ohm}$$

Fällt ein Speaker aus:

$$\frac{1}{Z_{ges}} = \frac{1}{32} + \frac{1}{32} + \frac{1}{32} = \frac{3}{32}$$

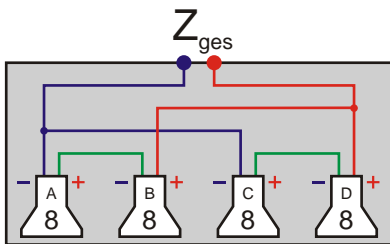
$$Z_{ges} = \frac{32}{3}$$

$$Z_{ges} = 10,67 \text{ Ohm}$$

## 3.3 Gemischte Schaltungen

In den meisten Boxen mit vier Lautsprechern (z.B. Marshall Boxen) finden wir gemischte Schaltungen. Dabei werden zwei Lautsprecher in Reihe und dann zueinander parallel geschaltet. Handelt es sich um vier gleiche Lautsprecher, entspricht die Einzelimpedanz der Speaker der Gesamtimpedanz.

Wollen wir die Impedanz einer Box mit gemischter Schaltung errechnen, müssen wir zuerst die vorhandenen Reihenschaltungen ausrechnen. Danach können wir die Regeln für Parallelschaltungen anwenden.



### Beispiel 1:

In unserem ersten Beispiel sind die Speaker "A" und "B" sowie die Speaker "C" und "D" in Reihe geschaltet (grün). Da man bei Reihenschaltung die Impedanzen einfach addiert, haben beide Paare eine Impedanz von 16 Ohm.

$$\frac{1}{Z_{ges}} = \frac{1}{8+8} + \frac{1}{8+8} = \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{2}{16}$$

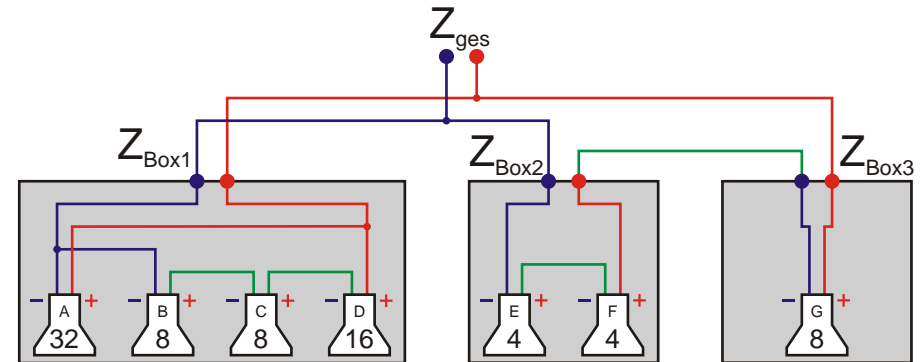
$$Z_{ges} = \frac{16}{2} = \frac{8}{1}$$

$$Z_{ges} = 8 \text{ Ohm}$$

$$\frac{1}{Z_{ges}} = \frac{1}{Z_{A+B}} + \frac{1}{Z_{C+D}}$$

### Beispiel 2:

Unser imaginärer Bastelfreund hat alles zusammengesucht was er finden konnte. Drei Lautsprecherboxen und sieben Lautsprecher. Schauen wir uns an, was er daraus zusammengestrickt hat.



Box2 und Box3 sind in Reihe geschaltet. Zu den beiden Boxen wurde Box1 parallel geschaltet. In Box1 sind Speaker "B", "C", "D" in Reihe und Speaker "A" parallel dazu. In Box2 sind die beiden Speaker in Reihe geschaltet.

Zuerst rechnen wir wieder die Reihenschaltung von Box1 aus.

In Box1 sind Speaker "B", "C" und "D" in Reihe. Also:

$$Z_{B+C+D} = 8 + 8 + 16 = 32 \text{ Ohm}$$

Jetzt können wir die Gesamtimpedanz von Box1 errechnen:

$$\frac{1}{Z_{Box1}} = \frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_{B+C+D}} \quad \frac{1}{Z_{Box1}} = \frac{1}{32} + \frac{1}{32} = \frac{2}{32} = \frac{1}{16} \quad Z_{Box1} = \frac{16}{1} = 16 \text{ Ohm}$$

In Box2 sind Speaker "E" und "F" in Reihe. Also:

$$Z_{Box2} = Z_E + Z_F \quad Z_{Box2} = 4 + 4 = 8 \text{ Ohm}$$

Zudem sind Box2 und Box3 in Reihe. Also:

$$Z_{Box1+Box2} = (4+4) + 8 = 16 \text{ Ohm}$$

Im letzten Schritt errechnen wir die Gesamtimpedanz.

$$\frac{1}{Z_{ges}} = \frac{1}{Z_{Box1}} + \frac{1}{Z_{Box2+Box3}} \quad \frac{1}{Z_{ges}} = \frac{1}{16} + \frac{1}{16} = \frac{2}{16} = \frac{1}{8} \quad Z_{ges} = \frac{8}{1} = 8 \text{ Ohm}$$

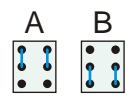
Die Gesamtimpedanz dieser Schaltung beträgt also 8 Ohm.

Ob diese Schaltung Sinn macht? Nein! Durch diese Schaltung wird die Verstärkerleistung sehr ungleich auf die Lautsprecher verteilt.

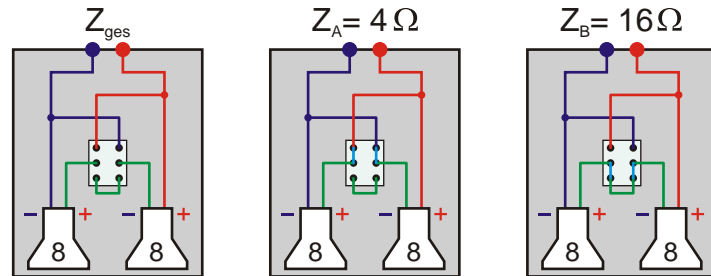


## 3.4 Schaltungen mit Schalter

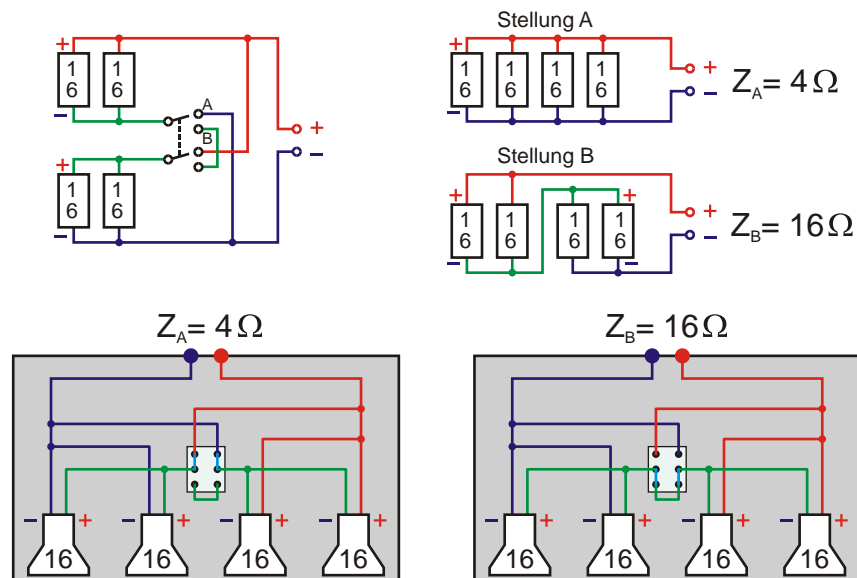
Es gibt Boxen mit Impedanzwahlschaltern. Diese Boxen haben meistens zwei oder vier Lautsprecher. Mit einem Schalter lassen sich die Speaker wahlweise seriell oder parallel schalten.



Im Schalter gibt es zwei "Ebenen", die gleichzeitig umgeschaltet werden. Die mittleren Anschlüsse werden in Stellung A mit den oberen Anschlüssen, in Stellung B mit den unteren Anschlüssen verbunden.



Da es mit vier Lautsprechern etwas komplizierter wird, schauen wir uns zuerst einmal im Schaltplan an was passiert.



## 3.5 Tabellen Parallel- / Reihenschaltung

"Ohm/Watt 1/2/3/4" kann für Lautsprecher oder komplette Boxen stehen. Links die Impedanz der Einzelkomponenten, Mitte die Gesamtimpedanz, rechts die Leistung in Prozent bzw. bezogen auf 100 Watt gesamt.

### Parallelschaltung

Erläuterungen ab Seite 11A

Ohm 1	Ohm 2	Ohm 3	Ohm 4	Ohm ges.	Watt 1	Watt 2	Watt 3	Watt 4
4	4			2	50	50		
4	4	4		1,333	33,3	33,3	33,3	
4	4	4	4	1	25	25	25	25
Ohm 1	Ohm 2	Ohm 3	Ohm 4	Ohm ges.	Watt 1	Watt 2	Watt 3	Watt 4
8	8			4	50	50		
8	8	8		2,667	33,3	33,3	33,3	
8	8	8	8	2	25	25	25	25
8	8	8	4	1,6	20	20	20	40
8	8	4		2	25	25	50	
8	4			2,667	33,3	66,7		
8	4	4		1,6	20	40	40	
8	4	4	4	1,143	14,3	28,6	28,6	28,6
Ohm 1	Ohm 2	Ohm 3	Ohm 4	Ohm ges.	Watt 1	Watt 2	Watt 3	Watt 4
16	16			8	50	50		
16	16	16		5,333	33,3	33,3	33,3	
16	16	16	16	4	25	25	25	25
16	16	8		4	25	25	50	
16	16	16	8	3,2	20	20	20	40
16	8			5,333	33,3	66,7		
16	8	8		3,2	20	40	40	
16	8	8	8	2,286	14,3	28,6	28,6	28,6
16	8	4		2,286	14,3	28,6	57,1	
16	8	4	4	1,455	9,1	18,2	36,4	36,4
16	4			3,2	20	80		
16	4	4		1,778	11,1	44,4	44,4	
16	4	4	4	1,231	7,7	30,8	30,8	30,8

### Reihenschaltung

Erläuterungen ab Seite 11A

Ohm 1	Ohm 2	Ohm 3	Ohm 4	Ohm ges.	Watt 1	Watt 2	Watt 3	Watt 4
8	8			16	50	50		
8	8	4		20	40	40	20	
8	8	8	4	28	28,6	28,6	28,6	14,3
16	8			24	33,3	66,7		
16	8	4		28	57,1	28,6	14,3	
16	16	8	4	44	36,4	36,4	18,2	9,1

## 4 Watt is?

Ich gebe unumwunden zu, dass ich vieles zum Thema Leistung, Watt, dB, Phon, Sone usw. selbst nicht verstehe! Daher nur ein paar kurze Aspekte.

### 4.1 Das menschliche Gehör

Seitdem unsere Vorfahren die Bäume der afrikanischen Steppe verließen hat sich das menschliche Gehör kaum verändert. Frequenzen die für unser Überleben wichtig waren (und sind) nehmen wir besonders gut wahr. Andere Frequenzen hören wir weniger gut oder gar nicht. Das menschliche Gehör arbeitet nicht linear - und es arbeitet selektiv! Daher nimmt ein "Nichtmusiker" eine Band anders wahr als ein Musiker, der sich auf "sein" Instrument konzentriert.

### 4.2 Watt ist nicht Lautstärke!

Nur weil zwei Verstärker beide 50 Watt haben, müssen sie noch lange nicht gleich laut sein. Dabei spielen viele Faktoren eine Rolle:

- Handelt es sich um 50 Watt "RMS", "Sinus", "Musik", "Peak"?
- Handelt es sich um einen Röhren- oder Transistorverstärker?
- Wie hoch ist der Wirkungsgrad der Boxen / Lautsprecher?
- Wie ist die Boxenkonstruktion?
- Welche Frequenzen werden vom Verstärker besonders betont?
- War der Hersteller bei der Wattangabe großzügig oder knauserig?

Schlussendlich hilft nur ein Test im Musikgeschäft und in der Band herauszufinden, wie laut ein Verstärker oder eine Kombination aus Verstärker und Box wirklich sind.

### 4.3 Faustformeln

Wie der Name dieses Unterkapitels bereits sagt, handelt es sich bei den angegebenen Werten lediglich um grobe Faustformeln! In der Realität kann man durchaus zu anderen Ergebnissen kommen! Es gibt Bands, in denen die Musiker mit 30 Watt Gitarren- oder 80 Watt Bassverstärkern gut klar kommen.

In den meisten Amateurbands gibt das Naturschlagzeug die Lautstärke vor. Es kommt zwar auf Hersteller und Musikrichtung an, meistens reichen aber 30 bis 50 Watt Röhrenverstärker für Gitarren aus.

Ein 100 Watt Röhrenverstärker kann unter Umständen in seiner Lautstärke zu schwer kontrollierbar sein. Transistorverstärker sollten ungefähr 50 bis 100 Watt haben. Wird der Schall nicht von Wänden reflektiert, zum Beispiel bei Open-Air Konzerten, braucht man mehr Power um gegen ein Naturschlagzeug anzukommen.

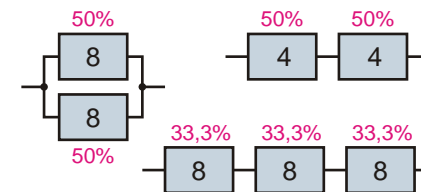
Da Bässe für gleiches Lautstärkeempfinden mehr Leistung benötigen, braucht man als Bassist ca. doppelt bis dreimal soviel Leistung für seinen Bassverstärker, wenn man mit den Gitarristen mithalten will.

Mit 150 bis 300 Watt kommt ein Bassist in den meisten Bands aus. Dreht ein Gitarrist seinen 50 Watt Röhrenverstärker voll auf, braucht ein Bassist allerdings ca. 500 Watt Transistorpower um sich durchsetzen zu können. Ohne Gehörschutz dürften allerdings bleibende Gehörschäden entstehen - und das Schlagzeug wird kaum zu hören sein.

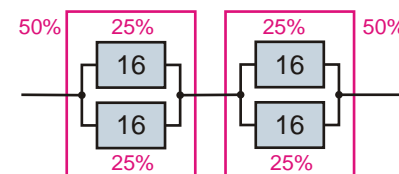
Je mehr ein Bassist den Bassregler seines Verstärkers aufreist, desto mehr Watt "verbrennen" für die Bässe. Hört ein Bassist sich nicht, sollte er daher den Bassregler etwas zurückdrehen und dafür Höhen und Hochmitten aufdrehen. Der Sound wird vielleicht nicht besser, aber er hört sich wenigstens. Die Durchsetzungsfähigkeit eines Bassverstärkers hängt aber auch von den Einstellungen der Gitarrenverstärker ab! Sind Tiefmitten und Bässe dort aufgerissen, hat es ein Bassverstärker schwer.

### 4.4 Das rechnet sich ...

Wichtig neben den Impedanzen und der Gesamtimpedanz (Kapitel 3) ist aber auch, wie sich die Leistung auf die einzelnen Lautsprecher bzw. auf die Boxen verteilt.



Haben alle Lautsprecher (oder Boxen) die gleiche Impedanz und sind sie auf die gleiche Weise verbunden, teilt sich die Leistung gleichmäßig auf - egal ob die Verkabelung seriell oder parallel ist.



Das Beispiel links zeigt zwar eine gemischte Schaltung, man kann die Schaltung aber in zwei gleiche Gruppen unterteilen, welche wiederum die gleichen Werte haben.

Schwieriger wird es, wenn gemischte Schaltungen oder Schaltungen mit verschiedenen großen Impedanzen vorliegen.

## 4.4.1 Reihenschaltung

Teilt man bei einer Reihenschaltung die Gesamtimpedanz durch die Gesamtleistung erhält man den gleichen Wert, wie wenn man eine Einzelimpedanz durch ihre zugehörige Einzelleistung teilt.

Die Einzelleistungen im gleichen Verhältnis zueinander wie es die Einzelimpedanzen zueinander tun.

$$\frac{Z_{\text{ges}}}{W_{\text{ges}}} = \frac{Z_1}{W_1} = \frac{Z_2}{W_2} = \dots = \frac{Z_n}{W_n}$$

$$W_1 = \frac{W_{\text{ges}} \times Z_1}{Z_{\text{ges}}}$$

(Formel für  $W_1$  - nach  $W_1$  umgestellt)

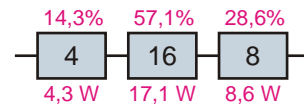
**Beispiel:** Man addiert zuerst alle Einzelimpedanzen einer Reihenschaltung; hier also:  $4 + 16 + 8 = 28$

Demnach habe ich "28 Teile zu vergeben".

Der erste Lautsprecher bekommt 4 Teile (da 4 Ohm), der zweite 16 Teile (da 16 Ohm) und der dritte 8 Teile (da 8 Ohm). Nun nehme ich die Leistung, teile sie durch 28 und nehme sie mit den Anteilen mal.

Bei einem Verstärker mit einer Leistung von 30 Watt bekäme also

- Lautsprecher 1:  $30/28 \times 4 = 4,3 \text{ Watt}$  (= 14,3%)
- Lautsprecher 2:  $30/28 \times 16 = 17,1 \text{ Watt}$  (= 57,1%)
- Lautsprecher 3:  $30/28 \times 8 = 8,6 \text{ Watt}$  (= 28,6%)



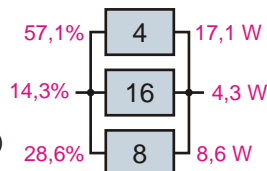
## 4.4.2 Parallelschaltung

Multipliziert man bei einer Parallelschaltung die Gesamtimpedanz mit der Gesamtleistung erhält man den gleichen Wert, wie wenn man eine Einzelimpedanz mit ihrer zugehörigen Einzelleistung multipliziert.

$$Z_{\text{ges}} \times W_{\text{ges}} = Z_1 \times W_1 = Z_2 \times W_2 = \dots = Z_n \times W_n$$

$$W_1 = \frac{W_{\text{ges}} \times Z_{\text{ges}}}{Z_1}$$

(Formel für  $W_1$  - nach  $W_1$  umgestellt)



**Beispiel:** Zuerst errechnet man mit der Kirchhoffschen Regel die Gesamtimpedanz. Hier ergibt das 2,286 oder als Bruch 16/7 Ohm.

Bei einem Verstärker mit einer Leistung von 30 Watt bekäme also

- Lautsprecher 1:  $16/7 \times 30/4 = 17,1 \text{ Watt}$  (= 57,1%)
- Lautsprecher 2:  $16/7 \times 30/16 = 4,3 \text{ Watt}$  (= 14,3%)
- Lautsprecher 3:  $16/7 \times 30/8 = 8,6 \text{ Watt}$  (= 28,6%)

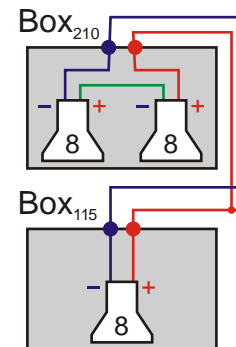
## 4.4.3 Gemischte Schaltungen

Gemischte Schaltungen muss ich zuerst in Abschnitte aufteilen. Diese Abschnitte kann ich dann getrennt ausrechnen.

**Beispiel:** An einem Hartke 3500A Transistor-Bassverstärker, der eine Mindestimpedanz von 4 Ohm und einer Leistung von 350 Watt hat, hängen eine 115er Box mit einer Impedanz von 8 Ohm sowie eine 210er Box mit 16 Ohm Gesamtimpedanz. In dieser 210er Box sind zwei 8 Ohm Lautsprecher in Reihe geschaltet. Darf ich die beiden Boxen überhaupt zusammen an den Verstärker hängen? Wie groß ist die Gesamtleistung dann ungefähr? Und wie viel Watt bekommt jede Box bzw. jeder Lautsprecher ab?

Die **Gesamtimpedanz** ist schnell berechnet.

$$\frac{1}{Z_{\text{ges}}} = \frac{1}{16} + \frac{1}{8} = \frac{1}{16} + \frac{2}{16} = \frac{3}{16} \quad Z_{\text{ges}} = \frac{16}{3} = 5,333\Omega$$



Um die **Gesamtleistung** auszurechnen fehlt das Wissen. Wir wissen aber, wie sich Transistorverstärker verhalten. Da die Gesamtleistung an 8 Ohm ca. 2/3 (240 Watt) beträgt, wird der Wert an 5,333 Ohm dazwischen liegen. Nehmen wir Pi mal Daumen einfach **300 Watt**.

Da die 115er Box und die 210er Box parallel geschaltet sind, wenden wir zur Ermittlung der Leistung der Einzelboxen die Regel zur Parallelschaltung (Kapitel 4.4.2) an.

- **Box 210:**  $16/3 \times 300/16 = 100 \text{ Watt}$  (= 33,3%)
- **Box 115:**  $16/3 \times 300/8 = 200 \text{ Watt}$  (= 66,6%)

Beide 10er Lautsprecher haben 8 Ohm. In Kapitel 4.4 haben wir gelernt, dass sich dann die Leistung automatisch gleich aufteilt. Man könnte die Werte aber auch in die Formel aus Kapitel 4.4.1 einsetzen. Das Ergebnis bliebe gleich. Beide **10er Lautsprecher** leisten **je 50 Watt**.

Dass der **115er Lautsprecher** 200 Watt leisten muss, wissen wir bereits. Wir können uns dieses Set also so zusammenstellen. Der 15er wird aber wahrscheinlich recht dominant sein - und er sollte genug Leistung haben.

## 5 Verkabelungen

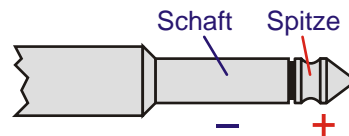
Für Gitarristen ist das Thema Verkabelung nicht ganz so wichtig wie für Bassisten, da die meisten Gitarrenverstärker wesentlich weniger Leistung haben als Bassverstärker.

Völlig falsche oder sehr schlechte Verkabelung kann im schlimmsten Fall aber auch Gitarrenverstärker in die ewigen Jagdgründe schicken. Bei einem Kurzschluss lägen "Null Ohm" am Verstärkerausgang an. Löst sich eine Kabelverbindung oder schmort ein Kabel durch ohne einen Kurzschluss zu erzeugen, liegt ein unendlich großer Widerstand am Ausgangs des Verstärkers an. Bei den meisten Transistorverstärkern ist das nur ärgerlich. Passiert so etwas bei einem Röhrenverstärker, wird er dadurch wahrscheinlich zerstört.

Da das Leben des Verstärkers vom Zustand der Kabelverbindung abhängen kann, sollte man nicht unbedingt die allerbilligsten Verbindungskabel wählen. Das gilt besonders für leistungsstarke Boliden. Wer 2000 Euro oder mehr für eine High-End Stack ausgeben will, sollte eher ein 20 statt ein 5 Euro Kabel nehmen. Das gilt auch für Bassanlagen mit 300, 500 oder mehr Watt.

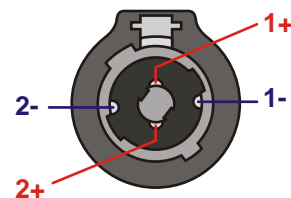
### 5.1 Stecker

Bei Gitarrenanlagen werden zur Verbindung zwischen Verstärker und Box oder Zusatzbox fast ausschließlich 1/4" (6,3 mm) Klinkenstecker eingesetzt. Da selbst leistungsstarke Verstärker in der Regel nicht mehr als 200 Watt haben, ist das vollkommen in Ordnung. Über einen Klinkenstecker sollten auf keinen Fall mehr als 500 Watt übertragen werden.



Bei Bassverstärkern findet man neben Klinkenausgängen auch oft Speakon-Ausgänge. Die Verbindung per Speakon-Kabel bietet eine ganze Reihe von Vorteilen. Am wichtigsten ist, dass die Kontaktfläche des Pluspols wesentlich größer ist. Zudem rasten Speakon-Stecker in der Buchse ein. Die Stecker können nicht unbeabsichtigt aus der Buchse gezogen werden.

Speakon-Kabel gibt es mit einer, aber auch mit zwei Signalebenen. So können zwei Signale komplett voneinander getrennt übertragen werden. Gallien-Krueger zum Beispiel nutzt dieses Prinzip um die Hochtöner mit dem Signal einer eigenen Endstufe zu versorgen.



### 5.2 Lautsprecherkabel

Instrumentenkabel und Lautsprecherkabel sehen äußerlich oft gleich aus. Gemeinsam ist beiden, dass die Leitungen aus Kupferlitze bestehen. Litze ist ein Strang aus vielen dünnen verdrehten Drähten. Dadurch ist das Kabel flexibel.



Es gibt aber sehr wichtige Unterschiede zwischen einem Instrumenten- und Lautsprecherkabel! Bei den meisten Instrumentenkabeln hat der Innenleiter lediglich einen Querschnitt von ca. 0,2 bis 0,3 mm<sup>2</sup> (Abbildung links).



Lautsprecher- und Boxenkabel hingegen sollten einen Querschnitt von ca. 1,5 bis 2,5 mm<sup>2</sup> haben! Bei Gitarrenverstärkern mit geringer Leistung darf der Querschnitt auch geringer ausfallen.

In den letzten Jahren drängen immer mehr koaxiale Lautsprecherkabel (Abbildung Mitte) auf den Markt. Die "guten alten" Lautsprecherkabel (Abbildung rechts) waren aber viele Jahrzehnte gut genug.

Qualitativ nicht so hochwertiges Lautsprecherkabel kann die Leistungsausbeute verringern. Allerdings sind Verbindungskabel zwischen Verstärker und Box meist nur ein bis anderthalb Meter lang. Dadurch hält sich der Verlust in Grenzen. Bei PA-Anlagen spielt der Leistungsverlust eine größere Rolle.

Verbindet man Verstärker und Box mit einem Instrumentenkabel, kann das Kabel bei hohen Verstärkerleistungen sehr heiß werden. Im Extremfall kann das Kupfer auch die Isolierung schmelzen, einen Kurzschluss verursachen und dadurch den Verstärker schädigen.

Hat man kein ordentliches Lautsprecherkabel, kann man zur Not für die Verkabelung einer Boxen auch Stromkabel mit einem Durchmesser ab 1 mm<sup>2</sup> nehmen. Das ist besser geeignet als Instrumentenkabel ...

**Instrumentenkabel ist anders als Lautsprecherkabel!  
Instrumentenkabel höchstens kurz zu Testzwecken  
und nicht für große Leistungen verwenden!**

## 6 Mono - Stereo / Fullrange - Bi-Amping

Nicht nur bei Gitarrenneulungen gibt es öfters falsche Vorstellungen darüber, wann ein Sound mono und wann er stereo ist. Über zwei Verstärker oder Boxen zu spielen bedeutet nicht automatisch ein Stereo-Setup zu haben. Selbst mit zwanzig Verstärkern und hundert Boxen kann man mono spielen! Mit einem einzigen Combo hingegen stereo ...

### 6.1 Unterschied Mono - Stereo

**Ein Setup ist mono, wenn es nur ein einziges Signal gibt.**

Aus wie vielen Verstärkern oder Boxen dieses Signal kommt ist unerheblich. *Extrem unterschiedliche Kabellängen oder weit auseinander stehende Boxen können zwar einen Verzögerungseffekt erzeugen, das ist aber für den normalen Anwender unerheblich.*

**Ein Setup ist stereo, wenn es zwei unterschiedliche Signale gibt.**

Diese Signale müssen aus mindestens zwei Lautsprechern kommen.

99,9% aller Gitarren und Bässe liefern nur ein Signal, sind also mono. Schickt man dieses Mono-Signal in ein Effektgerät, das mit Verzögerungseffekten oder Modulation arbeitet (z.B. Delay, Chorus, Flanger), so erhält man einen Stereo-Effekt.

Jetzt gibt es zwei Möglichkeiten:

- Lasse ich sich Originalsignal und Effektsignal überlagern und schicke es an einen Verstärker (oder mehrere Verstärker), bleibt das Signal mono! Es gibt ja kein zweites Signal, das sich von diesem Signal unterscheidet.
- Trenne ich jedoch das Originalsignal vom Effektsignal und schicke die beiden an zwei Endstufen, so erhalte ich zwei Signale; also Stereo.

Welche oder wie viele Effektgeräte zwischen Gitarre und Verstärker eingeschleift werden ist für mono und stereo unerheblich.

Ein Mono-Verstärker bleibt immer mono.

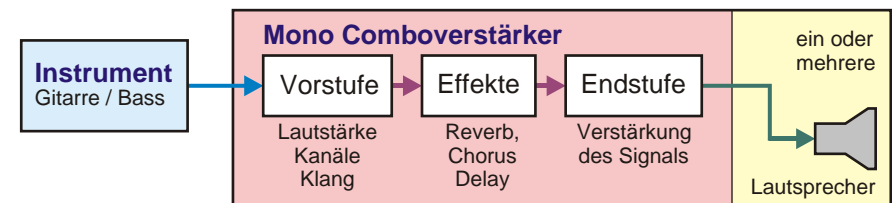
**Ein Mono-Verstärker bleibt immer mono!  
Nur ein Verstärker mit zwei Endstufen kann  
ein Stereo-Signal produzieren.**

### 6.2 Mono-Setups

Das klassische Beispiel für ein Mono-Setup ist eine Gitarre, die an einen einfachen Comboverstärker angeschlossen wird.

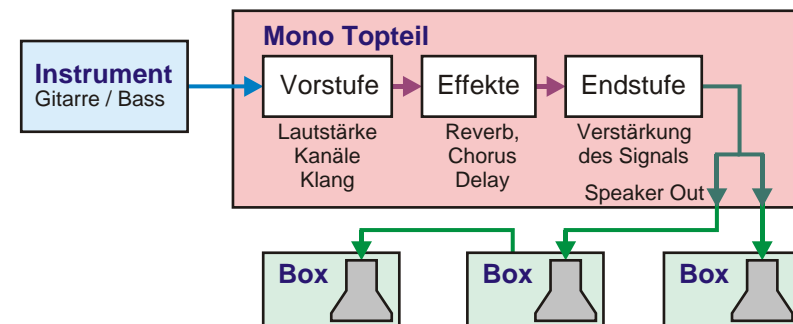
Wie viele Kanäle dieser Verstärker hat ist egal. Selbst ein Verstärker mit vier Kanälen kann mono sein. Neben Lautstärke und Verzerrung kann man in der Vorstufe den Klang regeln. Zudem haben viele Verstärker vor der Endstufe noch Effekte oder einen Einschleifweg.

Wie in Kapitel 5.1 erwähnt, schickt die Vorstufe dieses Signal aber nicht an zwei verschiedene Endstufen, sondern mischt einfach Original- und Effektsignal miteinander. Das Mischsignal wird dann an eine einzige Endstufe geschickt. Die Endstufe verstärkt das Signal und gibt es an den Lautsprecher weiter. Eine Zusatzbox würde lediglich das gleiche Signal zusätzlich wiedergeben. Sie gäbe kein anderes Signal ab. Daher bliebe der Verstärker mit Zusatzbox weiterhin mono.



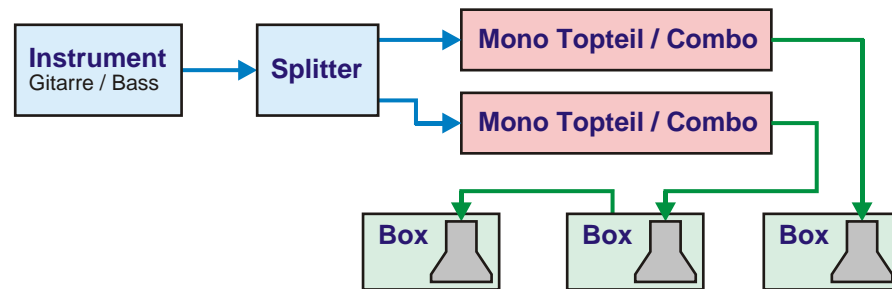
Die meisten Gitarren-Tops haben zwei oder mehr Ausgänge für Lautsprecher. Hat der Verstärker jedoch nur eine Endstufe, ist es egal, ob ein, zwei oder hundert Boxen angeschlossen sind.

Da aus allen Boxen das gleiche Signal herauskommt, bleibt der Verstärker mono. Dabei spielt auch keine Rolle, ob die Boxen untereinander verbunden werden oder getrennt am Verstärker hängen (beides in Skizze dargestellt).



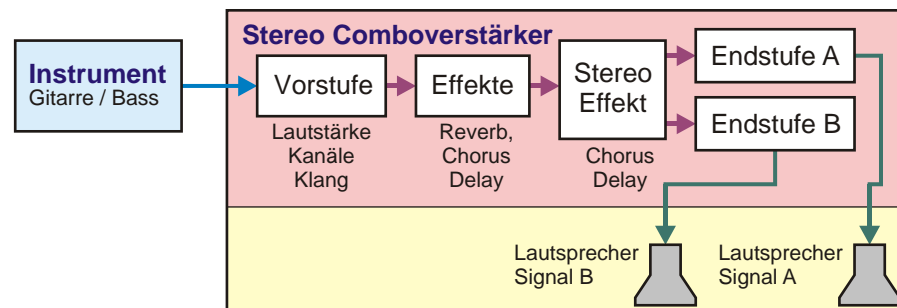


Was ist aber, wenn man seine Gitarre in einen "Splitter" (Verteilerbox) steckt, der das Signal an mehrere Verstärker gleichzeitig senden kann? Auch dann bleibt das Signal mono, da ja an beide Verstärker ein identisches Signal geschickt wird. Theoretisch kann man also eine ganze Verstärkerwand auf der Bühne stehen haben und trotzdem mono spielen.



## 6.3 Stereo-Setups

Von verschiedenen Herstellern gibt es seit Jahrzehnten Stereo-Verstärker zu kaufen. Einer der berühmtesten dürfte der Roland Jazz Chorus 120 sein. Peavey und andere Hersteller brachten später ähnliche Modelle heraus. Alte Stereo-Verstärker arbeiten meist mit Chorus-Effekten. Digital Delays waren damals viel zu teuer. Heutzutage gibt es dank Digitaltechnik eine ganze Reihe von Stereo-Verstärkern. Was diese Verstärker von normalen Verstärkern unterscheidet, sind die beiden eingebauten Endstufen. Von der Vorstufe geht es zuerst meist in Mono-Effekte. Am Ende der Kette steht dann ein Stereo-Effekt, der zwei unterschiedliche Signale liefert. Diese Signale werden getrennt an die beiden internen Endstufen geschickt. Jede Endstufe schickt das verstärkte Signal an (mindestens) einen Lautsprecher.

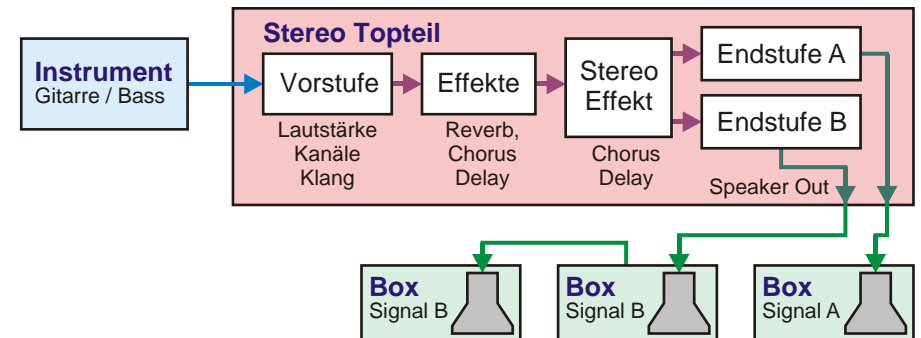


Im Grunde sieht der Aufbau mit einem Stereo-Topteil plus Stereo-Box genauso aus; nur dass sich die Lautsprecher außerhalb des Verstärkers befinden.

Eine weitere Variante ist es, sein Gitarrensinal an ein Bodeneffektgerät oder Multieffektgerät zu schicken. Von dort aus geht man in zwei Mono-Verstärker, die wiederum an einer Stereo-Box hängen. Dann gibt z.B. die linke Hälfte der Box das Signal von Verstärker A, die rechte Hälfte das Signal von Verstärker B wieder.

Nachteil aller drei Stereo-Setups ist, dass die beiden unterschiedlichen Signale durch die gemeinsame Lautsprecherbox sehr nah aneinander liegen. Aus mittlerer Entfernung ist kaum ein Stereo-Effekt wahrzunehmen, da die räumliche Trennung fehlt.

Abhilfe schafft erst ein Stereo-Topteil oder ein Stereo-Combo mit zwei Boxen. Stellt man die Boxen weit auseinander oder im Winkel voneinander weg, ist der Stereo-Effekt deutlich zu hören.



Statt des Stereo-Verstärkers kann man natürlich auch mit seinem Instrument in ein Bodeneffektgerät oder Multieffektgerät gehen. Dort nutzt man einen Stereo-Effekt und schickt die beiden unterschiedlichen Signale zu zwei Mono-Verstärkern, die wiederum jeder eine separate Box haben. Dann gibt der eine Verstärker Signal A, der andere Signal B wieder.

## 6.4 Fullrange - Bi-Amping

Alle bisher in diesem Kapitel vorgestellten Mono- und Stereo-Setups waren sogenannte **"Fullrange-Setups"**.

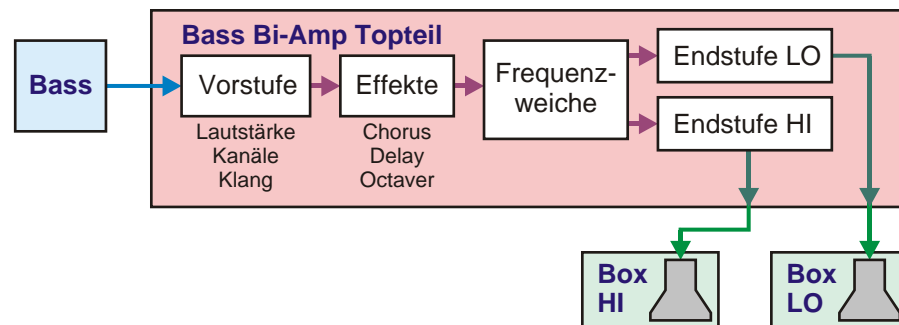
Das gesamte Signal von tiefsten Bässen bis höchsten Höhen wird in seiner vollen Bandbreite (engl. full range) zu den Boxen geschickt. Falls es eine Aufteilung der Frequenzen gibt, findet sie erst innerhalb der Box über eine Frequenzweiche statt.

Es gibt aber noch so genannte **"Bi-Amping-Setups"**.

Beim Bi-Amping (Bi-Amp = zwei Verstärker) wird das Signal hinter der Vorstufe in einer Frequenzweiche aufgeteilt und an zwei Endstufen geschickt. Bei einem Signal das über ein sehr breites Frequenzspektrum geht (zum Beispiel bei E-Bässen) kann das Sinn machen. Ein Lautsprecher muss nicht mehr das gesamte komplexe Signalspektrum wiedergeben, sondern ist nur noch für Höhen, Mitten oder Bässe zuständig.

Die Frequenz bei der das Signal getrennt wird (Trennfrequenz) ist oft einstellbar. Nachdem das Signal nach Frequenzen getrennt wurde, geht es an zwei Endstufen. Die HI-Lautsprecher bekommen keine starken Hübe mehr ab und die LO-Lautsprecher müssen sich nur um die tieferen Frequenzen kümmern.

Da man für die Wiedergabe von Bässen (bei gleichem Lautstärkeempfinden) wesentlich mehr Leistung verbraucht als die Wiedergabe von Höhen, kann die HI-Endstufe wesentlich weniger Leistung haben. Wie groß die beiden Endstufen ausgelegt sind, hängt auch von der Trennfrequenz ab. Meistens hat jede Endstufe ihren eigenen Lautstärkeregler.



Bi-Amping findet man übrigens auch in einigen Bass-Combos! Bei der Roland D-Bass Serie oder einigen Gallien-Krueger Modellen gibt es eine separate Endstufe für den Hochtöner. HI und LO können sich auch in einer einzigen Box befinden.

**"Tri-Amping"** ist im Grunde das gleiche wie Bi-Amping, nur dass das Signal in Bässe, Mitten und Höhen aufgeteilt wird. Tri-Amping wird normalerweise nicht von Instrumentalisten eingesetzt, sondern findet seinen Einsatz eher im PA-Bereich.

## 7 Lautsprecher und Boxen

Das Thema Lautsprecher soll hier nur kurz angeschnitten werden obwohl - oder gerade weil - man darüber endlose Romane schreiben könnte.

Beim Kauf einer Box schauen viele Musiker neben dem Fabrikat der Lautsprecher vor allem auf die angegebene Leistung. Dabei hat diese Angabe nichts mit der Lautstärkeausbeute zu tun, die die Box erreichen kann. Eine "300 Watt Box" ist nicht lauter als eine "200 Watt Box". Bei Gitarrenanlagen ist die Watt-Angabe einer Box in den meisten Fällen uninteressant, da es kaum Gitarrenverstärker gibt, die mit ihrer Leistung eine Box in die Knie zwingen können.

### Tests in Musikgeschäften haben nur eine bedingte Aussagekraft!

Gemeinhin spielt man seine Anlage in einer Band. Ein Half Stack mag alleine noch so gut klingen - wichtig ist, wie es im Bandkontext mit anderen Verstärkern klingt. Was im Musikgeschäft noch voll und fett klingt, kann in der Band für Soundbrei sorgen - und man wundert sich, dass der Combo des anderen Gitarristen besser durchkommt als das eigene Stack.

**Gitarrenlautsprecher / -boxen** haben nicht die Aufgabe das Signal einer Endstufe möglichst neutral wiederzugeben. Bei Anlagen für Gitarristen dienen die Lautsprecher stark zur Klangbildung. Das merkt man, wenn man eine verzerrte E-Gitarre ohne Frequenzkorrektur (Speaker-Simulator) über eine HiFi-Anlage spielt. Die Höhen kreischen und dem Sound fehlt der Charakter. Bandtaugliche Verstärker haben daher (fast) alle 10" oder 12" Lautsprecher, die zum einen die Höhen abwürgen, zum anderen für einen (relativ) warmen mittigen Sound sorgen. Daher sollte man Gitarren abnehmen, indem man ein Mikrofon vor den Lautsprecher stellt.

### Basslautsprecher / -boxen dienen weit weniger zur Klangbildung.

Sie formen zwar auch den Klang, lenken ihn aber eher in eine Richtung ohne das Signal stark zu verfälschen. Neben Bässen und Tiefmitten sind oftmals auch spritzige Höhen erwünscht. Im Gegensatz zur E-Gitarre hört sich ein (unverzerrter) E-Bass direkt ins Mischpult gespielt meist gut an. Gerade Bassisten sollten neben dem Klang auf den Wirkungsgrad achten; sonst verpufft die Leistung des Verstärkers. Optimale Leistungsausbeute ist gerade für Bassisten wichtig.