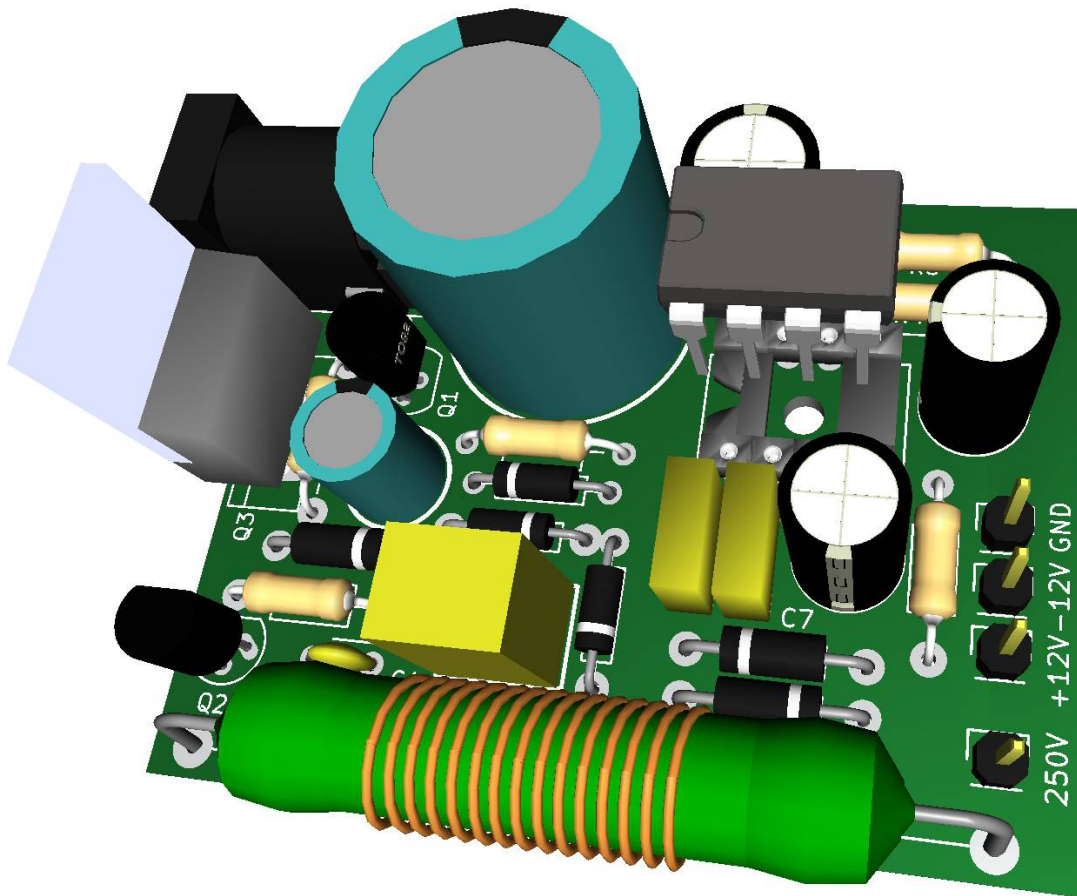


# Spannungswandlermodul für Röhrenverstärker



Die Grundgedanken bei der Entwicklung dieses Spannungswandlers lagen in der möglichst ökonomischen Gestaltung und einer Langzeitstabilität unter fortwährender ökologischer Verwendung. Solche Forderungen beinhalten einen möglichst vielseitigen Einsatz, mit diversen Ausgangsspannungen, geringer Verlustleistung und vor allem gute Reparaturmöglichkeit, die zur Nachhaltigkeit eines solchen Produkts beitragen.

## Warum eine Aufwärtswandlung?

Der Aspekt, dass Röhrenverstärker hohe Spannungen von einigen 100 V benötigen, spricht in erster Betrachtung für eine einfache galvanische Trennung des häuslichen Stromnetzes als Betriebsspannung. Doch vergessen wir an dieser Stelle bereits die immer zusätzlich erforderliche Kleinspannung zum Heizbetrieb der Röhren. Mit anderen Worten, abwärts wandeln müssen wir in jedem Fall. Da heutige Wandler sehr hohe Wirkungsgrade erzielen, spricht einer Abwärts- und anschließenden Aufwärtswandlung nichts entgegen.

## **Welche Vorteile ergeben sich?**

Erster und wohl auch entscheidendster Aspekt sind die heutzutage massenhaft, bereits vorhandenen, industriell gefertigten Kleinspannungsnetzteile. Sie sind preiswert, bieten Grund ihrer galvanischen Trennung der Potentiale eine hohe Sicherheit und sind, dank weit verbreiteter zum Teil genormter Steckverbinder mit diversen Geräten gleicher Spannung, mehrfach verwendbar. Besonders anzumerken sind hier Netzteile mit 12 V oder 19 V Ausgangsspannung, wie sie häufig für Unterhaltungsgeräte oder Computer verwendet werden. Denn gerade diese Spannungen sind für Röhrenanwendungen interessant.

Es lassen sich so die häufig bei Röhren anzutreffenden 6,3 V Heizwicklungen, in Reihe sehr gut als Paar (12 V) oder Tripel (19 V), aneinander reihen (Ströme beachten!).

Da aus Sicherheitsgründen die galvanische Trennung der Potentiale bereits in solchen Niederspannungsnetzteilen ausgeführt wird, kann auf eine weitere Trennung bei der Aufwärtswandlung verzichtet werden.

Vorteil; die Aufwärtswandlung gestaltet sich deutlich einfacher, beinhaltet weniger Bauteile, ist preiswerter, verschleißunanfälliger und damit auch reparaturfreundlicher.

Legt man zudem noch zu Grunde, dass insbesondere 12 V eine weit verbreitete Akkuspannung ist, anzutreffen an diversen Automobil- und Motorradakku, ist auch ein mobiler Betrieb eines Röhrenverstärkers möglich.

## **Einseitiges Platinenlayout mit elementaren elektronischen Bauteilen!**

In der heutigen Literatur trifft man häufig auf Wandlerschaltungen, in denen bereits fertige integrierte Schaltkreise Anwendung finden. Das eigentliche Funktionsprinzip, einer traditionell mit elektronischen Grundbauteilen diskret aufgebauten Schaltung, ist hingegen selten. Dabei bedarf es fundamental nur sehr wenigen Bauteilen, um eine konkrete Gleichspannung in einen anderen Spannungswert zu wandeln.

Als eine der bekanntesten und weit verbreitetsten, gilt die hier angewandte Buck- Boost Schaltung. Mit simplen Universaltransistoren aufgebaut ist sie besonders für kleine Leistungen geeignet. Bekannt wurde sie, im Leistungsbereich bis 5 Watt, mit dem Universaltransistor BD 139. Doch dieser Transistor hat einige Schwächen, die es gilt mit anderen Vergleichsexemplaren zu verbessern. Zum einen arbeiten nicht alle BD 139 innerhalb dieser Schaltung gleich effektiv. Verantwortlich hierfür ist die geringfügig unterschiedliche Knie- (Dioden-) spannung diverser Herstellererien. Umgehen kann man dieses Manko, indem man zusätzlich eine Diode, zwischen Masse und Emitter des Leistungstransistors, in die Schaltung integriert. Die Basis- Massespannung erhöht sich, und eine ausreichende Schaltspannung an dem vorgelagerten Transistor wird erreicht. Leider sind hierbei Leistungsverluste an der Diode unumgänglich.

Ein weiterer Nachteil des BD 139 ist seine maximale Kollektor- Emitterspannung von lediglich 80 V. Erwartet man von dem Wandler höhere Ausgangsspannungen, so kann dieser Transistor zerstört werden. Eine Verdopplung der Ausgangsspannung wird jedoch, in der hier aufgebauten Schaltung, noch durch eine Kondensator-, Diodenkombination erzwungen.

Deutliche Verbesserungen zu besagtem BD 139 innerhalb der Schaltung, bietet der Transistor MJE 15030 (160 V, 8 A), dessen Betrieb auch ohne Emitterdiode möglich ist.

Bei der Entwicklung der Platine galt die Abwägung, zur Kompatibilität weiterer Leistungs-transistoren, eine solche Emitterdiode in das Layout zu integrieren.

### **Folgende widersprechende Gründe:**

1. Die Diode muss schnelle Schaltgeschwindigkeiten sowie Ströme, bei adäquater Leistungsentnahme, von über 2 Ampere bewerkstelligen. Diese Forderungen schränken die Auswahl bereits etwas ein. Es entsteht eine Verlagerung des Problems, denn die steigende Kompatibilität des Transistors wird gewonnen mit einem Bauteil, das selbst kein allgegenwärtig verfügbares Universalbauteil ist.
2. Der unvermeidlich, durch eine zusätzliche Diode, sinkende Wirkungsgrad der Schaltung.
3. Die Anfälligkeit für Defekte einer Schaltung. Dies ist der wohl entscheidendste Grund, denn was nicht vorhanden ist, kann nicht zerstört werden und unterliegt keiner Alterung.

### **Silizium- contra Feldeffekt- Transistor!**

Warum, wenn sich die Auswahl geeigneter Silizium Transistoren in dieser Schaltung ein wenig eingeschränkt darstellt, nicht einen FE- Transistor verwenden. Diese sind sowohl spannungsstabiler, wie auch für höhere Ströme besser geeignet. Die meist erforderlich höhere Schaltspannung zwischen 4 V und 8 V ist ebenso unproblematisch. Zudem lassen die im durchgeschalteten Zustand sehr niedrigen ohmschen Widerstände hohe Wirkungsgrade erwarten.

### **Doch genau hier liegt das Problem!**

Dieses ohmsche Verhalten eines FE- Transistors ist stark abhängig von seinen Umgebungsbedingungen und steigt proportional zur Temperatur. Ist bei Raumtemperatur 20° C noch ein Wirkungsgrad deutlich oberhalb 90 % zu erzielen, so sinkt dieser merklich mit zunehmender Erwärmung. Der Innenwiderstand steigt, infolge steigt auch der Spannungsabfall, es erhöht sich die Verlustleistung, ein Teufelskreis!

Vom Grundsatz her jedoch kein Problem, wenn die Kühlfläche des FE- Transistors ausreichend dimensioniert ist. Doch leider benötigen Röhren eine gewisse Arbeitstemperatur, die an ihre Umgebung entweicht. Baut man klein und kompakt, entsteht ein unvermeidlicher Temperaturkonflikt.

Daher sind in solchen Fällen standard Siliziumtransistoren besser geeignet. Ihre Dioden-verlustleistung liegt „relativ“ unabhängig von der Umgebungstemperatur bei ca.  $0,6 V \times I$ .

Versuche mit FE- Transistoren zeigten bei Temperatursteigerung von 20° C auf 45° C bereits deutliches Absinken der Wirkungsgrade mit zunehmender Eigenerwärmung des Transistors.

45° C eine Betriebstemperatur die einen Siliziumtransistor, im Sinne des Wortes, noch völlig kalt lässt.

Wie Sie aus diesem Beispiel erkennen, liegen der Platine diverse Überlegungen bei Entwicklung und Gestaltung zu Grunde. Was die Vielseitigkeit des Wandlers bezüglich seiner Ausgangsspannung und Ausgangsleistung betrifft, so können diese Werte den Bedürfnissen der folgenden Schaltungen angepasst werden.

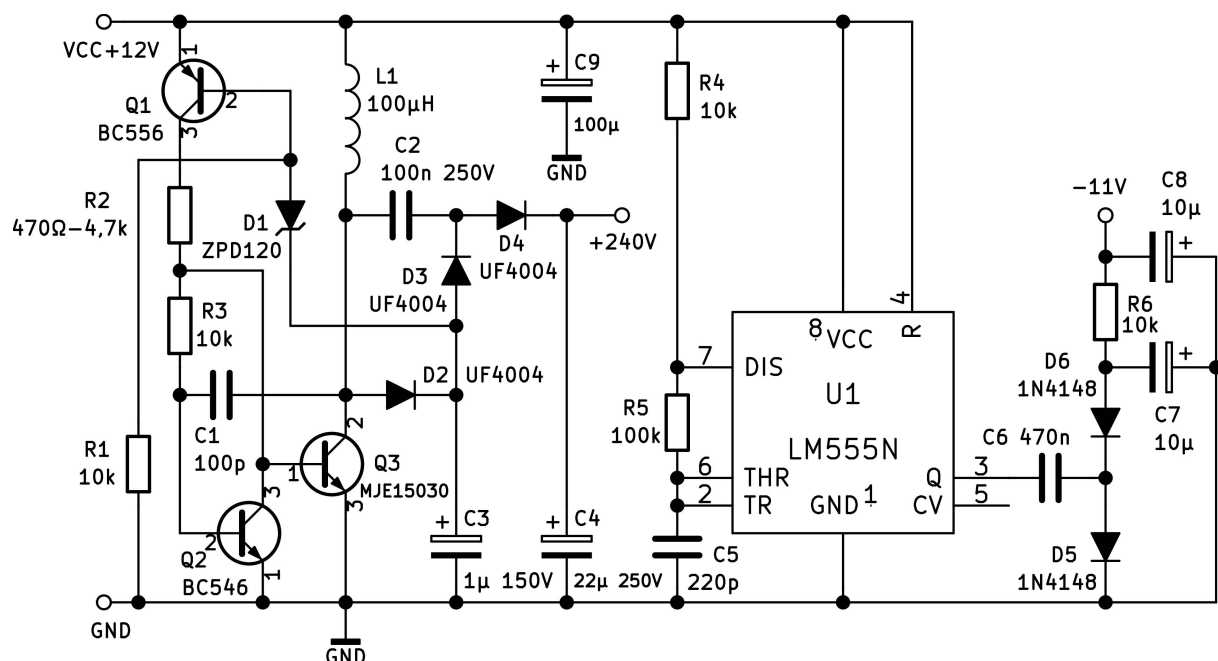
### Variationen des Wandlers:

Die eigentliche Funktion eines Spannungswandlers suggeriert der Wortlaut. Doch entnehmen wir dem Wandler einen bestimmten Strom, spielt auch die maximal erzielbare Leistung eine Rolle. Grund dessen gibt es diverse Wandlerkonzepte und diese entsprechen unterschiedlichen Anforderungen.

Primär zu erwähnen ist die sogenannte Leistungsklasse. Bauteilbedingt können bzw. dürfen maximale Spannungen und Ströme nicht überschritten werden. Dies gilt insbesondere für das Platinendesign. Leiterbahnen müssen den Strömen und deren Abstände den Spannungen angemessen dimensioniert sein. So auf der hier entwickelten Platine mit hauptstromführenden Bahnen bis 3 A (Kupferstärke 35µm,  $\Delta T < 20^\circ C$ ) und Abständen die, unter normalen klimatischen Bedingungen, Gleichspannungen von über 350 V erlauben.

Hauptaugenmerk, für die maximal erreichbare Leistung, gilt bei diesem Wandlerkonzept den Bauteilen Q 2 (MJE 15030), der Wandlerspule (Drahtquerschnitt und Größe des Eisenkerns) sowie zur Spannungsverdopplung dem Kondensator C 2. Obwohl der Schalttransistor deutlich größere Ströme verkräftet und damit für höhere Ausgangsleistungen geeignet, ist der Grenzwert mit ca. 15 Watt an den übrigen Bauteilen erreicht.

In Schaltbild 1 erfolgt die Spannungsregelung über eine Zenerdiode an die Basis eines vorgelagerten PNP- Transistors. Erreicht die Ausgangsspannung die Zenerspannung wird der Transistor Q 1, über dessen Basis das Regelsignal geführt wird, gesperrt. Es erhöht sich in Folge die Widerstandskombination R 2 und des PNP- Transistors Q 1.

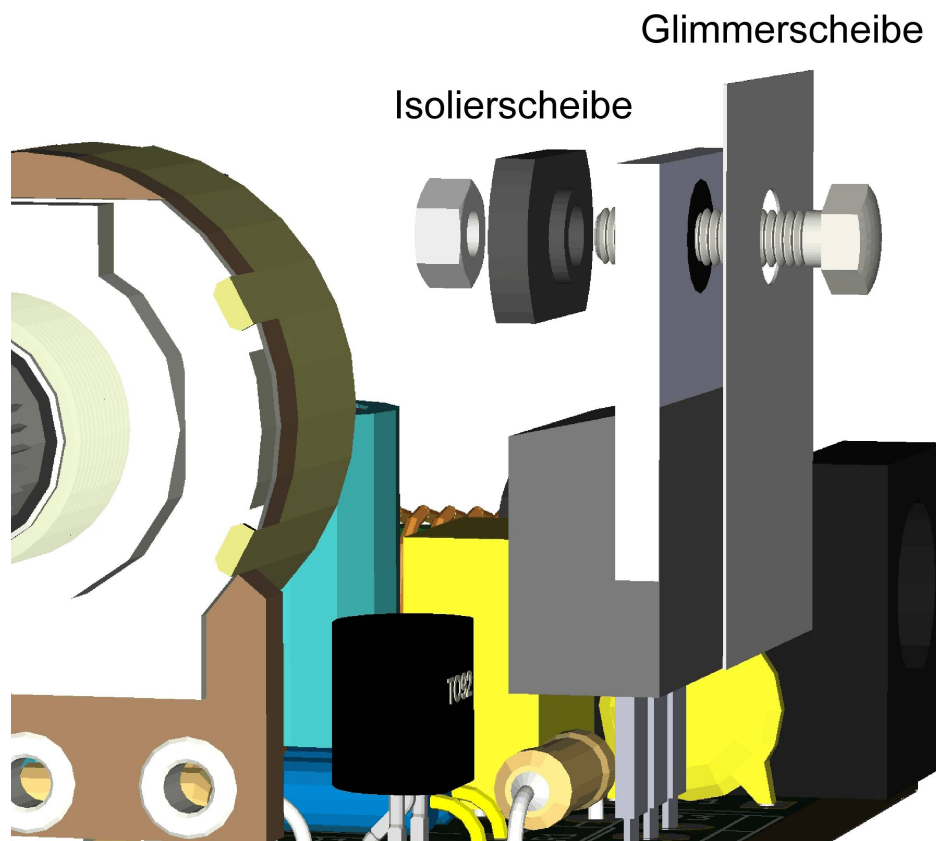


Schaltbild 1

In der zuvor dargestellten Schaltung beträgt die maximale Ausgangsspannung, Grund der schaltungstechnischen Spannungsverdopplung:  $U_{\text{out}} = V_{\text{CC}} + 2 \times U_{\text{Zener}}$ .

Höher spannungsbegrenzende Zenerdioden als 160 V sind selten und sollten nicht verwendet werden. Zum einen ist dies auch die maximale Belastungsspannung des MJE 15030. Zum anderen sind die Leiterbahnabstände der Platine auf maximal 350 V ausgelegt. Die Ausgangsleistung wird von dem Widerstand R 2 bestimmt. Kleinere Werte hinab zu 470  $\Omega$  ermöglichen Ausgangsleistungen bis 12 W (Endstufenbetrieb). Größere Widerstandswerte bis 4,7 k $\Omega$  reduzieren die Ausgangsleistung. Spezifiziert unter Verwendung des Transistors MJE 15030 und geeignet für ausschließliche Vorstufenanwendung. Empfehlenswert ist die Anpassung dieses Widerstands R 2 an die zu entnehmende Ausgangsleistung. Andernfalls kann die Regelfrequenz der Spannungsbegrenzung zu Schwingungen und damit zu Emissionen innerhalb des Hörbereichs (kHz) führen.

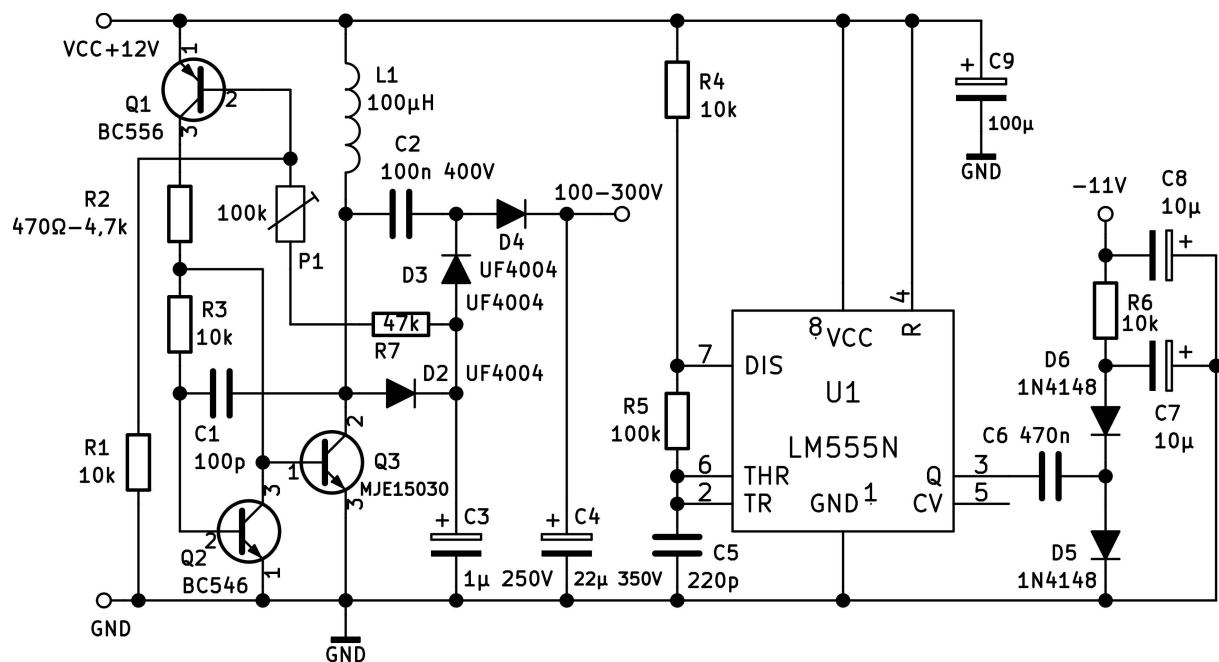
Ausgangsleistungen unter 1 W erfordern keine zusätzliche Kühlung des Leistungstransistors. Bei höherer Leistungsentnahme ist eine thermische Verbindung zu einem metallischen Gehäuse ausreichend. **Achtung:** Eine elektrische Isolation des Transistors zu metallischen Elementen ist zwingend erforderlich!



Wie in vorheriger Abbildung ist ein Leistungstransistor, ohne Isolationsummantlung mit blanker Metalloberfläche, entsprechend mit einer Glimmer- und einer Isolierscheibe von weiteren metallischen, elektrisch leitenden Gehäusewerkstoffen, zu isolieren. Zur idealen thermischen Ableitung sollte die Glimmerscheibe beidseitig mit Wärmeleitpaste bestrichen werden.

Dennoch kann der Wandler unterschiedlich verwendet werden. Transistor Q 1 ist für die Spannungsregelung verantwortlich. Steigt die Basisspannung auf Eingangsspannung (VCC) minus 0,6 V, so sperrt dieser Transistor und hemmt die Ausgangsleistung. Erreicht wird dieses Schaltverhalten mit der Zenerdiode, die bei halber Ausgangsspannung des Wandlers die Spannung abgreift. Vorteil der Anwendung einer Zenerdiode ist die konstante Ausgangsspannung, auch bei wechselnden Betriebsbedingungen wie variablen Eingangsspannungen.

Doch ist diese Diode nicht zwingend erforderlich. Ersetzt man die Zenerdiode durch einen Widerstand, ist ausschließlich das Verhältnis des Spannungsteilers „R 7“ (Gesamtwiderstand aus P 1 + R 7) zu R 1 für die Regelung verantwortlich. Nachteilig allerdings ist hierbei die proportionale Abhängigkeit von Eingangs- zu Ausgangsspannung. Jedoch kann mit Hilfe eines Potis an dieser Stelle die Ausgangsspannung geregelt werden. Am Beispiel des folgend dimensionierten Schaltbild 2 erhält man so ein regelbares 12 Watt „Netzteil“, mit Ausgangsspannungen zwischen 100 V und 300 V, ideal beispielsweise zum Einsatz als Testnetzteil für kleinere Röhren.



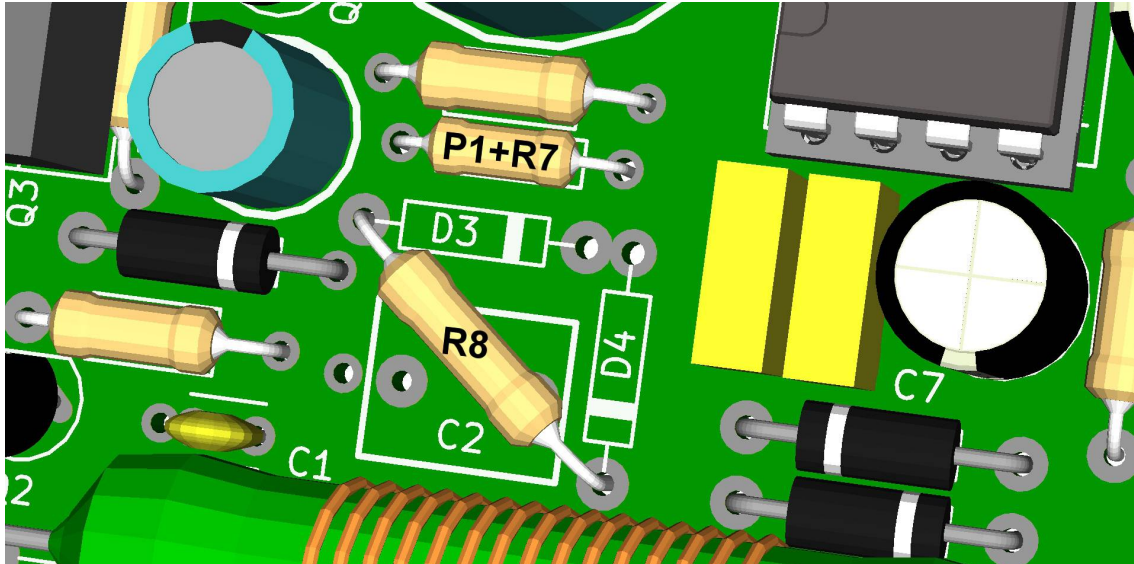
Schaltbild 2

Der Wirkungsgrad der Schaltung liegt in allen Leistungsbereichen über 80 %. Die Verlustleistung beträgt somit bei 10 Watt Leistungsentnahme maximal 2 Watt.

Es wurden auch Langzeitversuche mit 450 V durchgeführt. Der erforderliche 2 kV Test für die Platine ist ebenso erfolgreich vollzogen. Jedoch beschränkt sich dieser ausschließlich auf eine unbestückte Platine (Spannungsüberschlagverhalten). Wie sich dieser Test auf eine Anordnung mit Bauteilen auswirkt ist nicht erprobt. Verständlich, da es in dieser Größenordnung Bauteile mit so hohen Spannungsanforderungen gar nicht gibt. Ein Grenzwert von 250 V scheint für die meisten Röhrenschaltungen jedoch ausreichend. Zu beachten ist grundsätzlich die maximale Spannungsbelastung der Kondensatoren.



Bei der Entwicklung der Platine stand die Nachhaltigkeit im Vordergrund. Anwendung, Reparatur und Bauteilverfügbarkeit, lassen diverse Varianten der Bestückung zu. Mit einem Hochspannungstransistor entsprechend Schaltbild 3 ist die Platine wie folgt dargestellt zu bestücken:



Die Zenerdiode D 1 kann durch einen Widerstand ersetzt werden, dessen Wert  $(P 1 + R 7)$  die Ausgangsspannung bestimmt. Ein schräg über die Diodenkombination eingebrachter Widerstand R 8, glättet die Ausgangsspannung.



## Hinweise zu Bauteilen:

Da die Beschaffung bau- bzw. größengleicher Bauteile oftmals schwierig ist, wurden einige Platzhalter auf der Platine mit zusätzlichen Bohrungen für verschiedene Rastermaße versehen.

Der mittlere Basisanschluss des Transistor Q 1 muss vor seinem Einbau, entgegen der üblichen Einbauart zwischen die beiden außenliegenden Anschlüsse, hin zur abgeflachten Seite des Transistorgehäuses gebogen werden.

Die Bereitstellung einer negativen Spannung, beispielsweise als Gittervorspannung, bewerkstelligt ein Rechteckgenerator mit Hilfe eines 555 ICs. Dieses erzeugt rechteckige Wechselfspannung zur Ansteuerung einer kapazitiven Ladepumpe. Hierbei ist eine negative Hilfsspannung, geringfügig kleiner als die Eingangsspannung, zu erzielen.

Die erreichbaren Ströme liegen nur im Bereich weniger mA, sind aber ausreichend zur Ausführung einer hochohmigen Gittervorspannung. Ggf. kann diese Ausgangsleistung, mit Hilfe eines größeren Kondensators C 6 und verkleinern des Widerstandswerts R 6, erhöht werden. Vorsicht hier bei der Anwendung eines Elektrolytkondensators (C 6), diese mögen die ständigen Wechselfspannungen nicht (vorzeitige Alterung, Polarität beachten).

Als IC 555 ist ein Standard Siliziumbauelement Type NE 555 vorgesehen. Vergleichbare Feldeffekt-ICs unterlaufen der Gefahr, im magnetisch geladenen Zustand der Wandlerspule und Ausschaltmomente während geschlossenem Schalttransistor, kurze Spannungsimpulse zu erleiden, die die Feldeffekthalbleiter zerstören können.

Zum Betrieb des ICs 555 ist eine Minimalspannung von 5 V erforderlich. Maximale Eingangsspannungen von 20 V sind bei Verwendung mit IC nicht zu überschreiten.

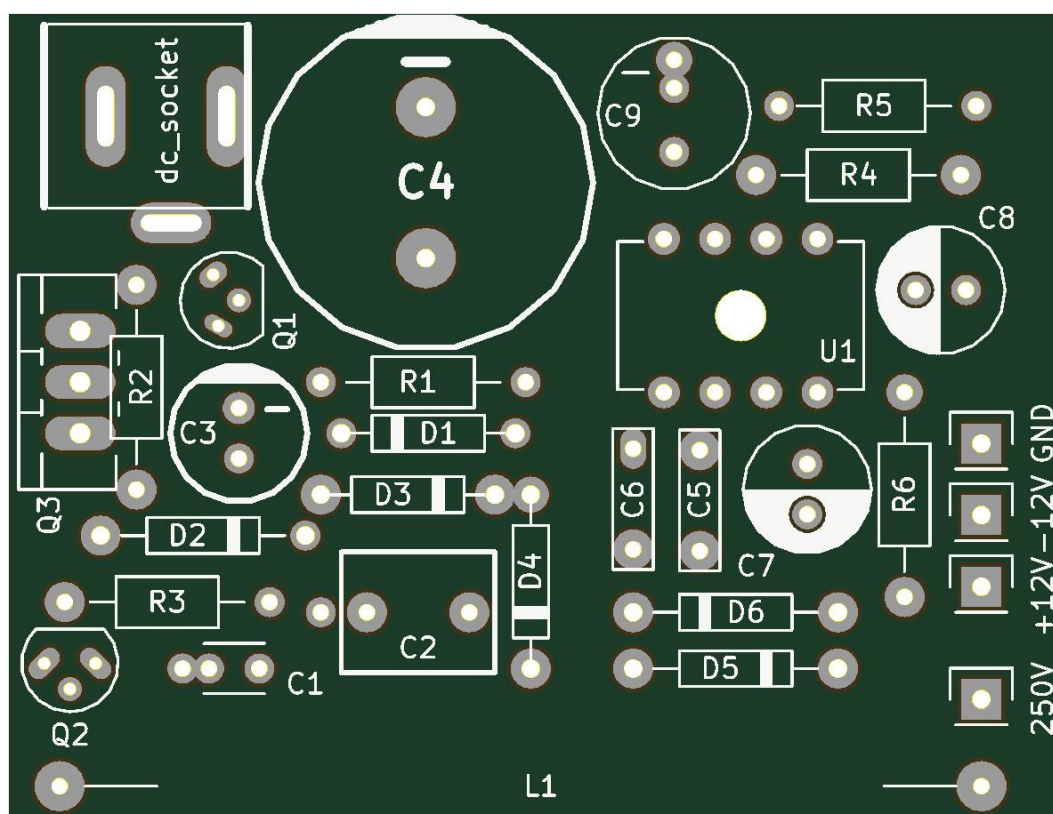
Ist die negative Hilfsspannung nicht erforderlich und wird das IC nicht eingesetzt, kann die Schaltung unter Anpassung der Bauteile mit maximal 48 V Eingangsspannung betrieben werden. Kleine Eingangsspannungen von 1,2 V bis 3,6 V sind ebenso möglich. Die Verlustleistung ( $0,6 V \times I$ ) des Schalttransistors steigt jedoch im Verhältnis zur Ausgangsleistung und bedingt einen geringeren Wirkungsgrad. Die maximal erzielbare Ausgangsleistung verringert sich, mit Eingangsspannungen unter 5 V, ebenfalls auf Werte zwischen 1 und 4 Watt. Bei so geringen Eingangsspannungen ist die Verkleinerung der Wandlerspule auf 20  $\mu$ H mit möglichst großem Drahtquerschnitt anzuraten. Der ohmsche Widerstand der Spule sinkt und erlaubt höhere Schaltströme. Hierbei erhöht sich demzufolge auch die Schaltfrequenz des Wandlers. Schnelle Schaltdioden sind unabdingbar. Der Wandler ist so auch für batteriebetriebene Kleinstverstärker anwendbar. Beispiel DL- Röhrenverstärker mit 100 V Betriebsspannung.

Die hier in dieser 12 Volt Konstellation angegebenen Bauteilwerte entsprechen einer Ausgangsspannung von 240 V und ca. 6 W ( $R 2 = 820 \Omega$  unter Verwendung eines MJE 15030). Bedarfsgerecht für 1 - 2 Watt Gegentakt Class A - oder 3 - 4 Watt Class B - Betrieb.

Der Hochspannungswandler sowie der Wandler für die negative Hilfsspannung sind separat aufgebaut. Entsprechend dem individuellen Bedarf und der Anwendung ist es möglich, die zugehörigen Bauteile der jeweiligen Schaltung nicht zu montieren.

In den hier angegebenen Schaltbildern kann die Schaltung Leistungen bis 12 Watt verarbeiten (R 2 beachten), bei entsprechender Dimensionierung aller Bauteile und einer Eingangsspannung von 12 V. Für noch höhere Ausgangsspannungen ist der Transistor 2 SC 2335 (500 V, 7 A) eine weitere Alternative. Durch Anpassung (Vergrößern) des Widerstands R 2 ist auch hier die Maximalleistung der Schaltung zu begrenzen.

## Platinenbestückung:



### Bauteile:

**Kondensatoren:** hier:  $U_B \approx 250V$  !

**Widerstände (alle 0,6W):**

C 1	100 pF	$> \frac{1}{2} U_B$	RM 3,5 (5)	
C 2	$\geq 100$ nF	$> U_B$	RM 5 (7,5)	max.10 × 6 mm
C 3	$\geq 1$ $\mu$ F	$> \frac{1}{2} U_B$	RM 3,5	$\varnothing$ 8 mm
C 4	$\geq 22$ $\mu$ F	250 V	RM 7,5	$\varnothing$ 16 mm
C 5	220 pF	25 V	RM 5	3 × 8 mm
C 6	$\geq 470$ nF	25 V	RM 5	3 × 8 mm
C 7,8	$\geq 10$ $\mu$ F	25 V	RM 2,5	$\varnothing$ 5 mm
C 9	$\geq 100$ $\mu$ F	25 V	RM 3,5 (5)	$\varnothing$ 8 mm

R 1	10 k
R 2	470 $\Omega$ - 4,7 k
R 3	10 k
R 4	10 k
R 5	100 k
R 6	10 k

### Transistoren:

Q 1	PNP universal: BC 556 (BC 558)
Q 2	NPN universal: BC 546 (BC 548)
Q 3	MJE 15030 (BUT 56AF)

### Dioden:

D 1	ZPD 120	(...50 - 160)
D 2,3,4	1 N 4936	(UF 4004 ...7)
D 5,6	universal:	(1 N 4148)

### Spule:

L 1	100 $\mu$ H	$> 2$ A
-----	-------------	---------

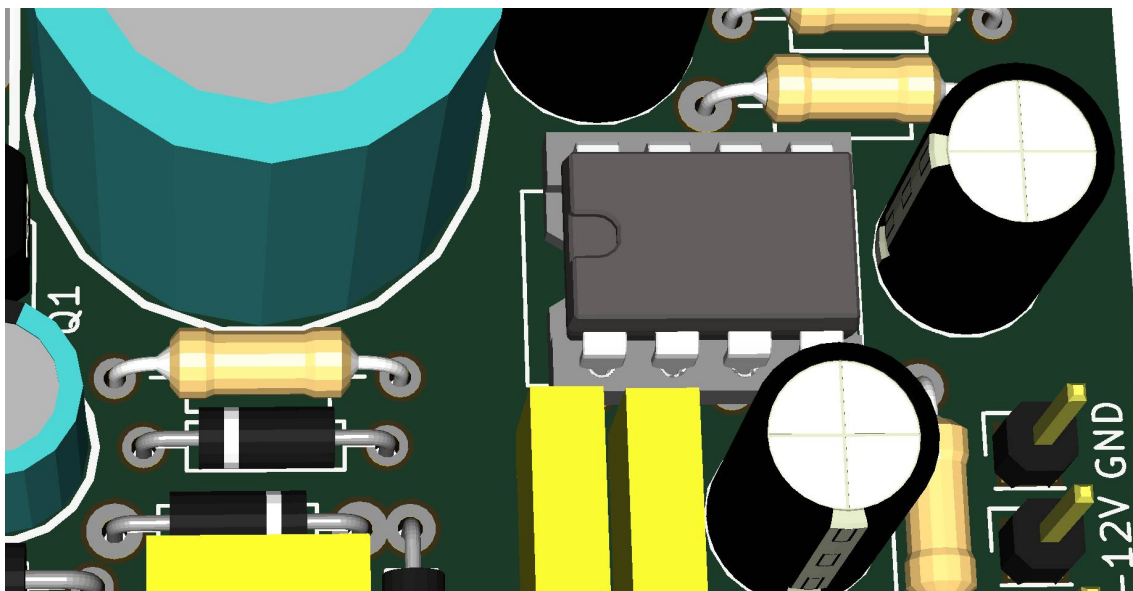
### Sonstiges:

U 1	NE 555	Steckerleiste und Anschlussbuchse
-----	--------	-----------------------------------

Auf der Platine sind zusätzliche Lötäugen für relevante Bauteile vorgesehen, deren Maße, Grund ihrer Spannungsfestigkeit und Bauart, stark differieren. C 1, C 2 und C 9 können deshalb mit abweichenden Rastermaßen montiert werden. Bauteilwerte können gemäß der Verwendung wertmäßig variieren. Die aufgeführten Bauteile entsprechen den Mindestanforderungen einer 250 V Anwendung.

Unterhalb des ICs ist eine Bohrung zur Befestigung der Platine mit metrischen M 2,5 mm Schrauben. Bitte beachten Sie einen ausreichenden Abstand der Leiterbahnen zu metallischen Oberflächen, und verwenden Sie hier als Abstandsbuchse ausschließlich nicht elektrisch leitende Materialien. Montieren Sie die Transistoren gemäß der im Bestückungsdruck kennzeichnend abgeflachten Seite.

Die im Bedarfsfall nötige Zugänglichkeit zur Befestigungsschraube wird mit Hilfe eines IC- Sockels gewährleistet. Dieser Sockel fixiert die 2,5 mm Befestigungsmutter der Platine und ist Grund des steckbaren ICs problemlos erreichbar. Der IC 555 ist wie in folgender Darstellung und an seiner Ausparung erkennbar ein zu setzen.



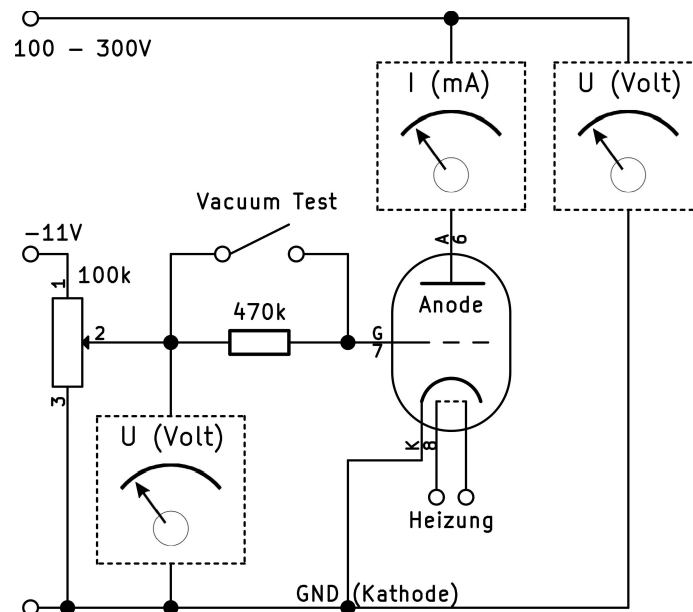
Zur Spannungswandlung sind Schaltfrequenzen von 30 kHz bis 100 kHz gängig, so auch bei diesem Spannungswandler. Aufgrund der Verwendung zwei aufeinander folgenden Spannungswandlern (AC- Schaltnetzteil 230V zu 12 V und DC- Wandler 12V zu 240 V), überlagern sich zwei Grundfrequenzen. Die Differenz (Überlagerung) zweier Frequenzen kann zu einer resultierenden, schwebenden Störfrequenz innerhalb des Hörspektrums führen. Zur Meidung dieser schwebenden Wechselspannung ist eine Verbindung der Schaltungsmasse mit dem Erdpotential des häuslichen Stromnetzes vorteilhaft.

Aus diesem Grund sollte das AC- Schaltnetzteil, gemäß der Schutzklasse 1 zum Betrieb am häuslichen Stromnetz, eine durchgängige Erd- Masseverbindung besitzen (3 polig)!

Der Spannungswandler kann in den dargestellten Schaltbildkonstellationen mit Eingangsspannungen von 5 V bis 19 V betrieben werden. Hierbei ändert sich jedoch die maximal erzielbare Ausgangsleistung. Bauteile, insbesondere der Widerstand R 2 und die Kondensatoren, sind entsprechend den Erfordernissen ggf. an zu passen.

## Verwendung des Wandlers zur Durchführung eines Röhrentest:

Findet an Stelle der Zenerdiode ein Poti zum Spannungsabgleich mit Reihenwiderstand, entsprechend dem Schaltbild 2 Verwendung, lassen sich in folgender Beschriftung Röhren kleinerer Leistung prüfen. Zwecks vielfältigster Testmöglichkeit diverser Röhren ist die Leistung des Wandlers für diese Verwendung mit  $R_2 \leq 470 \Omega$  (MJE 15030) auf Maximalleistung zu dimensionieren.



## Wandler mit halber Ausgangsspannung:

Wer unter Verwendung des Transistors MJE 15030 lediglich eine maximale Ausgangsspannung von 160 V benötigt, kann den Wandler ohne Spannungsverdoppler betreiben. Hierzu Kondensator C 2 entfernen und die Dioden D 3 und D 4 durch einen niedrigen Widerstandswert ersetzen. Vorteil: geringfügig höherer Wirkungsgrad und doppelte Strombelastbarkeit.

## Verwendung innerhalb eines Verstärkers:

Prinzipiell unterscheidet man zwei Arten von Spannungswandlern bzw. Spannungsteilern, zum Einsatz in diversen Verstärkern.

1. Spannungsweiche Wandler entsprechen ihrem Verhalten einem unregulierten Netzteil, deren Leistung begrenzt ist, und deren Ausgangsspannung mit zunehmender Leistungsentnahme abfällt. Dies entspricht der Konstellation (Schaltbild 1) mit Zenerdiode und leistungsangepasstem Widerstand  $R_2$ .
2. Spannungsharte Wandlerung ist eine möglichst konstante Spannungsregelung unter wechselnden Leistungsentnahmen, bis hin zur Entnahme der maximalen Leistung des Wandlers. Eine solche entspricht der Konstellation (Schaltbild 2) mit Widerstand  $(P_1 + R_7 = R_{\text{Ersatz}})$  und minimalem Widerstandswert  $R_2$ .

Das Verhalten eines Wandlers, mit entsprechenden Merkmalen innerhalb eines Verstärkers, gliedert sich wie folgt:

Class A - Verstärker beziehen vom Netzteil (Wandler) einen konstanten Strom, unabhängig von ihrer abgegebenen Leistung. Somit ist hierbei der Einsatz eines spannungsharten Netzteils nicht erforderlich. Auswirkungen bei hoher Leistungsentnahme und damit auf das Übersteuerungsverhalten des Verstärkers hat der Wandler nicht. Im Gegenteil können unter Verwendung einer geregelten Spannung, Regelfrequenzen das Ausgangssignal störend überlagern.

Hingegen ist die Stromentnahme eines Class B - Verstärkers aus einem Netzteil proportional zur Ausgangsleistung. Diese Tatsache ist relevant, während der Verstärker die maximale Leistungsabgabe vollbringt. In dieser Phase ist das Übersteuerungsverhalten des Verstärkers, durch gleichzeitigen plötzlichen Leistungseinbruch des Netzteils, diffizil.

Da wir hier jedoch über Röhrenverstärker sprechen, die ein vollkommen anderes Übersteuerungsverhalten als Transistoren aufweisen und das der Anwendung entsprechend sogar gewollt ist, möchte ich die Diskussion über gut oder schlecht in diesem Zusammenhang unmittelbar abbrechen.

Hi-Fi - Verstärker haben andere Anforderungen als Gitarren- oder Bassverstärker.

Daher an dieser Stelle der Rat des Selbstversuchs, welche Art der Beschaltung eines Wandlers mit seinem eigenen Verstärkerprojekt harmonisiert.

## **Sicherheitshinweise:**

Bitte lesen Sie diese Anleitung sorgfältig, bevor Sie mit dem Zusammenbau und der Inbetriebnahme beginnen. Befolgen Sie die angegebenen Sicherheitshinweise, dies hilft Schäden am fertigen Wandler und Beschädigungen angeschlossener Geräte zu vermeiden. Voraussetzung für den Nachbau dieser elektronischen Schaltung sind fundierte Fachkenntnisse über den Einsatz der Bauteile, das Lötens und Kenntnisse über Folgeschäden, die bei unsachgemäßer Anwendung entstehen.

Vorsicht beim Betrieb des Spannungswandlers, es entstehen Spannungen  $> 200\text{ V}$ .

Bevor Sie die Bauteile der Platine berühren, vergewissern Sie sich, dass die Spannungsversorgung entfernt ist und die Kondensatoren auf der Platine entladen sind.

- Schließen Sie keine Netzspannung an das Gerät an, es besteht Lebensgefahr.
- Es müssen die gültigen VDE- Vorschriften eingehalten werden.
- Prüfen Sie vor Inbetriebnahme den Wandler auf Beschädigung. Nehmen Sie ihn nicht in Betrieb bei sichtbaren Beschädigungen.
- Vermeiden Sie mechanische Beanspruchungen die zu Defekten führen.
- Schützen Sie das Gerät vor Feuchtigkeit und Hitze.
- Betreiben Sie das Gerät nicht in Umgebung mit brennbaren Gasen, Dämpfen oder Staub.

Diese Anleitung wurde erstellt von Wilfried Frohn.

Vervielfältigung und gewerbliche Nutzung dieser Anleitung sind nur mit Genehmigung des Autors erlaubt. Der Autor übernimmt keine Haftung für Schäden.

## Allgemeines zu Bauteilbezeichnungen:

Wichtig beim Einbau einiger Bauteile ist deren Polarität.

Dioden sind mit einem seitlichen Ring gekennzeichnet, dieser zeichnet die Kathode.

Transistoren haben drei Anschlüsse, Emitter (E), Basis (B) und Kollektor (C). Überprüfen Sie diese Zuordnung anhand der Bauteilbeschreibung und ggf. mit Hilfe einer Transistortabelle.

Neuzeitlich häufig verwendete Widerstände sind Metallfilmwiderstände der Reihe E 24 oder E 48. Sie besitzen meist 5 Farbringe. Der letzte Farbring definiert die Toleranz in %.

Gold = 5 %, Rot = 2 %, Braun = 1 %

Die ersten drei Farbringe definieren den Wert, der vierte zeichnet den Multiplikator:

### Farbring 1 – 3:      Farbring 4 (Multiplikator):

Schwarz	= 0	, × 1	
Braun	= 1	, × 10	
Rot	= 2	, × 100	
Orange	= 3	, × 1000	= × 1k
Gelb	= 4	, × 10.000	= × 10k
Grün	= 5	, × 100.000	= × 100k
Blau	= 6	, × 1.000.000	= × 1M
Violett	= 7	, × 10.000.000	= × 10M
Grau	= 8	, × 100.000.000	= × 100M
Weiß	= 9	, × 1.000.000.000	= × 1G

Die Gefahr besteht, den Wert gemäß der Farbringe rückwärts zu interpretieren. Darum die Werte zusätzlich noch einmal mit einem Messgerät kontrollieren!

Kondensatoren werden oft nur mit dem Zahlenwert als Wert in pF bedruckt. Auch hier können Missverständnisse auftreten. Reine Zahlenangaben ohne Buchstabenzusätze können bedeuten:

Beispiel: 1000 entspricht 1000pF bzw. 1nF

**Doch Vorsicht!** Es gibt auch reine Zahlenangaben bei denen die letzte Zahl die Anzahl der noch folgenden Nullen angibt.

Beispiel: 223 entspricht 22000pF bzw. 22nF

Sind die Werte vollständig aufgedruckt, muss gegebenenfalls noch umgerechnet werden. Beispiel: 0,1µF entspricht 100nF. Das F stellvertretend für Farad wird häufig weggelassen. Selten, aber dennoch möglich, sind Farbkennzeichnungen bei Kondensatoren. Diese entsprechen den Farb- Zahlzuordnungen der Widerstandskennzeichnung.