

# Transistor-Mikrofon-Vorverstärker TVV 1

**Der neue Mikrofon-Vorverstärker ist in bewährter Transistortechnik aufgebaut und bietet so ein außergewöhnliches Preis-/Leistungsverhältnis. Der Verstärker ist speziell für den Anschluss von dynamischen Mikrofonen mit einer niedrigen Eingangs-impedanz konzipiert und bietet eine hohe Verstärkung bei geringem Eigenrauschen.**

## Allgemeines

Mikrofone lassen sich prinzipiell in zwei große Gruppen unterteilen: die Elektret-Kondensator-Mikrofone und die dynamischen Mikrofone. Beiden gemeinsam ist, dass sie grundsätzlich am Schallaufnehmer, d. h. an der Elektret-Kapsel oder an der Spule, ein sehr geringes Nutzsignal erzeugen. Das Ausgangssignal eines Elektret-Schallaufnehmers steht jedoch an einem extrem hohen Innenwiderstand zur Verfügung. Dies bedeutet, dass es sehr empfindlich gegen Störungen ist. Daher befindet sich in jedem Elektret-Mikrofon ein eingebauter Verstärker, der das sehr

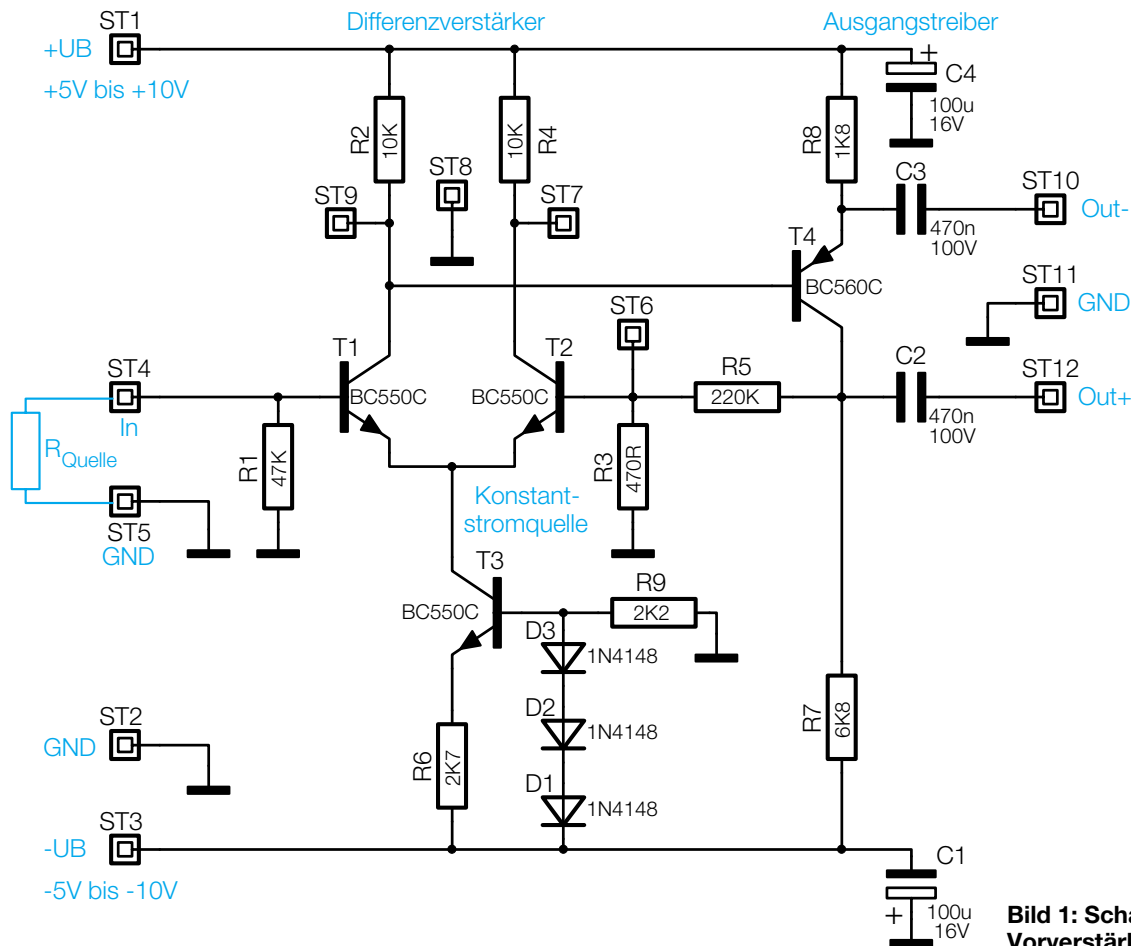
kleine und störanfällige NF-Signal verstärkt und in der Impedanz wandelt, damit es ohne Probleme weiterverarbeitet werden kann. Da hier selbst kürzeste Signal-

wege vermieden werden müssen, sind Schallaufnehmer und Verstärker in einem Gehäuse untergebracht.

Demgegenüber sind die dynamischen

### Technische Daten: TVV 1

Verstärkung: Ausgang „Out+“:	≈ 40 dB 100fach/Ausgang „Out-“:	≈ 30 dB 32fach
Eingangsspannung: .....	3 mV (nominal)	
	- für $K \leq 0,3\%$ max. 6 mV/ - für $K \leq 1\%$ max. 12 mV	
Quellenwiderstand: .....	max. 1 k $\Omega$	
Klirrfaktor: .....	$K \leq 0,22\%$ @ 400 Hz/ $K \leq 0,2\%$ @ 1 kHz	
Frequenzgang (-1dB): .....	<10 Hz bis >20 kHz	
Signal/Rauschabstand: .....	≥ 60 dB @ $U_{in} = 3$ mV/≥ 70 dB @ $U_{in} = 12$ mV	
Spannungsversorgung: .....	±5 V bis ±10 V	
Stromaufnahme: .....	+ $U_B$ : max. 2 mA/- $U_B$ : max. 6 mA	
Platinenabmessungen: .....	45 x 41 mm	



**Bild 1: Schaltbild des Mikrofon-Vorverstärkers**

Mikrofone (z. B. ELV-Best.Nr.: 14-302-00 oder ELV-Best.Nr.: 14-116-94) störsicherer. Sie geben zwar auch nur sehr kleine Signalspannungen ab, aber diese stehen an einem kleinen Innenwiderstand zur Verfügung. Der Quellenwiderstand liegt hier im Allgemeinen bei ca. 600 Ω. Er resultiert aus dem inneren Aufbau eines solchen Mikrofons.

Prinzipiell ist ein solches Mikrofon aufgebaut wie ein Lautsprecher, mit Membrane, Tauchspule und Permanentmagnet. Nur der Signalweg ist beim Mikrofon umgekehrt: Die Membrane wird beim Besprechen des Mikrofons durch die Schwingungen der Luft in Bewegung gesetzt. Die mit der Membrane verbundene Tauchspule bewegt sich dadurch im Permanentmagneten und erzeugt so gemäß dem Induktionsgesetz eine Signalspannung, die ein Abbild der Schwingung der Luft ist. Da die Tauchspule im Prinzip ein aufgewickelter Draht ist, ist auch dessen Widerstand, d. h. der Quellenwiderstand des Mikros sehr klein. Ein in der Praxis typischer Wert ist hier 600 Ω.

Um eine möglichst hohe Empfindlichkeit des Mikrofones zu erreichen, wird versucht, die durch die Luft zu bewegende Masse möglichst klein zu halten. Dies steht jedoch im Widerspruch zu einer möglichst hohen Ausgangsspannung, da diese nur mit vielen Spulenwindungen realisierbar

ist. Somit geben dynamische Mikrofone nur relativ kleine Pegel ab. Im Allgemeinen liegt die Ausgangsspannung bei „normaler Besprechung“ bei max. 30 mV<sub>ss</sub>.

Dieser Pegel ist für normale Line-Eingänge, wie sie in der Audio-Technik bei jedem NF-Verstärker, jeder Soundkarte usw. zu finden sind, zu klein. Selbst bei ganz aufgedrehtem Lautstärkereglern ist das Signal kaum hörbar. Dies ist auch nicht weiter verwundernswert, da ein Line-Eingang normal für einen Pegel von einigen hundert Millivolt ausgelegt ist. Um ein normales dynamisches Mikrofon anschließen zu können, ist somit ein Vorverstärker mit ca. 100facher Verstärkung von Nöten. Mit der geforderten Verstärkung von ca. 100 und der Anpassung an die niederohmige Quellenimpedanz des Mikrofones sind zwei wesentliche Parameter der im Folgenden beschriebenen Schaltung festgelegt.

### Schaltung

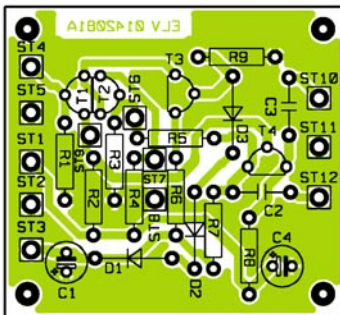
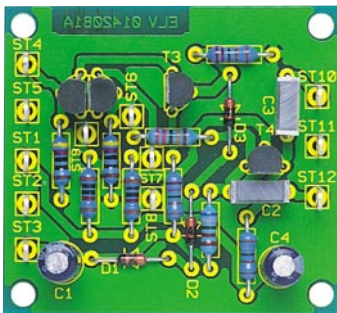
Die Schaltung des Transistor-Mikrofon-Vorverstärkers ist in Abbildung 1 dargestellt. Prinzipiell ist hier ein Differenzverstärker mit nachfolgendem Pufferverstärker zu sehen.

Der klassische Differenzverstärker ist so ausgelegt, dass beide Transistoren den gleichen Arbeitspunkt besitzen, d. h. den gleichen Kollektorstrom führen und die

gleiche Kollektor-Emitter-Spannung besitzen. Dies ist aber nur so, wenn beide exakt gleich beschaltet sind, und selbst unter dieser Voraussetzung ist der gleiche Arbeitspunkt nur in der Theorie vorhanden. In der Praxis wirken sich die unterschiedlichen Transistorparameter aus, sodass es leichte Unterschiede zwischen den Arbeitspunkten gibt.

In der hier vorgestellten Schaltung ist dazu noch zu bedenken, dass der Innenwiderstand der am Eingang angeschlossenen Quelle „R<sub>Quelle</sub>“ den Arbeitspunkt mitbestimmt. Er ist in die theoretische Betrachtung mit einzubeziehen. Der Widerstand R 1 ist somit nicht der im Normalbetrieb wirksame Basiswiderstand, sondern dieser wird durch die Quelle gebildet. Weiterhin „stört“ auch der über den Pufferverstärker T 4 fließende Basisstrom die Symmetrie.

Der tatsächlich im Differenzverstärker fließende Kollektorstrom wird durch die Konstantstromquelle vorgegeben. Diese ist mit dem Transistor T 3 und Beschaltung aufgebaut. Der konstante Strom ergibt sich dabei aus der Stromgegenkopplung durch den Emitterwiderstand R 6 bei definierter Basisspannung. In der hier verwendeten Dimensionierung fließt ein Konstantstrom von ca. 500 μA. Dieser wird beim idealen Differenzverstärker theoretisch zu gleichen Teilen auf beide Transistoren aufgeteilt. Aufgrund oben erwähnter Umstände fließt



**Ansicht der fertig bestückten Platine des TVV 1 mit zugehörigem Bestückungsplan**

hier durch T 1 ein etwas kleinerer Strom. Der Unterschied liegt aber im Bereich von einigen 10  $\mu$ A. Somit stellt sich auch an den Kollektoren eine leicht unterschiedliche Spannung ein; bei 5 V Betriebsspannung liegen ca. 2,7 V an.

Die Kollektorspannung an T 1 stellt durch die direkte Kopplung gleichzeitig die Basisspannung von T 4 dar. Somit ist auch hier der Arbeitspunkt vorgegeben – es wird sich je nach Betriebsspannung ein Kollektorstrom von ca. 1 mA einstellen.

Das Mikrofonsignal wird über den Anschluss ST 4 („In“) auf die Basis des Transistors T 1 gegeben. Am Kollektor steht das NF-Signal dann verstärkt und mit 180° Phasendrehung an. Mit der direkten Kopplung auf den Ausgangsverstärker gelangt die Signalspannung auf den Transistor T 4. Dieser sorgt, bezogen auf den Ausgang „Out+“, noch mal für eine Pegelanhebung um den Faktor 3, d. h. für weitere 10 dB Verstärkung und für eine weitere Phasendrehung von 180°. Somit ist das Ausgangssignal an „Out+“ in Phase mit dem Eingangssignal. Bezogen auf den Ausgang „Out-“ erfolgt keine weitere Verstärkung und auch keine Phasendrehung. So sorgt der Transistor-Mikrofon-Vorverstärker insgesamt für eine Pegelanhebung von 30 dB für „Out-“ bzw. von 40 dB für „Out+“.

## Nachbau

Der Aufbau der Transistor-Mikrofon-Vorverstärkers gestaltet sich sehr einfach und ist auch für Elektronik-Neulinge ohne Probleme durchführbar. Der übersichtliche Aufbau mit konventionell bedrahteten

Bauelementen gewährleistet dabei die sehr hohe Nachbausicherheit. Die Schaltung findet auf der 41 mm x 45 mm messenden Platine Platz. Da der Haupteinsatzzweck im Einbau in bestehende Verstärker liegt, ist kein Gehäuse vorgesehen. Die Platine ist mit 4 Befestigungsbohrungen ausgestattet und lässt sich so problemlos in ein kleines Gehäuse einsetzen. So kann beispielsweise das Mini-Installationsgehäuse (ELV-Best.Nr.: 14-171-22) mit den Außenabmessungen 75 x 50 x 19 mm für die Installation genutzt werden, wobei das Gehäuse dann auch noch groß genug ist, um Ein- und Ausgangsbuchsen aufzunehmen.

Der Aufbau der Schaltung erfolgt anhand der Stückliste und des Bestückungsdruckes. Im ersten Schritt der Bestückungsarbeiten werden die Widerstände eingesetzt. Diese sind auf das richtige Rastermaß abzuwinkeln, von der Oberseite einzusetzen und von der Lötseite vorsichtig zu verlöten. Beim anschließenden Einbau der drei Dioden muss die Polung beachtet werden. Die Markierung im Bestückungsdruck kennzeichnet die Katode, genauso wie der farbige Ring am Bauteil.

Da Folienkondensatoren ungepolt sind, muss beim Einsetzen dieser Typen (C 2 und C 3) nicht auf die Polung geachtet werden. Im Gegensatz dazu ist aber bei den beiden Elektrolyt-Typen C 1 und C 4 die korrekte Polarität unbedingt sicherzustellen. Hier ist am Bauteil der Minuspol gekennzeichnet, während im Bestückungsdruck der Pluspol markiert ist.

Die Bestückung der Transistoren erfordert keinen gesonderten Hinweis auf die Polung, da hier die Beinanordnung die korrekte Einbaulage vorgibt. Somit sind schon alle elektrischen Komponenten eingebaut; die noch fehlenden Lötstifte können nach Bedarf eingesetzt werden. So sind für den üblichen Betrieb als Mikrofon-Vorverstärker eigentlich nur die Stifte am Platinenrand (ST 1 bis ST 5 und ST 10 bis ST 12) erforderlich. Damit ist der Nachbau abgeschlossen. Vor der folgenden Inbetriebnahme sollte die Platine sorgfältig auf korrekte Bestückung und Lötzinnbrücken hin untersucht werden.

## Inbetriebnahme

Da das Gerät keine Abgleichpunkte besitzt, ist die Inbetriebnahme recht einfach. Zur Funktionskontrolle sollte das Gerät an eine entsprechende Spannungsversorgung ( $\pm 5$  V bis  $\pm 10$  V mit einer Strombelastbarkeit von einigen Milliampere) angeschlossen werden. Nach dem Anschluss eines dynamischen Mikrofones an den Eingang „In“ und der Verbindung des NF-Ausganges (zunächst „Out+“) mit einem freien Line-Eingang (z. B. Aux, Tape-In, Tuner

## Stückliste: Transistor-NF-Vorverstärker TVV 1

### Widerstände:

470 $\Omega$ .....	R3
1,8k $\Omega$ .....	R8
2,2k $\Omega$ .....	R9
2,7k $\Omega$ .....	R6
6,8k $\Omega$ .....	R7
10k $\Omega$ .....	R2, R4
47k $\Omega$ .....	R1
220k $\Omega$ .....	R5

### Kondensatoren:

470nF .....	C2, C3
100 $\mu$ F/16V .....	C1, C4

### Halbleiter:

BC550C .....	T1-T3
BC560C .....	T4
1N4148 .....	D1-D3

### Sonstiges:

Lötstifte mit Lötöse .....	ST1-ST12
----------------------------	----------

etc.) eines NF-Verstärkers, arbeitet das Gerät bereits. Das Mikrofonsignal sollte beim Besprechen gut hörbar sein. Ist dies der Fall, so kann auch noch der Ausgang „Out-“ geprüft werden. Hier ist das Ausgangssignal aufgrund der geringeren Verstärkung etwas kleiner.

Wer genauere Messungen vornehmen möchte, testet die Schaltung mit Signalgenerator und Oszilloskop. Dabei ist aber zu beachten, dass der Eingang unbedingt mit max. 600  $\Omega$  Quellenwiderstand beschaltet sein muss. Der Eingangspegel sollte im Bereich von 3 mV bis 12 mV liegen. Am Ausgang „Out+“ stellte sich dann ein Pegel von 300 mV bis 1,2 V ein, während am Ausgang „Out-“ etwa 100 mV bis 400 mV anliegen sollten.

Nach erfolgreicher Inbetriebnahme kann die Schaltung dann zum Einsatz kommen. Die Auswahl, welcher Ausgang benutzt werden sollte, hängt vom Anwendungsfall ab. Wird eine große Verstärkung benötigt, so ist der Ausgang an ST 12 („Out+“) zu verwenden. Wird die hohe Verstärkung nicht benötigt, d. h. der Eingang der nachfolgenden Endstufe arbeitet auch mit kleinerem Signalpegel zufriedenstellend, so ist der Ausgang ST 10 („Out-“) vorzuziehen. Der Vorteil ist hier der bessere -1-dB-Frequenzgang von 10 Hz bis 40 kHz. Im Allgemeinen wird aber die gesamte Verstärkung benötigt, sodass in den meisten Fällen der Ausgang „Out+“ zum Einsatz kommen wird.

Diese kleine Schaltung ist eine sinnvolle Erweiterung zu vielen HiFi-Verstärkern, die meist keinen separaten Mikrofon-Eingang mehr besitzen. Mit dem neuen Transistor-Mikrofon-Vorverstärker lassen sich dynamische Mikrofone problemlos an NF-Endverstärker anschließen. **ELV**