

# **Telefunken**

# **V672**

**The following is an excerpt from the Textbook:  
"Handbuch der Studiotechnik"  
by M. Dickreiter 1978**

**The text is written in German but the technical  
details of the unit are understandable in  
any language**

$R_i$  setzt sich zusammen aus der Parallelschaltung von 5 Ausgängen mit je  $1280 \Omega$  (je  $200 \Omega$  in Reihe mit zweimal  $500 \Omega$  und zweimal  $40 \Omega$ ).

Die Spannung aus dem Knotenpunkt ist bis zur Sekundärwicklung des AU 74 $\varepsilon$  um 55 dB gedämpft worden. Der durch die Wicklung 7-8 des Übertragers fließende Strom induziert in die Wicklung 5-4, die den Abzweigausgang darstellt, eine Spannung von  $300 \mu V \approx -68 \text{ dBm}$ . Bezogen auf den Normpegel +6 dBm beträgt die Übersprechdämpfung zwischen den Kanälen etwa 74 dB.

#### 7.6.4

##### Nullohm-Knotenpunkttechnik

Die Nullohm-Knotenpunkttechnik ist aus einer Verstärkerschaltung hervorgegangen, bei der der Eingangswiderstand gegen  $0 \Omega$  geht. Die Schaltung der Verstärker mit einem extrem niederohmigen Eingangswiderstand, der zur Stromsteuerung erforderlich ist, konnte erst mit Einführung der Transistorstechnik verwirklicht werden. Die bisher in der Studiotechnik bekannte Widerstandsüberanpassung wurde damit zum ersten Male verlassen. Moderne Regieanlagen sind durch den Einsatz transistorisierter Verstärker in der Nullohm-Knotenpunkttechnik gekennzeichnet. Die Systemeigenschaften solcher Regieanlagen werden entscheidend durch das Verhalten dieser Verstärkertypen bestimmt. In dieser Technik sind die Typen V 675 und V 672 (Telefunken) und V 275/0 (Siemens) entwickelt worden. Da sich der Verstärkertyp V 675 nicht so durchsetzen konnte, sollen hier nur die zwei zuletzt genannten Typen beschrieben werden. Gemeinsam sind ihnen vor allem folgende Eigenschaften:

- niederohmiger Eingangswiderstand ( $< 5 \Omega$ ),
- Übersteuerungssicherheit bis  $+26 \text{ dBm} \approx 20 \text{ dB}$ ,
- geringer Klirrfaktor (bei Übersteuerungsgrenze 0,5 %),
- Übertragungsbereich 30 Hz bis 16 000 Hz,
- hoher Geräuschspannungsabstand,
- Betriebsspannung  $+24 \text{ V}$ ,
- geringe Leistungsaufnahme,
- stabiler Betrieb zwischen  $-20^\circ\text{C}$  und  $+60^\circ\text{C}$ ,
- geringer Platzbedarf.

Mit diesen Eigenschaften gewährleisten beide Verstärkertypen in den Schaltungen der Regieanlagen elektrisch stabile Verhältnisse und hohe Zuverlässigkeit. Die Verstärker sind nicht für bestimmte Schaltungsaufgaben spezialisiert, wie das z. B. bei den röhrenbestückten Verstärkertypen der Fall ist, sondern als Universalverstärker für vielfältige Einsatzmöglichkeiten geeignet. Beide Verstärker können mit ihren Eigenschaften fast alle Funktionen innerhalb einer Tonstudioanlage übernehmen. Dadurch wird sich in Zukunft die Typenvielfalt der Verstärker - zum Vorteil der Anwender - verringern können.

#### 7.6.4.1

##### Mehrzweckverstärker V 672

Der V 672 (Telefunken) ist ein Mehrzweckverstärker; er wird in Regieanlagen u. a. als Pegelverstärker (7.6.4.1.1), Sammelschienenverstärker

(7.6.4.1.2), Trenn- und Verteilverstärker (7.7.1) sowie zur Summen- und Differenzbildung (7.11.3) eingesetzt.

Der Verstärker hat einen Eingang, der erdfrei, symmetrisch und mit  $< 5 \Omega$  Impedanz sehr niederohmig ist. Höhere Eingangsimpedanzen werden durch außen vorgeschaltete Widerstände  $R_L$  realisiert (Bild 7/622). Seine Verstärkung ist definiert als Differenz zwischen dem Ausgangspegel und dem Eingangspegel vor dem Vorwiderstand  $R_L$ , der symmetrisch auf beide Adern aufgeteilt wird. Sie ist von negativen Werten über 0 bis maximal 43 dB durch äußere Beschaltung mit einem Vorwiderstand  $R_L$  ( $= 2 \cdot 1/2 R_L$ ) und einem Gegenkopplungswiderstand  $R_G$  einstellbar. Zusätzlich kann ein Verstärkungsfeinabgleich über einen Bereich von  $\pm 1,5$  dB mittels eines von der Frontplatte zugänglichen Trimmstellers (Schraubenzieherbetätigung) ausgeführt werden.

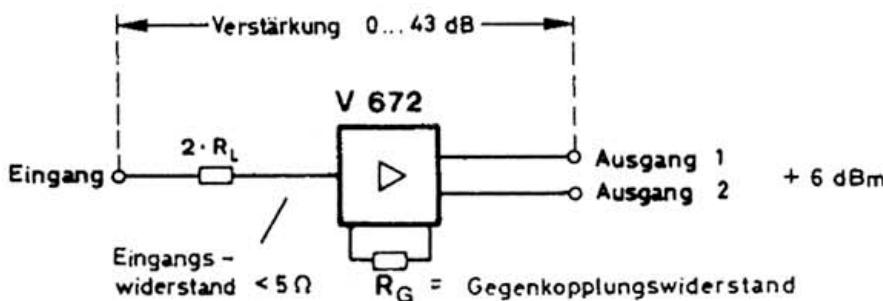


Bild 7/622. Mehrzweckverstärker V 672,  $R_L$  = Längswiderstand (Vorwiderstand),  $R_G$  = Gegenkopplungswiderstand.

Der Zusammenhang zwischen Verstärkungsfaktor  $v$ , Vorwiderstand  $R_L$  und Gegenkopplungswiderstand  $R_G$  ist gegeben durch die Beziehung:

$$v \approx \frac{R_G [k\Omega] + 8,2}{R_L [k\Omega]} \cdot 1,2$$

Alle für  $v$  bzw.  $R_L$  gewünschten Werte können nach dieser Formel errechnet oder dem Diagramm (Bild 7/623) entnommen werden. Aus diesem Diagramm ist außerdem die Rückdämpfung zwischen zwei über Vorwiderstände an den Verstärkereingang angeschlossene Quellen mit  $200 \Omega$  und  $40 \Omega$  Quellimpedanz ablesbar.

Die Kurven gelten nur für folgende Schaltung der Ausgangsübertrager: Wicklung I+II in Serie, Brücke 17-21. Die Summe der Vorwiderstände darf einen Minimalwert von  $80 \Omega$  nicht unterschreiten und eine eingangsseitige Parallelschaltung mehrerer V 672 darf nur vor den Widerständen  $R_L$  erfolgen.

Der Verstärker V 672 besitzt zwei gleichstromfrei an die Transistorstufen angekoppelte Ausgangsübertrager mit gleichen elektrischen Daten. Jeder Übertrager hat zwei getrennte Sekundärwicklungen, deren Anschlüsse an die Steckerleiste geführt sind und einzeln oder zusammengeschaltet verwendet werden können. Somit stehen je Gerät maximal vier symmetrische, erdfreie Ausgänge zur Verfügung. Außerdem ist noch ein unsymmetrischer Ausgang vorhanden. Durch unterschiedliche Zusammenschaltung der symmetrischen Ausgänge bzw. Außewicklungen und zusätzlich durch primärseitige Umschaltung des Ausgangsübertragers 2 sind die Ausgangsdaten des Ver-

stärkers variierbar. Über die möglichen Kombinationen und ihren Einfluß auf Ausgangsscheinwiderstand, Ausgangspegel und Nennabschluß gibt die Tabelle Aufschluß.

Tabelle der Ausgangsdaten

Zahl der symm. Ausgänge	Ausgangsübertrager	Wicklung I/II	Brücke	Spannungsübersetzungsgesetzmäßigkeiten	Ausgangsscheinwiderstand [Ω]	Nennabschluß [Ω]	max. Ausgangspegel [dBm]	Δ v [dB]
-D-	AÜ 1 oder AÜ 2	In Serie	21-17	1:2	45	300	+ 22	0
	AÜ 1 oder AÜ 2	parallel		1:1	15	75	+ 16	- 6
	AÜ 1 } in Serie	in Serie		1:4	90	1200	+ 28	+ 6
	AÜ 2 } in Serie	parallel		1:2	22,5	300	+ 22	0
	AÜ 1 } parallel	in Serie		1:2	22,5	300	+ 22	0
	AÜ 2 } parallel	parallel		1:1	7,5	75	+ 16	- 6
	AÜ 1	In Serie		1:2	45	600	+ 22	0
	AÜ 1	parallel	-	1:1	15	150	+ 16	- 6
-D-	AÜ 2	In Serie	21-17	1:2	45	600	+ 22	0
	AÜ 2	parallel		1:1	15	150	+ 16	- 6
	AÜ 1	In Serie	-	1:2	45	600	+ 19	0
	AÜ 1	parallel		1:1	15	150	+ 13	- 6
-D-	AÜ 2	In Serie	21-16	1:2,8	65	1200	+ 22	+ 3
	AÜ 2	parallel		1:1,4	20	300	+ 16	- 3
	AÜ 1	I	-	1:1	22,5	300	+ 16	- 6
	AÜ 1	II	-	1:1	22,5	300	+ 16	- 6
-D-	AÜ 2	I	21-17	1:1	22,5	300	+ 16	- 6
	AÜ 2	II		1:1	22,5	300	+ 16	- 6
	AÜ 1	I	-	1:1	22,5	300	+ 13	- 6
	AÜ 1	II	-	1:1	22,5	300	+ 13	- 6
-D-	AÜ 2	I	21-16	1:1,4	25	600	+ 16	- 3
	AÜ 2	II		1:1,4	25	600	+ 16	- 3

Die dem Diagramm (Bild 7/623) für verschiedene Werte von  $R_L$  und  $R_G$  entnehmbare Grundverstärkung  $v$  bezieht sich auf AÜ 1 mit in Serie geschalteten Wicklungen.  $\Delta v$  gibt die Abweichung von dieser Verstärkung für die verschiedenen Ausgänge eines Verstärkers bei den Bedingungen laut Tabelle an.  $\Delta v$  muß beim Einstellen der Grundverstärkung zur Erreichung der gewünschten Gesamtverstärkung also berücksichtigt werden.

Gemäß den obigen Ausführungen können Eingangswiderstand, Verstärkung und Ausgangsdaten des V 672 durch entsprechende Beschaltung der Buchsenleiste im Einschubträger den jeweiligen Anforderungen angepaßt werden. Jed Verstärker erhält somit seine für einen bestimmten Einsatz erforderlichen Eigenschaften erst durch das Einschieben in Einschubträger in Verbindung mit der äußeren Beschaltung. Seine speziellen Daten sind also nicht gerät- sondern platzgebunden. Dadurch ist es möglich, für unterschiedliche Aufgaben eingesetzte Geräte gegeneinander auszutauschen oder zu ersetzen, ohne daß die am jeweiligen Einsatzort erforderlichen Betriebswerte verändert werden.

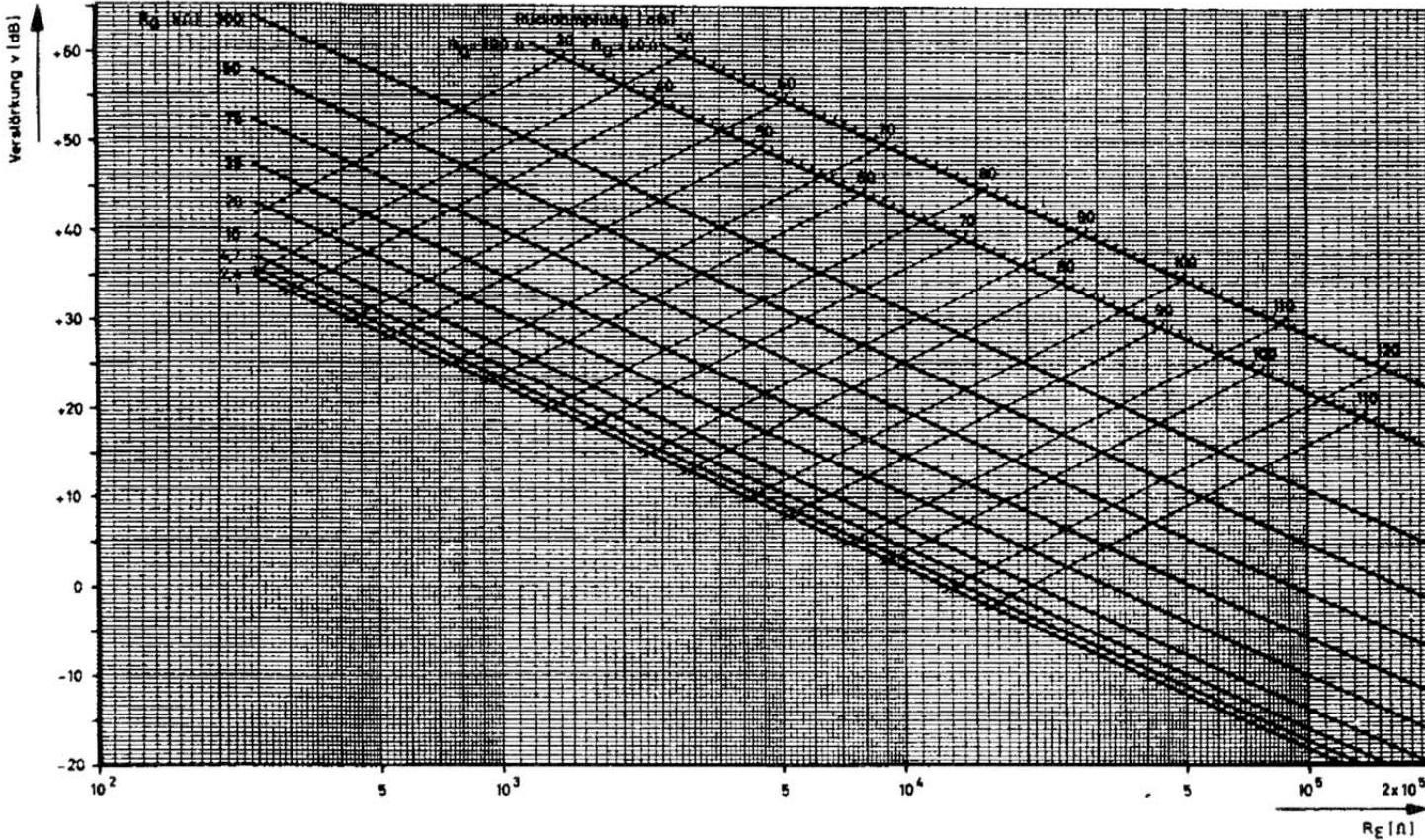


Bild 7/623. Zusammenhang von Verstärkung v, Vorwiderstand  $R_L$  und Gegenkopplungswiderstand  $R_G$  beim V 672.

#### 7.6.4.1.1

##### V 672 als Pegelverstärker

Die Anwendung als Pegelverstärker zeigt Bild 7/624.

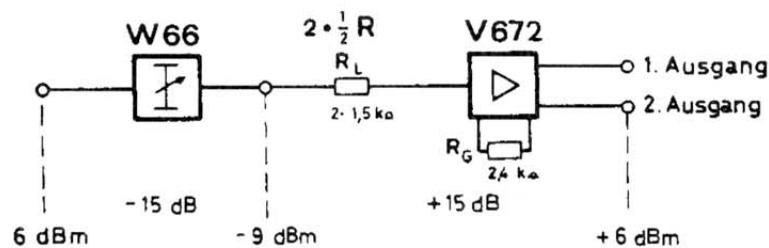


Bild 7/624. Anwendung des V 672 als Pegelverstärker mit 15 dB Verstärkung.

In diesem Anwendungsfall hat der Verstärker die Aufgabe, den Ausgangspegel eines passiven Pegelstellers von -9 dBm wieder auszugleichen und auf den Nennwert anzuheben. Die aufzubringende Verstärkung von 15 dB wird durch die Widerstände  $R_L$  und  $R_G$  eingestellt. Die dafür günstigen Widerstandswerte können aus dem Diagramm (Bild 7/623) entnommen werden.

Werden aktive Pegelsteller verwendet - z. B. W 690 -, die einen Ausgangspegel von +6 dBm liefern, ist keine Verstärkung erforderlich (Bild 7/625). In diesem Anwendungsfall erfüllt der V 672 nur noch die Funktion eines Abzweigverstärkers.

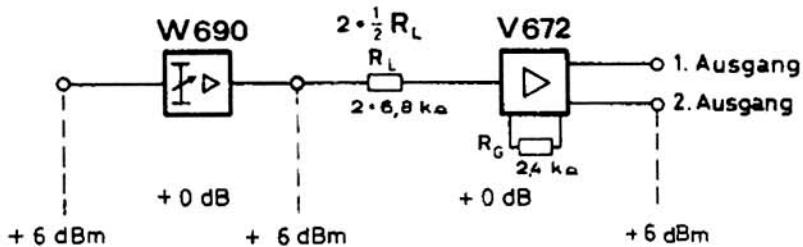


Bild 7/625. Anwendungsbeispiel V 672 als Pegelverstärker mit 0 dB Verstärkung.

Bei Einsatz als Pegelverstärker wird meist nur ein Ausgang benötigt.

#### 7.6.4.1.2

##### V 672 als Sammelschienenverstärker

Besonders gut eignet sich der Verstärker zur Aufhebung der Knotenpunkt-dämpfung von Sammelschienen. Bild 7/626 zeigt den Einsatz als Sammelschienenverstärker.

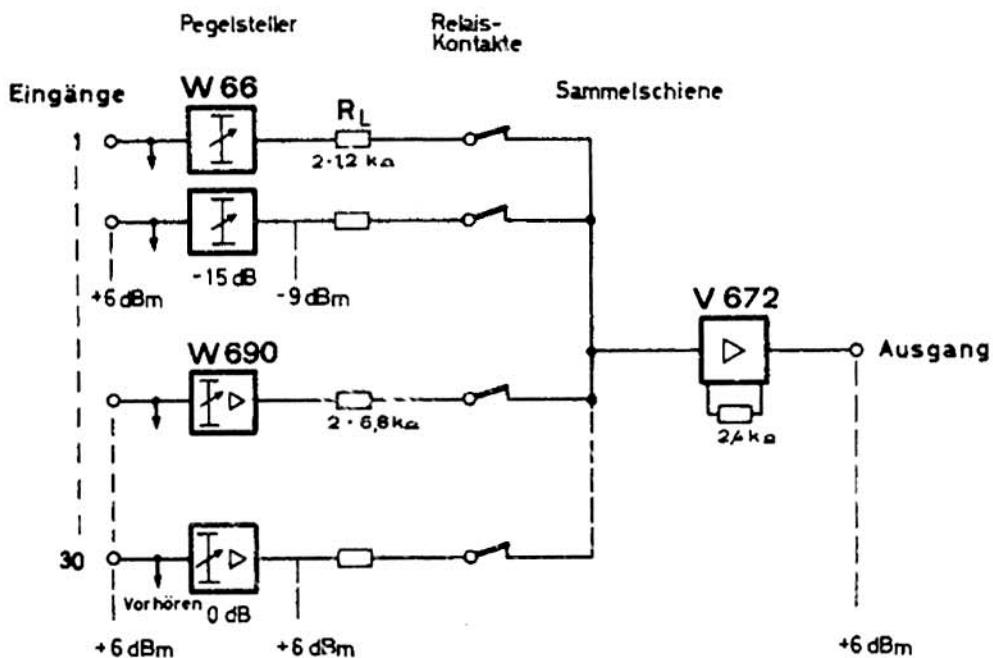


Bild 7/626. V 672 als Sammelschienenverstärker.

Gerade in diesem Anwendungsfall bietet der Verstärker einen echten Vorteil, weil allein der niederohmige Eingangswiderstand ( $< 5 \Omega$ ) den Widerstandswert und den Pegel auf der Sammelschiene bestimmt. Die hochohmige

Pegelstellerausgänge können durch eine Drucktasten- oder Relaissteuerung auf die Sammelschienen aufgeschaltet werden.

Bei einer wechselnden Zahl von aufschaltbaren Pegelstellerausgängen, wie das bei Mischgruppen mit mehreren Sammelschienen der Fall ist, brauchen in dem Knotenpunkt keine Ersatzwiderstände für nicht aufgeschaltete Pegelstellerausgänge geschaltet werden. Durch richtige Dimensionierung der Widerstände  $R_L$  können an den Sammelschienen auch Quellen mit ungleichen Pegeln zusammengefaßt werden (aktive und passive Pegelstellerausgänge).

Der V 672, als Sammelschienenverstärker zur Aufhebung der Knotenpunkt-dämpfung eingesetzt, darf maximal mit 30 Pegelstellerausgängen, die über Entkopplungswiderstände entkoppelt sind, beschaltet werden. Dabei darf die im Knotenpunkt durch die Parallelschaltung aller Widerstände  $R_L$  entstehende Widerstandssumme den Wert von  $80 \Omega$  nicht unterschreiten. Dies ist der kleinste zulässige Widerstand am Verstärkereingang aus der Parallelschaltung aller Entkopplungswiderstände. Bei Einsatz der passiven Pegelsteller, jeweils mit zweimal  $1,2 \text{ k}\Omega$  entkoppelt, ergibt sich auf der Sammelschiene ein Gesamtwiderstand von  $86,6 \Omega$  (im Bild 7/627 gestrichelt angedeutet). Die symmetrische Darstellung dieser Anordnung zeigt Bild 7/627. Der Minimalwert von  $80 \Omega$  wird bei 30 Pegelstellern mit den Entkopplungswiderständen von zweimal  $1,2 \text{ k}\Omega$  noch nicht ganz erreicht. In einer unsymmetrischen Darstellung zeigt Bild 7/628 die Spannungsteilung dieser Zusammenschaltung.

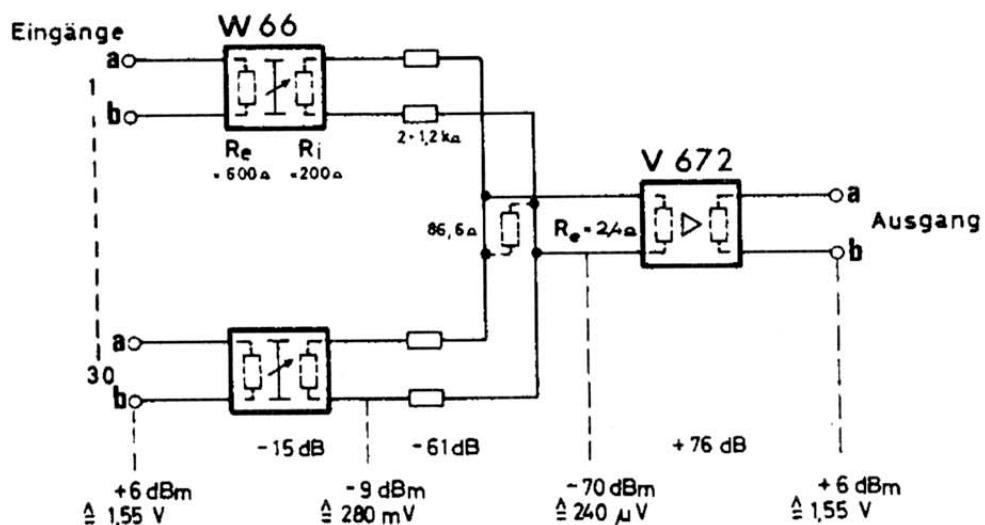


Bild 7/627. V 672 als Sammelschienenverstärker (zweipolige Darstellung).

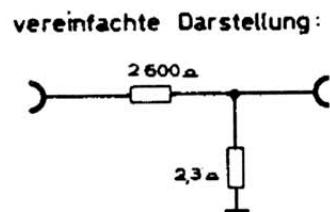
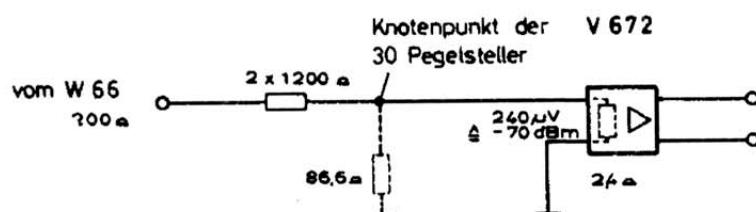


Bild 7/628. V 672 als Sammelschienenverstärker, Spannungs- teilung auf der Sammelschiene.

Parallel zum Widerstand der Sammelschiene mit  $86,6 \Omega$  ist der Eingangs-widerstand des V 672 mit etwa  $2,4 \Omega$  geschaltet. Das ergibt einen Teile-widerstand von  $2,3 \Omega$ . Das Widerstandsverhältnis von  $2600 \Omega$  (zweimal  $1200 \Omega + 200 \Omega$ ) zu  $2,3 \Omega = 1130:1$  entspricht einer Dämpfung von  $61 \text{ dB}$ . Am Eingang des V 672 steht also ein Eingangsspege von  $-70 \text{ dBm} \approx 240 \mu\text{V}$ . Diese kleine Eingangsspannung erfordert eine Verstärkung von  $76 \text{ dB}$ . Da mit ist die eigentliche Verstärkung wesentlich höher, als die von auße durch die Widerstände  $R_L$  und  $R_G$  eingestellte Verstärkung von  $15 \text{ dB}$  an-gibt. Der sehr niedrige Widerstand (bei 30 Pegelstellern z. B.  $2,3 \Omega$ ) führt zu der Bezeichnung "Nullohm-Knotenpunkttechnik".

In der praktischen Anwendungsmöglichkeit haben sich bei der Erstellung der transistorisierten Regieanlagen zwei bis sechs Gruppenkanäle als zweckmäßig erwiesen. Die große Zahl der Eingangsspegesteller kann zu höchstens sechs Gruppen (Wannen) in beliebiger Größe zusammengefaßt werden. Den Aufbau einer mittleren Regieeinrichtung in der Nullohm-Kno-tenkpunkttechnik zeigt das Prinzipschaltbild (Bild 7/629). Die Ausgänge der 30 passiven Eingangsspegesteller können auf den Sammelschienen zur Bildung von vier Gruppen mit beliebiger Zuordnung zusammengefaßt werden.

Am Ausgang des Sammelschienenverstärkers V 672 treten keine Pegelsprün auf, wenn den Sammelschienen Pegelsteller zugeschaltet werden, da der Pegel auf der Sammelschiene immer von dem niederohmigen Eingangswiderstand ( $\approx 2,4 \Omega$ ) des V 672 bestimmt wird, ganz gleich, wieviele Pegelsteller aufgeschaltet sind.

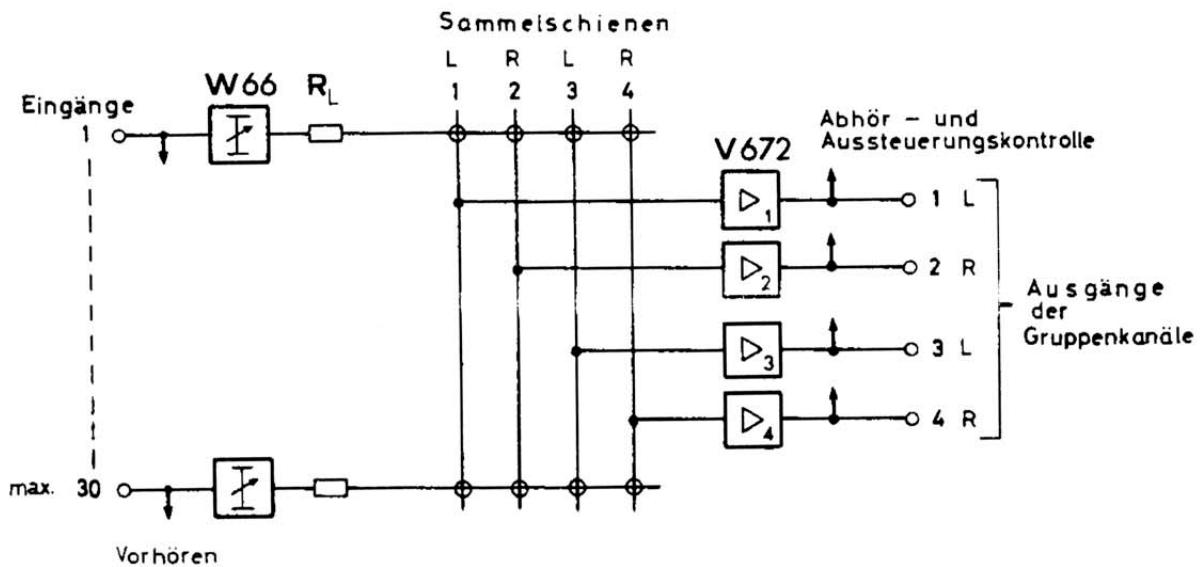


Bild 7/629. Regieeinrichtung in Nullohm-Knotenpunkttechnik mit V 672.

#### 7.6.4.2

##### Sammelschienenverstärker V 275/0

Zur Knotenpunktbildung werden in der SITRAL-Technik (Siemens) eine Reihe von Gruppen- und Gruppenvorsatzverstärkern angeboten. Es stehen Einheiten mit sechs, acht und zwölf Eingängen zur Verfügung. Sicherlich wird auch hier eines Tages die Typenvielfalt durch den Verstärker V 27 bereinigt.

in Durchlaßrichtung. Ist beispielsweise die Spannung  $u_3$  so gepolt, daß die Basis von  $T_1$  positiv gegenüber der Basis von  $T_2$  ist, dann wird die Basis-Emitterdiode von  $T_1$  in Durchlaß- und die von  $T_2$  in Sperrichtung betrieben. Dadurch wird  $T_1$  leitend. Der Kondensator  $C$  kann sich zum Teil über die Kollektor-Emitterstrecke von  $T_1$  entladen. Unterschreitet der Momentanwert der Wechselspannung  $u_3$  wieder die Basis-Emittersperrspannung, so wird  $T_1$  wieder gesperrt und der Kondensator  $C$  wieder nachgeladen. Am Widerstand  $R$  fällt eine Spannung ab, die um so höher ist, je mehr der Kondensator entladen wurde, d. h. je größer die Übersteuerung am Ausgang war. Der Spannungsabfall über  $R$  ist die Regelspannung  $U_R$ . Durch sie wird sofort über das Stellglied am Eingang die Eingangswechselspannung des Verstärkers verringert. Dadurch geht die Ausgangsspannung  $u_2$  wieder auf den gewünschten Wert von 1,55 V zurück. Solange die Übersteuerung am Eingang des Regelverstärkers bleibt, wird der Kondensator  $C$  bei jeder Halbwelle der Wechselspannung über  $T_1$  bzw.  $T_2$  gerade so weit entladen, daß sich die Spannung über  $R$ , also die Regelspannung  $U_R$  nicht ändert. Verschwindet die Übersteuerung am Eingang, so bleiben  $T_1$  und  $T_2$  gesperrt und der Kondensator  $C$  lädt sich wieder langsam auf die Spannung  $U_B$  auf. Genauso langsam geht dabei die Regelspannung  $U_R$  wieder auf Null zurück. Die Größe von  $R$  und  $C$  bestimmt die Rücklaufzeit des Regelvorganges. Die Schwelle für den Begrenzereinsatz wird durch die Basis-Emittersperrspannung der Transistoren  $T_1$  bzw.  $T_2$  gebildet. Toleranzen der Durchbruchspannungen können mit dem Potentiometer  $P$  ausgeglichen werden.

### 9.3.5

#### Mehrzweckverstärker V 672

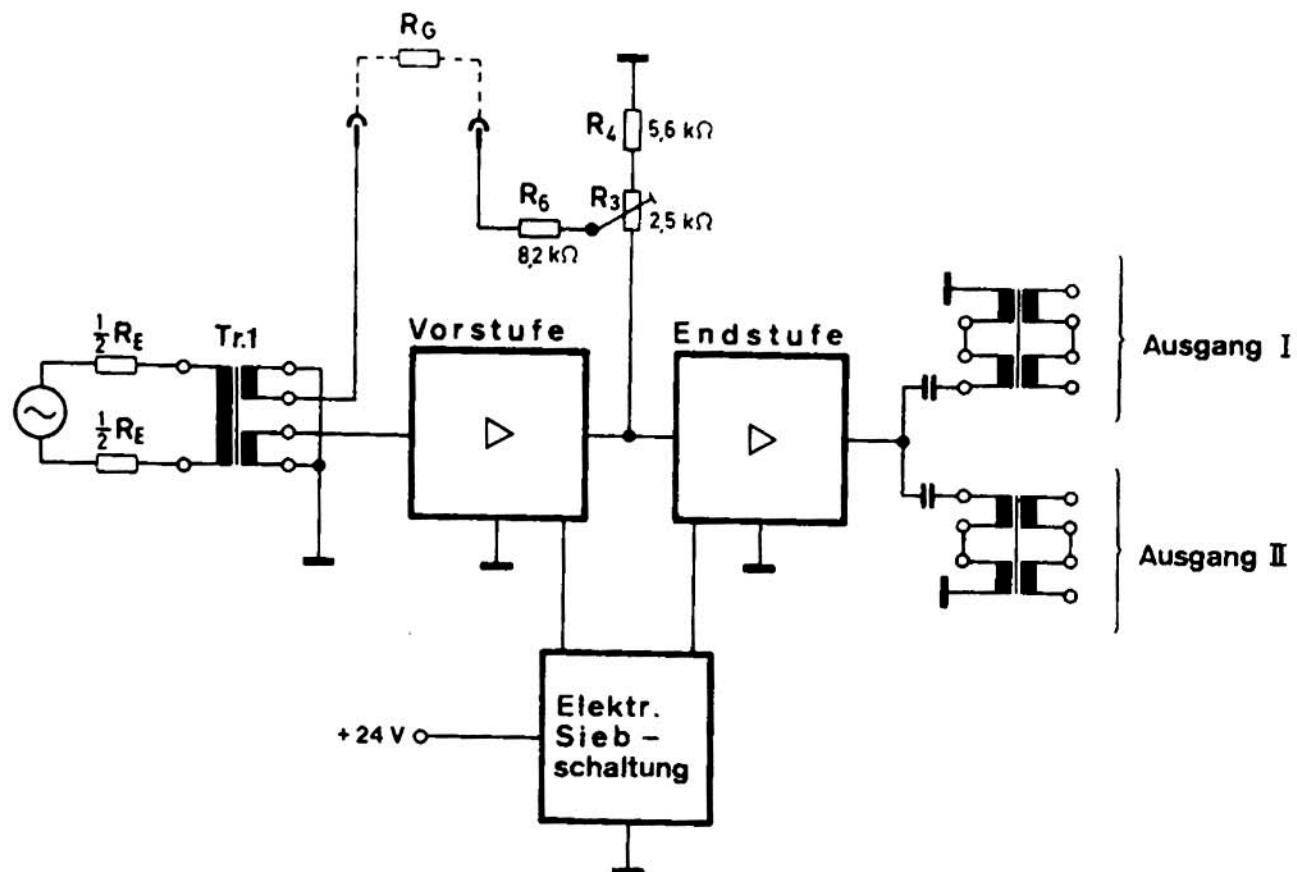


Bild 9/63. Blockschaltbild des Mehrzweckverstärkers V 672.

Der Mehrzweckverstärker V 672 (Telefunken) ist ein universell einsetzbarer, moderner Studioverstärker, der durch entsprechende Beschaltung der Buchsenleiste im Einschubträger den jeweiligen Aufgaben angepaßt wird. Er kann damit eine Vielzahl von Aufgaben in einer Tonregieanlage wahrnehmen (siehe 7.6.4.1 und 7.3.10), Pegelverstärker (7.6.4.1.1), Sammelschienenverstärker (7.6.4.1.2), Trenn- und Verteilverstärker (7.7.1), Summen-Differenzübertrager (7.11.3) u. a.

Der Verstärker hat einen erdfreien symmetrischen Eingang mit einem Eingangswiderstand unter  $5 \Omega$ . Durch äußere Beschaltung kann dem V 672 eine Verstärkung bis 43 dB, aber auch eine beliebige Dämpfung gegeben werden. Den Ausgang des Geräts bilden zwei gleiche Übertrager mit jeweils zwei getrennten Sekundärwicklungen; somit stehen vier gleichwertige Ausgänge zur Verfügung. Ausgangspegel und -widerstand können durch unterschiedliche Zusammenschaltungen der Ausgangswicklungen variiert werden; die Gesamtbelastung darf dabei 320 mW nicht überschreiten.

Bild 9/63 zeigt den Aufbau des Verstärkers. Vor- und Endverstärker, sowie die Spannungsstabilisierung sind die wesentlichen Baugruppen.

Bild 9/64 zeigt den dreistufigen Vorverstärker. Sein hohes Verstärkungsmaß von 74 dB wird durch die beiden in Emitterschaltung arbeitenden Transistoren T 101 und T 102 aufgebracht. Der Transistor T 103 dient nur der Impedanzwandlung. Die beiden Emitterwiderstände des Transistors T 102, nämlich R 105 und R 106, bilden den Basisteiler für den verwendeten rauscharmen Transistor BC 383 B; als Gleichstromgegenkopplung stabilisieren sie den Arbeitspunkt des Vorverstärkers. Steigt beispielsweise aus irgendeinem Grund der Kollektorstrom des Transistors T 102 an, so fließt auch durch R 106 ein größerer Strom, der Spannungsabfall an diesem Widerstand steigt an. Dies treibt über den Widerstand R 107 und die Sekundärwicklung des Eingangsübertragers einen größeren Strom in die Basis des Transistors T 101. Dadurch wird dieser Transistor niedriger, der Kollektorstrom nimmt zu, die Kollektorspannung geht zurück; dies führt zu einem geringeren Basisstrom von T 102 und damit auch zu einem geringeren Kollektorstrom. Somit wird der angenommene höhere Kollektorstrom von T 102 reduziert, der Arbeitspunkt bleibt stabil. Vom Emitter des Transistors T 103 wird das verstärkte Signal über den Koppelkondensator C 106 dem Eingang des Endverstärkers zugeführt. Über einen weiteren Koppelkondensator C 104 wird ein Teil der Spannung an die Eingangswicklung zurückgeführt. Da sie gegenphasig zum Eingangssignal eingespeist wird, wirkt sie als Spannungsgegenkopplung mit Paralleleinspeisung. Diese Gegenkopplung bietet durch ihre Veränderbarkeit die Möglichkeit, die Verstärkung an die jeweiligen Anforderungen anzupassen.

Bild 9/65 zeigt nochmals das Prinzip dieser Gegenkopplung. Der Verstärker hat eine "innere Verstärkung"  $V_i$  und eine "äußere Verstärkung"  $V$ :

$$V_i = - \frac{U_a}{U_e} \quad V = - \frac{U_a}{U'_e}$$

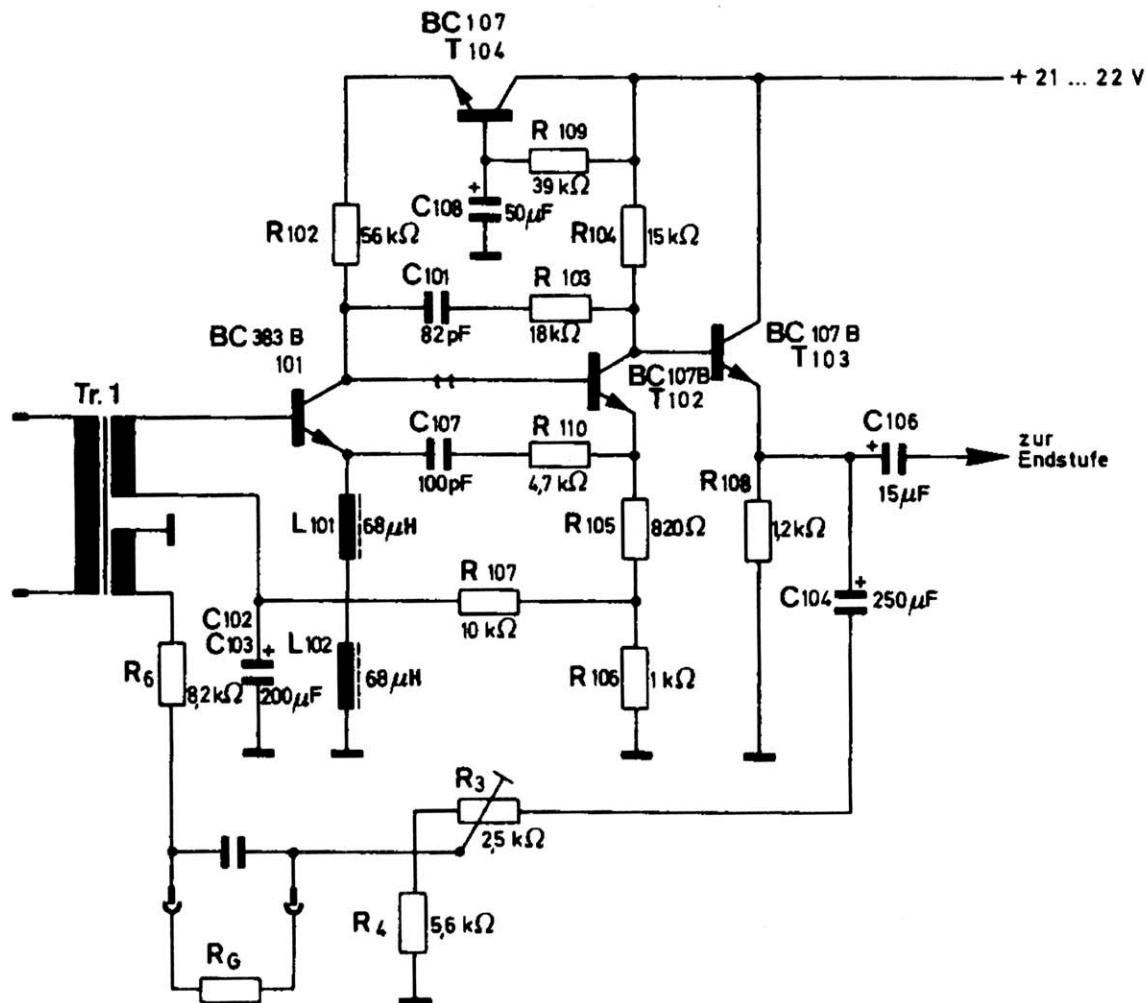


Bild 9/64. Vorverstärker des V 672.

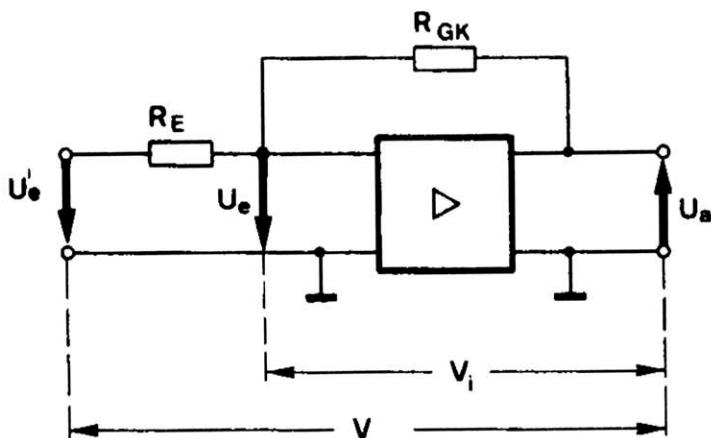


Bild 9/65. Prinzip der Gegenkopplung beim V 672.

Die "innere Verstärkung" ist durch die Dimensionierung der Bauteile vorgegeben und wird nicht verändert. Die "äußere Verstärkung"  $V$  kann unter der Annahme eines "idealen Verstärkers" - d. h. unendlich großer Verstärkung, unendlich großer Eingangswiderstand und unendlich kleiner Ausgangs-

widerstand leicht errechnet werden: Die Eingangsspannung  $U_e$  setzt sich aus zwei Wechselspannungen zusammen, nämlich  $U_I$  und  $U_{II}$ .  $U_I$  fällt über dem Widerstand  $R_{GK}$  ab, der über den Ausgang wechselspannungsmäßig an Masse liegt.  $U_{II}$  fällt über dem Widerstand  $R_E$  ab, der über den Generator ( $R_i = 0$ ) an Masse liegt.

$$U_I = U'_e \cdot \frac{R_{GK}}{R_E + R_{GK}} \quad U_{II} = U_a \cdot \frac{R_E}{R_E + R_{GK}}$$

Die Eingangsspannung  $U_e$  ist

$$U_e = U_I + U_{II}.$$

Werden in diese Gleichung die Ausdrücke für  $U_I$  und  $U_{II}$  eingesetzt sowie nach Erweiterung mit  $1/U_a$  die Verstärkungen  $V$  und  $V_i$  eingeführt, so ergibt sich

$$- \frac{1}{V_i} = - \frac{1}{V} \cdot \frac{R_{GK}}{R_E + R_{GK}} + \frac{R_E}{R_E + R_{GK}}$$

Unter der Annahme einer unendlich großen inneren Verstärkung  $V_i$  ergibt sich für die äußere Verstärkung

$$V = \frac{R_{GK}}{R_E}$$

Die tatsächliche Verstärkung des V 672 wird also nur durch das Verhältnis von  $R_{GK}$  zu  $R_E$  bestimmt.

Der Gegenkopplungswiderstand  $R_{GK}$  ist beim V 672 auf zwei Widerstände aufgeteilt, auf den fest eingebauten Widerstand  $R_E$  mit  $8,2 \text{ k}\Omega$  (Bild 9/63) und den in seiner Größe von der gewünschten Verstärkung abhängigen Widerstand  $R_G$ , mit dem der Verstärker extern beschaltet wird. Die Formel für die Verstärkung  $V$  bedarf noch eines Korrekturfaktors von 1,2; er berücksichtigt die Vernachlässigung bei der gemachten Annahme eines "idealen Verstärkers". Somit lautet die Formel für die Verstärkung  $V$  des V 672:

$$V = \frac{R_G [\text{k}\Omega] + 8,2}{R_E [\text{k}\Omega]} \cdot 1,2$$

Mit dem Trimmopotentiometer  $R_3$  (Bild 9/63) ist eine Feineinstellung des Verstärkungsmaßes um  $\pm 1,5 \text{ dB}$  möglich. Die Widerstandswerte für die jeweils geforderte Verstärkung können aus dieser Formel berechnet oder aus Diagramm 7/623 entnommen werden. Die Übersetzungsverhältnisse der Eingangs- und Ausgangsübertrager konnten bei den Rechnungen außer acht bleiben, da sich ihre Einflüsse gerade aufheben.

Der Eingangswiderstand ist äußerst niedrig, bedingt durch die am Eingang parallel eingespeiste Gegenkopplung. Er errechnet sich unter Berücksichtigung des Übersetzungsverhältnisses  $ü$  des Eingangsübertragers ( $ü = 1:2$ ):

$$R_E \approx \frac{R_{GK}}{V_i} \cdot \frac{ü^2}{4} = \frac{R_{GK}}{4 V_i} = \frac{R_G + 8,2}{4 V_i}$$

Beträgt der Widerstand  $R_G$  beispielsweise  $2,4 \text{ k}\Omega$ , dann hat der Verstärker - bei Vernachlässigung des Wirk- und Blindwiderstandes des Eingangsübertragers - den Eingangswiderstand

$$R_E \approx \frac{2,4 \text{ k}\Omega + 8,2 \text{ k}\Omega}{4 \cdot 5000} \approx \frac{10 \text{ 000 } \Omega}{20 \text{ 000}} = 0,5 \Omega$$

Damit geht der Eingangswiderstand des Verstärkers gegen  $0\ \Omega$ . Auch unter Berücksichtigung des Blind- und Wirkwiderstandes des Eingangsübertragers bleibt der Widerstand für diesen Fall im gesamten Übertragungsbereich unter  $5\ \Omega$ . Wegen des sehr geringen Eingangswiderstandes wird der V 672 der sogenannten  $0\text{-}\Omega$ -Technik zugerechnet (siehe hierzu 7.6.4).

Der Endverstärker des V 672 (Bild 9/66) enthält den Treibertransistor T 201 und die Endtransistoren T 202 und T 203. Der Transistor T 203 arbeitet dabei als "gesteuerter Emitterwiderstand" des in Kollektorschaltung betriebenen Transistors T 202. Dieses Schaltungsprinzip soll kurz erläutert werden.

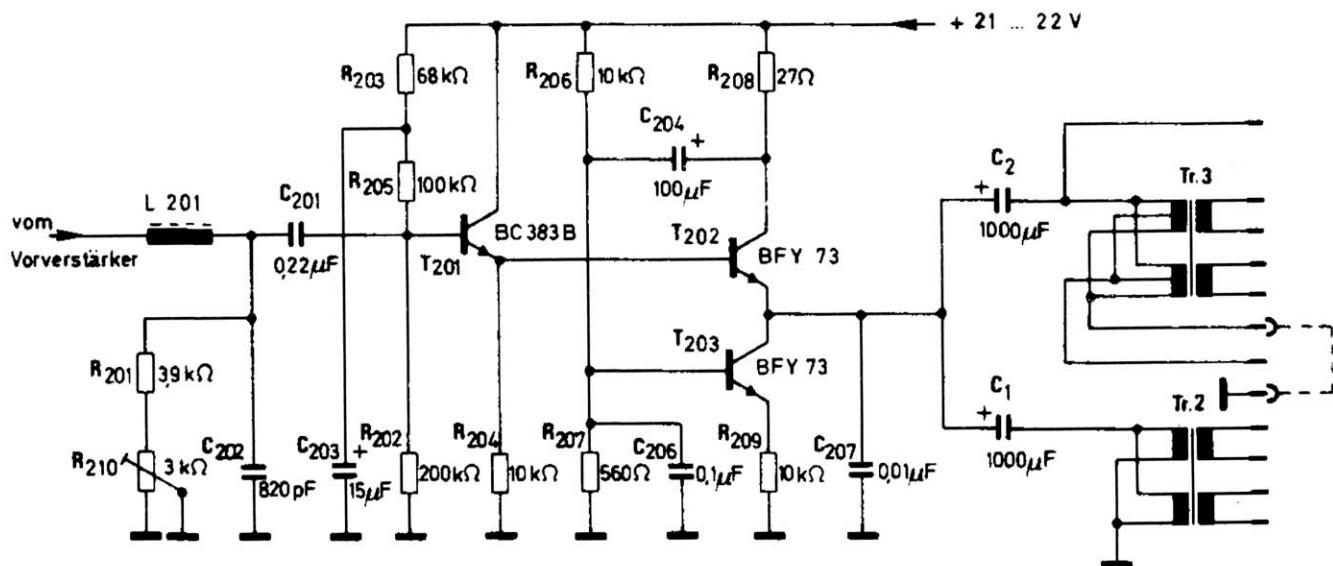


Bild 9/66. Endstufe des Mehrzweckverstärkers V 672.

Bild 9/67 zeigt zunächst einen Transistor T in Kollektorschaltung im statischen Betrieb. Liegt der Arbeitspunkt des Transistors in der Mitte, so lädt sich der Kondensator  $C_2$  auf die Spannung  $U_B/2$  auf. Die positive Halbwelle der Eingangsspannung  $u_e$  macht den Transistor niederohmiger. Bei maximaler Aussteuerung, bei der der Transistor völlig durchgesteuert wird, liegt am Emitter annähernd die Spannung  $U_B$ . Damit liegt über dem Widerstand  $R_L$  die Spannung

$$U_B - U_{C_2} = U_B - \frac{U_B}{2} = \frac{U_B}{2} .$$

Für die Betrachtung wird angenommen, daß sich die Spannung über  $C_2$  nicht ändert. Der positive Scheitelwert  $U_a$  der Ausgangsspannung  $u_a$  bei Vollaussteuerung (Bild 9/68) ist also

$$U_a = \frac{U_B}{2}.$$

Die Verhältnisse beim Eintreffen einer negativen Halbwelle der Eingangsspannung zeigt Bild 9/69. Die negative Scheitelspannung  $-U_e = U_B/2$  sperrt den Transistor. Die am Lastwiderstand  $R_L$  liegende Spannung ist

$$-U_a \approx \frac{U_B}{2} \cdot \frac{R_L}{R_L + R_E}.$$

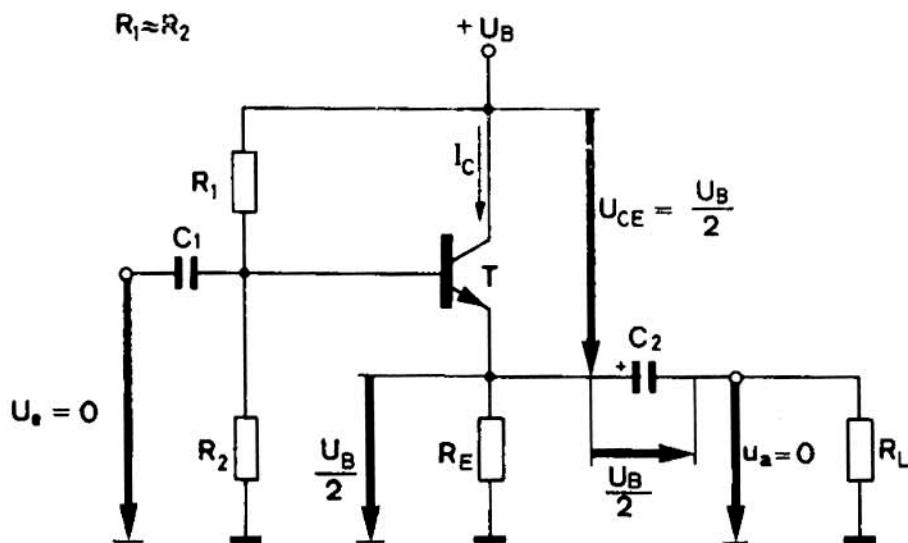


Bild 9/67. Kollektorhaltung im statischen Betrieb.

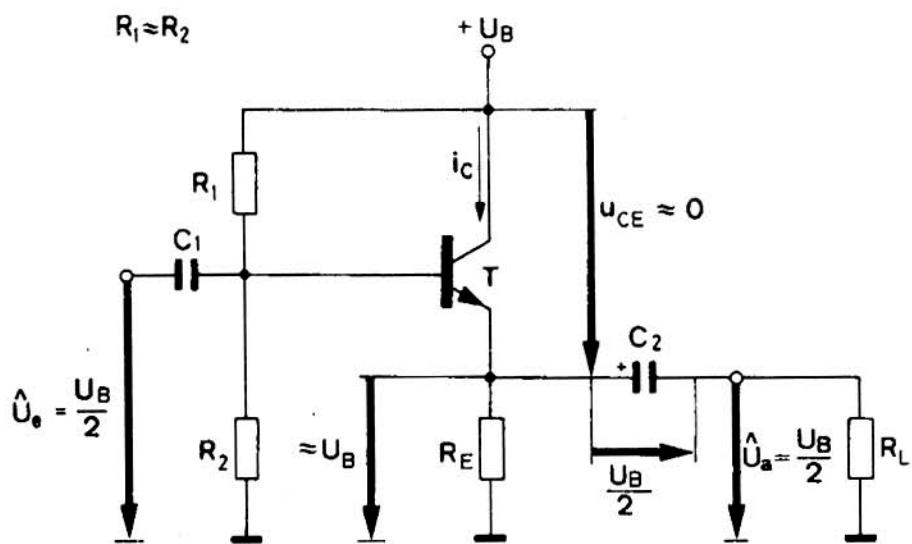


Bild 9/68. Kollektorschaltung, Scheitelwert der Ausgangsspannung bei Vollaussteuerung mit der positiven Halbwelle.

Die Spannungen von positiver und negativer Halbwelle haben unterschiedliche Werte. Daraus folgt, daß die Ausgangsspannung stark verzerrt ist. Dem wirkt schaltungstechnisch der Transistor T 203 als steuerbarer Emitterwiderstand entgegen (siehe Bild 9/66). T 203 erhält seine Steuerspannung vom Kollektor des Transistors T 202. Wird die Basis von T 202 mit einer negativen Halbwelle angesteuert, so wird seine Kollektorspannung positiver, damit aber gleichzeitig auch die Spannung an der Basis von T 203. Während T 202 jetzt hochohmiger wird, wird T 203 niederohmiger, die über seiner Kollektor-Emitterstrecke abfallende Spannung geht zurück. Dies bedeutet: Bei einer negativen Halbwelle der Ausgangsspannung wird der Emitterwiderstand von T 202 - dargestellt durch T 203 - kleiner und damit auch der über ihm liegende Spannungsabfall.

Damit werden positive und negative Halbwellen gleich, der Verstärker arbeitet auch bei hoher Aussteuerung ohne nennenswerte Verzerrungen.

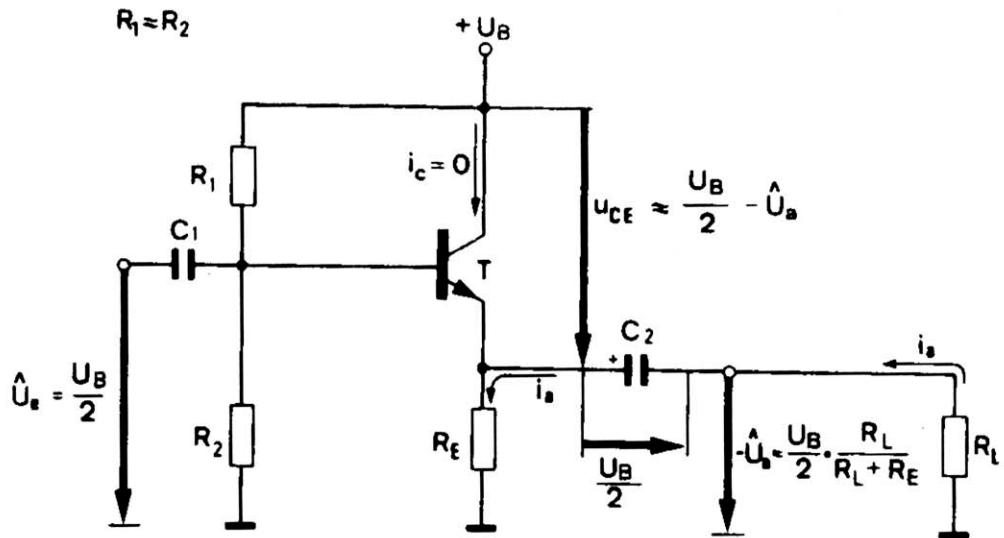


Bild 9/69. Kollektorschaltung, Scheitelwert der Ausgangsspannung bei Vollaussteuerung mit der negativen Halbwelle.

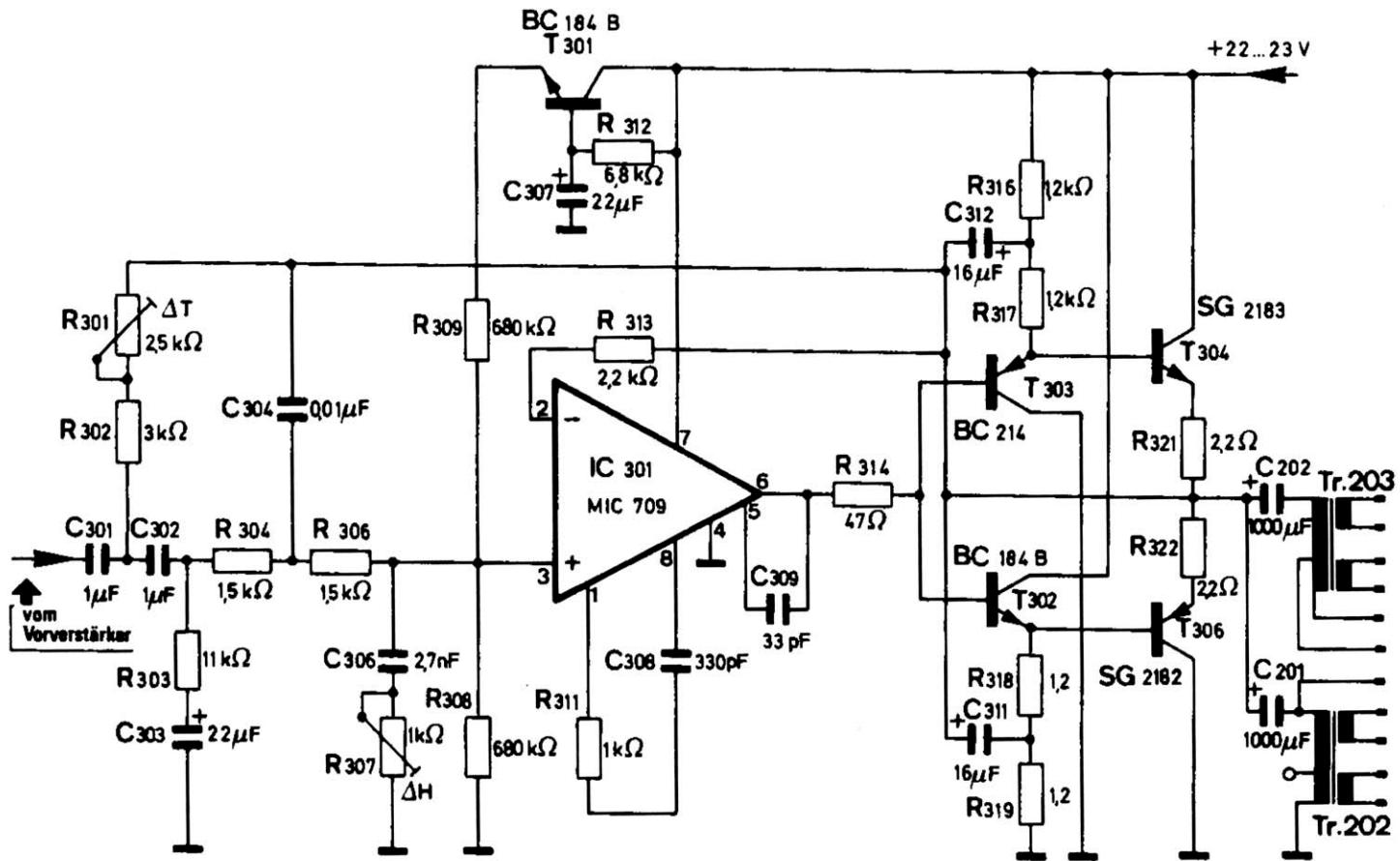


Bild 9/70. Endverstärker des Mehrzweckverstärkers V 672/1.

Die Schaltung des Endverstärkers des V 672 wurde in dem weiterentwickelten Typ V 672/1 anders aufgebaut (Bild 9/70). Es handelt sich hier um eine Komplementärendstufe mit den beiden Transistoren T 304 und T 306. Sie werden von den Treibertransistoren T 302 und T 303 angesteuert. Die Endstufe wird in dieser Schaltung über einen Operationsverstärker mit der Verstärkung 1 an den Vorverstärker angepaßt. Die Mitkopplung über die Widerstände  $R_{301}$  und  $R_{302}$  sowie die Kondensatoren  $C_{301}$  und  $C_{302}$  und den Widerstand  $R_{303}$  stellt einen Hochpaß dar; mit dem veränderbaren Widerstand  $R_{301}$  kann der Frequenzgang im unteren Übertragungsbereich korrigiert werden. Das Potentiometer  $R_{307}$  dient dem Frequenzgangabgleich im hohen Frequenzbereich; es liegt in einer als Tiefpaß aufgebauten Mitkopplung. Oberhalb 15 kHz geht die Verstärkung kontinuierlich zurück, bei 100 kHz beträgt das Dämpfungsmaß bezogen auf den Übertragungsbereich 20 dB.