

## Brummbeseitigung und Erdverbindungen bei Nf-Verstärkern

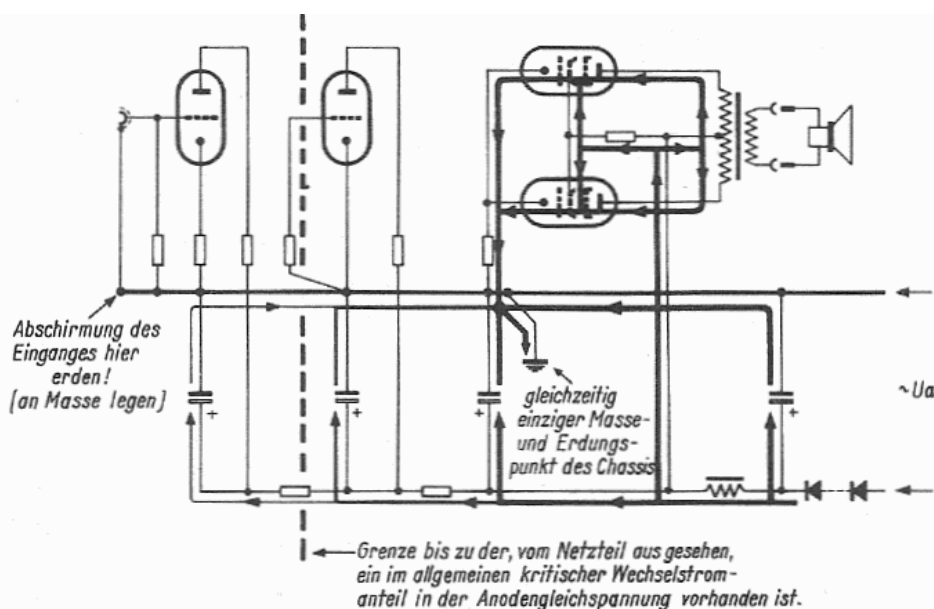
Es scheint an der Zeit, einer weit verbreiteten irrigen Auffassung zu widersprechen, nämlich der, daß ein Qualitätsverstärker dadurch brummfreier wird, daß man das Chassis am Fußpunkt der Eingangsrohre erdet und dort an Masse legt. Dies ist nur bedingt richtig.

Wenn die Nullung in dieser Weise durchgeführt wird, ist eine absolute Eingangsnullung erforderlich, d. h. alle Nullpunkte der gesamten Schaltung müssen unbedingt an einem Punkt zusammengeführt werden. Schon bei der geringsten Abweichung von dieser Forderung treten solche Erscheinungen auf, wie sie in dem Artikel „100-Hz-Brumm in einem Hi-Fi-Verstärker“ (FUNKSCHAU 1959, Heft 10, Seite 241), beschrieben wurden. Diese unangenehmen Störungen lassen sich von vornherein ausschließen, wenn man die Nullung eines Verstärkers wie in *Bild 1* gezeigt durchführt. Hier wird die Nullschiene des Verstärkers (Kupferdraht, 2 mm Ø) an einem Punkt mit dem Chassis verbunden. An diesen Punkt wird auch die Erdleitung, z. B. von einer isolierten Buchse aus, gelötet. Dieser einzige Erdungspunkt der Schaltung ist aber nicht, wie vielfach angegeben wird, der Fußpunkt der empfindlichsten Röhre, sondern der der *unempfindlichsten*, also der Endröhre.

Dazu folgende Erklärung: Wir nehmen einmal an, die Minusleitungen der Elektrolytkondensatoren würden wie üblich am Fußpunkt der Eingangsstufe (im Extremfall an der Mikrofon-Röhre eines 150-W-Verstärkers) zusammengeführt und dort zusammen mit der Nullschiene geerdet. Nun bildet die Nullschiene, wie in *Bild 2* ersichtlich, einen sehr niederohmigen Spannungsteiler für alle durch sie fließenden Nf-Wechselströme der Vor- und Endröhren. Die gleiche Funktion bildet die Masseschiene für die Wechselströme der Anodenspannung, die hauptsächlich über den Ausgangstransformator und den inneren Widerstand der Endröhren in die Masseleitung eingekoppelt werden. Unter Umständen können auch noch alle durch die Elektrolytkondensatoren aus der Anodengleichspannung herausgefilterten Wechselstromanteile hinzukommen, wenn die Minusleitung des Netztransformators an der Masseschiene und nicht am Nullpunkt der Minuspole angelötet wird.

Wenn die Masseleitungen, wie beschrieben und in *Bild 2* gezeigt, unsachgemäß verlegt wurden, dann liegen die Endröhren um den Betrag des ohmschen Widerstandes der Masseschiene höher, d. h. weiter entfernt vom absoluten Nullpunkt der ganzen Schaltung. Die Nullschiene bildet also einen zusätzlichen Katodenwiderstand, der als Spannungsteiler für alle Röhren, je nach ihrer Lage, mehr oder weniger stark wirkt.

Die durch diesen gemeinsamen Widerstand fließenden Ströme steuern die einzelnen Röhren über Katoden und Gitterableitwiderstände in der Weise, daß je nach Röhrentyp, Länge der Nullschiene und der Lage des



**Bild 1.** Richtige Verlegung der Nulleitungen eines Verstärkers. Die mit Pfeilen gekennzeichnete Linie zeigt den Weg des Wechselstrom-Brummanteiles

Die durch diesen gemeinsamen Widerstand fließenden Ströme steuern die einzelnen Röhren über Katoden und Gitterableitwiderstände in der Weise, daß je nach Röhrentyp, Länge der Nullschiene und der Lage des

Fußpunktes der einzelnen Röhren ein unübersichtliches Verhältnis von Mit- und Gegenkopplung gebildet wird. In den meisten Fällen ergibt sich daraus ein nur durch Kunstgriffe zu beseitigendes Restbrummen im Lautsprecher. Es ist sogar möglich, daß der Verstärker trotz aller Vorwiderstände und Abschirmungen ins Schwingen gerät.

Dies war auch bei einem 70-W-Vollverstärker mit zwei Röhren EL 34 der Fall. Als Ursache stellten sich schließlich die vorher beschriebene Verdrahtungsart und zu lange und zu dünne Masseleitungen heraus. Diese waren bei einem Durchmesser von 0,5 mm (Cu) bis zu 250 mm lang. Nach Beseitigung dieser Fehler arbeitete der Verstärker einwandfrei.

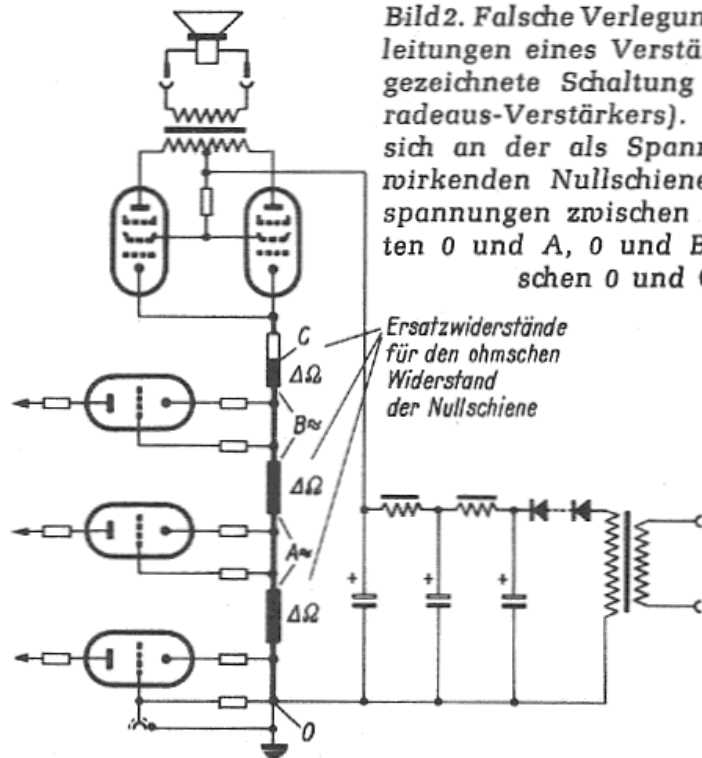
Eine weitere Quelle für Brummstörungen kann der Netztransformator sein. Die magnetischen Einstrahlungen durch dieses Bauelement sind wohl allgemein bekannt. Weniger bekannt ist aber die Tatsache, daß in dem Eisenpaket selbst auch erhebliche Wechselströme auftreten. Wer sich davon überzeugen möchte, sollte folgenden Versuch machen:

Ein Kopfhörer, er muß nicht niederohmig sein, wird an die Befestigungswinkel eines Kraftverstärker - Netztransformators angeschlossen. Schon bei Leerlaufbetrieb wird man eine hohe Brummspannung wahrnehmen.

Deshalb ein Rat, der viel Ärger und umständliche Brummkompensationen ersparen kann: Von den vier Befestigungswinkeln des Netztransformators werden drei Stück vom Chassis isoliert aufgesetzt, und nur einer wird leitend mit dem Chassis verbunden. Bei dieser Montageweise können keine Brummschleifen mehr im Chassis entstehen, die zu Störungen führen. Bei den vom Verfasser gebauten Verstärkern ist der in Bild 1 eingezeichnete Schaltungsnullpunkt (der Fußpunkt der Endröhre) mit dem Befestigungswinkel des Netztransformators identisch, der leitend mit dem Chassis verbunden ist.

Diese Verdrahtungsmethode in Verbindung mit isoliert aufgesetzten Elektrolytkondensatoren und Entbrummern für die Heizleitungen führt mit Sicherheit zu einwandfrei funktionierenden Verstärkern.

Und zuletzt noch ein Tip für den Fall, daß kein Röhrenvoltmeter vorhanden ist. Ein instabiler Leistungsverstärker schwingt oft auf Mittel- oder Langwellenfrequenzen. Dies läßt sich leicht in folgender Weise prüfen. Die Haube des Verstärkers wird abgenommen und ein etwa drei Meter langes Kabel (oder eine isolierte Litze) in die Nähe der Endröhren und des Ausgangstransformators gebracht. Das andere Ende des Kabels wird der Antennenbuchse eines Empfängers verbunden. Wenn der Verstärker jetzt schwingt, dann wird die Hochfrequenz durch die Niederfrequenz des z. B. mit einem Plattenspieler angesteuerten Verstärkers moduliert. Diese Amplitudenmodulation wird dann im Empfänger auf Mittel- oder Langwelle hörbar. Man muß dazu beide Bereiche durchstimmen, um die störende Frequenz zu ermitteln. Bei dieser Probe sollte man aber den Ausgangstransformator mit einem Ersatzwiderstand belasten, um eventuelle Durchschläge bei Spitzenspannungen zu vermeiden.



**Bild 2. Falsche Verlegung der Nullleitungen eines Verstärkers (umgezeichnete Schaltung eines Geradeaus-Verstärkers). Es bilden sich an der als Spannungsteiler wirkenden Nullschiene Wechselspannungen zwischen den Punkten 0 und A, 0 und B und zwischen 0 und C**