

Kummer mit minderwertigen

Die **Verarbeitungsqualität** von heutzutage produzierten Röhren lässt manchmal sehr zu wünschen übrig. Ein Fehler, der fatale Folgen haben kann, ist ein **Kurzschluss zwischen Kathode und Heizung**. Häufig besteht dieser nicht ständig, sondern nur zeitweise. Das macht die Fehlersuche noch schwieriger. Dieser **Erfahrungsbericht** kann vielleicht dem einen oder anderen **unnötige Arbeit ersparen**.

Helmuth Lemme

Über Röhrenverstärker Musik zu hören macht Freude, defekte Röhrenverstärker zu reparieren, aber oft gar nicht. Da kann man so einige Abenteuer erleben. Zur bösesten Kategorie aller Fehler zählen solche, die sich verstecken, d. h. mal auftreten und mal nicht. Das kann mit Wackelkontakten zusammenhängen oder auch mit thermischen Ausdehnungen. Sie können sich bemerkbar machen, solange der Verstärker kalt ist, und verschwinden im Laufe der Erwärmung, oder umgekehrt. Bis man in einem derartigen Fall die entscheidende Stelle eindeutig lokalisiert hat, kann schnell viel Zeit vergehen.

Im vorliegenden Fall war ein Vox AC30 in Ordnung zu bringen, des Gitarristen Traum, des Reparaturmannes Albtraum! Streng genom-

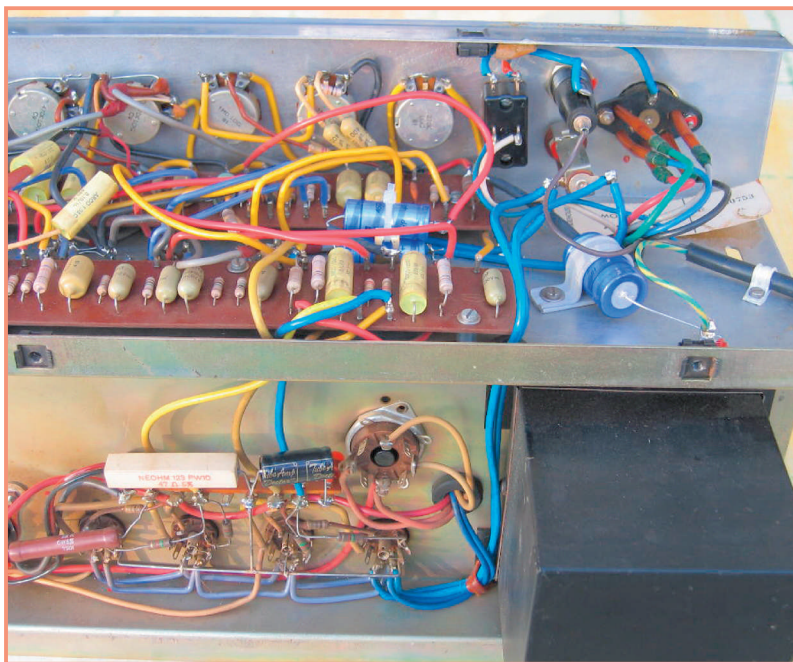


Bild 1. Vox AC30, 70-er Jahre: Trotz Platinen gibt es immer noch einen wirren Drahtverhau und eine Reparatur ist überaus mühsam.

Röhren

men gibt es „den“ AC30 eigentlich gar nicht, sondern vielmehr ein ganze Reihe von Varianten, die sich in kleineren Schaltungsdetails unterscheiden. Die gesamte AC30-Szene ist schwer überschaubar, nicht von allen Versionen sind die Schaltungen leicht zu bekommen. Das defekte Exemplar stammte aus den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts. Hier sitzen die passiven Bauelemente auf zwei langen schmalen Platinen (Bild 1). Die an vielen Stellen angelöteten Drähte sind sehr kurz geführt, was elektrisch gesehen richtig ist, aber eine Reparatur überaus mühselig macht. Der Ausbau einer solchen Platine kann zur Beschäftigung für einen langen Winterabend werden. Wenn man dabei nicht sehr genau dokumentiert, wo welcher Draht angeschlossen ist, endet es im Chaos.

Der einzigartige Klang dieses Verstärkers beruht weitgehend darauf, dass in der Endstufe keine Gegenkopplung vorgesehen ist. Die Schaltung verstärkt sozusagen wild ins Blaue hinein, wobei die nichtlinearen Verzerrungen mit zunehmender Aussteuerung kontinuierlich zunehmen. Die Exemplarstreuungen der Röhren wirken sich hier voll aus. Bei aktiven Bauteilen wie Röhren und Halbleitern sind Toleranzen von $\pm 30\%$ durchaus normal. Das Selektieren ist auch nur eine bedingte Abhilfe. Wenn Selektieren, dann müssten die Bauteile vorgealtert und auf Kennliniengleichheit ausgemessen werden.

Weiterhin beruht der spezifische Klang auf dem krummlinigen Frequenzgang des Klangstellerteils, der nur auf den „Brilliant“-Kanal wirkt, und auf den Eigenschaften

von Lautsprechern und Gehäuse. Ein Irrtum ist die weit verbreitete Meinung, er komme von einem A-Betrieb der Endstufe. Wer die Stromverläufe genau nachmisst, stellt sehr schnell fest, dass es sich keineswegs um einen A-Betrieb handelt, sondern um einen AB-Betrieb mit sehr hoch eingestelltem Ruhestrom. Ausgiebige Untersuchungen dazu hat Randall Aiken gemacht, siehe „www.aikenamps.com → Tech Info → Advanced → „Is the AC30 really Class A?“. Der Ruhestrom wird wie in Bild 2 gezeigt mit Hilfe des gemeinsamen 47-Ohm-Kathodenwiderstands der vier Pentoden EL84 eingestellt. Wenn man diesen verändert, kann man zwischen echtem A-Betrieb (wobei der Verstärker noch viel heißer wird als so schon) und niedrig eingestelltem AB-Betrieb variieren. Ein reiner B-Betrieb ist bezüglich der Energienutzung und der Verminderung der Verlustleistung ein theoretisches Ideal, was in der Praxis wegen der Übernahmeverzerrungen keinen Sinn macht.

Der Fehler bei dem zu reparierenden Verstärker war überaus seltsam. Etwa zwanzig Sekunden nach dem Einschalten ertönte jedes Mal ein extrem lautes 50-Hz-Brummen, unabhängig von der Stellung aller Potis. Dieses hielt etwa eine Minute lang an und hörte dann urplötzlich auf. Anschließend funktionierte der Verstärker die meiste Zeit. Dieser Effekt war beliebig oft wiederholbar. Gelegentlich trat aber auch später wieder ein ebenso lautes Brummen auf, jetzt aber völlig irregulär. Durch einen kräftigen Schlag auf den Verstärker ließ es sich manchmal „ausschalten“, so dass dann Ruhe war und alles funktionierte, oder es ließ sich so auch „einschalten“. Ebenso oft kam oder verschwand es auch ohne erkennbare äußere Einflüsse. Die Lautstärke hing stark von der Stellung des Lautstärkepotis des „Brilliant“-Kanals ab, und zwar gegensinnig. Bei ganz nach links gedrehtem Lautstärkepoti war es am lautesten, am rechten Anschlag leiser. Auch der Bassregler hatte starken Einfluss, jedoch im regulären Sinne.

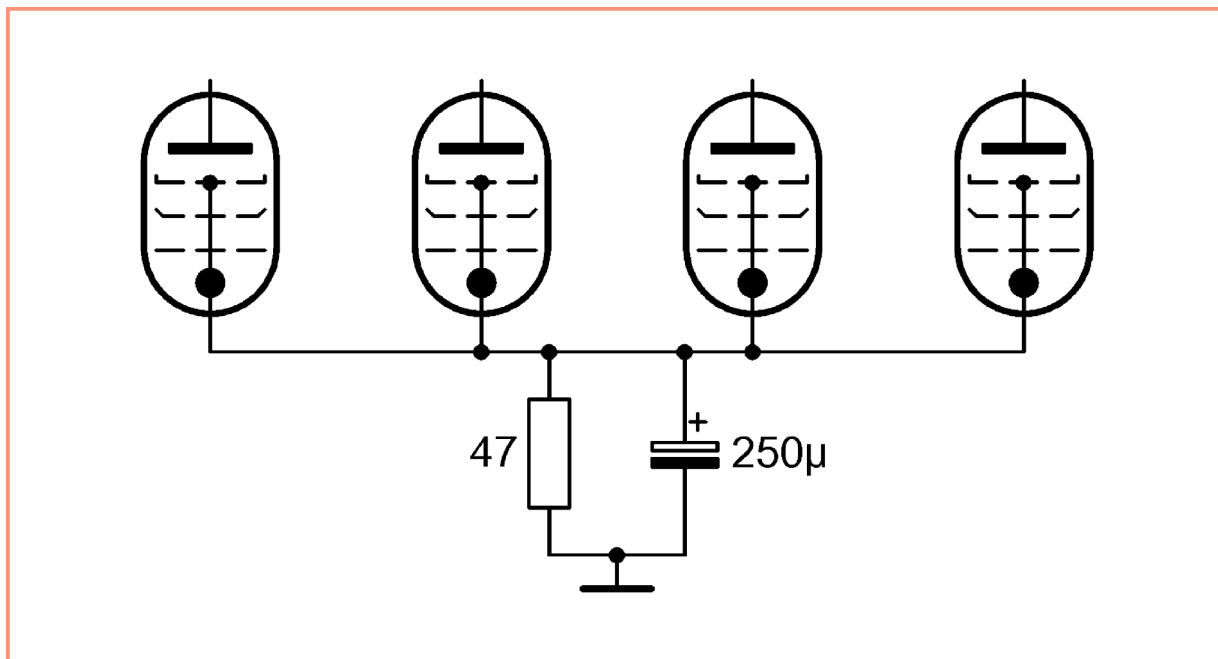


Bild 2. Arbeitspunkteinstellung im AC30 mit gemeinsamem Kathodenwiderstand für alle vier EL84.

In den ruhigen, funktionierenden Phasen zeigte der Verstärker sein normales Grundbrummen, das bei diesem Typ relativ stark ist, was aber von den Musikern im Gegensatz zu den High-End-HiFi-Hörern seit Jahrzehnten akzeptiert wird. Es geht zwar in der lauten Rockmusik unter, ist aber auf vielen zum Teil hervorragenden Aufnahmen in kurzen Musikpausen und leisen Passagen zu hören. Bei HiFi-Stereoanlagen würde so etwas nicht toleriert werden. Im AC30 werden die Heizungen von Vorstufen- und Endstufenröhren aus einer einzigen Wicklung des Netztrafos gespeist. Ein Ende ist mit Masse verbunden, statt dass die Heizung über Widerstände oder ein Entbrummer-Poti gegenüber Masse symmetriert wird. Außerdem ist die Verstärker-masse an mehreren verschiedenen Stellen mit dem Chassis verbunden, was zu Brummschleifen führt. In der Regel werden bei so gut wie allen Gitarrenverstärkern Stahlchassis verwendet. Wenn das Chassis als Generalmasse verwendet wird, sind die Brummprobleme schon vorprogrammiert. Stahl hat eine deutlich schlechtere Leitfähigkeit als Kupfer oder Aluminium. Weiterhin lässt sich ein Stahlchassis durch den auf ihm montierten Netztrafo magnetisch anregen.

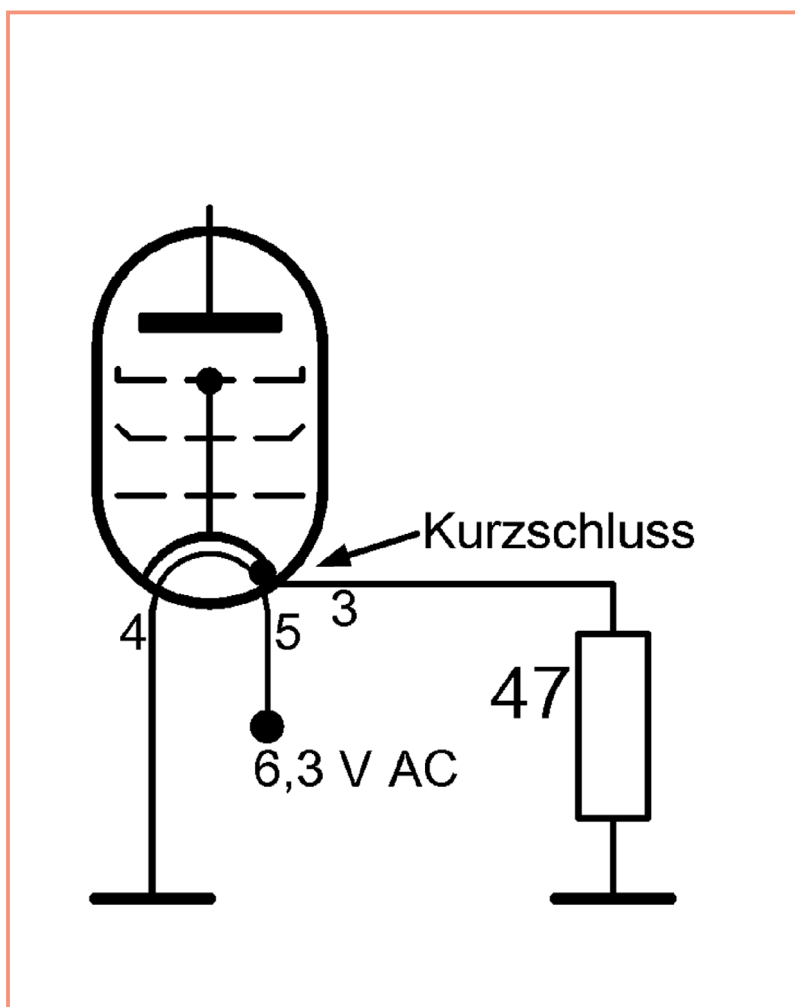


Bild 3. Der zeitweilige, temperaturabhängige Kurzschluss zwischen Kathode und Heizung in der EL84 führte zu starkem Brummen.

Wenn nun ein durch das Streufeld des Netztrafos induzierter Strom großflächig im Chassisblech fließt und zusammen mit dem sehr kleinen Signalstrom verkoppelt wird, ist ein Dauerbrumm unvermeidlich. Seit Jahrzehnten schaffen es namhafte Gitarrenverstärkerhersteller nicht, ihre Verstärker brummfrei zu bauen, man verlässt sich eben auf seinen traditionellen Namen, der Musiker wird es schon akzeptieren. Bei Gitarrenverstärkern, vor allem wenn mit hoher Verstärkung verzerrt gespielt wird (Cream-, Crunch- oder Distortion-Sound), hat man sehr hohe Verstärkungsfaktoren. In Studiomischpulten wie auch in High-End-Hifi-Anlagen wird bezüglich des Vermeidens von Brummen sehr hoher Aufwand getrieben, um den Hörgenuss nicht zu beeinflussen, bei Gitarrenverstärkern von praktisch allen namhaften und sonstigen Herstellern leider nicht. Dass es auch anders geht, ist z. B. im Buch „Gitarrenverstärker selbstgebaut“ (Elektor Verlag) ausführlich beschrieben.

Die Suche nach der Ursache des Brumms nahm in diesem Fall außerordentlich viel Zeit in Anspruch und brachte schließlich zwei verschiedene, aber in ihrer Art sehr ähnliche Fehler zutage. Der erste war, dass von den vier Endröhren (Bezeichnung „TAD EL84 STR Selected 6“) eine im kalten Zustand einen inneren Kurzschluss zwischen Heizung (Pin 5) und Kathode (Pin 3) hatte. Dadurch gelangten die 6,3 V Wechselspannung mit ihrem sehr niedrigem Innenwiderstand direkt auf die Kathode (Bild 3), wodurch die Endstufe sehr weit angesteuert wurde, ohne dass die drei Lautstärkepotis dies in irgendeiner Weise beeinflussen konnten. Nachdem sich im Laufe der Aufheizung die Elektroden geringfügig ausgedehnt hatten, verschwand der Kurzschluss wieder. Also ein Ausschussexemplar der EL84, das „selected“ hat wohl nichts genützt. Nach Austausch der Röhre, deren Kennlinie zuvor ausgemessen und mit den anderen verglichen wurde, war das einmündige Anfangsbrummen weg und kam nie wieder.

Der zweite Fehler, das zufällig auftretende und durch mechanische Erschütterungen beeinflussbare Brummen kam aus einer Vorstufenröhre. In diesem Fall war es die Treiberröhre für das Klangstellernetzwerk im „Brilliant“-Kanal, mit Aufdruck „JJ ECC83S“. Bei dieser Röhre ist in der Schaltung des AC30 das eine Triodensystem als normaler Verstärker geschaltet, wie üblich mit Anodenwiderstand 100 k und Kathodenwiderstand 1,5 k Ω , hier ohne Überbrückung durch einen Elko. Das zweite arbeitet als Kathodenfolgerstufe, damit das darauf folgende Klangstellernetzwerk halbwegs niederohmig angesteuert wird, siehe Bild 4.

und Kathode, allerdings nicht auf der heißen Seite der Heizspannung, sondern sehr dicht an der kalten, deshalb die relativ geringe Wechsellspannungsamplitude statt der vollen 6,3 V. Diese wird dann in der Röhre verstärkt und gelangt über das Klangstellernetzwerk zur Endstufe. Der Kurzschluss ist ein Wackelkontakt, er tritt mal auf und mal nicht. Überbrückt man im ordnungsgemäßen Zustand versuchsweise den 1,5-k Ω -Widerstand, dann sinkt die Anodenspannung (Pin 7) ebenfalls auf 89 V ab. Seltsam ist hier, dass der Kurzschluss nicht bei dem anderen Triodensystem aufgetreten ist, bei dem die Kathode auf 178 V liegt. Hier wäre

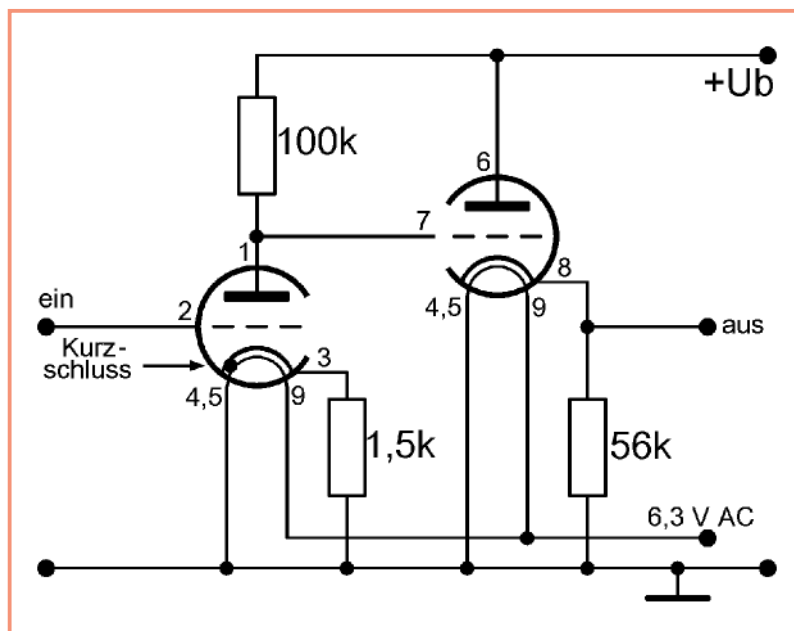


Bild 4. Noch ein Kathoden-Heizungs-Kurzschluss, diesmal in einer ECC83. Die Folge ist ebenfalls lautes Brummen.

Eine Gleichspannungsmessung an den Elektroden ergab im ordnungsgemäßen, nicht brummenden Zustand an der Kathode des zweiten Systems (Pin 8) 178 V, am Gitter (Pin 7), das mit der Anode des ersten (Pin 1) verbunden ist, etwa 176 V, an der Kathode des ersten Systems (Pin 3) 1,5 V. Wenn das Brummen auftrat, änderten sich die Verhältnisse drastisch: An Pin 8 lagen nur noch 91 V an, überlagert mit etwa 2 Veff Brummspannung. An Pin 1 und 7 waren etwa 89 V zu messen, an Pin 3 etwa 4 mV, überlagert von 70 mV Brummspannung. Der Fehler war auch hier ein Kurzschluss zwischen Heizung

er eigentlich viel eher zu erwarten gewesen. Nach Austausch dieser Röhre gegen eine andere war alles wieder in Ordnung.

Das Grundbrummen ertönt aber nach wie vor. Wenn man sich ansieht, wie in dem Verstärker die Masseleitungen geführt sind und was da für Ströme kreuz und quer durch das Chassis vagabundieren, dann wundert einen gar nichts mehr, siehe oben. Dieses dann noch auf HiFi/Studio-Niveau abzusenken, wäre ein Job für einen Dickbrettbohrer.

Dieser Artikel wurde zuerst veröffentlicht
in Elektor "Special Project Röhren 5"
(Juni 2009)