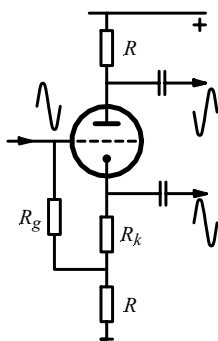


10.4.2 Kathodyn-Schaltung (Split-Load)

Die Kathodyn-Schaltung nutzt die Gegenphasigkeit der Kathoden- und Anoden-Wechselspannung. Nimmt man leistungslose Steuerung an, so entspricht der Kathodenstrom dem Anodenstrom, und somit sind für gleich großen Kathoden- und Anodenwiderstand die daran abfallenden Wechselspannungen exakt betragsgleich – unabhängig von den Röhrendaten. Bücher über Schaltungstechnik erklären die Funktion der Kathodyn-Schaltung gerne damit, dass der Anodenwiderstand in zwei "exakt" gleiche Hälften aufzuteilen sei, die dann den neuen Anodenwiderstand bzw. den Kathodenwiderstand ergeben. Vermutlich führte diese Erläuterung dazu, dass bei frühen Gitarrenverstärkern in der Kathodyn-Stufe enger tolerierte Widerstände zum Einsatz kamen: Beim Ampeg B-42-X liest man beispielsweise: *all resistors 10%*, aber neben den 47-k Ω -Kathodyn-Widerständen und den darauf folgenden 100-k Ω -Lastwiderständen steht: *5%*. Und es gab sogar Verstärker, die 2% Widerstands-Toleranz forderten.



$$v_A = -\frac{v_k}{1 + R_k / R} \approx -v_K$$

$$v_K = \left(1 + \frac{2R + R_i + R_k}{(R + R_k) \cdot R_i \cdot S} \right)^{-1} \approx \frac{\mu}{\mu + 3}$$

$$R_E \approx \frac{R_g}{3 / \mu + R_k / R}; \quad R_{iA} \approx R; \quad R_{iK} \approx \frac{R + R_i}{1 + \mu}$$

Abb. 10.4.5: Kathodyn-Schaltung. Fender-typische Signal-Auskopplung direkt an der Kathode.

In Abb. 10.4.5 ist eine für Gitarrenverstärker typische Kathodyn-Schaltung dargestellt. Die beiden Arbeitswiderstände (R) sind beim Fender-Verstärker in der Regel 56 k Ω , $R_k = 1.5$ k Ω , der Gitter-Ableitwiderstand ist 1 M Ω . Mehrere Fender-Verstärker erhielten 1955 diese Schaltung (Deluxe, Super, Pro, Bassman, Twin), allerdings nur für ca. 2 Jahre – dann kam der Differenzverstärker (mehr hierzu in Kap. 10.4.3). Bei der in Abb. 10.4.5 dargestellten Schaltung ist der Gitter-Ableitwiderstand R_g nicht gegen Masse, sondern gegen den aufgeteilten Kathodenwiderstand geschaltet. Durch diese Gegenkopplung wird der **Eingangswiderstand** R_E wesentlich vergrößert, im Beispiel auf ca. 18 M Ω . Ob dies dem Fender-Entwickler bewusst war, ist fraglich: Der zum Gitter führende Koppel-Kondensator beträgt nämlich 20 nF, wie bei 1-M Ω -Eingängen üblich. Nun liegt der 1-M Ω -Widerstand aber nicht an Masse, sondern an einer fast gleichgroßen kohärenten Wechselspannung, und dadurch erhöht sich der effektive Eingangswiderstand (Bootstrap). Mit 20 nF und 18 M Ω erhält man eine **Hochpass**-Grenzfrequenz von 0.4 Hz – für Gitarrenverstärker sehr speziell. Der Gibson GA-19-RVT koppelt bei seiner Kathodyn-Stufe hingegen mit 500pF – ob die mehr wussten?

Die **Spannungsverstärkung** vom Gitter zur Kathode ist ungefähr $1 - 3/\mu$, mit $\mu =$ Leerlaufverstärkung der Röhre. Bei der ECC 83 ergibt sich in guter Näherung $v_K = 0.97$. Fendertypisch ist die Anoden-Wechselspannung betragsmäßig geringfügig kleiner, ca. $v_A = -0.945$. Die **Innenwiderstände** der beiden Ausgänge sind hingegen sehr unterschiedlich: An der Anode in guter Näherung 56 k Ω (Stromgegenkopplung bei der Kathode), an der Kathode aber nur ca. 1.2 k Ω (Kathoden-Folger). Dies ist einer der Unterschiede zur Paraphase-Schaltung. Man spricht bei Verstärkerröhren ja gerne von *leistungsloser Steuerung*, und da wären Unterschiede in den Innenwiderständen belanglos. Sobald aber in den Endröhren Gitterströme fließen, beginnen sich Anoden- und Kathodenspannung der Kathodyn-Stufe zu unterscheiden.

Eine wechsellastmässige Anoden- bzw. Kathodenbelastung hat unterschiedliche Auswirkungen auf die jeweils andere Elektrode: Eine *Kathodenbelastung* würde den Anodenstrom und somit die Gitter/Anoden-Verstärkung vergrößern, eine *Anodenbelastung* würde die Gitter/Anoden-Verstärkung verkleinern; beide Belastungen hätten jedoch nur geringe Auswirkungen auf die Gitter/Kathoden-Verstärkung (Gegenkopplung). Belastet wird die Kathodyn-Stufe durch die beiden Endröhren. Deren Ansteuerung ist nur leistungslos, solange das Endröhrengitter hinreichend negativ gegenüber der Endröhrenkathode bleibt. Bei Vollaussteuerung und insbesondere bei Übersteuerung fließen aber in den Endröhren Gitterströme, die Kathodyn-Stufe arbeitet dann gegen eine nichtlineare Last.

In **Abb. 10.4.6** sind für zwei verschiedene Aussteuerungen die Zeitfunktionen der Anoden- und Kathodenspannung dargestellt – zunächst ohne Endröhrenbelastung. Im Vergleich zur Paraphase-Stufe sind die maximal erreichbaren Spannungen kleiner, die Symmetrie ist besser. Mit Endröhrenbelastung (6V6, **Abb. 10.4.7**) verformt sich die Anodenspannung im Bereich des Minimums wegen des von der Kathode abfließenden Gitterstromes – dadurch vergrößert sich der Anodenstrom, und damit der Spannungsabfall am Anodenwiderstand. Eine entsprechende Ausbuchtung der Kathodenspannung entsteht praktisch nicht, da die Spannungsverstärkung des Kathodenfolgers vom Anodenwiderstand so gut wie nicht beeinflusst wird. Ein typischer Röhrenverstärker-Effekt ist in der letzten Bildzeile dargestellt: Mit zunehmender Übersteuerung nimmt die Betriebsspannung ab ("Sagging"). Die Minimumspannung ist deshalb keine Konstante, sondern hängt von der Netzteil-Siebschaltung ab.

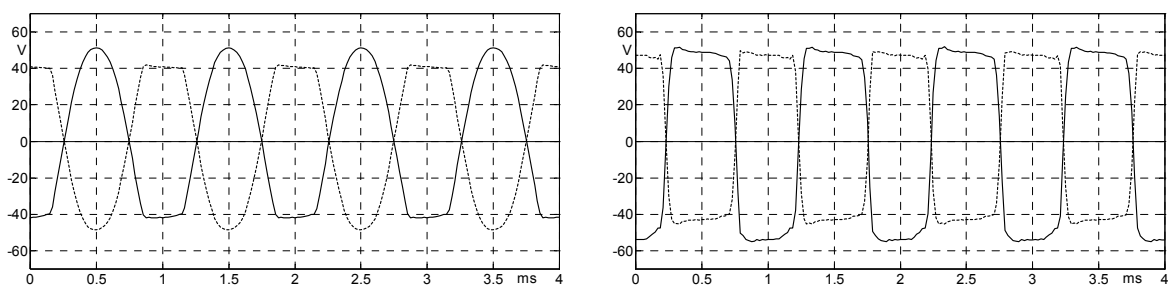


Abb. 10.4.6: Kathodyn-Stufe ohne Last, Wechselanteil. Anodenspannung (----), Kathodenspannung (—).

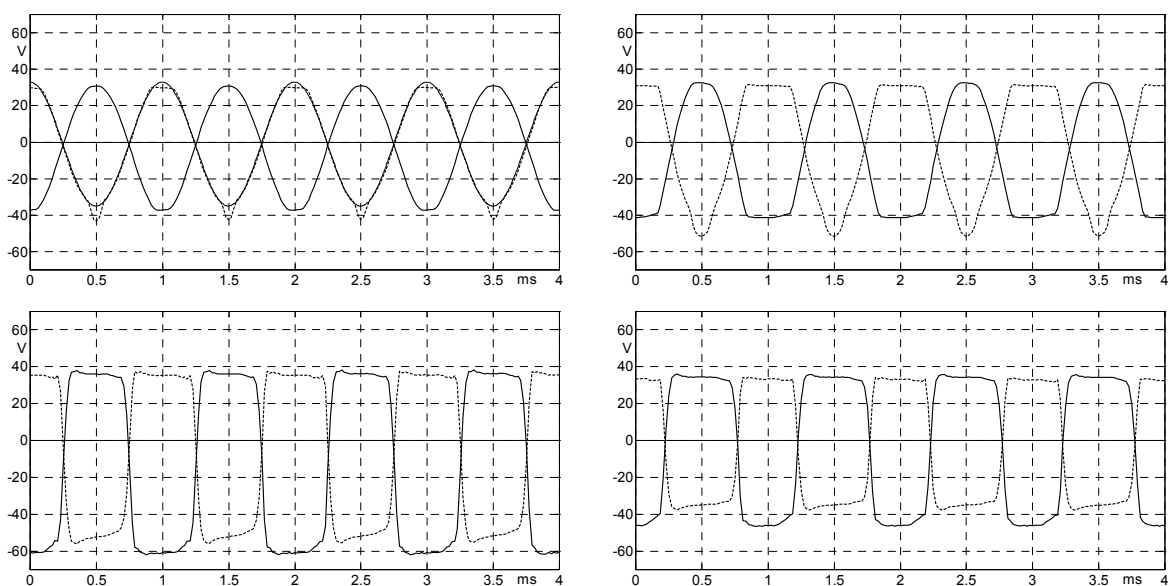


Abb. 10.4.7: Kathodyn-Stufe mit Last, Wechselanteil. Anodenspannung (----), Kathodenspannung (—). Das rechte untere Bild zeigt die Situation nach länger dauernder Übersteuerung.