



Anzeigeröhren

von Prof. Jürgen Plate

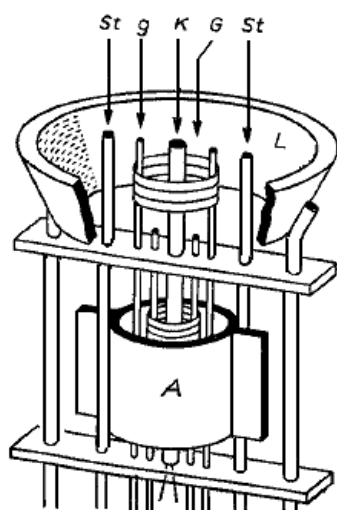
Das magische Auge

Heute kaum noch bekannt ist das sogenannte magische Auge. Es diente früher als Abstimmhilfe bei Röhrenradios oder als Aussteuerungsanzeige bei Tonbandgeräten. Die ersten magischen Augen wurden etwa zu Beginn der 30er Jahre des vorigen Jahrhunderts eingesetzt. Es handelte sich um Elektronenröhren mit dem Leuchtschirm auf dem Kopf einer Elektronenröhre. Es sah also aus, wie ein leuchtendes Auge - daher der Name.

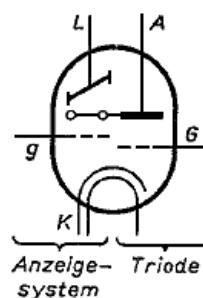
Die Leuchtschicht, eine fluoreszierende Schicht aus Zinkorthosilikat (Willemite, Zn_2SiO_4) oder einer Mischung aus Zinkorthosilikat und Zinkoxid, stellt die Anode der Röhre dar und wird durch die auftreffenden Elektronen zur Aussendung eines grünen oder blaugrünen Lichts angeregt. Neuere Bauformen tragen die Leuchtschicht nicht mehr auf einem metallischen Träger im Röhreninneren, sondern direkt auf der inneren Glasoberfläche des Röhrenkolbens. Auch wurde zur Verlängerung der Lebensdauer die Leuchtschicht später nicht mehr aus reinem Zinkorthosilikat hergestellt, sondern erhielt eine Beimengung von Zinkoxid. Reines Zinkorthosilikat verliert durch den Elektronenbeschuss relativ schnell an Leuchtkraft, während die Röhre durch die Hinzugabe von Zinkoxid sogar an Leuchtkraft gewinnt.

Diese Röhren besitzen eine geheizte Kathode. Die Richtungsablenkung geschieht mittels Steuerelektroden (Stegen), die den von der Kathode ausgehenden Elektronenstrom zu Bündeln formen oder auch nur auseinanderdrücken (Lückenbildung z. B. bei magischen Bändern). Die Stege (oder auch nur ein einziger) werfen einen Schatten auf den Leuchtschirm. Liegt ein Steuersteg mehr oder weniger auf 0 Volt, so sieht man einen breiten dunkleren Bereich, liegt der Steuersteg dagegen nahezu auf Anodenpotenzial (Leuchtschirm), gibt es fast keinen Schatten mehr. Sind die Steuerstege positiver als der Leuchtschirm, so überlappen sich die beiden hellen Sektoren leicht und dieser Bereich wird noch heller. Dieser Umstand wurde bei Aussteueranzeigen bei Tonbandgeräten genutzt, um eine Übersteuerung anzuzeigen. Damit die Elektronen von der kristallinen, nicht leitenden Leuchtschicht besser abfließen können, wurde oft unter die Leuchtschicht noch eine Graphitschicht (Aquadag) aufgebracht. Bei Röhren mit Leuchtschicht auf dem Glas werden transparente leitfähige Oxidschichten benutzt.

Das folgende Bild zeigt den Aufbau einer solchen Röhre. Der positiv geladene Leuchtschirm L stellt die Anode dar, zu der die aus der Glühkathode K austretenden Elektronen beschleunigt werden. Zwei Ablenkstege St, welche weniger positiv als der Schirm sind, werfen auf den Schirm ihren Schatten. Es entstehen zwei leuchtende Sektoren, die um so breiter sind, je positiver die Stege St geladen sind. Um zu verhindern, daß der Elektronenstrom zum Schirm zu stark anwächst, ordnet man zwischen der Kathode K und den Stegen St noch ein Hilfsgitter (Dosierungsgitter oder Anzeigegitter g) an, das mit der Kathode verbunden ist. Da zur deutlichen Anzeige eine verhältnismäßig große Schwankung der Stegspannung erforderlich ist, verstärkt man im allgemeinen die Regelspannung. Die dazu benötigte Verstärkerstrecke (Triode) baut man vielfach mit dem Anzeigesystem zusammen. Die Steuerstege St sind unmittelbar mit der Anode A dieser Triode verbunden.



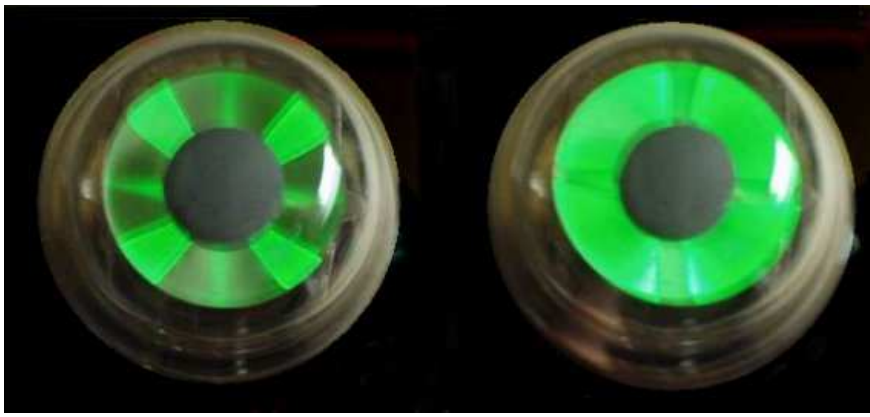
L Leuchtschirm
St Steuersteg
K Kathode
g Anzeigegitter
G Steuergitter
A Anode



A Anode
g Anzeigegitter
G Steuergitter
K Kathode
L Leuchtschirm

Typenbezeichnung: An zweiter Stelle steht der Buchstabe M. Es gibt Ausführungen mit sektorförmiger Anzeige und solche mit geradlinigem Leuchtband (z. B. EM 87).

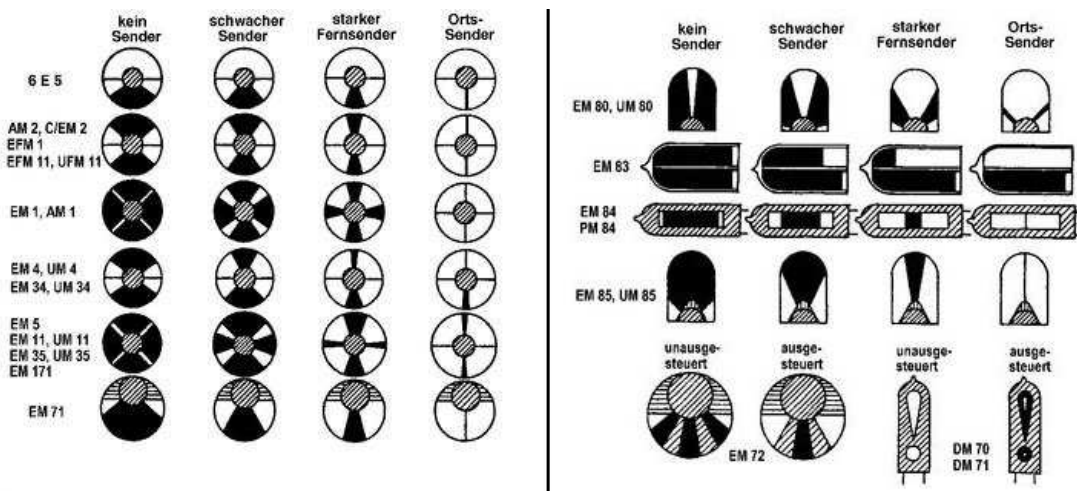
Der Leuchtschirm der ersten magischen Augen war in vier Sektionen eingeteilt. War ein Sender richtig abgestimmt, so leuchteten alle vier Sektionen grün auf. Die Spannung hierfür wurde aus der Regelspannung des Superhet-Empfängerteils, die dazu dient, dass alle Stationen etwa gleich laut zu hören sind. Ein Beispiel zeigt die folgende Röhre EM11:



Anfang der 50er Jahre kamen dann kleinere Röhren auf den Markt. Diese Röhren waren zu klein, um den Leuchtschirm auf dem Röhrenkopf unterzubringen. Die Anzeige wurde also auf eine Seite der Röhren verlagert und gleichzeitig in die Länge gezogen. Es kamen weitere Anzeigentypen hinzu, beispielsweise Leuchtbänder. Es entstanden also Anzeigen, die außer der grünen Farbe nichts mehr mit dem ursprünglichen magischen Auge gemeinsam hatten. So gab es den "magischen Fächer" und später das "magische Band".



Beim Band gab es noch eine Besonderheit: Mit Einführung des Stereo-Rundfunks wurde der Pilotton dazu benutzt, um bei der Röhre EMM803 ein zusätzliches Anzeigefeld zu aktivieren. Das magische Band diente in der Regel auch als Aussteuerungsanzeige bei Tonbandgeräten. Leider haben alle Anzeigeröhren den Nachteil, dass der Leuchtschirm mit der Zeit dunkel wird und sich sogar schwärzt. Die folgende Tabelle zeigt die verschiedenen Ausprägungen der Anzeige:



Bekannteste Typen von Magischen Augen waren:

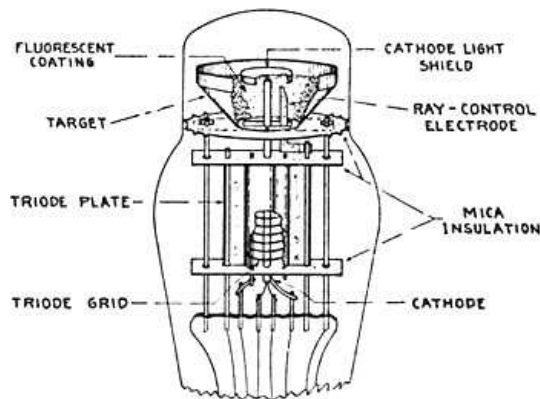
- magisches Auge: EM 4, 11, 34, 35
- magischer Fächer: EM 71, 80, 85
- magisches Band: EM 84, 87, 800 EMM 801, 803

Die Typen EM 83, EM 84, EM 87 und EM 800 (Band) und EM 80 (Fächer) sind heute noch neu erhältlich, die Typen EM 34 und EM 35 sind dagegen sehr selten und daher teuer. Alle Röhren werden mit 6,3 V Heizspannung betrieben. Auch viele Typen der entsprechenden U-Ausführung (Serienheizung) sind noch erhältlich.

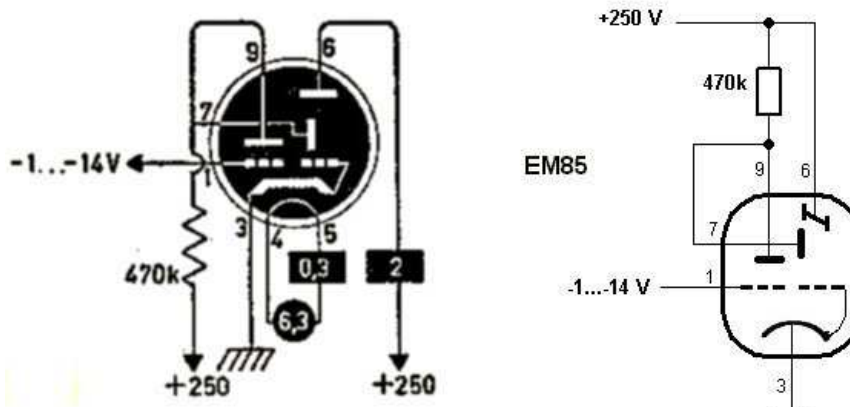
Meistens handelt es sich um keine reinen Anzeigeröhren, sondern Doppelröhren, also zwei Systeme in einem Glaskolben. Sie sind aber in der Regel so konstruiert, dass eine getrennte Verwendung der einzelnen Systeme nicht möglich ist. Bei den Systemen handelt es sich um die

eigentliche Anzeigeeinheit und um eine Triode. Da die hohe, positive Steuerspannung nicht immer leicht zu realisieren ist, baut man in die Röhre noch eine Triode ein. An deren Gitter legt man z.B. die eigentliche Steuerspannung. Liegt das Triodengitter auf negativem Potenzial, fließt kein Strom in diesem System und daher gibt es keinen Spannungsabfall an ihrem Anodenwiderstand. Und da meistens der Steuersteg der Anzeigeeinheit mit der Trioden-Anode fest verbunden ist, erhält dieser nun die volle Spannung. Leitet dagegen die Triode und sinkt damit die Anodenspannung, bedeutet dies, dass der Elektronenstrahl der Anzeigeeinheit durch den Steuersteg einen maximal breiten Schatten wirft.

Schaltungstechnisch ist die Ansteuerung nun recht einfach. Die Röhre benötigt zur Vollaussteuerung des grünen Feldes je nach Röhrentyp eine Spannung zwischen 0 und -14 Volt. Außerdem braucht die Röhre eine Kathodenheizspannung von 6,3 V/0,35 A und eine Anodenspannung von 250 V/5 mA. Leider haben die verschiedenen Röhrentypen unterschiedliche Sockelbelegung (Achtung: Im Gegensatz zu ICs wird bei Röhren die Sockelbeschriftung im Datenblatt nicht von oben, sondern **von unten** gezeigt.)



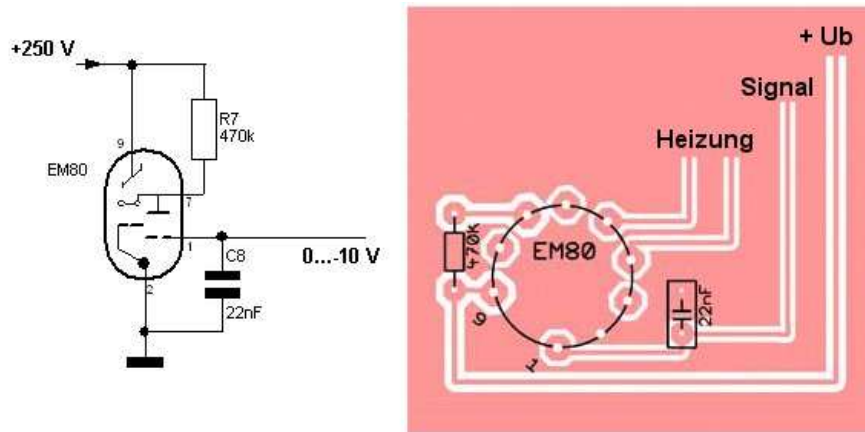
Die Röhre wirkt auf den ersten Blick recht kompliziert, ist es aber eigentlich gar nicht. Ich nehme mal als Beispiel die EM85. Wenn Sie sich nun das Bild aus dem Original-Datenblatt ansehen (im Bild unten auf der linken Seite), erscheint es doch recht ungewohnt. Deshalb habe ich die Röhre mal vom Schaltbild her an die üblichen Sehgewohnheiten angepasst und die Heizung weggelassen (im Bild unten auf der rechten Seite). Dann sieht es schon besser aus.



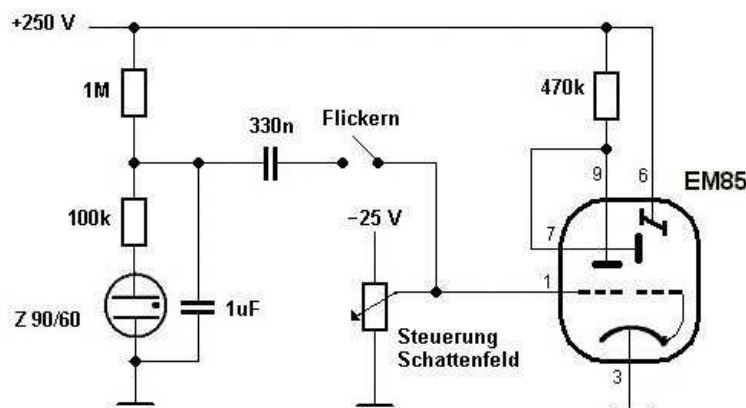
Es handelt sich, wie gesagt, um eine Doppelröhre. Links erkennt man eine einfache Verstärkerröhre (Triode) und rechts die eigentliche Anzeigeröhre. Beide Röhren haben eine gemeinsame Kathode. Das magische Auge besitzt eine Leuchtschicht auf der Blechanode, dem Leuchtschirm. Eine Ablenkelektrode an Pin 7 sorgt für den variablen Winkel des Leuchtfeldes. Die Leuchtflächen wachsen mit der Ablenkspannung. Man könnte rein prinzipiell die Triode einfach links liegen lassen und das Leuchtfeld direkt über Pin 7 ansteuern. Nur ist zur Steuerung eine Spannung zwischen ca. 100 V und 200 V nötig. Deshalb hat man dem magischen Auge noch eine Verstärker-Triode spendiert, die bei dem angegebenen Wert des Anodenwiderstands etwa 18-fach verstärkt und so mit einer Gatespannung von maximal -14 V auskommt. Bei vielen magischen Augen ist die hier noch extern vorzunehmende Verbindung der Pins 7 und 9 schon innerhalb der Röhre fest verdrahtet.

Neben den Standard-Röhren, die sich nur durch die Form der Anzeige und einige Schaltungsdetails unterscheiden, gab es noch einige Spezialbauformen. Die EM800 zeigte nicht ein symmetrisches Leuchtbild, sondern nur einen Balken der von der einen Seite her den Leuchtschirm überstrich. In der EMM801 sind zwei komplette Anzeigeröhren (Leuchtbalken) vereint, die bei Stereotonbandgeräten zum Einsatz kamen. Die EMM803 hatte neben einer normalen Anzeige noch ein zweites, kleines Anzeigesystem, das als Stereo-Indikator verwendet wurde. Für die Schaltungsentwicklung mit magischen Augen befragt man am besten auch die jeweiligen Datenblätter.

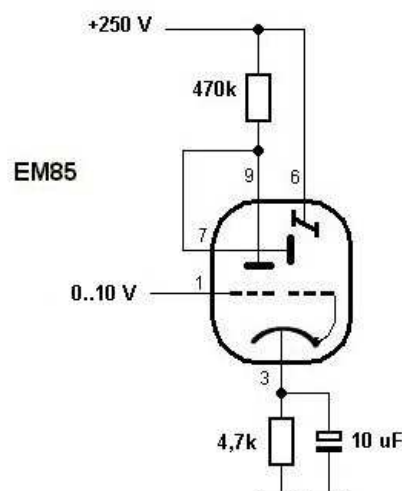
Die folgende Schaltung ist für eine Reihe von Röhren verwendbar, insbesondere für die magischen Bänder EM800 und EM84. Diese Röhren sind auch heute noch günstig zu erhalten und leicht anzusteuern. Das erste Beispiel zeigt den Minimalanschluß einer EM80-Röhre und einen Ausschnitt aus dem Platinen-Layout. Gegenüber der Datenblattangabe ist nur ein Kondensator hinzugekommen; er dämpft das Eingangssignal etwas und "beruhigt" so die Anzeige. Wird er nicht durch die Eingangsbeschaltung entladen, muss ein Widerstand parallel geschaltet werden. Das folgende Bild zeigt auch eine Variation des Schaltbildes, die man häufig findet:

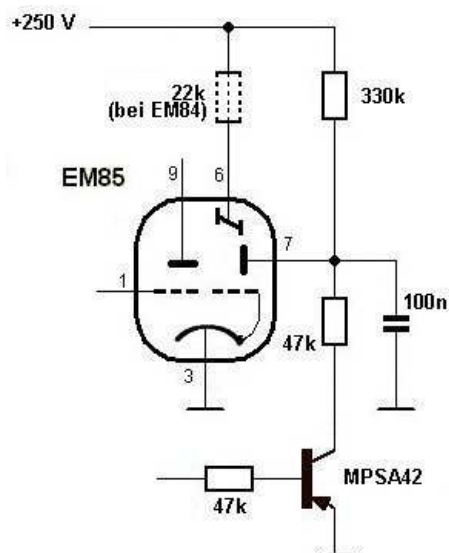


Die folgende Testschaltung erlaubt das Prüfen einer Röhre. Über das Potentiometer am Gate kann man die Öffnungsweite (bzw. die Schattenzohne) des Fächers, Auges oder Bandes variieren. Schaltet man das Glühlampenkippergerät dazu und es kommt Bewegung in die Sache. Je nach Röhrentyp muss natürlich der Sockel anders beschaltet werden, die EM85 dient hier nur als Beispiel.



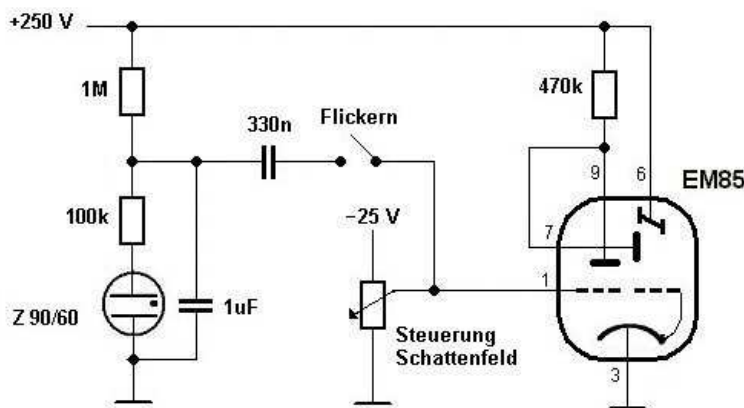
Es ist aber nicht unbedingt eine negative Spannung zur Ansteuerung notwendig. Wenn man die Kathode gegenüber der Masseleitung positiv macht, etwa durch einen Kathodenwiderstand von 4,7 kOhm, liegt die Kathode um etwa 10 V über dem Nullpegel und man kann das Gitter mit einer Spannung zwischen 0 und 10 V ansteuern (linkes Bild). Auch kann die Triode ganz weggelassen und die Röhre mit einer höheren Spannung angesteuert werden (rechtes Bild):





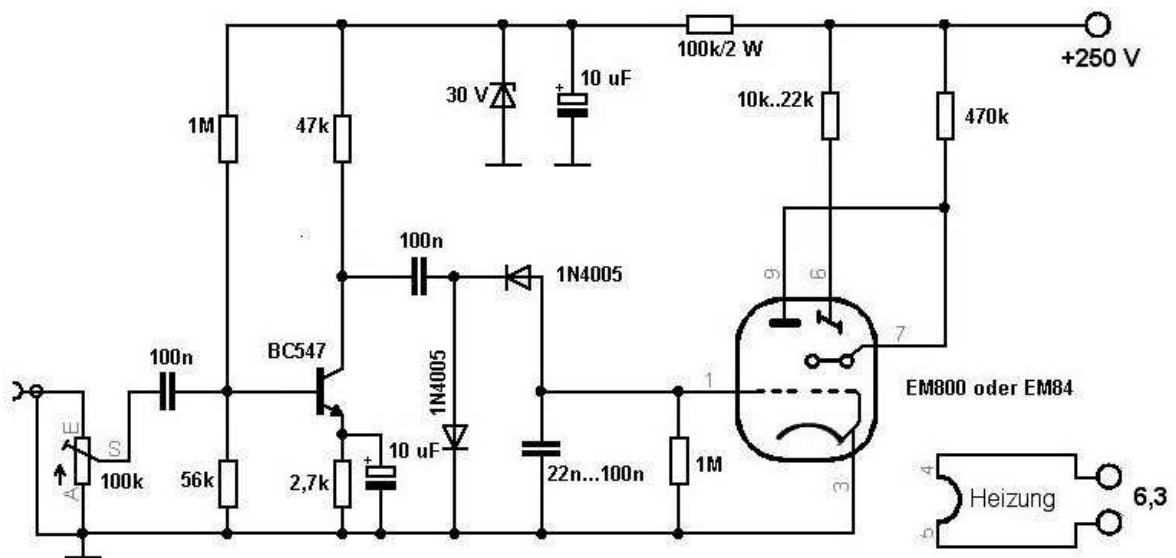
Bei einigen Röhren wird in vielen Schaltungen auch bei der leuchtenden Anode ein Anodenwiderstand vorgeschlagen (im Bild oben strichliert gezeichnet). Normalerweise ist er nicht notwendig. Verwendet man ihn, nimmt zwar die Leuchtstärke ab (man kann so auch die Helligkeit festlegen), die Lebensdauer der Röhre erhöht sich aber.

Die nun folgende Testschaltung soll die Steuerspannung der Röhre regelmäßig variieren, damit man das Band bzw. den Fächer gut beobachten kann. Die folgende Schaltung macht sich zunutze, dass die EM85 eine separate Triode enthält. Zusammen mit einer Glimmlampe lässt sich so ein wunderbarer Sägezahn-generator aufbauen. Das Zünden und Verlöschen der Glimmlampe einer Glimmlampe mit 90 V Zündspannung und 60 V Löschspannung bildet zusammen mit dem Triodensystem der EM85 einen Generator, der mit den angegebenen Widerständen und Kondensatoren mit etwa 1 bis 2 Hz schwingt. Zunächst lädt sich der 1-µF-Kondensator über den Anodenwiderstand und den 4,7-Megohm-Vorwiderstand auf. Wenn die Glimmlampe dann irgendwann zündet, wird die Triode leitend, und die Anodenspannung sinkt von ca. 200 V auf etwa 30 V ab. Dadurch wird der Ladestrom des Kondensators unterbrochen. Der Kathodenwiderstand sorgt außerdem für eine gewisse Mitkopplung, sodass die Glimmlampe voll durchzündet. Wenn der Kondensator auf ein gewisses Niveau entladen ist, verlischt die Glimmlampe und die Anodenspannung steigt wieder auf ca. 200 V. Nun beginnt der Zyklus neu.

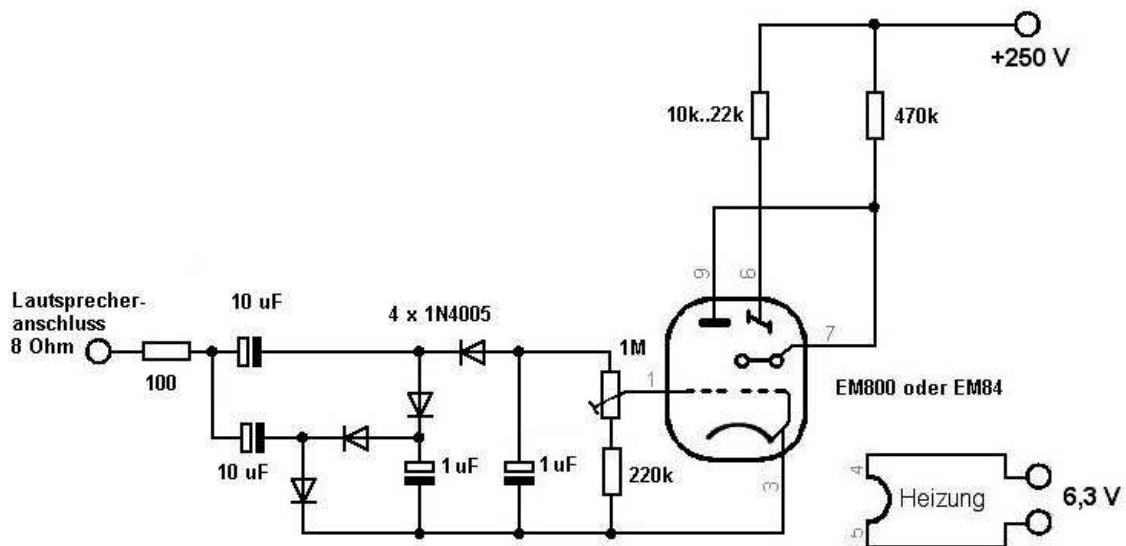


Sehr häufig wird keine (negative) Gleichspannung am Eingang des magischen Auges angelegt, sondern eine Wechselspannung, z. B. das Ausgangssignal eines Verstärkers. Das Signal muss verstärkt und dann seine negativen Anteile der Röhre zugeführt werden. Denken Sie daran, dass bei Röhren die Eingänge generell sehr hochohmig sind und kaum Strom aufnehmen (was normalerweise von Vorteil ist).

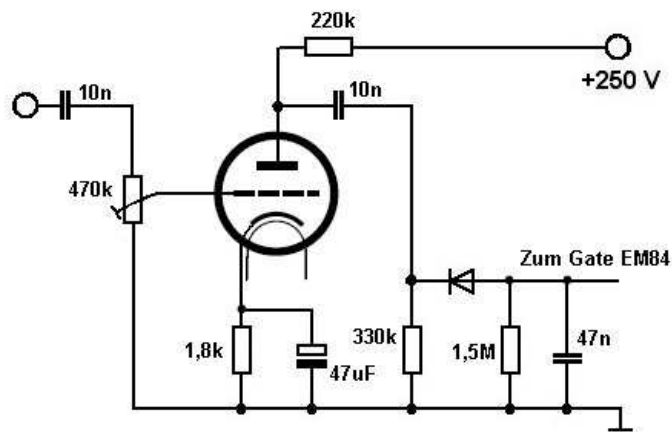
Über den Widerstand 100k, die Z-Diode und den Elko wird eine Hilfsspannung von etwa 30 V für den Vorverstärker erzeugt. Der Strom durch die Z-Diode sollte etwa 2 mA betragen. Dabei ist zu beachten, dass an diesem Widerstand 220 V abfallen, was eine Verlustleistung von etwa 400 mW ergibt. Der Transistor in Emitterschaltung verstärkt das eingespeiste NF-Signal etwa zwanzigfach. Die negativen Signalanteile werden Kollektor ausgekoppelt und laden den Gate-Kondensator der Röhre auf eine dem Pegel entsprechende negative Spannung auf (0 ... -10 V), welche die Anzeigeröhre ansteuert. Über den 1-Megohm-Widerstand wird der Kondensator wieder langsam entladen, wenn keine Signale anliegen. **Beachten Sie, dass bei der EM80 die Anschlußpins anders beschaltet sind als bei EM84, EM87 oder EM800!**



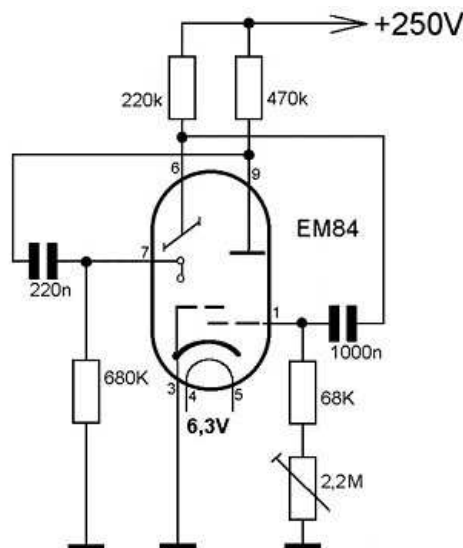
Für den Anschluss an einen Lautsprecheranschluss ist nicht einmal ein Verstärkertransistor nötig. Oft reicht es schon, eine Verdopplerschaltung mit Dioden und Kondensatoren aufzubauen, die dann am Lautsprecheranschluss angeschlossen wird. Damit ist die Spannung genügend hoch, um das magische Auge auszusteuern. Erwischt man eine EM800, kann man damit sogar den linken und rechten Stereokanal getrennt in einer Röhre anzeigen.



Von Röhrensaltungen aus ist die Ansteuerung noch einfacher. Hier zapft man an passender Stelle im Verstärker an, beispielsweise zwischen Vor- und Endstufe oder an der Primärseite des Ausgangsstroms an. Das folgende Bild zeigt die Anwendung mit einer Vorverstärkerröhre.

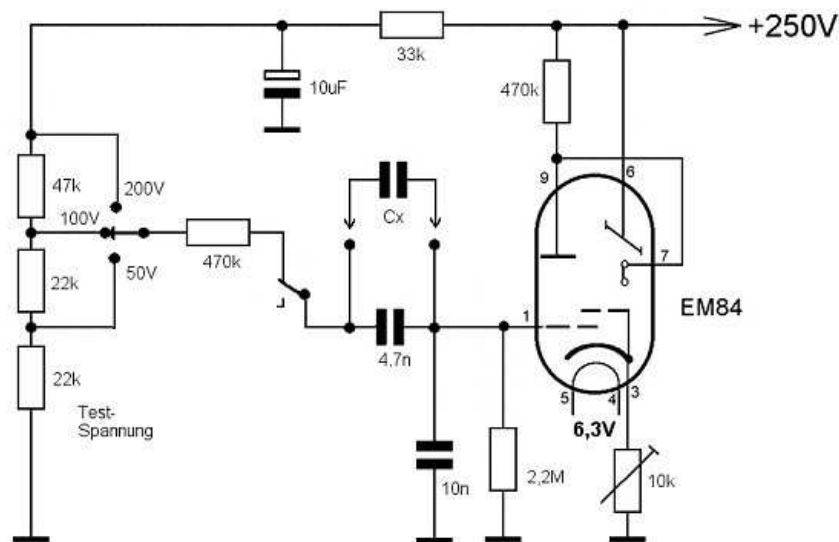


Soll die EM84 (oder ein anderer Typ mit eingebauter Triode) nur dekorativ animiert werden, benötigt man nicht einmal die bei der Test-Schaltung oben gezeigt Glimmlampen-Kippschaltung, sondern kann die EM84 alles selbst machen lassen. Die folgende Schaltung lässt das magische Auge im Rhythmus von einigen Hertz "zwinkern", wobei die Frequenz mit dem Poti variiert werden kann.



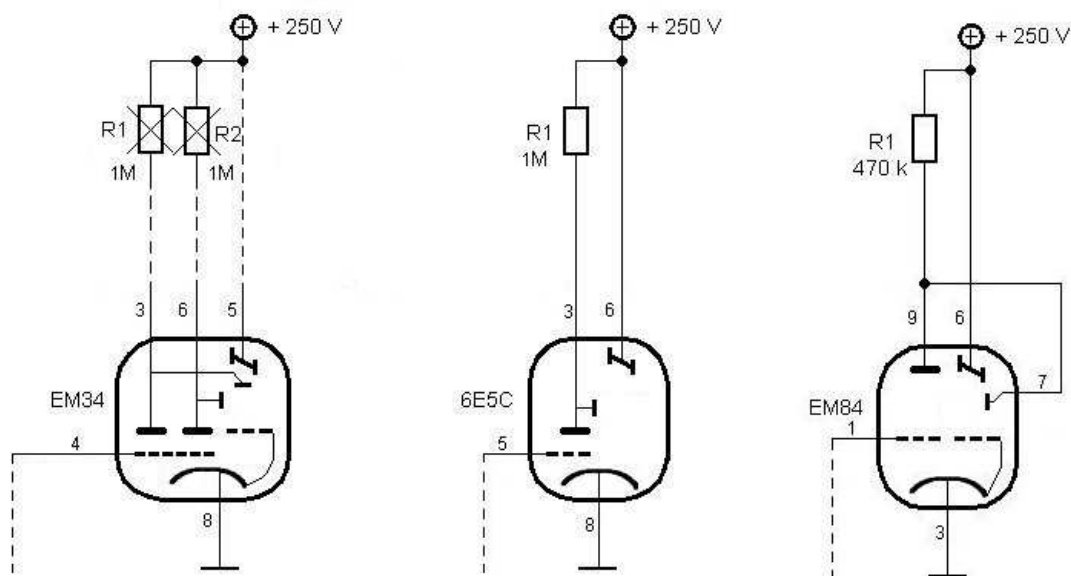
In einem alten Büchlein von 1968, Kühne: "Kniffe und Schliche für Radio-Praktiker", hatte der Autor die Idee aufgegriffen, mit der EM84 ein Testgerät für den Isolationswiderstand von Kondensatoren aufzubauen. Wolfgang Holtmann hat dann auf www.radiomuseum.org die Schaltung erweitert. Dort wird auch der Einsatz beschrieben. Über den Spannungsteiler links kann die Prüfspannung an die Maximalspannung des zu prüfenden Kondensators angepasst werden. Der Prüfling wird angeschlossen und der Schalter geschlossen, worauf sich der Kondensator auflädt. Um die Ladezeit zu verkürzen kann man parallel zum 2,2-MOhm-Widerstand einen Taster legen. Wird nach vollständiger Ladung des zu prüfenden Kondensators der Schalter geöffnet, beginnt die (vom Isolationswiderstand abhängige) Entladung. Natürlich müssen die Prüfbuchsen und der Schaltungsaufbau den hohen Isolationsansprüchen genügen, damit es zu keinen Fehlinterpretationen kommt. Auf eine besonders gute Qualität des 4,7-nF-Kondensators, der parallel zum Prüfling liegt, ist zu achten! Nun fragt man sich, wofür ist dieser Kondensator überhaupt nötig? Dazu schreibt Holtmann: "Würde dieser nämlich fehlen, wird bei zu kleiner Kapazität (kleiner 1000 pF) des zu testenden Kondensators, ein erneuter Wiederaufladestromstoß zu schwach ausfallen, um noch deutlich angezeigt zu werden."

Mit dem 10-kOhm-Poti wird ohne Prüfling die Gittervorspannung so eingestellt, dass die Leuchtbalken etwa halb geschlossen sind (Widerstandswert "unendlich"). Nun wird der zu prüfende Kondensator angeschlossen und geladen. Ein etwa vorhandener, mangelhafter Isolationswiderstand lässt die Gitterspannung in positiver Richtung ansteigen, was zu einer Verkleinerung der beiden Balken führt. Verschwinden diese vollkommen, ist der Kondensator unbrauchbar. Die höchste Testspannung (200 Volt), ergibt auch die höchste Anzeigeempfindlichkeit. Ein Widerstand von 500 MOhm verursacht dann einen Leuchtbalkenrückgang von ca. 4 mm. Will man auch niedrigere Werte ermitteln, dreht man den Katodenwiderstand höher.

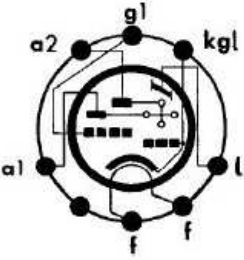
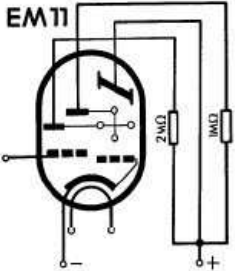
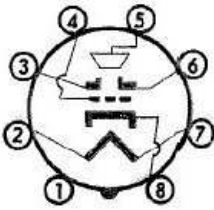
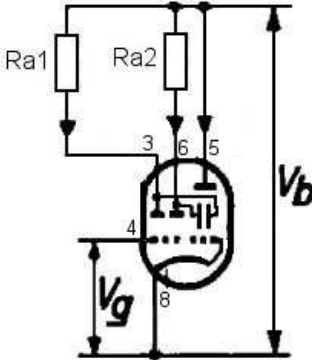
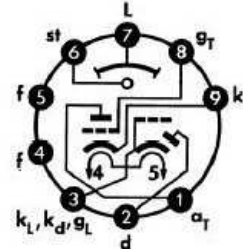
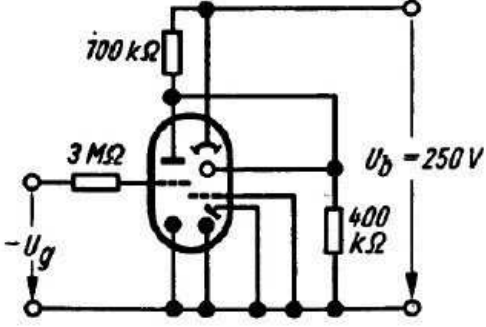
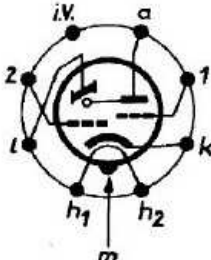
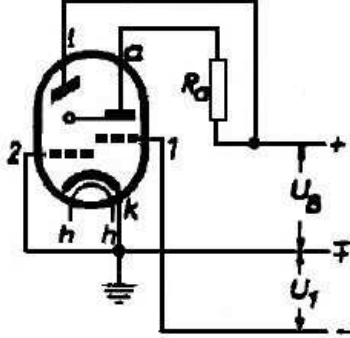
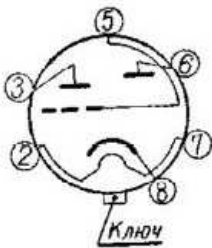
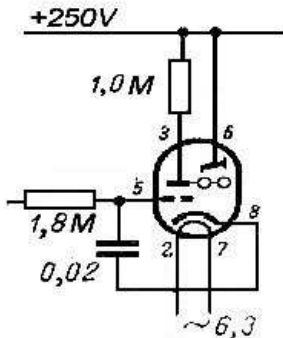


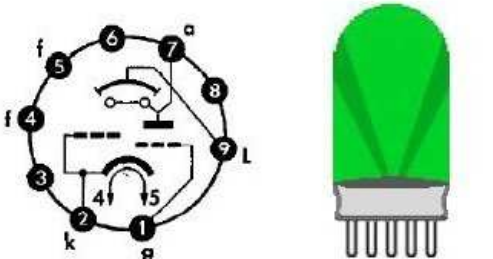
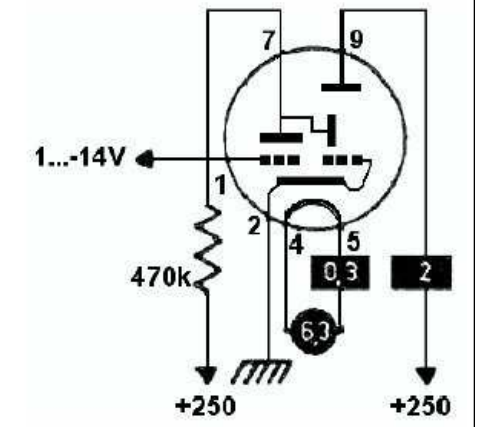
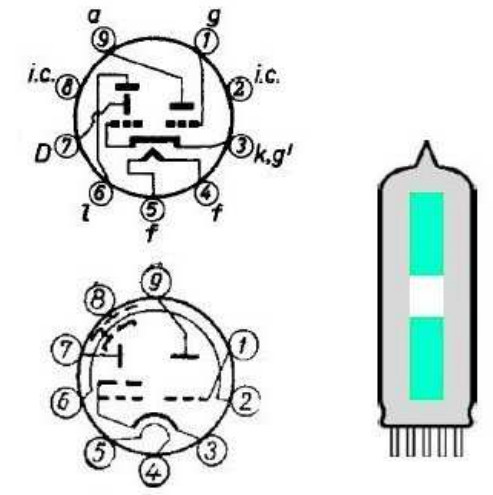
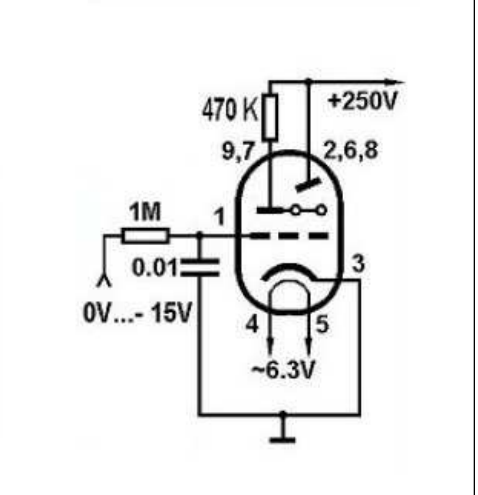
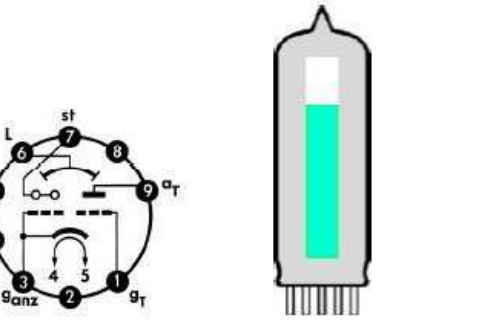
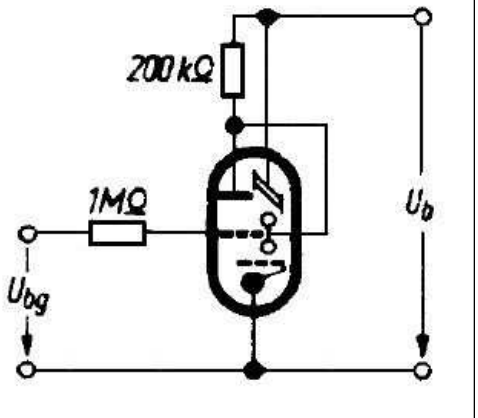
Beim Ausrüsten "frisch" aufgebauter Verstärker kann man sich das magische Auge nach Preis und Erhältlichkeit aussuchen. Soll dagegen ein älteres Messgerät oder ein älteres Radio wieder zum Laufen gebracht werden, muss gegebenenfalls die vorhandene Röhre durch eine andere ersetzt werden. Um beispielsweise die gute alte EM34 durch eine besser erhältliche russische Röhre 6E5C zu ersetzen, müsste man am Sockel umlöten: Anschlusspin 6 isolieren und 1-Megohm-Widerstand entfernen, Anschlußpin 5 auf 6 umlöten und Anschlußpin 4 auf 5 umlöten. Im Gegensatz zur EM34 hat die 6E5C nur einen einzigen Leuchtwinkel. Eine Anzeigeänderung bewegt sich also nur in etwa 1/4 des Leuchtfeldes, während der Rest nur ständig gleichmäßig vor sich hin leuchtet. Daher ist auch nur eine einfache Triode zur Vorverstärkung eingebaut.

Will man die EM34 durch die EM84 ersetzen ist mehr Lötarbeit erforderlich. Beide 1-Megohm-Widerstände an Pin 3 und Pin 6 werden entfernt, dafür erhält die EM84 einen neuen Arbeitswiderstand R3 von 470 kOhm an Pin 9. Außerdem ist an der EM84 eine Verbindung vom Steuersteg Pin 7 zur Anode Triode an Pin 9 vorzusehen. Die Kathode wechselt von Pin 8 auf Pin 3. Vergessen Sie auch nicht die Umverdrahtung der Heizung (Statt der Pins 2 und 7 nun die Pins 4 und 5).



Abschließend noch die Sockel- und Anzeigebilder einer Auswahl von magischen Augen sowie die technischen Daten und Grundschaltungen:

EM11	EM11 6,3V/210mA UM11 15V/100mA $U_a=250V$, $U_i=250V$ $R_{a1}=2M$, $R_{a2}=1M$, $R_i=U_a$ $R_g=3M$ $-U_g=4...0V$   
EM34	EM34 6,3V/200mA UM34 12,6V/100mA $U_a=250V$, $U_i=250V$ $R_{a1}=1M$, $R_{a2}=1M$, $R_i=U_a$ $R_g=3M$ $-U_g=16...0V$   
EAM86	EAM86 6,3V/300mA $U_a=250V$, $U_i=250V$ $R_a=200k$, $R_i=U_a$ $R_g=3M$ $-U_g=8V...0V$   
EM71	EM71 6,3V/300mA $U_a=250V$, $U_i=250V$ $R_a=470k$, $R_i=U_a$ $R_g=1,8M$ $-U_g=20V...0V$   
6E5C	6E5C (russ.) 6,3V/300mA $U_a=250V$, $U_i=250V$ $R_a=1M$, $R_i=U_a$ $R_g=1,8M$ $-U_g=16V...0V$   

EM80	EM80 6,3V/270mA UM80 19V/100mA $U_a=250V$, $U_i=250V$ $R_a=500k$, $R_i=U_a$ $R_g=3M$ $-U_g=16V \dots 0V$		
EM84	EM84 6,3V/210mA PM84 4,2V/300mA $U_a=250V$, $U_i=250V$ $R_a=470k$, $R_i=U_a$ $R_g=3M$ $-U_g=22 \dots 0V$ 6E3P 6,3V/210mA		
EM800	EM800 6,3V/300mA $U_a=250V$, $U_i=250V$ $R_a=200k$, $R_i=U_a$ $R_g=1M$ $-U_g=10V \dots 1V$		

Datenblätter

[EM34.pdf](#)
[EM80.pdf](#)
[EM84.pdf](#)
[EM85.pdf](#)

Betriebsspannung

[Anoden-Spannungserzeugung](#)
[Heiz-Spannungsreglung](#)



[Zum Inhaltsverzeichnis](#)