

## **Funkschau-Sonderdruck**

20/81 Bildröhrenregenerierung



Ungünstige Rahmenbedingungen zwingen die Fernseh-Branche mehr auf den Gewinn der Werkstätten zu achten.

Ulrich Müter  
Krikedillweg 38  
D-4353 Oer-Erkenschwick  
☎ (02368) 2053  
☎ aus Österreich (0602368) 2053

Als Anregung sende ich Ihnen, lieber Kollege, erneut den Funkschau-Sonderdruck über das Bildröhren-Regenerieren.

Viele Werkstätten verdienen bereits täglich Geld mit dem unübertroffenen Regeneriergerät BMR 80. Und auch Sie sollten nicht auf diese Verdienstquelle verzichten.

Viele Kollegen nennen den Bildröhren-Meß-Regenerator BMR 80 "das wichtigste Gerät in der Werkstatt". Weil der BMR 80 wirklich regeneriert und Geld hereinbringt.

Den BMR 80 gibt es beim Großhandel. Sie können ihn aber auch direkt von mir zur Probe beziehen.

Benutzen Sie einfach die beiliegende Bestellkarte. Der BMR 80 kommt dann schnell per Nachnahmepaket zu Ihnen ins Haus, mit vollem Rückgaberecht.

Ihr Geld bekommen Sie garantiert von mir sofort zurück. Sie brauchen nur innerhalb 14 Tagen das Gerät wieder an mich zurücksenden.

Je schneller Sie die Bestellkarte absenden, um so eher verdienen Sie Geld mit dem BMR 80, garantiert.

Mit freundlichen Grüßen

Ihr *U. Müter*  
Ulrich Müter

PS. Es lohnt sich den Funkschauartikel aufzubewahren. Da steht vieles drin, was in dieser Form kaum in Büchern zu finden ist.

### **BMR 80**

aus der ältesten deutschen Spezialfabrik für Bildröhren-Meß-Regeneratoren

Ulrich Müter

## Bildröhren-Regenerierung

**Vor dem Hintergrund der Materialverknappung und der Lebensdauer-Verlängerung der anderen Teile eines Fernsehgerätes kann auf das Bildröhren-Regenerieren nicht mehr verzichtet werden. Die Anschaffung eines Regeneriergerätes lohnt sich heute besonders, weil Hochvacuum-Bildröhren mit Erdalkali-Oxid-Katoden als Displays für die Darstellung schneller Vorgänge in den nächsten 10 bis 15 Jahren nicht durch andere Techniken ersetzt werden können.**

Verschiedene Typen von Bildröhren-Regeneriergeräten sind bekannt. Einfache Geräte konnten noch bis Mitte der siebziger Jahre gebraucht werden. Bis damals wurden in den Röhren Katoden mit größerer Masse verwendet. Diese wurden beim Regenerieren durch einen kurzen, aber hohen Stromstoß zerrissen. Unter heftigem Knistern und Blitzen flog ein Teil der Katode in den Röhren-Innenraum. Der bleibende Rest emittierte dann meistens wieder für einige Zeit.

### Bildröhrentechnik wandelte sich

Verschiedene Forderungen führten zu kleineren Katodenmassen. Das war so etwa gegen 1975. In-Line-Bildröhren in 29-mm-Hälsen benötigten Systeme kleineren Querschnitts und damit auch Katoden geringerer Masse. Der Heizleistung der Katode wurde größere Aufmerksamkeit zuteil. Auch das war ein Grund für die Massenreduzierung. Mit den alten Regeneriergeräten konn-

te man diese neuen Röhren nicht mehr gefahrlos regenerieren.

Mitte der 70er Jahre kamen neue Regeneriergeräte auf den Markt. Die damals neu entwickelten Regeneriergeräte sind bereits verhältnismäßig zuverlässig. Die fortschrittlichsten arbeiten mit Ballastlampen. Allerdings verliert ein großer Teil der mit ihnen regenerierten Bildröhren nach einiger Betriebszeit die Emissionsfähigkeit wieder. Bei schlecht regenerierbaren Röhren muß nach eigenem Ermessen während des Regenerierens die Heizspannung erhöht werden. Das führt zu unkontrollierbaren Ereignissen in der Bildröhre. Außerdem können mit diesen Geräten nur Schlüsse zwischen Wehneltzylinder und Katode beseitigt werden; Schlüsse zwischen Katode und Heizfaden dagegen nicht.

### Hohe Ziele

Bei der Entwicklung der neuen Generation von Bildröhrenmeß- und -Regeneriergeräten wurden die Ziele hoch gesteckt: Die Erfolgsquote sollte erhöht werden, eine Lebensdauer von mehr als einem Jahr für 80 % der regenerierten Bildröhren war zu verwirklichen. Besonders sollten auch Bildröhren-Katoden, die ihre Emissionsfähigkeit gänzlich verloren hatten und bisher als unregenerierbar galten, regeneriert werden können. Die Bedienung sollte einfach sein, unkontrollierte Manipulationen der Heizspannungshöhe unmöglich und unnötig werden, Faden-

Katoden-Schlüsse sollten repariert werden können.

Um die wesentlichen Gedanken des Entwicklungskonzeptes darzustellen, scheint es unerlässlich, den Bildröhren-Herstellungsprozeß, soweit er den Werdegang der Erdalkali-Katode betrifft, darzustellen.

### Die Erdalkali-Katode

Barium-Strontium-Mischkristalle sind an der Luft nicht aufbewahrbar. Als Carbonat ( $[\text{Ba}, \text{Sr}] \text{CO}_3$ ) lassen sie sich dagegen in unserer Sauerstoff-Stickstoff-Atmosphäre gut verarbeiten. Sie werden als Mischung mit einem Binder in Form von Pasten auf die Katodenträger aufgebracht. Typische Mischungsverhältnisse sind: (immer ca.) 5 %  $\text{CaCO}_3$ , 50 %  $\text{BaCO}_3$ , 44 %  $\text{SrCO}_3$  + 1 % Binder oder 15 %  $\text{CaCO}_3$ , 50 %  $\text{BaCO}_3$ , 34 %  $\text{SrCO}_3$  + 1 % Binder. Verunreinigungen und Bestandteile des Binders sind CO, Mg, Cu, Fe, Mn, Ni, und Si. Die Katodenkappe und der Katodenmantel bestehen aus einer Nickel-Magnesium-Aluminium-Legierung (Bild 1).

Nachdem die Katode mit dem System in den Bildröhrenhals montiert ist, wird die Bildröhre auf den Pumpenstand gebracht. Zwischen den Kontakten des Glassockels ragt der noch offene Pumpstutzen hervor. Er wird mit der Pumpe verbunden.

Während des Evakuierens der Bildröhre auf dem Hochvacuum-Pumpenstand laufen verschiedene Vorgänge ab. Sie sind für die spätere einwandfreie und langlebige Emissionsarbeit der Bildröhrenkatode verantwortlich. Es sind das Aufdampfen des Getterspiegels auf die Bildröhren-Innenwand und das Formieren der Katode.

### Der Getterspiegel

Das Auftragen des Getterspiegels erfolgt durch Verdampfen des Bariums aus der Barium-Aluminium-Legierung  $[\text{Ba}, \text{Al}_4]$ , die im sogenannten Getterring vorhanden ist. Die Erhitzung des Getterringes geschieht mittels eines hochfrequenten Induktionsstromes. Dieser wird knapp eine Minute lang von einer außen an den Bildröhrenkolben gelegten Spule in den Gettering induziert. Es werden Temperaturen von 1300 °C erreicht. Die Bildröhre ist während dieser Zeit bereits auf ca.  $10^{-4}$  Torr evakuiert. Das Barium legt

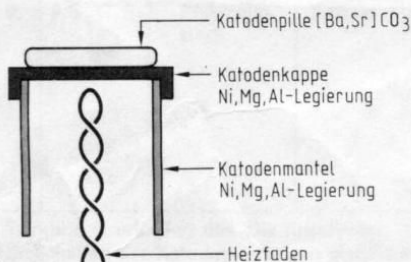


Bild 1. Zustand der Katode vor dem Pumpen und Formieren

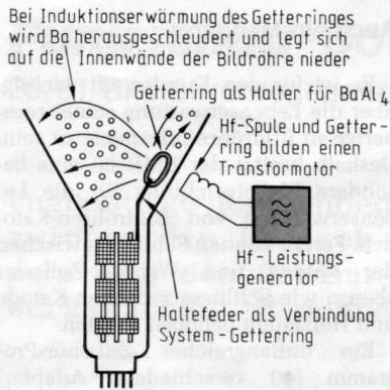


Bild 2. Der Getterspiegel wird aufgedampft

sich auf den Innenwänden der Bildröhre nieder (Bild 2).

### Während des Pumpens wird formiert

Der Formierprozeß wandelt das Barium-Strontium-Carbonat  $[Ba, Sr] CO_3$  in Barium-Strontium-Oxid  $[Ba, Sr] O$  um. Dabei wird die Katode verschiedentlich überheizt. Der Prozeßverlauf wird in Tabelle 1 dargestellt.

Die Bildröhre befindet sich drei bis vier Stunden auf dem Hochvacuum-Pumpenstand. Während dieser Zeit wird die Kolbentemperatur der Röhre ständig mittels äußerer Gasflammenheizung auf 250...350 °C gehalten. Mit dem Verschließen der Bildröhre durch Abschweißen des Pumpstutzen endet das Evakuieren. Die Röhre ist bis auf  $10^{-5}$  Torr evakuiert. Eine Restatmosphäre aus Methan ( $CH_4$ ) und Wasserstoff ( $H_2$ ) ist vorhanden. Der Getterbelag im Bildröhren-Konus und Hals besteht noch zum größten Teil aus reinem Barium. Nur ein kleiner Teil ist übergegangen in Bariumcarbonat ( $BaCO_3$ ) und Bariumoxid ( $BaO$ ). Die Katodenpille besteht im wesentlichen aus Barium-Strontium-Oxid  $[Ba, Sr] O$ .

Das nun folgende Aktivieren soll die Katode dauerhaft emissionsfähig machen. Der Ablauf des Aktivierens ist in Tabelle 2 dargestellt.

Die Schicht K-V der Katodenoberfläche besteht nach dem Aktivieren aus ca. 1 µm großen Barium-Strontium-Kristallen, die nur an wenigen Stellen miteinander verbunden sind. Zwischen ihnen sind ca. 4 µm große Poren. Dadurch ist die wirksame Oberfläche um etwa den Faktor 100 größer als die geometrische Katodenfläche. Die Bildröhrenkatode ist nun emissionsfähig (Bild 3).

### Gebrauch und Verbrauch der Bildröhren-Katode

Beim normalen Gebrauch der Bildröhre hat die Katode eine Temperatur um 700 °C. Dabei verdampft ständig Barium von der Katodenoberfläche. Tabelle 3 zeigt, wie es teilweise während des Betriebes ersetzt wird.

Wenn Katoden nicht mehr emittieren, können sie folgende durch den langen Gebrauch entstandene Veränderungen aufweisen:

1. Die Barium-Strontium-Kristalle der Schicht K-V sind zu einer verglasten Fläche zusammengewachsen.
2. Die Katodenoberfläche K-V besteht aus Barium-Strontium-Oxid. Das Barium ist restlos verdampft.
3. Der Übergang der Katodenpille zur Katodenkappe K-K besteht aus einer Isolierschicht, deren wesentliche Bestandteile Magnesiumoxid ( $MgO$ ) und Aluminiumoxid ( $Al_2O_3$ ) sind.

Nachfolgend soll anhand des Meß- und Regeneriergeräts BMR 80 (Bild 4) der Vorgang des Regenerierens beschrieben werden.

### Bildröhren-Regenerieren

Die Katodenpille wird auf ca. 900 °C erhitzt. Dadurch schmelzen die Katodenbestandteile Al, Sr, Ba, Mg, Ca. Der Siedepunkt des Magnesiums wird auf jeden Fall nicht erreicht (Tabelle 4).

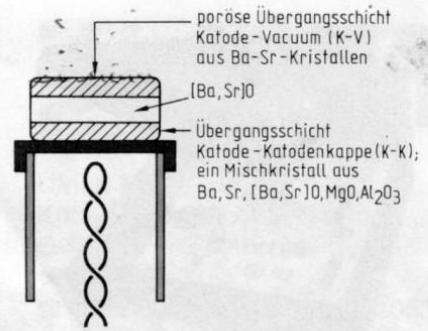


Bild 3. Die Katode nach dem Aktivieren

Die Verbindungen der genannten Stoffe mit Sauerstoff und Kohlenstoff (O, C) brechen auf.

Durch Anlegen einer geeigneten Impulsspannung zwischen der Katode auf der Minusseite und Wehnelt sowie Gitter 2 auf der Plusseite wird in der Katode ein galvanischer Vorgang eingeleitet. Die Kohlenstoff- und Sauerstoffionen wandern durch die Schmelze und hinterlassen Fehlstellen. An der Oberfläche der Katode treten die Ionen aus, gelangen ins Vacuum und werden an der Bildröhreninnenwand vom Getter gebunden. Die emissionsverhindernden Verbindungen  $MgO$  und  $Al_2O_3$  (Teile der Schicht K-K) sind damit beseitigt. Gleichzeitig entsteht an der Katodenoberfläche K-V reines Barium.

Nun erkaltet die Katode, weil die Heizspannung abgeschaltet wird. Der

Tabelle 1: Formieren der Katode

Schritt	Atmosphärendruck	Katodentemperatur	Dauer	Reaktion	Erklärung
1	$10^{-3} \dots 10^{-1}$ Torr	ca. 800 °C	ca. 3 Min.	$[Ba, Sr] CO_3$ $BaCO_3 + SrO + CO_2$	$CO_2$ (Kohlendioxid) wird abgepumpt, ein kleiner Teil reagiert mit dem Barium des Getters
2	pumpen	aufheizen			
3	$10^{-6} \dots 10^{-1}$ Torr	ca. 850 °C	ca. 5 Min.	$BaCO_3 + SrO$ $BaO + SrO + CO_2$	siehe oben
4	pumpen	aufheizen			
5	$10^{-3} \dots 10^{-1}$ Torr	ca. 1100 °C	ca. 10 Min.	$BaO + SrO + CO_2$ $BaO + SrO$	siehe oben
	pumpen				Der Druckanstieg bei den Schritten 1, 3, 5 ist mit der Entwicklung des Kohlendioxides $CO_2$ zu erklären

Die Reaktion  $CaCO_3 \rightleftharpoons CaO$  läuft gleichzeitig ab.



Bild 4. Das Bildröhren-Meß- und -Regeneriergerät BMR 80

galvanische Prozeß wird jedoch aufrechterhalten. Das geschieht durch langsames Anheben der Impulsspan-

nung. Die Fehlstellenbildung als Folge des Ionenstromes im Mischkristall führt zu neuer Porenbildung an der Katodenoberfläche. Unterstützt wird die Porenbildung noch dadurch, daß die verschiedenen Bestandteile der Schmelze nacheinander erstarren.

Je nachdem wie verbraucht die zu regenerierende Katode ist, dauert der Vorgang vom Beginn des Aufheizens bis zum Ende zwischen 30 Sekunden und drei Minuten. Während dieser Zeit sorgt die Steuerung durch den BMR 80 für effektive Regenerierung. Außerdem kann der Bedienende durch Meßinstrumentenbeobachtung den galvanischen Vorgang kontrollieren. Auch wird ihm mittels Kontrollampe angezeigt, ob die Gefahr der Katodenverformung, die einen Schluß Katode-Wehnelt erzeugen könnte, besteht.

## Auch ein Meßgerät

Es ist für den Kunden oft wichtig, über die Lebenserwartung seiner regenerierten Bildröhre informiert zu sein. Deshalb besitzt der BMR 80 eine besondere Meßeinrichtung für die Lebenserwartung von Bildröhren-Katoden. Ferner können Schlüsse zwischen der Katode und Wehnelt-Zylinder ebenso wie Schlüsse zwischen Katode und Heizfaden behoben werden.

Ein umfangreiches Zubehör-Programm (40 verschiedene Adapter) macht den BMR 80 zu einem universellen Gerät, welches auch Oszillografen-, Kamera-, Bildpunktast- und Radar-Bildröhren regenerieren kann. Mit der Grundausstattung können ca. 600 verschiedene Bildröhrentypen angeschlossen werden. Auch Stahlstrom, Fokussstrom, Kennlinien und alle Schlüsse sind mit diesem Gerät meßbar.

Tabelle 2: Aktivierung der Katode nach dem Zuschweißen des Röhrenkolbens

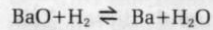
Folgende Reaktionen und Prozesse können ab. Eine poröse, 50 µm bis 100 µm dicke Bariumschiicht (K-V) entsteht an der Katodenoberfläche.

Katodentemperatur	Aktivierungsart	Reaktionsort	Reaktion	Erklärung
1. 950 °C	Reduktion	Katode	$BaO + CO \rightleftharpoons Ba + CO_2$ $CO_2$ geht zum Getter, und wird dort mit Ba zu $BaCO_3$	$CO$ (Kohlenoxid) stammt aus dem Binder
2. 950 °C	Reduktion	Schicht K-K	$BaO + Mg \rightleftharpoons Ba + MgO$ $BaO + Al \rightleftharpoons Ba + Al_2O_3$	Mg (Magnesium) und Al (Aluminium) sind im Katodenmantel und in der Katodenkappe als Aktivatoren vorhanden. Sie werden ausgeschmolzen.
3. 950 °C	Reduktion	Schicht K-V	$BaO + CH_4 \rightleftharpoons Ba + CO + 2 H_2$ bildet mit Ba des Getters $BaCO_3$	$CH_4$ (Methan) ist als Restatmosphäre vorhanden
4. 950 °C	Reduktion	Schicht K-V	$BaO + H_2 \rightleftharpoons Ba + H_2O$ reagiert mit Getter-Ba $Ba + H_2O \rightleftharpoons BaO + H_2 \downarrow$ Restatmosphäre	$H_2$ (Wasserstoff) stammt aus Reaktion Nr. 3 und aus der Restatmosphäre
5. fällt				Porosität entsteht durch Sintern.
6. 830 °C	Elektrolytisch	Katode	$Ba^{++} + O^{--} + 2e^- \rightleftharpoons Ba + O^{--}$	Der Ionenstrom $O^{--}$ wandert durch die Katode und hinterläßt Leerstellen. Die $O^{--}$ -Ionen gehen im Vakuum zum Getter und werden dagebunden.

Reaktion 6. erfordert das Einschalten der Katoden-Wehnelt-Diode in einen Gleichstromkreis. Die Reaktionen 1., 2., 3., 4. erfolgen gleichzeitig; Die Katodentemperatur wird durch Überheizen erreicht. Die Reaktionen mit Sr (Strontium) und Ca (Calcium) laufen ähnlich ab

Tabelle 3: Aktivierung der Katode durch Reduktion während des Gebrauchs der Bildröhre

Ein Teil des ständig verdampfenden Bariums der Katodenoberfläche wird dabei aus dem Bariumoxid der Katode ersetzt.



Wird Teil der emittierenden Katodenoberfläche

Geht zum Getter und reagiert dort



bleibt Teil des Getter-spiegels wird Teil der Restatmosphäre

Während dieses Vorgangs wachsen die Bariumkristalle und bilden mit der Zeit eine glasige Katodenoberfläche. Die Porosität geht verloren. Die Emissionsfähigkeit läßt nach.

Tabelle 4: Schmelz- und Siedepunkt Katodenelemente

Element	Schmelzpunkt	Siedepunkt	
Al	660 °C	2467 °C	Aluminium
Sr	769 °C	1384 °C	Strontium
Ba	725 °C	1646 °C	Barium
Mg	651 °C	1107 °C	Magnesium
Cu	1083 °C	2600 °C	Kupfer
Fe	1528 °C	2735 °C	Eisen
Mn	1244 °C	2097 °C	Mangan
Ni	1453 °C	2732 °C	Nickel
Si	1410 °C	2355 °C	Silizium
Ca	851 °C	1482 °C	Calcium