


# studioemagazin



**Röhrentechnik**  
**Schallplattenschnitt**  
**Restauration**  
**Reparatur**  
**Historie**  
**Netzversorgung**  
**Mechanischer Nachhall**  
**Analoge Messtechnik**  
**Rauschunterdrückung**

# Studiowerkstatt



# MediorNet Compact

Synchrones 50G Echtzeitnetzwerk für 3G/HD/SD-SDI Video, Audio, Daten & Intercom zum Preis einer Multiplexing-Punkt-zu-Punkt-Lösung. Flexibles Signalrouting inkl. Punkt-zu-Multipunkt. Integrierter Frame Store Synchronizer, Embedder/De-Embedder, Test Pattern Generator, On-Screen Display & Timecode Insertion an allen Ein-/Ausgängen. Kompatibel mit anderen MediorNet Systemen.

[www.riedel.net](http://www.riedel.net)



Integriertes Echtzeitnetzwerk im Überblick



Mark Dittmer (Firehouse Productions) spricht über Rocknet mit Studer Vista 5

## 4 Editorial

---

### 6 Studiowerkstatt 1

Reaktivierung von originalen, klassischen Studiogeräten

### 12 Studiowerkstatt 2

Winterzeit – Röhrenzeit

### 16 Studiowerkstatt 3

Röhrentechnik mit Lupe, Pinzette und destilliertem Wasser

### 23 Studiowerkstatt 4

Den Röhren auf Beine und Kurven geschaut – Buchstaben, Sockel, Daten und Tabellen

### 30 Studiowerkstatt 5

Niedrige Spannung – keine Anheizzeit – drei Anschlüsse – aber Tausende von Typen

### 36 Studiowerkstatt 6

Millimeter statt Millivolt – Gramm statt Ampere – Drehmoment statt Ohm

### 43 Studiowerkstatt 7

Ein kleines Labor mit Oszilloskop, Aussteuerungsmesser, Tongenerator und Feinmechanikwerkzeugen

### 50 Studiowerkstatt 8

Ein Blick in die Welt der analogen Messtechnik

### 55 Studiowerkstatt 9

Kontaktpflege – und das in jeder Hinsicht!

### 60 Studiowerkstatt 10

Über Omega-Gänge und Spalteffekte zum mag(net)ischen Ton!

### 65 Studiowerkstatt 11

Rauschkiller, Krachtöter und Dynamik-Strecker

### 70 Studiowerkstatt 12

Telefunken M15A – fitgemacht für die Digitalisierung analoger Tonträger

### 73 Studiowerkstatt 13

Auch Mikrofone kennen einen Tinnitus ...

### 76 Studiowerkstatt 14

Musik aus der Rille: Über Schneidkurven und Schriftarten zum mechanischen Ton

### 81 Studiowerkstatt 15

Direkt aus dem Studio des Studio Magazins

### 86 Studiowerkstatt 16

Das Besondere an der Röhre in der Audio-Technik

### 92 Studiowerkstatt 17

Vom Kühlschrank bis zum Bettgestell

### 98 Studiowerkstatt 18

Was Oldtimer und klassische Studiogeräte gemeinsam haben – und was sie trennt...

**Studio Presse Verlag GmbH**  
Geschäftsführer Fritz Fey

#### Verlags- und Redaktionsanschrift

Beethovenstraße 163-165  
D-46145 Oberhausen  
Telefon (0208) 606064  
Fax (0208) 601631  
E-Mail: info@studio-magazin.de  
www.studio-magazin.de

#### Herausgeber + Chefredakteur

Fritz Fey  
fritz@studio-magazin.de

#### Redaktion

Dieter Kahlen  
dieter@studio-magazin.de  
Friedemann Kootz  
friedemann@studio-magazin.de  
Marcus Döring  
marcus@studio-magazin.de

#### Finanzen und Abonnenten

Ulrike Meurer  
uli@studio-magazin.de

#### Anzeigenleitung und Druckunterlagen

Fritz Fey  
fritz@studio-magazin.de

#### Layout

Patrizia Casagrande  
patrizia@studio-magazin.de

#### Titeldesign

Patrizia Casagrande

#### Bankverbindungen

Geno-Volks-Bank Essen e.G.  
Konto: 560 327 301, BLZ 360 604 88  
PostGiroamt Essen  
Konto: 6072-435

#### Jahresabonnement Studio Magazin

Inland: 70,- Euro inkl. Versandkosten und MwSt.  
Ausland: 85,- Euro inkl. Versandkosten zzgl. MwSt.  
Kündigung: 6 Wochen vor Ablauf des Bezugszeitraumes schriftlich beim Verlag  
Der Abonnementspreis wird jährlich im voraus in Rechnung gestellt

Nachdruck oder Verwendung in elektronischen Medien, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlages. Für unverlangt eingesandte Fotos und Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Namentlich gekennzeichnete Beiträge entsprechen nicht unbedingt der Meinung der Redaktion.

**Erfüllungsort und Gerichtsstand**  
ist Oberhausen

Anzeigen haben keinen Einfluss auf redaktionelle Inhalte  
Copyright beim Verlag

**Produktion MedienConcept**



**Jetzt Studio Magazin  
Abonnent werden!**





## Die ‚guten‘ alten Zeiten

Fritz Fey Chefredakteur Studio Magazin

Die inzwischen alt und grau gewordenen Kollegen unsererunft, dazu zähle ich mich auch selbst, sind allesamt Zeitzeugen von Technologien, die heute als besonders begehrenswert gehandelt werden. Sie sind seinerzeit entstanden, weil es keine Alternativen gab und es ist doch erstaunlich, wenn heutige Entwickler diese Schaltungen als erstrebenswert wieder aufgreifen, obwohl sie aus einer Fülle von Wissen und moderner, hochwertigster Komponenten schöpfen könnten. Es liegt in der Natur der Sache, dass alte Geräte auch langsam dahinscheiden. Der Autor dieser Ausgabe des Studio eMagazins, Ulrich Apel, hat sich über viele Jahre mit historischen Technologien beschäftigt und Methoden entwickelt, wie man auch schon verloren geglaubten Schätzen wieder neues Leben einhauchen kann. Die Vorgehensweise ist zum Teil recht unorthodox, hat sich aber durch entsprechende Restaurations- und Reparaturserfolge in der Praxis mehr als bewährt. Mein betagter Compex-Limiter von Audio & Design Recording arbeitet seit der ärztlichen Behandlung durch Uli wieder einwandfrei, so als ob ich das Gerät gerade aus dem Karton geholt hätte – und das unter Aufwendung einfachster Mittel, wie man in einer der hier veröffentlichten achtzehn Folgen unserer Studiowerkstattserie aus dem Studio Magazin nachlesen kann. Die Gelegenheit ist gerade günstig und so nutze ich sie, einige Zusammenhänge in den richtigen Kontext zu stellen. Es macht bisweilen den Eindruck, als hätte die Analogtechnik ausschließlichen Gourmetcharakter auf technisch höchstem Niveau und wäre deshalb der Garant für einen außergewöhnlichen Klang. In Wirklichkeit trifft dies nur auf ausgesuchte Geräte und Schaltungen zu, denn auch zu damaligen Zeiten kamen bergeweise schlechte Analoggeräte auf den Markt, die man heute nicht einmal mehr mit der Kneifzange anfassen würde. Die ‚guten‘ alten Zeiten waren also keineswegs und vor allem ausschließlich so gut, wie

mancher vielleicht denken oder es sich wünschen würde. Es gab aber damals wie heute passionierte, extrem begabte Entwickler, deren Talent uns zu außergewöhnlichen Klangerlebnissen verholfen hat und verhilft. Im Umkehrschluss trieben auch viele Minderbegabte ihr Unwesen, die auf fahrende Züge aufsprangen und eigentlich nur am wirtschaftlichen Erfolg interessiert waren. Daran hat sich bis heute auch nichts geändert. Ein sechzig Jahre alter Fairchild-Limiter, um eines der herausragenden Beispiele zu bemühen, klingt auch heute noch unfassbar gut, vorausgesetzt, er ist korrekt kalibriert und alle eingesetzten Bauteile sind intakt. Die damals zur Verfügung stehenden Mittel, ein solches Gerät zu konstruieren, waren sehr bescheiden im Vergleich zum heute existierenden Angebot. Dennoch scheint es nichts an diesem Gerät zu geben, das man heute unter klangästhetischen Gesichtspunkten besser machen könnte. Insofern ist auch jede Anstrengung gerechtfertigt, ein solches Gerät am Leben zu erhalten. Das Wissen um derartige Schaltungen und Technologien ist aber auf dem besten Wege zu verblasen oder gar ganz zu verschwinden, und es gibt nur noch wenige, so wie unseren Autor, die über das Know-how, entsprechende Unterlagen, Messgeräte und andere unverzichtbare Hilfsmittel verfügen. Wer kann heute noch eine Bandmaschine fachgerecht einmessen? Wer ist überhaupt im Besitz eines Bezugsbandes, das für die Einmessung unerlässlich ist? Lassen Sie sich also von Uli Apel in die Welt der analogen Vergangenheit entführen und erfahren Sie, wie man die daraus erwachsenen Schätze in der heutigen Zeit bewahren und zum klanglichen Vorteil nutzen kann. Selbst, wenn man derartige Geräte nicht selbst einsetzt, dient die Lektüre dieser Ausgabe dazu, den ‚großen Zusammenhang‘ zu verstehen. Viele Dinge, die wir heute ganz selbstverständlich in einem Tonstudio tun, haben ihren Ursprung in grauer Vorzeit...





# Analoge Audio Plug Ins der Spitzenklasse für Frontends • Processing • Stereo Mastering

Stellen Sie Ihren Channel Strip, Ihr Bearbeitungs-Kit oder Ihr Stereo Mastering Setup so zusammen wie Sie möchten. ToolMod bietet Ihnen Module für alle Anwendungen in horizontalen und vertikalen Versionen mit + 30 dBu Headroom und 120 dB Dynamikbereich



Alle ToolMod Komponenten lassen sich auf jede Art zusammenstellen, beliebig erweitern und umkonfigurieren - zu Preisen, die auch in das Budget eines kleineren Studios passen. Zum Beispiel:

## Die ToolMod Mic-PreAmps



**TM101 Mic-Pre mit Eingangübertrager**  
Der klassische adt-audio Mikrofonverstärker, der Transparenz und Wärme in einziger Art vereint.  
Preis: € 395.00 \*)

**TM102 diskreter Mic-Pre**  
Der neutrale Mic-Pre mit diskreter Eingangsstufe und schaltbarer Belastung des Mikrofons  
Preis: € 365.00 \*)

ToolMod verwendet die gleichen Komponenten, die auch in unseren Produktionsmischpulten eingesetzt werden. Der Verzicht auf eine teure Optik und der Fokus auf die klanglichen und technischen Eigenschaften ermöglichen ein für diese Qualitätsklasse ungewöhnliches Preisniveau.

ToolMod können Sie direkt ab Werk bei uns beziehen:  
E-Mail: [sales@adt-audio.com](mailto:sales@adt-audio.com)  
Tel.: +49 2043 51061  
[www.adt-audio.de](http://www.adt-audio.de)  
[www.adt-audio.com](http://www.adt-audio.com)

## Die ToolMod Stereo Mastering Geräte



**TM222** - der Stereo Mastering Compressor mit zahlreichen Zusatzfunktionen, der mehr als 10 dB Lautheitsgewinn ohne Verlust an Natürlichkeit ermöglicht.  
Preis: € 830.00 \*)



**TM205** der Stereo Mastering Equalizer mit 3 vollparametrischen Bänder für komplexe Bearbeitung von Stereosignalen.  
Preis: € 850.00 \*)

**TM105 der universelle 5-Band EQ**  
für seidigen Glanz und transparente Bässe  
Preis: € 370.00 \*)



**TM112 der variable Kompressor**  
für alle Fälle mit Zusatzfunktionen für druckvolle Bässe und extreme Lautheit ohne Pumpen  
Preis: € 360.00 \*)



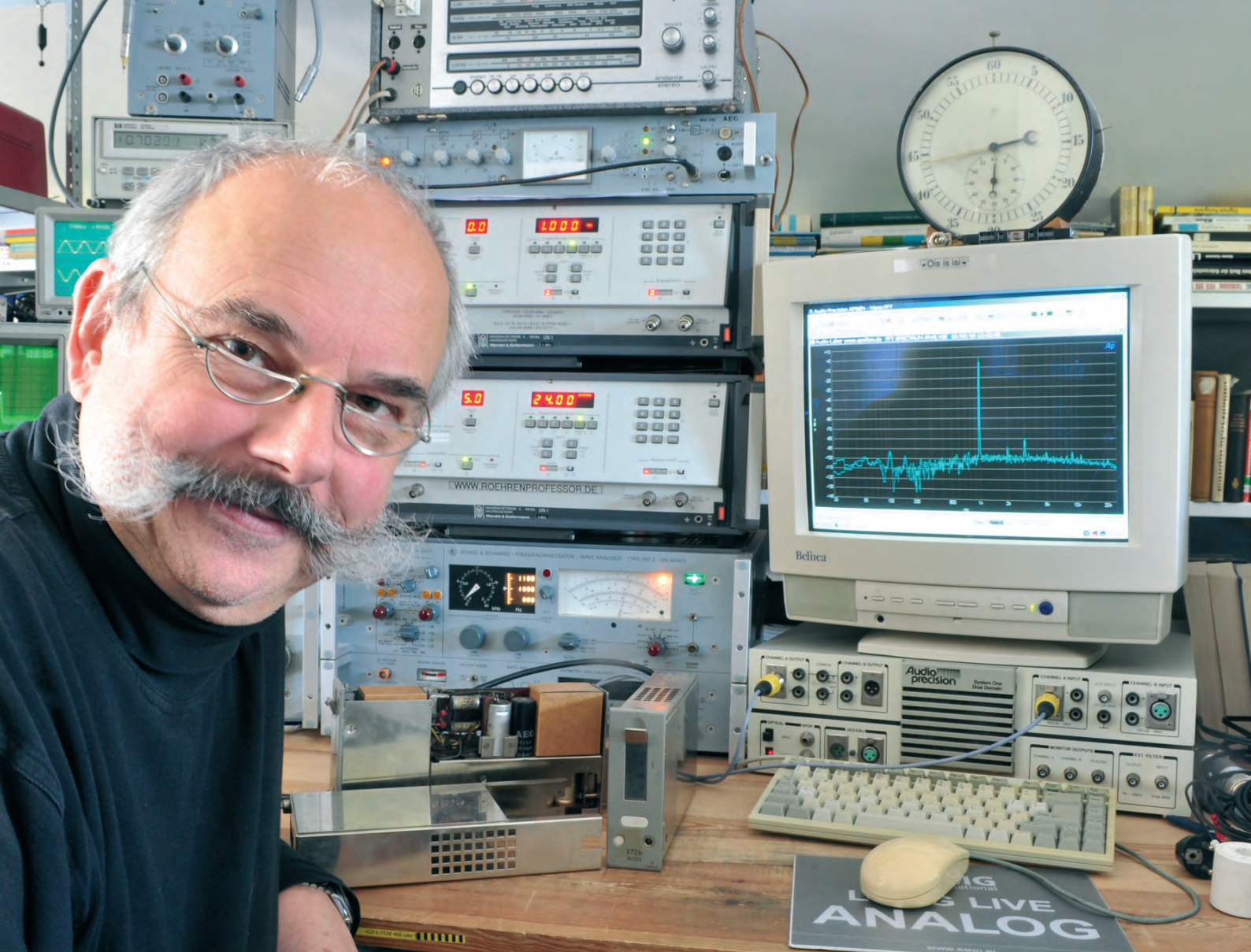
**TM215 der Stereo Mastering Limiter**  
Extrem schneller Spitzenbegrenzer für die unhörbare Ausregelung von Peaks.  
Preis: € 495.00 \*)



**TM130 die M/S Matrix**  
mit Basisbreiten- und Richtungsreglung, kombiniert mit einem elliptischen EQ, für Mastering und Stereo Mikrofone  
Preis: € 615.00 \*)

ein 1HE-Rahmen mit Netzgerät und Verbindungskabel kosten zusammen €441.00 \*)  
\*) alle Preisangaben verstehen sich zzgl. MwSt. und Versandkosten,





# Studiowerkstatt 1

Text & Fotos: Uli Apel

Reaktivierung von originalen, klassischen Studiogeräten

Ein klassischer Röhrenverstärker aus den Anfängen der Stereo-Zeit, oder ein Bandgerät, gewartet und eingemessen wie zu Zeiten der Beatles, hat immer größere Chancen, Ihrer heutigen Produktion einen individuellen, persönlichen, weil authentischen Charakter zu verleihen. Neben der Verwendung von Plug-Ins lässt sich so manche digitale Produktion durchaus auch mit einer entsprechenden Hardware, die heute wieder unter dem Namen ‚Vintage‘ auf den Markt gelangt, mit Glanz versehen. Bei der Programmierung der Software oder der Konstruktion neuer analoger Geräte haben sich die Hersteller bemüht, Werkzeuge zu schaffen, die möglichst naturgetreu – vielleicht auch teilweise mit Original-Bauteilen – in etwa an die Technik von vor 50 Jahren anknüpfen. Doch was die einen mit viel Rechenleistung, die anderen mit neuen ‚alten‘ Geräten, aufgebaut mit NOS-Röhren oder Germaniumtransistoren, erreichen wollen, ist für echte analoge Puristen noch immer nicht der letzte Schliff: Hier soll das alte Original, also wieder der Einschubverstärker im DIN-Format mit der Siemens-Messerleiste oder die Bandmaschine mit den Groß-Tucheln statt eine digitale oder analoge Kopie für die ultimative Aufbereitung sorgen. Ich erinnere hier gern an Buchstaben- und Zahlenkombinationen wie U47 oder M49, wie V72 oder V76, U73, W295, M10 oder M15 oder wie sie alle genannt wurden – meist noch spezifiziert durch einen kleinen angehängten Buchstaben a, b oder c. Alleamt Kürzel, die damals auf nüchterne Weise Mikrofone, Verstärker oder Aufnahmegeräte, Entzerrer, Kompressoren oder Fader bezeichneten, deren technische Daten, Schaltungen und Verwendungshinweise in 6 dicken Bänden in der technischen Bücherei jeder Rundfunkanstalt vereint waren. Hergestellt wurden diese Geräte im Auftrag der ARD von Siemens, Neumann, Telefunken, TAB oder Maihak. Im Rahmen dieser Artikelreihe möchte ich Sie gerne mit Ratschlägen oder unmittelbarer Hilfe eine Zeitlang begleiten.





# New SM9 • Stay focused

Das neue Focal Flaggschiff wurde aus einer simplen Idee heraus geboren: Lasst uns das akkurateste, dynamischste und klanglich transparenteste Monitoring System, das jemals gebaut worden ist, entwickeln. Die SM-9 wurde zu 100% in unserem Werk in Frankreich konzipiert und wird dort auch handgefertigt. Sie verfügt über eine breite Palette exklusiver Technologien. Eine davon ist die auf Knopfdruck zur Verfügung stehende Fokus Technologie: Ein völlig unabhängigen zweites Monitoring-System, welches in dem gleichen Gehäuse untergebracht ist.



 **FOCAL**  
PROFESSIONAL

[www.focalprofessional.com](http://www.focalprofessional.com)

Exklusivvertrieb in D, A, BE, BG, CH, CZ, EE, HU, LT, LU, LV, NL, PL, SK, SL, RO: Sound Service European Music Distribution  
Fon : +49 (0)33708 933-0 | Fax : +49 (0)33708 933-189 | [www.sound-service.eu](http://www.sound-service.eu) | [info@sound-service.eu](mailto:info@sound-service.eu)





Braunbuch und  
Tabellendaten

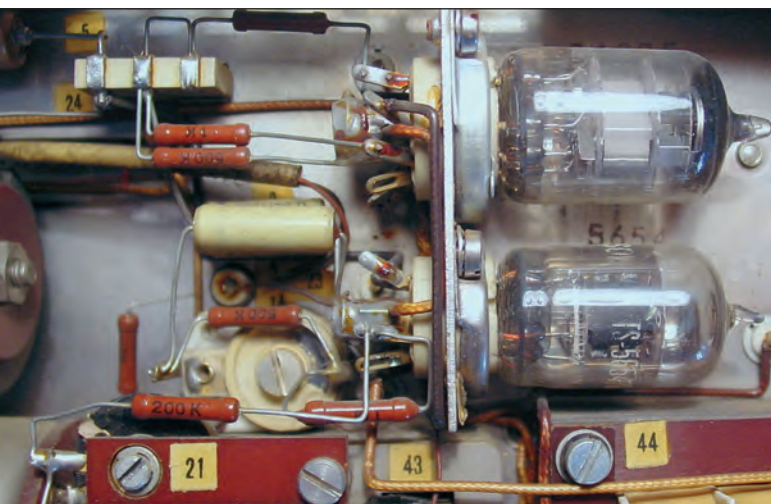
Die als ‚Braunbücher‘ bezeichneten Unterlagensammlungen aus den Gründerjahren der ARD ermöglichten es jedem Techniker von Hamburg bis München sofort Verwendungshinweise, Kontaktbelegungen und Daten nachzuschlagen. Vom einfachen Stecker bis zum kompletten Ü-Wagen war hier alles dokumentiert, was der Produktion und Sendung diente. Diese Original-Bücher – ergänzt um Originalschriften aus der Telefunken-Röhrentwicklung und Applikationsschriften von Bauelementeherstel­lern dienen mir nun als Grundstock für eine Wissensdatenbank, mit deren Hilfe ich so manche Geräte, die bestimmte Zahlen- und Buchstabenkombinationen tragen, wieder zum bestimmungsgemäßen Audio-Leben erwecken kann.

## Beschaffungsproblematik und Instandsetzung

Heute bringen für viele – auch jüngere Kollegen – auf der Suche nach dem ‚letzten Kick‘, mittlerweile einige der Vokabeln durchaus den Nimbus des Edlen mit sich. Man kann im Internet viele Schaltungen ansehen, vielleicht auch versuchen, sie nachzubauen, aber zum Original gibt es keine Alternative. Besonders Bauteile wie Übertrager, Widerstände und Original-Röhren sind nur mit viel Glück zu bekommen. Wer dann jedoch das Glück hat, einen solchen Klassiker zu besitzen, kann es wagen, diesen auch einmal zu benutzen.

Doch was tun, wenn das Gerät offensichtlich nicht mehr den Braunbuchbeschreibungen entspricht, es vielleicht mehr eigene unerwünschte Töne erzeugt, als diese verdelt zu transportieren? Hier hilft weder das ‚Updaten‘ einer neuen Software, noch das Drehen des Steckers oder gar der einfache Tausch einer Röhre. Auch die Garantie ist schon länger abgelaufen, oder der Hersteller findet sich nur noch in Geschichtsbüchern. In diesem Fall kann der Benutzer gern auf mein Know-how und meine über 40-jährige Erfahrung zurückgreifen, mein Wissen um die Ursachen von verbogenen Frequenzgängen oder zu großem Klirr anzapfen. Ich habe viele altersbedingte Klang-Eigentümlichkeiten im Ohr und kann recht schnell diagnostizieren: Röhre – Übertrager – Kondensator – Gleichrichter oder Schalter.

Es geht in dieser Werkstatt-Serie um die Wiederbelebung von echten Klassikern, wie Mikrofonen, Verstärkern, Band-



Innenansicht eines V72a



## Zum Autor

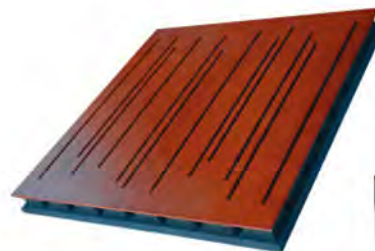
Ulrich Apel (58) ist Rundfunk- und Fernsehtechniker, Diplom-Ingenieur, Mitglied des Erweiterten Vorstandes des Verbandes deutscher Tonmeister (VDT) und Leiter der VDT-Gruppe Köln. Aufgewachsen in der Zeit, als die Röhre gerade durch den Halbleiter abgelöst wurde, beschäftigt sich der selbständige Toningenieur mit Messungen und Restaurierungen an klassischen Studiogeräten. Ein großer Fundus an Präzisionsmessgeräten sowie Originalteilen, Firmenschriften, Datenbüchern und Messbändern erlaubt ihm die Wiederherstellung historischer Hardware nach altem Vorbild.

So lassen sich zum Beispiel Röhrenstudioverstärker, Kompressoren, Entzerrer und analoge Bandmaschinen nach Überholung und Einmessung wieder in heutige Studio-Umgebungen einbinden. Der Ressortleiter ‚Test und Technik‘ beim Professional-Audio-Magazin, Bad Honnef, arbeitet als freier Toningenieur (WDR, RTL, BBC), für Bild- und Ton-Produktionen, führt Schulungen und Produktpräsentationen im Auftrag von Firmen durch und ist Dozent und Fachjournalist für Audiotechnik. In der Vergangenheit arbeitete er unter anderem für Firmen wie Sony, Studer und Sennheiser.

## Akustische Lösungen ...



**Bagend e-trap**  
Aktiver Bassabsorber  
für Frequenzen von 20 – 60 Hz  
(Modifikation bis 85 Hz möglich)



**Vicoustic VariPanel**  
für flexible Raumakustik



## ... für Regie- und Aufnahmeräume



WaveWood

**Vicoustic Diffusoren**

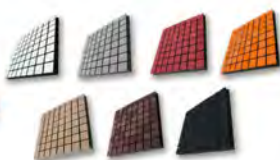


PolyWood



MultiFusor

**Vicoustic Absorber**



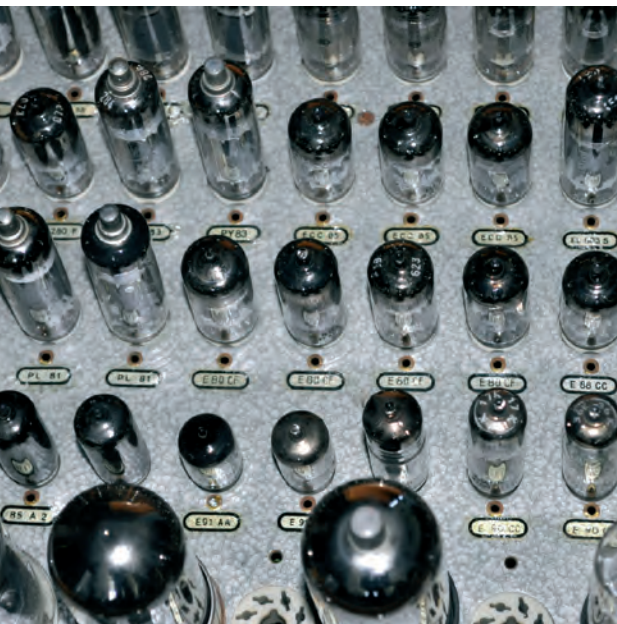
FlexiPol



**HÖRZONE**

Hörzone GmbH  
Balanstraße 34 81669 München  
Telefon 089.72110 06 · [www.hoerzone.de](http://www.hoerzone.de)





Bezugsröhrenangebot



Analoger Bandmaschinen-Messplatz

maschinen, Kompressoren oder Filtern. Es geht um die Reaktivierung von klassischen Röhren- oder Transistorgeräten, und natürlich um deren Einbindung in bestehende Studio-Strukturen. Zur richtigen Restaurierung – von ‚Reparatur‘ allein zu sprechen, genügt meist nicht – gehört für mich neben dem Zugriff auf Originalbeschreibungen, die Verwendung von Originalersatzteilen, Steckern und Adaptern auch ein Mess- und Prüf-Equipment, welches mehr kann, als der automatisierte Messplatz einer modernen Werkstatt. Denn zur Restaurierung gehört auch die Bestandsaufnahme des Zustandes einzelner, heute nicht mehr erhältlicher Bauelemente. Spezielle Komponenten-Messgeräte aus der entsprechenden Zeit geben originalgetreu Aufschluss darüber, ob ein Bauteil allein noch die Spezifikationen erfüllt. Bei diesen Messgeräten kann ich schneller geforderte Parameter einstellen, die Anzeigen richtig deuten, denn die Bedienung und die Erfahrung zur Interpretation des Messergebnisses ist durch gut 30 Jahre Umgang mit ihnen gereift und wird durch jeden neuen ‚Fall‘ aufgefrischt. Da Röhren bekanntlich die Eigenschaft haben, sich mit der Zeit zu verbrauchen, habe ich für die Bestandsaufnahme des Zustandes dieser komplexen Bauteile einen Röhrenmessplatz reaktiviert, der mehr kann als nur den Heizfaden auf Durchgang oder die Kathode auf Emission zu prüfen. Der Röhrenmessplatz RMP 400 von Neuberger aus München (die Firma wurde 1998 von Müller & Weigert, Nürnberg übernommen) erlaubt die genaueste Bestandsaufnahme der technischen Da-

ten jeder Röhre, sei sie neu oder schon betagt. Dieser Messplatz befindet sich wieder in dem Originalzustand, wie ihn die Münchner Firma für die Entwicklung und Abnahme von Elektronenröhren konzipiert hatte. Ein Koffer mit Bezugsröhren – allesamt auf 1 Prozent Genauigkeit selektiert – gehört ebenfalls zu meinen Beständen. Dies erlaubt mir die schnelle Prüfung von Geräten auf Fehler, die nicht durch Röhren verursacht werden.

Doch auch für die Beurteilung und Klassifizierung von Halbleitern gibt es bei mir entsprechendes Equipment aus der Zeit: Für die Messung von Transistoren aller Art halte ich ein Kennlinienmessgerät von Tektronix zur Verfügung. Es erlaubt die genaue Untersuchung von Kennlinien, Temperaturverhalten und Betriebsbedingungen im jeweiligen Gerät. Das Einmessen von Bandgeräten geschieht mit Original-Geräten der Firmen Siemens oder Wandel & Goltermann, die für einen Abgleich sowohl des Frequenzgangs als auch der Vormagnetisierung im Prüffeld von Bandmaschinenherstellern gebaut wurden. Selbstverständlich liegen Original-Messbänder für alle Bandbreiten und Entzerrungen bereit!

Für die Restaurierung der Mechanik (Capstan – Andruckrolle – Bandtransport) steht das Gleichlaufschwankungs-Messgerät Typ 424 von EMT zur Verfügung. Oft werde ich gefragt, wie ich denn meine Messgeräte kalibriere oder deren Zuverlässigkeit nachmesse.

Hierfür stehen mir Kalibratoren zur Verfügung, zu deren Überprüfung ich die Gelegenheit habe, sie mit Normalien von mit mir befreundeten Firmen zu vergleichen.





Induktivitätsmessbrücke für die Übertragermessung

## Demnächst in diesem Theater

In der ersten Folge der kommenden Ausgabe geht es darum, was bei der Wieder-Inbetriebnahme älterer Röhrenverstärker, deren Spannung fest auf 220 Volt geschaltet ist, beachtet werden muss. Bei diesen Geräten, deren Verwendung ausschließlich in Deutschland erfolgte, fehlt in der Regel der Netz-Spannungswähler. Es werden Informationen gegeben, welche Maßnahmen ergriffen werden sollten, um einen schonenden Betrieb zu ermöglichen. Kleine Tipps zur Selbsthilfe werden erläutert. Ich wünsche mir eine rege Diskussion und hoffe, mit der Artikelreihe



Röhrenmessplatz RMP400

,aus der Kaminecke' den Wert historischer Studioteknik in einer modernen Zeit der digitalen Technologie zu unterstreichen. Wer ein altes Röhrenmikrofon in erstklassigem Zustand sein eigen nennt oder den Klang von ehrwürdiger analoger Studioteknik zu schätzen weiß, wird wissen, wovon ich rede. Wir ,sehen' uns in vier Wochen...



**musikelectronic geithain gmbh**



bestehend seit  
1960

**Ihr Spezialist für Studioregellautsprecher, Beschallungstechnik und Studioakustik mit Einmessdienst**

**Koaxial-Studio-Referenz-Regellautsprecher**  
vom Hauptregellautsprecher bis zur Ü-Wagen-Regie

- ein kompatibles Klangbild
- mit nierenförmiger Abstrahlcharakteristik im Bassbereich (30Hz - 250Hz)
- Rückwärtsdämpfung: >10 dB

RL 901K tieffrequente Richtcharakteristik im Freifeld  
Terzmittenfrequenz

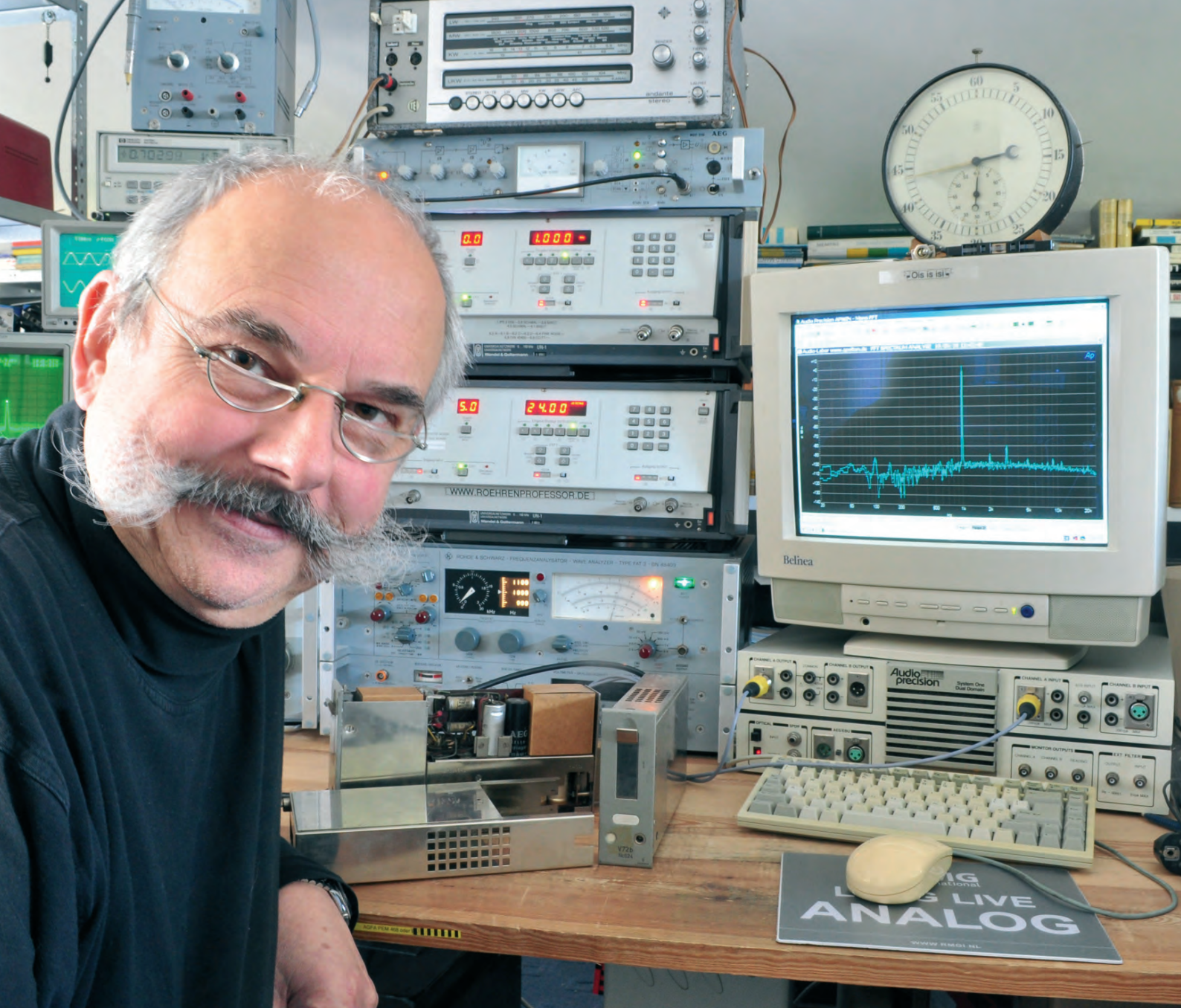
—	32 Hz
- - - -	80 Hz
· · · · ·	125 Hz



musikelectronic geithain gmbh  
Nikolaistraße 7  
04643 Geithain  
Tel.: +49 34341 311-0 <http://www.me-geithain.de>  
Fax: +49 34341 311-44 e-mail: info@me-geithain.de







# Studiowerkstatt 2

Text & Fotos: Uli Apel

Winterzeit – Röhrenzeit

Vielleicht haben Sie ja gerade in einer Mußestunde bei einem Kaffee zwischen zwei Takes das Analog Special aus Juli 2010 in der Hand und schauen in die Röhre – genauer gesagt, lesen den Beitrag von André Christ, in dem er die Grundlagen der Röhrentechnik mit Bildern, Schaltungsauszügen und Kommentaren beschreibt. Dabei fällt Ihnen ein, dass Sie schon immer mal wieder die Röhren-Schätzchen aus Ihrem Fundus sichten wollten. Sie erinnern sich dann an unscheinbare Metallkisten, vor vielen Jahren preiswert erworben, jede etwa drei Kilo schwer, mit Hebelmechanismus vorn und Messerleiste hinten. Ach ja – wie werden die eigentlich angeschlossen – und: funktionieren die wohl noch? Am Beispiel der klassischen Studio-Verstärker in Kassettenform, deren kryptische Bezeichnungen wie: V72, V76, V72a oder V74a lauten, möchte ich Ihnen heute aufzeigen, was Sie beachten sollten, wenn Sie diese oder andere ältere Röhren-Geräte in Ihrem Studio reaktivieren möchten.



Von außen jedenfalls sieht man diesen Metall-Kassetten zunächst gar nicht an, dass es sich um hochwertigste Röhrengeräte handelt, die bis in die 80er Jahre quasi als Norm-Verstärker in den Rundfunkstudios, versenkt in einem Gestell, störungsfrei ihren Dienst taten. Von vorn sichtbar war nur die mausgraue (RAL 7030) Frontplatte, beschriftet mit der Typenbezeichnung, der Fabrikationsnummer, dem Herstellerlogo und mit dem typischen hochglanzvernickelten Schnellspannhebel, nach dessen Lösen sich diese Kassetten in Sekunden ohne Werkzeuge und während des Betriebes austauschen ließen.

Innerhalb einer solchen Kassette befand sich aber ein kompletter, mehrstufiger Röhrenverstärker mit Ein- und Ausgangstrafo, selektierten Bauteilen, diese wiederum einzeln nummeriert, teuren Langlebensdauerrohren und einem eigenen Netzteil! Diese Geräte waren größtenteils in den 50er und 60er Jahren entwickelt worden, von der Zentraltechnik des damaligen NWDR und für den Betrieb in ganz ARD-Deutschland mit 220 Volt ausgelegt, da ein Export in andere Länder nicht beabsichtigt war. Der heutige Vorteil, dass sie ein eigenes Netzteil haben, liegt auf der Hand: Man kann sie autark betreiben. Gerade hierbei gilt es aber, einige wichtige Gegebenheiten zu beachten.

## Netzspannung

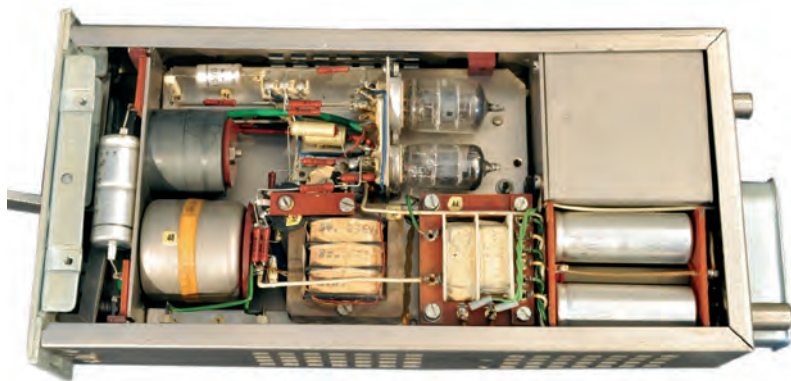
Beginnen möchte ich mit einem gerade für alte Röhrentechnik in der heutigen Zeit ganz wesentlichen Punkt, nämlich der Netzspannungsversorgung. Bis 1987 betrug die Netzspannung in weiten Teilen Europas, auch in Deutschland, Österreich und der Schweiz, 220 V mit einer Toleranz von  $\pm 10\%$ . Die jetzt in Europa gültige Nennspannung von 230 V wurde in der internationalen Norm IEC 60038 von 1983 als Standardspannung festgelegt. Ab 1987 erfolgte dann eine Umstellung in mehreren Stufen auf 230 V. Die Toleranzgrenzen erstreckten sich zunächst auf  $\pm 6\%$  und  $\pm 10\%$ . Von 2009 an darf die Netzspannung von 230 V endgültig auch um  $\pm 10\%$  schwanken. Daraus ergibt sich ein Spannungsbereich von 207 Volt bis 253 Volt. Bei dieser neuen, oberen Grenze kann es für so manchen Röhrenklassiker ein frühzeitiges Ende geben.

## Rettung vor vorzeitigem Ableben

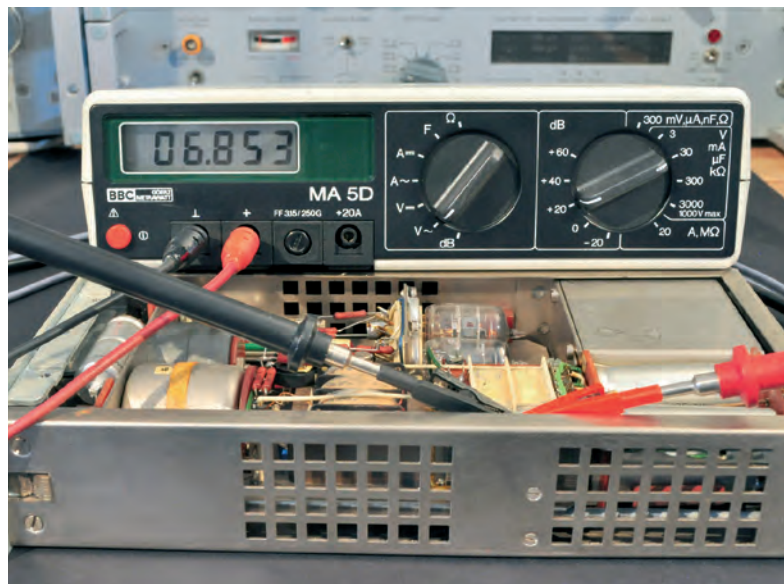
Es fällt beim Studium sämtlicher Firmenschriften, Mitteilungen, Fachbücher und Daten-Tabellen der Röhrenhersteller (Telefunken, Valvo, Siemens etc.) auf, dass immer ein besonderes Augenmerk auf die Stromversorgung für die Kathodenheizung gelegt werden muss.



Verstärkermagazin



Offener Verstärker



Heizungsmessung im Verstärker

**Wichtig! Wer Röhrengeräte öffnet und allein daran arbeitet oder geöffnete unbeaufsichtigt betreibt, handelt fahrlässig. Wir haben es hier mit lebensgefährlichen Spannungen zu tun! Also nie allein arbeiten und dem Kollegen zeigen, wo im Notfall die Stromzufuhr unterbrochen werden muss!**

Meßwerte und Betriebswerte <sup>2)</sup>			U <sub>f</sub>	6,3 <sup>1)</sup>	V
Measuring values and typical operation <sup>2)</sup>			I <sub>f</sub>	175 ± 15	mA
U <sub>ba</sub> = U <sub>a</sub>	120	120			V
U <sub>bg2</sub> = U <sub>g2</sub>	120	120			V
R <sub>k</sub>	200	—			Ω
U <sub>g1</sub>	—	-2			V
I <sub>a</sub>	7,5	5...11			mA
I <sub>g2</sub>	2,5	0,8...4			mA
S	5	3,8...6,2			mA/V
R <sub>i</sub>	0,34				MΩ
-I <sub>g</sub>		≤ 0,1			μA
r <sub>aeq</sub>	2	2			kΩ
r <sub>e</sub> (100 MHz)		8			kΩ

Handbuchauszug mit Daten

Gerade hier, so die Hersteller unisono, sind Spannungsschwankungen in beide Richtungen im wahrsten Sinne des Wortes tödlich für die Röhre. Ihrem Leben wird sehr schnell ein Ende gesetzt. Für die sogenannten Langlebensdaueröhren mit besonders eng tolerierten Daten gilt sogar eine Spannungsschwankung von maximal +/- 5 Prozent. Das heißt, für die Heizung der klassischen E-Röhre mit einer Heiz-Nennspannung von 6,3 Volt liegen die Grenzen für den längstmöglichen Betrieb zwischen 6 und 6,6 Volt.

Bei Oberheizung tritt eine Zerstörung der Kathoden-Schicht durch Verdampfen ein, bei Unterheizung dagegen eine Verarmung an wirksamem Barium, hervorgerufen durch mangelnde Nachlieferung aus der Oxydschicht infolge unzureichender Erwärmung. Schlimmstenfalls kann die Oberheizung zum Durchbrennen des Fadens führen. Es hat sich im Laufe der Jahre herausgestellt, dass ein Heizen an der unteren Toleranzgrenze der Röhre am wenigsten schadet. Weitere empfindliche Bauteile bei diesen Geräten sind der Netz-Gleichrichter (meist der klassische Selengleichrichter) für die Anodenspannung und die Siebkondensatoren innerhalb des Verstärkers. Diese Teile reagieren empfindlich auf die neue (zu hohe) Spannung. Besonders kritisch ist es, wenn die Kondensatoren durch langes Lagern an Kapazi-



Verbrauchte Kathoden-Schicht

tät verloren haben und sich der Isolationswiderstand verringert hat. Erneuerung wirkt hier Wunder. Abhilfe für den normgerechten Betrieb des gesamten Verstärkers mit heu-

tigen Netzverhältnissen schafft ein (meist kleiner) Spar-Trafo (Transformator mit einer Wicklung für 240 Volt und einer Anzapfung bei 220 Volt), da diese Einheiten eine Leistungsaufnahme von nur 8 bis 12 Watt haben. Es lassen sich so mit wenig Aufwand auch mehrere Geräte betreiben. Durch diesen Spartrafo wird die Netzspannung relativ verlustarm und netzstabil auf circa 220 Volt +/- 10 Prozent herabgesetzt.

Bei der ersten Inbetriebnahme des so angeschlossenen Kellerrundes sollte aber dennoch genauestens auf die Temperaturverläufe der einzelnen Bauteile innerhalb des Gerätes geachtet werden: Die Röhren müssen warm werden – die anderen Bauteile dürfen es nicht!

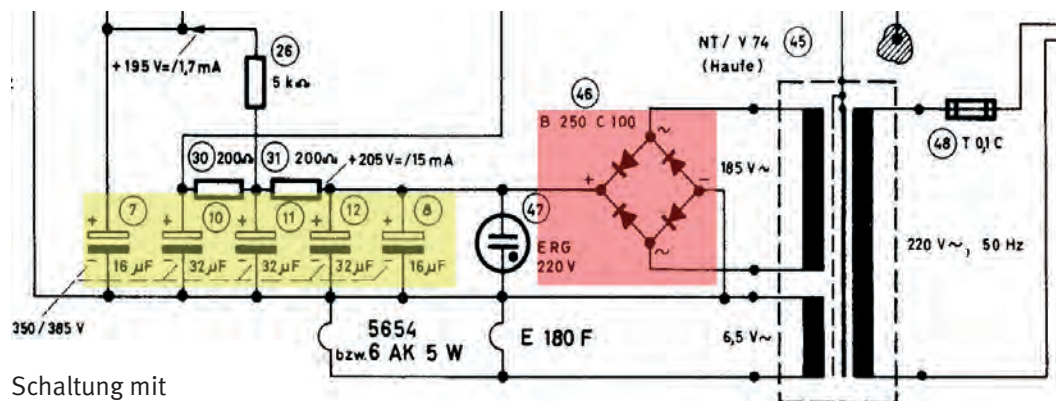
Gefahr droht, wenn Elkos sich erwärmen. Werden Sie aufgeheizt durch innere Kriechströme, können sie explodieren. Ihr Gerät würde dann im ‚Single-Shot-Modus‘ gearbeitet haben.

Weiter sollte beobachtet werden, dass in den Röhren nur die Kathode und nicht etwas anderes glüht. Wenn die Gitter leuchten, oder gar die Anode kirschtrot wird, stimmen die Spannungen an den Elektroden nicht. Ursache sind auch hier meist ‚leckgeschlagene‘ Kondensatoren. Schnelles Ausschalten rettet meist die Situation. Röhren sterben nicht so schnell wie Halbleiter – und: man kann den Fehler kommen sehen.

Zur Fehlersuche und dessen Behebung hilft nichts anderes als das Ausmessen der gesamten Schaltung ohne Röhren. Oder haben Sie genug Ersatz-Röhren in der Schublade oder dem Schuhkarton? Wenn ja: sind diese ‚NOS‘ oder

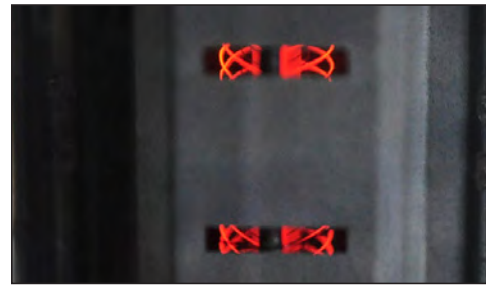
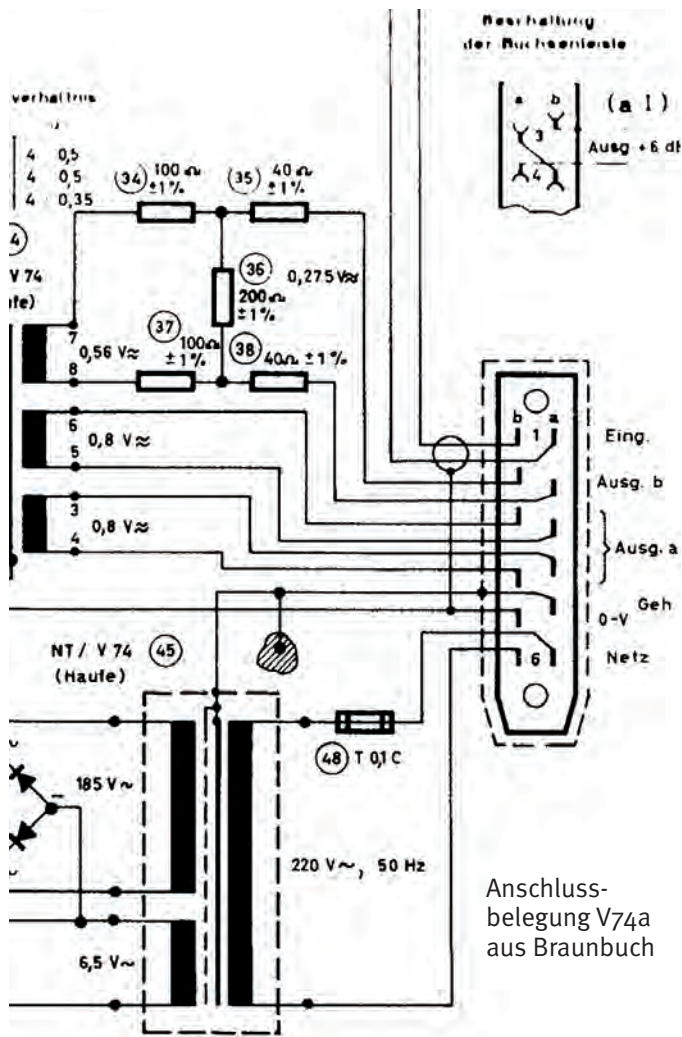


Regel-Spartrafo mit 500 Watt Leistung



Schaltung mit markierten Elementen





Röhre im Überlastbetrieb durch Bauteilefehler



Neue Röhre, deren Kathodenschicht abgefallen ist

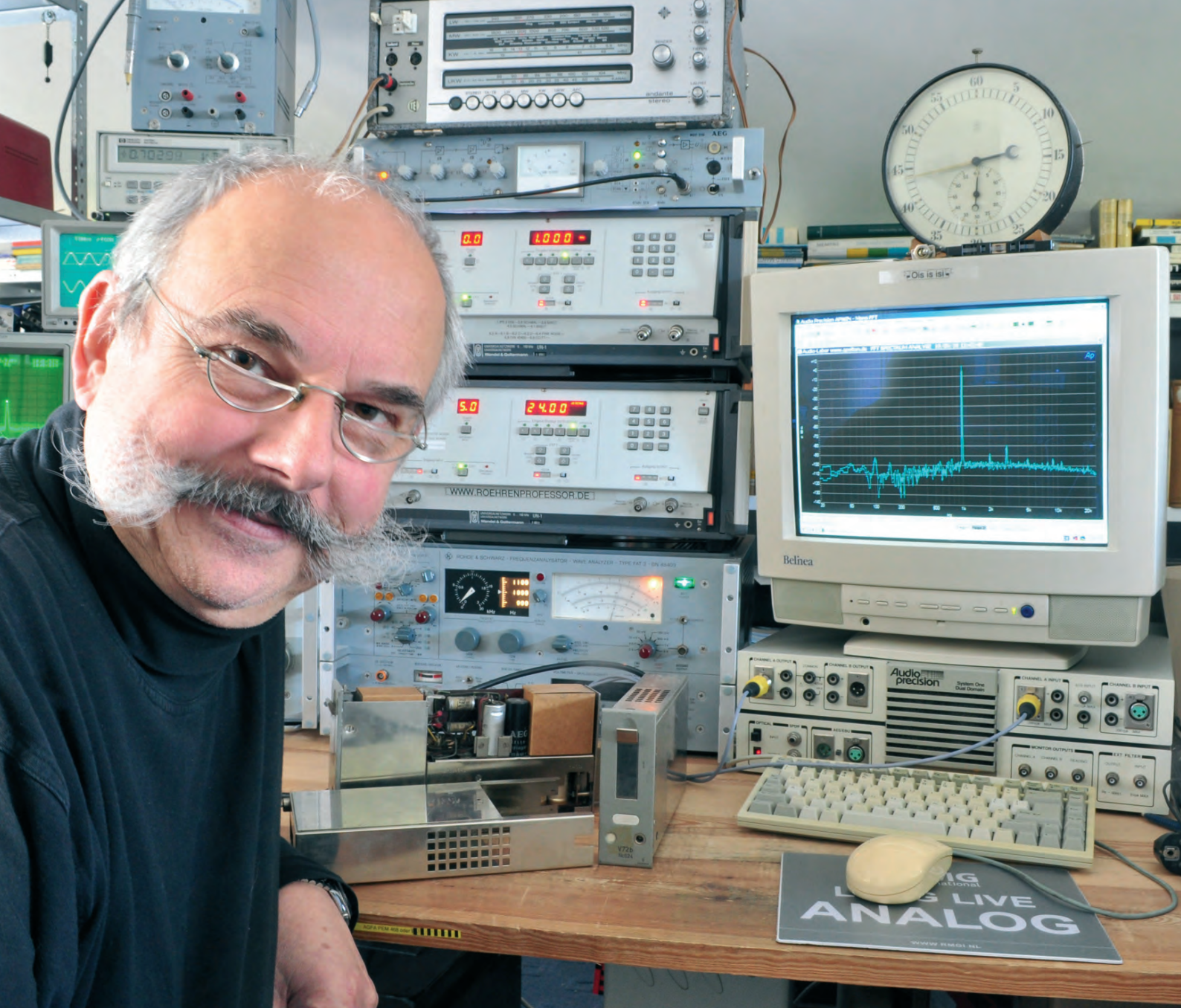
gebraucht? Wenn sie nur gebraucht, aber nicht verbraucht sind, kann das Vorteile gegenüber ‚NOS‘ haben. ‚NOS steht bei Röhrengeräte-Liebhabern, die wenig Erfahrung haben, hoch im Kurs, denn es bedeutet ‚New Old Stock‘. Diese Röhren sind sehr alt, gut gelagert, meist in verplombter Originalverpackung, der Glaskolben hat noch die weiße Beschriftung, es gibt einen unausgefüllten Garantieschein und die Kolben haben noch nie eine Verstärkung liefern müssen – und eben das kann ein großes Problem sein: Auch die beste Barium-Kathodenbeschichtung löst sich gerade dann langsam vom Nickelröhrchen, wenn kein Anodenstrom fließt. Will heißen: Die Röhren können in der Original-Verpackung mit der Zeit unbrauchbar werden. Nicht ohne Grund gab es bei den Rundfunkanstalten und der Deutschen Bundespost (hier sorgten Röhren in Verstärkern für die Verständigung über tausende Kilometer) die Dienstanweisung, Lagerröhren alle sechs Monate für einige Stunden in Betrieb zu nehmen, um das Ablösen der Kathodenschicht zu vermeiden. Sollte sich Ihr Klangveredler nun nach Inspektion, Kontrolle und Revision im Silent-Run-Modus befinden, können sie davon ausgehen, dass auch in der nächsten Zeit nichts Gravierendes mehr passiert. Dafür

ist die Qualität dieser Geräte und der nicht ersetztten Bauteile auch nach einem halben Jahrhundert einfach noch zu gut.

## Abspann

Wenn Sie nun erfolgreich Ihre Produktion durch Ihren ehrwürdigen, restaurierten Klassiker mit glimmenden Röhren schicken, seien Sie nicht enttäuscht, wenn eine Veränderung des Klangs nur in Nuancen zu erkennen ist: Die gute alte Röhren-Studio-Technik glänzt nicht durch Vintage-Rauschen oder den zurzeit in aller Munde berühmten ‚warmen Klang‘. Die alte Technik ist – richtig restauriert und gewartet – so gut, wie vor 50 Jahren. Damals hat man mit den zur Verfügung stehenden Mitteln analog genauso erfolgreich authentischen Klang erzielt, wie heute. Aber gerade diese Nuance, die Sie in Ihren Plug-Ins erst mühsam suchen müssen, haben Sie vielleicht im Keller liegen. Beim nächsten Mal geht es um die Reaktivierung von Röhrenmikrofonen und ihren Stromversorgungen – etwas für Feinmechaniker mit ruhigen Händen in Seiden-Handschuhen. Hier berichte ich unter anderem über die Rettung eines U47. Es war die Röhre und nicht die Kapsel, die das Mikrofon bruzzeln ließ. Mir standen drei neue und eine gebrauchte VF14 zur Verfügung. Raten Sie mal, welche Röhre nun den Silent-Run-Modus liefert!






# Studiowerkstatt 3

Text & Fotos: Uli Apel

Röhrentechnik mit Lupe, Pinzette und destilliertem Wasser

Mit diesem Beitrag möchte ich Ihnen aufzeigen, dass es gar nicht so unmöglich ist, sich auch einmal mit dem ersten Glied der klassischen Röhrenkette zu beschäftigen: dem Röhren-Kondensatormikrofon. Vielleicht haben Sie ja ein solches Juwel in Ihrer Vitrine stehen. Sie und Ihre Kunden betrachten es ehrfurchtsvoll und Sie geben darüber Auskunft, dass es jahrelang im Einsatz war, einen unbeschreiblich schönen Klang hatte, zuletzt aber immer wieder mal knisterte oder leise brodelte. Diese Mikrofone können, wenn sie auch sehr alt sind, mit etwas Glück und wenig Aufwand zu neuem Leben erweckt werden. ‚Etwas Glück‘ bedeutet, dass nicht gerade die im Mikrofon verbaute – mittlerweile manchmal sehr seltene - Röhre einen Defekt hat: Röhren kann man leider nicht reparieren. ‚Wenig Aufwand‘ bedeutet: Reinigung, Ersetzen von gängigen Bauteilen, beseitigen von Wackelkontakten. Trauen Sie sich also, das Mikrofon wieder in Betrieb zu nehmen. Ich möchte Ihnen Schritt für Schritt zeigen, wo die Störungen entstehen können und wie sie mit einfachen Mitteln behoben werden.





45 m Seil  
8 Karabinerhaken  
6 Energieriegel  
1 Ziel

## Auf Funktionalität fokussiert – das mc<sup>2</sup>66 MKII.

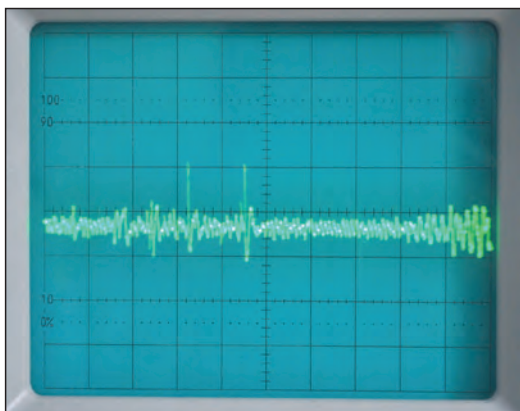
*Inspired by your needs.* Das weiterentwickelte mc<sup>2</sup>66 MKII glänzt nicht nur mit seiner bewährten Effizienz und einer überragenden Funktionalität. Sondern auch mit neuen Features, die das Hightech-Tool aus Rastatt weiterhin zur weltweiten Referenz unter den Mischpulten machen. So profitieren Sie nun von modernen Touchscreen-Displays, einem überarbeiteten Design und einer absolut zuverlässigen Steuerrechner-Redundanz. Damit ist eines der besten Mischpulte jetzt noch besser geworden. Nur eines haben wir nicht geändert: Die hohe Praxistauglichkeit, mit der das mc<sup>2</sup>66 MKII die Toningenieure auch in Zukunft begeistern wird – sowohl im Ü-Wagen-, im Studio- als auch im Theaterbetrieb. Mehr Infos unter [www.lawo.de](http://www.lawo.de)







Klassisches Röhrenmikrofon, hier Neumann U67 in teilzerlegtem Zustand



Typisches Oszillogramm eines bruzzelnden Mikrofons

## Erste Schritte zur Diagnose

Restaurieren von Röhrenmikrofonen bedeutet: Man muss sich unter Umständen auf zwei Baustellen bewegen: Die erste ist das Mikrofon selbst und die zweite das für jedes Röhrenmikrofon nötige Netzteil. Meiner langjährigen Erfahrung nach beginnt man mit der Untersuchung der unerwünschten Geräusche ganz vorn – an der Kapsel. Diese ist zugleich natürlich der empfindlichste Teil eines Mikrofons, hat sie doch mit unserem Trommelfell sehr große Ähnlichkeit, was Empfindlichkeit und Gefahr der Beschädigung angeht. Außerdem ist sie unmittelbar der Umwelt, sprich Staub, Feuchtigkeit und Temperaturunterschieden ausgesetzt.

## Hören ist hier besser als Messen

Um eine vorläufige Diagnose zu stellen, sollte man schon beim Einschalten des Mikrofons gut zuhören. Ein Röhrenmikrofon braucht etwa 30 bis 60 Sekunden, bis die Röhre durchgeheizt ist. Direkt nach dem Einschalten, beginnt es zu rauschen. Dieses Aufrauschen entsteht durch den Beginn der Elektronenemission der aufheizenden Kathode und ist völlig normal. Wenn diese ihre Temperatur erreicht hat, sollte es ruhig werden und nur noch das Raumgeräusch zu hören sein, denn das Mikrofon arbeitet jetzt. Wenn es zu einigen Knacksen oder leichtem Brodeln kommt, kann man die Membran vorsichtig anhauen. Beginnt es dann als Reaktion darauf heftig zu brodeln und nimmt dieses innerhalb von einigen Sekunden wieder ab, kann man davon ausgehen, dass die Kapseloberfläche verschmutzt ist.

Besonders betroffen sind hier Gesangs- oder Sprecher-mikrofone, denn sie sind immer winzigen Tröpfchen aus der



Reinigung der Membran-Oberfläche mit destilliertem Wasser



Auf keinen Fall so! Folgen einer unsachgemäßen Reinigung

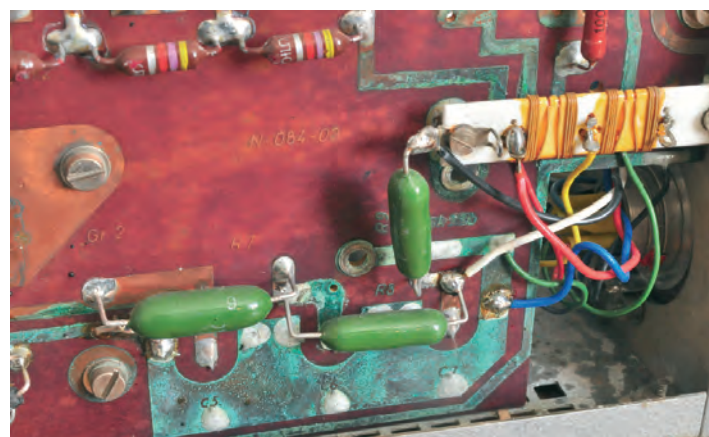




Atemluft ausgesetzt. Die Membran ist verstaubt, und dieser Staub klebt auf deren Oberfläche. Beim Verdunsten der aufgehauchten Feuchtigkeit ziehen sich die Schmutzpartikel zusammen und verursachen das bruzzelnde Geräusch. Beim Abschalten dieses Mikrofons noch einmal zuhören: Es ‚verabschiedet‘ sich langsam mit einem leiser werdenden Knuspern. Jetzt ist der Zeitpunkt gekommen, die Kapsel aus ihrem Korb zu holen, um die Membranoberfläche zu reinigen. Dabei braucht es eine ruhige Hand, denn EINE falsche Bewegung kann die nur wenige µm dicke Membran sofort zerstören. Zur Reinigung auf keinen Fall irgendwelche Lösemittel oder die in jeder Werkstatt schnell griffbereiten Q-Tips verwenden! An dieser Stelle wird ausschließlich mit einem weichen Dachshaarpinsel (gibt es im Künstlerbedarf) und destilliertem Wasser (aus der Apotheke oder dem Supermarkt) gearbeitet. Die Membran kann richtig ‚gewaschen‘ werden. Bei Doppelmembran-Kapseln natürlich beide Seiten ausreichend reinigen. Zum Trocknen stellt man den gesamten Kapselaufbau mehrere Stunden auf eine Heizung. Die aufsteigende warme Luft (40 bis 50°C) lässt alle Restfeuchtigkeit auch aus den Ritzen verdunsten.

## Ab hier muss gemessen werden

Nach dem – vorsichtigen – Zusammenbau und einem erneuten Test sollte das Mikrofon wieder ruhig sein. Wenn allerdings immer noch ein konstantes Bruzzeln hörbar ist, unabhängig von der ‚Hauchprobe‘, so kann man nur hoffen, dass es sich nur um gealterte, trockene Kondensatoren und nicht um einen Schaden an der Röhre handelt. Hier ist es sinnvoll, die Versorgungsspannungen aus dem Netzteil mit einem Oszilloskop zu untersuchen. Der Anschluss erfolgt über einen 10:1-Tastkopf und einen guten Trennkondensator, denn der Gleichspannungsanteil muss



Netzteil von innen, man sieht die Spuren der ausgelaufenen Stabilityt-Zellen. Als Ersatz dafür wurde eine Transistorstabilisierung auf Lochrasterplatte eingebaut.

bei der Messung außen vor bleiben. Das Bruzzeln ist dann aufgrund kurzer Spannungseinbrüche erkennbar. Besonders bei älteren Netzgeräten von Georg Neumann ist es möglich, dass die zur Stabilisierung dienenden ‚Stabilityt-Zellen‘ ausgelaufen sind. Diese Zellen – eine Erfindung von Neumann selbst – dienten zur Stabilisierung der Röhrenheizspannung von ca. 4 Volt. Es sind NiCd-Akkus, die sich natürlich durch längeren Nichtgebrauch zersetzt haben.



Glimm-Stabilisator

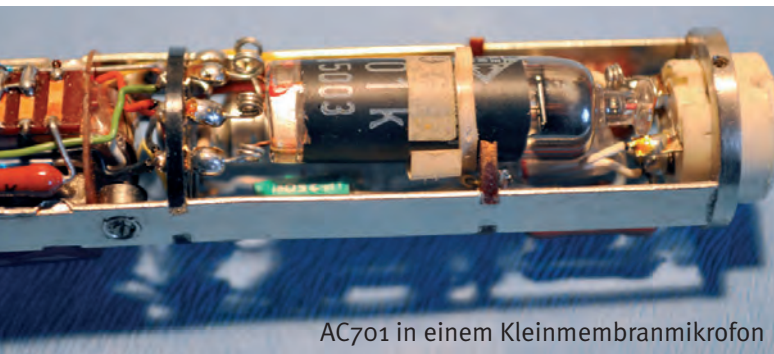
Ein Ersatz dieser Zellen ist heute nicht mehr nötig, denn eine elektronische Stabilisierung ist ohne weiteres mit den recht bekannten Längsreglern wie zum Beispiel dem 7805 oder ähnlichem aufzubauen. Eine kleine Platine hat bequem Platz im Gerät. Die Bauteile brauchen nicht besonders gekühlt zu werden, denn der Heizstrom der AC701 beträgt gerade einmal 100mA. Ebenfalls ist es möglich, dass der Glimmstabilisator zur Stabilisierung der Anodenspannung nicht mehr richtig funktioniert. Es handelt sich um eine gasgefüllte Röhre, die, ähnlich einer Zenerdiode, die Spannung auf 150 Volt begrenzt. Diese Röhren sind noch ohne Probleme beschaffbar.

*Achtung, die hier angeführten Ratschläge zur Restaurierung von Mikrofonen erfordern neben dem technischen Verständnis für hochohmige Schaltungstechnik ein Höchstmaß an Fingerspitzengefühl. Der Autor kann keine Verantwortung für fehlergeschlagene Eingriffe übernehmen! Wenn Sie unsicher sind, können Sie mich gern kontaktieren.*



EC92, EF86, EF94 oder 6AU6 von links

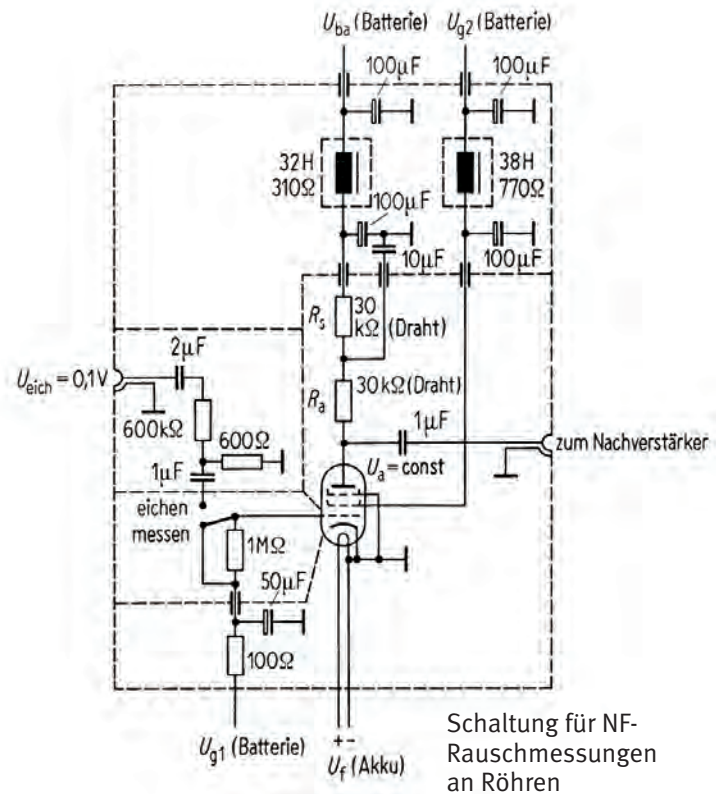
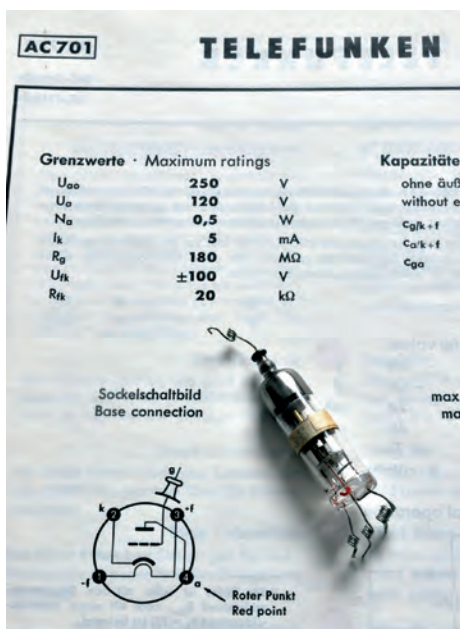




AC701 in einem Kleinmembranmikrofon

Dass man dem Netzteil durch prophylaktischen Austausch der zahlreichen Elkos zusätzlich einen großen Dienst erweist, brauche ich hier nicht sonderlich hervorzuheben. Eine weitere Fehlerquelle, hervorgerufen durch ‚gutes Ablagern‘ können die oxidierten Steckverbindungen zwischen Mikrofon und Netzteil sein. Hier beim Ausprobieren durch Bewegen und gleichzeitigem Zuhören sehr vorsichtig sein: Diese Art von Krachen kann bei normal aufgedrehtem Lautstärksteller die Ohren betäuben. Ein Reinigen der Stecker ist möglich durch Zuhilfenahme der klassischen Pfeifenreiniger (auch als Nichtraucher habe ich solche Werkzeuge immer griffbereit), die man vorher in Ballistol getränkt hat (es handelt sich um ein Waffenöl – ich hasse Waffen – aber das Zeug ist hervorragend geeignet, zum Reinigen, wenn es um Kontakte oder Potis geht). Sollte das Mikrofon nach allen Bemühungen dann zwar funktionieren ohne zu Bruzzeln oder zu Krachen, aber doch gleichmäßig mehr rauschen, als Vergleichsmodelle, liegt der Verdacht nahe, dass es sich um die Röhre handelt. Mit viel Glück ist es ein Mikrofon mit gesteckter Röhre. Das kann – bei Mikrofonen von Microtech Gefell eine EF86 oder eine EC92 sein. Auch Neumann Berlin hat ein solches Mikrofon gebaut: Das U67. Schoeps‘ Röhrenmikrofone waren meist mit einer EF94 bestückt.

gebrauchte AC701 auf ihrem Telefunken-Datenblatt



## Röhrenmessung

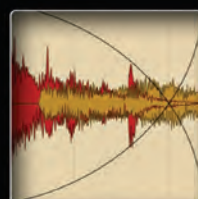
Die Messung solcher Röhren geschieht in der Regel mit einer Spezialschaltung, die ich nach Laborberichten aus Telefunken-Mitteilungen gebaut habe. Die gesamte Stromversorgung der Schaltung erfolgt über Batterien, um jegliche Einflüsse aus dem Netzteil zu unterbinden. Ich verfüge noch über eine geringe Zahl solcher selektierter Röhren. Bei Mikrofonen mit der Bleistiffröhre AC701 wird die Ersatzbeschaffung schon schwieriger. Diese Röhre ist nur noch mit sehr viel Glück – vielleicht auch nur noch gebraucht – erhältlich. Eine ähnliche Ersatzröhre gibt es leider nicht.

Beim Auswechseln dieser Art von Röhre sind Fingerspitzengefühl und eine gute Pinzette gefragt. Bei der AC701 handelt es sich um eine sockellose Miniaturröhre, die speziell für die Verwendung in Mikrofonen konstruiert wurde. Sie ist besonders rauscharm, klingsicher und hat einen sehr kleinen Klirrfaktor. Diese Röhre wird ohne Fassung direkt in die Schaltung (in das Mikrofon) eingelötet. Da auf engstem Raum gearbeitet werden muss, ist darauf zu achten, dass die Anschlussdrähte nicht unnötig gebogen werden müssen (wenn diese direkt am Glaskörper abbrechen, ist die Röhre verloren) und dass die Lötitze ausreichend (mit einer Pinzette) abgeleitet wird. Ich erinnere hier nur an die ersten Lötvorschriften für Germaniumtransistoren.





# Ein enormer Fortschritt bei Klang und Geschwindigkeit



Wir stellen vor:  
Pro Tools|HDX  
und Pro Tools 10 Software

Profis in der Musik- und Audio-Postproduktion sagen uns, was sie von den richtigen Tools erwarten: Sie helfen dabei, kreativer arbeiten zu können sowie Engpässe zu vermeiden, und sie lassen die Ergebnisse besser klingen – all das schneller als je zuvor. Wir haben gut zugehört. Und jetzt stellen wir Ihnen das brandneue, DSP-beschleunigte Pro Tools|HDX-System und die neue Pro Tools® 10 Software vor. Denn Ihre Professionalität verdient die besten Tools.

**„Pro Tools 10 wird weitreichende Auswirkungen haben ...  
Sie werden Dinge tun können, die Sie vorher nie tun konnten.“**

– Will Files, Sounddesigner, Skywalker Sound (*The Tree of Life*, *Die Schlümpfe*, *Cloverfield*)



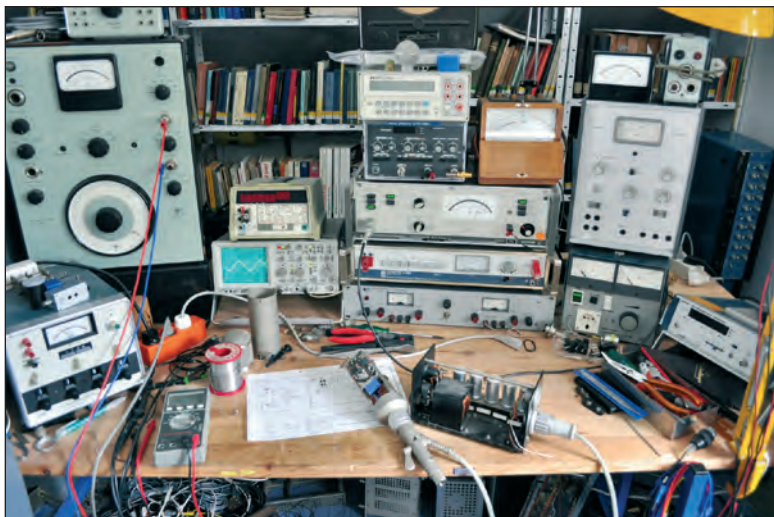
**„Meine Ideen lassen sich jetzt in wesentlich kürzerer Zeit auf das  
System übertragen. Ob ich dadurch besser werde als die Konkurrenz?  
Ja, selbstverständlich.“**

– Tony Maserati, Mixer/Produzent/Toningenieur (Lady Gaga, Beyoncé, Alicia Keys)



Arbeiten Sie mit den Tools, die Sie verdienen: [avid.com/protocols](http://avid.com/protocols)



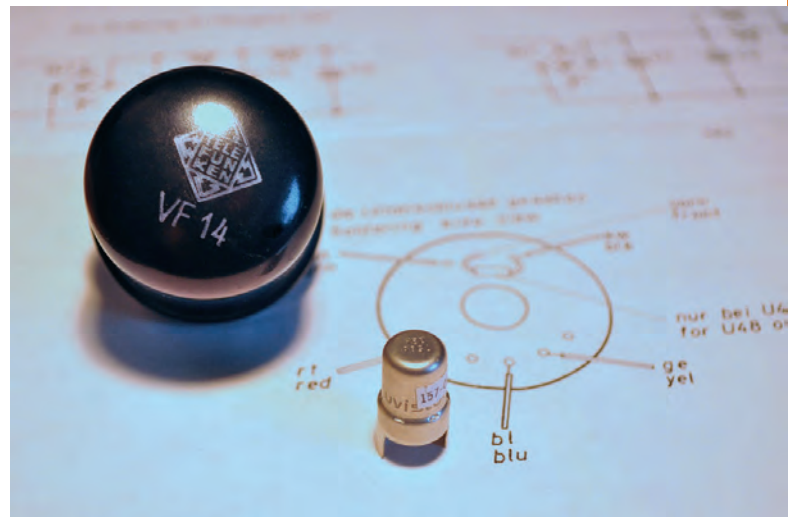


U47 bei der Restaurierung.

## Ein Klassiker mit Problemen

Am schwierigsten ist die Beschaffung der Röhre VF14 für das klassische U47. Diese Röhre war kurz nach dem Krieg für einfache Geradeempfänger und Antennenverstärker gebaut worden. Diese Geräte wurden meist ohne Transformator betrieben. Die Heizung geschah über Vorwiderstände, denn Transformatoren waren sehr teuer, außerdem gab es noch im Süden Deutschlands Gleichstromnetze und transformatorlose Geräte, sogenannte ‚Allströmer‘, ließen sich mit allen Spannungsarten betreiben. Daher hat diese Röhre auch die recht hohe Heizspannung von 55 Volt bei einem Strom von nur 50 mA.

Im U47 wurde sie zusammen mit der Anodenspannungsvorsorgung von 105 Volt über einen Vorwiderstand mit ca. 35 Volt geheizt. Für diese Röhre gibt es Vergleichstypen, die vom System her direkt kompatibel sind, deren Heizwerte aber beträchtlich abweichen. Die EF14 hat bei einer Heizspannung von 6,3 Volt eine Stromaufnahme von 470 mA, die UF14 benötigt für die Heizung 25 Volt bei einem Strom von 100mA. Hier muss umgebaut werden, wenn das Mikrofon weiter betrieben werden soll. Ein Eingriff in das Mikro ist ebenso nötig, wie eine Ergänzung im Netzteil. Zum Glück ist im Original-Anschlusskabel des U47 noch eine Ader frei, sodass sich die Änderung unter Erhaltung der Original-Stecker durchführen lässt. Meist ist nämlich die Mikrofon-Kupplung als Stativgelenk ausgeführt. Als die VF14 gegen Ende der 60er Jahre langsam knapp wurde, gab es die Möglichkeit, das Mikrofon auf Nuvistor-Betrieb umzurüsten. Dieser Nuvistor hatte die Bezeichnung 13CW4 und lag mit seinem Heizstrom von 60mA nahe an dem der VF14. Der Aufwand für die Umrüstung von Netzteil und Mikrofon hielt sich in Grenzen.



VF14 und Nuvistor auf der Umrüstungsanleitung von Neumann

Nuvistoren sind vollwertige Elektronenröhren in einem speziellen Metall- und Keramikgehäuse von der Größe eines Germaniumtransistors. Sie wurden für einen Betrieb unter mechanisch rauesten Bedingungen gebaut. Mit sehr viel Glück lässt sich aber hier und da noch eine VF14 finden. Noch mehr Glück hat derjenige, dessen Fund dann auch noch für den Mikrofonbetrieb zu gebrauchen ist. In Studiowerkstatt 2 hatte ich ja bereits beschrieben, dass nicht jede NOS-Röhre wirklich noch den ‚Neu-Daten‘ entspricht.

Bei dem gezeigten U47 verrichtet eine gebrauchte, aber sehr gute VF14 ihre Dienste, nachdem die Original-Röhre nach etlichen Jahren ihren geräuschlosen Dienst versagt hatte. Der Vorteil: Das Mikrofon und sein Netzteil brauchen nicht umgerüstet zu werden.

## Die nächste Studio-Werkstatt

In dieser Studio-Werkstatt-Folge ging es um die Restaurierung des ersten Gliedes der Aufnahmekette – des Mikrofons. Öfter musste ich das Glück bemühen, wenn es um die Beschaffung einer seltenen Röhre ging. Manchmal war ein Umbau nötig. Doch wer sich vielleicht schon einmal auf der Suche nach geeignetem Ersatz mit Röhrentabellen beschäftigt hat, wird feststellen, dass sich etliche Typen sehr ähnlich sind – sei es durch die Sockelbeschaltung oder die technischen Daten. Aber welche Röhre kann man durch eine andere ersetzen? Studio-Werkstatt 4 gibt Auskunft darüber, worauf man beim Röhrentausch unbedingt achten muss und an welcher Stelle Kompromisse eingegangen werden können.





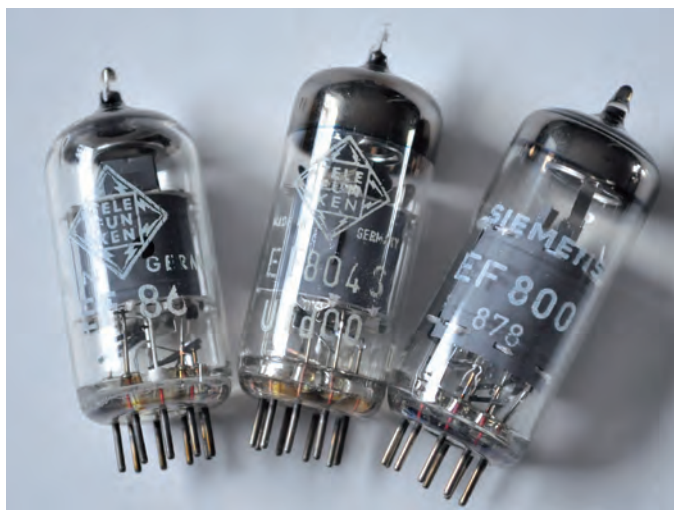
# Studiowerkstatt 4

Text & Fotos: Uli Apel

Den Röhren auf Beine und Kurven geschaut – Buchstaben, Sockel, Daten und Tabellen

Wer sich bis hierher mit seinen Röhren-Verstärker-Schätzen auseinandergesetzt hat und vielleicht auch das ein- oder andere Gerät wieder zum Leben erwecken konnte, fragt sich vielleicht, wie man denn ermitteln kann, wie gut die eingebauten Röhren noch erhalten sind und welche Typen sich zum Austausch eignen. Gab es zur Röhrenzeit noch in fast jeder Werkstatt ein Prüfgerät, welches schnell über den Zustand einer gebrauchten Röhre Auskunft geben konnte, so ist es heute schon schwieriger, eine Röhre für sich zu testen und zu untersuchen. Eventuell haben Sie beim Stöbern in Ihrem Fundus ja sogar noch original verpackte Röhren gefunden, die denen im Verstärker sehr ähnlich sehen, deren Buchstaben/Zahlenkombination aber nur ein wenig von der Type der Röhren im Verstärker abweichen... Sie fragen sich, ob man denn eine EF804 durch eine EF800 oder eine EF806 ersetzen kann – schließlich sehen sie doch alle (fast) gleich aus? Oder Sie finden Röhren, die sich vielleicht noch – mehr oder minder angestaubt und abgegriffen – in einer ‚Wühlkiste‘ befinden, aber deren Beschriftung nicht mehr eindeutig entziffert werden kann. E88CC oder E83CC zum Beispiel. Zum Verwechseln ähnlich aber überhaupt nicht kompatibel. Ein kleiner Wischer an der entsprechenden Beschriftungs-Stelle auf dem Glaskolben und schon ist hier Detektivarbeit gefragt. Meist wird schon die Beschriftung beim Stöbern durch bloßes Berühren mit den Fingern zerstört. Was passiert, wenn man Röhren austauscht, die fast gleich aussehen und deren Bezeichnungen obendrein noch recht ähnlich klingen?





Eine kleine Tabelle:

Erster Buchstabe:

A= 4 Volt Heizung

E= 6,3 Volt Heizung

Zweiter und

weitere Buchstaben:

A= Diode

C= Triode

F= Pentode

L= Endpentode

90er oder 900er: Mini-Sockel - 7-polig  
80er oder 800er: Novalsockel - 9-polig  
70er oder 700er: Anschlussdrähte zum Einlöten in die Schaltung.

Beispiel: EC92. Es handelt sich um eine Triode, C' mit 7-poligem ,92' Sockel. Sie benötigt 6,3 Volt ,E' Heizspannung. Oder die E88CC, eine Doppeltriode, CC' mit 9-poligem ,88' Sockel mit ,E' 6,3 Volt Heizung.

Sehr ähnliches Aussehen – aber völlig verschieden – Pentoden aus Studio-Verstärkern

Damit die Entdeckungsreise in die klassischen Klangwelten nicht frühzeitig durch einen Fehlgriff beendet wird, möchte ich in dieser Folge noch einmal genauer auf die Röhre im Audio-Verstärker eingehen. Die allgemeinen Grundlagen der Röhrentechnik wurden im ,Analog-Special' des letzten Jahres ja schon von André Christ beschrieben. In dieser Studio-Werkstatt-Folge wird gezeigt, wodurch sich einzelne Typen unterscheiden, wie sie angeschlossen sind, unter welchen Bedingungen sie arbeiten, und wie sich durch Messen mit einfachen Mitteln eine unbekannte Röhre identifizieren und ihr Zustand bestimmen lässt. Wer sich vielleicht schon einmal mit Röhrentabellen aus dem Internet oder in gedruckter Form (heute noch erhältlich: Röhren-Taschen-Tabelle, Franzis-Verlag) beschäftigt hat, wird feststellen, dass sich etliche Typen sehr ähnlich sind – sei es durch die Bezeichnung, die Sockelschaltung, das Aussehen oder die technischen Daten. Aber welche Röhre kann man unmittelbar durch eine andere ersetzen?

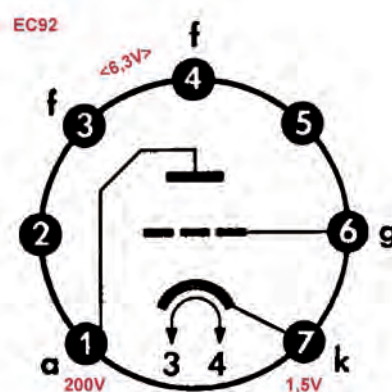
## Die Röhrenkennzeichnung

AC701, EC 92, ECC83, EF804, EAA91, EL84 und wie sie alle heißen, kann Verwirrung stiften. Aber gerade diese sind durch den europäischen Typenschlüssel, der seit 1934 angewendet wird, recht gut voneinander zu unterscheiden. Der erste Buchstabe bezieht sich auf die Heizung, der zweite, dritte und manchmal auch vierte gibt an, um welchen Röhren-Typ es sich handelt. Die Zahl schließlich lässt auf die Sockelart – Mini oder Noval zum Beispiel – schließen. Folgt auf den ersten Buchstaben die Zahl und dann erst die weiteren Buchstaben, oder folgen auf die Buchstaben 3 Zahlen, haben wir es mit einer eng tolerierten Langlebensdaueröhre zu tun. Diese sind speziell für den

kommerziellen Einsatz hergestellte Röhren mit sehr geringer Ausfallrate.

Bei den amerikanischen Röhren-Bezeichnungen gibt es nicht unbedingt eine Logik, die auf das System schließen lässt. Die erste Zahl bezieht sich auf die Heizspannung und die letzte in der Regel auf die Zahl der angeschlossenen Sockelstifte. Die ECC81 heißt dort 12AT7. Von der Angabe der Heizspannung (12,6 Volt) treffender als in Europa und 7 Stifte sind belegt, wenn die Mittelanzapfung mitgezählt wird (siehe weiter unten). Die EC92 heißt dort 6AB4 – 6,3 Volt Heizung – es sind aber nur 3 Stifte belegt. Aus den circa 80 verschiedenen Audio-Röhren mit ungefähr 30 unterschiedlichen Sockelbeschaltungen möchte ich hier nur die wichtigsten herausgreifen, die sich häufig in klassischen Studio-Verstärkern befinden. Weitere Typen und Beschreibungen finden Sie auf: [www.roehrenprofessor.de](http://www.roehrenprofessor.de). Gern können Sie mich auch kontaktieren.

## Der Blick auf den Sockel



Sockelschema der EC92

Die beiden wichtigsten Röhrensockel sind der Mini- (links) und der Noval-Sockel (rechts). Wenn die Röhren so gehalten werden, wie auf dem Foto gezeigt, werden die Anschlussstifte im Uhrzeigersinn gezählt. Beginnend mit ,1' rechts von der Lücke, die auch gleichzeitig

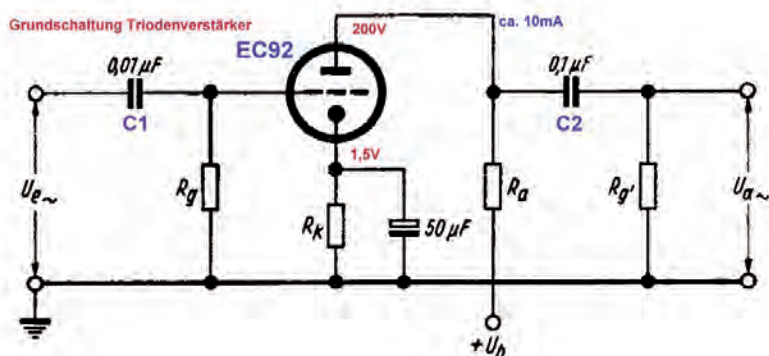




Die beiden häufigsten Röhrensockel

die Codierung gegen falsches Einsetzen der Röhre ist. Die gleiche Reihenfolge findet sich auch in den Sockel-Schemata in Röhrentabellen wieder.

Bei 99 Prozent der Röhren mit diesen Sockeln sind die Stifte 3 und 4 beim Mini-Sockel und die Stifte 4 und 5 beim Noval-Sockel die Heizfadenanschlüsse. Hier haben Sie die erste Möglichkeit, eine Röhre zu prüfen: Ein Ohmmeter – dort angeschlossen – sollte zwischen 3 und 12 Ohm anzeigen. Der Heizfaden ist dann in Ordnung. Eine weitere ‚Röhrenprüfung‘ ohne Prüfgerät ist nur noch in der Schaltung beziehungsweise im Gerät möglich. Aber auch hier ist das Vorgehen nicht schwer: Als Beispiel dient die Triode EC92, eine Röhre, die unter anderem im Microtech-Gefell-Mikrofon-Verstärker CMV 563 verwendet wird. Ich habe die Sockelschaltung der EC92 und einen Schaltungsauszug mit dieser Röhre gewählt, um zu zeigen, dass es gar nicht schwierig ist, mit Hilfe einiger Spannungsmessungen eventuelle Fehler bei der Funktion einer Röhre zu ermitteln. Sollten die Werte an den Anschlüssen einer Röhre von den angegebenen erheblich abweichen, sind das Gerät, die die Röhre umgebenden Bauteile oder die Röhre selbst fehlerhaft. Der Grund, dass es gewisse



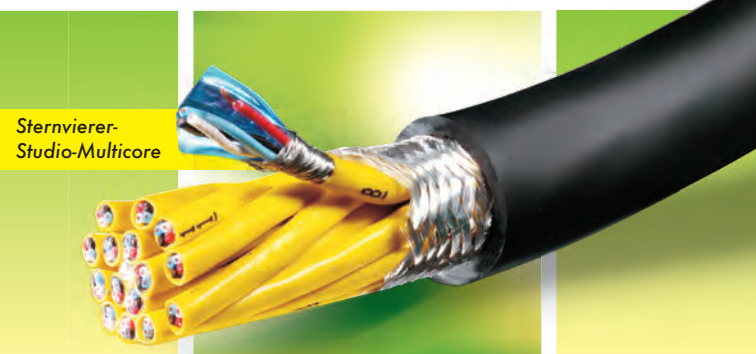
Beispielschaltung der EC92 als NF-Verstärker



## Ohrenschmaus...

für professionelle Studioanwendungen

- Klangoptimierte Mikrofon- und Instrumentenkabel
- Mehrfach geschirmte High End Multipairkabel
- Große Auswahl an SDI / HDTV Videoleitungen
- Hartvergoldete Qualitäts-Steckverbinder von HICON und NEUTRIK
- Individuell konfigurierbare Verteilsysteme für Studioteknik
- Professioneller Support

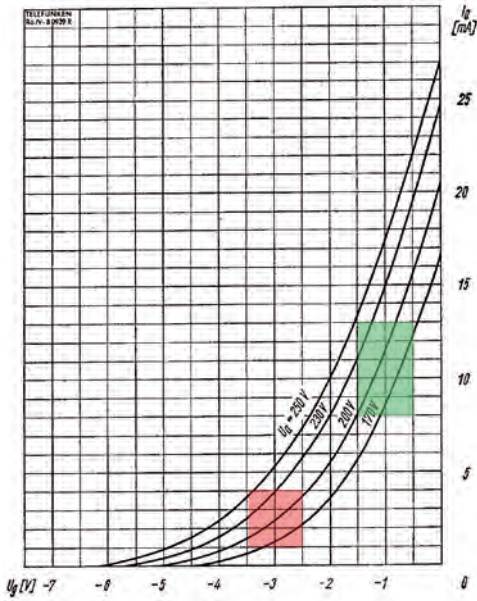


ANSCHLUSSFERTIGE STUDIO-VERBINDUNGEN NACH MAß

**SOMMER CABLE**

NEUEN KATALOG GRATIS ANFORDERN!

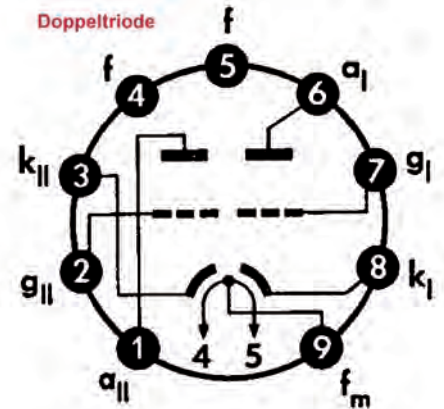
SOMMER CABLE GmbH  
 Audio • Video • Broadcast • Medientechnik • HiFi  
 info@sommercable.com • www.sommercable.com



Kennlinie der EC92 mit Markierungen.



ECC81 – zwei Trioden-Systeme in einem Kolben



Gemeinsames Sockelbild der ECC 81, -82, -83 oder der 6072

Richtwerte für die Spannungen an den einzelnen Röhren-  
elektroden gibt, ist darin zu sehen, dass fast alle hier be-  
trachteten Röhren nur in einem bestimmten Bereich für  
Audio-Zwecke richtig arbeiten. Dieser ist gekennzeichnet  
durch die für jede Röhre typische Kennlinie, die durch die  
Abhängigkeit von Gitterspannung und Anodenstrom ge-  
geben ist. Diese Kennlinie gibt Auskunft über die Verstär-  
kung.

Obwohl diese im Beispiel gezeigte Grundschaltung nur  
wenige Bauteile benötigt, ist sie doch schon ein voll-  
wertiger Verstärker. Wichtig sind die beiden Kondensa-  
toren C1 und C2. Aufgabe von C1 ist die Trennung der ne-  
gativen Gittervorspannung der Röhre von der zu verstär-  
kenden NF-Wechselspannung. Hier kann zum Beispiel ein  
Eingangsübertrager angeschlossen sein. C2 hingegen ist  
besonders gefordert, trennt er doch die Anodenspannung  
von 200 Volt von der verstärkten NF-Wechselspannung,  
die an dieser Stelle vielleicht gerade 1,5 Volt beträgt. Die-  
ser so beschaltete Verstärker hat übrigens eine Verstär-  
kung von etwa 20 dB.

## Ein wenig Theorie

Die in der Schaltung angegebenen Spannungs- und  
Stromwerte finden sich in der abgebildeten Kennlinie wie-  
der: An den Kurven direkt ist die jeweilige Anodenspan-  
nung angegeben.

Auf der X-Achse ist die negative Gitterspannung des Steu-  
ergitters und auf der Y-Achse ist der Anodenstrom auf-  
getragen. Auf der Suche nach der negativen Gitterspan-

nung sehen Sie in der Schaltung nur den Wert von +1,5  
Volt an der Kathode. Dies ist eine völlig typische Maßnah-  
me in der Röhrentechnik: Der durch die Röhre fließende  
Strom erzeugt am Widerstand  $R_k$  einen Spannungsabfall,  
die Kathode wird leicht positiv, das Gitter bleibt über  $R_g$   
auf Masse und somit gegenüber der Kathode negativ. Be-  
finden wir uns nun im grün gekennzeichneten Kurvenbe-  
reich, arbeitet die Röhre sehr linear mit minimalen Verzer-  
rungen, während der Betrieb im roten Bereich für Verzer-  
rungen 2. Grades ( $k_2$ ) sorgt.

## Zurück zur Praxis

In der Studio-Verstärkertechnik gibt es sehr viele Trioden,  
die meist als Doppeltrioden (ECC...-System) ausgeführt  
sind. Angefangen im Mikrofon als Impedanzwandler über  
Mikrofon-Verstärker bis hin zu den berühmten Kompres-  
soren von Fairchild oder Altec. Überall begegnet man die-  
sen Röhren mit Noval-Sockel und dem sichtbaren Doppel-  
system.

Und gerade bei den Doppeltrioden gibt es teils gravie-  
rende Unterschiede. ECC81, -82 und -83 zum Beispiel: Ob-  
wohl das ‚E‘ auf 6,3 Volt Heizung hindeutet, haben diese  
Röhren einen Heizspannungsbedarf von 12,6 Volt, wenn  
man sie über Stift 4 und 5 versorgt. Wenn man diese bei-  
den Stifte aber kurzschließt, so kann die Röhre zwischen  
diesen und Stift 9 mit 6,3 Volt geheizt werden. Diese Röh-  
ren haben eine Heizung mit Mittelanzapfung! Das Glei-  
che gilt für die Röhre 6072 im AKG C12 – Mikrofon-Impedanzwandler: Es handelt sich ebenfalls um eine Doppeltriode, die sich sowohl mit 6,3 als auch mit 12,6 Volt heizen



lässt. Auch die Triodensysteme dieser Röhren haben sehr unterschiedliche Daten und Kennlinien. Bei der E88CC beträgt die Heizspannung 6,3 Volt zwischen Stift 4 und 5. Stift 9 ist eine Abschirmung.

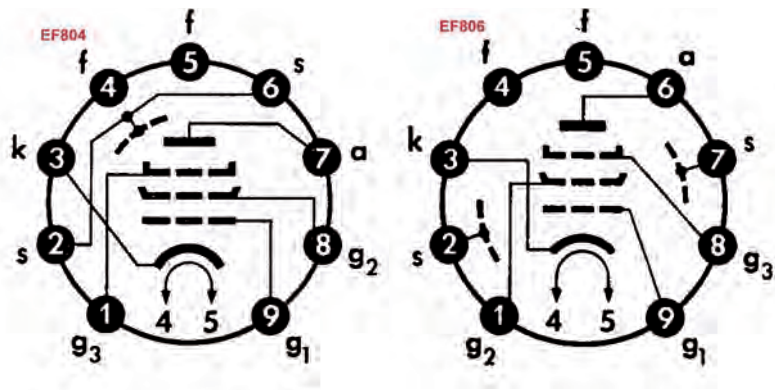
## Weiter geht es mit Pentoden

...also den Röhren, die den Buchstaben ‚F‘ an der Stelle der Typenidentifikation tragen.

Hier ist besonders die EF804 oder EF804S hervorzuheben, da es sich laut Telefunken-Forschungsberichten um die rauschärmste je gebaute Röhre handelt. Diese Röhre, entwickelt für anspruchsvollste Audio-Verstärker hat kein Pendant,

mit dem sie sich ersetzen ließe. Auch die Sockelschaltung ist einmalig. Sie kann nur durch die EF804S – eine Röhre mit Speziale Kathode ersetzt werden. Speziale Kathoden wurden für Anwendungen konstruiert, in denen eine Röhre längere Zeit in geheiztem Zustand ohne Anodenspannung betrieben werden kann, ohne dass dadurch die Kathode ‚vergiftet‘ wird. ‚Vergiften‘ bedeutet hier, dass sich die Kathodenschicht von ihrem Träger löst. Dies hat ein erhöhtes Rauschen der Röhre zur Folge.

Anders verhält es sich mit der EF80. Diese kann – unter kleinen hinnehmbaren Abweichungen in der Funktion, ohne weiteres gegen eine EF85, EF805S, eine EF183, EF184, 6BX6 oder 6BY7 ausgetauscht werden. Genauso verhält es sich mit der EF86, einer sehr weit verbreit-



Sockelschaltungen von EF804 und EF806



## Setting New Standards

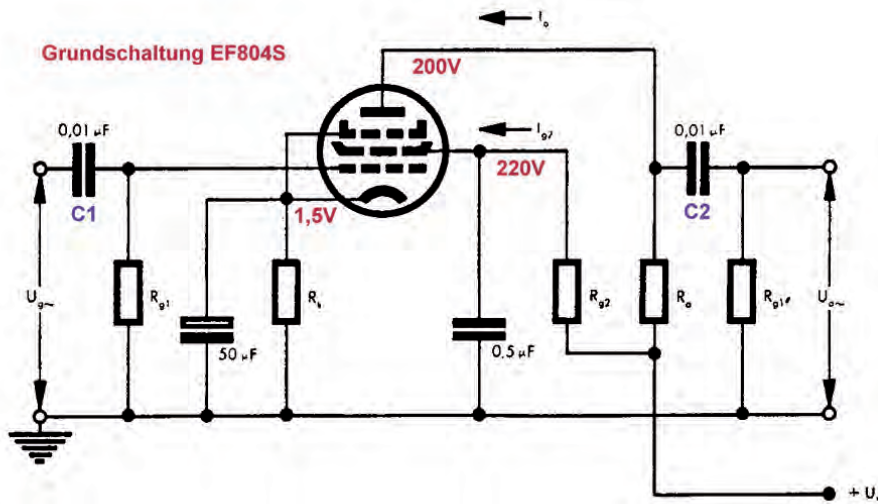


**RTW**  
SurroundControl 31900

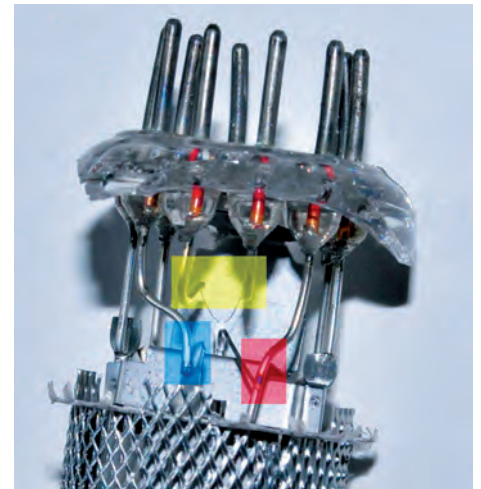
Loudness Metering.  
Made in Germany.



**RTW**



Pentode in ihrer Grundschaltung



Anschlussstifte und ihre Verbindung zu den Elektroden

teten NF-Röhre. Ein Austausch gegen eine EF806S hat sogar Vorteile. Siehe oben. Auch der amerikanische Zahlentyp ,6267' ist unmittelbar kompatibel. Hier bitte genau schauen: Ein Austausch dieser Röhren untereinander ist tödlich – sowohl für das Gerät, als auch für die entsprechende Röhre.

## Ein kleiner Verstärker mit Pentode

Im folgenden Schaltungsauszug ist kurz erläutert, welche Spannungen bei einer Pentode üblicherweise gemessen werden. Man erkennt wieder die Anodenspannung und die Spannung an der Kathode, die, aufgrund des fließenden Anodenstroms, zur negativen Gittersvorspannung wird. Neu hinzugekommen ist das mittlere Gitter – das Gitter G2 – welches fest auf einem Potential von 220 Volt liegt und das Gitter 3, welches – gut geerdet – kurz vor der Anode die abprallenden Sekundärelektronen zurückschickt (dient der Linearisierung der Kennlinie).

Auch hier gilt: Wesentliche Abweichungen der Werte deuten auf eine Fehlfunktion hin. Fehlt zum Beispiel die Spannung an Gitter 2, weil der Kondensator durchgeschlagen ist, oder der Widerstand eine Unterbrechung hat, bleibt der Verstärker stumm. In diesem Fall kann man sich zur Not schnell helfen: Durch Verbinden von Gitter 2 mit der Anode arbeitet die Röhre in Triodenschaltung weiter. Der Klang wird sich geringfügig ändern – sonst passiert weiter nichts.

## Ein Röhrenprüfgerät

Das beste Röhrenprüfgerät ist immer das Gerät, in dem die Röhre arbeitet. Meist sind in den Schaltungen der

Röhrenverstärker des IRT die entsprechenden Spannungen an den einzelnen Elektroden angegeben. Eine nachlassende – verbrauchte – Röhre ist dadurch zu erkennen, dass ihre Kathode ihre Emissionsfähigkeit verliert, dadurch der Anodenstrom sinkt, sodass die Spannung an den einzelnen Elektroden über den angegebenen Wert steigt. Aus Erfahrung kann ich sagen: Hörbar sind Beeinträchtigungen durch verbrauchte Röhren erst, wenn diese nur noch weniger als 50 Prozent von ihrer nominellen Emissionsfähigkeit besitzen. Dann allerdings fallen diese Röhren durch stark nachlassende Wiedergabe der tiefen Töne auf. Der Bassanteil wirkt verschwommen.

## Kleiner Kurs für Detektive

Für diejenigen, die auf den Geschmack gekommen sind und sich näher mit den ‚Schätzen‘ in ihrer Wühlkiste beschäftigen wollen an dieser Stelle ein paar Tipps zur Identifikation von Röhren ohne Aufschrift. Es genügt ein geübter Blick ins Innere, dort, wo die Stifte mit den einzelnen Elektroden wie Gitter, Kathode oder Anode verbunden sind. Für das Foto musste ich eine EF86 ‚schlachten‘, da so im Bild die inneren Verbindungen besser zu erkennen sind.

*Auch hier wieder der wichtige Hinweis: Röhrengeräte arbeiten mit lebensgefährlichen Spannungen! Ergänzend für diese Folge möchte ich dringend erwähnen, dass auch ein vom Netz getrenntes Gerät noch gefährliche Ladungen in den Kondensatoren enthalten kann.*



Mit einiger Übung sucht man sich zum Beispiel die Anschlüsse von Kathode (hier rot markiert, den Heizanschlüssen (gelb) und Anode (blau) heraus, und hat so die Möglichkeit, vergleichend mit einer Röhrentabelle, die Röhre zu identifizieren (siehe weiter oben das Sockelbild der EF806). Neben den Heizanschlüssen 4 und 5 befinden sich Kathode (3) und Anode (5). Wenn dies gelungen ist, ist die Wahrscheinlichkeit gering, dass beim Ersatz-Betrieb ernste Fehler auftreten. Nur unterschiedliche Ströme können noch zu einem unbefriedigenden Ergebnis führen. So beeinflusst ein höherer Anodenstrom die Gittervorspannung und die Röhre arbeitet dann eventuell im gekrümmten Teil der Kennlinie. Der Verstärker wird verzerren. Vorsicht natürlich, denn ein zu hoher Strom kann die Widerstände durch Überlastung warm werden lassen. Ich hoffe, ich konnte durch diesen Beitrag weiter das Interesse auf diese ‚neue alte‘ Technologie lenken. Für mich ist das Faszinierende an der Röhrentechnik ihre unglaubliche Einfachheit. Das Erreichen großer Präzision mit wenigen Bauteilen – diese müssen dann allerdings von höchster Qualität sein!

## Meine Quellen

Sämtliche Anschlussschemen, Kennlinien und Schaltungsauszüge stammen übrigens aus Original Telefunk-Röhrenhandbüchern. Nachdruck daraus ist, mit Quellenangabe, gestattet. Dieses möchte ich hiermit gern tun.

## Abspann – jetzt kommen die Transistoren

In der Studio-Werkstatt 5 verlassen wir zunächst die klassischen Röhrengeräte. Der Ablöser der Röhre ist bekanntlich der Transistor, erfunden im Jahre 1949. Er entwickelte sich über den Germanium-Typen bis hin zur integrierten Schaltung mit hunderten Bauteilen auf engstem Raum. Gerade heute werden auch wieder Klassiker aus historischen Pulten nachgebaut. Was bei der Restaurierung zum Beispiel eines FET-Kompressors zu beachten ist, und welche Probleme mit Tantal-Elkos zu erwarten sind, wird in der nächsten Folge erklärt.

# Revolution auf dem Monitormarkt!

Egg 150 – Studiomonitor von

**SE Munro**  
MUNRO ACOUSTICS SE ELECTRONICS



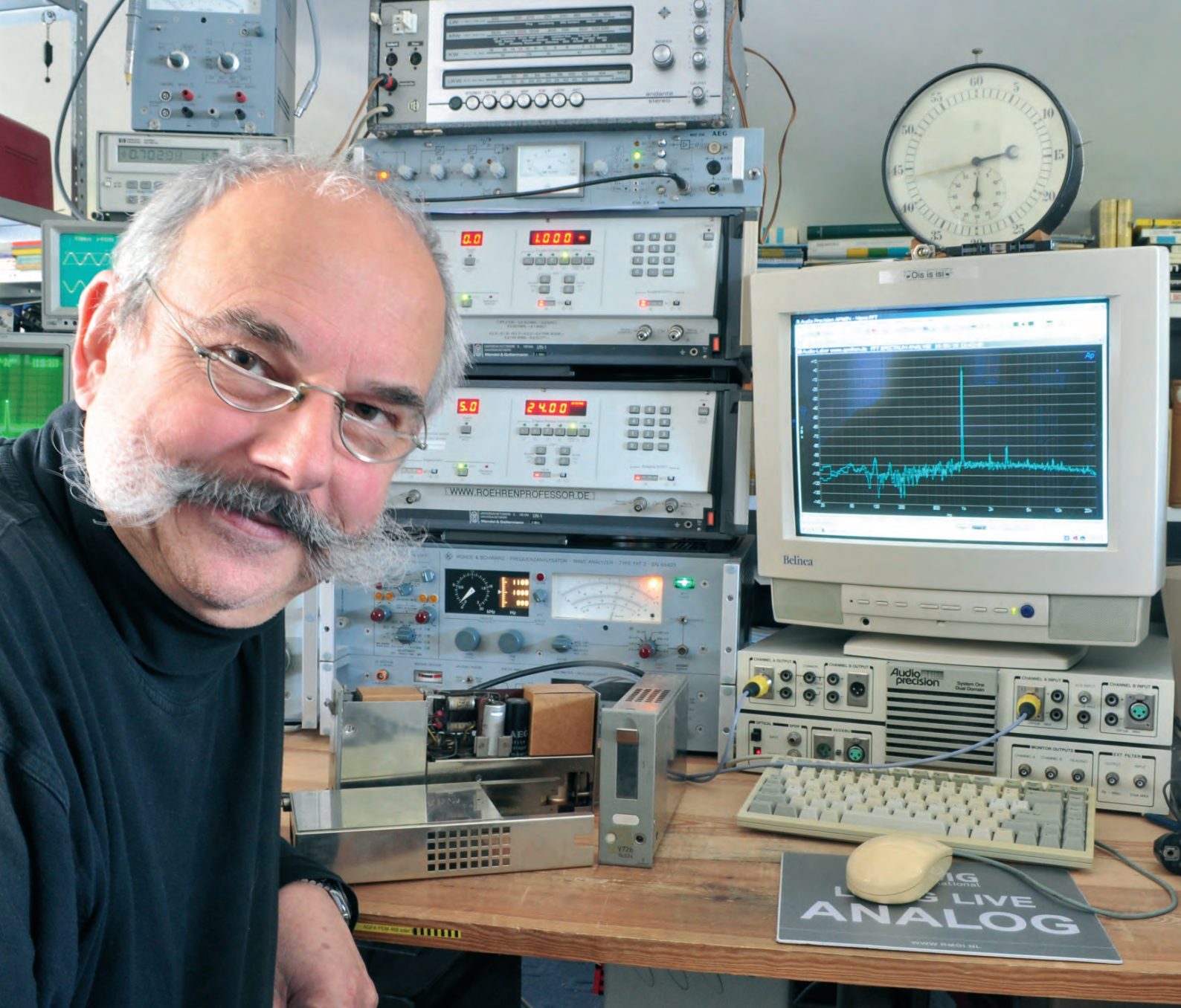
SE I Munro revolutioniert den Monitormarkt mit dem komplett neu entwickelten **Studiomonitor-System Egg 150**. Die Ei-Form der Lautsprecher ermöglicht es, Schwachstellen „normaler“ Monitor-Konzepte wie Gehäuse-Resonanz und typische Probleme, die mit der Schallbeugung einhergehen zu vermeiden. Dadurch liefert **Egg 150 unvergleichliche Neutralität** und **unglaublichen Detailreichtum**.

Egg 150 – Start a revolution

Im Vertrieb der

**MEGA AUDIO**

[www.megaaudio.de](http://www.megaaudio.de), [www.seelectronics.com](http://www.seelectronics.com) info@megaaudio.de, Tel: 06721/94330



# Studiowerkstatt 5

Text & Fotos: Uli Apel

Niedrige Spannung – keine Anheizzeit – drei Anschlüsse – aber Tausende von Typen

Wir konzentrieren uns in dieser Folge auf die kühlen Klassiker, die mit ungefährlichen Spannungen arbeiten und sofort nach Inbetriebnahme einsatzbereit sind: Hier geht es um Geräte mit Transistoren. Ich möchte mit Ihnen aus Werkstattsicht in die Halbleitertechnik und deren Verwendung in Studiogeräten einsteigen. Aus meiner Hand als ‚Restaurator‘ haben Röhren ihren Charme in den letzten Folgen wiedergewonnen. Ich habe Bilder von schlummernden Schätzen gezeigt, bin von Schaltungsbeispielen, mit Spannungsangaben bis in die Sockelschaltung vorgedrungen, und konnte Tipps geben, um schwer identifizierbare Schätze wieder zum Leben zu erwecken. Wer die ‚Hintergründe‘ aus den Studio-Magazinen Ausgaben 9 und 10 aus dem letzten Jahr studiert hat und sich durch die ‚Kunst der Verstärkung‘ von Friedemann Kootz ‚durchgebissen‘ hat, bekommt jetzt die Gelegenheit, diese Kenntnisse an klassischen ‚Transistor-Objekten‘ in die Praxis umzusetzen.



## Von der Röhre zum Transistor



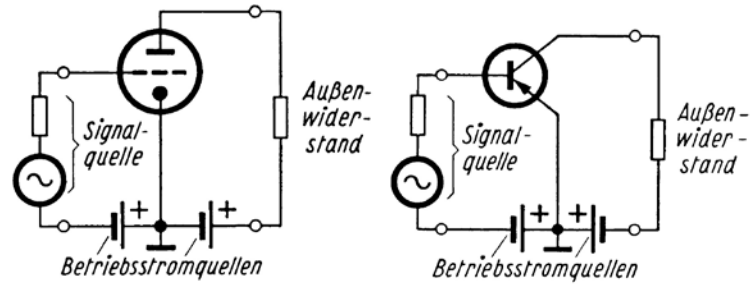
Neumann U473A, zwei Kompressor-Klassiker der 80er Jahre

Der Ablösung der Röhre ist bekanntlich der Transistor, erfunden im Jahre 1949. Er entwickelte sich über die Germanium- und Silizium-Typen bis hin zur integrierten Schaltung mit hunderten von Halbleiter-Bauteilen auf engstem Raum. Elektronische Geräte ohne Halbleiter sind in Gegenwart und Zukunft völlig undenkbar. Gerade heute werden aber auch wieder Klassiker aus historischen Studiogeräten wie Pulten und Effektgeräten nachgebaut. Diese Channel-Strips, zum Beispiel aus Neve-Pulten, passen dann – neu gestaltet, aber mit älterer Technik – in ein 19-Zoll-Gehäuse mit meist einer Höheneinheit. Autark mit einem Netzteil versorgt, ermöglichen sie so dem Anwender, in seine digitale Welt ein Quäntchen (Transistor-)Analogklang einzubringen. Auf diese Weise werden Equalizer, Kompressoren oder Mikrofonverstärker nach alten Vorbildern neu gebaut.

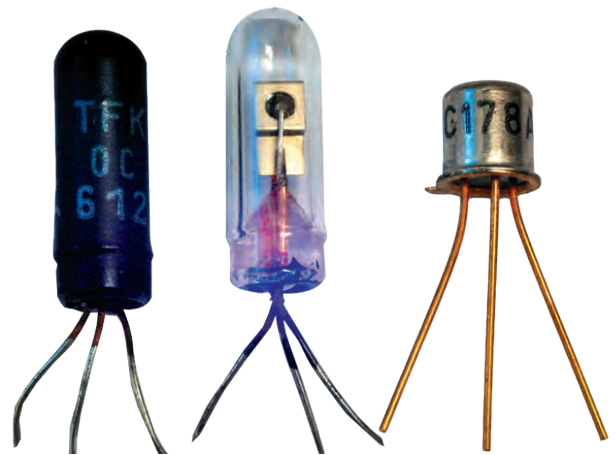
In vielen Lehrbüchern wird die Funktion des Transistors gern aus der der Röhre abgeleitet. Die Triode dient als Ausgangspunkt und Kathode, Gitter und Anode – dem damaligen Techniker bestens vertraut – wurden nur in Emitter, Basis und Collector umbenannt, und schon war das Verstärkerelement ‚Transistor‘ erklärt. Doch wer sich mit Röhren und Transistoren auskennt und beschäftigt, stellt schnell fest, dass das leider nicht so einfach ist. ‚Transistor‘ ist eine Kurzform des Begriffes ‚Transfer Resistor‘ und bezeichnet, wörtlich übersetzt, die Möglichkeit, einen

Widerstand zu steuern. Bei der Röhre wurde eine Spannung benötigt, um einen Strom zu steuern, beim normalen Transistor muss hingegen ein kleiner Strom fließen, um einen größeren Strom zu beeinflussen. Hier liegt der entscheidende Unterschied: Eine verlustlose Ansteuerung ist beim Transistor nicht mehr gegeben.

Widerstand zu steuern. Bei der Röhre wurde eine Spannung benötigt, um einen Strom zu steuern, beim normalen Transistor muss hingegen ein kleiner Strom fließen, um einen größeren Strom zu beeinflussen. Hier liegt der entscheidende Unterschied: Eine verlustlose Ansteuerung ist beim Transistor nicht mehr gegeben.



Grundsichtungsvergleich Transistor - Röhre



OC 612, ein Germaniumtransistor der ersten Stunde (links), der gleiche Typ ohne Schutzlack (Mitte) und ein Silizium-Transistor (rechts).

**FOR-TUNE**

Vertrieb für professionelle Studiotechnik • Kruppenackerstr. 218 • D-73733 Esslingen/Neckar



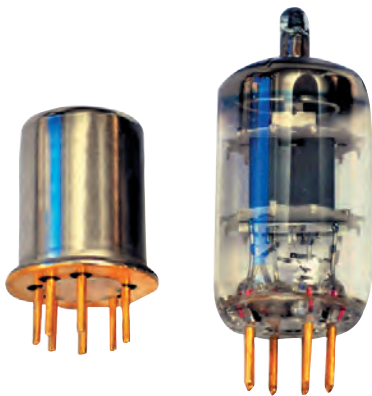
**Damit jede Silbe sitzt**

**ADR CONTROL**  
**TANGO**  
SMARTCONSOLE

Tel.: 0711-46915185 • Fax: 0711-46915187 • <http://www.for-tune.de>

Besonders beliebt sind gerade jetzt erstaunlicherweise Transistorverstärker mit Germanium-Typen, die für die Verstärkung von Mikrofonsignalen vor der Digitalisierung herangezogen werden. Chandler hat hier eine hochpreisige Serie herausgebracht, die sowohl von der Schaltungstechnik, als auch vom Design an ältere Mischpulttechnik erinnern soll. Erstaunlicherweise sage ich deshalb, weil gerade die Funktion von Germaniumtransistortypen sehr stark von den Umgebungsbedingungen abhängt. Diese ‚Ur-Transistoren‘ hatten die Eigenschaft, ihre Kennlinie den äußeren Gegebenheiten ‚anzupassen‘. Wurden sie zu warm

Röhre EF95 (rechts) und kompatible Ersatzschaltung (links) für den V72a



– und hier reichten schon 30 Grad als Umgebungstemperatur – so fingen sie zu zerren an. Außerdem waren diese Bauteile systembedingt nicht gerade rauscharm und bei Beschädigung der schwarzen Schutzlackierung wurden diese auch noch lichtempfindlich.

## Erste Studiogeräte mit Transistoren

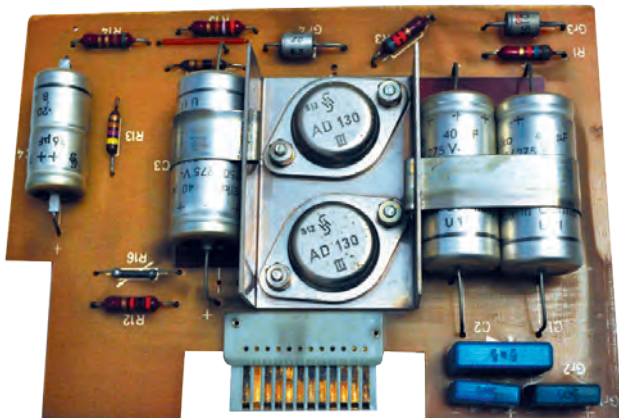
In der Studiowerkstatt 2 hatte ich die Kassettenverstärker der V-Serie erwähnt. Besonders hervorgehoben hatte ich

den V72a. Es war ein röhrenbestückter Aufholverstärker in Kassettenform mit eigenem Netzteil mit einer festen Verstärkung von 34 dB. Er kam Anfang 1964 in die Studios. Für die in ihm verwendete Röhre EF95 gab es für kurze Zeit eine spezielle Halbleiteranordnung mit 7-poligem Sockel, die mit den Röhrenversorgungsspannungen betrieben wurde.

Nur ein Jahr später, im März 1965, bekam die Frontplatte die Gravur ‚V72t‘. Dahinter verbarg sich ein völlig kompatibles Gerät zum V72a – nur ausschließlich bestückt mit Transistoren. Es passte in den gleichen Schacht, hatte die gleiche Anschlussleiste, ein eigenes Netzteil und auch die Verstärkung von 34 dB. Der Einschub – bestückt mit 14 Transistoren und allesamt Germaniumtypen – hatte auch schon eine Übersteuerungsreserve von 22 dBu. Genauso erging es dem Neumann-Netzteil für Röhrenmikrofone: Aus der Normkassette N52, wie beschrieben in Studiowerkstatt 3, mit den leicht im Laufe der Zeit auslaufenden NiCd-Accus bestückt, wurde N52t, ein Gerät mit transistorstabilisierter Heizspannung für die Röhre AC701 im Mikrofon.

## Die Miniaturisierung nimmt ihren Lauf

Mit Einführung der Halbleitertechnik wurden Wünsche nach weiterer Verkleinerung und Gewichtsreduzierung der Geräte laut: Die transistorisierten Kassetten verloren das eingebaute Netzteil, das Gehäuse bestand nur mehr noch aus dünnerem Blech, die Platine der gedruckten Schaltung bekam das Europaformat, die Steckerleiste zum Anschluss wurde 31polig. Die Studioteknik der späten 60er Jahre wurde modern: Man benutzte ‚SiTraL‘-Technik. ‚SiTraL‘ stand für ‚Siemens Transistortechnik auf Leiterplatten‘. Aus dem V72 wurde ein V672, wenn er aus dem Hause Telefunken kam, V472, wenn Neumann der Erbauer war, und V272 wenn er die Bänder von Siemens verließ.



Steckkarte mit Germaniumtransistoren aus einem N52t – Neumann-Netzteil für Röhrenmikrofone



V672, der „Transistor-V72“ von Telefunken (Innenansicht)



Die erste Zahl war also ein Hinweis auf den ‚Herausgeber‘. Die Verstärker selbst blieben untereinander kompatibel, versorgt wurden sie zentral von einem Netzteil, welches 24 Volt Gleichspannung lieferte. Ganze Studios wurden auf diese Weise kühler, die Ü-Wagen leichter und ließen sich notfalls aus der LKW-Batterie betreiben!

## Klassiker mit Transistoren

Werden heute solche Verstärker erneut in Betrieb genommen, oder vielleicht auch wieder in einem originalen Mischpult benutzt, kann man durchaus erstaunt sein, wie gut sie auch nach langer Lagerung noch funktionieren. Die Wiederinbetriebnahme ist meist recht einfach: Ein 24-Volt-Netzteil, belastbar mit bis zu 5 Ampere, welches nicht unbedingt aus einem ‚echt alten‘ Pult sein muss, reicht für die Versorgung aus. Es gibt auch noch Kartennetzteile, die sich hervorragend mit den alten Geräten gemeinsam in ein Rack einbauen lassen.

## Die Inbetriebnahme

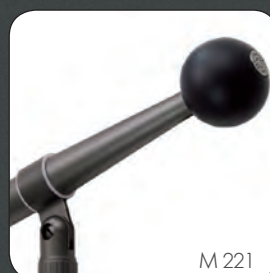
Leicht irritierend ist nach dem ersten Einschalten meist ein raschelndes Geräusch, das zum Beispiel auf oxidierte Schalter zurückgeführt werden kann. Diese sollten mehrmals betätigt, oder mit meinem ‚Spezialmittel‘ Ballistol behandelt werden. Meist handelt es sich um echte Silber-



Wiedergabe-Verstärker einer M5c mit diskreten Bauteilen

kontakte, die von der langen Ruhepause völlig schwarz angelaufen sein können. Ebenfalls gibt es eine Fehlerquelle in Geräten von Herstellern, die besonders servicefreundlich sein wollten: Die Halbleiter, sowohl Transistoren als auch ICs – sind in Fassungen gesteckt. Wackelkontakte sind hier in mannigfacher Weise vorprogrammiert. Hier kann ein Bewegen jedes einzelnen Bauteils helfen. Wenn sichergestellt ist, dass die Schalter störungsfrei arbeiten, die Bauteile leitend festsitzen, kann der Rauschabstand unter Umständen dennoch nicht zufriedenstellend sein: Die in Transistorgeräten auch als Koppelkondensatoren üblichen Elektrolytkondensatoren haben meist an Kapazität verloren oder ihren Isolationswiderstand teilweise erheblich eingebüßt. Es handelt

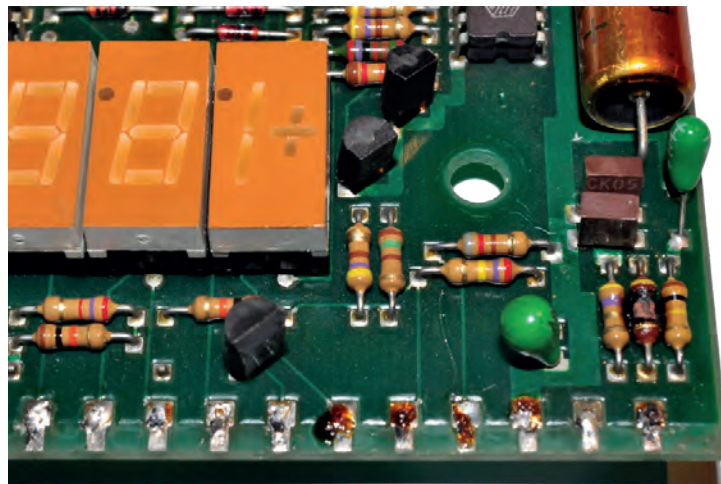
**MICROTECH GEFELL**   
microphones & acoustic systems - founded 1928 by Georg Neumann



sich oft um Typen mit recht hoher Kapazität (50 bis 100  $\mu\text{F}$ ) bei einer meist niedrigen Spannung (6 bis 20 Volt). Hier hilft nur eine Maßnahme, die mittlerweile zu einem Qualitäts-Begriff bei Freunden klassischer Halbleitertechnik geworden ist: Recapping. Ein ‚recapptes‘ Gerät lässt auf gute Qualität seitens der Restaurierung schließen. In diesem wurden alle (!) Kondensatoren durch neue ersetzt. Es gibt Restauratoren, die es auf die Spitze treiben, indem sie die alten Kondensatoren aushöhlen und die neuen – da baulich meist kleiner – in die Gehäuse einsetzen. Auch ein Transistorverstärker kann halt eine Augenweide sein. Das Recappen erfordert sehr gutes Entlötwerkzeug, denn alte Platinen bestanden noch aus Hartpapier, und die Leiterbahnen rissen schnell zusammen mit dem Anschluss des zu entlötenden Bauteils ab. Ein weiterer wunder Punkt können die kleinen Trimmer sein, mit deren Hilfe sich Pegel oder Frequenzgänge einstellen ließen. Werden diese einmal im Zuge der Überholung bewegt, kann das schon das Ende bedeuten. Der Schleifer bricht ab oder die Kohlebahn ist nicht mehr gleichmäßig. Besonders behutsam muss man vorgehen, wenn diese Schleifer auch noch mit einem mehr oder minder dicken Lacktropfen gesichert sind. Der große Vorteil bei Halbleitergeräten aber ist immer, dass die Transistoren selbst nicht einer üblichen Abnutzung unterliegen. Ein OC604 von 1964 arbeitet heute noch genauso wie damals und das mit allen seinen Eigenschaften (siehe oben).

Die Abbildung zeigt einen Wiedergabeverstärker aus einer Telefunken M5c, einem klassischen Studio-Tonbandgerät, welches nach seiner Bauart zu den ersten transportablen Geräten gehörte. Es hatte nur zwei Traggriffe – im Gegensatz zu den damals üblichen vier und wog auch ‚nur‘ 35 Kilogramm.

Links sind die Pegelsteller zur Einmessung zu erkennen, sie tragen hier zur Erhöhung der Betriebssicherheit Plastikklappen. Rechts unten sind vier der ersten Silizium-Transistoren zu sehen, erkennbar als kleine silberne Zylinder. Sie läuteten eine neue Ära der Halbleitertechnik ein. Diese waren die ersten Transistoren, die nicht mehr so stark temperaturabhängig waren, und die gleichzeitig erheblich weniger rauschten. Aber ich zeige diese Platine auch, weil sich mit dieser Entwicklung leider kleine ‚Rauchbomben‘ in die geliebte diskrete Transistortechnik schlichen: Die gut sichtbaren grünen Perlen sind Tantal-kondensatoren, die auf der Suche nach weiterer Miniaturisierung in fast alle Geräte Einzug hielten. Sie wurden von den damaligen Herstellern angepriesen mit den Eigenschaften: Temperaturstabil, trocken, also ohne flüssiges



Zählwerkbaustein (Teilansicht) einer M15A mit durchgebranntem Widerstand (rechts unten) infolge kurzgeschlossenen Tantal-Elkos.

Elektrolyt, gut lagerfähig und baulich sehr klein trotz hoher Kapazität. Zugegeben, diese Angaben stimmen weitgehend. Trotzdem sind sie unberechenbar: Wenn sie sterben, dann meist beim Einschalten des Gerätes und unter starker Rauchentwicklung. Der Gestank ist recht typisch und hält sich meist mehrere Tage. Der Vorteil: Man erkennt sofort das defekte Bauteil und kann es schnell ersetzen. Wenn es nicht noch ein benachbartes mitgerissen hat, funktioniert das Gerät wieder einwandfrei. Ebenfalls können diese kleinen Biester als Rauschquelle fungieren. Ein solcher Kandidat machte mir einmal das Leben mit einem Neumann SM69fet schwer.

Die Entscheidung, diese wieder durch neue Tantal-Elkos zu ersetzen, bleibt jedem selbst überlassen. Unberechenbar sind sie leider alle, auch neue aus dem Ersatzteillieferer.

## Theorie, Tipps, Tabellen und Typen

Ein völlig eigenes Kapitel wurde ebenfalls mit der Transistorära aufgeschlagen: In den Buchhandlungen gab es plötzlich reihenweise Fachbücher über theoretische Eigenschaften, Lehrbücher mit neuen Schaltungsideen und Fibel mit Reparaturtipps für Transistorgeräte. Am auffälligsten waren jedoch diese ‚Transistorvergleichstabellen‘. Es wurde jedem, der sich ernsthaft mit dieser neuen Technologie beschäftigen wollte, suggeriert, dass dieses Nachschlagewerk ein Muss für seine Werkstatt war. Auch ich habe einige davon gekauft, in der Hoffnung, den einen Typen durch einen anderen ersetzen zu können. Vergessen Sie´s – es hat nie funktioniert! Auch heute kommt man nicht ohne Original-Typen aus, sollte man denn einmal einen brauchen. Meine Erfahrung beim Restaurieren zeigt



aber, dass bei Halbleitergeräten meist periphere Bauteile für eine ungenügende Funktion verantwortlich sind. Studiogeräte kommen in der Regel mit wenigen, guten Typen aus, die auch heute noch sehr preiswert erhältlich sind.

## Messtechnik

Transistorgeräte ohne Schaltplan zu reparieren ist sehr schwer. Erstens gibt es erheblich mehr verschiedene Transistor-Typen als Elektronenröhren, und zweitens gibt es leider keine Faustformel für die Spannungsverhältnisse an ihren drei Beinen. Dann kommt noch erschwerend hinzu, dass viele Schaltungen so aufgebaut sind, dass die einzelnen Verstärkerstufen nicht mehr durch Koppelkondensatoren getrennt sind, wie in der Röhrentechnik, sondern manchmal alle Halbleiter von vorn bis hinten galvanisch zusammenarbeiten. Gerät einer von ihnen durch Fehlfunktion ins Straucheln, verschiebt er bei allen anderen die elektrischen Werte. Wenn man Glück hat, sitzen sie in Fassungen, (siehe oben) und der Austausch ist einfach. Meist aber sind sie gelötet und man stellt nach dem Auslöten fest, dass man den Faltschen verdächtigt hat.

## Bandmaschinen – klassische Analogtechnik in Reinform

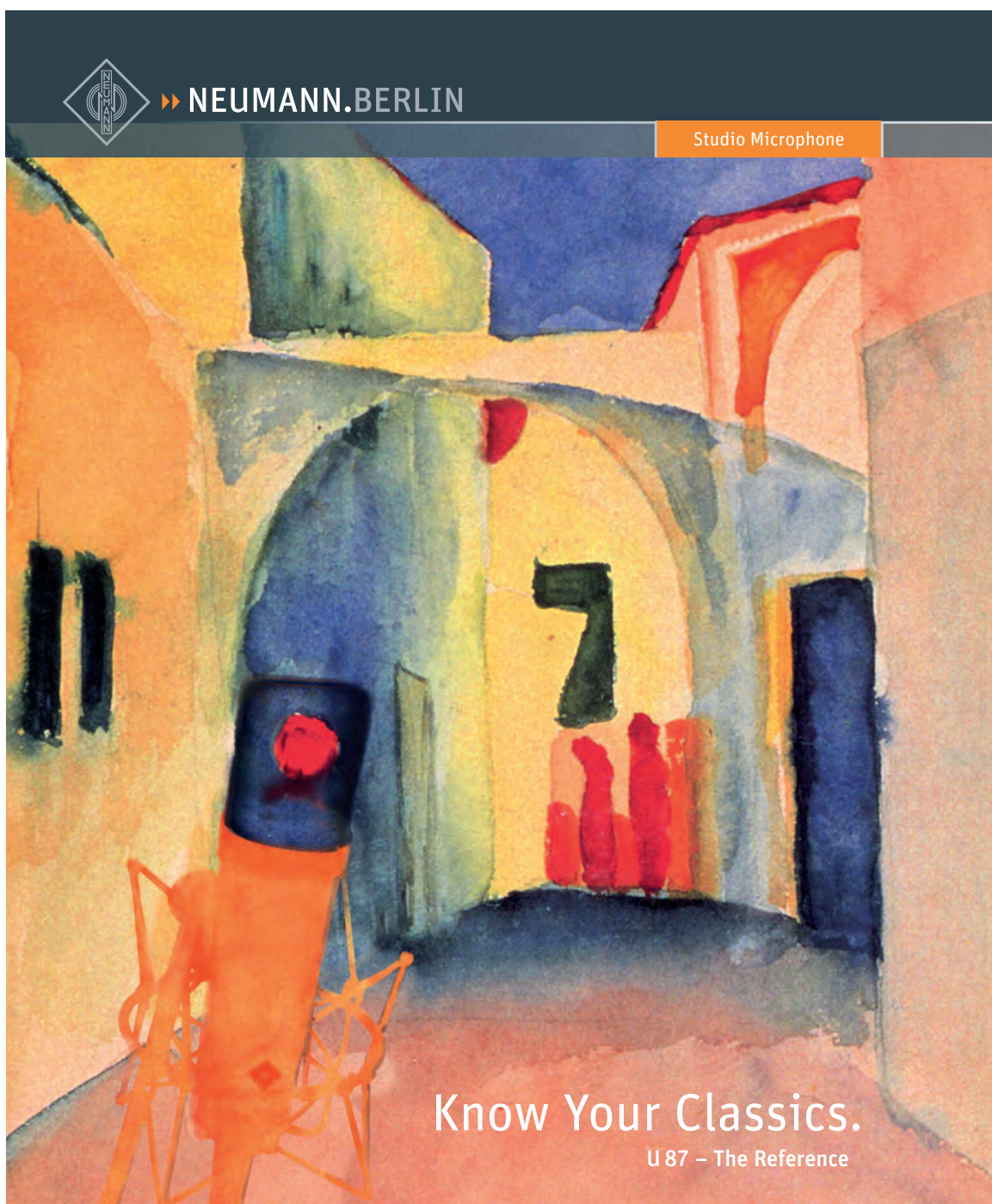
In der Studiowerkstatt 6 verbinden sich die Werkstattefahrungen mit der Röhren- oder der Transistortechnik in einem Gerät, welches ebenfalls gern zu einer großen, klassischen

Klanggestaltung herangezogen wird: Der Tonbandmaschine. Hier ist Know-how in der Elektronik genauso gefordert, wie in der Mechanik. Erst das enge Zusammenspiel von mechanischer und elektrischer Justage garantiert einen musikalischen Genuss, bevor digitalisiert wird. Welche Schrauben wie gedreht werden müssen, welche Werkzeuge und Messnormalien gebraucht werden, erkläre ich am Beispiel der Telefunken M15A, DEM Arbeitspferd der analogen Studioteknik, das heute auch noch eingesetzt wird, um zum Beispiel Archivmaterial vom analogen Band zu digitalisieren.



▶▶ NEUMANN.BERLIN

Studio Microphone



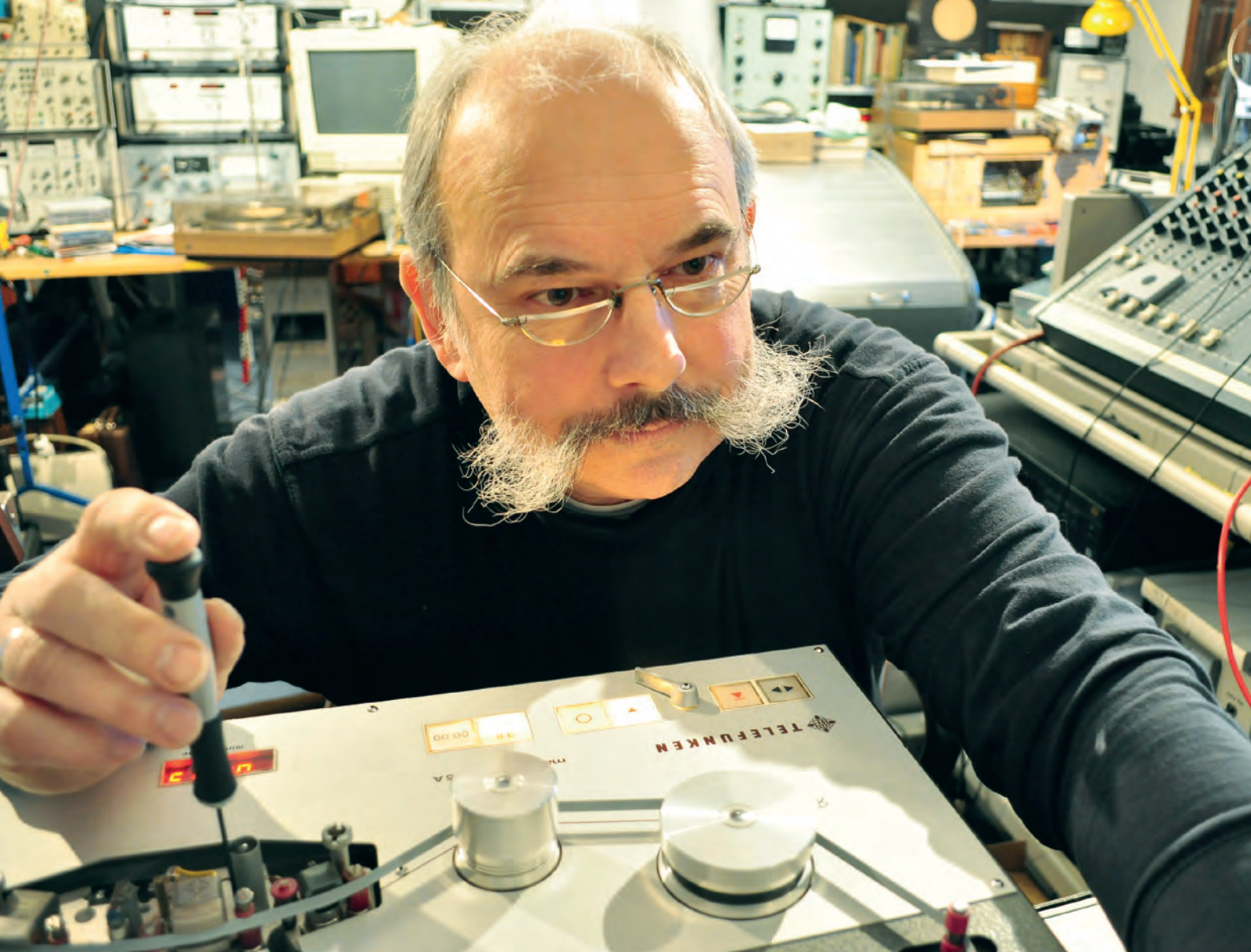
Know Your Classics.

U 87 – The Reference



Available as **studio set** incl. U 87 Ai and elastic suspension





# Studiowerkstatt 6

Text & Fotos: Uli Apel

Millimeter statt Millivolt – Gramm statt Ampere – Drehmoment statt Ohm

Die bisherigen Werkstatt-Beiträge bezogen sich allein auf den Umgang mit klassischen elektronischen Bauteilen in verschiedensten Studiogeräten. Röhren- oder Transistorverstärker arbeiten – gut restauriert – im Stillen, sie bedürfen keiner großen Wartung über lange Zeit und verändern daher kaum ihre technischen (klanglichen) Eigenschaften. Eine Überholung war meist mit einfachen Mitteln wie Oszilloskop oder Vielfachmessgerät möglich. In dieser und der nächsten Folge möchte ich mit Ihnen ein gerade heute wieder sehr beliebtes Gerät näher betrachten, welches eher mit dem Begriff ‚Maschine‘ zu beschreiben ist. Es geht um das klassische Studiotonbandgerät, für dessen Klang-Nachbildung auch schon etliche Hardware-Simulationen und Plug-Ins auf dem Markt sind, die aber für viele Anwender und Freunde des analogen Band-Klanges doch das letzte Quäntchen an Seele in der Tonreproduktion vermissen lassen. Hier möchte ich kurz als Beispiele die Hardware-Nachbildungen, den Neve Portico 5042 Tape FX oder von SPL den Machine-Head-Prozessor, erwähnen. Bei den mittlerweile unzähligen Plug-Ins wird der ‚analoge Tape-Sound‘ meist nur durch die Simulation von Geschwindigkeit, Vor- oder Nachecho oder der Möglichkeit zur Einstellung der Vormagnetisierung erzeugt. Selten kommen noch Wow und Flutter-Effekte dazu. Mir ist zumindest bisher kein Plug-In bekannt, an welchem sich der Verschleiß der Köpfe (führt zu Frequenzgangabnormitäten), der Neigungswinkel der Andruckrolle zur Tonwelle (führt zum Verziehen des Bandes vor den Köpfen, daraus resultierend Frequenzgang- und Phasenänderungen), die Bandführung vor den Köpfen (verändert die Kopfspiegelresonanzen und damit die Frequenzgänge) oder die Tautmelung des Tonkopfes (beeinflusst Frequenzgang und Stereo-Phase in Abhängigkeit der Frequenz), einstellen lässt. Diese mechanischen Eigenschaften gehen aber ebenfalls gewaltig in die typische Charakteristik einer echten analogen Bandaufzeichnung ein.



## Jetzt wird die Werkstatt mechanisch

Schon sind wir mitten im Thema der sechsten Folge: Wer jetzt keine Angst vor Uhrmacherschraubendreher, Bandzugwaagen oder Messuhren hat, ist eingeladen, sich mit mir als Feinmechaniker zwischen Beruhigungsrolle und Schwungmasse zu begeben. Für eine Beschreibung zur Restaurierung eines Studiomagnetongeräts habe ich für diese und die nächste Studio-Werkstatt-Folge eine Maschine ausgesucht, die von der Mechanik und der Elektronik her gerade wegen ihres übersichtlichen, einfachen Aufbaus ein Paradebeispiel für Präzision auf mechanischem und elektronischem Gebiet darstellt und gleichzeitig dabei aber höchst servicefreundlich ist. Außerdem war sie der ‚Quasi-Standard‘ in den meisten Rundfunkanstalten und Tonstudios. Heute wird sie zur Digitalisierung von Bändern eingesetzt. Andere Maschinen (zum Beispiel solche von Studer oder Otari) haben vergleichbare Eigenschaften, jedoch ist die Vorgehensweise beim Restaurieren oder Überholen teilweise unterschiedlich. Vom Prinzip her haben aber alle das gleiche Ziel: Schallschwingungen auf analoge Weise in Magnetismus auf einem Band zu wandeln. Für Fragen und Anregungen stehe ich natürlich, wie immer, gern mit Tipps und Unterlagen der Hersteller zur Verfügung ([www.apelton.de](http://www.apelton.de))

## Die Telefunken M15A – analoge Spitzentechnik für die magnetische Tonaufzeichnung

Ein Klassiker – dem man es auf den ersten Blick nicht unbedingt ansieht.



M15A in der Aufsicht: Man erkennt deutlich die nüchterne Anordnung der Bedienelemente



Mess- und Justierwerkzeuge für analoge Bandgeräte

**Softube**  
[www.softube.com](http://www.softube.com)



## Oops!... We Did It Again

**SOFTUBE Summit TLA-100 – verdammt nah am Original**



Neues Kompressor-Plug-in für VST, VST3, AU, RTAS und den neuen AAX DSP/AAX Native Formaten für Pro Tools 10

„Der Summit TLA-100A beherrscht neben der Verdichtung der Summe auch das unhörbare Regeln der Dynamik im Gesang hervorragend.“

KEYS 3/2012

„Softubes jüngster Wurf schleicht sich somit auf ganz leisen Sohlen in die Aufnahme und macht Gutes auf gefühlvolle, fast schon erschreckend intelligente Art besser.“

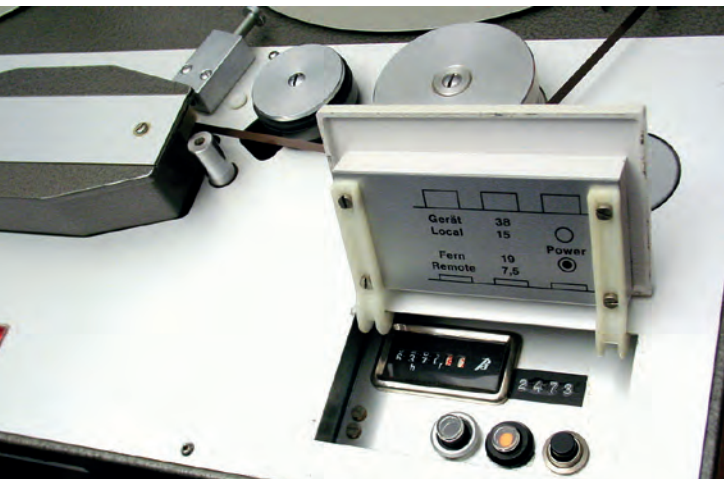
Professional Audio 1/2012

Erhältlich für Mac und PC. Summit Audio TLA-100 und weitere Softube Plug-ins werden über autorisierte Softube-Fachhändler angeboten.

Download 20-Tage Demo unter [www.audiowerk.eu/demo/softube](http://www.audiowerk.eu/demo/softube)

**AUDIOWERK**  
[www.audiowerk.eu](http://www.audiowerk.eu)

Vertrieb für  
Deutschland/Österreich  
Tel: +49 67 1-21 35 420  
[info@audiowerk.eu](mailto:info@audiowerk.eu)



Bedienelemente unter der Klappe

Obenauf sind nur wenige, spartanisch angeordnete Bedienelemente zu erkennen. Ohne aufgelegtes Band wirken zum Beispiel die Aufnehmer für die Wickelteller unscheinbar und schwach. Beherrscht wird die Oberfläche von der großen Andruckrolle und den Bandberuhigungsrollen (so heißen sie tatsächlich), die einen großen Durchmesser haben und beim Berühren und Hin- und Herdrehen mit der Hand ein wenig spüren lassen, was gute Lagerung heißt.

Die Köpfe verschwinden unter einer stabilen Abdeckung und man kann sie nur sehen, wenn man sich weit über die Maschine beugt, ja fast einen Kopfstand macht (bei deutscher Schichtlage).

Ganz unten links sind die typischen sehr großen, beleuchteten Tasten für die Laufwerksteuerung, in der Mitte unter den Köpfen eine schmucklose 4-stellige elektronische Band-Zeit-Anzeige. Sie zeigt Minuten und Sekunden sehr genau an, denn selbst bei wiederholtem Hin- und Herspulen hat sie nur minimalen Schlupf.

Unter einer Klappe rechts unten befindet sich (von rechts) der Netz-Hauptschalter, der Geschwindigkeitswähler (meist werden die Geschwindigkeiten 19 und 38 cm/sec. im Studio verwendet) und der Remote-Schalter, der, wenn er gedrückt ist, die gesamte Bedienung an der Maschine selbst unmöglich macht. Die Oberfläche der Klappe ist gleichzeitig die Schneide- und Klebeeinrichtung für das Band.

Ein ganz wichtiges Registrierinstrument für Studiomaschinen möchte ich nicht unterschlagen: Es ist der Betriebsstundenzähler, der die Einhaltung der Wartungsintervalle (5.000 bzw. 10.000 Stunden) einzuhalten erleichtert. Schön, wenn dieser 4stellig ist und gerade ein paar hundert Stunden anzeigt. So weiß man nie, wie oft er schon



Köpfe auf einer M15A Quadromaschine. Deutlich sind die 4 Spuren auf einer Breite von 1-Zoll erkennbar

über 9999 hinausgelaufen ist, und wie alt die Maschine wirklich ist. Ich hatte kürzlich eine Maschine mit 5-stelligem Stundenzähler zur Restaurierung. Er zeigte rund 75.000 Stunden. In einem Wiedergabekanal war lediglich ein Tantal-Kondensator verbrannt...

Diese Maschinen vom Typ Telefunken oder AEG M15 oder M15A erfuhren in ihrem Lebenszyklus zahlreiche Entwicklungen und Erweiterungen. Da sie schon bei der Konstruktion als ‚Baukasten‘ entworfen wurden, waren Ergänzungen leicht realisierbar. Die größten Versionen waren neben der 1/4-Zoll-Maschine die 1-Zoll- und 2-Zoll-Geräte mit bis zu 32 Spuren, auf denen Karajan aufnehmen und schneiden ließ, auf denen ABBA und weitere Größen der POP-Kultur ihre Hits einspielten. Ein seltenes Gerät in meinem Fundus ist eine echte Quadro-Maschine der DGG. Ferner gab es Geräte mit Pilotton (sie konnten synchron zum Film laufen) oder solche mit Timecodeeinrichtung für den Ton zum Video. Für die weitere Abhandlung ist es unwesentlich, wie viele Spuren eine Maschine hat: Die Mechanik und deren Justage ist bei allen Formaten sehr ähnlich.

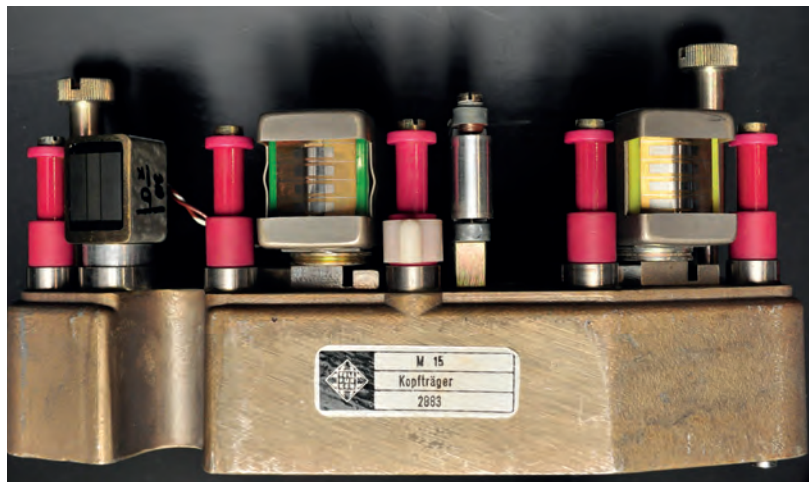
## Die ersten Wartungsschritte

Für den Betrieb einer echten Bandmaschine müssen zwei Gewerke perfekt zusammenspielen: Die Mechanik und die Elektronik. Das eine kommt ohne das andere nicht aus. Erhält man aus einem Fundus ein Gerät und möchte dieses wieder reaktivieren, sollte man es zunächst gut reinigen, die Mechanik untersuchen und gegebenenfalls zerlegen und säubern. Hier sollte man sich beim Zerlegen die Reihenfolge für das spätere Zusammenbauen merken. Keine Sorge – ein mechanisches





Tonmotor der M15A



Kopfräger einer M15 4-Spur 1/2-Zoll mit Sicht auf die Köpfe. Von links: Löschkopf, Aufnahme- und Wiedergabekopf, dazwischen Präzisions-Bandführungen aus Sinterrubin

Uhrwerk ist komplizierter aufgebaut. Zum Reinigen der Teile, die mit dem Band in Berührung kommen, benutzt man vorteilhaft reinen Alkohol in Form von Spiritus oder Ethanol. Andere Lösemittel greifen Gummi- oder Plastikeile an, die ebenfalls in solch einer Maschine Verwendung finden. Alu- oder lackierte Oberflächen habe ich aber auch schon mit Wasser, Universalreiniger und Bürste wieder zum Glänzen gebracht. Bei der Behandlung auf diese Weise sollte man aber darauf achten, dass möglichst keine Flüssigkeit in die Lager gerät, vorhandenes Schmiermittel wird dadurch verdünnt und ausgewaschen. Wenn drehende Teile wie Bandberuhigungsrollen oder die Wickelmotoren rau laufen, ist meist das Auswechseln eines oder mehrerer Lager unumgänglich. Die Lager sind auch heute noch, da genormt, ohne Probleme erhältlich. Bei älteren Modellen laufen Andruck-

rolle oder gar die Tonwelle in sogenannten ‚Sinterlagern‘. Der Tonmotor ist kollektorlos und wiegt nur 800 Gramm. Die ganze Maschine bringt 55 Kilogramm auf die Waage.

Sinterlager haben die Eigenschaft, fast ohne Schmiermittel spiel- und verschleißfrei zu laufen. Bei ihnen genügt nach dem Auseinandernehmen eine gute Reinigung und anschließende Schmierung mit Sinterlagerfett. Falls ein solches Lager durch Korrosion merklich Spiel haben sollte, hilft leider nur ein kompletter Ersatz. Zum Reinigen der Bandführungen und der Köpfe kann man mit Alkohol getränkte Wattestäbchen benutzen. Sehr hartnäckigen Schmutz entfernt man nach Einweichen mit einem hölzernen Zahnstocher. Niemals härteres Material verwenden – die Oberflächen, besonders die der Tonköpfe, sind sehr weich!



## Nicerizer 16 MK2 - DAW Analog Summierer

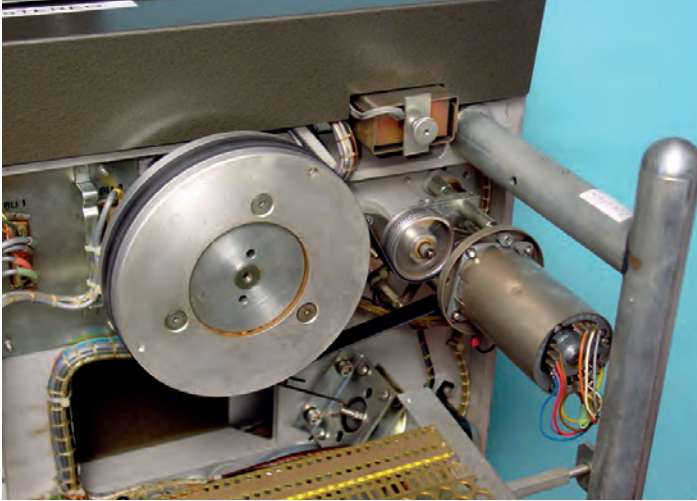
Der Nicerizer wurde entwickelt auf Nachfrage von Engineers nach einem Tool, dass es „in the box“ Systemen wie ProTools, Logic oder Cubase ermöglicht den Output klanglich aufzuwerten, sowie Outboard einfacher und verlustfreier in den Mix zu integrieren. Der Nicerizer16 fügt dem digitalen Medium den Charakter und das Feel analoger Class-A Stufen hinzu und ermöglicht eine verlustfreie und hochwertige analoge Summierung zum finalen Mix.

Wie alle Phoenix Audio Produkte, bedient sich auch der Nicerizer der eigens entwickelten Class A Output Stage, sowie einer traflosen, diskret aufgebauten Class A Eingangsstufe. Der Nicerizer16 ist ein 16 in 2 Analog-Summierer mit Panning-Regler und 8dB zusätzlichem Gain pro Kanal, sowie einer ausgefuchsten Monitorsektion und zusätzlicher Kontrollmöglichkeit der Stereobasis.

**näher kann man dem Sound einer klassischen Class-A Vintagekonsole wohl kaum kommen...**

PHOENIX AUDIO





Tonwellenantrieb

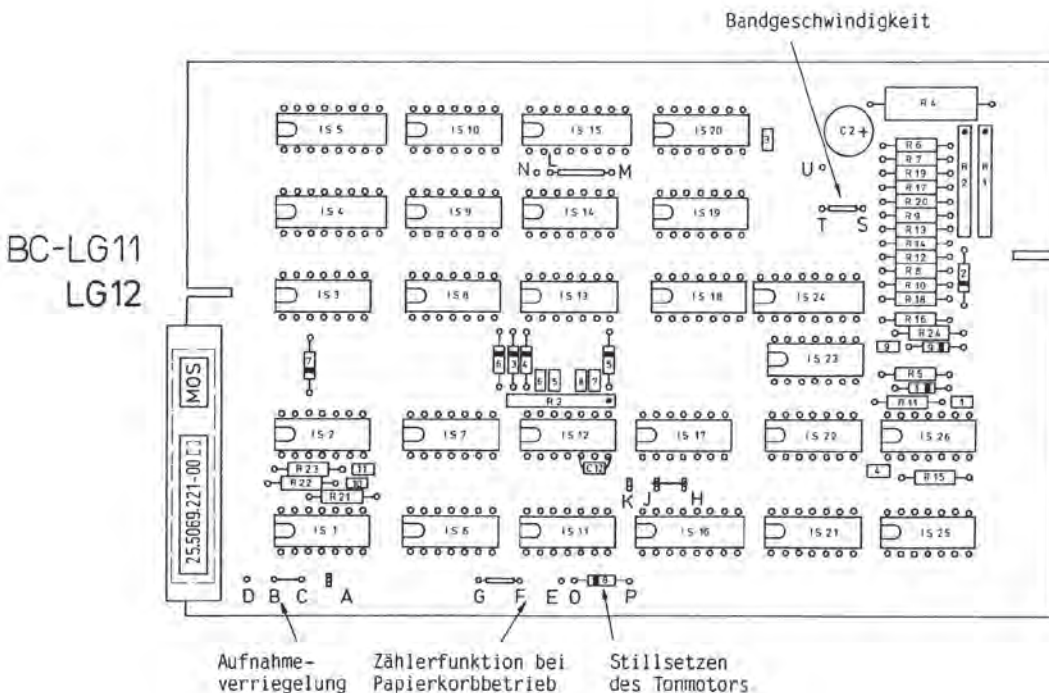
## Das erste Einschalten

Jetzt kann man es wagen, das Gerät einzuschalten. Bei einer M15A leuchtet eventuell die Geschwindigkeitsanzeige, wenn die entsprechende Lampe nicht durchgebrannt ist. Bei der 38er Geschwindigkeit ist das meist der Fall, da 90 Prozent aller Maschinen mit dieser betrieben wurden. Vielleicht leuchtet die Kontrollleuchte für die Geschwindigkeit ,19' nach Betätigen des mittleren Schalters unter der Klappe. Drückt man nun den Bandfühlhebel auf der rechten Seite nach innen, läuft der Tonmotor an. Irritierend ist bei genauem Hinsehen der Antrieb der Tonwelle. Ein sehr kleiner Motor, dessen Durchmesser gerade mal 50 mm inklusive Gehäuse beträgt, treibt eine riesige Schwungmasse über einen von einer Spannrolle unter konstanter Spannung gehaltenen, breiten Synthetik-Gummiriemen.

Dieser Antrieb verleiht der Maschine jetzt auch das charakteristische Laufgeräusch: Ein mehr oder minder lautes Zischen, abhängig von der Geschwindigkeit, ertönt, wenn die Maschine ohne Gehäuse betrieben wird und die Tonwelle läuft. Hier haben wir bei einer ersten Wiederinbetriebnahme eine weitere Möglichkeit, eine kleine Wartung durchzuführen: Ein klein wenig Talkum, auf den Gummiriemen aufgetragen und einmassiert, hilft, den Geräuschpegel zu senken und das Gummi geschmeidig zu halten. Talkum gibt's im Autozubehör-Handel oder bei der Partnerin im Schminkkästchen: Gesichtspuder ist das Zaubermittel, der Parfümduft lässt mit der Zeit nach.

## Ein Logik-Fahrplan – völlig ohne Mikroprozessor

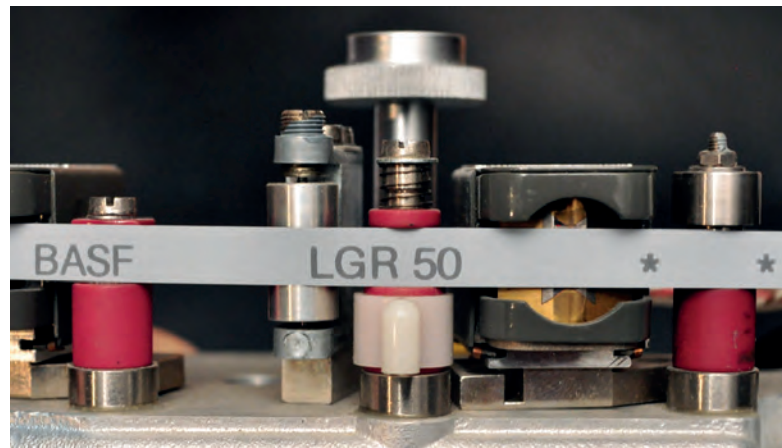
Nach circa 8 bis 10 Sekunden Hochlauf sollte die Stopp-taste aufleuchten, wenn die Lampe in Ordnung ist – siehe oben: Dies ist das Zeichen, dass die Soll-drehzahl erreicht ist. Unter Festhalten des Fühlhebels können wir jetzt auch einmal die Start-Taste drücken. Mit einem für ältere Tontechniker sehr vertrauten Klacken zieht der Andruckmagnet die Andruckrolle gegen die Tonwelle und der rechte Wickelteller läuft mit recht hoher Geschwindigkeit im Gegenuhrzeigersinn. Die Stopp-taste erlischt, die Start-taste leuchtet auf. Die Maschine befindet sich im Wiedergabemodus. Wird jetzt mit der Starttaste gleichzeitig die Aufnahme-taste gedrückt, so leuchtet diese auch auf – das Gerät würde jetzt aufnehmen. Der nächste Test ist die Umspulfunktion: Nach Drücken der Umspultaste ganz



Bestückungsplan mit Lötbrücken auf der Platine LG12 aus: Telefon-Handbuch



links kann mit Hilfe des Rangierhebels zwischen der Aufnahme- und Wiedergabetaste die Geschwindigkeit der Wickelmotoren auf maximale Drehzahl gebracht werden. Gleichzeitig lassen sich mit diesem Test die Wickelmotortlager auf Geräusche untersuchen. Wird jetzt der Fühlhebel losgelassen, geht die Maschine in Stopp-Funktion und auch der Tonwellenmotor schaltet sich ab. Allein die Geschwindigkeitsanzeige und das Zählwerk deuten noch darauf hin, dass die Maschine eingeschaltet ist. Diese kleine Fahrplan-Beschreibung soll aufzeigen, dass die Maschine neben der analogen Elektronik für Aufnahme, Wiedergabe und Löschen noch eine Steuerelektronik für das Laufwerk enthält. Sie erhält ihre Befehle zum einen durch das Betätigen der Tasten aber auch durch mehrere kleine Magnet- und Mikroschalter an Fühlhebeln und auch den Wickeltellern. Die gesamten Befehle (Tastenbetätigungen) und Rückmeldungen (Schalter) laufen auf einer Platine zusammen, die sinnigerweise Logikplatine LG12 heißt. Diese Platine befindet sich in einem kleinen Einschubträger hinten in der Maschine. Ein Elektro-Warnpfeil auf dem Deckel deutet darauf hin, dass hier auch gefährliche Spannungen auf den Platinen sind. Es sind die Versorgungsspannungen für die Wickelmotoren.



Bandlauf vor dem Wiedergabekopf

Auf dieser Platine wimmelt es von NOR-, NAND-, OR-, und &-Gliedern in Form von ICs. Beim Lesen des Schaltplans wird man automatisch an Schaltalgebra erinnert. Hier lassen sich auch einige Laufwerksfunktionen durch Lötbrücken ‚programmieren‘. Sollte eine Maschine ‚spinnen‘, also der Bandtransport nicht richtig funktionieren; die Motoren laufen an und lassen sich nicht stoppen oder Ähnliches, kann es sein, dass ein Befehl (Tastenschalter) nicht richtig ankommt oder ein Mikroschalter verharzt

**DN-F650R**  
Professional Solid State Recorder/Player

PROFESSIONAL PLAYBACK TECHNOLOGY

DN-F650R



## Solid state performance.

...einfach speichern...einfach sicher...einfach DENON!



Der DENON DN-F650R ist ein professioneller Flash-Recorder, der Aufnahmen auf einer SD-/SDHC-Karte oder einem externen USB-Laufwerk erlaubt und für anspruchsvolle Wiedergabe- und Aufnahmeeinsätze im Bereich Broadcast, Live Sound, Theater uvm. geeignet ist.

- Aufnahmemedien USB Massenspeicher & SD/SD-HC Karte
- Aufnahmeformate WAV (bis 96 kHz Fs) & MP3 (MPEG-1 Layer III)
- Digital-IN/OUT AES/EBU (XLR) & S/P-DIF (Cinch)
- Schnittstellen seriell RS-232C - parallel/GPIO u. a. Fader-Start
- "Theater-Modus"-Wiedergabe
- RC-F400S Bedieneinheit (optional) für sofortigen "Hot Start" von 20 z. B. Jingles/Samples etc.



OPTIONAL RC-F400S



Broadcast

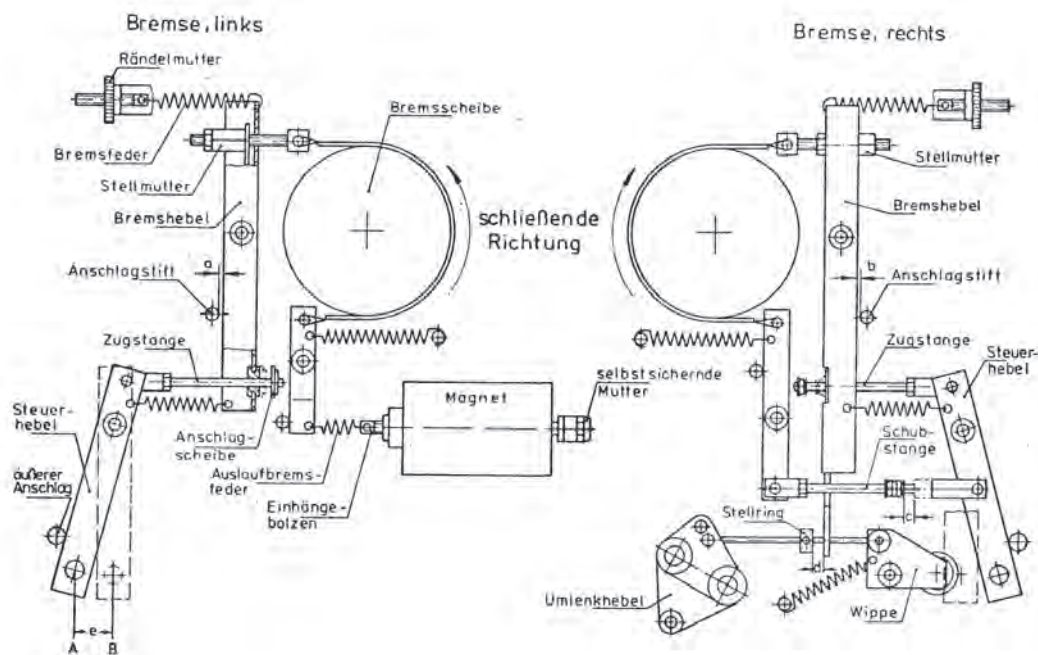


Live Sound



Theater

Weitere Informationen finden sie hier unter [www.dm-pro.eu](http://www.dm-pro.eu)



Bremsanlage der M15A aus: Telefonen-Handbuch

ist. Selten ist es ein Fehler in der Elektronik dieser Platine. Wenn es doch der Fall sein sollte, muss man sehr tief in diese Schaltung eindringen. Genauere Beschreibungen befinden sich in den Original-Handbüchern. Aus Erfahrung kann ich aber sagen, dass diese Bauteile sehr zuverlässig sind.

## Auflegen eines Bandes

Wenn diese Funktionen getestet sind, kann ein (altes, gebrauchtes) Band aufgelegt werden. Jetzt zeigt sich genauer, ob die Logik auch unter diesen Bedingungen funktioniert (Wiedergabe, Rangieren, Umspulen) und vor allem: ob die Mechanik stimmt. Es lässt sich schnell mit bloßem Auge erkennen, ob sich das Band verkantet, weil vielleicht ein Wickelteller zu hoch oder zu tief sitzt, ob sich die Justage der Bandführungen zwischen den Köpfen verstellt hat, oder ob ein Fühlhebel verbogen ist.

Beim schnellen Spulen sollte der Wickel glatt und straff genug sein. Das Abnehmen der Spule, die in der Regel als offener Wickel (Pancake, wegen der rötlichen Färbung des Magnetbandes genannt) frei über einem Aluminiumteller schwebt, sollte nicht im Chaos des Bandsalats enden. Eine Einstellung des Drehmoments für den Wickelbetrieb geschieht recht einfach mit dem Verstellen von Rändelschrauben.

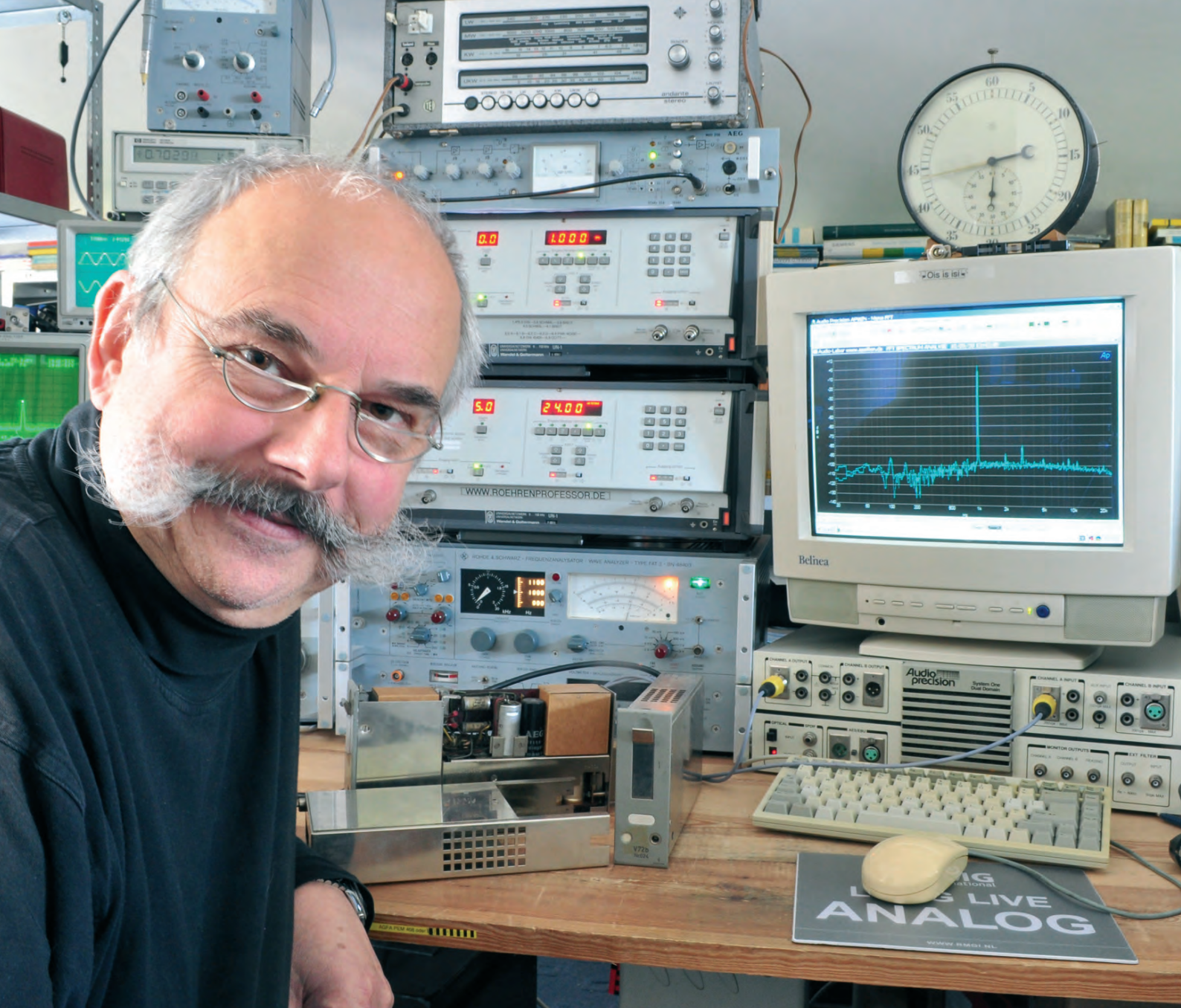
Als Höhen-Maßstab für die Bandführung bei Aufnahme und Wiedergabe dienen die Köpfe. Diese sind mit einer Toleranz von +/- 5 µm montiert. Nach diesem Maß rich-

ten sich alle mechanischen (Höhen-)Einstellungen. Mit etwas Gefühl und einem guten Auge lassen sich so die Justagen vornehmen, damit das Band, ohne sich zu verziehen, vor den Köpfen vorbeiläuft. Zur Kontrolle, wie weit die Köpfe in das vorbeilaufende Band eintauchen, kann man den Kopfspiegel mit einem Fettstift einfärben und nach Vorbeilaufenlassen eines kurzen Bandteiles den abgeriebenen Fettspiegel begutachten. Der Kopf sollte mittig in das Band eintauchen. Den Hinweis, auch wieder zum entsprechenden ‚Werkzeug‘ der Partnerin zu greifen (diesmal ist es der Lippenstift) verkneife ich mir jetzt. Das Band mit dem Fettabrieb bitte nicht mehr weiter benutzen.

## Play und Record

Jetzt steht nichts mehr einem weiteren Schritt im Wege: Das Gerät mit einem Mischpult oder einem Messgerät zu verbinden und auf Wiedergabe oder Aufnahme zu schalten. Wenn dann die ersten Töne erklingen, ist der Punkt erreicht, auf den nächsten Teil der Studiowerkstatt zu warten, denn hierin geht es um die elektrische Justage der Bandmaschine. Mit recht einfachen Mitteln lassen sich die Köpfe justieren und die Pegel einstellen. Das Gerät wird auf eine bevorzugte Bandsorte eingemessen. Einzig für die Einstellung des Wiedergabeteils wird ein Mess- oder Bezugsband benötigt, aber da kann ich wiederum helfen: Ich besitze einen Bezugskopfträger für die Bandbreite 1/4-Zoll und kann ein solches herstellen.



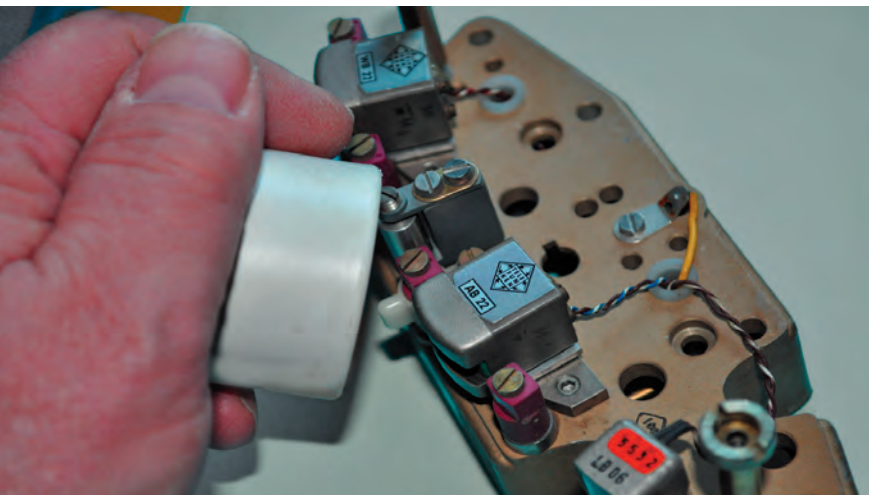


# Studiowerkstatt 7

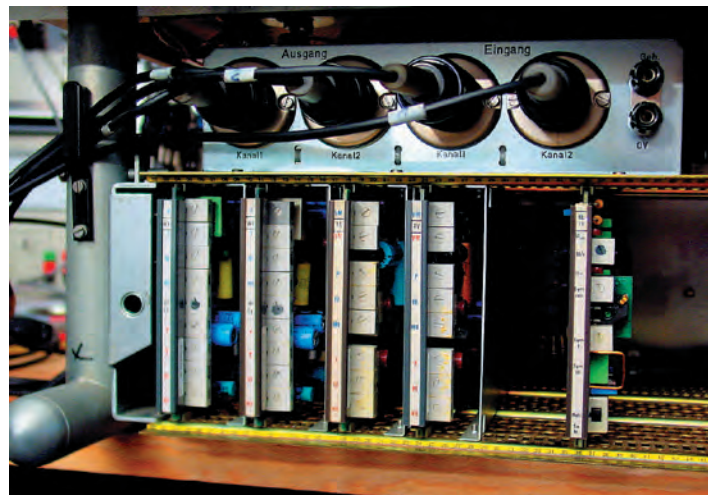
**Text & Fotos: Uli Apel Ein kleines Labor mit Oszilloskop, Aussteuerungsmesser, Tongenerator und Feinmechanikwerkzeugen**

Die Faszination, analoges Band zum Mastern zu benutzen hat nicht nur kleine Projekt-Studios erfasst, sondern sie geht mittlerweile durch die gesamte tonproduzierende Welt. Eine große Rundfunkanstalt benutzt für die Produktion von Big-Band- oder Jazz-Aufnahmen wieder eine restaurierte 2-Zoll-Telefunken M15A Mehrspurmaschine. Selbst der Ton zum Film wird – wenn auch zunächst nur sporadisch – wieder mit Perfoband oder Splitfilm ‚angelegt‘. Wer jetzt, angeregt durch die Studiowerkstatt 6 in Heft 03/11, auf den Gedanken gekommen ist, eine alte Bandmaschine mechanisch zu überholen, hat in diesem Teil die Gelegenheit, die elektrische Justage dieses Gerätes vorzunehmen. Dazu sind noch nicht einmal solche Spezialgeräte erforderlich, die früher unter großem Staunen der Zuschauer nur von absoluten Fachleuten (im weißen Kittel) bedient werden konnten.





Entmagnetisierdrossel im Einsatz



Verstärkermagazin einer M15A. Die Trimmer sind sehr gut zu erkennen und entsprechend bezeichnet

Ich werde beschreiben, dass sich mit recht einfachen Mess-Geräten die Köpfe justieren und die Pegel einstellen lassen. Das Bandgerät wird in diesem Beitrag idealerweise auf eine bevorzugte, vorhandene oder noch lieferbare Bandsorte eingemessen. Einzig für die Einstellung des Wiedergabeteils wird ein Mess- oder Bezugsband benötigt. Wenn ein solches fehlt, kann ich helfen: Ich bin im Besitz eines Bezugskopfrägers für die Bandbreite 1/4-Zoll und kann bei Bedarf eines herstellen ([www.apelton.de](http://www.apelton.de)).

## Die Einrichtung des Arbeitsplatzes

Folgende Werkzeuge werden für den Abgleich einer analogen Maschine benötigt:

- Schlitz- oder Kreuzschlitzschraubendrehersatz (1,5 - 4 mm) für die Einstellung der Trimpotentiometer für Pegel, Frequenzgang und Vormagnetisierung
- Satz kleiner Inbusschlüssel (1,5 - 5 mm) für das Taumeln der Köpfe
- Entmagnetisierdrossel
- Oszilloskop mit 2 Kanälen und entsprechenden Tastköpfen/Anschlüssen
- oder Korrelationsgradmesser
- oder Stereoskop
- Niederfrequenzgenerator als Pegelsender (20 Hz - 20 kHz bei Pegeln zwischen -30 und +10 dBu)
- Aussteuerungsmesser als Pegelmesser

## Vorbereitungen

Vor sämtlichen Arbeiten am Gerät müssen die Köpfe und sämtliche Bandführungen, die mit dem Tonband in Be-

rührung kommen, und die für den Abgleich verwendeten Werkzeuge entmagnetisiert werden! Dies geschieht mit einer Entmagnetisierdrossel, wie sie im gut sortierten Elektronikfachhandel erhältlich ist. Man kann sich aber auch eine Drossel selber herstellen. Ich habe die Spule eines Magnetventils zweckentfremdet. Der Vorteil hierbei ist, dass sich gerade Werkzeuge gut entmagnetisieren lassen, indem man sie kurz bei eingeschalteter Drossel durch das Loch zieht. Der Vorgang der Entmagnetisierung der Köpfe und Bandführungen erfolgt, wie auf dem Bild zu erkennen ist.

Wichtig bei diesen Arbeiten ist, dass das zu entmagnetisierende Gerät ausgeschaltet ist und die Drossel in mindestens einem Meter Entfernung vom Arbeitsplatz ein- und ausgeschaltet wird. Hierdurch wird verhindert, dass durch den Ausschaltimpuls in der Nähe sich befindliche Gegenstände wieder magnetisiert werden. Bei der M15A wird sogar empfohlen, den Kopfräger zum Entmagnetisieren komplett von der Maschine zu nehmen.

## Die Einmessung

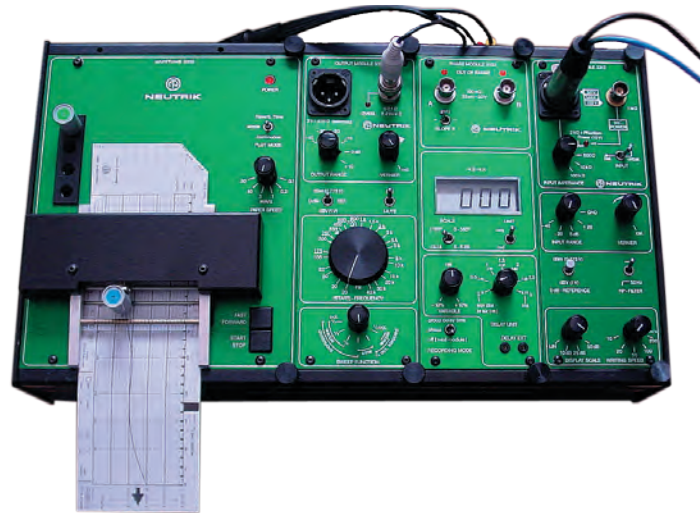
Das Vorgehen bei der elektrischen Einmessung erfolgt nach einem genau einzuhaltenden Fahrplan, denn ein Abweichen in der Reihenfolge hat unweigerlich Fehljustagen zur Folge. Durch diese Fehljustagen kann zwar nichts zerstört werden, aber es ist unmöglich, ein Gerät zur zufriedenstellenden Funktion zu bringen. Alle Einstellungen hängen unmittelbar voneinander ab. Als Demogerät möchte ich wieder die Telefunken M15A in Stereo-Version vorstellen, denn sie ist auch hier, wie bei der Beschreibung der Überholung der Mechanik, gut geeignet für eine übersichtliche Darstellung. Andere Fabrikate können genauso behandelt werden, die



Feldstärke	Pegel in dBu	Relation zum Studiostandard
1028 nWb	+12 dBu	Maximalpegel für einen Klirrfaktor von 3% bei 1000 Hz (zum Beispiel: EMTEC Studio-Master 900)
514 nWb	+6 dBu	Studionormpegel für Vollaussteuerung und Anzeige 0 dB in der Regie
320 nWb	+2 dBu	Älterer Stereopegel für 2 mm Spurbreite auf 1/4-Zoll-Band
250 nWb	+6 dBu	Ton-Pegel bei vielen Cassetten-Recordern

In Deutschland gebräuchliche Flussdichten und die zugehörigen Pegel

einzelnen Abgleichpunkte befinden sich natürlich an anderen Stellen oder werden sogar (bei Studer zum Beispiel) über +/- Tipptasten elektronisch eingestellt. Da jetzt sämtliche Teile und Werkzeuge, die mit einem Band oder den Köpfen in Berührung kommen können, entmagnetisiert sind, kann das Gerät eingeschaltet werden. Die Ausgänge der Maschine werden mit einem Studio-Pegelmesser und einem Korrelator oder Stereoskop verbunden. Sollte letzteres nicht vorhanden sein, werden die beiden Eingangs-Kanäle des Oszilloskops mit den Ausgängen der Maschine verbunden. Für eine Einmessung des gesamten Gerätes ist es zunächst wichtig, dass der Wiedergabeteil richtig eingestellt wird. Von dieser Einstellung hängt es ab, mit welchem Pegel und Arbeitspunkt das aufzunehmende Band magnetisiert werden soll. Da auf Ton-Bändern selbst nur ein wechselnder magnetischer Fluss, aber keine Pegel existieren, so wie man es aus der Studioteknik gewohnt ist, bedarf es einer kleinen Aufstellung, aus der eine Beziehung zwischen diesen Größen hervorgeht. In der nachfolgenden Tabelle sind die in Deutschland verwendeten Flussdichten und die zugehörigen (Funkhaus-) Pegel aufgeführt. Die meisten älteren heute noch verwendeten Bezugsbänder besitzen neben dem Pegelanteil und dem Teil zur Spalteinstellung auch noch diverse Einzelfrequenzbänder oder Aufzeichnungen mit gleitendem Sinus, deren Zeitablauf an ältere Frequenzgangschreiber angepasst ist. So lassen sich hiermit Brüel & Kjaer- oder Neutrik-Schreiber synchronisieren. Bezugsbänder werden jeweils nur für eine einzige Band-Geschwindigkeit hergestellt. Blaues Vorspannband hat das Bezugsband für 19 cm/sec. und Rot ist die Farbe für die Bandgeschwindigkeit 38 cm/sec. Diese Farben finden sich auch meist an



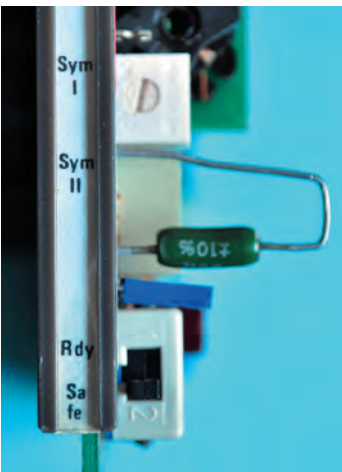
Der klassische analoge Neutrik-Frequenzgangschreiber

den entsprechenden Trimmern für den Geräteabgleich. Die meisten Bezugsbänder – auch solche mit einer Breite von bis zu 2-Zoll – sind in Vollspur aufgezeichnet. Ausnahmen bilden einige 1/4-Zoll-Stereo-Bezugsbänder von BASF. Hier noch der Hinweis: Die Bandsorte (oder die Typenbezeichnung) und der Hersteller des Bezugsbandes sind völlig egal, nur die aufgezeichnete Flussdichte ist maßgebend.

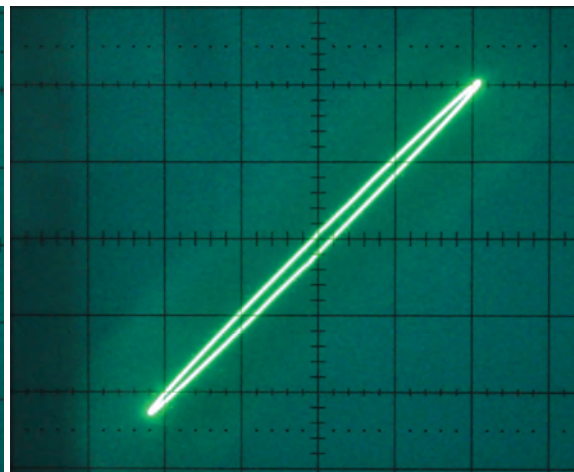
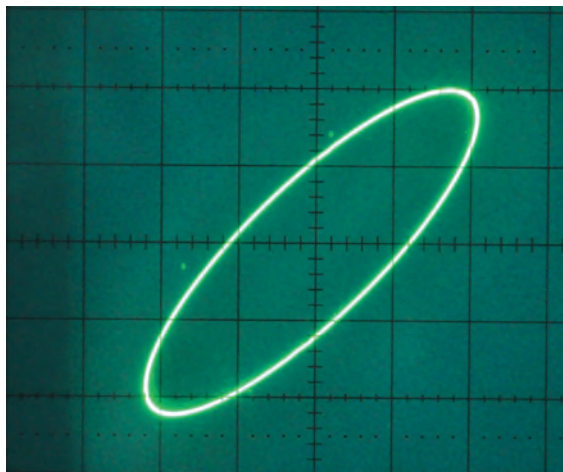
Der Pegelanteil bei Studio-Bezugsbändern ist mit einer Frequenz von 1000 Hz bei einem magnetischen Fluss von meist 514 nWb aufgezeichnet. Die Größe nWb bedeutet ‚Nanoweber‘ und wurde nach Wilhelm Eduard Weber zu dessen Ehren benannt. Bis zu den 50er Jahren des vergangenen Jahrhunderts gab es auch noch die Bezeichnung Milli-Maxwell, denn auch Herr Maxwell hatte etwas mit Magnetismus zu tun. Natürlich gab es später auch die entsprechende Umrechnung Milli-Maxwell in Nanoweber. Für uns Tonleute ist es tröstlich, dass sich die Flussdichten verhalten, wie die Spannungspiegel: Eine Verdoppelung des Nanoweber-Wertes bedeutet eine Zunahme des Pegels um 6 dB.

## Das Maßband aller Dinge zur Einstellung des Wiedergabeteils

Das Auflegen des Bezugsbandes geschieht intuitiv mit einer gewissen Sorgfalt, denn es ist das einzige Messnormal, von dem alles weitere Vorgehen direkt abhängt. Wer sehr sicher gehen will, dass keine versehentliche Löschung des Bandes passiert, kann den kleinen Schalter auf der Löschkgenerator-Platine (M15A) auf ‚SAFE‘ schalten.



SAFE-Schalter



Lissajous-Figuren: Links Phasenfehler, rechts sehr gute Phasengleichheit

Die Maschine lässt sich jetzt nicht mehr auf ‚Aufnahme‘ schalten. Bei der Wiedergabe des Pegelnteils vom Messband hat man schon die erste Möglichkeit, grob den Pegel und die Phase zwischen den Kanälen zu kontrollieren. Sollte man nicht sicher sein, ob der Wiedergabe-Kopf senkrecht steht, kann man die Taumelschraube des Wiedergabekopfes hin- und herdrehen. Dabei ist die Amplitude des Signals zu beachten: Maximumabgleich ist hier nötig. Der Korrelationsgradmesser sollte auf ‚+1‘ stehen bleiben, das auf ‚x-y‘-Betrieb geschaltete Oszilloskop sollte eine Lissajous-Figur in Form eines Striches zeigen. (Foto 2+3)

Diese Einstellung ist bei der niedrigen Frequenz recht grob. Wenn das Maximum gefunden ist, lässt sich mit dem Pegelsteller im Wiedergabeteil der Maschine der – vorläufig – richtige Ausgangspegel einstellen. Bei 514 nWb Flussdichte auf dem Band und der Verwendung eines Aussteuerungsmessers aus dem Studio werden hier genau 0 dB eingestellt. Dies entspricht einem Pegel von +6 dBu.

Für die Feinjustage des Wiedergabe-Kopfes gibt es den nächsten Teil auf unserem Bezugsband: den Teil zur Spalteinstellung. Hier ist – meist mit einem um 10 dB abgesenkten Pegel – eine Frequenz von 10 kHz aufgezeichnet. Eine Taumbewegung des Kopfes hat jetzt erheblich größere Auswirkung und er kann demzufolge feiner eingestellt werden. Achtung: Je nach Geräteaufbau und Taumbereich besteht hier die Gefahr, dass man die Phase über 180° hinauschiebt. Es wird wieder 0° oder Korrelation ‚+1‘ angezeigt, aber man hat zwischen der oberen (linker Kanal) und unteren Spur (rechter Kanal) genau diese Phasenverschiebung. Sie gilt dann aber nur für die Frequenz 10 kHz. Beim Abspielen

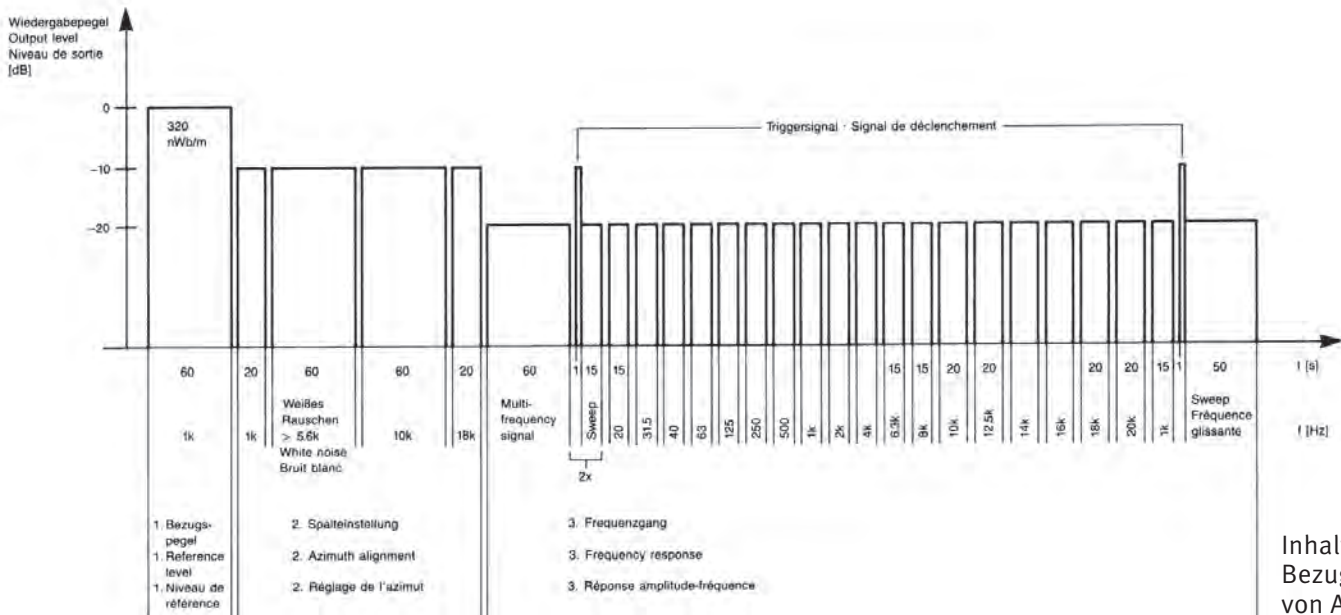
einer anderen Frequenz, zum Beispiel aus dem Frequenzgangteil, wird dies schnell deutlich. Der Pegel der Aufzeichnung geht ebenfalls zurück. Das weitere Vorgehen betrifft die Entzerrungseinstellung des Wiedergabeteils. In der Regel reicht es, wenn die sogenannten Eckfrequenzen, also die Frequenzen in der Nähe des unteren und oberen Endes des jeweiligen Übertragungsbereiches der Maschine abgeglichen werden. Zu beachten ist, dass diese Einzelfrequenzen meist mit einem Pegel 20 dB unter dem Bezugspegel (statt 514 nWb also mit 51,4 nWb) aufgezeichnet sind. (Foto 4)

Sehr elegant haben es einige Hersteller von Bandmaschinen gelöst, indem sie für die Tiefen und die Höhen verschiedene Abgleich-Einsteller vorgesehen haben (siehe Foto vom Verstärkermagazin der M15A). Hier sind getrennte Trimmer für Höhen I und Höhen II zu erkennen. So kann mit Hilfe der entsprechenden Frequenzgangteile des Bezugsbandes der Wiedergabefrequenzgang gut linearisiert werden. Hier ist ein wenig Probieren angesagt, denn diese Einstellungen hängen auch von der Wiedergabegeschwindigkeit ab. Zum Abschluss des gesamten Wiedergabe-Abgleichs das Band noch einmal komplett abspielen unter Beobachtung des Pegelmessers und des Oszilloskops oder des Korrelationsmessers. Gegebenenfalls leicht mit den entsprechenden Stellern nachjustieren. Jetzt ist die Maschine wiedergabeseitig abgeglichen.

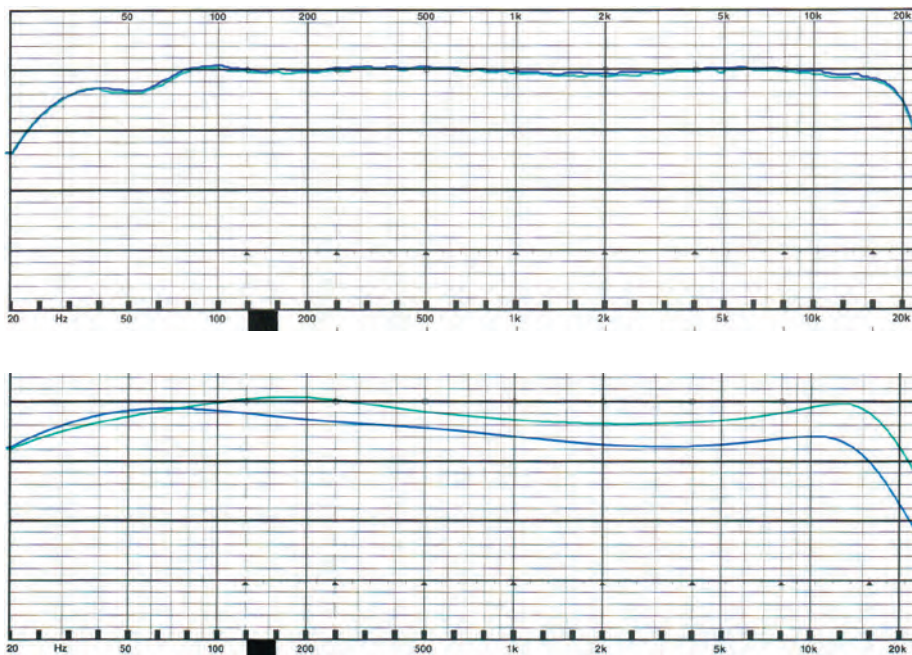
## Der Abgleich des Aufnahmeteils

Nun das Bezugsband vorsichtig zurückspulen, abnehmen und wieder gut verpacken. Nicht in die Nähe von Magnetfeldern oder gar auf einen Lautsprecher legen. Leerband auflegen, auf das die Maschine eingemessen wer-



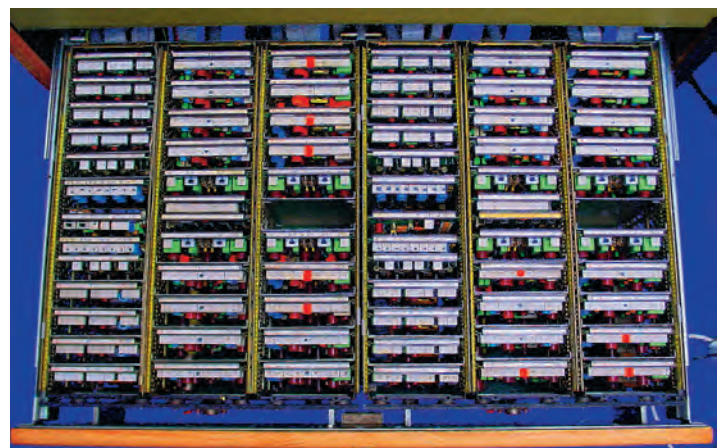


Inhalt eines DIN-Bezugsbandes von AGFA

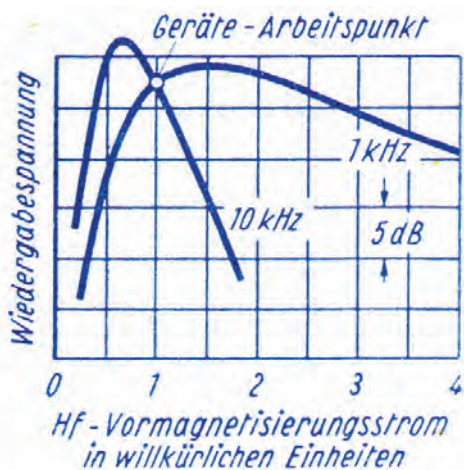


Frequenzgangschrieb einer M15A (oben) und – zum Vergleich: Schrieb des Bandgerätesimulators Neve Portico 5042 TAPE FX (unten)

den soll und der Abgleich der Aufnahmesektion der Maschine kann beginnen. SAFE-Schalter wieder auf ‚READY‘ stellen und die Eingänge des Geräts mit dem NF-Generator verbinden. Sinnvollerweise die Trimmer in der Wiedergabesektion mit Klebeband oder einem kleinen Lacktropfen sichern (Schminkkästchen: Nagellack) – man ist schnell mit dem Schraubendreher im falschen Schlitz gelandet. Wenn man dreht und sich nichts tut, hat man verloren. Dies gilt besonders für Mehrspurmaschinen. Der Abgleich des Aufnahmeteils der Maschine ist dem des Wiedergabeteils sehr ähnlich, bis auf eine Analogband-typische Besonderheit: Mit Hilfe der Vormagnetisierung muss der Arbeitspunkt für Aufnahmen auf das

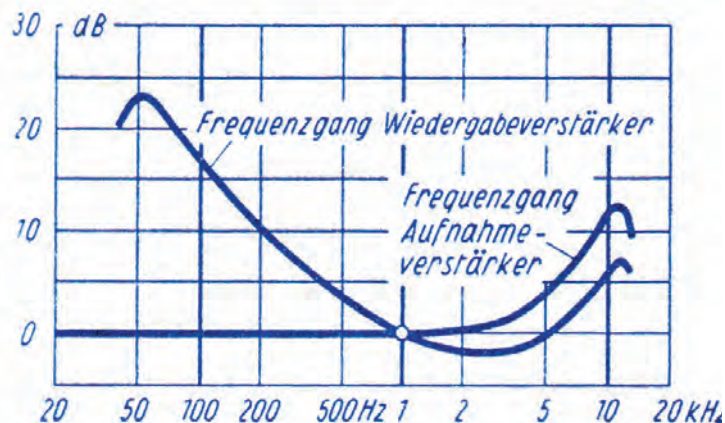


Verstärkermagazin einer M15A Mehrspurmaschine



Beispiel für die Einstellung der Vormagnetisierung (Telefunken Laborbuch)

entsprechende Band festgelegt werden. Hier unterscheidet sich der Abgleichvorgang im Wesentlichen. Doch dazu später mehr. Zunächst wird die Spalteinstellung des Aufnahmekopfes justiert. Am NF-Generator einen Pegel von circa -14 dBu bei einer Frequenz von etwa 10 kHz einstellen. Das Gerät auf Aufnahme schalten und unter Beobachtung der Lissajous-Figur oder des Korrelationsgradmessers den Aufnahmekopf senkrecht stellen. Als Messnormal dient uns der Wiedergabekopf, denn der ist ja nach Bezugsband eingestellt. Nach dieser Einstellung besteht die Möglichkeit, das erste Mal den Aufnahmepegel an der Maschine einzustellen: NF-Generator auf gewünschten Pegel – zum Beispiel +6 dBu – bei einer Frequenz von 1 kHz einstellen. Mit Hilfe der Aufnahme-Pegel-Trimmer am Ausgang der Maschine +6 dBu einstellen. Mit dieser Einstellung wird das Band auf der Maschine mit 514 nWb magnetisiert. Als nächstes erfolgt die Einstellung der Vormagnetisierung. Diese legt den Arbeitspunkt fest, mit dem die Maschine mit minimalem Klirren einen maximalen magnetischen Fluss auf das Band aufzeichnen kann. Diese Einstellung ist für jedes Band (Typ und Hersteller) verschieden. Die Maschine ist mit dieser Einstellung ‚auf das Band XYZ eingemessen‘. Bei manchen Geräten (Studer, Otari) sind zwei verschiedene Einstellungen speicherbar, sodass durch Umschalten auf zwei unterschiedlichen Bandsorten aufgenommen werden kann. Neigung und Krümmungen der magnetischen Arbeitskennlinie des Bandes hängen von der Vormagnetisierung ab. Jeder Hersteller liefert mit seinen Bändern immer auch die technischen Daten dieses, seines Bandes ab. Hieraus ist die Einstellung der Vormagnetisierung direkt ersichtlich. Bei Fehlen dieser Information gibt es Faustwerte nach denen eingestellt werden kann. Das Vorgehen dabei ist immer das Gleiche:



Frequenzgänge der Aufnahme- und Wiedergabeverstärker (Telefunken Laborbuch)

Das Gerät wird auf Aufnahme geschaltet, es wird ein Ton von 10 kHz bei einem Pegel von circa -15 dBu eingespeist. Jetzt wird unter Drehen am entsprechenden Vormagnetisierungs-Trimmer am Pegelmessers ein Maximum gesucht. Dann wird dieser Trimmer nach rechts weitergedreht und unter Beobachtung des Pegelmessers die Vormagnetisierung soweit erhöht, bis der Pegel gegenüber dem Maximum um 2 dB (für die Geschwindigkeit 38 cm/sec.) oder um 3 dB (für 19 cm/sec.) abgefallen ist. Diese ist für jeden Kanal einzustellen. Hier bitte nicht versuchen, bei beiden Kanälen den gleichen Pegel einzustellen. Die Stellung der Trimmer und damit der Pegel für die Vormagnetisierung kann sehr unterschiedlich sein. Wie aus der Zeichnung ersichtlich, beeinflusst diese Einstellung auch den Pegel bei 1 kHz. Daher jetzt noch einmal 1 kHz einspeisen, wiederholt +6 dBu einstellen und mit dem Pegelsteller auf der Aufnahmeplatte +6 dBu am Ausgang abgleichen. Zur Einstellung des Aufnahme-Frequenzganges den NF-Generator auf 10 kHz bei einem Pegel von -14 dBu einstellen und mit dem entsprechenden Trimmer (Höhen) den Ausgangspegel auf ebenfalls -14 dBu oder -20 dBu einstellen. Wichtig ist, die Linearisierung des Frequenzganges immer mit einem Pegel 20 dB unter dem Pegel der Vollaussteuerung vorzunehmen. Der Grund hierfür ist die gekrümmte Kennlinie des Aufnahmeverstärkers: bei hohen Frequenzen als Dauerton würde dieser übersteuert. Eine weitere Linearisierung des Frequenzganges ist nun möglich durch die Aufzeichnung verschiedener Frequenzen unter Beobachtung des Aussteuerungs- oder Pegelmessers und dem Abgleich der Höhentrimmer. Mit einiger Übung kann so auch bei älteren Maschinen ein recht linearer Aufnahme-Frequenzgang innerhalb eines Toleranzfeldes erreicht werden.



## Und – wie klingt es?

Wer bis hierher die Studiowerkstatt-Beiträge verfolgt hat, hat nun auch die Gelegenheit, einmal hineinzuhören und herauszufinden, ob sich die gute alte analoge Technik hinter den digitalen Errungenschaften der Tonstudio-Kunst verstecken muss. Holger Siedler vom THS-Studio, die Bauer-Studios in Ludwigsburg und ich haben

für Sie ein paar Kostproben auf der Internetseite des Studio-Magazins zusammengestellt, mit denen Sie unmittelbar zwischen verschiedenen Geräten und Verfahren umschalten und vergleichen können.

In der nächsten Studiowerkstatt werde ich verschiedene analoge Messgeräte für die Restaurierung klassischer Technik und Tipps zu deren Kalibrierung und Verwendung vorstellen.

## + + THS-MEDIEN + + + THS-MEDIEN + + + THS-MEDIEN + +

Als ich Uli Apels Magazin-Beiträge aufmerksam verfolgte, dachte ich darüber nach, wie man den Lesern des Studio Magazins akustische Beispiele einer analogen audiophilen Aufnahme zu Gehör bringen könnte, vielleicht sogar mit einer Prise V-72 Sound, dessen Klangverhalten eher durch die hervorragenden Übertrager und das Schaltungskonzept entsteht – und nicht allein durch die Röhre – oder wie ein gesättigter Telefunken Senkel nach der optimalen Einmessung denn nun tatsächlich klingt.

Nur - wer produziert heutzutage tatsächlich rein analog? Was nützt es, ein 16 Bit 44.1 kHz PCM Signal über eine M15A zu schicken? Zumal dafür eh zweimal gewandelt werden muss. Sicher macht es mehr Sinn – wenn man in Richtung analoges Mastering ernsthaft nachdenkt – dann komplett mit 96 kHz/24 Bit zu produzieren.

Auf der Suche nach solch einer audiophilen nostalgisch geprägten Aufnahme, die uns als Beispiel für Uli's Vintage Messlabor (wie klingt denn nun ein V72?) dienen könnte, erinnerte ich mich, dass mir die Chefin der Bauer-Studios Eva Bauer-Oppelland auf der TMT26 eine 180 Gramm Vinyl LP in die Hand drückte und meinte: „...desch kannscht moil in deinem Ü2'le denä Audiophilää vorspiele“.

2008 produzierte das Olivia Trummer Jazztrio (featuring Matthias Schriefl) in den Bauer-Studios Ludwigsburg die CD Produktion ‚Westwind‘ (Studio Magazin berichtete darüber in der September-Ausgabe 2008, Abonnenten können diesen Beitrag im Leser-Account-Bereich herunterladen, falls die Ausgabe nicht mehr vorliegt). Es mag anachronistisch erscheinen, sich auf traditionelle Analogtechnik zurückzubedenken, um den unvergleichlichen Charme einer durch und durch analogen Produktion aufleben zu lassen. In den Bauer-Studios genießt man jedoch den Luxus aller erforderlichen Bandmaschinen, des analogen Neve-Mischpults und der analogen Peripherie – und so wurde diese Produktion des Olivia Trummer Trios parallel zu der eigentlich geplanten digitalen Produktion mit der Pyramix Workstation auch analog auf einer Studer A 80 MKII

24-Spur (2 Zoll/76 cm/s) mitgeschnitten, auf einer A 820 gemastert und bei der Mikrofonierung mit edlen haus-eigenen Schätzen wie Neumann U54a, U67, U47 abgenommen.

Ich finde, dies ist eine ideale Vorlage für einen Hör- und Vergleichstest ‚Vintage analog‘ und was davon digital noch erhalten bleibt. Die Bauer Studios überspielten einen von mir favorisierten Titel (ICE) vom analogen 76er Mastertape auf 44.1 kHz/24 Bit per Internetserver (aus Gründen der Datenmenge). Uli besuchte mich in meinem Masteringstudio – und wir fanden folgenden Klangvergleich spannend:

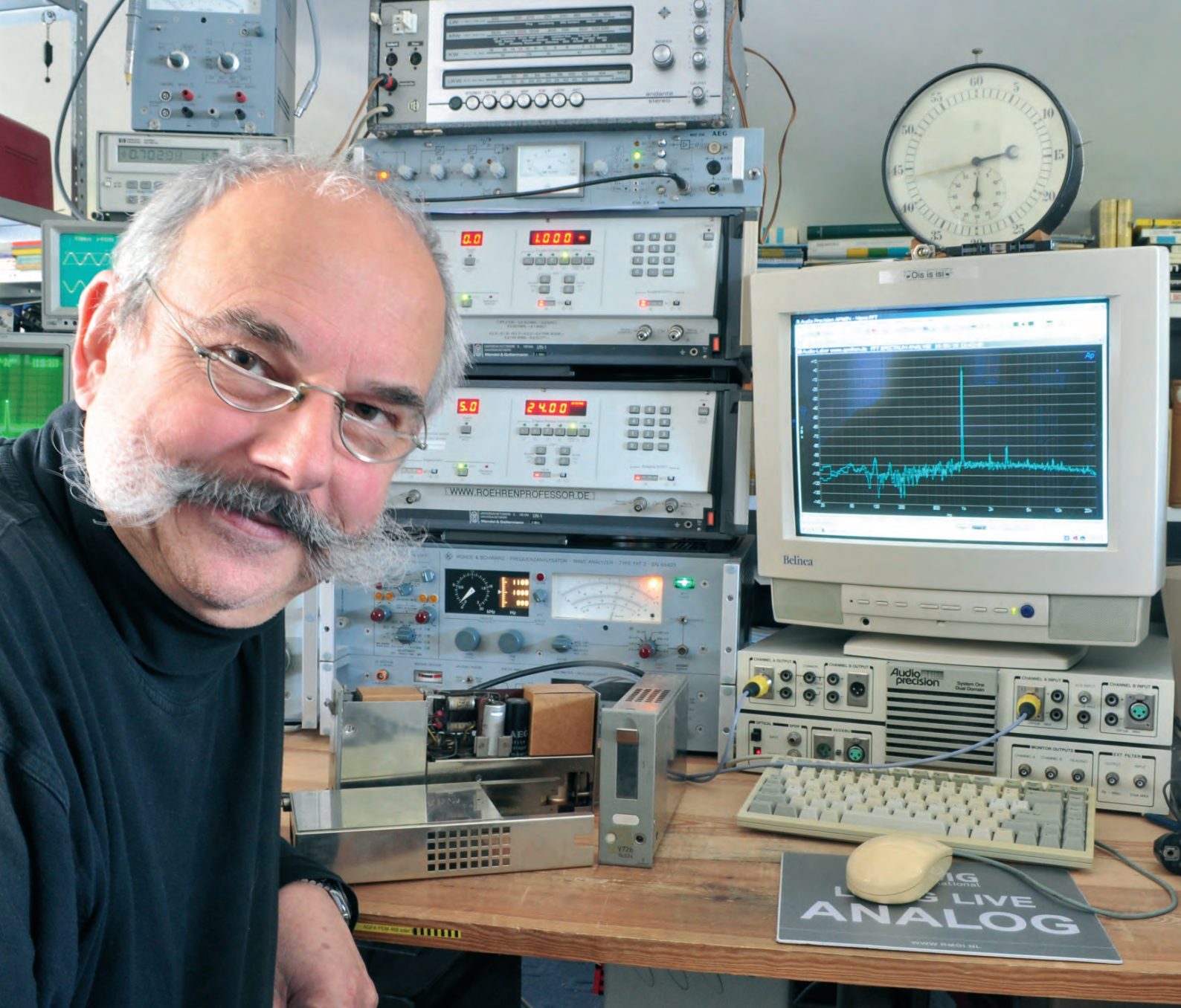
1. Original Masterversion des analogen LP-Masters (Studer A 820/76 cm/s Stereo)
2. Gleiche Version auf Telefunken M15 mit 19 cm/s
3. Gleiche Version auf Telefunken M15 mit 38 cm/s
4. Studer A 820 Master mit V72 (als Lineverstärker)
5. Studer A 820 Master – als CD 16 Bit ‚gebouncet‘
6. Studer A 820 Master mit anschließendem CD-Mastering in meinem Studio (Drawmer S3, SPL-Passeq, SPL Vitalizer)



Die Klangbeispiele 1 bis 4 blieben auch nach der Bearbeitung im 44.1 kHz/24 Bit Modus. Die Klangbeispiele 5 und 6 sollen beispielhaft zeigen, wie aktuelles analoges Equipment im heute üblichen CD-Mastering klingen kann. Sie können die Hörproben auf der Studio Magazin Website in der Rubrik ‚Pro-Audio-Radio‘ entsprechend herunterladen.

Ein herzlicher Dank an die Bauer Studio, Eva Bauer-Oppelland und den Tonmeister der Produktion Philipp Heck für die ‚Amtshilfe‘, uns einen reinrassigen analogen Tonträger zur Verfügung zu stellen. Wer mehr Lust auf diese audiophile LP bekommt, kann diese direkt unter [www.bauerstudios.de](http://www.bauerstudios.de) beziehen.

**Holger Siedler, THS-Medien, Dormagen**



# Studiowerkstatt 8

Text & Fotos: Uli Apel

Ein Blick in die Welt der analogen Messtechnik

Diese Studiowerkstatt ist als entspannende Sommerlektüre gedacht, denn es geht dieses Mal nicht um die Restaurierung klassischer Geräte, sondern dieser Beitrag soll dazu dienen, mit einigen Beschreibungen, Anmerkungen und Tipps für Sie die Welt der analogen Messtechnik (wieder) zu öffnen. Analoge Klassiker aus dem Studio kann man selbstverständlich mit Audio-Precision, Prism Sound, Digi-Scope oder NTI ausmessen, einstellen, überprüfen und restaurieren – aber es geht auch stilvoll mit Zeigern statt Zahlen und Schwebung statt Schritten. Für die Restaurierung älterer Studiogeräte kann man sich ohne weiteres der damals gebräuchlichen Messtechnik bedienen, denn bei genauem Hinsehen, ist diese absolut betrachtet nicht viel ungenauer oder begrenzter in ihren Möglichkeiten, als so mancher digitale Nachfolger. Ganz im Gegenteil: Der Abgleich einer Bandmaschine lässt sich mit einem Zeigerinstrument viel besser verfolgen, als mit flitzenden Zahlen. Man dreht ja schließlich an analogen Potis, statt mit Tipptasten diskrete Werte einzugeben. Und: auch mit analogen Instrumenten lassen sich Pegel-Werte von  $-100\text{dBu}$  oder Spannungen im Bereich von einigen Mikro-Volt recht genau messen. Der einzige Unterschied zur heutigen Technik: Es hilft keine Software, die auf einen eventuellen Messfehler aufmerksam macht. Es gibt keine Sicherung gegen Überlastung der teilweise auch heute noch sehr wertvollen Messgeräte.





Das hier abgebildete Gerät stammt von Rohde & Schwarz aus dem Jahre 1964. Die Röhren des fünfstufigen Verstärkers – siehe Foto der Innenansicht – sind eng tolerierte, selektierte Typen EF 804.

## Messtechnik für Röhrengeräte

Hier begegnen sich zwei völlig ebenbürtige Welten: Alle Messgeräte zur Überprüfung, Reparatur und zum Abgleich von Röhrenverstärkern weisen im Grunde genau deren Eigenschaften und auch Bauteile auf, nur mit dem Unterschied, dass Toleranzen, elektrische Stabilität und auch der mechanische Aufbau, besonders hinsichtlich der Schirmung gegen äußere (elektrische) Einflüsse, teilweise um bis zu zwei Zehnerpotenzen präziser sind. Wenn man sich den Aufbau genauer anschaut, erkennt man an entscheidenden Stellen Maßnahmen zur Korrektur des Frequenzgangs oder zur Stabilisierung des Pegels mit Bauteilen, die heute fast vergessen sind, werden sie doch in moder-



UVN Innenansicht

nen Geräten meist durch eine Software ersetzt. Beim Vergleich solcher Mess-Geräte mit heutiger Messtechnik bin ich immer wieder überrascht und durchaus fasziniert, wie genau und zuverlässig diese arbeiten, obwohl sie manchmal bis zu 50 Jahre alt sind. Hier einige Beispiele...

## Röhrenvoltmeter

Das Röhrenvoltmeter für Wechselspannung oder Tonfrequenzen, wie es früher genannt wurde, ist nichts anderes als ein hochklassiger Röhrenverstärker mit einer recht aufwendig angesteuerten analogen Anzeige. Statt des Lautstärkestellers gibt es einen Spannungsteiler, der für die Einhaltung hochgenauer Schritte sehr eng tolerierte Widerstände besitzt.

Der empfindlichste Messbereich hat einen Vollausschlag von 1 mV, die kleinste ablesbare Spannung beträgt 20  $\mu$ V. Die größte

anzulegende Spannung ist 300 Volt. Das Gerät lässt sich symmetrisch und unsymmetrisch betreiben. Der Frequenzbereich der zu messenden Spannung erstreckt sich von 10 Hz bis 100 kHz. Außerdem besitzt es einen direkten Ausgang, an dem sich die verstärkte Niederfrequenz für weitere Untersuchungen entnehmen lässt. Dadurch kann es zum Beispiel als Niederfrequenzverstärker verwendet werden. Das Besondere an Geräten dieser Klasse: Sie besitzen in der Regel einen sehr aufwendig aufgebauten, integrierten Eichgenerator, der durch Betätigung bestimmter Tasten aktiviert werden kann, und eine schnelle Überprüfung des Gesamtgerätes erlaubt. Die Bauteile dieses Generators sind so selektiert, dass sie quasi keinem Verschleiß unterliegen.

## Röhrengenerator

Zur Untersuchung und zum Abgleich von Verstärkern oder Bandgeräten ist es unbedingt notwendig, dass man in seiner Studio-Werkstatt über einen Generator verfügt, der auf der einen Seite einen sehr weiten Frequenzbereich überstreicht, auf der anderen Seite aber sehr genaue und verlässliche Pegel abgeben kann. Die absolute Genauigkeit einer Frequenz ist in der analogen Technik nicht so wichtig wie die Konstanz eines abgegebenen Pegels. Daher wird auch hierfür recht hoher Aufwand getrieben und ich kann aus meiner Erfahrung mit alten Messgeräten sagen:



SRB

Die Pegelgenauigkeit dieser Geräte ist auch heute noch sehr hoch. Als Beispiel führe ich den Rohde & Schwarz SRB an, einen RC-Generator mit einem Frequenzbereich von 10 Hz bis 1 MHz in fünf Teilbereichen und einstellbaren Pegeln von -60dBu bis +10dBu.

Die Frequenz wird über eine große Rundskala eingestellt, der Zeiger ist doppelt ausgelegt zur parallaxfreien Ablesung, der Pegel wird intern gemessen, abgelesen an einem Zeigerinstrument und ausgegeben an einer speziell abgeschirmten Buchse. Für überschlägige Untersuchungen kann auch eine Ausgangsspannung von bis zu 30 Volt ausgegeben werden. Das Besondere an diesem Gerät ist die große spektrale Reinheit der abgegebenen sinusförmigen Frequenz. Die Klirrdämpfung ist größer als 80 dB



Rohde & Schwarz NGU

(0,01 %). Der Nachteil ist: es kann nicht der gesamte Audio-Frequenzbereich (20 Hz bis 20 kHz) zusammenhängend überstrichen werden, es sind dazu vier getrennte Bereiche notwendig. Das Gerät verfügt über eine Gegenakt-Endstufe mit extrem aufwendig gewickeltem Übertrager. Für das Überstreichen eines gesamten Audio-Spektrums in einem Bereich ist ein sogenannter ‚Schwebungssummer‘ nötig. In diesem werden zwei recht hohe Frequenzen – meist 100 kHz und 120 kHz – erzeugt. Letztere ist im Bereich 100 bis 120 kHz durchstimmbare. Über einen Mischer erhält man den Bereich 0 Hz bis 20 kHz durch Schwebungen. Nachteil: die hierbei entstehenden Verzerrungen sind nicht zu vernachlässigen. Diese Geräte dienen in der Regel zur Registrierung des Frequenzgangs als Schrieb (siehe Abbildung des Neutrik-Frequenzgangschreibers auf Seite 35 in Heft 04/11).

## Röhrenstromversorgung

Auch hier gilt: Genauigkeit, Konstanz und Zuverlässigkeit. Zum Betreiben von Verstärkern steht nicht immer ein eingebautes Netzteil zur Verfügung. Viele Geräte der Tonstudioteknik sind als Kassette aufgebaut und werden aus einer großen gemeinsamen Stromversorgung gespeist. Wenn diese fehlt, muss für die Reparatur eine Spannungsquelle für die Versorgungsspannungen zur Verfügung stehen. Bei Röhrengeräten sind es immer mindestens zwei Spannungen, die benötigt werden: Die Heizspannung und die Anodenspannung. Bei entsprechenden Labor-Netzteil-

Beide Geräte arbeiten mit einer EL 34 als Längsröhre und einem Glimmstreckstabilisator 85A2 als Bezugsnorm.



Philips PE 4826



len ist meist die Anodenspannung in weiten Grenzen (0 bis 350 Volt) einstellbar und sehr gut stabilisiert – natürlich mit Röhren. Die Strombelastbarkeit liegt zwischen 100 und 150 mA. Spannungsschwankungen des Versorgungsnetzes oder Lastschwankungen an den Ausgangsklemmen werden in der Regel auf einige Milli-Volt ausgeglichen. Auch hier gilt: Halbleiter und passive Komponenten vom Feinsten – hochselektiert, HF-dicht, tropenfest und temperaturstabil. Letzteres ist gerade für diese Messgeräte sehr wichtig, denn die Temperaturdrift von Halbleitern ist systembedingt. Die analoge Anzeige ist bei diesen Geräten ebenfalls die wichtigste ‚Schnittstelle‘ zwischen Mensch und Maschine. Die Skalen sind meist in Volt und dB geeicht.

## Transistorvoltmeter

Durch die Verwendung von Feldeffekttransistoren können hochohmige Voltmeter gebaut werden. Die Notwendigkeit, sehr hohe Spannungen zu messen, ist nicht mehr gegeben, dafür muss für den Rauschabstand tiefer in die Schaltungstechnik eingedrungen werden. Ein klassisches Gerät für Pegelmessungen ist der Siemens Geräuschspannungsmesser – auch bekannt unter dem Begriff ‚Psophometer‘. Sein Messbereich erstreckt sich von -110 dBu bis +30 dBu. Er verfügt ebenfalls über einen Verstärkerausgang zur Beobachtung der Kurvenform auf einem Oszilloskop. Zusätzlich besitzt das Gerät noch entsprechende Filter – daher der Name ‚Geräuschspannungsmesser‘. Breitbandig eingestellt hat es einen Frequenzbereich von 10 Hz bis 200 kHz. Es verfügt über einen symmetrischen Eingang mit verschiedenen umschaltbaren Impedanzen. Ein weiteres besonderes Gerät ist das Grundig-Millivoltmeter mit eingebautem Oszilloskop. Es verfügt über ein großes Messinstrument, geeicht in dBu, dBV und Volt. Die Watt-Anzeige erlaubt die direkte Ablesung der Leistung von Endverstärkern, wenn diese mit entsprechendem Wi-



Grundig MV5-0

derstand abgeschlossen sind. Die Firma Grundig hat sich schon recht früh mit der Entwicklung und Herstellung von Messgeräten befasst. Hervorgegangen sind recht gute Röhrevoltmeter, aber auch HF-Generatoren für die Tuner-Reparatur und gute Oszilloskope. Es gab sogar einen eigenen Geschäftsbereich für industrielle Messtechnik.

## ‚Pegelsender‘ mit Halbleitern

Dieser Name taucht immer öfter in Verbindung mit Generatoren auf. Das Besondere: Es können leichter Rechteck- oder Sägezahngeneratoren realisiert werden, denn diese lassen sich auch für die – mittlerweile aufkommende – Digitaltechnik verwenden. Hier kommen bereits numerische Anzeigen für die Frequenzeinstellung zum Einsatz – es werden Wobbeleinrichtungen zur leichteren Frequenzgangkontrolle realisiert.

## Der NF-Messkoffer

Ein ganz besonderes Messgerät möchte ich Ihnen nicht vorenthalten: Das PMG 2 von Wandel und Goltermann. Es handelt sich um ein echtes ‚Vielfachmessgerät‘, mit des-



Siemens Psophometer



Eichinstrument

sen Hilfe sich (fast) alle Audio-Messaufgaben lösen lassen. Es verfügt über einen eingebauten Generator mit digitaler Frequenzanzeige, die auch gleich zur Messung von unbekannt Frequenzen benutzt werden und einen Pegelmesser, der an viele Impedanzen angepasst werden kann. Mit ihm lassen sich Scheinwiderstände und Geräuschspannungen messen. Die zu messenden Signale lassen sich über einen eingebauten Lautsprecher abhören. Das Gerät kann sogar autark mit einem Akku betrieben werden.

## Kalibrierung

Das ‚Abgleichen‘ oder die ‚Kalibrierung‘ der Messgeräte geschieht in der Regel mit Messnormalien, die recht selten benutzt werden, meist in einem besonderen Schrank gelagert werden und stets eine besondere Sorgfalt erfordern. Ein solches Instrument zeigt das Foto.

Es handelt sich um ein klassisches Zeigerinstrument der Genauigkeitsklasse 1 – hier zum exakten Messen von Wechselspannungen. Der Frequenzbereich geht von 10 Hz



Wandel PMG2

bis 10 kHz. Es ist direkt anzeigend, ohne Elektronik und kann von außen nicht verstellt werden.

Zu meinem Fundus gehören neben Feinmessinstrumenten ebenfalls Kapazitäts- und Widerstandsnormalien. Analoge Messgeräte sind heute nicht sehr teuer, da viele Firmen im Zuge der Modernisierung solche Geräte entsorgen. Mit etwas Glück bekommt man ohne Probleme Präzisionstechnik vom Feinsten für einen Bruchteil des damaligen Wertes.

## Die nächste Studiowerkstatt

An dieser Stelle möchte ich mich einmal herzlich für die vielen positiven Rückmeldungen über diese Artikelserie bedanken – zeigen sie mir doch, dass ich mit meinem Faible für klassische Analogtechnik nicht allein bin. Daher jetzt meine Bitte an Sie, liebe Leser: Was soll Ihrem Wunsch entsprechend auf meinem Operationstisch der nächsten Studio-Werkstatt restauriert werden? Schreiben Sie mir unter [uli.apel@web.de](mailto:uli.apel@web.de). Vielen Dank!



Philips Sweep-Generator PM 5165



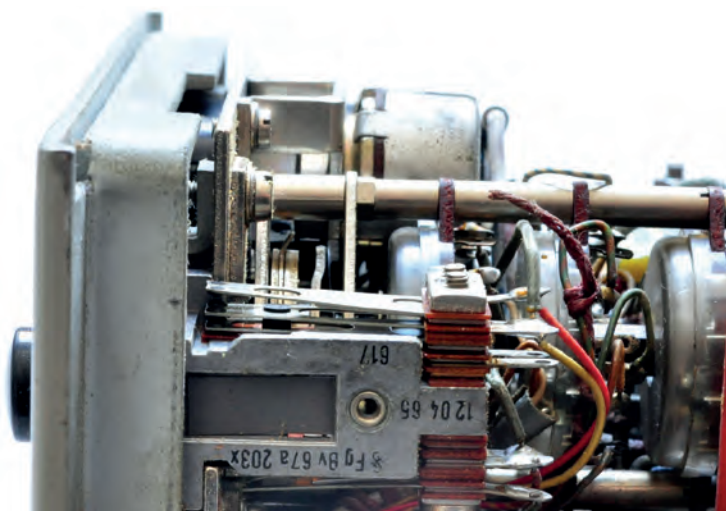


# Studiowerkstatt 9

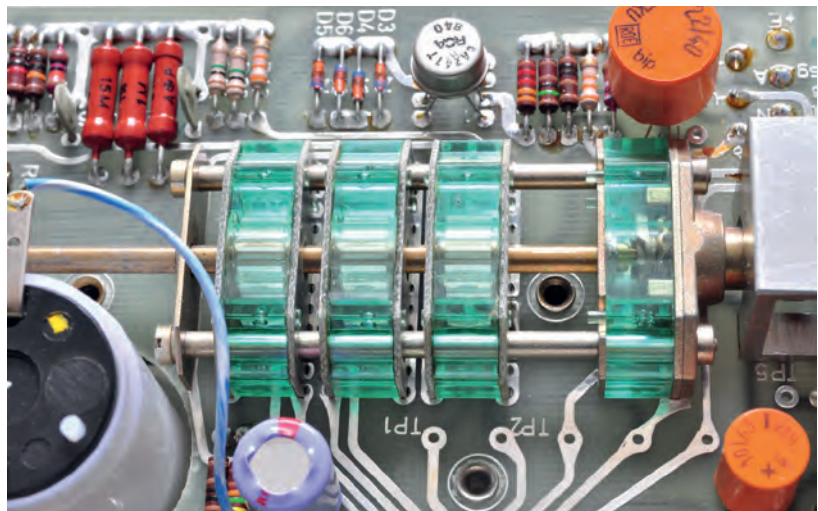
Text & Fotos: Uli Apel

Kontaktpflege – und das in jeder Hinsicht!

Meinem kleinen Aufruf, mir unter [uli.apel@web.de](mailto:uli.apel@web.de) einmal eine E-Mail mit Wünschen für den nächsten Beitrag der Studiowerkstatt zu schreiben, sind einige der Leser nachgekommen und haben mich auf diese Weise freundlich veranlasst, doch noch einmal auf Probleme mit alten Klassikern einzugehen, die ich selbst bei meinen Restaurierungen sehr häufig beobachte und die ich schon fast gewohnheitsmäßig ‚en passant‘ behebe: Das leidige Problem mit Wackelkontakten bei den Schaltern, Potis, Steckern und Röhren, die nun mal in jedem (älteren) Gerät anzutreffen sind. Wenn ich ein Gerät in die Hand bekomme, betätige ich schon aus haptischen Gründen und natürlich aus Neugier gern einmal die Schalter und Potis. Wie fühlt es sich an: kratzt die Mechanik, klackt es satt oder gleitet es geschmeidig, klemmt oder wackelt es? Sitzen die Röhren fest? Wir alle wissen ja, dass uns im Unterbewusstsein ein Gerät mit ‚vielen Knöpfen‘ immer reizt, diese zumindest einmal berühren, wenn nicht sogar führen zu dürfen. Hier meine Aufforderung: Schalten, drehen und bewegen Sie alles, was sich anfassen lässt!



Ausschnitt eines Röhren-Geräts mit Poti (oben), Schalter (Mitte) und Taster (unten)



Vollständig gekapselter, mehrstufiger Schalter

Auf diese Weise haben Sie dann vielleicht schon bei einem Gerät, welches sich noch im Dornröschenschlaf befindet, schnell einen Fehler (unbeabsichtigt) behoben, oder Sie können ihn gezielt diagnostizieren, denn im Betrieb sind manch schlechte Kontakte an einer Fehlfunktion des gesamten Geräts schuld. Schnell hat man ein Bauteil im Verdacht und es ist doch nur der nächstgelegene Kontakt, sei es vom Trimmer oder vom Schalter, der hin und wieder in einer bestimmten Stellung seinen Dienst versagt. Gerade bei sehr alten Geräten sind es erstaunlicherweise recht selten die elektronischen Bauteile, die einen Fehler verursachen. Wenn es kracht beim Schalten, kann man sich freuen, weiß man doch, dass der Aufwand, dieses Gerät zu restaurieren, recht einfach ist, besonders, wenn man keine Unterlagen hat: Man muss sich nur um die Kontakte kümmern!

Die Vielfalt an Kontaktarten, die sich hinter einem unscheinbaren Knopf verbirgt, bekommt man erst zu Gesicht, wenn man das Gehäuse öffnet, um hinter die (Schalter-) Kulissen zu schauen. Natürlich gibt es Geräte, bei denen diese offen aufgebaut und direkt zugänglich sind, um sich auf diese Weise schnell reinigen lassen. Wenn man Glück hat, sind sie auch noch recht groß und übersichtlich – bei Röhrengeräten zum Beispiel – wenn hohe Spannungen geschaltet werden müssen. Oder aber man hat Pech: sie sind hermetisch abgeschlossen, keine noch so kleine Ritze erlaubt das Einbringen von Reinigungsflüssigkeit (auf die ich natürlich noch eingehe) und in alten Katalogen wirbt der Hersteller mit seinen besonders zuverlässigen Schaltern, die aufgrund der hermetischen Versiegelung besonders kontaktsicher sind (waren).

Den Hersteller gibt es vielleicht gar nicht mehr und er hatte mit Sicherheit nicht daran gedacht, in 50 Jahren über seine Kontakte noch einmal für feinste Nuancen im Musiksinal sorgen zu müssen. Solche Fälle erfordern durchaus Improvisation und auch Mut beim kontaktfördernden Vorgehen. Die Lösung für solche Probleme: Mutig sein, den gesamten Schalter in Ballistol ‚baden‘. Sie erinnern sich, ganz am Anfang dieser Serie hatte ich das schon einmal empfohlen. Durch die hervorragenden Kriechenschaften gerät die Flüssigkeit nach einer Weile an die richtigen Stellen. Kipp-, Dreh-, Wipp-, Schiebe-, Knebel-, Kellogg-, Rast-Schalter mit Silber-, Quecksilber-, Gold- und sonstigen Kontakten können schnell zur Verzweiflung führen. Andererseits gibt es aber auch Schalter, die auf Antrieb funktionieren, selbst, wenn sie jahrelang nicht betätigt wurden. Teilweise ist der Grund die ‚artgerechte‘ oder ‚umweltverträgliche‘ jahrelange Lagerung des gesamten Gerätes. So hatte ich, als Negativ-Beispiel, einmal einen Röhrenverstärker, an dem alles, aber auch wirklich alles schwarz angelaufen war, was als Kontakt gedacht war. Er lagerte neben einem Raum mit Batterien, die im Laufe der Zeit Gase abgegeben haben. Hier half nur die radikale Entscheidung, die Kontakte in einer häufig gebrauchten Betriebsstellung zu verlöten – an Schalten war nicht mehr zu denken. Das Problem bei sehr alten Geräten ist, dass es so ohne weiteres keinen Ersatz für diese speziellen Schalter gibt, die durch Anzahl der Kontakte (Schaltstellungen) und Schaltebenen in das entsprechende Gerät passen.





Rastschalter mit selbstreinigenden Kontakten



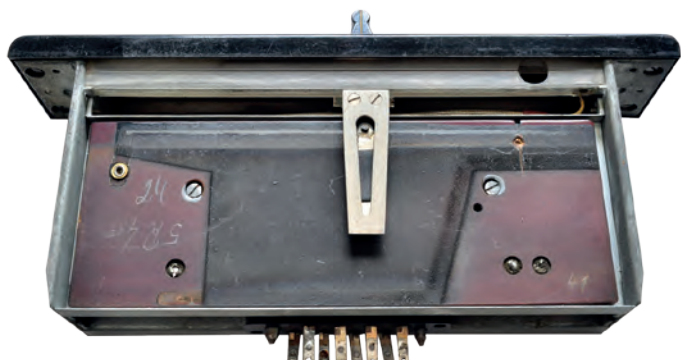
Preiswerter Schalter mit Kontaktebenen aus Pressstoff

## Wer rastet, der rostet

Gerade Rastschalter, die dazu dienen, eine präzise definierte Einstellung schnell zu ermöglichen (Pegel, Frequenzen, Eingangszuweisungen) und gegen unbeabsichtigtes Verdrehen dadurch geschützt sind, dass man einen gewissen Kraftaufwand zur Betätigung aufbringen muss, sind häufig prädestiniert für Fehlfunktionen, wenn sie ein gewisses Alter erreicht haben. Durch die Raststellung stehen sich die Kontakte immer in der gleichen Stellung gegenüber und der Zahn der Zeit baut eine Oxidschicht auf, die immer dicker wird. Werden diese Schalter nach Jahren dann einmal aus dieser Stellung heraus betätigt, und dann wieder zurückgedreht, kann es schon zu spät sein: Die Oxidschicht verteilt sich und hat jetzt mehr isolierende als leitende Wirkung. Wird dieser Schalter dann vorsichtig ein wenig aus der Rastung verdreht, funktioniert er wieder. Hier hilft nur: Sehr häufiges Betätigen (Ritsch-Ratsch-Schaltertraining) oder die vorsichtige Applikation von Ballistol. Besonders positiv hervorzuheben sind Schalter, die mit der Eigenschaft ‚selbstreinigender Kontakte‘ verbaut wurden. Der Konstruktionsaufwand seitens des Herstellers war immens – die Schalter waren damals richtig teuer – heute können wir uns darüber freuen. Die Firma Tuchel – heute mehr bekannt für die großen, HF-dichten Stecker – hat sich das in den 30er Jahren patentieren lassen. Diese ‚selbstreinigenden‘ Kontakte sind auch immer noch in den sogenannten Messerleisten verbaut. Mir ist bis heute noch keine begegnet, bei der es Kontaktprobleme gab. Andere, sehr preiswerte Schalter mit mehreren Ebenen bestehen häufig aus Hartpa-

pier. Dieses hat die unangenehme Eigenschaft, sich im Laufe der Zeit zu verziehen. Werden diese dann betätigt, kann ein kräftiger Dreh zur Zerstörung führen. Die Kontakte verbiegen, schlimmstenfalls brechen sie ab.

Die Schaltstellung ist hier für eine Demonstration bewusst zwischen zwei Stellungen gehalten. Man erkennt die Oxidierung an der Zunge. Das Gerät stammt aus den 50er Jahren. Der Schalter hat nach sehr häufigem Betätigen wieder funktioniert. Ein besonderes Augenmerk sollte auf Schalter gelegt werden, die aus der frühen Zeit der Transistortechnik stammen: Hier wurden meist die Leiterbahnen der gedruckten Schaltung als eigenständige Schaltebene herangezogen. Kontaktzungen, um eine Achse angeordnet, meist in Kunststoff gegossen, sorgten als Gegenpol für die Übertragung. Diese Schalter haben zwei Nachteile: Werden sie wenig betätigt, oxidieren die Leiterbahnen, werden sie häufig betätigt, schleifen die Kontaktzungen die Leiterbahnen ab. In beiden Fällen versagen sie ihren Dienst. Reparieren der oxidierten Leiterbahnen ist einfach: Der gute alte Tintenradiergummi leistet Erstaunliches: Der blaue Radier teil trägt die Oxidschicht ab. Bei ‚durchgesägten‘ Leiterbahnen hilft nur ein vorsichtiges Verlöten und die Hoffnung, dass die Gegenkontakte Luft genug haben, um über die Lötstelle hinweg zu fahren. Überhaupt ist das „Radieren“ der Kontakte immer noch die beste Wahl zur Pflege von Schaltern. Nachteil: nicht jeder Schalter lässt sich so demontieren, dass die Ebenen für diese Behandlung zugänglich sind.



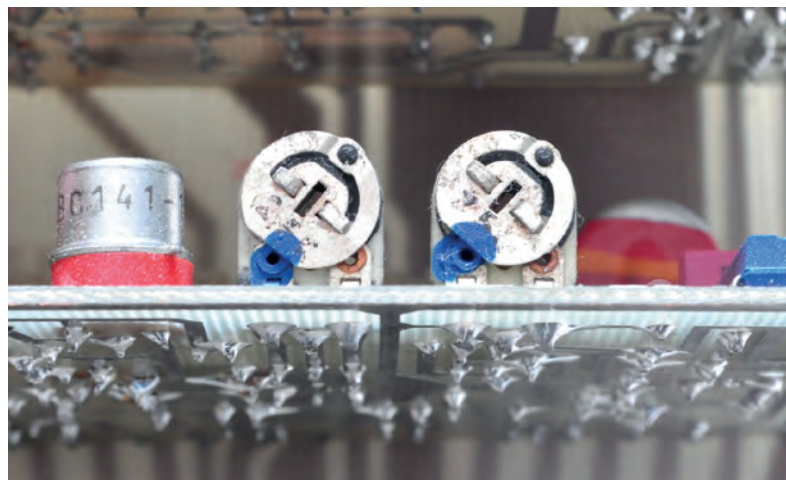
Flachbahnsteller mit Kohleschleifer aus der Mischpulttechnik der 50er Jahre

## Lautstärksteller, Trimmer und andere Kohleerzeugnisse

Die Aufgabe eines Schalters ist die Übertragung eines elektrischen Signals wechselweise auf die eine oder die andere Leitung. Beim Poti ist es ähnlich – nur es gibt kein ‚oder‘ sondern ein ‚sowohl-als-auch‘. Das Poti sorgt für einen fließenden Übergang von einer auf die andere Leitung.

Ein Kohlestift gleitet ohne Unterbrechung über eine Kohlebahn und soll für einen gleichmäßigen Übergang für das Signal sorgen. Wird dieser gestört, führen verschiedene Gründe zu einem krachenden Ergebnis: Der Kohlestift ist verschmutzt, oder die Kohlebahn durch das Gleiten abgenutzt. Was aber viel häufiger zu Störungen führt, ist der Umstand, dass die Lagerung des beweglichen Teils des Potis mit dem Mittelanschluss, einem Metallring, Kontaktprobleme hat. Es kracht also nicht auf der Kohlebahn, sondern direkt an der Achse. Sehr oft findet sich dieses Problem bei Trimmern, hervorgerufen durch Farbkleckse, die der Fixierung dienen.

Auch hier hilft – Ballistol. Bei manchen Potis ist der Hersteller auch hingegangen, und hat durch sehr gute Kapselfelgung dafür gesorgt, dass möglichst kein Schmutz in das Innere gerät. Hier haben wir als Restaurateure wieder das Problem, an das Innere zu kommen. Manchmal hilft ein Schraubendreher, das Gehäuse für einen Moment zu öffnen, um Reinigungsflüssigkeit hineinzubringen. Wichtig ist immer: nach der Behandlung lange genug mit dem Gerät zu ‚spielen‘ um dafür zu sorgen, dass sich das Mittel richtig verteilen kann.

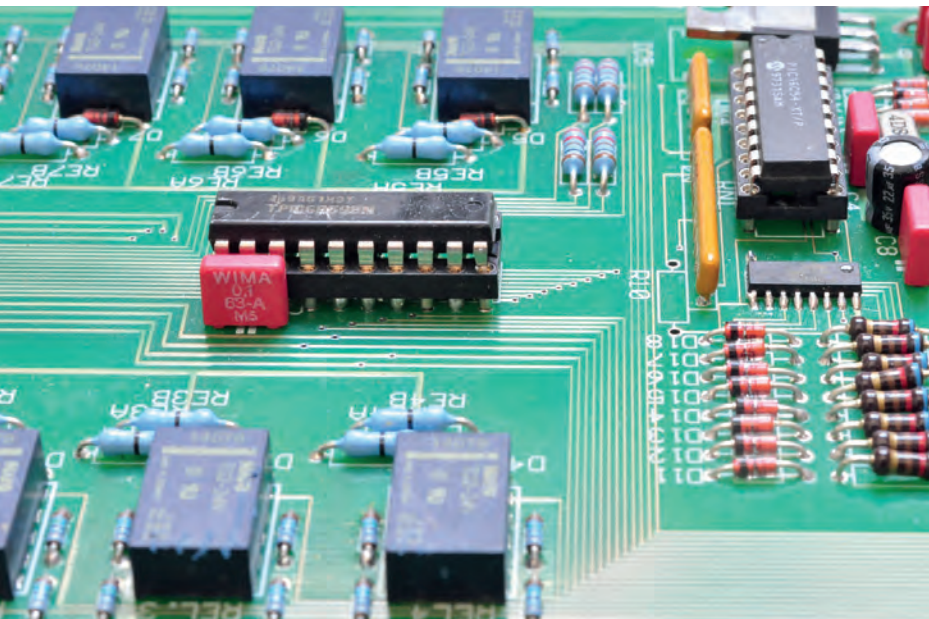


Trimmer mit Farbkleckszen zur Fixierung

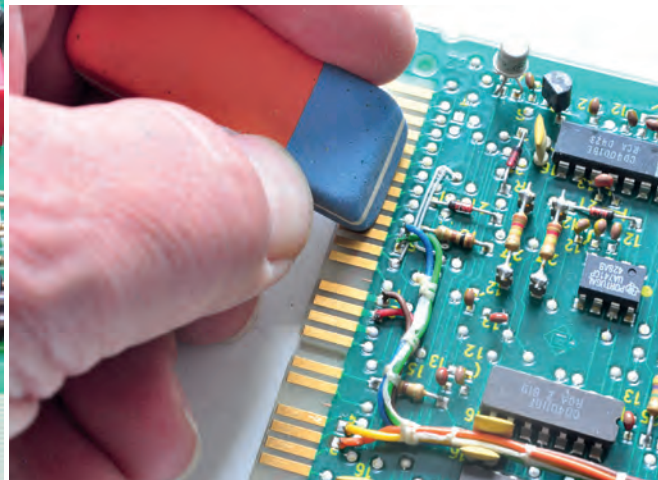
## In der Fassung steckt der Teufel

Das nächste Haarsträuben bei der Restaurierung älterer Geräte, besonders aus der Zeit, als die ersten integrierten Schaltungen eingeführt wurden, erzeugt der Umstand, dass alle ICs in Fassungen gesteckt wurden. Vom Hersteller für Servicezwecke gut und teuer gemeint, sind hier wahre Streubomben verteilt: Jedes einzelne Beinchen eines ICs und sein (schlechter gewordener) Kontakt zur Restschaltung kann zu einer Fehlfunktion des gesamten Gerätes führen, denn auch hier ist im Laufe der Jahre eine Oxidschicht zwischen Fassungskontakt und Bauteilbeinchen entstanden. So sind gerade die digitalen klassischen Hallgeräte von EMT besonders betroffen: Ein zusätzlicher Lüfter sorgte obendrein für die richtige ‚Atmosphäre‘ in den Geräten und die circa 100 in Fassungen gesteckten ICs, verteilt auf zwei riesigen Platinen, konnten Beinchen für Beinchen in Ruhe ‚Rost‘ ansetzen. Genauso ergeht es vielen Studer-Mischpulten der frühen 80er Jahre, in denen unzählige ‚Käfer‘ und auch Transistoren fein säuberlich in Fassungen gesteckt wurden. Der Hintergrund für diese Maßnahme war hehr: Im Fehlerfall war ohne Spezialentlöter ein Austausch möglich. Heute hilft nur das vorsichtige Ruckeln an jedem gesteckten Bauteil, in der Hoffnung, wieder eine leitfähige Verbindung zur Fassung hergestellt zu haben. Reinigen der Kontakte ist, da sie sehr zierlich sind, fast ausgeschlossen. Wer das Glück hat, mit seinem Zahnarzt gut Freund zu sein, bekommt vielleicht die eine oder andere Reibahle, die eigentlich bei der Wurzelbehandlung eingesetzt wird. Diese sind recht lang (bis





ICs in Fassungen



Reinigung von Leiterbahnkontakten mit einem Tintenradiergummi

30 mm) und im Durchmesser entsprechen sie etwa einem Transistorbein. Überhaupt ist manchmal die Behandlung mit einer sehr feinen Feile das letzte Mittel. Selbst im ‚Postleitfaden für Fernmeldetechniker‘ gibt es ein großes Kapitel über Kontaktpflege und deren Hilfsmittel. Auch alte Relais halten nicht immer das, was der Anker anzieht.

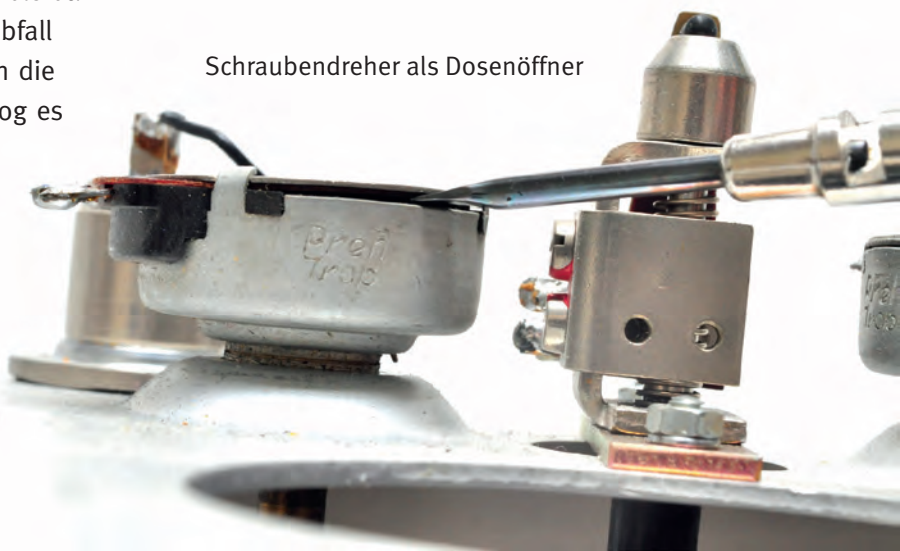
## Steckplatinen oder: Servicefreundlichkeit kann im Alter Nachteile haben

Mein Besuch in einem größeren Studio neulich, in dem eine 2-Zoll-Studer-Maschine zum Produzieren verwendet wird, zeigte mir erneut, dass klassische Geräte selbst dieses Kalibers einen hervorragenden Ruf genießen, sorgen sie doch gerade mit ihren 24 analogen Spuren dafür, dass der Klang der digitalen Umgebung nicht steril bleibt. Stirnrunzeln bereitete dem Toningenieur der Pegelabfall zweier Kanäle. Er gab mir einen Schraubendreher in die Hand und bat mich, den Pegel zu korrigieren. Ich zog es jedoch vor, die in den einzelnen Modulen gesteckten Platinen durchzurütteln, um so die Wackelkontakte der Platinen in ihren Fassungen zu beheben.

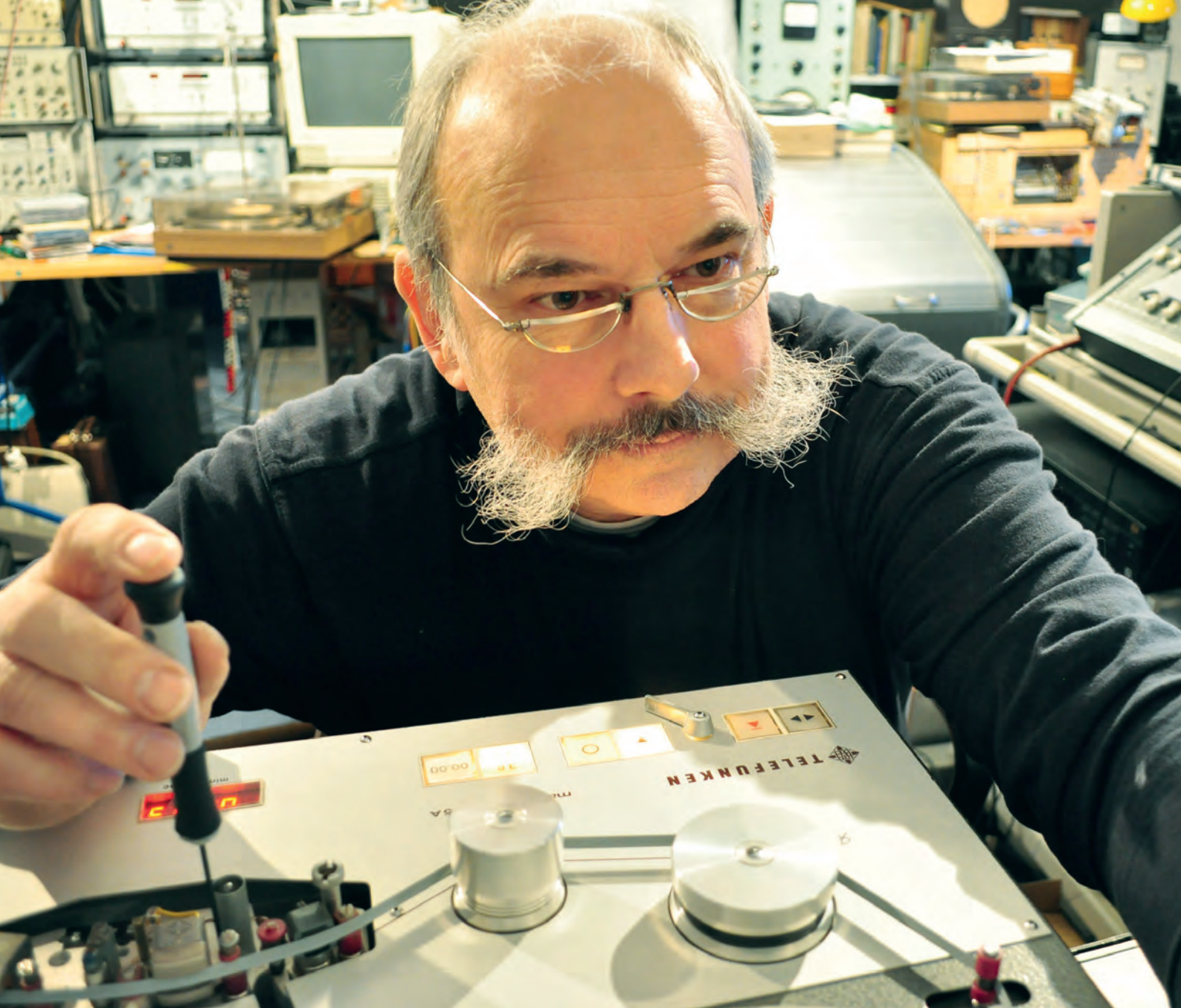
Diese Erfahrung kam allen zugute – dem Kollegen konnte schnell geholfen werden, ich brauchte nichts zu verstellen. Sie erinnern sich an die Dampfradiozeit? Wenn die Tonqualität

nachließ, gab es erfahrungsgemäß eine bestimmte Stelle am Gehäuse, die roh traktiert werden musste, um den Fehler zu beheben. Es gibt viele Geräte, die erst mit der Behandlung durch einen leichten Faustschlag wieder zur richtigen Funktion gebracht werden können. Wenn das der Fall ist, sollte man so mutig sein, das Innenleben einer Kontaktrevision zu unterziehen, man spart viel Zeit durch die entfallende Suche nach Defekten oder einen Neuabgleich. Nicht umsonst befand sich im Servicekoffer des Rundfunk- und Fernsichttechnikers der 50er bis 70er Jahre das Original Bernstein-Röhrenhämmerchen. Siehe oben...

Schraubendreher als Dosenöffner







# Studiowerkstatt 10

Text & Fotos: Uli Apel

Über Omega-Gänge und Spalteffekte zum mag(net)ischen Ton!

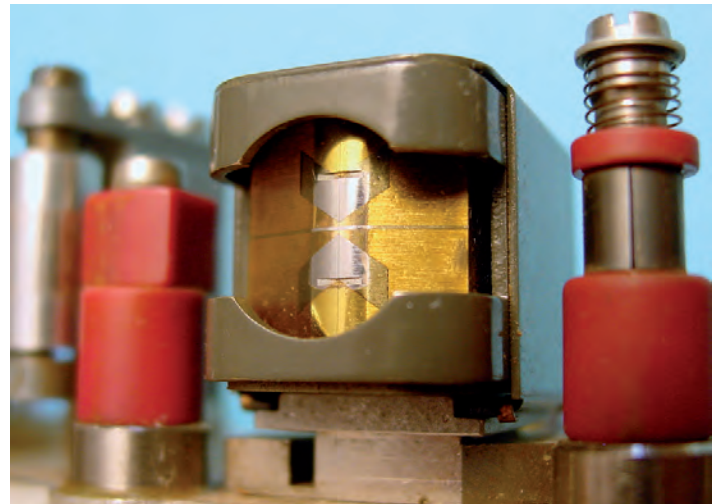
Ihren Zuschriften und auch aus persönlichen Gesprächen kann ich entnehmen, dass noch einmal eine tiefergehende Beschreibung zur Behandlung und zum Einmessen analoger Bandgeräte gewünscht wird. Die Studio-Werkstatt-Folgen 6 und 7 (Hefte 3 und 4/11) befassten sich sowohl mit den mechanischen als auch elektrischen Einstellungen und Wartungen an Bandmaschinen. Es wurden Tipps gegeben, wie sich analoge Studiomaschinen mit einfachen ‚Bordmitteln‘ renovieren und einmessen lassen.

Diese Folge der Studiowerkstatt wird noch einmal ein wenig stärker auf die Theorie der magnetischen Bandaufzeichnung eingehen, denn daraus lässt sich leichter ableiten, was an einzelnen Geräten oder Bändern besonders ist und dazu beiträgt, wenn über verschieden ‚klingende‘ Bandsorten oder auch Gerätetypen und -fabrikate diskutiert wird. Außerdem sollen Unsicherheiten beim Einmessen beseitigt werden.



## Vom Arbeitspferd zum Klangveredler

In der Vergangenheit war das Studiotonbandgerät das Arbeitsmittel zur Konservierung und Gestaltung von Tondokumenten durch eine möglichst naturgetreue Aufzeichnung und der Möglichkeit des Eingriffs in den zeitlichen Ablauf einzelner Sequenzen durch Schneiden und Kombinieren verschiedener Aufnahmepassagen. Im Laufe der Zeit wurden die Spurenzahl und die Breite des Bandes vergrößert, die Bedienung der Geräte durch Mikroprozessoren erleichtert. Im Hintergrund lief in den Entwicklungsabteilungen der Band- und Gerätehersteller die Optimierung von Bändern, Köpfen und Schaltungen auf Hochtouren, denn es wurde immer nach mehr ‚Rauschfreiheit‘ und einem möglichst linealglatten Frequenzgang gestrebt. – Dann kam die Digitaltechnik: Die analogen Geräte wanderten ins Lager oder auf den Schrott und nur ein paar Liebhaber, die sich an drehenden Spulen erfreuten, hielten der Tonbandtechnik die Stange. Heute, im Zeitalter der bandlosen digitalen Bearbeitung und Speicherung wird genau dieser analoge Klang wieder gewünscht, um einer digitalen Produktion ein wenig ‚liebenswerte Rundungen‘ durch winzige technische Unzulänglichkeiten aus der Vergangenheit hinzuzufügen. Diese, wie wir heute wissen, wirklich minimale ‚Fehlerpotential‘ gab es bei der Magnetaufzeichnung aus physikalischen und herstellerspezifischen Gründen zur Genüge. Durch Einstellungen und Justagemöglichkeiten an Plug-Ins und Hardware-Bandgeräte-Simulatoren wird heute gern probiert, ein für die Produktion angenehmes ur-analoges Klangbild zu schaffen.



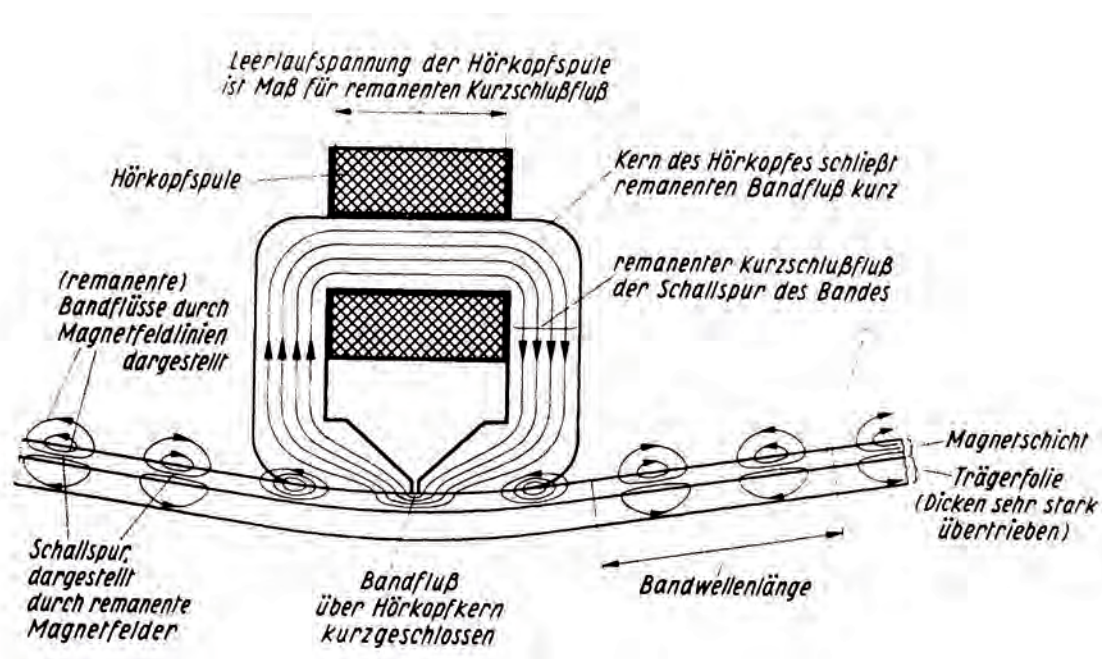
1.: Aufnahmekopf. Die Eisenpakete und der Spalt sind gut zu erkennen. (Foto: Apel)

## Theorie

Hier nun ein Blick auf die Theorie und die daraus folgende Praxis, für alle, die sich heute oder in Zukunft mit der Kombination von Köpfen und Elektronik einer echten Senkelmaschine, wie sie liebevoll genannt wurde, beschäftigen möchten.

## Die Magnettonköpfe

Vom prinzipiellen Aufbau sind Aufnahme-, Wiedergabe- und Löschkopf gleich: Es handelt sich um sogenannte Ringkernköpfe, deren dem Band zugewandte Seiten durch einen schmalen Spalt unterbrochen sind. Die Spalteinlage ist ein unmagnetisches Material wie zum Beispiel Kupfer oder



2.: Das Beispiel zeigt einen Wiedergabevorgang (aus: Telefunken-Laborbuch)

Glimmer. Die Zone um den Spalt ist bogenförmig fein geschliffen. An dieser Spiegelfläche gleitet das Band mit seiner Magnetschicht vorbei. Der Aufnahmekopf soll die von einem speziellen Verstärker gelieferten Audio-Signale als Magnetisierung aufs Band übertragen.

Der Wiedergabekopf soll aus den an ihm vorbeigleitenden Magnetfeldern wiederum eine Spannung erzeugen. Der Löschkopf schließlich entmagnetisiert das Band durch ein sehr starkes HF-Magnetfeld.

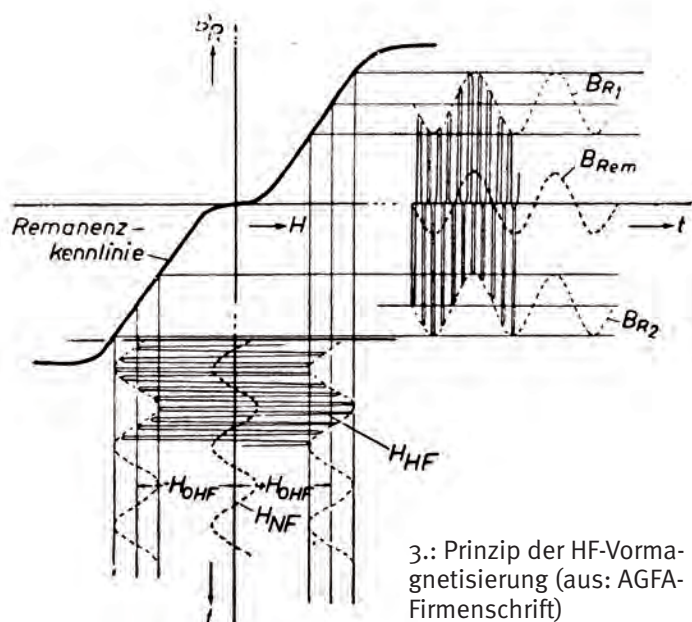
## Die Aufnahme

Wegen der nichtlinearen Kennlinie der magnetisierbaren Bandschicht ist für den Aufnahmevorgang eine Vormagnetisierung notwendig, ähnlich der Gittervorspannung bei Röhrenverstärkern. (siehe Studiowerkstatt 4). Diese Vormagnetisierung geschieht durch Hochfrequenz, die dem aufzunehmenden Audio-Signal zugefügt wird (ein tieferes Eingehen auf die Hintergründe dieses Verfahrens würde den Artikelumfang sprengen). Diese Hochfrequenz – im Bereich von 80 bis 200 kHz – wird nur sehr schwach mit aufgezeichnet und ist bei der Wiedergabe nicht hörbar. Sie dient lediglich dazu, im Moment der Aufnahme den richtigen Arbeitspunkt auf der Magnetisierungskennlinie des Bandes festzulegen. Dieser Arbeitspunkt liegt bei jedem Bandtyp an einer anderen Stelle und ist je nach Einstellung direkt für einen bestimmten Klang – und auch für ein bestimmtes Rauschen – verantwortlich. Daher auch die Angabe auf vielen Maschinen: ‚Eingemessen auf Band Type LGR... oder PER...‘. Mit dieser Einstellung kann sehr stark auf die Güte der Aufzeichnung Einfluss genommen werden. Soll möglichst naturgetreu aufgenommen werden, ist es wichtig zu wissen, auf welches Band die entsprechende Maschine eingemessen ist, denn ein Wechsel auf ein anderes Band hat direkten Einfluss auf die Klangqualität.

Das Einstellen der Vormagnetisierung geschieht anhand der technischen Daten, die jedem Band mitgegeben wurden. Diese Daten geben den individuellen Arbeitspunkt an. Daten von älteren Bändern lassen sich jedoch nicht immer recherchieren. Abhilfe schafft hier nur die Einstellung nach folgender Faustformel, die meist in den Serviceunterlagen der Bandgerätehersteller abgedruckt ist.

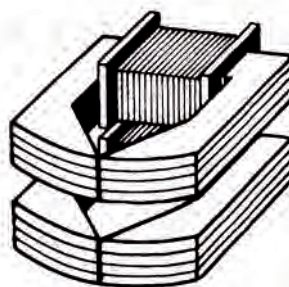
## Der Aufnahmekopf

Noch ein weiteres Kriterium ist für die Qualität der Aufzeichnung verantwortlich: Das Eisen, aus dem der Kopf besteht. Hier muss ein Material verwendet werden, das nur geringe Ummagnetisierungsverluste hat. Bekannt sind Kopf-



kerne aus Weicheisen oder Ferrit. Weicheisen bietet hervorragende Rauschabstände, ist aber – wie der Name schon sagt – weich und nutzt daher schneller ab. Ferrit hingegen ist sehr hart, rauscht aber um 2 bis 3 dB mehr. Zur weiteren Herabsetzung etwaiger Verluste ist der Weicheisen-Kopf Kern zusätzlich aus dünnen Lamellen geschichtet (dies ist bekannt vom Transformatorenbau). Hierbei ist vom Hersteller darauf zu achten, dass der Spalt absolut gerade ist, denn die Qualität der Aufzeichnung hängt nicht, wie viele annehmen, von der Breite des Spalts, sondern von der Ebenheit der Kante ab, an der das magnetisierte Band den Kopf verlässt. Außerdem befindet sich auf der Rückseite des Kopfes ein zusätzlicher Luftspalt, der für eine gleichmäßigere Magnetisierung des Bandes und für eine Herabsetzung von remanentem Magnetismus sorgt. Dieser erzeugt nämlich unter anderem zusätzlich ein Rauschen. Die Wicklung eines Aufnahmekopfes ist recht niederohmig. Sie hat in der Regel einen Widerstand von 5 bis 20 Ohm.

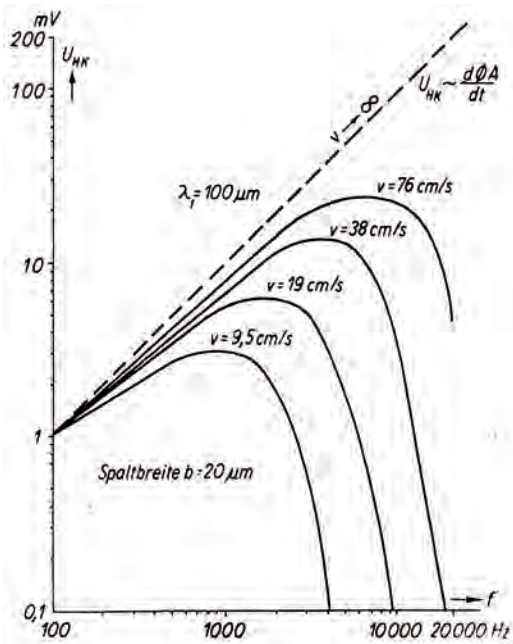
## Der Wiedergabekopf



4.: Schnittbild eines Wiedergabekopfes (Christian, Magnetontechnik)

Er ist, wie schon erwähnt, ähnlich wie der Aufnahmekopf aufgebaut mit zwei sehr wichtigen Unterschieden: Der dem Tonband zugewandte Spalt muss außerordentlich schmal sein und er muss einen sehr großen magnetischen Widerstand im Vergleich zum Kopfkern haben. Letzteres wird erreicht durch Verjüngen des Kernquerschnitts auf einige Zehntel Millimeter.



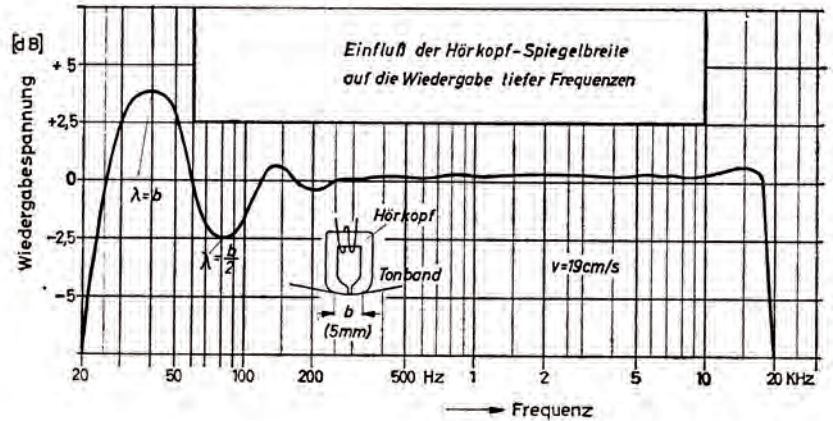


5.: Omega-Gänge von Wiedergabeköpfen bei verschiedenen Bandgeschwindigkeiten (aus: AGFA Firmenschrift)

Durch den Magnetismus des am Kopf vorbeilaufenden Bandes wird in der Wicklung eine Spannung erzeugt. Genaugenommen entsteht sie durch den magnetischen Kurzschluss der Kraftlinien im Band und dem Kern des Kopfes. Daher der Ausdruck ‚Kurzschlussfluss‘, der in vielen technischen Daten angegeben ist. Zusammengefasst sind für den Wiedergabekopf folgende Kriterien wichtig: kleinste Spaltbreite; geringe Eigenkapazität, damit in Verbindung mit der Induktivität keine Resonanzen im Hörbereich entstehen und gute, magnetische Abschirmung gegenüber äußeren Störfeldern.

## Der Omega-Gang

Wenn beim Wiedergabevorgang ein Band mit verschiedenen Frequenzen aber gleichem Magnetismus am Kopf vorbeiläuft, so steigt mit steigender Frequenz gemäß des Induktionsgesetzes die induzierte Spannung – bei doppelter Frequenz ergibt das auch etwa die doppelte Spannung. Dies geht aber, physikalisch bedingt, nicht linear über den gesamten hörbaren Frequenzbereich vor sich – ab einer bestimmten Frequenz rücken die auf dem Band befindlichen Magnetpole so nah zusammen, dass sie in der Schicht des Bandes verschwinden und keine Induktion nach außen in den Kopf hinein erzeugen. Die resultierende Spannung am Kopf hat zu höheren Frequenzen den im nächsten Bild dargestellten Verlauf. Hier kann jetzt aber mit der entsprechenden Entzerrung im Wiedergabeverstärker eingegriffen und der Frequenzgang recht gut linearisiert werden.



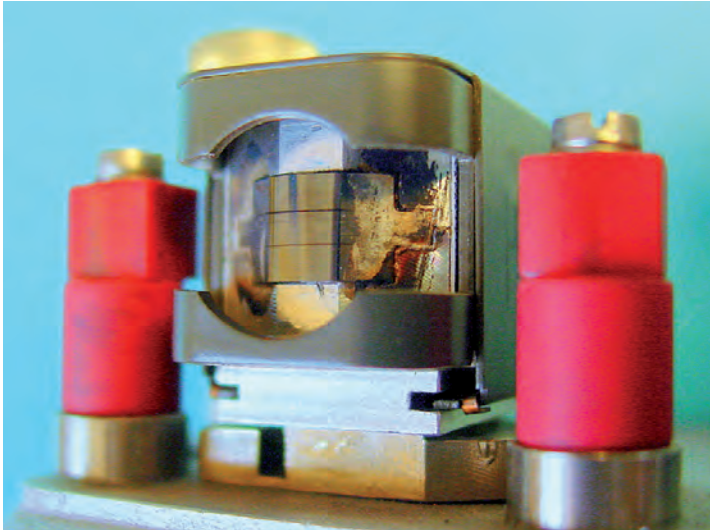
6.: Kopfspiegelresonanzen (aus: Schröder, Tonbandgerätemeßpaxis)

## Der Spalteffekt

Doch damit leider nicht genug, was die Qualität der Höhenwiedergabe angeht: Ein weiterer Effekt sorgt für eine endliche Wiedergabe von hohen Frequenzen: Der Spalteffekt. Hierbei kommt der Begriff ‚Bandwellenlänge‘ zum Tragen. Es handelt sich bei diesem Begriff um die Beschreibung der Abhängigkeit zwischen der maximal aufzeichenbaren Frequenz, der Bandgeschwindigkeit und der Spaltbreite des Wiedergabekopfes. Wenn ein Band zum Beispiel mit der Geschwindigkeit von 9,5 cm/sec läuft, so hat es bei 16 kHz eine Bandwellenlänge von 6 µm. (95 mm : 16.000 Hz = 0,0059 mm). Hat nun der Wiedergabekopf genau diese Spaltbreite, so passt ein kompletter magnetischer Wellenzug in den Spalt – es erfolgt keine Spannungsinduktion und demzufolge keine Wiedergabe. Der Spalt muss also kleiner gemacht oder die Bandgeschwindigkeit muss erhöht werden.

## Kopfspiegelresonanzen

Im niederfrequenten Bereich gibt es Dank der Physik ebenfalls Unzulänglichkeiten in der Linearität der Wiedergabe. Hier spielt uns abermals die Bandwellenlänge ins Handwerk. Es ist diesmal nicht der Spalt, der für Welligkeit sorgt, sondern das gesamte Kopfpaket, das mit dem Band in Berührung kommt. Hier wieder ein kleines Rechenbeispiel: Angenommen, das Band berührt den Kopf auf einer Länge von 5 mm und läuft an diesem mit einer Geschwindigkeit von 19 cm/sec vorbei, so ergibt sich: 190 mm : 5 mm = 38 Hz. Das heißt, bei 38 Hz hat der Frequenzverlauf ein Maximum und bei 76 Hz folglich – ein gesamter Schwingungszug passt auf das Kopfpaket – ein Minimum.



7.: Abgenutzter Kopf mit ca. 2mm breitem Spiegel

## Praxis

Aus den zuvor genannten theoretischen Erklärungen lassen sich nun Tipps für das praktische Einmessen einer Maschine ableiten. Wichtig ist immer wieder der Hinweis, dass durch einen falschen Abgleich zwar nichts zerstört werden kann, man sich aber schnell im Kreis dreht, wenn man einmal die Reihenfolge der Einstellungen verlässt. Und: ohne Bezugsband ist die genaue Einmessung einer Maschine leider nicht möglich.

## Einmessen des Wiedergabeteils

Beginnen wir mit der Wiedergabe, denn diese wird für die Einstellung der Aufnahme gebraucht. Wie gesehen, ist die Einstellung der Wiedergabe von den vorhandenen Möglichkeiten (Trimmer) seitens des Herstellers abhängig. Hier werden je nach Schaltungsdesign manchmal zwei Trimmer für die Höhenwiedergabe und ein Trimmer für die Tiefenwiedergabe angeboten. Das Abgleichen ist manchmal recht mühsam, weil die einzelnen Frequenzblöcke auf dem Messband in der Regel nur sehr kurz sind.

## Wann ist ein Kopf abgenutzt?

Besonders verdächtig wird es allerdings, wenn die Wiedergabe sehr ‚höhenfreundlich‘ ist und sich diese nur sehr schwer reduzieren lässt: Das deutet meist auf einen mehr oder minder stark abgenutzten Kopf hin. Erkennen lässt sich das auch am sogenannten sichtbaren ‚Kopfspiegel‘. Hier ist die polierte Rundung zur Fläche geworden und der Kernquerschnitt ist im Spaltbereich vielleicht nur noch ein hundertstel Millimeter dick. Eine weitere Abnutzung

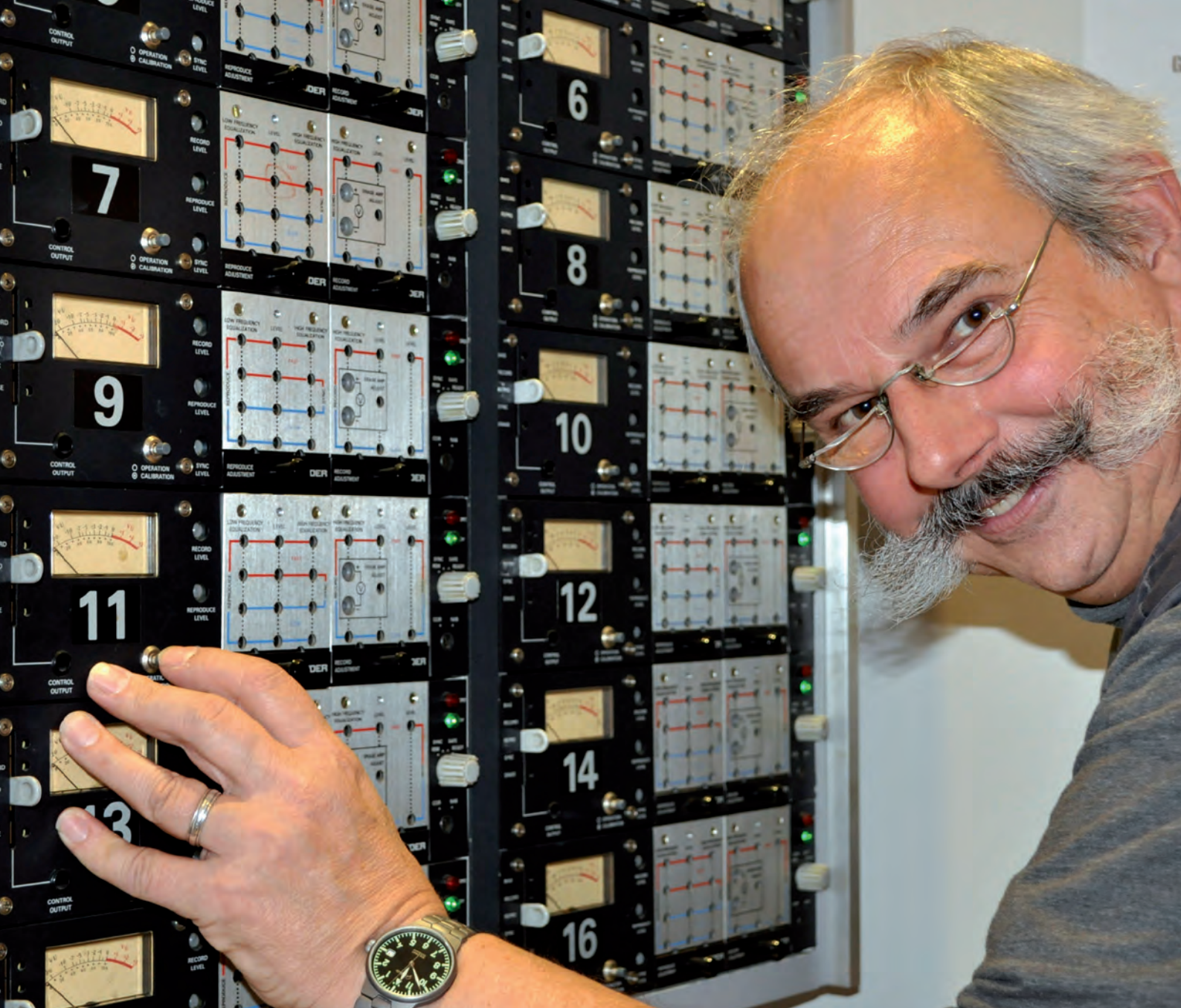
führt dann unweigerlich zu einer dumpfen Wiedergabe: Der Spalt wird breiter, der Kopf unbrauchbar.

## Einmessen des Aufnahmeteils

Wenn der Wiedergabe-Frequenzgang relativ geradlinig ist, kann mit dem Einmessen des Aufnahmeteils begonnen werden. Hier ist zunächst die Einstellung der Vormagnetisierung das Wichtigste, denn dadurch wird der Arbeitspunkt, bezogen auf das verwendete Band festgelegt (siehe oben).

Unter Einspeisung einer Frequenz von ca. 10 kHz mit einem Pegel von ca. -20 dB unter dem maximalen Wiedergabepegel wird das Gerät auf ‚Aufnahme‘ geschaltet und unter Beobachtung des Ausgangspegels am entsprechenden Kanal mit Hilfe des entsprechenden Trimmers ein Maximum gesucht. Wenn dieses gefunden ist, wird die Vormagnetisierung weiter erhöht, bis der Pegel um einen bestimmten Betrag abgefallen ist. Dieser Betrag steht in den technischen Daten des Bandes oder der Maschine. Ein entsprechendes Diagramm finden Sie in Heft 04/11 auf Seite 38. Faustformel ist: bei einer Bandgeschwindigkeit von 19 cm soll er um ca. 3 dB, bei 38 cm um 1,5 dB und bei 76 cm gar nicht abgesenkt werden. Wohlgermerkt, diese Werte können je nach Bandgerät, Bandtype und Band-Geschwindigkeit variieren. Bitte nicht versuchen, mit diesem Trimmer den Pegel oder den Frequenzgang einzustellen! Dazu stehen folgende andere Trimmer zur Verfügung. Nach der Justage des Arbeitspunktes kann mit dem Einmessen des Aufsprechfrequenzganges begonnen werden. Dieser Vorgang wird ebenfalls mit reduziertem Pegel (20 dB unter der Vollaussteuerung) vorgenommen. Zunächst ist bei 1 kHz der entsprechende Wiedergabepegel einzustellen, bevor mit verschiedenen Frequenzen der Frequenzgang begradigt wird. Auch hier muss mit entsprechenden Höhen- oder Tiefentrimmern gearbeitet werden. Zum Schluss dieser Arbeiten noch einmal den Pegel bei 1 kHz kontrollieren und der Aufzeichnung kann nichts mehr im Wege stehen. Bei Mehrspurmaschinen wiederholen sich alle Einstellungen pro Kanal, das heißt, bei einer 24-Spur-Maschine sind das 24 x Wiedergabe, 24 x Aufnahme und zusätzlich noch 24 x Synchrospur – also 72 Messdurchläufe... Trotzdem – es hat seinen Reiz auch mal statt des obligatorischen Plug-Ins ein richtiges Band drehen zu lassen, ganz davon abgesehen, wie authentisch eine digitale Simulation sein kann. Mit dem CLASP-System, das in dieser Ausgabe beschrieben wird und das ich selbst in Aktion erleben durfte, ist in die Integration der analogen Aufzeichnung in eine zeitgemäße DAW-Umgebung kein Problem mehr...



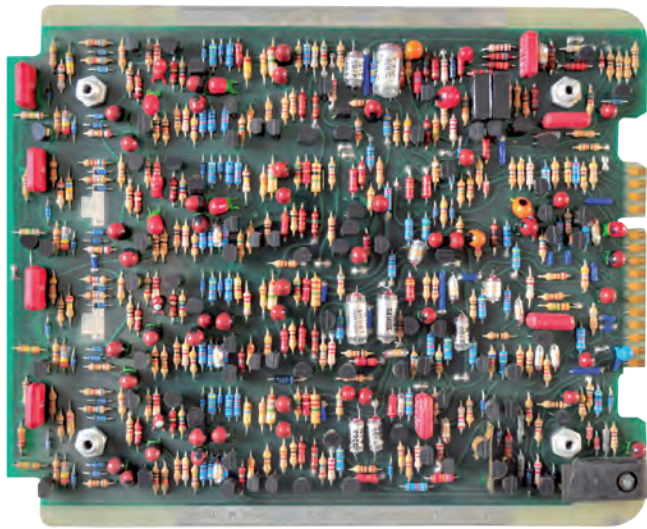


# Studiowerkstatt 11

Text & Fotos: Uli Apel

Rauschkiller, Krachtöter und Dynamik-Strecker

„Verdammt nah an der CD“ - so lautete einmal der Werbeslogan eines bekannten - heute nicht mehr existierenden - Musik-Cassetten-Herstellers. Er wollte damit zum Ausdruck bringen, dass seine Magnetbänder einen besonders geringen Rauschpegel aufweisen, der sich zusätzlich noch mit den entsprechenden Dolby-Schaltungen am kleinen HiFi-Cassettendeck reduzieren ließ. Jeder HiFi-Hörer hat damals den Namen Dolby mit einer entsprechenden Rauschminderung verbunden. Wie das genau funktionierte, wussten nur die wenigsten und dass man zwischen ‚Dolby-B und -C‘ hin- und herschalten konnte, um damit den Klang etwas aufzupeppen, war eigentlich völlig normal. Wer ein wenig betuchter war, hatte ein externes Gerät in seinem Regal, welches den Namen ‚High-Com‘ trug und aus dem Hause Telefunken kam. Es wurde als besonders wertvolles Zubehör verkauft, denn es ließen sich damit nahezu alle analogen Cassettenrecorder und auch Bandmaschinen in ihrem Rauschverhalten erheblich verbessern. Das besondere Schmäckerl: Das Gerät musste ‚eingemessen‘ werden, was ihm noch einmal mehr Wichtigkeit in der high-endigen Kette zukommen ließ.



Dolby-A-Platine

Doch diese ganze Technologie hatte – natürlich – wie so vieles, ihren Ursprung in der professionellen Studioteknik. Dort war man mit größter Anstrengung ständig auf der Suche nach Rauschminderungssystemen für die analoge Bandaufzeichnung. Diesseits und jenseits des Ozeans wurde geforscht und entwickelt. Schnell war das Problem erkannt: Bei der Aufnahme musste die Dynamik bis an die Aussteuerungsgrenze des Bandes komprimiert werden, um dann bei der Wiedergabe eine Expansion zu erfahren, die den Band-Rauschteppich weiter nach unten verschob. Sehr schnell war die Magnetband-Produktionsgemeinde in zwei Lager gespalten: Auf der einen Seite die Dolby- und auf der anderen Seite die Telcom-Fraktion. Beide Systeme sind nicht kompatibel und beide arbeiten mit völlig verschiedener Herangehensweise an die Rauschproblematik. Dadurch haben beide im Endergebnis natürlich auch einen leicht unterschiedlichen Klang. Daher zunächst einmal ein kurzer Überblick, was denn hinter diesen ‚Wunderwerkzeugen‘ steckt.

## Der Dolby-Prozessor

Ray Dolby – dessen Name eigentlich mehr eine Marke ist, hatte sich sehr früh mit der Rauschunterdrückung bei analoger Bandaufzeichnung beschäftigt. 1965 gründete er die gleichnamige Firma und 1966 entwickelte er bereits das ‚Dolby-A-System‘, welches gleichzeitig mit den ersten analogen Mehrspur-Maschinen auf den Markt kam.

Es war recht umfangreich aufgebaut und teilte das ankommende Signalspektrum in vier Frequenzbänder auf. Jedes Frequenzband hatte seine eigene Dynamikkompression. Die Vergrößerung des Rauschabstandes über alles betrug etwa 10 dB. Nachteil dieses Systems war die relativ hohe Temperaturabhängigkeit. Ich erinnere mich noch an Zeiten, bei denen der Dolby-Audioteil eines professionellen Betacam-SP-Videorecorders nur bei einer bestimmten Raumtemperatur eingemessen werden konnte. Änderte sich diese, liefen die Pegel quasi weg. Sehr gut ist auf der Abbildung die Zahl der einzelnen Halbleiter zu erkennen.

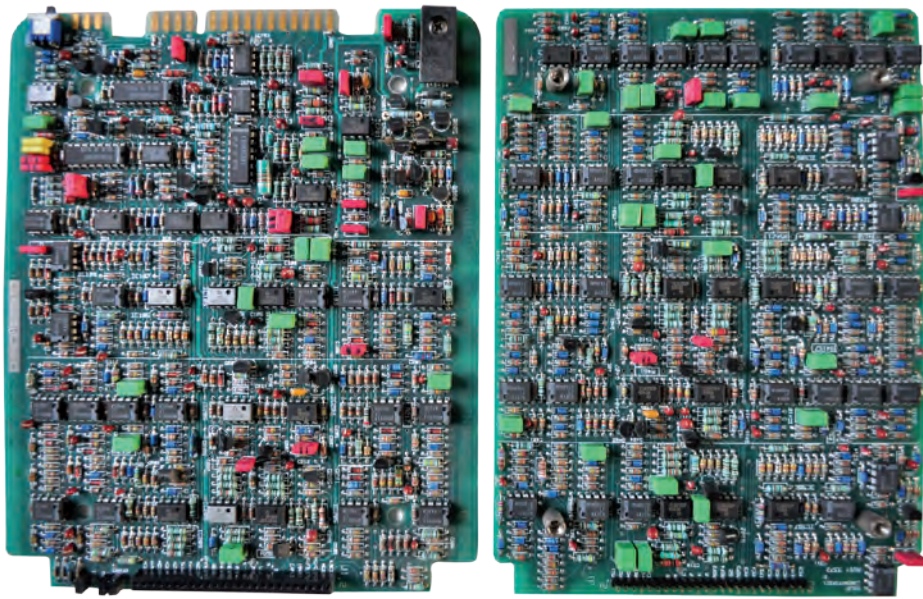
Zwei Jahre nach Einführung des A-Systems kam ‚Dolby-B‘ auf den Markt, ein vereinfachtes System, welches aufgrund seines geringen Preises in fast alle Consumer-Cassette-Recorder eingebaut werden konnte. Der erreichbare Rauschabstand vergrößerte sich gerade einmal um ca. 3 dB. Daher war es auch kein großer Nachteil, wenn eine ‚dolbysierte‘ Cassette ohne Dolby wiedergegeben wurde. Man drehte halt den Höhenanteil ein wenig runter... In den frühen 70ern wurde sogar versucht, frequenzmodulierte UKW-Sender mit einem Dolby-Rauschunterdrückungssystem auszurüsten. Der Versuch, dies als Norm durchzusetzen und entsprechende Endgeräte zu verkaufen, scheiterte schon nach kurzer Zeit (irgendwie fällt mir jetzt DAB+ dazu ein).

Auf der Suche nach weiteren Verbesserungen wurde Dolby-C entwickelt. Es handelt sich um die Kombination zweier Dolby-B-Systeme mit einer Erweiterung in den



Dolby-Kompaner A 361 mit eingesteckter A-Platine



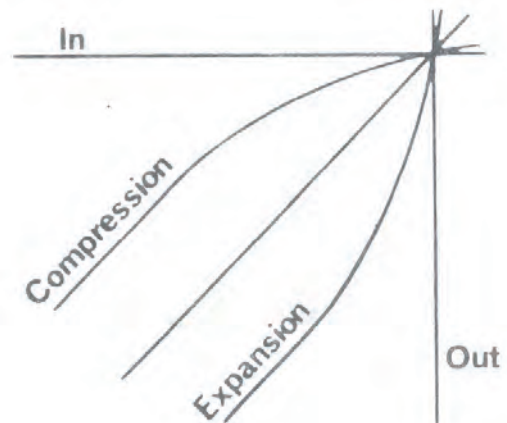


Dolby-SR-Platinen

Bass-Bereich. Der Rauschabstand vergrößerte sich um ca. 15 dB. Eine Wiedergabe ohne entsprechenden Expander führt unweigerlich zu Dynamik-Verzerrungen. Mit vielen Kompromissen konnte man C-Aufnahmen in der Stellung ‚B‘ wiedergeben. 1986 schließlich gelang den Entwicklern ein zweites, verbessertes professionelles Rauschunterdrückungssystem: das Dolby SR. SR steht für ‚Spectral Recording‘ und verwendet komplexe Filter, die durch das ankommende Signal gesteuert und in ihrer Charakteristik verändert wurden.

Der Tieftonbereich wird anders behandelt, als der Hochtonbereich. Im unteren Frequenzbereich ist die Kompression auch nicht so stark, wie im höheren. Der schaltungstechnische Aufwand ist beträchtlich, der Preis sehr hoch und die Zunahme der Dynamik beträgt jetzt 25 dB. Daher findet das System nur Verwendung in professionellen Geräten. A- und SR-Platinen konnten im entsprechenden Grundgerät ausgewechselt werden.

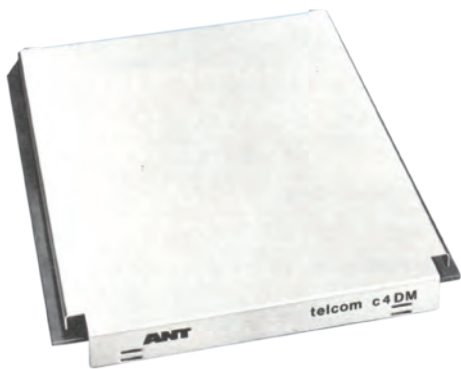
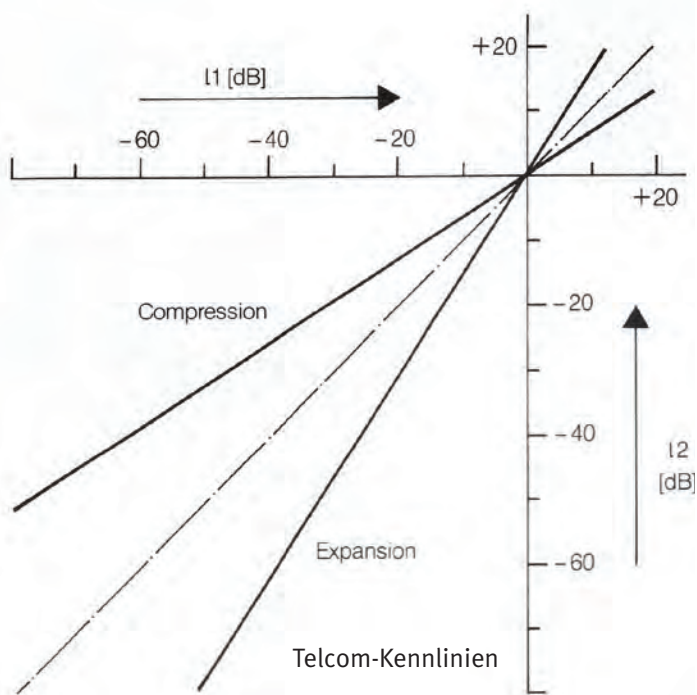
Bei allen Dolby-Systemen zieht sich ein wichtiger Hinweis wie ein roter Faden durch die Bedienungs- und Einstellanweisungen: Der Hinweis auf den Dolby-Pegel. Wenn man sich die Kennlinien im Bild anschaut, ist das auch zu verstehen. Sollten Bänder mit anderen Pegeln wiedergegeben werden, besteht die Gefahr, dass sich die Dynamikkorrektur im gekrümmten Bereich der Kennlinie bewegt und daher verfälscht wird. In sämtlichen Manuals wird immer wieder betont, dass es von sehr großer



Dolby-Kennlinien

Level [dBu]	Voltage [V <sub>RMS</sub> ]	Resistor-Value [kΩ]	
		Inputs	Outputs
- 4.00	0.49	110	69.8
0.00	0.775	12.7	11.3
+ 2.00	0.98	7.50	6.81
+ 2.215	1.00	7.15	6.49
+ 4.00	1.23	4.75	4.32
+ 6.00	1.55	3.09	2.80*
+ 8.00	1.95	2.00	1.82
+10.0	2.45	1.24	1.10
+12.0	3.09	0.698	0.604
+15.0	4.36	0.147	0.010

Widerstandswerte und zugehörige Pegel



Kompander c4 D als CAT 22-Karte (aus Telefunken Firmenschrift)

Wichtigkeit sei, dass Dolby-Aufnahmen bei Beginn eines Magnetbandes einen kleinen Teil enthalten, auf dem der entsprechende Dolby-Pegel, der auf der Karte erzeugt wird, aufgezeichnet ist. Es handelt sich dabei um die Magnetisierung von Bandmaterial in einer bestimmten Stärke, damit ein Wiedergeben mit der richtigen Dynamikzerrung stattfinden kann. Ein Austausch von Bändern zwischen Europa und Amerika machte diese Maßnahme notwendig.

## Der Telcom c4-Kompander

Dieses, im Jahr 1975 von Ingenieuren von Telefunken entwickelte Rauschunterdrückungssystem war quasi die (verbesserte) Antwort auf die Errungenschaften der Dol-

by-Mannschaft. Es war nicht mehr temperaturempfindlich, arbeitete ebenfalls mit 4 Frequenzbändern mit unterschiedlichen Zeitkonstanten und vergrößerte den Dynamikgewinn sogar um 30 dB!

Es konnte neben der Tonaufzeichnung auch für die Störunterdrückung bei Leitungsüberspielungen eingesetzt werden. Bei Mehrspuranlagen diente es durchaus zur Vergrößerung der Löschdämpfung. Ein weiterer Vorteil: Es gibt keine verschiedenen Versionen – jede Telcom-Aufnahme ist mit jeder kompatibel. Und: die Kompanderkennlinien sind gerade. Das hat zur Folge, dass eine Pegelvariation keine so großen Folgen für die Wiedergabe hat. Zusätzlich wurde jeder Telcom-Einheit eine Pegeltabelle mitgegeben, aus der ersichtlich war, welche Widerstandswerte für bestimmte Studioumgebungen eingelötet werden mussten.

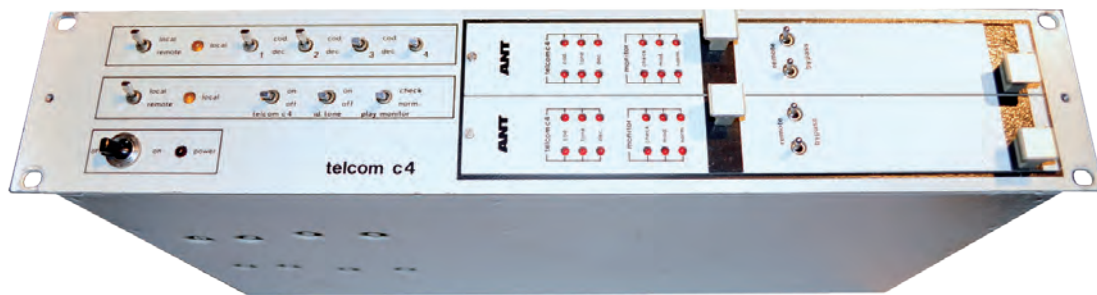
Trotzdem ist die Pegelempfindlichkeit nicht mehr in diesem Maße gegeben, wie beim Dolbykompander. Ein dynamikgetreues Abspielen einer Telcom-Aufnahme ohne Telcom ist – wie bei Dolby – ebenfalls nicht möglich. Ein besonderes Feature ließen sich die Telefunken-Ingenieure zusätzlich einfallen: Sie entwickelten den Kompandereinschub Telcom c4 D, der anschlusskompatibel mit der Dolby-Karte CAT 22 war und es dem Studiobetreiber ermöglichte, diese einfach in den Einschubträger Dolby A 360 oder A 361 einzusetzen. So wurde durch einfachen Platinentausch aus einem Dolby- ein Telcom-System.

Die Telcom-Systeme haben sich im Laufe der Zeit sowohl vom Gehäuse als auch vom Platinenlayout geändert. Die elektrische Funktion blieb aber immer untereinander kompatibel

Anfänglich besaßen die Geräte diverse Schalter zur Einstellung, ob sie als Expander oder als Kompander dienen sollten. Eine Fernbedienbarkeit ermöglichte das automatische Umschalten, wenn eine Bandmaschine von Aufnahme auf Wiedergabe geschaltet wurde.

Sehr elegant – aber auch aufwendig – waren die Ausführungen, die es erlaubten, direkt das Hinterbandsignal zu expandieren. Auf diese Weise wurden 19-Zoll-Geräte mit einer Höheneinheit gebaut, die 4 Telcom-Prozessoren enthielten: Je zwei für Aufnahme und zwei für die Wiedergabe. Zu erkennen sind diese an den 8 XLR-Anschlüssen auf der Rückseite. Eine Umschaltung zwischen Aufnahme und Wiedergabe war hier nicht mehr nötig. Durch einen kleinen Schalter konnte man das Telcom-System deaktivieren. Es handelte sich um einen echten Bypass-Schalter, der, über Relais gesteuert, den Eingang direkt mit dem Ausgang koppelte. Neulich bekam

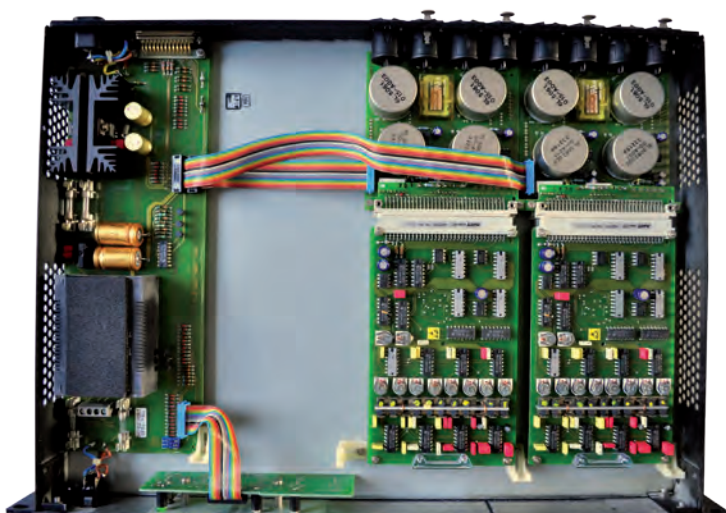




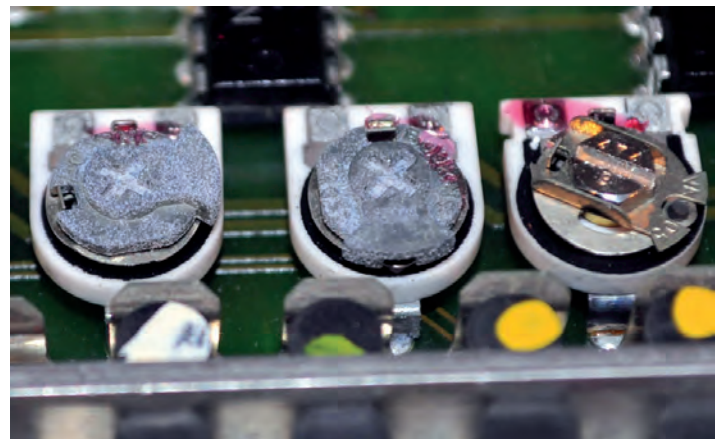
älteres Telcom-System

ich – unter anderem durch Berufung auf meine Beiträge im Studio-Magazin – einen neueren TelCom-C4-Kompander mit dem Hinweis überreicht, dass dieser nach einer gewissen Zeit unregelmäßige Pfeif-Geräusche mit übermäßig starkem Pegel abgebe. Der Kollege mastert schon länger wieder mit analoger Technik und hatte diesen Kompander unter anderem als Klangveredler mit in seiner Produktionskette. Dieses System habe ich zur Restaurierung auf meinem Arbeitsplatz. Es hat augenscheinlich in einem Ü-Wagen seinen Dienst getan, denn nach Öffnen der Abdeckplatte konnte ich schnell eine Ursache für die Fehlfunktion ausmachen: Die kleinen Trimmer für die Frequenzgänge haben eine graue Oxidschicht angesetzt, die den Übergangswiderstand zwischen Schleifer und Mittelanschluss vergrößert. Telcoms, diese schmalen, einfachen und unscheinbaren Einschübe, wurden immer recht stiefmütterlich behandelt und meist an schlecht belüfteten Stellen verbaut –

sie waren ja über Jahre hinaus wartungsfrei. Eine kurze Spezialbehandlung mit meinem Lieblingsmittel Ballistol und einer entsprechenden ausgiebigen Betätigung der einzelnen Trimmer ließen das Problem schnell verschwinden. Ich werde natürlich die Funktion weiter beobachten und nötigenfalls neue Trimmer einsetzen. Jedoch kann man wieder festhalten: Es sind nicht immer direkt die Bauteile selbst, die Störungen verursachen – meist sind es die Kontakte, die gepflegt sein wollen. Bei Equipment aus Ü-Wagen ist besonders große Vorsicht geboten, denn sie stehen häufig nicht gut geheizt in der Winterkälte, wenn sie nicht benutzt werden. Die kriechende Feuchtigkeit, die wirklich in die feinsten Ritzen gerät, ist halt der Feind von guter Elektronik. Hier noch einmal der Tipp für alle, die ältere Geräte ihr Eigen nennen: Öfter einschalten, die Regler und Taster bewegen, das Gerät auch einmal länger laufen lassen – am besten: Es häufig benutzen!



Innenansicht eines neueren Systems



Oxidierte Trimmer



# Studiowerkstatt 12

Text & Fotos: Uli Apel

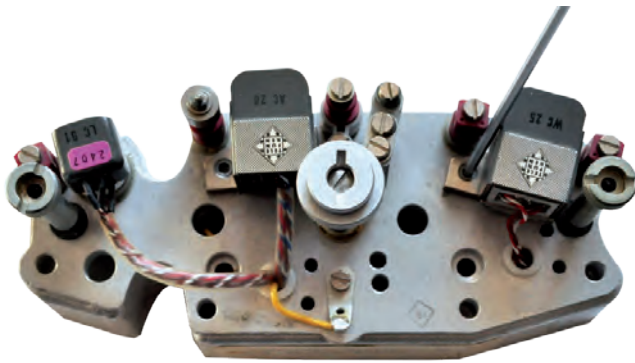
Telefunken M15A – fitgemacht für die Digitalisierung analoger Tonträger

Diese Folge der Studiowerkstatt kommt im wahrsten Sinne des Wortes direkt aus einem Studio. Es ist das Aufnahmestudio 1 in der Hörfunkproduktion des Bayerischen Rundfunks, Studio Franken in Nürnberg. Hier auf dem Gelände, auf dem sich neben der ARD/ZDF-Medienakademie auch das RBT (Rundfunk Betriebstechnik) befindet, lagert ein großer Teil historischer Aufnahmen in Form analoger Senkelbänder. Für deren Digitalisierung werden Maschinen zum Abspielen gebraucht, mit denen sie einst produziert wurden. Aufmerksam auf mich geworden war man dort durch die Studiowerkstatt-Serie, in der ich unter anderem, wie Sie sicher verfolgt haben, in zwei Folgen sehr detailliert auf die theoretische und praktische Einmessung von analogen Bandmaschinen eingegangen war. Die Kollegen aus Nürnberg baten mich, persönlich vorbeizuschauen und ich hatte auf diese Weise wieder einen guten Grund, die Wallensteinstrasse in Nürnberg aufzusuchen.





Mobiles Messlabor in Studio 1



Kopfräger von oben mit Inbusschlüssel zur Taumelung

## Das Studio als Werkstatt

Dort hatte man ein Aufnahmestudio reserviert, es zu einem Labor umgestaltet, Tische für mein Messequipment aufgebaut, und fünf recht gut erhaltene Telefunken-Maschinen im entsprechenden Wagen hereingefahren. Meine Aufgabe war es, den Wiedergabeteil dieser Maschinen nach ARD-Spezifikationen für das Abspielen von Bändern aus dem Archiv genauestens einzumessen.

Für diese Maßnahme hatte ich mein komplettes analoges Messequipment inklusive verschiedener Messbänder eingepackt. Die Messbänder mit unterschiedlicher Magnetisierung werden manchmal gebraucht, wenn es unter anderem um die Anpassung von Pegeln für die Verwendung von Telcom-Rauschunterdrückungssystemen geht. Hier gab es in Deutschland einstmals ein ‚Nord-Süd-Gefälle‘ von 190 Nano-Weber. Im Norden arbeitete man vorwiegend mit 510 nWb und im Süden hingegen mit 320 nWb. Daher gab es auch eine Sonderform der Telcom-Geräte mit umschaltbarem Bezugspegel. In meiner letzten Studiowerkstatt hatte ich die Rauschminderungssysteme ausführlicher beschrieben. In Nürnberg wurde immer mit 510nWb gearbeitet.

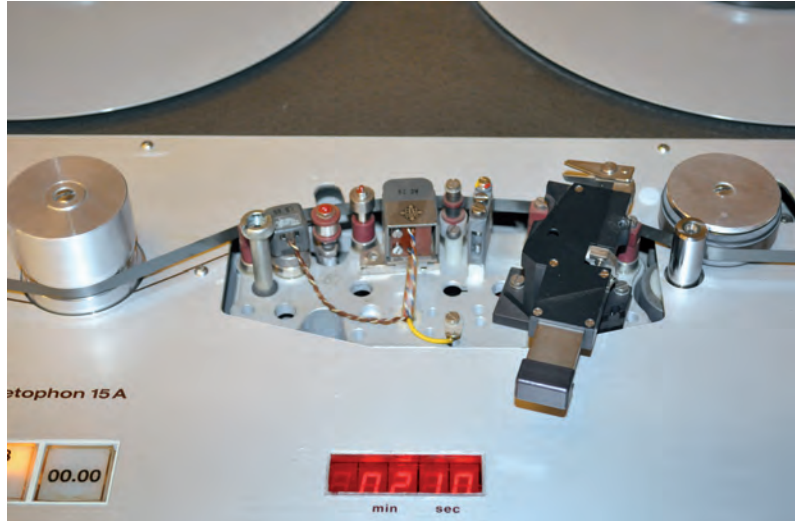
Zu meinem ‚Operationsbesteck‘ gehörten des Weiteren Abgleichschraubendreher, Entmagnetisiergerät, Spiritus, Benzin und eine Injektionspritze mit elastischer Braunüle. Auf diese Spritze wurde Ballistol zur Schmierung von Fühlhebeln und anderen mechanischen Komponenten aufgezogen. Zu meinem Messequipment gehört neben einem genauen analogen Pegelmessgerät mit doppelter Anzeige auch der klassische Neutrik-Pegelschreiber, dessen Papiervorschub weitgehend mit der Frequenzfolge auf dem Bezugsband übereinstimmt.



Doppelinstrument für die Pegelung von Stereogeräten



Neutrik-Schreiber mit Wiedergabe-Pegelschrieb



Bandlauf M15A



Wiedergabeverstärker mit Abgleichtrimmern



Bezugsband vom Institut für Rundfunktechnik

Nach Demontage des Kopfträgers, dessen ausgiebiger Reinigung und erneuter Montage wurden zunächst auch alle mit einem Band in Berührung kommenden Maschinenteile gereinigt und entmagnetisiert. Nach einem kurzen Probe-  
lauf mit normalem Band wurde der Aufnahmeschalter auf ‚Safe‘ geschaltet und das Messband aufgelegt. Hier zeigt sich die hervorragend durchdachte Mechanik einer Telefunken M15A:

Mit Hilfe eines Inbusschlüssels lässt sich der Spalt der Köpfe sehr genau senkrecht stellen. Die Gefahr, durch ein Zuviel auf ein Nebenmaximum zu geraten, ist kaum möglich. Der Wiedergabefrequenzgang ist ebenfalls bequem einzustellen, da sich auf der Platine neben dem Tiefentrimmer gleich zwei Höhentrimmer befinden. Mit ihrer Hilfe besteht die Möglichkeit, die entscheidenden Frequenzen mit ihren Pegeln sehr gut abzugleichen. Dadurch, dass die Bandmaschinen wegen guter Einlagerung keinen elektrischen oder mechanischen Defekt aufwiesen, war es möglich, sie mit entsprechenden Korrekturen wieder studiotauglich gemäß Pflichtenheft einzustellen.

Nach nunmehr zwölf Folgen und einer einjährigen Reise durch die analoge Technik vergangener Tage, die auch heute noch ihre begeisterten Anhänger findet, werde ich mich in Zukunft des Öfteren von einer Baustelle oder von meinem Arbeitsplatz mit einer konkreten Aufgabenstellung live bei Ihnen melden. Arbeit scheint es jedenfalls genug zu geben, wie das hier beschriebene Beispiel zeigt. Wenn Sie historischem Equipment wieder zu neuem Glanz und täglichem Einsatz verhelfen möchten, kann Ihr ‚Objekt der Begierde‘ vielleicht schon bald Gegenstand einer Folge dieser Serie sein. Gerne greife ich natürlich auch Wunsch- oder spezielle Detailthemen aus dem Kreis der Studio Magazin Leser auf.





# Studiowerkstatt 13

Text & Fotos: Uli Apel

**Auch Mikrofone kennen einen Tinnitus ...**

Waren es das letzte Mal die etwas größeren Geräte in Form von Studio-Bandmaschinen, die eine kleine analoge Nachhilfe brauchten, habe ich es in dieser Studiowerkstatt wieder einmal mit sehr filigranen Dingen zu tun: Auf meinem Tisch liegen zwei ältere Mikrofone der Firma Brüel & Kjaer nebst Kabeln und dazugehörigem Spannungsversorgungsgerät. Es handelt sich um Kugelmikrofone des Typs 4009 mit gleicher Seriennummer und dem angehängten Buchstaben ‚A‘ und ‚B‘ für Kanal 1 und 2, also mit Sicherheit streng abgegliche Geräte. Das ziegelsteingroße Spannungsversorgungsgerät Type 2812 im typischen B&K-Grün liefert unter anderem die für den Betrieb dieser Mikrofone nötigen 130 Volt. Hierbei handelt es sich um die Polarisationsspannung für die Kapseln. Die Verbindung von Spannungsversorgung und Mikrofonen geschieht über je ein fünf Meter langes Kabel mit XLR-ähnlichen Steckern, bei denen durch die Anordnung der Kontakte eine Verwechslung mit herkömmlichen XLR-Kabeln ausgeschlossen ist. Die Niederfrequenz-Ausgänge des Netzgerätes wiederum sind standardmäßig männliche XLR-Verbindungen für die beiden Kanäle. Die Ausgangspegel der Mikrofone lassen sich per Schiebeschalter um 6 beziehungsweise 12 dB abschwächen. Das ist auch für manch zart besaiteten Verstärker nötig, denn bei der hohen Polarisationsspannung können durchaus 50 mV/Pa entstehen.

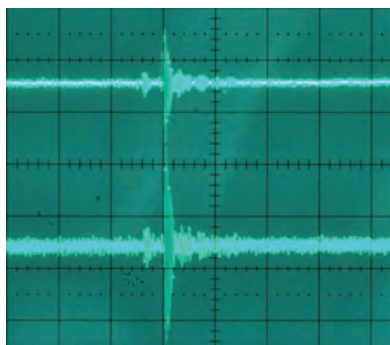
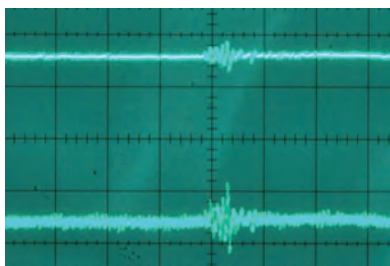




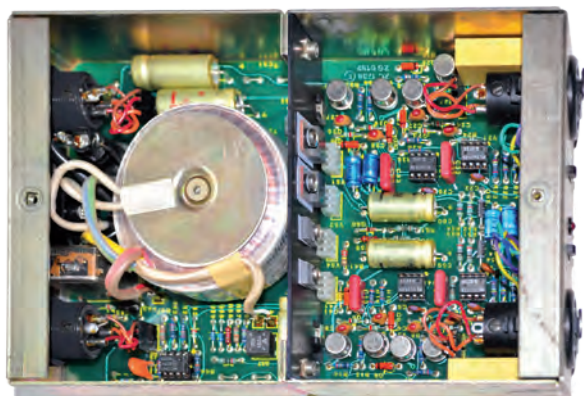
Mein Testverfahren für Mikrofone



Mikrofonpaar und Netzgerät



Typische Diagramme von ‚Tinnitus‘ an Mikrofonen



Offenes Netzgerät für erste Kontrollmessungen

Die Fehlerangabe des Einreichers war: Im Abstand von etwa ein bis zwei Minuten tritt ein lautes ‚Blob‘-Geräusch auf beiden Kanälen auf. Nach Zusendung eines WAV-Files (dank Internet) mit den Geräuschen wurde für mich beim Abhören schnell deutlich, dass es sich um kurzzeitige Spannungsunterbrechungen handeln musste. Der Verdacht, dass dafür das Netzgerät als gemeinsamer Spannungsversorger der Verursacher sein kann, liegt hier natürlich sehr nahe.

## Mikrofon-Prüfplatz

Wenn ich Mikrofone teste, mache ich das grundsätzlich über meine analoge Bandmaschine, eine NAGRA IV-S, da hier auf der einen Seite sämtliche Anschluss-Möglichkeiten für analoge Mikrofone vorhanden sind (Phantomspannung mit allen Spannungen und beiden Polaritäten, Tonader- speisung für betagte Klassiker, Anpassungen für nieder- und hochohmig dynamische Mikrofone) und auf der anderen Seite – als Tonmensch kennt man seine Stimme ab Hinterband recht gut – ist dieses Gerät hervorragend geeignet, Geräusche wiederzugeben, die nicht zur mir sehr gut bekannten Atmo in meinem bescheidenen Labor gehören. Sehr ruhig, sehr analytisch kann ich durch diesen Testaufbau in fremde Mikrofone hineinhören. Die richtige Empfindlichkeit ist dann eingestellt, wenn ich das Ticken meiner (mechanischen) Armbanduhr in circa 50 cm Entfernung zum Mikrofon über einen Kopfhörer (Sennheiser HD 25) noch gut hören kann. Dann bin ich völlig ruhig und konzentriere mich auf die Geräusche. Ein besonderer Test ist auch, die Membranen vorsichtig anzuhauen: Wenn dann als Folge davon Brutzelgeräusche auftreten, kann es sein, dass die Membranen verschmutzt sind oder Isolationsfehler aufweisen. Verschmutzungen lassen sich durch destilliertes Wasser vorsichtig entfernen (nur mit Pinsel – nie mit Q-Tip!) – siehe Studiowerkstatt 3. Ich habe immer wieder versucht, typische Mikrofon-Fehler-Geräusche auch einmal messtechnisch über diverse Analyser, Pegel-Schreiber oder ein Oszilloskop nachzuweisen und zu untersuchen. Sehr häufig werde ich kontaktiert mit der Bitte, doch einmal Tipps und Interpretationen zu geben, wie das Brutzeln, Knistern oder Brodeln auf einem Mess-Dokument aussieht, ob es die Röhre oder die Kapsel oder vielleicht ein Kondensator ist. Aber: das erfahrene Ohr ist und bleibt immer wieder das beste Beurteilungsorgan. Da bei meiner Untersuchungsmethode zeitgleich alles ‚über Band‘ läuft, habe ich auch stets die Möglichkeit, eventuelle Vorkommnisse direkt noch einmal akustisch und nötigenfalls auch für die Messtechnik zu wiederholen.



Bei der Untersuchung der beiden Mikros stellte sich heraus, dass es auch nach 40 Minuten intensiven Zuhörens keinen ‚Blob‘ gab. Das einzige, was ich bemerkte, war: beide Mikrofone haben einen Pegelunterschied von etwa 6 dB. Trotzdem: das Netzteil wird zerlegt, denn es könnte ja nach meinen Erfahrungen eine Reparatur durch die Erschütterungen beim Transport gewesen sein.

## Wenn Rappeln den Fehler beseitigt

Überhaupt ist der Feind des Fehlersuchenden meistens das gut gemeinte Klopfen des Betreibers an das Gerät oder das kurze Umstecken eines Anschlusses oder der Netzleitung. Sehr ärgerlich ist es, wenn nach solch einer Behandlung kein Fehler mehr auftritt und demnach auch nicht mehr zu finden ist: Es bleibt ein ungutes Gefühl, denn betriebssicher ist so ein Gerät leider nicht. Nach Entfernen des Gehäuses vom Netzteil fielen mir neben einem sehr sauberen Aufbau direkt ICs und Halbleiter auf, die säuberlich in Fassungen stecken.

Sie erinnern sich - Studiowerkstatt 9 – Thema Kontaktpflege: Das nächste Haarsträuben bei der Restaurierung älterer Geräte, besonders aus der Zeit, als die ersten integrierten Schaltungen eingeführt wurden, erzeugt der Umstand, dass alle ICs in Fassungen gesteckt wurden. Vom Hersteller für Servicezwecke gut und teuer gemeint, sind hier wahre Streubomben verteilt: Jedes einzelne Beinchen eines ICs und sein (schlechter gewordener) Kontakt zur Restschaltung kann zu einer Fehlfunktion des gesamten Gerätes führen, denn auch hier ist im Laufe der Jahre eine Oxidschicht zwischen Fassungskontakt und Bauteil-Beinchen entstanden.

So muss ich davon ausgehen, dass tatsächlich die Transporterschütterungen den beanstandeten Fehler beseitigt haben. Trotzdem habe ich noch eine Kontaktpflege der Halbleiter in ihren Fassungen vorgenommen: Ich wählte die Ruckelmethode, da die Anschlüsse bei genauerer Betrachtung durch eine Lupe noch nicht den Eindruck hinterließen, dass eine Individual-Behandlung der einzelnen Beinchen erforderlich ist.

Pegeldifferenz: Verstärker oder Kapsel?

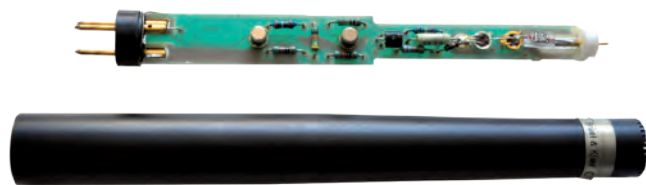
Bleibt nur noch die Forschung nach dem Pegel-Unterschied zwischen den beiden Mikrofonen. Durch den Aufbau der Mikrofone in einer sehr massiven Hülse mit Sicherung durch einen Sprengring am Stecker, ist es recht einfach, an den Mikrofon-Impedanzwandler (Verstärker) zu gelangen. Nach Entfernen dieser Sicherung lässt er sich bequem mit dem Gegenstecker aus dem Gehäuse ziehen.

Auf dem Foto ist sehr gut der recht einfache Aufbau des

Verstärkers zu sehen. Sämtliche Bauteile sind auf einer Platine verlötet. Rechts ist die Kontaktfeder zu erkennen: Diese drückt gegen die Gegenelektrode der Kapsel, wenn der Verstärker im Gehäuse sitzt. Hier sollte man peinlichst darauf achten, diesen Bereich nicht zu berühren: Jeder kleinste Fingerabdruck bedeutet hervorragenden Nährboden für Kriechströme, die dann einen neuen Tinnitus zur Folge haben. Gleichzeitig ist es jetzt allerdings möglich, die Bauteile und Leiterbahnen in Augenschein zu nehmen und die anliegenden (statischen) Versorgungsspannungen zu messen. Bevor ich den recht komplizierten Messaufbau zur Messung von Mikrofonverstärkern installiere, mache ich mir zunutze, dass ich zwei identische Mikrofone als Vergleich benutzen kann. Nach Austausch der Mikrofonverstärker in ihren Gehäusen wurde schnell deutlich, dass der Verursacher für den Pegelabfall nur die Mikrofonkapsel sein kann.

Sehr deutlich sind kleine Löcher am Rand erkennbar, die gerade bei echten Druckempfängern, wie es typische Kugelmikrofone nun einmal sind, für einen zusätzlichen Druckausgleich sorgen und damit einen Pegelabfall herbeiführen. An dieser Stelle hilft nur eines: Ein Aufziehen einer neuen Membran durch den Hersteller. Das geschieht nach Aussage der Deutschland-Vertretung direkt in Dänemark und ist durchaus lohnenswert.

Beim Aufziehen von neuen Membranen bin ich (noch) auf die Hilfe anderer angewiesen. Wer sich zutraut, seine eigenen Mikrofone zu untersuchen, sollte immer bedenken: Äußerste Vorsicht und Sauberkeit sind Pflicht, um nicht durch Unachtsamkeit neue Fehler hinzuzufügen. Die Kondensator-Mikrofontechnik ist immer eine sehr hochohmige Angelegenheit! Vielen Dank an den Einsender, hat er Ihnen als Leser und mir doch zu einer neuen Folge der Studiowerkstatt verholfen. Die nächste Folge“ handelt von: Melden Sie sich – ich freue mich!



Mikrofonverstärker neben dem Gehäuse





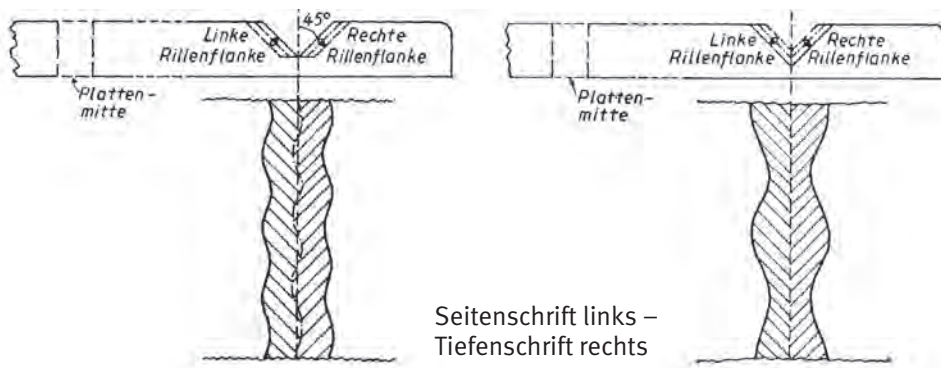
# Studiowerkstatt 14

Text & Fotos: Uli Apel

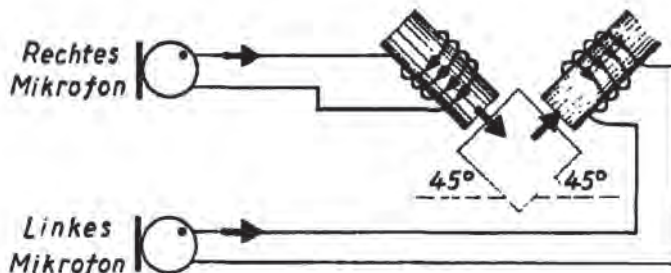
Musik aus der Rille: Über Schneidkurven und Schriftarten zum mechanischen Ton

Durch die Tonband-Artikel in den Studiowerkstattfolgen 6, 7 und 10 angeregt, erhielt ich Zuschriften und Hinweise, auch einmal auf die rein mechanische Aufnahme und Wiedergabe von Musiksignalen einzugehen. Es besteht Bedarf, Plattenspieler wieder so zu überholen und einzustellen, damit Schallplatten möglichst naturgetreu digitalisiert werden können. Dem will ich gern nachkommen, indem ich zunächst die mechanische Schallspeicherung beschreibe und dann Tipps für die Überholung eines EMT Studio-Plattenspielers gebe.

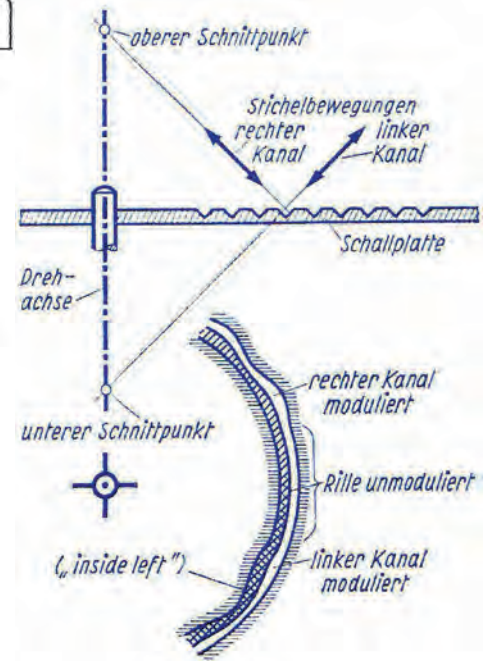




Seitenschrift links –  
Tiefenschrift rechts



2 x 45 Grad Schrift



Stereo-Rille in Schnitt- und Aufsicht

## Von der Walze zur Platte

Das Nadeltonverfahren, wie auch die Schallplattentechnik genannt wird, war eher da, als das magnetische Aufnahmeverfahren. Ich erinnere hier an die Erfindung des Phonographen durch Edison, der Wachsylinder bespielte und an die weitere Entwicklung durch Emil Berliner, der zur Umgehung des Edison'schen Patents, statt des Zylinders die Scheibe wählte. Beiden gemeinsam ist das mechanische Eingravieren von Schallwellen.

Wenn in den Anfangstagen des Rundfunks etwas aufgenommen werden musste, um es später senden zu können, wurde es im wahrsten Sinne des Wortes ‚mitgeschnitten‘. Eine Schneidemaschine, ähnlich aufgebaut wie ein Plattenspieler, diente zum ‚Schneiden‘ von Wachsmatrizen. In diese Aluminium-Scheiben, mit einem speziellen Wachs beschichtet, konnten mit Hilfe eines Schneidstichels die Schallwellen eingraviert – geschnitten – werden. Um ein leichteres Schneiden zu ermöglichen, wurden die Platten vor der Aufnahme in einem besonderen Schrank vorgewärmt. Der Schneidstichel wurde dann über ein spezielles Getriebe von außen nach innen geführt und eine Absaugvorrichtung beseitigte die anfallenden Späne. Platten, die nicht ‚vorgeheizt‘ werden brauchten, bestanden aus einem speziellen Kunststoff, dem ‚Decelith‘.

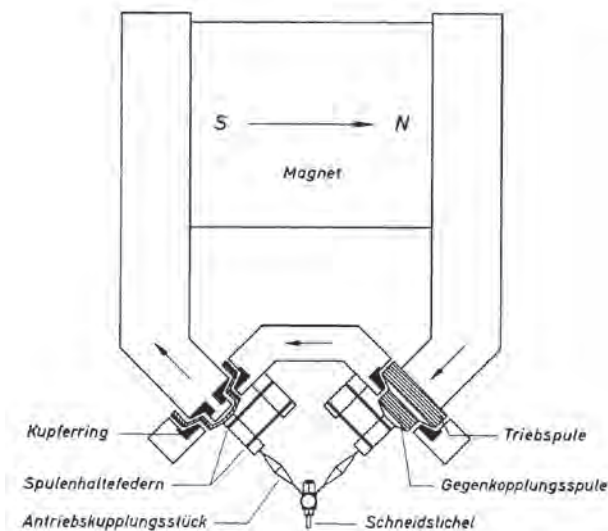
Diese Wachsplatte konnte anschließend archiviert oder ein paarmal abgespielt werden. Ein paarmal deswegen, weil das – auch bei Zimmertemperatur – recht weiche Wachs allein durch die mechanische Beanspruchung des Abspie-

lens immer mehr beschädigt wurde. Die wenigen, heute noch erhaltenen Wachsmatrizen werden daher mit äußerster Vorsicht behandelt und möglichst beim ersten Abspielen digitalisiert. Löschen ließen sich diese Aufnahmen übrigens auch: Das Wachs wurde wiederum erwärmt, anschließend abgezogen und geglättet.

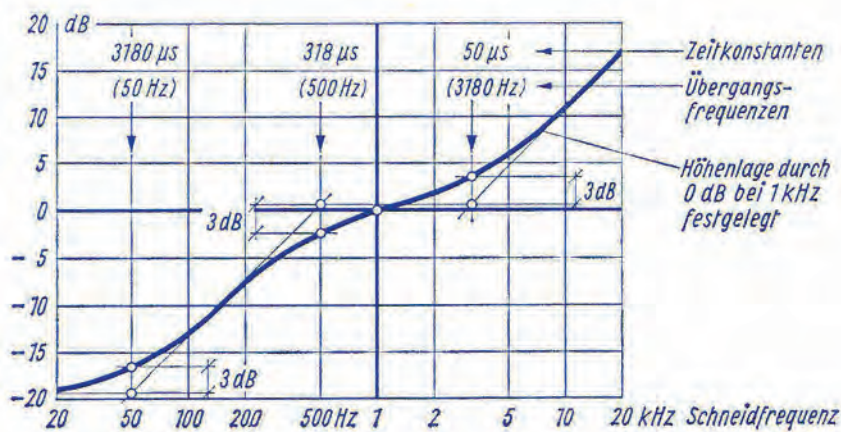
## Die Schriftarten

Die Schallspeicherung kann auf zwei verschiedene Arten erfolgen: Die Auf- und Abbewegung des Schneidstichels führt zur ‚Tiefenschrift‘, seine seitliche Auslenkung zur Seitenschrift. Auf der Tonwalze gab es nur die Tiefenschrift, in der Schallplattentechnik hat sich die Seitenschrift durchgesetzt.

Die Seitenschrift ist es auch, die es ermöglicht, zwei Kanäle in einer Rille unterzubringen. Versuche, für die beiden Kanäle je eine Rille zur Verfügung zu stellen, scheiterten an der dann sehr kurzen Spielzeit einer Platte. Genauso führte die Absicht, den einen Kanal mit Seitenschrift, den anderen mit Tiefenschrift in der gleichen Rille aufzuzeichnen, in eine Sackgasse. Erst im Jahre 1958 kam durch Mercury-Records die Stereo-Schallplatte mit der 45°-Schrift auf den Markt. Hier war es möglich, zwei Kanäle mit minimalem Übersprechen in einer Rille unterzubringen. Die eine Rillenflanke trägt Informationen für den linken, die andere für den rechten Kanal. Der Norm zufolge



Stereo-Schneidkopf von Westrex



IEC-Schneidkennlinie

ge ist die Modulation der inneren Rillenflanke für den linken Kanal zuständig.

Das Verfahren wurde abgeleitet von der Anordnung der Mikrofone beim Blumlein-Stereo-Verfahren: Hier sind es zwei Achter-Mikrofone im Winkel von 90 Grad, die durch ihre Anordnung ein minimales Übersprechen der beiden Kanäle ergeben.

Auf der Abbildung sind auf der einen Seite (rechts) die Spulen und auf der anderen (links) die Führungen gut zu erkennen.

## Frequenzgänge

Wie bei der magnetischen Schallspeicherung auf Tonband hat man es bei der mechanischen ebenfalls mit Frequenzgang-Entzerrungen zu tun. Im niederfrequenten wird die Nadel mehr als im hochfrequenten Bereich ausgelenkt. Damit bei der Aufzeichnung von Bässen aber der Platzbedarf der Rille nicht zu groß wird, werden diese abgeschwächt und die Höhen angehoben. Bei der Wiedergabe wird umgekehrt verfahren. Bezüglich der Normung gab es sehr lange viele Diskussionen, wie denn diese Frequenzgänge auszusehen haben.

In den Anfängen der Schallplattentechnik – besonders noch zu Mono-Zeiten – gab es Verstärker mit bis zu zwölf verschiedenen Entzerrungen. Auf den Platten selber gab es nie einen Hinweis auf die verwendete Entzerrung. Viele Plattenhersteller hatten sogar eine Art ‚Hausnorm‘. Erst mit der weiten Verbreitung der Stereo-Technik wurde die IEC-Schneidkennlinie eingeführt. Die Übergangsfrequenzen der verschieden verlaufenden Kurven-Teilabschnitte sind dem Verhalten von RC-Gliedern entspre-

chend in Mikrosekunden ( $\mu$ s) ausgedrückt. Beim zuletzt genormten Frequenzgang wurden 3180/318/75  $\mu$ s festgelegt.

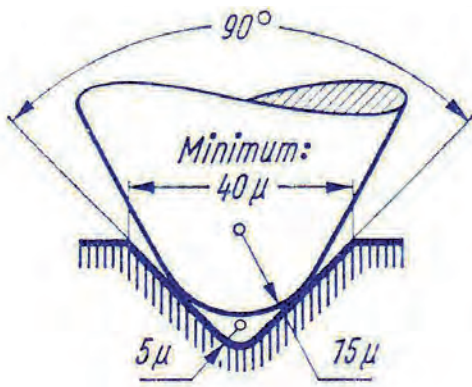
## Magnetisch oder Kristall?

Die vorstehenden Ausführungen beziehen sich auf die Wiedergabe durch ein magnetisches System. Ähnlich der Wiedergabe eines Magnetbandes sinkt die Ausgangsspannung mit fallender Frequenz. Anders verhält es sich, wenn der Tonabnehmer einen Kristall zur Spannungsabgabe enthält. Diese arbeiten annähernd amplitudenproportional und es kann auf einen sogenannten ‚Phono-Entzerrer‘ verzichtet werden. Kristallabnehmer eignen sich aber weniger für hochwertige Wiedergabe, da sie von Natur aus einen recht hohen Klirrfaktor mit sich bringen. Außerdem unterliegen sie einer gewissen Alterung und sind obendrein auch noch sehr empfindlich gegenüber Feuchtigkeit.

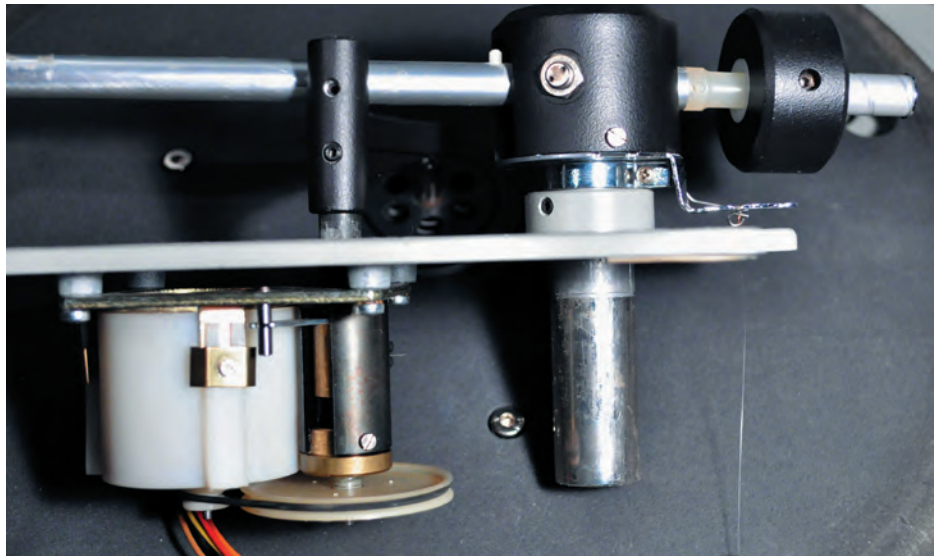
## Normalrille – Mikrorille – Stereorille

Da die Stereoschrift mehr Raum als die Monoschrift beansprucht, mußten die Rillenabstände kleiner werden, damit eine 30-cm-Langspielplatte wieder eine Spielzeit von 28 Minuten auf einer Seite hatte. Die schmaleren Rillen erforderten einen kleineren Verrundungsradius der Abtastspitze. Gleichzeitig wurde die Auflagekraft reduziert. Besonders wichtig ist das Auflagegewicht. Ist dieses zu groß, werden mit der Zeit die Rillenflanken auf der Platte beschädigt. Ist es zu klein, kann die Nadel der Modulation nicht mehr richtig folgen und es treten Verzerrungen auf. An dieser Stelle kann man den Angaben des Herstel-





Abtastnadel in der Stereorille mit Bemaßungen



Rechts ist das kleine Gewicht für die Anti-Skating-Einrichtung zu erkennen

lers folgen und die entsprechenden Werte einstellen. Es gibt aber auch die Möglichkeit, mit Hilfe einer Messschallplatte die Werte individuell für das entsprechende System zu ermitteln. Hier möchte ich besonders darauf hinweisen, dass jedes System auch altert: Die Rückstellkraft für die Nadel ändert sich mit der Zeit: Sie wird härter.

## Skating

Ein weiterer kleiner Stolperstein, den uns die Physik beschert, ist der Umstand, dass ein Abtastsystem, welches auf der sich drehenden Platte liegt, stets nach innen gezogen wird. Dies geschieht durch die Reibung zwischen Nadel und Platte. Bei Stereo-Wiedergabe hat das zur Folge, dass die Nadel den linken Kanal stärker abtastet als den rechten. Ausgleichen lässt sich dies durch eine Vorrichtung, die den Tonarm mit der gleichen Kraft nach außen zieht, wie er nach innen wandern würde. Realisiert wird das entweder durch eine entsprechende Feder oder ein Gegengewicht, welches über einen Hebelmechanismus wirkt und den Arm nach außen zieht. Das Foto zeigt den ausgebauten Tonarm. Links ist der motorgetriebene Abhebemechanismus (Lift) zu erkennen und rechts – am ‚seidenen‘ Faden das kleine Anti-Skating-Gewicht.

## Rumpeln

Die vorangegangenen Ausführungen lassen schnell erkennen, dass durch die Aufnahme- Frequenzgang-Vorverzerrung tiefe Frequenzen beim Wiedergeben recht stark angehoben werden müssen. Das hat zur Folge, dass nicht nur die Rilleninformation sondern jede bei der Abtastung auf-



Tonarmlager mit Gewichtsskala.

tretende tiefe Frequenz überproportional verstärkt wird. Besonders fallen hier mechanische Erschütterungen ins Gewicht, die bei der Drehung des Plattentellers entstehen. Diese Rumpelstörungen können nur durch ein entsprechendes Filter oder einen sehr guten mechanischen Lauf klein gehalten werden. Um weitere tieffrequente Erschütterungen wie zum Beispiel Trittschall vom System fernzuhalten, ist es unbedingt nötig, dass Plattenspieler schwingend gelagert werden. Hier würde sich Trittschall noch stärker bemerkbar machen als bei einem Mikrofon auf einem Stativ.

## Der EMT 948 zum Beispiel

Bei der Überholung eines Plattenspielers ist es zunächst wichtig, dass sich das drehende Tonarmlager über den gesamten Abtastbereich völlig frei bewegen kann. Dieses ist die größte Bewegung, die ein Tonarm machen muss.

Am leichtesten lässt sich das überprüfen, indem das Auflagegewicht so eingestellt wird, dass das System über einer (alten) Platte schwebt. Dazu wird das Rändelrad oder der Zeiger mit der Gewichtsangabe auf ‚0‘ gestellt und mit dem Ausgleichsgewicht hinten am Arm der Schwebezustand eingestellt. Jetzt sollte sich der Tonarm nach leichtem Anstoßen zwischen dem äußeren Rand und der Auslaufrille der Platte bewegen. Gleichzeitig sollte sich der Tonarm leicht auf und ab bewegen. Hierdurch ist das zweite Lager überprüfbar. Falls eine Antiskating-Einrichtung vorhanden ist, wird der Tonarm langsam von dieser von innen nach außen gezogen.

Wenn diese Bewegungen ohne Ruckeln möglich sind, kann mit dem Zeiger das gewünschte Auflagegewicht eingestellt werden. Wer es ganz genau wissen möchte: Im Zubehörhandel sind Tonarmwaagen erhältlich, mit denen sich das Gewicht an der Nadel auf 0,1 Gramm genau einjustieren lässt. Sollte bei diesem Modell eine Ölung des Tellerlagers nötig sein, muss mit sehr großer Vorsicht vorgegangen werden, da sich empfindliche Hall-Sensoren unter dem Teller befinden. Sie dienen zur Überwachung und Regelung der Geschwindigkeit.

## Tondose

Beim Entriegeln des Tonabnehmers (bei EMT heißt dieser ‚Tondose‘) fällt auf, dass er nicht, wie gewöhnlich, die Führungsnase oben, sondern unten hat. Daher ist es nicht möglich, das Gerät mit einem anderen Tonabnehmer zu betreiben. Die vier sichtbaren Kontakte sind die Anschlüsse des Systems. Beim vorliegenden Plattenspieler wurde in die Original-Tondose ein dynamisches Shure-System eingebaut. Wegen dessen höherer Ausgangsspannung

sind die Eingangsübertrager auf der Entzerrerplatine gebückt. International durchgesetzt hat die Farbkennzeichnung der Systemanschlüsse: Für den rechten Kanal sind dies rot (+) und grün (-) und für den linken Kanal weiß (+) und blau (-). Abtastsysteme sind grundsätzlich – wie dynamische Mikrofone – symmetrisch aufgebaut. Manchmal findet sich auch noch eine schwarze Leitung, die die Abschirmung für das gesamte Gehäuse auf Masse legt. Bei der Wiedergabe einer Messschallplatte ist zu beachten, dass sich die Pegelwerte auf eine Auslenk-Geschwindigkeit (Schnelle) von 8 cm/sec beziehen. Das entspricht einer Auslenk-Amplitude von 12,8  $\mu$ . Bei diesem Plattenspieler können Ausgangs-Pegelwerte bis hinauf zu 22 dBu eingestellt werden.

Bei den Entzerrer- und Ausgangsverstärker-Platinen für die MC-Tondose sind die ICs gelötet, während sie – EMT-typisch – auf den anderen Platinen gesteckt sind. So habe ich natürlich, da das Gerät auf einem Kanal stumm blieb, zunächst kurz Wackelkontakte beseitigt. Die Drehzahl dieses Modells ist sehr stabil, da es sich um einen Plattenspieler mit Direktantrieb handelt. Bei solchen mit Riemen oder Reibrad wird verfahren wie beim Reinigen einer Tonbandmaschine: Es kommt Spiritus zum Einsatz. Reibradantriebe haben systembedingt die unangenehme Eigenschaft, dass sie sehr rumpelstörungsanfällig sind. Hier hilft nur die Neubeschaffung der entsprechenden Antriebs-teile. Sollte die Begutachtung der Nadel nötig sein, hilft nur ein Mikroskop. Nur mit dessen Hilfe ist es möglich, die abgeschliffenen Flanken zu begutachten. Erfahrungsgemäß nutzen Diamanten bei sachgemäßer Behandlung kaum ab. Sollten Sie die Überholung einer Schneideanlage oder eines Plattenspielers ins Auge fassen – lassen Sie es mich wissen – ich helfe gern.



Kontakte der Tondose



Entzerrer- und Ausgangsverstärkerplatinen





# Studiowerkstatt 15

Ulrich Apel, Fotos: Fritz Fey

Direkt aus dem Studio des Studio Magazins

Dieses Mal kam ein Hilfeersuchen aus meiner alten Heimat: Oberhausen-Sterkrade/Königshardt, direkt aus dem Studio des Studio Magazins in der Beethovenstraße. Ich wusste gar nicht, dass Fritz Fey und ich so lange Nachbarn waren und damals nichts voneinander wussten. Da gab es eindeutig Nachholbedarf. Fritz war es nämlich, der mich zu unserer gegenseitigen Kontaktpflege auf einen Kaffee einlud und mich bat, mir doch einmal seinen geliebten Compex-Limiter F 760 genauer anzusehen und anzuhören. Diese recht seltenen Geräte wurden in den siebziger Jahren in England hergestellt, gelten auch heute noch als der ‚1176-Killer‘ (Urei) und gehören zu den schnellsten FET-Limitern aller Zeiten. Zufällig besitze ich auch ein solches Gerät, das ich vor der ersten Inbetriebnahme stärker restaurieren musste, da es sehr feucht gelagert gewesen war. Ich weiß also, was sich unter der hammerschlaglackierten Oberfläche tut. Doch zunächst einmal ein Blick auf die Eigenschaften und die Funktion dieses von Kennern heute recht begehrten Klassikers.

## Eine diskret aufgebaute, analoge Allzweckwaffe

Die kleine, aber feine britische Firma ‚Audio Design Recording‘ beschäftigte sich seit etwa 1970 mit ausgeklügelten Dynamik-Prozessoren für Broadcast- und Produktions-Anwendungen. Heute ist der Hersteller immer noch aktiv, konzentriert sich jedoch auf Spezial-Entwicklungen für den digitalen Rundfunkbetrieb. Der F760 ist der ‚70er Jahre ADR-Klassiker‘ schlechthin und er wurde in verschiedenen Ausführungen hergestellt (unter anderem als Einbau-Kassette für die damals legendären Helios Konsolen). Voll diskret in Class-A Transistortechnik (weil es in diesen Zeiten auch gar nicht anders ging) ist dies ein typischer FET-Feedback-Kompressor (à la Urei 1176 - aber mit wesentlich mehr Funktionalität) in Doppel-Mono oder in Stereo-Ausführung. Zusätzlich zum wirklich gut klingenden Kompressor lassen sich separat auch noch ein Peak Limiter und ein Expander/Gate zuschalten, sodass dieses Gerät eine für damalige Verhältnisse ungewöhnlich große Funktionsvielfalt mit entsprechend weitreichenden Möglichkeiten anbot.

Die Geräte-Versionen von Fritz und mir sind jeweils eine der seltenen Ausführungen mit optionaler Trafosymmetrierung, die sich durch noch größeren Störabstand und Headroom auszeichnen. Das Gerät des Studio Magazins kommt direkt aus der Schweiz und hat dort, vermutlich einmal als Sendebegrenzer, bei Radio Zürich gedient. Der F760X Compex Limiter besteht aus drei Baugruppen: einem Kompressor, einem Limiter und einem speziellen Expander/Gate zur Rauschminderung. Jede dieser Gruppen kann separat oder gemeinsam zur Klanggestaltung herangezogen werden. Entwickelt wurden die ersten Geräte unter starker Berücksichtigung von Kundenwünschen. Sie kamen zunächst mit der Bezeichnung ‚F760X-RS‘ (RS stand für Rackmount Stereo) auf den Markt. Spätere Ausführungen hatten dann ein schlichtes Blechgehäuse mit blauer Hammerschlaglackierung und eine ergonomisch gestaltete Frontplatte mit zahlreichen Bedienelementen. Sie führten jetzt die Bezeichnung ‚Compex‘. Der Limiter ist als Spitzen-Begrenzer – heute würde man vielleicht die Bezeichnung ‚Brickwall-Limiter‘ benutzen – und der Kompressor mit variabler Ratio und

Threshold ausgeführt. Die Ratio-Einstellungen sind im Bereich 1:1 bis 20:1 möglich. Eine Release-Time kann von 25 ms über 3,2 s bis zur Stellung ‚Auto‘ gewählt werden. In der Stellung ‚Auto‘ wird die Regelzeitkonstante in Abhängigkeit vom Programmmaterial bemessen. Dieses Feature ist recht gern bei Sendebegrenzern gesehen. Das Besondere an diesem Kompressor ist allerdings die für damalige Zeiten außerordentlich kurze Attack-Zeit: sie ist durch drei Schalterstellungen zwischen 25 ms, 2,5 ms, und 250 Mikrosekunden (!) wählbar. Diese kürzeste Attack-Zeit wurde später nur noch durch den EMT-Transienten-Limiter unterboten. Durch die Expander/Gate Sektion des Gerätes ist es möglich, in Modulationspausen das Rauschen des komprimierten Audio-Signals zu unterdrücken. Natürlich wird diese Funktion auch gern für die Hervorhebung der Knackigkeit von Schlagzeugklang gewählt. Eine besondere Hysterese verhindert dabei das Pumpen des Gates, was in Anwenderkreisen anderer Geräte häufig Anlass zu Kritik gab. Ein unvorhergesehenes Öffnen und Schließen des Gates wurde dadurch verhindert, dass die Schwelle zum Öffnen höher als die zum Schließen war. Die Reduktion der Verstärkung schließlich wird durch zwei analoge Messgeräte (VU-Meter) auf der rechten Geräteseite angezeigt. Unter diesen Instrumenten befinden sich je eine rote und eine grüne Kontrollleuchte. Rot ist die Anzeige für das Erreichen des Spitzenpegels und grün zeigt das Ansprechen des Expanders an. Das Stereo-Gerät besitzt hier auch den Schalter zur Verlinkung der beiden einzelnen Prozessoren. Im Laufe der Zeit gab es mehrere Ausführungen: Bei einer handelte es sich um ein kleineres Modul für den Mischpulteinbau mit der Bezeichnung F760-N. Bei dieser fehlte zunächst die Expander/Gate-Baugruppe. Als diese später mit ins Gerät aufgenommen wurde,



Ausgebaute Verstärkerkarte

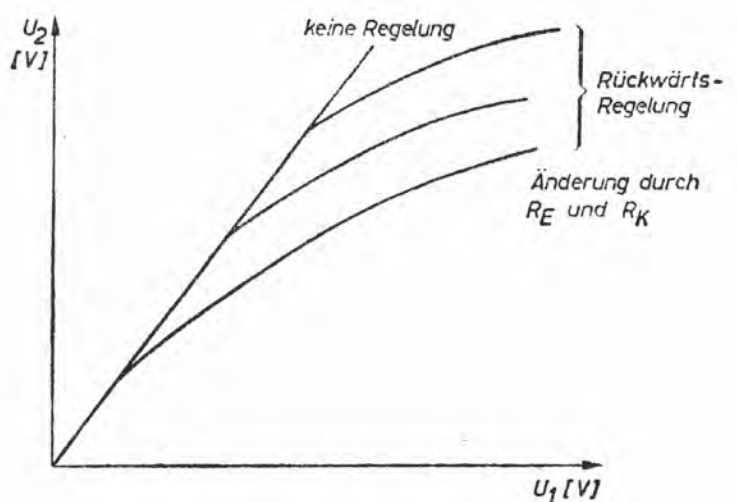
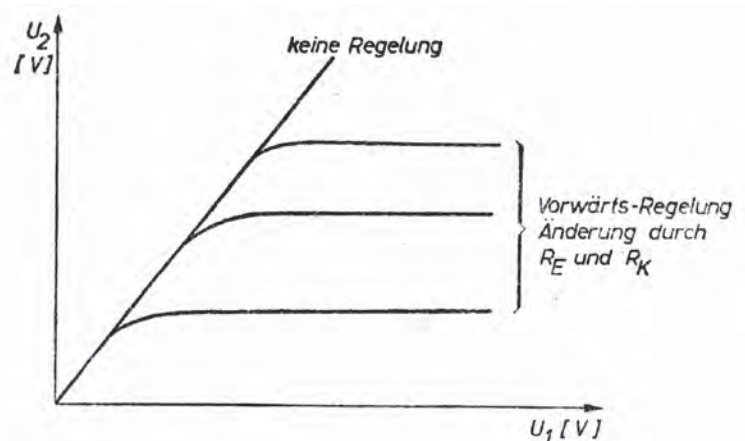


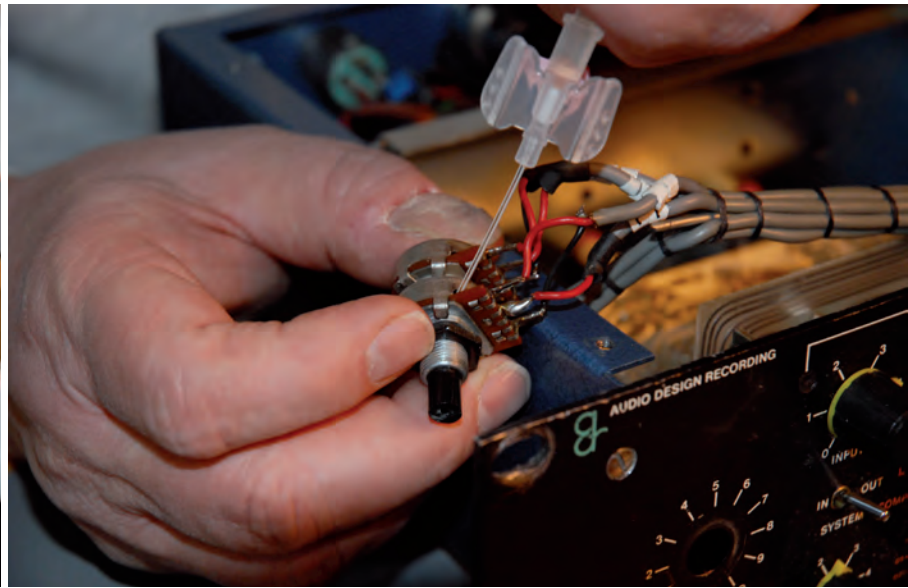
kam es die Bezeichnung F760X-N. Eine sehr seltene Version trägt die Bezeichnung F760X-RS/T. Ein sichtbarer Unterschied ist die Bezeichnung der VU-Meter mit der Aufschrift ‚Audio & Design Recording Ltd‘. Das ‚T‘ in der Typenbezeichnung schließlich deutet darauf hin, dass das Gerät mit Übertragern ausgerüstet ist. Sie wurden zunächst für einen harmonischeren Klang eingebaut. Durch sie wurde der  $k_2$ -Anteil leicht angehoben. Die Rundfunkanstalten bedienten sich aber dieser T-Geräte wegen ihres größeren Geräuschspannungsabstandes und der höheren Aussteuerbarkeit. Das Besondere an diesen Kompressoren: Es handelt sich um komplett diskret aufgebaute Einheiten mit dem besonderen Reiz, einen FET als Regelglied zu betreiben. Diese Art des Schaltungsdesigns kam den bekannten Kompressoren in Röhrentechnik (Fairchild 670 zum Beispiel) sehr nahe, denn ein Feldeffekttransistor ist bekanntlich ‚die Röhre ohne Heizung‘, was die elektrischen Eigenschaften angeht. Erstaunlich hierbei auch die Zahlen- und Buchstabenfolge in der ADR-Typenbezeichnung: F 760. Später kam dann unter anderem Neumann mit dem heute unter Kennern nicht minder beliebten U473 auf den Markt. Hier allerdings wurde die Regelung durch einen speziell entwickelten VCA (Voltage Controlled Amplifier) vorgenommen.

Ein kurzer Kurs in die Besonderheiten von Kompressoren zeigt das Regelverhalten dieser Geräte in Abhängigkeit von der Regelart: Die Pegelverläufe im Regelbereich verlaufen unterschiedlich, je nachdem ob es sich um vorwärts oder rückwärts geregelte Geräte handelt. Hier noch einmal die entsprechenden Kennlinien – entnommen aus einem Handbuch für Nachrichtentechniker:

## Nun zu unserem betagten Patienten

Fritz benutzte dieses Gerät nach eigener Aussage in letzter Zeit nur noch recht selten, denn bei der Betätigung der entsprechenden Pegelsteller gab es immer wieder Positionen, an denen gar nichts aus dem Gerät herauskam. Bei der Studioarbeit war es also nur noch möglich, bei den Potis bestimmte Stellungen zu wählen, um dann in irgendeiner Weise mit diesen Einstellungen anhängig vom Ansteuerungspegel arbeiten zu können. Begleitet wurden diese Aktionen von der ständigen Befürchtung, dass durch eine Erschütterung oder das unbeabsichtigte Berühren eines Potis bei einer wichtigen Aufnahme das Gerät aussetzen könnte. Fritz hatte nun die größte Sorge, dass eventuell die





Überprüfung der Reglerfunktion (links) nach der Behandlung mit Ballistol. Die biegsame Kanüle samt Spritze stammt vom Urologen (rechts)

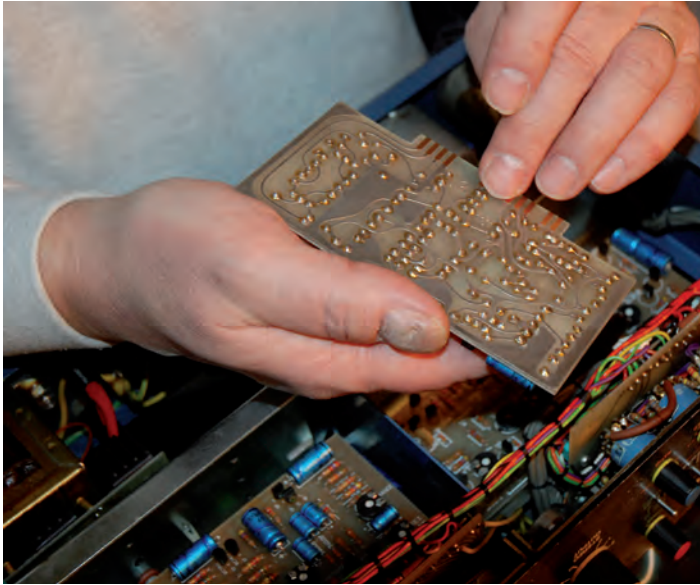
Kohlebahnen der Potis durch die Schleifer abgenutzt sein könnten, und dann an den entsprechenden Stellen keine Kontaktgabe mehr hätten. Neue Potis wären dann nötig und die Wahrscheinlichkeit, dass es genau passende gibt, ist bei dem Alter dieses Geräts recht gering. Nach Ausbau des Geräts aus dem Rack im Studio und der vorsichtigen Platzierung auf dem Besprechungstisch in der Redaktion öffnete ich das Gehäuse, setzte den Kompressor in Betrieb, schloss meinen kleinen Alleskönner – das PMG2 von W&G – an und hörte mir die Aussetzer und das Krachen beim Durchdrehen der einzelnen Potis und Schalter an. Ich erinnerte Fritz an Studiowerkstatt Folge 9: Kontaktpflege mit Ballistol und Spritze. Da die Potis von der recht preiswerten Sorte sind, konnte ich beruhigt mein Ballistol und die Injektionsspritze zücken.

Preiswerte Potis bedeutet: einfache Blechgehäuse an den Anschlüssen offen, Hartpapier als Träger der Kohleschicht und einfache Zentralbefestigung. Um richtig an diese Öffnungen zu gelangen, baute ich die einzelnen Baugruppen-Platinen aus und rieb natürlich auch sofort deren Kontakte mit ein wenig Ballistol ein. Das Hartpapier der Potis hat bei dieser Art der Behandlung die gute Eigenschaft, dass es sich mit Ballistol etwas vollsaugt und dadurch eine sehr lange Einwirkung des Öls garantiert wird. Schwieriger erwies sich die Behandlung der Schalter, die zur Einstellung von Release, Threshold und Ratio des Kompressors dienen. Der Aufdruck ‚Swiss made‘ trifft genau die Eigenschaften. Diese Schalter sind von der Sorte: gut ge-

kapselt, damit möglichst wenig Umwelteinfluss eindringen kann. Bei einem Schalter war auch schon eine Bohrung im Gehäuse zu sehen. Ich denke, einer meiner Vorgänger wird dort bereits in die Kontaktgabe eingegriffen haben. Der Vorteil: Ballistol hat hervorragende Kriech Eigenschaften und kommt selbst bei hermetisch verschlossenen Bauteilen durch kleinste Ritzen an die entsprechenden Stellen. Auf das ‚Löcherbohren‘ konnten wir also getrost verzichten. Nach dem Wiederausbau haben wir recht lange mit verschiedenen Einstellungen (Wer rastet, der rostet – Studiowerkstatt 9) diverses Programmmaterial ‚verbogen‘ und uns am krach- und störungsfreien Betrieb über den gesamten Regelweg aller behandelten Regler und Schalter erfreut.







Einreiben der Kartenkontakte mit Ballistol

Dass die Artikelserie ‚Studiowerkstatt‘ sogar Anreize schafft, die Umwelt zu schonen, zeigt sich in einer kleinen Mitteilung, die ich in der HiFi-Zeitschrift ‚Stereo‘ des Reiner-H.-Nitschke-Verlages in Euskirchen fand: ‚Nach zähen Verhandlungen mit dem Europäischen Rat hat das EU-Parlament eine neue ‚Richtlinie zu Elektro- und Elektronik-Altgeräten‘ verabschiedet. Demnach müssen die Mitgliedsländer bis 2016 pro 100 Tonnen verkaufter Elektro- und Elektronikprodukte 45 Tonnen sammeln und der Wiederverwertung zuführen. Bis 2019 steigt dieser Anteil auf 65 Prozent. Zu beachten ist, dass es sich dabei nicht um eine Recycling-Quote handelt, sondern der Prozentsatz auf die Menge der Neugeräte bezogen ist. Auf die gesamte Menge des Elektroschrotts bezogen, entspreche dies einer Quote von rund 85 Prozent, so das EU-Parlament. Das heißt, ab 2019 landen nur noch rund 15 Prozent des Elektroschrotts im Restmüll. Für einige EU-Länder gelten verlängerte Fristen. Weitere Neuerung ist, dass größere Elektrohändler künftig Kleingeräte wie Handys zurücknehmen müssen. Außerdem soll der Export von Elektroschrott schärfer kontrolliert und der administrative Aufwand für die Hersteller bei der Rücknahme verringert werden.‘

Ich hatte schon immer Schwierigkeiten, etwas wegzuworfen, wenn es noch zu retten ist. Ach ja: Ich hätte nie gedacht, dass ich auch (aktive) Lautsprecher reparieren kann. Meine kleine HiFi-Anlage im Wohnzimmer, bestehend aus einem CD-Spieler und zwei Klein &

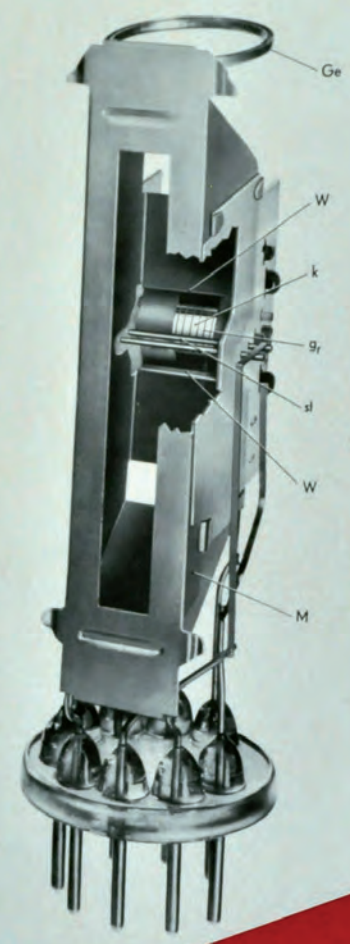
Hummel O 96 Monitoren, machte letztens auf einem Kanal die recht typischen Geräusche, die darauf schließen lassen, dass sich die Schwingspule eines Lautsprecherchassis zu sehr an die Magnete ‚anlehnt‘. Es kratzte bei der Wiedergabe von satten Bässen. So nahm ich den entsprechenden Monitor in mein kleines Labor, um einmal durch einen Gleitsinus die entsprechenden Resonanzen aufzuspüren. Es kratzte fürchterlich, jedoch konnte ich diese Geräusche nicht eindeutig einem bestimmten Chassis – im Verdacht hatte ich den Tieftöner – zuordnen. Sie erinnern sich an die Aufforderung in der Studio-Werkstatt 9 an allen Knöpfen zu spielen? Ich entdeckte den Bassschalter an der Rückseite und habe einfach mal kurz mit einem Schraubendreher daran gedreht: Es krachte fürchterlich. Durch die tiefen Töne und die Vibrationen bekam dieser Schalter im Laufe der Zeit Kontaktprobleme. Wie die ‚Wartung‘ anschließend aussah, brauche ich hier nicht nochmal genauer zu beschreiben. Trotzdem: Langsam habe ich das Gefühl, dass ich hier als ‚Der-Mann-mit-der-Spritze‘ bezeichnet werde. Aber: Es geht und lohnt sich!



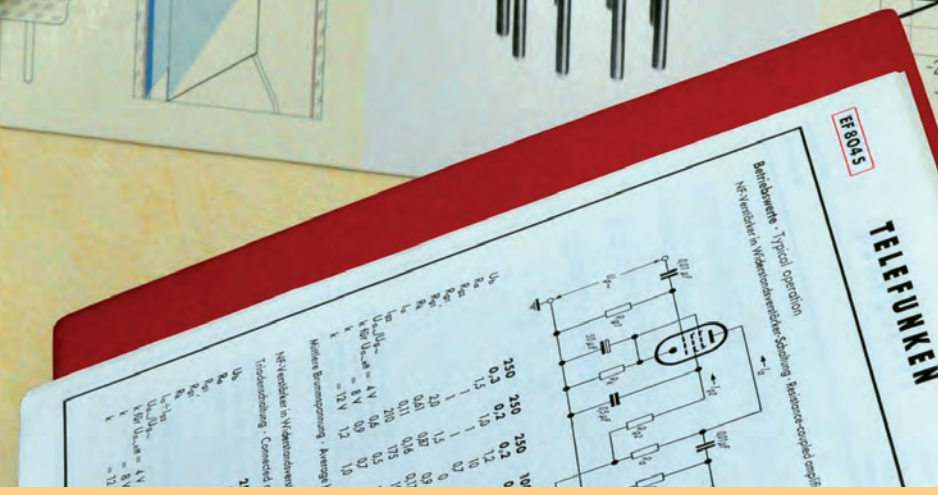




... (Magnisches Band)  
 ... (Tonband)  
 ... (EM 84a)  
 ... (beiden)  
 ... (wirkt)  
 ... (über den)  
 ... (des)  
 ... (der band-)  
 ... (zum)



Im R  
 etw  
 nung  
 Schir  
 wird  
 verki  
 200 V  
 der N  
 Die e  
 Katod  
 Die A  
 die Be  
 der Tri  
 folged  
 ergibt  
 spanni  
 und an  
 abni



# Studiowerkstatt 16

Text & Fotos: Uli Apel

Das Besondere an der Röhre in der Audio-Technik

Es ist schon erstaunlich und gleichzeitig beruhigend, dass wir Tonschaffende mit unserem Faible für analoge Inseln in der fast nur noch digitalen (Um)-Welt nicht allein dastehen. Kürzlich las ich in einer Fachzeitschrift für Photographie, dass man dort eine Artikelfolge ins Leben gerufen hat, die sich mit klassischen analogen Kameras beschäftigen wird. Es ist eine Folge von Besprechungen angekündigt, die dem Leser beschreiben, welche alten analogen Kameras mit welchen Eigenschaften heute besonders gefragt sind, und wie man diese Besonderheiten in die jeweilige vorhandene digitale Umgebung einbinden kann. Es werden, unter anderem, analoge Objektive beschrieben, deren Verwendung einem digitalen Bild einen Ausdruck verleihen kann, der mit einschlägigen – auch sehr umfangreichen – Bild-Bearbeitungsprogrammen nur mit vielen Kompromissen erzielt wird. Im Gegensatz zum analogen Sound ist hier der analoge Look gefragt – dieses Quäntchen an Weichzeichnung und Kontrastbeeinflussung.



---

## Das analoge i-Tüpfelchen

---

In der letzten Zeit werde ich immer häufiger gefragt, was denn bei der Restaurierung eines Röhren-Klassikers besonders zu beachten sei und ob es auch zusätzliche Möglichkeiten gibt, durch leichte Änderungen der Eigenschaften von Bauteilen zum Beispiel, in das klassische Klanggeschehen einzugreifen (ich möchte hier den Ausdruck ‚Pimpen‘ vermeiden). Hier bieten sich natürlich gerade die Röhrengeräte an, denn der Austausch einer Röhre für den schnellen Vergleich ist rascher geschehen, als das umständliche Auslöten von Transistoren oder gar integrierten Schaltkreisen.

In den Studiowerkstätten 2 + 4 hatte ich schon auf die Besonderheiten beim Betreiben von Röhrenverstärkern und die Funktion verschiedener Röhren mit Hilfe ihrer Daten und den daraus abgeleiteten Grundschaltungen hingewiesen. So möchte ich, angeregt durch viele Diskussionen und auch Fragen von Anwendern über die Röhrentechnik, in dieser Folge die Röhre mit ihren speziellen Eigenschaften und ihre Verwendung in Audiogeräten genauer vorstellen. Gerade diejenigen, die nicht – wie ich – mit diesem besonderen Bauteil groß geworden sind, möchten nicht nur den Charme der älteren Geräte für einen besonderen Klang einsetzen, sondern auch tiefer in die Geheimnisse dieser speziellen Hardware eindringen. Denn erst mit dem erweiterten Hintergrundwissen lassen sich manchmal bestimmte Eigenschaften abschätzen oder sogar voraussagen. Es kommen Fragen nach dem Grund, warum es spezielle Röhren für die Audio-Technik gibt und sich einige gut und wiederum andere weniger gut für den gleichen Zweck verwenden lassen. Auf der anderen Seite wird häufig danach gefragt, ob es klangliche Unterschiede zwischen einzelnen Herstellern der gleichen Röhrentype gibt. Schließlich werden Antworten auf die Frage nach dem Ersatz von nicht mehr auffindbaren Röhrentypen gesucht.

---

## Kleiner Rückblick in die Urzeit der Röhrentechnik

---

Auf der Suche nach einer Optimierung des Elektronenflusses und des Energiebedarfs zum Betrieb von Röhren gingen bis in die späten 60er Jahre des vergangenen Jahrhunderts Hunderte von Patenten ein. Man setzte sich nicht nur mit Verstärkungsproblemen auseinander, auch die gesamte Hochfrequenztechnik, sogar bis in den Giga-Hertz-Bereich (10 hoch 9 Hertz) profitierte von den unermüdlichen Erfindern und Verbesserern, die sich der Röhre und ihrer Anwendung in der Nachrichtentechnik verschrieben hatten.

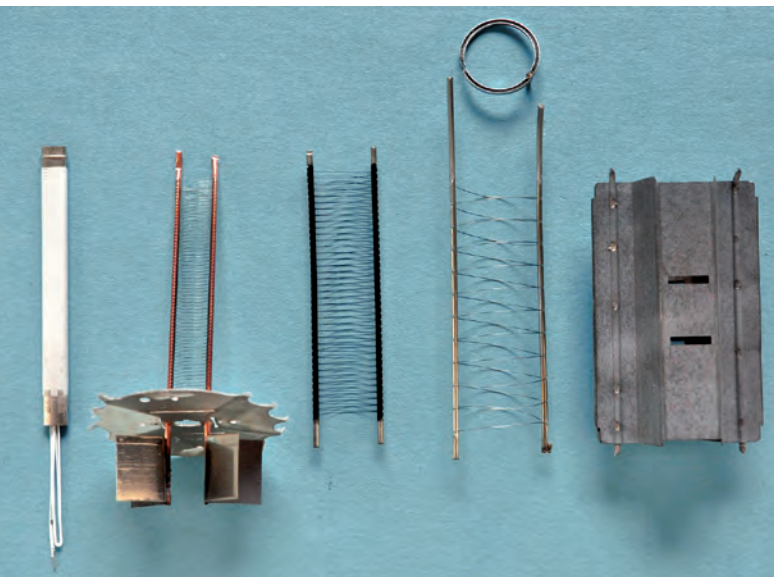


Scheibentriode für den SHF-Bereich bis 3 GHz



Foto RE 11 – erste in Serie hergestellte Telefunken-Röhre

Zunächst verbesserte man die Beschichtung der Kathode durch Barium zur gleichmäßigeren Elektronenemission. Die sogenannten ‚Hellbrenner‘, das waren Wolframkathoden, die ein Zimmer so beleuchteten, dass man ohne Probleme im Röhrenschein lesen konnte, gehörten somit schon nach dem 1. Weltkrieg der Vergangenheit an. Zeitgleich damit gingen viele Patente speziell auf die Richtung der Beeinflussung des Elektronenstromes zwischen Kathode und Anode ein: Zunächst gab es die Wirkungsgradverbesserung der ‚Eingitterröhre‘, der Triode, durch Einfügen des Schirmgitters, eines 2. Gitters zwischen Steuergitter und Anode, dadurch Verringerung der Abhängigkeit des Anodenstromes von der Anodenspannung. Die ‚Tetrode‘ – eine Röhre mit vier Elektroden war erfunden. Des Weiteren wurde an der Verringerung der Sekundärelektronenemission (Abprallen der auftreffenden Elektronen von der Anode) gearbeitet. Das führte zur Einfügung des



Heizfaden in Kathode, 1. Gitter, 2. Gitter, 3. Gitter und Anode einer Pentode

Bremsgitters, dem 3. Gitter zwischen Heizfaden und Anode. Hierdurch steigt gleichzeitig der Verstärkungsfaktor besonders bei Endröhren um ein Vielfaches. Die Tetrode (Vier-Elektrodenröhre) und die Pentode (Fünf-Elektrodenröhre) waren erfunden.

Weitere Schritte: Einfügen eines 2. Steuergitters (Heptode, Verwendung in der HF-Technik hauptsächlich als Mischröhre), indirekt geheizte Kathode (daher Wechselstromheizung möglich, sie machte den früher obligatorischen Heizakku überflüssig), Gitterwendel des 1. Gitters mit unregelmäßiger Steigung (Regelröhre), Spannungsgitterröhre (HF-Schaltungen bis 900 MHz), Langlebensdauereröhren für den Einsatz in Weitverkehrsverstärkern bei der Bundespost und in Unterseekabelverstärkern, Röhren mit wassergekühlter Anode für die Sendetechnik, Wanderfeldröhren für die Erzeugung von SHF – Super-High-Frequency – für den Richt- und Satellitenfunk, um nur einige weitere Meilensteine zu nennen.

Parallel zu dieser Entwicklung stiegen natürlich auch die Ansprüche an das Signalverhalten und damit an die Signalqualität hinsichtlich Verzerrungen und Rauschen. Die Röhren wurden für ihren speziellen Zweck optimiert: Es gab Niederfrequenz-, Hochfrequenz-, Stromversorgungs- und Schalterröhren (der erste Computer von Konrad Zuse arbeitete mit hunderten davon), die alle ihre eignen technischen Daten für den speziellen Verwendungszweck bekamen. Zusätzlich zu den reinen technischen Daten gesellte sich auch noch die Konstruktionsvielfalt der Sockel hinzu.

Nicht umsonst haben wir Röhrenfreunde meist umfangreiche Literatur mit tausenden von technischen Daten und

Anwendungsbeispielen im Schrank! Diese Daten nutze ich unter anderem, um Röhren zu vergleichen oder um Geräte mit nicht mehr lieferbaren Röhren möglichst nah an ihren Spezifikationen zu restaurieren.

Das Streben seitens der Hersteller nach ‚der Universalröhre‘ wurde schnell zugunsten erheblich besserer Speziallösungen aufgegeben.

## Röhren für Niederfrequenzverstärker oder: spezielle Audio-Röhren

Die häufigsten an mich gestellte Fragen beziehen sich auf den Einsatz spezieller Röhrentypen in Verstärkern oder auch in Mikrofonen. Der Unterschied zwischen Pentode und Triode kann genauso geheimnisvoll sein, wie der Austausch bestimmter Röhrentypen untereinander. Nicht jeder Anwender versteht, dass es unter bestimmten Voraussetzungen durchaus möglich ist, verschiedene Röhren in der gleichen Schaltung einzusetzen. Warum dies aber durchaus einen direkten Klangunterschied ergibt, erschließt sich nur demjenigen, der sich etwas näher mit Röhrendaten befasst. Das Besondere an der Röhrentechnik ist, dass man sehr früh erkannte, dass die Kathode, der Quell der Elektronen im wahrsten Sinne des Wortes, zu fast 70 Prozent an den Eigenschaften einer Röhre beteiligt ist. Hier wurden verschiedene Beschichtungen ausprobiert, die eine Röhre dann zum Beispiel für Hoch- oder Niederfrequenzverwendung spezifizierten. Außerdem gelang es, Beschichtungen zu entwickeln, die es erlaubten, eine Röhre längere Zeit zu heizen, aber die Anodenspannung abzuschalten. Ein weiteres Kriterium einer Röhre für Audio-Zwecke ist, dass sie im Hörfrequenzbereich möglichst rauscharm ist.

Diese Röhren, es können Trioden oder Pentoden sein, sind meist klein und unscheinbar, werden nicht sehr warm und verschwinden in der Regel unter metallenen Bechern, die ein Einstreuen von Störungen verhindern sollen. Da das ‚Steuergitter‘ im Vakuum zwischen Kathode und Anode hängt, ist allen Röhren gemeinsam: sie lassen sich ohne Leistungsaufwand, nur mit kleinen Spannungen sozusagen ‚müheles‘ steuern!

Dieser Umstand verleiht der Röhrentechnik einen sehr hochhohmigen Eingang, der ohne Probleme an die meisten Geräte oder auch Schaltungen angeschlossen werden kann, da diese dann rückwirkend kaum belastet werden. In der gesamten Verstärkertechnik geht es immer darum, ein sehr kleines Signal möglichst ohne Hinzufügen von Störungen durch Rauschen, Verzerrungen oder Laufzeiten so aufzubereiten, dass es seine Form behält – nur stärker ist.

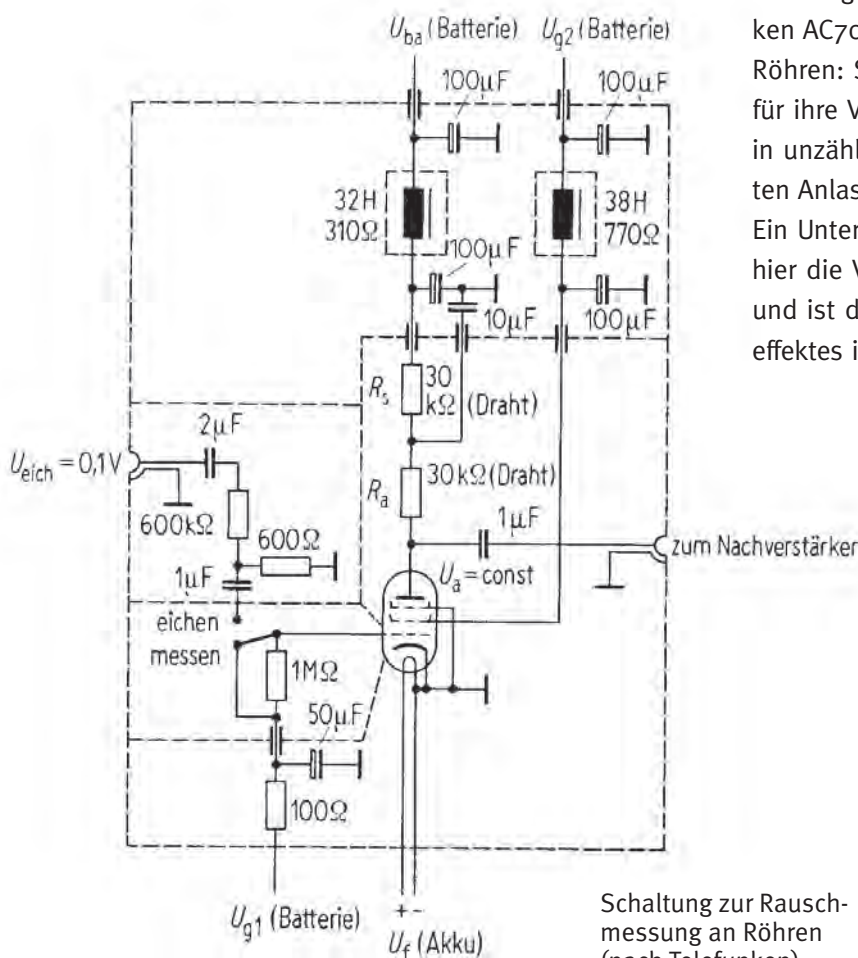
Gefragt ist hier ganz am Anfang also eine rauscharme, hoc-



hohmige Type mit geringem Eigenenergieverbrauch und geringen Verzerrungen. Denn alles, was diese erste Röhre durch ihre Eigenschaften schon von selbst verursacht, kann in den folgenden Stufen nur verstärkt (verschlimmert) werden. Ein ganz wichtiges Augenmerk in der gesamten Röhrenentwicklung wurde daher immer auf die Rauscheigenschaften dieser Vor-Röhren gelegt. Ich habe unzählige Fachbücher, Tabellen und Firmenschriften, die ständig um dieses eine Thema kreisen: Wie viel Rauschen kommt allein aus der Röhre, ohne dass sie auch nur ein kleines Signal verstärkt?

## Rauschen

Das Rauschen einer Röhre, und hier geht es um das hörbare Rauschen, wird unterschieden in Funkelrauschen, Schrotrauschen, und Stromverteilungsrauschen. Was sich hinter diesen Begriffen verbirgt, wie sie zustande kommen und welche Maßnahmen ergriffen wurden, um sie zu minimieren, ist Röhrenforschung vom Feinsten:



## Das tiefstfrequente Rauschen ist das Funkelrauschen

Diese auch ‚Funkeffekt‘ genannte Rauschstörung ist nur im Frequenzbereich unter 10.000 Hz, ja bis hinunter in den einstelligen Hz-Bereich nachweisbar. Sie rührt von den Schwankungen der Emissionsfähigkeit der Kathodenoberfläche her. Die Emission einiger hochbelasteter punktförmiger Emissionszentren auf der Kathode verarmt und es entstehen neue Zentren. Das ist hörbar. Dieser Funkeffekt tritt häufig bei Oxidkathoden auf. Er ist frequenzabhängig; das heißt, im Gebiet von 0 – 10 kHz ist seine Intensität umgekehrt proportional zur Frequenz. Das Brodeln eines Röhrenmikrofons muss also nicht unbedingt von einer defekten Kapsel herrühren. Es kann auch die Röhre und damit deren Kathode sein. Durch ‚Vergewaltigung‘ einer solchen Röhre auf einem Röhrenmeßgerät durch gezieltes Überlasten kann diese Störung minimiert werden. Diese Überlastung wurde zu Röhrenzeiten immer gern als ‚Regenerierung‘ bezeichnet. Auf Dauer lässt sie sich nicht eliminieren. Der Funkeffekt ist bei Röhren mit kleiner Kathodenbelastung, also solchen, bei denen wenig Anoden-Strom fließt und die gleichzeitig ein großes Vakuumvolumen, also einen großen Glaskörper haben, kleiner als bei großbelasteten Kleindröhren. Daher ist die Telefunken AC701k eine der besten von Telefunken entwickelten Röhren: Sie hat ein sehr kleines Vakuumvolumen, einen für ihre Verhältnisse recht hohen Anodenstrom, sitzt dafür in unzähligen Röhren-Kleinmikrofonen und gibt recht selten Anlass zu Störungen.

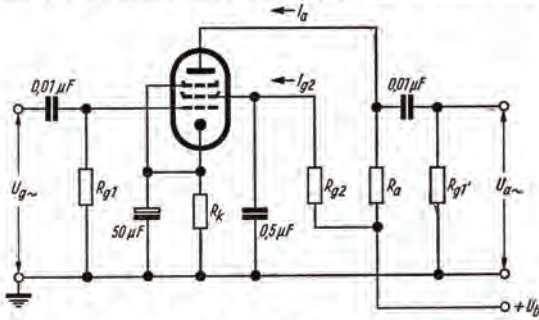
Ein Unterheizen der Kathode (besonders gefährdet ist hier die VF 14 im U47) erzeugt größeres Funkelrauschen und ist daher zu vermeiden. Eine Berechnung des Funkeffektes ist nicht möglich, er kann nur gemessen und die



Foto AC701k

## Betriebswerte · Typical operation

NF-Verstärker in Widerstandsverstärker-Schaltung · Resistance-coupled amplifier



$U_b$	250	250	250	100	100	100	V
$R_a$	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	MΩ
$R_{g2}$	1,5	1,0	1,2	1,2	1,0	1,2	MΩ
$R_{g1}$	1	1	10	1	1	10	MΩ
$R_{g1}'$	1	1	0,7	1	1	0,7	MΩ
$R_k$	2,0	1,5	0	5,0	3,0	0	kΩ
$I_a$	0,61	0,87	0,9	0,21	0,29	0,3	mA
$I_{g2}$	0,11	0,16	0,17	0,045	0,055	0,06	mA
$U_{a\sim}/U_{g\sim}$	210	175	190	125	120	120	fach
k für $U_{a\sim\text{eff}} = 4\text{ V}$	0,6	0,5	< 1	1,1	1,1	1,2	%
k = 8 V	0,9	0,7	< 1	1,7	1,6	1,8	%
k = 12 V	1,2	1,0	< 1	2,6	2,5	3,0	%
Mittlere Brummspannung · Average hum voltage	5 µV						

NF-Verstärker in Widerstandsverstärker-Schaltung · Resistance-coupled amplifier

Triodenschaltung · Connected as triode  $g_2$  an a

$U_b$	250	250	100	100	V
$R_a$	0,2	0,1	0,2	0,1	MΩ
$R_{g1}$	1	1	1	1	MΩ
$R_{g1}'$	1	1	1	1	MΩ
$R_k$	1,5	1,2	4,5	2,5	kΩ
$I_a + I_{g2}$	0,85	1,5	0,28	0,48	mA
$U_{a\sim}/U_{g\sim}$	31	29	26	26	fach
k für $U_{a\sim\text{eff}} = 4\text{ V}$	0,6	0,6	1,0	1,0	%
k = 8 V	0,8	0,7	1,5	1,7	%
k = 12 V	1,1	1,0	1,8	2,2	%

Röhren müssen selektiert (Stempelung ,M') werden! Das Funkelrauschen wird durch den nächst höherfrequenten Rauschanteil, das Schrotrauschen abgelöst. Dieses entsteht durch die Ungleichförmigkeit des Austritts der Elektronen aus der Kathode. Die Elektronenzahl, die von der Kathode zur Anode übergeht, ist pro Zeiteinheit einmal größer und einmal kleiner als der Durchschnittswert. Das Spektrum dieses Schwankungsstromes erstreckt sich mit konstanter Intensität von tieferen Frequenzen, und hier sind Frequenzen ab circa 10 kHz gemeint, bis in die Gegend von vielleicht 100 MHz. Dieses Schrotrauschen beschäftigt daher mehr die Konstrukteure von Hochfrequenzgeräten (Funkempfänger, Sender etc.) Wichtig: Es wird in jedem Frequenzabschnitt gleicher Größe unabhängig von der mittleren Frequenz, immer der gleiche Rauschstrom erzeugt!

Ein ganz spezielles Rauschen auch im hörbaren Bereich ist dann das ‚Stromverteilungsrauschen‘. Es hat nichts mit der Kathodenaktivität zu tun, denn man findet es nur bei Röhren mit mehreren Gittern. Die Elektronen, die aus der Kathode kommen und das Steuergitter passiert ha-

ben, werden bei Tetroden oder Pentoden noch durch das Schirmgitter oder Bremsgitter auf ihrem Weg zur Anode ‚behindert‘. Dem ursprünglich relativ gleichmäßigen Elektronen-Strom kommen diese Gitterstäbe in den Weg. Die Elektronen werden teilweise behindert, abgelenkt oder zerstreut und das erzeugt ebenfalls Geräusche.

## Spezielle Röhren und die Bedeutung ihrer Daten – ein Beispiel

Eine besondere Röhre ist die EF804 oder EF804S. Beide Typen sind gleich. Bei der letzteren handelt es sich um eine Ausführung mit sogenannter ‚Spezialkathode‘. Diese ist so aufgebaut, dass sie auch nicht Schaden nimmt, wenn die Röhre längere Zeit ohne Anodenspannung – also im Standby-Modus betrieben wird. Diese Spezialkathode verhindert die Bildung einer Zwischenschicht. Diese hat – wir befinden uns in einer Röhre! – Halbleitereigenschaften, die mit zunehmendem Alter Verzerrungen erzeugen. Bei dieser Type handelt es sich um die rauschärmste je gebaute Röhre. Als Beispiel und zur Erklärung von röhrentypischen Daten habe ich Original-Seiten der Röhre EF804S des Telefunken-Röhrenhandbuchs eingefügt.

Wie bei jeder Röhre ist hier zunächst die maximale Anodenspannung  $U_b$  angegeben. Dann folgen Angaben für den Ausgangswiderstand  $R_a$  und den Widerstand, der für die richtige Spannung an Gitter 2 zuständig ist  $R_{g2}$ .  $R_{g1}$  ist der Ableitwiderstand des Steuergitters, ohne den eine Röhre nicht betriebsfähig wäre: Wenn dieser fehlt, sammeln sich die von der Kathode ausgesandten Elektronen auf dem Gitter, laden es negativ auf und die Röhre würde sich selbst sperren. Hier sind Werte im MOhm-Bereich gebräuchlich, denn die Röhre soll im Eingang ja hochohmig bleiben. Besonders fallen jedoch die Angaben bei den  $U_a/U_g$ -Werten auf: Als Pentode ist der Verstärkungsfaktor zwischen 120- und 210-fach – als Triode beträgt er gerade einmal 26 bis 31-fach. Hieran ist die Steigerung des Wirkungsgrades der Pentode gegenüber der Triode zu erkennen. Im Datenblatt ist auch angegeben, dass Gitter 2 mit der Anode direkt zu verbinden ist. Die Schaltung oben kann sofort nachgebaut werden und sie findet sich auch in zahlreichen Studio-Eingangsverstärkern.

Diese Frage wird mir oft gestellt und ich muß gestehen, dass es außerordentlich schwer ist, hier Unterschiede festzustellen. Die Röhren wurden von den einzelnen Fabriken (beispielsweise Valvo, Philips, Lorenz, Telefunken, Siemens) unter strengen Pflichtenheftvorgaben mit sehr engen Toleranzen hergestellt und daher sind Unterschiede selbst in Hochfrequenzschaltungen nur äußerst gering.



Aus meiner Erfahrung als Rundfunk- und Fernsehtechniker, der ich vor meinem Studium einmal war, kann ich nicht sagen, welches Fabrikat besser oder vorteilhafter gewesen ist.

## Verschiedene Typen – gleiche Funktion?

Anders sieht es schon aus, wenn bei bestimmten Typen Lieferengpässe entstehen, oder auch nur sehr schwierig Ersatztypen beschafft werden können. Hier hilft nur das eingehende Vergleichen von technischen Daten unter der Prämisse, dass unter Umständen kleine Abweichungen toleriert werden können. Hier sei noch einmal an die Studiowerkstatt 4 erinnert, in der recht genau besonders auf die verschiedenen Sockelschaltungen (Pinbelegungen) eingegangen wird. Eine Nichtbeachtung kann sehr schnell zur Zerstörung von Röhre und sogar Gerät führen. Das Wichtigste sind also immer die ‚Pin-kompatibilität‘ und natürlich die Daten der Heizung. Dass bei manchen Röhren die Gestaltung des Sockels eine völlig andere ist, soll nur am Rande stören: Umsockeln lassen sich viele Röhren, wenn denn im Gerät selbst genug Platz ist. So ist es unter Umständen möglich, statt der VF 14 im U47 eine UF 14 zu nehmen. Die Heizung muss ‚nur‘ angepasst werden und man muss eine alte UF 14 finden, die kein Funkelrauschen hat...

**Netzröhre für GW-Heizung  
indirekt geheizt  
Parallelspeisung  
DC-AC-Heating  
indirectly heated  
connected in parallel**

# TELEFUNKEN

**EF 804 S**

**NF-Pentode**

**AF-pentode**

**Z**

### Zuverlässigkeit

Der P-Faktor gibt an, wie groß der Röhrenausfall in Promille je 1000 Std. werden kann. Er liegt bei ca. 1,5‰ je 1000 Std.

**LL**

### Lange Lebensdauer

Für diese Röhre wird eine Lebensdauer von 10000 Std., gemittelt über 100 Röhren, garantiert. Siehe „Ende der Lebensdauer“.

**To**

### Enge Toleranzen

Bei dieser Röhre sind Streuungen der elektrischen Werte gegenüber Rundfunkröhren eingengt. Siehe „Meßwerte“.

**Spk**

### Zwischenschichtfreie Spezialkathode

Die Spezialkathode dieser Röhre schließt das Entstehen einer störenden Zwischenschicht selbst dann aus, wenn sie längere Zeit bei eingeschalteter Heizung ohne Stromentnahme betrieben wird.

### Reliability

The factor P shows how many of 1,000 tubes fail during an operating time of 1,000 hours. It is 1.5‰ for each 1,000 hours.

### Long life

10,000 hours of operation time are guaranteed for an average of 100 tubes. See "End of the life".

### Tight tolerances

In these tubes the tolerances of the electrical values are reduced in comparison with radio tubes. See "Measuring values".

### Cathode free from interface

The cathode establishes no interface even in the cases where the heated tube is operated without plate current.

$U_f^1)$  **6,3 ± 5%** V  
 $I_f$  170 mA

### Meßwerte · Measuring values

$U_{ba}$	<b>250</b>	V
$U_{g3}$	<b>0</b>	V
$U_{bg2}$	<b>140</b>	V
$R_k$	<b>500</b>	Ω
$I_a$	<b>3,2 ± 0,7</b>	mA
$I_{g2}$	<b>0,6 ± 0,15</b>	mA
$S$	<b>2 ± 0,4</b>	mA/V
$R_i$	<b>2</b>	MΩ
$I_{g2g1}$	<b>38</b>	

<sup>1)</sup> Die garantierte Lebensdauer gilt nur, wenn die Heizspannung in den Grenzen von ± 5% gehalten wird (absolute Grenzen).

The guaranteed life applies only if the filament voltage is kept in the limits ± 5% (absolute limits).

### Ende der Lebensdauer, siehe „Meßwerte“

Anodenstrom	$I_a$	vom Anfangswert auf	2 mA	abgesunken
Steilheit	$S$	vom Anfangswert auf	1,4 mA/V	abgesunken
Negativer Gitterstrom	$-I_g$	vom Anfangswert auf	> 1,0 µA	angestiegen

### End of the life, see "Measuring values"

Plate current	$I_a$	reduced from initial value to	2 mA
Mutual conductance	$S$	reduced from initial value to	1.4 mA/V
Negative grid current	$-I_g$	increased from initial value to	> 1 µA

010961



Eine Type – verschiedene Hersteller





# Studiowerkstatt 17

Text & Fotos: Uli Apel

Vom Kühlschrank bis zum Bettgestell

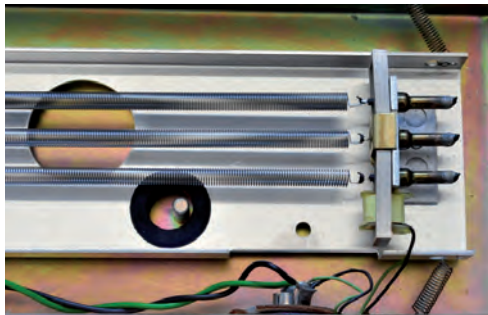
Wie Sie der Überschrift entnehmen können, beschäftige ich mich heute mit etwas größeren Geräten, die allerdings trotzdem mit Samthandschuhen angefasst werden sollten, auch wenn vom äußeren Erscheinungsbild her vielleicht nicht die Notwendigkeit besteht. In dieser Folge der Studiowerkstatt geht es um das wohl älteste Effektgerät der Tonstudientechnik: Das mechanische Hallgerät. Wenn man sich ein wenig mit der Geschichte der Elektroakustik beschäftigt, fällt auf, dass deren Wurzeln in der Geburtsstunde des Rundfunks in den frühen 20er Jahren liegen. War das Kapitel ‚Akustik‘ in der Physik bis dahin eher stiefmütterlich behandelt worden, so kam es sehr schnell ins Bewusstsein der Ingenieure, denn man erkannte, dass nicht nur die technischen Anlagen zum Gelingen mancher Übertragung beitragen, sondern dass auch die Raumakustik eine wichtige Rolle spielte.

Bedingt durch den in den Anfängen der Mikrofontechnik sehr holprigen Frequenzgang, sah man sich zunächst gezwungen, dadurch Abhilfe zu schaffen, indem man jegliche Akustik aus dem Raum verbannte. So ist eine der bekanntesten Abbildungen des ‚Sendesaals‘ der ersten Radiostunde in Deutschland das mit Wischtüchern und dicken Vorhängen ausgestattete Wohnzimmer im 4. Stock des Hauses Potsdamer Straße 10 in Berlin. Als ‚Mikrofonstativ‘ dienten zwei Berliner Telefonbücher. Sehr lange hielten sich diese akustischen Maßnahmen auch für die Produktion von Tonträgern.

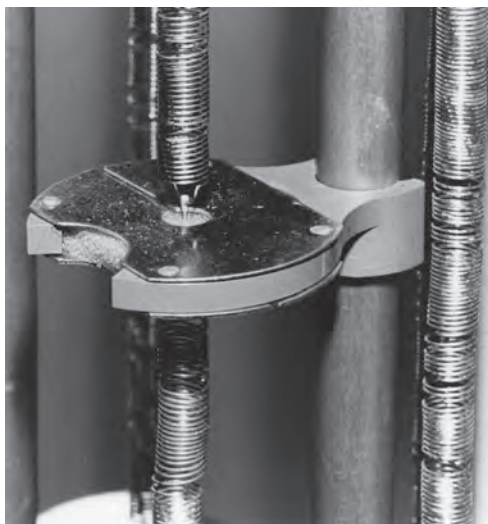


## Vom Hallraum zum Federhall

Als Hammond im Jahre 1935 seine ersten elektronischen Orgeln baute, erwarteten die Käufer seiner Instrumente auch in ihren kleinen Wohnzimmern den typischen Kirchensound. Durch Zufall erfuhr er von Versuchen der Bell-Laboratorien, die sich ein Hilfsmittel zur Simulation der Signalverzögerung von Ferngesprächen auf langen Leitungen gebaut hatten: Es handelte sich um Spiralfedern verschiedener Länge, eingeschlossen in einem Rohr und dieses gefüllt mit speziellem Öl zur Verhinderung des Halls. Hammond ließ das Öl weg und schuf durch viele weitere Experimente diverse Hallfedern, die auch heute noch unter dem Namen ‚Accutronics‘ vertrieben werden. Das Modell ‚Type 4‘ ist zum Beispiel der klassische Hall-generator im Fender Twin Reverb, einem der meistgekauften – und meistgehörten – Gitarrenverstärker. Diese Spirale besitzt den typischen Elektrogitarren-Hall-Klang, bedingt durch ihre Konstruktion. Um nun einen weitestgehend neutralen Hall-Klang zur Verhallung von normalem Programmmaterial zu erzeugen, bedienten sich die verschiedenen Hersteller besonderer Tricks. Auch Accutronics bot eine solche Einheit an.



Accutronics Type 9



Spirale mit Unregelmäßigkeiten (rechts) und ein Gummidämpfer (Mitte)

Die Abbildung zeigt die größte Halleinheit von Accutronics, die Type 9. Sie findet Verwendung in der ‚Oxford-Spring‘, einem Hallgerät in einem Rohr mit zwei dieser Spiralen und einem kleinen batteriebetriebenen Verstärker. Auf der Abbildung ist sehr gut zu erkennen, dass man drei verschiedene Hallspiralen parallelgeschaltet hat, um den typischen Federhall-Sound zu minimieren. Es ist sozusagen die ‚Dreiwege-Hallspirale‘. Ebenfalls ist auf dem Foto gut der ‚Antrieb‘ der Hallspiralen zu erkennen: Das kleine Magnetsystem mit fester Spule und dem kleinen Anker erregt die Spiralen quer zur Längsrichtung. So entstehen Querwellen, die es auch verhindern, dass bei hoher Amplitude die einzelnen Windungen der Feder zusammenstoßen und dadurch den typisch scheppernden Klang erzeugen. In machen Musikstücken ist dies auch provoziert worden und gehört damit zum typischen Klang. Allen Geräten gemeinsam ist: Die Länge der Spirale ist auch gleichzeitig verantwortlich für die Länge des Nachhalls. Um also einige Sekunden Hall zu erzeugen, mussten sehr lange Spiralen verwendet werden. Die ersten Exemplare waren dann auch bis zu drei Metern lang. Ein Nachteil dieser Geräte: Nicht nur die Erregereinheit innerhalb der Einheit sorgte für Schwingungen, sondern jedes Geräusch von außen wurde ebenfalls verhallt. Einen ganz anderen Weg ist die Firma AKG gegangen.



Konzertsaal der Berliner Funk-Stunde  
mit Mikrofon-Zelt

v. Dühren & Henschel

Mikrofonzelt, welches aus einem Reisz-Kohlemikrofon eine Niere  
machte (1930)

## Vom ‚Mehrwegesystem‘ zur Universalspirale

Mit Hilfe eines recht komplizierten Herstellungsverfahrens wurden Federn konstruiert, die beim ersten Anblick ein erschrockenes Kopfschütteln hervorrufen: Sie weisen über die gesamte Länge Unregelmäßigkeiten in ihrer Oberfläche und Dellen an unterschiedlichen Stellen auf.

s sieht aus, als seien sie an bestimmten Stellen angefräsen oder mit Gewalt eingequetscht worden. Man ist versucht, diese Beulen und Dellen geradzubiegen und den Belag vorsichtig zu entfernen. Dies bitte auf keinen Fall machen! AKG hat mit dieser Art der ‚Verunstaltung‘ der Feder deren Eigenklang genommen. Es kommen dadurch sehr viele diffuse Hallanteile, die in einem ‚normalen‘ Raum auch existieren, auf der gesamten Länge der Feder vor. Um diese Feder in ihrer ganzen Länge in einem praktikablen Gehäuse unterzubringen, ist man hergegangen und hat diese in speziellen Kurven umgelenkt. Das Problem bei diesen alten Geräten liegt an drei elektrischen/mechanischen Punkten: Es sind auf der einen Seite die Erregerspulen, die manchmal keinen Durchgang mehr haben, auf der anderen Seite die kleinen Gummistopfen, die das System gegen grobe Erschütterungen von außen bedämpfen und – das letzte Problem ist etwas gravierender: Die Hallfedern brechen gern an ihren Umlenkstellen.



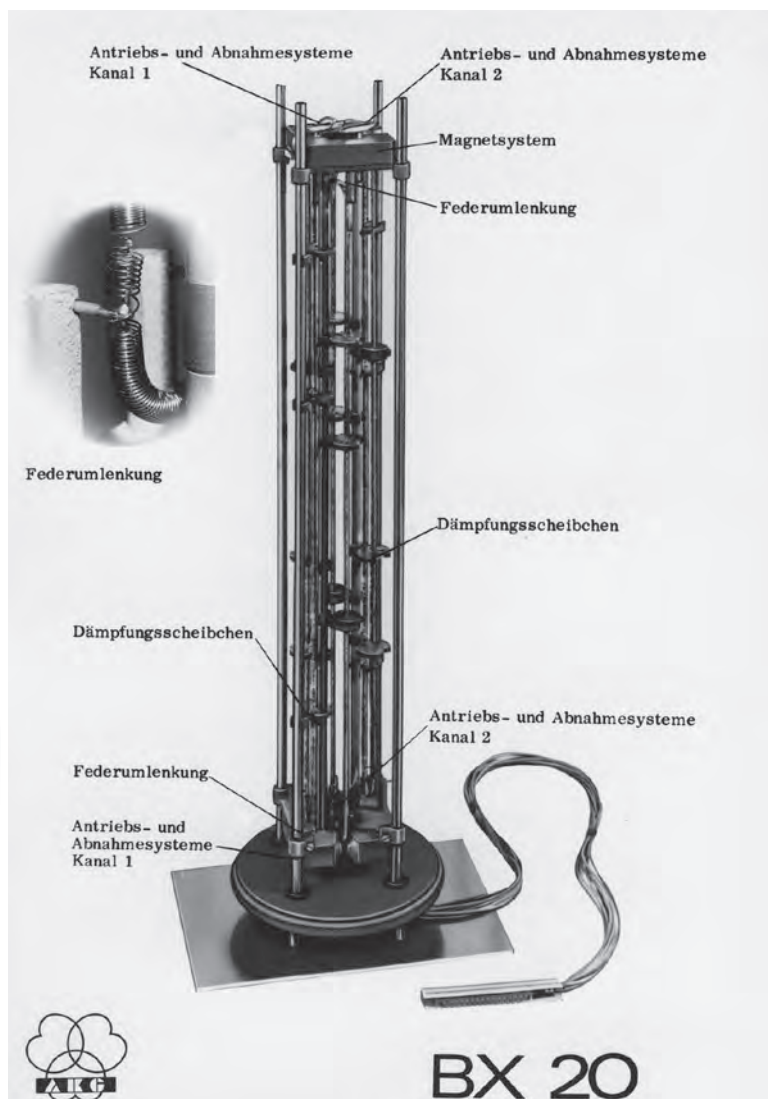
AKG BX 20 und BX 25 – „Gefrierkombi“ und kleiner „Kühlschrank“

Zur Reparatur der Erregerspulen hilft nur ein vorsichtiges Zerlegen und Neuwickeln, bei den Gummistopfen kann ersatzweise auch Schaum- oder Moosgummi genommen werden. Man sollte aber auf jeden Fall darauf achten, dass die Federn frei schwingen können, sonst ergeben sich unterschiedliche Klangfarben.

Das größte Problem ist das Abbrechen der Federn an den Umlenkstellen. Hier kann nur repariert werden, indem vorsichtig die Feder zu einer Öse gebogen wird und diese Öse dann mit einem kleinen Tropfen Kleber gegen Vibrationen gesichert wird. Das führt dann zwar auch dazu, dass der Klang der beiden Kanäle ein klein wenig unterschiedlich wird, aber in Anbetracht der ‚Echtheit‘ eines solchen Sounds kann man damit leben.

## Überholung der Elektronik

Was die Restaurierung der Elektronik angeht, möchte ich an meine vergangenen Folgen der Studio-Werkstatt erinnern: Hier finden sich einschlägige Maßnahmen zur Über-





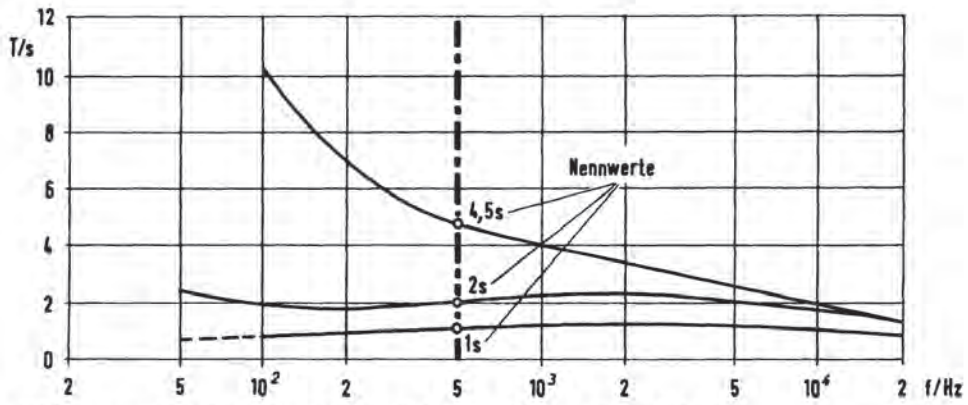
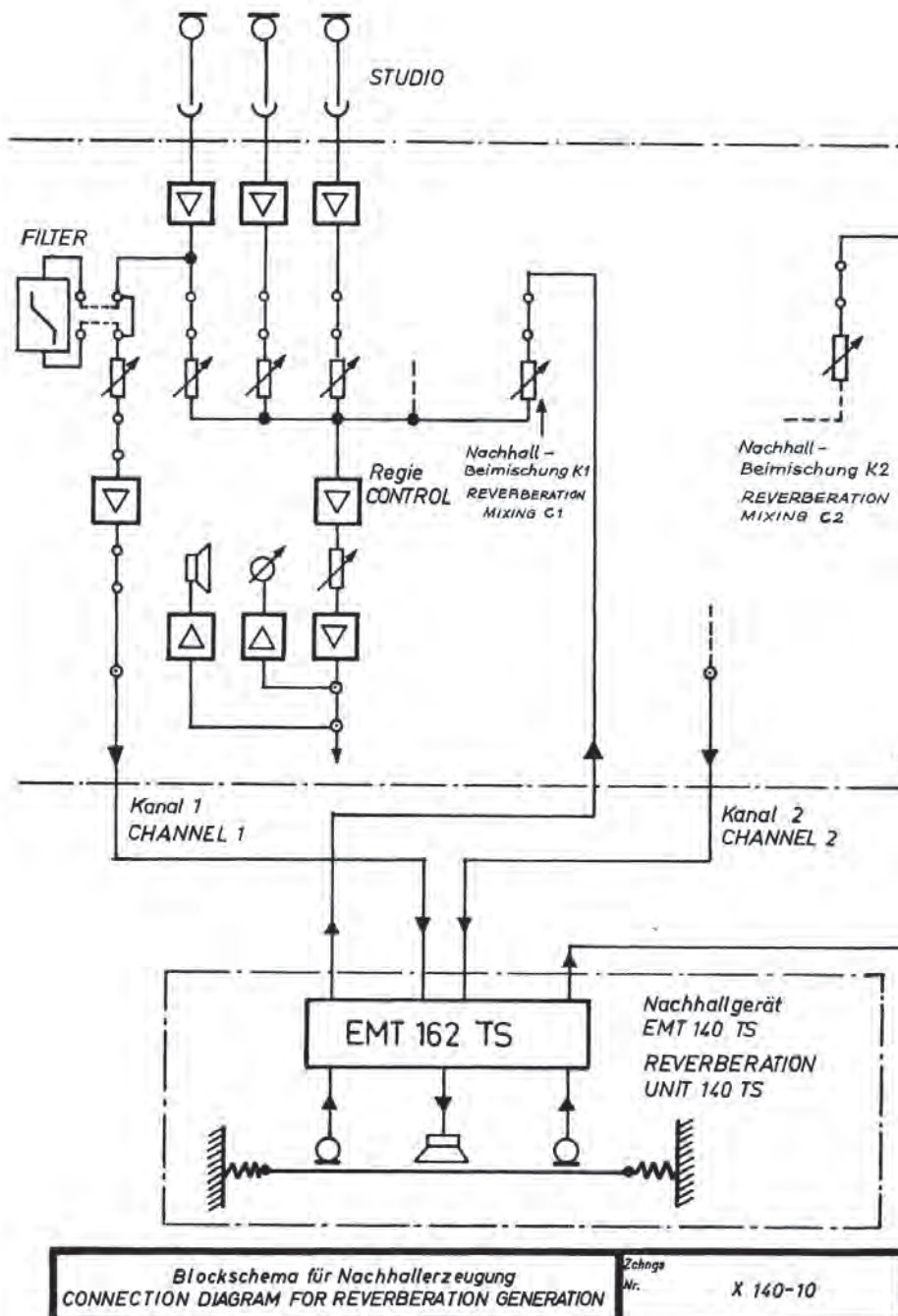


Abb.7 Frequenzabhängigkeit der Nachhallzeit (Nennwerte gelten für  $f = 500$  Hz)

Frequenzgang des Halls

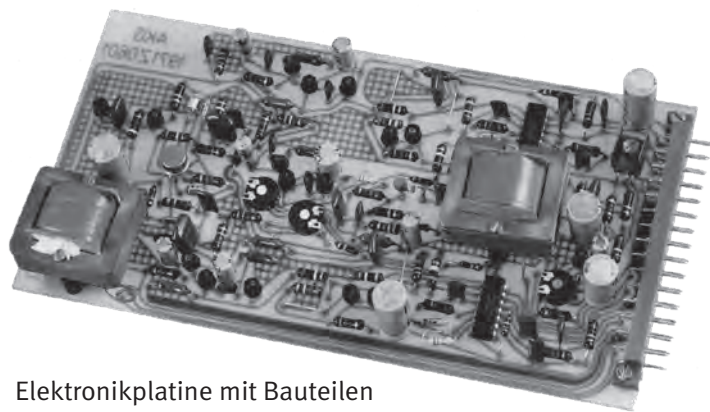


Blockschema für Nachhallzeugung  
CONNECTION DIAGRAM FOR REVERBERATION GENERATION

Zehng Nr.

X 140-10

Prinzip der Hallplatte und die Einbindung im Studio



Elektronikplatine mit Bauteilen

holung der Schalter und Buchsen. Besonderes Augenmerk sollte bei diesen Geräten wiederum auf die in der damaligen Zeit verwendeten Tantalkondensatoren gelegt werden. So mache Fehlfunktion wird auch hier wieder durch Kurzschlüsse oder ‚Halbleitereffekte‘ dieser Bauteile verursacht.

So kann es durchaus sein, dass ein Gleichrichter seinen Dienst versagt, weil irgendwo auf der Platine ein Kondensator einen Schluss hat.

## Von der Spirale zur Platte

Einen ganz anderen Weg beschritt die Firma EMT: Diese hat sich die Eigenschaft zu Nutze gemacht, dass dünne Bleche – einmal in Schwingungen gebracht – einen Hall-

raum durch ihre aufgezwungene Schwingung vergrößern können. So ist das Anbringen und Aufhängen verschieden geformter Bleche in diesen Räumen zur akustischen Gestaltung durchaus üblich. Wird nun ein solches Blech in der Mitte von einem dynamischen Erreger mit dem Programmmaterial betönt, so kann an verschiedenen Stellen seiner Oberfläche dieses Signal wieder abgenommen werden. Werden dazu zwei Sensoren verwendet, ergibt sich – aus den verschiedenen Laufzeiten im Blech – wiederum ein diffuses Stereo-Hallfeld.

Das Problem: Um einen halbwegs brauchbaren Hall von bis zu 5 Sekunden zu bekommen ist dieses Blech dann ungefähr 1 x 2 Meter groß. Real hat denn auch eine solche Hallplatte die Abmessungen eines Bettgestells mit Matratze und Federkern. Die recht bekannte Hallplatte EMT 140 ist denn auch eine Holzkiste mit den Maßen: 2,40 Meter lang, 1,30 Meter hoch und etwa 40 cm tief. Sie hat ein Gewicht von 170 Kilogramm und kann – an entsprechenden Ösen – von vier Personen ‚bequem‘ getragen werden. Aufgrund dieser Abmessungen wurde sie auch gern von den Studios in den Keller oder in die Garage verbannt, denn auch hier gilt: lauter Schall von außen wird mitübertragen.

Das Besondere an dieser Art der Hallerzeugung ist: Die Halldauer kann mechanisch verändert werden. Was bei der Feder nicht möglich war, ist hier systembedingt gegeben. Dadurch, dass die Blechplatte in einem speziellen Rahmen gespannt absolut eben ist und ihre Schwingungen durch ein System senkrecht auf die Oberfläche bekommt, kann mit einer speziellen Filzmatte von der gleichen Größe des Hallbleches die Amplitude mechanisch bedämpft werden.

Diese Filzmatte wird über einen Hebelmechanismus mehr oder minder nah an die Platte gebracht. Der Abstand von nur 1 Millimeter ergibt dann eine Halldauer von ca. 0,7 Sekunden. Weit geöffnet (ca. 200 Millimeter) waren es dann 5 Sekunden. Damit nicht jemand im Keller für den richtigen Hall sorgen musste, ließ sich die Dämpferplatte mit einem Elektromotor fern bedienen. Der Nachfolger der Hallplatte war die Goldfolie EMT 240, die die Metallplatte durch eine gespannte Goldfolie ersetzte, ansonsten aber nach einem ähnlichen Prinzip funktionierte. Der Vorteil dieses Gerätes waren natürlich die deutlich reduzierten Ausmaße. Der Klang war feiner und etwas polierter, so dass man hier durchaus von einem ersten echten Effektgerät sprechen konnte. Der Klang der Goldfolie war bei Tonmeistern sehr beliebt.



Das Hallplatten-Arsenal der Wisseloord Studios: Mono, Stereo und (ganz hinten) Quad

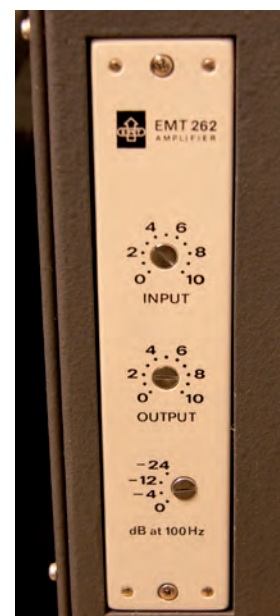




Der Antriebsmotor in geöffnetem Zustand, der für die Bedämpfung der Platte sorgt



Zwei EMT Goldfolien aus den Wisseloord Studios



Elektronik der EMT 240 Goldfolie

## Der Riesenhall – es lohnt sich

Wenn Sie die Chance haben, ein solches Gerät günstig zu bekommen, außerdem auch noch einen Platz finden, dieses möglichst unauffällig in ihrer Umgebung zu integrieren (ich kenne jemanden, der es als Theke in seiner Café-Bar benutzt), nehmen Sie es ruhig! Sie können es anstreichen, tapezieren und auch sonst gut tarnen. Jedes noch so ausgetüftelte Plug-In zur Simulation dieser Platte ist nichts im Vergleich zum Original! Und: es lässt sich in der Regel gut restaurieren. Den Verstärker brauche ich nicht sonderlich zu erwähnen – hier gibt es wieder die üblichen Maßnahmen betreffend der Kondensatoren oder Abgleichpotentiometer. Bitte berücksichtigen: der Verstärker enthält einen Kompressor. Besonderes Augenmerk verdienen die auf der Platte angebrachten Mikrofone: Es sind Kondensatorsysteme mit einer Kapazität von ca. 500 pF. Sie sind umgeben von einer speziellen Abschirmung, an der sie nicht schleifen dürfen. Genauso ist mit dem Erreger zu verfahren: Bei verzerrtem Hall zunächst die Leichtgängigkeit prüfen, denn beim Abbau aus einem alten Studio wurden die Transporthinweise meist nicht mehr beachtet. Sollten Sie vier Mikrofone finden, habe Sie eine Quadrofonie-Platte erwischt! Glückwunsch!

## Etwas Antriebstechnik

Das zweite Problem können die Kondensatoren am Stellmotor für die Hallzeit sein: Diese sind meist durchgeschlagen oder bereits nicht mehr vorhanden. Der Motor ist ein Drehstrommotor, der durch die Umschaltung eines Kon-

densators seine Drehrichtung ändert. Über ein starkes Untersetzungsgetriebe wird die Dämpferplatte bewegt. Zusätzlich befindet sich auf der Getriebeachse ein Potentiometer, welches zur Fernanzeige über ein Voltmeter – geeicht in Hall-Sekunden – dient. Bei der Stellung ‚Minimaler Hall‘ und ‚Maximaler Hall‘ gibt es Endschalter, deren Funktion zu testen ist.

Dann ärgern Sie sich nicht, wenn die Platte beim ersten Einschalten brummt: Die Masseführung ist manchmal in den Studios verschieden ausgeführt worden und Sie müssen etwas probieren, bis die Anlage richtig läuft. Vorsicht! Bitte immer alles vom Netz trennen, abschalten allein reicht nicht. Wenn's denn richtig funktioniert, werden Sie feststellen, welch tolle Akustik aus diesem ‚Raum‘ kommt.

Und bitte: Samthandschuhe!

### Auspack- und Transport-Hinweise

1. Das Gerät soll nach dem Auspacken nur noch kurze Wege transportiert werden.
2. Die Kiste zuerst an der Stirnseite öffnen, an der das Blech mit dem Packzettel befestigt ist. Nägel vorsichtig herausziehen! Nicht mit dem Brecheisen öffnen!

Original-Kopie aus der EMT-Bedienungsanleitung



# Studiowerkstatt 18

Text & Fotos: Uli Apel

Was Oldtimer und klassische Studiogeräte gemeinsam haben – und was sie trennt...

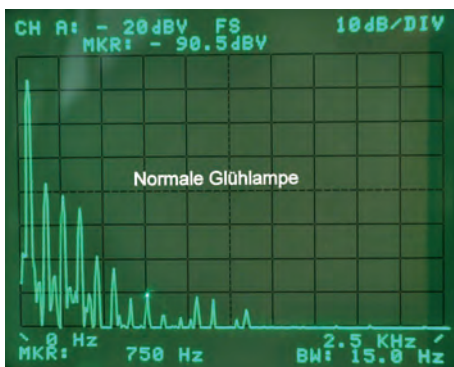
Nach mittlerweile 17 Folgen der Studiowerkstatt bin ich erstaunt, wie viele – auch größere Studios – auf teilweise sehr alte und hervorragend erhaltene Klassiker zurückgreifen. Diese finden sich entweder fest eingebaut in Racks, stehen als – einsatzbereiter – Blickfang in der Lobby, oder werden bei Bedarf aus einem gesicherten Stahlschrank entnommen. Diesen allen ist gemeinsam, dass sie heute in einer Umgebung eingesetzt werden, die sich der Konstrukteur zu seiner damaligen Zeit, vor vielleicht 40 oder 50 Jahren, wirklich nicht vorstellen konnte. Und da ich nicht nur einen Blick für Audio-Klassiker habe, sondern mich die Geschichte der Technik allgemein stark interessiert, fiel mir beim Betrachten eines Oldtimers – es war ein Tau-nus 12m aus dem Jahre 1954 – auf, dass der Besitzer es heute doch richtig gut hat: Die Straßen sind hervorragend breit, deren Oberflächen sind völlig eben, die Bordsteinkanten abgerundet, Pflegemittel für den Lack nach neuesten Erkenntnissen für optimale Schonung gemixt und das Benzin und die Öle bis auf die letzten Atome erforscht. Die Original-Umgebung dieses Wagens im Jahre 1954 hingegen sah aber völlig anders aus: Kopfsteinpflaster, Schlaglöcher, Straßenbahnschienen in tiefen Rillen und messerscharfe Bordsteinkanten, teilweise höher als Treppenstufen. Poliert wurde der Lack mit Kernseife und getankt wurde Sprit oder Diesel – das war's.



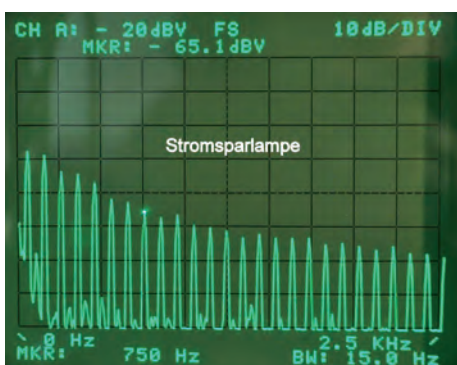
## Der Schmutz aus der Dose

Beim Betrieb eines ‚unserer Studio-Oldtimer‘ unter heutigen Bedingungen scheint es aber genau umgekehrt zu sein: Früher gab es 220 Volt Wechselstrom, der sehr sinusförmig war, kaum Oberwellen hatte, dessen Spannung vielleicht nicht ganz konstant war und der in seiner Frequenz etwas mehr schwankte als heute: Sonntags waren es meist 51 Hertz, alltags dafür etwas weniger als 50. Im Mittel und unterm Strich landete man aber bei runden 50 Hertz und bei 220 Volt sehr sinusförmiger Spannung. Heute dagegen haben wir eine Spannung von 235 bis 240 Volt, zwar eine fast quazgenaue Frequenz von 50 Hertz (die Toleranz liegt unter 0,2 Hertz!), aber der Sinus ist überlagert mit Rundsteuerimpulsen, Hochfrequenz aus Babyphonen, drahtlosen Computernetzwerken und dem Takt zahlloser Schaltnetzteile. Hinzu kommen noch Oberwellen von Dimmern und Stromsparlampen.

Zum Vergleich habe ich den Stromverlauf in einer Mehrfachsteckdose analysiert. Einmal wurde eine normale Glühlampe und einmal eine ‚Stromsparlampe‘ angeschlossen. Ich behaupte, die Bilder sprechen für sich... Für einen ‚glatten‘ Betrieb unserer analogen Pretiosen ist das alles andere als zuträglich. Und es schlägt teilweise bis in ihre Funktion durch. Das Problem ist, dass man nicht vorhersagen kann, welche Auswirkungen diese Störungen haben. Die gravierendsten sind hörbare Überlagerungen von Signalen bis hin zu ausgelösten Regelungen bei Kompressoren.



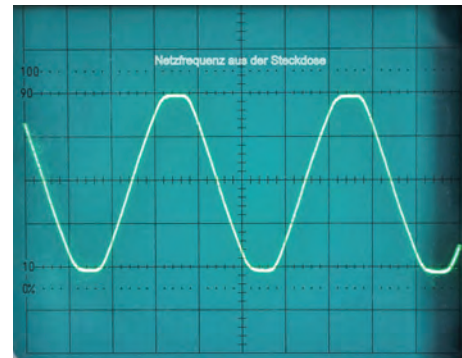
Spektrum einer Glühlampe



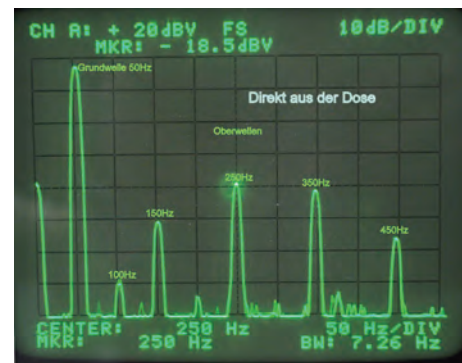
Spektrum einer Stromsparlampe

## 50 Hertz Wechselstrom? - Theoretisch!

Wenn man sich einmal das Oszillogramm

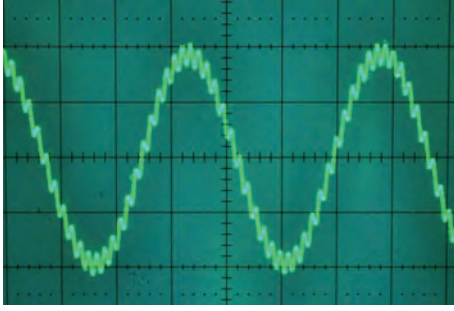


Oszillogramm der Netzfrequenz  
und vielleicht auch noch das Spektrum



Spektrum der Netzfrequenz

unserer ‚normalen‘ Netzversorgung anschaut, kann man erkennen, was da heute alles aus der Steckdose kommt. Ich entsinne mich noch, als ich das erste Mal in Köln beim Betrieb älterer Studiogeräte ein getaktetes leises Pfeifen aus Kopfhörer oder Lautsprecher hörte. Irgendwann fiel mir auf, dass dies genau zu bestimmten Uhrzeiten geschah und meine Nachforschungen ergaben, dass es sich um die sogenannten ‚Rundsteuerimpulse‘ handelte, mit deren Hilfe Nachtstromspeicherheizungen, Straßenlaternen oder sonstige öffentliche Netze geschaltet werden können. In Köln sind das auch heute noch 1.350 Hertz, die sich hervorragend darstellen und hören lassen. Damit sich aber Gemeinden in ihrer Nachbarschaft nicht gegenseitig beeinflussen, existieren für die Rundsteuerung Frequenzen zwischen 110 und 1600 Hertz bei einer Modulationsamplitude von bis zu vier Prozent. Diese Frequenzen werden über spezielle Einspeisewandler dem ‚normalen‘ Wechselstrom überlagert. Für diese Modulation ist eine Leistung von 80 bis 200 Kilowatt nötig – nur mal so am Rande erwähnt. Abhilfe schafft hier wirklich nur ein abgestimmtes Filter in der Stromversorgung des Studios, oder ein richtiger Tiefpass mit 50 Hz Grenzfrequenz und entsprechender Leistung.



Netzfrequenz mit Überlagerung durch Rundsteuerimpuls

Doch das ist leider noch nicht alles: Wer in einer Gegend wohnt, in der sich viele ihre Solaranlagen aufs Dach gesetzt haben, bekommt noch mehr Störungen durch die Stromversorgung. In Freiburg gibt es eine ganze Siedlung, deren größter Stolz riesige Solarpaneele auf den Dächern sind. Jedes dieser Paneele hat einen eigenen DC-AC-Wandler, der mit zahlreichen Oberwellen dafür sorgt, dass sich der Sonnenstrom in das ‚normale‘ Netz einspeisen lässt. Wenn man sich in der Nähe einer solchen Anlage aufhält, ist allein schon auf rein akustischem Wege ein Sirren hörbar.

## Das Filter als Stromreiner

Auch früher gab es bereits Netzfilter. Sie wurden unterschieden in HF- und NF-Filter.

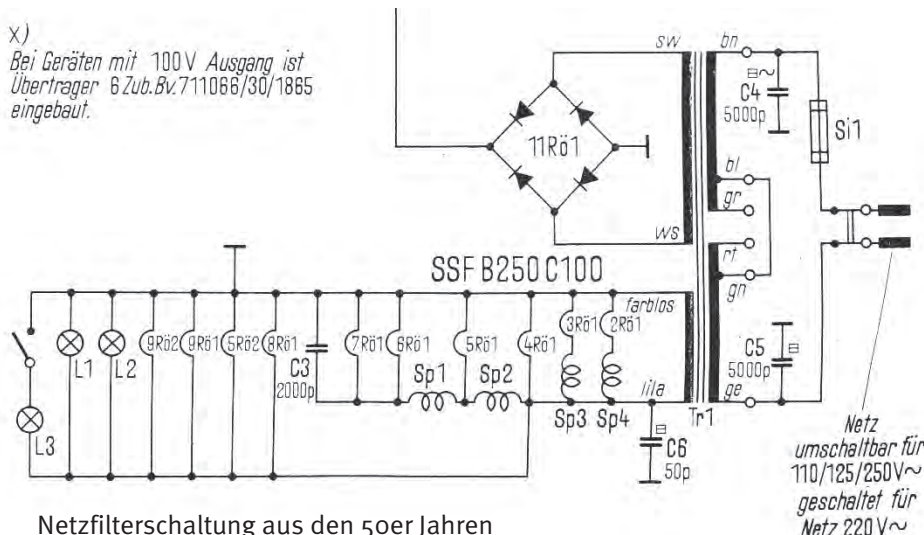
Eine Aufgabe der ersten Filterart war primär die Eliminierung von Schaltknacksen, die durch das Ein- und Ausschalten größerer Verbraucher entstanden, die am gleichen Netzhängen (Waschmaschinen, Bügeleisen, Elektroöfen etc.). Solche Impulse wurden in der Regel recht breitbandig ausgefiltert und es reichte meist eine größere Kapazität in der Nähe des Netztransformators oder des Gleichrichters. Außerdem handelte es sich um eine vergleichsweise selten vorkommende Störung. Gemessen wurde hier die so-

genannte ‚Knackrate‘. Diese ‚Filter‘ sind allerdings gegen die heutigen Störungen, die ja dauernd anliegen und sehr breitbandig sein können, machtlos.

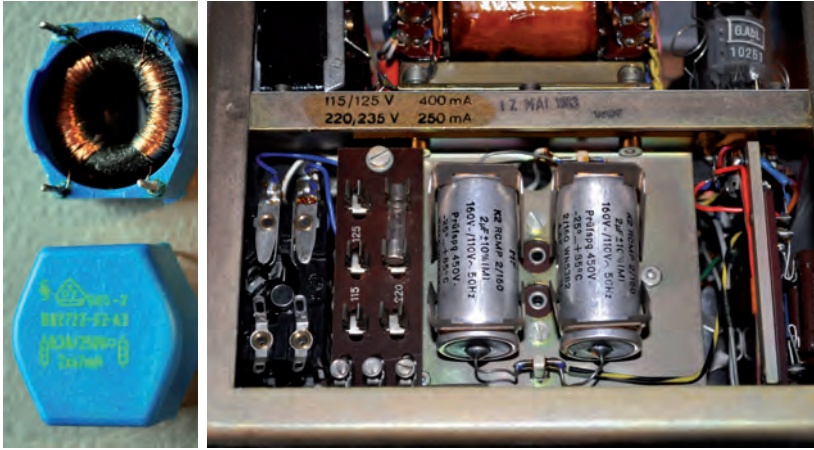
Die zweite Filterart hatte die Aufgabe, hochfrequente Störungen, wie sie vornehmlich durch Mittelwellen-Rundfunksender in die größtenteils über den Dächern ‚verlegten‘ Netz-Leitungen ‚eingespeist‘ wurden. Hier kamen in der Regel sogenannte ‚HF-Block-Kondensatoren‘ zum Einsatz. Die Abbildung zeigt eine Filterschaltung aus den 50er Jahren. Die Kondensatoren C3, C4, C5 und C6 sowie die Spulen Sp 1 bis 4 waren dafür zuständig, dass von den einzelnen Bauteilen hochfrequente Anteile ferngehalten wurden. Viele von uns werden sich vielleicht noch daran erinnern, dass unter bestimmten ‚Verdrahtungsumständen‘ einzelner Geräte plötzlich Radio Moskau aus der Anlage erklang. Gänzlich ohne Schutz auskommen mussten Klassiker wie der V76 Mikrofonverstärker oder auch die beliebten Kompressoren der U-Serie. All diese Störungen sind aber nicht vergleichbar mit den heutigen, recht breitbandigen, teilweise durch digitale Modulation hervorgerufenen Beeinflussungen. Um diese aus der Spannungsversorgung der Geräte ‚herauszuhalten‘ sind diverse Möglichkeiten geschaffen worden. Ein recht verbreitetes Filter ist das nach VDE und CISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques) entworfene Netzwerk aus Spulen, Kondensatoren und Widerständen.

Diesem kommt nicht nur die Aufgabe zu, Störungen aus dem Netz für den Verbraucher unzugänglich zu machen, sondern diese Filter werden auch eingesetzt, um Störer für das Netz unschädlich zu machen. Sie wirken damit in beide Richtungen. Wenn man sich mit dieser Thematik befasst, ist es erstaunlich, wie viele Firmen sich mit der ‚Netzversorgungsproblematik‘ auseinandersetzen (müssen), denn diese Art der Umweltverschmutzung ist nicht zu unterschätzen. Nun sind unsere Klassiker meist

noch nicht mit solchen Eingangsschaltungen ausgerüstet. Wenn man sich den Weg von der Netzbuchse zur Schaltung bei einigen Geräten anschaut, ist aber durchaus schon zu erkennen, dass sich die Hersteller auch in den frühen Jahren schon sehr viel Mühe gegeben haben, um etwaige Störungen aus dem Netz für kleine Audiosignale fernzuhalten.







CISPR-Filter

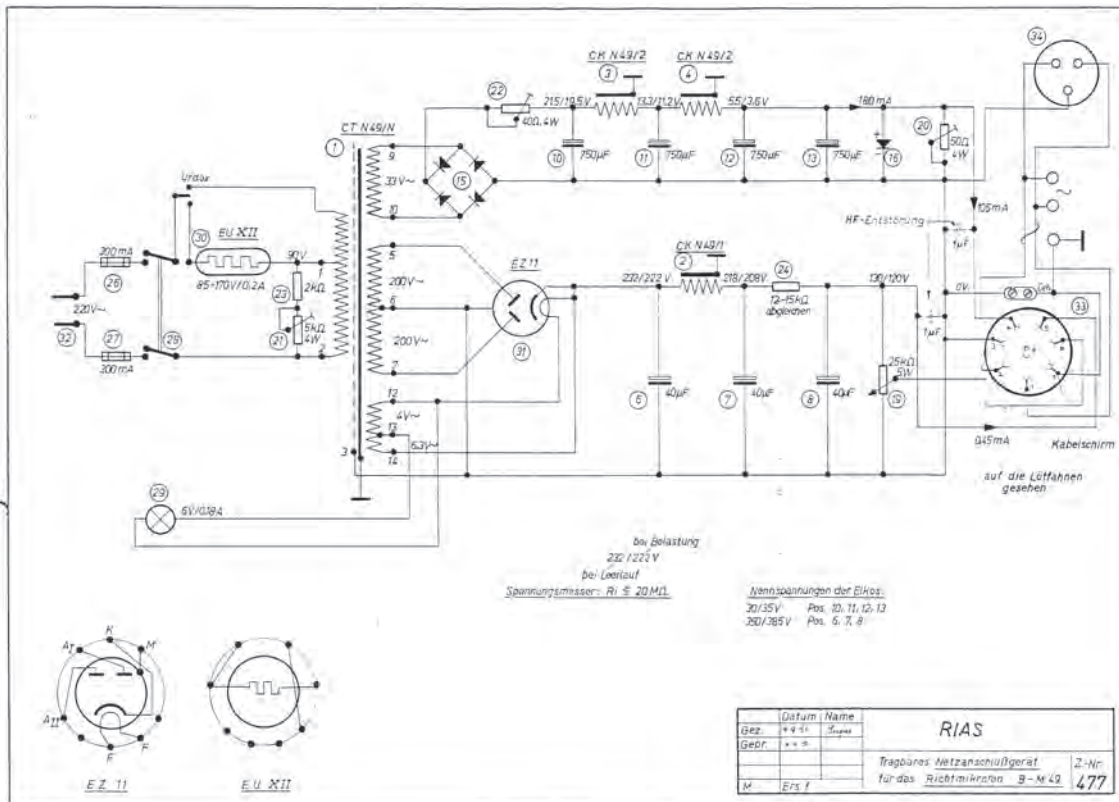
Netzeingang eines empfindlichen Verstärkers – 60er Jahre.

## Natürliche Schmutzfänger

Einem besonderen Umstand haben wir es zu verdanken, dass gerade sehr alte Geräte, vornehmlich solche mit Röhren, für die heutigen Netzbedingungen gut geschaffen zu sein scheinen: Die Gleichrichterröhre spielt hierbei eine sehr große Rolle. Durch ihre besondere Kennlinie und ihre Kapazität zwischen Anode und Kathode eliminiert sie die meisten heutigen hochfrequenten Netzstörungen auf natürliche Weise. Besonders augenfällig wird dieser Umstand, wenn eine solche Röhre durch einen Silizium-Halbleiter-Brückengleichrichter ersetzt wurde oder werden musste. Diese lassen gerade die unangenehmen Störanteile durch

ihren Aufbau und ihre Funktion passieren. Wenn sich ein Halbleiter-Gleichrichter nicht vermeiden lässt, sollte man zu einem Selen-Gleichrichter greifen. Auch hier ist es wieder die ‚weiche‘ Kennlinie, die den Störungen viel entgegenzusetzen hat.

Ein schönes Beispiel zeigt die Schaltung des Neumann-Netzgeräts, das für das M 49 Röhrenmikrofon benötigt wird. Neben der Gleichrichterröhre EZ 11 für die Anodenspannung ist hier ein Selen-Gleichrichter für die Heizung der AC 701k eingebaut. Der Eisenurdox EUXII (Bauteil Nr. 30) auf der Primärseite des Netztrafos konnte zusätzlich eingeschleift werden: Er hatte die Aufgabe, bei besonders stark schwankender Netzspannung die Betriebsspannung für das Mikrofon stabil zu halten. Durch dieses Bauteil fließt ein konstanter Strom. Es handelt sich quasi um eine Konstantstromquelle. Mit den Trimmern 20, 21 und 22 wurde die Heizung der Röhre auf genau vier Volt eingestellt, denn diese war für den Betrieb des Mikrofons der Maßstab. Besonderes Augenmerk möchte ich auf die beiden 1µF Kondensatoren im rechten Teil des Schaltbildes legen, die bei Bedarf eingebaut wurden. Sie hatten die Aufgabe, hochfrequente Störanteile aus längeren Mikrofonleitungen zu eliminieren. Daher ist es teilweise kein Wunder, wenn man beim Betreiben von klassischen Geräten unter Umständen gar nicht merkt, wie sie mit den für sie ungewöhnlich rauen Bedingungen zurechtkommen: Die Bauteile, die Schaltung und deren Eigenschaften halten so manche unliebsame Überraschung aus dem Netz fern – auch wenn die Entwickler sich damals noch gar nicht ausmalen konnten, was einmal durch Trafo und Röhre geglättet werden muss. Es ist wie beim Oldtimer: man genießt das Flair von altem Leder und Benzinduft und das Kleinod gleitet ruhig über die Straße.



Neumann-Netzgerät mit Röhre und Selengleichrichter

- 108 Adebar acoustics
- 104 adt-audio
- 103 Akzent Audio
- 107 Akzent Audio
- 104 Apelton
- 109 Apogee
- 107 Audio Service
- 102 Audiotoools
- 103 Avalon
- 105 D&R
- 108 DK-Technologies
- 102 Habst
- 103 Elysia
- 102 Fortune
- 103 Funk
- 107 Funk
- 108 Funk
- 104 Gotham
- 109 HE Studiotechnik
- 104 Heuss
- 103 Hörzone
- 103 IMM
- 105 Kabeltronik
- 109 Kahlen, Dieter
- 107 Korg & More
- 106 Lake People
- 105 mb akustik
- 103 Maselec
- 105 Mastering Works
- 106 Media Logic
- 104 Mutec
- 108 Neumann
- 108 NTI
- 104 OTZtronics
- 102 P. O. E.
- 107 RTW
- 109 SSL
- 109 Steller
- 107 TAD
- 105 Thein
- 108 Thermionic
- 102 THS Medien
- 104 Vovox
- 103 Wave Nature
- 105 WK Audio
- 108 Wolf

**Pursuit of Excellence  
Ein Name, ein Programm**

**Solid State Logic**  
SOUND || VISION

**Zaor**

*Pearl Mikrophonlaboratorium*

Mit unseren Edelmarken haben wir ein anspruchsvolles Vertriebs-Portefeuille für Kunden, die nicht das günstigste Angebot suchen, sondern Lösungen, die langfristig Freunde und Wertigkeit vermitteln. Gerne beraten wir sachkundig, liefern Testgeräte, planen Sonderanfertigungen und, und...



Hier ein Möbel, welches speziell für die Matrix von SSL entworfen wurde, es gibt auch bereits eine Version für Mackie D8b.

SSL ist eigentlich jedem ein Begriff, nur Pearl Mikrofone aus Schweden sind ein echter Geheimtipp! Die rechteckige Grossmembran klingt sehr offen und natürlich, Frequenzgang ist praktisch linear. **Unbedingt testen!**



Wir engagieren uns für unsere Kunden und ruhen nicht ehe SIE mit der Lösung zufrieden sind.

Darauf gebe ich ihnen mein Wort!



Klaus Gehlhaar, Musiker, Produzent und ProAudio-Experte seit 30 Jahren

P.o.E. sarl



Informationen unter  
0172 673 5644 info@zaor.de  
www.zaor.de  
www.pearl.poe-music.com  
www.solidstatellogic.com

**FOR-TUNE** Vertrieb für professionelle Studiotechnik



Zuverlässige  
Verbindungen!



For-Tune Vertrieb • Kruppenackerstr. 218 • D-73733 Esslingen/Neckar  
Tel.: 0711-46915185 • Fax: 0711-46915187 • http://www.for-tune.de

**THS**  
Medien



mail: info@ths-studio.de  
call: 02182 / 6990049

www.ths-studio.de

...alter Schwede!



**CM3** Cardioid LINE AUDIO DESIGN 110.- €  
lownoise - 78dB, maxSPL 135dB, 48V

**BMP** Class A Micpreamp - 128 dBu/ 60 dB Gain 585.- €

**SMi** Stereo und Surround für Ambience und Film

**QM12i** Quad 12 Membranes 795.- €



Handmade in Sweden • triple membrane cartridge • - 83 dB s/n

**Handwerkszeug für Toningenieure**

Studio und Verkaufsbüro für Deutschland  
Livemitschnitte  
Masteringstudio  
Restauration historischer Aufnahmen  
Ü-Wagen Verleih 48-Spuren

THS-Medien - Holger Siedler  
Rosenweg 22  
41542 Dormagen  
www.ths-studio.de

Reparaturwerkstatt für ProAudio & Recording Hardware  
www.servicecenter-siedler.de



SCS Service Siedler  
Am alten Bach 7 • 41470 Neuss  
Tel.02137 / 7864212  
fax:02137 / 7864057



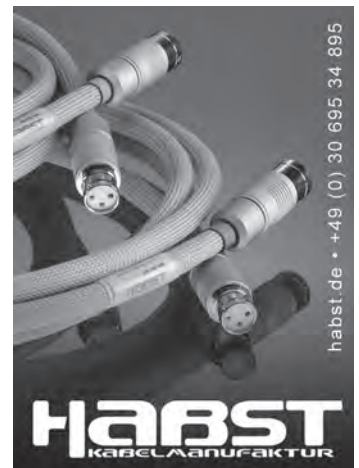
**AUDIOTOOLS**  
STUDIOTECHNIK



Mit der Reduktion von eingekoppelten Hochfrequenzen und Verteilungsverlusten bringen wir den wirklichen Fortschritt in Ihr Studio -

sauberen Strom für besseren Klang.

Audiotoools.de • +49 (0) 7133 4915



habst.de • +49 (0) 30 695 34 895

**HABST**  
KABELANFAKUR



**Wave Wood**

**Multi Fusor DC2**

**Flexi Pol A50/A75**

**Vicoustic**  
Innovative Acoustic Solutions  
*Innovative Produkte für perfekte Raumakustik!*

Hörzone GmbH  
Schwindstraße 1  
80798 München  
Telefon 089.72110 06  
[www.hoerzone.de](http://www.hoerzone.de)

**HÖRZONE**

**AVALON DESIGN**  
PURE CLASS A MUSIC RECORDING SYSTEMS

**Avalon Europe**  
Tel: +49 89 81886949  
Fax: +49 89 81893485  
[www.avalondesign.com](http://www.avalondesign.com)

**Avalon USA**  
Tel: +1 949 4922000  
Fax: +1 949 4924284

DISCRETE CLASS-A GEAR

**CRANE SONG LTD.**

TRAKKER HEDD FLAMINGO STC-8  
IBIS Egret SPIDER Avocet

**akzent audio**  
Exklusiv im Vertrieb in Deutschland und Österreich bei: **akzent audio** • Tulpenweg 4 • 76571 Gaggenau  
Tel +49 7225 913730 • [info@akzent-audio.de](mailto:info@akzent-audio.de)  
[www.akzent-audio.de](http://www.akzent-audio.de)

**xpressor**  
DISCRETE CLASS-A STEREO COMPRESSOR

Auto Fast

**elysia**

GRL 13 14 12

**JETZT AUCH IN 19 ZOLL**

Klingt umwerfend gut.  
Ist flexibel wie kein Zweiter.  
Kostet weniger, als du denkst.

Studivomöbel • Diffusoren • Absorber

**WAVE NATURE™**  
acousticals

[wavenature.de](http://wavenature.de) • [contact@wavenature.de](mailto:contact@wavenature.de)  
+49 (0) 6152-8164-0

**Analog!**

Mischpulte in Inline-Technik für den Bereich Musikproduktion in verschiedenen Serien und unterschiedlichen Ausbaustufen der Automatisierung, Recall- und Reset-Möglichkeiten mit VCA- oder Motorreglersystemen. Mischpulte in Kassettentechnik mit und ohne Automation nach Kundenspezifizierung

**adt-audio**

SCHOLTWIESE 4 • 45966 GLADBECK • TEL. (02043) 51117  
[WWW.ADT-AUDIO.COM](http://WWW.ADT-AUDIO.COM)

**MASELEC**  
VERTRIEB DEUTSCHLAND

[www.maselec.de](http://www.maselec.de)  
[info@maselec.de](mailto:info@maselec.de)  
Tel +49 (0) 6152-8164-0

**MTX-MONITOR.V3** Abhörverstärker



MTX-Monitor.V3 mit neuer, extrem neutraler Audioelektronik für anspruchsvolle Stereo-Abhöraufgaben im Studio- und High-End-Bereich. Kopfhörerverstärker und Messausgänge für Stereo-Peakmeter/Korrelater sind integriert. Alle Funktionen fernsteuerbar.  
 Unser Programm:  
 analoge Stereo-Router und Summierer  
 analoge Surroundrouter/Verteiler  
 Symmetrier- und Verteilverstärker  
 hochwertige Stromversorgungen

INFOS: [www.funk-tonstudioteknik.de](http://www.funk-tonstudioteknik.de) E-MAIL: [funk@funk-tonstudioteknik.de](mailto:funk@funk-tonstudioteknik.de)  
**FUNK TONSTUDIOTECHNIK** 10997 BERLIN PFUELSTR.1A TEL. 030-6115123 FAX 030-6123449



**www.apelton.de**

**Service · Know-How · Erfahrung**  
 Restaurierung · · · Überholung · · · Einmessung  
**analoger Verstärker Effektgeräte Bandmaschinen**  
 Dipl.-Ing. Ulrich Apel VDT · Brückweg 23 · 53947 Nettersheim  
 Telefon 02440/959340 · Mobil 0170/9013523 · [uli.apel@web.de](mailto:uli.apel@web.de)

**Unser Ziel: Die perfekte Übertragung von Ton-signalen.**

Unsere innovativen Kabel werden in der Schweiz hergestellt und befriedigen höchste Ansprüche an die Klangqualität. Symmetrische und unsymmetrische Signalkabel, Lautsprecherkabel, Netzkabel: Wir bieten in jedem Fall aussergewöhnliche Lösungen an.

S.E.A.Vertrieb & Consulting GmbH  
 Auf dem Diek 6  
 D-48488 Emsbüren  
 Tel. +49 59 03 93 88-0  
 E-Mail [info@sea-vertrieb.de](mailto:info@sea-vertrieb.de)  
[www.sea-vertrieb.de](http://www.sea-vertrieb.de)

**vovox®**  
 weitere Informationen unter [www.vovox.com](http://www.vovox.com)

**studio magazin**

**In welchem Heft war der Artikel über ...?**  
 Das vollständige **StudioMagazin**-Inhaltsverzeichnis

mit Stichworten im 1st-Adress-/1st-Base-Datenformat für Atari ST kostet **je Heft 2.30 Euro, je Jahrgang 23.- Euro.** Konversion in andere Datenformate ist ohne Aufpreis möglich. Alle Preise zzgl. Porto/ Verpackung/ MwSt.

Bestellungen bei:  
 Johannes M. Heuss  
 Reichweinstraße 47 • D-90473 Nürnberg  
 Telefon: 0911/ 80 82 56

**OTZ TRONICS ANALOG DIGITAL AUDIO**

Mail: <http://www.otz.com> e-mail: [support@otz.com](mailto:support@otz.com)  
 Tel.: 02853 / 9 26 51 Fax: 02853 / 9 26 52

- umfassende und kompetente Projektbetreuung
- von der ersten Beratung bis zum fertiggestellten Tonstudio
- Umbauten und Spezialanfertigungen
- Studioservice
- ausgewählte Audioprodukte

Bernhard Ramvöth · Savelener Str. 9 · 47647 Kerken

dedicated to audio

1958 2008

**G**

[www.gotham-ch.com](http://www.gotham-ch.com)

**Master Clocks**  
**Signalverteiler**  
**Formatkonverter**  
**Abtastratenwandler**  
**Referenzgeneratoren**

**studio essentials!**

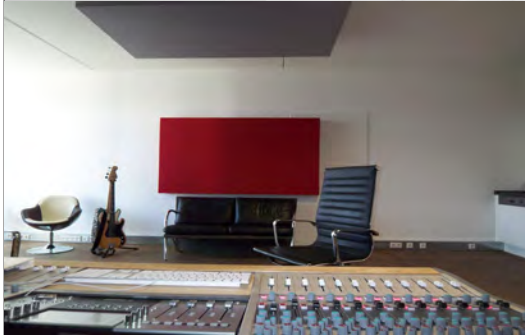
- Für
- A/V Recording
- Post Production
- Rundfunk
- Bühne

**MUTEC**





**mbakustik**  
büro für akustik und studiodesign



Akustikmodule - Beratung - Messung  
Planung - Installation - Stellwände  
Resonanzabsorber - Akustikvorhänge  
Bassfallen - Diffusoren - Möbel



[www.mbakustik.de](http://www.mbakustik.de) Tel. 0541/4068-214

## AURORA 8/AURORA 16

8 und 16 Kanal A/D D/A Wandler

[www.lynxstudio.de/Aurora](http://www.lynxstudio.de/Aurora)



**Einer für Alles!**

- ▶ USB
- ▶ MADI
- ▶ ADAT
- ▶ FireWire
- ▶ ProTools
- ▶ AES/EBU

Im Vertrieb von: Digital Broadcast Systems GmbH  
Oberhöchstadter Str. 10 • 61440 Oberursel  
Tel. 06171/582010 • Fax 06171/582012 • Internet: [www.dbsys.de](http://www.dbsys.de)



manufacturer  
of  
**MIXING CONSOLES**  
and  
**SIGNAL  
PROCESSORS**

- for
- Music Recording
  - (Film)Postproduction
  - Broadcast
  - Sound reinforcement
  - Installation

**Contact us at:**

Tel: 0031-294-418 014,  
Fax: 0031-294-416 987  
Website: [www.d-r.nl](http://www.d-r.nl),  
E-mail: [info@d-r.nl](mailto:info@d-r.nl)



Der Vertrieb für High-End Audio Equipment

MasteringWorks GmbH  
Tel.: +49 2236 393731  
[info@masteringworks.com](mailto:info@masteringworks.com)  
[www.masteringworks.com](http://www.masteringworks.com)

## kabeltronik®

**AUDIO- UND  
VIDEOKABEL**



- ▶ Modulationskabel, Multicore
- ▶ Verdrahtungsleitungen
- ▶ Lautsprecherkabel
- ▶ Mikrofonkabel
- ▶ DMX - Kabel
- ▶ Kombileitungen
- ▶ Video-, Triaxkabel
- ▶ mobilfähige LAN-Kabel
- ▶ CAT 5e/CAT 7 Patchkabel
- ▶ USB-Kabel
- ▶ kundenspezifische Konstruktionen

**Wir liefern täglich bundesweit!**

Tel.: +49 (0)8466/94 04-0  
Fax: +49 (0)8466/94 04-20  
[info@kabeltronik.de](mailto:info@kabeltronik.de)  
[www.kabeltronik.de](http://www.kabeltronik.de)

## MOBILE RECORDING

...everywhere

Übertragung  
Sendung  
Produktion



[www.thein-productions.com](http://www.thein-productions.com)

Mehrspur bis 96-Spuren  
Live-Recording für CD und DVD  
Sendeton für Rundfunk und TV  
Mehrkanalton 5.1/ Dolby Surround  
Analog + Digital  
27 Jahre Audioerfahrung

 THEIN Mobile Recording  
Blumenholstr. 8  
D-28209 Bremen  
Tel. 0421-348 048  
Fax 0421-348 049



Ihr AV-Systemhaus

Professionelle Postproduction-,  
Broadcast-Technik und  
Systemintegration

Als eines der bundesweit führenden  
Medien-Systemhäuser beliefern wir  
Sie mit Audio-, Video- und AV-Netz-  
werkösungen führender Hersteller.  
Mit uns entstehen aus professioneller  
Technik und Systemintegration  
zukunftsichere Investitionen!

Unsere Leistungen umfassen

- Projektierung
- Systemintegration
- Vorführung
- Ausschreibung
- Leihstellung
- Reparatur
- Mitarbeiterschulung

Profitieren auch Sie von unserer Stärke  
und Erfahrung bei der Entwicklung und  
Optimierung Ihres vernetzten Workflows.

Media Logic – von Profis für Profis!



Unsere Partner und wir freuen uns auf Sie.

Media Logic GmbH  
10963 Berlin  
Tel. +49 (0) 30 259 24 46-0  
www.new-media-logic.de



LAKE PEOPLE electronic GmbH

development and  
manufacturing of  
audio electronic

### Digitale Wandler (19", 1 HE)

#### SRC F422

2/4-ch Sample-Rate Converter, 24 Bit, 96 kHz,  
Dynamik 128 dB. Digitale Ein- / Ausgänge sym.  
und koax.  
Sync: AES, AES-id, WCLK, Intern 32 ... 96 kHz

#### ADC F444

2/4-ch Analog-Digital Wandler, 24 Bit, 192 kHz,  
Dynamik 119 dB. Analoge Eingänge XLR sym-  
metrisch, digitale Ausgänge sym. und koax.  
Sync: AES, AES-id, WCLK, Intern 32 ... 192 kHz

#### ADDAC F446

2+2 ch A-D / D-A Wandler  
(siehe ADC F444 und DAC F466)

#### DAC F466

2/4-ch Digital-Analog Wandler, 24 Bit, 192 kHz,  
Dynamik 115 dB. Digitale Eingänge sym. und  
koax., analoge Ausgänge symmetrisch XLR.

#### MI-DAC F48

2-ch D-A Wandler, 24 Bit, 96 kHz, Dynamik 115 dB  
8 digitale Eingänge: 3x sym, 3x koax, 2x opto.  
Digitaler „Rec-Out“ Ausgang. „Master-Sektion“ mit  
vielen Funktionen. 2 x Stereo Ausgänge.

### Digitale Tools (19", 1 HE)

#### DIGI-TOOL F611

AES/EBU Verteiler 2 x 1 in 4

#### DIGI-TOOL F612

AES/EBU Verteiler 1 in 4 + WCLK Verteiler 1 in 8

#### DIGI-TOOL F622

WCLK Verteiler 2 x 1 in 8

#### MULTI-SYNC OPTION für F611, 612, 622

zur Format-Konvertierung und eigenständiger  
(redundanter) Taktversorgung extern: AES/EBU,  
AES-id, WCLK, intern 32 ... 192 kHz.

#### DIGI-TOOL F644

Format-Konverter 8 x AES/EBU - AES-id

#### DIGI-TOOL F645

4 x AES/EBU - AES-id, 4 x AES-id - AES/EBU

#### DIGI-TOOL F655

Format-Konverter 8 x AES-id - AES/EBU

### Smart Serie

Desk-Top Gehäuse 129x42x170 mm (BxHxT)

**SRC C420** 2-ch Sample-Rate Converter

**DFC C430** 3-weg Format Converter

**ADC C440** 2-ch A/D Wandler

**DAC C460** 2-ch D/A Wandler

**DAC C460-H** wie C460 mit Kopfhörerverstärker

**SBA C805** 2-ch Symmetrier-Verstärker

Ist das Gerät für Ihre Anforderungen  
nicht dabei? Wir entwickeln und  
fertigen im Kundenauftrag.  
Bitte fragen Sie an!!



LAKE PEOPLE  
electronic GmbH  
Turmstrasse 7a  
D-78467 Konstanz

www.lake-people.de

### Analoge Geräte (19", 1 HE)

#### MIC-AMP F355

2-ch State-of-the-Art Mikrofon-Verstärker mit allen  
Extras, gesplittete Ausgänge, optional trafosym.

#### MIC-AMP F366

4-kanaliger, rauscharmer und gut ausgestatteter  
Mikrofon-Vorverstärker. Opt. trafosym. Ausgänge.

#### VOL-CON F380

8-ch rauscharmer Lautstärkesteller für 5.1 / 7.1  
Surround-Anwendungen. Optional mit komfor-  
tabeler Fernbedienung und digitalen Eingängen.

#### PHONE-AMP F399

2/4 x Stereo Kopfhörer-Verstärker mit exzellenter  
Ausstattung und OPTI-MODE Technik.

### Analoge Tools (19", 1 HE)

#### ANA-TOOL F811

8-ch Symmetrierverstärker von Cinch auf XLR,  
zusätzliche Frontanschlüsse, Gain -3 ... +21 dB

#### ANA-TOOL F812

4-kanaliger Symmetrierverstärker +  
4-kanaliger Desymmetrierverstärker

#### ANA-TOOL F822

8-ch Desymmetrierverstärker von XLR auf Cinch,  
zusätzliche Frontanschlüsse, Gain -21 ... +3 dB

#### ANA-TOOL F833

4 x 2 in 1 / 2 x 4 in 1 vollsymmetrischer Summier-  
verstärker. Gain regelbar, Ein- und Ausgänge XLR.

#### ANA-TOOL F844

4 x 1 in 2 / 2 x 1 in 4 vollsymmetrischer Verteil-  
verstärker. Gain regelbar, Ein- und Ausgänge XLR.

### OPTIONEN für ANA-TOOLS:

Alle elektr. sym. Ein- und Ausgänge können über  
Trafos symmetriert werden.

### Kopfhörer Verstärker

Alle Kopfhörerverstärker verfügen über die exklu-  
sive OPTI-MODE Technologie zur Anpassung an  
die verwendeten Kopfhörer, symmetrische Ein-  
gänge über XLR, Kopfhörer über ¼" Klinke.

#### PHONE-AMP G93

Stereo-Kopfhörer-Verstärker, einfach ausgestattet

#### PHONE-AMP G95

Stereo-Kopfhörer-Verstärker, gut ausgestattet.

#### PHONE-AMP G97

Stereo-Kopfhörerverstärker sehr gut ausgestattet  
mit zusätzlichen Kommando-Eingang.

#### PHONE-AMP G99

Kompromissloser Hi-End Stereo-Kopfhörer-  
verstärker mit diskret aufgebauten Endstufen.

### Rack System

**DSR 503:** 3 HE für bis zu 16 Euro-Karten

**DSR 504:** 4 HE für bis zu 20 Euro-Karten

**DSR 506:** 6 HE für bis zu 40 Euro-Karten

Zubehör wie (redundante) Stromversorgungen,  
Ausfallsignalisierung, Busplatinen und diverse  
Anschlusspanels mit unterschiedlichsten  
Steckverbindern im Lieferprogramm.

**EMPA V26** Komfortabler Mic Vorverstärker

**EQTO V27** 4-ch Buffer/Splitter, trafosym. Ausg.

**EQTB V28** 4-ch Buffer/Splitter, trafosym. Eing.

**EUCG V51** Universelle Taktversorgung

**ESRC V52** 2-ch Sample-Rate Converter

**EADC V54** 2-ch A/D Wandler

**EDAC V56** 2-ch D/A Wandler

**EUDS V58** Digitaler Verteiler 4 x 1 in 2 ... 1 in 8  
für AES/EBU, AES-id, WCLK Signale

www.lake-people.de

Tel: +49 7531 73678

Fax: +49 7531 74998

e-Mail: info@lake-people.de



**SMDC**

5.1 SURROUND-ROUTER  
5.1 SURROUND-VERTEILER  
für höchste Ansprüche



- \* 6-Kanal SURROUND-Quellen auswählen (6x)
- \* 6-Kanal SURROUND-Quellen verteilen (6x)
- \* Stereo- u. 6-Kanalquellen gemeinsam abhören
- \* 6-Kanal-Einschleiffunktion (Insert)
- \* kanalgetrennte Pegel-Feinkorrektur + Mute
- \* vollsymmetrisch, Signalweg aktiv oder passiv
- \* exzellente Signalqualität
- \* THD 1kHz..... typ. 0,0001%
- \* Dynamik..... 129 dB
- \* Gleichtaktunterdrückung 110 dB
- \* Übersprechen 10kHz < -120 dB
- \* 20Hz...20kHz..... +/- 0,01dB
- \* Noise..... - 105 dBu CCIR eff.
- \* Netzversorgung.....90..245V

INFOS: [www.funk-tonstudioteknik.de](http://www.funk-tonstudioteknik.de) E-MAIL: [funk@funk-tonstudioteknik.de](mailto:funk@funk-tonstudioteknik.de)  
**FUNK TONSTUDIOTECHNIK** D-10997 BERLIN PFUELSTR.1A TEL. 030-6115123 FAX 030-6123449

**D.A.I.S.**

Digital Audio Interconnection System



Digitale Router-Systeme

Modifikationen

Interfaces

Studioequipment

Problemlösungen

**AUDIO-SERVICE**  
Ulrich Schierbecker GmbH

Schnackenburgallee 173  
22525 Hamburg

Tel.: +49-(0)40-851 770-0  
Fax: +49-(0)40-851 27 84

[mail@audio-service.com](mailto:mail@audio-service.com)

[www.audio-service.com](http://www.audio-service.com)

## STUDIO MONITORING SOLUTIONS

Our focus, your mix.



**KRK**  
SYSTEMS

Vertrieb D&A: KORG & MORE – a Division of Musik Meyer GmbH [krksys.com/de](http://krksys.com/de)

Entwicklung – Konstruktion – Fertigung – Logistik – Service



Sie haben die kreativen Ideen.  
Die Liebe zum Detail haben wir.

15 Jahre Audiokompetenz Made in Germany

Unsere Partner zählen auf uns - wann zählen Sie dazu?



IMM Gruppe | [www.imm-gruppe.de](http://www.imm-gruppe.de) | [audio@imm-gruppe.de](mailto:audio@imm-gruppe.de)

## Die Wachablösung



slate pro audio DRAGON  
Der neue FET-Kompressor

**akzent  
audio**

Exklusiv im Vertrieb in Deutschland und Österreich  
**akzent audio** • Tulpenweg 4 • 76571 Gaggenau  
 Tel +49 7225 913730 • [info@akzent-audio.de](mailto:info@akzent-audio.de)  
[www.akzent-audio.de](http://www.akzent-audio.de)

## The Peak of Performance

Im Bereich hochwertiger Instrumente zur Visualisierung von Audiosignalen setzt RTW als Innovationsleader immer wieder neue Maßstäbe. So erlauben zum Beispiel unsere neuartigen TouchMonitore einen nie gekannten Grad an Präzision, Effizienz, Leistungsfähigkeit und Flexibilität. Getreu unserem Motto: RTW. The Peak of Performance. Erfahren Sie mehr auf [www.rtw.de](http://www.rtw.de)

**RTW**

Studioplanung

Studioinstallation

Verdrahtung

Modifikation

Sonderanfertigung

Service

**TAD**  
Tontechnik  
Arno Düren

Professionelle Dienstleistungen  
rund um's Audio-, Video-  
und Multimediastudio

Pescher Straße 29 41352 Korschenbroich [info@tadnet.de](mailto:info@tadnet.de) [www.tadnet.de](http://www.tadnet.de)  
 Fon: +49 (0) 2161 649290 Fax: +49 (0) 2161 649297  
 Mitglied des Digital/Audio Network

# XL2 Audio- und Akustik Analysator

von Profis für Profis!

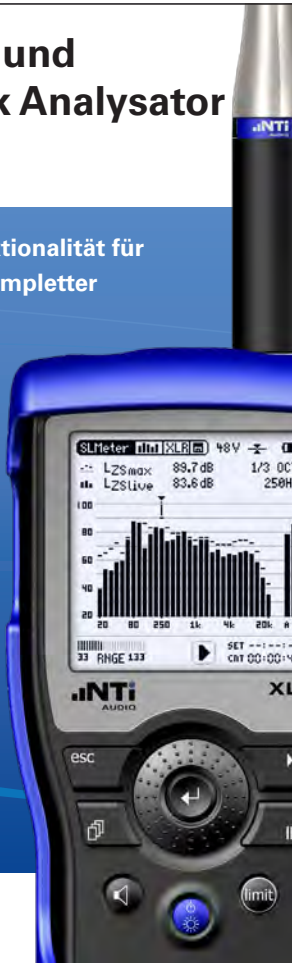
XL2 bietet kompromisslose Funktionalität für die Überprüfung und Wartung kompletter Audio-Systeme. Er analysiert:

- Audio Signale mit Frequenz- und Pegelmessung von 10 µV bis 25 V
- Klirrfaktor mit Eigenverzerrung von < -100 dB (0.001 %) typ.
- Schallpegel mit Güteklasse 1. Erfüllt alle Anforderungen der DIN 15905 mit Grenzwerten
- Terzpegel mit Logging Funktionen
- Nachhallzeit mit Terzauflösung
- Echtzeit FFT
- Polarität von Lautsprechern u. Kabel

Weitere Informationen unter:  
[www.nti-audio.com](http://www.nti-audio.com)



Schweizer Qualität



NEW

PT0760M

## Multichannel HD/SD Waveform Monitor

"Solutions in Audio & Video"

DK - Technologies

**HAUPTFUNKTIONEN PT0760M/00A**

- 1 x HD/SD-SDI, autoformat De-Embedder
- Module für AES Ein- und Ausgänge
- Module für analog Audio
- Dolby E/AC3-Decodermodul
- 5.1 Surround Sound Messung
- ITU-Loudness mit 400Hz oder 1 kHz Referenz

Email: [info@dk-technologies.com](mailto:info@dk-technologies.com) • Web: [www.dk-technologies.com](http://www.dk-technologies.com)  
 Tel: +49 (0)40-70103707 • Fax: +49 (0)40-70103705

DK-Technologies Germany GmbH, Tibarg 32c, 22459 Hamburg.

adebar acoustics

## Forsell Technologies SMP-2



Deutscher Vertrieb durch  
[www.adebar-acoustics.de](http://www.adebar-acoustics.de)

NEUMANN.BERLIN  
THE MICROPHONE COMPANY

The new TLM 102

Smart. Sweet. Powerful.

Georg Neumann GmbH • Ollenhauerstraße 98 • 13403 Berlin • Germany • [www.neumann.com](http://www.neumann.com)

## THERMIONIC CULTURE ENGLAND

**GET CULTURED**  
Real Tube Recording Products

International Distribution by UNITY AUDIO LTD

Tel: UK+ 1440 785843 Fax: UK+ 1440 785845 sales@unityaudio.co.uk www.thermioniculture.com

### SAM-1C SAM-2C

analoge Audio-Konverter für höchste Ansprüche

- \* Brummschleifen beseitigen
- \* Audiosignale symmetrieren
- \* Audiosignale asymmetrieren
- \* Audiosignale summieren
- \* Audiosignale verteilen
- \* Audiopegel absenken
- \* Audiopegel verstärken
- \* Impedanz anpassen
- \* Massepotential-Unterschiede ausgleichen

analoge Symmetrier- und Differenzverstärker mit der höchsten Störsignalunterdrückung ihrer Klasse

INFOS: [www.funk-tonstudioteknik.de](http://www.funk-tonstudioteknik.de) E-MAIL: [funk@funk-tonstudioteknik.de](mailto:funk@funk-tonstudioteknik.de)  
**FUNK TONSTUDIOTECHNIK** D-10997 BERLIN PFUELSTR.1A TEL. 030-6115123 FAX 030-6123449

Full-Service zu Internetpreisen

Top 5 im Preisvergleich

W.W.123 CD.de

Presswerk-gemeinschaft

Werden Sie Stützpunkthändler auf Provisionsbasis!

Händler-Anfragen bitte an [info@123cd.de](mailto:info@123cd.de)



## Symphony I/O

The new standard in recording technology



APOGEE

[apogeedigital.com](http://apogeedigital.com)

contact: [germany@apogeedigital.com](mailto:germany@apogeedigital.com)

[www.solid-state-logic.com](http://www.solid-state-logic.com)

# SSL. Let's make music.

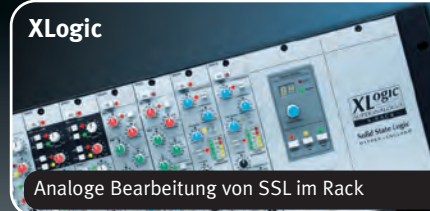


### Duality & AWS 900+



Die neuen Standards für Musikkonsolen

### XLogic



Analoge Bearbeitung von SSL im Rack

### C200 HD & C300 HD



Digital und intuitiv mit Workstationsteuerung

### I/O Range



Umfangreiches I/O-Angebot

### Matrix



Integriert und steuert Vintage und Workstation(s)

### Duende



SSL-Prozessoren in ihrer Workstation

**WWW.  
proaudiotext.**

Produkt-Dokumentation  
Handbuch-Konzept/ Realisation  
Grafik/ Layout  
Übersetzung **Dieter Kahlen**

Redaktion Fachredaktion  
Foto 02845-33991  
0172-7419970

[dk@proaudiotext.de](mailto:dk@proaudiotext.de)

**STELLER-ONLINE**  
pro audio und computertechnik



Professionelle  
Audio PC-Systeme  
Audio und Video  
Workstations  
Studiotechnik  
und Software  
Individuelle Beratung  
und Support

[www.steller-online.com](http://www.steller-online.com) | Tel.: +49 (0) 61 42 / 55 00 850

**VERTIGO SOUND**  
DISCRETE VCA COMPRESSION



[www.vertigosound.com](http://www.vertigosound.com)  
distributed by [www.hestudiotechnik.de](http://www.hestudiotechnik.de)

**Music.**  
**This is SSL.**

**Solid State Logic**  
SOUND | | VISION

SSL Germany; Direktkontakt Pulte: +49 175 721 4520 Direktkontakt sonstiges: +49 172 673 5644