

Postvertriebsstück

Gebühr bezahlt

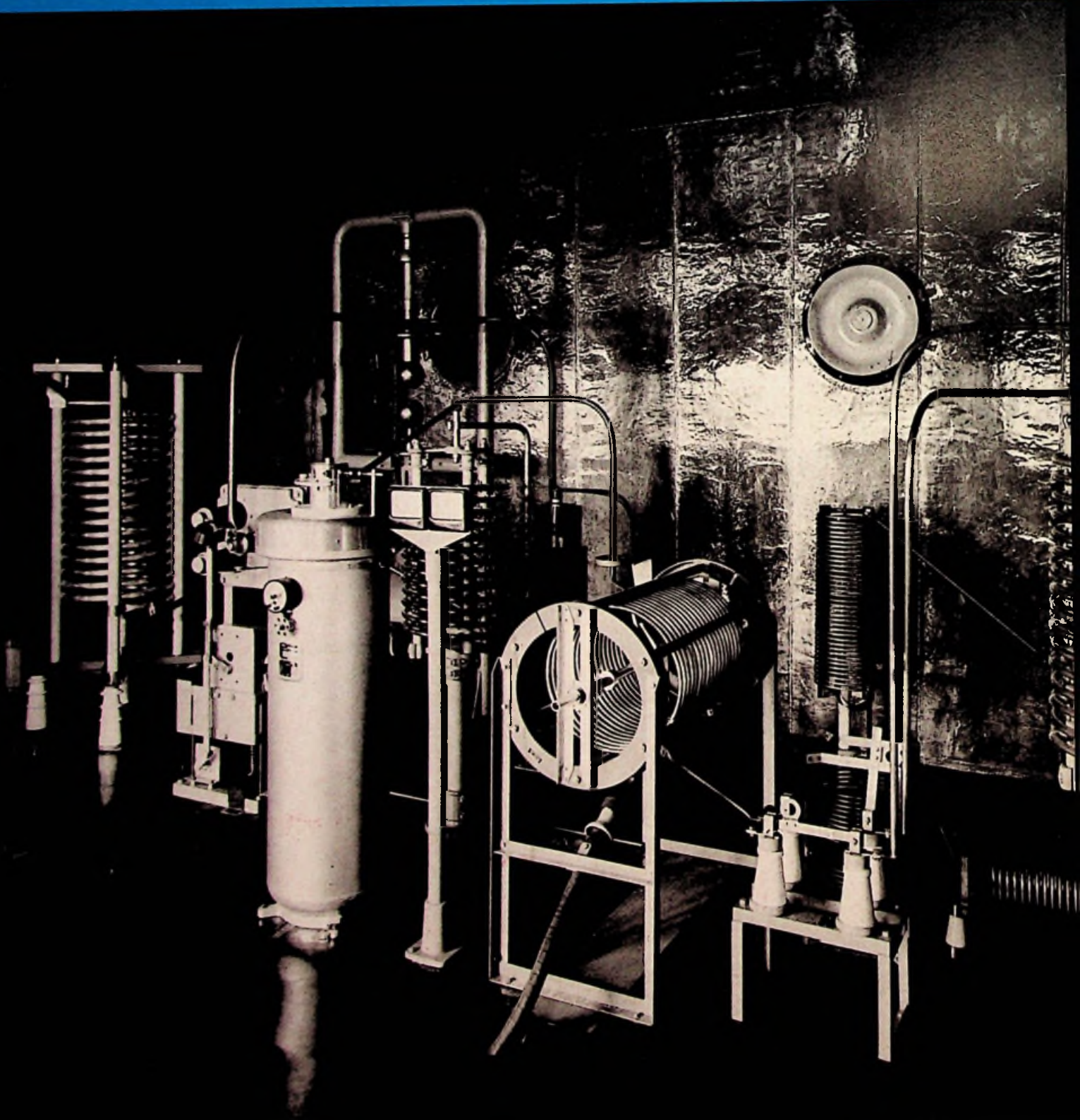
Dr. Alfred Hühig Verlag, 6900 Heidelberg 1, Postf 10 28 69

2

Februar 1980  
35. Jahrgang  
ISSN 0016-2825

# FUNK TECHNIK

Fachzeitschrift für die gesamte Unterhaltungselektronik



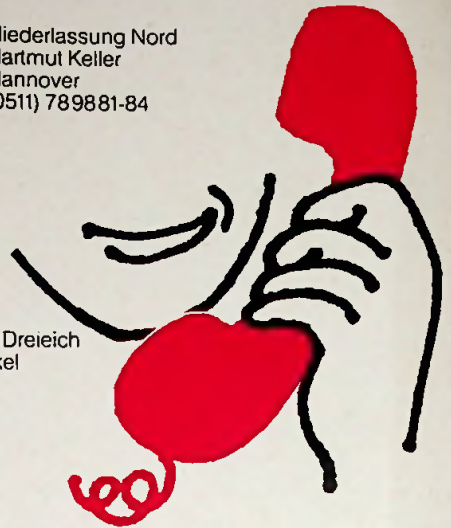




Niederlassung Nord  
Klaus Langwald  
Hamburg  
(040) 4601041



Niederlassung Nord  
Hartmut Keller  
Hannover  
(0511) 789881-84



Niederlassung Dreieich  
Friedel Krawinkel  
Dreieich  
(06103) 3601-5



Niederlassung West  
Rita Dungen  
Essen  
(0201) 3193-247



Niederlassung West  
Heinz Meier  
Essen  
(0201) 3193-216



Niederlassung Süd  
Hannes Christian Zuncke  
München  
(089) 3111095

# Eins von diesen roten Telefonen ist in Ihrer Nähe!

Hier sind einige wichtige Telefonnummern, wenn es um Ihr zukünftiges Sortiment geht. Viele Fachkollegen haben schon die Chance genutzt, jetzt das Kooperationsangebot mit NORDMENDE anzunehmen. Die ersten gemeinsamen Aktionen laufen an. Welche Leistungen

wir unseren Partnern bieten, das erfahren Sie mit einem Griff zum Telefon.

Statt vieler Worte von uns: Rufen Sie Ihren Partner bei der nächstgelegenen NORDMENDE-Niederlassung an. Denn kurze Wege sind typisch für unsere neue Konzeption.



DIE AKTION

## ROTES TELEFON

### NORDMENDE

FACH-  
BERATER

## Produkt-Informationen

- Audio-Technik:  
Hi-Fi unter der Lupe  
1. Folge: Tonabnehmer-Systeme (I) W 43

## Aktuelle Grundsatzfragen

- Farbfernsehgeräte-Chassis:  
Grundig bleibt bei seinem  
Modul-Chassis-Konzept:  
Eine Diskussion über das Pro  
und Contra der Modul-Technik W 49
- Ton-Rundfunkempfänger:  
Vorerst keine Änderung  
des KW-Abstimmbereiches W 61

## Systeme und Konzepte

- Offengelegte Patentschriften W 61

## Werkstatt und Service

- Tonbandgeräte:  
Die häufigsten Fehlerquellen  
und wie sie beseitigt werden (I) W 64
- Betriebsstunden-Zähler:  
Chemie statt Mechanik W 68

---

## Titelbild

Während die Miniaturisierung in der Technik der Rundfunkempfänger noch längst nicht zu Ende ist, kann in der Hochfrequenztechnik für Großsender noch keine Rede davon sein, wie dieser Blick in das Antennenhaus am Fuße der Mittelwellen-antenne im Sender Ismaning des Bayerischen Rundfunks zeigt. Bei den hohen zu verarbeitenden Leistungen haben die hier untergebrachten Abstimm-Mittel für den Antennenabgleich Abmessungen, die eher an Heizschlangen in einer Kesselanlage erinnern, und die Kupferfolien, mit denen die Wände als Abschirmung „tapeziert“ sind, verstärken die leicht gespenstische Atmosphäre im Antennenhaus.

(Foto: Sessner/Bayerischer Rundfunk)

## Fachliche Bildung

- Resonanz-Transformation:  
Die Anpassung von Impedanzen (II).  
Grafische Lösungen im Smith-Diagramm W 69
- Praktischer Umgang mit Bauelementen:  
Transistoren unter die Lupe genommen.  
Teil 5: Bipolare Transistoren  
für NF-Vorstufen (II) W 72
- Lehrgang für Radio- und Fernstechniker:  
Einführung in die Digitaltechnik.  
13. Folge: Schaltwerke und  
Festwertspeicher W 81



**HITACHI**  
**Hit**

HITACHI INNOVATIVE TECHNOLOGY



**Hitachi Hit – Hitachi Innovative Technology. Unter diesem Zeichen präsentiert Ihnen ein Unternehmen von Weltgeltung außergewöhnliche Innovationen.**

In jeder Hitachi-Innovation steckt das technische Know-how und die Erfahrung, die Ihnen nur ein führend Hersteller bieten kann. Ständig mit an der Spitze, wenn es um marktgerechte Technologien geht, die Sie und Ihre Kunden zufriedenstellen.

Dieser Hitachi-Hit bietet Ihnen eine weitere Möglichkeit, das technische Niveau und die Attraktivität Ihres Angebotes zu erhöhen: D-5500, das „denkende“ HiFi-Tapedeck. Mit dem microcomputergesteuerten ATR (Automatic Tape Response System) wird das Gerät automatisch und präzise auf die jeweilige Bandsorte eingemessen. Memory-Speicher für 3 Bandarten. Mit dem direktangetriebenen Umtorque-Motor werden die Gleitlaufschwankungen auf 0,09% reduziert. Das 3-Kopf-System ermöglicht Hinterbandkontrolle.

Der abnehmbare Steuerblock mit IC-Logikschaltung ist auch als drahtlose Infrarot-Fernbedienung einsetzbar. DOLBY. Frequenz CrO<sub>2</sub> 20–20.000 Hz. Auto-Rewind. UKW-Stereofilter.

Hitachi Sales Europa GmbH, Mitglied des dhfi, Kleine Bahnstraße 8, 2000 Hamburg 54  
Hitachi Sales Warenhandels-Gesellschaft m.b.H., Kreuzgasse 27, 1180 Wien

**HITACHI**  
mehr Spaß an der Techni



## Audio-Technik:

# Hi-Fi unter der Lupe

## 1. Folge: Tonabnehmer-Systeme (I)

Fast jeder, der sich mit High Fidelity beschäftigt, kennt die wichtigsten Zusammenhänge zwischen dem technischen Aufbau einer Hi-Fi-Anlage und ihrer Wiedergabe-Qualität. Wenn jedoch ein bestimmtes Problem einmal genauer betrachtet werden soll, dann erweisen sich die Fachkenntnisse gelegentlich als zu oberflächlich. Deshalb behandelt Reinhard Frank, Fachautor auf dem Gebiet der High Fidelity, in dieser Beitragsfolge mit großer Liebe zum Detail eine Reihe von Einzelheiten, die häufig übersehen werden, obwohl sie für die Wiedergabe-Qualität einer Hi-Fi-Anlage von ausschlaggebender Bedeutung sein können.

Jeder Hersteller versucht, die Hi-Fi-Geräte zu verkleinern, aber nur selten besteht dazu ein sachlicher Zwang: schließlich arbeitet ein Verstärker auch nicht „besser“, wenn er statt in ein 2-Liter-Gehäuse in ein 5-Liter-Gehäuse eingebaut ist; auch spielt sein Gewicht für die Verstärker-Funktion keine Rolle.

Bei Tonabnehmer-Systemen dagegen sind dem Konstrukteur Maß- und Gewichtsgrenzen vorgeben, damit der Tonabnehmer zusammen mit verschiedenen Tonarmen benutzt werden kann. Dennoch bieten sich genügend Möglichkeiten, Tonabnehmer-Systeme weiterzuentwickeln, und wenn es nur wenig erkennbare Details sind. So überschweben denn Tonabnehmer-Systeme nach ver-

schiedenen Wandlerprinzipien sowie in unterschiedlichen Bauarten den Markt, und fast jeder Hersteller propagiert „seinen“ Nadelschliff als optimal.

### Moving Coil contra Moving Magnet

Versucht man einen Vergleich zwischen dynamischen Tonabnehmern (Moving Coil – MC-System und magnetischen Tonabnehmern (Moving Magnet – MM-System) ausschließlich mit Zahlenwerten, dann bleiben eigentlich keine Vorteile für MC-Systeme:

- Ihre Ausgangsspannungen sind etwa 30 dB niedriger als die der Magnetsysteme (Ausnahmen: z.B. Satin, Ultimo),

- sie sind brummempfindlich und benötigen eine zusätzliche Verstärkungsstufe (entweder durch einen Vorverstärker oder einen Trafo) – eine zusätzliche Verzerrungs- oder Brummquelle also,

- sie sind oft teurer als die üblichen Magnetsysteme,

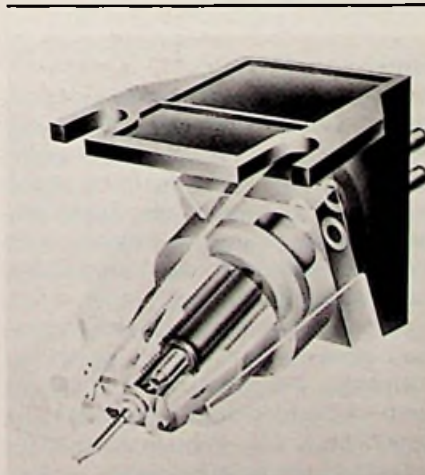
- sie sind oft schwerer (Auswirkungen auf die Eigenschaften der Tonarm-Tonabnehmer-Kombination),

- die Abtastnadel kann vom Benutzer nicht ausgewechselt werden; das muß wegen der erforderlichen Genauigkeit meist das Herstellerwerk machen (Ausnahme: z.B. Satin).

### MC-Systeme:

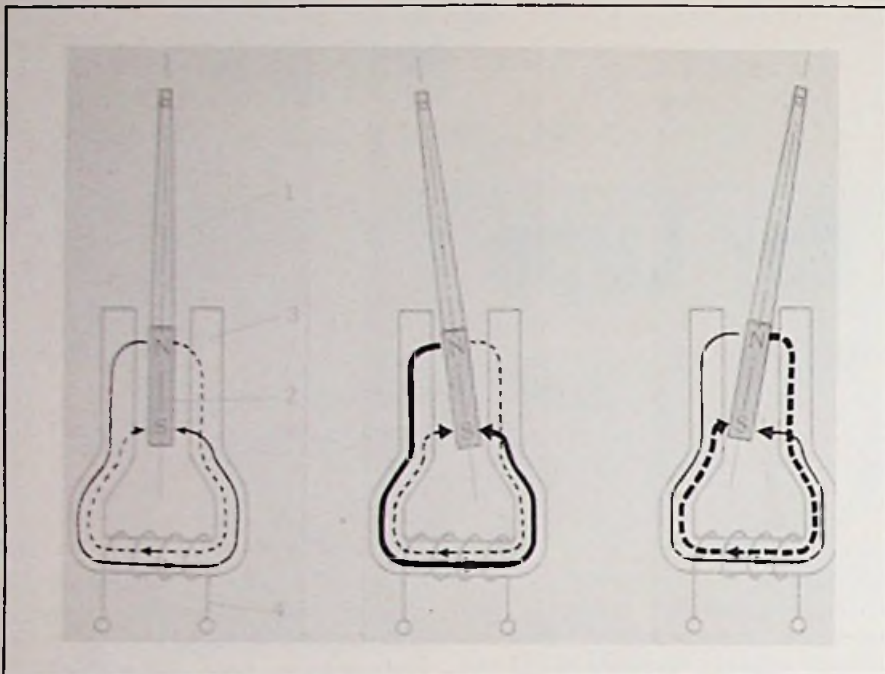
**Sie bringen mehr Probleme, aber sie „klingen besser“**

Oberflächlich betrachtet, also nur „Nachteile“; trotzdem setzen sich



Zu den Tonabnehmern, die die Wahl zwischen magnetischem und dynamischem System erschweren, gehört dieses Magnet-Modell P 8 ES von AKG. In der Endverkaufspreisklasse um 300 DM muß es mit vielen MC-Systemen konkurrieren – und gewinnt den Vergleich sehr oft. Besonders hervorzuheben ist die räumliche Auflösung dieses Tonabnehmers, dessen Klangbild – ein Novum bei Magnet-Systemen – besonders im Bereich der hohen Frequenzen sehr „offen“ wirkt; dieses analytische Wiedergabeverhalten kann allerdings auch etwas lästig werden.





Wirkungsweise eines magnetischen Tonabnehmer-Systems: Der Nadelträger 1 bewegt einen an ihm befestigten Dauermagneten 2 zwischen den Polen 3 eines anderen Dauermagneten und bewirkt in diesem eine Änderung des magnetischen Flusses, der in der Spule 4 eine Spannung induziert.

diese Tonabnehmer in Spitzenklasse-Anlagen durch. Der Grund: Sie „klingen besser“ – offensichtlich soviel besser, daß man die zusätzlichen Probleme gerne in Kauf nimmt. Damit ist auch schon der Anwendungsbereich dieser Tonabnehmer abgesteckt: Nicht jedem Kunden werden die klanglichen Unterschiede auf Anhieb die zusätzliche Geldausgabe wert sein, vor allem dann nicht, wenn diese Tonabnehmer ohne besonderen Aufwand eingebaut und vorgeführt werden.

### Wonach die Qualität beurteilt werden kann

Der Gewinn an Wiedergabequalität ist für Eingeweihte leicht auszumachen – aber für den ungeübten Hörer ist er so gering, daß er schon durch scheinbar nebensächliche Effekte wieder zunichte gemacht werden kann. Unterschiede zwischen den Bauarten spielen sich am oberen Ende der Qualitätsskala ab. Wer noch glaubt, daß die Unterschiede zwischen Tonabnehmern nur im Frequenzgang und Abtastverhalten bestehen, urteilt oberflächlich und wird

kaum zu dem Ergebnis kommen, daß die MC-Tonabnehmer anders klingen. Selbstverständlich muß man auch diese Kriterien beim Einstellen der Auflagekraft berücksichtigen, sie allein sagen aber nichts über die Wiedergabequalität aus. Dazu müßte man sich die Tonabnehmer beispielsweise im Hinblick auf Räumlichkeit, Durchsichtigkeit und Vorne-Hinten-Auflösung anhören – alles Eigenschaften, die in den üblichen Zahlenfriedhöfen der technischen Daten nicht aufgeführt sind.

### Nicht vom Prinzip, sondern von der Bauart hängt die Qualität ab

Allerdings sind MC-Systeme nicht etwa deswegen grundsätzlich „besser“, weil bei ihnen die Spule anstatt eines Magneten bewegt wird und weil man durch den Verkauf eines Anpaßtransformators oder eines Vor-Vorverstärkers zusätzlichen Umsatz erzielen kann. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Fabrikaten sind vielmehr beträchtlich, denn die erreichbare Wiedergabequalität hängt von der Ausführung ab.

Eine scharfe Abgrenzung zu den Magnet-Systemen läßt sich auch hier nicht treffen; gerade in der Endverkaufspreis-Gruppe zwischen 200 DM und 300 DM prallen die preiswerten dynamischen und die teuren Magnet-Tonabnehmer aufeinander; manchmal lassen sich kaum Argumente finden, die für den höheren Aufwand der MC-Systeme sprechen.

### Auf den sorgfältigen Einbau kommt es an

Zwar lassen sich allen Systemen ungeahnte Klangqualitäten entlocken – wenn man die Tonabnehmer nur sorgfältig genug einbaut. Wer zum „schnellen“ Vergleich ein Magnet-System einfach gegen ein dynamisches System (z.B. Satin Serie 117 oder Ultimo 10 x) austauscht, ohne den Tonarm neu zu justieren, der handelt viel zu oberflächlich und verschenkt einen großen Teil der möglichen Wiedergabequalität.

### Justage nach Augenmaß genügt nicht mehr

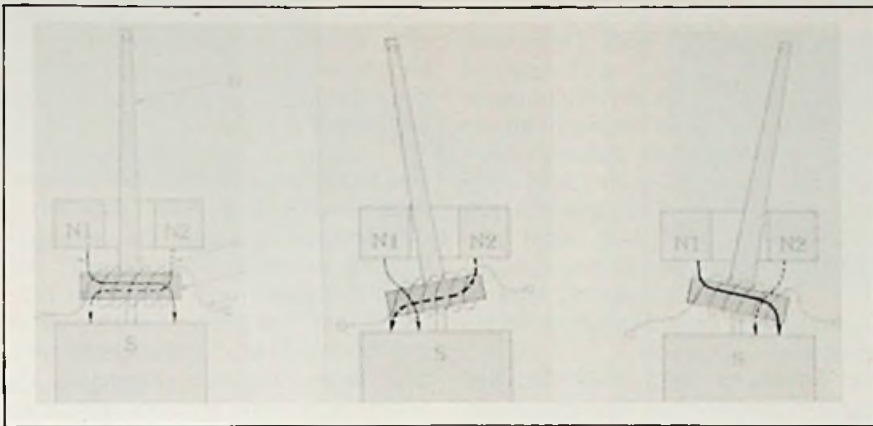
Beim Einbau eines neuen Tonkopfes in einen Cassetten-Recorder geht man wesentlich sorgfältiger vor. Er wird nicht einfach festgeschraubt und nach Augenmaß justiert, sondern elektrisch auf genau senkrechte Spalteinstellung überprüft. Erst durch diese indirekte Messung läßt sich der Spalt genau senkrecht stellen. Leider ist beim Einbau von Tonabnehmern diese Praxis derzeit noch Zukunftsmusik – hier wird frei nach Augenmaß justiert. Kein Wunder, wenn neben dem Schallplattenprogramm die Oberflächengeräusche besonders deutlich zu hören sind, denn MC-Systeme reagieren empfindlicher als Magnet-Systeme auf die äußeren Randbedingungen.

### Die Wirkungsweise der MC- und MM-Systeme

Einen Vergleich der Wirkungsweise von MC- und MM-Systemen zeigen Bild 2 und Bild 3, wobei die unterschiedlichen Bauarten, besonders der Magnet-Systeme, nicht berücksichtigt sind.

Bei einem Magnetsystem (siehe schematische Darstellung) ist der Nadelträger 1 mit einem Magneten 2





Wirkungsweise eines dynamischen Tonabnehmer-Systems: Der Nadelträger bewegt die an ihm befestigte Spule in einem Magnetfeld zwischen N1-Pol/N2-Pol und S-Pol, so daß in der Spule eine Spannung induziert wird.

bestückt. In der neutralen Stellung (links) herrscht Gleichgewicht zwischen den beiden Seiten des u-förmigen Jochs 3 – in der Spule 4 wird keine Spannung induziert. Wenn der Nadelträger verschoben wird (Mitte und rechts), ändert sich der magnetische Fluß (dicker Pfeil) abhängig von der Auslenkung. Die Flußänderung induziert in der Spule eine elektrische Spannung.

### Praktische Probleme des MM-Systems

Soweit die Theorie. In der Praxis ergeben sich folgende Probleme: Selbst bei konstanter Auslenkung über den gesamten Audio-Frequenzbereich sinkt die Ausgangsspannung eines Magnet-Systems bei hohen Frequenzen ab. Ursache dafür sind Verluste innerhalb des Systems. Weiterhin sind Magnet-Systeme hochohmig (Spule mit etwa 3000 Windungen aus äußerst dünnem Draht), so daß nicht beliebige Anschlußkabel verwendet werden können. Die vom Hersteller empfohlenen Kapazitätswerte müssen eingehalten werden, sonst ergeben sich Frequenzgangfehler. Das gleiche gilt für die Eingangsimpedanz des Entzerrer-Vorverstärkers, die ebenfalls genau dem Sollwert entsprechen muß.

### Dynamische Systeme

Von diesen Problemen befreien die dynamischen Systeme (siehe Sche-

ma-Zeichnung). In der Mittelstellung (links) herrscht wieder der Gleichgewichtszustand. Die dicke Linie zeigt den magnetischen Fluß vom N1- zum S-Pol, die gestrichelte Linie den vom N2- zum S-Pol. Entsprechend der Bewegung des Nadelträgers ändert sich auch hier der magnetische Fluß; in die Spule wird eine Spannung induziert.

Weil diese Spule aber im Vergleich zu einem Magnetsystem wesentlich kleiner ist, (30-200 Windungen), verhält sie sich ähnlich wie ein Stück Draht: Die Impedanz eines dynamischen Tonabnehmers – sie liegt im Bereich zwischen 2 Ohm und 200 Ohm – ist im Audio-Bereich frequenzunabhängig. Dadurch werden die Anschlußprobleme verringert. Selbstverständlich hat diese Mini-Spule auch einen Nachteil, denn sie liefert nur eine vergleichsweise kleine Ausgangsspannung.

### Praktische Probleme des MC-Systems

In der Ausgangsspannung liegt der deutlichste Unterschied zwischen den beiden Systemen: Sie ist bei etwa 30 dB niedriger als bei magnetischen Systemen. Zu einem MC-System gehört deshalb noch der zusätzliche Vor-Vorverstärker oder ein Anpaßtrafo. Probleme, die dadurch auftauchen können: Jede zusätzliche Verstärkerstufe kann zusätzliche Ursachen für Verzerrungen bieten. Außerdem werden durch die große er-



Zu den preiswerten dynamischen Abtastern zählt dieses Modell Coral 777 EX, ein ausgesprochenes Leichtgewicht unter den MC-Systemen. „Preiswert“ ist das 777 EX deshalb, weil mit ihm für rd. 280 DM ein Tonabnehmer angeboten wird, der ein Klangbild mit weiter Perspektive, extremer Durchsichtigkeit und sattem Baß liefert – ein System, mit dem man lange Zeit zufrieden sein kann.

forderliche Verstärkung des Nutzsignals auch die Störgeräusche verstärkt.

Besondere Probleme gibt es mit Brumm-Einstreuungen, falls Plattenspieler und Verstärker nicht sorgfältig ausgesucht und aufgestellt wurden. Dazu einige Tips: Unbedingt Erdschleifen vermeiden. Die gesamte Anlage sollte nur in einem einzigen Punkt geerdet sein. Deshalb dürfen die beiden Erdleitungen vom Tonabnehmer zum Verstärker auf gar keinen Fall vor dem Verstärkereingang zusammengeführt werden. Versteckte Leitungszusammenführungen findet man besonders häufig in Adaptoren. Das ist bei der Verwendung des DIN-Steckers der Fall; bei ihm sind die Massen für die beiden Kanäle gemeinsam an den Kontaktstift 2 angelötet. Gelegentlich lassen sich daher Löteingriffe nicht vermeiden; ein besonderes „Ground“-Kabel wird oft erforderlich (nach dem Muster der japanischen Plattenspieler).

### Manche Plattenspieler „vertragen“ kein MC-System

Viele Plattenspieler eignen sich von der Konstruktion her nicht für den





Problematisch ist das Modell MC-10 von Ortofon in der Wiedergabequalität. Zwar wird hier ein Vorstoß gewagt, indem dieses System für weniger als 200 DM Endverkaufspreis angeboten wird – allerdings mit zweifelhaftem Gewinn, denn zusätzlich ist noch ein Vor-Vorverstärker oder ein Transformator erforderlich, so daß dieses System für Erstkäufer nicht gerade preiswert (im Vergleich zum AKG P 8 ES) wird. Die Klangqualität des MC 10 erfüllt die Erwartungen an MC-Systeme nicht ganz. Die Schallplattenwiedergabe über das MC 10 wirkt weich, „rund“, etwas undurchsichtig, im oberen Frequenzbereich etwas stumpf und entfernt.

Das Leichtgewicht unter den Tonabnehmern kommt von Ortofon. Das erst vor kurzem vorgestellte LM 30 (oder das Concorde als integriertes System) besticht durch die weiträumige Perspektive; es ist ausgesprochen baßkräftig und liefert ein klar gegliedertes Klangbild, das zudem sehr angenehm wirkt – allerdings auf Kosten der Durchsichtigkeit im oberen Frequenzbereich. In den Höhen klingt es leicht bedeckt.



Einbau von MC-Systemen (Beispiele: Braun PS 500/PS 550, Telefunken S 500/S 600): Die umfangreiche Elektronik ist in diesen Plattenspielern nicht genügend abgeschirmt, so daß Störspannungen induziert werden. Bei solchen Geräten hilft auch das Verändern der Erdung nichts. Auf die Tatsache, daß sich nicht alle Plattenspieler für den Einbau dynamischer Tonabnehmer eignen, wird in Testberichten nicht genügend hingewiesen.

Die Erfahrung zeigt, daß MC-Systeme in japanischen Plattenspielern weniger Probleme bereiten. Als Grund dafür lassen sich die getrennte Erdung von Chassis und Tonabnehmer sowie die Cinch-Anschlüsse anführen, mit denen alle vier Tonleitungen getrennt bis zum Verstärkereingang geführt werden.

### Quelle großen Ärgers: Die Übergangsstellen

Im schlimmsten Fall werden die Tonleitungen auf ihrem Weg zwischen Tonabnehmer und Verstärker an sieben (!) Stellen unterbrochen – eine Quelle großen Ärgers und möglicherweise auch ein Grund für eine nicht befriedigende Wiedergabequalität. Besonders nach einiger Zeit der Benutzung, wenn schon einige Kontakte oxidiert und die Kontaktfedern ermüdet sind, wird die Klangqualität leiden. Die Quellen des Ärgers sind:

- Übergang vom Tonabnehmer-System auf die Anschlußleitungen des Tonkopfes,
- Übergang dieser Leitungen auf die Kontaktstifte des Tonkopfes,
- Kontakte zwischen Tonkopf und Tonarm,
- Unterbrecherkontakte der Stumm-schaltung (bei einigen Plattenspielern mit Automatik-Funktionen),
- Übergang der dünnen Tonarmleitungen auf das „normale“ Kabel,
- Adapter,
- Kontaktstelle am Verstärkereingang.

Wer die Vorteile von dynamischen Tonabnehmern auch langfristig (und vielleicht sogar überhaupt) ausnutzen möchte, sollte diese Leitungsunterbrechungen tunlichst ausschalten. Optimal ist hier die konsequente Führung des Drahtes in einem Stück von der Spannungsquelle zum Ver-

braucher. Selbstverständlich lassen sich einige Übergangsstellen nicht vermeiden, aber drei als kleinstmögliche Anzahl für die Praxis sollte man anstreben.

### Der Standort des Plattenspielers muß sorgfältig gewählt werden

Gelegentlich ist schon die Leitungsführung zwischen Plattenspieler mit Magnet-System und Verstärker problematisch; bei einem Plattenspieler mit dynamischen Tonabnehmer werden diese Probleme potenziert. Es reicht nicht mehr aus, nur darauf zu achten, daß das Kabel möglichst weit entfernt von allen Netzzuleitungen verlegt ist – auch der Plattenspieler selbst muß außerhalb des Streufeldes von Netztransformatoren aufgestellt werden. In der Regel scheidet der Turmeinbau damit aus. Auch ist davon abzuraten, einen mit MC-System bestückten Plattenspieler an das große Umschalt-pult anzuschließen, denn dadurch wird die Zahl der Kontaktstellen unnötig erhöht, und das dient mit Sicherheit nicht der Wiedergabequalität; ein Qualitätsvergleich würde so zur Farce.

### Hinweise für den Vergleich verschiedener MC-Systeme

Wer verschiedene MC-Systeme miteinander vergleichen möchte, sollte sie in denjenigen Plattenspieler einbauen, in dem sie später auch betrieben werden sollten, denn der Einfluß des Plattenspielers auf die Wiedergabequalität ist bei dem erreichten Qualitätsstandard nicht mehr zu vernachlässigen. Vergleichen kann man dann durchaus zwischen verschiedenen Plattenspielern mit verschiedenen Tonabnehmersystemen – denn Plattenspieler, Tonarm und Tonabnehmer sollen ja als Einheit den Kunden zufriedenstellen. Es nützt ihm herzlich wenig, zu wissen, daß er ein hervorragendes Tonabnehmersystem in einem „unpassenden“ Plattenspieler samt Tonarm betreibt, wenn er mit der Wiedergabequalität nicht zufrieden ist.

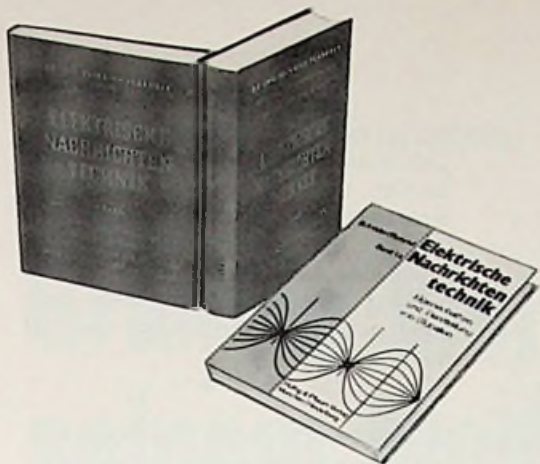
### Unterschiedliche Bauarten von MC-Systemen

Nicht alle MC-Systeme benötigen den zusätzlichen Vor-Vorverstärker oder Transformator. Einige (z.B. Ulti-



Beim Studium und in der Praxis vieltausendfach bewährt.

## Elektrische Nachrichtentechnik



Dr.-Ing. Heinrich Schröder  
Dr.-Ing. Günther Rommel  
**Band 1a: Eigenschaften und Darstellung von Signalen**

1978. 10., völlig neu bearbeitete Auflage. 412 Seiten mit 179 Abbildungen und Tabellen, Kunststoffeinband, DM 59,80.  
ISBN 3-8101-0045-5

Der Fortschritt in der Nachrichtentechnik war in den letzten beiden Jahrzehnten so groß, daß die heute zu stellenden Anforderungen an die theoretischen Kenntnisse von dem ursprünglichen Band 1 nicht mehr ausreichend erfüllt werden können.

Der Band 1 des Werkes Elektrische Nachrichtentechnik mußte daher völlig neu konzipiert werden. Er wird durch den Band 1a mit dem Untertitel »Eigenschaften und Darstellung von Signalen« ersetzt, der die Kennfunktionen und Kenntnisse von periodischen sowie - neu aufgenommenen - von einmaligen determinierten und stationären zufallsbedingten Signalen behandelt. Mit Hilfe der jetzt in die Neubearbeitung eingeführten Begriffe wie Spektralfunktion, Korrelationsfunktion und spektrale Leistungsdichte werden dann Signale betrachtet, die durch Modulation und Codierung umgewandelt werden. Die Eigenschaften schwingungsmodulierter Signale werden behandelt. Bei den modernen Verfahren der digitalen Modulation auftretenden Probleme der Analog-Digital-Wandlung und der Codierung werden innerhalb dieses Werkes erstmals dargestellt. Ebenfalls neu aufgenommene Betrachtungen über den Nachrichtengehalt von gesendeten und empfangenen, bei der Übertragung gestörter Signale schließen die Überlegungen ab.

**In Vorbereitung:**  
Band 1b: Signaländerungen auf dem Übertragungsweg.  
(Erscheint Frühjahr 1980)

Dr.-Ing. Heinrich Schröder  
**Band 2: Röhren und Transistoren mit ihren Anwendungen bei der Verstärkung, Gleichrichtung und Erzeugung von Sinusschwingungen**  
1976. 603 Seiten, 411 Abbildungen, 14 Tabellen, 48 Rechenbeispiele, 60 Aufgaben, Ganzleinen, DM 56,-.  
ISBN 3-8101-0016-1

Der Band 2 behandelt die Eigenschaften von Röhren und Transistoren an Prinzipschaltungen. Innerhalb der Abschnitte über Verstärkung, Gleichrichtung und Erzeugung von Sinusschwingungen werden aus Prinzipschaltungen moderne Schaltungen der Nachrichtentechnik entwickelt. Gegenkopplung, Rauschen, Arbeitspunktstabilisierung gegen Temperatureinflüsse und Exemplarstreuungen, Katodenverstärker und Gleichrichterschaltungen werden ausführlich behandelt.

Dr.-Ing. Heinrich Schröder  
Dipl.-Ing. Gerhard Feldmann  
Dr.-Ing. Günther Rommel  
**Band 3: Grundlagen der Impulstechnik und ihre Anwendung beim Fernsehen**  
1976. 764 Seiten, 549 Abbildungen, 59 Rechenbeispiele, 22 Aufgaben, Ganzleinen, DM 56,-.  
ISBN 3-8101-0017-X

In diesem Band 3 sind die Probleme der Impulstechnik behandelt. Sinn und Aufgabe dieses Bandes ist es, neben der reinen Impulstechnik auch die Beziehungen zur Nachrichtentechnik sinusförmiger Signale, wie Sprache und Musik, herzustellen.

**Pressestimmen zu Band 1a.**  
Eine gute Hilfe, sich in die Technik der modernen Nachrichtentechnik einzuarbeiten.  
»Praktiker«

Schließt eine Lücke zwischen der einflussreichen, überwiegend beschreibenden und der mathematisch anspruchsvolleren Literatur.  
»Elektronik Journal«

Wenn sich auch das Buch zunächst an Studenten von Fachhochschulen wendet, so kann es auch Studienanfängern an Hochschulen als ausgezeichnete Einführungslektüre empfohlen werden.  
»ntz - nachrichtentechnische Zeitschrift«

Im Buchhandel oder beim Verlag erhältlich.

**Hüthig & Pflaum** Im Weiher 10, 6900 Heidelberg 1

# Ihr Fachberater

## Jahrbuch 80 der Unterhaltungselektronik

Von der Diode zum Mikroprozessor, ein Übersichtsaufsatz des Herausgebers, geht auf weitere Möglichkeiten ein, wie der Mikroprozessor die Geräte der Unterhaltungselektronik weiter verbessern kann. In diesem Beitrag geht es um die Modernisierung der digitalen Abstimmung und Anzeige, die seit einigen Jahren unter Ausnutzung der elektronischen Abstimmung mit Dioden die analoge Abstimmung der Rundfunk- und Fernsehempfänger ersetzt. Es werden einige ganz neue Systeme beschrieben, die von Entwicklern für die 80er Jahre konzipiert wurden. Dieser Abschnitt ergänzt den im Jahrbuch 78 erschienenen Hauptbeitrag über den Einsatz der Mikroprozessoren in der Unterhaltungselektronik.

**Die weiteren Kapitel. Wo ist was genormt.**  
Hier sind alle für die Unterhaltungselektronik wichtigen DIN-Normen alphabetisch geordnet zusammengestellt. Diese Übersicht enthält die für die Praxis wichtigen endgültigen Daten, d. h. also keine Vornormen oder Norm-Entwürfe.

**Who is Who in der Unterhaltungselektronik.**  
Diese inzwischen recht beliebt gewordene Anschriftensammlung der leitenden technischen und kaufmännischen Persönlichkeiten wurde wieder entsprechend ergänzt und erweitert (soweit sie der Redaktion für diese Ausgabe mitgeteilt wurden).

**Tabellen,** die für das praktische Arbeiten wichtig sind, ergänzen den Inhalt dieses unentbehrlichen Taschenbuches.

**Vorzugspreis für Abonnenten**  
Für unser Jahrbuch bieten wir einen Vorzugspreis an, wenn Sie zur Fortsetzung bestellen. Wir gewähren dann einen Preisnachlaß von 20% auf den jeweils gültigen normalen Verkaufspreis. Im Falle der Ausgabe 80 also statt DM 11,80/Abo-Preis DM 9,50 (zuzüglich Porto). Das Abo kann jährlich bis spätestens 30.6. für das folgende Jahr gekündigt werden.

Über 320 Seiten mit zahlreichen Tabellen, vielen technischen Daten und aktuellen Fachaufsätzen. Taschenbuchformat, flexibler Kunststoffeinband, DM 11,80 (Abo-Preis DM 9,50; siehe unter Vorzugspreis für Abonnenten) inkl. MwSt., zuzüglich Versandkosten.

Das „Jahrbuch der Unterhaltungselektronik 80“ ist primär wieder ein aktuelles Hand- und Nachschlagewerk für die tägliche Praxis. Service-Techniker und Ingenieure der Unterhaltungsindustrie, des Handels und Handwerks, aber auch der technische Kaufmann finden in dem Taschenbuch Übersichtsaufsätze und Tabellen, in denen der Stand der Technik auf den wichtigsten Gebieten dokumentiert wird.

**In der Ausgabe 1980 werden folgende Themen behandelt:**  
**Tonarm und Tonabnehmer:** Durch die HiFi-Technik, besonders durch die Stereo-Technik, wurde und wird auch in den 80er Jahren die Schallplatte eine technisch und wirtschaftlich interessantes Gebiet der Unterhaltungselektronik. In der Bundesrepublik Deutschland allein wurden etwa 200 Millionen Schallplatten produziert und verkauft. Eine ausgefeilte Wiedergabetechnik ist die Voraussetzung für die heute geforderte HiFi-Qualität. Der Beitrag, der von Mitarbeitern eines führenden Unternehmens der deutschen Phonindustrie verfaßt wurde, behandelt die verschiedenen Arten von Tonabnehmern, Eigenschaften des Tonarms, der Abtaststifte und Fragen der Lebensdauer von Schallplatten.

## Hüthig & Pflaum Verlag · München/Heidelberg

**Bestellschein**  
 Jahrbuch der Unterhaltungselektronik 1980, DM 11,80.  
 Jahrbuch der Unterhaltungselektronik 1980, Abo-Preis DM 9,50.

Vor- und Zuname \_\_\_\_\_

Straße \_\_\_\_\_ Plz/Ort \_\_\_\_\_

Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

Hüthig & Pflaum Verlag, Im Weiher 10, 6900 Heidelberg 1



del geschaffen wurde, das Problem des schnell wachsenden Farbfernsehgeräteparks in den Griff zu bekommen.

### Die Modultechnik rationalisiert die Geräte-Hersteller

**FT:** Welche Rolle spielten die Herstellungskosten bei der Entscheidung für die Modultechnik?

**Grundig:** Bei einem Großunternehmen wie Grundig mit seinen vielen Fertigungsstätten kann die Herstellung der Module an den jeweils günstigsten Orten erfolgen. Die Fertigungsplanung orientiert sich dabei nach dem vorhandenen Fachpersonal, nach der technischen Ausrüstung, nach der Produktionskapazität und fallweise auch nach dem Lohnniveau.

Allgemein kann gesagt werden, daß die dezentrale Großfertigung von Modulen an bestimmten Fertigungsstandorten neben fertigungstechnischen Vorteilen zu einer besseren Herstellungsqualität und zu günstigeren Herstellungskosten führt.

Die Endmontage – vor allem großer Farbgeräte – kann auf einige wenige Werke konzentriert werden, die für ihre Aufgabe mechanisch und elektrisch besonders ausgestattet sind. Die weitgehend vorgeprüften und abgeglichenen Module gestatten einen reibungslosen und sehr rationellen Fertigungsablauf.

**FT:** Gelten diese Gesichtspunkte auch bei dem gegenwärtigen Stand der Farbfernsehgeräte-Technik noch?

**Grundig:** Ja! Diese Gesichtspunkte gelten eigentlich noch mehr, weil zusätzliche Funktionen, wie Secam, US-Ton oder die Einführung verschiedener Generationen von Fernbedienungen, ohne die Modultechnik wirtschaftlich gar nicht hätten realisiert werden können. Für die Zukunft stehen ja weitere Funktionen an, wie Video- und Bildschirmtext sowie Zweikanal-Fernsehton.

**FT:** Gelten bei dem heutigen Stand der Herstellungstechnik angesichts der Automatisierung von Platinenfertigung und Platinenbestückung nicht andere Gesichtspunkte für die Herstellung eines Farbfernsehgeräte-Chassis als früher?

**Grundig:** Neuere Module, wie sie im „Super Color 80“ verwendet werden, weisen in den Kleinsignalstufen bis zu 100 Bauelemente auf, von denen die meisten automatisch bestückt werden. Das gewählte Format von etwa 100 mm x 100 mm stellt eine sehr handliche Platinengröße dar. Die eingesetzten Automaten sind in der Lage, jeweils mehrere Platinen gleichzeitig zu bestücken.

Die Multimodultechnik erlaubt außerdem eine einfache und gleichzeitig sehr wirksame Abschirmung der betreffenden Bauteile. Die bei den neuen Geräten der Serie „Super Color 80“ erreichten Werte bezüglich Störfestigkeit liegen weit über dem bisher üblichen Durchschnitt und halten voll die neuen Bestimmungen der Deutschen Bundespost ein, die ab Juli 1981 für alle Fernsehgeräte verbindlich sein werden.

Die Abschirmung von größeren Schaltteilen bringt in den meisten Fällen entweder Wärmeprobleme oder ist – wenn man versucht, diese zu lösen – weitgehend wirkungslos. Dagegen ist bei Modultechnik durch die räumliche Anordnung der Schaltplatinen ein sehr kompakter Aufbau der Chassisanordnung möglich. Besondere Bedeutung erlangt diese Ausfühungsart bei Portablegeräten mit aufwendiger Schaltungstechnik. Dabei soll nicht übersehen werden, daß der Platzbedarf bei der heute üblichen automatischen Bestückung der Bauteile größer ist als bei handbestückten Platinen.

**FT:** Die Packungsdichte wird mit zunehmendem Integrationsgrad der Halbleiter-Bauelemente gewissermaßen von selbst höher. Wäre es nicht besser, eine Verkleinerung der Bauelemente-Zahl anzustreben?

**Grundig:** In modernen Farbfernsehgeräten werden immer umfangreichere Aufgaben von integrierten Schaltungen wahrgenommen. Die

# KKB

ein Kontakt, der sich lohnt

- 1000 Berlin  
Herr Ehrcke 030/882 7246  
Herr Rathjen 030/882 7246
- 2000 Hamburg  
Herr Becker 040/349191
- 2350 Neumünster  
Herr Necker 043 21/48656
- 2800 Bremen  
Herr Berger 04 21/314076
- 2900 Oldenburg  
Herr Maass 0441/255 26
- 3000 Hannover  
Herr Sander 05 11/16351
- 3300 Braunschweig  
Herr Uhl 0531/44236
- 3500 Kassel  
Herr Kern 05 61/12114
- 4000 Düsseldorf  
Herr Meissner 02 11/350336
- 4060 Viersen  
Herr Windheuser 0 2162/170 44
- 4100 Duisburg  
Herr Sandler 0203/28581  
Herr Schmolinske 0203/28581
- 4330 Mülheim  
Herr Isaak 0208/47 2947
- 4350 Recklinghausen  
Herr Berger 0 2361/21081
- 4400 Münster  
Herr Hans 0251/4 0398
- 4600 Dortmund  
Herr Schlotterose 0231/528691
- 4650 Gelsenkirchen  
Herr Ausmeier 0209/1941
- 4370 Marl-City  
Herr Einbrodt 0 2365/170 05
- 4750 Unna  
Herr Petersen 0 2303/12658
- 4800 Bielefeld  
Herr Farthmann 05 21/66096
- 5000 Köln  
Herr Giesen 02 21/210861  
Herr Hiegemann 02 21/210861
- 5090 Leverkusen  
Herr Klein 0214/460 16
- 5100 Aachen  
Herr Coenen 0241/50 40 16
- 5600 Wuppertal  
Herr Neumann 0202/44 4401
- 5620 Velbert  
Herr Stahlberg 0 2124/4351
- 6000 Frankfurt/M.  
Herr Buschhorn 06 11/280841
- 6300 Giessen  
Herr Reimers 0641/7 7041
- 6500 Mainz  
Herr Hothum 06131/93006
- 6600 Saarbrücken  
Herr Wirzinger 0681/330 11
- 6800 Mannheim  
Herr Nagel 06 21/25951
- 7000 Stuttgart  
Herr Biedermann 07 11/244750
- 7900 Ulm  
Herr Breckle 07 31/60999
- 7600 Offenburg  
Herr Stalter 0781/7 2012
- 8000 München  
Herr Dahlmann 089/597891
- 8500 Nürnberg  
Herr Schuster-Woldan 09 11/203674
- 8600 Bamberg  
Herr Braun 09 51/25199
- 8960 Kempten  
Herr Schall 08 31/22084



# Mit der KKB wird Ihr Olympiade-Angebot noch attraktiver.

Finanzierungen mit der KKB sind wie Barverkäufe:  
schnell, einfach, risikolos.

Ein Finanzierungs-Angebot erhöht die Attraktivität Ihres Waren-Angebotes zu den Olympischen Winterspielen in Lake Placid. Das neue KKB-Service-Programm enthält alles, was Sie wissen müssen. Alles, was Sie brauchen, um Kunden zu werben und sofort zu bedienen. Damit aus Einmalkäufern Dauerkunden werden.

Bitten Sie den KKB-Bereichsleiter in Ihrer Nähe – siehe linke Spalte – zu einem offenen Gespräch. Er hat Ihnen mehr als Geld anzubieten.



**KKB**

Bank für den privaten Kunden



**KKB**

Bank für den privaten Kunden



periphere Schaltungstechnik dieser Bauteile wird bei Neuentwicklungen stärker in die Integration mit einbezogen. Als Ergebnis werden für diese Schaltungsteile weniger Bauteile benötigt.

Eine gegenläufige Entwicklung bildet die ständige Ausweitung der Schaltungstechnik durch neue Anforderungen. So weist die neue Geräteserie „Super Color 80“ gegenüber den Spitzengeräten der Vorgängertypen viele Neuerungen auf. Dazu gehört ein weiter gesteigerter Bedienkomfort, automatisches Abschalten bei unbeaufsichtigtem Betrieb, eine weiter verfeinerte Schutzschaltungstechnik und ein integriertes Diagnosesystem zur Erleichterung der Fehlersuche. Dazu gehören aber auch Schaltungsteile, die für die Anschlußmöglichkeiten von Bildschirmtext, Videotext und Telespielen notwendig werden.

Insgesamt weist „Super Color 80“ daher trotz des höheren Integrationsgrades nur unwesentlich weniger Bauteile auf (-5%) als die vergleichbaren Vorgängertypen. Eine Aufteilung der etwa 1200 Kleinbauteile auf eine größere Anzahl von Modulen erscheint daher in vielerlei Hinsicht als zweckmäßigste Lösung.

## Module erlauben einfache Variation der Modell-Typen

**FT:** Nun muß die Frage, ob ein Chassis ganz oder nur teilweise modulsisiert sein soll, nicht zur Weltanschauung erhoben werden. Man könnte beispielsweise die Standardschaltung als „Einplatinen-Modul“ entwickeln und besondere Ausführungen des Modells durch Steckmodule verwirklichen. Grundig dagegen löst auch das Grundkonzept des Chassis in Module auf. Wo liegt da der Vorteil?

**Grundig:** Mit dem gleichen Grundchassis können durch Bestückung mit unterschiedlichen Modulsätzen Geräte mit unterschiedlichen Spezifikationen erreicht werden. So unterscheidet sich beim „Super Color 80“ der Modulsatz zwischen Synthesizer-

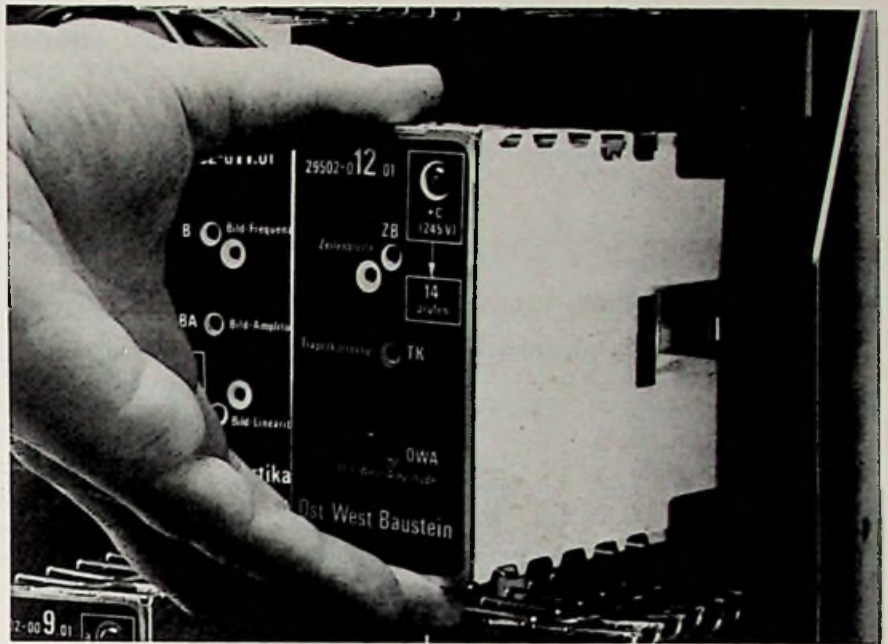


Bild 2. Die Kapselung der Bausteine schützt die Module vor mechanischer Beschädigung und wirkt gleichzeitig als Abschirmung

geräten und Suchlaufgeräten durch 4 Module (Tuner, ZF, Abstimmbaustein und Netzbaustein). In der Serienfertigung ist daher eine Umstellung der Chassistype denkbar einfach. Ebenso einfach ist auch der Einbau eines Kabeltuners. Im Bedarfsfall kann auch der Fachhändler leicht einen solchen Austausch vornehmen.

Hinzu kommt, daß bei richtiger Wahl der Schnittstellen einer Schaltung in sich geschlossene Schaltungsgruppen entstehen, die eine getrennte Entwicklung und eine in sich geschlossene Überprüfung der elektrischen Werte ermöglichen. Bei der Neuentwicklung eines Gerätes kann daher in vielen Gruppen parallel gearbeitet werden. Da beim ersten Schaltungsentwurf in der Regel bereits auch die Modulgröße bekannt ist, kann eine günstige Anordnung der Bauteile getroffen und eine optimale Leitungsführung des betreffenden Schaltungsteils erarbeitet werden.

Empfangsgeräte für andere Normen stellen für die Fertigung ebenfalls kein Problem dar. Auch der Fachhandel kann nachträglich durch Austausch von Modulen (Tuner, ZF-Ver-

stärker, Farbdecoder, Ton-ZF) leicht eine Anpassung der Empfangsmöglichkeit auf andere Sendernormen vornehmen.

Auch werden die für zukünftige Entwicklungen, wie Bildschirmtext, Videotext und Zweikanal-Tonübertragung, benötigten Schalteile zweckmäßigerweise als Steckmodule ausgelegt. Platzbedarf und elektrische Anschlüsse können bei der Neuentwicklung eines Gerätes bereits berücksichtigt werden, so daß eine nachträgliche Ergänzung keine Schwierigkeiten bereitet.

**FT:** Aber innerhalb des einzelnen Moduls sind Sie auf die einmal gewählte Kontaktbelegung festgelegt.

**Grundig:** Im Rahmen der technischen Weiterentwicklung werden immer neue Bauelemente verfügbar, die verbesserte und teilweise auch einfachere Schaltungskonzepte ermöglichen. Voraussetzung für ihre Übernahme, in die laufende Geräteserie ist die volle Kompatibilität – sowohl hinsichtlich der Belegung der Anschlußleisten wie auch der elektrischen Anschlußwerte – zum Vorgän-



gertyp. Das neue Modul ist dann rückwärtskompatibel und ersetzt somit den bisher verwendeten Modultyp. Die Umstellung führt bei kleineren Platinengrößen der Module auch zu einer geringeren Störung des Fertigungsablaufs.

## 60 Grundmodule für 3 Grundchassis

**FT:** Das bedeutet, daß es von Anfang an nur eine ganz kleine Zahl von Modulen gibt, die alle pinkompatibel sind?

**Grundig:** Natürlich. Auf der beigefügten Darstellung (Bild 3) wird deutlich, welche Zusatzmodule, die pinkompatibel sind, nur geändert werden müssen, um zusätzliche Forderungen erfüllen zu können. Sie können daraus erkennen, daß das Grundchassis und die überwiegende Anzahl der Module unverändert bleiben.

**FT:** Vielleicht sollten Sie diese Angaben durch die Zahl der Module untermauern, die Sie für Ihre Farbfernsehgeräte seit der Einführung des Modul-Chassis haben. Wie viele Modul-Typen gibt es?

**Grundig:** Wir haben drei Grundchassis-Typen: das Portable-Chassis, das Modul-Chassis und das neue Baustein-Chassis. Für diese drei Chassis-Versionen mit einer Vielzahl von Modellen kommen wir auf rd. 60 Grundmodule. Durch eine Reihe von Zusatzausführungen lassen sich weitere Anwendungen abdecken. Wir denken z.B. an Pal/Secam oder NTSC- sowie Ausführungen für Italien und Großbritannien. Diese werden vom Händler in der Regel nicht geführt, lösen aber jeden Sonderfall.

**FT:** Das ist doch eine ganz schöne Modul-Menge!

**Grundig:** Aber was kann man damit alles abdecken! Ein Schaubild (Bild 4) verdeutlicht, wie viele Geräte-Generationen und -Eigenschaften für den Zeitraum seit der Einführung des Modul-Konzeptes im Jahre 1972 umfaßt werden können. Und

nun dürfen wir Sie fragen: „Wie viele Chassis-Variationen hätte das gebracht?“ Wenn wir das „Nicht-Modul“-Konzept hier betrachten, würden diese Varianten oder Zusatzausführungen an Empfangsmöglichkeiten, wie Pal/Secam und NTSC, über 3000 unterschiedliche Einzelteile erforderlich machen, um alle Möglichkeiten zu erfassen.

Außerdem sollten wir darauf hinweisen, daß es Module gibt, die 1972 auf den Markt kamen und die heute noch bei den neuesten Entwicklungen im Gerät sind. Andere Firmen wechselten im Vergleich bis zu zweimal im Jahr das Chassis.

**FT:** Arbeiten dort schlechtere Entwickler als bei Grundig?

**Grundig:** Das läßt sich nicht so einfach sagen. Wir haben an unserem Konzept festgehalten, weil sich die Schnittstellen, die von Anfang an

festgelegt wurden, als äußerst günstig erwiesen. Außerdem dachten wir schon damals in der Frühphase der Entwicklung an die Normenvielfalt. Als Beweise für die Zukunftssicherheit unseres Baustein-Chassis lassen sich hier die problemlosen Anschlüsse für Videotext, Bildschirmtext, die Erweiterung auf Zweikanal/Stereo und Satelliten-Fernsehen heranziehen.

## Der Fortschritt hat seinen Preis

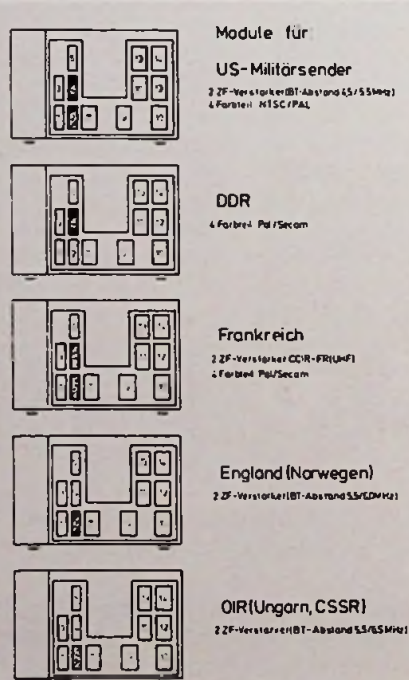
**FT:** Aber es ist doch offenbar unumgänglich, daß durch den technischen Fortschritt eine Reihe von Modulen gegenüber ihren Vorläufern nicht mehr pinkompatibel sein können.

**Grundig:** Sicherlich ist das der Preis, den man nach Jahren für den Fortschritt und für die Einführung neuer Technologien bezahlen muß. Aber wenn im Falle eines Einheitschassis die Möglichkeit einer Änderung auf einem Modul nicht mehr gegeben ist, ergo sich die Notwendigkeit eines neuen Chassis ergibt: Ist es da nicht günstiger, ein neues Modell zu schaffen? Hier bietet sich doch ein Freiheitsgrad mehr an, und das nicht zuletzt von den Kosten und der Wahl des Einführungszeitpunktes her.

**FT:** Hätten Sie den gleichen Grad an Freiheit nicht auch, wenn Sie die Schaltung auf einer einzigen Platine untergebracht hätten, auf der Sie bestimmte Änderungen durchführen – etliche Jahre lang. Wenn Sie nach dieser Zeit eine ganz neue Platine herausbrächten, hätten Sie das Gleiche erreicht wie jetzt.

**Grundig:** Hierzu ein Beispiel: Sie haben in der Farbportable-Klasse eine Tonqualität, die sich orientiert am Intercarrier-Verfahren. Sie haben bei den Tischgeräten und bei den Standgeräten zunehmend die Forderung nach einer Tonqualität, die mit dem einfachen Intercarrier-Verfahren nicht mehr abzudecken ist, weil einfach die Übertragungsschwierigkeiten zu Tonstörungen führen können.

Bild 3. Umstellmöglichkeiten bei Farbfernsehgeräten der Serie „Super Color 80“ von Grundig auf andere Fernsehnormen durch Modulwechsel





Wir haben aus diesem Grunde das Quasi-Parallelton-Verfahren eingeführt, und aus dieser Konzept-Alternative läuft zwangsläufig das unterschiedliche Modul heraus. Das läuft aber nicht nur bei uns heraus, sondern das läuft beim gesamten Wettbewerb heraus, denn wenn Sie sich in der Branche umschauen, dann hat Grundig das Quasi-Parallelton-Verfahren eingeführt, und etwa ein Jahr später sind andere Firmen nachgekommen und haben ähnliche Konzept-Alternativen angeboten. Haben Sie das in Modultechnik, dann wechseln Sie den Baustein; haben Sie das in Einplatinenversion, dann wechseln Sie das Chassis. Ihre Philosophie, über viele Jahre ein Konzept stehen zu lassen, wäre denkbar, wenn es die Dynamik dieses Marktes nicht gäbe, aber die gibt es in voller Vehemenz.

## Module sollen dem Service-Techniker Arbeit abnehmen

**FT:** Sie sagten, die Modultechnik sei eingeführt worden, um dem Fachhandel und der Werkstatt zu helfen. Könnten Sie diesen Gesichtspunkt etwas näher erläutern?

**Grundig:** Das primäre ist die Sicherheit, der Erfolg der Reparatur beim Heim-Service. Das Modulkonzept garantiert dies von vorneherein. Der Fachbetrieb wird angerufen, erfragt den Gerätetyp und orientiert sich nach der Modulkonzeption. Eine Auflistung der notwendigen Module liegt dem Fachbetrieb vor, und so hat dann auch der Techniker das richtige Modul im Modulkoffer. Die Arbeit besteht darin, anhand der Bildschirmdiagnose oder über das von uns angebotene Diagnosesystem das ausgefallene Modul zu wechseln.

**FT:** Das war bei der Einführung ganz sicher ein wesentliches Motiv. Inzwischen ist aber fraglich, ob der Kundendiensttechniker genau das eine unter den vielen Modulen, die heute für ein Fabrikat in Betracht kommen, überhaupt am Lager hat. Wie viele Module muß eine Fachwerkstatt, die sehr stark mit Grundig arbeitet, ständig vorrätig haben?

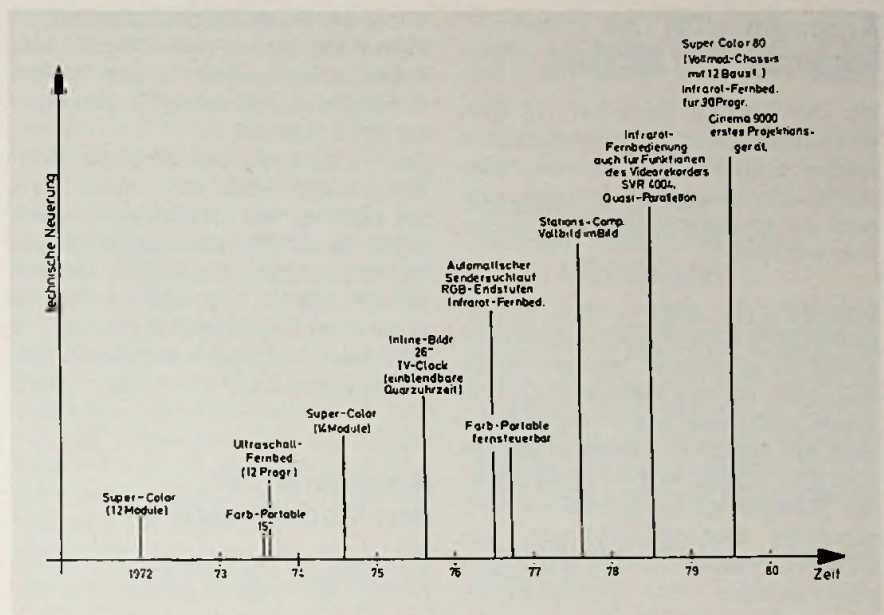


Bild 4. Einführung von technischen Neuerungen bei Grundig-Farbfernsehgeräten

**Grundig:** Um die gesamte Palette zu reparieren, benötigt man rd. 60 Bausteine. Hier ist berücksichtigt, daß verschiedene Bausteine in der Regel gar nicht ausfallen. Außerdem sind viele Module neuer Generationen zu Vorgängern kompatibel.

## Wie viele Module gibt es?

**FT:** Wie viele Module gibt es bei Ihnen auf dem Fernsehgeräte-Sektor insgesamt?

**Grundig:** Es gibt über 100, aber etwa 80 ist die Zahl, die weitgehend alles abdeckt, weil durch die Rückwärts-Kompatibilität einige Modultypen entfallen.

**FT:** Wer nur 60 Modul-Typen vorrätig hat, kann möglicherweise nicht jede Reparatur an jedem Grundig Fernsehgerät ausführen?

**Grundig:** Er kann, grob geschätzt, etwa 90% der Geräte, also das Gros, reparieren. Es gibt selbstverständlich

Sonderfälle, die hier nicht mit einbezogen sind. Sonderbausteine sind in der Regel regional verteilt, so daß der Händler sie entweder laufend braucht oder überhaupt nicht. Zum Beispiel: Die Berliner werden den Pal/Secam-Decoder die Händler an der deutsch-französischen Grenze werden den Pal/Secam-FR-Baustein benötigen. In Frankfurt, Nürnberg oder Wiesbaden ist der ZF-Baustein für die US-Ton-Norm gefragt.

Die Gegenfrage müßte eigentlich lauten: Wie viele Bauteile benötigte der Fachbetrieb, wenn er keine Modultechnik hätte? Die Summe wäre um ein Vielfaches höher als die Summe von 60 Modulen, um 90% der Reparaturen abzudecken. Es gibt nämlich viele Anwender-Entwicklungen von ICs, die beispielsweise nur von Grundig verwendet werden. Da – rund und roh – 3000 Bauteile in Grundig-Farbfernsehgeräten enthalten sind, würde es, bezogen auf die verschiedenen Chassis-Ausführungen, genau so eine Multiplikation der firmenspezifischen Bauteile geben wie bei den Modulen.



## Argumente für die Reparatur der Module

**FT:** Der Service-Techniker soll also das Fernsehgerät durch Modultausch wieder betriebsfertig machen, aber die Module sollen nicht von ihm, sondern im Modulreparatur-Werk repariert werden?

**Grundig:** Wir geben dem Handel grundsätzlich die Möglichkeit, Module selbst zu reparieren. Insofern ist es also egal, ob das defekte Bauteil in einem Modul oder auf einem Chassis sitzt. Wir liefern für sämtliche Module von der Stunde Null an Ersatzteile. Die Werkstätten bekommen von uns sämtliche Service-Unterlagen, Ersatzteile, Ersatzteil-Listen und Reparatur-Hinweise. Der Modulservice-

Helfer mit Funktionsbeschreibung, E-Teile-Liste, einer Fehler-Check-Liste, Ableichanweisungen und dem Schaltbild wurde extra für den Handel entwickelt.

Der Fachbetrieb hat also die Möglichkeit, das Gerät so zu reparieren, als wenn es ein Einplatinen-Chassis hätte. Er nimmt diese Möglichkeit in der Regel jedoch nicht wahr, sondern tauscht die Module, weil das für ihn wesentlich kostengünstiger ist; er wird aber nicht gezwungen, ein Modul zu tauschen.

## Argumente für den Modultausch

**FT:** Sind es vorwiegend die hohen Kosten der Ersatz-Lagerung für dis-

crete Bauteile, die es für die Werkstatt erstrebenswert machen können, Module nur zu tauschen und nicht selbst zu reparieren?

**Grundig:** Auch das Handling der einzelnen Bauelemente ist bedeutend komplizierter als das des Gesamt-Moduls, von der Preisstellung ganz zu schweigen. So muß der Service-Techniker zum Beispiel beim MOS-Handling gewisse Schutzmaßnahmen treffen. Die metallische Abschirmung der Module beim SM-Konzept dagegen ersetzt eine leitende, den ganzen Baustein umschließende Schutzhülle beim Transport nicht gekapselter Module und entspricht dem geforderten Schutz in vollem Umfang.

Damit im Zusammenhang steht die Qualität der Reparatur. Beim Modultausch ist die Garantie von vorneherein gegeben, daß die Reparatur erfolgreich abläuft. Bei der Reparatur auf der Platine kann man das nicht garantieren. Nehmen wir das Beispiel Tonaussetzer. Hier gibt es bei einer Stufe mit durchschnittlich 80 Bauteilen gewisse Unsicherheiten, auch wenn der Techniker sich sicher ist, um welchen Fehler es sich handelt.

Wenn er das Gesamt-Modul tauscht, dann bekommt er außerdem ein Modul, das qualitätsmäßig bei uns sehr hochgezüchtet wurde – durch neue Technologien, die wir während der Reparatur in das Modul hineinlegen, auch wenn das Modul schon vor fünf oder sechs Jahren auf den Markt kam: Es wird immer technologisch auf den neuesten Stand gebracht. Wir garantieren also nicht nur die Qualität der Reparaturen des Fachbetriebes, sondern verbessern mit jeder Reparatur auch die Qualität des Gerätes, und die Funktionen werden teilweise erweitert, denn wir tauschen im Zuge der Reparatur vorsorglich Teile aus, die nicht dem neuesten Stand der Technik entsprechen.

**FT:** Die Frage ist offenbar schwer zu entscheiden, ob die Fachwerkstatt die Module selbst reparieren soll.

**Grundig:** Kann, nicht soll! Wir bieten die Möglichkeit an.

**FT:** Allerdings kann die Fachwerkstatt, wenn sie Module repariert, ih-

Bild 5. Der Universal-Modulkoffer ist als Transportbehälter für die Module der Farbfernsehserie „Super Color 80“ mit variablen Zwischenwänden versehen





ren Kunden dann nicht die gleiche Qualitätsverbesserung bieten, die durch die Reparatur im Werk erzielt wird.

**Grundig:** Doch, denn wir informieren die Werkstatt über alle wichtigen und für den Fachbetrieb interessanten Änderungen.

**FT:** Dann wäre die Qualitätsverbesserung bei der Werksreparatur kein überzeugendes Argument.

**Grundig:** Hier muß noch ein anderer Punkt erwähnt werden: Welche Vielzahl an Meßgeräten müßte denn der Techniker mitnehmen, wenn er in der Wohnung reparierte? Es beginnt mit dem Trenntransformator, geht weiter mit dem Oszillographen bis hin zu

hochwertigen Voltmeter. Der Katalog von Schaltbildern darf natürlich nicht vergessen werden. Hinzu kommt noch ein Katalog von Ersatzteilen, der mit Sicherheit den Wert der erwähnten 60 Module überschreitet.

Die Qualität der Reparatur ist damit jedoch keinesfall sichergestellt, wie z.B. bei modernen Mikroprozessorsystemen. Mikroprozessoren arbeiten in Kommunikation mit anderen ICs. Beim Auswechseln kann es vorkommen, daß mit der Übertragung der Daten irgendwelche Schwierigkeiten auftreten. Das Modul ist also als Einheit zu betrachten. Man kann nicht willkürlich ein IC wechseln und glauben, daß das Gerät dann wieder einwandfrei funktioniert.

Andererseits wissen wir auch, daß der Fachbetrieb andere Ausfälle, wie

Endstufentransistoren oder überhaupt Leistungstransistoren, wechselt. Dem stehen wir positiv gegenüber.

### Reparatur in der Kundenwohnung oder in der Werkstatt?

**FT:** Nach Auskunft von Handwerkern werden heute nicht mehr so viele Geräte in der Wohnung des Kunden repariert wie noch vor einigen Jahren. Stattdessen hat der Anteil der Werkstatt-Reparaturen zugenommen. Entspricht das auch Ihren Erfahrungen?

**Grundig:** Dies trifft bei unseren Geräten nicht zu.

## ORDNUNG MUSS SEIN

Der abgeschlossene Jahrgang Ihrer Fachzeitschrift wird als Nachschlagewerk wertvoll, wenn Sie Ihre „alten“ Hefte archivieren.

Unsere Sammelboxen und Einbanddecken helfen Ihnen dabei.

Bestellen Sie noch heute unter Angabe des gewünschten Jahrganges bei

**FUNK**  
TECHNIK

**VERTRIEBS-SERVICE**  
Postfach 102869  
6900 Heidelberg 1

Die Sammelboxen für Ihre Zeitschrift kosten 14,80 DM/St., die Einbanddecken 9,80 DM/St.





Bild 6. Ein Reparatur- und Kontrollplatz im Modulreparatur-Zentrum des Zentralkundendienstes von Grundig mit adaptierbaren Meß- und Prüfgeräten für die Instandsetzung der Austauschmodule

**FT:** Welcher Anteil der Reparaturen wird denn nach Ihren Erfahrungen in der Wohnung des Endverbrauchers ausgeführt? Haben Sie Zahlen darüber?

**Grundig:** Wir können sicher eines sagen: Bei der überwiegenden Mehrzahl der Reparaturen an unseren Geräten trifft das zu. Diese Erfahrungen haben wir aus Gesprächen mit den Schulungsteilnehmern der Fachbetriebe. Man kann sagen, 70...80% der Fernsehgeräte werden beim Kunden repariert. Der verbleibende Anteil von 20...30% kommt in die Werkstatt. Der Fachhandel sagt, wenn er mehr als 10 oder höchstens 20 Minuten in der Wohnung nach einem Fehler suchen muß, dann hat der Kunde schon kein Vertrauen mehr.

Die bisherigen Chassis sind durch die hinzukommenden Entwicklungen zu sehr komplexe Geräte geworden, die nicht mehr so leicht zu übersehen waren. Mit dem Vollmodulisierungskonzept wollen wir diesem Trend entgegenarbeiten. Und dort wird der

Anteil an Heimreparaturen erheblich zunehmen.

**FT:** Wenn der Techniker in der Kundenwohnung den Fehler sofort findet und durch Modulaustausch behebt, dann empfindet der Kunde für die fünf Minuten lange Reparatur schon die reinen Modulkosten als zu hoch, und die Werkstatt kann vielleicht nicht einmal ihre Verwaltungskosten mitberechnen. Bei einer Werkstatt-Reparatur ist der Kunde von vorneherein auf höhere Reparaturkosten gefaßt. Spricht das nicht gegen den Modulaustausch in der Kundenwohnung?

**Grundig:** Dieses Argument kann man auch umdrehen. Wenn ein Kunde sein Fernsehgerät in die Werkstatt des Fachbetriebes gibt und hinterher seine Rechnung bekommt, entspricht das etwa dem berühmten Uhrmacherwitz: Ein Widerstand 30 Pfennig, 2 Stunden Arbeitslohn und Transport sieht doch psychologisch ungünstiger aus, als wenn ein sichtbar wert-

ges Teil, von dem man weiß, daß es relativ teure elektronische Bauteile enthält, ausgewechselt wird.

Der Kunde will auch nicht, daß sein Gerät aus der Wohnung in die Werkstatt kommt. Die Frage ist außerdem, ob der Fachbetrieb ein Ersatzgerät anbietet. Bei einem Modulkonzept hat man die Sicherheit der Reparatur schon im Anfahrtsweg: Der Techniker kennt das Gerätekonzept und hat 100% Reparaturserfolg.

## Rückkauf der Module

**FT:** Das war der unbestrittene Vorteil des Modulkonzepts in der Anfangszeit; die Modulkonzeption hat sich nicht zuletzt deswegen durchsetzen können, weil diese Argumente sofort einleuchteten. Das aktuelle Problem für die Werkstatt ergab sich denn auch erst im Laufe der Zeit, als immer mehr Module auf den Markt kamen, denn eine Werkstatt repariert ja nicht nur die Geräte einer einzigen Marke, sondern alles, was beim Kunden steht. Und für alle diese Geräte muß sie Module haben.

**Grundig:** Wir tragen dem bereits Rechnung, denn wir kennen die Ausfallraten unserer Module in den Altgeräten. Wir wissen auch, daß der Fachhandel sich seit 1972 mit diesen Modulen bevorratet hat, um den Service leisten zu können. Die Geräteausfallhäufigkeit ist aber jetzt geringer als in den ersten Jahren nach 1972; also kaufen wir diese Module zu einem angemessenen Preis zurück.

**FT:** Zu den Kosten, die der Werkstatt mit diesen Modulen einschließlich Verwaltung, Zinsen und ähnlichem entstanden sind?

**Grundig:** Das kann man nicht linear aufrechnen.

**FT:** Wer Module für das Ersatzteillaager kauft, vertraut darauf, daß sein gelagertes Kapital mindestens erhalten bleibt. Aber dann stellt er eines Tages fest, daß etliche Module eigentlich gar nicht nötig gewesen wären und sein investiertes Kapital weniger geworden ist.



**Grundig:** Er bekommt den Neuwert minus Austauschwert.

## Reicht die Reparatur-Kapazität der Werkstätten?

**FT:** Solche Bewertungs-Probleme hätte er nicht, wenn er nur modulare Chassis zu reparieren hätte.

**Grundig:** Dann muß er sich aber von vorneherein mit sämtlichen möglichen Bauteilen bevorraten, und die würde niemand zurückkaufen! Etwa 80% aller Ausfälle werden außerdem von Halbleitern verursacht, und gerade die aktiven Bauteile sind häufig schaltungs- und herstellereprezise: Fast jeder deutsche Hersteller verwendet andere IC-Typen. Wegen dieser Vielfalt brauchte der Techniker für die Fehlersuche erheblich mehr Zeit und eine bedeutend bessere meßtechnische Ausstattung als jetzt. Ganz abgesehen davon haben die Fachwerkstätten zwar die Qualifikation, aber nicht die Kapazität, um auf einmal alle Reparaturen wieder selbst und vor Ort durchführen zu können.

**FT:** Die Sprecher des Radio- und Fernseh-Handwerks haben verschiedentlich darauf hingewiesen, daß die Werkstätten heute eine völlig ausreichende Reparaturkapazität ha-



Bild 7. Blick in die Halle des Modulreparatur-Werks im Kundendienst-Zentrum von Grundig

ben und auch in Zukunft haben werden. Manche Werkstätten sind nicht einmal genügend ausgelastet.

**Grundig:** Der Fachhandel kann die Module ja selbst reparieren, wenn das für ihn günstiger ist; er bekommt jede Unterstützung von uns. Er kann aber auch den Modultausch mit den zugehörigen Serviceleistungen wählen. In einem bedeutenden Maße

nehmen die Fachbetriebe das Angebot der Industrie wahr. Deshalb ist der Kapazitätsüberhang beim Fachhandel für uns nicht so recht glaubhaft.

Dennoch sehen wir den Fachbetrieb durchaus nicht als Modul-Jockey. Wir schulten innerhalb unserer Zentralschulung von Januar bis Ende September 1979 1632 Techniker in 78 Lehrgängen. Dazu haben wir noch



Frequenzschreiber von 20 - 20000 Hz + 20 - 200 KHz mit eingebautem Sinusgenerator

Maximale Abweichung ± 0,5 dB

## HiFi-Qualität wird meßbar!

**Der neue Audio Tracer bewältigt jetzt alle Meßaufgaben im HiFi-technischen Bereich, die bisher nur im Labor mit großem apparativen Aufwand lösbar waren.**

**Anwendungsbereiche:**

**Frequenzgangmessung**  
 Verstärker Filter  
 Equalizer Tonbandgeräte  
 Lautsprecher Kopfhörer  
 Mikrofone Tonabnehmer  
 Beschleunigungsaufnehmer  
 Ultraschall-Wandler

Geophone  
 Übertragungsverhalten von Räumen  
 Optimierung von ELA-Anlagen (+Über alles Frequenzgang-, Equalizing)  
 Einmessung von HiFi-Anlagen (optimale Wahl der Lautsprecher und deren Aufstellung)

Überwachung der Gesamtakustik von Studios und Studioanlagen  
 Telephoniesysteme

**Zeitabhängigkeit von Pegeln**  
 Lärmpegelüberwachung  
 Geräuschpegelkontrolle an Maschinen und Einrichtungen

**Langzeittests an Pegeln aller Art**

**Spannungsübertragungsfunktion**  
 Regelschaltungen, nichtlineare Systeme  
 (Ausgangsspannung: Eingangsspannung (DC) im Bereich von 60 dB)

**TONACORD**

Postfach 1444  
 D-2330 Eckernförde

Telefon (04351) 4 11 22  
 Telex: 029319 (heldt)



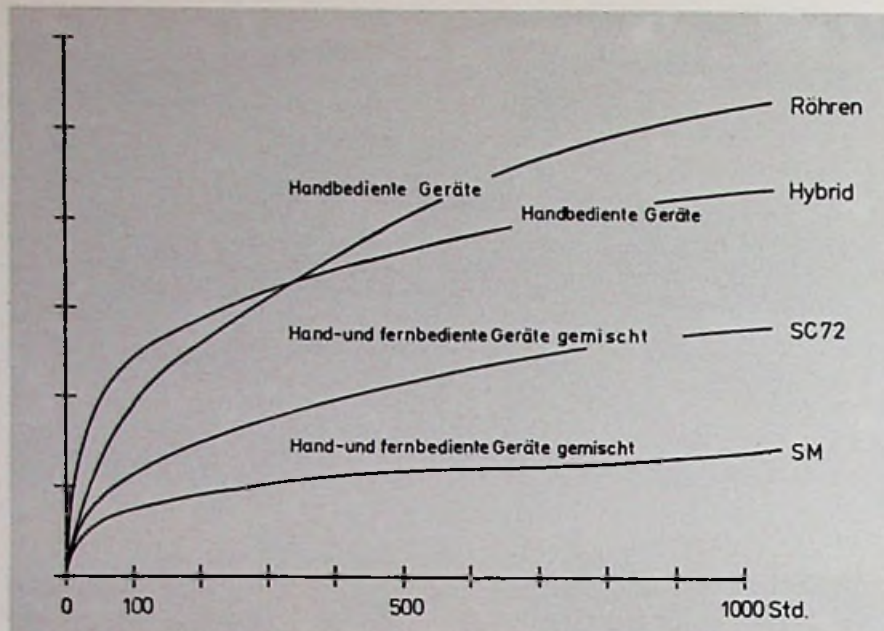


Bild 8. Ausfallverhalten verschiedener Chassis-Generationen

eine Regionalschulung aufgebaut, die vor Ort das Gerätekonzept weitergibt. Auf diese Weise haben wir in unseren 248 Regionalkursen immerhin im Jahr 1979 eine Teilnehmerzahl von 3700 erreicht. Das heißt also, daß wir nicht nur etwas entwickeln und auf den Markt bringen, sondern dem Fachbetrieb auch die Möglichkeit geben, die Reparatur durchzuführen.

## Wie soll sich der Fachbetrieb entscheiden?

**FT:** Andererseits unterhalten Sie ein eigenes Modul-Reparatur-Werk. Für welche Lösung soll sich der Fachbetrieb denn nun entscheiden?

**Grundig:** Das ist eine Frage des Garantieaufkommens. Der Fachbetrieb gewährt dem Kunden 6 Monate Garantie. Wir gewähren dem Fachbetrieb aber bis zu 18 Monaten. Das heißt, er kann also maximal bis zu 18 Monaten das Modul kostenlos tauschen. Warum soll er denn in diesen 18 Monaten Zeit und Kapital inve-

stieren wenn er nur das Modul bei uns abgibt und ein neuwertiges bekommt, das noch garantiefähig ist? Nach der Garantie ist es eine andere Frage. Wir wissen, daß Module im Fachbetrieb repariert werden, aber sicherlich doch erst nach Ablauf der Garantiefrist.

**FT:** Im idealisierten Fall braucht die Werkstatt nur noch Module zu tauschen. Sie würde – etwas vereinfacht gesehen – eine Leistung des Herstellers, nämlich das Herstellen des Moduls, weiterreichen und dafür eine Provision kassieren. Die Werkstatt ist aber daran interessiert, mit ihren Personalkosten einen möglichst hohen Anteil an Eigenleistung zu produzieren. Dieser Gesichtspunkt spricht doch gegen den Modultausch und für die Reparatur durch den Werkstatt-Techniker.

**Grundig:** Das Modulkonzept erlaubt, mehr Reparaturen pro Tag und Techniker durchzuführen, so daß der Anteil der Festkosten, bezogen auf die einzelnen Reparatur, geringer wird. Darüber hinaus ergibt die Rechnungsstellung für die Module einen

höheren Materialumsatz, wenn dieser auch mit einem kleineren Eigenleistungsanteil verbunden ist. Dieser Anteil wird jedoch durch die größere Anzahl der Reparaturen kompensiert. Der Fachbetrieb wird durch das Modulkonzept frei für andere Aufgaben, ob es jetzt Video oder Hi-Fi ist, die er früher nicht so sehr in Betracht gezogen hat.

## Wie entwickelt sich die Zuverlässigkeit?

**FT:** Einen Einfluß auf die Auslastung der Werkstatt hat auch die Betriebszuverlässigkeit des Farbfernsehgerätes. Wie hoch war die Ausfallhäufigkeit bei Farbfernsehgeräten zu dem Zeitpunkt, als die Modultechnik eingeführt wurde und wo liegt sie heute?

**Grundig:** Wir haben hier ein Diagramm (Bild 8) über das Ausfallverhalten der Chassis verschiedener Generationen innerhalb von 1000 Stunden.

**FT:** Auf der einen Seite ist die Betriebszuverlässigkeit im Laufe der Jahre immer mehr erhöht worden, so daß je Gerät innerhalb einer bestimmten Frist weniger Reparaturfälle auftreten. Auf der anderen Seite verringert aber die erhöhte Zahl der Schnittstellen die Betriebszuverlässigkeit des Modulchassis wieder.

**Grundig:** Schnitt- und Lötstellen galten bei uns noch nie als große Qualitätsproblematik. Bezogen auf die Gesamtausfälle, liegen Kontaktfehler unter 0,1%. Hierbei ist aber zu beachten, daß Super-Color-Geräte der heutigen Generation um rd. 30% mehr Funktionen vorweisen als Modelle, die vor 5, 6 oder 7 Jahren auf dem Markt waren. Deshalb ist auch trotz starker Integration die Gesamtzahl der elektronischen Bauteile nur unwesentlich gefallen.

Was heute defekt wird, sind vorzugsweise komplexe Schaltungsteile, die auch in der Einzelreparatur in einem Einplatinenchassis sehr schwer und nur mit hohem Zeitaufwand zu finden sind. Allerhöchste Qualifikation der Techniker, hoher Meßaufwand und



viel Zeitaufwand kosten viel Geld und lassen den Schluß zu, daß die Banalreparaturen immer mehr abnehmen.

## Was sagt der Fachverkäufer?

**FT:** Bisher sprachen wir stets über die Auswirkung des Modulchassis auf die Herstellung und die Reparatur der Geräte in der Industrie und im Handwerk. Welche Vorteile bringt das Modulchassis denn dem Fachgeschäft und dem Verkäufer?

**Grundig:** Der Fachhandel akzeptiert nicht nur alle von uns genannten Vorteile, er macht sie sich auch in steigendem Maß zunutze. Der durchschlagende Beweis hierfür sind unsere Markterfolge: Unser Marktanteil bei Farbfernsehgeräten stieg um das Dreifache, und gleichlaufend damit auch die Marktdurchdringung mit Modul-Austausch- und Ersatzteilen. Besitzern von Super-Color-Geräten kann der Fachhandels-Service daher überall leichter und schneller helfen.

## Grundig bleibt beim Modul-System

**FT:** Gewiß legt der Käufer großen Wert auf einen guten Service, aber noch lieber wäre ihm, wenn ein Service gar nicht erst notwendig würde.

**Grundig:** Das wäre ideal! Aber jeder-mann weiß, daß es bei technischen Geräten eine hundertprozentige Sicherheit nicht gibt. Da ein Service also grundsätzlich und unabhängig vom Chassis-Konzept erforderlich ist, sind wir glücklich, die dafür optimale Lösung anbieten zu können. Wir sind mit dem Konzept der Modul- und Baustein-Technik seit Jahren auf Erfolgskurs. Warum sollten wir das in Frage stellen? Für den Fachhandel und die Letztverbraucher ist deshalb wichtig zu wissen: Grundig entwickelt im bestehenden System weiter und baut es konsequent aus. Mit diesem Wissen können unsere Partner im Fachhandel sicher disponieren und entscheiden.

**FT:** Herzlichen Dank, meine Herren!

## Ton-Rundfunkempfänger

### Vorerst keine Änderung des KW-Abstimmereichs

Zu dem Beitrag „Unzulässige Funkgeräte und Allwellenempfänger“, der in Heft 8/79 erschienen ist, erhielten wir den Hinweis, daß der KW-Abstimmereich seit dem 11.6.79 nicht mehr von 145 kHz bis 30 MHz reichen dürfe, sondern nur noch von 150 kHz bis 26100 kHz. Wir baten das Fernmeldetechnische Zentralamt in Darmstadt um eine Stellungnahme, deren Wortlaut anschließend wiedergegeben wird.

„Nach der Allgemeinen Amateurfunk-Empfangsgenehmigung (Amtsblatt Nr. 133 vom 21.10.77) dürfen für den Empfang der Aussendungen von Amateurfunkstellen benutzt werden.

a) „Amateurbandempfänger“  
b) Ton-Rundfunkempfänger  
Amateurbandempfänger sind danach Empfangsfunkanlagen, deren Abstimmbereiche auf einen oder mehrere der in der Vollzugsordnung für den Funkdienst in der jeweils geltenden Fassung zugewiesenen Frequenzbereiche für den Amateurfunkdienst (zwischen 3,5 und 29,7 MHz, 144...146 MHz, 430...440 MHz) beschränkt sind.

Ton-Rundfunkempfänger müssen den für sie jeweils geltenden Technischen Vorschriften entsprechen. Nach den z.Z. geltenden Technischen Vorschriften für Ton-Rundfunkempfänger (Amtsblatt Nr. 66 vom 21.5.70) ist der Abstimmereich zwischen 145 kHz und 30000 kHz zugelassen. Durch die am 01.07.81 in Kraft tretenden neuen Technischen Vorschriften für Ton- und Fernseh-Rundfunkempfänger (Amtsblatt Nr. 68 vom 11.06.79) wird bei Ton-Rundfunkempfängern der Abstimmereich auf 150 kHz bis 26100 kHz begrenzt. Zur genaueren Information geben wir noch folgende Hinweise:

1. Maßgebend für die Anwendung der z.Z. geltenden oder der neuen Technischen Vorschriften ist das Datum der Herstellung bzw. des Imports der jeweiligen Empfänger. Jedoch können Hersteller auch bereits vor dem 01.07.81 zu fertigenden Empfängern

die neuen Technischen Vorschriften zugrunde legen. Bisher liegt uns kein Antrag auf Erteilung einer FTZ-Prüfnummer für einen Ton-Rundfunkempfänger nach den neuen Technischen Vorschriften vor.

2. Seit dem Inkrafttreten der neuen Allgemeinen Genehmigung für Ton- und Fernseh-Rundfunkempfänger (Amtsblatt Nr. 68 vom 11.06.79) am 01.07.79 besteht Kennzeichnungspflicht auch für Ton-Rundfunkempfänger. Maßgebend für die Kennzeichnungspflicht ist das Datum des Errichtens und der Inbetriebnahme der jeweiligen Empfänger.

3. Der Empfang der Aussendungen von CB-Sprechfunkanlagen mit Ton-Rundfunkempfängern ist nicht genehmigt“.

## Offengelegte Patentschriften

**Verfahren und Anordnung zur Erzeugung eines akustischen Bandendesignals.** Patentanspruch: Verfahren zur Erzeugung eines akustischen Bandendesignals für ein nach dem Magnettonverfahren arbeitendes Gerät mit eingebautem Mikrofon, Aufnahmeverstärker und Lautsprecher, insbesondere Handdiktiergerät, dadurch gekennzeichnet, daß beim Erreichen des Bandendes bei Aufnahme das Ausgangssignal des Aufnahmeverstärkers dem Lautsprecher zugeführt wird, der ein Ausgangssignal erzeugt, das auf das Mikrofon akustisch rückgekoppelt wird.

DBP.-Anm. G 11 b, 15/06.

OS 2809978

Offengelegt am 4.10.1979

Anmelder: Grundig E.M.V. Elektro-Mechanische Versuchsanstalt Max Grundig, Fürth

Erfinder: Hans-Georg Rimkus, Nürnberg

**Gerät zur Reproduktion eines Videosignals von einem Aufzeichnungsträger.** Patentanspruch: Gerät zur Reproduktion eines Videosignals von einem Aufzeichnungsträger, auf dem jedes Halb-bild des Videosignals als



entsprechende Videospur aufgezeichnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß ein Codesignal, welches wenigstens das Vollbild des Videosignals definiert, in jeder Videospur aufgezeichnet ist und ein Bit aufweist, dessen Pegel zwischen jedem Vollbild und dem nächstfolgenden Vollbild wechselt, und daß das Gerät eine Richtungsabfrageschaltung zur Unterscheidung des Codesignals und zur Erzeugung eines Signals aufweist, welches die Transportrichtung des Aufzeichnungsträgers in Abhängigkeit von der Unterscheidung anzeigt.

DBP.-Anm. H 04 n, 5/78.

OS 2912754

Offengelegt am 4.10.1979

Anmelder: Sony Corp., Tokio

Erfinder: Katsuichi Tachi, Ebina, Kanagawa (Japan)

**Korrektur-Schaltkreis für kissenförmige Verzeichnung.** Patentanspruch: Schaltkreis zur Korrektur seitlicher kissenförmiger Verzeichnung bei einer Kathodenstrahlröhre mit Ablenkung in Zeilenrichtung und in Vertikalrichtung; mit einer Zeilen-Ablenkwicklung, die mit einem den Ablenkstrom liefernden Zeilengenerator verbunden ist; mit einem zu dem Impedanzschaltkreis parallel liegenden steuerbaren Schalter, der einen Steueranschluß und einen steuerbaren Strompfad hat; mit einem Generator zur Erzeugung eines Schaltsignals, das abhängig von einem im Zeilenablenkgenerator erzeugten Zeilenimpuls ist, wobei die Phase dieses Schaltsignals mit einem parabolischen Signal entsprechend der vom Generator für vertikale Ablenkung erzeugten Vertikalablenkung ist; und mit einer Schaltung zur Zuführung des Steuersignals an die Steuerelektrode des steuerbaren Schalters, um diesen Schalter während der zweiten Hälfte des Zeilenrücklaufs gesteuert zu schalten, wobei der Zeitpunkt während eines ersten Anteils der Vertikalablenkung zunehmend voranschreitet und während eines zweiten Anteils der Vertikalablenkung zunehmend später wird, womit der Ablenkstrom zur Verringerung der kissenförmigen Verzeichnung verändert wird, gekennzeichnet durch ein Schaltungsteil zur

Erzeugung eines Steuersignals, das von der Helligkeit des wiedergegebenen Bildes abhängt, und durch ein Schaltungsteil, mit dem dieses Steuersignal dem Generator für das Schaltsignal zugeführt wird, wobei die Phase des Schaltsignals durch das Steuersignal zusammen mit dem parabolischen Signal abhängig von der Vertikalauslenkung moduliert wird.

DBP.-Anm. H 04 n, 3/22.

OS 2914047

Offengelegt am 25.10.1979

Anmelder: Sony Corp., Tokio

Erfinder: Seiichi Ogawa; Yoshiaki Ohagawara, Inagi, Tokio

**System zur Korrektur von Signalen, welche frequenzmoduliert von einem Aufzeichnungsträger abgenommen werden.**

Patentanspruch: System zur Korrektur von Signalen, welche frequenzmoduliert von einem Aufzeichnungsträger abgenommen werden, wobei die Geschwindigkeit des Aufzeichnungsträgers relativ gegenüber einem Abtastelement bei der Wiedergabe mindestens zeitweise bei der Aufnahme abweicht, dadurch gekennzeichnet, daß die durch die Geschwindigkeitsabweichung bedingte Frequenzabweichung der Signale gemessen wird und das Ergebnis einer nach einem Demodulator angeordneten Schaltung mit veränderbarem Übertragungsfaktor als Stellgröße zugeführt wird.

DBP.-Anm. G 11 b, 5/45. OS 2 813 207

Offengelegt am 4.10.1979

Anmelder: Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart

Erfinder: Josef Sochor, 6100 Darmstadt; Winfried Horstmann, 6103 Griesheim; Dipl.-Ing. Hubert Foerster, 6100 Darmstadt

**Schaltungsanordnung zur automatischen Erfassung der richtigen Spurstellung einer Wandleranordnung tragenden Bewegungseinrichtung in einem Aufzeichnungs- und/oder Wiedergabegerät.** Patentanspruch: Schaltungsanordnung zur automatischen Erfassung der richtigen Spurstellung einer Wandleranordnung tragenden Bewegungseinrichtung in einem Aufzeichnungs-

und/oder Wiedergabegerät, bei dem die die Wandleranordnung tragende Bewegungseinrichtung auf einer rotierenden Anordnung vorgesehen ist, um eine Vielzahl von auf einem Magnetband befindlichen benachbarten diskreten Spuren durch die Wandleranordnung abzutasten, und um die Wandleranordnung als Funktion von in die Bewegungseinrichtung eingespeisten Signalen in gegensinnigen Richtungen längs eines Weges quer zur Richtung der Spuren zu bewegen, gekennzeichnet durch eine Schaltung zur periodischen Rücksetzung der Stellung der Bewegungseinrichtung während einer speziellen Betriebsart des Gerätes, durch eine Schaltung zur Feststellung des Fehlens einer periodischen Rücksetzung der Stellung der Bewegungseinrichtung, und durch eine Schaltung zur Auslösung einer Rücksetzung der Bewegungseinrichtung als Funktion der Feststellung des Fehlens einer erzwungenen Rücksetzung zwecks Einstellung der die Wandleranordnung tragenden Bewegungseinrichtung in die richtige Spurstellung.

DBP.-Anm. G. 11 b, 21/10. OS 2911324

Offengelegt am 4.10.1979

Anmelder: Ampex Corp., Redwood City, Calif.

Erfinder: Raymond F. Ravizza, Cupertino, Calif.

**Anordnung zur Durchführung einer generell kontinuierlichen und rauschfreien Transformationen von Signalinformation in bezug auf ein Magnetband eines Aufzeichnungs- und Wiedergabegeräts mit rotierender Bandabtastung.** Patentanspruch: Anordnung zur Durchführung von generell kontinuierlichen und rauschfreien Transformationen von Signalinformation in bezug auf ein Magnetband während Übergängen zwischen Betriebsarten wie dem Übergang von einer ersten Betriebsart, in der das Magnetband gegenüber Normalgeschwindigkeit mit geringer Geschwindigkeit transportiert wird, zu einer zweiten Betriebsart, in der das Magnetband mit Normalgeschwindigkeit transportiert wird, für ein Magnetband-Aufzeichnungs- und Wiedergabegerät mit rotierender Bandabtastung, das eine von einer Rota-



tionsanordnung gehaltene Wandleranordnung zur Abtastung des Magnetbandes längs einer Vielzahl von benachbarten diskreten Spuren, welche unter einem Winkel zur Längsrichtung des Magnetbandes orientiert sind, aufweist, wobei die Rotationsanordnung eine die Wandleranordnung tragende Bewegungseinrichtung aufweist, welche die Wandleranordnung als Funktion von in sie eingespeisten Signalen in gegensinnigen Richtungen relativ zu einer Nennstellung längs eines quer zur Richtung der Spuren verlaufenden Weges bewegt, gekennzeichnet durch eine Schaltung zur Erzeugung erster Positionierungssignale und Einspeisung dieser Positionierungssignale in die Bewegungseinrichtung, wodurch die Wandleranordnung genau einer abgetasteten Spur folgt, eine das Magnetband an der Wandleranordnung vorbeibewegende Transportvorrichtung, eine die Bandtransportvorrichtung derart regelnde Schaltung, daß das Magnetband mit Normalgeschwindigkeit bewegt wird, wenn in der zweiten Betriebsart eine Signalinformationstransformation stattfindet, und das Magnetband mit gegenüber Normalgeschwindigkeit geringerer Geschwindigkeit transportiert wird, wenn in der ersten Betriebsart eine Signalinformationstransformation stattfindet, daß das Magnetband bei Umschaltung vom ersten zum zweiten Signaltransformationsbetrieb auf eine erste vorgegebene, sich der Normalgeschwindigkeit nähernde Geschwindigkeit beschleunigt wird, und daß das Magnetband bei relativer Synchronisierung der Magnetbandtransportvorrichtung und der Rotationsanordnung für Signalinformationstransformationen bei normaler Bandgeschwindigkeit auf diese normale Bandgeschwindigkeit beschleunigt wird, eine Schaltung, welche am Ende der Abtastung einer Spur durch die Wandleranordnung zweite Positionierungssignale in die Bewegungseinrichtung einspeist, um diese so einzustellen, daß die Wandleranordnung die nächste gewünschte Spur abtastet, wobei die zweiten Positionierungssignale eine Bewegung der Wandleranordnung um eine oder mehrere vorgegebene Strecken in beiden Richtungen

relativ zur Nennstellung bewirken, eine Schaltung zur Bestimmung, ob zweite Positionierungssignale durch diese Signale in die Bewegungseinrichtung einspeisende Schaltung einzuspeisen sind, um die Bewegungseinrichtung um eine oder mehrere vorgegebene Strecken zu bewegen, eine in der Bestimmungsschaltung enthaltene Schaltung zur Überwachung eines Signals, das proportional zur Stellung der Bewegungseinrichtung relativ zur Nennstellung ist, und eine in der Bestimmungsschaltung enthaltene Schaltung zur Erzeugung von sich als Funktion der Betriebsart ändernden Entscheidungspegeln, welche die Notwendigkeit für die Einspeisung von zweiten Positionierungssignalen anzeigen.  
 DBP.-Anm. G 11 b, 15/44. OS 2 911 292  
 Offengelegt am 4.10.1979  
 Anmelder: Ampex Corp., Redwood City, Calif.  
 Erfinder: Raymond F. Ravizza, Cupertino, Calif.

**Aufzeichnungsträger mit einer optisch auslesbaren Phasenstruktur und Vorrichtung zum Auslesen desselben.** Patentanspruch: Aufzeichnungsträger, in dem Daten in einer optisch auslesbaren Struktur angebracht sind, die aus in Spuren angeordneten Gebieten in Abwechslung mit Zwischengebieten aufgebaut ist, wobei die Gebiete ein Auslesebündel auf andere Weise als die Zwischengebiete und die Streifen zwischen den Datenspuren beeinflussen, dadurch gekennzeichnet, daß sich die nebeneinander liegenden Datenspuren voneinander dadurch unterscheiden, daß sie aus Gebieten mit einer ersten Phasentiefe bzw. aus Gebieten mit einer zweiten Phasentiefe aufgebaut sind.  
 DBP.-Anm. G 11 b, 7/00. OS 2912216  
 Offengelegt am 11.10.1979  
 Anmelder: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven (Niederlande)  
 Erfinder: Josephus J.M. Braat, Eindhoven (Niederlande)

## Leiter für Fernseh-/Video- Werkstatt

Ein bedeutendes Berliner Unternehmen bietet Ihnen als Meister eine eigenverantwortliche Position mit Spitzegehalt. Entsprechende Berufserfahrung, die Fähigkeit zur Personalführung und betriebswirtschaftliches Denken setzen wir voraus.

Nutzen Sie Ihre Aufstiegschancen und informieren Sie sich, was Ihnen Berlin mehr bietet – auch an finanziellen Vorteilen! Bei der Suche nach einer adäquaten Wohnung sind wir behilflich.

Bei Interesse besteht die Möglichkeit, daß Sie Berlin und Ihre künftige Position an einem verlängerten Wochenende kennenlernen.

Bitte wenden Sie sich zuerst an unseren Berater  
**Herrn Dr. K. W. Löhnert**  
**Rechtsanwalt und Wirtschaftsprüfer**  
**Kronberger Straße 14**  
**6000 Frankfurt/Main 1**

der eine vertrauliche Behandlung zusichert und auch Sperrvermerke berücksichtigt.



## Tonbandgeräte:

# Die häufigsten Fehlerquellen und wie sie beseitigt werden (I)

Selbst erfahrene Werkstatt-Hasen scheuen zuweilen vor der Reparatur von Tonbandgeräten zurück, weil ihnen „die Mechanik nicht liegt“. Dabei sind auch die mechanischen Fehler keineswegs schwieriger zu finden und zu beheben als elektrische Fehler, sobald sich der Techniker erst einmal in die Bewegungsabläufe eines Tonbandgerätes hineingedacht hat. Radio- und Fernseh-technikermeister Günter E. Wegner beschreibt hier, wo die Ursachen für Fehler in Tonbandgeräten liegen können und wie sie beseitigt werden.

## Fehler an der Motorelektronik

Vermutet man einen Fehler am Motor, vergleicht man zunächst die Gleichspannungen mit den Angaben im Serviceschaltbild. Besonders fehlerverdächtig sind die im Motorstromkreis liegenden hochbelasteten Widerstände. Seltener zum Ausfall neigen dagegen Entstördrosseln oder andere Induktivitäten. Nicht zuletzt können auch Elkos, besonders die mit hoher Kapazität, unwirksam geworden sein.

Laufen Motore mit Fliehkraftregelung ungleichmäßig, ist der Steuertransistor und seine Beschaltung zu untersuchen – oder falls eine solche Elektronik nicht vorhanden ist, der Fliehkraftschalter selbst. Zu reparieren ist

dieser nur selten, so daß in der Regel der Motor ausgetauscht werden muß. Gleichstrommotore mit Kollektor verursachen Funkenstörungen, die über die Stromversorgung, aber auch durch Einstrahlung, zum Verstärkerteil gelangen können. Es ist daher stets eine mehr oder weniger aufwendige Entstörung vorhanden. Dazu gehören auch die Motorabschirmung und in den Motorzuleitungen Drosseln oder Ferritperlen, deren Lage nicht verändert werden darf. Beim Austausch des Motors ist es zweckmäßig, ihn zunächst nicht endgültig festzuschrauben. Dann schaltet man das Tonbandgerät ein, drückt die Wiedergabetaste – ohne Tonband – und dreht den Lautstärkesteller ganz auf. Nun verdreht man den Motor so lange, bis das Störgeräusch im Lautsprecher am leisesten ist. In dieser Lage wird der Motor festgeschraubt und falls möglich, der Verlauf der Motorzuleitungen verändert, wenn damit ein weiteres Verringern des Störgeräusches einhergeht.

## Fehler am Laufwerk

Das Laufwerk kann nur dann richtig arbeiten, wenn alle Lagerstellen leichtgängig und sauber sind. Als vielseitiges Schmiermittel für Tonbandgeräte wird von vielen Herstellern das Öl „Shell Clavus 17“ empfohlen. Sind andere Mittel vorgeschrieben, sollte man diese jedoch auch verwenden. Immer aber wird

man mit dem Öl sehr sparsam umgehen, denn durch das Rotieren der Antriebselemente wird das Öl leicht von den Lagerstellen weggeschleudert und verschmiert die Laufflächen von Zwischenrädern und Antriebsriemen. Sinterlager und Polyamidlager sind selbstschmierend und bedürfen kaum einer Wartung. Trotzdem kann es nicht schaden, im Rahmen einer Reparatur einen winzigen Tropfen Öl – mit Hilfe einer aufgebogenen Büroklammer – an die Lager zu geben.

## Abweichungen der Bandgeschwindigkeit

Bei der Aufnahme und Wiedergabe muß das Tonband mit der gleichen konstanten Bandgeschwindigkeit am Tonkopf vorbeigeführt werden. Hier ist ein häufiger Fehler der ungleichmäßige Bandlauf oder eine sich langsam ändernde Laufgeschwindigkeit.

## Bestimmen der Bandgeschwindigkeit

Eine einfache Methode die Bandgeschwindigkeit zu ermitteln, ist die Messung der Laufzeit einer genau definierten Bandlänge. Hierzu gibt es Meßbänder und Meßcassetten, auf denen in festgelegten Abständen Impulse aufgezeichnet sind. Man kann sich so ein Meßband aber auch selbst herstellen und wie folgt vorgehen: Wenn man als Meßzeit 100 s wählt, und zum Beispiel bei der Geschwindigkeit 19 cm/s in 1 s 19 cm



Tonband durchlaufen, dann laufen in 100 s bei richtiger Bandgeschwindigkeit 19 m Tonband durch. Es werden daher genau 19 m Tonband mit Start- und Endband versehen oder in diesem Abstand kurze Impulse aufgezeichnet. Die lange Meßzeit von 100 s – festgestellt mit einer Stoppuhr – sichert eine für die Praxis ausreichende Meßgenauigkeit.

## Feststellen von Gleichlaufschwankungen

Gleichlaufschwankungen lassen sich mit der beschriebenen Methode allerdings nicht erfassen. Hier hilft die Messung mit einem Frequenzband – meist 3150 Hz bei Sollgeschwindigkeit – und dem Tonfrequenzmesser weiter. Abweichungen von der Sollgeschwindigkeit, auch langsame oder kurzzeitige, machen sich nämlich als Frequenzänderungen bemerkbar, die am Tonfrequenzmesser unmittelbar abzulesen sind.

Eine ebenso einfache wie genaue Geschwindigkeitsmessung und ein Abschätzen der Gleichlaufschwankungen läßt sich mit dem Oszilloscop durchführen. Man benutzt dazu wieder ein Testband oder eine Testcassette, diesmal aber mit einer 50-Hz-Sinusaufzeichnung. Das Band wird auf dem zu prüfenden Laufwerk abgespielt und die Ausgangsspannung auf den y-Eingang des Oszilloscops gegeben. Die X-Ablenkung wird auf „Extern“ geschaltet und eine 50-Hz-Spannung an den X-Eingang gelegt. Auf dem Sichtschirm entsteht nun bei nicht zu sehr abweichender Laufgeschwindigkeit eine Lissajou-Figur. Stimmt die Abspielgeschwindigkeit mit der Aufnahmegeschwindigkeit überein, steht die Figur (nahezu) still. Beim Auftreten von Tonhöhenchwankungen wird sie sich in wechselnder Richtung mehr oder weniger stark drehen.

Sehr hohe Anforderungen an das Laufwerk stellt die Wiedergabe von Klaviermusik. Damit lassen sich Geschwindigkeitsänderungen auch gehörmäßig eindeutig feststellen. Man stellt dazu auf dem zu untersuchenden Gerät eine Klaviermusik-Aufnahme her. Da sich bei der Wiedergabe alle Gleichlauffehler verdoppeln können, wird man so Mängel auch ohne viel Übung deutlich hören.

## Ursachen der Geschwindigkeitsfehler

Stellt man eine abweichende Bandgeschwindigkeit fest, wird man zunächst einmal die Rutschkupplungen, die Bremsen und die Andruckrolle auf leichten Lauf und richtige Einstellung überprüfen. Die Prüfung erfolgt dabei immer mit voller Bandspule und größtmöglichem Spulendurchmesser. Eine Schnellprüfung auf rutschenden Antrieb läßt sich durch Blockieren des Antriebes (Schwungscheibe) durchführen. Bei einwandfreier Kraftübertragung merkt man deutlich ein Rucken; der Motor bleibt stehen oder wird zumindest weitgehend gebremst. Rutschender Antrieb ist auch häufig der Grund für ein zu langsames Umspulen des Bandes, und meistens haben verölte Laufflächen oder zu lang gewordene Antriebsriemen daran Schuld. Eine zu niedrige oder zu hohe Bandgeschwindigkeit kann auch an einer falschen Motordrehzahl liegen. Der Motor oder sein Regler ist dann fehlerhaft. Es kann aber auch seine Betriebsspannung zu klein sein, oder er wird durch schwergängige Lager zu stark belastet. Nicht zuletzt muß man die Geschwindigkeitsumschaltung kontrollieren, denn hier kann ein Fehler in der Justage sein. Gelegentlich ist auch wie beim Plattenspieler eine einstellbare Motorhülse auf der Achse, die nicht exakt justiert ist.

## Ursachen der Gleichlauffehler

Der Grund für Tonhöhenchwankungen liegt fast immer in einem fehlerhaften Bandlauf oder Bandzug, also einem Defekt in der Bandführung oder dem Antrieb. So können wieder Antriebsriemen rutschen, weil sie zu lang oder verölt sind; letzteres gilt auch für die Laufflächen von Zwischenrädern oder Riemenscheiben. Auch kann der Gummirollenandruck an der Tonwelle zu niedrig sein und das Tonband wird nicht richtig mitgenommen. Der richtige Andruck steht in den Serviceunterlagen und wird bei gedrückter Laufaste und eingeletem Band gemessen. Eine Federwaage muß dazu am Ende des Rollenhalters angesetzt werden. Mit ihr ist die Andruckrolle erst von der Tonwelle abzuheben und dann wieder

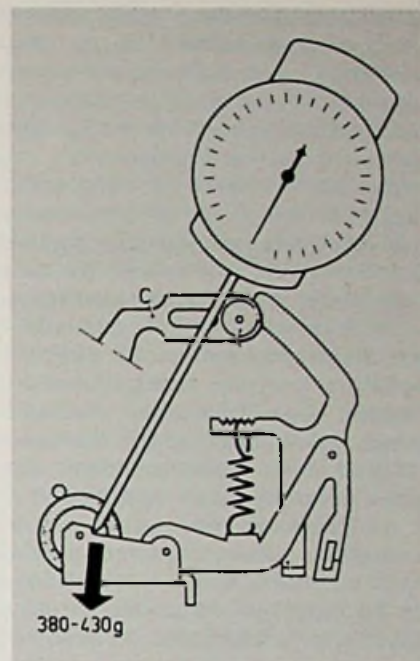


Bild 1. So wird mit einer Federwaage der Andruck der Gummirolle gemessen (Philips)

heranzuführen, bis das Band eben mitgenommen wird (Bild 1).

Zu kontrollieren ist auch die Leichtgängigkeit des Andruckrollenhalters, was mit Hilfe der Schnellstoptaste geschehen kann. Außerdem ist es wichtig, daß die Laufflächen der Gummiandruckrolle und der Tonwelle genau parallel zueinander stehen. Sonst läuft das Tonband an der Tonwelle auf und ab. Durch schiefes Auflaufen des Bandes auf den Magnetkopf steht die Tonspur dann aber nicht senkrecht zur Laufrichtung des Bandes, und Amplituden- sowie Frequenzschwankungen sind die Folge.

für Kfz. Maschinen. Werbung

**PVC-Klobeschilder**

FIRMEN-BAU- u. Magnet-Schilder

BICHLMEIER 82 Ro-Kastenau  
Erlenweg 17. Tel. 08031/31315



Dabei wird das Band leicht wellig oder gar unbrauchbar. Um das zu verhindern, muß auch die Höhe der beiden Bandteller so eingestellt sein, daß das Band in der Mitte der Spulen läuft, ohne den Rand zu berühren.

Laufen die Friktionen ruckartig oder sind sie schwergängig hat dies ebenfalls Rückwirkungen auf den Bandlauf. Kontrolliert wird wieder mit der Federwaage und die zulässigen Werte entnimmt man den Serviceunterlagen. Weitere Ursachen für Gleichlauffehler sind eine schlagende Motorwelle oder Tonachse, Unebenheiten auf Antriebsriemen, Riemenscheiben oder Zwischenrädern, zu hoher Bandzug durch falsche Friktionseinstellung, oder auch falsch eingestellte oder ruckweise arbeitende Bremsen. Manchmal ist auch die Tonbandcassette schuld an solchen Fehlern. Cassetten, deren Wickel unsauber aussieht oder bei denen das Band schwer herausziehbar ist, können dann bei der Wiedergabe „Jaulen“ verursachen, oder bleiben beim Umspulen stehen. Sie darf man bei der Servicearbeit keinesfalls verwenden, denn man muß sich darüber im klaren sein, daß beim Recorder die Bandcassette ein Teil des Laufwerkes ist!

## Laufgeräusche

Hört man Quietschgeräusche, dann sind die Antriebsriemen zu kontrollieren, und falls nötig auszutauschen. Durch die mangelhafte Justage oder den falschen Zusammenbau des Antriebs – nicht selten durch eigene Reparaturversuche vom Gerätebesitzer selbst verschuldet – kann der Riemen auch in der Laufrille klemmen, oder der Lüfter des Motors schleifen. Zu überprüfen ist auch, ob beim Wechsel der Bandgeschwindigkeit nicht etwa der Riemen oder das Zwischenrad an der Haltegabel schleift. Nicht zuletzt quitschen zuweilen auch trockene Lagerstellen.

Treten Störgeräusche periodisch auf (Knacken), arbeiten die Antriebselemente ruckweise, weil sie beispielsweise einen Grat oder eine Delle haben – oder aber das Höhenspiel der Räder ist zu groß. Gern verursacht auch ein hakendes Zählwerk so ein Geräusch.

## Fehler an den Bremsen

Die Bremsen müssen so justiert sein, daß das Band rasch und ohne Schlaufenbildung zum stehen kommt. Oft werden die Bremsen mit herangezogen, um einen gleichmäßigen Bandzug zu erreichen. Das Bremsmoment wird dann über Fühlhebel oder auch eine Elektronik in Abhängigkeit vom Bandzug eingestellt. Ist dieser zu hoch oder zu niedrig, können wieder Gleichlauffehler entstehen.

Reißt das Band oder wird es beim Umspulen gereckt, ist der Bandzug ebenfalls zu hoch. Umgekehrt ist er zu locker, wenn das Band nicht richtig aufgewickelt wird. Grundsätzlich wird man darauf achten, daß die Bremsflächen und Bremsbeläge immer sauber und vor allem fettfrei sind. Die Einstellung der Bremsen hat so zu erfolgen, daß der gezogene Teller immer um einen Moment früher gestopt wird als der ziehende. Andernfalls bilden sich Schlaufen, die zu Bandrissen führen können. Reißen kann das Band aber auch beim zu harten Zugreifen der Bremsen. In der Stellung „Wiedergabe“ müssen die Bremsen abheben, bevor die Gummipolsterrolle das Tonband transportiert. Man kontrolliert dies durch langsames Niederdrücken der Starttaste.

Nach dem Einstellen der Bremsen wird man immer deren Funktion überprüfen. Dazu legt man die volle Bandspule zunächst auf den einen, dann auf den anderen Wickelteller und spult auf die Leerspule einen Wickel von mindestens 2 cm auf. Im schnellen Vor- und Rücklauf muß das Band dann ausreichend rasch zum Stillstand kommen, ohne dabei Schlaufen zu bilden.

## Wartung beugt vor

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, daß für ein Tonbandgerät eine gewisse Pflege und Wartung anzuraten ist, um die volle Leistungsfähigkeit zu erhalten. Der gewissenhafte Fachhändler wird den Käufer eines Gerätes hierauf nicht nur hinweisen, sondern ihm die nötigen Maßnahmen erläutern und zeigen. Unvermeidlich

ist, daß durch die Reibung des Tonbandes an den Magnetköpfen und der Bandführung ein, wenn auch geringer, Materialabrieb auftritt, der sich wie Staub aus der Luft auf dem Tonband und den Köpfen absetzt. Er muß in regelmäßigen Abständen entfernt werden. Dazu wird die Mechanik mit Hilfe eines sauberen, weichen Pinsels von Bandrückständen und Staubablagerungen befreit. Das gilt besonders für die Bandführung und Umlenkbolzen. Festgesetzter Schmutz wird mit einem in Wasch-Benzin getränkten Wattestäbchen entfernt, wie es auch für die Hygienepflege verwendet wird. Besonderes Augenmerk ist auf die Pflege der Magnetköpfe zu richten. Mehr noch als an der Bandführung setzt sich hier Staub und Bandabrieb ab. Die winzigen Teilchen der Ablagerung wirken wie Schleifmittel und beschädigen die blankgeschliffene Oberfläche der Köpfe. Nicht zuletzt wird auch der für einwandfreie Aufnahme und Wiedergabe erforderliche enge Kopfkontakt behindert. Dann geht die Empfindlichkeit, besonders bei den Höhen zurück, und die Wiedergabe klingt dumpf. Bei Vierspurgeräten ist darüber hinaus mit verstärktem Auftreten von Aussetzern (drop-outs) zu rechnen. Großen Einfluß auf die Ablagerungen und die Abnutzung an den Magnetköpfen hat auch die Qualität der verwendeten Tonbänder, denn das Material minderer Bandsorten ist meistens nicht oder nur begrenzt abriebfest oder hat eine raue Oberfläche.

Die Magnetköpfe wird man ebenso reinigen wie die Bandführung, also mit weichem Pinsel und getränktem Wattestäbchen. Auf keinen Fall darf mit metallischen Werkzeugen gearbeitet werden. Sie würden unweigerlich die geschliffene Kopfoberfläche oder andere empfindliche Teile beschädigen. Reinigen wird man auch das Andruckpolster und selbstverständlich die Tonwelle und die Andruckrolle.

## Entmagnetisieren sichert die Wiedergabequalität

Das bei der Reparatur und Wartung verwendete Werkzeug ist meist et-



was magnetisch. Dadurch werden auch Köpfe und Bandführung leicht magnetisiert. Die Folge ist ein stärkeres Bandrauschen und ein Verlust an hohen Tönen. Nach erfolgter Reparatur sollte daher das Tonbandgerät entmagnetisiert werden. Dazu dient eine Entmagnetisierungsdrossel, die in keiner Servicewerkstatt fehlen sollte. Das Entmagnetisieren erfolgt bei ausgeschaltetem Gerät. Die Drossel wird in einem Abstand von 60...70 cm vom Gerät eingeschaltet und ihm langsam genähert. Bandführung und Tonköpfe werden mehrmals umkreist und die Drossel im gleichen Abstand wieder abgeschaltet. Umwickelt man den metallischen Polschuh der Entmagnetisierungsdrossel mit einem weichen Tuch, werden bei einer versehentlichen Berührung des Kopfspiegels Beschädigungen vermieden.

## Fehler bei der Signalverarbeitung

Zunächst wird man feststellen, ob der Defekt im Aufnahme- oder Wiedergabeteil liegt. Dabei gilt es zu beachten, daß kombinierte A/W-Verstärker bei unzureichender Wiedergabe nicht unbedingt einen Fehler im Aufnahmekanal haben müssen. Zur Prüfung wird ein einwandfrei aufgenommenes Tonband abgespielt. In der Werkstatt sollte ein solches Prüfband mit einer Musikaufnahme, die möglichst viele Höhen enthält, stets bereitstehen. Geprüft wird, ob bei Stereo beide Kanäle bzw. alle vier Spuren keine Wiedergabe haben. Ist alles in Ordnung, wird man den Defekt im Aufnahmezweig zu suchen haben. Klingt die Wiedergabe auch

bei einer Neuaufnahme leise und dumpf trotz richtiger Aussteueranzeige, so liegt die Ursache oft an einem fehlerhaften Tonkopf. Er ist dann abgeschliffen und die Höhenwiedergabe leidet durch den zu breit gewordenen Luftspalt. Oder der Kopf ist so stark verschmutzt, daß der Band/Kopf-Kontakt nicht mehr gegeben ist, wodurch die Empfindlichkeit wie auch die Höhenwiedergabe beeinträchtigt wird. Nicht zuletzt kann – bei fehlender Wiedergabe – eine Unterbrechung der Wicklung oder ein Kurzschluß vorliegen. Kontrollieren kann man dies mit dem Ohmmeter. Anschließend ist der Kopf aber auf jeden Fall wieder zu entmagnetisieren, denn durch den Prüfstrom des Ohmmeters wurde der Kopf mehr oder weniger stark vormagnetisiert, was zu einem erhöhten Bandrauschen führt. Im weiteren Verlauf der Untersuchung wird nun unterschieden zwischen der Diagnose „Fehlende Wiedergabe“ und „Verzerrte Wiedergabe“.

## Fehlende Wiedergabe

Fehlt die Wiedergabe auf beiden Kanälen oder allen vier Spuren, kann die Endstufe oder können die Lautsprecher defekt sein. Zur Kontrolle hört man das Band über den Diodenanschluß ab und hat, falls der Fehler auch hier auftritt, den Fehlerort schon eingegrenzt. Fehlt dagegen die Wiedergabe über einen externen Verstärker, und ist sie über den Eigenlautsprecher zu hören, liegt mit ziemlicher Sicherheit ein Kurzschluß oder eine Unterbrechung des Nf-Verbindungskabels vor. Die Funktion des Wiedergabeverstärkers läßt sich auch überprüfen, indem man den „heißen“ Anschluß der Eingangsbuchse berührt. Auch wird

bei völlig aufgedrehtem Lautstärkesteller im Lautsprecher ein mehr oder weniger kräftiges Rauschen zu hören sein, wenn der Verstärker funktionsfähig ist. Findet man dies bestätigt, liegt die Vermutung nahe, daß vom Hörkopf kein Signal abgegeben wird oder das Signal nicht an den Verstärkereingang gelangt. Der Kopf und die betroffenen Schaltkontakte, bei Vierspurgeräten insbesondere der Spürwahlschalter, werden dann überprüft. Zeigt die Vorprüfung, daß der Wiedergabeverstärker nicht arbeitet, kontrolliert man zunächst die Spannungen im Netzteil und wendet sich dann dem eigentlichen Verstärkerteil zu. Besonderes Augenmerk ist wieder auf die Schaltkontakte, die besonders im kombinierten Aufnahme/Wiedergabe-Verstärkern in großer Zahl vorhanden sind, zu richten. Die Schaltschieber wird man ausbauen, vorsichtig reinigen und dann, leicht mit Kontaktmittel benetzt, wieder einbauen.

## Verzerrte Wiedergabe

Eine verzerrte Wiedergabe, sofern nicht wie zuvor beschrieben ein Fehler am Tonkopf dafür verantwortlich ist, liegt meist an der Verlagerung des Arbeitspunktes eines Transistors. Zur Fehlereinkreisung bedient man sich gerade hier am besten der Signalverfolgung mit dem Oszilloscop.

Die zum Teil recht langen Leitungen zu den Magnetköpfen oder den Schaltern sind immer abgeschirmt. Fehlt die Masseverbindung oder ist sie schlecht, hört man ein mehr oder weniger kräftiges Brummen. Hier führt die Kontrolle mit dem Ohmmeter meist schnell zum Fehlerort.

(Wird fortgesetzt)

## Anzeigenschluß für FUNK-TECHNIK

Heft Nr. 3/80 ist am 8. 2. 80

### Farbbildröhren heute bestellen, morgen einbauen

- Industrie-Qualität erleichtert den Service
- Noch preiswerter durch unseren Nettopreis
- Lieferung frachtfrei, Nahbereich Express frei
- Altkolbenrücklieferung auf unsere Kosten
- Bei Garantie immer Vorausersatz frachtfrei
- Alles für F.S.-Service und Antennenbau

Liste für Werkstätten und Fachhändler gratis

Rauschhuber Fachgroßhandlung, Gaußstraße 2, 8300 Landshut  
Telefon (08 71) 13 88, Tag und Nacht für Sie dienstbereit

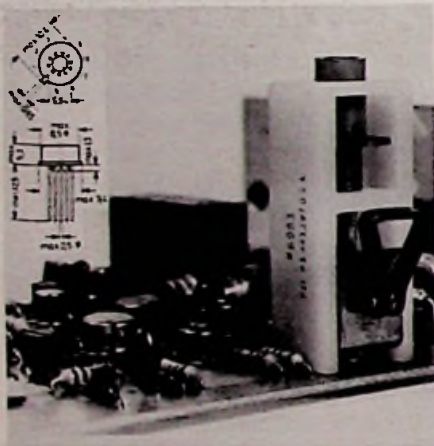




## Werkstatt-Ausrüstung

### Schluß mit der Fummelei !

So mancher IC, der fälschlicherweise in den Verdacht gekommen ist defekt zu sein, könnte noch seiner Aufgabe gerecht werden, wenn ihm nicht – des umständlichen Auslötns wegen, kurzerhand „die Beine ausgerissen werden“. Verübeln darf man den Service-Technikern solche Gewalttaten wahrlich nicht, denn ohne geeignete Ausrüstung führt nur das millimeterweise Verkanten des ICs zum Ziel, worauf die Platine oft sehr mitgenommen aussieht. Geht es um eine



Mit der Abzugsvorrichtung 6983 können ICs mit TO-5-Gehäuse rasch und schonend ausgelötet werden (Nucletron)

Schaltung im TO-5-Gehäuse, dann hilft rasch und schonend die Abzugsvorrichtung TO-5-Extractor 6983 weiter, die bei der Nucletron Vertriebs GmbH, München, zu haben ist. Mit einem Klemmbügel wird das TO-5-Gehäuse etwa in der Mitte eingespannt, woraufhin eine Feder eine gleichmäßige Zugkraft auf das Bauteil ausübt. Die Kraft ist so bemessen, daß die Platine nicht beschädigt wird, das Bauteil aber beim Stift-zu-Stift-Entlöten langsam aus den Platinen-Bohrungen gezogen wird. Unter der Bezeichnung 6982 gibt es die Abzugsvorrichtung auch für DIL-Gehäuse mit maximal 16 Anschlüssen.

## Betriebsstunden-Zähler

### Chemie statt Mechanik

Betriebsstunden-Zähler für Geräte der Unterhaltungselektronik wurden bislang wenig beachtet, obwohl sie den Fachwerkstätten sicher eine große Hilfe sein könnten. Unter den Neuentwicklungen macht jetzt ein elektrolytischer Betriebsstunden-Zähler der Firma Fuji Ceramics (Vertrieb: Nucletron Vertriebs-GmbH, München) von sich reden, der sehr klein und preiswert ist.

Das Anzeigeelement dieses Betriebsstunden-Zählers besteht aus einer Glaskapillare mit zwei Quecksilberfäden, die von einer „elektrolytischen Pille“ getrennt werden. Liegt nun eine Gleichspannung an den Quecksilberfäden, dann diffundiert das Quecksilber des einen Fadens durch die Elektrolyt-Pille zum anderen Faden, was eine scheinbare Bewegung der Elektrolyt-Pille zur Folge hat. Die Pille „wandert“ dabei an einer linearen Skala entlang, bis schließlich nur noch ein Quecksilberfaden in der Glaskapillare ist. Einige Ausführungen des Betriebsstunden-Zählers, die an Wechselspannungen betrieben werden (zum Beispiel 220 V) und eine integrierte Diode haben, sind danach nicht mehr zu gebrauchen (Schutz gegen unbefugten Reversierbetrieb). Diese Zähler gibt es für die Meßbereiche: 100 h, 200 h, 500 h, 1000 h, 2000 h, 5000 h und 10000 h.

Eine andere Ausführung, die extern beschaltet wird, funktioniert auch nach Ablauf des maximalen Betriebszeit, wenn man die Spannung an den Anschlüssen umpolt. Dieser Typ hat die Form einer Feinsicherung nach amerikanischer Norm, so daß auch das „Umdrehen“ des Zählers schon zum Reversierbetrieb führt. Der Meßbereich kann hier mit einem Vorwiderstand innerhalb der Grenzen 100 h und 10000 h vom Anwender selbst bestimmt werden.

Die Vorteile des elektrolytischen Betriebsstundenzählers sind sein niedriger Preis (10er Stückzahl ab 8,17 DM), die vielseitigen Betriebs-



Diese Ausführung des Betriebsstunden-Zählers ist steckbar und kann an einer Frontplatte angebracht werden. Daneben gibt es die Bauform der amerikanischen Feinsicherung und ein selbstklebendes Plastikgehäuse (Nucletron Vertriebs-GmbH)

bedingungen bei der Versorgungsspannung, die kleinen Einbaumaße und seine geringe Stromaufnahme. Hersteller der Unterhaltungselektronik hätten mit diesem Zähler endlich ein Bauelement in der Hand, das ein zuverlässiges Ermitteln der Betriebsdauer von Geräten ermöglicht. Auch die Fachwerkstätten würden davon profitieren, wenn sie in Kenntnis der tatsächlichen Betriebszeit eines Gerätes Verschleißteile vorbeugend auswechseln. Der serienmäßige Einbau von Betriebsstunden-Zählern wird jedoch noch einige Zeit auf sich warten lassen, so daß Fachwerkstätten ihren Stammkunden diesen Service aus Eigeninitiative anbieten könnten. Das gilt auch für den Einbau des Zählers in Plattenspieler oder Tonbandgeräte. Dann wäre der fällige Wechsel von Tonabnehmer oder Tonkopf auch vom Kunden sicher zu erkennen. Gerade bei diesen Anwendungen zeigt sich ein weiterer Vorteil des elektrolytischen Betriebsstundenzählers: Brummeinstreuungen, die bei Zählern mit Synchronmotoren nicht auszuschließen sind, gibt es bei ihm nicht.



Resonanz-Transformation:

# Die Anpassung von Impedanzen (II)

## Grafische Lösungen im Smith-Diagramm

Dipl.-Ing. Hans Peschl, Ritterhude

Genügt es im Nf-Bereich meist die Realteile von komplexen Widerständen anzupassen, so darf bei hohen Frequenzen der Imaginärteil keinesfalls vernachlässigt werden. Das Anpassungs-Netzwerk läßt sich zwar berechnen, doch führt die grafische Lösung im Smith-Diagramm viel schneller zum Ziel. Für alle die schon einmal mit dem Smith-Diagramm gearbeitet haben ruft der Autor die verschiedenen Lösungswege ins Gedächtnis zurück, und zeigt anhand praktischer Beispiele den beinahe schematischen Ablauf des Verfahrens.

Aufgabe c). Wie ändern sich die Verhältnisse, wenn man auf eine genaue Anpassung verzichtet und nur den Blindanteil von  $Z_a$  mit einer Parallelkapazität kompensiert?

Bild 3 zeigt, daß  $z_a$  nahe dem durch 0 und 1 gehenden Kreis liegt; demnach ist auch der Wirkwiderstand der äquivalenten Parallelschaltung nahe bei dem gewünschten Wert  $R_i$ . Den tatsächlichen Wert  $R_1$  erhält man, indem ein Kreis durch 0 und  $z_a$  geschlagen und dessen Schnittpunkt mit der reellen Achse ermittelt wird (Bild 11):

$$R_1/R_i = 1,3 \text{ oder } R_1 = 1,3 \cdot 75\Omega = 97,5\Omega \text{ (Bild 12 a).}$$

Das gleiche Ergebnis bekommt man, indem statt  $Z_a$  der Leitwert  $Y_a$  genommen wird:

$$y_a = \frac{1}{Z_a} = \frac{1}{19,1 \cdot e^{j78,8^\circ}} \text{ S} = \frac{1}{19,1} e^{-j78,8^\circ} \text{ S}$$

$$= 52,4 \cdot e^{-j78,8^\circ} \text{ mS} = (10,26 - j51,34) \text{ mS}$$

Die erweiterte Ersatzschaltung (Bild 12 b) zeigt, daß nach dem Parallelschalten eines kapazitiven Widerstandes von  $-jX_c = -j19,48\Omega$  nur noch  $R_1$  als elektrisch wirksamer Widerstand übrig bleibt. Bei  $f = 30 \text{ MHz}$  ist dafür ein Kondensator mit  $C = 272 \text{ pF}$  nötig. Das Parallelschalten dieses Kondensators zu  $Z_a$  hat ein Verschieben des Punktes  $z_a$  längs dem Kreisbogen bis zum Schnittpunkt mit der reellen Achse zur Folge (Bild 11). Die grafische Ermittlung des für die Kompensation benötigten Kapazitätswertes folgt ebenfalls aus Bild 11: Spiegeln von  $z_a$  am Punkt 1 des Diagrammes ergibt  $y_a$ . Der Blindanteil

$$-jb = -jB/Y_L = -jB \cdot R_i = -j3,85$$

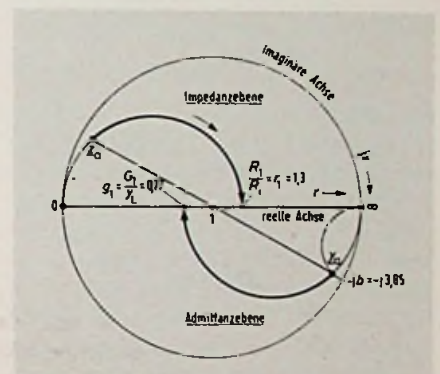
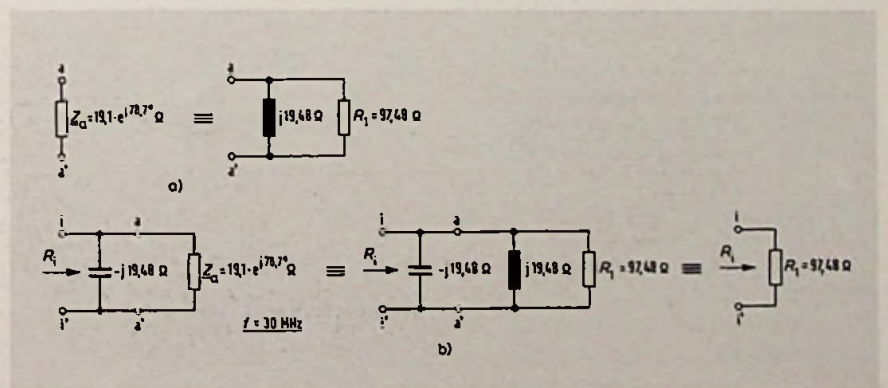


Bild 11. Transformationsweg für die Kompensation des Blindanteils von  $Z_a$  mit Hilfe einer Parallelkapazität. Da Punkt 1 nicht „getroffen“ wird, ist die Anpassung etwas schlechter

Bild 12. a) Äquivalente Parallel-Ersatzschaltung der Lastimpedanz  $Z_a$ . b) Kompensation des Blindanteils von  $Z_a$  mit einer Parallelkapazität. Übrig bleibt der Realteil der äquivalenten Parallel-Ersatzschaltung





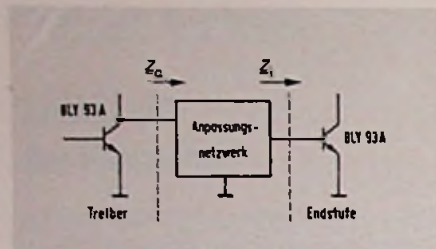


Bild 13. Die Koppelstufe zwischen Treiber- und Endstufe eines Transistorsenders dient der Anpassung

entspricht einem induktiven Leitwert von

$$-jB = -j3,85/R_1 = -j51,33 \text{ mS,}$$

der durch einen gleich großen, aber kapazitiven Leitwert kompensiert werden kann:

$$j\omega C = j51,33 \cdot 10^{-3} \text{ S oder } C = 272 \text{ pF für } f = 30 \text{ MHz.}$$

Dann „wandert“  $y_a$  auf dem Kreis konstanten Realteiles bis zum Punkt 0,77 auf der reellen Achse.

Der Widerstand  $R_1 = 97,48\Omega$ , mit dem der Generator nach dem Kompensieren des Blindanteiles abgeschlossen erscheint, liefert nach dem Verfahren von Bild 10 einen Reflexionsfaktor von etwa 12%, was etwa 1,5% reflektierte Leistung ergibt. Das sind 0,06 dB weniger an Leistungsumsatz in  $Z_a$  gegenüber dem Fall genauer Anpassung. Es ist durchaus möglich, daß eine Verlustleistung dieser Größenordnung schon im Kondensator  $C_1$  der rechten Schaltung von Bild 5 b auftreten kann. Dann hat die genaue Anpassung nicht mehr erbracht als die Kompensation des Blindanteiles mit nur einem Kondensator parallel zu  $Z_a$ .

**Beispiel 2.** Es ist ein Netzwerk zu entwerfen, mit dessen Hilfe der Treibertransistor BLY 93A eines 175-MHz-Senders an den Endstufentransistor (ebenfalls BLY 93A) angepaßt wird (Bild 13).

Die Datenblätter [3] geben den Eingangswiderstand des Transistors  $Z_1 = (1 + j1,2) \Omega$  und den Lastleitwert am

Kollektor an  $Y_a = (57,7 - j52,7) \text{ mS}$ . Diese Daten beziehen sich auf einen bestimmten Arbeitspunkt oder eine bestimmte Betriebsart mit festgelegter Aussteuerung. Einige Firmen geben statt des Lastleitwertes oder des Lastwiderstandes am Kollektor den ausgangsseitigen Innenleitwert oder Innenwiderstand des Transistors an. Das ist dann der konjugiert komplexe Wert vom Lastleitwert oder Lastwiderstand. Häufig fehlen die Angaben sogar völlig, und man muß sie sich selber meßtechnisch beschaffen.

### Allgemein gilt:

Je kürzer der Transformationsweg ist, umso geringer ist die Frequenzabhängigkeit der Anpassungsschaltung. Die Schaltung mit dem längeren Transformationsweg ist also schmalbandiger.

Zum Auswerten der gegebenen Daten wird wieder ein geeigneter Bezugswiderstand gewählt, zum Beispiel  $Z_L = 10\Omega$ . Daraus folgen der normierte Eingangswiderstand

$$z_1 = Z_1/Z_L = (1 + j1,2)\Omega/10\Omega = 0,1 + j0,12$$

und der normierte Lastleitwert

$$y_a = Y_a/Y_L = Y_a \cdot Z_L = (27,7 - j52,7) \text{ mS}/100 \text{ mS} = 0,577 - j0,527$$

Zuerst wird in das Smith-Diagramm der Punkt  $y_a$  eingetragen (Bild 14). Durch Spiegeln am Punkt 1 wird daraus  $z_a$ . Durch  $z_a$  und den Nullpunkt des Diagrammes schlägt man einen Kreisbogen mit Mittelpunkt auf der reellen Achse. Jetzt wird der Punkt  $z_1$  eingetragen. Der durch  $z_1$  und  $\infty$  gehende Kreis mit dem Schnittpunkt 0,1 auf der reellen Achse liefert mit dem vorher eingezeichneten Kreisbogen den Schnittpunkt  $z_1$ , Koordinaten 0,1 + j0,50,42. Um von  $z_1$  nach  $z_1$  zu gelangen, muß demnach ein normierter Blindwiderstand des Wertes

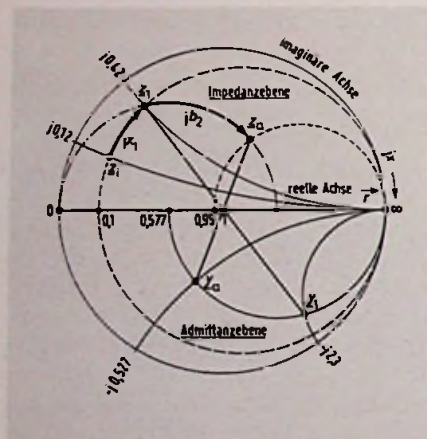
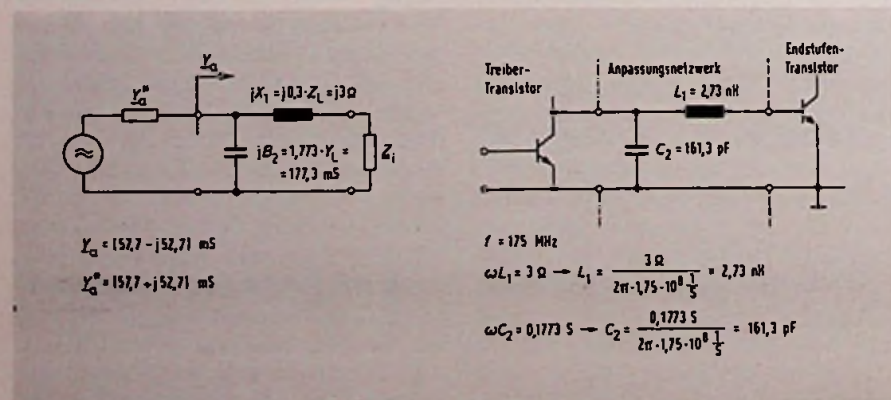


Bild 14. Transformationswege des Anpassungs-Netzwerkes zwischen den Transistoren. Gezeichnet sind die für die zahlenmäßige Auswertung notwendigen Schritte

Bild 15. Die Transformationswege in Bild 14 führen zu diesem Anpassungs-Netzwerk, das allerdings kaum zu verwirklichen ist





$$jX_1 = jX_1/Z_L = j(0,42 - 0,12) = j0,3$$

vorgeschaltet werden.

Das Spiegeln von  $z_1$  am Punkt 1 des Diagrammes liefert  $y_1$  mit den Koordinaten  $0,577 - j2,3$ . Um von hier zum Punkt  $y_a$  zu kommen, wird ein normierter Leitwert von

$$jb_2 = jB_2/Y_L = j(2,3 - 0,527) = j1,773$$

benötigt.

Das so ermittelte Netzwerk für die Anpassung ist im Bild 15 dargestellt.

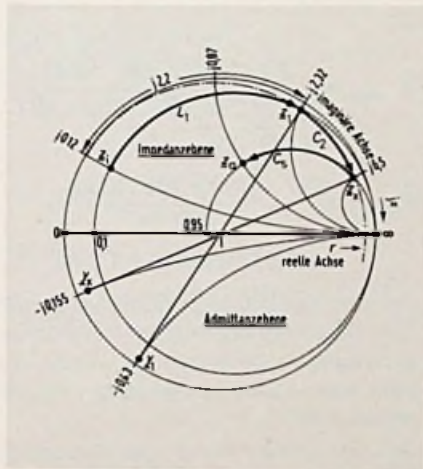


Bild 16. Die Induktivität  $L_1 = 20$  nH führt zu diesen Transformationswegen. Gezeichnet sind die für die zahlenmäßige Auswertung notwendigen Schritte

Schaltungstechnisch lassen sich die dort angegebenen Werte nicht realisieren. Wenn man bedenkt, daß ein Drahtstück von 1 cm Länge einen Induktivitätswert von etwa 10 nH hat, dann ist es sicherlich vermessend, in die Schaltung eine „Spule“ mit  $L_1 = 2,73$  nH einbauen zu wollen. Auch bei dem für 175 MHz hohen Kapazitätswert von  $C_2 = 161,3$  pF wird man wohl eher infolge der Eigeninduktivität von Belägen und Anschlüssen einen induktiven Blindwiderstand vorliegen haben anstelle des gewünschten kapazitiven. Man wird also eine andere Lösung suchen müssen.

Wenn beispielsweise anstelle des vorher errechneten  $L_1$ -Wertes ein Wert  $L'_1 = 20$  nH genommen wird, so kann dieser Wert mit etwa einer Windung Schaltdraht 1,5 mm Durchmesser auf einem Wickeldorn von 7 mm realisiert werden, womit eine „Spule“ relativ hoher Güte entsteht. Bei 175 MHz beträgt ihr induktiver Blindwiderstand

$$jX' = j\omega \cdot L'_1 = j2 \cdot \pi \cdot 1,75 \cdot 10^8 \text{ Hz} \cdot 2 \cdot 10^{-8} \text{ H} \approx j22 \Omega$$

Damit gelangt man im Diagramm (Bild 16) zum Punkt  $z'_1$ . Der Kreisbogen durch den Nullpunkt und  $z'_1$  mit dem Mittelpunkt auf der reellen Achse wird eingezeichnet. Der durch  $z_3$  und P gehende Kreis mit Schnittpunkt 0,95 auf der reellen Achse schneidet diesen Kreis im Punkt  $z_x = 0,95 + j6,5$ . Um von dort zum Punkt  $z_a$  zu gelangen, ist ein normierter kapazitiver Blindwiderstand mit dem Wert

$$-jX_s = -jX_s/Z_L = -j(6,5 - 0,87) = -j5,63$$

nötig. Dem entspricht ein kapazitiver Blindwiderstand von

$$-jX_s = -j56,3 \Omega,$$

das heißt, bei  $f = 175$  MHz ein Kondensator mit  $C_s = 1/(56,3 \Omega \cdot 2\pi \cdot 1,75 \cdot 10^8 \text{ Hz}) = 16,2$  pF.

Der Weg von  $z'_1$  nach  $z_x$  erfordert das Parallelschalten eines Kondensators am Spuleneingang. Den Kapazitätswert des Kondensators erhält man beim Übergang auf die Leitwerte  $y'_1$  und  $y_x$  (Spiegeln am Punkt 1, Bild 16). Daraus folgt der normierte Blindleitwert

$$jb'_2 = jB'_2/Y_L = j(0,43 - 0,155) = j0,275$$

Demnach muß der kapazitive Leitwert

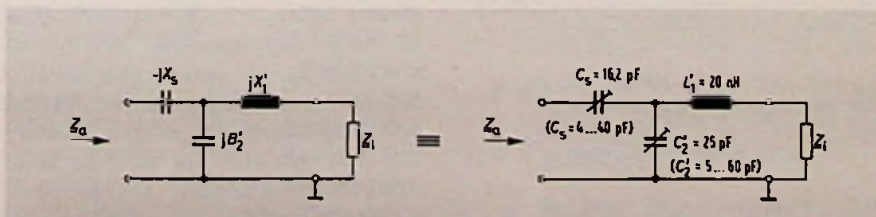
$$B'_2 = \omega \cdot C'_2 = 27,5 \text{ mS}$$

betragen, so daß bei  $f = 175$  MHz der Kapazitätswert  $C'_2 = 25$  pF ist (Bild 17). Für die beiden diskreten Kapazitätswerte dürfen durchaus diskrete Kondensatoren verwendet werden. Benutzt man Trimmerkondensatoren hoher Güte, so lassen sich damit auch größere Streubereiche von  $z_1$  und  $z_3$  auffangen. Diese Streubereiche kann man mit Hilfe der Anfangs- und Endkapazitäten leicht im Smith-Diagramm erfassen. Leider geben nur verhältnismäßig wenige Hersteller solcher Kondensatoren deren Verlustfaktoren für die HF-Bereiche an [4, 5]. Selbst bei hochwertigen Ausführungen können die Werte bis auf einige Prozente ansteigen. Ein Abschätzen der Verluste ähnlich dem in [1] aufgezeigten Verfahren ist deshalb auf jeden Fall zu empfehlen.

## Literaturverzeichnis

- [1] Peschl, H.: So werden Wirkwiderstände angepaßt. Funk-Technik 34 (1979) S. T346
- [2] Peschl, H.: HF-Leitung als Übertragungsglied und Bauteil, Hüthig & Pflaum Verlag München/Heidelberg, S. 91-128
- [3] Halbleiterdioden und Transistoren 6.71. Valvo Katalog, S. 399-404
- [4] Variable Kondensatoren. Valvo Katalog 1974-75, S. 93-125
- [5] American technical ceramics. ATC Capacitor Handbook, Municom GmbH München

Bild 17. Dieses Netzwerk zum Anpassen der Treiber- an die Endstufe, ist mit diskreten Bauelementen zu verwirklichen





Praktischer Umgang mit Bauelementen:

# Transistoren unter die Lupe genommen

## Teil 5: Bipolare Transistoren für NF-Vorstufen (II)

Selbst erfahrene Radio- und Fernseh-techniker begnügen sich beim Entwurf von Schaltungen oft damit, die Bauelemente nach einigen groben Datenblatt-Angaben auszuwählen und wundern sich dann über mangelhafte Ergebnisse. Wer sorgfältig bemessene und zuverlässig arbeitende Schaltungen aufbauen möchte, braucht jedoch mehr als nur grundlegende Kenntnisse der Eigenschaften aller Bauelemente. Deshalb behandelt Dipl.-Ing. Otmar Kilgenstein, Professor an der Fachhochschule Nürnberg, in dieser Serie alle beachtenswerten Eigenschaften der Transistoren, die im praktischen Umgang mit diesen Bauelementen beachtet werden müssen, anhand von Unterlagen einschlägiger Industriefirmen.

Bevor auf die Betriebsgrößen der Basis-schaltung eingegangen wird, sei noch ein Beispiel für die Kollektor-Schaltung aus dem 4. Teil (FT 1/80) angegeben.

**Beispiel:** Es sollen für den Transistor BC 212 A die Größen  $V_{uc}$ ,  $V_{ic}$ ,  $R_{eing}$  und  $R_{ausg}$  bei  $R_E = 3,9 \text{ k}\Omega$  und  $R_L = 4,7 \text{ k}\Omega$  für die Kollektor-Schaltung nach Bild 44 einmal mit den genauen Gleichungen und dann nach den Näherungsbeziehungen berechnet werden. Vergleich der beiden Ergebnisse.  $I_c = 2 \text{ mA}$ ;  $U_{CE} = 5 \text{ V}$ ; der Generatorwiderstand  $R_{g\sim}$  hat die Werte  $3,9 \text{ k}\Omega$ ,  $30 \Omega$  und  $100 \text{ k}\Omega$ .

$$h_{11e} = 2,7 \cdot 10^3 \Omega; \quad h_{21e} = 220;$$

$$h_{12e} = 1,5 \cdot 10^{-4}; \quad h_{22e} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ S}$$

$$\det h_e = 1,56 \cdot 10^{-2}; \quad R_{a\sim} = 2,13 \text{ k}\Omega$$

$$V_{uc} = \frac{221 \cdot 2,13 \cdot 10^3 \Omega}{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 221 \cdot 2,13 \cdot 10^3 \Omega} = 0,9943 \approx 1 \text{ (Abweichung } -0,5\%)$$

$$V_{ic} = - \frac{221}{1 + 18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 2,13 \cdot 10^3 \Omega} = -212 \approx -220 \text{ (Abweichung } -3,4\%)$$

$$R_{eing/c} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 221 \cdot 2,13 \cdot 10^3 \Omega}{1 + 18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 2,13 \cdot 10^3 \Omega} = 456 \text{ k}\Omega$$

$$R_{eing/c} \approx 2,7 \cdot 10^3 \Omega + 221 \cdot 2,13 \cdot 10^3 \Omega = 473 \text{ k}\Omega \text{ (Abweichung } +3,8\%)$$

$$R_{g\sim} = 3,9 \text{ k}\Omega:$$

$$R_{ausg/c} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 3,9 \cdot 10^3 \Omega}{18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 3,9 \cdot 10^3 \Omega + 221} = 29,85 \Omega$$

$$R_{ausg/c} \approx \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 3,9 \cdot 10^3 \Omega}{220} = 30 \Omega \text{ (Fehler } +0,5\%)$$

$$R_{g\sim} = 30 \Omega:$$

$$R_{ausg/c} \approx \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 30 \Omega}{220} = 12,41 \Omega$$

$$R_{ausg/c} \approx \frac{1}{S} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega}{220} = 12,27 \Omega \text{ (Abweichung } -1\%)$$

$$R_{g\sim} = 100 \text{ k}\Omega:$$

$$R_{ausg/c} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 100 \cdot 10^3 \Omega}{18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 100 \cdot 10^3 \Omega + 221} = 461 \Omega$$

$$R_{ausg/c} \approx \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 100 \cdot 10^3 \Omega}{220} = 466,8 \Omega \text{ (Fehler } +1,3\%)$$

Bei der Kollektorschaltung zeigt sich ebenfalls, daß die mit den Näherungsgleichungen gewonnenen Werte nur sehr wenig von den genauen Werten abweichen.

Bei der Berechnung des Ausgangswiderstandes wurden verschieden große Werte für die Generatorwiderstände angenommen, um zu zeigen, daß auch bei hohen Werten noch ein kleiner Ausgangswiderstand zu erzielen ist. Die erweiterte Näherungsbeziehung Gl. 76 kann nur bei kleinem Generatorwiderstand angewandt werden, wie das Beispiel zeigt. Muß jedoch so ein kleiner Ausgangswiderstand bei hohem Generatorwiderstand erzielt werden, so ist dies durch zwei in Kaskade geschaltete Kollektorschaltungen (Darlingtonschaltung) möglich. Es gibt bereits zahlreiche Transistoren jeder Leistungsklasse, wo in einem Gehäuse eine solche Darlingtonschaltung (Darlington-Transistor) untergebracht ist. Was eben für den Ausgangswiderstand festgestellt wurde, gilt gleichermaßen auch für den Eingangswiderstand. Ist also ein sehr hoher Eingangswiderstand und/oder ein sehr kleiner Ausgangswiderstand notwendig, so ist es zweckmäßig, an Stelle eines einfachen Tran-



sistors einen Darlington-Transistor zu verwenden. Äußerlich sieht dieser wie ein herkömmlicher Transistor aus; nur an der Typenbezeichnung ist er zu erkennen. Auf die besonderen Eigenschaften der Darlington-Transistoren wird später eingegangen.

Für die **Basisschaltung** ergibt sich unter den gleichen Voraussetzungen: ( $R_{a\sim} \leq 5 \text{ k}\Omega$ )

$$V_{ub} = -\frac{h_{21b} \cdot R_{a\sim}}{h_{11b} + R_{a\sim} \cdot \det h_b} = -\frac{h_{21e} \cdot R_{a\sim}}{h_{11e} + R_{a\sim} \cdot \det h_e} = -v_{ue} \approx S \cdot R_{a\sim} \quad (77)$$

$$V_{ib} = \frac{h_{21b}}{1 + h_{22b} \cdot R_{a\sim}} = -\frac{h_{21e}}{1 + h_{21e} + h_{22e} \cdot R_{a\sim}} \approx -\frac{-h_{21e}}{1 + h_{21e}} \approx -1 \quad (78)$$

mit  $h_{22e} \cdot R_{a\sim} \ll h_{21e}$

$$R_{e\text{ing}/b} = \frac{h_{11b} + \det h_b \cdot R_{a\sim}}{1 + h_{22b} \cdot R_{a\sim}} = \frac{h_{11e} + \det h_e \cdot R_{a\sim}}{1 + h_{21e} + h_{22e} \cdot R_{a\sim}} \approx \frac{h_{11e}}{h_{21e}} = \frac{1}{S} \quad (79)$$

mit  $\det h_e \cdot R_{a\sim} \ll h_{11e}$  und  $h_{22e} \cdot R_{a\sim} \ll h_{21e}$

$$R_{a\text{usg}/b} = \frac{h_{11b} + R_{g\sim}}{h_{22b} \cdot R_{g\sim} + \det h_b} = \frac{h_{11e} + R_{g\sim}}{h_{22e} \cdot R_{g\sim} + \det h_e} + \frac{R_{g\sim} \cdot h_{21e}}{h_{22e} \cdot R_{g\sim} + \det h_e} \quad (80)$$

mit  $h_{22e} \cdot R_{g\sim} + \det h_e = R_{a\text{usg}/e}$

Der Ausgangswiderstand in Basisschaltung wird also noch viel größer als der schon verhältnismäßig große Ausgangswiderstand in Emitterschaltung. Vernachlässigt man die Größe  $h_{11e}$  gegenüber  $R_{g\sim}$ , so wird der Ausgangswiderstand in Basisschaltung etwa um die Stromverstärkung  $h_{21e}$  (also den Faktor 100 und mehr) größer als der Ausgangswiderstand in Emitterschaltung. Die Extremwerte ergeben sich für  $R_{g\sim} \rightarrow 0$  und für  $R_{g\sim} \rightarrow \infty$ .

$R_{g\sim} \rightarrow 0$ :

$$R_{a\text{usg}/b} = \frac{h_{11e}}{\det h_e} \approx 2 \cdot \frac{1}{h_{22e}} \quad (81)$$

Für  $R_{g\sim} \rightarrow \infty$ :

$$R_{a\text{usg}/b} = \frac{1}{h_{22e}} + \frac{h_{21e}}{h_{22e}} \approx \frac{1}{h_{22e}} \cdot h_{21e} \quad (82)$$

Es wird also der Ausgangswiderstand in Basisschaltung mindestens doppelt so groß wie der Ausgangswiderstand in Emitterschaltung; meistens sogar noch viel größer.

Zusammenfassung der Näherungsbeziehungen für die Basisschaltung:

$$V_{ub} = -v_{ue} \approx S \cdot R_{a\sim} \quad (77)$$

Keine Phasendrehung!

$$V_{ib} \approx -1 \quad (78)$$

$$R_{e\text{ing}/b} \approx \frac{1}{S} \quad (79)$$

$$R_{a\text{usg}/b} \approx \frac{1}{h_{22e}} \cdot 2 \text{ bis } \frac{1}{h_{22e}} \cdot h_{21e} \quad (81, 82)$$

Wenn auch die Basisschaltung als RC-Verstärker im Gegensatz zur Emittter- oder Kollektorschaltung kaum Bedeutung hat, so wird doch in integrierten Schaltkreisen zuweilen die Basisschaltung mit den beiden anderen Schaltungsarten verknüpft.

**Beispiel:** Es sollen für die Basisschaltung mit dem Transistor BC 212A die Größen  $v_{ue}$ ,  $v_{ie}$ ,  $R_{e\text{ing}}$  und  $R_{a\text{usg}}$  bei  $R_{g\sim} = 50 \Omega$  und  $R_{a\sim} = 2 \text{ k}\Omega$  und  $R_{a\sim} = 100 \text{ k}\Omega$  nach den genauen Gleichungen und den Näherungsbeziehungen berechnet werden. Vergleich der beiden Ergebnisse!  $I_C = 2 \text{ mA}$ ;  $U_{CE} = 5 \text{ V}$ . Der hier angenommene hohe Außenwiderstand von  $100 \text{ k}\Omega$  sowie der niedrige Generatorwiderstand entsprechen etwa den Verhältnissen nach Bild 45.

$\det h_e = 1,56 \cdot 10^{-2}$

(wie vorher bei gleichem Arbeitspunkt)

$R_{a\sim} = 2 \text{ k}\Omega$ :

$$V_{ub} = \frac{220 \cdot 2 \cdot 10^3 \Omega}{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 2 \cdot 10^3 \Omega \cdot 1,56 \cdot 10^{-2}} = 161 = -v_{ue}$$

$$V_{ub} \approx \frac{220 \cdot 2 \cdot 10^3 \Omega}{2,7 \cdot 10^3 \Omega} = 163 \approx -v_{ue}$$

$R_{a\sim} = 100 \text{ k}\Omega$ :

$$V_{ub} = \frac{220 \cdot 100 \cdot 10^3 \Omega}{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 100 \cdot 10^3 \Omega \cdot 1,56 \cdot 10^{-2}} = 5164 = -v_{ue}$$

$$V_{ub} \approx \frac{220 \cdot 100 \cdot 10^3 \Omega}{2,7 \cdot 10^3 \Omega} = 8148 \quad (+58\%)$$

$R_{a\sim} = 2 \text{ k}\Omega$ :

$$V_{ib} = -\frac{220}{221 + 18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 2 \cdot 10^3 \Omega} = -0,995 \approx -1$$

$R_{a\sim} = 100 \text{ k}\Omega$ :

$$V_{ib} = -\frac{220}{221 + 18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 100 \cdot 10^3 \Omega} = -0,987 \approx -1$$

$R_{a\sim} = 2 \text{ k}\Omega$ :

$$R_{e\text{ing}/b} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 1,56 \cdot 10^{-2} \cdot 2 \cdot 10^3 \Omega}{221 + 18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 2 \cdot 10^3 \Omega} = 12,4 \Omega$$

$$R_{e\text{ing}/b} \approx \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega}{220} = 12,3 \Omega$$

$R_{a\sim} = 100 \text{ k}\Omega$ :

$$R_{e\text{ing}/b} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 1,56 \cdot 10^{-2} \cdot 100 \cdot 10^3 \Omega}{221 + 18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 100 \cdot 10^3 \Omega} = 19,1 \Omega$$

$$R_{e\text{ing}/b} \approx \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega}{220} =$$

$= 12,3 \Omega$  (Fehler  $-55\%$ )

$$R_{a\text{usg}/b} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega + 50 \Omega}{18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 50 \Omega + 1,56 \cdot 10^{-2}} + \frac{50 \Omega \cdot 220}{18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 50 \Omega + 1,56 \cdot 10^{-2}} = 166,6 \text{ k}\Omega + 666,7 \text{ k}\Omega = 833 \text{ k}\Omega$$

$$R_{a\text{usg}/b} \approx \frac{2,7 \cdot 10^3 \Omega}{1,56 \cdot 10^{-2}} =$$

$= 173 \text{ k}\Omega$  (für  $R_{g\sim} \rightarrow 0$ )

Auch bei der Basisschaltung zeigt sich, daß die Ergebnisse der Näherungsgleichungen bei niedrigem Außenwiderstand  $R_{a\sim}$  mit den Ergebnissen der genauen Gleichungen praktisch übereinstimmen. Interessant ist, daß die Stromverstärkung auch bei hohem Außenwiderstand noch praktisch gleich 1 ist; auch ist in diesem Fall der Eingangswiderstand zwar erheblich größer als bei niedrigem Außenwiderstand  $R_{a\sim}$ , aber immer



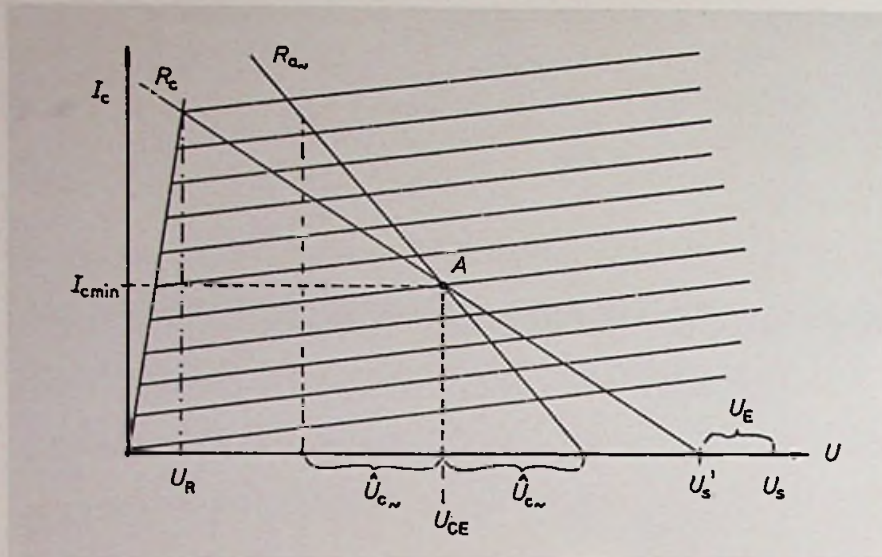


Bild 50. Kennlinienfeld  $I_c = f(U_{CE})$  bei verhältnismäßig großer Aussteuerung und ohmschen Kollektorwiderstand  $R_c$ .  $U_R$  Restspannung,  $U_s$  Betriebsspannung,  $U_E$  Spannungsabfall am Emitterwiderstand

noch sehr klein. Schon bei dem verhältnismäßig niedrigen Generatorwiderstand von  $50\Omega$  wird der Ausgangswiderstand gegenüber  $R_{a\sim} = 0$  sehr viel größer und erreicht einen Wert, der auch bei einem hochwertigen Schwingkreis nicht mehr dämpfend wirkt.

Bei den bisher gerechneten Beispielen wurde der Einfachheit halber der in den Datenbüchern vorgeschlagene Bezugs-Arbeitspunkt gewählt ( $I_c = 2\text{ mA}$  und  $U_{CE} = 5\text{ V}$ ). Der für eine bestimmte Aufgabe optimale Arbeitspunkt wird aber selten mit diesem Bezugswert übereinstimmen. Bei starkem „Durchsteuern“ des Kennlinienfeldes muß der Arbeitspunkt so gewählt werden, daß bei einer sinusförmigen Eingangsspannung auch eine möglichst sinusförmige Ausgangsspannung entsteht; die Ausgangsamplitude darf nicht beschnitten werden. Dies bedeutet eine Mindestgröße für die Kollektorspannung und den Kollektorstrom. Sollen andererseits sehr kleine Eingangssignale verarbeitet werden, so muß der Arbeitspunkt so gewählt werden, daß die vom Transistor erzeugte Rauschspannung möglichst klein

wird. Es muß also die Lage des Arbeitspunktes den jeweiligen Anforderungen angepaßt werden.

Die Verhältnisse bei relativ starker Durchsteuerung, wie sie in der letzten Stufe eines Vorverstärkers vorkommen können, sind aus Bild 50 zu erkennen, wo ein idealisiertes  $I_c - U_{CE}$ -Kennlinienfeld dargestellt ist. Längs der Widerstandsgeraden  $R_{a\sim}$  wird symmetrisch um den Arbeitspunkt A ausgesteuert. Da hier Aussteuergrenzen beachtet werden müssen, ist stets mit den Spitzenwerten  $\hat{U}_{c\sim}$  und  $\hat{I}_{c\sim}$  zu rechnen. Die Kollektor-Emitterspannung muß nun mindestens so groß sein, daß die Wechselspannungs-Amplitude die nicht mehr durchsteuerbare Restspannung  $U_R$  nicht berührt. Es würden sonst starke Verzerrungen auftreten. Zur Sicherheit, und um eine Verschiebung der Kollektorgleichspannung bei höheren Temperaturen mit zu berücksichtigen, ist noch ein Zuschlag von  $0,5\text{ V} \dots 1\text{ V}$  angebracht. Damit ergibt sich für die niedrigste erlaubte Kollektorspannung:

$$U_{CE} \geq U_R + \hat{U}_{c\sim} + (0,5 \dots 1)\text{ V}$$

oder mit  $U_R$  rd.  $1\text{ V}$  (Bild 19)

$$U_{CE} \geq \hat{U}_{c\sim} + (1,5 \dots 2)\text{ V} \quad (83)$$

In Bild 50 kann man weiterhin erkennen, daß der Abschnitt für  $\hat{U}_{c\sim}$  auf der Spannungsachse umso größer wird, je größer  $I_c \approx \hat{I}_{c\sim}$  gewählt wird. Bezüglich der Verstärkung ist der Wert des Kollektorstromes in erster Näherung jedoch unwichtig, weil nach Gl. 59 die Steilheit mit dem Kollektorstrom wächst und die Steilheit der Widerstandsgeraden  $R_c$  bzw.  $R_{a\sim}$  bei gegebener Spannung  $U_s$  mit dem Kollektorstrom abnehmen. Ein möglichst kleiner Kollektorstrom ist aber bezüglich der Stromaufnahme aus der Spannungsquelle und der in Wärme umgesetzten Verlustleistung immer besser als ein größerer. Es sollte also  $I_c$  gerade so groß gewählt werden, wie es aus Gründen der Durchsteuerung notwendig ist.

Aus Bild 50 kann man ablesen:

- a)  $I_{cmin} \cdot R_c = U_s' - U_{CE}$
- b)  $I_{cmin} \cdot R_{a\sim} = \hat{U}_{c\sim}$

Es ergeben sich also zwei Gleichungen mit den beiden Unbekannten  $I_{cmin}$  und  $R_c$ , die aufgelöst werden können. Man erhält:

$$I_{cmin} = \frac{1}{R_L \cdot (1/\hat{U}_{c\sim} - 1/(U_s' - U_{CE}))} \quad (84)$$

$$U_s' = U_s - U_E$$

$U_E$  Spannung am Emitterwiderstand

Da der Transistor nicht ganz bis  $I_c = 0$  durchgesteuert werden kann, wählt man den Kollektorstrom etwas größer als den hier berechneten Mindestwert  $I_{cmin}$ .

$$I_c = (1,2 \dots 1,5) \cdot I_{cmin} \quad (85)$$

Nunmehr kann auch der Kollektorwiderstand berechnet werden:

$$R_c \leq \frac{U_s' - U_{CE}}{I_c} \quad (86)$$

**Beispiel:** Gegeben sei eine Versorgungsspannung  $U_s = 12\text{ V}$ . Die maximale Ausgangsspannung betrage  $U_{out} = 1,5\text{ V}$ ; Lastwiderstand  $R_L = 2\text{ k}\Omega$ ;  $U_E = 1,5\text{ V}$ . Wie groß wird der Kollektorwiderstand  $R_c$  und die Verstärkung  $v_{us}$ ? Schaltung nach Bild 43 mit dem Transistor BC 238B.

$$U_{CE} = 1,5\text{ V} \cdot 1,41 + (1,5 \dots 2)\text{ V} = 2,12\text{ V} + (1,5 \dots 2)\text{ V} = 3,62 \dots 4,12\text{ V}$$



gewählt:  $U_{CE} = 4V$

$$U'_s = 12V - 1,5V = 10,5V$$

$$I_{cmin} = \frac{1}{2 \cdot 10^3 \Omega \cdot \left( \frac{1}{2,12V} - \frac{1}{10,5V - 4V} \right)} = 1,57 \text{ mA}$$

$$I_c = 1,57 \text{ mA} \cdot (1, 2 \dots 1,5) = (1,88 \dots 2,35) \text{ mA};$$

gewählt:  $I_c = 2 \text{ mA}$

$$R_c = \frac{10,5V - 4V}{2 \text{ mA}} = 3,25 \text{ k}\Omega$$

gewählter Normwert:  $3 \text{ k}\Omega$

Für die Kollektorschaltung nach Bild 44 ist in Gl. 84 an Stelle von  $U'_s$  die volle Spannung  $U_s$  einzusetzen, weil hier keine Emitterspannung abzuziehen ist.

Damit der Arbeitspunkt bei Temperaturschwankungen oder Exemplarstreuungen möglichst stabil bleibt, muß  $R_E$  möglichst groß sein. Andererseits darf auch nicht zu viel Spannung an  $R_E$  abfallen, weil dann nicht genügend für den Transistor und den Kollektorwiderstand übrigbleibt. Je größer der Kollektorwiderstand sein kann, um so größer wird ja die Spannungsverstärkung. Bezüglich des Wertes des Emitterwiderstandes muß also ein Kompromiß zwischen zwei sich widersprechenden Forderungen gefunden werden. Man dimensioniert  $R_E$  im allgemeinen so, daß etwa 10% der Spannung  $U_s$  daran abfallen.

$$R_E \approx \frac{0,1 \cdot U_s}{I_c} \quad (87)$$

Der Spannungsteiler  $R_1$  und  $R_2$  (Bild 43) wird so dimensioniert, daß der Quersstrom  $I_q$  groß gegen den Basisstrom  $I_B$  ist.

$$I_q = (5 \dots 10) \cdot I_B \quad (88)$$

$$R_1 = \frac{U_E + U_{BE}}{I_q} \quad (89)$$

$$R_2 = \frac{U_s - (U_E + U_{BE})}{I_q + I_B} \quad (90)$$

**Beispiel:** Wie sind der Emitterwiderstand  $R_E$  und die Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  zu dimensionieren bei  $U_s = 12V$  für den Transistor BC238B mit  $I_c = 2\text{mA}$  und  $U_{CE} = 4V$ ?

(Werte aus dem vorherigen Beispiel).

$$B = 290 \text{ (Bild 23 b)}$$

$$I_B = \frac{I_c}{B} = \frac{2 \text{ mA}}{290} = 7 \mu\text{A}$$

$$I_q = (5 \dots 10) \cdot 7 \mu\text{A} = (35 \dots 70) \mu\text{A}$$

gewählt  $I_q = 50 \mu\text{A}$ .

$$U_E \approx 0,1 \cdot U_s = 1,2V; \text{ gewählt } 1,5V$$

$$R_E = \frac{1,5V}{2 \text{ mA}} = 750 \Omega$$

( $I_c \approx I_E$ , da  $I_B \ll I_c$ )

$$U_{BE} = 0,65V \text{ (Bild 19, 20)}$$

$$R_1 = \frac{1,5V + 0,65V}{50 \cdot 10^{-6} \text{ A}} = 43 \text{ k}\Omega$$

Normwert:  $R_1 = 47 \text{ k}\Omega$

$$R_2 = \frac{12V - 2,15V}{57 \cdot 10^{-6} \text{ A}} = 173 \text{ k}\Omega$$

Normwert:  $R_2 = 180 \text{ k}\Omega$

Die bei Temperaturschwankungen auftretende Änderung der Kollektorspannung – die die Kollektorspannung nach kleineren Werten hin verschiebt, berechnet sich zu [1]:

$$\frac{dU_c}{dT} = -R_c \cdot \frac{B \cdot (-C)}{B \cdot R_E + R_p} \cdot [U_T + (R_E + R_p) \cdot I_{cBO}] \quad (91)$$

– C Temperaturkonstante nach Gl. 19 rd.  $0,07 \text{ K}^{-1}$

$$R_p = R_1 \parallel R_2 \text{ (Bild 43)}$$

B Gleichstromverstärkung im Arbeitspunkt

$I_{cBO}$  Kollektor-Basisreststrom (Bild 14)

**Beispiel:** Wie groß wird die Änderung der Kollektorspannung am Transistor BC 238 B bei einer Temperaturänderung  $\Delta T_U = 25^\circ\text{C}$  und den Bauelemente-Werten der vorherigen Beispiele?

$$R_c = 3 \text{ k}\Omega; R_E = 750 \Omega; R_1 = 47 \text{ k}\Omega;$$

$$R_2 = 180 \text{ k}\Omega; B = 290;$$

$$I_{cBO,max} = 10 \text{ nA}; \text{ Bild 14.}$$

$$R_p = \frac{47 \text{ k}\Omega \cdot 180 \text{ k}\Omega}{227 \text{ k}\Omega} = 37,3 \text{ k}\Omega$$

$$\begin{aligned} \frac{dU_c}{dT} &= -3 \cdot 10^3 \Omega \cdot \frac{290 \cdot 0,07 \text{ K}^{-1}}{290 \cdot 750 \Omega + 37 \cdot 10^3 \Omega} \\ &\quad \cdot (26 \cdot 10^{-3} \text{ V} + 38 \cdot 10^3 \Omega \cdot 10 \cdot 10^{-9} \text{ A}) = \\ &= -0,24 \text{ K}^{-1} (26 \cdot 10^{-3} \text{ V} + 0,38 \cdot 10^{-3} \text{ V}) = \end{aligned}$$

$$= -6,33 \cdot 10^{-3} \text{ V/K}$$

$$dU_c = -25 \text{ K} \cdot 6,33 \cdot 10^{-3} \text{ V/K} = -0,16 \text{ V}$$

Die Änderung ist also klein genug, so daß der Sicherheitsfaktor von  $(0,5 \dots 1) \text{ V}$  in Gl. 83 für die mindestens notwendige Kollektorspannung ausreicht.

### Die Rauschzahl

Sollen kleine Signale verstärkt werden, muß der Arbeitspunkt so gelegt werden, daß das unvermeidliche Rauschen des Transistors möglichst klein wird. Das Rauschen des Transistors wird durch die Rauschzahl  $F$  gekennzeichnet. Sie ist definiert als das Verhältnis der Gesamtrauschleistung am Eingang, verursacht durch Generator und Transistor, zur Rauschleistung, verursacht nur durch den Generator [1]:

$$F = \frac{P_r}{P_{rG}} = \frac{P_{rG} + P_{rT}}{P_{rG}} = \frac{u_{rG}^2 + u_{rT}^2}{u_{rG}^2} = 1 + \frac{u_{rT}^2}{u_{rG}^2} \quad (92)$$

$P_{rG}$  Rauschleistung des Generators  
 $P_{rT}$  Rauschleistung des Transistors  
 $u_{rG}$  Rauschspannung des Generators  
 $u_{rT}$  Rauschspannung des Transistors

Die Rauschzahl  $F$  ist so definiert, daß die gesamte Rauschleistung scheinbar im Generatorwiderstand  $R_G$  erzeugt wird. Damit ergibt sich der Zusammenhang:

$$P_{rG} = \frac{u_{rG}^2}{R_G} \quad \text{und} \quad P_{rT} = \frac{u_{rT}^2}{R_G}$$

$$P_r = P_{rG} + P_{rT} = \frac{u_{rG}^2 + u_{rT}^2}{R_G} \quad (93)$$

Da die Rauschspannungen nicht korreliert sind, dürfen nur die Rauschleistungen oder die Quadrate der Rauschspannungen addiert werden. Für die gesamte Rauschleistung  $P_r$  ergibt sich also:

$$P_r = \frac{u_{rG}^2 + u_{rT}^2}{R_G} = \frac{u_{rG}^2}{R_G}$$

Mit der Rauschleistung  $P_{rG} = 4 \cdot k \cdot T \cdot \Delta f$  und Gl. 92 erhält man die Gesamtrauschleistung zu:

$$P_r = F \cdot P_{rG} = F \cdot 4 \cdot k \cdot T \cdot \Delta f = \frac{u_{rG}^2}{R_G}$$



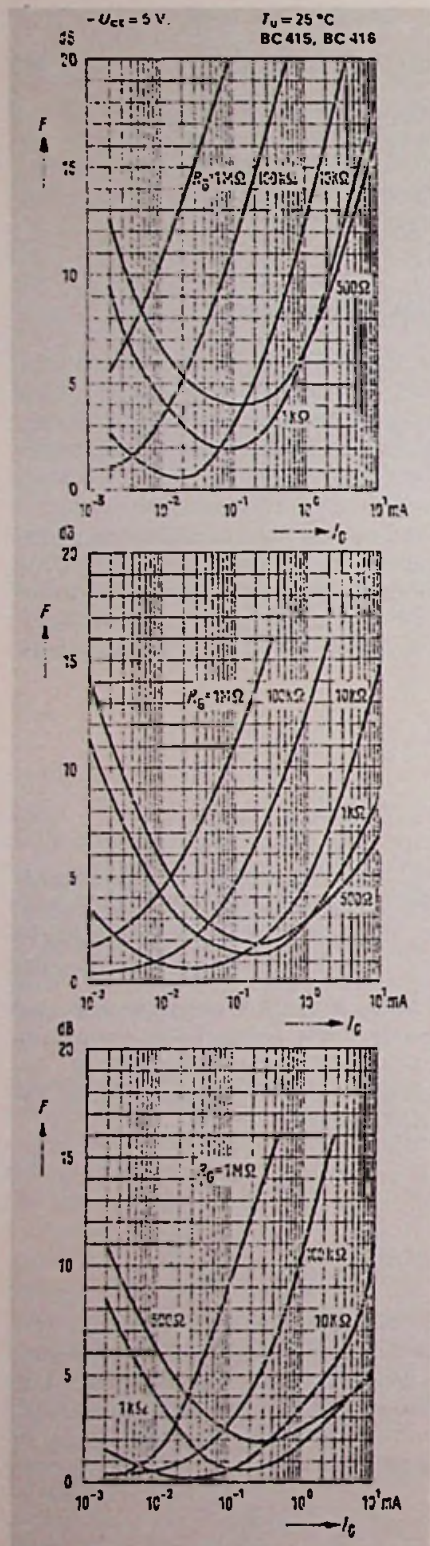


Bild 51. Rauschzahl  $F$  (in dB) in Abhängigkeit vom Kollektorstrom  $I_C$ . Oben:  $f = 120$  Hz, Mitte:  $f = 1$  kHz, Unten:  $f = 10$  kHz. Die Kurven gelten für die besonders rauscharmen Transistoren BC 415 und BC 416 (Siemens)

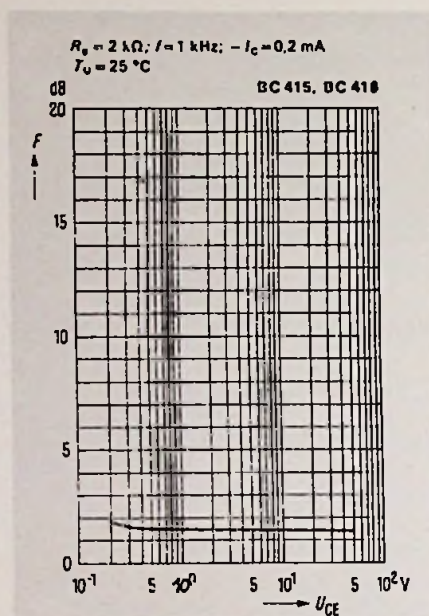


Bild 52. Rauschzahl  $F$  (in dB) abhängig von der Kollektor-Emitter-Spannung  $U_{CE}$  für die Transistoren BC 415 und BC 416 (Siemens)

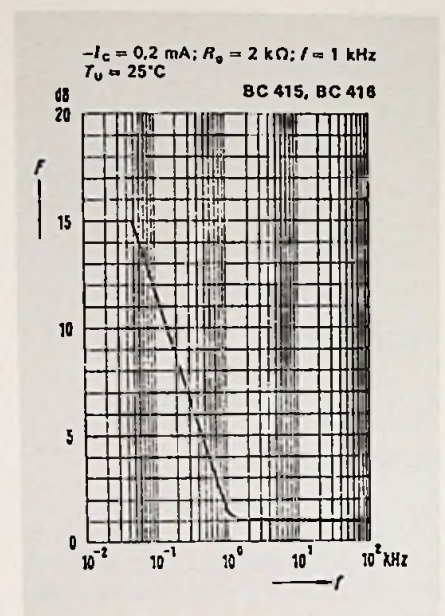


Bild 53. Rauschzahl  $F$  (in dB) abhängig von der Frequenz  $f$  für die Transistoren BC 415 und BC 416 (Siemens)

oder hieraus die Gesamt-Leerlauf-rauschspannung am Transistoreingang:

$$u_{r_g} = \sqrt{4 \cdot k \cdot T \cdot \Delta f \cdot F \cdot R_G} \quad (94)$$

$k$  Boltzmannsche Konstante

$1,38 \cdot 10^{-23}$  Ws/K

$T$  absolute Temperatur in K

$\Delta f$  Bandbreite

Für  $k \cdot T$  kann auch nach Gl. 5  $e_0 \cdot U_T$  gesetzt werden. Dann wird Gl. 94 zu:

$$u_{r_g} = \sqrt{4 \cdot e_0 \cdot U_T \cdot \Delta f \cdot F \cdot R_G} \quad (95)$$

$e_0$  Elementarladung  $1,6 \cdot 10^{-19}$  As

$U_T$  Temperaturspannung 26 mV bei  $T = 300$  K (27°C)

Meistens interessiert jedoch nicht die Leerlauf-Eingangsruschspannung, sondern die am Transistoreingang wirklich vorhandene Rauschspannung. Durch den Eingangswiderstand wird diese Leerlaufspannung noch heruntergeteilt:

$$\begin{aligned} u'_{r_g} &= \frac{R_{\text{eing}}}{R_{\text{eing}} + R_G} \cdot u_{r_g} \approx \\ &\approx \frac{h_{11}}{h_{11} + R_G} \cdot u_{r_g} \end{aligned} \quad (96)$$

In den Kennlinienfeldern für einen Transistor wird die Rauschzahl  $F$  in Abhängigkeit von  $R_G$  und dem Kollektorstrom in Kurvenscharen angegeben, wie die Bilder 51 und 52 zeigen. Bezüglich des Kollektorstromes weist  $F$  ein ausgesprochenes Minimum auf, das noch dazu in seiner Lage und Größe vom Generatorwiderstand  $R_G$  abhängt. Wie schon bei Bild 51 und noch besser bei Bild 53 zu erkennen ist, steigt  $F$  zu niedrigeren Frequenzen hin an; ab einer Frequenz von einigen kHz ändert sich aber praktisch nichts mehr.

Da  $F$  in den Kennlinienfeldern meistens in dB angegeben wird und in Gl. 95 die reine Zahl  $F$  benötigt wird, muß also gegebenenfalls umgerechnet werden.

$$F_{\text{dB}} = 10 \lg F \quad \text{oder}$$

$$F = 10^{\frac{F_{\text{dB}}}{10}} \quad (97)$$

Die etwas umständlich zu handhabende Gl. 97 wurde in Bild 54 grafisch gelöst.

Da nach Bild 52 das Rauschmaß  $F$  bei Kollektorspannungen größer als



1 V nicht mehr vom Wert der Kollektorspannung abhängt, kann diese also frei gewählt werden. Wegen der kleinen zu verstärkenden Signalspannung sind auch keine Aussteuergründe für den Wert der Kollektorspannung maßgebend. Es reicht aus, wenn sie so hoch gewählt wird, daß sie genügend weit von der Restspannung entfernt ist.

$$U_{CE} = (2 \dots 3) \text{ V} \quad (98)$$

**Beispiel:** Es soll mit dem Transistor BC 415C bei einem Generatorwiderstand von  $R_G = 1 \text{ k}\Omega$  ein möglichst rauscharmer Vorverstärker für den Frequenzbereich von  $\Delta f = 30 \text{ Hz} \dots 15 \text{ kHz}$  gebaut werden. Wie groß ist die Rauschspannung am Transistoreingang, wenn die Frequenzen unter 1 kHz als nicht störend empfunden werden?

Aus Bild 51b kann  $F_{\min}$  zu 1,4 dB bei  $I_C = 0,2 \text{ mA}$  entnommen werden.  $U_{CE}$  wird nach Gl. 98 zu 3 V gewählt. Aus Bild 54 folgt für  $F = 1,4 \text{ dB}$  oder  $F = 1,4 \cdot \Delta f \approx 15 \text{ kHz}$ .

$$u_{rg} = \sqrt{4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 26 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot}$$

$$\cdot \sqrt{15 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1} \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 10^3 \text{ V/A}} = 0,6 \mu\text{V}$$

$h_{11}$  nach Gl. 60 mit  $\beta \approx B = 360$  zu:

$$h_{11} = 360 \cdot \frac{26 \cdot 10^{-3} \text{ V}}{0,2 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 46,8 \text{ k}\Omega$$

$$u'_{rg} = \frac{46,8 \cdot 10^3 \Omega}{46,8 \cdot 10^3 \Omega + 1 \cdot 10^3 \Omega} \cdot 0,6 \mu\text{V} = 0,59 \mu\text{V} \approx 0,6 \mu\text{V}$$

Das Rauschen des Transistors besteht nun aus zwei Anteilen, die nicht miteinander korreliert sind.

$$u_{rt}^2 = u_r^2 + i_r^2 \cdot R_G^2 \quad (99)$$

Es muß also eine Rauschspannungsquelle und eine Rauschstromquelle berücksichtigt werden.

Für die Rauschspannungsquelle ergibt sich:

$$u_r = \sqrt{4 \cdot U_T \cdot e_0 \cdot \Delta f \cdot \left( R_{BB} + \frac{U_T}{2 \cdot I_E} \right)} \quad (100)$$

$R_{BB}$ : Basisbahnwiderstand

und für die Rauschstromquelle:

$$i_r = \sqrt{2 \cdot e_0 \cdot \Delta f \cdot I_B + (K \cdot I_C \cdot \Delta f / f)} \quad (101)$$

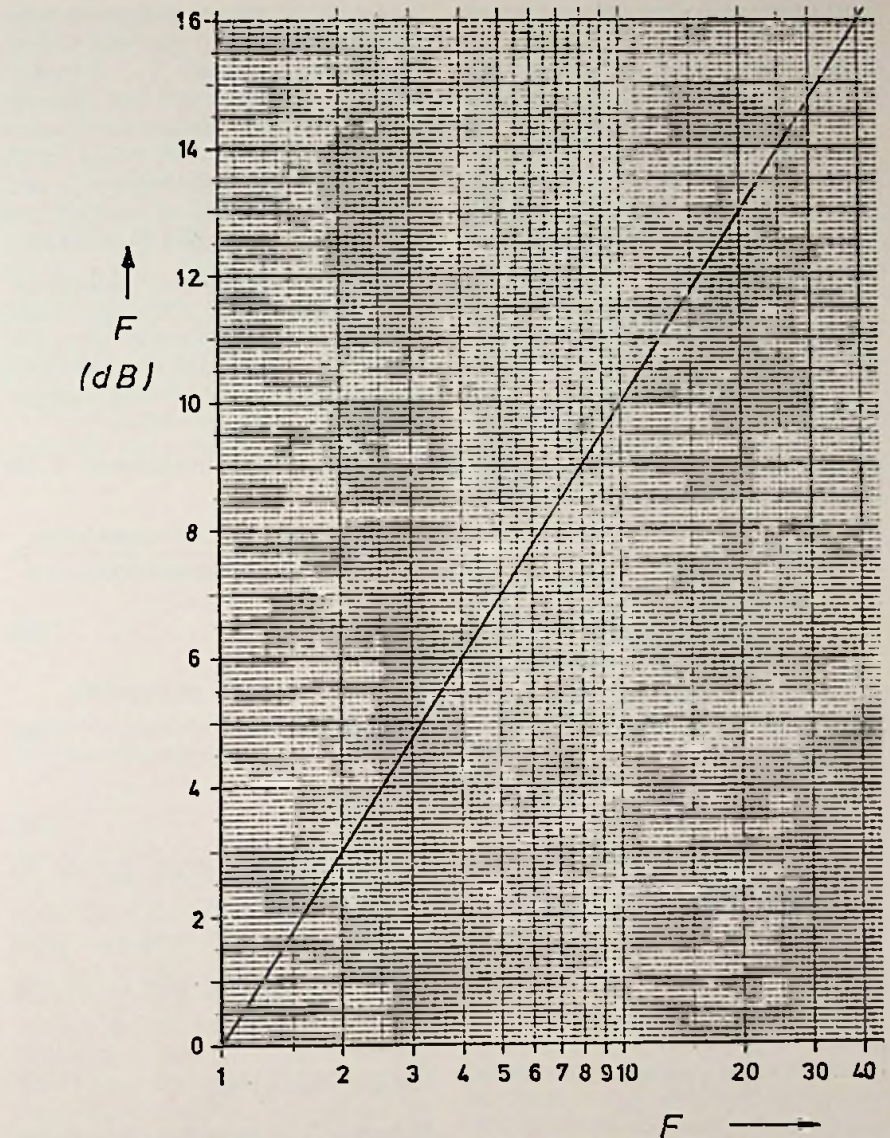


Bild 54. Diese Kurve dient zur einfachen „Umrechnung“ von  $F$  in  $F$  (in dB) und umgekehrt

$K$  „flicker-noise-Konstante“  
 $3 \cdot 10^{-19}$  bis  $6 \cdot 10^{-18} \text{ A}$

Das bedeutet im Gesamtrauschen des Transistors einen Anteil, der mit steigendem Kollektorstrom sinkt und einen weiteren Anteil, der mit steigendem Kollektorstrom zunimmt. Setzt man die Gln. 99 bis 101 in Gl. 92 ein, so erhält man für die Rauschzahl  $F$ :

$$F = \left( 1 + \frac{R_{BB}}{R_G} + \frac{U_T}{2 \cdot R_G} \right) \cdot \frac{1}{I_C} + \left( \frac{1}{B} + \frac{K}{2 \cdot e_0 \cdot f} \right) \cdot \frac{R_G}{2 \cdot U_T} \cdot I_C \quad (102)$$

Aus Gl. 102 ist noch besser zu ersehen, daß  $F$  bei sehr kleinen Kollektorströmen und bei sehr großen Kollektorströmen sehr groß ist; dazwischen muß also ein Minimum



vorhanden sein. Dies zeigen auch die Kurven von Bild 51. Aus Gl. 102 geht zudem hervor, daß bei höheren Frequenzen das Rauschen geringer wird, was ebenfalls ein Vergleich von Bild 51 eindeutig bestätigt. Für eine geringe Rauschzahl ist ein kleiner Basisbahnwiderstand und eine hohe Stromverstärkung  $B$  erforderlich. Wenn auch der Basisbahnwiderstand meistens nicht angegeben wird, so kann unter den Transistor-Stromverstärkungsgruppen die Gruppe mit der höchsten Stromverstärkung ausgewählt werden. Bei der Transistorfamilie BC 107...109 ist z.B. der Typ BC 107 nur in den Gruppen A und B erhältlich, weil dieser Typ auch die höchste Kollektor-Emitterspannung aufweist. Hingegen ist der als rauscharm bezeichnete Typ BC 109 in den Stromverstärkungsgruppen B und C erhältlich; am besten ist dann die Ausführung BC 109C. Den Kollektorstrom für  $F_{min}$  erhält man bei konstantem  $R_G$ , wenn man Gl. 102 nach  $I_C$  differenziert.

$$I_{C(F=F_{min})} = \frac{U_T}{R_G \cdot \sqrt{\frac{1}{B} + \frac{K}{2 \cdot e_0 \cdot f}}} \quad (103)$$

Wird dieser Wert von Gl. 103 in Gl. 102 eingesetzt, so ergibt sich  $F_{min}$  zu:

$$F_{min} = 1 + \frac{R_{BB'}}{R_G} + \sqrt{\frac{1}{B} + \frac{K}{2 \cdot e_0 \cdot f}} \quad (104)$$

Der günstigste Kollektorstrom für möglichst geringes Rauschen verschiebt sich also bei höheren Generatorwiderständen zu immer kleineren Werten, was man wiederum in Bild 51 erkennen kann. Für sehr große Generatorwiderstände (zum Beispiel beim Kondensatormikrofon) wird also, besonders bei niedrigen Frequenzen, der Kollektorstrom so klein, daß sich schon Schwierigkeiten bezüglich des Reststromes ergeben können. Ge-Transistoren wären hier nicht mehr geeignet, aber auch Si-Transistoren sind nicht ideal. In diesem Fall würde man besser auf Feldeffekt-Transistoren zurückgreifen, weil sie ein besseres Rauschverhalten bei hohen Generatorwiderständen zeigen. Für einen rauscharmen Transistor sind

also nach Gl. 104 vor allem eine hohe Stromverstärkung  $B$  und ein kleiner Basisbahnwiderstand  $R_{BB'}$  erforderlich. Daß das Minimum der Rauschzahl bei höheren Frequenzen absolut kleiner wird und sich etwas nach höheren Kollektorströmen verschiebt, kann man auch aus den Gln. 103 und 104 sowie Bild 51 erkennen.

Oft ist auch das Signal/Rauschverhältnis vorgegeben sowie die Spannung eines Mikrofons bei einer bestimmten Lautstärke und es muß dann die Rauschzahl  $F$  des Eingangstransistors bestimmt werden.

Das Signal/Rauschverhältnis  $A$  ist definiert zu:

$$A = \frac{\text{Signalspannung des Generators}}{\text{Gesamtleerlaufrauschspannung}} = \frac{U_G}{U_{rG}} \quad (105)$$

Meist wird  $A$  in dB angegeben:

$$A_{dB} = 20 \lg A \quad (106)$$

oder

$$A = 10^{A_{dB}/20} \quad (107)$$

Setzt man Gl. 105 in Gl. 107 ein, so erhält man:

$$U_{rG} = U_G \cdot 10^{-(A_{dB}/20)} \quad (108)$$

Wenn  $F$  gesucht ist, wird Gl. 95 umgestellt:

$$F \leq \frac{U_{rG}^2}{4 \cdot e_0 \cdot U_T \cdot \Delta f \cdot R_G} \quad (109)$$

**Beispiel:** Ein Mikrofon mit einem Innenwiderstand von  $R_G = 500 \Omega$  habe eine Leerlaufspannung von 1 mV. Wie groß darf  $F$  maximal sein und wie groß wird der Kollektorstrom für den Transistor BC 415 bei einer Bandbreite von  $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ , wenn der Signal-Rauschabstand 65 dB betragen soll?

$$U_{rG} = 1 \text{ mV} \cdot 10^{\frac{-65}{20}} = 0,56 \mu\text{V}$$

$$F \leq \frac{(0,56 \cdot 10^{-6} \text{ V})^2}{4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 26 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot 15 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{s}} \cdot 500 \frac{\text{V}}{\text{A}}} \leq 2,51 \text{ oder } 4 \text{ dB}$$

Nach Bild 51b darf der Kollektorstrom zwischen 20  $\mu\text{A}$  und 2 mA liegen, ohne die Grenze von 4 dB zu überschreiten. Zweckmäßig wählt man aber das Minimum von  $F$  bei

(0,2...0,3) mA und gewinnt dadurch etwas Reserve.

## Darlingtonschaltung

Wie schon erwähnt, kann man zwei (oder auch mehrere) Transistoren in der „Darlingtonschaltung“ so miteinander verbinden, daß ein „neuer“ Transistor mit besonderen Eigenschaften entsteht. Bild 55 zeigt die Darlingtonschaltung für NPN-Transistoren; gleichermaßen können auch PNP-Transistoren in Darlingtonschaltung arbeiten.

Den Ersatztransistor, wie er in Bild 55 rechts gezeigt ist, kann man genauso behandeln wie einen Einzeltransistor. Dies ist schon deswegen zweckmäßig, weil es genügend komplette Darlingtontransistoren gibt, die sich äußerlich nicht von einem Einzeltransistor unterscheiden; nur die Typenbezeichnung mit Kenntnis des Datenblattes vermag darüber Auskunft zu geben.

Nach [1] und [55] kann man schreiben:

$$h'_{11e} = \frac{h_{11e/2}(1 + h_{21e/1}) + h_{11e/1}}{1 + h_{11e/2} \cdot h_{22e/1}} \approx \approx h_{11e/2} \cdot h_{21e/1} + h_{11e/1} \quad (110)$$

mit  $h_{11e/2} \cdot h_{22e/1} \ll 1$ .

Da der Kollektorstrom (Emitterstrom) des Transistors T1 gleich dem Basisstrom von T2 ist, kann man für  $h_{11e/2} \cdot h_{21e/1}$  näherungsweise  $h_{11e/1}$  setzen. Damit kann Gl. 110 noch vereinfacht werden:

$$h'_{11e} \approx 2 \cdot h_{11e/1} \quad (111)$$

Mit der Berechnung von  $h_{11e}$  nach Gl. 60 kann Gl. 111 weiter vereinfacht werden:

$$h_{11e} = \beta \cdot \frac{U_T}{I_C} \quad (60)$$

$$I_{C1} = \frac{I_{C2}}{B_2} \approx \frac{I_{C2}}{\beta_2}$$

$$F \leq \frac{(0,56 \cdot 10^{-6} \text{ V})^2}{4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As} \cdot 26 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot 15 \cdot 10^3 \frac{1}{\text{s}} \cdot 500 \frac{\text{V}}{\text{A}}} \leq 2,51 \text{ oder } 4 \text{ dB}$$

$$h'_{11e} \approx 2 \cdot \frac{\beta_1 \cdot U_T}{I_{C1}} \approx \frac{\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot 2 \cdot U_T}{I_{C2}} \approx 2 \cdot \frac{\beta_{ges} \cdot U_T}{I_{C_{ges}}} \approx \frac{2 \cdot B_{ges} \cdot U_T}{I_{C_{ges}}} \quad (112)$$



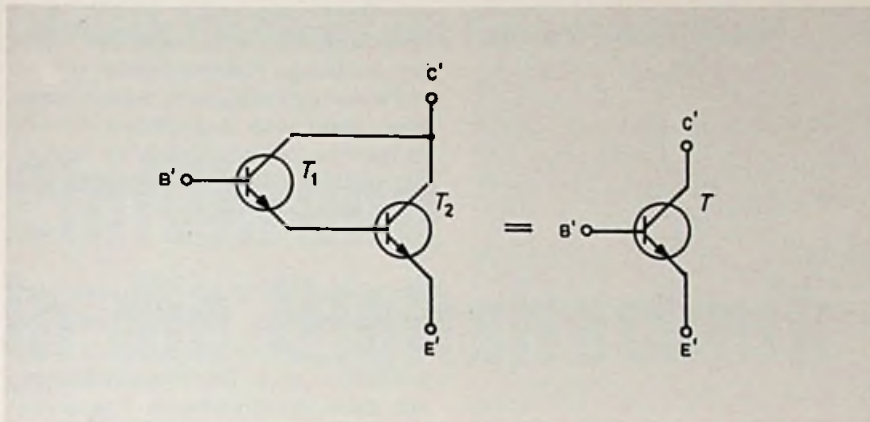


Bild 55. Darlingtonschaltung, zusammengesetzt aus zwei NPN-Transistoren

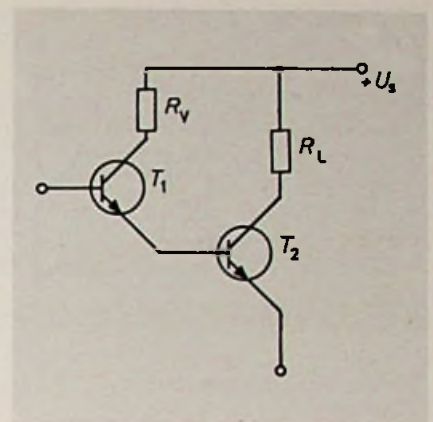


Bild 56. Bei dieser Variante der Darlingtonschaltung kann der zweite Transistor in die Sättigung gesteuert werden

$$I_{C1} \ll I_{C2}$$

Da bei einem kompletten Darlingtontransistor üblicherweise außer der Gesamtstromverstärkung  $B$  keine weiteren Kenngrößen angegeben werden, kann also mit Gl. 112 zumindest näherungsweise der Kurzschlußeingangswiderstand  $h'_{11e}$  (mit guter Näherung für Vorstufen-Darlingtontransistoren) berechnet werden.

Für die Kurzschlußstromverstärkung ergibt sich:

$$h'_{21e} = \frac{h_{21e/1} \cdot h_{21e/2}}{1 + h_{22e/1} \cdot h_{11e/2}} \approx h_{21e/1} \cdot h_{21e/2} = \beta_1 \cdot \beta_2 \approx B_{ges} \quad (113)$$

$$\text{mit } h_{22e/1} \cdot h_{11e/2} \ll 1.$$

Für den Ausgangsleitwert erhält man:

$$h'_{22e} = h_{22e/2} + \frac{h_{22e/1} \cdot h_{21e/2}}{1 + h_{22e/1} \cdot h_{11e/2}} \approx h_{22e/2} + h_{22e/1} \cdot h_{21e/2} \quad (114)$$

$$\text{mit } h_{22e/1} \cdot h_{11e/2} \ll 1.$$

Da der Ausgangsleitwert  $h_{22e}$  nach Bild 46 etwa proportional mit dem Kollektorstrom ansteigt, kann man näherungsweise setzen:

$$h_{22/2} \approx B_2 \cdot h_{22/1} \approx \beta_2 \cdot h_{22/1} = h_{21/2} \cdot h_{22/1}$$

Damit ergibt sich für Gl. 114 eine weitere Vereinfachung:

$$h'_{22e} \approx 2 \cdot h_{22e/2} \quad (115)$$

Die Größe  $h_{22/2}$  kann aber aus dem – eventuell vorhandenen – Ausgangskennlinienfeld als Neigung der Kennlinien entnommen werden. Ist kein solches Kennlinienfeld gegeben, so kann  $h_{22e}$  auch mit geringem Fehler aus dem Kennlinienfeld eines anderen Transistors, der für einen ähnlichen maximalen Kollektorstrom wie der Darlingtontransistor ausgelegt ist, entnommen werden. Hiermit ist dann wenigstens die Größenordnung von  $h_{22e}$  zu ermitteln. Zuletzt muß noch die Leerlaufspannungsrückwirkung  $h'_{12e}$  berechnet werden.

$$h'_{12e} = \frac{h_{22e/1} \cdot h_{11e/2}}{1 + h_{22e/1} \cdot h_{11e/2}} \approx h_{22e/1} \cdot h_{11e/2} \ll 1 \quad (116)$$

Zusammenfassung der  $h$ -Parameter für die Darlingtonschaltung:

$$h'_{11e} = h_{11e/1} + h_{11e/2} \cdot h_{21e/1} \approx 2 \cdot h_{11e/1} \quad (110, 111)$$

$$\approx 2 \cdot \beta_1 \cdot \frac{U_T \cdot \beta_2}{I_{C2}} \approx \frac{2 \cdot U_T \cdot B_{ges}}{I_{Cges}} \quad (112)$$

$$h'_{21e} = h_{21e/1} \cdot h_{21e/2} = \beta_1 \cdot \beta_2 = \beta_{ges} \approx B_{ges} \quad (113)$$

$$h'_{22e} = h_{22e/2} + h_{22e/1} \cdot h_{21e/2} \approx 2 \cdot h_{22e/2} \quad (114, 115)$$

$$h'_{12e} = h_{22e/1} \cdot h_{11e/2} \ll 1 \quad (116)$$

$$S' = \frac{h'_{21e}}{h'_{11e}} \approx \frac{\beta_1 \cdot \beta_2 \cdot I_{C2}}{2 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot U_T} = \frac{I_{C2}}{2 \cdot U_T} = \frac{S_2}{2} \quad (117)$$

**Beispiel:** Wie groß sind die  $h$ -Parameter für eine Darlingtonschaltung, bestehend aus 2 Transistoren BC 238 A?  $I_{Cges} = 10 \text{ mA}$ . Vergleich mit den  $h$ -Parametern eines Einzeltransistors bei gleichem Kollektorstrom.  $U_{CE} = 5 \text{ V}$ .

$I_C = 10 \text{ mA}$ : (Aus Kenndaten und Kurven ähnlich Bild 48 u. 46)

$$h_{11e} = 2,7 \text{ k}\Omega \cdot 0,25 = 700 \Omega$$

$$h_{21e} = 220 \cdot 0,95 = 210$$

$$h_{12e} = 1,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8 = 1,2 \cdot 10^{-6}$$

$$h_{22e} = 18 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \text{ S} = 90 \cdot 10^{-6} \text{ S}$$

$$I_{C1} = \frac{I_{C2}}{B_2} = \frac{10 \text{ mA}}{200} = 0,05 \text{ mA};$$

$$h_{11e/0,05 \text{ mA}} = 35 \cdot 2,7 \text{ k}\Omega = 94 \text{ k}\Omega$$

$$h'_{11e} = 2 \cdot h_{11e/1} = 2 \cdot 94 \text{ k}\Omega = 188 \text{ k}\Omega$$

$$B_1 = 100$$

$$h'_{11e} = \frac{2 \cdot 26 \cdot 10^{-3} \text{ V} \cdot 100 \cdot 200}{10 \cdot 10^{-3} \text{ A}} = 104 \text{ k}\Omega$$



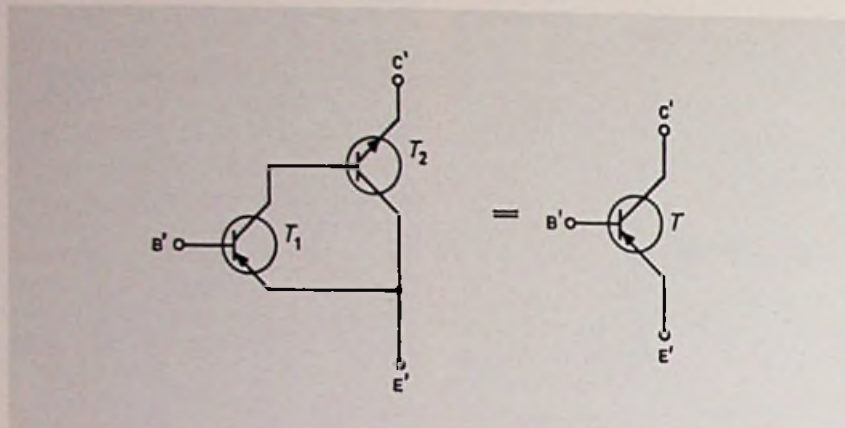


Bild 57. Komplementär-Darlingtonschaltung (Lin-Schaltung) aus einem PNP- und einem NPN-Transistor. Der „Ersatz-Transistor“ hat dann eine PNP-Charakteristik

$$h'_{21e} \approx 100 \cdot 200 = 20000$$

$$h'_{12e} = 18 \cdot 10^{-6} \text{ S} \cdot 0,2 \cdot 700 \Omega = 2,5 \cdot 10^{-3} \ll 1$$

$$h'_{22e} \approx 2 \cdot 90 \cdot 10^{-6} \text{ S} = 180 \cdot 10^{-6} \text{ S} = 1,8 \cdot 10^{-4} \text{ S}$$

$$1/h'_{22e} = 1/1,8 \cdot 10^{-4} \text{ S} = 27,8 \text{ k}\Omega$$

Der Eingangswiderstand wird mehr als 100fach so groß wie bei einem Einzeltransistor; der Ausgangswiderstand etwa halb so groß. Bei der Berechnung des Ausgangswiderstandes können sich ziemlich unterschiedliche Werte ergeben, je nachdem wie die Kurve  $h_{22e} = f(I_c)$  verläuft.

Wenn durch die auf die Hälfte verminderte Steilheit nach Gl. 66 die Spannungsverstärkung dieser Stufe auch nur halb so groß wird, so wird doch durch die wesentlich geringere Belastung der Vorstufe infolge des extrem hohen Eingangswiderstandes deren Spannungsverstärkung sehr viel größer, so daß diese Verschlechterung der Spannungsverstärkung – je nach Auslegung der Gesamtschaltung – oft mehr als wettgemacht wird.

Darlingtonschaltungen werden sehr häufig in Gleichstromverstärkerkreisen wegen der hohen Stromverstär-

kung und damit der kleinen Belastung der Steuerquelle eingesetzt. Aber auch in den Ausgangsstufen von integrierten Spannungsreglern sind Darlingtontransistoren durchweg vorhanden. Dort interessiert der niedrige Ausgangswiderstand der Kollektorschaltung, weil  $R_{g\sim}$  der zweiten Stufe gleich dem verhältnismäßig niedrigen Ausgangswiderstand der Vorstufe ist.

Wird eine Darlingtonschaltung im Schaltbetrieb angewandt, so kann keine so kleine Sättigungsspannung von einigen zehntel Volt wie bei einem Einzeltransistor (Bild 22) erzielt werden, weil zwischen E' und C' die Basis-Emitterspannung von T2 (0,7...1 V) und die Kollektor-Emitterspannung von T1 (0,2...0,4 V) liegt. Die Kollektor-Emitterspannung von T2 kann also nicht unter 1 V sinken, das heißt, T2 kann nicht in die Sättigung gesteuert werden. Ob dies ein Vorteil oder ein Nachteil ist, hängt vom Schaltungskonzept ab. (Näheres bei den Leistungstransistoren im Schaltbetrieb).

Soll die 2. Stufe wegen der geringen Verlustleistung trotz der Darlingtonschaltung in die Sättigung gebracht werden, so kann eine Schaltungsvariante nach Bild 56 angewendet wer-

den. Der Widerstand  $R_v$  wird dann so berechnet, daß einerseits der maximal zulässige Kollektorstrom von T1 nicht überschritten wird, andererseits aber genügend Basisstrom für T2 vorhanden ist, um diesen so weit zu übersteuern, daß die Kollektorsättigungsspannung klein wird.

**Komplementär-Darlingtonschaltung (Lin-Schaltung).** Zuweilen kann es notwendig werden (oft auch aus Preisgründen), eine Darlingtonschaltung aus zwei verschiedenen Transistortypen, also einem PNP-Transistor und einem NPN-Transistor, zusammenzusetzen. Hierbei hat der Ersatztransistor stets die Charakteristik des ersten Transistors. In Bild 57 ist eine solche Zusammenschaltung gezeigt, die einen PNP-Ersatztransistor ergibt:

$$h'_{11e} = h_{11e/1} \quad (118)$$

Die Serienschaltung zweier hochohmiger Basis-Kollektorstrecken parallel zur niederohmigen Basis-Emitterstrecke von T1 fällt kaum ins Gewicht. Der Ausgangsleitwert wird derselbe wie bei der einfachen Darlingtonschaltung.

$$h'_{22e} \approx h_{22e/2} + h_{22e/1} \cdot h_{21e/2} \approx 2 \cdot h_{22e/2} \quad (114, 115)$$

Die Kurzschlußstromverstärkung gleicht ebenfalls praktisch derjenigen der einfachen Darlingtonschaltung.

$$h'_{21e} = h_{21e/1} \cdot h_{21e/2} = \beta_1 \cdot \beta_2 \approx \beta_{ges} \quad (113)$$

Wie man aus Bild 57 erkennen kann, unterscheidet sich diese Schaltung auch nicht bezüglich Sättigungsspannung von der einfachen Darlingtonschaltung, da auch hier eine Basis-Emitterspannung und eine Kollektor-Emitterspannung zu addieren sind. Der einzige Unterschied gegenüber der einfachen Darlingtonschaltung ist der halb so große Eingangswiderstand. Da aber der erste Transistor nur mit verhältnismäßig kleinen Strömen betrieben wird, wird auch hier der Eingangswiderstand sehr viel hochohmiger als bei einem einfachen Transistor. Es ist also meist unerheblich, welche Art der Darlingtonschaltung angewendet wird.

(Wird fortgesetzt)



Lehrgang für Radio- und Fernsichttechniker:

# Einführung in die Digitaltechnik

## 13. Folge: Schaltwerke und Festwertspeicher

Immer stärker breitet sich die Digitaltechnik auch in den Geräten der Unterhaltungselektronik aus. Schon bald wird ein Radio- und Fernsichttechniker beruflich keine Chance mehr haben, wenn er diese für ihn jetzt noch verhältnismäßig neue Technik nicht gründlich lernt. Glücklicherweise ist dieses Gebiet jedoch leichter zu lernen, als es anfangs aussieht. Einen einfachen und doch gründlichen Einstieg in die Digitaltechnik bietet diese von Obering. Horst Pelka, München, speziell für Radio- und Fernsichttechniker ausgearbeitete Beitragsfolge.

### 23. Zähler und Teiler

Liegt der T-Eingang eines T-Flip-Flops auf H-Potential, dann kippt das Flip-Flop nach jedem Taktimpuls (Bild 23.1.). Wird der T-Eingang bereits im Baustein auf H-Potential gelegt und nicht erst herausgeführt, so entsteht ein Zähl-Flip-Flop, das nur einen Eingang hat (Taktimpuls) und je nach Ausführung, einen Ausgang alleine oder einen Ausgang und einen Komplementärausgang hat.

#### Dualzähler

Werden vier Zähl-Flip-Flops hintereinander geschaltet, wobei jeweils der Takteingang des nachfolgenden Flip-Flops mit dem Ausgang des vorhergehenden verbunden ist, so erhält man einen asynchronen 4-bit-Dualzähler (Bild 23.2.), der von Null bis 15 zählt. Nehmen wir zunächst an, daß alle Flip-Flops in Ruhestellung sind,

also alle Ausgänge  $Q_A$  bis  $Q_D$  L-Signal führen. Ferner sollen alle Flip-Flops mit der fallenden Flanke des Eingangssignals kippen. Die zu zählenden Impulse werden an den Takteingang des ersten Zähl-Flip-Flops geführt, dessen Ausgangssignal  $Q_A$  nach dem ersten Impuls von L- auf H-Pegel springt. Dieser L/H-Wechsel kann das zweite Flip-Flop nicht umschalten, da die Takteingänge nur auf fallende Impulsflanken ansprechen (Bild 23.3.). Wir haben also nach dem ersten Impuls die Ausgangssignal-Kombination 0001; das entspricht der dualen 1. Nach dem zweiten Eingangssignal wechselt der Ausgang  $Q_A$  wieder von „H“ auf „L“. Dieser Wechsel triggert das zweite Flip-Flop, dessen Ausgang  $Q_B$  von „L“ auf „H“ geht. Die entstandene Signalkombination 0010 entspricht der dualen 2. Nach dem dritten Impuls wechselt der Ausgang  $Q_A$  wieder von „L“ auf „H“, das zweite Flip-Flop schaltet wegen der ansteigenden Impulsflanke aber nicht um. An den Ausgängen steht nun 0011, die duale 3. Nach dem vierten Eingangsimpuls geht der Ausgang  $Q_A$  wieder von „H“ nach „L“, das zweite Flip-Flop kippt ebenfalls auf L-Potential und beim dritten Flip-Flop geht der Ausgang  $Q_C$  auf „H“. Wir haben also 0100, die duale 4. Der Vorgang setzt sich bis zum 15. Eingangsimpuls fort (Bild 23.3.), nach dessen Eintreffen alle Ausgänge H-Potential haben. Der Zählerstand ist dann 1111 = 15. Mit dieser Zahl ist die Kapazität des

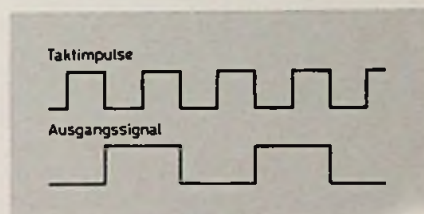


Bild 23.1. Wie an dem Eingangssignal (Takt- oder Zählimpulse) und dem Ausgangssignal zu erkennen ist, nimmt ein Flip-Flop eine Frequenzteilung durch 2 vor

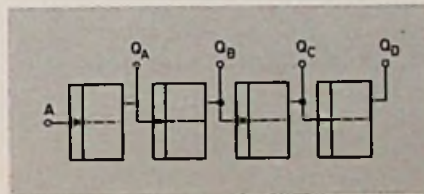


Bild 23.2. Vier in Reihe geschaltete Zähl-Flip-Flops bilden einen 4-bit-Dualzähler

vierstelligen Zählers erschöpft. Nach dem 16. Impuls kippt das erste Flip-Flop wieder in die Ruhestellung, die mit einer gewissen Verzögerungszeit auch von den anderen Flip-Flops eingenommen wird. Damit ist wieder die Ausgangssituation mit 0000 hergestellt, und der geschilderte Ablauf beginnt von vorne.



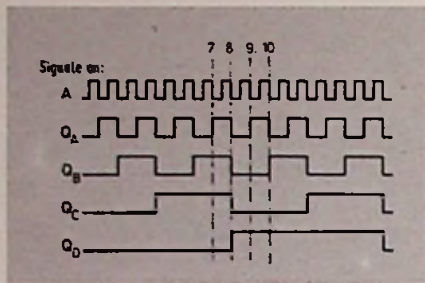


Bild 23.3. Eingangssignal (A) und Ausgangssignale ( $Q_A$  bis  $Q_D$ ) des 4-bit-Dualzählers

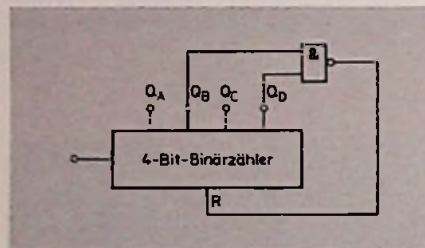


Bild 23.4. Wenn der 4-bit-Dualzähler mit einer NAND-Verknüpfung beim Erreichen der Zahl 10 auf Null zurückgesetzt wird, entsteht ein Dezimalzähler

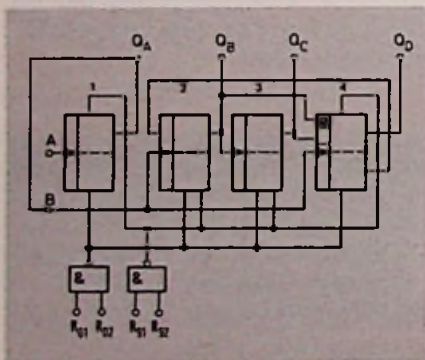


Bild 23.5. Schaltung des Dezimalzählers 7490 A

Wie wir gesehen haben, gibt die Ausgangssignal-Kombination immer die Zahl der eingetroffenen Impulse an, und zwar im Dualsystem. Unser Zähler zählt in vier Stellen dual, von Null bis 15, ist also ein vierstelliger Dual-

zähler (Binärzähler). Tabelle 11 ist die Wahrheitstabelle eines solchen Zählers. Aber noch einmal zurück zu Bild 23.3: Die Schwingungszüge zeigen, daß sich die Frequenz des Eingangssignals zu der des Ausgangssignal  $Q_D$  wie 16 : 1 verhält. Der 4-Bit-Dualzähler ist also – betrachtet man nur den Eingang und den letzten Ausgang – ein Frequenzteiler 16 : 1.

### Dezimalzähler

Häufig ist es notwendig, den Zählerstand im Dezimalsystem anzuzeigen. Dazu benötigt man einen Dezimalzähler, dessen Ausgangssignale die Dezimalziffern binär codiert darstellen können. Diese Signale werden dann zum Beispiel für eine 7-Segmentanzeige umcodiert, von der schließlich „echte“ Dezimalziffern abzulesen sind. Dezimalzähler zählen also nicht im Dezimalsystem, sondern im BCD-Code. Dieser benötigt 4 Bit für die Ziffern Null bis 9.

Wie wir beim 4-bit-Dualzähler gesehen haben, können vier Flip-Flops von Null bis 15 zählen. Wir müssen also eine Schaltungslogik einbauen, die die Zahlen 10 bis 15 unterdrückt, damit der Zähler nur von Null bis 9 zählt. Am einfachsten geschieht das, wenn man beim Erreichen der Zahl 10 den Zähler auf Null zurücksetzt (Bild 23.4.). Zum Erkennen der Zahl 10 wird ein NAND-Gatter verwendet, dessen Eingänge mit  $Q_B$  und  $Q_D$  verbunden sind.  $Q_B$  ist der Ausgang für die „Zweier“ und  $Q_D$  der Ausgang für die „Achter“. Der Zähler wird nun wie beim 4-bit-Dualzähler zunächst von Null bis 9 zählen. Bei der „10“ geht der Ausgang des NAND-Gatters aber zum erstenmal auf L-Pegel und setzt alle vier Flip-Flops auf Null zurück. Mit dem nächsten eintreffenden Impuls wird dann schon von Null auf 1 weitergezählt.

Nach einem anderen Verfahren arbeitet der Dezimalzähler 7490A (Bild 23.5.). Dort sind das zweite und das vierte Flip-Flop als JK-Flip-Flops mit gemeinsamer Taktansteuerung ausgeführt. Außerdem ist der J-Eingang des vierten Flip-Flops mit einem UND-Glied versehen. Der eine Eingang des UND-Gliedes ist mit  $Q_B$ , der andere Eingang mit  $Q_C$  verbunden.

Zahlfolge	Ausgänge			
	$Q_D$	$Q_C$	$Q_B$	$Q_A$
0	L	L	L	L
1	L	L	L	H
2	L	L	H	L
3	L	L	H	H
4	L	H	L	L
5	L	H	L	H
6	L	H	H	L
7	L	H	H	H
8	H	L	L	L
9	H	L	L	H
10	H	L	H	L
11	H	L	H	H
12	H	H	L	L
13	H	H	L	H
14	H	H	H	L
15	H	H	H	H

Tabelle 11. Wahrheitstabelle des 4-bit-Dualzählers

Der K-Eingang ist nicht angeschlossen, was H-Pegel für diesen Eingang bedeutet. Schließlich muß noch Eingang B extern mit Ausgang  $Q_A$  verbunden werden. A ist der Eingang des Zählers.

Bis zum achten Zählschritt entspricht die Arbeitsweise der des 4-bit-Dualzählers. Dann stehen die Ausgänge auf 0111. Nach dem achten Impuls geht zunächst der Ausgang  $Q_A$  des ersten Flip-Flops von „H“ auf „L“. Dadurch werden das zweite Flip-Flop und das vierte Flip-Flop getriggert.  $Q_B$  geht von „H“ auf „L“ und  $Q_D$  von „L“ auf „H“. Der Signalwechsel von „H“ nach „L“ an  $Q_B$  löst das Kippen des dritten Flip-Flops aus, so daß  $Q_C$  ebenfalls von „H“ nach „L“ wechselt. Wir haben jetzt die Signalkombination 1000.

Nach dem neunten Zählimpuls wechselt  $Q_A$  wieder von „L“ auf „H“, wir bekommen 1001. Nach dem zehnten Impuls muß der Zähler wieder auf 0000 springen: Vom Ausgang  $Q_D$  des vierten Flip-Flops her liegt am J-Eingang des zweiten Flip-Flops „L“, und der K-Eingang führt scheinbar H-



Pegel. Diese Eingangssignal-Kombination bedeutet, daß nach dem nächsten (zehnten) Zählimpuls das Flip-Flop auf L-Pegel kippt (Tabelle 5 in der 9. Folge), wenn es zuvor H-Pegel am Ausgang hatte. Beim zweiten Flip-Flop ist das nicht der Fall, so daß dieses Flip-Flop auf „L“ bleibt. Aber das vierte Flip-Flop kippt: Da die Ausgänge  $Q_B$  und  $Q_C$  „L“ führen, liegt nämlich der J-Eingang des vierten Flip-Flops auch auf „L“. Sein Ausgang führt aber „H“, so daß mit dem zehnten Zählimpuls nicht nur  $Q_A$ , sondern auch  $Q_D$  auf L-Pegel kippt. Damit liegt an allen Ausgängen L-Pegel, und die Ausgangssituation 0000 ist wiederhergestellt.

Mit dieser Zählschaltung kann im Rahmen einer Dezimalstelle gearbeitet werden. Sie heißt daher auch „Zähldekade“. Schaltet man mehrere Zähldekaden hintereinander, so wird der Ausgang  $Q_D$  mit dem Eingang A der nächsten Zähldekade verbunden (Bild 23.6.). Diese Dekade zählt dann die Zehner, denn sie erhält nur mit jedem zehnten Zählimpuls ein Trigger-signal (fallende Flanke!). Nach hundert Zählimpulsen bekäme eine dritte Zähldekade einen Triggerimpuls und zählte die Hunderter. Man kann also durch Hintereinanderschalten mehrerer Dekaden einen Dezimalzähler auf jede gewünschte Kapazität erweitern.

Um den Zählerstand anzuzeigen, benötigt man noch weitere Baugruppen. Da die Ausgänge des Dezimalzählers BCD-codiert sind, muß zwischen ihnen und die Ziffernanzeige entweder ein BCD/10-aus-10-Decoder (immer nur einer von 10 Ausgängen auf „H“) oder ein BCD/7-Segment-Decoder geschaltet werden (Bild 23.7.). Hochintegrierte Zähler enthalten bereits solche Decoder.

**Asynchrone Zähler**

Bei den bisher behandelten Zählern führten die Ausgänge der einzelnen Flip-Flops auf die Takteingänge der folgenden Flip-Flops. Die Änderungen, die sich bei einem Zählschritt an den Ausgängen ergeben, erfolgen also nicht gleichzeitig, sondern zeitlich gestaffelt. Daher nennt man solche Zähler asynchrone Zähler. Die Schaltzeiten aller hintereinander liegenden Flip-Flops addieren sich, so

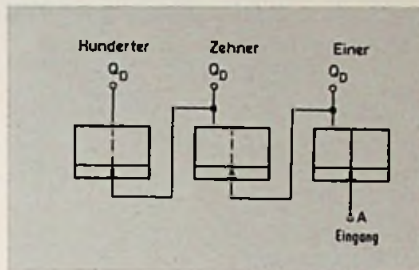


Bild 23.6. Die Reihenschaltung von Dezimalzählern erweitert die Kapazität auf beliebig viele Stellen

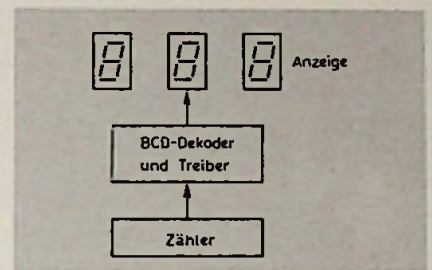


Bild 23.7. Die Ausgangssignale eines Dezimalzählers sind BCD-codiert. Will man den Zählerstand von einer 7-Segmentanzeige ablesen, so ist das Zwischenschalten eines BCD/7-Segment-Decoders notwendig

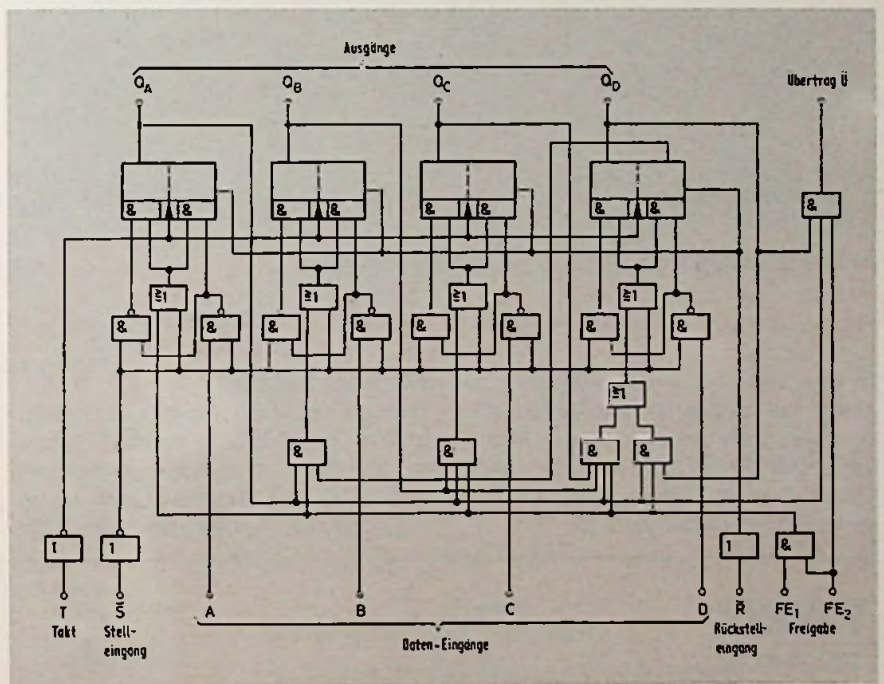


Bild 23.8. Schaltung eines synchronen 4-bit-Dualzählers. Der Zähler wird vor-eingestellt, das heißt, 4stellige Dualzahlen werden in den Zähler übernommen (Eingänge A bis D), wenn der Stelleingang kurzzeitig L-Pegel annimmt. Der Übertrag-Ausgang wird zum Erweitern der Zählkapazität mit dem Takteingang einer weiteren Zählstufe verbunden

daß zum Beispiel in Bild 23.2. der Ausgang  $Q_D$  sein Potential erst nach 4facher Flip-Flop-Schaltzeit ändert.

**Synchronzähler**

Beim synchronen Zähler sind alle Takteingänge miteinander verbun-

den, so daß Änderungen des Zählerstandes bei allen Stellen gleichzeitig wirksam werden. Diesen Vorteil man allerdings durch eine aufwendige Schaltungslogik für das Weiterschalten erkaufen. Bild 23.8. zeigt die Schaltung eines solchen Synchron-



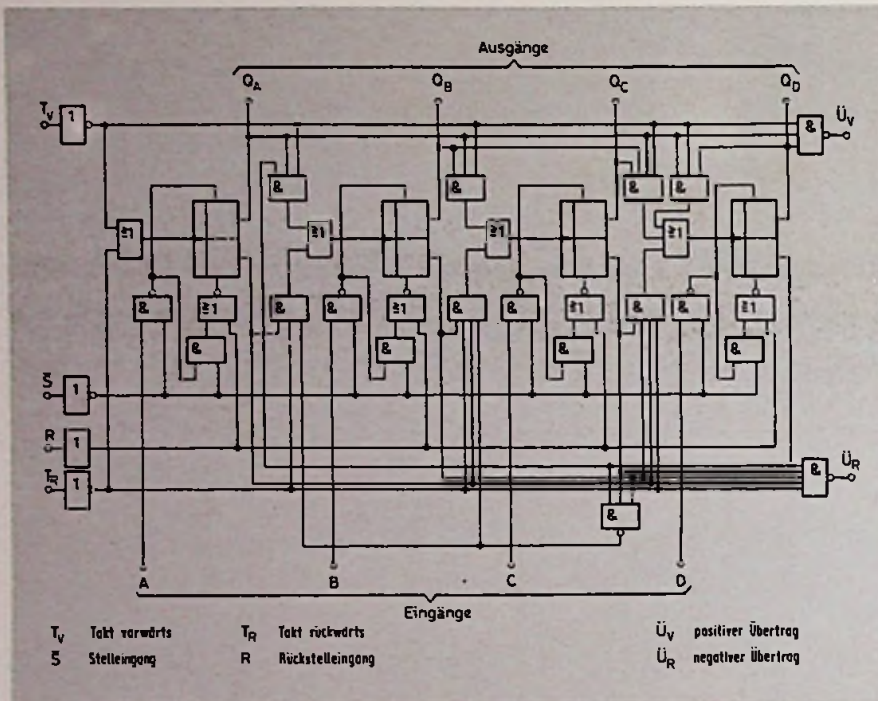


Bild 23.9. Schaltung eines Vor-Rückwärts-Zählers

zählers, der außerdem noch Stelleingänge hat (A bis D), mit denen jede beliebige Zahl voreingestellt werden kann. Der Zähler beginnt dann nicht von Null ab zu zählen, sondern von der voreingestellten Zahl ab.

### Rückwärtszähler

Rückwärtszähler werden beispielsweise in Kopierautomaten eingesetzt. Dabei wird die gewünschte Stückzahl als Ausgangszahl eingestellt, und der Zähler zählt dann rück-

wärts bis Null. Ein weiteres Beispiel für diese Zählerart ist die Restgeldanzeige in öffentlichen Fernsprechern.

Der Unterschied zu den Vorwärtszählern besteht darin, daß nicht die Ausgänge Q, sondern die Komplementärausgänge  $\bar{Q}$  auf die Eingänge der nachgeschalteten Flip-Flops führen (Bild 23.9.). Ansonsten arbeitet der Rückwärtszähler im Prinzip wie der Vorwärtszähler. Die in Bild 23.9. abgebildete Schaltung hat zwei unabhängige Takteingänge, sie kann deshalb sowohl vorwärts als auch rückwärts zählen. Man nennt einen solchen Zähler dann auch Umkehrzähler.

Beim Vorwärtszählen wird in der Regel von der Nullstellung ausgegangen, während der Rückwärtszähler von einem vorgegebenen Zählerstand, von dem heruntergezählt wird, ausgeht. Das Setzen des Zählers auf die vorgegebene Zahl erfolgt über die Eingänge A bis D. Zur vollständigen Beschreibung eines Zählers sind vier Kriterien nötig:

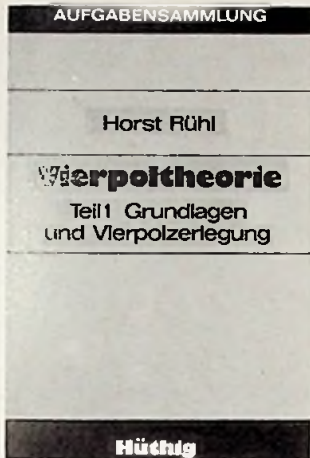
- Die Stellenzahl, ein- oder mehrstellig;
- Die Art der Taktung, synchron oder asynchron;
- Die Zählrichtung, vorwärts oder rückwärts;
- Das verwendete Zahlensystem.

(Wird fortgesetzt)

<p><b>FUNK</b> TECHNIK</p> <p>Fachzeitschrift für die gesamte Unterhaltungselektronik</p> <p>Vereinigt mit „Rundfunk-Fernseh-Großhandel“</p> <p>Erscheinungsweise: Monatlich</p> <p><b>Verlag und Herausgeber</b></p> <p>Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH Verlagsgruppe Elektro-Welt Im Weiher 10, Postf. 102869 6900 Heidelberg 1 Telefon (06221) 489-1 Telex 04 - 61727 huehd</p> <p>Geschäftsführer: Heinrich Gelfers (Marketing) Heinz Melcher (Zeitschriften)</p> <p>Verlagskonten: PSchK Karlsruhe 48545-753 Deutsche Bank Heidelberg 0265041, BLZ 67270003</p>	<p><b>Redaktion</b></p> <p>Chefredakteur: Dipl.-Ing. Wolfgang Sandweg</p> <p>Redakteure: Ing. (grad.) Stephan Schall Margot Sandweg Curt Rint</p> <p>Anschriften:</p> <p>Redaktion Funk-Technik Lazarettstr. 4 8000 München 19 Telefon (089) 186051 Telex 05 - 29408 pflvl</p> <p>Handelsredaktion Funk-Technik Redaktionsbüro W. + M. Sandweg Weiherfeld 14 8131 Berg 2 OT Aufkirchen Telefon (0 81 51) 5669</p> <p>Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Gewähr übernommen. Nachdruck ist nur mit Genehmigung der Redaktion gestattet.</p>	<p><b>Vertrieb</b></p> <p>Vertriebsleiter: Peter Bornscheuer</p> <p>Anschrift:</p> <p>Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH Vertriebsabteilung Im Weiher 10, Postf. 102869 6900 Heidelberg 1 Telefon (06221) 489-1 Telex 04 - 61727 huehd</p> <p>Bezugspreis: Einzelheft DM 7,- einschließlich Mehrwertsteuer zuzüglich Porto. Jahresabonnement Inland DM 80,- + DM 12,- Versandkosten. Jahresabonnement Ausland DM 80,- + DM 19,80 Verstandspesen.</p> <p>Kündigungen sind jeweils 2 Monate vor Ende des Bezugsjahres möglich und dem Verlag schriftlich mitzuteilen. Die Abbonementgelder werden jährlich im voraus in Rechnung gestellt, wobei bei Teilnahme am Lastschriftabbuchungsverfahren über die Postscheckkämter und Bankinstitute eine vierteljährliche Abbuchung möglich ist.</p> <p>Bei unverschuldetem Nichterscheinen keine Nachlieferung oder Erstattung.</p>	<p><b>Anzeigen</b></p> <p>Anzeigenleiter: Walter A. Holzapfel</p> <p>Anschrift:</p> <p>Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH Anzeigenabteilung Funk-Technik Im Weiher 10, Postf. 102869 6900 Heidelberg 1 Telefon (06221) 489 - 1 Telex 04 - 61727 huehd</p> <p>Gültige Anzeigenpreisliste Nr. 12 vom 1.7.1979</p> <p><b>Druck</b></p> <p>Richard Pflaum Verlag KG Lazarettstr. 4 8000 München 19 Telefon (089) 186051 Telex 5216075 pfla</p> <p><b>Hüthig</b> PUBLIKATION</p>
--	--	--	--



## Höhere Mathematik für Elektroniker



### Vierpoltheorie

von Dr. Horst Rühl

#### Teil 1: Grundlagen und Vierpolzerlegung

1979, 221 S., 98 Abb., 3 Tab., zahlr. Beispiele und Aufgaben, Kunststoffeinband, DM 32,80  
ISBN 3-7785-0519-X  
Reihe Hüthig Aufgabensammlung

#### Teil 2: Vierpolberechnung mit Knotenanalyse

1979, ca. 220 S., 97 Abb., zahlr. Beispiele und Aufgaben, Kunststoffeinband, DM 32,80  
ISBN 3-7785-0589-0  
Reihe Hüthig Aufgabensammlung  
(Bei geschlossener Abnahme von Teil 1 und 2  
Gesamtpreis DM 58,60)

Der 1. Teil ist im wesentlichen der Darstellung der Vierpoleigenschaften in verschiedenen Matrizenformen und der Möglichkeit der Berechnung umfangreicher Netzwerke durch Zusammenschaltung von Einzelvierpolen gewidmet. Jeder Abschnitt der Aufgabensammlung ist dreigeteilt, wobei jedem Abschnitt ein kurzer theoretischer Teil, der die Problemstellung erläutert und das notwendige theoretische Rüstzeug vermittelt, vorangestellt ist. Eine Anzahl durchgerechneter Beispiele vertieft den theoretischen Teil und verdeutlicht die Besonderheiten bestimmter Rechenmethoden.

Im 2. Teil werden die Aussagen der Netzwerkanalyse auf Vierpolprobleme angewendet, wobei das Rechnen mit Ersatzschaltbildern bei Vierpolen mit und ohne Quellen ausführlich erläutert wird. Eingegangen wird im speziellen auf die Besonderheiten von Schaltungen mit Operationsverstärkern. Im übrigen gilt auch für diesen Teil die Dreiteilung der einzelnen Abschnitte, wie bereits zu Teil 1 erwähnt.

### Matrizen und Determinanten in elektronischen Schaltungen

von Dr. Horst Rühl

1977, 284 S., 73 Abb., 7 Tab., Kunststoffeinband,  
DM 28,50  
ISBN 3-7785-0402-9

Die mathematischen Grundlagen der Matrizenrechnung werden so abgehandelt, wie sie innerhalb der Elektrotechnik und speziell der Elektronik benötigt werden. Die mathematischen Grundlagen werden präzise erklärt, wobei die Probleme der Transformationen, Eigenwertprobleme und Matrizenfunktionen über die Grundvorlesungen hinaus berücksichtigt werden. Bei den elektrotechnischen Anwendungen wurden ausschließlich passive und aktive Netzwerke der Elektronik bevorzugt. Da die mathematischen Zusammenhänge durch viele Beispiele dargestellt sind, kann das Taschenbuch auch jederzeit zum Nachschlagen verwendet werden, was besonders für bereits in der Praxis stehende Ingenieure interessant ist. Für das Verständnis des Buches genügt der Stoff der mathematischen und elektrotechnischen Grundvorlesungen einer Fachhochschule bzw. einer technischen Hochschule.

### Zweipole und Vierpole in elektronischen Schaltungen

von Dr. Horst Rühl

1975, 272 S., 110 Abb., 3 Bildtaf., 5 Tab., Kunststoffeinband, DM 21,80  
ISBN 3-7785-0337-5

Die Theorie der Netzwerke ist die Grundlage jedes Studiums an Technischen Hochschulen und Fachhochschulen. Der Autor führt in die mathematischen Grundlagen der Netzwerktheorie ein, indem er die Darstellung mit vielen Beispielen auf anwendungsbezogene Studiengänge ausrichtet. Neben der Definition der wichtigsten Netzwerkgrößen wird die umfassende mathematische Darstellungsmöglichkeit der Zusammenhänge durch die Matrizenrechnung erläutert.



# KATHREIN Monoka

Qualifikation  
wird  
sichtbar

Mit  
mehr Leistung  
B III-Kanalantennen  
für jeden  
Kanal

- mit gestrecktem Dipol,  
optimiert für jeden Kanal
- mit Praktiker-Anschlußgehäuse
- Elemente aus Vollmaterial,  
mechanisch und funktionell  
optimierter Querschnitt –  
neue Stabil-Halterungen



- selektiv, störfest gegen Fremd-  
signale
- mit überragender Rück-  
dämpfung
- mit einem Gewinn von 11,5 bzw.  
13 dB für Monoka 110 bzw. 130.

KATHREIN-Monoka – B III-Kanalantennen.  
Die neue Perspektive. Für alle Empfangsanlagen, auch für schwierigste!  
Von Profis für Profis gemacht.

Qualität macht ihren Weg

**KATHREIN**

F086

Antennen · Electronic · Communications-Anlagen

K50-5722-15-2527

125 Goethestr. 11  
Waltersdorf

Postfach 260 8200 Rosenheim 2 Telefon 08031/184-1

2 L 15933

Mickan, G.

20227