

Postvertriebsstück
Hüthig und Pflaum Verlag, 69 Heidelberg 1, Postf. 102869

Gebühr bezahlt

B 3109 DX

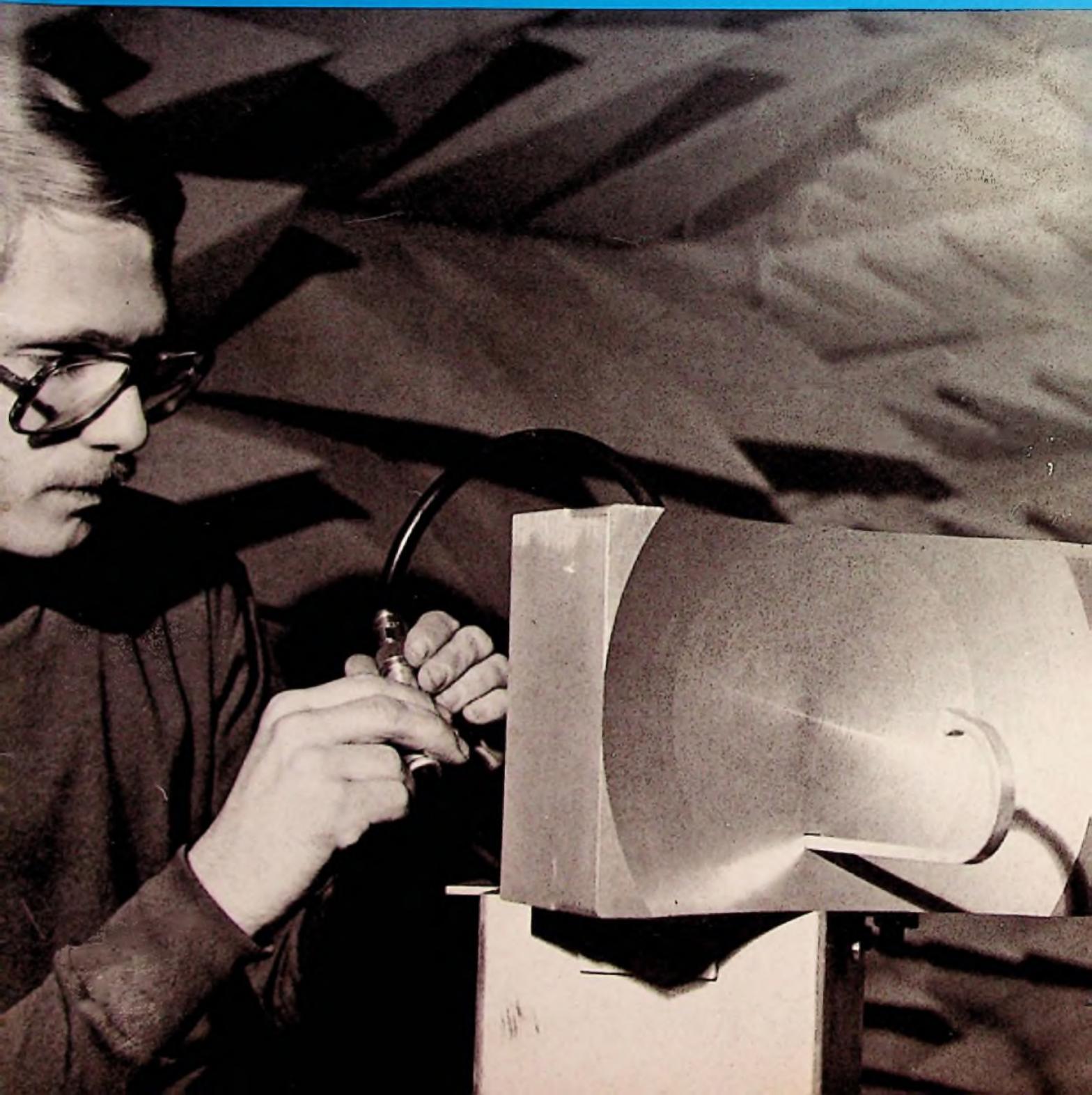
4

2. Februar-Ausgabe 1977
32. Jahrgang

FUNK

TECHNIK

Fachzeitschrift für die gesamte Unterhaltungselektronik



Hüthig

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Paul

Halbleiterphysik

1975. 560 Seiten. Mit 223 Abbildungen und 43 Tafeln.
Kunststoffeinband DM 54,-
Reihe: Elektronische Festkörperbauelemente

Das Lehrbuchwerk „Elektronische Festkörperbauelemente“ behandelt Grundlagen moderner elektronischer Bauelemente unter folgenden Aspekten: Halbleiterphysik, Bauelementeelektronik, Meßtechnik und Technologie sowie Schaltungstechnik.

Der erste Band enthält die festkörper- und halbleiterphysikalischen Erkenntnisse, die den Wirkprinzipien der Bauelemente zugrunde liegen. Sein Stoffgebiet überdeckt – seiner Zielsetzung entsprechend – mehrere Gebiete der Festkörperphysik. Nach einer einleitenden, mehr phänomenologischen Übersicht zum Begriff „Halbleiter“ werden gewisse kristallografische Grundlagen am ruhenden und schwingenden Gitter und anschließend eine vereinfachte Elektronentheorie behandelt, die mit der Darstellung des Bändermodells und seinen Eigenschaften abschließt.

Inhaltsübersicht

Halbleiter – Kristalle – Elektronen im Festkörper – Transportvorgänge – Nichtgleichgewichtsvorgänge – Transport von Überschußträgern – Halbleiteroberfläche – Lösungen zu den Übungsaufgaben

Neuerscheinung

Prof. Dr.-Ing. Reinhold Paul

Halbleiterdioden

1976. 452 Seiten. 237 Abbildungen. 49 Tafeln.
Kunststoffeinband DM 48,-
Reihe: Elektronische Festkörperbauelemente

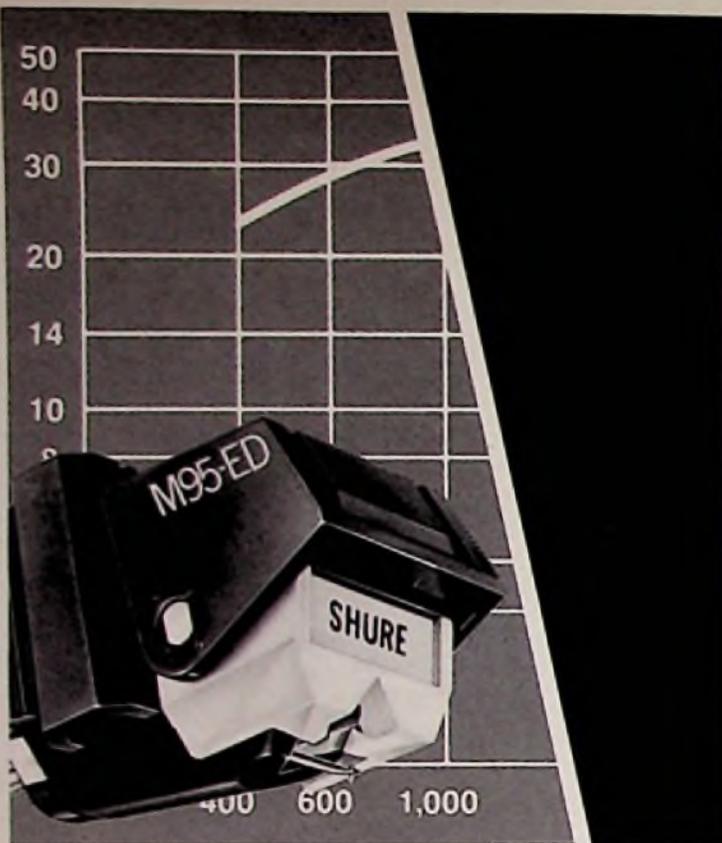
In diesem Teil des Lehrwerkes „Elektronische Festkörperbauelemente“ wird mit der Behandlung der Inneren Elektronik von Festkörper- und speziell Halbleiterbauelementen begonnen, also jener Vorgänge, die die „Gebrauchseigenschaften“ der Bauelemente weitestgehend bestimmen.

Inhaltsübersicht

Schreibweise und Formelzeichen der wichtigsten Größen – Grundeigenschaften von Festkörperbauelementen – Homo-pn-Übergang. Halbleiterdiode – Hochdotierter pn-Übergang. Tunnel diode – Metall-Halbleiter-Übergang – MIS-Übergang – Beispiele – Zusammenfassung – Wiederholungsfragen – Literaturverzeichnis – Sachwörterverzeichnis

Zu beziehen über Ihre Fachbuchhandlung oder direkt beim Verlag.

Dr. Alfred Hüthig Verlag GmbH · 69 Heidelberg 1
Postfach 102640 · Telefon-Nr. 06221/489-255



M95ED:

Ein wegweisender technologischer Fortschritt

Aufbauend auf die Forschungsergebnisse, die schließlich zum Tonabnehmersystem V-15 Typ III geführt haben, stellt Shure nunmehr ein hervorragendes und nach den neuesten Erkenntnissen konstruiertes Tonabnehmersystem zu günstigem Preis vor. Die einzigartige Polschuhkonstruktion des neuen M95ED minimiert Hystereseverluste, es besitzt einen absolut geradlinigen Frequenzgang von 20 bis 20.000 Hz, einen erweiterten Dynamikbereich und es bietet die erhöhte Abtastfähigkeit (Trackability), die für moderne Schallplatten mit hohen Modulationsschnellen erforderlich ist. Die geringen erforderlichen Auflagekräfte (0,75 bis 1,5 p*) verringern die Abnutzung sowohl der Schallplatte als auch des Abtastdiamanten. Das M95ED bietet eine Leistung, die zu diesem Preis vorher nicht erhältlich war – auch nicht von Shure!

* 0,75 bis 1,5 p \approx 7,5 bis 15 mN (Millinewton). Neue, internationale Maßeinheit für Kraft.



Deutschland: Sonetic Tontechnik GmbH, Frankfurter Allee 19 - 21, 6236 Eschborn;
Schweiz: Telion AG, Albisriederstr. 232, 8047 Zürich; Österreich: H. Lurf, Reichs-
ratsstr. 17, 1010 Wien; Niederlande: Tempofoon, Tilburg; Dänemark: Elton, Dr. Olgasvej
20-22, Kopenhagen F; Belgien: Belram S. A., Ave. des Mimosas 43, 1150 Brüssel.

Laborteil:

Forschung und Entwicklung

Systeme und Konzepte

Troost, A.: Fortschritte im Bereich
35...90 GHz
Der Beitrag schildert anhand einiger
Beispiele Entwicklungsstand und Pro-
bleme auf dem Gebiet der Zentimeter-
und Millimeterwellen F & E 49

Fachveranstaltungen

Terminkalender für Messen und Tagungen F & E 52

Forschungsberichte

Frankort, Dr. F. J. M.: Schwingungs- und
Strahlungsverhalten des Lautsprecher-
konus
Für die mathematische Analyse des
Schwingungsverhaltens einer kegelför-
migen Lautsprechermembran konnte
durch umfangreiche numerische Rech-
nungen eine Näherung angegeben wer-
den. Mit ihr können nun die Abmessun-
gen und Materialeigenschaften angege-
ben werden, die zu einer erwünschten
Frequenzcharakteristik führen F & E 53

Werkstoffe

Heitz, E.: Thermoplastische Materialien
für Geräte der Unterhaltungselektronik
Der Beitrag behandelt Eigenschaften
und Verarbeitung der Thermoplaste so-
wie die Anwendungsmöglichkeiten die-
ser Kunststoffe F & E 61

Werkstatteil:

Werkstatt und Service

Warenkunde

Voss, A.: Die Cassette im Auto
Die Entstehungsgeschichte der Ton-
bandcassette und der verschiedenen
Cassetten-Systeme werden behandelt.
Der Autor geht auch auf die noch zu
erwartenden Entwicklungen ein, bei
denen die Compact-Cassette eine be-
sondere Rolle spielt W & S 37

Ausbildung und Weiterbildung

Kurse und Lehrgänge W & S 40

Werkstatt-Ausstattung

Funktionsgenerator W & S 42
System-Digitalvoltmeter W & S 42
Wobbelmeßplatz W & S 42
Super-Speicher-Oszilloskop W & S 42
Wobbler überstreicht 1...2500 MHz . . W & S 42
Breitbandiges NF-Geräuschspannungs-
Meßgerät W & S 42

Titelbild

35 GHz sendet das Abstandswarn-Radargerät aus,
das AEG-Telefunken gemeinsam mit der Robert
Bosch GmbH entwickelte. Umfangreiche Messungen
waren bei der Entwicklung der Antennen für Milli-
meterwellen-Radargeräte erforderlich. Hier eine Ver-
suchsantenne im reflexionsarmen Meßraum im Ulmer
Forschungsinstitut von AEG-Telefunken.
(Bild: AEG-Telefunken)

Elektronik Ausbildung + Fortbildung

Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik an der Technischen Universität, Hannover (Hrsg.)

Neuerscheinung

Elektronik-Testaufgaben III

Grundsaltungen der Elektronik

Praktischer Teil

1977, 132 Seiten, 25 Grundsaltungen, 100 Aufgaben, DIN A 4, callophanierter Einband, Spiralbindung, DM 19,80. ISBN 3-7905-0268-5

Die hier beschriebenen Schaltungen sind leicht nachzubauen und geben dem Auszubildenden und dem Fortbildungswilligen die Möglichkeit, fundierte Grundkenntnisse der elektronischen Schaltungstechnik zu erwerben. Die Übungsaufbauten kosten im Durchschnitt nicht mehr als 10,- DM und sind mit handelsüblichen Bauteilen schnell aufzubauen. Zudem sind die Einzelteile als komplette Bausätze erhältlich. Die Grundsaltungen haben den Vorteil, daß sie in gleicher Weise zur Durchführung einheitlicher praktischer Prüfungen und auch für praktische Versuche in Lehrgängen geeignet sind.

Die hier vorliegende Sammlung von 25 verschiedenen Grundsaltungen der Elektronik mit Bauplänen und Stücklisten dienen als Basis für die ab 1. 1. 1977 einheitlich durchzuführenden praktischen Prüfungen zum Lehrgang III nach den Richtlinien des Heinz-Piest-Instituts. Im einzelnen sind enthalten: Transistor-Verstärker, Differenz-Verstärker, Phasenanschnittschaltung, astabile und monostabile Klippstufe, Impuls- und Sägezahn-generator, Differenzier- und Integrierglieder, Schmitt-Trigger und logische Verknüpfungen.

Ausgehend von diesen Grundsaltungen wurden im HPI auch Aufgaben für die praktische Prüfung entwickelt, die ebenfalls programmiert sind und sich durch eine Feinunterteilung in mehrere Meßaufgaben und deren Einzelbewertung auszeichnen. Aus der inzwischen schon recht umfangreichen Kartell von einheitlichen Aufgaben für die praktische Prüfung wurden 100 charakteristische Aufgaben entnommen. Das Buch ist für die schulische und betriebliche Ausbildung und auch für das Selbststudium gut geeignet, und kann allen empfohlen werden, die sich in die elektronische Schaltungstechnik einarbeiten wollen.

Die Elektronik ist ein typisches Beispiel dafür, wie schnell neue technische Konzeptionen an Bedeutung gewinnen und mit welcher Dynamik sie in alle Lebensbereiche vordringen. Immer mehr Fachleute sind heute gezwungen, sich fundierte Elektronik-Kenntnisse anzueignen, um mit den beruflichen Anforderungen Schritt halten zu können. Für den Auszubildenden in den Elektroberufen ist es schon beinahe selbstverständlich, daß die Elektronik zur Berufsausbildung gehört.

Die Testaufgaben wurden aus der Zentralen Kartell von Original-Prüfungsaufgaben des Heinz-Piest-Instituts, einem der bedeutendsten Institute für eine praxisorientierte Elektronik-Schulung, ausgewählt. Die Lehrgangsteilnehmer werden sich bei optimaler Vorbereitung auf die Abschlußprüfung dieser Sammlungen bedienen. Darüber hinaus sind die Aufgaben aber ebenso als Leistungstest im Selbststudium sehr nützlich und empfehlenswert.

Elektronik-Testaufgaben I Elektrotechnische Grundlagen der Elektronik

1976, 3., verbesserte Auflage. 400 Testaufgaben als Loseblattsammlung im Plastik-Ringordner, DIN A 5, Querformat, DM 34,-.

ISBN 3-7905-0270-7

Diese Testaufgaben sind eine Auswahl aus Original-Prüfungsaufgaben zum Abschluß des Lehrganges I „Elektrotechnische Grundlagen der Elektronik“. Behandelt werden: Wesen der Elektrizität; Mathematische Grundlagen; Der Gleichstrom; Der einfache Gleichstromkreis;

Der erweiterte Gleichstromkreis; Wirkungen des Gleichstromes; Der Wechselstrom; Der erweiterte Wechselstromkreis; Wirkungen des Wechselstromes; Der Transformator; Der Drehstrom; Gefahren in elektrischen Anlagen; Elektrische Meßtechnik.

Elektronik-Testaufgaben II

Bauelemente der Elektronik

1976, 4., überarbeitete Auflage. 400 Testaufgaben als Loseblattsammlung im Plastik-Ringordner, DIN A 4, Querformat, DM 34,-.

ISBN 3-7905-0260-x

Diese Testaufgaben sind eine Auswahl aus Original-Prüfungsaufgaben zum Abschluß des Lehrganges II „Bauelemente der Elektronik“. Behandelt werden: Einführung in die Oszilloskopmeßtechnik; Lineare und nicht-lineare Widerstände; Kondensatoren und Spulen; Einfache Zwei- und Vierpole; Halbleiterdioden; Halbleiterdioden mit speziellen Eigenschaften; Transistoren; Transistoren mit speziellen Eigenschaften; Integrierte Schaltkreise; Mehrschichtdioden; Diacs u. Triacs; Fotohalbleiter; Halbleiterbauelemente mit speziellen Eigenschaften; Elektronen- u. Ionenröhren.

Elektronik-Testaufgaben III Grundsaltungen der Elektronik

1976, 2., verbesserte Auflage. 400 Testaufgaben als Loseblattsammlung im Plastik-Ringordner, DIN A 5, Querformat, DM 34,-.

ISBN 3-7905-0250-2

Diese Testaufgaben sind eine Auswahl aus Original-Prüfungsaufgaben zum Abschluß des Lehrganges III „Grundsaltungen der Elektronik“. Behandelt werden: Das Oszilloskop als vielseitiges Meßgerät; Gleichrichter-schaltungen; Verstärkerschaltungen; Schaltungen zur Stabilisierung von Spannungen und Strömen; Der Transistor als Schalter; Elektronische Schalter mit Mehrschichtdioden, Diacs und Triacs; Kipp-schaltungen; Impulsformer; Regelschaltungen; Logische Schaltungen; Zählschaltungen.

Arbeitsblätter und Bauanleitungen für die überbetriebliche Lehrlingsunterweisung. Bearbeitet von Dipl.-Ing. H. A. Künstler und Dipl.-Ing. W. Oberthür.

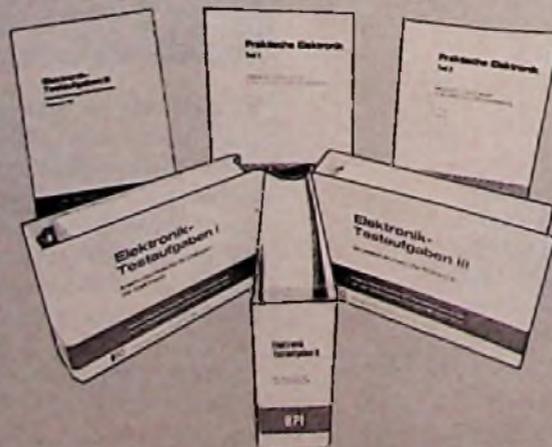
Praktische Elektronik, Teil I

1975, 4., überarbeitete Auflage. 72 Seiten mit zahlreichen Bildern, Schaltplänen, Verdrahtungsplänen und Tabellen. DIN A 4, kartoniert, DM 7,-. ISBN 3-7905-0202-2

Praktische Elektronik, Teil II

1973, 72 Seiten mit zahlreichen Bildern, Schaltplänen, Verdrahtungsplänen und Tabellen. DIN A 4, kartoniert, DM 7,-. ISBN 3-7905-0203-0

Diese Arbeitsunterlagen wurden als Unterstützung der Ausbildung auf dem Gebiet der Elektronik geschaffen. In Form eines jeweils 40stündigen Lehrganges wird in Teil I der Aufbau einfacher elektronischer Schaltungen, wie z. B. von elektronischen Schaltern, Kippstufen und eines geregelten Netzgerätes beschrieben sowie Anwendungen für deren meßtechnische Untersuchung vermittelt. Teil II beinhaltet in erster Linie den Thyristor mit seinen Anwendungsmöglichkeiten. Die insgesamt 13 leicht durchzuführenden Versuche können alle auf einer einzigen Druckplatte aufgebaut werden. Die Arbeitsunterlagen eignen sich für die Lehrlingsunterweisung, alle anderen Elektronik-Schulungen sowie für das Selbststudium.



Richard Pflaum Verlag KG
Lazarettstraße 4
8000 München 19

Millimeterwellentechnik

Fortschritte im Bereich 35 ... 90 GHz

Albert Troost, Ulm

Im Jahre 1963 entdeckte J. B. Gunn in einem Gallium-Arsenid-Einkristallplättchen bestimmte Wechselbeziehungen zwischen Feldstärke und Elektronenbeweglichkeit. Als dieses Phänomen durch die Fortschritte in der Halbleitertechnik zum Erzeugen von Schwingungen im Zentimeter- und Millimeterwellenbereich ausgenutzt werden konnte, begann auf diesem Gebiet eine starke Entwicklungsaktivität. Der Autor berichtet anhand einiger Beispiele über derartige Entwicklungen bei AEG-Telefunken.

Für die Anwendung der Millimeterwellen (Frequenzbereich 35...90 GHz, Wellenlängen 8,5...3,3 mm) ist ihre Ausbreitungsdämpfung in der Atmosphäre entscheidend. In Bild 1 ist über dem Frequenzbereich 30 GHz bis 100 GHz das Dämpfungsmaß ohne Regendämpfung aufgetragen. Bei 35 GHz (Ka-Band) und bei 90 GHz (E-Band) sind – wenn auch insgesamt ansteigend – Dämpfungs-Minima, die sogenannten Durchlaßfenster, erkennbar. Bei 60 GHz liegt ein markantes Dämpfungsmaximum – die O₂-Absorption. Die Fensterfrequenzen werden also normalerweise bevorzugt verwendet werden. Die

Dipl.-Ing. A. Troost ist Leiter der Vorentwicklung im Fachbereich Hochfrequenztechnik der Firma AEG-Telefunken in Ulm.

dämpfungsintensiven Bänder könnten dagegen für Aufgaben interessant sein, bei denen verhindert werden soll, daß Streustrahlung oder Antennennebenzipfel bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen seitlich liegende, unerwünschte Nachbarn erreicht.

Außerhalb der Erdatmosphäre gibt es keine Absorptionsdämpfung. In der in Entwicklung befindlichen Intersatelliten-Kommunikationstechnik soll daher bei 60 GHz gearbeitet werden, so daß eine terrestrische Störung dieser Nachrichtenverbindung unmöglich wird.

Neuartige Wellenführung

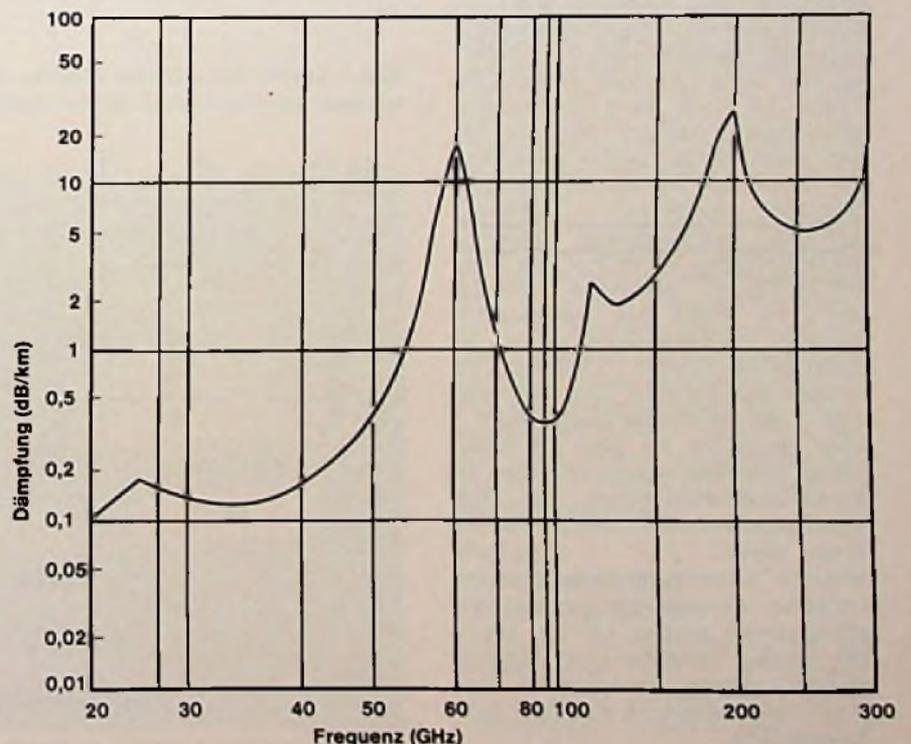
Eine wichtige Grundsatzfrage ist, wie HF-Wellen bei diesen extremen Frequenzen geführt werden können, z. B. von der Antenne zum Empfänger oder bei Zwischenverbindungen von Komponenten. Auch hier ist die Millimeterwellentechnik mehr als eine miniaturi-

sierte Form der Zentimeter-Wellen: bisherige Erkenntnisse können nicht ohne weiteres übertragen werden.

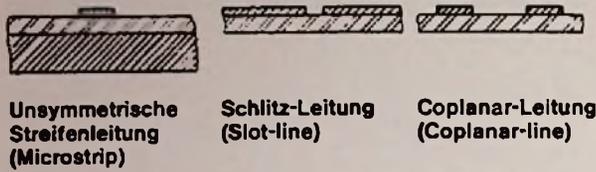
Ein Rechteck-Hohlleiter für den vorwiegend verwendeten H₁₀-Wellentyp mit 85 GHz (Wellenlänge: 3,5 mm) mißt 1,5 mm × 3 mm (ein Streichholz: 2 mm × 2 mm) Da Hohlleiter und die dazugehörige Komponentenfamilie wegen der erforderlichen Oberflächenpräzision teuer sind, scheiden sie für den zivilen Markt aus. Hier bespricht AEG-Telefunken neue Wege: die Verwendung von Wellenleitern aus der Streifenleiterfamilie – also planare Leiterstrukturen – sowie von dielektrischen Wellenleitern, wie sie für die Lichtleitung durch eine Glasfaser bereits bekannt sind.

Solche Wellenleiter verschiedener Form zeigt Bild 2; oben Ausführungen in planarer Technik, unten die dielektrischen Wellenleiter. Die planaren Struk-

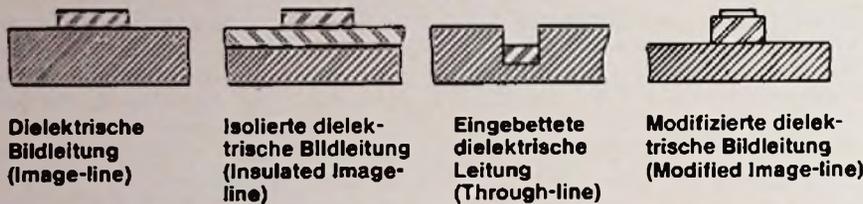
Bild 1. Absorptionsdämpfung von Millimeterwellen durch die Atmosphäre



Planare Leiter



Dielektrische Leiter



Dielektrikum

Metall

Bild 2. Querschnitte verschiedener Wellenleiter für die Millimeterwellentechnik

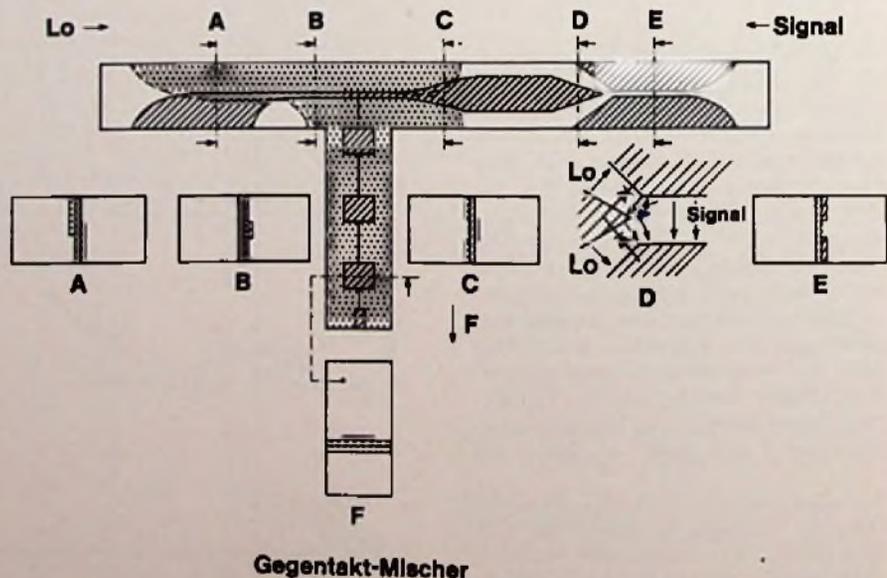
turen führen die Welle vorwiegend zwischen zwei metallischen Leitern. Das können z. B. bei der Streifenleitung (Microstrip) der Bandleiter und das Substrat oder bei der Schlitzleitung die gegenüberliegenden Kanten des Schlitzes sein. Diese Leitungen würden vom Prinzip her auch ohne Dielektrikum funktionieren. Dagegen trägt es bei den dielektrischen Leitern wesentlich zur Feldbindung bei. Bei der gezeigten Bildleitung (Image-Line) — eine der technisch interessantesten dielektrischen Wellenführungen — verläuft das elektromagnetische Wellenfeld vorzugsweise im Innern des dielektrischen Materials. Die Metallfläche, auf der die dielektrische Streifen aufgeklebt ist, spiegelt das Feldbild. Das Metallsubstrat — die metallische Spiegelfläche — kann sinngemäß als eine Art Kabelmantel betrachtet werden und kann für Komponentenintegrationen als Montagechassis und damit auch zur Wärmeabfuhr dienen.

Während dielektrische Leiter aus verlustarmen Kunststoffen geprägt oder stranggepreßt werden können, lassen sich planare Leiterstrukturen fotolithografisch genau reproduzieren und ätzen; beide Verfahren sind sehr fertigungsgerecht.

Beispiel:
Hochempfindlicher
Gegentaktmischer

Die Physik und Technologie der Wellenleiter ist heute ein Hauptarbeitsgebiet der Millimetertechnik. Wellenleitertypen können ineinander übergeführt oder miteinander kombiniert werden, d. h. hybrid integriert werden. Die Analyse der Leitungsübertragungseigenschaften und die Synthese von reflexionsarmen breitbandigen Übergängen zwischen verschiedenen Wellenleitertypen erfordert erhebliche theoretische Kenntnisse sowie beachtlichen Programmierstellungs-Aufwand und Rechnerzeit mit dem Groß-Rechner. Am Beispiel eines hochempfindlichen Gegentaktmischer (Bild 3) wird demonstriert, wie geradezu in einer Art Wellenleiter-Symphonie die verschiedenartigsten Wellenleitertechniken und ihre Ausbreitungsmoden verknüpft sind. Der Aufbau ist T-förmig. Von links kommt aus einer Rechteck-Hohlleiterzuführung die Oszillatorleistung (30 GHz). Vom Hohlleitermodus ausgehend, wird die Welle in einen Schlitzleiterzug überführt und verläuft damit zunächst bei A in der Mitte des Rechteckquerschnitts. Dabei hat sich die Richtung des E-Vektors um 90° gedreht. Die Querschnittsdarstellung bei A verdeutlicht dies. Die anschließende Symmetriezone leitet die Welle in eine Streifenleitung über. Bei C verläßt das Wellenfeld schließlich die Mitte des

Bild 3. Layout der planaren Struktur eines 35-GHz-Gegentakt-Mischer



Rechteckquerschnitts und spaltet sich in zwei Komponenten auf, deren Querschnittsdarstellung in dem Schnitt unter D gezeigt ist.

Die Signalquelle auf der rechten Seite des Hohlleiters bei E wird zunächst auf eine sogenannte Fin-Line-Struktur überführt unter Beibehaltung der Richtung des E-Vektors und schließlich bei D ebenfalls – aber gleichaktig – in zwei Feldkomponenten aufgespalten. An dieser Stelle sitzen auch die beiden Dioden. Am Punkt F schließlich wird die Zwischenfrequenz (hier 2 GHz bis 7 GHz) ausgekoppelt und über eine Filteranordnung – ein typisches Streifenleitungsfilter ohne Oszillatoranteile – entnommen. Bild 4 zeigt in einem Aufblick die planare Leiterstruktur des nach obiger Beschreibung ausgeführten Mischers und vermittelt so eine Vorstellung von seiner Form und Größe.

Dieses Beispiel verdeutlicht, daß die bisherigen Kenntnisse über Koaxial- oder Hohlleiter-Netzwerke für die Anwendung im Millimeterwellenbereich nicht ausreichen und speziell die Beherrschung von Feldmodenwechseln ganz wesentlich ist.

Beispiel:

Abstandswarnradar

Ein weiteres Beispiel ist ein 35-GHz-Gunn-Oszillator für ein Impulsradargerät zur Abstandsmessung und Hinderniswarnung für Lkw- und Pkw-Fahrer im Straßenverkehr. Mikrowellentechnisch gibt es hier ein Problem: Die Quelle des Senders – die Gunn-Diode

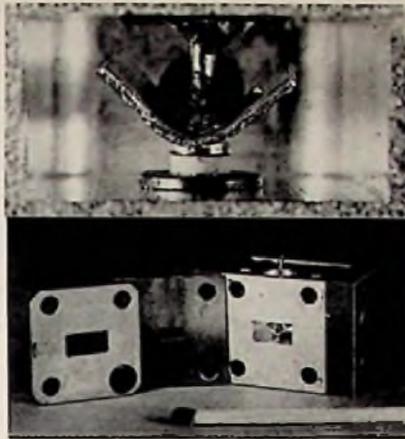


Bild 5. 35-GHz-Gunn-Oszillator, darüber eine Ausschnittvergrößerung

– stellt einen Zweipol mit sehr niedrigem Quellenwiderstand dar (2 bis 5 Ohm). Dieser muß an den Feldwellenwiderstand des Hohlraumresonators angepaßt werden, um maximale Schwingleistung auskoppeln zu können. Gleichzeitig ist die Wärmeabfuhr der Verlustleistung der Diode sicherzustellen.

In dem zur Anschauung geöffneten Resonator (Bild 5) hat die Dioden-Katode direkten mechanischen und thermischen Kontakt mit dem Resonatorblock, während die Anode über einen kleinen abgewinkelten Strahler in den Hohlraum hineinragt. Seine Länge, Winkelstellung und der Ort seiner

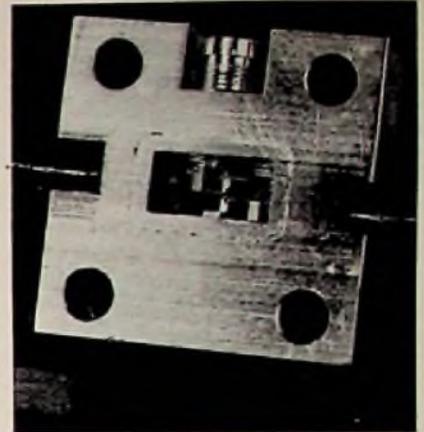


Bild 6. 35-GHz-Empfänger/Mischer

Einkopplung sind kritische Dimensionierungsgrößen. Es ist darauf zu achten, daß nur ein eindeutig definierter und kein parasitärer Wellentyp erregt wird, was ganz wesentlich zur Frequenzstabilität des Oszillators beiträgt. Die hier vorliegende, recht einfach erscheinende Konstruktion trägt diesem Rechnung. Die Leistungsauskopplung an die Antenne erfolgt wie üblich über Fensterblenden.

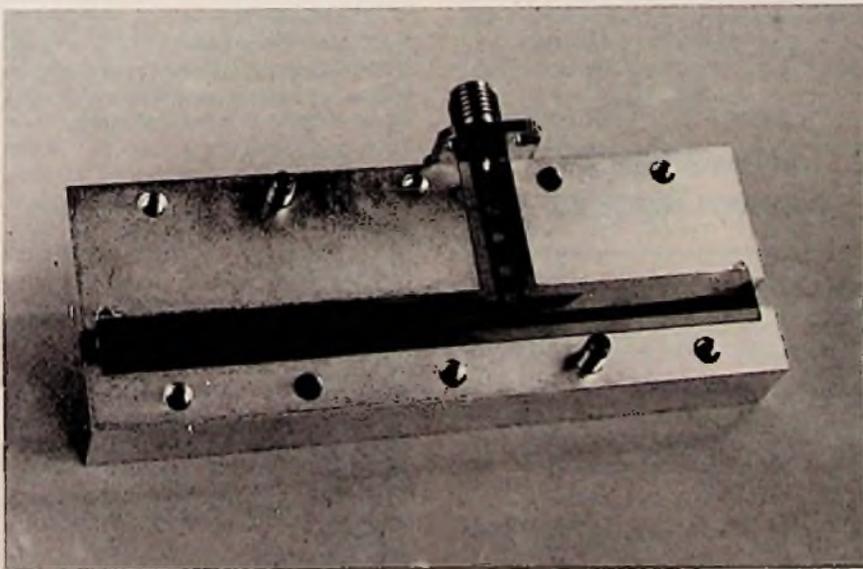
Im Mischteil dieses Autoradarempfängers braucht keine Wärme abgeführt zu werden. Daher wurden andere Lösungen erarbeitet, um die Mischdiode an den Empfangsresonator anzupassen. Eine davon zeigt Bild 6. Streifenleitungstechnik und Hohlleitertechnik werden hier kombiniert. Auf einer dünnen Quarzscheibe ist die aufgedampfte Leitungsstruktur zu sehen. In der Mitte der S-förmigen symmetrischen Leitungsgeometrie ist die Beam-Lead-Mischdiode eingebondet. Das Quarzscheibchen wird dann in den Hohlraumresonator eingesetzt und paßt die Diode über die Streifenleitungsstruktur an die Empfangsantenne an. Die dünnen horizontalen Leiterstreifen führen der Diode den Gleichstrom zu und nehmen gleichzeitig die Zwischenfrequenz ab, wobei sie im Zusammenwirken mit den kleinen Metallflächen ein Spulen-Kondensator-ZF-Filter bilden. Die planare Leiterstruktur erlaubt eine Herstellung als Mehrfach-Layout, was die Herstellkosten senkt.

Beispiel:

Empfangsmischer für 80-GHz-Bereich

Bei einem Empfangsmischer für den 80-GHz-Bereich (Bild 7) ist der Resonator – wieder ein Hohlraum – auf die Abmessungen 1,5 mm × 3 mm × 3 mm

Bild 4. Der geöffnete 35-GHz-Gegentakt-Mischer läßt seine planare Struktur erkennen.



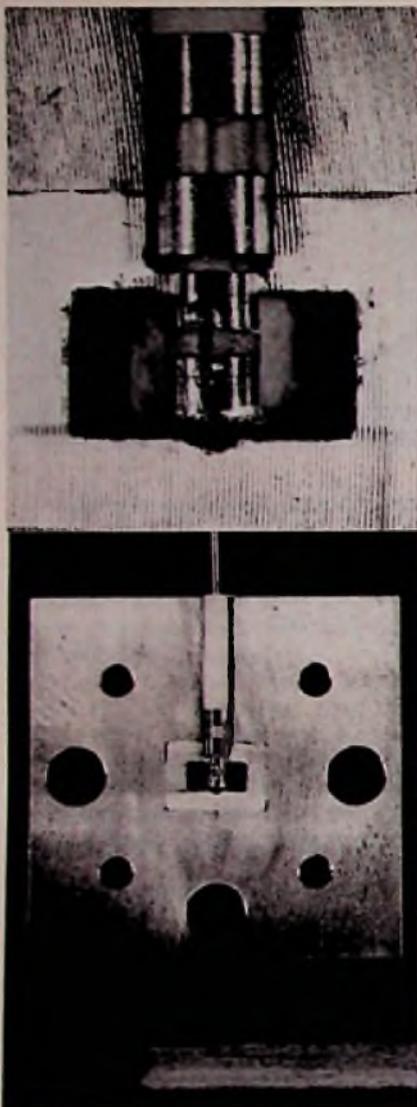
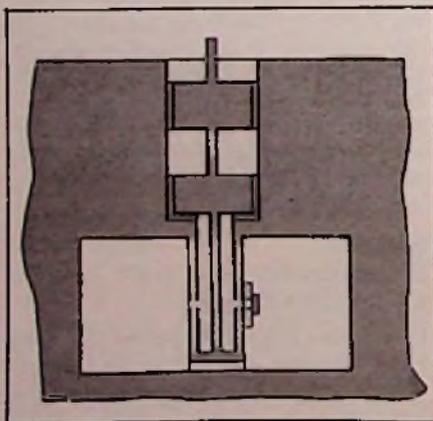


Bild 7. 86-GHz-Mischer, darüber eine Ausschnittvergrößerung

Bild 8. Schnittzeichnung des Mixers aus Bild 7



zusammengeschrumpft. Das Empfangssignal und die Leistung des Oszillators werden in der hier gezeigten Darstellung senkrecht zur Bildschnittebene eingekoppelt. Die Aufgabe besteht darin, an die nur 0,1 mm große Mischdiode sowohl die volle Empfangsleistung der Antenne als auch die Oszillatorspannung anzukoppeln, ohne daß jedoch Anteile davon in den ZF-Leiterzug überkoppeln.

Das erscheint zunächst trivial, ist es aber nicht, weil bei diesen sehr kleinen Geometrien und den extrem hohen Frequenzen ein definiertes Verhalten von Sperrfiltern schwierig zu realisieren ist. Aus diesem Grunde wurde hier zusätzlich die Koaxialtechnik herangezogen, weil sich Leitungsfiter damit noch am übersichtlichsten dimensionieren lassen.

Die Schnittdarstellung des Mixers (Bild 8) zeigt, daß die Mischdiode an den in Querrichtung halbierten Außenleitern eines Koaxialstückchens liegt, während der Innenleiter wie ein koaxiales Sperrfilter die Empfangsfrequenz in Richtung ZF-Auskopplung sperrt.

Neuartige Technologie

Nicht nur Kenntnisse der verschiedensten Wellenleitungsführungen oder das „gewußt wie“ in der Nutzung der recht eigenwilligen Halbleiter machen einen fortschrittlichen Entwicklungsstatus auf dem Millimeterwellengebiet aus – auch viel Technologie gehört dazu. Das betrifft u. a. das Metallbeschichten dielektrischer Materialien mit präzisen Leiterstrukturen – nicht nur auf Flächen, sondern auch auf Körpern –, das Beherrschen der verschiedenartigsten Äzntechniken und schließlich das definierte Abtragen von Material mit Hilfe des Lasers für den Betriebsabgleich von Oszillatoren und Filtern. ■

Terminkalender für Messen + Tagungen

01. 03.–04. 03. 77

Paris

AES-Convention der Audio Engineering Society

02. 03.–06. 03. 77

Anahelm (USA)

Hobby Electronics Fair

06. 03.–10. 03. 77

Utrecht

Winkel '77 – Fachmesse für Ladeneinrichtungen

07. 03.–13. 03. 77

Paris

Festival International du Son
Kongreßpalast CIP, Porte Maillot

08. 03.–11. 03. 77

Bad Nauheim

NTG-Fachtagung „Antennentechnik“

13. 03.–20. 03. 77

Leipzig

Leipziger Frühjahrsmesse

22. 03.–24. 03. 77

Stuttgart

NTG-Fachtagung „Digitale Speicher“

26. 03.–03. 04. 77

München

IHM '77 – Internationale Handwerksmesse – Messe des Handwerks und für das Handwerk

28. 03.–30. 03. 77

München

NTG-Fachtagung „Digitale Bildverarbeitung“

28. 03.–30. 03. 77

Rom

24th International Scientific Congress on Electronics

31. 03.–06. 04. 77

Paris

Salon International des Composants Electroniques

Parc des Expositions

19. 04.–22. 04. 77

Birmingham

IEC – International Electronic Components Show

19. 04.–24. 04. 77

London

High Fidelity '77 Exhibition

20. 04.–28. 04. 77

Hannover

Hannover Messe '77

06. 05.–08. 05. 77

London

International Radio Communication Exhibition & Conference

17. 05.–18. 05. 77

Garmisch-Partenkirchen

NTG-Fachtagung „Fortschritte auf dem Gebiet der Elektronenröhren und Bauelemente verwandter Technologie“

17. 05.–20. 05. 77

London

London Electronic Components Show
Olympia

23. 05.–25. 05. 77

Nürnberg

VDE-Gemeinschaftstagung „Technische Zuverlässigkeit“

03. 06.–09. 06. 77

Montreux

10. Internationales Fernseh-Symposium

05. 06.–08. 06. 77

Chicago

CES – Consumer Electronics Show
(Sommer)

McCormick Place

Akustik

Schwingungs- und Strahlungsverhalten des Lautsprecherkonus

Teil 1

Dr. F. J. M. Frankort, Heerlen

Für die mathematische Analyse des Schwingungsverhaltens einer kegelförmigen Lautsprechermembran konnte durch umfangreiche numerische Rechnungen eine Näherung angegeben werden. Mit ihr lassen sich die aufgrund von akustischen Messungen seit langem bekannten Unregelmäßigkeiten im Abstrahlverhalten gut erklären. Außerdem können nun die Abmessungen und Materialeigenschaften angegeben werden, die zu einer erwünschten Frequenzcharakteristik führen.

Das Verhalten der kegelförmigen Membran, die man intuitiv von Anfang an für Lautsprecher gewählt hat, ist sehr kompliziert. Das hörbare Schallspektrum umfaßt den Frequenzbereich von 16 Hz bis 20 000 Hz. Werden einem Lautsprecher Wechselströme dieser Frequenzen zugeführt, dann wird die Membran zu verschiedenen Schwingungsmoden, von niedrigerer und höherer Ordnung, angeregt. Nur bei tiefen Frequenzen bewegt sich der Kegel als eine starre Einheit. Er ist jedoch nicht steif genug, um sich den bei höheren Frequenzen auftretenden Trägheitskräften zu widersetzen; Teile von ihm beginnen zu schwingen – der Konus „bricht auf“. Durch die dann auftretenden Schwingungsmoden höherer Ordnung vermag er auch bei höheren Frequenzen seine Aufgabe zu erfüllen und Luft in Bewegung zu versetzen.

Wieviel Luft verdrängt wird, hängt sehr davon ab, ob der Konus mit seinen Resonanzfrequenzen angeregt wird. Aus diesem Grund ist die Schallabstrahlung stark frequenzabhängig; mißt man den Schallpegel mit einem Mikrofon in

Dr. F. J. M. Frankort, Dozent an der Fachhochschule in Heerlen (Niederlande), war seinerzeit Mitarbeiter des Philips-Forschungslaboratoriums in Eindhoven. Die Arbeit wurde vorveröffentlicht in Philips techn. Rundsch. 36 (1976/77) Nr. 1.

Abhängigkeit von der Frequenz, erhält man eine ziemlich bizarre Kurve (Bild 1).

Im idealen Fall müßte die Schallabstrahlung für alle Frequenzen gleich stark und die Frequenzcharakteristik eine Gerade sein. Beim Entwurf eines Konus, der diese Bedingung einigermaßen erfüllt, geht man bis jetzt hauptsächlich empirisch vor. Ein zweckmäßigeres Entwurfsverfahren setzt voraus, daß das Schwingungsverhalten und der Einfluß, den die Eigenschaften des Konusmaterials darauf haben, bekannt sind. Ein solch detailliertes Bild kann man erhalten, wenn man Differentialgleichungen, die die Konusschwingungen beschreiben, aufstellt und diese, mangels einer analytischen Lösung, für eine große Anzahl Frequenzen numerisch löst. Hierzu ist man heutzutage mit Hilfe eines Computers in der Lage. Auf diese Weise kann man Frequenzcharakteristiken und Richtdiagramme berechnen. Die von uns so erhaltenen Kurven stimmen in ihrer grundsätzlichen Form gut mit den Messungen überein [1]. Für diese Übereinstimmung ist es wichtig, die verschiedenen Eigenfrequenzen des Konus richtig vorherzusagen. Sind diese Eigenfrequenzen und noch einige andere charakteristische Frequenzen bekannt, dann kann man den Verlauf der Frequenzcharakteristik bereits grob vorhersagen. Umgekehrt kann man beim Entwurf eines Lautsprecherkonus aus dem Verlauf der angestrebten Frequenzcharakteri-

stik die Lage der charakteristischen Frequenzen ableiten.

Zum guten Verständnis der numerischen Ergebnisse ist es nötig, sich das Verhalten der longitudinalen und transversalen Wellen auf einer elastischen Kegelmembran klarzumachen. Deshalb wollen wir, bevor wir die Rechenergebnisse präsentieren, dieses Verhalten – mit gewissen Vereinfachungen – aufzeichnen. Die Komplikationen, die beim Schwingungsverhalten einer elastischen Kegelmembran auftreten, fehlen bei einer Membran, bei der jeder Punkt die gleiche Bewegung ausführt, die also wie ein starrer Kolben hin und her geht. Diese Vorstellung dient dazu, einige wichtige Begriffe einzuführen und bereits einige charakteristische Frequenzen zu definieren.

Starrer Konus

In Bild 2 ist ein Lautsprecher der üblichen Ausführung im Schnitt dargestellt. Der Lautsprecherkonus *D* ist mit Hilfe des federnden Ringes *QS* und des der Zentrierung dienenden *IS* federnd auf-

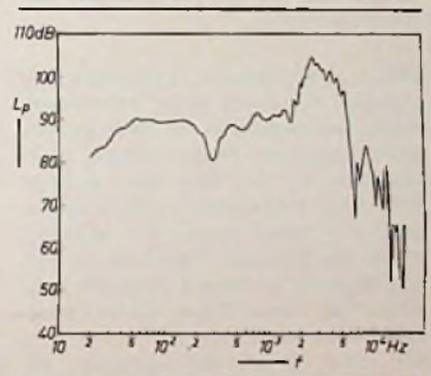
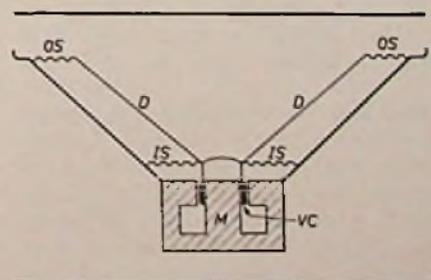


Bild 1. Beispiel einer Frequenzcharakteristik eines Lautsprechers. Der Schalldruckpegel L_p wurde in Abhängigkeit von der Frequenz f in einem Abstand von 10 m gemessen. Der Lautsprecher befand sich in einer Schallwand.

Bild 2. Schnitt durch einen Lautsprecher. *D* Konus, *OS* Randaufhängung, *IS* Zentrier-Ring, *VC* Schwingspule.



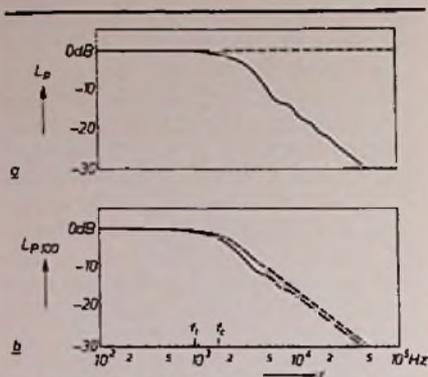
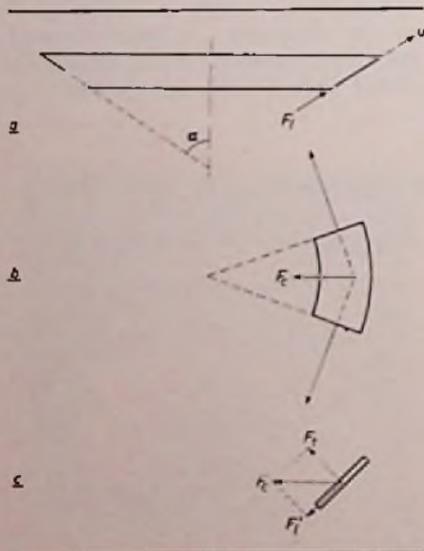


Bild 3. a) Frequenzcharakteristik des Schalldruckpegels L_p bei einem starren Kolben (gestrichelte Kurve) und bei einem starren Konus (ausgezogene Kurve). b) Frequenzcharakteristik des Pegels L_{p100} der gesamten Schallleistung, die in einem Kegel mit einem Spitzenwinkel von 100° abgestrahlt wird. f_1 Frequenz, oberhalb derer ein starrer Kolben eine Richtwirkung aufweist. f_c Frequenz, oberhalb derer die Abstrahlung infolge der durch die Konustiefe bedingten Weglängendifferenzen abnimmt.

Bild 4. Longitudinale Verschiebungen erzeugen bei einem Kegel transversale Kräfte, und umgekehrt. a) Seitenansicht eines konischen Ringes (halber Spitzenwinkel α), an dem eine verteilte Kraft F_l in longitudinaler Richtung angreift. u longitudinale Verschiebung. b) Die longitudinale Verschiebung ruft eine Zugkraft im Ring hervor. Die Zugkräfte an den Enden eines Ringabschnittes resultieren in einer Kraft F_c , die zum Mittelpunkt gerichtet ist. c) Querschnitt. F_c besitzt eine transversale Komponente F_t und eine longitudinale Komponente F_l .



gehängt. Durch diese Art der Aufhängung ist lediglich eine axiale Bewegung möglich. Die Antriebskraft wird von der Schwingspule VC geliefert, die sich im Luftspalt eines Permanentmagneten bewegt. Die Masse des Konus und der Schwingspule sowie die Steifigkeit der Aufhängung sind die Elemente eines Masse-Federsystems; die Resonanzfrequenz dieses Systems nennen wir f_0 .

Oberhalb dieser Frequenz dient die antreibende wechselnde Kraft hauptsächlich zur Überwindung der Trägheit von Konus und Schwingspule. Ist die Kraft bei allen Frequenzen gleich, dann ist auch die Beschleunigungsamplitude bei allen Frequenzen gleich; die Geschwindigkeit nimmt bei zunehmender Frequenz ab.

Welche Folgen hat dies für die Schallabstrahlung? Um diese Frage beantworten zu können, berechnen wir für einen in einer gewissen Entfernung vom Lautsprecher gelegenen Punkt den Schalldruck, der dort infolge der Bewegungen der Membran entsteht. Hierbei betrachten wir die schwingende Membran als eine Anzahl punktförmiger, gleichmäßig über die Oberfläche verteilter Schallquellen und addieren die Beiträge all dieser Quellen. Der Einfachheit halber stellen wir uns die Membran als einen flachen Kolben vor und nehmen an, daß dieser in einer unendlich großen Schallwand schwingt. Dann ergibt sich, daß der Schalldruck im Beobachtungspunkt bei einer konstanten Geschwindigkeitsamplitude des Kolbens proportional zur Frequenz zunimmt. Diese Zunahme kompensiert genau die durch die Trägheit bedingte Abnahme der Geschwindigkeit, so daß man bei einer konstanten Antriebskraft einen konstanten Schalldruck erhält, unabhängig von der Frequenz.

Dies gilt oberhalb von f_0 , jedoch nur bei tiefen Frequenzen. Die Weglänge bis zum Beobachtungspunkt ist für die einzelnen punktförmigen Schallquellen auf dem Kolben nicht gleich, und ihre Beiträge zum gesamten Schalldruck kommen somit nicht genau in Phase an. Bei sehr langen Wellen hat die Weglängendifferenz nur wenig Einfluß, bei kürzeren Wellen jedoch, also bei höheren Frequenzen, ergeben sich hieraus Phasendifferenzen, die nicht vernachlässigbar sind. Für Strahlung in seitliche Richtungen sind diese größer als für Strahlung nach vorn, so daß der Kolben nicht in alle Richtungen den gleichen Schall abstrahlt; der Kolben hat bei höheren Frequenzen also eine Richtwirkung. Die Strahlung nach vorn ist am stärksten; aus diesem Grund wird das Mikrofon bei Messun-

gen an Lautsprechern fast immer in der Symmetrieachse des Lautsprechers angeordnet.

Nimmt man mit einem Mikrofon in der Kolbenachse eine Frequenzcharakteristik auf, so spürt man nichts von der Richtwirkung bei höheren Frequenzen (siehe die Frequenzcharakteristik in Bild 3 a, unterbrochene Kurve). Mißt man jedoch (z. B. mit Hilfe mehrerer Mikrofone) die in alle Richtungen abgestrahlte Schallenergie insgesamt, dann stellt man bei einsetzender Richtwirkung eine Abnahme fest (Bild 3 b, unterbrochene Kurve). Der Übergang erfolgt allmählich, aber aus praktischen Gründen definieren wir eine Übergangsfrequenz f_1 . Werden der horizontale und der geneigte Teil der unterbrochenen Kurve in Bild 3 b verlängert, so schneiden sie einander bei dieser Frequenz. Es stellt sich heraus, daß bei dieser Frequenz die Wellenlänge der Schallwelle etwa gleich dem Umfang des Kolbens ist.

Wir gehen einen Schritt weiter und nehmen an, daß der starre Kolben die Form eines Lautsprecherkonus hat. Die Berechnung der Schallabstrahlung ist nun komplizierter. Bei höheren Frequenzen weicht die Strahlung von der des flachen Kolbens ab; hier ist die Tiefe des Konus ein nicht vernachlässigbarer Teil der Wellenlänge oder sogar größer als die Wellenlänge. Die Strahlung der einzelnen Teile des Konus trifft dann mit einer eindeutig unterschiedlichen Phase beim Beobachtungspunkt ein, auch wenn dieser auf der Achse des Lautsprechers liegt. Dies äußert sich in einem niedrigeren Schalldruck in diesem Punkt (siehe Bild 3 a, ausgezogene Kurve). Auch für den Anfang dieser letztgenannten Abnahme ist eine Übergangsfrequenz definiert; bei dieser Frequenz f_c beträgt die Länge der Schallwelle etwa das Dreifache der Konustiefe. Bei Konen mit einem gebräuchlichen Spitzenwinkel liegt f_c oberhalb von f_1 .

Biegsamer Konus

In Wirklichkeit ist ein Lautsprecherkonus alles andere als ein starrer Körper. Oberhalb bestimmter Frequenzen treten sowohl transversale als auch longitudinale Wellen im Konusmantel auf. Diese sind bei einem Kegel miteinander gekoppelt und bestimmen gemeinsam die Schwingungsfigur, die einen starken Einfluß auf die Luftverdrängung hat. Vergleichen wir die gemessene Frequenzcharakteristik von Bild 1 mit der errechneten ausgezogenen Kurve in Bild 3 a, dann zeigt uns die wirkliche Charakteristik, daß der

Lautsprecher noch bis zu viel höheren Frequenzen wirksam ist.

Im folgenden besprechen wir die Kopplung zwischen transversalen und longitudinalen Wellen; dabei stoßen wir auf eine merkwürdige Resonanzerscheinung, die bei einer ebenen Platte nicht auftritt und die das Verhalten des Konus als Strahler stark beeinflusst.

Zwei Arten von Wellen

Bei einer ebenen Platte beeinflussen die transversalen und die longitudinalen Wellen sich gegenseitig nicht. Beide Arten von Wellen pflanzen sich um so schneller fort, je steifer das Medium ist. Da die Platte gegenüber longitudinaler Kompression und Expansion viel steifer als gegenüber Biegung ist, pflanzen sich die longitudinalen Wellen viel schneller fort und sind infolgedessen viel länger als die BiegeWellen.

Bei einem Kegel ist die Situation komplizierter. Im allgemeinen können die beiden Wellenarten hier nicht unabhängig voneinander bestehen. Eine Verschiebung senkrecht zur Oberfläche hat eine Verschiebung in der Kegelfläche zur Folge, und umgekehrt. Wir wollen dies an einem konischen Ring erläutern, an dessen Innenrand eine gleichmäßig verteilte longitudinale Kraft F_l angreift (Bild 4 a). Diese Kraft führt zu einer longitudinalen Verschiebung u . Das bedeutet eine Vergrößerung des Ringdurchmessers; infolge der Dehnung tritt im Ring eine Zugkraft auf, die überall am Umfang tangential gerichtet ist. Für einen Teil des Ringes (Bild 4 b) resultieren die Zugkräfte an den Enden in einer Kraft F_e , die zum Mittelpunkt des Ringes gerichtet ist. Diese Kraft liegt in der Fläche des Ringes (Bild 4 c); sie kann in eine transversale Komponente F_t und eine longitudinale Komponente F_l' zerlegt werden. Im Gleichgewichtszustand ist die letztgenannte entgegengesetzt gleich der angelegten Kraft F_l . Die angelegte longitudinale Kraft F_l hat also eine transversale Kraft F_t zur Folge, wobei deren Größe vom Spitzenwinkel des Kegels abhängt.

Beide Wellenarten breiten sich sowohl von der Spitze des Kegels zum Rand und zurück, als auch an kreisförmigen Bahnen parallel zum Umfang des Kegels aus. Die von innen nach außen laufenden Wellen werden am Rand reflektiert wie auch am Ort des Antriebs. Bei bestimmten Frequenzen treten Stehwellen auf (Bild 5 a); die Knotenlinien erscheinen dabei als konzentrische Kreise. Diese Stehwellen treten erst bei höheren Frequenzen auf und haben einen starken Einfluß auf die Schallabstrahlung.

Bei der Wellenfortpflanzung in Kreisbahnen treten Stehwellen bei jenen Frequenzen auf, wo die Länge einer Kreisbahn gerade zwei oder mehr Wellenlängen beträgt (Bild 5 b). Dabei entstehen diametrale Knotenlinien. Da der Konus für umlaufende BiegeWellen nicht steif ist, ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit klein und treten diese stehenden Wellen schon bei tiefen Frequenzen auf; bei einem üblichen Lautsprecher mit einem Durchmesser von 20 cm beispielsweise schon bei rd. 100 Hz. Die Schallabstrahlung beeinflussen sie kaum, weil die sich gegenphasig bewegenden Konusteile so nahe beieinander liegen, daß ihre Wirkung sich bei den hier beteiligten tiefen Frequenzen praktisch gegenseitig aufhebt; man spricht auch von einem „akustischen Kurzschluß“. Aus diesem Grund wollen wir auf diese Schwingungsform nicht weiter eingehen.

Ein merkwürdige Resonanzerscheinung

Wenn der Konus einen Kegelstumpf bildet, hat er einen Innen- und einen Außenrand; der Antrieb erfolgt am Innenrand. Treffen die vom Innenrand ausgehenden Wellen nach der Reflexion am Außenrand wieder gleichphasig am Innenrand ein, dann vergrößern sie dort die Amplitude; man spricht dann von einer Resonanz. Umgekehrt gibt es auch Frequenzen, bei denen sie gegenphasig am Innenrand eintreffen, so daß sie dort der Bewegung entgegenwirken; dann spricht man von einer Antiresonanz. Dies gilt sowohl für longitudinale Wellen als auch für BiegeWellen, und es gilt nicht nur für einen Kegel, sondern auch für einen ebenen Ring.

Bei einem Kegel tritt durch die Kopplung zwischen der longitudinalen und der transversalen Bewegung eine Antiresonanz auf, die bei einem ebenen Ring fehlt. Die Frequenz, bei der diese Antiresonanz auftritt, ist eine für den Kegel charakteristische Frequenz; nur oberhalb der Frequenz treten BiegeWellen auf.

Um ein Bild von dieser Schwingungsform eines Kegels zu erhalten, betrachten wir einen schmalen konischen Ring, an dem, ebenso wie in Bild 4, eine longitudinale Kraft F_l angreift (Bild 6). Jetzt nehmen wir jedoch an, daß F_l eine sinusförmig wechselnde Kraft ist, so daß die Trägheit berücksichtigt werden muß.

Wir beginnen damit, daß wir uns eine Eigenschwingung des Ringes vorstellen, wobei dieser nur abwechselnd größer und kleiner wird; der Ring bewegt sich dabei in seiner Ebene, und

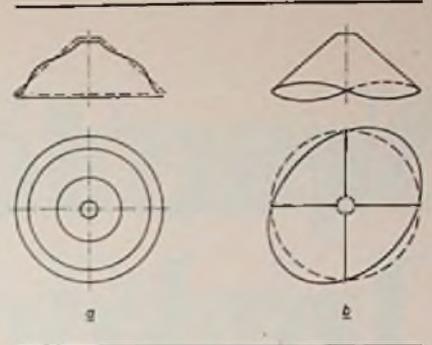
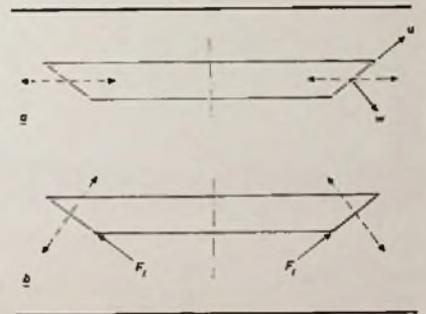


Bild 5. Konus mit stehenden Wellen, die von Innen nach außen und zurück laufen (a), bzw. umlaufen (b). Die in (b) dargestellten Schwingungsformen strahlen wenig Schall ab.

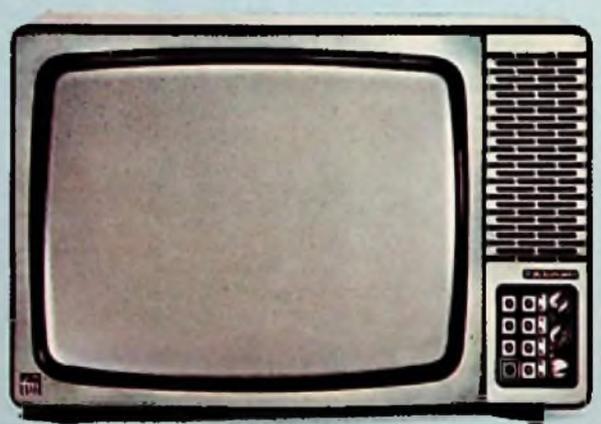
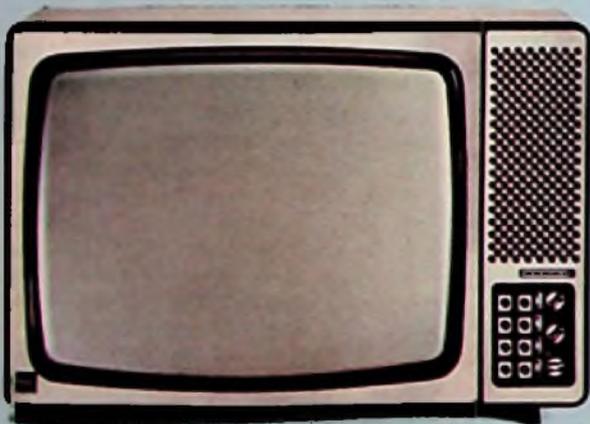
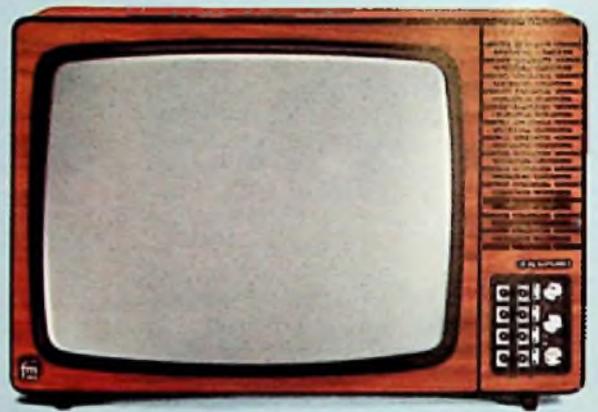
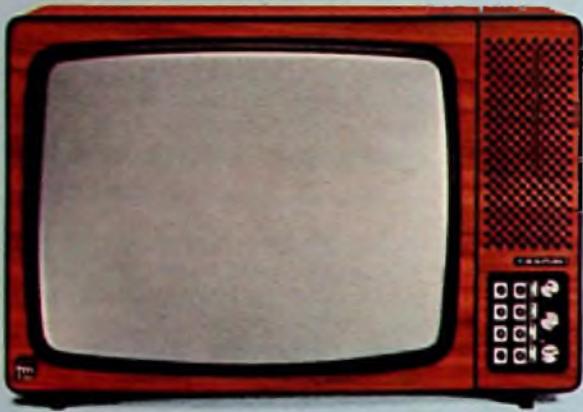
Bild 6. Schwingungsform eines konischen Rings bei Resonanz (a) und Antiresonanz (b). u longitudinale und w transversale Verschiebung. Bei der Antiresonanz ist trotz des Antriebs durch eine longitudinale Kraft F_l die longitudinale Verschiebung gleich Null.



der Schwerpunkt bleibt an seinem Platz (Bild 6 a). Die Elastizität des Ringes liefert hier die Feder des Masse-Feder-Systems; diese Eigenschwingung tritt bei der Ring-Resonanzfrequenz f_r auf. Hat die antreibende Kraft F_l diese Frequenz, dann würden, wenn wir die Dämpfung außer Betracht ließen, sowohl die longitudinalen Verschiebungen u als auch die transversalen Verschiebungen w unendlich groß werden, und damit also auch die Geschwindigkeitsamplituden in beiden Richtungen. Die mechanische Impedanz, die als Kraft durch Geschwindigkeit definiert ist, würde bei dieser Geschwindigkeit Null sein.

Diese Schwingungsform ist nicht spezifisch für einen konischen Ring; sie tritt auch bei Ringen mit einem anderen Querschnitt auf. Bei der bereits genannten Antiresonanz, die nur bei einem konischen Ring vorkommt, und zwar bei einer Frequenz f_0 unterhalb

Blaupunkt macht die Neue Technik und bewä Im kompakten Format



Den neuen Kompakten gibt es in 5 Ausführungen.

Links: Neu im Ideal-Sortiment.
Blaupunkt Jamaica Color.
Nußbaumfarben, silbermetallic und
anthrazitmetallic.

Rechts: Neu im Optimal-Sortiment.
Blaupunkt Java Color.
Nußbaumfarben und stahlblau/silbermetallic.

51-cm-Klasse interessant.

harteres FM 100-Konzept. zum kompakten Preis.

Viele Leute haben sich bisher keinen Farbfernseher gekauft, weil ihnen ein großer zu groß und zu teuer und ein Portable zu klein ist. Der neue Kompakte von Blaupunkt bietet mit seinem 51-cm-Bild den ganzen Spaß am Farbfernsehen. Im kompakten Format. Zum kompakten Preis.

Seine Maße: Höhe 40,2 cm, Breite 59,4 cm, Tiefe 44,7 cm. Dieses Format hat der Kompakte seinem durchdachten technischen Aufbau zu verdanken.

Die Premiere der energiesparenden SSVD*-Schaltung.

Der neue Kompakte von Blaupunkt ist der einzige Farbfernseher mit der SSVD-Schaltung. Diese neue Schaltung hat nur Blaupunkt in Farbfernsehgeräten. Zusammen mit der RGB-Gegentakt-Endstufe hält sie den Stromverbrauch unter 100 Watt. Das ist weniger, als die meisten deutschen Farbfernseher dieser Klasse brauchen. Und das bei voller Bild- und Farbleistung. Die Vorteile der neuen Schaltungstechnik:

1. Weniger Leistungsaufnahme = weniger Stromverbrauch.
2. Weniger Verlustwärme = Moduln und Bauteile bleiben kühler, leben deshalb länger.



Der neue Kompakte hat die Zuverlässigkeit vom großen Blaupunkt FM 100.

Der Kompakte ist die gelungene Kombination des bewährten FM 100-Konzepts mit der neuen Schaltungstechnik. Hier sein technischer Steckbrief:

Das Bewährte aus der FM 100-Technik.

- Selbstkonvergierende „Precision-Inline“-Röhre. Ohne Regler
- stabilisierte Bildröhrenheizung
- Netztrennung
- Schaltnetzteil mit extrem großem Stabilisierungsbereich 180 bis 265 V
- elektronische Schutzschaltung
- Computerprüfung von Moduln
- Dickschichtschaltungen reduzieren die Bauteilezahl
- VDE-Zeichen
- nachrüstbar für PAL-Secam (Ost), tv-action-Bildschirmspiele, CATV-Tuner, AV-Modul.

+ Das Neue.

- Energiesparende SSVD-Schaltung
- energiesparende RGB-Gegentakt-Endstufe
- noch mehr Dickschichtschaltungen
- nachrüstbare Antenne

Diese Weiterentwicklung nennen wir unter Fachleuten FM 100-K. Die Summe von Bewährtem und Neuem: Ihr Verkaufserfolg.

Blaupunkt-Farbfernseher. Vielleicht gibt es wirklich keinen zuverlässigeren..?

* SSVD = synchronized switched vertical deflection (synchrongeschaltete Vertikal-Ablenkung).

 **BLAUPUNKT**

BOSCH Gruppe

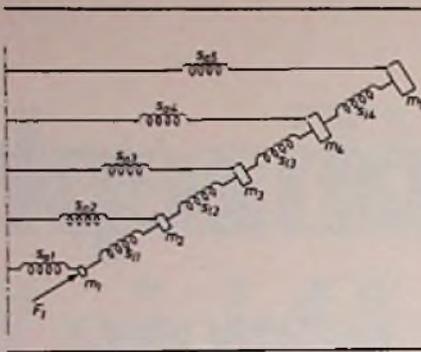


Bild 7. Darstellung eines Konus als System von Massen m und Federn mit Stiffigkeiten s_1 in longitudinaler Richtung und s_2 in seitlicher Richtung. Von Innen nach außen werden die Massen immer größer und die Federn s_0 immer schwächer.

von $f_{r,i}$ ist die longitudinale Amplitude jedoch trotz des longitudinalen Antriebs klein (im theoretischen Fall ohne Dämpfung sogar Null; Bild 6 b). Die Frequenz $f_{r,0}$ nennen wir die Ring-Antiresonanzfrequenz. Die Kraft F_1 unterliegt hier einer großen (ohne Dämpfung einer unendlich großen) mechanischen Impedanz. Trotzdem hat diese Antiresonanz einen longitudinalen Charakter, denn der Umfang des Ringes wird abwechselnd größer und kleiner. Diese longitudinale Antiresonanz läßt sich auch als eine transversale Resonanz der Ringmasse und der transversalen Komponente der durch die Elastizität des Ringes gebildeten Feder darstellen. Bei dieser Bewegungsform bleibt der Schwerpunkt des Ringes nicht an seinem Platz; es liegt hier also nicht eine freie Eigenschwingung des Ringes vor, sondern eine erzwungene Schwingung, die nur bei dem hier beschriebenen longitudinalen Antrieb auftreten kann. Die axiale Komponente der Antriebskraft sorgt – entsprechend dem Newtonschen Gesetz – für die Bewegung des Schwerpunkts.

Die beschriebenen Resonanzerscheinungen galten für nur einen Ring. Wir betrachten den Lautsprecherkonus nun näherungsweise als ein System von miteinander verbundenen konischen Ringen. Jeder Ring kann durch eine konzentrierte Masse und eine Feder dargestellt werden, so daß der gesamte Konus stark vereinfacht als ein System von Massen und Federn wiedergegeben werden kann (Bild 7). Jeder dieser Ringe kann in seiner Antiresonanzfrequenz $f_{r,0}$ angeregt werden. Die transversale Amplitude wird dann groß. Für den äußersten Ring liegt $f_{r,0}$ am

tiefsten, da dieser Ring die größte Masse und die schwächste Feder hat. Bei steigender Frequenz wandert die Resonanzerscheinung allmählich nach innen und kommt schließlich am Innenrand an. Der in Resonanz befindliche Ring markiert einen Übergangskreis. Auf dem Konusteil innerhalb dieses Kreises, der steifer ist, treten hauptsächlich longitudinale Wellen auf, auf dem Teil außerhalb davon, der relativ schlaff ist, hauptsächlich BiegeWellen. Auf dem Übergangskreis selber findet ein Energieaustausch zwischen longitudinalen und BiegeWellen statt.

Die Frequenz, bei der die Resonanz am äußeren Rand beginnt, nennen wir $f_{i,0}$. Bei der Frequenz $f_{i,i}$ hat die Resonanz den Innenrand erreicht, der gesamte Konus ist dann mit BiegeWellen bedeckt.

Für das Schwingungsverhalten eines Konus ist die longitudinale Versetzung u_i am Innenrand sehr wichtig. Bestünde der Konus nur aus einem einzigen Ring, dann würde diese Verschiebung bei der Antiresonanzfrequenz $f_{r,0}$ des Ringes gleich Null. Ein realer Konus kann durch einen Ring angenähert werden, dessen Radius gleich dem Außenradius R_0 des Konus ist und der durch einen verhältnismäßig steifen Teil mit dem Innenrand des Konus verbunden ist. Dieser steife Teil überträgt die Kraft auf den äußeren Ring, liefert aber einen Beitrag zur Masse des Ganzen. Deshalb ist für den ganzen Konus die Frequenz $f_{i,0}$, bei der u_i Null ist, niedriger als die Antiresonanzfrequenz $f_{r,0}$ des äußeren Ringes an sich. Der Unterschied ist allerdings nicht groß, und häufig kann $f_{i,0}$, dessen Wert sich viel leichter berechnen läßt, anstelle von $f_{r,0}$ verwendet werden. Letzterer läßt sich nur mit Hilfe der Bewegungsgleichungen des Konus als Ganzes numerisch berechnen.

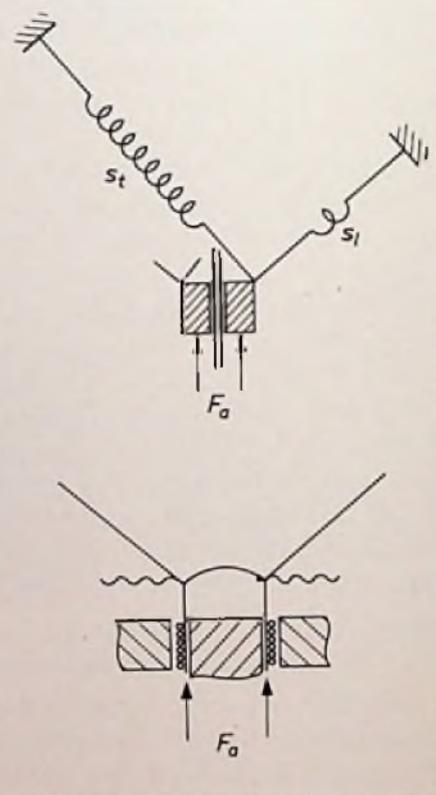
Berechnung der Konusschwingungen

Die Darstellung in Bild 7 ist selbstverständlich eine grobe Vereinfachung. In Wirklichkeit greifen an einem Element des Konusmantels nicht nur Zugspannungen, sondern auch Biegemomente an. Außerdem ist eine Dämpfung vorhanden, und zwar sowohl durch die Abstrahlung akustischer Energie als auch durch innere Verluste im Material des Konus und der Konusaufhängung. Wollen wir alle diese Faktoren berücksichtigen, dann sind die bis jetzt von uns verwendeten einfachen Modelle unbrauchbar. Uns bleibt keine andere Wahl als eine vollständige Behandlung mit mathematischen Mitteln. Eine Beschreibung, die alle Kräfte und Mo-

mente, jedoch nicht die Dämpfung, berücksichtigt, enthält acht simultane gewöhnliche Differentialgleichungen erster Ordnung mit acht Unbekannten.

Lassen wir die Schwingungsmoden mit diametralen Knotenlinien (Bild 5 b) außer Betracht, weil sie wenig zur Schallabstrahlung beitragen, so können wir das System auf sechs simultane Differentialgleichungen zurückführen. Die darin enthaltenen sechs Unbekannten werden alle als Funktion der Koordinate x auf einer erzeugenden Linie des Konus ausgedrückt (an der Spitze des Konus ist x Null, am Innenrand a und am Außenrand b). Bei der Lösung der sechs Gleichungen werden an jedem Rand des Konus drei Randbedingungen gestellt. Die Lösungsmethode ist eine direkte numerische

Bild 8. Darstellung der mechanischen Impedanz, die eine axiale Kraft F_0 am Innenrand eines Konus erfährt. Diese Impedanz wird durch die gleichzeitige Wirkung zweier Federn dargestellt. s_1 Impedanz für transversale Bewegungen. s_2 Impedanz für longitudinale Bewegungen. Der Innenrand kann sich nur in axialer Richtung bewegen. Die longitudinale Impedanz ist in der Praxis am größten und ist maßgebend für die Ausschläge.



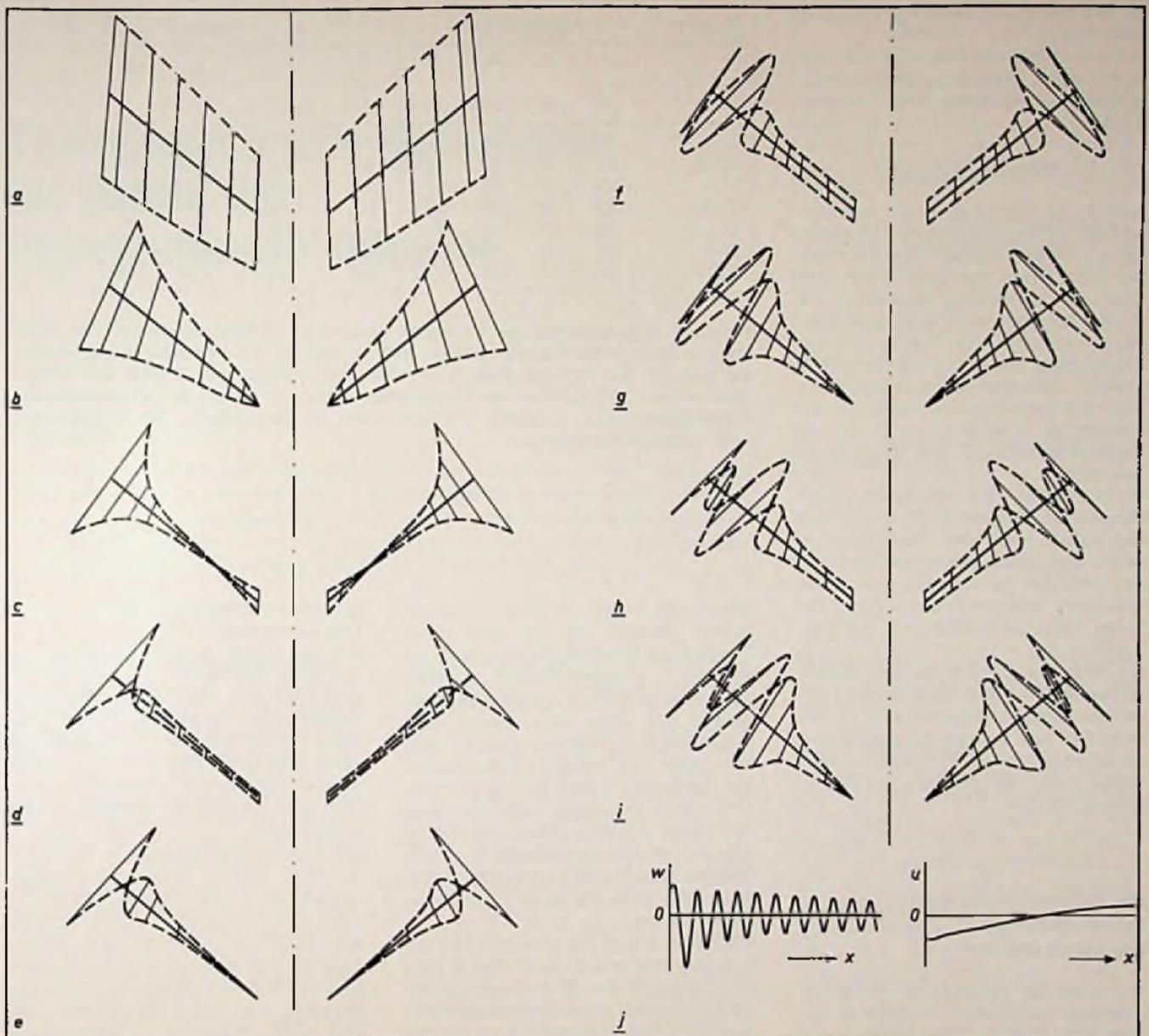


Bild 9. Schwingungsfiguren, zusammengesetzt aus den berechneten transversalen Verschiebungen w und longitudinalen Verschiebungen u auf Konus 50.1 (vgl. Tabelle I). Die Figuren sind nicht im gleichen Maßstab gezeichnet.

Integration [2], die für eine große Zahl unterschiedlicher Frequenzen durchgeführt wird. Wenn wir auch die Dämpfung in Rechnung stellen, werden alle grundlegenden Variablen komplexe Zahlen; es liegen dann zwölf Differentialgleichungen und zwölf Randbedingungen vor. Bei den im folgenden beschriebenen Ergebnissen wurde in einigen Fällen die Dämpfung berücksichtigt.

Die Randbedingungen ergeben sich direkt aus der Konstruktion des Lautsprechers. Der Innenrand des Konus ist durch einen steifen Leimrand mit der Schwingspule verbunden, und die Zentrierung läßt nur eine axiale Bewegung zu. Wir nehmen deshalb an, daß der Innenrand des Konus in einem unendlich steifen Ring ohne Masse eingeklemmt ist, und daß die Bewegungen dieses Ringes rein axial sind. Letzteres

bedeutet ein festes Verhältnis der transversalen und longitudinalen Amplitude am Innenrand; dies ist eine der Randbedingungen. Eine andere Randbedingung hängt mit der Einklemmung des Innenrandes zusammen ($\delta w / \delta x = 0$); die dritte Randbedingung ist das Kräftegleichgewicht an dieser Stelle. Bei der Aufstellung der Randbedingungen für den Außenrand geht man davon aus, daß dieser in seinen Bewegungen frei

ist; alle Kräfte und Momente sind dort gleich Null.

Es kann abgeleitet werden, daß die mechanische Impedanz, die die axial gerichtete antreibende Kraft erleidet, durch

$$Z_0 = Z_t \sin^2 \alpha + Z_l \cos^2 \alpha$$

gegeben ist. Hierin ist Z_t die transversale und Z_l die longitudinale Impedanz, die am Innenrand des Konus vorhanden wäre, wenn der steife Ring nicht wäre. Die transversale Impedanz, die mit der Biegung des Konus zusammenhängt, ist meist viel kleiner als die longitudinale Impedanz, die durch Expansion und Kompression in der Fläche des Konusmantels verursacht wird. Deshalb ist in erster Linie Z_l für die Bewegungsamplitude des Innenrandes bestimmend.

In Bild 8 ist dies anschaulich dargestellt. Die Impedanzen Z_t und Z_l sind durch Federn mit den Steifigkeiten s_t und s_l dargestellt. Bereits aus dem Bild geht deutlich hervor, daß die axiale Bewegung hauptsächlich von s_l abhängt, wenn die Steifigkeit s_t viel kleiner als s_l ist.

Die federnde Aufhängung des Außenrandes wird in den Rechnungen nicht berücksichtigt. Stattdessen wird für die normalerweise auf sie zurückzuführende innere Dämpfung ein größerer Wert angenommen, als das Konusmaterial in Wirklichkeit hat.

Die Schwingungsfiguren in verschiedenen Frequenzbereichen

Wir haben die transversalen und longitudinalen Ausschläge für einen Konus berechnet, dessen Eigenschaften einem Beispiel aus der Praxis entlehnt wurden. Wir wollen ihn als Konus 50.1 bezeichnen; die Zahl 50 gibt den halben Spitzenwinkel in Grad an (für die Abmessungen und die Materialeigenschaften, siehe Tabelle I). Der Einfachheit halber wurde die innere Dämpfung des Materials vernachlässigt ($D = 0$).

Aus der transversalen Amplitude $w(x)$ und der longitudinalen Amplitude $u(x)$ haben wir eine für Anzahl Punkte auf dem Konus grafisch die Größe und die Richtung der resultierenden Bewegung bestimmt. Auf diese Weise entstehen Schwingungsfiguren eines Konusschnittes (Bild 9 a bis i). Es lassen sich drei Frequenzbereiche unterscheiden. Der erste (Frequenzbereich I) enthält die Frequenzen bis zum Auftreten des Übergangskreises am Außenrand des

Nummer	Abmessungen				Material				
	α (°)	R_i (mm)	R_o (mm)	h (mm)	E (10^9 N/m ²)	ρ (kg/m ³)	ν	D	
50.1	50	17	83	0,23	2	600	0,3	0,1	
50.2e	50	17	83	0,23	2,4	1200	0,35	0,014	PC
50.3	50	17	83	0,23	2,2	1160	0,3	0,1	
50.3e	50	17	83	0,27	2,2	1160	0,34	0,06	CAB
60.1	60	17	83	0,1	2	600	0,3	0,1	
60.2	60	17	83	0,26	2,2	1160	0,3	0,1	
60.2e	60	17	83	0,26	2,2	1160	0,34	0,06	CAB

Tabelle I. Eigenschaften der im Artikel genannten Lautsprecherkonen. Der Buchstabe e hinter einer Nummer gibt an, daß es sich um ein Versuchsmodell handelt; die übrigen sind Rechenbeispiele. α halber Spitzenwinkel. R_i Radius des Konusinnenrandes. R_o Radius des Konusaußenrandes. h Dicke des Konusmaterials. E Elastizitätsmodul. ρ Dichte. ν Poisson-Zahl. D Verlustfaktor. PC Polycarbonat. CAB Cellulose-Acetobutyrat.

Konus; das ist bis zur Frequenz f_{10} . In diesem Bereich gibt es noch keine Biegewellen auf dem Konus. Diese erscheinen in Frequenzbereich II, worin der Übergangskreis allmählich vom Außen- zum Innenraum wandert. Der innere Teil des Konus bewegt sich noch mehr oder weniger homogen. Bei der Frequenz f_{1i} hat der Übergangskreis den Innenrand erreicht; hier liegt die obere Grenze des Frequenzbereichs II. Im Frequenzbereich III ist der Übergangskreis des Konus verschwunden und der ganze Konus mit Biegewellen bedeckt.

Die Bilder 9 a, b und c zeigen Figuren aus Frequenzbereich I. In Bild 9 a ist das Schwingungsverhalten bei 1000 Hz dargestellt. Bei dieser verhältnismäßig niedrigen Frequenz bewegt der Konus sich in erster Näherung noch wie ein starrer Körper. Bei steigender Frequenz nehmen die Amplituden am Innenrand ab und am Außenrand zu; bei der Ring-Antiresonanzfrequenz $f_{10} = 1870$ Hz ist die longitudinale Amplitude am Innenrand gleich Null geworden; wegen der angenommenen Streifigkeit des Innenrandes erscheint dieser Nullpunkt auch bei der transversalen Amplitude (Bild 9 b). Steigt die Frequenz weiter, wandert der Knotenkreis zum Außenrand (Bild 9 c, 2200 Hz). Die obere Grenze f_{10} von Bereich I liegt bei 2250 Hz.

Oberhalb von f_{10} treten auf dem Konus bei bestimmten Frequenzen stehende Biegewellen auf; wir unterscheiden Biegeresonanzen, bei denen $u(a)$ und $w(a)$ gegen Unendlich gehen, und Bie-

ge-Antiresonanzen, bei denen $u(a)$ und $w(a)$ gleich Null sind.

Bei der ersten Biegeresonanzfrequenz f_{b1} (2360 Hz) werden w und u sehr groß (Bild 9 d). Bei der ersten Biege-Antiresonanzfrequenz f_{ba1} (2418 Hz) weist $w(x)$ einen neuen Knotenkreis auf dem Innenrand (Bild 9 e) auf; dieser wandert bei weiter ansteigender Frequenz ziemlich schnell in Richtung des Außenrandes.

Die Schwingungsfiguren bei der zweiten und dritten Biegeresonanz und -antiresonanz sind in den Bildern 9 f bis i dargestellt. Die Figuren zeigen alle dasselbe allgemeine Bild: Innerhalb des Übergangskreises ist die Wellenlänge auf dem Konus lang und die Bewegung in etwa axial, weil $u(x)$ und $w(x)$ von derselben Größenordnung sind; außerhalb dieses Kreises wird die Schwingungsamplitude hauptsächlich durch die viel kürzeren Biegewellen bestimmt, die eine viel größere Amplitude als die longitudinalen Wellen haben.

Im Frequenzbereich III nimmt die Kopplung zwischen den Biegewellen und den longitudinalen Wellen ab. Die Wellenlänge der Biegewellen, die nun den ganzen Konus bedecken, stimmt in etwa mit derjenigen auf einer unendlich ausgedehnten ebenen Platte überein. In Bild 9 j mußten die transversalen und die longitudinalen Bewegungen bei $f = 13000$ Hz getrennt dargestellt werden, weil in diesem Fall die kombinierte grafische Darstellung keine übersichtliche Schwingungsfigur ergibt. (Fortsetzung folgt)

Kunststoffe

Thermoplastische Materialien für Geräte der Unterhaltungselektronik

Teil 2

Erwin Heitz, Daisendorf

Elektrotechnik und Elektronik sind ohne Kunststoff nicht mehr vorstellbar. Dieser Beitrag behandelt die Anwendungsmöglichkeiten und geht auf Eigenschaften und Verarbeitung ein. Der Verfasser beschränkte sich auf die Thermoplaste, die allerdings einen weiten Anwendungsbereich haben. Die Darstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Polyurethan – Integralschaum

Ein weiterer Werkstoff, der auch für Gehäuse verwendet wird, ist Baydur, ein harter Polyurethanschaum der Bayer AG. Produktmerkmale sind hohe Steife bei niedrigem Gewicht. In Tabelle 2 sind seine wichtigsten mechanischen Eigenschaften aufgeführt. Er ermöglicht die Herstellung von Formteilen mit 5...100 mm Dicke in einem Arbeitsgang. Selbst die Fertigung von dreidimensional verformten Teilen führt nicht zu Komplikationen. Die Herstellung von Großteilen bis zu 100 kg ist möglich; Armierungen aus Holz, Metall oder anderen Werkstoffen können eingeschäumt werden. Formteile aus Baydur haben eine helle, hellgelbe bis dunkelbraune Eigenfarbe. Je nach Oberflächenbeschaffenheit der Werkzeuge sind hochglänzende oder strukturierte Oberflächen herstellbar; es ergeben sich geschlossene, direkt lackierfähige Oberflächen.

Baydur besteht aus einem Polyol (Desmophen), einem Isocyanat (Desmodur) und einem Treibmittel. In einem Dosiergerät werden diese drei Ausgangsstoffe gemischt, das Reaktionsgemisch wird drucklos in beheizte Metallformen gefüllt. Der Füllungsgrad des Werkzeugs hängt von der Dichte ab und ist zwischen 20...60% variierbar. Das Reaktionsgemisch schäumt auf und bildet das Formteil mit geschlossener Randzone. Der beim Schäumen entstehende Druck liegt – je nach System und Treibmittel-Anteil – zwischen 15 ... 30 Kp/cm². Baydur verbindet hohe Festigkeit mit niedrigem Gewicht. Die mechanischen Werte sind in der Tabelle zusammengefaßt. Der Werkstoff weist in seinem akustischen Dämpfungsverhalten bessere Eigenschaften auf als Holz (Bild 6). Baydur steht als Werkstoff gleichwertig neben Holz, Metall, GFK und ähnlichen Materialien. Eingesetzt wird es vor allem für Fernseh- und

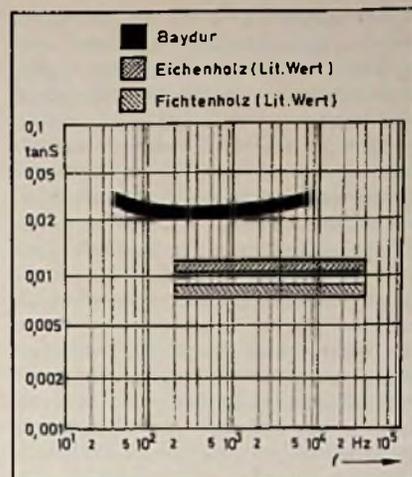


Bild 6. Akustisches Dämpfungsverhalten von Baydur

Radiogehäuse sowie Lautsprecherboxen, Zargen für Plattenspieler und Tonbandgeräte.

ABS-Polymerisat

Ein weiterer Chemiewerkstoff für die Elektrotechnik ist das ABS-Polymerisat. Hervorragende Eigenschaften sind Zähigkeit, Formstabilität, die Möglichkeit einer antistatischen Einstellung und bei bestimmten Typen die chemogalvanische Metallisierbarkeit. ABS-Polymerisate sind Werkstoffe, die nach „Maß“ auf den jeweiligen Anwendungszweck abstimmbare sind. Novodur, das ABS-Polymerisat der Bayer AG, besitzt Vorzüge im Verhältnis zwischen Härte, Steife und Schlagzähigkeit bei hoher Wärmeform- und Chemikalienbeständigkeit mit entsprechender Oberflächengüte. Wird eine kautschukelastische Phase, beispielsweise ein Copolymerisat aus Butadien und Acrylnitril durch Mischen

Tabelle 2. Die mechanischen Eigenschaften verschiedener Typen von Baydur

Baydur	Schwund %	Biegefestigkeit KN/cm ²	E-Modul KN/cm ²	Bruchdehnung %	Zugfestigkeit KN/cm ²	Formbeständigkeit in der Wärme °C	Anwendungsbereich Dichte g/cm ³
B 611/44 P 90	ca. 0,4	4	115	12	1,8	72	0,4–0,7
B 631/44 V 10	ca. 0,6	4	95	8	1,8	102	0,4–0,7
B 641/44 V 10	ca. 0,7	4	84	8	2,0	120	0,2–0,7
DD 1658/44 V 10	ca. 0,7	5,5	115	6	2,2	115	0,4–0,7
DD 1665/44 V 10	ca. 0,7	5	110	5	1,9	95	0,2–0,7
DD 1665/44 P 90	ca. 0,7	5,5	120	10	2,0	82	0,2–0,7

in eine kohärente Phase, in ein Copolymerisat aus Styrol und Acrylnitril eingebettet, handelt es sich um einen ABS-„Mischtyp“. Durch Ppropf(co)polymerisation von Polybutadien mit einem monomeren Styrol und Acrylnitril entsteht ein „Propftyp“. Ein ABS-Ppropf-polymerisat besteht aus einer kautschukelastischen Phase, beispielsweise aus einem gepropften Polybutadien und einer kohärenten Harzphase, z. B. einem Copolymerisat aus Styrol-Acrylnitril.

Die elektrischen Werte der Novodur-Stoffe reichen in den meisten Fällen für die Schwachstromtechnik aus. Zu vermerken ist, daß sich die Ppropftypen etwas günstiger verhalten als die Mischtypen.

Formteile aus ABS-Polymerisaten weisen unmittelbar nach dem formgebenden Herstellungsprozeß eine elektrostatische Aufladung auf. Bei den mit „AT“ gekennzeichneten Stoffen klingt diese elektrostatische Aufladung jedoch schnell ab. Dieser antistatische Charakter bleibt auch während einer langen Gebrauchsdauer erhalten. Das gute mechanische Dämpfungsverhalten von Novodur und anderen ABS-Polymerisaten, das von einem hohen Wert des mechanischen Verlustfaktors $\tan \delta$ bestimmt wird, bedingt ein günstiges akustisches Verhalten (siehe Bild 7). Damit ist das Material für die Produktion von Gehäusen für Tonwiedergabegeräte sehr geeignet. Typische Bauteile sind Radio-, Fernseh- und Lautsprechergehäuse, Plattenspieler- und Tonbandzargen, Fernsehantennenteile, Ton-

bandkassetten, Mikrofonteile, Bedienungsknöpfe, Zierrahmen, Tonbandabdeckungen.

Thermoplastische Zelluloseester

Eigenschaften und Charakteristiken thermoplastischer Zelluloseester sind hohe mechanische Festigkeit, gute Lichtbeständigkeit, Selbstpoliereffekt, hoher Oberflächenglanz, antistatisches Verhalten. Neben den mechanischen werden vielfach die optischen Eigenschaften des Materials genutzt. Cellidor, der thermoplastische Zelluloseester von Bayer, wird für Zierleisten bevorzugt. Die Leisten bestehen aus transparentem Material mit eingelegten Aluminiumfolien. Je nach Einfärbung des Materials lassen sich unterschiedliche Metalleffekte hervorrufen: Chrom, Kupfer, Messing, Gold, Silber oder Edelstahl. Die Aluminiumfolie kann bedruckt, geprägt oder mattiert werden, damit sind weitere Effekte herzustellen. Der antistatische Charakter des Materials verhindert elektrostatische Ladungen.

Die Zelluloseester werden im Spritzguß-, Extrusions- oder Thermoformverfahren verarbeitet. Formteile sind dauerhaft miteinander zu verkleben; mit Lösungsmittel problemlos und dies trifft für die Zellulosepropionat- und Acetobutyrat-Typen zu. Mit 2-Komponenten-Kleber können sie mit anderen Kunststoffen verbunden werden. Der Kunststoff läßt sich außerdem mit den im Kunststoffbereich üblichen Ver-

fahren verschweißen – jedoch ist dem Kleben eine Vorrangstellung eingeräumt. Neben Bohren, Sägen, Stanzen, Drehen und Fräsen lassen sich Formteile lackieren, drucken, prägen, metallisieren. Beim Lackieren ist eine Vorbehandlung überflüssig. Durch die Lackierung wird jedoch die mechanische Festigkeit reduziert. Besonders tritt dieser Effekt bei stark lösenden Lacken mit leicht siedenden Lösungsmitteln auf.

Cellidor-Platten und -Folien können im Vakuumverformungs- und Preßluftverfahren scharfkantig verformt werden. Diese Umformtechnik wird zur Herstellung spannungsfreier Fertigteile angewandt, die ein Optimum an mechanischer Festigkeit, Verzugsfreiheit, Wärmestandfestigkeit und optischer Klarheit haben. Die Plattenware wird im plastischen Bereich umgeformt.

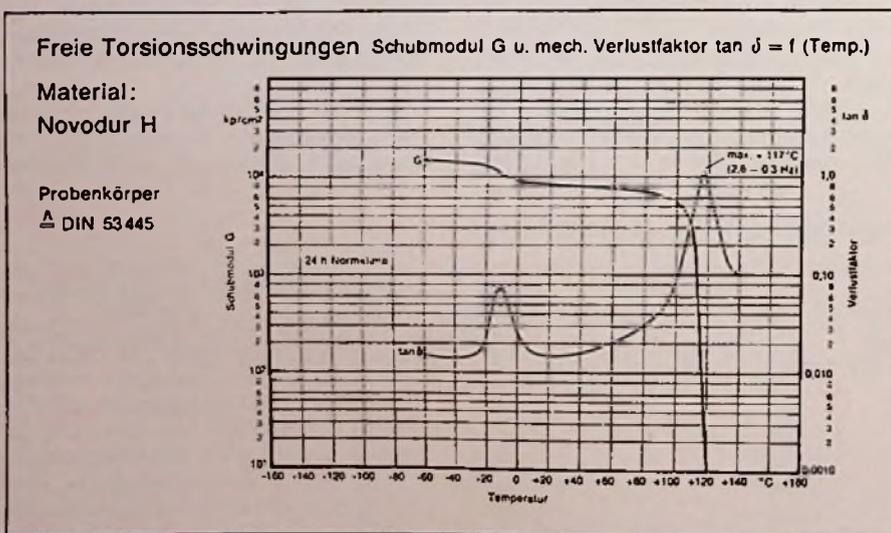
Polycarbonat

Bevorzugte Anwendungsgebiete für Polycarbonate sind unter anderem Elektronik und Elektrotechnik, Optik, Maschinen- und Apparatebau wie auch die Feinwerktechnik. Makroion, Markenbezeichnung für das Polycarbonat der Bayer AG, zeichnet sich nicht nur durch Festigkeit aus, sondern auch durch Schlagzähigkeit und Härte, Wärmeformbeständigkeit und gute Oberflächenqualität. Wesentlich bei diesem Chemiewerkstoff ist, daß die guten elektrischen Eigenschaften weder durch Temperatur noch durch Feuchtigkeit beeinflusst werden. Ein weiterer Vorteil von Polycarbonat ist, daß der Werkstoff keine elektrolytische Korrosion hervorruft. Der thermische Ausdehnungskoeffizient liegt unter jenem vieler anderer Thermoplaste. Bei verschiedenen glasfasergefüllten Polycarbonaten nähert sich der Ausdehnungskoeffizient den Werten von Leichtmetall-Legierungen. Anwendungen: Gehäuse, Bandwickelteller, Ablenkeinheiten und Zeilentrafo-Spulenkörper, Wicklungsträger, Spulenkörper, Klemm- und Steckkontaktleisten, Drucktasten, Signal- und Kontrollleuchten-Abdeckungen. Mit dem Material in seiner schwerentflammaren Ausführung (Makrofol SN) werden neuerdings alle Isolierfolien für die Elektrotechnik hergestellt [1].

Polyesterfolie

Die Polyesterfolie Mylar [2] von Du Pont hat Eigenschaften, die sie zur Verwendung in vielen Bereichen geeignet macht. Neben der großen Festigkeit von Mylar, die auch mit der Zeit nicht geringer wird, ist die Folie feuchtigkeitsbeständig und hält Temperaturen

Bild 7. Mechanisches Dämpfungsverhalten des ABS-Polymerisats Novodur



	Typischer Wert		Masseinhalt	Prüfverfahren	
	Typ A 23µm 1750	Typ T 25µm 2800			
MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN	Zugfestigkeit		kg/cm ²	ASTM D-882-64T (100% / Minute)	
	Erforderliche Spannung für 5%ige Dehnung	1050	1750	kg/cm ²	
	Bruchdehnung	120	40	%	
	Zugmodul	38 500	56 000	kg/cm ²	
	Schlagzähigkeit	240	240	kg x cm/mm	Pneumatischer Schlagversuch nach Du Pont
	Falzfestigkeit	14 000		Falzzahl	ASTM D-2178-63T (1 kg Belastung)
	Wetterrissefestigkeit (Elmendorf)	600	480	g/mm	ASTM-1922-61T
	Einreißfestigkeit (Graves)	300	155	kg/cm	ASTM D-1004-61T
	Berstfestigkeit (Mullen)	4,6	3,9	kg/cm ²	ASTM D-774-63T
	Dichte	1,395	1,377	g/cm ³	ASTM D-1505-63T
	Kinellischer Reibungskoeffizient (Folie/Folie)	0,45	0,38	—	ASTM D-1894-63
	Verformung unter Belastung	0,11		%	ASTM D-621-64 Verfahren A, 225 kg Belastung
THERMISCHE EIGENSCHAFTEN	Schmelzpunkt	>250	>250	°C	Fischer-Johns Schmelzpunktbestimmungs-Apparat
	Nullfestigkeitstemperatur **	248	248	°C	Heißer Stab (Du Pont Prüfverfahren)
	Wärmedruckprobe ***	230/270	230/270	°C	ASTM D-876-61
	Linearer Wärmeausdehnungskoeffizient (30°C-50°C)	1,7 x 10 ⁻⁵		cm/cm x °C	ASTM D-696-44 Modifiziert
	Wärmeleitfähigkeit	3,7 x 10 ⁻⁴		cal x cm / cm ² x sec x °C	
	Spezifische Wärme	0,28		cal/g x °C	
	Heißlegbarkeit	keine	keine		
	Brennbarkeit	langsam bis selbstlöschend	langsam bis selbstlöschend		

* Du Ponts eingetragenes Warenzeichen
 ** Temperatur, bei der die Folie 5 Sekunden einer Zugbeanspruchung von 1,4 kg/cm² widersteht.
 *** 1000 g Prüfdruck auf eine Kugel mit einem Durchmesser von 1/16 inch (1,6 mm) bei einer Temperaturerhöhung von 0,5°C/Minute. Der zweite Wert entspricht einem Temperaturanstieg von 35°C/min.

Tabelle 3. Typische mechanische und thermische Eigenschaften der Mylarfolie

im Bereich von -60 °C bis +150 °C stand. Mylar ist ein elektrisches Isoliermaterial, das von den meisten Chemikalien und Lösungsmitteln nicht angegriffen wird, es vergilbt oder versprödet nicht (Tabelle 3).

Die Folie besteht aus Polyäthylen-Terephthalat, einem Polymer, das durch die Kondensationsreaktion zwischen Äthylenglykol und Terephthalat gebildet wird. Terephthalsäure wird aus Erdgas und Erdöl gewonnen. Mylar ist in Längs- und Querrichtung orientiert, daraus las-

sen sich viele seiner wertvollen Eigenschaften erklären. Wegen der hohen Durchschlagsfestigkeit, Zähigkeit und Beständigkeit gegen Feuchte, Hitze und Chemikalien wird Mylar in besonderem Maße in der Elektroindustrie und Elektronik eingesetzt. Ihre Verwendung führt oft zu einem kompakteren Aufbau der Erzeugnisse; zudem erlaubt sie häufig eine Vereinfachung der Produktionsmethoden und die Ablösung von Materialien, die nicht so kostengünstig sind.

Die Fortschritte in der Verkleinerung von Kondensatoren beruhen weitgehend auf der Tatsache, daß die hohe Durchschlagsfestigkeit und die Porenfreiheit der Polyesterfolie dünnere Dielektrikum-Einzelagen zwischen den Metallfolien gestatten. Um die Abmessungen der Kondensatoren noch weiter zu verringern, kann statt des herkömmlichen Aufbaus aus Kunststoff- und Metallfolien in Vakuum metallisiertes Mylar verwendet werden. Da die Folie keine Feuchtigkeit aufnimmt, entfällt die Notwendigkeit, die in Serien hergestellten Kondensatoren zu imprägnieren, wodurch sich Gewicht, Größe und Kosten weiter verringern.

Diese Polyesterfolie gibt es in mehreren Sorten: eine farbige, heißverschweißbare Folie, eine verschweißbare und schrumpfbare Folie sowie einen gewellten Typ. Vorteil der gewellten Folie ist eine verbesserte Hitzesperre; durch die Wellung wird außerdem die bereits hohe Einschnittfestigkeit noch weiter verbessert. Magnetbänder aus Mylar sind haltbarer als Bänder aus Azetatfolie oder anderen Kunststoffen. Die Maßhaltigkeit der Folie verhindert die Verzerrung der Signale, während wegen der geringen Dicke bei gegebenem Spulendurchmesser höhere Bandlänge möglich ist.

Die Absorption von Feuchtigkeit ist bei Mylar ziemlich gering. Der Feuchtigkeitsgehalt der Folie nach 24stündiger Lagerung in Wasser beträgt weniger als 0,8 %. Der Einfluß der relativen Luftfeuchte auf den Feuchtigkeitsgehalt von Mylar zeigt das Diagramm (Bild 8). Zur Ermittlung des Feuchtigkeitsgehalts wurde der Wasserverlust bei 100 °C bestimmt; bei 150 °C verliert die Folie nochmals 0,2 ... 0,3% Wasser.

Die maximale Dauertemperatur für Mylarfolie liegt bei 150 °C. Für spezielle Anwendungszwecke empfiehlt sich eine niedrigere Höchsttemperatur. Nachdem die Restschrumpfung vollständig beseitigt worden ist, ist für Ausdehnung oder Zusammenziehung als Folge von Temperaturschwankungen der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient wie bei jedem anderen Material maßgebend. Der lineare Wärmeausdehnungskoeffizient von Mylar ist 1,7 · 10⁻⁵. Die angesprochene Restschrumpfung macht sich bemerkbar, wird eine Folie auf eine höhere Temperatur erhitzt. Dabei haben die Spannungen, die während der Herstellung der Folie zustande kommen, die Möglichkeit, sich abzubauen. Dies ist ein nicht reversibles Phänomen. Ist eine Folie einmal einer bestimmten Temperatur ausgesetzt und dabei die Restschrumpfung beseitigt worden, tritt keine weitere Schrump-

Elektrische Eigenschaften	-195 °C	25 °C	200 °C	Prüfbedingungen und Maßeinheit	Prüfverfahren
(Kurzzeit-)Durchschlagfestigkeit 60 Hz (0,025 mm starke Folie)	460	280	225	KV/mm	ASTM D-179-61
Dielektrizitätskonstante 1 kHz	—	3,5	3,0	—	ASTM D-150-59T
Verlustfaktor, 1 kHz	—	0,003	0,002	—	ASTM D-150-59T
Spezifischer Widerstand	—	10 ¹⁶	10 ¹⁴	Ω cm	ASTM D-257-61
Oberflächenwiderstand	—	10 ¹⁶	—	Ω, 50 % rel. F.	ASTM D-257-61
Kritische Koronaspannung (0,025 mm starke Folie)	—	465	—	V; 50 % rel. F.	ASTM D-1868-61T
Isolationswiderstand (0,025 mm starke Folie)	—	400	—	MΩ · μF, 100 °C	0,05 F Kondensator

Tabelle 4: Elektrische Eigenschaften der Polyimidfolie Kapton

fung mehr auf, solange diese vorherige Temperatur nicht wieder erreicht oder sogar überschritten wird.

Polyimidfolien

Die Polyimidfolie Kapton von Du Pont entsteht durch Polykondensation einer vierbasischen aromatischen Säure mit einem aromatischen Diamin. Aus der Tatsache, daß die mechanischen und

elektrischen Eigenschaften von Kapton über einen sehr weiten Temperaturbereich nahezu konstant bleiben (Tabelle 4), ergeben sich vielfältige Möglichkeiten für Neukonstruktionen und Verwendungen auf dem Gebiet der Folientechnik. Dies trifft vor allem bei der Anwendung in höheren Temperaturbereichen zu. Da Kapton keinen Schmelzpunkt hat, wurde eine heißsiegelbare Ausführung dieser Folie entwickelt. Sie besteht aus einer Basisfolie aus Polyimid, die entweder ein- oder beidseitig eine Deckschicht aus Teflon-Fluorkohlenstoffharz trägt. Diese Kombination heißt Kapton Typ F; ihre Eigenschaften werden besonders als Schichtisoliermaterial in Transformatoren, auf gedruckten Schaltungen oder als flache Kabelkonstruktionen wegen der Maßbeständigkeit bei hohen Temperaturen sowie wegen der guten Lötbeständigkeit geschätzt.

Kapton wird im Temperaturbereich von -269 °C bis +400 °C verwendet. Bei Raumtemperatur sind die Eigenschaften der Polyimidfolie denen der Mylar-Polyesterfolie ähnlich, doch sind sie weit weniger temperaturabhängig. Polyimidfolien sind nicht entflammbar. Sie schmelzen nicht und beginnen erst bei 800 °C zu verkohlen. Außerdem ist kein organisches Lösungsmittel für Kapton bekannt.

Überzüge aus Kapton können mit Stoffen aufgeklebt werden, die für die Verklebung von Metallen, Folien und Papieren entwickelt wurden. Metallisieren und laminieren ist möglich. Die Folie kann gestanzt, verformt, oder mit Klebstoffen beschichtet werden. Heute werden Kaptonfolien zur Herstellung von Draht- und Kabelüberzügen, Motoren- und Windungsisolierungen, Spulenschichtisolierungen, Transformatoren,

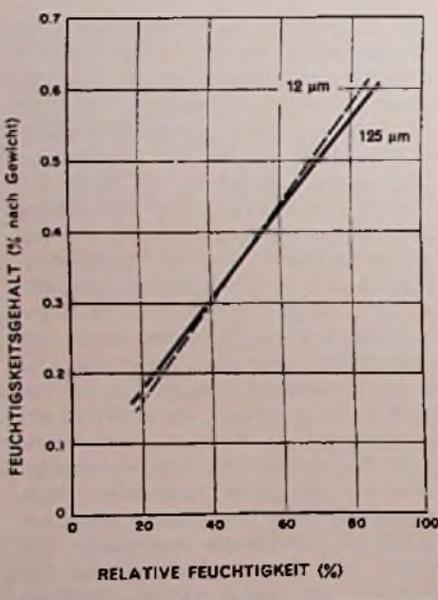
Kondensatoren, flexible gedruckte Schaltungen, Magnetbänder herangezogen.

Abschließend ist zu vermerken, daß dieser Beitrag keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. Bei der Vielzahl der Kunststoffe ist dies nicht möglich. Behandelt wurden lediglich die thermoplastischen Kunststoffe. An Unterlagen für diese Abhandlung wurde Material folgender Unternehmen verwendet: Bayer AG, Leverkusen; Hoechst AG, Frankfurt; BASF AG, Ludwigshafen; Du Pont de Nemours International S.A. Genf; Klöckner-Ferromatik GmbH, Maltersingen; Schloemann-Siemag AG, Hilchenbach; Chemische Werke Hüls AG, Marl-Recklinghausen. Das Bildmaterial wurde ebenfalls von diesen Unternehmen zur Verfügung gestellt. Für das Informationsmaterial, ohne das diese Abhandlung nicht möglich gewesen wäre, dankt der Verfasser.

Literatur

- [1] Kaufmann, W., Reese, E., Schiffer, H.-W., und Schneitzer, G.: Schwerentflammbare Polybarconatfolien — Eine neue Klasse von Isolierfolien für die Elektrotechnik. Funk-Technik 32 (1977) S. F & E 15 bis 19.
- [2] Heitz, E.: Kompakte Technologie mit Mylar. Funk-Technik 30 (1975) S. 382—383.
- [3] von Münch, Dr. W.: Werkstoffe der Elektrotechnik. B. G. Teubner Stuttgart 1975.
- [4] Brinkmann, C.: Die Isolierstoffe der Elektrotechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1975.

Bild 8. Einfluß der relativen Luftfeuchte auf die Aufnahme von Feuchtigkeit bei der Mylarfolie



Tonbandcassetten

Die Cassette im Auto

Für Gebrauchsgüter, die im engen Zusammenhang mit dem Automobil stehen, wird heute allgemein ein hoher Nutzwert und eine hohe Lebensdauer erwartet. Aus dieser Sicht war deshalb die im Bereich der Unterhaltungselektronik beheimatete Schallplatte für eine „mobile“ Anwendung ungeeignet. Wenn dennoch Gerätekonzeptionen auf Basis des Schallplattenspielers für den Autobetrieb entwickelt und verkauft wurden (z. B. Philips Auto-Mignon 1958 bis 1960), dann nur, weil man die Chancen des Tonbandes zum damaligen Zeitpunkt noch nicht erkannte und daher keine geeigneten Tonband-Abspielsysteme für den Autobetrieb zur Verfügung standen.

Das galt zumindest für Europa bis Anfang der 60er Jahre. Dagegen wurde auf dem amerikanischen Markt schon Anfang der 50er Jahre die Basis für ein erfolgreiches Auto-Cassettensystem gelegt.

Der in- und ausländische Auto-Cassettengeräte-Markt

Weltweit konkurrieren zwei Cassettensysteme (Bild 1), zu denen auf dem amerikanischen Markt noch zwei weitere hinzukommen. Sie sind in der Tabelle aufgeführt.

Zur Verbreitung ist zu sagen, daß das Compact-Cassettensystem in Europa und Südost-Asien, im Nahen und Mittleren Osten sowie in Mittel- und Südamerika eindeutig dominiert, während in den USA noch das Stereo-8-System vorherrschend ist. Von zwei Millionen Auto-Stereo-Geräten, die 1976 auf dem USA-Markt voraussichtlich verkauft werden, sind 60 Prozent Cartridge-Geräte und 40 Prozent Compact-Cassettengeräte. 1975 war das Verhältnis noch 65 zu 35 Prozent.



Bild 1. Größenvergleich zwischen der amerikanischen Stereo-8-Cassette und der Compact-Cassette

In Japan und in einigen europäischen Ländern hat dieses amerikanische System seine führende Position inzwischen an die Compact-Cassette abtreten müssen. 1975 entfielen beispielsweise in Japan bereits 60 Prozent des Gesamtabsatzes an Auto-Stereo-Geräten auf Compact-Cassettengeräte. Speziell in der Bundesrepublik Deutschland wurde das Compact-Cassettensystem von Anfang an favorisiert. Hier hat das Stereo-8-System nie eine wirkliche Chance gehabt.

Die in der Tabelle an dritter und vierter Stelle aufgeführten Systeme sind ausschließlich für Mono-Wiedergabe geeignet und waren nur auf den amerikanischen Markt beschränkt. Beide haben heute keine Bedeutung mehr.

Die geschichtliche Entwicklung der Auto-Cassettensysteme

Anfang der 60er Jahre erschien auf dem amerikanischen Markt mit Schwerpunkt in den Staaten Kalifornien, Florida und

Cassettensysteme für den Autobetrieb

Konzeption	Funktion	Maximale Spieldauer (Minuten)	Bandgeschwindigkeit (cm/s)	Verbreitung
Compact-Cassette (Philips)	Aufn./Wiederg. Mono u. Stereo	120 min	4,75	Europa, Asien, Naher u. Mittlerer Osten, Mittel- u. Süd-Amerika neuerdings auch Nord-Amerika
Stereo-8-Cartridge (Lear-Jet)	Wiederg./Stereo	80 min	9,5	USA, Japan, teilweise auch in Europa
Mono-4-Cartridge (Fidelipac)	Wiederg./Mono	80 min	9,5	USA, Japan
Playtape-Cartridge (Stanton)	Wiederg./Mono	8 min	4,75	USA



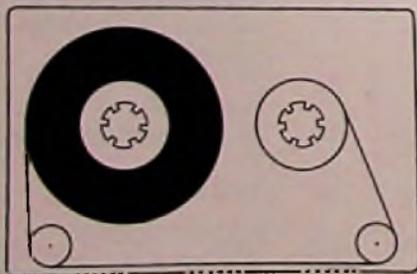
Bild 2. Prinzip der Einloch-Endlos-Cassette, z. B. des Stereo-8-Systems

Texas das sogenannte Mono-4-(Spur)-System. Es handelte sich, wie bei dem später folgenden Stereo-8-(Spur)-System, um eine Einloch-Cassette (Cartridge) für Endlosbetrieb. Abmessung: 122 mm X 100 mm X 22 mm, Gewicht: 140 g (Bild 2).

Die dazugehörigen Abspielapparaturen waren eigens für den Autobetrieb konstruiert und wurden, zumindest in der Anfangszeit, in der Regel unterhalb der Armaturentafel montiert. Cassette wie auch Abspielgerät hatten eine robuste Mechanik, die eine einwandfreie Funktion bei schnell wechselnden Umgebungsbedingungen (Beschleunigung, Erschütterung, Temperaturwechsel) gewährleisten konnte.

Das Mono-4-System blieb fast hundertprozentig auf die Autoanwendung beschränkt und ist heute noch in den Einführungsgebieten zu finden. Es wurde jedoch später stark von dem Mitte der 60er Jahre aufkommenden Stereo-8-System bedrängt. Promotor dieses erweiterten Auto-Cassettensystems waren die amerikanischen Firmen RCA-Victor und Lear-Jet-Corporation. Die entscheidenden Systemvorteile sind Stereo-betrieb im Auto und ein schnell wach-

Bild 3. Prinzip der Zwelloch-Cassette für Links- und Rechtslauf



sendes Repertoire an bespielten Stereo-8-Cassetten.

Von den 8-Spur-Geräten werden heute bis zu 80 Prozent im Automobil, der Rest in Heimanlagen betrieben. Batteriebetriebene, tragbare Geräte wurden vereinzelt angeboten, erreichten aber wegen ihrer Unhandlichkeit keine nennenswerte Bedeutung. Anfang der 70er Jahre wurden – und zwar nicht nur in den USA – auf Basis der Cartridge-Konzeption sogar Quadro-Geräte für den Autobetrieb angeboten. Die vierkanalige „Rundum-Musik im Auto“ faszinierte viele Leute, doch das beschränkte Quadro-8-Repertoire ließ keinen Durchbruch zu.

Das Playtape-System war eine Antwort auf die seinerzeit noch sehr voluminösen Mono-4- und Stereo-8-Gerätekonzeptionen. Es wurde 1968 eingeführt und überraschte mit einer Mini-Cassette von 85 mm X 75 mm Größe. Die Promotoren dieses amerikanischen Cartridge-Systems waren die Firma Motorola und die ehemalige VW-Vertretung

Stanton. Man erhoffte sich von diesem System den Bau von kleinen Abspielgeräten zum Einbau ins Armaturenbrett, dies galt vor allem für die inzwischen aufkommenden kombinierten Geräte mit Rundfunk- und Cassettenteil. Mangelnde Tonqualität und die geringe Spieldauer von nur acht Minuten dürften der Grund dafür gewesen sein, daß sich das Playtape-System nicht breit einführen ließ.

Für alle drei Systeme aus Amerika gelten im Prinzip die gleichen Argumente:

- leichte, problemlose Tonband-Cassetten,
- Endlos-System,
- automatischer Start der Abspielgeräte bei Einschub der Cassette,
- robuste Laufwerke für den Autobetrieb mit geringem Bedienungsaufwand.

Diese Systeme sind vorrangig für die Verwendung im Automobil bestimmt und haben für den amerikanischen Konsumenten den unschätzbaren Vor-

Bild 4. Antriebssystem und Kopfträgerplatte beim Cassetten-Recorder





Bild 5. Cassetten-Recorder EL 3302 von Philips aus dem Jahr 1976

teil, unabhängig von den Programmen der Rundfunk-Stationen und den alles beherrschenden Werbespots ein eigenes Wunschprogramm hören zu können.

Die Compact-Cassette

Zur gleichen Zeit, da in Amerika das Stereo-8-System den Markt eroberte, wurde in Europa an mehreren Cassetten-Systemen gearbeitet, die – anders als die amerikanischen Systeme – eine Alternative zu den Spulentonbandgeräten darstellten und eine leichtere Handhabung ermöglichen sollten.

Allen Überlegungen lag eine Zweiloch-Cassette mit definiertem Bandanfang und -ende zugrunde (Bild 3). Die Laufrichtung konnte also problemlos geändert werden. Als Entwicklungsziel stand das kleine, narrensichere Tonbandgerät für jedermann im Vordergrund. Wegen der Aufnahmemöglichkeit mußte es auch mit Vor- und Rücklaufmechanik ausgestattet sein (Bild 4). An den allgemeinen Entwicklungen beteiligten sich vor allem die Firmen Blaupunkt, Grundig, Philips und Telefunken sowie einige kleinere Hersteller.

1963 stellte Philips seine Lösung vor: das Compact-Cassetten-System. Die Cassette wurde zusammen mit einem kleinen, handlichen Cassetten-Recorder präsentiert, dem Modell N 3300, dessen stilistisch nahezu unveränderter Nachfolger N 3302 noch heute auf dem Markt ist (Bild 5). Für das Compact-Cassetten-System sprachen:

- die kleine, problemlose Cassette mit den Abmessungen 100 mm × 63 mm × 12 mm,
- Aufnahme- und Wiedergabemöglichkeit,
- einfache Bedienung des Laufwerks,
- geringes Cassetten-gewicht von nur 40 g,
- sehr günstiger Preis für Leer- und bespielte Cassetten.

Das Volumen dieser Cassette beträgt nur noch ein Viertel der amerikanischen Cartridge. Der einzige Nachteil gegenüber der Stereo-8-Ausführung bestand damals in einem kleineren Frequenzumfang und in vergleichsweise ungünstigeren Gleichlaufeigenschaften. Mit der Entwicklung hochwertiger Bandmaterialien und moderner Laufwerk-konstruktionen (elektronische Motorsteuerung) wurde die Klangqualität der Compact-Cassette dann aber sogar besser als die der Stereo-8-Cartridge.

Schon in der Anfangszeit verwendete man den Cassetten-Recorder auch für den Betrieb im Automobil (Bild 6). Das Gerät wurde von einer Halterung aufgenommen und entweder autark mit Verstärker oder ohne Verstärker über das Autoradio betrieben.

Speziell für den Autobetrieb entwickelte Philips wenig später die Auto-Cassetten-spieler N 2600 (Mono) und N 2602 (Stereo). Bei dieser Konstruktion wur-

den die Cassetten mit der Schmalseite in das Gerät eingeführt (Bild 7) und auf das Laufwerk abgesenkt. Auch bei allen folgenden Autoradio-Cassettengeräten benutzt Philips das Prinzip der schmal-seitigen Cassetten-einführung.

1965 kündigte Philips eine sehr liberale, d. h. praktisch kostenfreie Nutzung seines Compact-Cassetten-Systems an, was in den folgenden Jahren von vielen Herstellern im In- und Ausland – hier vor allem in Japan – genutzt wurde. Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang auch die Tatsache, daß auf der Basis der Philips Compact-Cassette im selben Jahr das Staat-Institut in Belgien das heute sehr bekannte Staat-Laufwerkssystem für ein Auto-Stereo-Gerät entwickelte, das rein äußerlich durch die Einführung der Cassette mit der Bandbreite auffällt. Das Laufwerk wird bei diesem System von unten an die eingeschobene Cassette herangeführt.



Bild 6. In der Anfangszeit wurde der Cassetten-Recorder auch viel im Auto verwendet, wo er in einer speziellen Halterung untergebracht war, die in diesem Bild „herausgezogen“ sichtbar ist

Bild 7. Auto-Cassetten-spieler N 2602 mit Verstärkerteil aus den 60er Jahren für Stereo-betrieb; die Compact-Cassette wird mit der Schmalseite in das Gerät geschoben





Bild 8. Ansicht des neuen Autoradlos „Coupé IAC 860“ von Philips mit 6-Sender-Spelcher für UKW-Stereo-, MW- und LW-Empfang. Es ist mit einem Stereo-Cassettenpleier, elektronischer UKW-Entstörtschaltung und modernster IC-Technik ausgestattet. Das Gerät ist mit 135 mm Einbaulefe das gegenwärtig kleinste Cassetten-Autoradio der Welt mit Senderspelcher

In der Folgezeit wurden für Auto-Cassettengeräte sowohl das „Staar-System“ als auch eine Laufwerk-Weiterentwicklung von Philips benutzt.

Gegenwärtiges Geräteangebot und zukünftige Entwicklungen

Die Montagemöglichkeit für Autoradios und Auto-Cassettengeräte wurde u. a. aus automobiltechnischen Sicherheitsgründen in den letzten Jahren stark eingeengt. Man fand schließlich eine Lösung und legte diese in der Bundesrepublik Deutschland durch den Fachnormenausschuß für Kraftfahrzeuge mit der Norm DIN 75 500 fest. Die daraus resultierenden Gehäuseabmessungen wurden inzwischen von allen führenden Anbietern in Europa übernommen.

Anstelle des separaten Auto-Cassettengeräts ist weitgehend das „kombinierte“ Cassetten-Autoradio mit Rundfunk- und Tonbandteil getreten. Die kleine Compact-Cassette gestattet selbst dann noch einteilige Gehäuseabmessungen von unterhalb DIN 75 500, wenn ein aufwendiges Rundfunkteil mit Stations-tastenautomatik (oder Sendersuchlauf) mit einem Stereo-Cassettenlaufwerk zusammen eingebaut wird (Bild 8).

Für den Konsumenten steht heute schon eine große Auswahl an Cassetten-Autoradios zur Verfügung. Man unterscheidet folgende Versionen:

- Mono/Mono = Rundfunkteil Mono, Cassetten teil Mono
- Mono/Stereo = Rundfunkteil Mono, Cassetten teil Stereo
- Stereo/Stereo = Rundfunkteil Stereo, Cassetten teil Stereo.

Hinzu kommen die Auto-Cassettengeräte als Zusatzgeräte zum vorhandenen Autoradio, und zwar mit und ohne Verstärker. Sie werden heute noch zahlreich angeboten, doch in den kommenden Jahren mehr und mehr an Bedeutung verlieren. Mit einem Absatz von rund 900 000 Cassetten-Autoradios und mindestens 400 000 Auto-Cassettengeräten wurde in der Bundesrepublik Deutschland 1976 eine neue Rekordmarke gesetzt.

Sicherheits- und Komfortansprüche im Autobetrieb bedingen Auto-Cassettengeräte von kompakter Bauweise und gleichzeitig hoher Zuverlässigkeit. In dieser Hinsicht bietet das Compact-Cassettensystem auch in den kommenden Jahren für den Autofahrer ein Optimum an Bedienungskomfort, Klangqualität und Montagemöglichkeit.

Die Frage nach weiterem Gebrauchsnutzen und Bedienungskomfort wird durch Einrichtungen beantwortet, wie

- Bandlaufanzeige (eine Pilotlampe leuchtet während des Bandbetriebes und blinkt am Bandende),
- automatische Programmselektion (zum Auffinden bestimmter Aufzeichnungen),
- Auto-Reverse (automatische Umkehrvorrichtung für Cassetten-Endlosbetrieb).

Die meisten Autofahrer haben inzwischen begriffen, daß neben der Heim-Stereoanlage auch das Auto die Möglichkeit für eine gute Stereowiedergabe bietet. Die Compact-Cassette hat hieran einen sehr wesentlichen Anteil.

A. Voss

Kurse und Lehrgänge

9. 3. bis 11. 3. 1977

Aktuelle Probleme der technischen Akustik

Ort: Ostfildern-Nellingen

Veranst.: Techn. Akademie Esslingen

Leitung: Dr.-Ing. I. Veit

Zielgruppe: Ingenieure, Techniker, Hörgeräte-Akustiker und Labor-Assistenten, die sich mit Problemen der technischen und physiologischen Akustik beschäftigen, sowie alle interessierten Fachleute

Gebühr: 410 DM

Meldungen über dies und das

Halbleiter-Lehrgang. Mit der Entwicklung der Halbleitertechnologie, die über die Digitaltechnik bis hin zum Mikrocomputer verfolgt wird, beschäftigen sich dreitägige Kurse, die das Tele-Studio Meier durchführt. Der erste Tag, unter dem Stichwort „Motivation“, gibt einen Blick auf die Halbleitertechnologie bis 1985. Am zweiten Kurstag („Information“) wird ein entwicklungs-fähiges System vorgestellt: ein zeitgemäß konzipiertes Farbfernsehgerät mit allen denkbaren Zusätzen. Während des letzten Kurstags („Automation“) steht die Anwendung des Mikrocomputers im Mittelpunkt, beispielsweise für digitale Abstimmung und ähnliches. Auskünfte über Termine und Gebühren unter der Telefonnummer (089) 75 34 67 bzw. Oberascherstraße 12, 8000 München 71.

Elektronische Meßtechnik. Der Unternehmensbereich Elektronische Meßtechnik von Hewlett-Packard wird 1977 in Berlin, Hamburg, Hannover, Düsseldorf, Frankfurt, Böblingen, München sowie Nürnberg eintägige Seminare für Anwender veranstalten. Folgende Themen sollen von Januar bis April behandelt werden (spätere Wiederholungen sind nicht ausgeschlossen): Automatisierung mit Meßgeräten, die über den Interfacebus gesteuert werden – Frequenz- und Zeitintervallmessungen mit Zählern – Datenbereich und Mikroprozessoren – Spektrum-Analysatoren und EMI-Messungen – Frequenz-Stabilitäts-Messungen – Mikrowellen. Die Büros des Unternehmens in den genannten Städten geben weitere Auskünfte.

so daß sie, falls erforderlich, korrigiert werden können. Die Messung läuft ausschließlich automatisch ab, und die Meßergebnisse werden mit dem eingegebenen Text auf dem angeschlossenen Drucker als Meßprotokoll ausgegeben. Zusätzlich bietet das im Rechner eingebaute Display die Möglichkeit der grafischen Darstellung von Filterkurven, Frequenzgängen usw.

Funktionsgenerator

Mit dem Modell GX 115 A stellt ITT-Matrix einen Funktionsgenerator für Service und Labor vor. Das Gerät liefert Spannungen mit Sinus-, Rechteck- und Dreieckform im Bereich zwischen 0,1 Hz bis 100 kHz. Der Generator bietet Möglichkeiten, die oft nur bei kostspieligeren Geräten Ausstattungsmerkmal sind:



Funktionsgenerator GX 115 A von ITT-Matrix

doppelter Ausgangsteiler mit kontinuierlichem Regelbereich von 40 dB und einem Teiler mit 20 dB und 40 dB; auch bei geringen Ausgangspegeln ist das Signal-Rausch-Verhältnis gut; die Offset-Spannung ist einstellbar zwischen ± 10 V; außerdem ist ein Wobbelingang vorhanden. Das Gerät hat sehr kompakte Abmessungen.

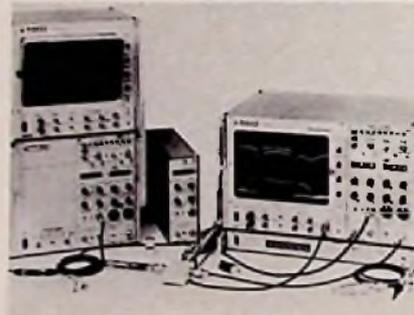
System-Digitalvoltmeter

Das $3\frac{1}{2}$ stellige System-Digitalvoltmeter 3437 A von Hewlett-Packard wurde für die schnelle Meßdatenerfassung entwickelt und kann mehr als 5000 Gleichspannungsmessungen je Sekunde ausführen. Es hat „Sample“- und „Hold“-Schaltungen, erlaubt die Digitalisierung von Signalen und die Messung von „Bursts“ durch eine eingebaute, schrittweise Verzögerung. Drei Meßbereiche sind wählbar: 0,1 V; 1 V und 10 V, wobei der höchste, angezeigte Meßwert 1998 beträgt. Die Messungen erfolgen erdfrei. Von 0,1 μ s bis 0,9999999 s ist die Triggerverzögerung einstellbar. Bei „Bursts“ läßt sich die Zahl der Einzelmessungen bis zu 9999 vorgeben. Beide Einstellun-

gen sind von Hand oder ferngesteuert möglich. Von der „Sample/Hold“-Schaltung wird das Signal mit einer Zeitabwechslung von nur ± 2 ns erfaßt. Die Kombination der hohen Meßgeschwindigkeit mit der „Sample/Hold“-Technik erlaubt, daß Modell 3437 A für die Signalanalyse zu verwenden. Niederfrequente Vorgänge bis 1 kHz und Signale bis 1 MHz können digitalisiert und analysiert werden. Parameter, wie Effektivwert, Gleichspannungsanteil, Harmonische und Spitzenwerte der Sinusspannungen, lassen sich automatisch bestimmen. An der Frontplatte des Gerätes werden die Betriebszustände durch Leuchtdioden angezeigt. Bei mehrkanaligen Messungen können mit dem Voltmeter 3437 A, dem Meßstellenumschalter 3495 A und einem Tischrechner oder Computer mehr als 100 Kanäle in der Sekunde abgefragt werden. Die Empfindlichkeit beträgt dabei 100 μ V.

Wobbelmeßplatz

Mit dem Polyskaner-Wobbelmeßplatz der Knott Elektronik GmbH sind Messungen an Tunern, Antennen- und ZF-Verstärkern, Empfängern, Kabelfernsehantennen sowie an passiven und akti-



Polyskaner-Meßplatz von Knott Elektronik

ven Komponenten möglich. Der Nachfolgetyp eines seit Jahren gefertigten Meßplatzes weist eine Reihe von Verbesserungen auf: helleres Bild wegen Speicher-Raster-Verfahren, Dynamikbereich der HF-Gleichrichter bis 110 dB, höhere Pegelmeßgenauigkeit, übersichtliche Frequenzmarkendarstellung, der Frequenzumfang der Wobbelgeneratoren wurde ebenfalls erweitert und „langsame“ Wobbelkurven können gespeichert werden. Abmessungen und Gewicht konnten, so der Anbieter, dabei reduziert werden. Das Polyskaner-Programm umfaßt zahlreiche Einschübe und Geräte, die den Meßplatz optimal an die Meßvorgänge anpassen.

Super-Speicher-Oszilloskop

2500 cm/ μ s Speichergeschwindigkeit kennzeichnen das 400-MHz-Speicher-oszilloskop 7834 von Tektronix. Was dieser Wert aussagt, soll an zwei Bei-



Speicheroszilloskop 7834 von Tektronix

spielen erläutert werden: Eine einmalige 250-MHz-Sinusschwingung (4 ns Periodendauer) kann bei einer Ablenkzeit von 1 ns/cm mit über 4 cm vertikaler Ablenkung gespeichert werden. Ein einmaliger Pulsanstieg mit 1 ns Anstiegszeit wird noch mit 2,5 cm Vertikalablenkung gespeichert. Mit dieser extrem hohen Speichergeschwindigkeit kann das hohe Auflösungsvermögen, das durch die Bandbreite von 400 MHz gegeben ist, auch im Speicherbetrieb voll ausgenutzt werden. Das Oszilloskop – ein Produkt aus der 7000er-Serie – arbeitet im Speicherbetrieb nach der Transfer-Methode; außerdem ist aber auch das Verfahren mit variabler Nachleuchtdauer und das bistabile Verfahren möglich. Das Grundgerät ist mit Readout ausgestattet, hat vier Einschubkanäle und ist mit allen Einschüben der 7000er-Serie kompatibel. Das Einschubprogramm beinhaltet Ein- und Mehrkanalverstärker, Zeitbasen, Digital-Einschübe, wie Zähler, Digitalmultimeter, Logikanalysatoren, außerdem Spektrumanalysatoren, Sampling-Einheiten und mehrere Spezial-Einschübe.

Wobbler überstreicht 1 ... 2500 MHz

Mit dem Wobbler-Modell 2002 von Wave-tek kann der Bereich zwischen 1 ... 2500 MHz in vier Bändern durchgewobbelt werden. Mit einer Option ist es sogar möglich, diesen Frequenzbereich ohne



Wobbler-Modell 2002 von Wavetek

Umschalten zu durchfahren. Beim Wobbeln können Start- und Stopfrequenz einzeln an einer Skala eingestellt werden. Zur Kennzeichnung sind eine Reihe von Markengeneratoren eingebaut. Damit auch bei steilen Flanken sicher abgelesen werden kann, sind die Marken bei der Darstellung auf dem Bildschirm auch zu kippen. Mittelfrequenz, Wobbelhub und Pegel sind zusätzlich fernprogrammierbar.

Breitbandiges NF-Geräuschspannungs-Meßgerät

Speziell für Messungen an elektroakustischen Breitband-Übertragungssystemen entwickelte Rohde & Schwarz mit dem NF-Geräuschspannungsmesser UPGR ein Gerät, das mit den neuen Filtern für Geräusch- und Fremdspannung nach CCIR ausgestattet ist und somit den künftigen nationalen und internationalen Vorschriften entspricht. Da bis zur Ablösung der alten Norm DIN 45 405 während der Übergangszeit (von einigen Jahren) oft nach beiden Normen gemessen werden muß, ist zum UPGR eine Steckkarte mit Geräusch- und Fremdspannungsfiler nach DIN 45 405 als Zubehör erhältlich. Zum Messen von Störspannungen in Rundfunk-Stereokanälen sowie der verschiedenen Steuer- und Pilotöne ist im UPGR ein Breitbandbereich von 15 Hz bis 100 kHz vorgesehen, so daß sich das Gerät auch als Spannungs- und Pegelmesser einsetzen läßt. Die hohe Empfindlichkeit – Voll-



Der Geräuschspannungsmesser UPGR von Rohde & Schwarz

ausschlag im empfindlichsten Bereich bei 30 µV bzw. -90 dB – macht das Gerät außerdem zum Messen sehr hoher Störabstände und zur Störabstandsmessung in Geräten mit kleinem Signalpegel geeignet. Batteriebetrieb, handliche Bauweise und geringes Gewicht kommen vor allem der mobilen Verwendung zugute.

Die Technik im Griff



mit den Mini-Multi's von Macrotron LM-3(±999), LM-3.5(±1999), LM-40, LM-4(±9999)

handlich	40 x 65 x 96 mm
leicht	270 g incl. Batt.
flexibel	Gleich Wechselspann. Ber. 1V, 10V, 100V und 1000V Widerstandsber. 1kOhm, 10kOhm, 100kOhm, 1MOhm und 10MOhm
genau	LM 3/3,5 1%, LM 40 0,1%, LM 4 0,03%
lageunabhängig ablesbar	8 mm LED Anzeige
robust	ein Sturz ist kein Problem
preiswert	LM 3 DM 395,- o. MWSI Lade/Netzinh. incl. NiCd Zellen DM 25,- o. MWSI
sofort verfügbar	Lieferung ab Lager
Zubehör	Gurt-/Umhängetasche, Hochspannungstastkopf 45 kV Stromstunts 100µA 1A, Univ. Meßkabelnetz, Standbügel Einbaugeläuse



Gesellschaft für Oalenerlassungssysteme mbH
Cosimastraße 4 8000 München 61
Telefon 089/91 5061 Telex 5 25 448 malg

Aussetzfehler-Suchgerät

Das Gerät auf das die Fachwelt seit Jahren wartet!



Mit unitek bekommen Sie endlich die heimtückischen Aussetzfehler in den Griff!

Zeit- und Kostenersparnis!
Frühzeitiges, sicheres Erkennen der Fehlerquelle

Weniger Ärger mit den Kunden!
Wegfall von Verdachtreparaturen!

Vielseitig im Einsatz!
Für sämtliche Fernsehgeräte und Geräte der Unterhaltungselektronik, sowie andere elektrische Geräte (z.B. Haushaltgeräte, ind Anlagen).

Beliebiger Einsatzort!
Überwachung beim Kunden oder in der Werkstatt

unitek®

Vollautomatische Überwachung über „Optokoppler-Steckdose“

Optische und akustische Fehleranzeige!
Digitalanzeige mit 4 Speichern und 4 Kontrolllampenpaaren signalisieren Fehler unabhängig vom Zeitpunkt des Eintretens. Zusätzlich ist Warnton für Werkstattbetrieb einschaltbar

Handliche Größe, günstiges Gewicht!

Problemlose Bedienung!

KÖNIG ELECTRONIC

König-Electronic
Friedrich W. König
Postfach 1120
Steinstraße 1-5
6101 Reichelsheim (Odw) fwk

Telefon
(06164) 2084
Telex
04-191901

Bitte senden Sie mir kostenlose Information über unitek

Anschrift

unitek erhalten Sie nur über den Fachgroßhandel

Für den jungen Techniker



Bauelemente — Grundwissen für Praktiker

Teil 1

Welche grundlegenden Eigenschaften die Bauelemente der Elektronik haben und wie sie in der Praxis für verschiedene Anwendungen dimensioniert werden, behandelt Otmar Kilgenstein, Professor an der Fachhochschule Nürnberg, in dieser Serie für den jungen Techniker. Einen Überblick über die Gliederung der gesamten Serie gibt der Kasten auf dieser Seite.

1. Passive Bauelemente

1.1 Allgemeine Grundlagen

1.1.1 Anwendungsklassen

Um den verschiedenen klimatischen Anforderungen genügen zu können, wurden mehrere Anwendungsklassen eingerichtet. Meistens werden in den Datenbüchern für die Kennzeichnung nur drei Buchstaben angegeben. In Sonderfällen sind jedoch noch weitere Gesichtspunkte durch zusätzliche Kennbuchstaben zu berücksichtigen. Der erste Kennbuchstabe bezeichnet die untere Grenztemperatur, der zweite die obere Grenztemperatur (Tabelle 1.1) und der dritte die zulässige Feuchtebeanspruchung (Tabelle 1.2). Die Kurzzeichen nach Tabelle 1.1 und Tabelle 1.2 werden von manchen Herstellern auf das Bauelement gedruckt, z. B. bei Kunststoffkondensatoren. Dieselben Zeichen werden auch in den Datenbüchern verwendet, um die Anwendungsmöglichkeiten der Bauelemente zu definieren. Für beide Fälle ist die Kenntnis dieser Zahlen von Bedeutung.

Beispiel. Ein Kondensator hat unter anderem den Aufdruck „HPF“. Nach Tabelle 1.1 und Tabelle 1.2 bedeutet dies: untere Grenztemperatur -25°C ; obere Grenztemperatur $+85^{\circ}\text{C}$;

mittlere relative Luftfeuchte 75 %, Be-tauung unzulässig.

Zuweilen erfolgt die Kennzeichnung auch noch mit weiteren Kennbuchstaben. Der vierte Kennbuchstabe bezeichnet den Ausfallquotienten und der fünfte die Beanspruchungsdauer. Der Ausfallquotient gibt die statistisch zu erwartenden Ausfälle in 10^9 Betriebsstunden bei Nennbeanspruchung und definierter Beanspruchungsdauer an.

Tabelle 1.3 zeigt die Kennbuchstaben für Ausfallquotient und Beanspruchungsdauer.

Beispiel. Die Kennbuchstaben vier und fünf sind „KR“.

Nach Tabelle 1.3 ist der Ausfallquotient $100 \cdot 10^{-9}/\text{h}$ und die Beanspruchungsdauer $1 \cdot 10^5 \text{ h}$.

Multipliziert man den Ausfallquotienten mit der Beanspruchungsdauer, so ergibt sich der Ausfallsatz in diesem Zeitraum. Für dieses Beispiel ergibt sich ein Ausfallsatz von $100 \cdot 10^{-9}/\text{h} \cdot 1 \cdot 10^5 \text{ h} = 1 \cdot 10^{-2}$ oder 1 %.

Hat nun ein Gerät tausend solcher Bauelemente, so fallen in dem betrachteten Zeitraum von 100 000 h (das sind mehr als zehn Jahre) ein Prozent von tausend, also zehn Stück, aus. Betrachtet man den Zeitraum bis zum Ausfall eines Bauelementes, so muß man hier nicht mit 10^5 , sondern nur mit 10^4 bei der Zeit multiplizieren. Das heißt, Ausfallsatz mal Anzahl der Bauelemente darf nicht größer als eins sein, wenn ein Bauelement schon zum Ausfall des Gerätes führen könnte.

Tabelle 1.1. Kurzzeichen für die Grenztemperatur nach DIN 40 040, 2.73

Erster Kennbuchstabe	Untere Grenztemperatur
F	-55°C
G	-40°C
H	-25°C
J	-10°C
K	0°C
Zweiter Kennbuchstabe	Obere Grenztemperatur
B	$+350^{\circ}\text{C}$
C	$+300^{\circ}\text{C}$
D	$+250^{\circ}\text{C}$
E	$+200^{\circ}\text{C}$
F	$+180^{\circ}\text{C}$
G	$+170^{\circ}\text{C}$
H	$+155^{\circ}\text{C}$
J	$+140^{\circ}\text{C}$
K	$+125^{\circ}\text{C}$
L	$+110^{\circ}\text{C}$
M	$+100^{\circ}\text{C}$
N	$+90^{\circ}\text{C}$
P	$+85^{\circ}\text{C}$
Q	$+80^{\circ}\text{C}$
R	$+75^{\circ}\text{C}$
S	$+70^{\circ}\text{C}$
T	$+65^{\circ}\text{C}$
U	$+60^{\circ}\text{C}$
V	$+55^{\circ}\text{C}$
W	$+50^{\circ}\text{C}$
Y	$+40^{\circ}\text{C}$

Im obengenannten Beispiel würde also in 10 000 Stunden, d. h. in etwas mehr als einem Jahr, ein Bauelement ausfallen. Oder anders betrachtet: die sta-

Gliederung der Serie

1. Passive Bauelemente

1.1 Allgemeine Grundlagen

1.1.1 Anwendungsklassen

1.1.2 Toleranzreihen

1.1.3 Kennzeichnung

1.2 Widerstände

1.2.1 Kohleschichtwiderstände

1.2.2 Metallschichtwiderstände

1.2.3 Drahtwiderstände

1.2.4 Einstellbare Widerstände

1.2.5 Temperaturabhängige Widerstände

1.2.6 Spannungsabhängige Widerstände

1.2.7 Magnetfeldabhängige Widerstände

1.2.8 Lichtempfindliche Widerstände

1.3 Kondensatoren

1.3.1 Keramikkondensatoren

1.3.2 Kunststoffkondensatoren

1.3.3 Elektrolytkondensatoren

1.3.4 Luftkondensatoren

1.4 Spulen

1.4.1 Luftspulen

1.4.2 Spulen

mit magnetisierbarem Kern

1.5 Schwingkreise

2. Halbleiter-Bauelemente

2.1 Dioden

2.2 Transistoren

2.3 Thyristoren, Triacs

2.4 Unijunction-Transistoren, Feldefekttransistoren

2.5 Optoelektronische Bauelemente

2.6 Analoge ICs

2.7 Digitale ICs

Tabelle 1.2. Kurzzeichen für die Feuchtebeanspruchung

3. Kennbuchstabe	Grenzen der relativen Luftfeuchte ¹⁾			z. B. geeignet für folgende Bauelemente-Umgebungsklimate
	relative Luftfeuchte Jahresmittel	Höchstwert	Betauung	
R ³⁾	≤ 90 %	100 %	ja	Gerät im Freien oder in Außenräumen, in kalten, gemäßigten und mildtropischen Klimagebieten, auch in ungeheizten, nicht zu feuchten Räumen.
D ³⁾	≤ 80 %	100 % für 30 Tage ²⁾ im Jahr	ja	Gerät in Außenräumen und mäßig feuchten Betriebsstätten, in ungeheizten Räumen ohne wesentliche zusätzliche Feuchtequellen in gemäßigten und kalten Klimagebieten. Geräte im Freien in trockenwarmen Klimagebieten, wenn $U_{mon} \leq 75\%$ ⁵⁾ im feuchtesten Monat.
E ⁴⁾	≤ 75 %	95 % für 30 Tage ²⁾ im Jahr	seltene und leichte	Gerät in trockenwarmen Klimagebieten in Außen- und Innenräumen, wenn $U_{mon} \leq 75\%$ ⁵⁾ im feuchtesten Monat. Betriebene Geräte in feuchtigkeitsgefährdeten Räumen, z. B. Werkstätten, in kalten, gemäßigten und trockenwarmen Klimagebieten. Nicht betriebene Geräte in temperierten feuchtigkeitsgefährdeten Räumen in gemäßigten und kalten Klimagebieten, kurzzeitige, seltene und leichte Betauung ist zulässig.
F ⁴⁾	≤ 75 %	95 % für 30 Tage ²⁾ im Jahr	nein	Wie E, jedoch ist Betauung unzulässig.
G	≤ 65 %	75 % für 60 Tage im Jahr	nein	Die zulässige, mittlere relative Luftfeuchte ist ≤ 65 % im Jahresmittel (an höchstens 60 Tagen im Jahr darf eine mittlere relative Luftfeuchte von 75 % auftreten, mit Spitzen von max. 85 %).
J	≤ 50 %	≤ 50 %		

¹⁾ Die Angaben beziehen sich auf das Bauelemente-Umgebungsklima.
²⁾ Diese Tage sollen in natürlicher Weise über das Jahr verteilt sein.
³⁾ Die angegebenen Werte gelten für alle Temperaturen innerhalb der oberen und unteren Grenztemperaturen (zul. Temperaturbereich). Insbesondere für Klimate mit zusätzlichen Feuchtequellen.
⁴⁾ Die angegebenen Werte für die rel. Luftfeuchte beziehen sich auf Bauelemente in Raumtemperatur. Bei höheren Temperaturen ermäßigt sich die rel. Feuchte entsprechend DIN 40 040, Anlage I.
⁵⁾ U_{mon} ist das Monatsmittel der relativen Luftfeuchte, ermittelt über viele Jahre.

Tabelle 1.3. Symbole für Ausfallquotient und Beanspruchungsdauer

4. Kennbuchstabe	5. Kennbuchstabe	
Ausfallquotient in Ausfällen je 10 ⁹ Bauelementestunden	Beanspruchungsdauer (h)	
D	0,1	
E	0,3	
F	1	
G	3	
H	10	
J	30	
K	100	
L	300	
M	1 000	
N	3 000	
P	10 000	
Q	30 000	300 000
R	100 000	100 000
S	300 000	30 000
T	1 000 000	10 000
U	3 000 000	3 000
V	10 000 000	1 000
W	30 000 000	300
Z	siehe Einzelbestimmung	siehe Einzelbestimmung

tistische Lebensdauer des Gerätes (d. h. bis zum Ausfall eines Bauelementes) beträgt 10 000 Stunden oder mehr als ein Jahr.

Genügt dies nicht, so müssen entweder Bauelemente erhöhter Zuverlässigkeit (geringerer Ausfallquotient) verwendet werden, oder es ist die Belastung des Bauelementes herabzusetzen. Bei Widerständen bedeutet dies beispielsweise, daß ein als 1-W-Typ gekennzeichnete Widerstand nicht mehr mit dieser Leistung belastet werden darf. Bei Kondensatoren könnte die Nennspannung vergrößert werden usw. Ein weiterer, in der professionellen Technik oft beschrittener Weg zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von Systemen besteht neben der Verwendung von Bauelementen erhöhter Zuverlässigkeit darin, mehrere Geräte zusammenzuschalten, weil die Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Ausfalles mehrerer Geräte sehr gering ist. Zuweilen werden bei der Kennzeichnung noch mehr Buchstaben verwendet, die dann Sonderprobleme darstellen, wie Termitenfestigkeit oder ähnliches. Da diese aber nur geringe Bedeutung haben, soll auf eine weitere Behandlung verzichtet werden.

(Wird fortgesetzt)

Microcomputer-Schulung

Kurse in Eindhoven

In Englisch finden die Kurse statt, die die Firma Philips über die „µPS“ 2650 bzw. 8 × 300 aus dem Programm von Valvo/Signetics in Eindhoven veranstaltet. Nachfolgend die Termine und Inhalte.

2650 System Design Workshop (8. und 9. 3. 1977 / 22. und 23. 3. 1977 / 3. und 4. 5. 1977). Dieser mehr aufs Praktische ausgerichtete Kurs vermittelt die Lösung einer Reihe von Aufgaben, die mit Hard- und Software zusammenhängen. Er ist als Ergänzung zum „2650 Intensive Workshop“ gedacht.

Plus Course – Programming Language for Microsystems (15. und 16. 3. 1977 / 10. und 11. 5. 1977). „Plus“ ist eine besondere „high level“-Programmiersprache für den Mikroprozessor 2650; sie ist kompatibel mit PL/M. Die Programmierung mit einer „high level language“ ist effektiver als in einer Assembler-Sprache. Das Programm bekommt außerdem dadurch mehr Transparenz.

Twin System User Course (29. und 30. 3. 1977 / 23. und 24. 5. 1977). Dieser Lehrgang vermittelt, wie man mit dem Prototyp-Entwicklungssystem „Twin“ umzugehen hat. Die Teilnehmer haben Gelegenheit, integrierte Hard- und Soft-

ware-Entwicklungen am Prozessor 2650 vorzunehmen.

Introduction to Mikrocomputers (5. 4. 1977). Lehrgang für Ingenieure und Manager, die nicht firm in digitalen Logikentwürfen sind. Auf die Vorteile der Problemlösung mit Mikrocomputern wird besonders eingegangen.

Designing with Microprocessors (7. 4. 1977). Dieser Lehrgang hat zwei Zielrichtungen: Vertiefen der Grundkenntnisse über „µPs“ und Anwendung des 2650 von Signetics. Auf den wesentlichen Unterschied zwischen Entwürfen, die auf Mikroprozessoren bzw. konventioneller Logik basieren, wird eingegangen.

8 × 300 Intensive Workshop (19. und 20. 4. 1977). Besonders theoretische und praktische Kenntnisse über Hard- und Software sowie über Schnittstellen des 8 × 300 werden hier vermittelt. Anwendern soll geholfen werden, praktische Probleme zu lösen.

2650 Intensive Workshop (26. bis 28. 4. 1977). Dieser Kurs richtet sich an Entwickler für digitale Systeme. Er ist so eingeteilt: Instruktionssatz 2650, Programmentwicklung, Schnittstellenbedingungen und Peripherieschaltungen. Praktische Arbeiten mit dem System 2650 sind Teil dieses Lehrgangs.

Die Lehrgänge stehen allen Interessenten offen, baldige Anmeldung wird empfohlen. Mit den Anmeldeformularen erhält man auch die ausführlichen

Unterlagen über die Veranstaltungen. Adresse: N.V. Philips, Elcoma, Microprocessor Dept., Building BAE-2, Eindhoven, Niederlande.

Technische Druckschriften

Kurzkatalog Schwingquarze. Die Broschüre „Valvo Schwingquarze 1977“ enthält alle derzeit vom Unternehmen lieferbaren Schwingquarze, temperaturkompensierte Quarzoszillatoren und Quarzfilter. Für die Quarze im Metallhalter wurde der Frequenzbereich auf 150 MHz heraufgesetzt, Quarze für Uhren nehmen einen besonderen Raum ein, und die Quarzfilter sind nun auch mit Nennfrequenzen von 1,4 MHz, 1,75 MHz und 21,4 MHz erhältlich. Adresse: Postfach 10 63 23, 2000 Hamburg 1.

Sicherheit kontrollieren, Risiko mindern. Unter diesem Titel legt die Gossen GmbH eine Schrift vor, in der das Unternehmen erstmals seine Geräte für die Prüfungen von Schutzmaßnahmen nach VDE zusammengefaßt hat. Die Meß- und Prüfmöglichkeiten der Geräte sowie die konstruktiven Besonderheiten werden erläutert. Adresse: Postfach 1780, 8520 Erlangen.

Verlag und Herausgeber

Hüthig & Pflaum Verlag GmbH & Co.
Fachliteratur KG, München und Heidelberg

Verlagsanschriften:

Lazarettstraße 4 8000 München 19 Tel. (0 89) 18 60 51 Telex 5 29 408	Wilckensstraße 3–5 6900 Heidelberg 1 Tel. (0 62 21) 4 69-1 Telex 4 61 727
---	--

Gesellschafter:

Hüthig & Pflaum Verlag GmbH, München,
(Komplementär),
Hüthig GmbH & Co. Verlags-KG,
Heidelberg,
Richard Pflaum Verlag KG, München,
Beda Bohinger, München

Verlagsleiter:

Ing. Peter Eiblmayr, München,
Dipl.-Kfm. Holger Hüthig, Heidelberg.

Verlagskonten:

PSchK München 8201–800
Deutsche Bank Heidelberg 01/94 100
(BLZ 672 700 03)

Druck

Richard Pflaum Verlag KG
Lazarettstraße 4
8000 München 19
Telefon (0 89) 18 60 51
Telex 5 29 408

**FUNK
TECHNIK**

Fachzeitschrift für
die gesamte Unterhaltungselektronik
Erscheinungsweise: Zweimal monatlich.
Die Ausgabe „ZV“ enthält die regelmäßige
Verlegerbeilage „ZVEH-Information“.
Vereinigt mit „Rundfunk-Fernseh-
Großhandel“

Redaktion

Chefredakteur:
Dipl.-Ing. Wolfgang Sandweg

Redakteure:

Dipl.-Ing. Paul J. Muenzer, Curt Rint,
Margot Sandweg, Gerhard Wolski

Redaktion Funk-Technik

Lazarettstraße 4
8000 München 19
Telefon (0 89) 18 60 51
Telex 5 29 408 pflvl

Außenredaktion Funk-Technik

Redaktionsbüro W. + M. Sandweg
Weiherfeld 14
8131 Aufkirchen über Starnberg
Telefon (0 81 51) 56 69

Nachdruck ist nur mit Genehmigung der
Redaktion gestattet.

Für unverlangt eingesandte Manuskripte
wird keine Gewähr übernommen.

Anzeigen

Anzeigenleiter:
Walter Sauerbrey
Hüthig & Pflaum Verlag
Anzeigenabteilung „Funk-Technik“
Postfach 20 19 20
8000 München 2
Telefon (0 89) 18 20 21
Telex 5 216 075 pfla

Paketanschrift:
Lazarettstraße 4
8000 München 19

Gültige Anzeigenpreislste:
Nr. 10b vom 1. 10. 1976



Vertrieb

Vertriebsleiter:
Peter Bornscheuer
Hüthig & Pflaum Verlag
Vertriebsabteilung
Wilckensstraße 3–5
6900 Heidelberg 1
Telefon (0 62 21) 4 89-1
Telex 4 61 727

Bezugspreis zuzüglich Versandkosten:
Jahresabonnement 80,- DM (im Inland
sind 5,5% Mehrwertsteuer eingeschlossen)
Einzelheft 3,50 DM
Kündigungsfrist:
Zwei Monate vor Quartalsende (Ausland:
Bezugsjahr)
Bei unverschuldetem Nichterscheinen keine
Nachlieferung oder Erstattung.

Richard Pflaum Verlag KG München

Elektronik - Elektrotechnik - Gesamtprogramm

ELEKTRONIK - ELEKTRO-TECHNIK AUSBILDUNG + FORTBILDUNG

Heinz-Piast-Institut für
Handwerkstechnik an der
Technischen Universität
Hannover (Hrsg.)

Elektronik-Testaufgaben I
Elektrotechnische Grundlagen
der Elektronik
1976, 3., verbesserte Auflage,
400 Testaufgaben als
Loseblattsammlung im Plastik-
Ringordner, DIN A 5,
Querformat, DM 34,-
ISBN 3-7905-0270-7

Elektronik-Testaufgaben II
Bauelemente der Elektronik
1976, 4., überarbeitete Auflage,
400 Testaufgaben als Loseblattsam-
mlung im Plastik-Ring-
ordner, DIN A 5, Querformat,
DM 34,- ISBN 3-7905-0260-X

Elektronik-Testaufgaben III
Grundschaltungen
der Elektronik
1976, 2., verbesserte Auflage,
400 Testaufgaben als Loseblattsam-
mlung im Plastik-Ring-
ordner, DIN A 5, Querformat,
DM 34,- ISBN 3-7905-0260-2

Elektronik-Testaufgaben III
Grundschaltungen
der Elektronik
Praktischer Teil
1977, 132 Seiten, 25 Grund-
schaltungen, 100 Aufgaben,
DIN A 4, colophoniert
Einband, Spiralbindung,
DM 19,80 ISBN 3-7905-0268-5

Dazu
Arbeitstransparente
(Unterrichtsstoffe) 1977,
30 Folien im Format DIN A 4,
davon 25 Folien Grund-
schaltungen entsprechend
Elektronik-Testaufgaben III,
Praktischer Teil, und 5 Folien
als Raster, Sammlung komplett
DM 140,-

**Praktische Elektronik,
Teil I**
1976, 4., überarbeitete Auflage,
72 Seiten mit zahlreichen
Bildern, Schaltplänen,
Verdrahtungsplänen und
Tabellen, DIN A 4,
kartoniert, DM 7,-
ISBN 3-7905-0202-2

**Praktische Elektronik,
Teil II**
1976, 2., durchgesehene Auf-
lage, 72 Seiten mit zahlreichen
Bildern, Schaltplänen,
Verdrahtungsplänen und
Tabellen, DIN A 4, kartoniert,
DM 7,- ISBN 3-7905-0203-0

Anton Knilling
Testaufgaben
Elektrotechnik
1972, 2x210 Testaufgaben mit
Lösungen als Loseblattsam-
mlung im Plastik-Ringordner,
DIN A 5, Querformat, DM 24,80
ISBN 3-7905-0182-4

Franz Hartel
Testaufgaben
zu VDE-Bestimmungen
1974, 200 Testaufgaben mit
Lösungen zu den VDE-Bestim-
mungen 0100, 0101, 0105, 0107,
0108, 0113, 0130, 0132, 0134,
0141, 0165, 0190, 0211, 0293,
0701, 0800, 0855, 0871, als Lose-
blattsammlung im Plastik-
Ringordner, DIN A 5, Quer-
format, DM 30,-
ISBN 3-7905-0218-9

ELEKTROTECHNIK FÜR DEN PRAKTIKER

Werner H. Bartak
Elektrische Meßgeräte
und ihre Anwendung in
der Praxis
1973, 224 Seiten mit 225 Abb.,
kartoniert in Polyethylen,
DM 28,- ISBN 3-7905-0192-1

Fritz Bergold
Die große Elektro-Fibel
Lehrbuch für Unterricht und
Selbststudium - Nachschlage-
werk für den Elektro- und
Elektronik-Praktiker.
1973, 8., verbesserte Auflage,
überarbeitet von J. Eiselt.
424 Seiten mit 505 Abb.,
2 Tafeln und 84 Aufgaben mit
ausführlichen Lösungen, karto-
niert in Polyethylen, DM 32,-
ISBN 3-7905-0201-4

Fritz Bergold
Antennen-Handbuch
1977, 2. Auflage, völlig neu
überarbeitet und ergänzt
von Dipl.-Ing. Erhard Graff.
Ca. 350 Seiten mit etwa
400 Abbildungen, Kunststoff-
Einband, ca. DM 45,-
ISBN 3-7905-0261-8

Fördergemeinschaft Gutes Licht
(FGL), Hrsg.
Lichtanwendung
1976, 284 Seiten, durchgehend
farbig bebildert, Format
21x30 cm, Umschlag vierfarbig,
gebunden in Polyethylen,
DM 52,-. Eine Sammlung der
8 Hefte „Licht zum Leben“,
herausgegeben von der FGL.

Alfred Hösl
Bilderfibel
zur Elektroinstallation
Herausgegeben von der Bayeri-
schen Versicherungskammer
München.
1973, 116 Seiten mit 286 Ab-
bildungen, kartoniert in Poly-
ethylen, DM 16,-
ISBN 3-7905-0200-6

Hösl, Zähe, Aumeier
Blindschutz-Fibel
Planung, Errichtung, Prüfung
und Kalkulation von Blitz-
schutzanlagen für Gebäude
aller Art.
1970, 136 Seiten mit 97 Ab-
bildungen, kartoniert, DM 15,-
ISBN 3-7905-0154-9

Landesinnungsverband
für das Bayerische Elektro-
handwerk (Hrsg.)
Kaufmännisches Handbuch
**für den Elektro-
handwerker**
Kalkulation und Bauzellen
für die Praxis
1977, 3., völlig neu über-
arbeitete und verbesserte
Auflage, ca. 130 Seiten als
Loseblattsammlung im
Plastik-Ringordner, DIN A 5,
ca. DM 32,-
ISBN 3-7905-0244-8

Elektromaschinenbau

Rudolph Wessel
Die neue Schule des
Elektromaschinenbauers
Mit einem Anhang
Aufgaben und Lösungen
1976, 4., völlig neu bearbeitete
Auflage, 400 Seiten mit 215 Ab-
bildungen, Kunststoff-Einband,
DM 44,-
ISBN 3-7905-0246-0

HOBBY

Elektronik, Modellbau

Werner W. Dielenbach
HIFI-Hobby
Mono-, Stereo- und Quadro-
fonie
1975, 3., verbesserte und
ergänzte Auflage, 220 Seiten
mit 190 Abbildungen,
kartoniert, DM 24,80
ISBN 3-7905-0232-4

Werner W. Dielenbach
Fernseh-Hobby
Hilfpraktikum für Fernseh-
freunde
1974, 160 Seiten mit 142 Ab-
bildungen, DM 19,80
ISBN 3-7905-0221-9

Werner W. Dielenbach
Tonband-Hobby
Hilfpraktikum in der Praxis,
DJs- und Schmelldisk-Verfahren,
Hilfpraktikum, Trilckaufnahmen
In Zusammenarbeit mit der
Internationalen Tonjäger-
Föderation (FICS) und den
deutschen Tonband-Clubs.
1974, 11., völlig neu überarbei-
tete und erweiterte Auflage,
176 Seiten mit 168 Abbildungen,
Skizzen und Tabellen,
kartoniert DM 19,80
ISBN 3-7905-0225-1

Werner W. Dielenbach
Elektronik-Hobby
Erprobte Schaltungen -
leicht nachzubauen
1976, 2. Auflage, überarbeitet
und aktualisiert von
W. Knobloch.
228 Seiten, 200 Abbildungen,
kartoniert, DM 24,80
ISBN 3-7905-0247-2

Werner W. Dielenbach
Handfunksprechgeräte
in der Praxis
1977, 3. Auflage, überarbeitet,
ergänzt und aktualisiert
von Winfried Knobloch.
Ca. 130 Seiten mit etwa
90 Abbildungen, Konstruktions-
plänen und Tabellen,
kartoniert, ca. DM 24,80
ISBN 3-7905-0265-0

Werner W. Dielenbach
Subminiatur-Sender
für Hobby und Funksport
1970, 10., völlig neu bearbeitete
Auflage, 192 Seiten mit
177 Abb. und 17 Tab.,
kartoniert, DM 16,-
ISBN 3-7905-0151-4

Werner W. Dielenbach
Elektronik für Auto
und Motorrad
1973, 88 Seiten mit 69 Abb.,
kartoniert, DM 9,50
ISBN 3-7905-0195-6

Winfried Knobloch
Modellisenbahnen -
elektronisch gesteuert
Band 1: Anfahr-, Brems- und
Blockstreckenautomatiken
1977, 6., überarbeitete und
erweiterte Auflage.
Ca. 128 Seiten mit etwa
104 Abbildungen, kartoniert,
ca. DM 16,80
ISBN 3-7905-0259-6

Band 2: Impulssteuerungen,
NF-Zugbeleuchtung und
Peripherie-Elektroniken
1975, 4., verbesserte und
ergänzte Auflage, 128 Seiten,
84 Abbildungen, kartoniert,
DM 15,-
ISBN 3-7905-0210-3

Band 3: Tonfrequenz-
steuerungen für unabhängigen
Mehrzugbetrieb
1976, 4., durchgesehene Auflage,
148 Seiten, 104 Abbildungen,
kartoniert, DM 15,-
ISBN 3-7905-0233-2

Herbert G. Mende
Polizei, Radar und Signale
Elektronik im Straßenverkehr
1975, 120 Seiten mit
77 Abbildungen, kartoniert,
DM 16,-
ISBN 3-7905-0229-4

Erich Rabe
Segelflugmodelle
Praktikum für Freunde
des Flugmodellbaus.
1976, 2., überarbeitete und
verbesserte Auflage.
152 Seiten mit 124 Abbildungen,
kartoniert, DM 18,-
ISBN 3-7905-0254-5

Erich Rabe
Motorflugmodelle
Modellbau-Praktikum
1976, 2., überarbeitete und ver-
besserte Auflage, 164 Seiten
mit 136 Abbildungen, kartoniert,
DM 18,-
ISBN 3-7905-0251-0

Erich Rabe
Fernsteuer-Hobby
Praktikum für Freunde
der Fernsteuerung
Flugmodelle - Schiffsmodelle -
Automodelle
perfekt ferngesteuert
1976, 3., überarbeitete und ver-
besserte Auflage, 192 Seiten mit
129 Abbildungen, kartoniert,
DM 18,-
ISBN 3-7905-0246-4

Erich Rabe
Automodelle -
ferngesteuert
1977, ca. 128 Seiten mit
89 Abbildungen, kartoniert,
ca. DM 19,-
ISBN 3-7905-0262-6

Erich Rabe
Elektronflugmodelle
1977, ca. 130 Seiten mit
zahlreichen Abbildungen,
kartoniert, ca. DM 21,-
ISBN 3-7905-0263-4

Dieter Suhr
Hubschraubermodelle
1977, ca. 130 Seiten mit
zahlreichen Abbildungen,
kartoniert, ca. DM 18,-
ISBN 3-7905-0264-2



Elektronik
Benedikt Gruber Band 101
Elektronik studiert und
probiert
ISBN 3-7905-0198-0

Fritz Bergold Band 102
Photo-, Kalt- und Heiß-
leiter sowie VDR
ISBN 3-7905-0135-2

Fritz Bergold Band 103
Glimmrohren- und Ziffern-
anzeigeröhren
ISBN 3-7905-0142-5

Fritz Bergold Band 104
Glimm-Relaisröhren
ISBN 3-7905-0143-3

Fritz Bergold Band 105
Elektronikschaltungen
mit Triacs, Diacs und
Thyristoren
ISBN 3-7905-0204-9

Fritz Bergold Band 106
Schalten mit Transistoren
ISBN 3-7905-0236-7

Fritz Bergold Band 107
Integrierte Schaltungen
im praktischen Einsatz
ISBN 3-7905-0163-2

Otto Krug Band 108
Integrierte Schaltungen
in Fernsehempfängern
ISBN 3-7905-0206-5

Hanns-Peter Siebert Band 109
Optoelektronik in der
Praxis
ISBN 3-7905-0212-X

Dieter Hirschmann Band 110
Anwendung und Funktion
von Dioden
und Gleichrichtern
ISBN 3-7905-0226-X

Steuer- und Regeltechnik
Hans Schmitter Band 201
Vom Schaltzeichen zum
Schaltplan
ISBN 3-7905-0178-6

Hans Schmitter Band 202
Bauelemente der
Schütz-Steuerungen
ISBN 3-7905-0147-6

Hans Schmitter Band 203
Grundschaltungen all-
gemeiner Steuerungs-
aufgaben
ISBN 3-7905-0253-7

Hans Schmitter Band 204
Grundlagen elektronischer
Steuerungen
für Antriebe
ISBN 3-7905-0167-0

Hans Schmitter Band 205
Grundschaltungen
für Anlagensteuerungen
ISBN 3-7905-0173-5

Kielhorn/Müller/Sack Band 206
Grundlagen elektronischer
Steuerungen
in Digitaltechnik
ISBN 3-7905-0184-0

Kielhorn/Müller Band 207
Praxis elektronischer
Steuerungen
in Digitaltechnik
ISBN 3-7905-0205-7

Elektropraxis
Josef Eiselt Band 301
Fehlersuche in
elektrischen Anlagen
und Geräten

Benedikt Gruber Band 302
Oszilloskopieren
leicht und nützlich
ISBN 3-7905-0237-5

Alfred Hösl Band 304
Elektroinstallation in
feuergefährdeten und
landwirtschaftlichen
Betriebsstätten
Physik des elektrisch
gezündeten Brandes
ISBN 3-7905-0213-8

Herbert Jänich Band 305
Raumklimatisierung für
den Elektropraktiker
ISBN 3-7905-0214-6

Kührt/Pointner Band 308
Grundlagen des
Explosions-schutzes
elektrischer Anlagen
ISBN 3-7905-0228-6

Kührt/Pointner Band 307
Errichtung explosions-
geschützter elektrischer
Anlagen
ISBN 3-7905-0238-3

Enno Folkerts Band 308
Elektrotechnische Grund-
lagen für den Praktiker
1977, ca. 100 Seiten mit zahl-
reichen Abbildungen, Balacron-
Einband, ca. DM 12,50
ISBN 3-7905-0266-9

Heinrich Moog Band 309
Elektrische Ausrüstung
von Bearbeitungs- und
Verarbeitungsmaschinen
1977, ca. 100 Seiten mit zahl-
reichen Abbildungen, Balacron-
Einband, ca. DM 12,50
ISBN 3-7905-0267-7

Alle Bände in Balacron-Ein-
band, Umfang zwischen 80 bis
150 Seiten, Preise von
DM 7,50 bis DM 12,50.
Ausführliche Informationen
über unser Programm ver-
mittelt Ihnen der Prospekt
Fachbücher Elektrotechnik /
Elektronik

Alle Titel mit Ca.-Angaben
erscheinen Frühjahr '77

Richard Pflaum Verlag KG
Lazarettstraße 4
8000 München 19
Telefon (089) 18 60 51

mitglied der Informations-
gesellschaft elektro

98329

AKTUELL

AKT

Mickan, G.

Z L 15933

ELL

Informationen für
den Rundfunk- und
Fernsehhandel

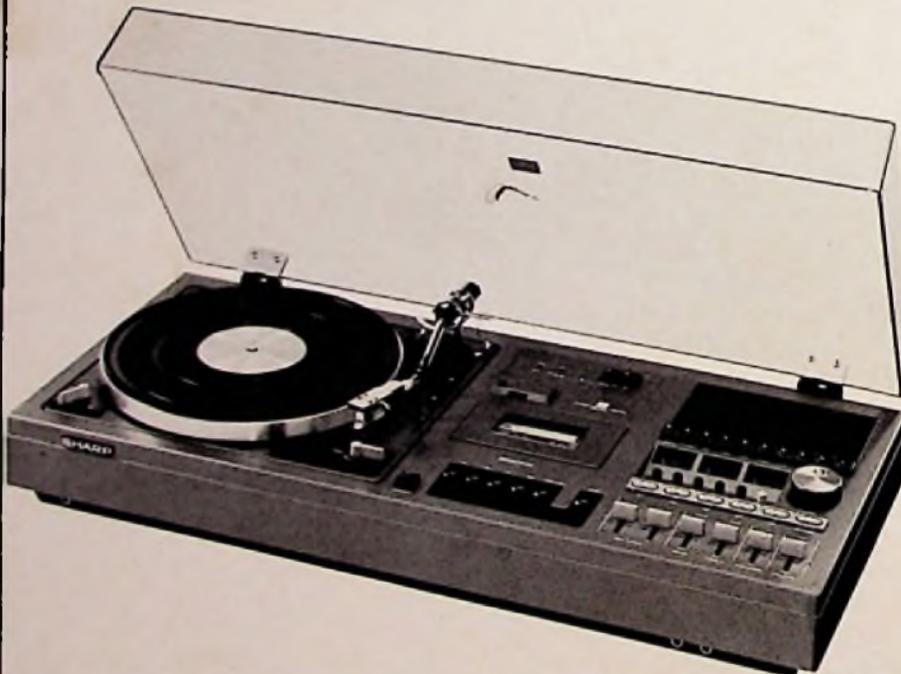
1255 Woltersdorf
125 Goethestr. 11

SHARP ELECTRONICS (EUROPE) GMBH
Steindamm 11 · 2000 Hamburg 1
Tel. (0 40) 24 75 55 · Telex 02 161 867

Zwei Spitzenanlagen ihrer Klasse:

**Diese Kompaktanlage
erfüllt die HiFi-Norm
DIN 45500**

**bei allen Komponenten:
Receiver, Plattenspieler
und Kassettenteil.**



**SHARP SG-315 H
Stereo-Dreier-
Kompaktanlage**



- 2 x 15 Watt Sinus/2 x 20 Watt Musik.
- Hohe Eingangsempfindlichkeit.
- Gleichbleibender Empfang durch automatische Verstärkungsregelung (AGC) und Frequenzkontrolle (AFC).
- 30-cm-Plattenteller mit vibrationsfreiem Riemenantrieb und präzisiertem, konstantem Gleichlauf.
- Kassettenteil mit automatischer CrO₂-Umschaltung, automatischer Aufnahmekontrolle (ALC) und Full Auto Stop.
- Passende Boxen.



Sie als Fachmann wissen, daß die Anlage SG 400 H ein besonders interessantes Angebot für den großen Kompaktanlagen-Markt ist. Hier die wesentlichen Fakten:

- 2 x 25 Watt Sinus/2 x 40 Watt Musikleistung.
- 4 Wellenbereiche, 6 Sensortasten, davon 5 zur Sendervorwahl.

- Loudnesstaste, Muting, 3 Anzeigeelemente, Schieberegler.
- Plattenspieler mit Magnetsystem.
- Kassettenteil mit Dolby-Rauschunterdrückung, automatischer Aufnahmekontrolle und CrO₂-Umschaltung.
- Passende 3-Weg-Boxen!



**Partner
des Fachhandels.
Heute und in Zukunft.**