

## Frequenzschallplatten und ihre Anwendung

Die Schallplattenindustrie stellt eine Reihe von Schallträgern mit bestimmten technischen Frequenzen her, die für viele Meß- und Prüfwerte hervorragend geeignet sind. Frequenzplatten werden unter Verwendung meßtechnisch hochwertiger Tongeneratoren aufgenommen, und der heutige Stand der Schallplattenaufnahme bietet die Gewähr, daß mit diesen Platten eine für Messungen ausreichende sinusförmige, in Frequenz und Amplitude gleichmäßige Tonfrequenz erzeugt werden kann. Die Meßschallplatten wurden größtenteils in Zusammenarbeit mit dem Reichspostzentralamt und dem Institut für Schwingungsforschung herausgebracht. Sie werden überall dort mit besonderem Vorteil eingesetzt, wo die Beschaffung eines Meßgenerators zur Kostspieligkeit wäre und die geplanten Prüfungen nur selten vorkommen.

### Die verschiedenen Arten von Frequenzschallplatten

Für die verschiedenen Anwendungsgebiete sind mehrere Ausführungen von Frequenzschallplatten<sup>1)</sup> vorgesehen, deren wichtigste Merkmale die Bilder 1 bis 4 an dem Inhalt und dessen Verteilung auf eine Schallplattenlaufzeit zeigen sollen. Bild 1 stellt die Frequenzverteilung von vier konstanten Tönen von 400, 200, 100 und 50 Hz dar, von denen jede Frequenz  $\frac{1}{4}$  des Schallträgers einnimmt. Die Rückseite enthält eine andere Stufung. Diese Art Frequenzplatten eignet sich zur Untersuchung von Verstärkern, an denen in gewissen Abständen die Übertragung

absteigenden, gleitenden Heulton verfügt, wie er ebenfalls für akustische Messungen benötigt wird.

Die verschiedenen Arten von Frequenzschallplatten sollen weiter nicht erörtert werden. Eine Auswahl mit den wichtigsten Eigenschaften der Platten ist in einer Tabelle gegeben. Bei der Anwendung der Platten ist zu beachten, daß einige von der genormten Drehzahl von 78 Umdrehungen je Minute abweichen. Die Platten des Reichspostzentralamtes und Institutes für Schwingungsforschung besitzen 80 Umdrehungen; zur Wiedergabe der vorschriftsmäßigen Frequenz ist auf die richtige Einregelung dieser Drehzahl zu achten. Zweckmäßig dient hierzu eine Glimmlampe in Verbindung mit der auf den Schallplatten aufgeklebten stroboskopischen Scheibe, die bei richtiger Drehzahl zum scheinbaren Stillstand kommt. Das Laufwerk muß sich daher in gewissen Grenzen regeln lassen; ein Synchronmotor ist nur für die Platten mit 78 Umdrehungen geeignet.

### Die Abtastung der Frequenzschallplatten

Bevor einige Anwendungsgebiete der Frequenzschallplatten behandelt werden, noch ein Wort zum Tonabnehmer. Der aus einer Frequenzschallplatte gebildete Tongenerator umfaßt natürlich den Tonabnehmer, einen Regler für die gelieferte Tonfrequenzspannung und gegebenenfalls einen anschließenden Verstärker. Von allen ist nach Möglichkeit zu fordern, daß sie die Töne weder durch lineare noch durch nichtlineare Verzerrungen beeinträchtigen. Während man beim Verstärker lineare Verzerrungen im Bereich einer Frequenzschallplatte kaum zu befürchten hat und nichtlineare Verzerrungen durch eine frequenzunabhängige Gegenkopplung beheben kann, besteht die größte Gefahr in der technischen Unzulänglichkeit des Tonabnehmers. Am zweckmäßigsten ist ein guter Kristalltonabnehmer, der ein breites Frequenzband mit geringen Verzerrungen zu übertragen imstande ist. Der Regler soll dabei möglichst nicht kleiner als 100 k $\Omega$  sein und eine Massewiderstandsbahn enthalten.

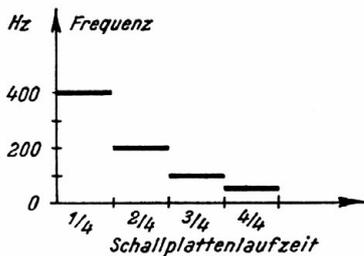


Bild 1. Schallplatte mit mehreren konstanten Tönen.

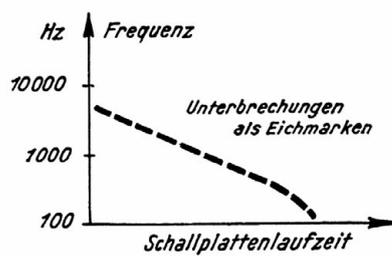


Bild 2. Schallplatte mit gleitender Frequenz.

einer Frequenz gemessen werden soll. Die zur Verfügung stehende Zeit reicht selbst für den Vergleich während der Messung unternehmener Versuche aus. Meist sind die Rillen der Frequenzbänder äußerlich so aufgeteilt, daß man den Tonabnehmer stets auf das gewünschte Band aufsetzen kann.

Mehr für die Eichung einfacher Tongeneratoren und zur Prüfung eines Verstärkers auf seine Frequenzkurve sind Platten mit einem Inhalt nach Bild 2 geeignet. Hierin gleitet eine Frequenz allmählich von oben nach unten oder umgekehrt, wobei kurzzeitige Unterbrechungen Eichmarken für bestimmte, auf der Platte angegebene Frequenzen bilden. Andere Schallträger, die keine Eichmarken enthalten, sind mit einer Kurve versehen, aus der in Abhängigkeit von der Entfernung von der Anfangsrille aus gerechnet bzw. nach der Zahl der Umdrehungen die Frequenz abgelesen werden kann.

Für akustische Messungen sind Schallplatten mit einer Heulfrequenz üblich. Nach Bild 3 besitzt eine solche Platte eine oder mehrere feste Tonfrequenzen, die sich während einer Sekunde etwa zehnmal um den Betrag von 50 Hz nach oben und unten verändern. Hierdurch erreicht man eine Verschiebung der Luftschwingungen im Raum, die bei ungünstigen Räumlichkeiten leicht stehende Wellen verursachen könnten. Eine Messung von Schallwellen, z. B. durch ein Kondensatormikrofon, würde bei stehenden Wellen an verschiedenen Punkten dadurch verfälscht werden, daß einmal im Schwingungsbauch, ein anderes Mal im Schwingungsknoten eine den tatsächlichen Verhältnissen gar nicht entsprechende Spannung ermittelt wird. Durch einen Heulton bleibt das System der Schwingungsknoten und Schwingungsbauche ständig im Wandern. Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei der in Bild 4 dargestellten Heulfrequenzplatte, die jedoch über einen

### Die Anwendung der Frequenzschallplatten

Zum Vergleich eines einfachen Tongenerators mit festen oder durch Unterbrechungen gekennzeichneten Frequenzen eines gleitenden Tones eignet sich Schaltung Bild 5. Ein Hörer mit zwei getrennten Hörmuscheln wird einerseits an den Tonabnehmer, andererseits an den zu eichenden Tongenerator gelegt. Natürlich müssen die Lautstärken einigermaßen aufeinander abgeglichen werden. Annähernde Übereinstimmung beider Frequenzen besteht, wenn man den Eindruck ein er sehr langsam verlaufenden Schwebung zwischen den Hörmuscheln wahrnimmt, bis schließlich bei voller Übereinstimmung ein Schwebungsnull erreicht ist. Ein genaueres Verfahren für den Vergleich bietet der Kathodenstrahloszillograph, wobei einem Plattenpaar über den Oszillographenverstärker die unbekannte Frequenz, dem zweiten Plattenpaar nach Abschaltung des Kippgerätes die Schallplattenfrequenz über den später noch zu beschreibenden Verstärker bzw. den Niederfrequenzteil eines Rundfunkempfängers zugeführt wird. Verfügt der zu vergleichende Tongenerator über größere Verstärkung, so kann der Tonabnehmer unmittelbar an den Oszillographenverstärker und der Tongenerator an die Platten für horizontale Ablenkung gehen. Die

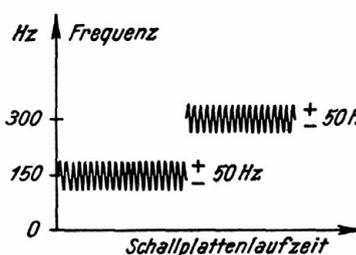


Bild 3. Schallplatte mit mehreren festen Heulfrequenzen.

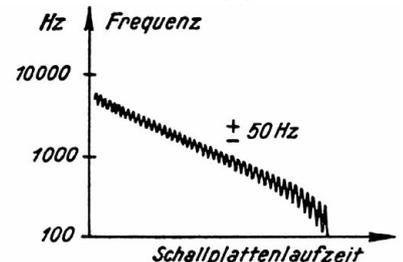


Bild 4. Schallplatte mit gleitender Heulfrequenz.

<sup>1)</sup> Hersteller: C. Lindström A.G., Berlin SO 36.

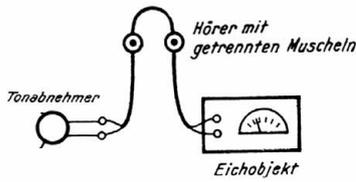


Bild 5. Einfache Eichschaltung für die Bestimmung der Frequenz einfacher Tongeneratoren unter Verwendung von Frequenzplatten.

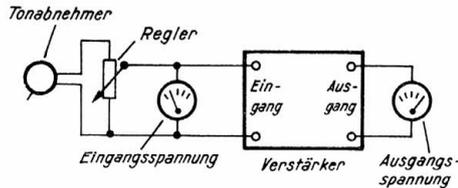
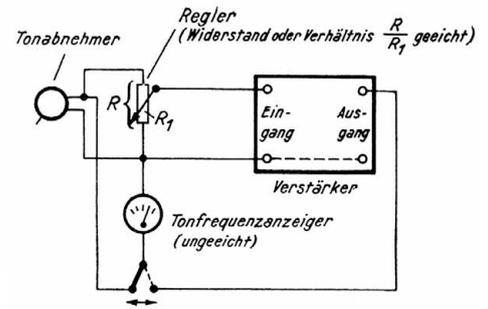


Bild 6. Bestimmung der Verstärkung aus dem Verhältnis der Ausgangsspannung mit zwei geeichten Tonfrequenzspannungsmessern.



Recht: Bild 7. Bestimmung der Verstärkung aus dem Verhältnis der Spannungsteilung  $\frac{R}{R_1}$  bei Übereinstimmung der Tonfrequenzspannung während der Umschaltung von Tonabnehmer auf Verstärker Ausgang.

Übereinstimmung beider Frequenzen zeigt eine schrägliegende Gerade bzw. eine Ellipse oder ein Kreis auf dem Bildschirm an. Bild 6 zeigt als ein weiteres Anwendungsbeispiel von Frequenzschallplatten die Bestimmung des Verstärkungsfaktors. Mit einem Tonfrequenzspannungsmesser, d. h. einem Drehspulinstrument mit Trockengleichrichtern oder einem Thermokreuz, wird die Eingangsspannung hinter dem Lautstärkeregel des Tonabnehmers bestimmt, die dem Verstärker als Eingangsspannung zugeführt wird. Ein zweiter Tonfrequenzspannungsmesser im Ausgang<sup>2)</sup> zeigt die verstärkte Tonfrequenzspannung an. Das Verhältnis Ausgangsspannung/Eingangsspannung entspricht dem Verstärkungsfaktor. Liegt z. B. am Eingang eine Spannung von 0,2 Volt, am Ausgang eine verstärkte Spannung von 30 Volt, dann findet  $\frac{30}{0,2} = 150$ fache Verstärkung statt. Da die Frequenzkurve des Tonabnehmers nicht geradlinig verläuft, muß bei der Aufnahme einer Frequenzkurve des Verstärkers jedesmal die Eingangsspannung und Ausgangsspannung zu der betreffenden Frequenz notiert werden. Man kann auch so vorgehen, die Eingangsspannung mit dem Regler auf einem konstanten Wert zu halten; dann ist selbstverständlich nur eine Bezeichnung der einzelnen Frequenzen mit den entsprechenden Ausgangsspannungen nötig. Zweckmäßig bildet man durch Division der verschiedenen Ausgangsspannungen durch die Eingangsspannung den Verstärkungsfaktor und stellt die Werte in Abhängigkeit von der Frequenz zu einer Kurve zusammen. Man gewinnt auf diese Weise einen guten Einblick in die Wirksamkeit von Tonblenden, Gegenkopplungen und sonstigen Maßnahmen zur willkürlichen Beeinflussung des Frequenzbandes von Verstärkern.

<sup>2)</sup> Beide Spannungsmesser, hauptsächlich aber der Ausgangsspannungsmesser, sollen einen so hohen Innenwiderstand besitzen, daß die Anpassung hierdurch nicht verändert wird.

Eine andere Schaltung zur Bestimmung des Verstärkungsfaktors geht aus Bild 7 hervor. Ihr Vorteil besteht darin, daß nur ein Tonfrequenzanzeiger erforderlich ist, der noch dazu ungeeicht sein kann. Mit Hilfe des Umschalters wird einmal die Spannung am Tonabnehmer, das andere Mal die Spannung am Ausgang des Verstärkers bestimmt. Am Regler wird daraufhin das Widerstandsverhältnis ermittelt zwischen dem Gesamtwiderstand  $R$  und dem am Eingang des Verstärkers liegenden Teilwiderstand  $R_1$ , bei dem trotz Umschaltung der Tonfrequenzanzeiger übereinstimmenden Ausschlag besitzt. In diesem Fall ist die Spannung am Tonabnehmer gleich der Ausgangsspannung des Verstärkers; um dieses Gleichgewicht herzustellen, mußte am Regler ein Bruchteil der Tonabnehmerspannung dem Eingang des Verstärkers zugeführt werden. Dieser Bruchteil entspricht dem Verstärkungsfaktor der geprüften Einrichtung. Der Regler wird zweckmäßig in Verhältnissen von  $R$  zu  $R_1$  geeicht. Besitzt z. B.  $R$  20 k $\Omega$ , und der Schleifer greift einen Widerstand  $R_1$  von 0,2 k $\Omega$  ab, dann ergibt sich  $\frac{20}{0,2} = 100$ fache Verstärkung. — Solange der Eingang des Verstärkers einen hohen Ohmwert besitzt, wird der Spannungsteiler nicht nennenswert belastet. Bei niederohmigem Eingang ist Schaltung Bild 6 genauer. Für beide Schaltungen gilt, daß die Eingangsspannung nur so hoch bemessen werden darf, daß keine Übersteuerung des Verstärkers stattfindet.

Die oszillographische Untersuchung von Verzerrungen ist ein besonders dankbares Gebiet und mit Frequenzschallplatten auf einfachstem Wege durchführbar. In Bild 8 ist eine solche Prüfschaltung aufgezeichnet, in der ein Kathodenstrahl-Oszillograph mit Verstärker und Kippgerät vorausgesetzt wird. Zweckmäßig stellt man vor dem Anschluß des zu untersuchenden Objektes (Verstärker, Tonfrequenzübertrager u. ä.) eine Prüfung der hinter dem Regler vom Tonabnehmer gelieferten Frequenz an, um sich von der guten Sinusform der Spannungsquelle zu überzeugen. Am Kippgerät wird eine Frequenz eingestellt, die den Verlauf von zwei bis drei Schwingungen auf dem Schirm des Oszillographen abbildet. Je nach der Größe des zu untersuchenden Verstärkers richtet sich die Abschwächung der vom Tonabnehmer gelieferten Spannung am Regler, denn unter allen Umständen muß jede Übersteuerung vermieden werden. Reicht die Spannung hinter dem Verstärker zur direkten Ablenkung der Kathodenstrahlröhre aus, so empfiehlt sich die Abschaltung des Oszillographenverstärkers. Mit einer Platte gleitender Frequenz lassen sich auch frequenzabhängige Verzerrungen auf dem gesamten Tonfrequenzbereich des Verstärkers untersuchen. Nicht für alle Zwecke ist die Frequenzplatte in Verbindung mit einem Tonabnehmer allein ausreichend; werden größere Spannungen benötigt, dann ist ein Verstärker notwendig. Die von diesem Verstärker geforderten Bedingungen sind gleichmäßige Übertragung eines Frequenzbandes von etwa 30 bis 10 000 Hz und geringe nichtlineare Verzerrungen. Im allgemeinen erfüllt schon der Niederfrequenzteil jedes neueren Rundfunkempfängers diese Forderungen. In Bild 9 ist ein geeigneter Verstärker für Wechselstrombetrieb gezeichnet, der mit verhältnismäßig großen Koppel- und Ableitkondensatoren bis zu tiefen Frequenzen herab arbeitet und dessen größte Parallelkapazität von 1000 pF im Ausgang noch keine merkliche Beschneidung der hohen Tonfrequenz darstellt. Die Gegenkopplung findet frequenzunabhängig über einen zwischen den beiden Verstärkerstufen befindlichen Widerstand von 3 M $\Omega$  statt. Die Ausgangsspannung kann einmal niederohmig bis zu 6  $\Omega$  herab, ein anderes Mal hochohmig bis zu 7 k $\Omega$  herab an zwei verschiedenen Anschlüssen entnommen werden. Mehrere Spannungen, die gleichzeitig zur Messung benutzt werden (Oszillo-

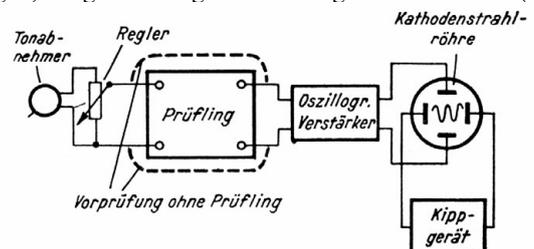


Bild 8. Oszillographische Untersuchung der Übertragungsgüte von Verstärkern.

## DIE GEDÄCHTNISSTÜTZE

### 6. Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung im Wechselstromkreis durch Induktivität oder Kapazität

Schaltet man in einen Wechselstromkreis eine Induktivität (Selbstinduktion; Spule), so eilt — Verlustfreiheit angenommen — die Spannung bekanntlich dem Strom um 90° voraus; liegt dagegen eine Kapazität (Kondensator) im Wechselstromkreis, so eilt — ebenfalls Verlustfreiheit angenommen — die Spannung dem Strom um 90° nach. Viele bleiben nun immer unsicher, in welchem Falle die Spannung vor- bzw. nacheilt. Man kann sich dies jedoch eindeutig merken, wenn man folgendes überlegt:

Der elektrische Strom ist ein Mengenbegriff, er wird meist mit der in einem Röhrensystem fließenden Wassermenge verglichen. Spannung (Spannungsunterschied) ist dagegen etwas Gewicht- und Körperloses, sie wird oft begrifflich durch den in einem Röhrensystem herrschenden Druck bzw. durch den Höhenunterschied veranschaulicht, der zwischen Anfang und Ende eines geneigten, mit Wasser gefüllten Rohres besteht. Wissen wir also, daß Strom einem Mengenbegriff gleichkommt, Spannung dagegen gewichts- und körperlos ist, so prägt sich folgende Überlegung dem Gedächtnis unverwischbar ein:

#### 1. Induktivität im Wechselstromkreis :

Eine Induktivität (oder Selbstinduktion) ist im allgemeinen eine Spule. Eine Spule hat oft viele Windungen dünnen Drahtes. Stellen wir uns den Draht als Rohr vor, durch das sich der Strom zwingen muß, so ist leicht einzusehen, daß die gewichts- und körperlose Spannung (der Druck) dem Strom stets vorauseilen muß.

#### 2. Kapazität im Wechselstromkreis :

Einen Kondensator (Kapazität) kann man sich dagegen als Faß oder Flasche (denken wir dabei an die Leydener Flasche, die ja auch nur ein Kondensator ist) vorstellen. Liegt er in einem Stromkreis, dann stürzt sich der Strom (die Wassermenge) zunächst in dieses Faß, die Spannung steigt dagegen in dem Maße an, wie sich der Kondensator (das Faß) mit Strom (Wasser) füllt. Man kann die Spannung hier gut mit dem steigenden Wasserspiegel eines Fasses vergleichen, in das durch ein Rohr Wasser zuläuft. Der Strom muß hier also der Spannung vorauseilen.



# Die absoluten Maßsysteme der Elektrotechnik

Messen und Rechnen sind die Grundlagen jeder funkttechnischen Arbeit. Beides hat die genaue Kenntnis des gebräuchlichen elektrischen Maßsystems zur Voraussetzung. Da nun in der elektrotechnischen und funkttechnischen Literatur keineswegs nur ein einziges Maßsystem benutzt wird, sondern man nebeneinander Angaben findet, die sich auf verschiedene Maßsysteme stützen, und da sich aus dieser Übung schließlich Widersprüche ergeben, die sich vom Leser nicht immer klären lassen, bringen wir nachstehend eine größere Arbeit über die absoluten Maßsysteme der Elektrotechnik, in die auch eine entsprechende Vergleichstabelle eingeschaltet ist. Wir hoffen, unseren auch an theoretischen Abhandlungen interessierten Lesern hierdurch eine wesentliche Stütze für ihre Arbeiten zu bieten.

Jedem Leser ist das „technische“ oder „praktische“ Maßsystem bekannt, dessen Einheiten gesetzlich festgelegt wurden, und zwar für das Deutsche Reich erstmalig durch das „Gesetz, betr. die elektrischen Maßeinheiten“ vom 1. Juni 1898 sowie durch die nicht ganz drei Jahre später herausgegebenen „Bestimmungen zur Ausführung“ obigen Gesetzes. Auch die Namen für die Einheiten, wenn auch nicht für alle, wurden darin festgelegt.

Allgemein bekannt ist z.B. das Coulomb als Einheit der Elektrizitätsmenge. Sie ist gegeben, wenn der Strom beim Durchgang durch eine wässrige Silbernitratlösung 0,001118 g Silber niederschlägt. Die Einheit der Stromstärke, das Ampere, ergibt sich, wenn diese Silbermenge in einer Sekunde abgeschieden wird. Das obige „internationale Coulomb“ ist seit dem 1. Januar 1940 ersetzt durch das „absolute Coulomb“, welches gleich dem  $3 \cdot 10^9$  fachen der absoluten (cgs)-Einheit für die Elektrizitätsmenge im Maxwell'schen elektrostatischen Maßsystem ist. Die Einheit der Elektrizitätsmenge im elektrostatischen Maßsystem besitzt jede von zwei Elektrizitätsmengen, die sich im Vakuum im Abstande von 1 cm mit der Kraft 1 Dyn abstoßen. Diese Einheit ist sehr klein. Durch kurzes Reiben einer Hartgummistange kann man leicht Hunderte von Einheiten erzeugen. Das Coulomb ist 3 Milliarden mal so groß und stellt also bereits eine beachtliche Elektrizitätsmenge dar. Zur Veranschaulichung sei gesagt, daß 1 Coulomb negativer Elektrizität etwa  $6,37 \cdot 10^{18}$  (6,37 Trillionen) Elektronen enthält. Ein noch überraschenderes Ergebnis gibt die Berechnung der abstoßenden bzw. anziehenden Kräfte zwischen zwei Ladungen von je 1 Coulomb in einem Kilometer Entfernung. Diese Kraft beträgt nach dem Coulombschen Gesetz

$$P = \frac{3 \cdot 10^9 \cdot 3 \cdot 10^9}{10^5 \cdot 10^5} = 9 \cdot 10^8 \text{ Dyn,}$$

das sind rund 900 kg, also fast eine Tonne!

Das Volt des praktischen Maßsystems war vorgegeben durch die Klemmenspannung des sog. „Westonschen Normalelements“ bei 20° C, die 1,0183 internationale Volt beträgt. Auch dieses „internationale Volt“ ist seit dem 1.1.1940 ersetzt durch das „absolute Volt“ ( $V_{\text{abs}}$ ), eine praktische Maßeinheit, die mit der Spannungseinheit des absoluten elektrostatischen Maßsystems in Beziehung steht:

$$1V_{(\text{abs})} = \frac{1}{300} \text{ elektrostatische Einheiten.}$$

Das  $V_{(\text{abs})}$  steht mit dem „internationalen Volt“ in Beziehung:

$$1V_{(\text{int})} = 1,00047 V_{(\text{abs})}$$

Nach der Definition soll nämlich das Produkt von 1  $C_{(\text{abs})}$  und

$$1V_{(\text{abs})} \text{ gleich } 10^7 \text{ Erg } (3 \cdot 10^9 \cdot \frac{1}{300} \text{ Erg}) = 1 \text{ Joule sein. (1 Erg}$$

ist die absolute Einheit der Arbeit. Sie wird geleistet, wenn die, Kräfteinheit 1 Dyn ihr Angriffsobjekt um die Längeneinheit 1 cm verschiebt. Die dazu nötige Zeit spielt keine Rolle.) Es hat sich jedoch ergeben, daß das  $V_{(\text{int})}$  etwas zu groß ist, da das Produkt der internationalen Einheiten gleich  $1,0004 \cdot 10^7$  Erg ist. Daher hat man seit dem 1. Januar 1940 das erwähnte „absolute Volt“ eingeführt. Im allgemeinen wird ja das „praktische“ oder „technische“ Maßsystem den Lesern genügend bekannt sein, so daß sich ein weiteres Eingehen darauf erübrigt. Erwähnt sei noch, daß in manchen Tabellen nicht die speziellen Namen der Einheiten, z.B. „Ohm, Oersted, Maxwell“, sondern nur die internationalen Grundeinheiten Zentimeter, g-Masse, Sekunde, Volt und Ampere benutzt werden. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über das praktische Maßsystem und enthält zum Vergleich sowohl die Namen (soweit vorhanden) der wichtigsten elektrischen und magnetischen Größen, als auch die Bezeichnungen durch die internationalen Grundeinheiten.

Die Tatsache, daß neben den elektrischen Einheiten Volt und Ampere noch mechanische Größen in den Maßeinheiten vorkommen, ist nicht weiter verwunderlich, wenn man sich überlegt, daß bei den elektrischen Vorgängen, die durch die betreffende Einheit erfaßt werden, doch auch mechanische Vorgänge eine Rolle spielen. Wenn z. B. eine Ladung eine Bewegung ausführt, sprechen wir vom elektrischen Strom. Eine Bewegung ist aber doch nur durch ein mechanisches Maß ausdrückbar.

Hin und wieder findet man jedoch in Tabellen oder besonders in Physikbüchern und Abhandlungen rein theoretischen Inhalte elektrische Größen, wie z. B. die Elektrizitätsmenge, die Feldstärke oder die Stromstärke lediglich in den Dimensionen Länge (Zentimeter), Masse (Gramm) und Zeit (Sekunde) ausgedrückt,

die meist gemeinsam und in irgendeiner merkwürdigen Potenz vorkommen. Man findet da zum Beispiel für den elektrischen

Strom den Ausdruck  $\text{cm}^{\frac{3}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{s}^{-2}$ . Wenn man in einer anderen Abhandlung nachliest, so findet man unter Umständen für dieselbe Größe einen ganz anderen Zahlenwert und eventuell sogar eine ganz andere Dimension. Man wird daraus schließen, daß es verschiedene „absolute“ Maßsysteme gibt. Zunächst scheint das etwas verwirrend und unsinnig, doch werden wir einsehen lernen, daß die Frage, welche sich leicht aus obigem scheinbaren Widerspruch ergibt, nämlich wie nun wohl die „wirkliche“ Dimension der betreffenden Größe lautet, nicht mehr Sinn hat als die Frage nach dem „wirklichen“ Namen eines Gegenstandes.

Zunächst sei etwas rein Mathematisches vorausgeschickt für die hierin weniger geübten Leser. Es bedeuten:

$$a^{-1} = \frac{1}{a}$$

$$a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$\frac{1}{a^2} = \sqrt{a}$$

$$\frac{1}{a^n} = \sqrt[n]{a}$$

$$\frac{m}{a^n} = \sqrt[n]{a^m}$$

Wem die Potenzschreibweise also unanschaulich ist, kann sich die Sache umrechnen. Wegen des Wegfallens der Bruchstriche und der Wurzelzeichen ist die Potenzschreibweise jedoch die bequemste, und sie wird deshalb hier benutzt.

Manchem Leser wird es merkwürdig erscheinen, daß man überhaupt elektrische Größen mit Metermaß, Waage und Stoppuhr ausmessen kann. Aber dennoch ist dies im Anfange der Forschung auf dem Gebiete der Elektrizität und des Magnetismus die einzige Möglichkeit gewesen infolge des Fehlens konstanter elektrischer Vergleichsgrößen. Wir können doch das Vorhandensein von Elektrizität und Magnetismus nicht unmittelbar nachweisen, sondern lediglich durch mittelbare Wirkungen, die z.B. in dem Freiwerden von mechanischen Kräften (Anziehung, Abstoßung, Drehung) sich äußern. Die Größen der mechanischen Kräfte können dann ohne weiteres als Maßstab für die sie hervorruhenden elektrischen Größen dienen, wenn man die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen den ursächlichen Elektrizitätsmengen und den mechanischen Wirkungen kennt.

Die Aufdeckung dieser Gesetzmäßigkeiten verdanken wir dem aus Südfrankreich stammenden Naturwissenschaftler Charles Augustin Coulomb (1736—1806), der in den beiden Coulombschen Gesetzen den Grundstein legte für die quantitative Beherrschung aller elektrischen und magnetischen Größen, die in der Errichtung der hier zu besprechenden absoluten Maßsysteme ihren Ausdruck findet. Die zweifelsfreie Erkennung der an sich einfachen und inhaltlich nicht neuen Gesetze ist damals ein Meisterstück der Experimentierkunst gewesen. Inhaltlich waren die Gesetze deshalb nicht neu, weil sie weitgehend mit den schon hundert Jahre früher durch Newton erkannten Gravitationsgesetzen übereinstimmen. Zur Messung der auftretenden kleinen Kräfte mußte Coulomb erst das besondere Verfahren der Drehwaage ausarbeiten, wozu erst die Gesetze der Drillkraft von Fäden und Drähten abgeleitet werden mußten.

Den ersten Schritt zur Begründung des Systems der absoluten Einheiten, das nachher auch für alle magnetischen und elektrischen Größen durchgeführt wurde, tat der in Braunschweig geborene Mathematiker und Naturforscher Karl Friedrich Gauß (1777—1855) mit seinen Untersuchungen über die „Intensität der erdmagnetischen Kraft auf absolutes Maß zurückgeführt“ (1832). Gauß beschränkte sich auf die Grundlegung von Seite des Magnetismus her, wobei er sich auf Coulombs Gesetz stützte, nachdem eine Nachprüfung desselben bestätigend ausgefallen war. Bei den experimentellen Arbeiten war Wilhelm Weber (1804—1890) beteiligt, dessen Hauptlebenswerk der Ausbau des Systems für die elektrischen Größen mit sämtlichen noch zu leistenden Vorarbeiten wurde. Er machte dabei die Entdeckung, daß, indem er die beiden Coulombschen Gesetze für elektrische und magnetische Kräfte miteinander in Verbindung brachte, in dieser Verbindung eine Geschwindigkeit eine Rolle spielt, deren Größe er experi-

mentell ermittelte und gleich der Lichtgeschwindigkeit fand. Weber legte die Stromeinheit im absoluten Maßsystem fest. Und um sie leicht reproduzierbar zu haben, wandte er unter Benützung des ersten Faradayschen Gesetzes der Elektrolyse das Voltmeter an. Diese Festhaltungsweise ist in von Friedrich Kohlrausch (1840—1910) verfeinerter Durchführung (Silberelektrolyse) noch heute gültig. Auch die absolute Einheit der elektrischen Spannung wurde von Weber mittels Faradays Induktionsgesetz abgeleitet.

Ein noch zu Webers Lebzeiten (1881) in Paris zusammengetretener Kongreß befaßte sich mit der internationalen Einführung der neuen Einheiten sowie mit der Namengebung und der Einführung der für den praktischen Gebrauch nötigen Vervielfältigungszahlen. Leider wurden damals bei der Benennung der praktischen Einheiten die Namen der Urheber des ganzen Einheitssystems, Gauß und Weber, gänzlich unberücksichtigt, obwohl vorher in England die heute unter dem Namen „Ampere“ bekannte Stromeinheit schon unter dem Namen „Weber“ in Gebrauch genommen worden war.

Das System der absoluten Einheiten hat seinen Ursprung bei den drei willkürlich angenommenen Grundeinheiten: Der Längeneinheit (cm), der Masseneinheit (g) und der Zeiteinheit (sec); alle anderen Größen der Physik hat man ausschließlich mittels Naturgesetzen, also ohne andere Willkür, als sie etwa in der Auswahl dieser Gesetze liegt, von diesen drei Grundeinheiten hergeleitet. Die Beziehung einer beliebigen Größe zu den drei Grundeinheiten nennt man ihre Dimension. Die Dimension einer Größe sowie die Gleichungen zur Berechnung von Dimensionen sollen im folgenden in eckige Klammern gesetzt werden, zum Zeichen, daß es sich nicht um quantitative, sondern nur um qualitative Gleichungen handelt. Reine Zahlen (z. B. π) spielen bei der Ermittlung der Dimension einer Größe keine Rolle und können fortfallen.

Die Dimension mechanischer Größen im absoluten Maßsystem wird den Lesern wohl im allgemeinen bekannt sein. Hier soll daher nur auf die Ableitung einiger für das Folgende wichtiger Größen aus der Mechanik eingegangen werden, um den Gang einer solchen Ableitung zu zeigen.

Die Längeneinheit ist das Zentimeter, der 100ste Teil eines in Sèvres bei Paris aufbewahrten, aus Platin gefertigten Maßstabes (mètre des archives), dessen Länge mit dem 40009100sten Teil des über die Pole gemessenen Erdumfanges übereinstimmt. Die Masseneinheit ist das Gramm, der 1000ste Teil des Platinstückes (kilogramme des archives), das ebenfalls an dem oben erwähnten Ort aufbewahrt wird und nahezu gleich der Masse von 1 Liter Wasser bei 4° C unter dem Druck von 760 mm Hg ist. Die Zeiteinheit ist die Sekunde, der 86164ste Teil des Sterntages. Als technische Einheiten werden häufig Vielfache dieser physikalischen Einheiten benutzt, wie das m, km, kg, die Tonnen, Minute, Stunde und davon abgeleitete Maßgrößen.

Die Fläche geht aus der Länge durch Quadrieren hervor, der Raum durch nochmaliges Multiplizieren der Fläche mit der Länge. Nach diesem Gesetz bauen sich auch die Dimensionen von Raum und Fläche aus der Längendimension auf.

[Fläche = cm<sup>2</sup>] (Name der Einheit: Quadratcentimeter)

[Raum = cm<sup>3</sup>] (Name der Einheit: Kubiccentimeter)

Wenn ein Körper sich gleichförmig bewegt, so ist der in der Zeiteinheit zurückgelegte Weg die Geschwindigkeit des Körpers.

$$[\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{cm}}{\text{sec}} = \text{cm} \cdot \text{sec}^{-1}]$$

(Name: Zentimeter je Sekunde)

Die gewöhnliche Einheit der Kraft, das Gramm-Gewicht, ist im absoluten Maßsystem vermieden, da sie nur für eine bestimmte geographische Breite und Meereshöhe eine bestimmte Größe hat, außerhalb der Erde sogar jede beliebige Größe annahme. Sie wird daher mittels Newtons 2. Bewegungsgesetz aus der Massen- und Beschleunigungseinheit (letztere folgt aus der Längen- und Zeiteinheit zu cm · sec<sup>-2</sup>) hergeleitet. Die mechanische Kraft ist gleich dem Produkt aus der Masse des von der Kraft angegriffenen Körpers und der ihm hiervon erteilten Beschleunigung.

$$[\text{Kraft} = \text{cm sec}^{-2} \cdot \text{g} = \text{cm g sec}^{-2}]$$

(Name: Dyn; technische Einheit: Joule/cm = 10<sup>7</sup> Dyn)

Die Arbeit (Energie) einer mechanischen Kraft ist gleich dem Produkt aus ihr und dem Weg, über den sie einen Körper in ihrer Richtung bewegt hat. Die dazu nötige Zeit ist dabei ohne Bedeutung.

$$[\text{Arbeit} = \text{cm g sec}^{-2} \cdot \text{cm} = \text{cm}^2 \text{g sec}^{-2}]$$

(Name: Erg; technische Einheit: Joule = 10<sup>7</sup> Erg)

Die Arbeit, die je Zeiteinheit verrichtet wird, heißt die Leistung oder die sekundliche Arbeit oder der Effekt.

$$[\text{Leistung} = \frac{\text{cm}^2 \text{g sec}^{-2}}{\text{sec}} = \text{cm}^2 \text{g sec}^{-3}]$$

(Name: Erg je Sekunde; technische Einheit: Watt = 10<sup>7</sup> Erg/sec)

Nachdem wir nun einen kurzen Einblick in die Rolle des absoluten Maßsystems in der Mechanik getan haben, können wir mit dem Versuch beginnen, es auch bei den elektrischen und magnetischen Größen in Anwendung zu bringen.

Das Coulombsche Gesetz schafft uns eine Handhabe, die „Elektrizitätsmenge“ und die „Magnetismusmenge“ mit unseren Hilfsmitteln der Mechanik (andere standen ja im Anfange der Erforschung der Elektrizität nicht zur Verfügung) zu messen. Coulomb fand durch sorgfältige Versuche, daß zwei mit der Elektrizitätsmenge e<sub>1</sub> bzw. e<sub>2</sub> aufgeladene Körper, die man im Abstand a voneinander aufstellt, sich mit einer Kraft abstoßen, die sich nach der Formel

$$P_e = k_e \frac{e_1 \cdot e_2}{a^2}$$

berechnen läßt. In dieser Formel bedeutet k<sub>e</sub> einen Faktor, dessen Bedeutung wir noch kennenlernen werden. Dessen Größe hängt von dem Medium ab, in welchem der Vorgang sich abspielt. Übri-gens gilt die Formel nur dann, wenn die Körper sehr klein sind, oder vielmehr, wenn ihre Ausdehnung im Verhältnis zu ihrem Abstand a sehr klein ist. Ein ähnliches Gesetz fand Coulomb für die magnetischen Kraftwirkungen zwischen zwei mit den Magnetismusmengen m<sub>1</sub> und m<sub>2</sub> behafteten Körpern. Es war hier

$$P_m = k_m \frac{m_1 \cdot m_2}{a^2}$$

wobei k<sub>m</sub> hier auch ein Faktor analog dem Faktor k<sub>e</sub> ist. Auch dessen Zahlenwert ist vom Medium abhängig. Eine Vereinfachung ergibt sich, wenn wir die Größen e<sub>1</sub> und e<sub>2</sub> bzw. m<sub>1</sub> und m<sub>2</sub> als gleich groß annehmen, was ja für die Dimensionsbetrachtung keine Rolle spielt. Wir erhalten dann die Formeln für die Kräfte:

$$P_e = k_e \frac{e^2}{a^2} \text{ und } P_m = k_m \frac{m^2}{a^2}$$

Nun könnten wir einen weiteren Schritt zur Vereinfachung tun und einmal die Konstanten k<sub>e</sub> und k<sub>m</sub> als dimensionslos betrachten. Diese willkürliche Festsetzung führt uns dann zu den Dimensionen des „Gaußschen absoluten Maßsystems“. Wir werden zuerst die wichtigsten Größen in diesem Maßsystem ableiten, da es infolge der einfachen Festsetzung von k<sub>e</sub> und k<sub>m</sub> besonders übersichtlich ist. Auch eine dritte, noch zu besprechende Konstante hat im Gaußsystem eine anschauliche Dimension. Nunmehr haben sich also unsere Formeln dimensionsmäßig vereinfacht zu

$$\left[ P_e = \frac{e^2}{a^2} \text{ und } P_m = \frac{m^2}{a^2} \right]$$

Daraus können wir durch einige Umformung die Dimension der „Elektrizitätsmenge e“ und der „Magnetismusmenge m“ ermitteln.

$$[e^2 = P_e \cdot a^2]_g, [e = \sqrt{P_e \cdot a^2}]_g$$

Die Dimension von Kraft und Länge kennen wir aus der Mechanik und setzen sie ein:

$$[e = \sqrt{\text{cm g sec}^{-2} \cdot \text{cm}^2}]_g$$

$$[e = \sqrt{\text{cm}^3 \text{ g sec}^{-2}}]_g$$

$$e = \text{cm}^{\frac{3}{2}} \text{ g}^{\frac{1}{2}} \text{ sec}^{-1} \quad g$$

Der Index g soll bedeuten, daß das Gaußsystem gemeint ist. Die Ermittlung der Dimension der Magnetismusmenge geht genau so vor sich. Es ergibt sich auch hier:

$$m = \text{cm}^{\frac{3}{2}} \text{ g}^{\frac{1}{2}} \text{ sec}^{-1} \quad g$$

Befindet sich ein elektrisch geladener Körper im Raume, so sind im ganzen Raume um ihn herum elektrische Wirkungen nachzuweisen. Nach dem Grundsatz der Nahwirkung, welcher im Vordergrund der Maxwellschen Theorie der Elektrizität steht, sind keine unmittelbaren Wirkungen in die Ferne möglich, sondern jedes örtliche Ereignis pflanzt sich mit endlicher Geschwindigkeit von Punkt zu benachbartem Punkte fort. Diese willkürliche Annahme ermöglicht uns eine einfache und sichere Berechnung aller elektrischen Vorgänge. Dasselbe gilt natürlich für magnetische Vorgänge. Wir nennen den Raum, in dem die Wirkung des elektrischen bzw. magnetischen Körpers nachzuweisen ist, das „elektrische“ bzw. „magnetische Feld“ des Körpers.

Für die in jedem Punkte desselben ausgeübte Kraft hat man ein Maß in der „elektrischen Feldstärke“ und der „magnetischen Feldstärke“. Die elektrische Feldstärke in jedem Punkte des Feldes ist definiert durch die mechanische Kraft, die auf eine in diesem Punkte befindliche Ladung (Elektrizitätsmenge) ausgeübt wird. Es ist also:

$$\text{Feldstärke } (\mathfrak{E}) = \text{Kraft } (P) \text{ pro Ladungseinheit } (e).$$

Genau gilt dies jedoch nur, wenn die Ladung sehr klein ist, und zwar um so genauer, je kleiner die Ladung ist. Mathematisch:

$$\mathfrak{E} = \lim_{e \rightarrow 0} \frac{P}{e} \text{ gesprochen: } \mathfrak{E} \text{ ist gleich dem Grenzwert von } \frac{P}{e},$$

wenn e immer kleiner wird (nach Null strebt).

Tabelle 1

Namen und Dimensionen der elektrischen und magnetischen Größen im praktischen Maßsystem

Physikalische Größe oder Eigenschaft	Abkürzung	Name oder Bezeichnung	Bezeichnung bei Benutzung der internationalen Grundeinheiten cm, g, sec, Volt, Ampere	Beziehungs-Gleichung	Physikalische Größe oder Eigenschaft	Abkürzung	Name oder Bezeichnung	Bezeichnung bei Benutzung der internationalen Grundeinheiten cm, g, sec, Volt, Ampere	Beziehungs-Gleichung
Elektrizitätsmenge (Ladung)	Q	Coulomb	Amperesekunden	$Q = I \cdot t$	Elektrische Leistung	N	Watt, $\frac{\text{Joule}}{\text{sec}}$	Voltampere	$N = E \cdot I$
Elektrische Feldstärke	$\mathcal{E}$	$\frac{\text{Volt}}{\text{cm}}$	$\frac{\text{Volt}}{\text{cm}}$	$\mathcal{E} = \frac{u}{l}$	Kapazität	C	$\frac{\text{Farad}}{\text{sec}}$	$\frac{\text{Amperesekunden}}{\text{Volt}}$	$C = \frac{Q}{E}$
Dielektrizitätskonstante	$\epsilon$	$\frac{\text{Farad}}{\text{cm}}$	$\frac{\text{Amperesekunden}}{\text{Voltzentimeter}}$	$\epsilon = \frac{D}{\mathcal{E}}$	Dielekt. Verschiebung	D	$\frac{\text{Coulomb}}{\text{cm}^2}$	$\frac{\text{Amperesekunden}}{\text{Quadratzenzimeter}}$	$D = \epsilon \mathcal{E}$
Elektrische Stromstärke	I	Ampere	Ampere	$I = \frac{E}{R}$	Elektr. Verschiebungsfluß	$\Phi_e$	Volt cm	Voltzentimeter	$\Phi_e = \mathcal{E} \cdot F$
Elektrische Spannung	U	Volt	Volt	$E, U = I \cdot R$	Elektrisches Moment	—	Amp. sec · cm	Amperesekunden · cm	$Q \cdot l$
Elektromot. Kraft Potential	V	Volt	Volt	$U = V_1 - V_2$	Induktivität	L	Henry Ohmsekunden	$\frac{\text{Voltsekunden}}{\text{Ampere}}$	$L = \frac{\Phi_m}{I}$
Widerstand	R	Ohm	$\frac{\text{Volt}}{\text{Ampere}}$	$R = \frac{E}{I} = \rho \cdot \frac{l}{q}$	Magnetische Feldstärke	$\mathcal{H}$	Oersted	$\frac{\text{Ampere (Windungen)}}{\text{Zentimeter}}$	$\mathcal{H} = \frac{\mathcal{B}}{\mu}$
Leitwert	G	Siemens	$\frac{\text{Ampere}}{\text{Volt}}$	$G = \frac{1}{R}$	Kraftflußdichte, magnet. Induktion	$\mathcal{B}$	Gauß	$\frac{\text{Voltsekunde}}{\text{Quadratzenzimeter}}$	$\mathcal{B} = \mu \cdot \mathcal{H}$
Spezifischer Widerstand	$\rho$	Ohm · cm	$\frac{\text{Volt Zentimeter}}{\text{Ampere}}$	$\rho = R \cdot \frac{q}{l}$	Magnet. Kraftfluß (Induktionsfluß, Polstärke, Magnetismusmenge)	$\Phi_m$	Weber (Maxwell)	Voltsekunde	—
Spezifische Leitfähigkeit	$\kappa$	$\frac{\text{Siemens}}{\text{cm}}$	$\frac{\text{Ampere}}{\text{Volt Zentimeter}}$	$\kappa = G \cdot \frac{l}{q}$	Magnet. Moment	—	—	Voltsekundenzentim.	—
Elektrische Stromdichte	i	$\frac{\text{Ampere}}{\text{cm}^2}$	$\frac{\text{Ampere}}{\text{Quadratzenzimeter}}$	$i = \frac{I}{q}$	Magnet. Durchlässigkeit (Permeabilität)	$\mu$	Henry cm	$\frac{\text{Voltsekunde}}{\text{Amperenzenzimeter}}$	$\mu = \frac{\mathcal{B}}{\mathcal{H}}$
Durchflutung	H	Ampere	Ampere (-Wicklung)	$H = w \cdot I$	Magnetische Spannung	$V_m$	(Ampere) Gilbert	Ampere (Windungen)	$V_m = l \cdot \mathcal{H} = 4\pi w \cdot I$
Elektrische Kraft	P	$\frac{\text{Joule}}{\text{cm}}$ oder $\frac{\text{Wattsekunden}}{\text{cm}}$	$\frac{\text{Voltamperesekunden}}{\text{Zentimeter}}$	—	Magnetischer Leitwert	$\Lambda$	Henry	$\frac{\text{Voltsekunden}}{\text{Ampere}}$	$\Lambda = \frac{\mu \cdot q}{l}$
Elektrische Arbeit	A	Joule Wattsekunde Voltcoulomb	Voltamperesekunde	$A = Q \cdot E$	Magnet. Widerstand	$R_m$	—	$\frac{\text{Voltsekunden}}{\text{Ampere}}$	$R_m = \frac{l}{\mu \cdot q}$

L = Länge, q = Querschnitt, F = Fläche, w = Windungszahl, t = Zeit.

Dimensionsmäßig ergibt sich  $\mathcal{E}$  dann zu:

$$\left[ \text{Feldstärke } \mathcal{E} = \frac{\text{Kraft } P}{\text{Elektrizitätsmenge } e} \right]$$

Wir setzen die Dimensionen ein:

$$\left[ \mathcal{E} = \frac{\text{cm g s}^{-2}}{\text{cm}^{\frac{3}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1}} \right] \quad \left[ \mathcal{E} \right]_{\text{g}} = \text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1}$$

Genau so ergibt sich die magnetische Feldstärke dimensionsmäßig zu:

$$\left[ \mathcal{H} \right]_{\text{g}} = \text{cm}^{\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1}$$

Die ganze Kraft, die in einem Feld, sei es nun ein elektrisches oder ein magnetisches, aufgespeichert ist, nennt man die „Energiedichte“ des Feldes. Sie ist proportional dem Quadrat der Feldstärke und einem Faktor ähnlich  $k_e$  bzw.  $k_m$ . Es gilt, wenn die Energiedichte mit E bezeichnet wird:

$$E_e = \frac{\epsilon}{4\pi \cdot 2} \mathcal{E}^2 \quad \text{und} \quad E_m = \frac{\mu}{4\pi \cdot 2} \mathcal{H}^2$$

Über den Faktor  $4\pi$ , der dem Leser sicher schon oft begegnet ist (Berechnung von Induktivitäten), sei gesagt, daß er aus dem Gaußschen Satz stammt, der besagt:

„Der Kraftfluß durch eine geschlossene Oberfläche ist gleich  $4\pi ml$  der Summe aller eingeschlossenen Elektrizitätsmengen.“

$4\pi$  ist also der ganze räumliche Winkel.

Die beiden Faktoren  $\epsilon$  und  $\mu$  sind im Gaußschen Maßsystem dimensionslos, so daß die Dimension der Energiedichte lautet:

$$\left[ E_e = E^2 = (\text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1})^2 \right] = \text{cm}^{-1} \text{g sec}^{-2}$$

Ebenso ergibt sich die Energiedichte des magnetischen Feldes zu

$$E_m = \text{cm}^{-1} \text{g sec}^{-2}$$

Die Dimension der Energiedichte ist auch als mechanische Dimension anschaulich, wenn wir uns einmal die Entstehung ins Gedächtnis rufen:

Es war die Dimension von e bzw. m hergeleitet aus rein mechanischen Größen, nämlich aus Kraft und Länge nach dem Coulombschen Gesetz zu

$$m = e = \sqrt{\text{Kraft} \cdot \text{cm}^2}$$

Die Feldstärke  $\mathcal{E}$  ( $\mathcal{H}$ ) war gleich  $\frac{\text{Kraft}}{\text{Ladung}}$  ( $\frac{\text{Kraft}}{\text{Magn. Menge}}$ ), also

$\frac{\text{Kraft}}{\sqrt{\text{Kraft} \cdot \text{cm}^2}}$  und die Energiedichte gleich dem Quadrat davon, also

$$\frac{\text{Kraft}^2}{\text{Kraft} \cdot \text{cm}^2} = \frac{\text{Kraft}}{\text{cm}^2}$$

„Kraft pro Quadratzenzimeter“ wird wohl jeder als das Maß für den (mechanischen) Druck erkennen.

Man kann elektrische Felder in allen Stoffen (Medien), auch in flüssigen und festen Körpern, erzeugen. Die elektrische Feldstärke ist bei bestimmter Energiedichte abhängig vom Medium. Dieser Einfluß wird ausgedrückt durch die „Dielektrizitätskonstante“ ( $\epsilon$ ), die von der Beschaffenheit des Mediums abhängt. Auch die magnetische Feldstärke ist bei gegebener Energiedichte des Feldes abhängig von dem Material, in dem es aufgebaut ist. Die magnetische „Permeabilität“ oder „Durchlässigkeit“ ( $\mu$ ), eine Materialkonstante ähnlich  $\epsilon$ , bringt diese Abhängigkeit zum Ausdruck.

Nun kann man es in einem Raume sowohl mit elektrischen als auch mit magnetischen Wirkungen zu tun haben. Wenn dieses der Fall ist, sprechen wir von einem „elektromagnetischen Feld“. Betrachten wir ein Stück eines solchen elektromagnetischen Feldes: es kann eine Änderung der Energiedichte nur dann auftreten, wenn entweder eine bestimmte Energiemenge von außen hineingelangt, oder aber Energie nach außen abgegeben wird. Denn auch in der Elektrizitätslehre gilt natürlich der Satz von der Erhaltung der Energie. Nach dem Nahwirkungsprinzip kann ein solcher Energieaustausch jedoch nur in Form einer stetigen Energieströmung durch die Oberflächen des betreffenden Feldstückes hindurch vor sich gehen. Diese elektromagnetische Energieströmung ist nur abhängig von der Feldstärke  $\mathcal{E}$  bzw.  $\mathcal{H}$  an den betreffenden Stellen. Die gesetzmäßige Abhängigkeit der Energieströmung von den Feldstärken  $\mathcal{E}$  und  $\mathcal{H}$  mußte aus der Erfahrung gefunden werden und ergab sich im „Poyntingschen Gesetz“ zu

$$\mathcal{E} = \frac{c}{4\pi} \{ \mathcal{H}, \mathcal{E} \}$$

$\{ \mathcal{H}, \mathcal{E} \}$  bedeutet das Vektorprodukt aus elektrischer und magnetischer Feldstärke. („Vektor“ heißt „gerichtete Größe“. Das Rechnen mit solchen Größen geschieht nach besonderen Regeln. Man kann sie z. B. nicht wie gewöhnliche Größen addieren oder multiplizieren. Wir brauchen hier nicht näher darauf einzugehen.)

c ist eine Verhältniszahl, die konstant ist. Das Poyntingsche Gesetz hat zwar keinen anschaulichen Inhalt, jedoch lassen sich damit ohne Einführung irgendwelcher weiterer Erfahrungen für sämtliche elektrischen und magnetischen Vorgänge Gesetzmäßigkeiten ableiten.

**Tabelle 2**  
Dimensionen einiger elektrischer und magnetischer Größen in den drei absoluten Maßsystemen

Physikalische Größe	Gaußsystem Dg			Dimension im Elektrostat. System Ds			Dimension im Elektromagn. System Dm			Dimensions- verhältnis $\frac{D_m}{D_s} =$	Gaußsystems ist gleich:	1 Cgs-Einheit des	
	cm	g	sec	cm	g	sec	cm	g	sec			Elektrostatischen Systems	Elektromagnet. Systems
<b>a) Elektrische Größen</b>													
Feldstärke	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$cm \ sec^{-1} = v$	—	—	—
Dielektrizitätskonstante	0	0	0	-2	0	2	-2	—	2	$cm^{-2} \ sec^2 = \frac{1}{v^2}$	—	—	—
Elektrizitätsmenge	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ Coulomb	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ Coul.	10 Coulomb
Flächenladungsdichte	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$-\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ Coul./cm <sup>2</sup>	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ Coul./cm <sup>2</sup>	10 Coul./cm <sup>2</sup>
Räuml. Ladungsdichte	$-\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$-\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$-\frac{5}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ Coul./cm <sup>3</sup>	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ Coul./cm <sup>3</sup>	10 Coul./cm <sup>3</sup>
Kapazität	1	0	0	1	0	0	-1	0	2	$cm^{-2} \ sec^2 = \frac{1}{v^2}$	$\frac{1}{9} \cdot 10^{-11}$ Farad	$\frac{1}{9} \cdot 10^{-11}$ Farad	10 <sup>9</sup> Farad
Dielekt. Verschiebung	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$-\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	—	—	—
Potential, Spannung, EMK.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$cm \ sec^{-1} = v$	300 Volt	300 Volt	10 <sup>-9</sup> Volt
Verschiebungsfluß	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$cm \ sec^{-1} = v$	—	—	—
Stromstärke	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ Ampere	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-9}$ Amp	10 Ampere
Stromdichte	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$-\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	—	—	—
Durchflutung	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	—	—	—
Elektrische Arbeit	2	1	-2	2	1	-2	2	1	-2	1	10 <sup>-7</sup> Joule	10 <sup>-7</sup> Joule	10 <sup>-7</sup> Joule
Elektrische Leistung	2	1	-3	2	1	-3	2	1	-3	1	10 <sup>-7</sup> Watt	10 <sup>-7</sup> Watt	10 <sup>-7</sup> Watt
Elektrisches Moment	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	—	—	—
Widerstand	-1	0	1	-1	0	1	1	0	-1	$cm^2 \ sec^{-2} = v^2$	$9 \cdot 10^{11} \ \Omega$	$9 \cdot 10^{11} \ \Omega$	10 <sup>-9</sup> $\Omega$
Leitwert	1	0	-1	1	0	-1	-1	0	1	$cm^{-2} \ sec^2 = \frac{1}{v^2}$	—	—	—
Spezifischer Widerstand	0	0	1	0	0	1	2	0	-1	$cm^2 \ sec^{-2} = v^2$	$9 \cdot 10^{11} \ \Omega \cdot cm$	$9 \cdot 10^{11} \ \Omega \cdot cm$	10 <sup>-9</sup> $\Omega \cdot cm$
Spezifische Leitfähigkeit	0	0	-1	0	0	-1	-2	0	1	$cm^{-2} \ sec^2 = \frac{1}{v^2}$	—	—	—
<b>b) Magnetische Größen</b>													
Feldstärke	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	1 Oersted	$\frac{1}{3} \cdot 10^{-10}$ Oersted	1 Oersted
Kraftfluß (Polstärke, Magn. Menge)	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$cm \ sec^{-1} = v$	1 Maxwell	$3 \cdot 10^{10}$ Maxwell	1 Maxwell
Magnetisches Moment	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$\frac{5}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$cm \ sec^{-1} = v$	—	—	—
Permeabilität	0	0	0	-2	0	2	0	0	0	$cm^2 \ sec^{-2} = v^2$	—	—	—
Induktion, Kraftflußdichte	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$-\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$cm \ sec^{-1} = v$	1 Gauß	$3 \cdot 10^{10}$ Gauß	1 Gauß
Magnetische Spannung	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	-2	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$cm^{-1} \ sec = \frac{1}{v}$	—	—	—
Magnetischer Leitwert	1	0	0	-1	0	2	1	0	0	$cm^2 \ sec^{-2} = v^2$	—	—	—
Magnetischer Widerstand	-1	0	0	1	0	-2	-1	0	0	$cm^{-2} \ sec^2 = \frac{1}{v^2}$	—	—	—
Magnetisierung der Volumeneinheit	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$-\frac{3}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	$-\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	-1	$cm \ sec^{-1} = v$	—	—	—
Induktivität	1	0	0	-1	0	2	1	0	0	$cm^2 \ sec^{-2} = v^2$	10 <sup>-9</sup> Henry	$9 \cdot 10^{11}$ Henry	10 <sup>-9</sup> Henry

Bemerkungen zu Tabelle 2: Unter den Bezeichnungen „cm, g, sec“ ist der entsprechende Potenzexponent angegeben, „cm<sup>0</sup>“ ist bekanntlich gleich 1 und bedeutet, daß diese Dimension nicht vorkommt, v = Lichtgeschwindigkeit = 3 · 10<sup>10</sup> cm sec<sup>-1</sup>.

Die „Energieströmung“ hat ebenfalls eine Dimension, die wir uns folgendermaßen deutlich machen können: Eine Energieströmung ist die Arbeit, die pro Zeiteinheit und pro Flächeneinheit durch eine Fläche hindurchströmt, in Formel:

$$\text{Energieströmung} = \frac{\text{Arbeit}}{\text{Fläche} \cdot \text{Zeit}}$$

$$\mathcal{E} = \frac{cm^2 \ g \ sec^{-2}}{cm^2 \ sec} = g \ sec^{-3}$$

Nun bleibt in der Poyntingschen Formel noch eine Größe zu untersuchen, und zwar die Verhältniszahl c. Zunächst fragen wir uns, ob wir es hier wieder wie bei ε und μ mit einer Größe zu tun haben, deren Zahlenwert vom Medium abhängt, oder ob eine

immer gleich bleibende Größe, eine Konstante, vorliegt. Dazu denken wir uns die Oberflächen zweier verschiedener Medien eng aneinander liegend, und überlegen was geschieht, wenn Energie von einem Medium in das andere hinüberströmt. Die Energieströmung  $\mathcal{E}$  muß dann doch wohl auf beiden Seiten der Trennungsfächen denselben Wert haben, sonst würde sich ja an der Trennungsfäche entweder Energie anstauen, oder es müßte Energie verlorengehen. Das ergibt sich aus dem Satze von der Erhaltung der Energie. Hat aber die Energieströmung in beiden Medien den gleichen Wert, dann ist auch der Faktor c unabhängig von der Art des Mediums und eine konstante Größe. Die Frage nach einer eventuellen Dimension von c ist berechtigt und kann offenbar dann beantwortet werden, wenn die Dimensionen für ε und μ festgelegt sind, denn die Dimensionen

dieser Faktoren sind von Einfluß auf die Dimensionen von  $\mathfrak{C}$  bzw.  $\mathfrak{H}$ . Wir können dann  $[\mathfrak{C}]$  und  $[\mathfrak{H}, \mathfrak{C}]$  in Beziehung setzen und die Dimension von  $c$  daraus errechnen. Das soll später geschehen. Hier zunächst noch eine Betrachtung der Maßgrößen von  $\varepsilon$  und  $\mu$ . Zum Messen von irgendwelchen Größen sind Vergleichsgrößen nötig, und so müssen wir ein Medium festlegen, für welches wir die Werte von  $\varepsilon$  und  $\mu$  als Einheit annehmen. Als Bezugsmedium hat man den absolut materielosen Raum (das Vakuum) gewählt. Nun scheint das eine sehr unglückliche Wahl gewesen zu sein, denn in der Natur gibt es kein Vakuum (selbst der Weltenraum enthält immer Spuren von Materie), und künstlich erzeugen kann man es noch weniger.

Aber so genau brauchen wir es hier nicht zu nehmen. Man hat nämlich festgestellt, daß sich die elektromagnetischen Eigenschaften eines nach und nach evakuierten Raumes immer mehr einer Grenze nähern, wo die Eigenschaften nicht mehr von der Beschaffenheit und Art der im Räume verbliebenen Materie abhängen, und einen Raum mit solchen Grenzeigenschaften hat man als Bezugsmedium festgelegt.

Wir können nun von den drei Faktoren  $c$ ,  $\mu$  und  $\varepsilon$  dimensionsmäßig zwei beliebig festsetzen und z. B. auch dimensionslos annehmen. Damit legen wir dann auch die dritte Größe dimensionsmäßig fest. Je nach der getroffenen Wahl gelangen wir so zu einem der drei grundlegenden Maßsysteme, denn drei Faktoren haben wir zur Auswahl. Ein Maßsystem kennen wir bereits und haben darin schon die Dimension von elektrischer und magnetischer Feldstärke abgeleitet.

### 1. Das Gaußsche Maßsystem

Es wurde bereits gesagt, daß das Gaußsche Maßsystem besonders einfach und anschaulich ist, weil darin die Dielektrizitätskonstante  $\varepsilon$  und die magnetische Permeabilität  $\mu$  dimensionslos sind. Die Feldstärken ergeben sich darin zu

$$\mathfrak{C} = \text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1}$$

$$\mathfrak{H} = \text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1}$$

und die Energiedichten

$$\mathbf{E}_e = \mathbf{E}_m = \text{cm}^{-1} \text{g sec}^{-2}$$

Die Dimension der Energieströmung ist natürlich in jedem Maßsystem  $\text{g sec}^{-3}$ , da bei der Ableitung weder  $\mu$ ,  $\varepsilon$  noch  $c$  vorkamen, sondern rein mechanische Größen vorlagen (Arbeit, Fläche, Zeit). Nun können wir auch für das Gaußsystem die Dimension von  $c$  bestimmen. Es war:

$$[\mathfrak{C}] = [c] \cdot [\mathfrak{H}] \cdot [\mathfrak{C}] \text{ und daher } [c] = \left[ \frac{\mathfrak{C}}{\mathfrak{H} \cdot \mathfrak{C}} \right] = \frac{\text{g} \cdot \text{sec}^{-3}}{(\text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{s}^{-1})^2}$$

$$[c]_g = \text{cm sec}^{-1}$$

Diese Dimension „Zentimeter pro Sekunde“ ist uns jedenfalls allen in der größeren praktischen Einheit „Kilometer pro Stunde“ als Dimension für die Geschwindigkeit bekannt; und so besteht wohl die weiter vorn gemachte Bemerkung, daß im Gaußsystem der Faktor  $c$  eine besonders anschauliche Dimension hat, zu Recht. Diese Geschwindigkeit wird auch als „kritische Geschwindigkeit“ bezeichnet und hat den Wert von etwa  $3 \cdot 10^{10} \text{ cm sec}^{-1}$  (300 000 km/sec).

### 2. Das Maxwellsche elektrostatische Maßsystem

Als zweite Möglichkeit ergibt sich für uns,  $\varepsilon$  und  $c$  dimensionslos zu wählen. Dann muß sich natürlich für  $\mu$  eine Dimension ergeben und daher bekommen die magnetische Feldstärke sowie alle daraus abgeleiteten Größen andere Dimensionen als im Gaußsystem. Die Dimension der elektrischen Feldstärke bleibt

$$\mathfrak{C} = \text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1},$$

da  $\varepsilon$  dimensionslos ist, wie im Gaußsystem. Die Dimension der magnetischen Feldstärke errechnen wir aus der Energieströmung, deren Dimension ja immer gleich  $\text{cm g}^{-3}$  bleibt. Wir erinnern uns der Formel

$$[\text{Energieströmung}] = \frac{c}{4\pi} [\mathfrak{H} \cdot \mathfrak{C}]$$

$$\text{und formen um in } \left[ \mathfrak{H} = \frac{\text{Energieströmung}}{\mathfrak{C}} \right]$$

Wir haben  $\frac{c}{4\pi}$  weggelassen, da ja voraussetzungsgemäß  $c$  dimensionslos und auch  $4\pi$  eine reine Zahl ist. Wir setzen ein:

$$[\mathfrak{H}] = \frac{\text{g sec}^{-3}}{\text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1}} = \text{cm}^{\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-2}$$

Die magnetische Feldstärke hat also in diesem Maßsystem die Dimension

$$[\mathfrak{H}]_g = \text{cm}^{\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-2},$$

Nun können wir auch die Dimension von  $\mu$  in diesem Maßsystem mit Hilfe der Formel für die Energiedichte ermitteln. Es war

$$E_m = \frac{\mu}{4\pi \cdot 2} \mathfrak{H}^2 \text{ und damit } \left[ \mu = \frac{E_m}{\mathfrak{H}^2} \right]$$

( $4\pi \cdot 2$  ist als reine Zahl fortgefallen). Für  $\mathfrak{H}$  muß jetzt natürlich die neue Dimension eingesetzt werden, wovon das Quadrat  $\text{cm g sec}^{-4}$  ist.

$$[\text{Permeabilität}]_g = \frac{\text{cm}^{-1} \text{g sec}^{-2}}{\text{cm g sec}^{-4}} = \text{cm}^{-2} \text{sec}^2$$

Die Permeabilität im elektrostatischen Maßsystem hat also die Dimension des Quadrates einer reziproken Geschwindigkeit  $\left( \frac{1}{v^2} \right)$ .

### 3. Das Maxwellsche elektromagnetische Maßsystem

Wir nutzen nun die letzte Umstellungsmöglichkeit und nehmen  $c$  und  $\mu$  dimensionslos an, wobei dann die Größe  $\varepsilon$  eine Dimension erhalten muß, die wir ähnlich wie vorhin diejenige für  $\mu$  ermitteln. Das magnetische Feld hat hier, wie im Gaußsystem, die Dimension

$$[\mathfrak{H}]_m = \text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1},$$

Aus der Energieströmung ergibt sich die Dimension für das elektrische Feld

$$[\mathfrak{C}]_m = \left[ \frac{\text{Energieströmung}}{\mathfrak{H}} \right] = \frac{\text{g sec}^{-3}}{\text{cm}^{-\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-1}}$$

$$[\mathfrak{C}]_m = \text{cm}^{\frac{1}{2}} \text{g}^{\frac{1}{2}} \text{sec}^{-2}$$

Die Dimension des elektrischen Feldes im elektromagnetischen Maßsystem ist also gleich der Dimension der magnetischen Feldstärke im elektrostatischen Maßsystem. Die Dimension von  $\varepsilon$  gibt uns die Formel der Energiedichte des elektrischen Feldes:

$$E_e = \frac{\varepsilon}{4\pi \cdot 2} \mathfrak{C}^2.$$

Nach Umformung und Beiseitelassen der reinen Zahlen

$$[\varepsilon]_m = \frac{\text{Energiedichte}}{(\text{el. Feldstärke})^2} = \frac{\text{cm}^{-1} \text{g sec}^{-2}}{\text{cm g sec}^{-4}}, [\varepsilon]_m = \text{cm}^{-2} \text{sec}^2.$$

Aus dem elektromagnetischen Maßsystem ist das praktische Maßsystem einfach durch Multiplizieren mit verschiedenen Verhältniszahlen hervorgegangen.

Die drei besprochenen Maßsysteme stehen untereinander durch die Konstante  $c$  in Beziehung. Man kann z. B. aus der im elektrostatischen Maßsystem gegebenen Dimension für die magnetische Feldstärke die Dimension derselben im elektromagnetischen Maß-

system dadurch ermitteln, daß man sie mit der Dimension von  $\frac{1}{c}$

multipliziert. Zu beachten ist, daß bei der Umrechnung der Dimensionen mit Hilfe von  $c$  die Dimension von  $c$  immer als Geschwindigkeit ( $\text{cm sec}^{-1}$ ) angenommen wird.

Aus den Begriffen Feldstärke,  $\mu$ ,  $c$  und  $\varepsilon$  und den Dimensionen dafür können wir nun die Dimensionen aller anderen elektrischen und magnetischen Größen ableiten, wenn wir aus der Physik den formelmäßigen Zusammenhang zwischen diesen Größen kennen. Es sind für die wichtigsten elektrischen und magnetischen Größen die Dimensionen in den drei besprochenen Maßsystemen und die Beziehung mit  $c$  in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Außer dem Gaußschen, dem elektrostatischen und dem elektromagnetischen Maßsystem wäre vielleicht noch das „Lorentzsche rationale Maßsystem“ zu erwähnen, welches sich dimensionsmäßig nicht vom Gaußsystem unterscheidet. Nur der Zahlenwert der einzelnen Größen ist anders. Das liegt daran, daß in den Ausdrücken für die elektrische und magnetische Energiedichte sowie für die Energieströmung im Nenner jeweils der Faktor  $4\pi$  fehlt. Es ist also im Lorentzschens rationalen Maßsystem:

$$E_e = \frac{\varepsilon}{2} \mathfrak{C}^2, E_m = \frac{\mu}{2} \mathfrak{H}^2, \mathfrak{C} = c \{ \mathfrak{H}, \mathfrak{C} \}$$

Die Dielektrizitätskonstante und die magnetische Permeabilität sind genau wie im Gaußschen Maßsystem definiert.

Wenn der Leser hin und wieder auf Widersprüche in anderen Tabellen stößt, so möge ihn dies nicht weiter verwirren. Häufig wird z. B. das elektrostatische mit dem Gauß-System verwechselt. In einer bekannten funktechnischen Formelsammlung ist sogar das praktische Maßsystem mit dem elektrostatischen insofern verwechselt, als dort 1 Coulomb als diejenige Elektrizitätsmenge definiert ist, die im Vakuum eine gleich große im Abstande von 1 cm mit der Kraft 1 Dyn abstößt. Wie groß diese Kraft selbst noch in 1 km Entfernung ist, sahen wir bereits.

Eben weil nicht überall Klarheit über die absoluten Maßsysteme herrscht, sollte darüber einmal eingehender berichtet werden.

Artur Köhler.

# Hochwertige Selbstbau-Spulen für den Einbereich-Super

Anlässlich des Überblicks, den der Aufsatz „Kritik und Praxis des Einbereich-Superhet“ in Heft 4/1942 dieser Zeitschrift gab, wurde schon darauf hingewiesen, daß der Spulenfrage bei diesem Typ besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden muß, da ein Teil der gebräuchlich gewordenen Anordnungen nicht vollkommen den zu stellenden Anforderungen entspricht. Aus diesem Grund wurde auch früher vom Verfasser im allgemeinen vom Selbstbau der betreffenden Spulen abgeraten und auf ein bewährtes Fabrikat verwiesen. Heute ist man jedoch meist ausschließlich auf Selbstbau angewiesen, und auch hier wird man je nach den örtlich verschiedenen Beschaffungsmöglichkeiten bald diese, bald jene Materialien verwenden müssen. Es wurden daher eigens für die heutigen Verhältnisse Selbstbau-Spulenätze geschaffen, die zwar zum Teil räumlich größer sind als die käuflichen Fertigteile, so daß sie nicht immer einen idealen Ersatz für das Bisherige bieten können, die aber zuverlässig den elektrischen Anforderungen genügen und die einfach und mit verhältnismäßig leicht beschaffbaren, zum Teil austauschfähigen Materialien gebaut werden können.

### Das Eingangsfilter

Ein gutes Filter ist das nach Schaltbild 2, S. 109 in Heft 7/1941 der FUNKSCHAU; ein Ausführungsbeispiel dafür sei daher hier nochmals im Lichtbild gezeigt (Bild 4). Es hat nur den einen Nachteil, viel Platz zu beanspruchen. Wo dies stört, wird man daher nach den Angaben in Bild 1 ein Filter mit drei kleinen, wild gewickelten Holzkörper-Spulen anfertigen, die am besten

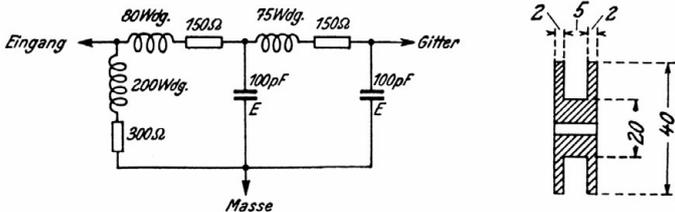


Bild 1. Schaltung und Daten des Eingangsfilters, dessen 3 Spulen mit CuLSS-Draht 0,15—0,2 mm auf je einen hölzernen Körper gewickelt werden. Kann statt dessen Konstantan-Draht 0,15—0,18 mm, doppelt seidenumspinnen, verwendet werden, so fallen die 3 Widerstände des Schaltbildes fort. Rechts der hölzerne Wickelkörper im Schnitt.

senkrecht zueinander, ähnlich wie bei dem mit abgebildeten Original-Allei-Filter, montiert werden. Steht keine Drehbank zur Verfügung, so können die Wickelkörper natürlich auch aus je drei oder mehr auszuscheidenden Rundscheiben aus irgendeinem Isoliermaterial angefertigt werden. Zur Montage verwenden wir Schrauben und kleine Winkel, dürfen aber niemals eine der Spulen flach auf eine größere Blechfläche schrauben. Sehr angenehm ist, daß man die drei im Schaltbild zu findenden Widerstände einsparen kann, wenn für die Spulenbewicklung Widerstandsdraht zur Verfügung steht. Die beiden Kondensatoren können Papier-Rollblocks (induktionsfrei) sein. Diese wie alle übrigen Kondensatorenpole man jedoch richtig, d.h. die mit „E“ gekennzeichnete Erdseite (bei keramischen Rohr-Blocks ist das der Außenbelag, bei Trimmern der bewegliche Belag) muß auch wirklich, wie auch in den Schaltbildern angegeben, auf der hochfrequenzfreien Seite, also „unten“, liegen. Daß ein guter Sperrkreis mit Anzapfung mehr oder weniger zu den festen Bestandteilen jeder VS-Eingangsschaltung gehört, daran sei nebenbei nochmals erinnert.

### Die Oszillatorspule

Diese nach Bild 2 anzufertigende Spule wird wohl die wenigsten Schwierigkeiten machen, und sie bietet auch wieder erfreuliche Ausweichmöglichkeiten. Sollte z. B. kein Spulenkörper aus Per-

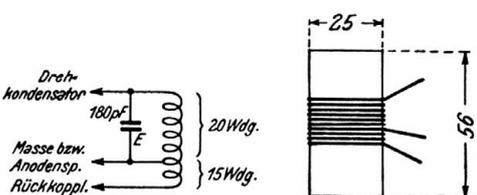


Bild 2. Auch die Oszillatorspule bietet materialmäßig erfreuliche Ausweichmöglichkeiten, wie im Text näher ausgeführt ist. Rechts der Aufriß.

tinax oder Keramik erhältlich sein, so kleben wir aus steifem Papier eine Rolle gleichen Durchmessers zusammen, und sollte keine Litze 20×0,05 erhältlich sein, so ist auch 10×0,07, 30×0,03 oder dergleichen verwendbar, oder auch Kupfer-Volldraht 0,4 bis 0,6 mm Lack-Seide-Seide. Eine allzu dämpfungsreiche Behelfsausführung der Oszillatorspule erkennen wir ja sofort daran, daß der Empfänger keinen von der Stellung des Drehkondensators abhängigen Empfang liefert. In diesem Fall könnte man die Rückkopplungsspule von 15 etwa auf 20 Windungen vergrößern, oder man muß sich eben um eine bessere Ausführung der Spule bemühen. Jedenfalls steht fest, daß gute Hf-Litze schlechter ist als Volldraht, wenn nicht alle ihre Einzeladerchen sauber abisoliert und verlötet werden!

Auch beim Oszillator-Parallelblock von 180pF, der verlustarm, also mindestens ein guter Glimmerblock, besser ein keramischer sein muß, sind wir nicht starr an diesen im Handel wenig gebräuchlichen Wert gebunden. Der findige Leser wird sich vielmehr den Wert von 180 pF jederzeit durch Parallel-Hintereinander- oder Gemischtschaltung mehrerer handelsüblicher Größen zusammensetzen wissen, oder er versucht von vornherein sein Glück mit 200 pF, was ja höchstens zur Folge haben kann, daß er unter Umständen — dies hängt vom Drehkondensator und den Anfangskapazitäten ab — einen nicht ganz bis 1500 kHz reichenden Abstimmbereich bekommt, was meist belanglos ist.

### Das Zwischenfrequenzfilter

Dieses Filter muß sehr dämpfungsarm ausgeführt sein, wenn wir die erwünschte Trennschärfe und Empfindlichkeit erreichen wollen. Dazu werden in den bekanntesten Allei-Filtern besonders ausgesuchte Spezial-Eisenkernspulen verwendet, die natürlich den Vorteil kleinsten Raumbedarfs haben. Die handelsüblichen Hf-Eisenkerne zum Selbstbau von Spulen sind jedoch bei unserer Zwischenfrequenz von 1600 kHz meist wenig für unseren Zweck geeignet, und vor allem kann man ja beim Kauf einem Kern nicht seine Zusammensetzung ansehen. Deshalb verbürgen beim Selbstbau Luftspulen eine viel größere Erfolgssicherheit. Sehr gute, den besten Eisenfiltern gleichwertige Ergebnisse lieferte das im Lichtbild gezeigte Filter mit litzengewickelten Spulen (Litze 20×0,05) auf zylindrischen Frequenz-Körpern (Allei). Man achte jedoch, dies kann nicht oft genug gesagt werden, auf sauberes Abisolieren und Verlöten sämtlicher Litzennadern. Wer keine Litze und keine Keramik-Körper auftreiben kann, behelfe sich vorläufig mit Volldraht 0,4 mm Durchmesser CuLSS und mit Pertinax- oder Papier-Zylindern und ja dann diese Materialien bei der nächsten sich bietenden Gelegenheit durch bessere ersetzen.

Auch bei den Kondensatoren des Filters wäre an sich Luft als Dielektrikum sicherer als irgendein beim Kauf kaum zu beurteilendes Festmaterial. Da jedoch Drehkondensatoren sehr schwer zu beschaffen sind und in normaler Ausführung auch zu unhaltbaren Filterabmessungen führen würden, wurden bei der Versuchsausführung gute keramische Kondensatoren vorgesehen. Sind die Spulen genau nach Angabe gewickelt, so genügt primärseitig ein Festblock 100 pF ± 10 % ohne Trimmer, da es ja auf eine ganz genaue Einhaltung der Zwischenfrequenz von 1600 kHz nicht ankommt (vgl. Schaltung Bild 3); am besten legt man diesen Block unmittelbar an die Anoden-Lötfläche der Röhrenfassung und läßt die Spulenenden so lang, daß sie bis dorthin reichen, denn ein einzelner Block hat ja keine eigenen Befestigungslöcher. Einen primärseitigen Trimmer wird also nur einbauen, wer aus irgendwelchen Gründen die Zf auf einen ganz bestimmten Wert hintrimmen will (vgl. hierzu in Bild 3 den Grundriß und die Lichtbilder). Normalerweise wird also nur audionseitig auf Resonanz mit dem Primärkreis nachgetrimmt, und zwar ohne Meßsender einfach so, daß wir die Rückkopplung gerade bis zum Einsetzen von Schwingungen anziehen und nun diese schwachen

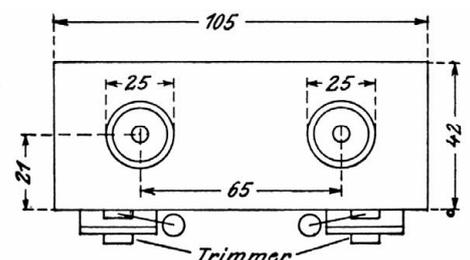
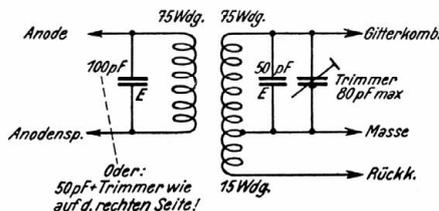


Bild 3. Das Zwischenfrequenzfilter kann, wie im Schaltbild gezeigt, ohne weiteres mit nur einem Trimmer ausgeführt werden. Rechts der Grundriß.

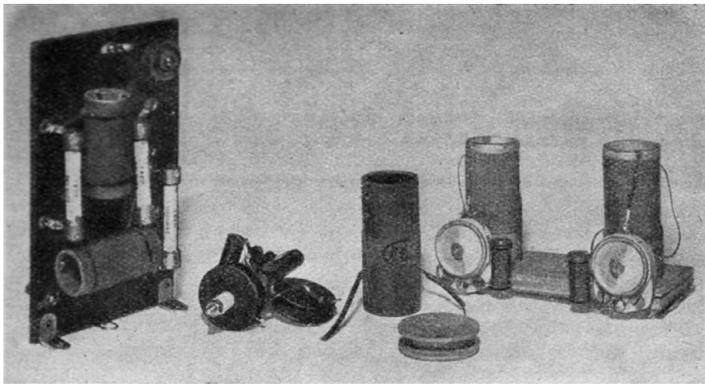


Bild 4. Hier sehen wir alle in Betracht kommenden Spulen versammelt: Ganz links ein Ausführungsbeispiel für die sehr zuverlässige, aber verhältnismäßig viel Platz beanspruchende Form des Eingangsfilters nach Schaltbild 2 in Heft 7/1941, S. 109, dieser Zeitschrift; daneben das gedrängt aufgebaute Original-Allei-Eingangsfiler, vor demselben eine unbewickelte Holzspule zur Selbstanfertigung ähnlicher Filter; rechts anschließend eine zylindrische Oszillator-spule für 500-cm-Drehkondensator; ganz r e c h t s das neue Selbstbau-Zf-Filter.

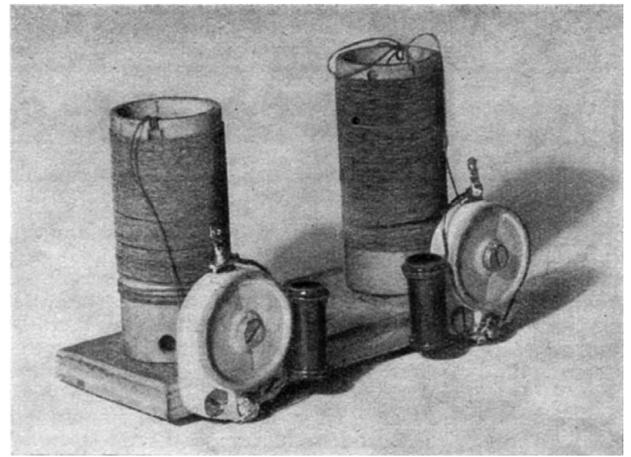


Bild 5. Das 1600-kHz-Zf-Bandfilter, das Herz des Einbereich-Superhet, erfordert besondere Sorgfalt in der Materialauswahl und Anfertigung. Es kann jedoch, wie das Bild zeigt, sehr einfach gebaut werden. Ein haar-scharfer Abgleich dieses Filters gelingt ohne weiteres ohne Meßsender.

Schwingungen durch Verstellen des Trimmers zum Aussetzen bringen. Dies wiederholen wir nach erneutem, leichtem Anziehen der Rückkopplung so oft, bis die Rückkopplungsschwingungen — ganz leicht angezogene Rückkopplung vorausgesetzt — durch Trimmervorstellung nicht mehr zum Aussetzen zu bringen sind bzw. bis eine winzige, kaum sichtbare Verdrehung des Trimmers nach rechts oder links genügt, um die ausgesetzte „Schwingerei“ wieder in Gang zu bringen.

Das Filter wird man im allgemeinen unabgeschirmt verwenden; was nachteilfrei durchführbar ist, wenn man nur dafür sorgt, daß seine Spulen nicht unmittelbar auf die anderen Spulen des Empfängers koppeln. Sein 10 mm starkes Sperrholz-Grundbrett kann flach aufliegend, hochkant oder längskant auf das Blech des Emp-

fängergestells geschraubt werden. Die angegebenen Abmessungen von 105×42 mm gelten für flach aufliegende Montage und wurden passend für seitliche Anbringung am VE-Gestell gewählt. Für Hochkant-Aufstellung wird man in der Länge 15 mm zugeben, damit die Wicklung der unteren Spule nicht näher als etwa 20 mm an das Blech herankommt, und sinngemäß bei Längskant-Aufstellung dasselbe in der Breite. Wer eine Abschirmung anzubringen wünscht, muß sie so weit halten, daß sie nirgends näher als 20 mm an die Spulenwicklung herankommt. So ergibt sich bei Hochkant-Aufstellung des Filters eine Abschirmhaube von etwa 80×80×130 mm, woraus schon hervorgeht, daß man lieber versuchen wird, unabgeschirmt auszukommen. H.-J. Wilhelmy.

## Die Schallplatten-Selbstaufnahme

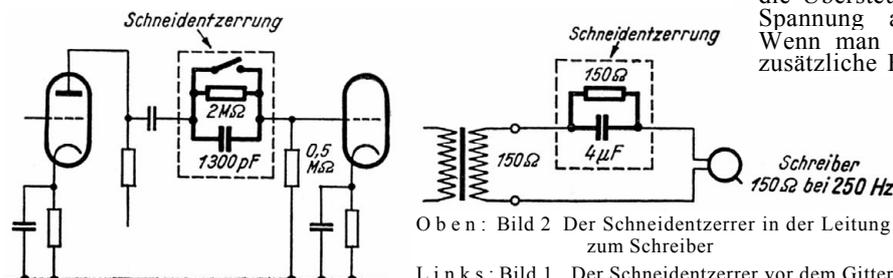
### Die Schneidentzerrung

Wenn man im Rahmen der Plattenkritik der FUNKSCHAU laufend Schallfolien unserer Leser zu hören bekommt, macht man immer wieder die Feststellung, daß ein großer Teil dieser Aufnahmen zu dumpf klingt, und es liegt die Vermutung nahe, daß für manchen Leser die Schneidentzerrung noch immer ein Buch mit sieben Siegeln ist. Es dürfte als bekannt vorausgesetzt werden, daß — aus Gründen einer ausreichenden Plattenspieldauer — bei der Aufnahme die tiefen Töne abgeschwächt werden müssen, damit der Rillenabstand nicht zu groß gewählt werden muß, was natürlich die Spieldauer einer Platte verkürzen müßte. Die tiefen Töne verursachen nämlich die größten Nadelauslenkungen, und wenn man keine Überschneidung der Rillen bekommen will, muß man entweder die Tiefen abschwächen oder den Rillenabstand vergrößern. Man hat sich daher allgemein für den ersten Ausweg entschieden. Während nämlich gewöhnliche Koffersprechmaschinen die tiefen Töne ohnehin so gut wie gar nicht wiedergeben, kann man bei der elektrischen Wiedergabe mit verhältnismäßig einfachen Entzerrerschaltungen die bei der Aufnahme vernachlässigten tiefen Töne wieder anheben, so daß als Endeffekt die völlig lineare Wiedergabe aller Töne sichergestellt ist. Man hat sich nun dahingehend festgelegt, daß man, von den hohen Frequenzen beginnend, bis zu 250 Hertz herunter ungeschwächt aufzeichnet und dann eine nach unten immer stärker werdende Dämpfung der tiefen Töne vornimmt. Man schneidet nämlich bis 250 Hz mit „konstanter Geschwindigkeitsamplitude“ und darunter mit „konstanter Amplitude“.

Uns interessieren nun die Maßnahmen, mit denen man bei der Aufnahme die tiefen Töne abschwächen kann. Das einfachste Verfahren ist das, den Schreiber unteranzupassen, wodurch bekanntlich eine Benachteiligung der tiefen Frequenzen eintritt. Man paßt dann so an, daß die Impedanz des Schreibers bei 800 Hz

gemessen wird und hierbei der vorgeschriebenen Ausgangsimpedanz des Verstärkers entspricht. Tatsächlich sind die meisten der frei verkäuflichen Schreiber so bemessen, so daß dadurch viele Amateure ohne eine besondere Schneidentzerrung auskommen. So bestehend einfach diese Maßnahme erscheint, so hat sie doch gewisse Nachteile. Ganz abgesehen davon, daß sich der scharfe Knick der Spannungskurve am Schreiber bei 250 Hz so noch am wenigsten annäherungsweise herstellen läßt, ist noch folgendes zu bedenken: Die größte Leistung wird einem Verstärker bei der Aufnahme der Bässe entzogen; also ist auch die Übersteuerungsgefahr bei diesen tiefen Tönen am größten. Durch die Unteranpassung wird aber der Verstärker nun gerade bei den Bässen am meisten belastet, und obwohl dies direkt unerwünscht ist, wird gerade hierbei der Verstärker am leichtesten übersteuert. Man kann nun nach Bild 1 so verfahren, daß man bei der Aufnahme einen Schneidentzerrer vor das Gitter einer Röhre schaltet. Hierdurch gelangen die Tiefen schon entsprechend geschwächt an das Gitter der Endröhre. Da nun aber die Gefahr der Übersteuerung besonders durch die Tiefen besteht, wird diese Gefahr jetzt weit geringer sein, da ja schon der Endröhre entsprechend weniger Bässe zugeführt werden. Praktisch äußert sich das aber so, daß man jetzt ohne Gefahr der leichten Übersteuerung den Verstärker weiter „aufdrehen“ kann und somit lautere Aufnahmen erzielt. Das ist aber erst recht erwünscht, da man so das Verhältnis zwischen Nadelgeräusch und Nutzlautstärke günstiger gestaltet. So einfach und billig diese Schaltung ist, hat sie allerdings den kleinen Nachteil, daß man den Entzerrer bei der Wiedergabe durch einen besonderen Schalter kurzschließen muß. Während das für den Liebhaber kaum von Bedeutung ist, wird man jedoch im Studiobetrieb immer bestrebt sein, jeden überflüssigen Schalter aus Gründen der Betriebssicherheit und zum Schutz gegen die nur allzumenschliche Vergeßlichkeit zu vermeiden. Wo daher ein größerer Aufwand gerechtfertigt erscheint, entzerrt man so, daß man den Schreiber selbst in Serie mit einem Entzerrer nach Bild 2 schaltet. Der Schreiber wird dann so bemessen, daß seine Impedanz bei 250 Hz mit der Nennimpedanz des Verstärkerausganges übereinstimmt. Durch den Entzerrer wird jetzt der Ausgang des Verstärkers mit abnehmender Frequenz immer weniger belastet, die Übersteuerungsgefahr durch die Bässe wird geringer und die Spannung am Schreiber nimmt nach den Tiefen zu ab. Wenn man den Entzerrer in das Schneidgerät einbaut, ist eine zusätzliche Bedienung unnötig. Ohne Umschaltung im Verstärker

können also an dessen Ausgang wahlweise der Wiedergabelautsprecher oder das Schneidgerät angeschaltet werden. Es kann jetzt auch während der Aufnahme ein Lautsprecher zur Abhörkontrolle mitlaufen, ohne daß dessen Klangbild durch eine im Verstärker eingebaute Schneidentzerrung verfälscht würde, was sonst leicht zu einer Fehlbeurteilung der Übertragungsqualität führen könnte. Fritz Kühne.



O b e n : Bild 2 Der Schneidentzerrer in der Leitung zum Schreiber

L i n k s : Bild 1. Der Schneidentzerrer vor dem Gitter.

## II. Prüfung von Kondensatoren

Sämtliche Kondensatoren aus Funkempfängern lassen sich in zwei Gruppen einteilen: A. Ableit-, Kopplungs- und Filterkondensatoren von 5000 pF bis über 30 µF, B. Hochfrequenzabstimm- und Kopplungskondensatoren von ungefähr 10 bis 1000 pF. Wir beschäftigen uns zunächst mit Gruppe A.

### A. Prüfung von Kondensatoren über 5000 pF (einschließlich Elektrolytkondensatoren.)

#### Kapazitätsmessung:

Große Meßgenauigkeit ist bei dieser Gruppe nicht notwendig. Wenn keine Meßbrücke vorhanden ist, wird der Kondensator als Wechselstromwiderstand betrachtet und mit 50 Hz Netzfrequenz gemessen. Der Widerstand eines Kondensators ist bekanntlich:

$$R = \frac{1}{6,28 \cdot f \cdot C}$$

Die Auswertung dieser Formel für 50 Hz gibt die Zahlenleiter Bild 9. Die Messung des Wechselstromwiderstandes erfolgt im einfachsten Fall nach dem Vergleichsverfahren in Heft 1/1943 dieser FUNKSCHAU-Aufsatzreihe. An die Stelle des Gleichstrom-Milliamperemeters und der Meßgleichspannung treten ein beliebiges Wechselstrom-Milliamperemeter und 50 Hz Wechselspannung des Lichtnetzes. Bedienung und Ablesung der Prüfeinrichtung erfolgen in gleicher Weise wie bei der Messung von Gleichstromwiderständen. Der abgelesene Ohmwert ergibt nach Bild 9 die Kapazität des Kondensators. Dieses Prüfverfahren darf nicht für Elektrolytkondensatoren angewendet werden. Eine bessere Anordnung für unmittelbare Eichung zeigt Bild 10. Sie gleicht dem Widerstandsmesser aus Heft 2/1943. An Stelle  $r_2$  tritt ein Vorschaltkondensator, der zusammen mit der Meßspannung den Meßbereich bestimmt. Die Netzspannung wird als gleichbleibend betrachtet und deshalb keine besondere Einregelung vorgesehen. Bei höheren Ansprüchen ist sie mit einem Voltmeter zu überwachen und einzustellen. Die Werte von Bild 10 sind leicht herstellbar gewählt. Als niedere Meßspannung dient die 4-Volt-Heizwicklung eines beliebigen Netztransformators, als höhere das Lichtnetz. Hiermit ergeben sich zwei Bereiche:

- I. Vorschaltkondensator = 40 000 pF  
Meßbereich 5000...500000 pF,
- II. Vorschaltkondensator = 2,4 µF  
Meßbereich 0,3...30 µF.

Der 40000-pF-Vorschaltkondensator für Meßbereich I ist in 200 000 und 50 000 pF aufgeteilt, weil diese

Rechts: Bild 10. Schaltung zur Messung von Kapazitäten mit Netzfrequenz.

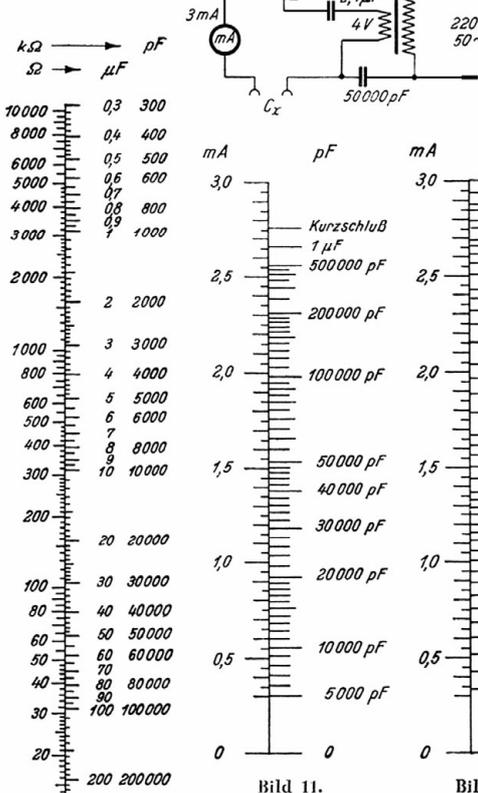


Bild 11. Ermittlung von Kapazitätswerten zwischen 5000 und 500 000 pF (Bereich I nach der Schaltung Bild 10).

Bild 12. Ermittlung von Kapazitätswerten zwischen 0,3 und 100 µF (Bereich II nach der Schaltung Bild 10.)

Bild 9. Ermittlung des Kapazitätswertes aus dem Widerstand für 50 Hz.

Werte leichter zu beschaffen und dadurch beide Netzpole gegen direkte Berührung abgeriegelt sind. Die Vorschaltkondensatoren müssen einigermaßen stimmen; sie werden daher zweckmäßig in einer nahestehenden Werkstatt mit der Meßbrücke überprüft und nötigenfalls durch Zusammensetzen aus kleineren Werten abgeglichen. Das Milliampereometer ist beliebiger Ausführung und muß noch 0,3 mA anzeigen. Der innere Widerstand darf höchstens ¼ des Wechselstromwiderstandes des Vorschaltkondensators sein, um die Anzeige nicht zu verfälschen (für 2,4 µF und 50 Hz rund 300 Ω). Besonders geeignet sind Multavi II oder Multizett. Die Zahlenleiter Bild 11 und 12 geben die Umrechnung des Stromwertes in Kapazitätswerte an. Besonders einfache Auswertung ergibt sich durch die bereits in der 2. Folge dieser Aufsatzreihe vorgeschlagene Anfertigung von Hilfsskalen. Bild 13 zeigt die Hilfsskala für ein Multavi II<sup>1)</sup>.

Der Meßbereich II von 0,3...30 µF dient zur Kapazitätsmessung von Elektrolytkondensatoren.

#### Isolationsprüfung:

Papierkondensatoren werden nach dem bekannten Glimmlampenverfahren geprüft. Der Kondensator wird über eine Glimmlampe an Gleichspannung angeschlossen; sie leuchtet bei guten Kondensatoren durch den Aufladestoß kurz auf und erlischt. Bei schadhafte Kondensatoren flackert die Lampe oder brennt dauernd.

Bei Elektrolytkondensatoren gilt als Gütemaßstab der Reststrom. Durch jeden Elektrolytkondensator fließt auch bei richtiger Polung ein geringer Strom. Je schlechter der Kondensator ist, desto größer ist der Strom. Der Reststrom sinkt in den ersten Minuten nach Anlegen der Prüfspannung, deshalb bei scheinbar schlechten Kondensatoren einige Zeit warten! Bei der Reststrommessung darf die aufgedruckte Betriebsspannung nicht überschritten werden. Wir unterscheiden zwei Hauptgruppen: Niedervolt- und Hochvoltkondensatoren, und prüfen einheitlich Niedervoltkondensatoren mit etwa 4...10 Volt, Hochvoltkondensatoren mit 250 Volt. Ein Kondensator mit Reststrom kann auch als Gleichstromwiderstand aufgefaßt werden. Je geringer der Widerstand, desto schlechter der Kondensator. Dieser Widerstand ist meßbar mit der Anordnung Bild 5b oder 5c aus der 2. Folge dieser Aufsatzreihe. Niedervoltkondensatoren werden mit 4 V Meßspannung Hochvoltkondensatoren mit 300 V geprüft. Als Restwiderstand lassen wir zu: 3 MΩ/µF bei Niedervoltkondensatoren, 1 MΩ/µF bei Hochvoltkondensatoren.

Aus Kurvenbild 14 lassen sich die zulässigen Widerstände ablesen. Bei dieser Prüfschaltung kann infolge des vorhandenen Vorschaltwiderstandes keine Überlastung des Prüflings eintreten, da ein zu hoher Strom einen Spannungsabfall am Vorschaltwiderstand hervorruft und die eigentliche Spannung am Prüfling herabsetzt. — Beim Anschluß des Prüflings wird das Milliampereometer zunächst auf den höchsten Strommeßbereich geschaltet, sonst wird es durch den Ladestromstoß überlastet.

<sup>1)</sup> Es ist beabsichtigt, von den Hilfsskalen später Sonderdrucke anfertigen zu lassen und unseren Lesern diese zur Verfügung zu stellen. Infolgedessen braucht also niemand sein FUNKSCHAU - Heft zu zerschneiden. Alles Nähere wird zu gegebener Zeit in der FUNKSCHAU bekanntgemacht.

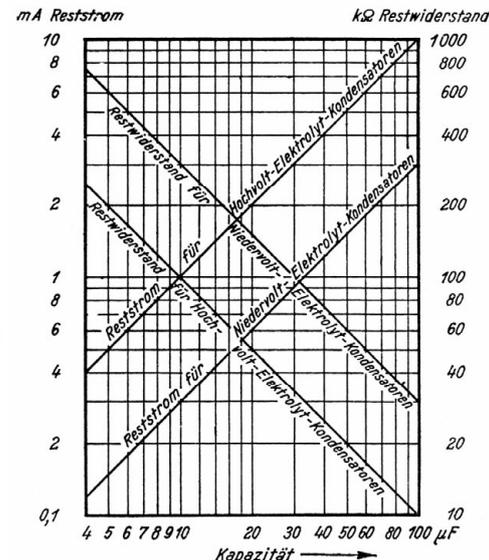


Bild 14. Zulässige Restströme und Restwiderstände für die Prüfung von Elektrolytkondensatoren.

# Einzelteil-Prüfung



schnell und einfach

## Kondensatoren (A)

Genauer und eindeutiger ist die direkte Reststrommessung. Im einfachsten Fall wird dazu ein Milliampereometer z. B. nach Bild 15 dort eingeschaltet, wo der verdächtige Kondensator sitzt. Die Höchstwerte für den Reststrom sind gleichfalls in Bild 14 dargestellt.

Eine besondere Meßanordnung zeigt Bild 16. Sie wird für Niedervoltkondensatoren mit etwa 4...8V Gleichspannung, für Hochvoltkondensatoren mit 220 bis 250 V Gleichspannung (Lichtnetz oder Anodenspannung eines Empfängers) betrieben. Die Polung ist zu beachten! Der Schalter steht in Stellung 0. Seine Kontakte müssen so eng stehen, daß der Schaltarm beim Durchdrehen zwei benachbarte Kontakte kurzschließt. Der Prüfling wird bei C angeschlossen und der Schalter langsam nach rechts gedreht. In Stellung 2 wird der Kondensator aufgeladen. Das Milliampereometer ist kurzgeschlossen, um es nicht zu überlasten. Beim Weiterdrehen wird die Empfindlichkeit des Milliampereometers stufenweise heraufgesetzt und in der letzten Stellung der Reststrom abgelesen. Auch hier gelten die Höchstwerte von Bild 14. Nach beendeter Prüfung wird der Schalter auf 0 zurückgestellt und dadurch der Kondensator über den 50-Ω-Widerstand funkenfrei entladen, sonst erteilt die aufgespeicherte Elektrizitätsmenge von Hochvoltkondensatoren kräftige Schläge bei Berührung.

#### Durchschlagsprüfung:

Verdächtige Papierkondensatoren und Hochvoltelektrolytkondensatoren werden bei richtiger Polung über eine 25-Watt-Lampe unmittelbar an 220 Volt Gleichstrom angeschlossen. Aufleuchten der Lampe zeigt an, daß der Kondensator durchgeschlagen ist.  
Ingenieur Otto Limann.

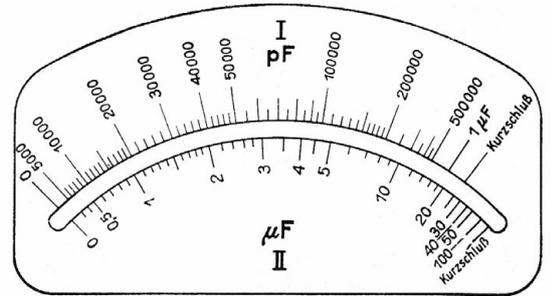


Bild 13. Hilfsskala für direkte Kapazitätsmessungen mit dem Multavi II. Die Skala wird ausgeschnitten und auf die Glasscheibe des Meßgerätes gelegt. Durch den Schlitz wird der Zeigerausschlag beobachtet.

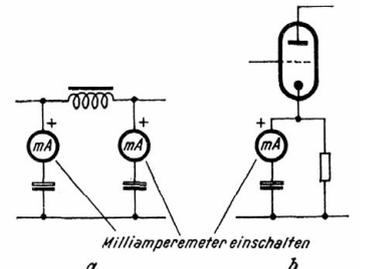


Bild 15. Betriebsmäßige Reststrommessung von Elektrolytkondensatoren im Empfänger: a) Reststrommessung bei Netz-Siebcondensatoren, b) Reststrommessung bei Kathodenkondensatoren.

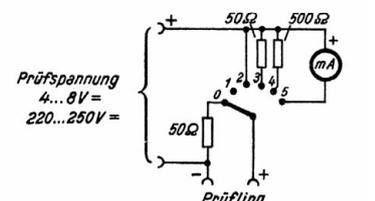


Bild 16. Prüf Schaltung zur Reststrommessung.

# DIE WISSENSCHAFTLICHE SEITE

Berichte aus den Zeitschriften der Hochfrequenztechnik und Elektroakustik

## Der Frequenzgang von Widerstandsverstärkern bei tiefen Frequenzen

W. K l e e n in Die Telefunkenröhre, Heft 21/22 (August 1941).

Im Bereiche der tiefen Frequenzen kann bei genügend großem Aufwand eine beliebige weitgehende Frequenzunabhängigkeit erzielt werden, während dieses bei hohen Frequenzen wegen der unvermeidlichen inneren Röhrenkapazitäten, die hier schon eine merkliche Rolle spielen, nicht möglich ist. Drei Ursachen sind für den Frequenzgang eines widerstandsgekoppelten Verstärkers verantwortlich.

### 1. Spannungsabfall an der Kopplungskapazität zwischen zwei Stufen

Das Ersatzschaltbild des Kopplungsgliedes stellt einen Spannungsteiler dar (Bild 1), der aus dem Kopp-

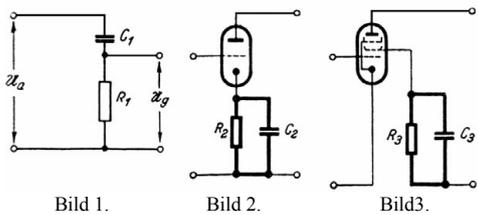


Bild 1: Gitterkondensator  $C_1$  und Gitterableitwiderstand  $R_1$  bilden einen Spannungsteiler, an dem  $U_g$  abgegriffen wird. — Bild 2: Der Kathodenwiderstand  $R_2$  mit dem Überbrückungskondensator für Tonfrequenz  $C_2$  stellt einen Wechselstromwiderstand dar, an dem eine Gegenkopplungsspannung abfällt. — Bild 3: Der Schirmgittervorwiderstand  $R_3$  ist für Tonfrequenz mit dem Kondensator  $C_3$  überbrückt, jedoch tritt an dieser Kombination noch ein Wechselspannungsabfall auf, der über den Schirmgitterdurchgriff eine Gegenkopplung bewirkt.

lungskondensator  $C_1$  und dem Gitterableitwiderstand  $R_1$  gebildet wird. Das Verhältnis der übertragenen, an  $R_1$  auftretenden Wechselspannung  $U_g$  zur Anodenwechselspannung  $U_a$  der Vorröhre ist gleich dem Verhältnis der entsprechenden Widerstände, also

$$\frac{U_g}{U_a} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2 R_1^2}}}$$

dabei wird die Verstärkung ( $V'$ ) bei gegebenem  $\omega$   $\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2 R_1^2}}}$  mal so groß

wie die Verstärkung ( $V$ ) der mittleren Frequenz. Das Verhältnis der Verstärkungen wird.

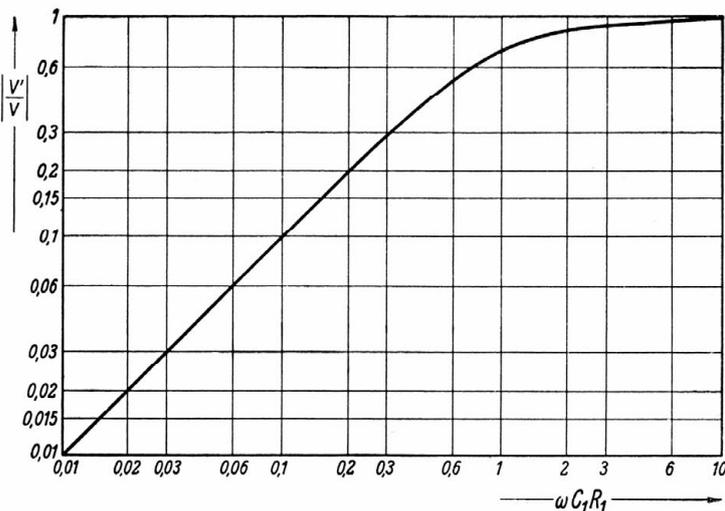


Bild 4. Einfluß des RC-Kopplungsgliedes im Gitterkreis:

$$\left| \frac{V'}{V} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2 R_1^2}}}$$

1. ....  $\frac{V'}{V} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2 R_1^2}}}$

Die untere Grenzfrequenz ergibt sich daraus zu:

2. ....  $\omega_u = \frac{1}{C_1 R_1}$

(Als „Grenzfrequenz“ bezeichnet man diejenige Frequenz, für die die Verstärkung auf den  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  ten Teil der Verstärkung der mittleren Frequenz absinkt,  $\frac{V'}{V} = \frac{1}{\sqrt{2}}$ . Der Referent.)

(Für die Errechnung von  $C_1$  oder  $R_1$  bei gegebener Kreisfrequenz  $\omega$  [zu übertragende Frequenz mal  $2\pi$ ] und vorgegebenem maximalen Verstärkungsabfall bedient man sich zweckmäßig folgender Formeln:

3. ....  $C_1 = \frac{1}{\omega R_1} \cdot \frac{a}{\sqrt{1-a^2}}$

4. ....  $R_1 = \frac{1}{\omega C_1} \cdot \frac{a}{\sqrt{1-a^2}}$

wenn mit  $a$  der Verstärkungsabfall  $\frac{V'}{V}$  bezeichnet wird. Der Referent.)

### 2. Gegenkopplung durch den mit nicht unendlich großer Kapazität überbrückten Kathodenwiderstand

In der Kathodenleitung der Verstärkerröhre liegt der Widerstand  $R_2$  zur Erzeugung der Gittervorspannung, der mit einer Kapazität  $C_2$  für Wechselspannung überbrückt ist (Bild 2).

Wenn  $C_2$  nicht unendlich groß ist, liegt in der Kathodenleitung ein Wechselstromwiderstand von der Größe

$$Z_k = \frac{R_2}{1 + j\omega C_2 R_2},$$

an dem eine Gegenkopplungsspannung von der Größe  $\mathfrak{Z}_a \cdot Z_k$  abfällt, welche eine frequenzabhängige Stromgegenkopplung der Röhre bewirkt. Es ergibt sich eine Steilheitsverminderung und eine Innenwiderstandserhöhung, daraus resultiert eine Verstärkungsverminderung auf den

$$\frac{1}{1 + V \frac{Z_k}{R_a}}$$

bei mittlerer Frequenz. Es ist dann:

$$V' = V \frac{1}{1 + \frac{Z_k}{R_a} V}$$

und wenn man zur Vereinfachung

$$\omega C_2 R_2 = x \text{ und } V \frac{R_2}{R_a} = a$$

setzt, erhält man

$$5. \dots \dots \dots \frac{V'}{V} = \frac{1}{\sqrt{(1+a)^2 + x^2}}$$

Da die Gegenkopplungsspannung aus  $Z_k$  und  $\mathfrak{Z}_a$  resultiert, gilt die vorstehende Formel nur für Dreipolröhren; für Mehrpölröhren muß für  $a$  der Wert  $S_k \cdot R_2$  eingesetzt werden, wobei  $S_k$  die Kathodenstromsteilheit bedeutet.

Die untere Grenzfrequenz wird erreicht für

6. ....  $x = \sqrt{(a+1)^2 - 2}$ ,  $a > 0,4$

### 3. Schirmgittergegenkopplung durch die begrenzte Überbrückungskapazität des Schirmgittervorwiderstandes

In der Schirmgitterzuleitung liegt der Vorwiderstand  $R_3$  zur Spannungsverkleinerung, der durch eine Kapazität  $C_3$  überbrückt wird, um das Schirmgitter wechsellspannungsmäßig auf Erdpotential zu legen (Bild 3). Da diese Kapazität in der Praxis nicht unendlich groß gemacht werden kann, liegt in der Schirmgitterzuleitung die Impedanz

$$Z_S = \frac{R_3}{1 + j\omega C_3 R_3}$$

an der eine Wechsellspannung  $\mathfrak{Z}_{g2} \cdot Z_S$  abfällt, die über den Durchgriff des Schirmgitters durch das Steuergitter als Gegenkopplungsspannung wirkt. Die Schirmgittergegenkopplung bewirkt eine Steilheitsverminderung und eine Innenwiderstandsverkleinerung; die letztere ist jedoch bei Fünfpol-Schirmröhren infolge des hohen Innenwiderstandes nicht wesentlich, so daß für die Verstärkung die Formel  $V = S' \cdot R_a$  ( $S'$  = Steilheit der gegengekoppelten Röhre) gültig bleibt. Unter dieser Voraussetzung ergibt sich

$$7. \dots \dots \dots \frac{V'}{V} = \frac{1}{\sqrt{(1+a)^2 + x^2}}$$

worin  $x = \omega C_3 R_3$  und  $a = S_2 D R_3$  ist.

Es bedeuten:  $S_2$  = Schirmgitterstromsteilheit  
 $D$  = Durchgriff des Schirmgitters durch das Steuergitter.

Für die untere Grenzfrequenz wird

$$x = \sqrt{(a+1)^2 - 2}$$

Die Errechnung des Gesamtverstärkungsabfalles geschieht nach der Formel:

$$V'_{ges} = \frac{V'_1 \cdot V'_2 \cdot V'_3}{V^3}$$

$V$  ist die Verstärkung für die mittlere Frequenz, bei der untersuchten tiefen Frequenz  $\omega$  fällt die Verstärkung von  $V$  auf  $V'$ .

Zur Erleichterung der Rechnungen dient die graphische Darstellung der Funktionen

$$\frac{V'}{V} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\omega^2 C_1^2 R_1^2}}}$$

für den Einfluß des RC-Kopplungsgliedes (Bild 4) und für den Einfluß der Kathodenimpedanz:

$$\frac{V'}{V} = \frac{1}{\sqrt{(1+a)^2 + x^2}}$$

$x = \omega C_2 R_2$ ,  $a = V \frac{R_2}{R_a}$  bzw.  $a = S_k \cdot R_a$  bei Mehrpölröhren.

Für die Berechnung des Einflusses der Schirmgitterimpedanz auf den Verstärkungsgang dient dieselbe Kurvenschar, hier ist jedoch

$$x = \omega C_3 R_3 \text{ und } a = S_2 D R_3. \quad (\text{Bild 5})$$

Artur Köhler.

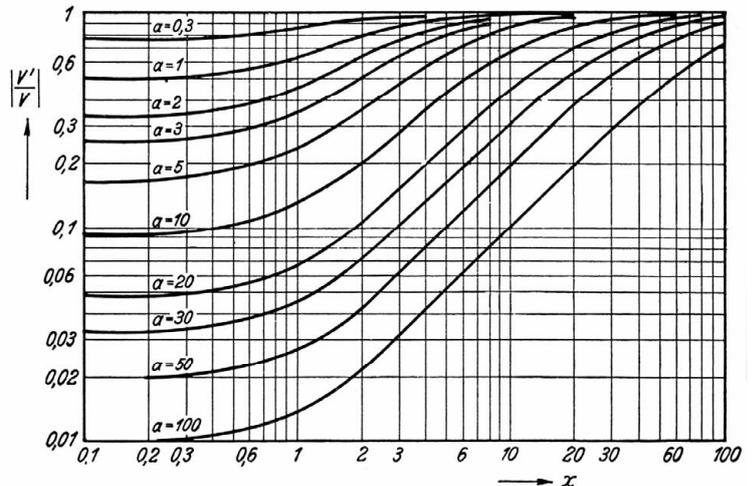


Bild 5. Einfluß eines RC-Gliedes

in der Kathode:  $\left| \frac{V'}{V} \right| = \frac{1}{\sqrt{(1+a)^2 + x^2}}$   $x = \omega C_2 R_2$   
im Schirmgitter:  $x = \omega C_3 R_3$ ,  $a = S_2 D R_3$ , bzw.  $a = S_k \cdot R_2$

# PRAKTISCHE FUNKTECHNIK

## Zum Thema: Kriechströme

Flußmittel (Löt fett usw.), Schmierfett oder Öl können, auch wenn ursprünglich höchste Isolationswerte vorhanden waren, Kriechströme begünstigen. Staub und winzige Metallspäne geben ihren Beitrag zur Entstehung eines Kriechstroms. Entsteht der Kriechweg zwischen zwei Polen der Stromversorgung im Gerät, z. B. auf Preßzell (Pertinax), so erhitzt sich letzteres so stark, daß sein Isolationswiderstand verringert wird. Bis zum Brand oder wenigstens zur Verkohlung des Kriechweges ist es dann nicht mehr weit. Preßzell-Röhrenfassungen, besonders solche für Gleichrichter-röhren, desgleichen Lötleisten an Netztransformatoren zeigen öfters diesen Mangel. Solche Fehler im Rundfunkgerät haben aber wenigstens den Vorteil, daß sie meist leicht zu finden sind. „Verbotene Wege“ für Hochfrequenz gibt es auch: Ein Siebenkreis-Super stotterte. Die Antenne wurde versuchsweise an den zweiten Kreis des Eingangs-Bandfilters gesteckt, wodurch, entsprechend guter Empfang erzielt wurde. Schalter, Spulen, Drehkondensator, Trimmer wurden geprüft, gemessen, bis der Fehler im ersten Kreis lokalisiert war. Nun wurde der Fall interessant. Vorsichtshalber wurde noch die ECH11 im Betrieb gemessen und in Ordnung befunden. Es wurde weiter getastet. Meist beschränkt man sich bei der Fehlersuche auf den Betrieb „Mittelwelle“. Bei der Schaltung „Kurzwele“ war der Empfang sehr zufriedenstellend — warum aber auf MW und LW nicht? Stoßweise, so alle 10 bis 15 Minuten einmal, ist volle Leistung am Magischen Auge zu erkennen — wenn auch nur während Bruchteilen einer Sekunde. Schlechte und schlechteste Leistung wechselten ständig. Verdacht: Kriechströme. Prüfmittel: Starkstrom 450 V über zwei Glühlampen 220 V/40 W an die Prüfstäbe gelegt.

Nun wurden der Antennenkreis und der erste Abstimmkreis getastet. Der Abstimmkreiskondensator hatte Funkenbildung, und zwar vom Stator zur Wanne über die Calit-Isolierstäbchen. Nach anfänglich geringstem Funkenüberschlag entstand ein direkter Kurzschluß. Die in Reihe geschalteten Glühlampen leuchteten hell auf. Etwa eine Sekunde dauerte der Verbrennungsprozeß, und der Kurzschluß war behoben, d. h. der Kriechweg mit 0,2 A ausgebrannt. Auf Calit konnte diese Gewaltkur vorgenommen werden; Preßzell-Isolation wäre aber unweigerlich verkohlt und der Kurzschluß wäre dann nur durch Drehkondensatorersatz zu beseitigen gewesen. Leider war nach der Prozedur nicht festzustellen, weshalb der Kriechweg entstanden war. Vielleicht hätte man die Kriechströme mittels Benzin, Alkohol, Äther, Aze-ton oder mit einem Messer, einer Feile usw. beseitigen können. Wie man's macht, ist's meistens falsch. Die Hauptsache bleibt jedoch, daß das Rundfunkgerät wieder einwandfrei arbeitet.

Franz Fousek.

## Nicht alltägliche Röhrenreparatur

Es kommt vor, daß eine an sich völlig einwandfreie Röhre dadurch unbrauchbar wird, daß ein Zuleitungsdraht an Glasfuß abbricht. Der Austausch der Röhre ist manchmal so schwierig bzw. ganz unmöglich, daß der Praktiker gern eine zeitraubende und umständliche Arbeit aufwenden würde, um die Röhre wieder verwenden zu können. Der nachstehende Bericht zeigt einen Weg dazu.

Vor einiger Zeit gelang mir an einem EU-Widerstand eine nicht alltägliche Reparatur. Mittlerweile ist sie mit Erfolg auch bei anderen Röhren angewendet worden, und ich nehme deshalb die Gelegenheit wahr, den Lesern der FUNK-SCHAU den Hergang der Reparatur mitzuteilen:

Der Bakelitfuß eines EU-Widerstandes hatte sich gelockert. Bei dem Versuch, ihn wieder festzukitten, riß einer der in den Glasfußschuß führenden Zuleitungsdrähte kurz unterhalb der Einführung in den Kolben ab, so daß ein nur etwa 2 mm langes Drahtstück stehen blieb.

Mit dem Löt kolben direkt an diese Stelle zu gelangen war unmöglich. So wurde der EU-Widerstand auf folgendem Umweg repariert: Der EU wurde mit Lappen umwickelt und dann in vertikaler Richtung eingespannt. Nun mußte ein Versuchsstander einen recht dicken versilberten Kupferdraht derart halten, daß sich die beiden Drahtenden in inniger Berührung befanden. Der versilberte Draht war vorher gut verzint worden. Als nächstes hatte ein Bunsenbrenner die Aufgabe, den Draht tüchtig zu erhitzen. Es gelang nach einigen Versuchen, eine dauerhafte Lötverbindung zwischen den beiden Drähten herzustellen. — Zwecklos war der Versuch, den Draht mit Hilfe eines Löt kolbens auf die richtige Temperatur bringen zu wollen, denn dazu war die Wärmeleitfähigkeit des Kupfers relativ zu gering. Auf keinen Fall darf aber dem Bunsenbrenner bei diesem Unterfangen zu viel Sauerstoff zugeführt werden, da sonst die Temperatur dazu angetan ist, das Löt zinn verbrennen zu lassen. Die Anregung zu diesem Versuch gab mir ein Hinweis in der FUNK-SCHAU 1941, Heft 2 (Schliche und Kniffe) von N. v. Jindelt.

Herbert Stelzenmüller.

## Auswertung durchgeschlagener Becherkondensatoren

Von alten Becherkondensatoren ist nicht allein das Gehäuse noch zu verwenden, wie kürzlich beschrieben wurde. Seit Jahren schon entferne ich insbesondere von größeren durchgeschlagenen Blocks vorsichtig Deckel und Vergußmasse, löte die Verbindungen der parallel geschalteten Einzelwickel ab und prüfe jeden dieser, meist etwa 1 µF großen Teile. Von dem defekten Wickel kneife ich die Anschlüsse ab, setze alles andere wieder zusammen, und von beispielsweise 4 µF sind etwa 3 wieder gebrauchsfähig.

Heute, wo es besonders gilt, sparsam zu wirtschaften, mache ich mir auch die Mühe, diesen durchgeschlagenen Wickel oder selbst einen Rollblock von 10 000 pF instanzzusetzen. Dazu wird er vorsichtig abgewickelt, bis sich die

Durchschlagstelle zeigt. Liegt sie nur wenig vom Ende entfernt, so wird das ganze Stück abgeschnitten, die beiden Metallfolien etwas gekürzt, noch einige Lagen Papier aufgewickelt und mit säurefreiem Klebstoff festgehalten. Liegt der Schluß weiter innen oder ist die Beschädigung nur geringfügig, so wird auf beiden Seiten der Aluminiumfolien je ein Stückchen des dünnen Kondensator-Papiers zwischengeschoben und das Ganze wieder straff aufgewickelt. Man kann auch ein abgeschnittenes Stück zu einem neuen Rollblock verarbeiten, indem man es auf einen Streifen Pappe oder Hartpapier aufwickelt. Die Anschlüsse werden durch eingelegte dünne Kupferblechstreifen hergestellt. Sie müssen jedoch völlig gratfrei sein, da sonst an diesen Stellen der Durchschlag zuerst erfolgt.

Benötigt man induktionsfreie Blocks, so legt man die Papier- und Metallfolien so übereinander, daß letztere an den Seiten einige Millimeter überstehen. Nach dem Wickeln werden diese durch Blechstreifen und Schrauben zusammengeklemt und bilden so die Anschlüsse. Auf diese Weise stelle ich z. B. die derzeit schwer erhältlichen Überbrückungsblocks für Netzgleichrichter her (zirka 5 000 pF), wobei zur Erhöhung der Spannungsfestigkeit die Papierlagen verdoppelt werden. Noch widerstandsfähiger in elektrischer wie mechanischer Hinsicht werden die Kondensatoren, wenn man sie in reinem Paraffin so lange erhitzen kann, bis keine Luftbläschen mehr aufsteigen. Ingenieur Jacobi.

## Freischwinger-Lautsprecher GFR 341 wird niederohmig

Die schwierige Beschaffung eines dynamischen 4-Watt-Lautsprechers zwang zu Versuchen mit einem zufällig vorhandenen Freischwinger GFR 341. Der Spulenwiderstand war nicht passend; die Spule wurde durch den hohen Anodenstrom zu heiß und die Vormagnetisierung verstellte den Schwingesteg so weit, daß der Lautsprecher fast keinen Wirkungsgrad mehr besaß. Das Zuschalten eines Parallelwiderstandes verbot sich der allzugroßen Unteranpassung wegen, auch durfte keine Leistungseinbuße auftreten. Ein passender Ausgangstransformator war nicht vorhanden.

Die Durchmessung eines Heiztransformators 220/6 Volt ergab ein Übersetzungsverhältnis von 1 : 37 bei 3500 Ω Widerstand für 50 Hz. Eine hochohmige Wicklung aufzubringen, war wegen Platzmangels nicht möglich. Außerdem hätte der Zeitaufwand in keinem Verhältnis zu dem erzielten Erfolge gestanden, wie ein späterer Versuch ergab, da die Schwingspule die Leistungsabgabe begrenzte.

Also wickelte ich die Spule des Lautsprechers um! Sie wurde sorgfältig ausgebaut und für Reparaturzwecke aufgehoben. Nach Maß der ausgebauten Spule klebte ich den neuen Wickelkörper. Etwa 25 Windungen 0,7 CuL von Resten eines Transformators wurden aufgebracht und an gleicher Stelle wie die hochohmige Spule eingebaut.

Der Erfolg: Über den ganzen Tonfrequenzbereich wurde eine einwandfreie Wiedergabe erzielt, besonders die tiefen Töne kamen in einer für einen Freischwinger ungeahnten Fülle. An der Schallwand war der Lautsprecher als Freischwinger kaum wiederzuerkennen. Als Endröhre lief erst eine EL 11, dann (mit noch besserem Ergebnis) eine EL 12 mit  $U_A = 200$  V,  $U_{S2} = 180$  V bei einem Kathodenwiderstand von 120 Ω (Allstrombetrieb).

Das Fehlen aller Verzerrungserscheinungen wurde bedingt durch das gleichstrombelastungsfreie Arbeiten sowie die niederohmige Spule. Die an sich erwartete Überlastung blieb aus.

Wolfgang Zimmermann.

## Akustisches Prüfgerät mit Röhrensummer

Bei Prüfungen in dem „Drahtverhau“ eines modernen Gerätes mit Hilfe eines Schauzeichens oder einer Glimmlampe hat sich wohl jeder schon einmal gewünscht, die Augen von den Prüfspitzen nicht abwenden zu müssen. Wie einfach wäre es, wenn man hören könnte, ob irgendwelche Fehler vorhanden sind! Es gibt eine sehr bequeme Vorrichtung, die das ermöglicht. Wir brauchen dazu nur einen der in dieser Zeitschrift in vielen Ausführungen veröffentlichten Röhrensummer ein wenig zu verändern:

Wir unterbrechen die Heizleitung der Schwingröhre und führen die Anschlüsse an zwei Buchsen. An diese Buchsen kommen die Prüfspitzen. Zum Prüfen schließen wir den Tastkreis mit einem Kurzschlußstecker. Auf diese Art können wir viele niederohmige Teile wie Verbindungen, kleine Widerstände, Spulen, Schalter usw. prüfen. Dabei machen sich Wackelkontakte sehr deutlich im Kopfhörer bemerkbar.

Wir unterbrechen den Anodenkreis (meistens schon für Tastanschluß vorhanden). Hiermit können wir auch größere Widerstände (Transformatoren, Drosseln) prüfen. Bei einiger Übung läßt sich aus Tonstärke und -höhe auch auf den Widerstand schließen. Die Grenzgröße der noch sicher angezeigten Widerstandswerte ist stark von der verwendeten Röhre und der Betriebsspannung abhängig; daher ist die Angabe von Zahlenwerten nicht möglich.

Heinz Wagner.

## Versilbern von Kupferflächen

Etwas Höllenstein wird in destilliertem Wasser gelöst (Silbernitrat), dazu gießt man einige Tropfen Salzsäure. Es bildet sich ein flockiger Niederschlag von weißem Chlorsilber, der bald zu Boden sinkt. Die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit wird abgegossen und der Niederschlag gründlich ausgewaschen. Diese Arbeit soll möglichst nicht bei hellem Licht geschehen, da das Chlorsilber sonst schwarz wird. Darauf wird der Niederschlag in Natriumthiosulfat (Fixiersalz) gelöst und es werden nun noch einige Tropfen Salmiakgeist hinzugegeben. Zum Versilbern wird diese Lösung mit einem wollenen (!) Lappen auf das Kupfer aufgetragen, das sich sofort mit einer feinen Silberhaut überzieht. Nach dem Versilbern ist das Kupfer mit Seifenlauge abzuwaschen.

Werner Michaelis.

## Wer kennt seltenere russische Amerikaröhren?

### Die Mitarbeit der Leser erwünscht!

Neben den normalen Amerikaröhren mit lateinischer oder russischer Beschriftung gibt es in Rußland noch eine Anzahl amerikanischer Röhren, die in Amerika selbst gar nicht bekannt sind. Eine davon wurde in der Aufstellung der FUNKSCHAU in Heft 10/1942 gebracht: die 2K2. Daneben gibt es aber noch einige andere: 2K3, 2Г2, 6H7, 15A6, 30Ц6 u. a. m., über die wir keinerlei Unterlagen besitzen. Wer kennt diese Röhren? Wer kann uns Unterlagen über diese Röhren oder die Röhren selbst zur Aufnahme der Daten übersenden? Wer kennt noch weitere russische Amerikaröhren, die mit den normalen Amerikaröhren nicht übereinstimmen oder nicht in der Broschüre „Amerikanische Röhren - Russische Röhren“ verzeichnet sind?

Als wir die Leser zur Feststellung der Identität der 6Г7 aufrufen, erhielten wir zahlreiche Zuschriften und Zusendungen aus dem Leserkreis, wofür wir an dieser Stelle nochmals danken, so daß die Erwartung berechtigt ist, daß auch dieser neuerliche Appell nicht vergebens ist. Anschrift für die Zusendungen: Schriftleitung FUNKSCHAU, Potsdam, Straßburger Straße 8.

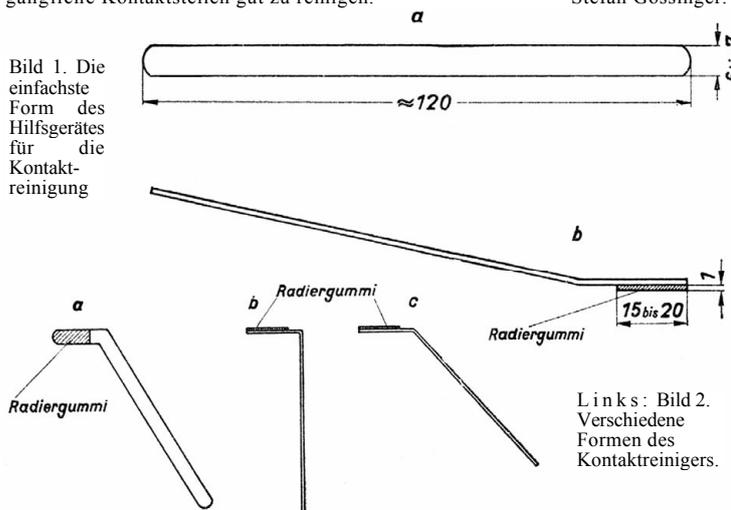
## Die Taschenlampe als einfacher Leitungsprüfer

Eine Taschenlampe kann leicht so ausgestaltet werden, daß ihr die Batteriespannung für Prüfzwecke entnommen werden kann, ohne daß man die Batterie erst aus der Hülle herausnehmen muß, was ja im Felde und bei Kälte oft lästig ist. Ja, man kann sie sogar als einfaches Prüfgerät verwenden, ohne erst umständlich Anschlüsse herstellen zu müssen. Benötigt werden lediglich zwei isolierte und eine blanke Buchse, außerdem allerdings ein 6,5-mm-Bohrer und Lötwerkzeug. Wie es gemacht wird, soll an der weit verbreiteten Lampe Pertrix Nr. 679 gezeigt werden. Die Buchsen werden an der linken Schmalseite des Gehäuses oberhalb der Batterie so eingesetzt, daß die mittlere etwa in Höhe der Klemme für die Ersatzbirne kommt, die zweite in Normalsteckerabstand (19 mm) darunter, während die blanke Buchse oberhalb eingesetzt wird, ohne daß ein bestimmter Abstand eingehalten zu werden braucht. Verbunden wird die untere Buchse mit dem Minus-Pol — also mit dem Leichtmetallstreifen der Schraubfassung, die mittlere mit dem Plus-Pol, also mit dem Messingkontaktstreifen rechts. Will ich 4,5 Volt Spannung entnehmen, so kommt ein Doppelstecker in diese beiden Buchsen. Soll nun geprüft werden, ob ein Stromkreis oder eine Spule Kontakt hat — soweit sich das natürlich mit 4 Volt machen läßt, dann wird die blanke Buchse in Verbindung mit der mittleren benutzt. Wenn diese nämlich leitend verbunden werden, ist der Effekt derselbe wie beim Betätigen des Druckschalters: die Birne leuchtet auf. Aus der Intensität des Lichtes kann man sogar auf den ohmsehen Widerstand der Spule usw. schließen. H. Klein.

## Praktisches Hilfsgerät zur Kontaktreinigung

Seit altersher ist der Radiergummi als einfaches und wohl auch bestes Reinigungsmittel für oxydierte Kontakte bei Wellenschaltern usw. bekannt. Meist ist es allerdings so, daß man mit dem Gummi an die Kontakte des eingebauten Schalters schlecht oder gar nicht herankommt. Bei einem russischen Empfänger, den der Verfasser zur Reparatur hatte, war es besonders schlimm. Verfasser hat deshalb ein einfaches Hilfsgerät gebaut, mit dem wohl auch wenig gut zugängliche Kontaktstellen ohne Ausbau des Schalters gereinigt werden können. Auf einen Metallstreifen von etwa 12 cm Länge und 6 mm Breite wird mittels eines „Allesklebers“ (z.B. Metallfix) ein dünner Streifen Radiergummi aufgeklebt. Bild 1a zeigt den Metallstreifen von oben, Bild 1b zeigt ihn von der Seite mit aufgeklebtem Gummi. Die Stärke des Metallstreifens richtet sich, nach der Art des zur Verwendung kommenden Metalls. Als am besten hat sich etwa 1 mm starker Federstahl erwiesen, der sich auch nicht so leicht durchbiegt. Holzstäbe sind wenig dauerhaft. — Am besten baut man sich zwei bis drei solcher kleiner „Bürsten“ in verschiedenen Formen, wie Bild 2 zeigt. Mit diesem kleinen Werkzeug ist es nun leicht möglich, auch fast unzugängliche Kontaktstellen gut zu reinigen. Stefan Gössinger.

Bild 1. Die einfachste Form des Hilfsgerätes für die Kontaktreinigung



Links: Bild 2. Verschiedene Formen des Kontaktreinigers.

## 6 Punkte, um deren Beachtung wir bitten

- 1 Bei **Geldeinsendungen** muß stets der Verwendungszweck angegeben sein, und zwar in deutlicher Schrift unmittelbar auf dem Abschnitt der Zahlkarte oder Postanweisung. Absender nicht vergessen! Fehlt der Verwendungszweck, so können wir trotz zeitraubenden Suchens eine Verbuchung nicht vornehmen.
- 2 Alle Hefte der Jahrgänge 1940 bis 1943 sind vergriffen. Infolge der Papierknappheit können wir von jedem Heft nur eine begrenzte Auflage herstellen; sie reicht nicht einmal, um alle uns zugehenden laufenden Bestellungen auszuführen. Damit ist aber jedes Heft im Augenblick des Erscheinens vergriffen, so daß Nachlieferungen nicht erfolgen können.
- 3 Der Verlag sucht dauernd gut erhaltene Hefte der Jahrgänge 1940 bis 1943 zurückzukaufen; er bittet die Leser um Angebote und ist auf Wunsch auch bereit, das jeweils neueste Heft dafür kostenlos zu liefern.
- 4 **Reichskreditkassenscheine** können zur Zahlung im Reichsgebiet nicht verwendet werden; die Einlösung solcher Scheine macht uns große Schwierigkeiten. Wir bitten unsere Leser an der Front deshalb dringend, Zahlungen nur noch durch Feldpostanweisung vorzunehmen.
- 5 **Bestellungen von Wehrmachtangehörigen**, die unter Nachnahme an die Heimatanschrift gesandt werden sollen, kommen oft zurück, weil der Besteller die Benachrichtigung seiner Angehörigen unterlassen hat; daraus ergibt sich für uns doppelte Arbeit, für den Besteller ergeben sich erhöhte Kosten durch die nochmalige Zusendung. Es ist also unbedingt notwendig, bei einer solchen Bestellung die Angehörigen gleichzeitig zu unterrichten, damit sie die vom FUNKSCHAU-Verlag eingehende Nachnahme auch einlösen.
- 6 Bei **Bestellung von Photokopien**, die wir von interessierenden Aufsätzen, Schaltungen usw. aus vergriffenen Heften gern herstellen lassen, müssen Jahr, Heft und Seite genau angegeben werden, außerdem ist Voreinsendung des Betrages nötig (je Druckseite 1.20 RM., Porto für 1—5 Seiten 8 Pfg.).

Bitte beachten Sie diese sechs Punkte recht genau, Sie ersparen uns viel unnötige Arbeit, und Sie selbst haben den Vorteil prompter Erledigung Ihrer Bestellung.

**FUNKSCHAU-VERLAG, MÜNCHEN 2, LUISENSTRASSE 17**

## Technischer Schallplattenbrief

An großen Tonwerken ist diesmal vor allem eine Telefunken-Aufnahme zu nennen: Wilhelm Furtwängler spielt mit den Berliner Philharmonikern Telefunken (Sk 3230/32) das Adagio aus Bruckners 7. Symphonie E-dur, und wie immer bereitet Furtwänglers Musizieren einen absoluten Genuß. In weitem Bogen spannt er diese Heldenklage, die bewußt Wagnersehe Motive verarbeitet, und der Name der Aufnahmefirma bürgt dafür, daß alle Feinheiten des Orchesters, das breite und mitunter fast schwebeliche Aufblühen des Klangs und die großartige Steigerung in der Überwindung voll zur Geltung kommen. Gleichfalls auf Telefunken (SK 3222/4) ist G. Casadò ein beruher Interpret des Violoncellokonzertes D-dur von Haydn, der es versteht, die letzten Feinheiten aus dem Werk herauszuholen und funkelnd im dunklen Glanz des Orchesters (Berliner Philharmoniker unter Schmidt-Isserstedt) herzuzeigen. Wuchtig und zart im Allegro moderato und von atemberaubender Verhaltensart im Mittelsatz wird die Solostimme von einem Orchester emporgetragen, das immer plastische Stütze, nie Hintergrundgeräusch ist. Technisch ist die Aufnahme ausgezeichnet: bei großer Dynamik kommen die Tiefen außerordentlich klar und sauber, während gleichzeitig die nirgends merklich abgeschnittenen Formantbereiche für eine sehr natürlich klingende Wiedergabe sorgen.

Für den musikalisch interessierten Elektroakustiker sind die großen Electrola-Aufnahmen immer eine Quelle reiner Freude. Das gilt auch wieder ganz besonders von der Aufnahme „Siegfrieds Rheinfahrt“ aus Wagners „Götterdämmerung“ (Electrola DB 5699), die die Wiener Philharmoniker unter Knappertsbuschs Leitung in der leuchtenden Farbenpracht der breit angelegten Tonmalerei zu Gehör bringen. Wunderschön, wie die verschiedenen Instrumente sich gegenseitig abheben und doch zusammenklingen, und technisch ganz ausgezeichnet die Dynamik der Steigerung im ersten Drittel, die charakteristischen Hornrufe und die zauberischen Höhen der Violinen. Auch die „Salzburger Hof- und Barockmusik“ von W. Jerger (Electrola E.H. 1325) ist eine technisch sehr gut gelungene Aufnahme, die die vielfarbige Barockmusik und den funkelnden Glanz des Orchesters besonders auch in den Höhen voll zur Geltung kommen läßt. Das Kammerorchester der Wiener Philharmoniker unter Leitung des Komponisten spielt die Intrada mit großer Dynamik und sehr echt in ihrem flirrenden Pomp trotz aller Einfachheit der musikalischen Linie, spielt verhalten und innerlich das Domkonzert und verhilft auch den etwas farblosen Wasserspielen zu Buntheit und Klangfülle. Schließlich sei der Musikfreund noch auf Hugo Wolfs „Italienische Serenade“ (Odeon 0-3604) hingewiesen, die F. Lehmann mit dem Orchester des Deutschen Opernhauses Berlin und mit Rudolf Nel als sehr sauberer Solobratsche zart und lyrisch stimmungsvoll wie ein pointillistisches Bild hintupft.

Unter den Instrumentalaufnahmen ist diesmal vor allem das Violinkonzert Nr. 1 in D-dur von Paganini zu nennen (auf Columbia LWX 354/5); Guila Bustabo mit dem Berliner Städtischen Orchester unter Fritz Zaun spielt es mit überragender und hinreißender Virtuosität und mit süßem, weichem Ton in den lyrischen Stellen. Eine technisch vorzügliche Aufnahme großer Brillanz, an der besonders die überraschende Klarheit der Höhen auffällt, so daß die Formantgebiete schön herauskommen und die Violine auch tatsächlich als Streichinstrument empfunden wird. Virtuoso und meisterhaft ist auch das Klavierspiel von Géza Anda, der auf Gramophon (LM 67934/5) den Mephisto-Walzer von Liszt-d'Albert und „La Campanella“ von Liszt-Busoni zu Gehör bringt; die vollendete Spieltechnik und die große Dynamik (die bei der Aufnahme nur wenig geregelt wurde) lassen die Platte für Freunde der einwandfreien Interpretation schwieriger Instrumentalmusik geeignet erscheinen.

Für besinnliche Stunden sei auf das gepflegte Chopinspiel von Cor de Groot hingewiesen, der auf Odeon (0-8776) sehr zart und behutsam wie etwas Zerbrechliches die Berceuse Des-dur (op. 57) und Valse Cis-moll (op. 64, Nr. 2) zu Gehör bringt.

Ein musikalisch und schallplattentechnisch interessantes Musikstück ist das Ballett „Der Dreispitz“ von M. de Falla, auf Odeon (0-9140/41) vom Großen Radio-Sinfonieorchester Brüssel, unter F. Lehmann außerordentlich sauber und pointiert gespielt. Diese technisch selten gut gelungene Aufnahme großer Brillanz bringt eine farbig instrumentierte Musik mit schönen Entladungen und Entspannungen und kann jedem empfohlen werden, der zeitgenössische Musik, etwa im Stil R. Strauß, liebt (Rückseite von 0-9141: „Der Liebeswalzer“, Pantomime von M. de Falla).

Wer Freude an guter, unalltäglicher Unterhaltungsmusik hat, sei auf die Heitere Bläser-Sinfonie von Höffer hingewiesen, die auf Gramophon (EM 15362) von Bläsern des Rundfunk-Orchesters Berlin unter Schulz-Dornburg recht kaprizios gespielt wird, und vor allem auf die Ouvertüre „Spanische Nacht“ von Bodart (Rückseite: „Olafs Tanz“ aus der Piccolo-Suite von Pick-Manglagalli), eine sehr schöne und plastische Aufnahme von Electrola (EH 1312), die das bei aller Beschwingtheit sehr saubere Spiel des Orchesters des Reichssenders Leipzig zur vollen Geltung bringt. H.-W. P.

## Neue deutsche Schallplattenmarke

Ab Januar werden die Neuerscheinungen der Deutschen Gramophon GmbH., die bisher die bekannte Marke mit dem Hund vor dem Trichter „Die Stimme seines Herrn“ führte, unter der Siemens-Marke herausgebracht. Wer die großen Leistungen des Hauses Siemens auf elektroakustischem Gebiet kennt, wird sofort sehen, daß es sich hierbei um eine Maßnahme von größter Bedeutung handelt. Damit beginnt nun auch der zweite große deutsche Elektrokonzern eine Betätigung auf dem Schallplattengebiet, nachdem der andere — die AEG bzw. die zum AEG-Konzern gehörende Telefunken-Gesellschaft — bereits seit einer Reihe von Jahren Schallplatten produziert. Wir erleben damit zum zweitenmal, daß eine in der ganzen Welt bekannte Elektro- bzw. Rundfunk-Marke ihren Weg auf das Schallplatten-Etikett findet.

Wie die Deutsche Gramophon GmbH., mittelteil, haben die elektroakustischen Laboratorien des Hauses Siemens nach langjährigen Versuchsarbeiten ein neues „Silberverfahren“ für die Herstellung besonders hochwertiger Schallplatten entwickelt. Diese erscheinen in Zukunft unter der Marke „Siemens-Spezial“ mit der zusätzlichen Bezeichnung „Nach dem Silberverfahren des elektroakustischen Forschungslaboratoriums“ und unter der Marke „Siemens-Polydor“, hergestellt nach dem elektroakustischen Verfahren für Tonreinheit und großen Tonumfang“. Außerdem werden noch Platten unter der Marke „Polyfar“ herausgebracht. Der Marke „Siemens-Spezial“ sind die repräsentativen Großaufnahmen vorbehalten (man kann sie also als eine Fortsetzung der Gramophon-Meisterklasse ansehen); so bietet die erste Liste bereits Beethovens Symphonie Nr. 7 unter Herbert v. Karajan (Mitglieder des Orchesters der Staatsoper Berlin), Don Quixote von Richard Strauß unter Stabführung des Komponisten (Bayerisches Staatsorchester), das Forellen-Quintett von Schubert, von Adrian Aeschbacher gespielt, sämtlich Aufnahmen, aus vier und mehr 30-cm-Platten bestehend. Unter der Marke „Siemens-Polydor“ erscheinen dagegen die volkstümlichen Aufnahmen. Original-Italienische Aufnahmen werden in Zukunft unter beiden Marken erscheinen.

In der Güte der Wiedergabe darf man hoffen, daß das Eindringen der Marke Siemens und damit der langjährigen elektroakustischen Erfahrung dieses Hauses in die Gramophon-Produktion neue Spitzenleistungen der Schallplattentechnik zur Folge hat.

# Wer hat? Wer braucht?

## und RÖHREN-VERMITTLUNG

Vermittlung von Einzelteilen, Geräten, Röhren usw. für FUNKSCHAU-Leser

Gesuche — bis höchstens drei — und Angebote unter Beifügung von 12 Pfg. Kostenbeitrag an die

**Schriftleitung FUNKSCHAU, Potsdam, Straßburger Straße 8**

richten! Für Röhren gesondertes Blatt nehmen und weitere 12 Pfg. beifügen! Wehrmachtangehörige müssen eine **Heimatanschrift** angeben. Gesuche und Angebote, die bis zum 1. eines Monats eingehen, werden mit Kennziffer im Heft vom nächsten 1. abgedruckt. **Bei Angeboten gebrauchter Gegenstände muß jeweils der Verkaufspreis angegeben werden**, neue Gegenstände sind ausdrücklich als „neu“ zu bezeichnen. — Anschriften zu den Kennziffern werden im **laufenden Anschriftenbezug** oder einzeln abgegeben. **Einzelne Anschriften** gegen Einsendung von 12 Pfg. Kostenbeitrag von der Schriftleitung FUNKSCHAU, Potsdam, Straßburger Straße 8. **Laufender Anschriftenbezug** für 6 Monate gegen Einzahlung von 1.50 RM. auf Postscheckkonto München 5758 (Bayer. Radio-Ztg.). Auf Abschnitt vermerken „Funkschau-Anschriftenbezug“. Auf Bestellung bis 15. eines jeden Monats erfolgt Lieferung erst vom übernächsten Monat ab.

### 3 Grundsätze der FUNKSCHAU-Vermittlung

1. **Die Teilnahme erfolgt nach dem Grundsatz der Gegenseitigkeit** — wer Gesuche aufgibt, soll stets auch Angebote einsenden. Nur für Wehrmachtangehörige sind Ausnahmen zulässig.
2. **Tauschgesuche sind ausgeschlossen** — es werden nur Kauf- und Verkaufsgesuche vermittelt. Wer Teile zum Verkauf anbietet und auf Tausch bestellt, wird von unseren Listen gestrichen.
3. **Angebotene Teile dürfen nicht vorzeitig verkauft werden**, sondern sie gelten durch das der FUNKSCHAU gemeldete Angebot für FUNKSCHAU-Leser reserviert, die sich auf Grund dieses Angebotes melden.

Diese 3 Grundsätze sind streng zu beachten — Verstöße führen zur Streichung von unseren Listen. Gesuche werden nur noch bearbeitet, wenn gleichzeitig Angebote eingereicht werden!

### Gesuche (Nr. 4583 bis 4634)

#### Drehkondensatoren, Skalen

- 4583. Drehk. Hara CF 600 m. Raste
- 4584. Trimmer 4...40 pF

#### Spulen, Hf-Drosseln

- 4585. Spule AKE 1300
- 4586. Spule Görler F42
- 4587. Alte Korbboodensteckspulen 50, 75, 100, 200 Wdg.

#### Widerstände

- 4588. Log. Pot. Hochohm m. Sch.

#### Festkondensatoren

- 4589. 2 El.-Kond. 8 µF, 350 V
- 4590. Kond. 2 µF, 750 V Arb.-Sp.
- 4591. Kond. 4 µF, 750 V Arb.-Sp.

#### Transformatoren, Drosseln

- 4592. VE-Netztr. f. 354
- 4593. Netztransf. aller Art
- 4594. Netztr. f. AZ 11
- 4595. Transf. Görler AKT 1.76

#### Lautsprecher

- 4596. Dyn. Kleinlautspr.
- 4597. Lautspr. bis 15 cm Durchm.
- 4598. Kleinlautspr. f. Koffer
- 4599. Lautspr. GPM 391 od. 366 auch def.

#### Schallplattengeräte

- 4600. Tonfolien-Schneidkoffer
- 4601. Neue oder gebr. Schallpl.
- 4602. Schallpl.-Motor
- 4603. Alte und neue Schallpl.
- 4604. Abspielmotor 220 V ≈
- 4605. Schneidmotor 220 V ≈

#### Meßgeräte

- 4606. mA-Meter 10 mA Drehspul 80...100 mm Skal.-Durchm. Einbau
- 4607. Meßbrücke m. mA-Meter
- 4608. Mavometer, Multizett od. Multiva

#### Stromversorgungsgeräte

- 4609. Trockengleichr. 4 V, 0,5...2 A
- 4610. Gleichr. 110/220 V —

#### Empfänger

- 4611. Kleinsuper Philips
- 4612. Gebr. Empf. = od. ≈
- 4613. VE alt od. neu Chassis
- 4614. Kleinsuper od. Empf. auch def.
- 4615. KW-Gerät DASD
- 4616. Taschenempf. kompl. ev. o. Röhr.

#### Fachliteratur

- 4617. Strutt, Moderne KW-Empfänger-technik
- 4618. Behn - Monn, Der Kurzwellensender
- 4619. Klein, Transformatoren und Drosseln
- 4620. Bücher über Tonfilmtechnik
- 4621. Ratheiser, Rundfunkröhren

#### Verschiedenes

- 4622. Postvorwähler o. Drehheb- wähler
- 4623. Eisenkern-Sperrkreis
- 4624. Fassung f. VY2
- 4625. Funkeninduktor mit 10... 15 cm Schlagweite

- 4626. Kopfhörer
- 4627. Elektr. LötKolben
- 4628. Kleiner Einbaukoffer leer
- 4629. Lautsprechergehäuse leer
- 4630. Anodensummer Jahre
- 4631. LötKolben 220 V
- 4632. Wobbler-Morsetaste
- 4633. LötKolben 220 V, 80...120W
- 4634. Wobbler und Bugtaste

### Angebote (Nr. 6911 bis 6961)

#### Drehkondensatoren, Skalen

- 6911. KW-Drehk. 150 cm 5.-
- 6912. 2 Drehk. Hartpap. je —45
- 6913. KW-Drehk. 25 cm neu
- 6914. Drehk. 2X500 cm neu 8.—
- 6915. VE-Drehk. 320 cm neu
- 6916. VE-Drehk.-Rückkoppl. neu
- 6917. Drehk. 500 cm Luft Nora 1.50
- 6918. Drehk. 500 cm Luft 1.—
- 6919. 3 Drehk. Radione je 500 cm 7.50
- 6920. Drehk. Radione 220 cm 2.50
- 6921. Drehk. 250 cm 2.—
- 6922. Luft-Drehk. 500 cm 2.—
- 6923. Drehk. 2x500 m. Tr. 8.—
- 6924. Drehk. Philips 4445 neu

#### Widerstände

- 6926. Pot. 1 MΩ Dral. Inevol neu
- 6927. 4 Reostate 60 Ω 2.—

#### Festkondensatoren

- 6928. El.-Kond. 50 µF, 25 V neu
- 6929. Kond. 10 µF/700 V Wego 3.50
- 6930. 8 El.-Kond. 8 µF, 450/500 V Wego neu 3.—

#### Transformatoren, Drosseln

- 6931. Geg.-Ausg.-Tr. hoch u. nieder 7.-
- 6932. DKE-Netz-drossel neu
- 6933. NF-Transf. 1:2,5 4.-

#### Mikrophone

- 6934. Krist.-Mikr. Garantie-Elektro 155.-
- 6935. Mikr. Steinitz Baby m. Regiepult und Batterie neu

#### Schallplattengeräte

- 6936. Vorschubeinrichtung AEG 2.50
- 6937. Tonabn. m. Arm ü. Regler Reiß 28.-
- 6938. Kristalltonabn. neu 25.—
- 6939. Aufsteckdose Loewe 6.50
- 6940. Plattenteller 30 cm m. Schraub-befestigung neu 4.—

#### Meßgeräte

- 6941. Amp.-Meter 5 A Drehsp. 180 mm Skalen-Durchm. Aufbau 35.—
- 6942. Voltmeter 10 V, Aufbau 110 Durchm. 9.50
- 6943. Amperemeter 20 A, Aufbau 110 Durchm. 9.50

#### Stromversorgungsgeräte

- 6944. Pendelgleichr. 4.—

#### Empfänger

- 6945. 3-Röhr.-Batt.-Empf. Seibt m. R. 20.-
- 6946. DKE ~ 20.-

## Betreff: Adressenänderungen!

Wir bitten alle Bezieher, uns bei Bekanntgabe von Adressenänderungen auch nochmals die vorher gültige Anschrift mitzuteilen. Sie ersparen uns damit zeitraubendes Suchen. Dafür dankt herzlichst der

**FUNKSCHAU-Verlag, München 2, Luisenstraße 17**

### Fachliteratur

- 6947. Behn-Diefenbach, Die Kurzwellen 2.50
- 6948. Bergtold, Meßbuch 4.50
- 6949. Bergtold, Hilfsbuch 3.50
- 6950. Bergtold, Röhrenbuch 2.—
- 6951. Kollmann, Kleines Lexikon der Technik 2.—
- 6952. Wagenführ, Weltrundfunkatlas 1.50
- 6953. ETZ 60 Hefte neu

### Verschiedenes

- 6954. Verst.-Endstufe Siemens RF 12~ 220 V, 50 W 160.-
- 6955. Topffass. neu —45
- 6956. Einbau-Sperrkreis MW, LW 3.50
- 6957. Magnetkopf mit Erregerspule 60 mA 5.—
- 6958. Kupferdraht 0,2 u. 0,5 mm BW u. L neu
- 6959. Widerstandsdraht 0,5 mm neu
- 6960. Mechanikerwerkzeuge
- 6961. Morse-Übungstelegraph 3.—

### Gesuchte Röhren

ACH1 860	EF11 847	RENS1264 840
AF7 840, 857	EF13 839	RENS1274 840
AL4 844, 85C, 857,	EL12 865	RENS1284 836
AL5 856, 860   860	KBC1 838	RENS1374d 865
AZ1 857	KDD1 853	RENS1823d 855
BL2 855	KF4 841, 863	RES 164 836, 848, 849.
CF3 834, 866	KK2 863	RGN354 836   865
CF7 S34, 846, 866	KL1 863	UCH11 837
CL2 850	KL2 841	UCL11 837, 849, 850.
CL4 846, 856	RE034 848	UY11 837, 849.
CY1 834, 846	RE034S 851	
CY2 850, 866	RE084S 851	
EBF11 847, 853	RE134 854	
ECH11 839, 847	RE134S 851	
ECL11 843, 853	REN904 855	

**Amerikanische Röhren:**  
6A8, 6F7, 6K7 835

### Angebotene Röhren

AB1 860	EK2 836	RES094 853, 855
AB2 852, 867	EUIV 837	RGN 354 840, 846, 849,
AC2 860, 864	KC1 860	RGN1064 867   861
AF3 860	KL1 837, 839	RGN 2004 858
AL1 860	RE084 866	954 864
AZ11 853	RE114 840	
BO 866	RE134 839	
CB1 846	REN804 840	
CCH1 837	REN904 849, 861	
CK1 846	REN914 866	
EB11 853	REN1004 860	
EBC3 836	REN2204 860	
EBF11 860	RENS1214 842	
EF7 839	RENS1284 860	

**Amerikanische Röhren:**  
2A5, 2A6, 2A4, 56 858  
6C6, 6D6, 12Z3, 43 845  
6K7 864  
24A, 45, 80, CA247, Ge Co 210 859

Der Rest der Gesuche und Angebote befindet sich in der gleichzeitig erscheinenden Anschriftenliste.

**Achtung!** Wehrmachtangehörige müssen bei allen Angeboten und Gesuchen die **Heimatanschrift** angeben, da Wehrmachtanschriften nicht veröffentlicht werden können!

## Der FUNKSCHAU-Verlag teilt mit:

### Liste der lieferbaren Verlagszeugnisse:

Von Bestellungen auf hier nicht aufgeführte Werke bitten wir abzusehen.

**FUNKSCHAU-Abgleichtabelle.** 8 S. (Doppeltabelle) 1.- RM.

**FUNKSCHAU-Spulentabelle** 4. Aufl. 4 S. 0.50 RM.

**FUNKSCHAU-Netztransformatorentabelle.** 3. Aufl. 4 S. 0.50 RM.

**FUNKSCHAU-Anpassungstabelle,** 3. Aufl. 4 S. 0.50 RM.

**Baupläne:** M1 Leistungs-Röhrenprüfer mit Drucktasten. 1.-RM. u. 8 Pfg. Porto. M2 Universal-Reparaturgerät 1.- RM. u. 8 Pfg. Porto.

**Kartei für Funktechnik.** Lieferung 1: 96 Karten mit Leitkarten und Kasten 9.50 RM. u. 40 Pfg. Porto. (Kasten erst nach dem Kriege wieder lieferbar!)  
**2. Zt. vergriffen!** — Lieferung 2, 3 und 4: je 32 Karten je 3.— RM. u. 15 Pfg. Porto. — Leere Karteikarten: 100 Stück 2.— RM. u. 30 Pfg. Porto.

Alle vorstehend nicht aufgeführten Werke sind vergriffen und zur Zeit nicht lieferbar. Ankündigungen von Neuerscheinungen und Neuauflagen erfolgen an dieser Stelle. — Liefermöglichkeit aller Verlagswerke vorbehalten!

### FUNKSCHAU-Verlag, München 2, Luisenstraße 17

Postscheckkonto: München 8758 (Bayerische Radio-Zeitung)

*Taschenkalender für Ründfunktechniker*  
**1943** bereits restlos vergriffen!

Wir bitten von Bestellungen abzusehen.