Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 31 (1940)

Heft: 9

Rubrik: Communications ASE

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

derlich, als der ungeheure Abfall vor allem bei sonnenbeschienenem Hartgummi und bei grösserem Feuchtigkeitsgehalt. Ein Isolationsunterschied von zehn Zehnerpotenzen mit dem Feuchtigkeitsgehalt ist sicher unerwartet. Aber auch reiner geschmolzener Quarz und polierter Bernstein genügen den gestellten Anforderungen bei grösserem Feuchtigkeitsgehalt noch nicht. Dagegen ist es überraschend,

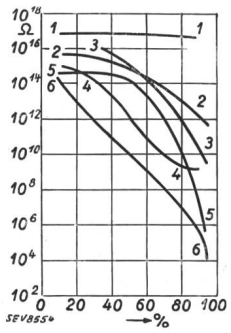


Fig. 5.
Abhängigkeit des spezifischen Oberflächenwiderstandes in Ω von der relativen Feuchtigkeit in % nach Bullitz [10]).

1 Ceressin.
2 Quarzglas.
3 Bernstein.
4 Glas.
5 Hartgummi.
6 Hartgummi (sonnenbestrahlt).

dass wachsartige Substanzen wie das beispielsweise eingezeichnete Ceresin innerhalb der Messgenauigkeit auch mit hohem Feuchtigkeitsgehalt keinen Abfall zeigten.

Deshalb wurde versucht, einen gewöhnlichen Glasballon, der nach peinlicher Trocknung mit einer derartigen Schutzschicht überzogen wurde, zu verwenden. Ein derartiger Probekolben zeigte noch nach 2 Monaten Lagerung bei 100 % relativer Feuchtigkeit einen Isolationswiderstand von mehr als 10^{15} Ohm, so dass er mit den vorhandenen Elektrometern nicht genau bestimmt werden konnte.

Nur bei unmittelbarem Anhauchen eines derartigen präparierten Kolbens bricht die Isolation plötzlich, allerdings nur vorübergehend, zusammen, da dann eine zusammenhängende Schicht von verunreinigtem kondensiertem Wasser entsteht. Damit dies durch einen feuchten und warmen Luftzug nicht vorkommen kann, wird unmittelbar in die Isolationsschicht eine Wärmespirale eingelegt. Dadurch kann die Oberfläche mit ganz kleiner Energie, d. h. weniger als 0,1 Watt, dauernd merklich wärmer als ihre Umgebung gehalten werden. Eine Kondenswasserbildung ist dann nicht mehr möglich, und die geforderte Isolation kann dauernd und unter allen Umständen aufrecht erhalten werden. Auch die Erwärmung von Isolationsstellen wurde schon von *Greinacher* angewandt.

Fig. 6 zeigt einen etwas schematisierten Schnitt durch einen Feuermelder, der nach diesen Gesichtspunkten gebaut wurde. Man erkennt die geschlossene und offene Ionisationskammer *1* und *2* mit den radioaktiven Schichten *3* und *4* und der Schutzschicht *5*. *6*, *7* und *8* stellen schematisch die feststehende, die bewegliche und die Kontaktelektrode des elektrostatischen Relais dar. *9* ist die Schutzschicht mit hoher Oberflächenisolation und *10* die darin eingebettete Wärmespirale.

Es soll schon von *Röntgen*, dem Entdecker der Röntgenstrahlen, versucht worden sein, die Ionisationskammer als Feuermelder zu verwenden. Ein halbes Jahrhundert intensivster Forscherarbeit in der ganzen Welt, vor allem in bezug auf die Rohstoffe, hat ermöglicht, diese Idee praktisch zu verwirklichen und den Feuermelder zu bauen, den Fig. 7 in seinem Schutzgehäuse, an einer Decke montiert, zeigt. Dieser Feuermelder ist so empfind-

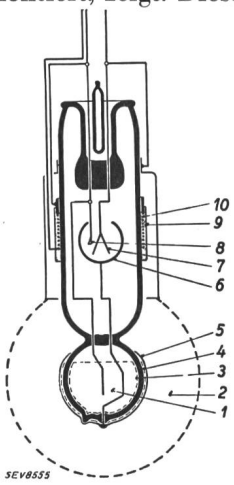


Fig. 6.
Schnitt durch einen schematisierten Feuermelder.
(Legende siehe Text.)

Fig. 7.
Feuermelder Modell 1940.

lich, dass schon ein brennendes Zeitungsblatt oder 10 g brennende Holzwolle in einem mittleren Raume nach einer halben Minute Alarm auslösen. Ebenso lösen einige mottende Putzfäden Alarm aus, sobald die «brenzlige» Luft den Apparat erreicht. Eine Brandbombe wird praktisch im Moment ihrer Zündung signalisiert. Selbst dichtester Staub, der das ganze Zimmer füllt, oder ein unmittelbar unter den Apparat gestellter Strahlerofen löst dagegen keinen Fehlalarm aus.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Forschungen über Fluoreszenz und Phosphoreszenz.

(Berichtigung.)

Im Bull. 1940, Nr. 8, S. 190, sind in der Legende zu Fig. 1 die Positionsnummern 1 und 3 miteinander zu vertauschen.

Uebersicht über die magnetischen Werkstoffe.

Einleitung und Inhaltsübersicht.

621.318.22

Die Faktoren, welche die magnetischen Eigenschaften beeinflussen, sind so komplex, dass ein grosser Teil der in den letzten Jahren erzielten Fortschritte, insbesondere auf dem Gebiete der Zwei-, Drei- und Vierstofflegierungen, vorwiegend durch systematische Empirie erzielt wurde. Aus den von der metallurgischen Forschung gelieferten Gleichgewichtsdiagrammen konnte für gewisse Legierungen manchmal zwar auch auf das voraussichtliche magnetische Verhalten geschlossen werden, aber die Auffindung von Legierungen mit unerwartet hoher Koerzitivkraft zeigte dann wieder, dass die verwendeten Arbeitshypothesen noch unvollständig waren und dass wir zur Zeit noch über keine geschlossene Theorie verfügen, welche gestatten würde, für jede Legierung das magnetische Verhalten mit Sicherheit vorauszusagen.

Im vorliegenden Bericht wird besonders auf die durch Ausscheidung härtenden Legierungen eingegangen. Ferner werden die Bedeutung grosser Reinheit des Eisens und der

Eisenlegierungen, die Fortschritte in der Herstellung magnetischer Bleche, die Eigenschaften der Eisen-Nickel-Legierungen und der daraus durch verschiedenartige mechanische, magnetische und thermische Behandlung entwickelten neuen magnetischen Werkstoffe wie auch die Eigenschaften der pulverisierten Materialien behandelt.

Einteilung der magnetischen Werkstoffe.

Bisher unterschied man im normalen Sprachgebrauch «magnetisch harte» und «magnetisch weiche» Werkstoffe. In dieser Arbeit wird nun vorgeschlagen, die magnetischen Werkstoffe in *drei Klassen* einzuteilen:

A. *Magnetisch harte Werkstoffe* (verwendbar für Dauermagnete), gekennzeichnet durch grosse Remanenz und grosse Koerzitivkraft.
B. *Magnetisch weiche Werkstoffe*, gekennzeichnet durch grosse maximale Permeabilität und geringe Hystereseverluste, grosse Remanenz und geringe Koerzitivkraft.
C. *Werkstoffe mit annähernd konstanter Permeabilität* in einem grossen Bereich, meist mit geringer Remanenz und geringer Koerzitivkraft.

A. «Magnetisch harte» Werkstoffe.

Die Bezeichnung «magnetisch hart» kommt daher, dass Werkstoffe mit solchen magnetischen Eigenschaften meist mechanisch hart sind, obwohl magnetische und mechanische Härte nicht unbedingt aneinander gebunden sind. Es gibt verschiedene Fälle, in denen eine Steigerung der mechanischen Härte mit einer Abnahme der magnetischen Härte parallel geht. Die Faktoren, welche die magnetische und die mechanische Härte bewirken, sind nicht identisch, obwohl sie enge aneinander gebunden sind. Wie erwähnt, umfasst der Begriff «magnetisch hart» grosse Remanenz und grosse Koerzitivkraft, also eine grosse Hystereseschleife. Früher wurde oft das Produkt (Remanenz $B_R \times$ Koerzitivkraft H_c) als Kriterium für die Qualität von magnetisch harten Werkstoffen verwendet, aber nach einem Vorschlag von Evershed wird jetzt meist das Maximum des Produktes B mal H für das Gebiet der Hystereseschleife im 2. Quadranten, d. h. zwischen den Punkten, welche die Remanenz und die Koerzitivkraft angeben, als Kriterium verwendet. Das Produkt $(B \cdot H)_{max}$ ist abhängig von der Form der Hystereseschleife und proportional der maximalen magnetischen Energie pro Volumeneinheit des Werkstoffes.

Obwohl die bisherigen Forschungen noch kein vollständiges Bild über die Ursachen der magnetischen Härte ergeben haben, ist es heute eine gesicherte Feststellung, dass das Vorhandensein von *inneren Spannungen*, welche eine Verzerrung der Kristallgitter bewirken, eine wichtige Voraussetzung für die magnetische Härte eines Werkstoffes ist. Solche Spannungen im Kristallgitter können in geringem Masse durch äusseren mechanischen Druck oder durch Kaltbearbeitung erzeugt werden. Für die Erzeugung einer so grossen magnetischen Härte, wie sie von den Stählen für Dauermagnete verlangt wird, muss jedoch diese Spannung viel grösser sein und durch Veränderungen im atomaren Aufbau erzeugt werden. Dies wird bei den heute im Handel erhältlichen magnetisch harten Stoffen entweder durch Abschreckhärtung oder durch Ausscheidungshärtung erreicht. Der genaue Mechanismus dieser Härtevorgänge ist nicht genau bekannt, scheint aber mit dem gleichzeitigen Auftreten zweier Phasen, d. h. mit einer heterogenen Struktur des Materials zusammenzuhängen. Die eine Phase ist in der andern in feinverteilter Form gelöst und erzeugt so starke Gitterverzerrungen.

Stähle für Abschreckhärtung.

Bei der Abschreckhärtung wird, wie bekannt, der Uebergang vom Gammaeisen zum Alphaeisen besonders bei Beimengungen von Chrom oder Kohlenstoff teilweise unterdrückt. Alle früher verwendeten Magnetstähle hatten ihre magnetische Härte dank der martensitischen Struktur des Stahles. Bemerkenswerte Verbesserungen sind bei diesen Sorten in neuerer Zeit nicht gemacht worden. Die durch Abschrecken erzielte martensitische Struktur ist unstabil, so dass solche Dauermagnete «altern». Erhöhte Temperatur beschleunigt diesen Alterungsvorgang, weshalb Magnetstähle oft durch mehrstündiges Erwärmen auf ca. 100° C künstlich gealtert werden. Infolge der beschränkten Wärmebeständigkeit der magnetischen Eigenschaften dieser Stähle ist auch ihre fabrikatorische Verwendung beschränkt; sie können z. B. nicht geschweisst werden, weil durch die damit verbundene Erwärmung die magnetischen Eigenschaften stark verändert würden.

Stähle für Ausscheidungshärtung.

Bei den Stählen für Ausscheidungshärtung weist ein Legierungsbestandteil des Stahles bei sinkender Temperatur eine abnehmende Löslichkeit in der festen Lösung auf. Bei hoher Temperatur ist die Legierung ein homogenes Gemisch, welches bei der Abkühlung in ein heterogenes Gemisch zweier Kristallarten übergeht. Bei raschem Abkühlen kann diese Trennung ganz oder teilweise unterbunden werden. Durch nachheriges Anlassen bei einer Temperatur, die tiefer liegt als diejenige, bei der unter normalen Verhältnissen die Trennung erfolgt, geht die gelöste Phase plötzlich in feinstverteilte Form über. Diese Werkstoffe sind nach dem Abschrekken magnetisch weich und erst nach dem Anlassen magnetisch hart. Untersuchungen mit Röntgenstrahlen haben gezeigt, dass der Werkstoff die grösste magnetische Härte aufweist, kurz bevor beim Anlassen die Umbildung auftritt, so dass man annehmen muss, dass die magnetische Härte mehr an die vor der Umbildung vorhandenen Spannungen als an die Umbildung selbst gebunden sei.

Uebersicht über die Legierungen für Ausscheidungshärtung.

a) Zweistofflegierungen. Bis jetzt wurde unter allen untersuchten Zweistofflegierungen keine gefunden, die magnetisch bessere Eigenschaften aufweist als die bereits bekannten abgeschreckten Stähle. Gewisse Eisen-Molybdän- und Eisen-Wolfram-Legierungen haben zwar gleiche Koerzitivkraft wie die abgeschreckten Kobaltstähle, aber eine viel kleinere Remanenz.

b) Die Dreistofflegierungen Eisen-Wolfram-Kobalt und Eisen-Molybdän-Kobalt. Im Jahre 1932 wurde entdeckt, dass durch Beifügen von bis zu 25 % Kobalt zu ausscheidungshärtenden Eisen-Wolfram- und zu Eisen-Molybdän-Verbindungen deren magnetische Eigenschaften wesentlich verbessert werden konnten. Als Bestwerte wurden bei Eisen-Molybdän-Kobalt-Legierungen Koerzitivkräfte von 350 Oersted und bei Eisen-Wolfram-Kobalt-Legierungen solche von 180 Oersted erreicht bei Remanenzwerten bis zu 10 000 Gauss. Diese Dreistofflegierungen weisen bereits zwei wesentliche Vorteile auf, nämlich die Temperaturbeständigkeit der magnetischen Eigenschaften bis zu 650° C und das Fehlen von Alterserscheinungen. Der hohe Kobaltgehalt macht aber diese Legierungen teuer, so dass sie in der Praxis keine grosse Verwendung fanden, besonders nachdem in den fast gleichzeitig entdeckten Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen ein viel billigerer und magnetisch noch härterer Werkstoff zur Verfügung stand.

c) Eisen-Nickel-Kupfer-Legierungen. Diese Gruppe der ausscheidungshärtenden Stähle ist besonders dadurch interessant, dass aus der gleichen Legierungszusammensetzung durch verschiedene Wärmebehandlung die magnetischen Eigenschaften sehr stark variiert werden können. Legierungen von 60 % Kupfer, 30 % Nickel und 10 % Eisen erreichen bei richtiger Wärmebehandlung eine Koerzitivkraft bis zu 500 Oersted, wobei die Remanenz allerdings nur 2000 bis 3000 Gauss beträgt. Der grosse Vorteil dieser Legierungsgruppe liegt darin, dass die grösste magnetische Härte bei geringer mechanischer Härte auftritt, so dass die Werkstücke sowohl vor als auch nach dem magnetischen Härtungsprozess gut bearbeitbar sind. Durch Kaltwalzen können die Eigenschaften dieser Legierungsgruppe noch weiter verbessert werden.

d) Eisen-Nickel-Aluminium- und Eisen-Nickel-Aluminium-Kobalt-Legierungen. Die magnetischen Eigenschaften dieser Gruppe wurden erstmals 1932 durch Mishima vorausgesagt und seither in verschiedenen Laboratorien erforscht. Die Verbindung Nickel-Aluminium bildet bei hohen Temperaturen im Eisen eine feste Lösung und geht bei entsprechender Wärmebehandlung in feinverteilte Form über. Die besten Ergebnisse wurden mit einer Mischung von 25 bis 30 % Ni, 10 bis 15 % Al und dem Rest an Fe erzielt. Kleine Zugaben eines der Stoffe Mangan, Kupfer, Chrom, Wolfram oder Kobalt geben eine geringe Verbesserung. Magnetische Werte siehe Tabelle I. Später wurde gefunden, dass eine Zugabe von 10 % Kobalt zusammen mit einem geringen Prozentsatz

Kupfer die magnetischen Eigenschaften wesentlich verbessert (siehe Tabelle I). Verglichen mit dem früher besten Dauermagnetstahl (Kobaltstahl 35 %ig) ergaben diese Legierungen eine Erhöhung der magnetischen Energie pro Volumeneinheit von 30 % für Eisen-Nickel-Kobalt-Legierung und von 60 % für die Eisen-Nickel-Aluminium-Kobalt-Legierungen. Dabei kosten diese Legierungen nur etwa die Hälfte von Kobaltstahl, so dass dieser in der Praxis fast ganz verdrängt wurde. Eine weitere bemerkenswerte Eigenschaft dieser Legierungen ist ihr verhältnismässig geringes spezifisches Gewicht von rund 7 g/cm³, also rund 15 % weniger als bei Kobaltstahl. Die Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen spielen deshalb überall dort eine Rolle, wo die Gewichtsverminderung von Bedeutung ist.

Die Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen haben im Gegensatz zu andern magnetischen Legierungen die Besonderheit, dass die innere Umwandlung in einem bestimmten Temperaturgebiet äusserst rasch erfolgt, so dass Gußstücke aus dieser Legierung oft schon magnetisch hart sind, ohne dass besonderes Anlassen nötig wäre. Der Einfluss der Abkühlungsbedingungen wurde sehr eingehend erforscht, und es hat sich ergeben, dass die optimalen Abkühlungsbedingungen sehr stark von der Zusammensetzung der Legierung abhängig sind. Man hat nun einerseits Legierungen, die sich besser für Sandformguss und andere, die sich besser für Kokillenguss eignen. Die Abkühlungsgeschwindigkeit ist natürlich auch von der Wandstärke des Gußstückes abhängig, so dass die Zusammensetzung der Legierung für magnetische Gussstücke für die Erzielung optimaler magnetischer Eigenschaften je nach der Grösse und Wandstärke verschieden gewählt werden muss. Da die Wahl der besten Bedingungen für die Abkühlung des Stückes in der Gussform oft schwierig ist, verfährt man in der Praxis so, dass man das Gußstück auf etwa 1200° C erhitzt und dann entsprechend der gewählten Legierung das ganze Stück rascher oder langsamer abkühlt. Ein geringer Kupferzusatz in der Legierung vermindert die starke Abhängigkeit der magnetischen Eigenschaften vom Abkühlungsvorgang und ermöglicht eine grössere Regelmässigkeit der magnetischen Eigenschaften der einzelnen Stücke grösserer Serien.

Eigenschaften von magnetisch harten Werkstoffen.

Tabelle 1.

Legierung	Koerzitivität Oersted H_K	Remanenz Gauss B_R	$B \cdot H_{max}$	$l:d$ [1]
Kohlenstoffstahl (1,2 % C) . .	60	8 000	0,18	40
Chromstahl (2 % Cr, 1 % C)	60	9 500	0,24	30
Chromstahl (6 % Cr, 1 % C) .	70	9 500	0,28	—
Wolframstahl (6% W, 0,6% C)	60	11 000	0,28	25
Wolframstahl (6% W, 0,9% C)	80	10 000	0,34	—
Kobaltchromstahl (9% Co, 9% Cr)	150	8 500	0,55	16
Kobaltchromstahl (15% Co, 10% Cr)	200	9 000	0,7	12
Kobaltstahl (35% Co) . . .	260	9 500	1,05	9
Eisen-Kobalt-Wolfram-Leg. . .	150	11 500	0,8	—
Eisen-Kobalt-Molybdän-Leg. .	300	10 000	1,25	—
Eisen-Nickel-Kupfer-Leg. (18—20—62%)	450	3 000	0,46	—
Eisen-Nickel-Aluminium-Leg. .	550	6 000	1,3	3,5
dito pulverisiert	550	3 500	0,6	—
Eisen-Nickel-Kobalt-Alumin. .	600	7 000	1,6	3
Oxyd-Magnete (nach Kato-Takei)	600	4 000	1,3	—
Eisen-Nickel-Kobalt-Titan . .	900	6 000	2,1	2
Silber-Mangan-Aluminium (87—9—4%)	5500	500	0,06	—
Eisen-Platin (78% Platin) . .	1800	4 000	2,0	—
Kobalt-Platin (77% Platin) .	4000	3 000	2,5	—

[1]) In der Kolonne $l:d$ wird für einige Werkstoffe für zylindrische Stücke das günstigste Verhältnis von Länge l zu Durchmesser d angegeben.

Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen sind sehr schwer zu bearbeiten, da sie mechanisch sehr hart und spröde sind. Stücke aus dieser Legierung werden daher möglichst genau gegossen und, wenn nötig, nachher noch auf Mass geschliffen. Aus diesem Grunde und weil das Giessen dieser Legierungen gewisse Schwierigkeiten bietet, wurden anfänglich nur sehr einfache Formen hergestellt, und erst nachdem man viel Werkstatterfahrung gesammelt hatte, ging man auch zur Herstellung komplizierterer Gußstücke über. Für die Herstellung von in der Form etwas schwierigen Stücken wird auch oft die Legierung Eisen-Nickel-Aluminium zu feinem Pulver gemahlen und dann mit Bakelit oder Schellack als Bindemittel in die gewünschte Form gepresst. Die Koerzitivkraft der Presslinge ist etwa 10 % geringer als von festem Material, die Remanenz wegen der Abstände zwischen den einzelnen Partikelchen bis 40 % geringer, aber dafür ist auch das Gewicht pro Volumeneinheit kleiner und die magnetische Energie pro Gewichtseinheit ist bei gepressten und gegossenen Stücken fast gleich gross.

Die Fe-Ni-Al-Legierungen zeigen im Gegensatz zu den martensitischen Stählen keine Alterserscheinungen. Sie sind bis zu 250° C hitzeunempfindlich, verlieren bei 500° C nur einige Prozent der ursprünglichen magnetischen Werte und erst bei 650° C macht sich der Temperatureinfluss nachteilig bemerkbar, während Kobaltstähle schon bei 250° C auf 50 % ihrer ursprünglichen Leistung zurückgehen. Magnete aus Fe-Ni-Al-Legierung können also auch ohne Nachteil geschweisst werden, was ihre Anwendungsmöglichkeit noch erweitert.

Die neuen Legierungen mit erhöhter Koerzitivkraft und verminderter Remanenz ergeben für die Konstruktion kürzere Magnete mit grösseren Querschnitten für einen bestimmten Fluss in einem Luftspalt. Wichtig ist, dass die Magnete aus diesen neuen Legierungen beim Magnetisieren einem starken Felde ausgesetzt werden, damit sie genügend gesättigt werden. Für einen Magneten mit 500 Oersted Koerzitivkraft genügt praktisch eine Magnetisierung mit einem Gleichfeld von 2000 Oersted, dem ein Wechselfeld von 1000 Oersted überlagert wird.

e) Eisen-Nickel-Kobalt-Titan-Legierungen. Diese von japanischen Forschern entwickelte Gruppe enthält 15 bis 36 % Kobalt, 10 bis 25 % Nickel, 8 bis 25 % Titan und der Rest ist Eisen. Es werden Koerzitivkräfte bis 900 Oersted erreicht (siehe Tabelle I). Die Legierung hat gute magnetische Eigenschaften, ist giessbar, aber nicht schmiedbar. Sie hat infolge der verwendeten Legierungsbestandteile den Nachteil eines sehr hohen Preises, so dass die gespeicherte magnetische Energieeinheit mehr Geldaufwand erfordert als bei Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen. Aus diesem Grunde hat die wissenschaftlich sehr interessante Legierung in der Praxis keinen Eingang gefunden.

f) Oxyd-Magnete. Ein bei seiner Bekanntgabe ganz neuartiges Material, das in seinem Aufbau den pulverisierten Eisen-Nickel-Aluminium-Legierungen gleicht, ist das Metalloxydpulver nach Kato und Takei. Es wird erhalten durch Mischung gleicher Mengen von pulverisiertem Eisenoxyd (Fe_3O_4) und Kobaltferrit ($Co\,Fe_2\,O_4$), die dann in die gewünschte Form gepresst und auf 1000° C erhitzt werden. Beste Ergebnisse erhält man, wenn die erste Magnetisierung bei einer Temperatur von 300° C erfolgt und dann im magnetischen Feld abgekühlt wird. Die Koerzitivkraft beträgt bis 600 Oersted, das spezifische Gewicht 4 g/cm³. Die Remanenz wurde von den japanischen Entdeckern zu 4000 Gauss angegeben. Kontrollmessungen von anderer Seite (Jellinghaus) ergaben nur eine Remanenz von 1000 Gauss. Bis zum Vorliegen weiterer Untersuchungen wird man den japanischen Angaben mit einem gewissen Vorbehalt wohl glauben müssen.

g) Speziallegierungen mit grosser Koerzitivkraft. In letzter Zeit wurden verschiedene Legierungen, mit besonders hoher Koerzitivkraft entwickelt. Diese Legierungen können ein grosses wissenschaftliches Interesse beanspruchen, obwohl sie für die technische Praxis wegen der hohen Herstellungskosten und wegen ihrer zu geringen Remanenz kaum in Frage kommen werden. Die bisherigen Untersuchungen weisen darauf hin, dass für die Erzeugung der für die Bildung einer hohen Koerzitivkraft nötigen starken inneren Spannung die Anwesenheit einer grossen Zahl von nichtmagnetischen Atomen nötig ist. Daraus folgt, dass ein solcher Stoff mit hoher Koerzitivkraft eine geringere Magnetisierbarkeit und eine geringere Remanenz haben muss, so dass offenbar für das Produkt $(B \cdot H)_{max}$ eine gewisse obere Grenze besteht, die wahrscheinlich mit den bis heute entwickelten Legierungen fast erreicht sein dürfte. Legierungen mit sehr hoher Koer-

zitivkraft sind z. B. die Eisen-Platin-Legierung, die bei einem Mischungsverhältnis von 1 : 1 (Fe Pt) eine Koerzitivkraft von 1800 Oersted aufweist. Eine 50prozentige Legierung Kobalt-Platin weist sogar nach einer längeren komplizierten Wärmebehandlung eine Koerzitivkraft von 4000 Oersted auf.

B. «Magnetisch weiche» Werkstoffe.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass hauptsächlich die inneren Spannungen für die magnetische Härte verantwortlich gemacht werden. Bei der Herstellung von magnetisch weichen Werkstoffen muss man daher alles vermeiden, was zu solchen Spannungen Anlass geben könnte. Es müssen im Werkstoff vor allem diejenigen Verunreinigungen ferngehalten werden, die sich zwischen dem Gitter ablagern wie Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Phosphor. Ein grosser Teil der wissenschaftlich wertvollen Untersuchungen über die Einflüsse der Verunreinigungen auf die magnetischen Eigenschaften der Werkstoffe wurde durch die Forscher Yensen und Ziegler ausgeführt. Wenn auch die Ergebnisse ihrer Untersuchungen noch nicht als endgültig abgeschlossen betrachtet werden können, so geben sie doch wertvolle Unterlagen über das grundsätzliche Verhalten magnetischer Werkstoffe und ermöglichen, die Eigenschaften gewisser Legierungen vorauszusagen. Unter anderem wurde ein gewisser Einfluss der Korngrösse festgestellt, wozu aber zu bemerken ist, dass dieser Einfluss neben der Bedeutung von Verunreinigungen, Materialdicke und mechanischer Behandlung bei handelsüblicher Ware zurücktritt.

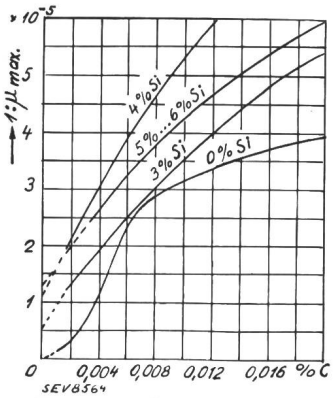


Fig. 1.
Einfluss geringer Kohlenstoffbeimengung auf den Wert ($1 : \mu_{max}$) (minimale Reluktivität) für reines und siliziumlegiertes Eisen.

Yensen und Ziegler führten den reziproken Wert der maximalen Permeabilität als «minimale Reluktivität» ein als passende Kenngrösse für ihre Untersuchungen. Fig. 1 zeigt den Einfluss geringster Kohlenstoffmengen auf diese Kenngrösse $1 : \mu_{max}$ für Eisen mit verschiedenem Siliziumgehalt. Die grösste Permeabilität wurde bisher mit 210 000 an einem Muster mit 0,001 % Kohlenstoff und 0,002 % Sauerstoff festgestellt. Für die Erzielung grosser Permeabilitäten muss also möglichst reines Eisen erzeugt werden. Eine noch grössere als die genannte Permeabilität erhielt mit 340 000 bei Laboratoriumsversuchen der Forscher Cioffi mit einem Eisenmuster durch eine hier nicht näher zu beschreibende Behandlung des Eisens mit Wasserstoff bei hohen Temperaturen. Durch den Wasserstoff wurden die Verunreinigungen entfernt und ausserdem übte der Wasserstoff auch noch einen noch nicht genau bekannten weiteren Einfluss aus, denn andere Forscher fanden für Eisenmuster mit gleichem Reinheitsgrad, aber ohne Wasserstoffbehandlung wesentlich geringere Permeabilitäten.

1. Reines Eisen als magnetisch weicher Werkstoff.

Die Wasserstoffbehandlung Cioffis ist für die Praxis zu teuer und zu umständlich. Für die industrielle Technik kommen für die Herstellung von sehr reinem Eisen folgende drei Verfahren in Betracht: die Elektrolyse, die Vakuumschmelze und das Karbonylverfahren.

a) Elektrolytisch hergestelltes Eisen. Das elektrolytisch abgelagerte Eisen enthält ziemlich viel Wasserstoff und ist wegen den dadurch erzeugten inneren Spannungen magnetisch hart, kann aber durch Anlassen auf 900° C und langsames Abkühlen vom Wasserstoff befreit werden und hat dann eine Koerzitivkraft von 0,3 bis 0,4 Oersted. Die elektrolytische Herstellung von Blechen wurde in letzter Zeit eingehend erforscht, denn sie gibt die Möglichkeit, die teuren Schmelz- und Walzprozesse und das dabei stets vorhandene Risiko der Verunreinigung des Werkstoffes zu vermeiden. Unlegierte Eisenbleche müssen wegen ihres geringen ohmschen Widerstandes in ihrer Dicke auf 0,15 mm beschränkt werden, um die Wirbelstromverluste in erträglichen Grenzen zu halten. Man erhält für solche Bleche Verlustziffern bei 10 000 Gauss und 50 Hz von $V_{10} = 1{,}1$ W/kg, was auch mit gewöhnlichen Siliziumblechen erreicht werden kann. Vorteile der elektrolytischen Bleche sind jedoch die grosse Permeabilität in starken Feldern und der geringe Einfluss mechanischer Behandlung auf die magnetischen Eigenschaften. Die elektrolytisch hergestellten Bleche zeigen aber zusätzliche Verluste durch einen sog. «Nachwirkungseffekt», der sich durch eine Verbreiterung der Hysteresekurve und eine Verminderung der Permeabilität bei Magnetisierung im Wechselfelde gegenüber den statisch gemessenen Werten äussert. Eine befriedigende Erklärung dieser Erscheinung ist trotz verschiedener aufgestellter Theorien bis heute nicht gelungen. Die elektrische Leitfähigkeit und die zusätzlichen Verluste durch den «Nachwirkungseffekt» konnten durch Zulegierung von 0,5 bis 1,0 % Arsen stark vermindert werden. Dieses Verfahren hat zwar in der Praxis noch keinen Eingang gefunden; hingegen zeigt der Einfluss des Arsens als Legierungsbestandteil, wie weitläufig heute die magnetische Werkstofforschung geworden ist.

b) Im Vakuum erschmolzenes Eisen. Durch Schmelzen im Vakuum kann unter Anwendung besonderer Vorsichtsmassnahmen ein Eisen mit sehr hohem Reinheitsgrad erhalten werden. Es hat eine Koerzitivkraft von 0,35 Oersted und eine maximale Permeabilität von 20 000.

c) Nach dem Karbonyl-Verfahren gewonnenes Eisen. Bei diesem in Deutschland entwickelten Verfahren wird Kohlenmonoxyd unter Druck über reduziertes Eisen geleitet und es entsteht Eisenkarbonyl ($Fe[CO]_5$), welches bei nachfolgender Erhitzung auf 250° C wieder zerfällt. Man erhält das reine Eisen in pulverisierter Form mit einer Korngrösse von 10^{-4} mm Durchmesser. Dieses Pulver wird durch Pressung mit Wasserstoff bei 1200° C zu einem festen Körper gesintert und ist praktisch frei von Schwefel, Phosphor, Silizium und Mangan. Es hat eine Anfangspermeabilität von über 2000, was im Vergleich mit andern Eisensorten sehr hoch ist. Elektrolyteisen hat z. B. nur eine Anfangspermeabilität von 600.

Reines Eisen wird in der Praxis als Werkstoff sehr selten verwendet. Es ist wegen seinem geringen ohmschen Widerstand für Anwendung in Wechselstromkreisen nicht geeignet. Hingegen ist reines Eisen ein wichtiger Legierungsbestandteil der nachfolgend beschriebenen magnetisch weichen Legierungen. Diese Legierungen haben, mit reinem Eisen als Bestandteil, eine mindestens so kleine Koerzitivkraft und eine gleich grosse Permeabilität bei grösserem ohmschem Widerstande.

2. Eisen-Silizium-Legierungen.

Diese Legierung spielt in der Technik eine hervorragende Rolle. Die Legierung von möglichst reinem Eisen mit Silizium bringt zwei Vorteile, nämlich erhöhter ohmscher Widerstand und verbesserte magnetische Eigenschaften in schwachen Feldern, so dass die Siliziumbeimengung sowohl die Wirbelstromverluste als auch die Hystereseverluste im Wechselfelde vermindert werden. Die Beimengung von Silizium eliminiert den nachteiligen Einfluss von Sauerstoff und verwandelt gleichzeitig den im Eisen noch enthaltenen Kohlenstoff in die graphitische Form. Siliziumlegierte Bleche können verhältnismässig billig hergestellt werden. Die handelsüblichen Sorten haben einen Siliziumgehalt von 0,5 bis 4 % Si bei guter Bearbeitbarkeit. Siliziumgehalte über 4 % machen das Blech spröde, ohne dass durch den höheren Si-Gehalt die magnetischen Eigenschaften noch merkbar verbessert würden. Siliziumlegierte Eisenbleche mit 0,5 bis 4 % Si-Gehalt bilden im Elektromaschinen- und Transformatorenbau das meistverwendete Konstruktionsmaterial für magnetische Kreise in Wechselfeldern. Das heute vielfach verwendete 4 %ige Si-Blech mit einer Dicke von 0,35 mm wird warm gewalzt, dann in Paketen während 2 bis 4 Stunden bei 800 bis 900° C angelassen und langsam abgekühlt. Solche Bleche haben eine max. Permeabilität von 8000 bis 10 000 mit einer Anfangspermeabilität von 250 bis 600, eine Koerzitivkraft von rund 0,5 Oersted und eine Verlusziffer von 1,0 bis 1,3 W/kg bei 10 000 Gauss und 50 Hz. Die neuere Entwicklung geht weniger dahin, diese bewährten Bleche noch weiter zu verbessern, als eine grössere Gleichmässigkeit der Eigenschaf-

ten für die ganze Produktion eines Walzwerkes zu erzielen. Bemerkenswert verbessert wurde auch die Ebenheit und die glatte Oberfläche der Bleche. Je reiner das für die Herstellung der Bleche verwendete Eisen ist, um so besser sind die magnetischen Eigenschaften der fertigen Bleche; Untersuchungen über den Einfluss der Korngrösse auf die magnetischen Eigenschaften der Bleche haben zu keinem allgemein anerkannten Ergebnis geführt. Es ist ferner bekannt, dass gewalzte Bleche bei Magnetisierung in der Walzrichtung eine grössere Permeabiiltät und einen kleineren Hysteresisverlust aufweisen als bei Magnetisierung senkrecht zur Walzrichtung. Die Unterschiede betragen bis zu 30 % in der Permeabilität und bis zu 15 % in der Verlustziffer. Ausgehend von dieser Beobachtung hat Goss ein kombiniertes Warm-Kalt-Walzverfahren mit mehrmaligem Anlassen entwickelt. So gewalzte 3,5 %-Si-Bleche haben bei Magnetisierung in der Walzrichtung Permeabilitäten bis zu 22 000 und Verlustziffern V_{10} von nur 0,8 W/kg, so dass mit diesen Blechen bei entsprechender Verwendung wesentliche Verlustersparnisse möglich sind.

Auf der Grundlage des Systems Eisen-Silizium sind noch folgende Legierungen entwickelt worden:

a) Kupfer-Silizium-Eisen-Legierungen. Die Beimengung geringer Kupfermengen erhöht bei Baustahl bekanntlich dessen Korrosionsbeständigkeit sehr stark. Bei Siliziumblechen mit 1,5 bis 4 % Si hat eine Beimengung von max. 0,7 % Kupfer keinen nachteiligen Einfluss auf ohmschen Widerstand und magnetische Eigenschaften, erhöht aber die *Korrosionsfestigkeit* der Legierung beträchtlich, so dass solche Bleche mit am besten 0,5 % Cu mit Vorteil dort verwendet werden, wo starke Korrosion zu erwarten ist.

b) Aluminium-Eisen und Aluminium-Silizium-Eisen-Legierungen. Das Aluminium hat als Legierungsbestandteil ähnliche Wirkungen wie das Silizium sowohl auf den ohmschen Widerstand als auch auf die magnetischen Eigenschaften. Da aber Aluminium teurer ist als Silizium und sich mit Silizium sogar noch etwas bessere Ergebnisse erzielen lassen, so haben die Aluminium-Eisen-Legierungen in der Praxis keinen Eingang gefunden. Masumoto hat die Dreistofflegierung Aluminium-Silizium-Eisen erforscht und dabei für 9,6 % Si und 6 % Al-Gehalt Permeabilitäten von 35 000 und eine maximale Permeabilität bis zu 160 000 gefunden, bei einer Koerzitivkraft von bis hinunter zu 0,02 Oersted (bei 5000 Gauss). Diese Legierungen verhalten sich also ähnlich wie Eisen-Nickel-Legierungen, haben aber einen grösseren ohmschen Widerstand von bis zu 80 Mikrohm·cm. Diese Dreistofflegierung hat keine für die Bearbeitung günstigen mechanischen Eigenschaften, lässt sich aber in pulverisierter Form für die Herstellung von gepressten Kernen gut verwenden.

c) Beryllium-Eisen und Beryllium-Silizium-Eisen-Legierungen. Diese Legierungen haben ewas kleineren Widerstand und grössere Hystereseverluste als ähnliche Siliziumlegierungen, sind zudem teurer und werden in der Praxis nicht verwendet.

3. *Nickel-Eisen-Legierungen.*

Die Feststellung, dass durch geeignete Wärmebehandlung bei genügender Reinheit der Ausgangsmaterialien die Nickel-Eisen-Legierungen und die daraus abgeleiteten Drei- und Vierstofflegierungen bemerkenswerte magnetische Eigenschaften entwickeln, hat für die magnetisch weichen Werkstoffe die gleiche Bedeutung wie die Entdeckung der ausscheidungshärtenden Stähle für die magnetisch harten Werkstoffe. Die Nickel-Eisen-Legierungen sind als *Permalloy* und *Mümetall* im Handel. Die grundlegende Entdeckung, dass Nickel-Eisen-Legierungen mit 40 bis 95 % Ni-Gehalt in ihren magnetischen Eigenschaften durch entsprechende Wärmebehandlung weitgehend beeinflusst werden können, verdanken wir den Untersuchungen von Arnold und Elmen. An Stelle des sonst für weiche magnetische Werkstoffe üblichen langsamen Abkühlens in Luft werden diese Legierungen mit Vorteil mit Luft abgeschreckt und haben dann stark verminderte Hystereseverluste und erhöhte Permeabilität. Die Legierung mit 78,5 % Ni wird auf 900 bis 1000° C angelassen, langsam abgekühlt, auf 600° C erhitzt und dann mit einer Geschwindigkeit von 40° C pro Minute abgekühlt. Dieses Verfahren ergibt Bleche mit Anfangspermeabilitäten von 10 000, maximalen Permeabilitäten von 100 000 und eine Koerzitivkraft von 0,05 Oersted. Die gleiche Legierung ergibt, wenn sie nach dem Anlassen ganz langsam abgekühlt wird, zehnmal kleinere Permeabilität und zehnmal grössere Koerzitivkraft, womit der überragende Einfluss richtiger *Wärmebehandlung* bei sonst gleichen Verhältnissen genügend nachgewiesen ist. Der Vorteil der Eisen-Nickel-Legierungen gegenüber den früher erhältlichen Blechen mit ähnlichen Eigenschaften liegt vor allem in der hohen Permeabilität bei kleinen äusseren Feldern. Die Nickel-Eisen-Legierungen haben wegen dem hohen Nickelgehalt eine geringe Sättigung (11 000 Gauss für 78,5 % Ni, 16 000 Gauss für 50 % Ni) und sind daher für grosse Feldstärken nicht geeignet. Ein weiterer Nachteil der 78,5-%igen Nickel-Eisen-Legierung ist ihr sehr geringer ohmscher Widerstand (nur 17 Mikrohm·cm) und die grosse Empfindlichkeit der magnetischen Eigenschaften gegen Wärmebehandlung und mechanische Bearbeitung. Die Legierungen mit nur 45 bis 50 % Ni haben diese Nachteile nur in vermindertem Masse, sind auch wesentlich billiger, aber die Werte für die Permeabilität sind gegenüber der Legierung mit 78,5 % Ni auf die Hälfte vermindert. Durch Beifügen von geringen Prozentsätzen eines oder mehrerer Metalle wie Kupfer, Chrom, Molybdän oder Mangan zu der 78,5 % Ni haltigen Legierung kann die Anfangspermeabilität erhöht werden; gleichzeitig wird aber die Sättigung noch weiter reduziert. Aehnlichen Einfluss haben Beimengungen von Wolfram, Vanadium oder Aluminium.

Kelsall, Dillinger und Bozorth erzielten durch *Abkühlen* von Nickel-Eisen-Legierungen *im magnetischen Felde* überraschende Resultate und die grössten überhaupt bis jetzt erreichten Permeabilitäten. Sie fanden, dass Nickel-Eisen-Legierungen mit einem Ni-Gehalt von 40 und 80 % nach dem Anlassen über den Curiepunkt und nachfolgendem langsamem Abkühlen in einem magnetischen Felde von wenigen Oersted in der Richtung des angelegten Feldes viel grössere Permeabilität aufwiesen als durch irgendeine Wärmebehandlung mit Abschrecken in Luft erreichbar war. Bei Anlassen auf 1000° C war die grösste Permeabilität 250 000, aber nach einer 14stündigen Lagerung bei 1400° C in Wasserstoff und nachfolgendem Abkühlen von 650° C aus in einem magnetischen Felde wurde die Permeabilität auf 650 000 erhöht und die Koerzitivkraft auf 0,012 reduziert. Die zugehörige Hysteresekurve hat fast senkrechte Seiten. In Fig. 2 sind die Hysteresekurven für normal gekühltes und für im magnetischen Felde gekühltes Material dargestellt.

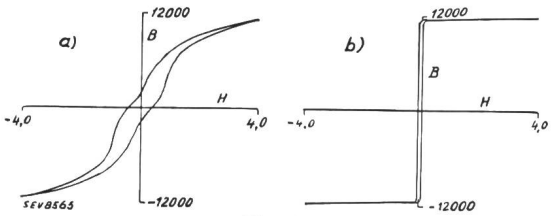


Fig. 2.
Hysteresekurve für Nickel-Eisenlegierung mit 65 % Ni von 1000° C auf Zimmertemperatur abgekühlt.
a kein Magnetfeld angelegt während der Abkühlung. *b* Abkühlung in einem Felde von 10 Oersted.
(nach Dillinger und Bozorth).

Aus der ausserordentlich wichtigen Legierung Nickel-Eisen wurden noch folgende Drei- und Vierstoff-Legierungen entwickelt:

a) Eisen-Nickel-Kupfer-Legierungen. Diese Gruppe wurde systematisch erforscht und in Fig. 3 und 4 ist die Anfangspermeabilität für die Luftabschreckung und für das Anlassen mit nachfolgendem langsamem Abkühlen in Dreiecksdiagrammen dargestellt. Eine im Handel bekannte Legierung dieser Gruppe ist das Mümetall mit 76 % Ni, 17 % Fe und 5 % Cu. Dieses Material, welches in seinen magnetischen Eigenschaften nur wenig von der 78,5 % nickelhaltigen Fe-Ni-Legierung abweicht, hat einen viel grösseren ohmschen Widerstand (42 Mikrohm·cm) und ist viel weniger empfindlich gegen mechanische Einwirkungen. Seine guten magnetischen Eigenschaften können durch einfaches Anlassen und Abkühlen im Ofen erzielt werden.

Ueber die Eisen-Nickel-Legierungen und ihre Abkömmlinge wurden schon verschiedene Theorien aufgestellt, aber bis heute konnte noch keine vollständig befriedigende Erklä-

rung für alle Beobachtungen gefunden werden. Trotzdem seien einige Feststellungen kurz mitgeteilt. Der Einfluss der zwischen dem Gitter eingelagerten Verunreinigungen ist bei der Gruppe Eisen-Nickel viel kleiner als bei reinem Eisen. Die inneren Spannungen werden deshalb kleiner, so dass die magnetostriktiven Kräfte eine grössere Bedeutung erhalten. Meist ist die Magnetostriktion minimal, wenn die Permeabilität ein Maximum erreicht. In den Dreiecksdiagrammen Fig. 3 und 4 kennzeichnet die Linie X—Y die Mischungen,

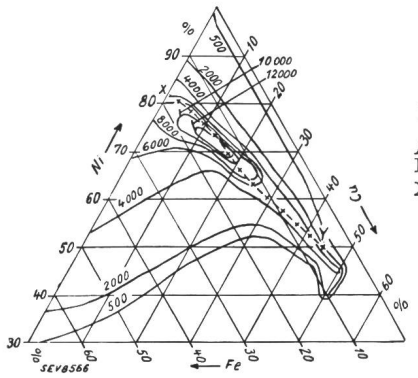


Fig. 3.

Anfangspermeabilität für Eisen-Nickel-Kupferlegierungen nach Abschrecken in Luft. Linie:
X-Y Legierungen mit Magnetostriktion Null.
Ni Nickelgehalt in %.
Cu Kupfergehalt in %.
Fe Eisengehalt in %.

für welche die Magnetostriktion Null wird. — Es ist auch möglich, eine Erklärung für den Einfluss der *Abkühlung im magnetischen Felde* zu geben. Wenn eine magnetische Legierung nach der Abkühlung unter den Curiepunkt magnetisiert wird, so werden die magnetischen Elemente orientiert und es treten magnetostriktive Spannungen auf. Ist jedoch die Temperatur des Materials ziemlich hoch und kommt der Werkstoff in diesem Zustande in ein magnetisches Feld, so können sich wegen der bei hoher Temperatur eher plastischen Beschaffenheit die magnetostriktiven Spannungen ausgleichen. Kommt ein derart behandeltes Stück nach dem Abkühlen wieder in ein magnetisches Feld, so sind die magnetischen Elemente schon orientiert, falls die Feldrichtung mit der ursprünglichen übereinstimmt. Die magnetostriktiven Kräfte sind dann stark vermindert. Die Magnetisierung ist daher erleichtert und die Permeabilität erscheint grösser. Wird dagegen das Feld in einer Richtung angelegt, die zu dem während der Abkühlung wirksamen Felde senkrecht steht, so ist ein grosser mechanischer Widerstand gegen die Neuorientierung der magnetischen Elemente und somit gegen die Magnetisierung vorhanden und die Permeabilität ist für diese

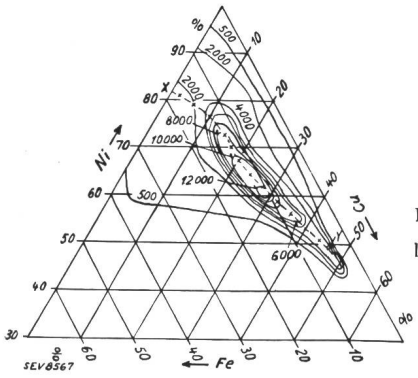


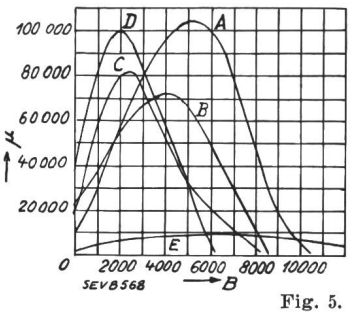
Fig. 4.

Anfangspermeabilität für Eisen-Nickel-Kupferlegierungen nach Anlassen und langsamem Abkühlen (vgl. Fig. 3).

Magnetisierungsrichtung kleiner. Die hervorragenden Eigenschaften der Nickel-Eisen-Legierungen können somit in Uebereinstimmung mit der allgemeinen Theorie, dass die Abwesenheit von inneren Spannungen die magnetisch weichen Eigenschaften begünstige, auf die Verminderung der Magnetostriktion zurückgeführt werden. Komplikationen entstehen durch Anisitropie der Kristalle und durch die Abhängigkeit der Magnetostriktion von der Feldstärke. Ferner ist bekannt, dass beim Eisen selbst die Magnetostriktion unregelmässig mit der Feldstärke ändert und sogar das Vorzeichen wechselt, so dass sich eine vollständige Ausschaltung der Magnetostriktion nur schwer verwirklichen lässt. Da insbesondere bei den Drei- und Vierstofflegierungen noch nicht alle Einflüsse und Möglichkeiten voll erforscht sind, ist eine weitere Entwicklung der Materialien mit günstigen magnetischen Eigenschaften bei kleinen Feldstärken zu erwarten.

b) Eisen-Nickel-Chrom und Eisen-Nickel-Molybdän-Legierungen. Die Zumischung von Chrom oder Molybdän zu Nickel-Eisen-Legierungen vermehrt den ohmschen Widerstand noch mehr als Kupfer und ergibt eine bemerkenswerte Steigerung der Anfangspermeabilität. Für in Luft abgeschreckte Legierungen wird die maximale Anfangspermeabilität mit rund 2 % Beimischung von Chrom oder Molybdän und für die angelassenen Legierungen mit 3,8 % Beimischung erreicht, mit Werten bis gegen 20 000. Obwohl diese Legierungen gegenüber der Nickel-Eisen-Legierung mit 78,5 % Ni eine um 30 bis 40 % geringere Anfangspermeabilität und eine bis 20 % niedrigere Sättigungsgrenze haben, werden sie in der Technik doch vielfach verwendet, vor allem, weil sie nur eine einfache Wärmebehandlung verlangen.

c) Weitere Drei- und Vierstoff-Legierungen auf Nickel-Eisen-Basis. Es wurden ebenfalls Nickel-Eisen-Legierungen mit einem Zusatz von 5 bis 15 % Mangan untersucht und diese Legierung wird nun industriell hergestellt. Sie hat, abgesehen von etwas geringerer Permeabilität, ähnliche Eigenschaften wie die vorstehend beschriebenen Legierungen. Ein geringer Zusatz von nur 0,5 bis 1 % Mangan wird oft zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften verschiedener Drei- und Vierstoff-Legierungen angewendet. — Bei der Legierung «1040» (72 % Ni, 11 % Fe, 14 % Cu, 3 % Molybdän) wurde eine Anfangspermeabilität von über 40 000 erreicht. Diese Legierung hat entsprechend ihrer Zusammensetzung eine



A Nickeleisen mit 78,5 % Ni.
B Permalloy mit 3.8 % Mo, 78,5 % Ni, 17,7 % Fe.
C Mümetall mit 5 % Cu, 76 % Ni, 17 % Fe.
D Legierung «1040» mit 14 % Cu, 3 % Mo, 2 % Ni, 11 % Fe.
E Eisen-Silizium mit 4 % Si.

Fig. 5.
Permeabilitätskurven für magnetische Werkstoffe mit hoher Permeabilität.

niedrige Sättigung (6200 Gauss) und einen hohen ohmschen Widerstand (56 Mikrohm·cm). Fig. 5 zeigt die Permeabilitätskurven für eine Anzahl Legierungen mit hoher Permeabilität. Es ist zu beachten, dass diese Werte mit Gleichstrom gemessen wurden. Die Permeabilität ist für Bleche von handelsüblicher Dicke (0,35 mm) im Wechselfelde bedeutend niedriger als die mit Gleichstrom gemessenen Werte, was vorwiegend auf den Einfluss der Wirbelströme zurückgeführt wird. Ferner ist bei der Betrachtung der Kurven zu beachten, dass geringste Veränderungen in der Wärmebehandlung oder im Reinheitsgrad des Werkstoffes starke Veränderungen der magnetischen Eigenschaften bewirken können.

C. Werkstoffe mit konstanter Permeabilität.

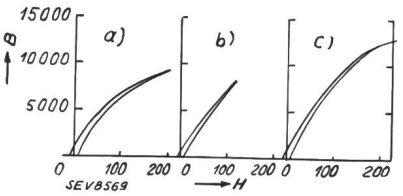
Für bestimmte Zwecke, z. B. Pupinspulen von Fernkabeln, Induktivitäten in der Fernsprech- und Radiotechnik, wo eine Verzerrung der Wellenform durch eine veränderliche Permeabilität vermieden werden soll, sind Werkstoffe mit einer in einem möglichst grossen Gebiete konstanten Permeabilität viel wichtiger als Stoffe mit maximaler Anfangspermeabilität. Es gibt in der Hauptsache vier Möglichkeiten, um eine konstante Permeabilität zu erreichen: a) geeignete Zusammensetzung der Legierung, b) Wärmebehandlung, c) Einführung von kleinsten Luftspalten durch feinste Verteilung des magnetischen Werkstoffes, d) plastische Verformung mit oder ohne Ausscheidungshärtung. Die einzelnen Methoden werden oft kombiniert angewendet.

Ein wichtiges Beispiel für die richtige Wahl der Legierungszusammensetzung und entsprechender Wärmebehandlung auf die Konstanz der Permeabilität ist die unter dem Namen «*Perminvar*» entwickelte Legierungsgruppe Eisen-Nickel-Kobalt. Es wurde gefunden, dass besonders bei Legierungen mit 65 bis 75 % Nickelgehalt durch ein 24stündiges

Warmhalten auf 400 bis 500° C mit anschliessendem Anlassen auf 1100° C mit nachfolgendem langsamem Abkühlen die Permeabilität zwar gegenüber gleichartigem abgeschrecktem Material wesentlich vermindert war, aber dafür in schwachen Feldern eine bemerkenswert konstante Permeabilität vorhanden war. Heute wird meist eine Legierung mit 30 % Eisen, 45 % Nickel und 25 % Kobalt als handelsüblich verwendet. Sie hat eine fast konstante Permeabilität von rund 300 bis hinauf zu Feldstärken von 3 Oersted. Die Legierung hat einen geringen ohmschen Widerstand von nur 18 Mikrohm·cm, der aber durch Beimischung von 7 % Molybdän (an Stelle von Eisen) bis auf 80 Mikrohm·cm erhöht werden kann. Die Eigenschaften der Perminvar-Gruppe werden durch grosse Hitze oder starke Zugspannungen vernichtet. Die Anwendung von Perminvar ist durch die Tatsache eingeschränkt, dass starke äussere Felder, auch wenn sie nur kurze Zeit wirken, die Eigenschaft der konstanten Permeabilität vernichten. Normale Entmagnetisierung kann den alten Zustand nicht wieder herstellen. Dies ist einzig durch geeignete Wärmebehandlung wieder möglich.

Es ist bekannt, dass die Einführung von Luftspalten in magnetische Kreise die scheinbare Permeabilität vermindert und deren Konstanz bei veränderlicher Feldstärke vergrössert. Dieser Gedanke wurde bei der Herstellung der aus *gepulvertem magnetischem Material gepressten Kerne* insbesondere für die Pupinspulen mit grossem Erfolg angewendet. Bei der Herstellung dieser Kerne wird das pulverisierte magnetische Material mit einem passenden Binde- und Isoliermittel bei hohem Druck gepresst, so dass das spezifische Gewicht der Kerne nicht viel geringer als das des ursprünglichen festen Materials ist. Die Permeabilität der gepressten Kerne hängt weniger von der Permeabilität des Ausgangsmaterials als von der Korngrösse des Magnetpulvers ab wie auch von der Dicke der dazwischenliegenden Isolation und der Art der Behandlung. Die Permeabilität üblicher Kerne schwankt zwischen 20 und 80 und die Grösse der aus magnetischem Werkstoff bestehenden Teilchen zwischen 0,005 und 0,1 mm Korngrösse. Als Ausgangsstoff werden vorwiegend entweder elektrolytisches Eisen oder siliziumlegiertes Eisen und in neuerer Zeit mehr Nickel-Eisen und Karbonyleisen verwendet. Letzteres kann direkt in Körnchen passender Grösse hergestellt werden, so dass kein Mahlprozess nötig ist. Als Beispiel für die erreichbaren Möglichkeiten sei erwähnt, dass gepresste Kerne aus Nickel-Eisen mit 78,5 % Ni eine Permeabilität von 80 aufweisen und bis zu einer Feldstärke von 1,5 Oersted in ihrer Permeabilität vollständig konstant sind und bis zu Feldstärken von 50 Oersted in der Permeabilität nicht mehr als 10 % schwanken. In den letzten Jahren wurden verschiedene pulverisierte Materialien für die Induktivitäten der Hochfrequenztechnik entwickelt. Bei den hohen Frequenzen muss auf eine möglichst feine Korngrösse und gute gegenseitige Isolation der Teilchen geachtet werden. Es werden hier Permeabilitäten von bis 20 erreicht, die aber bis zu hohen Feldstärken fast konstant bleiben.

Um die komplizierte Herstellung pulverisierter Kerne zu umgehen, wurde versucht, einen Werkstoff zu finden, der in unpulverisiertem Zustand die gewünschte konstante Permeabilität aufwies. Durch *mehrfaches Kaltwalzen* von Eisen-Nickel-Legierungen mit 40 bis 50 % Ni konnten hier bemerkenswerte Erfolge erzielt werden. Als Ergebnis der Forschungen von Dahl, Pfaffenberger und Sprung wurde gefunden, dass aus Nickel-Eisen-Legierungen mit einer Zugabe von 3 bis 4 % Aluminium oder 10 bis 15 % Kupfer durch Kaltwalzen mit Querschnittsverminderungen von 90 % ein für Kerne geeigneter Stoff entstehe, der bei einer Permeabilität von 30 bis 80 für Feldstärken bis zu 100 Oersted nur wenige Prozent Schwankungen in der Permeabilität aufwies. Fig. 6 zeigt in den Kurven a und b 2 Hysteresekurven für solche unter dem Namen «*Isoperm*» verkaufte Dreistofflegierungen nach Kaltwalzbehandlung. Wird durch Kaltwalzen der Querschnitt um 94 bis 98 % vermindert, so erhält man, wie neuere Untersuchungen zeigten, auch für die Zweistofflegierung Nickel-Eisen sehr gute Resultate, wie Kurve c der Fig. 6 zeigt. Bemerkenswert sind bei allen drei Kurven die geringe Remanenz und die geringen Hystereverluste. — (Webb, J. Inst. Electr. Eng., London, März 1938, S. 303—323.) *P. T.*



a Legierung Al-Ni-Fe nach 90 % Querschnittsverminderung.
b Legierung Cu-Ni-Fe nach 90 % Querschnittverminderung.
c Nickel-Eisen-Legierung mit 40 % Ni nach sehr starkem Kaltwalzen (vgl. Text).

Fig. 6.
Hysteresekurven von kaltgewalzten Nickel-Eisenlegierungen (nach Dahl, Pfaffenberger und Sprung).

Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

Das Dezibel in der Hochfrequenztechnik.

Von *Carl G. Keel*, Basel. 621.395.8.081

Die Ausdrücke «Dezibel» und «Neper» werden heute nicht nur vom Fernmeldeingenieur zur Bezeichnung von Dämpfungen verwendet, sondern auch der Hochfrequenzingenieur benützt sie heute immer häufiger. Im folgenden seien einige Beispiele für die Anwendung der Dezibel-Bezeichnung, die besonders in Amerika üblich ist, angegeben.

Ganz allgemein erweist es sich als günstig, beim Vergleich von Geräten an Stelle der auftretenden Spannungen und Ströme am Ein- und Ausgang deren Verhältnisse zu nehmen. Diese sich ergebenden relativen Zahlen gestatten, ohne Kenntnis der individuellen Strom-Spannungs- oder Leistungswerte Vergleiche zwischen verschiedenen Anlagen anzustellen.

Die Dezibel- und Neper-Bezeichnung stellt ein reines Verhältnis in bezug auf einen festgesetzten Normalpegel (Nullpunkt) dar. Diese Normalpegel werden je nach Zweck verschieden gelegt. Es ist sehr wichtig, bei jeder Dezibel-Bezeichnung auch die Angabe des Pegels zu geben; sonst kann die Angabe irreführend sein.

Im folgenden sind die heute üblichen Normalpegel zusammengestellt.

Uebliche Normalniveaux.

a) Leistung: 1 Milliwatt = 0 db, 6 » = 0 db, 12 » = 0 db, 50 » = 0 db } Verwendet in Fernmeldetechnik und Rundfunktechnik.

b) Spannungen: 1 Mikrovolt = 0 db
1 Volt = 0 db
2,5 Volt = 0 db (= 12,5 Milliwatt an 500 Ohm)

c) Stromwerte: 1 Milliampere = 0 db

d) Prozentuale Angaben: 100 % = 0 db

e) Schallstärke: 10^{-16} Watt/cm² = 0 db (international)
$2{,}5 \cdot 10^{-16}$ Watt/cm² = 0 db (z.B. in Deutschl. üblich)

f) Schalldruck: $0{,}32 \cdot 10^{-3}$ Dyn/cm² = 0 db
1 Bar = 1 Dyn/cm²
1 Dyn/cm² = 70 db über $2{,}5 \cdot 10^{-16}$ Watt/cm²
= 70 Phon
1 Dyn/cm² = 74 db über 10^{-16} Watt/cm²

g) Für Mikrophone gilt besonders:
1 Volt/Bar = 0 db. Diese Spannung ist an den offenen Mikrophonklemmen gemessen.

Die Angabe der absoluten Zahlen für das Verhältnis einer gewissen Leistung in bezug auf den Normalpegel würde umständlich sein, da sich häufig sehr grosse Zahlen ergeben. Man ist aus diesem Grunde dazu gekommen, an Stelle dieser absoluten Verhältniszahlen deren Logarithmen zu nehmen. Dies ergibt kleinere Zahlen, erleichtert die graphische Darstellung und bietet verschiedene weitere Vorteile.

Es fragt sich nun, ob der natürliche oder der Briggsche Logarithmus für diese Verhältniszahlenbezeichnung günstiger sei. Ueber diese Frage wird heute zwischen amerikanischen

und europäischen Fachleuten immer noch diskutiert. Es zeigt sich aber, dass der Logarithmus auf der Basis 10 sich immer mehr durchsetzt. Es sei im folgenden die Anwendung dieser Rechnungsart behandelt.

Die Verwendung des natürlichen Logarithmus mit der Basis $e = 2{,}71$ führt zum Neper, welches heute besonders in Europa üblich ist für Spannungs-, Strom- und Dämpfungsangaben. In Amerika wird hingegen der Briggsche Logarithmus mit der Basis 10 weitgehend verwendet. Dies führt zum Bel, resp. zum Dezibel, welches jetzt schon in Europa zur Angabe von Energieverhältnissen verwendet wird. Es beginnt aber mehr und mehr zur Angabe von Strom- und Spannungsverhältnissen verwendet zu werden. Das Dezibel wird ebenfalls zur Angabe der Schallstärke verwendet, weil das menschliche Ohr entsprechend einer logarithmischen Skala empfindet. Wir erwähnen auch, dass der Rechenschieber auf dem Logarithmus der Basis 10 aufgebaut ist.

Die Berechnungen.

Für die Angabe des Verhältnisses von zwei Leistungen P_1 und P_2 in Bel gilt die folgende Vorschrift:

$$N = \log (P_2 : P_1) = \text{Pegelunterschied in Bel, oder}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 10^N \text{ Bel.}$$

Das Bel stellt aber eine grosse Einheit dar. Es wird daher heute mit Vorliebe mit seinem zehnten Teil gerechnet, dem Dezibel (db). Man kann daher auch schreiben:

$$P_2 : P_1 = 10^{N/10}$$

Ist der Leistungsunterschied z. B. 60 db, so heisst das

$$1 : 10^{60/10} = 1 : 10^6$$

Die Berechnung des Dezibel geschieht bei bekanntem Verhältnis zweier Leistungen P_1 und P_2 nach folgender Vorschrift:

$$N = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \text{ db}$$

Für die Berechnung der Anzahl Dezibel, die einem Verhältnis von zwei Spannungen oder Strömen entsprechen, gilt:

$$N = 20 \cdot \log_{10} \frac{U_1}{U_2} \text{ db}$$

$$N = 20 \cdot \log_{10} \frac{I_1}{I_2} \text{ db}$$

Für Umrechnungen kann man setzen:

$$N = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \text{ db} = 20 \cdot \log \frac{I_1 \cdot \sqrt{R_1}}{I_2 \cdot \sqrt{R_2}} \text{ db}$$

Bei gleichen Widerständen, was vorausgesetzt ist, gilt dann:

$$N = 10 \cdot \log \frac{P_1}{P_2} \text{ db} = 20 \cdot \log \frac{U_1}{U_2} = 20 \cdot \log \frac{I_1}{I_2}$$

Es gilt folgende Regel:

1. Für Strom- und Spannungsverhältnisse entspricht eine Addition von 20 db einer Multiplikation mit 10.

2. Für Leistungsverhältnisse entspricht eine Zunahme von 20 db einer Multiplikation mit 100.

Z. B. sind 66 db über dem Normalniveau folgendermassen definiert:

a) 6 db = 3,981 · Normalniveau.

b) Dazu addiert werden 3 · 20 db = 60 db, was einer Multiplikation mit 100^3 oder 10^6 entspricht.

Die gesuchte Leistung liegt also $3{,}981 \cdot 10^6$mal über dem Normalniveau.

Ein analoges Beispiel kann für die Berechnung der Dezibelwerte unter dem Normalniveau gegeben werden. Z. B. bedeutet — 87 db:

a) Die gesuchte Leistung ist 7 db oder das 0,1995fache des Normalniveaus.

b) Dazu kommt eine Subtraktion von 4 · 20 db oder eine Multiplikation mit 10^{-8}. Die gesuchte Leistung liegt also $0{,}1995 \cdot 10^{-8}$ unter dem Normalniveau.

Für die Berechnung eines Pegelunterschiedes für zwei bekannte Leistungen P_1 und P_2 in Neper gilt die Vorschrift:

$$X \text{ Neper} = \ln \frac{P_2}{P_1} \text{ oder}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = e^x \text{ Neper}$$

(hier ist nun der natürliche Logarithmus mit der Basis $2{,}71 = e$ zu wählen). Zur Umrechnung von Dezibel und Neper dient folgende Tabelle:

Bekannt:	*Multipliziert mit:*	*ergibt:*
Dezibel	0,1151	Dezibel
Neper	8,686	Neper

Tabelle I gibt die wichtigsten Dezibelwerte:

Tabelle 1.

Dezibel unter Normalniveau		Dezibel	Dezibel über Normalniveau	
Spannungs-verhältnis-	Leistungs-verhältnis		Spannungs-verhältnis	Leistungs-verhältnis
1,0	1,0	0	1,0	1,0
0,891	0,794	1,0	1,12	1,25
0,794	0,631	2	1,295	1,585
0,708	0,501	3	1,413	1,995
0,631	0,398	4	1,585	2,512
0,5623	0,3162	5	1,778	3,162
0,5012	0,2512	6	1,995	3,981
0,4467	0,1995	7	2,239	5,012
0,3981	0,1585	8	2,512	6,310
0,3548	0,1259	9	2,818	7,943
0,3162	0,1000	10,0	3,162	10,000
0,2818	0,07943	11,0	3.548	12,59
0,2512	0,06310	12,0	3,981	15,85
0,2239	0,05012	13,0	4,467	19,95
0,1995	0,03981	14,0	5,012	25,12
0,1778	0,03162	15,0	5,623	31,62
0,1585	0,02512	16,0	6,310	39,81
0,1413	0,01995	17,0	7,079	50,12
0,1259	0,01585	18,0	7,943	63,10
0,1122	0,01259	19,0	8,913	79,43
0,1000	0,01000	20,0	10,000	100,00
10^{-2}	10^{-4}	40,0	10^2	10^4
10^{-3}	10^{-6}	60,0	10^3	10^6
10^{-4}	10^{-8}	80,0	10^4	10^8
10^{-5}	10^{-10}	100,0	10^5	10^{10}

Einige praktische Beispiele sollen nun die Anwendungsmöglichkeiten der Dezibelrechnung erläutern.

Beispiel 1.

Empfindlichkeit und Verstärkung eines modernen Superheterodyne-Empfängers.

Die Verstärkung eines modernen Verkehrsempfängers liegt in der Grössenordnung von 140 db. Dieser Wert kann im Laboratorium folgendermassen gemessen werden:

Eingangsspannung (hochfrequent): 1 Mikrovolt = 10^{-6} Volt
Ausgangsleistung: 50 Milliwatt an 1000 Ohm.
Das ohmsche Gesetz ergibt:

$$\frac{U^2}{R} = P; \quad U = \sqrt{PR} = \sqrt{50 \cdot 10^{-3} \cdot 1000} = 7 \text{ Volt}$$

Die Verstärkung beträgt also:

$$N = 20 \cdot \log \frac{U_1}{U_2} = 20 \cdot \log \frac{7{,}0}{1 \cdot 10^{-6}} = 20 \cdot 6{,}84510 = \underline{136{,}9 \text{ db}}$$

136,9 db = totale Verstärkung über 1 Mikrovolt.

Diese totale Verstärkung kann auch durch Addition der Verstärkungen der einzelnen Stufen erhalten werden, wobei die Einzelverstärkungen auf analoge Weise wie die Gesamt-

verstärkung gemessen und berechnet wird. Als Durchschnittswerte für die Verstärkungen der einzelnen Stufen können folgende Werte angenommen werden:

HF-Verstärkerstufe	30 db
1. Detektor	25 db
Zwischenfrequenzstufe	40 db
2. Detektor	25 db
NF-Verstärkerstufe	30 db
Gesamtspannungsverstärkung ca. .	150 db über 1 Mikrovolt.

Beispiel 2.

Dimensionierung von Niederfrequenz-Verstärkern.

a) Ein Niederfrequenzverstärker mit einer Röhre 2A5 soll eine unverzerrte Ausgangsleistung von 3 W abgeben bei einer Eingangsleistung von 1 mW. Wie gross ist die Verstärkung in db?

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{3}{0{,}001} = 3000$$

$$\log 3000 = 3{,}47147$$

$$10 \cdot 3{,}47 = \underline{34{,}71 \text{ db über 1 mW}}$$

b) Ein Niederfrequenzvorverstärker mit einer Röhre 134 wird mit 1 mW ausgesteuert und liefert 1,3 W Ausgangsleistung; wieviel db sind das?

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1{,}3}{0{,}001} = 1300$$

$$\log 1300 = 3{,}11394$$

$$10 \cdot 3{,}11 = \underline{31{,}1 \text{ db Verstärkung}}$$

c) Das umgekehrte Problem — die Umrechnung von Dezibel in Leistung — kann durch folgendes Beispiel illustriert werden. Das Normalniveau sei 1 mW. Es ist aber:

$$N = 10 \log \frac{P_1}{0{,}001} \text{ db}$$

oder zur Bestimmung einer Leistung vereinfacht:

$$P_1 = 0{,}001 \cdot \text{Zahl des log } \frac{N_{db}}{10}$$

Ein Niederfrequenzverstärker habe eine Empfindlichkeit von — 28 db unter dem Normalniveau 6 mW. Wieviel Watt beträgt die Eingangsleistung? Nach der vorstehenden Formel wird

$$-N = \frac{-28}{10} \text{ db}$$

$$P_1 = 0{,}006 \cdot 0{,}00104 = 0{,}00000642 \text{ W} = \underline{0{,}00642 \text{ m W}}$$

d) *Spannungsverstärkung.* Eine Niederfrequenzverstärkerstufe habe einen Eingangstransformator mit dem Uebersetzungsverhältnis von 2 : 1 und einem μ von 45. Wie gross ist die Verstärkung in Dezibel für eine Eingangsspannung von 0,7 V?

Spannungsverstärkung: $2 \cdot 45 \cdot 0{,}7 = 63$ V.

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{63}{0{,}7} = 90$$

$$\log 90 = 1{,}95424$$

$$N = 20 \cdot 1{,}95424 = \underline{39{,}08 \text{ db}} \text{ Verstärkung über 0,7 V}$$

e) *Der Frequenzgang eines Niederfrequenzverstärkers* ist eine graphische Darstellung der Ausgangsleistung in Funktion der Frequenz. Diese Darstellung gibt aber nicht das richtige Bild der Qualität des Verstärkers, da das Ohr nicht nach linearem Maßstab empfindet, sondern nach logarithmischem Maßstab. Die Ausgangsleistung wird daher in Dezibel über einem Normalpegel, z. B. 1 Milliwatt, in Funktion der Frequenz aufgetragen. Moderne Verstärker haben über den Frequenzbereich von 20 ... 15 000 Hz Variationen von höchstens ± 2 db. — Ich erwähne auch, dass das menschliche Ohr Lautstärkeunterschiede von 2 db gerade unterscheiden kann (Fig. 1).

Seltener sind Darstellungen, wo die nominale Ausgangsleistung als 0 db angenommen wird und die Schwankungen der Ausgangsleistungen in bezug auf dieses Normalniveau genommen werden.

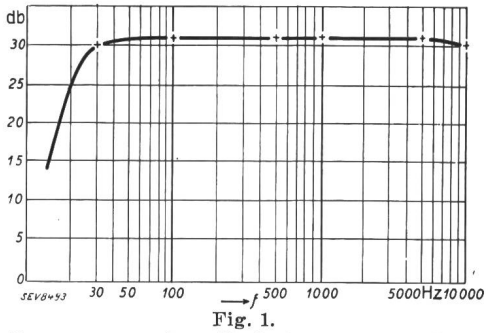


Fig. 1.
Frequenzgang eines Niederfrequenzverstärkers. Leistung P in db über 1 mW.

Beispiel 3.

Mikrophone.

Für alle Mikrophone werden die abgegebenen Spannungen oder Leistungen in Dezibel unter dem Normalniveau 6 mW angegeben. Es gelten heute folgende Durchschnittswerte:

Magnetisches Picup	ca. — 15 db
Reisz-Kohlemikrophon	ca. — 45 db
Piezo-elektrische Mikrophone . .	ca. — 60 db
Elektro-dynamische Mikrophone .	ca. — 85 db
Kondensator-Mikrophone . . .	ca. — 90 db

Je schwächer die abgegebene Leistung ist, desto besser ist der Frequenzgang, bzw. die Wiedergabe dieser Mikrophone.

Häufig wird auch eine Ausgangsspannung von 1 V an den offenen Klemmen des Mikrophons für einen Schalldruck

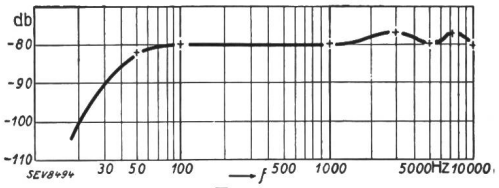


Fig. 2.
Frequenzgang eines elektrodynamischen Mikrophons. Als Nullniveau wird eine Ausgangsspannung von 1 V an den offenen Mikrophonklemmen angenommen, bei einem Schalldruck von 1 Bar.

von 1 dyn/cm² als Bezugsniveau gewählt. Ein Mikrophon mit — 66 db ergibt z. B. bei 1000 Hz und normaler Besprechung von 1 Bar Schalldruck eine Ausgangsspannung vom Werte — 66 db unter 1 V, also $0{,}501 \cdot 10^{-3}$ V an den Klemmen ab (Fig. 2).

Beispiel 4.

Dimensionierung eines Mikrophonverstärkers.

Im Beispiel 1 wurde die Verstärkung einer Niederfrequenzverstärkerstufe mit 30 db angegeben.

Das gilt allgemein als Durchschnitt. Wir ersehen also daraus, dass wir für das obengenannte Kristallmikrophon mit der Empfindlichkeit von — 66 db einen Mikrophonverstärker von mindestens 2 Stufen benötigen, um auf das Normalniveau von 1 mW zu kommen.

Beispiel 5.

In der Elektroakustik wird das Dezibel zur Angabe der Schallstärke benützt. Die Schallstärke ist folgendermassen definiert: Es ist die Energiemenge, die in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung von der Schallwelle transportiert wird. Der Nullpegel wird hier je nach Kontinent verschieden gelegt. In Amerika gilt allgemein eine Schallstärke von 10^{-16} W/cm² als Nullpegel. Dieser Wert entspricht übrigens dem Schwellwert des menschlichen Ohres.

In Europa ist der Nullpegel auf $2{,}5 \cdot 10^{-16}$ W/cm² festgesetzt. Man bezeichnet die Dezibel über diesem Pegel allge-

mein als Phon. Der Nullpegel des Schalldruckes wird damit $0{,}32 \cdot 10^{-3}$ W/cm², denn der Schalldruck einer eben auftreffenden Welle von 1 dyn/cm² entspricht nach Definition einer Schallstärke von 70 Phon, d. h. 70 db über dem Normalniveau $2{,}5 \cdot 10^{-16}$ W/cm².

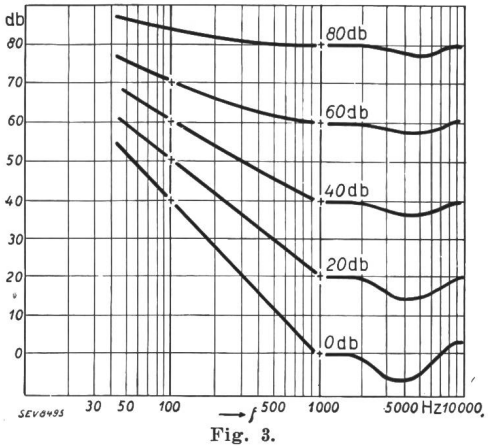


Fig. 3.

Die Schallstärkepegel sind als Funktion der Frequenz aufgetragen Der Nullpegel ist 10^{-16} W/cm². Die Zahlen bei den Kurven bezeichnen den Lautstärkepegel bei 1000 Hz. Man erkennt, dass zu der gleichen Lautstärke bei niedrigen Frequenzen eine viel grössere Schallstärke gehört als bei Frequenzen zwischen 1000 und 5000 Hz.

Allgemein kann gesagt werden, dass das menschliche Ohr gleiche Schallstärke bei verschiedener Frequenz ungleich stark empfindet. So gehört zu einer bestimmten Lautstärke bei niedrigen Frequenzen um 500 Hz eine bedeutend grössere Schallstärke als bei höherer Frequenz, z. B. um 5000 Hz. Der Unterschied beträgt bis zu 60 db, also eine Million (Fig. 3).

Beispiel 6.

Die Ausgangsleistung eines einfachen Kohlenkörner-Mikrophons liegt in der Grössenordnung von 1 mW. Diese Leistung wird oft als Null-Niveau gewählt.

Beispiel 7.

Selektivität eines Empfängers.

Fig. 4 zeigt die Selektivitätskurve eines Empfängers. Die Selektivität wird z. B. folgendermassen definiert: 60 db bei

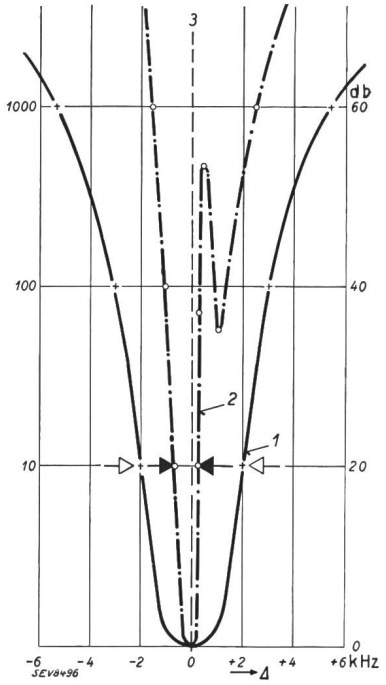


Fig. 4.
Selektivitätskurven von 2 Empfängern. Die Kurve des Normalempfängers mit Bandfilterkurven zeigt eine Selektivität von ± 5 kHz bei einer Verstärkung von 60 db. Der Einsignalempfänger mit Quarzfilter weist eine bedeutend grössere Selektivität auf.
Δ Abweichung von der Resonanzstelle in kHz.
1 Normalempfänger.
2 Einsignalempfänger.
3 Resonanzstelle.

einer Verstimmung von ± 5 kHz. Das heisst: ein Störsender, der mit einer Verstimmung von ± 5 kHz einfällt, muss 60 db stärker sein als der Nutzsender, wenn er die gleiche Ausgangsleistung erzeugen soll wie der Nutzsender und ihn somit stören kann. In der Figur ist die neben der Selektivitätskurve eines Normalempfängers auch diejenige eines «Einsignalempfängers» mit Quarzfilter eingetragen. Die beträchtliche Erhöhung der Selektivität ist hier besonders bemerkenswert.

Beispiel 8.

Richtantennen.

Bei Kurzwellenantennen ergibt eine Anordnung von Dipolen und Reflektoren eine ausgeprägte Richtwirkung. Der Verstärkungsfaktor einer solchen Richtantenne ist die Zunahme der Feldstärke im Vergleich mit einer einfachen Dipolantenne. Bei einer modernen Richtantennenanlage wurden

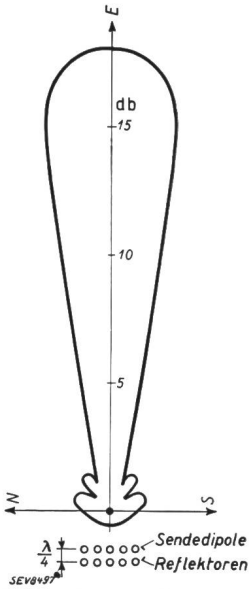


Fig. 5.
Strahldiagramm einer Kurzwellenrichtantenne, bestehend aus einer grösseren Anzahl von Sendedipolen und Reflektordipolen. Der totale Oeffnungswinkel des Strahlenbündels beträgt etwa 20°.

Verstärkungen bis zu 22 db gemessen. Die Feldstärke am Empfangsort wird also ca. 14mal grösser sein als bei Verwendung einer einfachen Dipolantenne am Sendeort (Fig. 5).

Beispiel 9.

An Rundfunksendern wird das Störgeräusch bei Modulation Null in Dezibel angegeben. Dabei wird das Verhältnis der Amplitude der Störspannung zur Amplitude des Trägers bei 100prozentiger Modulation gebildet.

Bei modernen Rundfunksendern werden Werte in der Grössenordnung — 66 db gemessen. Das bedeutet, dass der Effektivwert der Störmodulation den 0,00031fachen Wert der Trägeramplitude bei Modulation 100 % aufweist.

Ist bei unmoduliertem Träger ein schwaches Netzbrummen hörbar, so werden Werte von nur ca. — 30 db gemessen; der Effektivwert des Störgeräusches beträgt also schon 0,031 der Amplitude bei Modulation 100 %.

Diese Beispiele lassen sich durch unzählige weitere aus der Praxis ergänzen. Sie sollen nur die grundsätzlichen Anwendungsmöglichkeiten zeigen.

Literatur.

K. Henney: «The Radio Ingeneering Handbook» 1936.
«Funktechnischer Vorwärts», Heft 24/1937.
Jones: The Radio Handbook 1938 Edition.

Kleine Mitteilungen.

Fernsehen in USA. Die amerikanische National Broadcasting Company, die bereits seit mehreren Monaten einen regelmässigen Fernsehversuchsdienst versieht, spricht sich für eine beschränkte Einführung der kommerziellen Werbung durch das Fernsehen aus, da nur auf diese Weise die nötigen Mittel zur Ausgestaltung der Television gewonnen werden können. Die NBC legt wöchentlich 10 000 bis 15 000 Dollar für ihre Fernseh-Versuchssendungen aus. Wie die RCA (Radio Corporation of America) berichtet, wurden seit April

1939 in ihrem Unternehmen 1500 Fernsehapparate hergestellt, von denen nur 650 verkauft wurden, während die übrigen 750 bei den Radiohändlern blieben. Das Interesse für das Fernsehen ist jedoch sehr gross: gegen 5 Millionen Besucher der New Yorker Weltausstellung wohnten den Fernsehvorführungen bei. Bei Freigabe des Fernsehens durch die Federal Communications Commission erwartet die RCA einen Absatz von 25 000 Apparaten bis Ende dieses Jahres. — *SRD.*

—

Frequenzmodulierte Sender [1]). Das von dem Amerikaner Major Armstrong entwickelte neue System der frequenzmodulierten Sendung findet immer grösseres Interesse. Eine Versuchsreihe mit Hilfe zweier gleich starker Sender des alten und neuen Systems in Schenectady sowie eines weiteren frequenzmodulierten Senders in Albany — alle auf 7,3 m Wellenlänge — ergab folgendes Ergebnis: Die Empfänger, die für das neue System erforderlich sind, entsprechen in ihrer Grösse und im Gewicht den gegenwärtigen Typen. Die Konstruktion eines Senders nach dem Armstrongschen System ergibt keine grösseren Kosten und Komplikationen als die eines normalen Senders; er kann jedoch leichter, kleiner und ökonomischer sein, wenn er die gleiche Leistung erzielen soll. Der Energieverbrauch der neuen Sender ist wesentlich geringer, um ein bestimmtes Gebiet zu versorgen. Bei gleicher Energie ist das Gebiet des guten Empfangs daher wesentlich grösser, wobei die Störungen stark vermindert sind. Auch lassen sich auf einem grösseren Gebiet zahlreiche Armstrong-Sender mit der gleichen Wellenlänge betreiben, ohne sich gegenseitig zu stören. Demnach dürfte das neue System, wie Irwin R. Weir von der General Electric Company in einem Vortrag kürzlich ausführte, allein für den Ultrakurzwellen-Rundspruch in Frage kommen. In New York tagte übrigens kürzlich eine Versammlung der Vertreter von 49 Organisationen, die sich mit der Einführung des neuen Sendesystems befassen. *SRD.*

[1]) Vgl. Bull. SEV 1940, Nr. 8, S. 192.

Wirtschaftliche Mitteilungen. — Communications de nature économique.

Comparaison des frais d'exploitation des camions actionnés à l'électricité, à l'essence et à l'huile lourde.

Les véhicules à accumulateurs électriques sont particulièrement appropriés au transport des marchandises en ville et en banlieue, lorsque les arrêts sont fréquents. Une charge des accumulateurs correspond à un rayon d'action de 70 à 80 km. En normalisant les éléments de batteries et en prévoyant un service de changement des batteries analogue à celui des postes de distribution d'essence, ce rayon d'action pourrait être sensiblement augmenté, mais il faudrait pour cela que le nombre des véhicules à accumulateurs soit considérable. L'emploi généralisé de ces véhicules serait également précieux pour notre défense nationale. Il est en effet absolument nécessaire que la vie économique puisse être assurée en tout temps grâce au transport des matières premières, des denrées alimentaires, des combustibles, etc. Ces livraisons peuvent se faire parfaitement avec des véhicules électriques alimentés par l'électricité produite dans le pays même et qui n'utilisent donc pas de carburant utile à notre défense nationale. Les belligérants attachent une très grande importance à ce genre de véhicules, preuve en soit la brochure «Die kriegswirtschaftliche Bedeutung der Elektrofahrzeuge» (L'importance économique des véhicules électriques en temps de guerre) publiée à la fin de 1939 par la deutsche Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Elektrowirtschaft (Association allemande pour l'action en faveur de l'économie électrique).

En Suisse, on s'est également occupé avant la guerre de l'emploi plus généralisé des véhicules électriques. Nous rappelons à ce propos l'assemblée de discussion de l'ASE et de l'ASAE du 29 avril 1933, à Zurich, dont le compte-rendu figure dans le Bulletin ASE 1933, No. 24, et dans un tirage à part. L'Association Suisse pour l'Aménagement des Eaux s'est mise à nouveau en rapport avec l'UCS, et la Commission des tarifs de l'UCS étudie actuellement la tarification de l'énergie destinée aux véhicules à accumulateurs. En 1939, l'ASAE a collationné les expériences faites jusqu'ici dans ce domaine, afin d'obtenir un aperçu des conditions d'exploitation des camions alimentés par divers agents moteurs.

Les recherches ont porté sur des camions de 5 tonnes utiles, qui furent tous continuellement en service pendant 5 ans, soient

2 camions à accumulateurs électriques,
1 camion à moteur Diesel (huile lourde),
8 camions à moteur à explosion (essence).

On a établi pour chacun des trois types de véhicules les moyennes annuelles. Le trafic annuel moyen étant différent selon les types de véhicules, la consommation d'agent moteur et les frais d'exploitation ont été rapportés à un trafic de 90 000 tonnes-kilomètres par an, en admettant que la consommation d'agent moteur, les réparations et l'usure des pneus sont en rapport direct avec le trafic en tkm. Les résultats ainsi obtenus sont groupés dans le tableau suivant:

Données relatives à des camions de 5 t de charge utile.

	électriques		à Diesel		à essence	
Agent moteur . . .	Electricité		Huile lourde		Essence	
Prix d'achat	fr. 30 000		fr. 42 000		fr. 30/35 000	
Trafic annuel . . .	90 000 tkm		90 000 tkm		90 000 tkm	
Consommation par 100 tkm . . .	25,686 kWh		3,879 kg		6,397 kg	
Frais d'exploitation annuels:	fr.	%	fr.	%	fr.	%
Agent mot. et matériel	1 161	6,9	780	6,0	2 425	18,6
Entretien et réparations	7 863	46,8	1 610	12,4	1 936	14,9
Pneus	782	4,7	473	3,7	772	5,9
Garage	500	3,0	500	3,8	500	3,8
Impôts et assurance .	511	3,0	1 261	9,7	1 116	8,6
Intérêts et amortissem.	5 973	35,6	8 362	64,4	6 271	48,2
Total	16 790	100,0	12 986	100,0	13 020	100,0
Frais d'exploitation p. 100 tkm (s. salaires) .	fr. 18,66		fr. 14,43		fr. 14,47	
Frais d'agent moteur . . p. 100 tkm (mat.y compr.)	fr. 1,290		fr. 0,867		fr. 2,694	
Prix de l'agent moteur . .	fr. 0,05/kWh		fr. 0,22/kg		fr. 0,42/kg	

Ce tableau montre que, pour un même trafic de 100 tonnes-kilomètres, les rapports entre les divers agents moteurs sont les suivants:

Pour un trafic de 100 tkm, la consommation atteint:
25,686 kWh d'électricité ou
3,879 kg d'huile lourde ou
6,397 kg d'essence.

Ce qui revient à dire que, pour un même trafic,
1 kWh d'électricité peut être remplacé par 0,151 kg d'huile lourde ou par 0,249 kg d'essence,
1 kg d'huile lourde peut être remplacé par 6,62 kWh d'électricité,
1 kg d'essence peut être remplacé par 4,02 kWh d'électricité.

En se basant sur ces chiffres, le remplacement de 100 camions à moteur Diesel et de 100 camions à moteur à essence assumant un trafic annuel de 90 000 tkm par camion permet de remplacer env. 349,1 tonnes d'huile lourde et env. 575,7 tonnes d'essence par 4,62 millions de kWh. L'emploi accru de camions à accumulateurs permettrait donc d'utiliser une grande quantité d'énergie électrique, principalement pendant les heures de nuit.

Le tableau ci-dessus montre d'autre part que pour un même trafic et pour un prix de 5 ct./kWh pour l'énergie électrique, de 22 ct./kg pour l'huile lourde et de 42 ct./kg pour l'essence, les frais d'agent moteur pour les véhicules électriques sont d'env. 50 % plus élevés que pour les véhicules à moteur Diesel et d'env. 50 % moins élevés que pour

(Suite à la page 214)

Extrait des rapports de gestion des centrales suisses d'électricité.

(Ces aperçus sont publiés en groupes de quatre au fur et à mesure de la parution des rapports de gestion et ne sont pas destinés à des comparaisons.)

On peut s'abonner à des tirages à part de cette page.

	Kraftwerke Sernf-Niederenbach A.-G.		Aarewerke A.-G. Aarau		Elektrizitätswerk Jona-Rapperswil A.-G., Jona		Aargauisches Elektrizitätswerk Aarau	
	1938/39	1937/38	1938/39	1937/38	1938/39	1937/38	1938/39	1937/38
1. Production d'énergie . kWh	**79 024 680**	80 365 130	**217 413 860**	210 301 060	**901 330**	801 040	**11 830 192**	9 512 752
2. Achat d'énergie . . . kWh	**5 465 441**	1 513 337	**0**	0	**4 167 050**	3 933 000	**138 451 198**	135 130 350
3. Energie distribuée . . kWh	**77 023 562**	74 912 382	**216 945 660**	209 674 360	**4 642 230**	4 405 610	**150 281 390**	144 643 102
4. Par rapp. à l'ex. préc. . %	**+ 2,74**	+ 0,52	**+ 3,47**	— 18,42	**+ 5,37**	+ 11,25	**+ 3,9**	+ 7,1
5. Dont énergie à prix de déchet . . . . . kWh	**41 434 188**	41 049 285	—	—	**0**	0	**21 330 000**	20 294 655
11. Charge maximum . . kW	**24 600**	21 500	1)	1)	**1 290**	1 220	**32 500**	31 000
12. Puissance installée totale kW	1)	1)	1)	1)	**9 430**	8 545	**231 700**	223 000
13. Lampes . . . . . nombre	1)	1)	1)	1)	**36 919**	36 227	**622 000**	605 000
13. Lampes . . . . . kW	1)	1)	1)	1)	**1 555**	1 534	**23 200**	22 500
14. Cuisinières . . . . nombre	1)	1)	1)	1)	**207**	184	**12 100**	11 400
14. Cuisinières . . . . kW	1)	1)	1)	1)	**1 210**	1 075	**63 000**	59 000
15. Chauffe-eau . . . . nombre	1)	1)	1)	1)	**383**	352	**9 700**	9 250
15. Chauffe-eau . . . . kW	1)	1)	1)	1)	**491**	463	**9 850**	9 200
16. Moteurs industriels . nombre	1)	1)	1)	1)	**885**	839	**26 500**	25 500
16. Moteurs industriels . kW	1)	1)	1)	1)	**3 248**	3 087	**83 500**	81 500
21. Nombre d'abonnements . . .	1)	1)	1)	1)	**2 349**	2 298	**23 500**	22 410
22. Recette moyenne par kWh cts.	**2,16**	2,14	**1,81**	1,81	**9,7**	9,8	**4,47**	4,40
Du bilan:								
31. Capital social . . . . . fr.	**7 500 000**	7 500 000	**16 800 000**	16 800 000	**600 000**	600 000	—	—
32. Emprunts à terme . . . »	**11 000 000**	11 000 000	**18 592 000**	19 082 000	**475 000**	475 000	—	—
33. Fortune coopérative . . . »	—	—	—	—	—	—	—	—
34. Capital de dotation . . . »	—	—	—	—	—	—	**8 000 000**	13 000 000
35. Valeur comptable des inst. »	**21 641 500**	21 583 038	**40 752 382**	40 713 607	**1 091 390**	1 105 176	**1 804 517**	2 331 699
36. Portefeuille et participat. »	—	—	**98 656**	—	**10 100**	10 100	**8 242 837**	8 870 948
377. Fonds de renouvellement »	**1 368 000**	1 195 000	**3 934 343**	2 871 368	**24 000**	74 000		
Du Compte Profits et Pertes:								
41. Recettes d'exploitation . fr.	**1 826 928**	1 750 628	**3 920 135**	3 806 480	**484 362**	466 050	**6 741 745**	6 371 328
42. Revenu du portefeuille et des participations . . . »	—	—	—	—	—	—	**372 992**	630 326
43. Autres recettes . . . . »	**14 010**	14 012	**28 727**	76 232	**46 488**	63 361	**114 404**	109 010
44. Intérêts débiteurs . . . »	**490 046**	506 776	**1 005 711**	1 056 524	**16 942**	16 775	**616 592**	769 145
45. Charges fiscales . . . . »	**182 275**	200 006	**453 300**	438 531	**14 326**	15 039	—	—
46. Frais d'administration . . »	**35 005**	24 445	**134 238**	139 418	**67 714**	65 875	**326 687**	334 957
47. Frais d'exploitation . . . »	**589 844**	549 507	**131 613**	153 859	**36 636**	36 114	**581 431**	632 692
48. Achats d'énergie . . . . »		—	**0**	0	/	/	**4 198 719**	3 937 657
49. Amortissements et réserves »	**296 753**	255 225	**1 090 000**	1 090 000	**121 094**	117 462	**1 253 621**	1 218 797
50. Dividende . . . . . »	**225 000**	225 000	**1 134 000**	1 134 000	**38 298**	38 298	—	—
51. En % . . . . . %	**3**	3	**6 3/4**	6 3/4	**6**	6	—	—
52. Versements aux caisses publiques . . . . . fr.	—	—	—	—	**1 141** 2)	1 407	**250 000**	225 000
53. Fermages . . . . . »	—	—	—	—	—	—	—	—
Investissements et amortissements:								
61. Investissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . . fr.	**21 641 500**	21 583 038	**?**	?	**2 340 673**	2 616 969	—	—
62. Amortissements jusqu'à fin de l'exercice . . . . . »	**365 351**	312 838	**?**	?	**1 249 282**	1 511 793	—	—
63. Valeur comptable . . . »	**21 276 149**	21 270 200	**?**	?	**1 091 390**	1 105 176	—	—
64. Soit en % des investissements	**98,31**	98,55	**?**	?	**46**	42	—	—

1) Pas de vente au détail.

2) Réduction pour l'éclairage des voies publiques environ 50 %.

Statistique de l'énergie électrique

des entreprises livrant de l'énergie à des tiers.

Elaborée par l'Office fédéral de l'économie électrique et l'Union des Centrales Suisses d'électricité.

Cette statistique comprend la production d'énergie de toutes les entreprises électriques livrant de l'énergie à des tiers et disposant d'installations de production d'une puissance supérieure à 300 kW. On peut pratiquement la considérer comme concernant *toutes* les entreprises livrant de l'énergie à des tiers, car la production des usines dont il n'est pas tenu compte ne représente que 0,5 % environ de la production totale.

La production des chemins de fer fédéraux pour les besoins de la traction et celle des entreprises industrielles pour leur consommation propre ne sont pas prises en considération. Une statistique de la production et de la distribution de ces entreprises paraît une fois par an dans le Bulletin.

Mois	Production et achat d'énergie											Accumulat. d'énergie				Exportation d'énergie	
	Production hydraulique		Production thermique		Energie achetée aux entreprises ferroviaires et industrielles		Energie importée		Energie fournie aux réseaux		Différence par rapport à l'année précédente	Energie emmagasinée dans les bassins d'accumulation à la fin du mois		Différences constatées pendant le mois — vidange +remplissage			
	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40		1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40
	en millions de kWh										%	en millions de kWh					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Octobre . . .	471,1	511,4	0,3	0,2	5,4	5,0	0,8	5,7	477,6	522,3	+ 9,5	653	730	− 35	+ 15	136,3	145,0
Novembre .	421,0	530,1	1,6	0,4	2,5	3,5	4,8	11,5	429,9	545,5	+26,9	541	718	−112	− 12	109,6	146,7
Décembre .	419,5	574,5	5,4	0,8	2,5	3,4	9,9	5,7	437,3	584,4	+33,6	411	603	−130	−115	101,3	156,0
Janvier . . .	406,4	544,5	4,7	2,0	2,4	2,3	11,2	4,1	424,7	552,9	+30,2	317	402	− 94	−201	96,9	144,7
Février . .	380,9	476,1	2,0	0,9	2,2	2,6	7,8	6,1	392,9	485,7	+23,6	207	271	−110	−131	95,6	131,7
Mars	455,0		0,7		3,7		6,1		465,5			130	226	− 77	− 45	131,5	
Avril	460,4		0,3		2,7		0,8		464,2			170		+ 40		141,0	
Mai	489,8		0,7		3,3		1,1		494,9			229		+ 59		147,5	
Juin	486,2		0,4		3,0		0,1		489,7			413		+184		148,0	
Juillet	497,4		0,2		4,2		—		501,8			580		+ 167		151,5	
Août	496,6		0,3		4,7		—		501,6			696		+ 116		153,4	
Septembre .	462,0		0.1		5,6		0,1		467,8			715		+ 19		150,7	
Année	**5446,3**		16,7		42,2		42,7		**5547,9**			775[4])	775[4])	—		**1563,3**	
Octob.-Fév. .	**2098,9**	**2636,6**	14,0	4,3	15,0	16,8	34,5	33,1	**2162,4**	**2690,8**	+24,4					539,7	724,1

Mois	Distribution d'énergie dans le pays																
	Usages domestiques et artisanat		Industrie		Electro-chimie, métallurgie, thermie		Chaudières électriques[1])		Traction		Pertes et énergie de pompage[2])		Consommation en Suisse et pertes: *sans* les chaudières et le pompage		Consommation en Suisse et pertes: *avec* les chaudières et le pompage		Différence par rapport à l'année précédente[3])
	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	1938/39	1939/40	
	en millions de kWh																%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Octobre . . .	114,8	124,5	57,3	56,8	39,5	55,1	43,6	55,6	25,6	26,2	60,5	59,1	290.5	317,0	341,3	377,3	+10,5
Novembre .	123,6	126,2	60,1	61,0	42,4	61,1	16,3	60,1	24,6	30,9	53,3	59,5	301,0	335,9	320,3	398,8	+24,5
Décembre .	137,6	142,3	62.2	63,8	40,8	65,3	10,7	58,7	29,0	35,1	55,7	63,2	323,7	367,5	336,0	428,4	+27,5
Janvier . . .	130,8	152,8	59,4	70,7	45,7	63,8	11,2	23,9	27,8	33,2	52,9	63,8	313,9	383,5	327,8	408,2	+24,5
Février . . .	115,8	132,1	53,5	64,6	41,1	55,1	11,6	14,1	28,1	32,5	47,2 (1,6)	55,6 (1,3)	284,1	338,6	297,3	354,0	+19,1
Mars	125,0		57,3		48,1		16,1		33,2		54,3		314,8		334,0		
Avril	106,2		53,0		47,9		37,5		24,3		54,3		278,3		323,2		
Mai	113,0		56,1		53,4		46,7		19,3		58,9		294,6		347,4		
Juin	105,0		56,8		43,9		55,0		24,5		56,5		280,4		341,7		
Juillet	107,6		57,0		48,7		52,9		23,2		60,9		285,7		350,3		
Août	111,9		58,2		48.3		51,1		21,8		56,9		290,0		348,2		
Septembre .	107,2		50,5		40,3		51,7		16,9		50,5		259,9		317,1		
Année	**1398,5**		681,4		540,1		404,4		298,3		661,9 (62,6)		**3516,9**		**3984,6**		
Octob.-Fév. .	622,6	677,9	292,5	316,9	209,5	300,4	93,4	212,4	135,1	157,9	269,6 (16,1)	301,2 (11,8)	**1513,2**	**1742,5**	**1622,7**	**1966,7**	+21,2

[1]) Chaudières à électrodes.
[2]) Les chiffres entre parenthèses représentent l'énergie employée au remplissage des bassins d'accumulation par pompage.
[3]) Colonne 17 par rapport à la colonne 16.
[4]) Energie accumulée à bassins remplis.
En 1939/40 les mêmes centrales que l'année précédente sont en service.

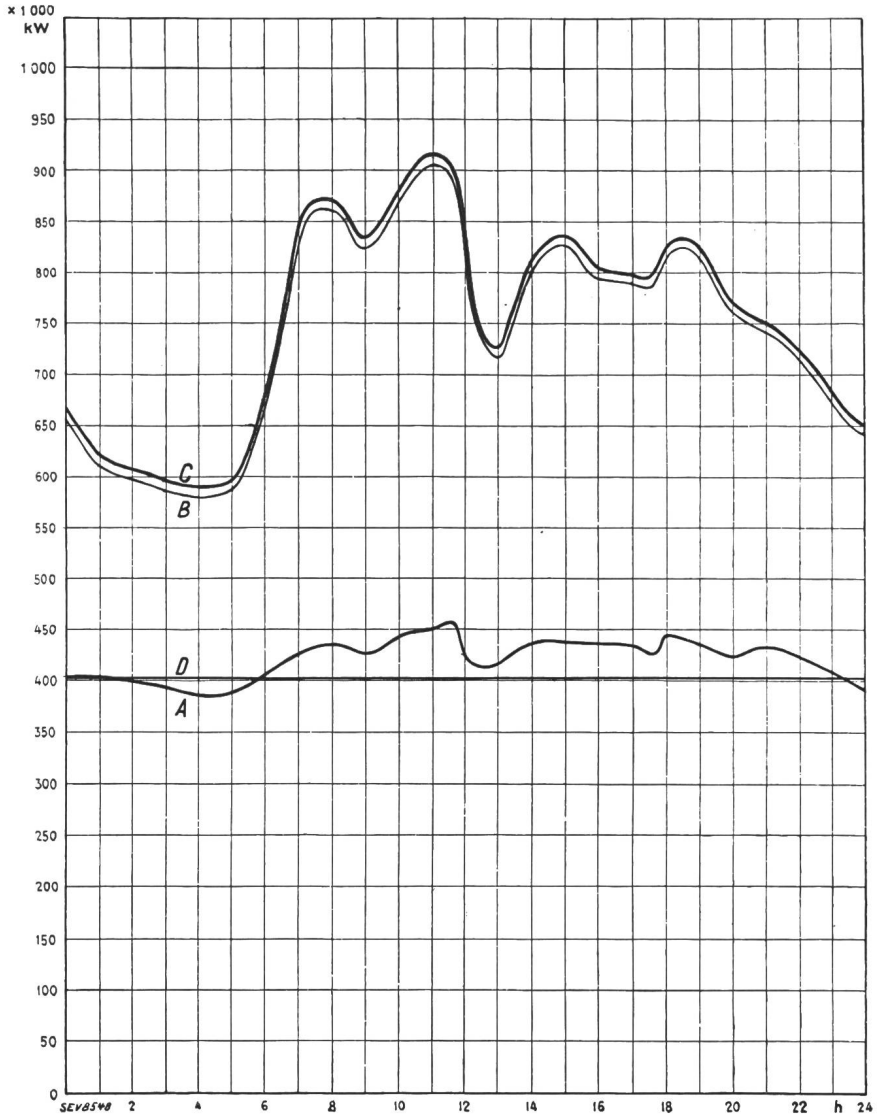


Diagramme de charge journalier du mercredi 14 Février 1940.

Légende:

1. Puissances disponibles: 10^3 kW

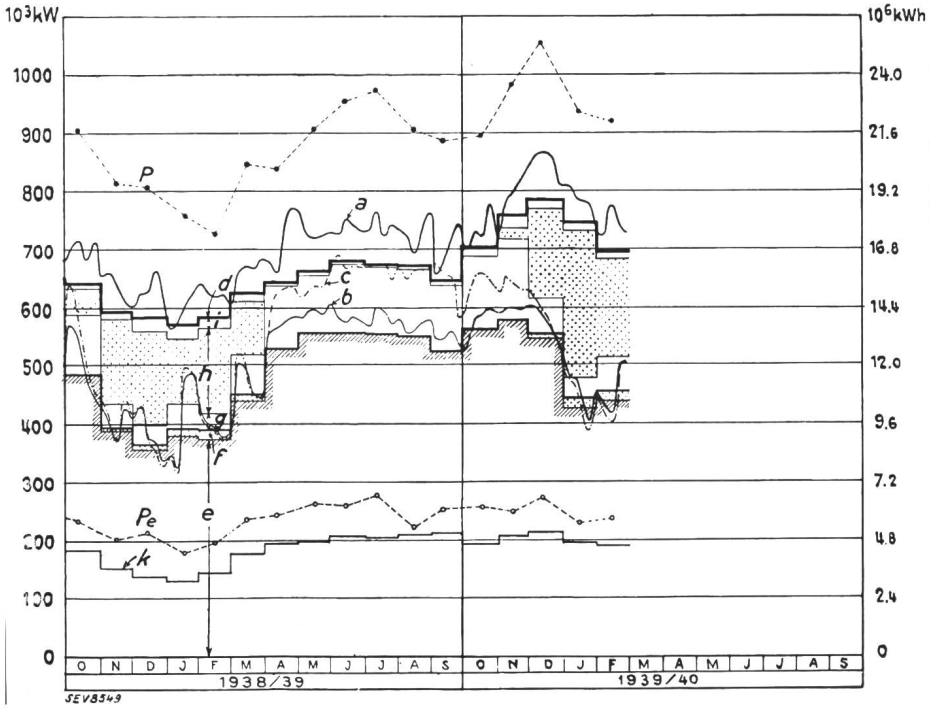
Usines au fil de l'eau, disponibilités d'après les apports d'eau naturels (O—D)	401
Usines à accumulation saisonnière (au niveau max.)	648
Usines thermiques	107
Total	1156

2. Puissances constatées:

O—A Usines au fil de l'eau (y compris usines à bassin d'accumulation journalière et hebdomadaire)
A—B Usines à accumulation saisonnière.
B—C Usines thermiques + livraisons des usines des CFF, de l'industrie et importation.

3. Production d'énergie: 10^6 kWh

Usines au fil de l'eau	10,0
Usines à accumulation saisonnière	8,2
Usines thermiques	—
Livraison des usines des CFF, de l'industrie et importation	0,3
Total, le mercredi 14 février 1940	18,5
Total, le samedi 17 février 1940	17,4
Total, le dimanche 18 février 1940	13,0



Production du mercredi et production mensuelle.

Légende:

1. Puissances maximum:

P de la production totale;
P_e de l'exportation.

2. Production du mercredi:
(puissance moyenne ou quantité d'énergie)

a totale;
b effective des usines au fil de l'eau;
c possible des usines au fil de l'eau sur la base des débits naturels.

3. Production mensuelle:
(puissance moyenne mensuelle ou quantité journalière moyenne d'énergie)

d totale;
e des usines au fil de l'eau par les apports naturels;
f des usines au fil de l'eau par les apports provenant de bassins d'accumulation;
g des usines à accumulation par les apports naturels;
h des usines à accumulation par prélèvement sur les réserves accumulées;
i des usines thermiques, achats aux entreprises ferroviaires et industrielles, importation;
k exportation;
d—*k* consommation dans le pays.

ceux à moteur à essence. Toutefois, les frais d'énergie électrique pour les véhicules à accumulateurs ne constituent qu'une faible partie des frais d'exploitation; en temps normaux, ils sont d'ailleurs d'une importance secondaire. Depuis la guerre, les prix des carburants ont fortement augmenté. En janvier 1940, 1 kg d'essence coûtait 58,3 ct. et 1 kg d'huile lourde 39,4 ct. (prix en wagon-citerne), tandis que les prix de l'énergie électrique n'avaient pas varié.

Pour les véhicules électriques, les frais d'entretien et de réparations sont sensiblement plus importants que les frais d'énergie, car ils atteignent le 46,8 % des frais d'exploitation totaux, par rapport à 12,4 % pour les véhicules à moteur Diesel et 14,9 % pour ceux à essence. Ces frais élevés sont dûs en majeure partie aux accumulateurs. L'emploi des véhicules électriques ne pourra donc se généraliser que si ces frais peuvent être réduits. *Härry.*

Résultats d'exploitation des chariots électriques à accumulateurs.

Depuis quelques années, l'usage des chariots électriques à accumulateurs est sensiblement plus fréquent en Suisse, ce qui prouve que ces véhicules peuvent rendre de grands services. Ces chariots sont surtout utilisés pour le service des bagages et des paquets dans les gares et pour les services de la voirie. Nous avons pu obtenir les quelques indications suivantes sur les frais d'exploitation de ces véhicules:

Chariots électriques à accumulateurs pour le service des gares.

Prix d'achat d'un chariot fr. 8000.— (prix d'avant-guerre).

Frais d'exploitation annuels:

Energie électrique	fr. 460.—
Réparations (y compris l'entretien des batteries)	» 1695.—
Report	fr. 2155.—
Intérêts et amortissements	» 765.—
Salaires (300 journées de travail)	» 3900.—
Garage, impôts, assurance	» —.—
Total	fr. 6820.—

Chariots électriques à accumulateurs pour le service de la voirie.

	3 chariots pour service en palier fr.	1 chariot pour service en palier fr.	2 chariots pour service en palier et à la montée fr.
Prix d'achat d'un chariot	7 956.—	12 937.—	13 345.— [1])
Frais d'exploitation annuels:			
Energie électrique	498.20	498.20	679.10
Réparations (y compris l'entretien des batteries)	1 817.51	1 817.51	2 149.15
Pneus	169.83	169.83	212.68
Impôts et assurance	331.25	331.25	355.85
Intérêts et amortissements	970.63	1 578.31	1 628.09
Salaires (300 journées de travail)	6 656.—	6 656.—	6.656.—
Totaux	10 443.42	11 051.10	11 680.87

Les frais d'achat d'une installation de redresseur atteignent fr. 3178.—. Dans le cas considéré, l'énergie est fournie au prix de 8 ct./kWh de jour, 4 ct./kWh de nuit en été et 6 ct./kWh de nuit en hiver. La consommation d'énergie de 4 chariots en palier a atteint en 1936/38 74 130 kWh au total. On a constaté que, pour les chariots électriques à accumulateurs, les frais d'énergie électrique sont relativement faibles (13 à 16 % pour un prix moyen) par rapport au total des frais d'exploitation (sans les salaires). Les frais de réparation et d'entretien des batteries constituent une bonne part des frais d'exploitation. *Härry.*

[1]) avec installation de redresseur.

Miscellanea.

Persönliches und Firmen.

(Mitteilungen aus dem Leserkreis sind stets erwünscht.)

Kraftwerk Oberhasli A.-G. Der Verwaltungsrat der Kraftwerke Oberhasli A.-G. übertrug die Bauleitung des Kraftwerkes Innertkirchen den Herren Dr. h. c. A. Kaech, Oberingenieur in Bern, als Bauleiter und H. Juillard, Oberingenieur in Innertkirchen, als Adjunkt des Bauleiters.

Kleine Mitteilungen.

Bombensicheres Kraftwerk in Schaffhausen. Der Stadtrat Schaffhausen unterbreitete dem Grossen Stadtrat eine Vorlage über die Schaffung einer Reserveanlage mit Dieselantrieb in einem bombensicheren Unterstand. Der Kostenvoranschlag beläuft sich auf 190 000 Franken. Die auf 300 kW festgesetzte Leistung der Dieselgruppe entspricht dem Leistungsbedarf der Wasserversorgung, der Spitäler und einiger wichtiger Betriebe, reicht aber nicht aus, um die allgemeine Versorgung aufrechtzuerhalten.

Ein zweites Seekabel der EKZ im Zürichsee. Die Elektrizitätswerke des Kantons Zürich erstellen diesen Sommer zwischen Wädenswil und Männedorf ihre zweite Zürichsee-Kabelleitung, durch die künftig die oberen zürcherischen Gemeinden am rechten Ufer aus dem Unterwerk Wädenswil mit elektrischer Energie versorgt werden sollen. Es werden zwei Stränge verlegt, bestehend je aus einem Sektorkabel von 3·50 mm² Querschnitt. Nennspannung 15 kV, Betriebsspannung 8 kV. Länge des Stranges 3400 m. Gewicht des Stranges ca. 50 t.

Literatur. — Bibliographie.

621.3 *Nr. 1749*

Elektrotechnik. Ein Lehrbuch für den Praktiker. Von *Walter Thomas.* 307 S., A_5, 191 Fig. Verlag der Deutschen Arbeitsfront G. m. b. H., Berlin 1938. Preis: brosch. RM. 6.—; geb. RM. 6.50.

Dieses Buch will dem Praktiker der elektrotechnischen Berufe eine gewisse Grundlage der für seine Arbeit erforderlichen theoretischen Kenntnisse über Elektrotechnik vermitteln. Es soll zudem, wie aus dem Vorwort zu entnehmen ist, auch als Leitfaden für die Durchführung von Lehrgängen in den Kursen der deutschen Arbeitsfront und an Berufsschulen dienen.

Der erste Teil, *Grundlagen der Elektrotechnik*, behandelt Grundgrössen und Grundgesetze, Magnetismus, Elektromagnetismus und Induktion. Im zweiten Teil, *Gleich- und Wechselstromtechnik* betitelt, werden Maschinen, Transformatoren und Gleichrichter besprochen. Die prinzipiellen Schaltungen von einfachen Gleich- und Wechselstromanlagen sind im dritten Teil, *Elektrische Erzeugungs- und Verteilanlagen*, dargestellt. Ein letzter Teil, *Messkunde* bezeichnet, behandelt Messgeräte und Mess-Schaltungen. Die Besprechung des Stoffes erfolgt in einer für den Praktiker geeigneten und im allgemeinen gut verständlichen Form. Ein Teil des Textes ist durch deutliche Figuren vorteilhaft erläutert. Ausserdem sind viele Rechenbeispiele und Uebungsaufgaben eingefügt, die, zusammen mit den im Anhang kurz besprochenen Lösungen, besonders bei Selbststudium eine Erprobung und Vertiefung des Stoffes ermöglichen. *A. D.*

621.315.37 *Nr. 1734*

Das Verlegen von Starkstromanlagen. Von *Wilhelm Blatzheim.* 234 S., 16 × 23 cm, 320 Fig. Verlag: B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1938. Preis: kart. RM. 5.40; für das Ausland RM. 4.05.

Das vorliegende Werk kann als nützlicher Ratgeber des Elektroinstallateurs und -monteurs gelten. Allerdings ist darauf hinzuweisen, dass auch dieses Buch auf die deutschen Vorschriften und Normen abstellt; beim Gebrauch in der Schweiz sind deshalb stets die Hausinstallationsvorschriften

des SEV und die übrigen in der Schweiz gültigen Vorschriften zum Vergleich beizuziehen.

30 Seiten sind dem ganzen Gebiet der Lichttechnik gewidmet, was uns von ganz besonderem Nutzen scheint; 50 Seiten gelten dem Verlegen von Leitungen in Gebäuden, 11 Seiten den Bleikabeln, 25 Seiten den Schaltern, Steckkontakten, Sicherungen, Verteiltafeln, Fassungen, Steigleitungen und Hausanschlussleitungen, 20 Seiten den Freileitungen, 15 Seiten den Isolationsmessungen und den Schutzmassnahmen und 70 Seiten der Verteilung der elektrischen Energie und der Berechnung elektrischer Leitungen. Eine Reihe von durchgerechneten Beispielen bringen die Materie dem Praktiker nahe.

Br.

Marque de qualité, estampille d'essai et procès-verbaux d'essai de l'ASE.

IV. Procès-verbaux d'essai.

(Voir Bull. ASE 1938, No. 16, p. 449.)

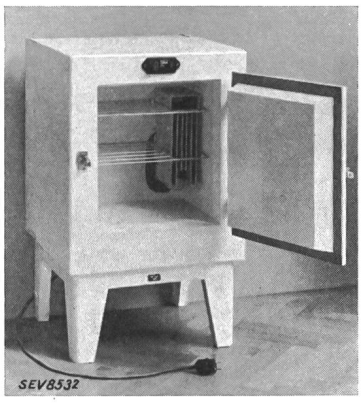
P. No. 123.

Objet: Armoire frigorifique électrique.

Procès-verbal d'essai ASE: O. No. 15946, du 28 mars 1940.
Commettant: *Albert Germann, Zurich.*

Inscriptions:

Odag
V 220 W 100
No. 9
N.H.³



Description: Armoire frigorifique à absorption; fonctionnement continu, refroidissement à air, selon figure.

Dimensions:

intérieures:

hauteur	396
largeur	360
longueur	253

extérieures:

hauteur	845
largeur	530
longueur	510

Volume intérieur utile: 30 dm³. Agent réfrigérant: ammoniaque. Poids: 44 kg.

L'armoire frigorifique est conforme aux «Conditions techniques pour armoires frigorifiques de ménage» (publ. No. 136 f).

P. No. 124.

Objet: Chauffe-eau électrique à accumulation.

Procès-verbal d'essai ASE: O. No. 15978, du 28 mars 1940.
Commettant: *Hs. Müller & Cie., Lucerne.*

Inscriptions:

Haffa
No. 3512
Volt 380
K. W. 0.6
Inhalt Lt. 50
Jahr 1940
Prüf- und Betr.-Druck 12:6 Atü
Hs. Müller & Cie. Luzern
Therm. elektr. Apparate.

Description: Chauffe-eau à accumulation et à pression de forme ronde pour montage mural, d'une contenance de 50 l. Dimensions extérieures: diamètre 420 mm; hauteur totale 995 mm. Poids: 48 kg (à vide).

Le réservoir cylindrique est en tôle de fer zinguée. Le corps de chauffe et le régulateur de température avec dispositif de sûreté contre l'échauffement anormal sont fixés à la plaque de fermeture (chacun d'eux est logé dans un tuyau qui pénètre par le bas dans le réservoir). Borne de mise à la terre séparée. Calorifugeage au moyen de liège granulé, grossier et torréfié. Fermeture inférieure vissée à l'enveloppe du chauffe-eau.

Le chauffe-eau est conforme aux «Conditions techniques pour chauffe-eau électriques à accumulation» chapitre A (publ. No. 145 f).

P. No. 125.

Objet: Disjoncteur d'installation à socle.

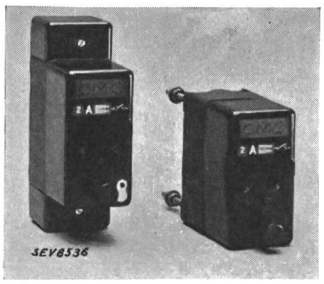
Procès-verbal d'essai ASE: O. No. 15960, du 12 avril 1940.
Commettant: *Charles Maier & Cie., Schaffhouse.*

Inscriptions:

CMC 2 A 250 V ⎓ 500 V ~

Désignation: Disjoncteurs d'installation à socle pour 2 A, utilisables à titre de coupe-circuit de distribution ou de groupe et d'interrupteurs.

a) Disjoncteurs sans ou avec sectionneur du neutre, pour raccordement par devant: ISSv 2 ou ISSvo 2,
b) Disjoncteurs sans ou avec sectionneur du neutre, pour raccordement par derrière: ISSh 2 ou ISSho 2.



Description: Disjoncteurs d'installation unipolaires à socle, selon figure, à déclenchement thermique et électromagnétique. Commande par boutons poussoirs. Sectionneur du neutre verrouillé avec le bouton d'enclenchement. Socle en matière céramique, cape et boutons en matière isolante moulée.

Les disjoncteurs sont conformes aux «Conditions techniques pour disjoncteurs d'installation» (publ. No. 130 f) et aux «Normes pour interrupteurs (publ. No. 119 f). Utilisation: à titre de coupe-circuit de distribution ou de groupe et d'interrupteurs dans les installations à courant continu et alternatif.

P. No. 126.

Objet: Chauffe-eau électrique à accumulation.

Procès-verbal d'essai ASE: O. No. 15982, du 3 avril 1940.
Commettant: *A. W. Widmer, Zurich.*

Inscriptions
sur la plaquette (fixée à la fermeture inférieure):

E. Boller & Cie., Wädenswil
No. 4158 Ltr. 50
V. 220 W. 600
Probedruck atm. 12
Betriebsdruck atm. 6
Geprüft 16. 3. 40.

Sur l'enveloppe extérieure:

50 l

Description. Chauffe-eau à accumulation et à pression de forme ronde, pour montage mural, d'une contenance de 50 l.

Dimensions extérieures: diamètre 400 mm; hauteur totale 1010 mm. Poids: 32 kg (à vide). Le réservoir cylindrique est en tôle de fer zinguée. Le corps de chauffe et le régulateur de température avec dispositif de sûreté contre l'échauffement anormal sont fixés à la plaque de fermeture (chacun d'eux est logé dans un tuyau qui pénètre par le bas dans le réservoir). Borne de mise à terre séparée. Calorifugeage au moyen de liège granulé, grossier et torréfié. Fermeture inférieure fixée par le tuyau d'écoulement. Le flasque mobile permet un raccordement à la conduite d'eau de n'importe quel côté.

Le chauffe-eau est conforme aux «Conditions techniques pour chauffe-eau électriques à accumulation», chapitre A (publ. No. 145 f).

Communications des organes des Associations.

Les articles paraissant sous cette rubrique sont, sauf indication contraire, des communiqués officiels du Secrétariat général de l'ASE et de l'UCS.

Nécrologie.

Le 12 avril 1940 est décédé à l'âge de 72 ans Monsieur *Emile Zimmermann*, ing., à Berne, membre de l'ASE depuis 1903. Nos sincères condoléances à la famille en deuil.

Un article nécrologique suivra.

Journée de discussion de l'ASE sur la télémesure, le téléréglage et la télécommande.

La journée de discussion annoncée au Bulletin ASE 1940, Nos. 7 et 8, aura lieu le samedi 25 mai 1940 à Zurich.

Différentes conférences et interventions sont déjà annoncées. Les membres de l'ASE et de l'UCS qui désireraient encore apporter une contribution à la discussion sont priés d'en indiquer *dans le plus bref délai* le titre et le contenu au secrétariat général de l'ASE et de l'UCS.

Le programme définitif de cette manifestation sera publié dans le prochain numéro du Bulletin.

Membres de l'ASE dont l'adresse est inconnue.

Des envois à certains membres de l'ASE nous sont revenus pour adresse inconnue. En voici la liste avec la dernière adresse connue:

1° M. P. L. J. Coebergh, ing., Cederlaan 52, Wilryck (Belgique).

2° M. V. Riccioni, direttore, Servici elettr., Papigno (Terni), Italie.

3° M. Emile Pellisier, dir. techn. de la Sté Alsacienne et Lorraine d'Electricité, 23, rue Herder, Strasbourg (France).

Les lecteurs du Bulletin qui connaîtraient la nouvelle adresse de l'un ou l'autre de ces membres sont priés de nous la communiquer.

Secrétariat général de l'ASE et de l'UCS.

Commission des normes de l'ASE et de l'UCS.

Dans sa 122e séance du 4 avril 1940, la commission des normes étudia les observations formulées au sujet des dispositions pour prises d'appareils 250 V 6 A 2 P + T, 500 V 10 A 3 P + T, 250 V 2,5 A 2 P et 380 V 10 A 2 P + T publiées dans le Bulletin ASE 1939, No. 26, et 1940, No. 5, ainsi qu'un projet de nouvelles normes pour prises d'appareils englobant les prises mentionnées ci-dessus et la prise 250 V 10 A, 2 P + T déjà normalisée antérieurement. Les nouvelles normes furent mises au point, de sorte qu'elles purent être transmises à la commission d'administration de l'ASE et de l'UCS pour approbation et mise en vigueur au 1er mai 1940. La commission liquida également un projet de nouvelles normes pour coupe-circuit complétées par des dispositions relatives aux coupe-circuit à broches pour 500 V 35 à 60 A, aux fusibles D pour 500 V 80 à 200 A, aux fusibles Mignon pour 250 V jusqu'à 10 A et aux fusibles pour 250 V jusqu'à 6 A destinés aux prises à fusible 250 V 6 A, et décida de le transmettre à la commission d'administration pour approbation et mise en vigueur au 1er mai 1940. Elle prit ensuite connaissance des travaux préliminaires entrepris en vue de l'établissement de prescriptions pour l'essai des coupe-circuit à retardement et à haut pouvoir de rupture. Une discussion nourrie suivit au sujet de l'admission de prises de courant non conformes aux normes de l'ASE et aux normes de dimensions SNV pour des réparations ou des adjonctions peu importantes aux installations déjà équipées de ces prises. Il fut suggéré de fixer un délai après lequel seules des prises conformes aux normes seront admises, même pour ces réparations et adjonctions. Un rapport détaillé paraîtra dans le Bulletin à ce sujet. A la demande réitérée des fabricants, la commission décida qu'à l'avenir les interrupteurs pour cuisinières ne seront soumis qu'à 100 000 (au lieu de 200 000) changements de position, lors de l'essai de tenue en service. En outre, lors de l'essai de résistance à l'humidité, ces interrupteurs ne seront pas traités comme des interrupteurs pour locaux humides, mais comme ceux pour locaux secs. Finalement, la commission décida d'établir des prescriptions pour l'essai des interrupteurs insérés dans des lignes mobiles et des interrupteurs montés dans les lampes à pied.

Comité Technique 8 du CES.

Tensions et courants normaux, isolateurs.

Le Comité Technique 8 du CES a tenu sa 15e séance le 16 avril 1940 à Zurich, sous la présidence de M. A. Roth, Aarau. Il examina à nouveau le projet de règles de l'ASE concernant les valeurs normales des tensions, courants et fréquences pour installations électriques (voir Bulletin ASE 1939, No. 7, p. 197). Il liquida ensuite le projet de directives de l'ASE pour isolateurs à haute tension pour lignes aériennes; ce projet sera soumis au CES qui décidera de sa publication au Bulletin ASE.

Comité Technique 20 du CES.

Câbles électriques.

Le Comité Technique 20 du CES a tenu sa 6e séance le 23 avril 1940 à Berne, sous la présidence de M. P. E. Schneeberger, Brougg. Il liquida le projet de directives pour câbles à haute tension; ce projet sera transmis au CES qui décidera de sa publication au Bulletin ASE.

Il discuta ensuite son programme d'action future.

Admission de systèmes de compteurs d'électricité à la vérification.

En vertu de l'article 25 de la loi fédérale du 24 juin 1909 sur les poids et mesures, et conformément à l'article 16 de l'ordonnance du 23 juin 1933 sur la vérification des compteurs d'électricité, la commission fédérale des poids et mesures a admis à la vérification le système de compteur d'électricité suivant, en lui attribuant le signe de système indiqué:

Fabricant: *Landis & Gyr A.-G., Zug.*

S 2 Adjonction au
Compteur à induction à un système moteur, type CB17, de 15 périodes/s et plus.

Berne, le 27 mars 1940.

Le président de la commission fédérale
des poids et mesures,
J. Landry.