

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 46 (1955)  
**Heft:** 19  
  
**Rubrik:** Mitteilungen SEV

### **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**

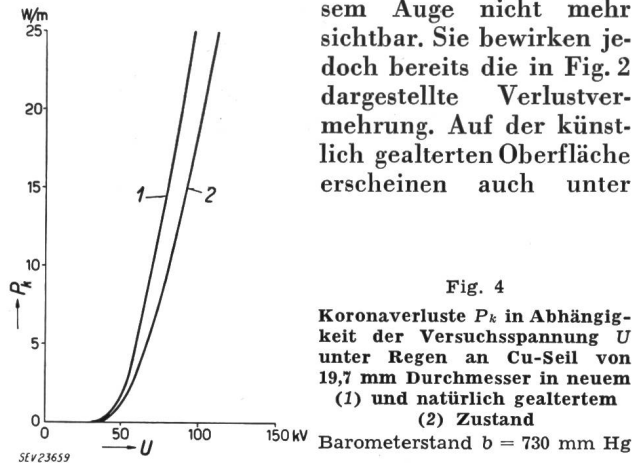
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media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

**Download PDF:** 16.02.2026

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

fläche des Leiters im fabrikenen Zustand (Aufnahme 45) und nach künstlicher Alterung durch Abbrennen mit der Flamme (Aufnahme 47). Die beiden Strichmarken haben in Wirklichkeit einen Abstand von 1 mm. Die beim neuen Leiter durch das Mikroskop deutlich unterscheidbaren Tautropfen sind von bloss

dem Auge nicht mehr sichtbar. Sie bewirken jedoch bereits die in Fig. 2 dargestellte Verlustvermehrung. Auf der künstlich gealterten Oberfläche erscheinen auch unter



dem Mikroskop keine unterscheidbaren Tröpfchen mehr.

Die beschriebenen Untersuchungen erklären zu einem grossen Teil die Erscheinungen, die für das Auftreten der grossen Koronaverluste an nassen und feuchten Leiterseilen verantwortlich sind. Die

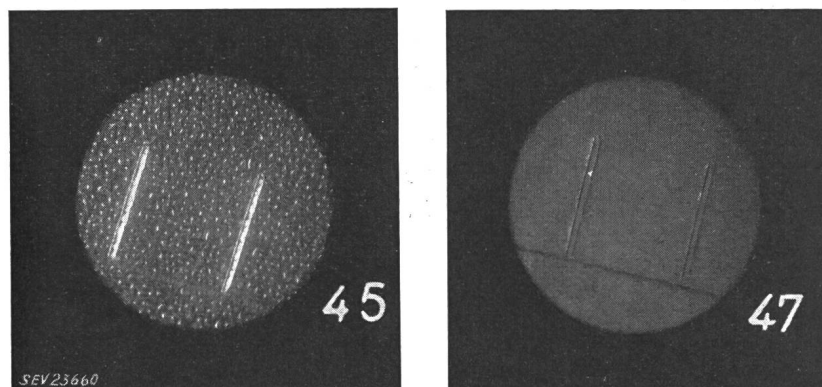
## 5. Einfluss der Decklage auf die Koronaverluste

Es ist naheliegend, dass die Beschaffenheit der Decklage eines Leiters einen besonderen Einfluss ausübt auf die Entstehung der Koronaverluste. So können von einem Leiter mit Flachdecklage bei guter Fugung der einzelnen Flachleiter günstigere Verhältnisse erwartet werden. Zu einer quantitativen Aussage, ob solche Leiter vorzuziehen wären, liegen jedoch noch zu wenig Resultate von Vergleichsversuchen vor. Da die Gestehungskosten für Leiter mit solcher Flachdecklage höher liegen als für Seile mit der heute üblichen Runddrahtdecklage, müssten noch anhand der zugänglichen Angaben der Koronaverluste für solche Leiter Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt werden.

Eine andere Beobachtung zeigt, dass bei Leitern mit Runddecklage die Verluste bei trockener Witterung etwas höher liegen, wenn der Durchmesser der Runddrähte, welche die Decklage bilden, grösser als z. B. 4 mm ist, als bei Leitern mit kleinerem Durchmesser der Deckdrähte. Die mittlere Feldstärke an der Oberfläche dieser Leiter ist zwar etwas kleiner als bei Leitern mit dünneren Deckdrähten, doch verläuft die Verlustkurve im untersten Teil bis zum charakteristischen Knie etwas flacher, so dass gerade im Bereich der Anfangsverluste höhere Werte auftreten, was bei der Berücksichtigung der Schönwetterverluste, die in diesem Bereich liegen, vermerkt werden muss. Dieser Verlauf der Verlustkurve scheint auch nach erfolgreicher

Fig. 5

Wirkung der Alterung auf die Tautropfenbildung an der Leiteroberfläche  
Mikroskopische Aufnahmen der Leiteroberfläche eines neuen und eines künstlich gealterten Cu-Seiles. Der Abstand der Strichmarken entspricht in Wirklichkeit 1 mm  
Aufnahme 45: Tautropfen am neuen Leiter  
Aufnahme 47: Tautropfen am künstlich gealterten Seil



Resultate weisen die Richtung, in welcher geforscht werden muss, um die bis heute unvermeidlichen hohen Koronaverluste bei Regen verringern zu können, indem die bei der Alterung der Leiter erreichte Wirkung eventuell durch besondere Behandlung und Formgebung der Leiteroberfläche gesteigert werden könnte.

Alterung der Seile vorhanden zu sein. Für 225-kV-Leitungen sollten anhand der vorliegenden Erfahrungen die Deckdrähte nicht dicker als 3...3,5 mm gewählt werden.

### Adressen der Autoren:

E. Seylaz, Chemin de Vermout 20, Lausanne.  
O. E. Gerber, Mühlebachstrasse 30, Zürich 8.

## Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

### Internationale Ausstellungen für die friedliche Verwendung der Kernenergie in Genf

061.4(494.421) : 621.039.4

Anlässlich der 1. internationalen Konferenz über die friedliche Verwendung der Atomenergie fanden in Genf zwei Ausstellungen statt: eine rein wissenschaftliche Ausstellung im Palais des Nations unter dem Patronat der Vereinigten Nationen und eine industrielle Ausstellung im Palais des Expositions unter dem Patronat des Genfer Stadtrates.

Im Palais des Nations stellten folgende Nationen aus: Frankreich, Grossbritannien, Kanada, die skandinavischen Länder Dänemark, Norwegen und Schweden in einer gemeinsamen Abteilung, USA und USSR. Die einzelnen Nationen gaben einen Überblick über ihre bereits geleisteten wissenschaftlichen Beiträge sowie über ihre Zukunftspläne auf dem Gebiet der kernwissenschaftlichen Anwendungen. In einem besonders erstellten Bau zeigten die USA den «Swimming-Pool»-Versuchsreaktor, der bekanntlich von der Schweiz erworben wurde, im Betrieb.



An der industriellen Ausstellung im Palais des Expositions beteiligten sich über 140 Ausstellende aus 9 Ländern: Belgien (5 Ausstellende), Deutschland (6), Frankreich (49), Grossbritannien (26), Holland (1), Italien (5), Liechtenstein (1), die Schweiz (24) und USA (26). Unter diesen Ausstellern befanden sich auch Stände der offiziellen Ämter einiger Nationen (Frankreich, Grossbritannien, Italien und USA). Die ausstellenden Industriefirmen zeigten eine Vielzahl von Erzeugnissen, die mit der Anwendung der Kernenergie im Zusammenhang stehen.

### I. Die Ausstellung im Palais des Nations

Die einzelnen Nationen zeigten zahlreiche Modelle, Photographien und Beschreibungen verschiedener Anwendungen der Kernenergie sowie Ausführungen typischer kernphysikalischer Geräte, wie Messgeräte, medizinische Geräte, Fernmanipulationsgeräte für die Verarbeitung von Isotopen usw. Sehr interessant waren die vielen Schnittmodelle ausgeführter und projektierter Kernreaktoren.

Energie auseinanderfliegenden Spaltprodukte führen zu einer Erwärmung der *Brennstoffelemente* und somit der *Kühlmittel*. Bei der Spaltung entstehen im Mittel 2,5 Neutronen, die durch einen *Moderator* abgebremst werden. Diese werden entweder von einem Brennstoffkern eingefangen und erzeugen eine weitere Spaltung, oder sie werden von einem nicht spaltbaren Kern eingefangen, oder sie gehen durch die Oberfläche des Reaktors nach aussen verloren. Bleibt durchschnittlich genau eines der 2,5 Neutronen übrig für die weitere Spaltung, so ist die Reaktion konstant — dies ist der *kritische Zustand*. Durch Zuführung eines stark neutronenabsorbierenden Materials, des sog. *Regelstabes*, kann der Zustand der Reaktion zwischen unterkritisch, kritisch und überkritisch geregelt werden. Kernreaktoren kann man einteilen nach der Zusammensetzung des Kernbrennstoffes und der Art der Reaktion. Man unterscheidet zwischen a) *homogenen* und *heterogenen Reaktoren* (siehe Fig. 1); b) zwischen Reaktoren, die *natürliches Uran* und solchen, die *angereichertes Uran* als Brennstoff verwenden; und c) zwischen Reaktoren

### Grundprobleme und Anwendungen der Kernenergie

Tabelle I

Grundprobleme			Anwendungen	
Kernrohstoffgewinnung	Kernphysikalische Untersuchungen	Schutz gegen Strahlung	Kernreaktoren	Isotope
<p><i>Gewinnung</i> des Uranerzes (Pechblende, d. h. Erze enthaltend eine hohe Konzentration der Uranoxide <math>UO_2</math>, <math>U_2O_5</math>, <math>UO_3</math> und des Thoriumerzes.</p> <p><i>Apparatur</i>: Suchapparate für das Auffinden d. Erzes.</p>	<p><i>Untersuchung der physikalischen Eigenschaften der Materialien</i>: Beeinflussung durch Wärme, Druck, Bestrahlung; Untersuchung der Atomkernstrukturgesetze und Bestimmung der Kernkonstanten.</p> <p><i>Apparatur</i>: Teilchen-Beschleuniger (Kaskaden-Generator, Cyclotron, Betatron, Proton-Synchrotron); Strahlungsmessgeräte; Impulsfrequenzmeter; Ionisationskammer; Vakuumpumpen; Hochvakuumöfen.</p>	<p><i>Schutz des Personals und Schutz der Umgebung</i>: Filter, Masken, Schutzanzüge, Dosimeter, Zähler, Überwachungsgeräte.</p> <p><i>Apparatur</i>: Dosimeter, Zähler, Überwachungs- und Strahlungsschutzgeräte.</p>	<p><i>Versuchsreaktoren</i>: für Materialprüfung (Einfluss der Bestrahlung auf Spaltmaterialien, Baumaterialien, Moderatoren und Kühlmaterialien) und Isotopenherstellung.</p> <p><i>Leistungsreaktoren</i>: für Energieerzeugung.</p> <p><i>Apparatur</i>: Reaktorsteuerung; Ionisationskammer; Fissionskammer; Vorrichtungen für Isotopenherstellung; Strahlungsmessgerät.</p>	<p><i>Anwendung der Isotope in Medizin und Biologie</i>: Therapie (Untersuchung der Strahlungsempfindlichkeit von Lebewesen); Genetik (Vergrösserung der Anzahl Mutationen); Sterilisation; Verfolgung des Weges von bestimmten Bestandteilen (z. B. Nahrung; Studien über Metabolismen); Feststellung und Lokalisierung gewisser Erkrankungen (z. B. Krebs).</p> <p><i>Anwendungen der Isotope in der Industrie: Materialprüfung.</i></p> <p><i>Anwendung der Isotope in der Landwirtschaft.</i></p> <p><i>Apparatur</i>: Isotopenseparatorn; Geiger-, Proportional- und Szintillationszähler; Auffindgeräte; Fernmanipulationsgeräte.</p>

Um eine Übersicht über das dargestellte Material zu geben, sind in den Tabellen I...IV die wichtigsten Angaben über die Grundprobleme und Anwendungen der Kernenergie, über Fundstätten und Gewinnung von Kernstoffen, über geeignete Materialien für Kernreaktoren und schliesslich über die verschiedenen Kernreaktoren zusammengestellt.

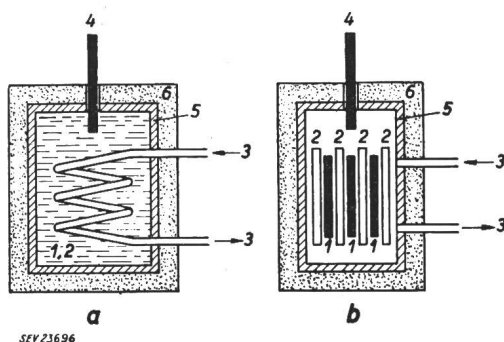


Fig. 1

#### Kernreaktorarten

a homogen b heterogen

1 Spaltmaterial (Kernbrennstoff); 2 Moderator; 3 Kühlmittel; 4 Brennstab (Regelstab); 5 Reflektor; 6 Abschirmmaterial

Zur Erläuterung der Angaben in Tabelle IV diene folgende kurze Darstellung des Reaktionsganges: In Kernreaktoren (Reaktor, Pile) werden die Atome eines Kernbrennstoffes (siehe Tabelle III) durch Neutronen in einer kontrollierten Kettenreaktion gespalten. Die Spaltung geschieht durch das Einfangen eines Neutrons durch einen spaltbaren Atomkern (z. B. U-235 oder Pu-239), der so stark angeregt wird, dass er auseinanderfliegt. Die mit grosser

ren, die *langsame, mittlere oder schnelle Neutronen* erzeugen. Das letzte Merkmal ist besonders für die Erzeugung von Isotopen<sup>1)</sup> und für die Materialprüfung massgebend.

Der von den USA ausgestellte «Swimming-Pool»-Versuchsreaktor bildete den Mittelpunkt der ganzen Ausstellung. Der Reaktor wurde im Oak Ridge National Laboratory (betrieben von der Union Carbide and Carbon Corp. für die Atomic Energy Commission [AEC] der USA) entworfen und gebaut; er ist ähnlich dem in Oak Ridge betriebenen «Swimming Pool Reactor», der seit Jahren im Betrieb ist. Die Kenndaten dieses Reaktors sind in Tabelle IV enthalten. Folgende Angaben dienen zur Ergänzung:

- Behälter:** Wasserbehälter, aus ca. 10 mm dicken Stahlplatten, mit den Dimensionen 3 m  $\phi$  und 7 m Tiefe, enthaltend ca.  $5 \cdot 10^4$  l (50 m<sup>3</sup>) entmineralisiertes Wasser;
- Kern:** 23 Brennstoffelemente mit total 18 kg auf 20% angereichertem Uran, d. h. ca. 3,6 kg U-235. Jedes Element besteht aus 18 Brennstoffplatten, die auf 2 Al-Distanzplatten geschweisst sind. Die Platten bestehen aus angereichertem  $UO_2$ -Partikelchen, die in einer Matrice aus Al-Pulver eingebettet werden (54%  $UO_2$  und 46% Al) und dann auf jeder Seite mit reinen Al-Platten zugedeckt werden;

<sup>1)</sup> Isotope sind Elemente mit der gleichen Ordnungszahl, d. h. sie stehen im periodischen System am gleichen Platz und weisen die gleichen chemischen Eigenschaften auf, aber besitzen verschiedene Neutronen. Die radioaktiven Atome haben im Verhältnis zu ihrer Protonenzahl entweder zuwenig oder zuviel Neutronen, um stabil zu sein: früher oder später gleicht sich dieser Fehler dadurch aus, dass sich ein Baustein in einen anderen umwandelt, oder der Kern zerfällt, unter Aussendung verschiedener Strahlen ( $\alpha$ -,  $\beta$ - oder  $\gamma$ -Strahlen). Die  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen sind mit grosser Geschwindigkeit herausfliegende Partikel und die  $\gamma$ -Strahlen eine sehr durchdringende Strahlung von Energiequanten (Photonen).

## Fundstätten und Gewinnung von Kernstoffen

Tabelle II

Land	Fundstätten		Kernstoffgewinnung ● im Betrieb; ◎ im Bau; ○ projektiert	
	Uran (Pechblende) <sup>1)</sup>	Thorium <sup>2)</sup>	Bergwerke	Extraktionsanlagen
Australien	Mount Painter Radium Hill Rum Jungle	King's Island Southern Queensland	● Radium Hill ● Adelaide River ○ Mount Victoria Hut	● Radium Hill ● Rum Jungle
Belgien	Belgisch-Kongo	—	● Belgisch-Kongo	○
Deutschland	Freiburg in Sachsen Johanngeorgenstadt Schwarzwald Vogesen	—	● Ost-Deutschland	● Ost-Deutschland
Frankreich	Vogesen Zentralplateau (Madagaskar) (Marokko) (Mozambique)	—	● Bicroft Uranium Miles ○ Crackingstone Peninsula	● Bouchet-Anlage
Grossbritannien	Cornwall (Tanganyika-Kenya)	—	—	● Amersham ● Springfields
Kanada	Great Bear Lake Lake Athabaska Lake Martin	—	●	● Port Hope ● Great Bear Lake ○ Quirk Lake, Algom Mines
USA	Colorado-Plateau Utah	Boise Basin Cascade Mountains Georgia Coast Belt Jacksonville Beach Savannah River Western Carolinas	● Colorado-Plateau	● Oak Ridge (seit 1945) für die Ex- traktion von U <sup>235</sup> aus natürlichem U ● Rifle und Uravan (Colorado)
USSR	Andisham Fergana Karelien Taboshar Tyuyu Muyun	Baikalsee Teneissei Lena Nordural Parmir-Plateau	●	●

<sup>1)</sup> andere Uran-Fundstätten:  
Brasilien (Araxá)  
Bulgarien (Stara Zagora)  
Indien  
Italien (Roccoforte di Mondori)  
Japan  
Mexiko (Guadalupe Ocampo und Placer de Guadalupe)  
Portugal (Rosmaneira und Urgeirica)  
Schweden (Billingen)  
Schweiz (Bergell, Brissago und Orselina)  
Südafrika (Klerksdorp, Randfontein-Krugerdsdorp und Witwatersrand)  
Tschechoslowakei (Joachimstal und Minisek)

<sup>2)</sup> andere Thorium-Fundstätten:  
Brasilien (Bahia, Espirito Santo, Parailba, Rio di Janeiro und Rio Grande do Norte)  
Borneo  
Ceylon (Ratnapura District)  
Indien (Golconda Coast, Malabar, Orissa, Travancore, Trivenelly Coast)  
Indonesien  
Korea  
Malaya  
Spanien (Balears)

## Spalt-, Bau-, Kühl- und Bremsmaterialien sowie Moderatoren für Kernreaktoren

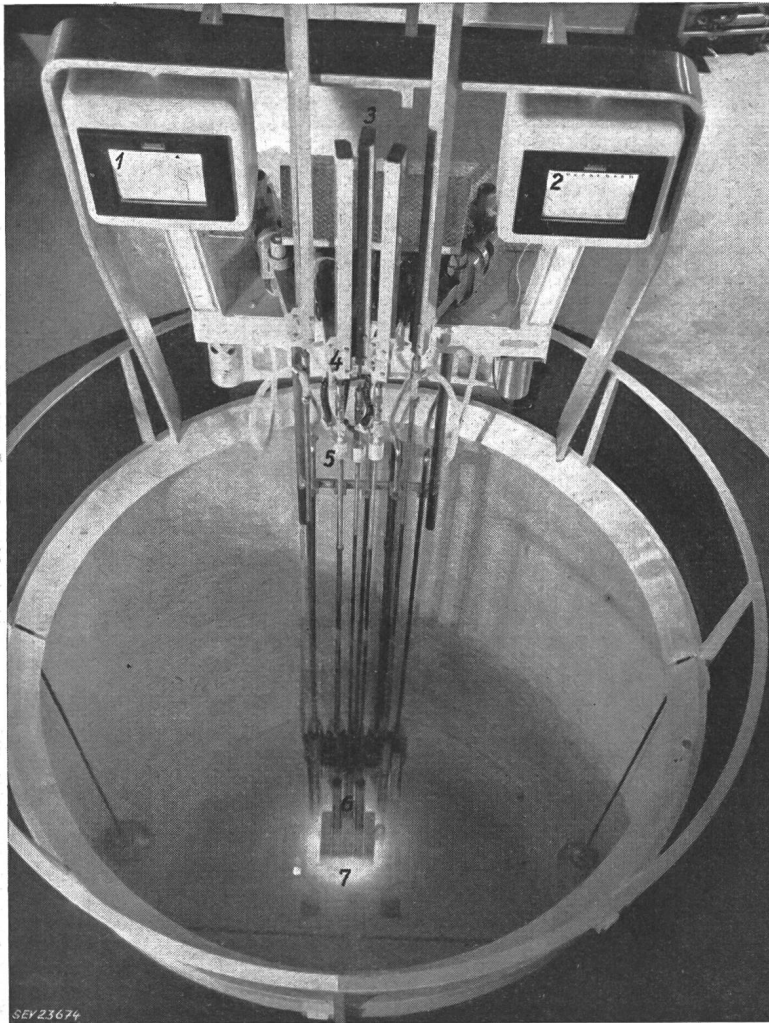
Tabelle III

Spaltmaterial	Moderator	Kühlmaterial	Baumaterial	Bremsmittel (Regelstäbe)
Uran (U) natürliches Uran enthaltend nur 0,7 % U <sup>235</sup> oder angerei- chertes Uran enthal- tend bis nahe zu 100 % U <sup>235</sup>	D <sub>2</sub> O (schweres Wasser) Be, Be <sub>2</sub> C, Be O (Beryllium) C (Graphit) H <sub>2</sub> O	Na Ca Pb Bi CO <sub>2</sub> Luft H <sub>2</sub> O (entmineralisiertes Wasser)	Stahl Zr Ti Al Barytbeton	Cd B
Thorium (Th)				
Plutonium (Pu) (Pu kommt nicht vor in der Natur, son- dern wird als Pu <sup>239</sup> aus U <sup>238</sup> gewonnen)				

**Regelung:** Ein einfacher Servomechanismus steuert die 3 Regelstäbe, die den Ablauf der Kettenreaktion bestimmen. Als Detektor (Messwertgeber) dienen 5 Ionisationskammern und 2 bewegliche Fissionskammern (Fig. 2, unmittelbar hinter den Brennstoffelementen). Ein Kontrollraum (Fig. 3) dient zur Überwachung der Regelung und zur Registrierung verschiedener Messgrößen;

**Leistung:** Die thermische Leistung beträgt normalerweise 10 kW, die Spitzenleistung jedoch 100 kW. (Nach Erreichen von einigen kW wird der Kern von einer bläulichen Aura — der Cerenkov-Strahlung — umhüllt.) Die thermische Leistung wird bei diesem Versuchsreaktor nicht verwertet;

**Schutzmassnahmen:** 1. **Abschirmung gegen Strahlung:** Die Wasserschicht schwächt die Strahlung des Reaktors auf ca. 0,5 mR/h (ca. 1/4 der Strahlungsdichte, die von einer Uhr mit Radium-Ziffer abgegeben wird). Das Wasser wird von einer allfälligen Radioaktivität befreit durch dauernde Zirkulation durch eine Ionen-Austauschkammer; 2. **Sicherheitssysteme:** Der Strahlungspegel wird an 3 Orten dauernd überwacht — im Kontrollraum, im Wasser-Entmineralisierungsraum und im Reaktorraum. Übersteigt die Strahlung eine vorbestimmte Grenze, so wird die Kettenreaktion durch die Regelstäbe zum Stillstand gebracht. Ein Gerät für die dauernde Überwachung der Luft ist auch vorhanden.



(thermischen) Neutronen werden die Kapseln ausserhalb des Kernes angebracht, für die Bestrahlung mit schnellen Neutronen dagegen innerhalb des Kernes.

## II. Die Ausstellung im Palais des Expositions

Auch hier wurden viele Modelle von ausgeführten und insbesondere von projektierten Kernreaktoren gezeigt. Vor allem wurden Apparate und Einrichtungen für die Ausführung von kernphysikalischen Untersuchungen und Messungen und für die Anwendungen der Kernenergie in der Medizin, der Chemie und der Industrie gezeigt. Die folgende Aufzählung gibt eine kurze Übersicht über die ausgestellten Apparate:

*Allgemeine Apparaturen:* Verstärker, Oszillographen, Zählgeräte usw.

Fig. 2

### Der Genfer «Swimming-Pool»-Reaktor

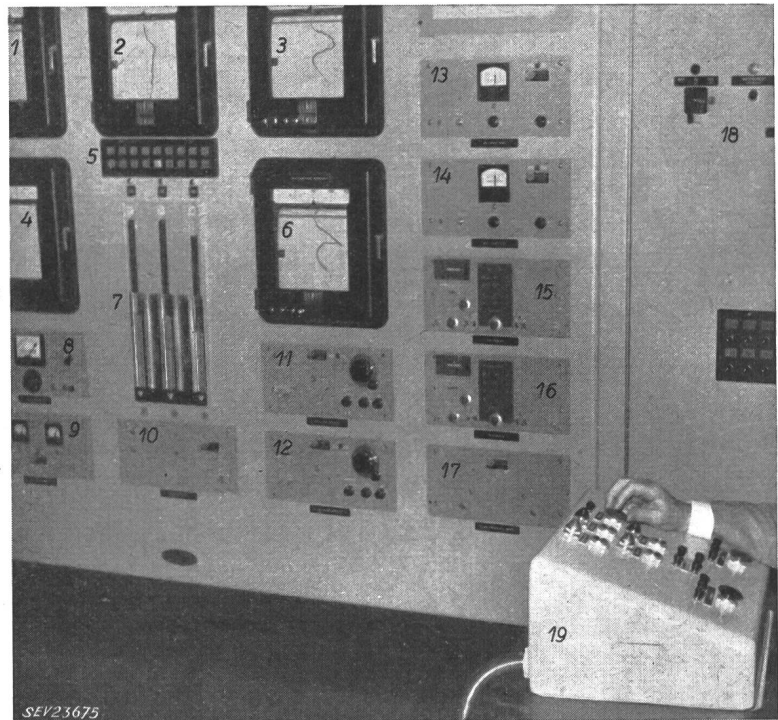
- 1, 2 Registrierinstrumente (Leistungsabgabe, Anzahl Versuche);
- 3 Steuerteil der Regelstäbe (enthaltend eine ca. 1 m lange Zahnstange);
- 4 Servomotor zur Steuerung des Regelstabes (mittels Zahnradgetriebe und Zahnstange);
- 5 magnetische Kupplung (für den Notfall wird sie entmagnetisiert, so dass der Regelstab mittels Schwer- und Federkraft in den Kern hinunter fällt);
- 6 die drei Regelstäbe (aus B<sub>7</sub>C);
- 7 Reaktorkern (umhüllt von der Cerenkov-Strahlung)

Der «Swimming-Pool»-Versuchsreaktor ist sehr geeignet für die Herstellung der meisten Isotope in kleineren Mengen (in der Grössenordnung von Millicuries<sup>2)</sup>). Der Reaktorkern ist leicht zugänglich, so dass Kapseln mit den zu bestrahlenden Materialien mittels einfacher Vorrichtungen ihm zugeführt werden können (Fig. 4). Für die Bestrahlung mit langsamen

Fig. 3

### Kontrollraum des Reaktors

- 1, 2, 3, 4, 6 Registrierinstrumente (Leistung P, log P, Neutronenpegel, Zeitkonstante);
- 5 Lampenfeld für die Anzeige der Bewegung des Regelstabes;
- 7 optische Anzeige der Lage der 3 Regelstäbe;
- 8...17 Strahlungsüberwachungsgeräte, Steuergeräte, Zusatzgeräte zur Neutronenpegelmessung und Zeitkonstantenbestimmung usw.;
- 18 Stromversorgungstableau;
- 19 Bedienungspult mit Umschaltung von Hand- auf automatischen Betrieb



<sup>2)</sup> 1 Curie = Strahlung von 1 g Radium (d. h. 1 Curie ist die Quantität von radioaktivem Isotop, die eine Zerfallsgeschwindigkeit von  $3,7 \cdot 10^{10}$  Zerfälle/s aufweist).

Apparaturen für die Prospektion, Gewinnung und Extraktion. Suchgeräte, Pulskolonnen zur Ausführung des Extraktionsverfahrens, Schwerwasseranlagen, Uranherstellungsöfen usw.



*Apparaturen für kernphysikalische Untersuchungen:* Teilchenbeschleuniger (Linearbeschleuniger: Kaskadengenera-

chungsgeräte für die Gleichmässigkeitskontrolle in der Fabrikation: Dichte, Dicke usw.).

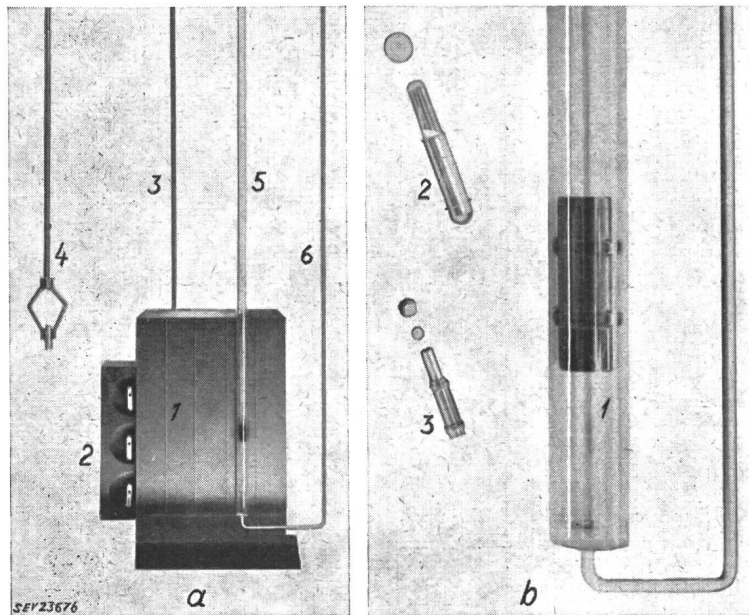


Fig. 4

#### Transportvorrichtungen für Isotope

a Anordnung der Transportvorrichtungen für die Anbringung von Proben

1 Reaktor-Kern; 2 abklappbarer Probenbehälter; 3 Bedienungsstange für Probenbehälter; 4 Greifer mit Probenkapsel; 5 Glaskolben für den hydraulischen Transport der Probenkapsel; 6 Druckluftzuleitung

b Probenkapseln

1 Glaskolben mit Probenkapseln; 2 Kapsel für Greifer; 3 Kapsel für hydraulischen Transport

tor; Vielfachbeschleuniger: Cyclotron, Betatron, Synchrotron usw.); Hochvakuum-pumpen; Messgeräte für  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen; Impulsanalysatoren usw.

*Schutzgeräte:* Geiger-Müller-Zähler, radiologische Dosimeter (Taschenmessgerät mit einem Messbereich von ca. 75 mR...75 R); Impulszähler; Strahlungsmessgeräte usw.

*Apparaturen für Kernreaktoren:* Steuergeräte, Messgeräte für Reaktor-Steuerung und Ausmessung; Kühlmittelpumpen.

*Apparaturen für die Verarbeitung von Isotopen:* Fernmanipulationsgeräte (Fig. 5); industrielles Fernsehen für Fernmessung und Fernbeobachtung (z. B. für die metallurgische Untersuchung an mikroskopischen Proben von radioaktiven Materialien); Szintillationszähler (Messung der Strahlung von radioaktiven Substanzen) usw.

*Apparaturen für medizinische Zwecke:* Therapeutische Anlagen (z. B. mit Kobalt 60 von 2000 bis 3500 Curies Strahlungsstärken; Szintillationszähler (für medizinische Untersuchung, z. B. Messung der Schilddrüsen-tätigkeit, der Herzleistung, der Blutzirkulation) usw.

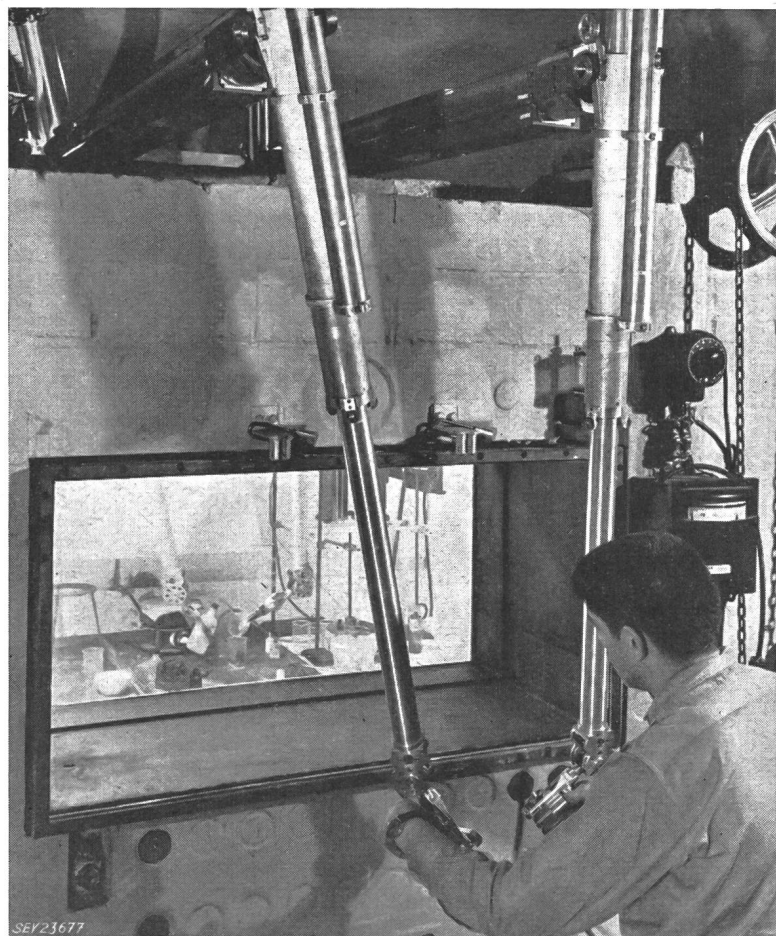


Fig. 5

#### Fernmanipulationsgerät

*Apparaturen für die Industrie:* Mess-, Überwachungs- und Registriergeräte für die Anwendungen kernphysikalischer Methoden in der Industrie (z. B. Messung des Abrieb-vorganges; Zähleinrichtungen für die Fabrikation; Überwa-

Die Vielseitigkeit der Anwendungsmöglichkeiten der Kernenergie für friedliche Zwecke ging aus den beiden Ausstellungen deutlich hervor; überraschend für manchen Besucher war die wiederholte Begegnung mit so zahlreichen

Land <sup>1)</sup>	Allgemeines			Leistung		Kern- und Reaktionsart	Kernmaterialien				Verwendung
	Bezeichnung	Ort	● im Betrieb ⊙ im Bau ○ projektiert 2)	Elektrische Leistungsabgabe P (* thermische Leistung) MW	Neutronenfluss $\Phi$  n/cm <sup>2</sup> · s		Kernbrennstoff 3)	Moderator	Kühlmittel	Regel- (Brems-)mittel	
Frankreich	1. EL <sub>1</sub> 2. EL <sub>2</sub> 3. EL <sub>3</sub> 4. G <sub>1</sub> 5. G <sub>2</sub> 6. G <sub>3</sub>	Châtillon Saclay Saclay Marcoule Marcoule	● ● ● ○ ○ ○	0,15 2 50 5 50		B 1 B 1	nat. U nat. U	D <sub>2</sub> O D <sub>2</sub> O		Cd CO <sub>2</sub>	V V V V, M E, P E, P
Gross-britannien	1. GLEEP 2. BEPO 3. ZEPHYR 4. DIMPLE 5. E 443 6. RE 773 7. Calder Hall (Typ A Reaktor) 8. 4 Reaktoren (Typ A) 9. 8 Reaktoren (Typ B) 10. Dounreay	Harwell Harwell Harwell Harwell Harwell Harwell Cumberland Cumberland Schottland	● seit 1948 ● seit 1948 ● seit 1954 ● seit 1954 ○ ○ ⊙ (1956) ○ (1960...1963) ○ (1963...1965) ⊙	0,1 6 sehr gering 50 100...200 insgesamt > 1000	3 · 10 <sup>10</sup> 10 <sup>12</sup>	B 1 B 1 B 3 B 3 B 1 B 1 B 3 B 3	nat. U nat. U nat. U od. leichtang. U nat. U od. leichtang. U ang. U (Paus Typ A)	Graphit Graphit Graphit Graphit Graphit Graphit Gas Flüssigkeit	Luft Luft keine CO <sub>2</sub> Gas Flüssigkeit	B <sub>4</sub> C Cd	V V, I { Hauptproduzent von Isotopen E, P E, P E B
Kanada	1. NRX 2. NRU	Chalk River Chalk River	● 1947 ● (1958)	10 200	6 · 10 <sup>13</sup> 3 · 10 <sup>14</sup>	B 3 B 3	nat. U nat. U	D <sub>2</sub> O D <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O		V, I V, P
Norwegen u. Holland	1. JEEP	Kjeller bei Oslo (Norwegen)	●	0,1	> 3 · 10 <sup>11</sup>	B 1	nat. U	D <sub>2</sub> O	D <sub>2</sub> O getrennt	Cd	V
Schweden	1.	Stockholm	● 1954	0,3		B 1	nat. U	D <sub>2</sub> O	D <sub>2</sub> O		V
Schweiz	1. «Swimming Pool» Reaktor A.-G. 2.	Würenlingen (z.Z. in Genf) Würenlingen	● 1955 ○ (1957)	0,01...0,1 > 10	5 · 10 <sup>11</sup> (bei 0,1 MW)	B 1 B 1	20 % ang. U nat. U	H <sub>2</sub> O D <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O D <sub>2</sub> O	B-Pb	V, I V, M
USA	1. «Swimming Pool» 2. EBR-1 3. MTR 4. LITR 5. SUPO 6. NAA 7. HRE 8. HYPO 9. CP-3' 10. TTR 11. Raleigh 12. PWR 13. BER 14. SRE 15. EBR-2 16. HRE-2 17. U-Bi	Oak Ridge Arco, Idaho Arco, Idaho Oak Ridge New Mexiko Downey Kalifornien Oak Ridge Las Alamas Chicago Schenectady Raleigh, N.C. Shippingport Argonne Los Angeles Argonne Oak Ridge Brookhaven	● ● ● ● ● ● ● ● 1951 ● ⊙ (1960) ● ⊙ ○ (1957) ○ (1956) ○ (1955) ○ (1958) ○ (1956) ○	0,1 — 30 — 0,045 1* (0,15) 0,006 180 0,0001 0,01 60 5 20* 15 1 16	10 <sup>14</sup> > 6 · 10 <sup>11</sup> 3 · 10 <sup>11</sup> 4 · 10 <sup>7</sup>	B 1 B 3 B 1 B 1 A 1 A 1 A 1 A 1 A 1 B 1 B 1 A 1 B 3 A	20 % ang. U nat. U stark ang. U stark ang. U ang. U ang. U Uransatz in Wasser (UO <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in H <sub>2</sub> O) U ang. U ang. U 1,5...2 % ang. U ang. U nat. U Pu-Kern und nat. U-Mantel Uransatz in Wasser Graphit-Kern mit U <sup>235</sup> -Bi-Strömung + Graphitstruktur mit Th-Bi-Strömung	H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Brennstoff-Moderator D <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O Graphit kein Brennstoff-Moderator Brennstoff-Kühlung	H <sub>2</sub> O NaK H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O flüssiges Na NaK Brennstoff-Kühlung	B <sub>4</sub> C Cd B <sub>4</sub> C, Cd	V V, B { 85 % der Isotopenproduktion der USA V, I V, I V V V E
USSR	1. Atomkraftwerk 2. Versuchsreaktor 3. Versuchsreaktor		● 1954 ● ●	5 6,5...10 2	3 · 10 <sup>13</sup>	B 1 B 3 B 1	U ang. U ang. U	Graphit D <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O D <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> O		E V V, I

## Fussnoten und Bemerkungen zu Tabelle IV.

\*) Folgende Reaktoren, deren Konstruktionsangaben nicht bekannt gegeben wurden, sind:

## a) im Betrieb:

Grossbritannien — Windscale (Cumberland), für Plutonium-Produktion  
USA — Hanford, für Plutonium-Produktion, Leistung 1000 MW

## b) im Bau:

Grossbritannien — ZEUS (Zero-Energy Uranium System), in Harwell  
Indien — bei Bombay

## c) projektiert:

Australien — bei Sydney  
Belgien — bei Moll, Leistung ca. 100 MW  
West-Deutschland — bei Karlsruhe, Leistung 10 MW  
Holland — SUSPOP, für Materialprüfung  
Italien — bei Mailand und bei Rom  
Jugoslawien — bei Belgrad

\*) Die eingeklammerte Zahl gibt das Datum der Betriebsbereitschaft an.

## \*) Abkürzungen:

nat. U = natürliches Uran  
ang. U = angereichertes Uran

\*) Breeding (brüten, züchten) ist ein Kernreaktionsvorgang in dem dauernd entsprechend soviel spaltbares Material aus  $U^{238}$  oder Thorium geschafft wird, wie bei der Kettenreaktion zerfällt.

## 1. Bemerkung:

Bedeutung der Reaktor-Bezeichnungen:

BEPO — British Experimental Pile  
BER — Boiling Experimental Reactor  
DIMPLE — Deuterium Moderated Pile Low Energy  
EBR — Experimental Breeder Reactor  
GLEEP — Graphite Low Energy Experimental Pile  
HRE — Homogeneous Reactor Experiment  
MTR — Materials Testing Reactor  
LITR — Low-Intensity Testing Reactor  
NAA — North American Aviation Water Boiler  
PWR — Pressurized Water Reactor  
SRE — Sodium Reactor Experiment  
SUPO — Super Power Water Boiler  
«Swimming Pool» — Bulk Shielding Facility Reactor  
TTR — Low-power Thermal Test Reactor  
ZEPHYR — Zero-Energy Fast Reactor

## 2. Bemerkung:

Kernreaktoren für den Antrieb sind in dieser Zusammenstellung nicht berücksichtigt worden. Die folgenden sind bekannt:

USA — STR (Submarine Thermal Reactor; Land-Prototyp; Arco, Idaho)  
SIR (Submarine Intermediate Reactor, Land-Prototyp; Schenectady, N. Y.) Nautilus-Antrieb

und verschiedenartigen elektrischen und insbesondere elektronischen Apparaturen, die bei der Untersuchung und Verwertung der Kernenergie eine bedeutende Rolle spielen.

Sh.

## Die Aussichten der Atomenergie

[Nach J. L. Schanz: Prospects for Nuclear Power. Electr. Light & Power Bd. 32(1954), Nr. 14, S. 78...87]

Zur Zeit ist die Atomenergie noch nicht wettbewerbsfähig mit der Energieerzeugung aus den fossilen Brennstoffen. Keine der verschiedenen Reaktorbauarten, die bisher geplant oder verwirklicht wurden, hat sich als eindeutig überlegen erwiesen.

Um den besten Weg für eine wirtschaftliche Erschliessung der Atomenergie zu finden, werden in den USA, durch die Atomic Energy Commission (AEC), fünf verschiedene Versuchsreaktoren zur Energieerzeugung gebaut:

1. *Der Druckwasser-Reaktor.* Diese Reaktorbauart wurde für den Antrieb des U-Bootes Nautilus angewendet. Nach dem gleichen Konstruktionsprinzip baut die Westinghouse Electric Co. für die AEC einen Reaktor für den Antrieb einer Turbogruppe von 60 000 kW Klemmenleistung. Der Kern des Reaktors besteht aus einem dichten Bündel leicht angereicherter Uranstäbe. Zirkulierendes Wasser, unter einem Druck von 140 kg/cm<sup>2</sup> und einer Temperatur von 275 °C, überträgt die Reaktionswärme in einen Wärmeaustauscher, wo Satteldampf von einem Druck von 40 kg/cm<sup>2</sup> erzeugt wird. Der Reaktor bietet ein verhältnismässig geringes konstruktives Risiko und ist wegen der Selbststabilisierung der Reaktion sehr betriebssicher.

2. *Der Siedewasser-Reaktor.* Ein wirksamer Weg zur Verbesserung des Wirkungsgrades eines wassergekühlten Reak-

tors ist die Erzeugung des Turbinendampfes im Reaktor selbst. Der Zirkulationskreislauf mit Wärmeaustauscher wird dadurch ausgeschaltet und der Druck im System ist nur noch so gross wie vor der Turbine. Für den ersten Versuchsreaktor von 5000 kW elektrischer Nutzleistung wurde als Moderator und Kühlmittel, an Stelle von schwerem Wasser, gewöhnliches Wasser gewählt, da es äusserst schwierig sein dürfte, den Dampfkreislauf durch die Turbine genügend dicht zu machen, um jeden Verlust des kostbaren schweren Wassers zu vermeiden. Als Nachteil sei die Möglichkeit einer radioaktiven Verunreinigung der Turbine erwähnt.

3. *Der Natrium-Versuchsreaktor.* Die North American Aviation Company baut einen Uran-Graphit-Reaktor von 20 000 kW Wärmeleistung, der flüssiges Natrium als Kühlmittel verwendet. Die Natriumkühlung erlaubt hohe Arbeitstemperaturen und infolgedessen thermische Wirkungsgrade der Dampfturbinen in der Grössenordnung, wie sie gegenwärtig in Wärmekraftwerken üblich sind. Allerdings ist noch viel Forschungsarbeit zu leisten, bevor die Aussichten des Natriumreaktors sicher beurteilt werden können.

4. *Der Breeder-Versuchsreaktor.* Für die wirtschaftliche Ausnützung des Reaktionsmaterials ist der Breeding-Prozess, in welchem ein Teil der in der Kettenreaktion frei werden Neutronen neues Spaltmaterial erzeugt, von ausschlaggebender Bedeutung. Durch das Argonne-Laboratorium wurde ein Breeder-Versuchsreaktor entwickelt, der keinen Moderator enthält, da er mit schnellen Neutronen arbeitet. Die Konstruktion enthält einen kleinen Kern aus Plutonium, der von einem Mantel aus natürlichem Uran umgeben ist. Vorversuche mit einem solchen Reaktor waren sehr erfolgreich. In der Auswahl der Konstruktionsmaterialien besteht eine grössere Freiheit, so dass es möglich sein dürfte, besonders geeignete Werkstoffe zu verwenden, die den Angriffen der Natriumkühlung durch Korrosion und hohe Radioaktivität zu widerstehen vermögen. Es sind hohe Temperaturen und gute thermische Wirkungsgrade erreichbar.

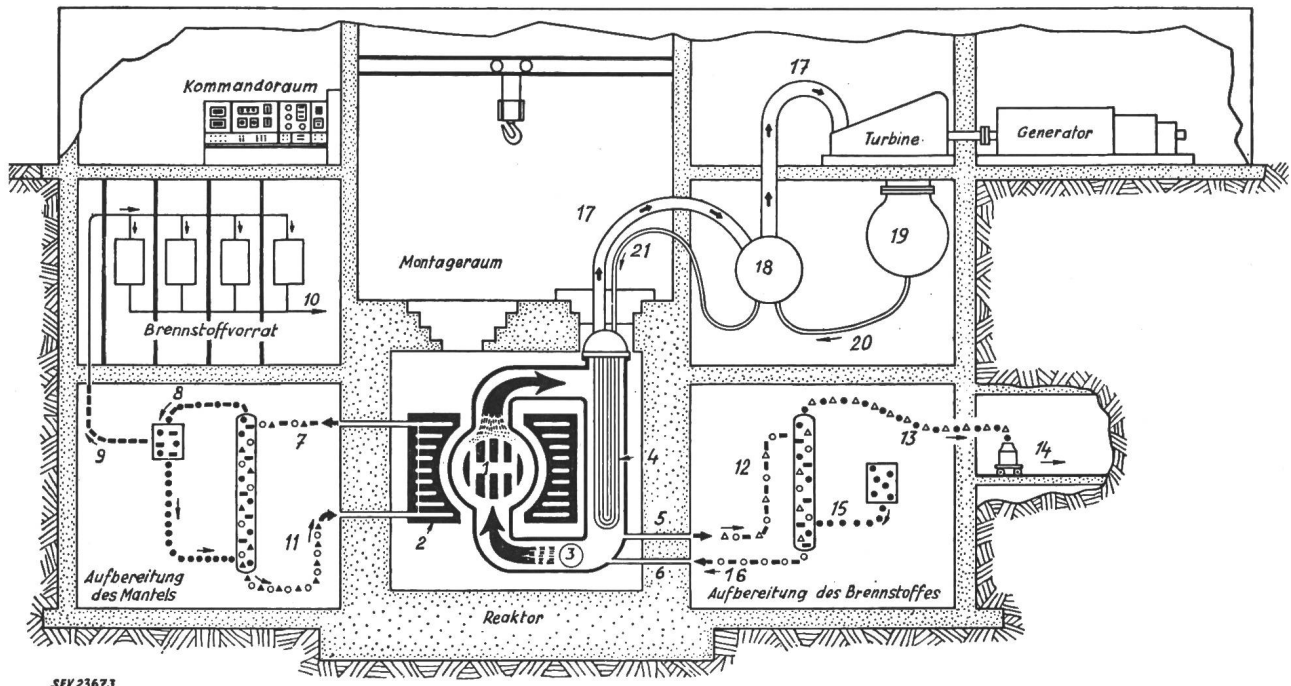
5. *Der homogene Versuchsreaktor.* Es ist der Bau zweier homogener Reaktoren von 5000 kW und 65 000 kW Wärmeleistung beabsichtigt. Der homogene Reaktor besteht im wesentlichen aus einem druckfesten Kessel, in welchem ein Uransalz in Wasser gelöst ist. Diese Lösung dient gleichzeitig als Reaktionsmaterial, Moderator und Kühlmittel. Das Umwälzsystem für die Wärmeabführung muss so gestaltet werden, dass im Zirkulationssystem keine Fortsetzung der Kettenreaktion stattfindet. Der Hauptvorteil des homogenen Reaktors besteht in der einfachen Möglichkeit der Brennstofferneuerung, indem dauernd in einem Nebenstrom eine kleine Menge der umlaufenden Mischung von den schädlichen Spaltprodukten befreit werden kann. Die Umtriebe für die Wiederaufbereitung des Reaktionsmaterials sind von entscheidendem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines Reaktorbetriebes.

Unter den fünf ausgewählten Reaktoren stellen der homogene Reaktor und der Breeder-Reaktor mit schnellen Neutronen die kühnsten Konstruktionen dar. Ihre Verwirklichung verlangt einerseits die Lösung schwierigster Probleme, bietet aber andererseits die grösste Aussicht auf wirtschaftliche Ausnützung der Atomenergie.

Ausser dem besprochenen Programm der AEC sind noch andere Leistungsreaktoren im Versuchsstadium oder in der Grossausführung. Speziell erwähnt sei der sehr interessante Uran-Wismut-Reaktor des Brookhaven Laboratoriums und der gasgekühlte englische Reaktor in Calder Hall.

6. *Der Brookhaven Uran-Wismut-Reaktor.* Das Brookhaven-Projekt (Fig. 1) sieht einen mit einer flüssigen Uran-Wismut-Legierung arbeitenden thermischen Breeder-Reaktor mit kontinuierlicher Materialaufbereitung vor. Der Kern besteht aus einer Graphitkugel mit Kanälen, durch welche eine geschmolzene Uran-233-Wismutlegierung strömt. Um diese Kugel herum ist eine weitere Graphitstruktur angeordnet, durch welche eine Thorium-Wismutlegierung zirkuliert. In dieser Hülle findet durch den Breeding-Prozess im Thorium die Erzeugung des spaltbaren Uranisotopes U-233 statt. Zwei chemische Trennanlagen für den innern Kern und den umschliessenden Mantel dienen zur Aufbereitung des Reaktionsmaterials.

7. *Der englische gasgekühlte Reaktor.* Das erste englische Atomenergiekraftwerk soll im Jahr 1956 in Calder Hall in Betrieb kommen und eine elektrische Nutzleistung von



SEV 23673

Fig. 1

Schema des Breeder-Reaktors mit kontinuierlicher Aufbereitung des flüssigen metallenen Brennstoffes nach einem Vorschlag des Brookhaven National Laboratory

1 Kern; 2 Mantel; 3 Pumpe; 4 Kessel; 5 verbrauchter Brennstoff; 6 gereinigter Brennstoff; 7 Uranium, Thorium, Wismut; 8 Salze und Uranium; 9 Uranium; 10 zum Reaktor; 11 Wismut, Thorium; 12 Uranium, Wismut, Spaltprodukte; 13 Salze und Spaltprodukte; 14 Tunnel für Abfuhr der Spaltprodukte; 15 Salze; 16 Uranium, Wismut; 17 Dampf; 18 Dampferzeugertrömmel; 19 Kondensator; 20 Wasserrücklauf; 21 Wasserzufuhr

● Salze — Uranium ○ Wismut ▲ Thorium △ Spaltprodukte

40 000 kW abgeben<sup>1)</sup>. Die Anlage entspricht im wesentlichen dem amerikanischen Druckwasser-Reaktor, jedoch mit dem Unterschied, dass verdichtete Kohlensäure anstatt Wasser als Kühlmittel verwendet wird.

Es wird erwartet, dass die Ergebnisse der verschiedenen in Ausführung begriffenen Leistungsreaktoren dazu führen werden, dass die Atomenergie in naher Zukunft wettbewerbsfähig wird mit der bisherigen Energieerzeugung in thermischen Anlagen. Die Kosten für die fossilen Brennstoffe haben in den letzten Jahren ständig zugenommen, wogegen die Entwicklungstendenz der Kernreaktionsmaterialien in entgegengesetzter Richtung geht. Die rasche Erschließung der Atomenergie ist notwendig im Hinblick auf das starke Wachsen des Energiebedarfes und der nicht unbegrenzt vorhandenen Vorräte an fossilen Brennstoffen. W. Dubs

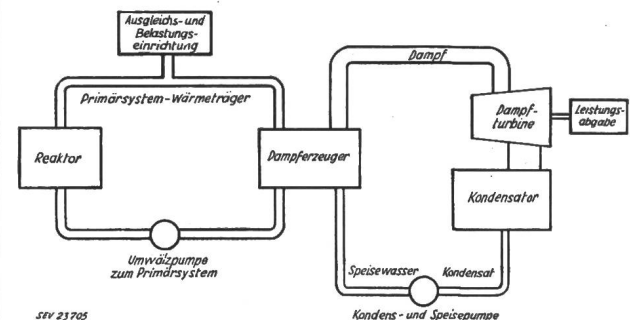
### Antrieb des amerikanischen Kernenergie-U-Bootes «USS Nautilus»

621.039.4 : 623.827  
[Nach L. H. Roddis und J. W. Simpson: The Nuclear Propulsion Plant of the «USS Nautilus». Westinghouse Engr. Bd. 15(1955), Nr. 2, S. 74...79]

Nachdem das mit Kernenergie angetriebene amerikanische U-Boot «USS Nautilus» eine Reihe von Probefahrten absolvierte, sind einige Angaben über dessen Aufbau, insbesondere über den Antrieb zur Publikation freigegeben worden. Die Entwicklungsarbeiten, die dem Bau dieses Schiffes vorangingen, begannen im wesentlichen 1949, der Stapellauf erfolgte anfangs 1954. Beim Entwurf der Antriebsanlage wurde von der Überlegung ausgegangen, dass bei Antrieb durch Kernenergie im Gegensatz zur herkömmlichen Dampfanlage der Brennstoffverbrauch für den Aktionsradius des Schiffes von nebensächlicher Bedeutung ist. Damit ist der Wirkungsgrad der Antriebsanlage nur insofern wichtig, als die Maschinenanlage die erforderliche Leistung erzeugen soll.

Das für die Atomkraftanlage des Schiffes gewählte Arbeitsprinzip ist aus dem Blockschema in Fig. 1 ersichtlich. Die im Kernreaktor freiwerdende Wärme wird durch Wasser, das gleichzeitig auch als Moderatorflüssigkeit dient, auf

einen Wärmeaustauscher übertragen. Der dort abgekühlte Wärmeträger wird alsdann durch eine Primärumschlepppumpe wieder zum Reaktor gefördert. Es besteht also ein geschlossener Primärkreislauf, der durch eine besondere Ausgleichs- und Belastungs-Einrichtung (pressurizer) unter solchem Druck gehalten wird, dass Dampfbildung mit Sicherheit im ganzen Primärsystem vermieden wird. Mit der aus dem Primärkreis entnommenen Wärme wird nun auf der Sekundärseite des Wärmeaustauschers Dampf erzeugt, der zum Antrieb der Turbinen dient und anschliessend im Kondensator niedergeschlagen wird. Das Kondensat wird durch eine Speisepumpe wiederum dem als Dampferzeuger wirkenden Wärmeaustauscher zugeführt.



SEV 23705

Fig. 1

Prinzipschema des Kernenergie-Antriebes

Die räumliche Anordnung dieser Apparate und Maschinen im Schiffsrumpf zeigt Fig. 2. Die ganze Antriebsanlage ist in der hintern Schiffshälfte untergebracht, wobei in einem ungefähr mittschiffs gelegenen besonderen Reaktorraum die Atompile, der Dampferzeuger sowie die zugehörigen Hilfsmaschinen installiert sind. In einem davon abgetrennten, dahinter liegenden Raum sind die Turbinen und Kondensatoren, die dampfangetriebenen Hilfsmaschinen sowie die zugehörigen Kontroll-, Regel- und Schaltapparate eingebaut.

Die Konstruktion der Antriebsanlage stellte in mancher Hinsicht neuartige Probleme, und zwar nicht nur für den

<sup>1)</sup> siehe auch Bull. SEV Bd. 46(1955), Nr. 15, S. 696.



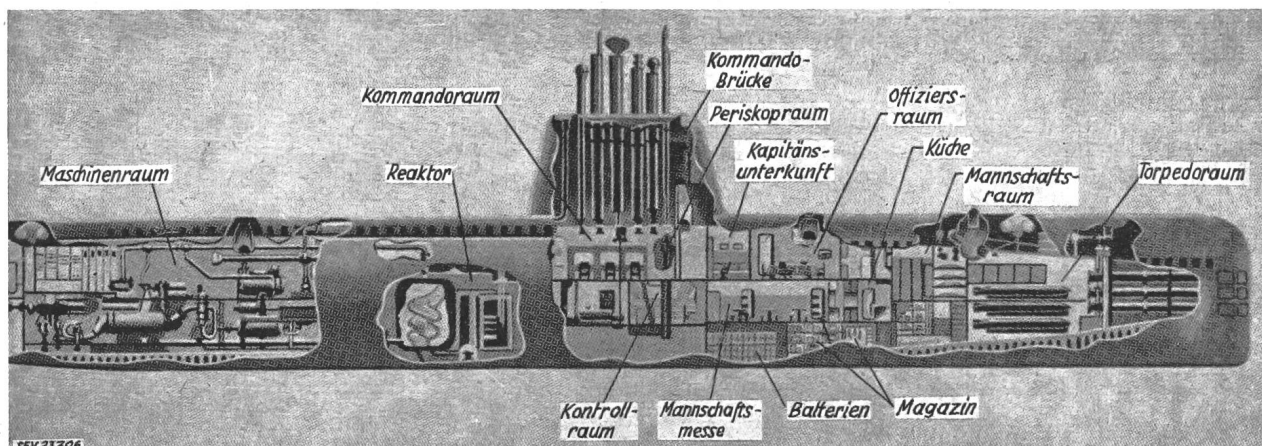


Fig. 2  
Schematische Skizze des «USS Nautilus»

Reaktor und die unmittelbar damit zusammenhängenden Teile der Anlage, sondern auch was Wärmeaustauscher, Turbogruppe und übrige Einrichtungen anbelangt. Eines der Hauptprobleme beim Reaktor war die ausreichende Abschirmung gegen die radioaktive Strahlung, wobei es gelungen ist, diese so auszubilden, dass die durchschnittliche Bestrahlung eines Besatzungsmitgliedes während einer Fahrtdauer entsprechend der Reaktor-Lebenszeit geringer ist als die Strahlungsdosis, die dieses während seines Lebens durch andere Ursachen, wie kosmische Strahlen, medizinische Behandlung, Fernsehschirme usw., erhält. Der wirksame Schutz gegen Strahlungsschäden und radioaktive Vergiftung bedingt ausserdem ein kompliziertes Überwachungs- und Sicherheitssystem, durch welches unter anderem die Radioaktivität der Staubteilchen, die Intensität der Gammastrahlung usw., in allen Räumen kontrolliert wird. Besondere Vorrichtungen verhindern auch, dass radioaktive Abwasser zum Beispiel im Dock oder sonst unter nicht zulässigen Bedingungen abgelassen werden können.

Der Dampferzeuger ist als Röhrenumformer gebaut, wobei das Wasser des Primärkreislaufes durch die Röhren strömt. Die Turbinenanlage weist zwei identische Antriebsmaschinen für den Propellerantrieb auf, die über eine ausrückbare Kupplung auf die Propellerwelle arbeiten. Zwischen Kupplung und Propeller ist ein Elektromotor eingebaut, der erlaubt, bei Stillstand der Dampfanlage das Schiff auch durch Batterien anzutreiben, wobei durch Ausrücken der Kupplung verhindert wird, dass unter diesen Umständen das Turbinenaggregat unnötigerweise leer mitläuft.

Eine besondere Konstruktionsaufgabe stellte auch die Ausbildung des Kondensators, da bei Unterwasserfahrt infolge des hohen statischen Druckes des Meerwassers beträchtliche Druckunterschiede auftreten, die das Beherrschen der mechanischen Beanspruchungen und das Dichthalten der Kondensatoranlage erschweren.

P. Profos

### Regelung von Kernreaktoren

621.039.42-52 : 539.172.4.08

[Nach J. M. Harrer: Nuclear Reactor Control. Electr. Engng. Bd. 74(1955), Nr. 3, S. 230...233]

Bei der Regelung von Kernreaktoren ist stets die Messung der Neutronendichte der Ausgangspunkt, denn sie stellt den Primärimpuls des Regelvorganges dar. Grundsätzlich sind im Reaktor drei Zustände möglich: der unterkritische, der kritische und der überkritische. In allen drei Zuständen ist an sich eine weitgehend beliebige Neutronendichte möglich. Um ein kontinuierliches Arbeiten des Neutronendetektors möglich zu machen, ist eine kleine, vom Reaktor unabhängige Neutronenquelle vorzusehen, z. B. bestehend aus einigen Gramm Radium.

Im unterkritischen Zustand, bei dem die Anzahl der durch Kernspaltung freigesetzten Neutronen kleiner ist als die gesamten Neutronenverluste (die nach aussen frei werdenden und die durch nutzlose innere Absorption hervorgerufenen Verluste), ist im Beharrungszustand immer noch eine kleine

Neutronendichte vorhanden, die mit der Ergiebigkeit der obengenannten Quelle zusammenhängt und ausserdem noch beeinflusst werden kann durch Änderungen der Menge des spaltbaren Materials, durch Änderungen im Moderator oder Reflektor und schliesslich durch mehr oder weniger tiefes Einführen absorbierender Elemente (Regelstäbe).

Beim kritischen Zustand herrscht Gleichheit von Neutronenerzeugung und Neutronenverlust. Das Vorhandensein der Quelle bewirkt dann eine langsame, stetige Erhöhung der Neutronendichte, die aber bei hoher Leistung verschwindend klein wird.

Beim überkritischen Zustand, bei dem ständig mehr Neutronen erzeugt werden als verloren gehen, wächst die Neutronendichte exponentiell an. Der zeitliche Verlauf dieses Anwachsens hängt eng zusammen mit der mittleren «Lebensdauer» des einzelnen freien Neutrons. Diese hat im allgemeinen die Grössenordnung  $10^{-3} \dots 10^{-6}$  s. Diese Zeiten sind derart kurz, dass dadurch ein genügend rascher Regeleingriff technisch unmöglich gemacht würde, wenn nicht ein ganz kleiner Prozentsatz der Neutronen (etwa 0,76 %) mit starker Verzögerung freigesetzt würde. Diese Verzögerung beträgt etwa 10 s und wirkt derart grundlegend auf den ganzen zeitlichen Ablauf des Vorganges zurück, dass technisch beherrschbare Regelzeiten entstehen.

Die Messung der Neutronendichte soll möglichst den Mittelwert im ganzen Reaktor erfassen. Daher soll der Detektor in genügendem Abstand im aktiven Teil angeordnet werden. Besondere Probleme stellt ein grundsätzlich ebenfalls mögliches Regelverfahren, bei dem der Reflektor mehr oder weniger wirksam gemacht wird (z. B. durch mehr oder weniger starkes Hochziehen desselben). Dabei würde beim Hochziehen des Reflektors die Neutroneneinstrahlung auf den Detektor intensiver, was ohne besondere Massnahmen zum Übersteuern führen würde.

Als Detektoren verwendet man z. B. mit Bor bedeckte Elektroden, welche auftreffende Neutronen absorbieren und  $\alpha$ -Strahlen aussenden. Sie sind eingebaut in Ionisationskammern, deren Gasatmosphäre (z. B. Helium) durch die ausgesandten  $\alpha$ -Strahlen ionisiert wird. Mit einer angelegten Spannung entsteht dann in Funktion der Ionisation eine Stromstärke, welche somit ein Mass für den eintreffenden Neutronenstrom ist. Die Regelaufgabe wird dadurch erschwert, dass der Bereich der zu messenden Neutronenströme in Extremfällen bis  $1 : 10^{12}$  variieren kann, was besondere Gruppierungen von Messinstrumenten verlangt. Für niedrige Neutronendichte beim Anfahren werden auch elektronische Zählerkreise verwendet. Stets sind mehrere unabhängige Instrumente vorzusehen, damit die nötige Sicherheit gewährleistet ist. Unter gewissen Verhältnissen (z. B.  $H_2O$ -moderierte Reaktoren) können durch das Eindringen von  $\gamma$ -Strahlen in die Detektoren wesentliche Fälschungen entstehen. In diesen Fällen werden sogenannte  $\gamma$ -kompensierte Kammern verwendet. Diese sind so gebaut, dass eine Teilkammer nur auf  $\gamma$ -Strahlen reagiert, die andere auf  $\gamma$ -Strahlen und Neutronen.

Der Detektor beeinflusst über Regelsysteme bekannter Art die Stellung der Neutronen absorbierenden Regelstäbe. Der Bewegungsmechanismus dieser Stäbe bringt insofern be-

sondere Probleme, als er beim unter Druck stehenden Reaktor vollkommen unzugänglich ist und trotzdem absolut sicher arbeiten muss. Die Bewegung der Regelstäbe muss genügend langsam sein können, damit keine Übersteuerung eintritt (z. B. 2 mm/s). Andererseits müssen die Stäbe aber im Gefahrfalle auch sehr schnell eingeschoben werden können. Man bedient sich hierzu meist der Schwerkraft, die man aber in der Regel noch durch Federn oder ähnliche Mittel unterstützt. Die Lage der Stäbe muss von aussen kontrolliert werden können, wobei eine Genauigkeit in der Grössenordnung von 2 mm genügt.

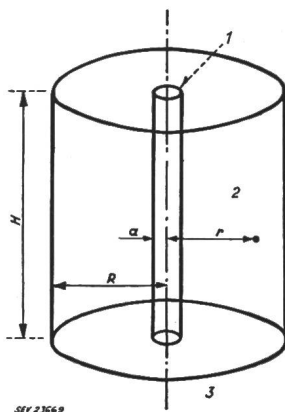
W. Traupel

## Theorie der Stabregelung bei Reaktoren

621.039.423 : 539.172.4

[Nach R. L. Murray und J. W. Niesslie: Reactor Control-Rod Theories. Nucleonics Bd. 13(1955), Nr. 2, S. 18...22]

Mit angereichertem spaltbarem Material arbeitende Reaktoren, die sehr grosse Leistungskonzentrationen erreichen, brauchen Regelelemente (meist die bekannten Regelstäbe) von grösserer Kapazität als die mit langsamen Neutronen arbeitenden grossen Reaktoren. Dies hängt zusammen mit dem grossen Reaktivitätsüberschuss, der insbesondere vorhanden ist, wenn der Reaktor mit frischem (unvergiftetem) Material in Betrieb genommen wird. Dieser muss mit Sicherheit und Genauigkeit beherrscht werden. Daher ist eine verfeinerte Theorie notwendig.



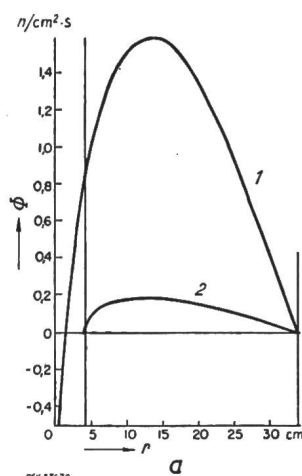
Die grundlegende Differenz der verschiedenen Theorien liegt vor allem in den Annahmen über den Fluss der schnellen Neutronen an der Oberfläche des Regelstabes. Nachfolgend sind die Resultate von drei verschiedenen Ansätzen wiedergegeben. In allen drei Fällen geht die Berechnung

Fig. 1  
Zylindrischer Reaktor mit zentralem Regelstab  
1 Regelstab; 2 aktiver Teil; 3 Reflektor

aus von der Anordnung gemäss Fig. 1. Der zylindrisch gedachte aktive Teil vom Radius  $R$  umgibt den Regelstab vom Radius  $a$  konzentrisch. Damit wird das Problem durch Verwendung von Zylinderfunktionen mathematisch zugänglich.

1. Methode. Es wird angenommen, dass der Fluss der schnellen Neutronen endlich ist in  $r=0$ . Für diesen Fall liefert die Berechnung einen Fluss der schnellen und langsamen Neutronen, wie er in Fig. 2a dargestellt ist. Ein solcher Verlauf des Neutronenflusses zeigt aber einen gewis-

Fig. 2  
Neutronenfluss  $\phi$  in Funktion des Radius  $r$   
a nach 1. Methode  
b nach 2. Methode  
c nach 3. Methode  
1 schnelle Neutronen;  
2 thermische Neutronen



Voraussetzung nicht genau überein, da die Tangente an der Oberfläche des Stabes offensichtlich nicht horizontal herauskommt. Der Fehler beruht auf einer Unvollkommenheit der mathematischen Methode, welche den Stabradius  $a$  gegenüber dem Radius  $R$  als verschwindend klein betrachtet.

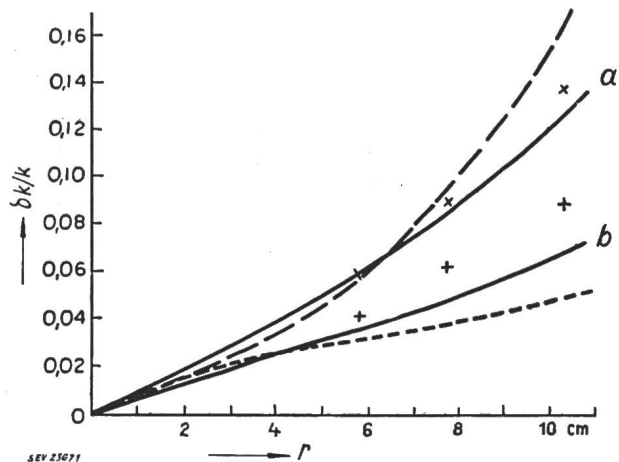


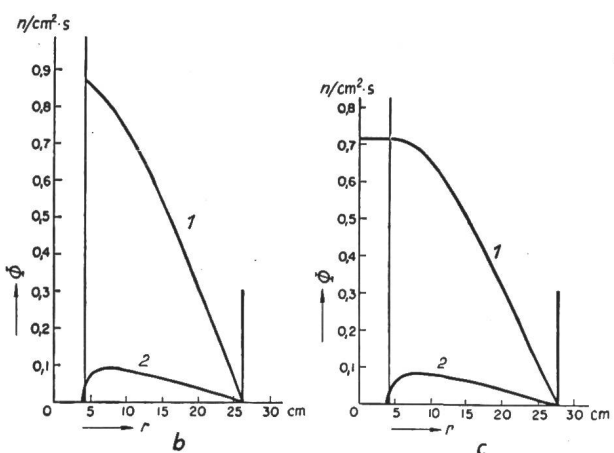
Fig. 3

Relative Änderung  $\Delta k/k$  des Regenerationsfaktors  $k$  in Funktion des Regelstabdurchmessers  $r$  nach Versuch und Berechnung

— 1. Methode  
--- 2. Methode  
— 3. Methode

a mit wassergefülltem Regelstab  
b mit hohlem Regelstab  
x Versuche mit wassergefülltem Regelstab  
+ Versuche mit hohlem Regelstab

3. Methode (allgemeine Theorie). Es erweist sich als möglich, den mathematischen Formalismus so zu verallgemeinern, dass die Fehler der obigen Annahmen vermieden werden. So wurde Fig. 2c erhalten, die nun tatsächlich die horizontale Tangente an der Staboberfläche liefert. Diese allgemeine Theorie ist neu und stellt einen wesentlichen Fortschritt gegenüber den bisherigen approximativen Methoden dar, die an den Grenzen nicht völlig befriedigen. Fig. 3 stellt die relative Änderung des Regenerationsfaktors  $k$  dar, wie sie sich beim Einführen von Stäben verschiedener Durchmesser



sen Widerspruch, denn bei der Berechnung wurde nicht vorausgesetzt, dass der Stab schnelle Neutronen absorbiere, was er jedoch nach dem Ergebnis tun müsste.

2. Methode. Der Fluss der schnellen Neutronen soll an der Staboberfläche eine horizontale Tangente haben. Fig. 2b zeigt das Ergebnis der mit dieser Voraussetzung durchgeführten Berechnung. Wiederum stimmt das Ergebnis mit der

ergibt. Messungen, die ausgeführt wurden mit wassergefüllten und hohlen Absorptionsstäben, sind verglichen mit den Rechenergebnissen. Die allgemeine Theorie lässt sich offensichtlich den gegebenen Verhältnissen sehr genau anpassen und liefert befriedigende Resultate, während die 1. und 2. Methode zu grossen Abweichungen führen können.

W. Traupel

## Radioaktive Strahlung und Werkstoffe

539.169 : 620.22  
[Nach P. Müller: Die Bedeutung radioaktiver Strahlung für die Werkstoffkunde. VDI-Z. Bd. 97 (1955), Nr. 5, S. 138...144]

### 1. Änderung von Werkstoffeigenschaften durch radioaktive Strahlung

In Kernreaktoren sind die Werkstoffe ausserordentlich intensiven radioaktiven Strahlungen (Neutronen,  $\alpha$ -,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen) ausgesetzt, und es stellt sich daher die Frage, wie sich unter deren Einwirkung die Eigenschaften der Werkstoffe ändern. Die bisher durchgeführten Untersuchungen, vor allem Versuche mit Neutronenbestrahlung, besagen folgendes:

V2A-Stahl zeigt nach der Einwirkung von  $10^{18}$ ... $10^{20}$  Neutronen/cm<sup>2</sup> eine Härtezunahme, die bis 10 % betragen kann und umso grösser ausfällt, je weicher das Ausgangsmaterial und je niedriger die Betriebstemperatur im Reaktor ist. Bei längerer Bestrahlung nähert sich die Härte einem bestimmten Sättigungswert; Entsprechendes gilt für die gleichzeitig erfolgende Erhöhung von Zerreissfestigkeit und elektrischem Widerstand. Nahezu alle bisher untersuchten Legierungen zeigen bei Bestrahlung unter konstanter Temperatur eine kleine Volumenzunahme. Bei manchen Legierungen ergeben sich als Folge der Bestrahlung Ausscheidungsvorgänge mit ihren charakteristischen Begleiterscheinungen. Falls eine Bestrahlung sich ähnlich auswirkt wie eine Kaltverformung, fehlen naturgemäss irgendwelche Textureffekte. Nachträgliches Anlassen gestattet, die Strahlenwirkung auf Metalle rückgängig zu machen, insofern sie auf Platzwechselvorgängen beruht.

Wesentlich stärkere Veränderungen ergeben sich unter dem Einfluss radioaktiver Strahlungen an Kunststoffen, zumal hier keine Erholung eintritt und die stofflichen Veränderungen bei höheren Temperaturen mindestens teilweise grösser werden. So bewirkt Neutronenbestrahlung bei Polyäthylen einen Anstieg des Elastizitätsmoduls, während die Zerreissfestigkeit bei schwacher Bestrahlung zunimmt, bei stärkerer dagegen abfällt. Zudem ergibt sich eine Zunahme der Dauertemperaturfestigkeit unter wesentlicher Erhöhung des Erweichungspunktes, während bei hohen Strahlenmengen Polyäthylen glasähnlich wird und sich verfärbt. Bei Plexiglas wird dagegen keine Änderung des Elastizitätsmoduls beobachtet, jedoch ein Abfall der Zerreissfestigkeit mit zunehmender Strahlungsdosis, dazu bereits bei schwächerer Bestrahlung eine Verfärbung und Depolymerisation, bei grossen Strahlenmengen gar ein Aufblähen.

Auch anorganische Gläser verfärben sich, insbesondere bei Bestrahlung mit Neutronen, zeigen jedoch unter der Einwirkung von Infrarot oder Wärme typische Erholungseffekte. Elektrisches Isoliervermögen und Durchschlagsfestigkeit von

Gläsern nehmen unter der Wirkung einer Bestrahlung nur wenig ab; Quarz und Glimmer bewahren ihre ausgezeichneten Isoliereigenschaften. In Flüssigkeiten kommt es unter der Einwirkung radioaktiver Strahlung häufig zu chemischen Veränderungen, was die Korrosion zahlreicher Werkstoffe beschleunigen kann. Zahlreiche Öle verändern unter gleichzeitiger Verfärbung und Gasabgabe ihre Viskosität, insofern sie mit mehr als  $10^{18}$  Neutronen/cm<sup>2</sup> bestrahlt werden, und können ihre Schmiereigenschaften weitgehend verlieren (dabei sind aromatische Verbindungen allgemein weniger strahlungsempfindlich als aliphatische).

### 2. Radioaktive Strahlen im Dienste der zerstörungsfreien Werkstückprüfung

Allgemein bekannt ist die Anwendung der von radioaktiven Präparaten ausgesandten  $\gamma$ -Strahlen zur Durchstrahlung von Werkstücken nach den gleichen Grundsätzen wie im Falle ihrer Röntgenuntersuchung, wobei zu diesem Zwecke heute bevorzugt künstlich radioaktive Strahlenquellen wie Co 60, Ta 182, Ir 192, Cs 137 usw. verwendet werden. Interessante neuere Anwendungen sind Dickenmessung an nur einseitig zugänglichen Werkstücken mit  $\gamma$ -Strahlen (ihrerseits darauf beruhend, dass die Intensität der rückgestreuten Strahlung auch von der Schichtdicke des durchstrahlten Objektes abhängt), sodann die Bestimmung der Dicke dünner Schichten (vorab Auflageschichten wie Lack, Metall, Email-Überzüge usw.) mit  $\beta$ -Strahlen, sowie Beseitigung elektrostatischer Aufladungen durch Ionisation der Luft mit hinreichend starken  $\alpha$ - oder  $\beta$ -Strahlern.

### 3. Radioaktive Indikatoren in der Werkstoffkunde

Wird einem Element eines seiner künstlich radioaktiven Isotope beigegeben, welches gleich einem natürlich radioaktiven Stoff im Laufe der Zeit unter Aussendung von  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen zerfällt, so lässt sich anhand dieser Strahleneffekte der «Weg» eines derart markierten Elements bei irgendwelchen chemischen und physikalischen Prozessen verfolgen. Einfache Strahlungsmessungen gestatten nämlich, bereits extrem kleine Mengen (zum Beispiel  $10^{-11}$  oder gar  $10^{-16}$  g) radioaktiver Isotope nachzuweisen. Nach diesem Verfahren wurden beispielsweise studiert: die Selbstdiffusion der Atome in Kristallen, Ausscheidungs- und Entmischungsprozesse an Legierungen, Abnützungs-, Verschleiss- und Reibungsvorgänge, Korrosionsprozesse, der Mechanismus der Wirkung von Schmiermitteln sowie mancher Massnahmen eines Korrosionsschutzes. Um auf diese Weise etwa den Abrieb von Kolbenringen zu verfolgen, werden Ringe im Reaktor bestrahlt und damit geeignet aktiviert, um hernach festzustellen, wie beim Betrieb des Motors infolge der vom Kolbenring in das Schmiermittel gelangenden Teilchen dasselbe eine zunehmend grössere Strahlenaktivität erhält.

E. Brandenberger

## Nachrichten- und Hochfrequenztechnik — Télécommunications et haute fréquence

### Gleichstromverstärker für die Kontrolle von Kernreaktoren

621.375.2.024 : 621.039.4-52

[Nach E. J. Wade und R. S. Stone: An improved D-C Amplifier for Reactor Control. Nucleonics Bd. 13 (1955), Nr. 4, S. 28...30]

In der Regel werden Gleichstromverstärker für die Registrierung der kleinen Ströme von Ionisationskammern benutzt, die zur Überwachung der Reaktoranlage eingesetzt sind. Die bisherigen Schaltungen wiesen entweder eine zu lange Ansprechzeit auf oder aber die Nullpunktwanderung (Drift) war zu gross. Durch eine sinnvolle Kombination von einem direkt gekoppelten (d.h. Gleichstrom-) Verstärker mit einem Wechselstromverstärker, der beinahe keinen Einfluss auf die Ansprechzeit der Anordnung hat, ist es gelungen, die Null drift vollständig auszukompensieren (Fig. 1). Die «Fehlervspannung» des direkt gekoppelten Hauptverstärkers wird mit Hilfe eines «vibrierenden Kondensators» in ein 60-Hz-Signal umgewandelt. Bei einer Wechselstrom-Spannungsverstärkung von 2000 wird am Ausgang das Signal gleichgerichtet und als Korrektur der ersten Stufe des Hauptverstärkers

zugeleitet. Die angenäherte Übertragungsfunktion der Schaltung (Bezeichnungen siehe Fig. 1):

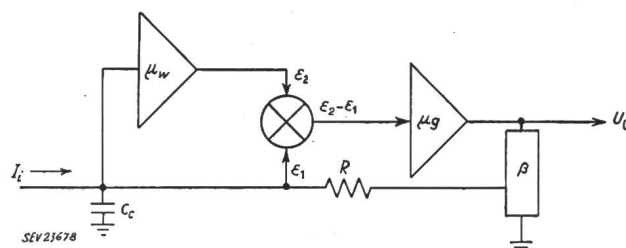


Fig. 1

#### Prinzip des Kombinationsverstärkers

$C_c$  Ionisationskammerkapazität und Kabelkapazität;  $I_i$  Strom aus Ionisationskammer;  $R$  Gegenkopplungswiderstand;  $U_0$  Ausgangsspannung;  $\beta$  Gegenkopplungsfaktor;  $e_1$  Eingangsspannung in Bezug auf Erde;  $e_2$  Ausgangsspannung des Wechselspannungsverstärkers (mit vibrierendem Kondensator zur Umformung der Fehlervspannung);  $\mu_g$ ,  $\mu_w$  Verstärkung des Gleichstrom- bzw. des Wechselstromverstärkers





## Wirtschaftliche Mitteilungen

### Unverbindliche mittlere Marktpreise je am 20. eines Monats

#### Flüssige Brenn- und Treibstoffe

		August	Vormonat	Vorjahr
Reinbenzin/Blei- benzin <sup>1)</sup> . . . . .	sfr./100 kg	42.— <sup>3)</sup>	44.— <sup>3)</sup>	61.10
Dieselöl für strassenmo- torische Zwecke <sup>1)</sup> . .	sfr./100 kg	38.85	39.75	38.15
Heizöl Spezial <sup>2)</sup> . . .	sfr./100 kg	17.80	17.80	16.50
Heizöl leicht <sup>2)</sup> . . .	sfr./100 kg	16.50	16.50	14.50
Industrie-Heizöl (III) <sup>2)</sup>	sfr./100 kg	13.10	13.10	11.70
Industrie-Heizöl schwer (V) . . . . .	sfr./100 kg	11.90	11.90	11.30

<sup>1)</sup> Konsumenten-Zisternenpreis franko Schweizergrenze, verzollt, inkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t.

<sup>2)</sup> Konsumenten-Zisternenpreise (Industrie), franko Schweizergrenze Basel, Chiasso, Iselle und Pino, verzollt, exkl. WUST, bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t. Für Bezug in Genf ist eine Vorfracht von sfr. 1.—/100 kg hinzuzuschlagen.

<sup>3)</sup> Konsumenten-Zisternenpreis per 100 Liter franko Schweizergrenze verzollt, inkl. WUST bei Bezug in einzelnen Bahnkesselwagen von ca. 15 t.

#### Metalle

		August	Vormonat	Vorjahr
Kupfer (Wire bars) <sup>1)</sup> .	sfr./100 kg	460.—	435.—	298.—
Banka/Billiton-Zinn <sup>2)</sup> .	sfr./100 kg	924.—	942.—	892.—
Blei <sup>1)</sup> . . . . .	sfr./100 kg	133.—	133.—	125.—
Zink <sup>1)</sup> . . . . .	sfr./100 kg	110.—	114.—	97.—
Stabeisen, Formeisen <sup>2)</sup>	sfr./100 kg	58.50	58.50	52.50
5-mm-Bleche <sup>3)</sup> . . .	sfr./100 kg	59.—	59.—	59.—

<sup>1)</sup> Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 50 t.

<sup>2)</sup> Preise franko Waggon Basel, verzollt, bei Mindestmengen von 5 t.

<sup>3)</sup> Preise franko Grenze, verzollt, bei Mindestmengen von 20 t.

#### Kohlen

		August	Vormonat	Vorjahr
Ruhr-Brechkok I/II .	sfr./t	106.— <sup>1)</sup>	105.— <sup>1)</sup>	106.— <sup>1)</sup>
Belgische Industrie-Fett- kohle				
Nuss II . . . . .	sfr./t	105.60	105.60	85.—
Nuss III . . . . .	sfr./t	102.10	102.10	82.—
Nuss IV . . . . .	sfr./t	96.80	96.80	81.—
Saar-Feinkohle . . .	sfr./t	76.—	76.—	73.—
Saar-Koks . . . . .	sfr./t	106.— <sup>1)</sup>	105.— <sup>1)</sup>	114.— <sup>1)</sup>
Französischer Koks, metallurgischer, Nord	sfr./t	105.— <sup>1)</sup>	104.— <sup>1)</sup>	105.— <sup>1)</sup>
Französischer Giesserei- Koks . . . . .	sfr./t	103.50	103.50	99.—
Polnische Flammkohle				
Nuss I/II . . . . .	sfr./t	93.50	93.50	90.—
Nuss III . . . . .	sfr./t	93.50	93.50	85.—
Nuss IV . . . . .	sfr./t	91.—	91.—	83.—
USA Flammkohle abge- siebt . . . . .	sfr./t	85.—	85.—	84.—

Sämtliche Preise verstehen sich franko Waggon Basel, verzollt, bei Lieferung von Einzelwagen an die Industrie, bei Mindestmengen von 15 t.

<sup>1)</sup> Sommer-Rabatt von Fr. 6.— berücksichtigt. Der Sommer-Rabatt auf Brechkoks reduziert sich im Mai auf Fr. 5.—, Juni auf Fr. 4.—, Juli auf Fr. 3.—, August auf Fr. 2.—, September auf Fr. 1.—, so dass die Kokspreise sich entsprechend erhöhen.

## Miscellanea

### Persönliches und Firmen

(Mitteilungen aus dem Leserkreis sind stets erwünscht)

#### Zwei Veteranen des SEV

Am 18. September 1955 vollendet V. Kunz, ehemaliger Direktor der Gardy S. A., Genf, Mitglied des SEV seit 1921 (Freimitglied) sein 75. Lebensjahr. V. Kunz gehörte verschiedenen Kommissionen an und war Mitglied des Vorstandes des SEV von 1936 bis 1944.

Zu den Jubilaren gehört auch Dr. h. c. M. Schiesser, Mitglied des SEV seit 1917 (Ehrenmitglied seit 1941), der am 20. September 1955 75jährig wird. Er hat dem SEV von 1934 bis 1941 als Präsident vorgestanden, ist bei seinem Rücktritt zum Ehrenmitglied ernannt worden und hat von 1941 bis 1950 das CES präsiert. Die Ernennung zum Präsidenten der CEI im Jahre 1949 bedeutete den verdienten Aufstieg in die oberste Leitung des internationalen Zusammenschlusses der Elektrizitätsfachleute. Dr. Schiesser stand während vieler Jahre im Dienste der Firma Brown, Boveri & Cie., Baden; er rückte im Laufe der Zeit zum Vizepräsidenten und Delegierten des Verwaltungsrates auf. Aus dieser Stellung hat er sich vor einiger Zeit zurückgezogen.

Wir gratulieren beiden Jubilaren zu ihren Feiertagen, danken ihnen für ihre Treue, die sie dem Verein bewahrt haben und wünschen ihnen noch viele Jahre, während derer sie sich guter Gesundheit erfreuen mögen. Der Verein bleibt ihnen dankbar für die Dienste, welche sie ihm geleistet haben.

Bernische Kraftwerke A.-G., Bern. Kollektivprokura wurde A. Maurer und W. Wirz erteilt.

Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich. Dr. H. Schindler, Mitglied des SEV seit 1926, ist zum Vizepräsidenten des Verwaltungsrates gewählt worden; er bleibt Delegierter und führt weiter Kollektivunterschrift zu zweien. R. Huber, Direktor, Mitglied des SEV seit 1933, ist zum Präsidenten der Direktion ernannt worden; er führt weiter Kollektivunterschrift zu zweien.

A.-G. der Maschinenfabrik von Theodor Bell & Cie., Kriens (LU). E. Schorro wurde Kollektivprokura erteilt.

Elektro-Apparatebau F. Knobel & Co., Ennenda (GL). Nachdem der Gründer und Seniorchef Fritz Knobel-Zimmermann am 17. Juli 1955 durch Tod aus der Kollektivgesellschaft ausgeschieden ist, besteht die Geschäftsleitung aus den beiden unbeschränkt haftenden Gesellschaftern F. Knobel-Dubs (Technische Geschäftsleitung) und P. Knobel-Djimini (Kaufmännische Geschäftsleitung). Zu Prokuristen wurden befördert G. Lozza, Mitglied des SEV seit 1954, E. Kull und H. Suter.

#### Kleine Mitteilungen

Kurs über «Radioaktive Stoffe und Röntgenapparate in der Industrie» 27./28. September 1955, in Zürich. Die immer häufigere Anwendung der Röntgenstrahlen in Diagnostik, Therapie und Werkstoffprüfung, die stark zunehmende Verwendung radioaktiver Stoffe in Forschung, Medizin und Industrie, die Entwicklung und Bedienung von kernphysikalischen Apparaturen zur Beschleunigung von Teilchen sowie der Bau und Betrieb von Kern-Reaktoren setzen eine rasch grösser werdende Zahl von Personen den Gefahren ionisierender Strahlen aus. Der Kurs unter Leitung von PD Dr. med. Högger bezweckt, die Beamten der Fabrikinspektorate und weitere Interessenten aus Forschung und Industrie durch berufene Fachleute mit den erforderlichen Kenntnissen auf dem Gebiet der Radioaktivität vertraut zu machen.

Am ersten Tag gibt PD Dr. Högger, BIGA, eine Einführung in die physikalischen Grundlagen, PD Dr. Minder, Radium-Institut, Bern, spricht über Röntgenapparate und

*praktische Strahlenmessung*, PD Dr. Stäger, ETH, behandelt die *praktische Verwendung der radioaktiven Stoffe in der Industrie*. Am zweiten Kurstag referiert Dr. Mezener, Eidg. Fabrikinspektorat, St. Gallen, über die *Gewinnung der Atomenergie*, Dr. Münchinger, BIGA, über die *Wirkung der ionisierenden Strahlen auf den Organismus*, Frau PD Dr. Fritz-Niggli, Universität Zürich, über *Strahlenwirkung und Vererbung*. Dipl. Ing. E. Bitterli, Eidg. Fabrikinspektor des

Kreises III, Zürich, und Dipl. Ing. Chem. Ruckstuhl, SUVA, erläutern die Massnahmen zum *Schutze der Arbeiter vor der Wirkung ionisierender Strahlen*.

Der Kurs findet statt im Hörsaal des Hygiene-Institutes der Universität Zürich und wird veranstaltet vom Bundesamt für Industrie, Gewerbe und Arbeit. Nähere Auskunft erteilt das Eidg. Fabrikinspektorat des Kreises III, Utoquai 37, Zürich 8, Telefon (051) 32 71 20.

## Literatur — Bibliographie

621.316.7 *Nr. 10 844,2*  
**Servomechanisms and Regulating System Design.**  
 Vol. II. By *Harold Chestnut* and *Robert W. Mayer*. New York, Wiley; London, Chapman & Hall, 1955; 8°, XIII, 384 p., fig., tab. — General Electric Series — Price: \$ 8.50.

Nachdem der erste Band dieses Werkes dem Studenten und Ingenieur ohne Vorkenntnisse auf diesem Gebiet die wichtigsten Grundlagen vermittelt hat, bringt der vorliegende zweite Band dem in der Praxis stehenden Ingenieur wertvolles Material für den Entwurf, die Verbesserung und die Ausmessung von Servosystemen (Regelsystemen).

Einleitend werden die Messmethoden zur Parameterbestimmung und Ausmessung von Servosystemen behandelt. Die Voranstellung dieses Kapitels geschieht in der praktischen Erwägung, dass die beste analytische Berechnung nur von begrenzter Nützlichkeit sein kann, wenn die Parameter des Systems nicht genau zum voraus bekannt sind. Andererseits muss ein System, das auf analytischen Berechnungen und experimentellen Parameterbestimmungen aufgebaut ist, abschliessend sorgfältig ausgemessen werden; damit will man kontrollieren, ob es alle gestellten Anforderungen erfüllt. In diesem Kapitel wird diskutiert, welche Parameter gemessen werden sollen und welche Methoden zur Bestimmung dieser Parameter geeignet sind. Kapitel 2 behandelt den Einfluss des Charakters des Eingangssignales auf den Entwurf eines Regelsystems. Idealierte Eingangssignale einiger typischen Regelsysteme werden angegeben. Es werden Methoden entwickelt, die zur Bestimmung äquivalenter Eigenschaften des Eingangssignales für analytische Zwecke dienen, sowie solche, die zur Bestimmung des Einflusses der Systemparameter und des eingangsseitigen Störsignals auf die Störsignale am Ausgang des Systems dienen.

Kapitel 3 und 4 befassen sich mit der Wahl der Antriebs-elemente bzw. der Stabilisierungsnetzwerke eines Systems, um die Anforderungen der gewünschten und unerwünschten (Stör-) Signale zu befriedigen. Nützlich sind die vielen Tabellen einfacher Stabilisierungsglieder (Phasennach- und Phasenvoreilung mit Steilheiten von 20 und 40 db/Dekade), die sich durch die Vollständigkeit ihrer Angaben (Netzwerk, Amplitudengang, Übertragungsfunktion und Zeitkonstanten) auszeichnen. Kapitel 5 behandelt einige besondere Probleme im Zusammenhang mit dem Entwurf eines Servoverstärkers: Verstärkungsschwankungen in Gleichstromverstärkern; netzwerktransformierende Verstärkerschaltungen; Begrenzer-, Phasendiskriminator- und Modulatorschaltungen. Kapitel 6 ist der Behandlung von Trägerfrequenz-Servosystemen (d.h. wechselstrombetriebene Regelsysteme) gewidmet. Die allgemeinen Stabilitätsanforderungen einer Motorsteuerung werden angegeben; die Notwendigkeit einer Stabilisierung mittels eines Phasenvoreilnetzwerkes wird betont. Die oft verwendeten Überbrücken-T- und Doppel-T-Netzwerke werden behandelt. Der Einfluss von Schwankungen der Trägerfrequenz auf das Verhalten des stabilisierten Servosystems wird diskutiert. Das Prinzip und die Anwendung des Wechselstromtachometers zur Stabilisierung des Systems werden mit Hilfe von Diagrammen in der komplexen Ebene erläutert.

Die letzten drei Kapitel sind der Behandlung nichtlinearer Systeme gewidmet. Kapitel 7 befasst sich mit Methoden zur Linearisierung von Systemen mit kleiner Signalaussteuerung (um Übertragungsfunktionen mit konstanten Koeffizienten zu erhalten). Kapitel 8 behandelt Systeme mit grosser Aussteuerung, d. h. die Linearisierung nichtlinearer Elemente für grosse Abweichungen von einem Betriebspunkt, um Übertragungsfunktionen zu erhalten, die auf der Amplituden- und Phaseneigenschaften eines Elementes basieren. Betont wird die Methode der «describing function» (beschrei-

benden Funktion). Kapitel 9 befasst sich mit der Stabilisierung und Verbesserung von Servosystemen durch Einführung von nichtlinearen Elementen. Diese Methode wird besonders dann angewandt, wenn das System unter verschiedenen Betriebsbedingungen ein verschiedenartiges Verhalten aufweisen soll.

Dieses Buch gibt keine abschliessende Darstellung der Regeltechnik, bietet jedoch eine solche Fülle vom praktischen Material, dass es dem an den Anwendungen interessierten Regeltechniker wertvolle Dienste leisten wird.

R. Shah

621.372.2 *Nr. 11 190*  
**Theorie der linearen Wechselstrom-Schaltungen.** Von *Wilhelm Cauer*. 2. Aufl., hg. und aus dem Nachlass erg. von *Wilhelm Klein* und *Franz M. Pelz*. Berlin, Akademie-Verlag, 1954; 8°, XXIV, 769 S., 461 Fig., 1 Porträt — Preis: geb. DM 48.—.

Die 2. Auflage von Cauers Buch liegt erweitert und ergänzt vor. Inhaltlich wurde nicht sehr viel geändert, doch wurde durch Neu-Aufteilung der Kapitel und Untertitel eine bessere Übersichtlichkeit gewonnen. Verschiedene neue Abschnitte wurden nach Notizen des 1945 auf tragische Weise ums Leben gekommenen Verfassers eingeflochten, so dass der Umfang des Buches gegenüber der 1. Auflage etwas grösser geworden ist. Besonders wird man das Einführungskapitel begrüßen, das einen zusammenfassenden Überblick über die ganze behandelte Materie gibt. Durch Kleindruck von nicht unbedingt notwendigen mathematischen Beweisen hat der Text an Lesbarkeit gewonnen. Zahlreiche Fussnoten der Herausgeber dienen der Erläuterung und enthalten Hinweise auf die neuere Literatur bis 1953. Im besonderen wurde das Kapitel VIII über Reaktanz-4-Pole mit vorgegebenen Betriebseigenschaften vollständig neu bearbeitet.

Den Herausgebern darf man dankbar sein für die pietätvolle Art und Weise, wie sie das von Cauer geschaffene Werk respektiert und doch so dargestellt haben, dass es für Ingenieure zugänglicher geworden ist. Das Buch ist auch heute noch sehr modern und bietet eine beinahe unerschöpfliche Menge von Anregungen und Ideen für denjenigen, der tiefer in die Theorie der linearen Netzwerke eindringen will. Die äussere Ausstattung des Buches entspricht drucktechnisch und im Einband seinem innern Gehalt, so dass diese neue Auflage als ständiger Begleiter empfohlen werden kann.

H. Weber

621.396.1 *Nr. 11 225*  
**Radio Designer's Handbook.** Ed. by *F. Langford-Smith*. London, Iliffe, 4th ed., 2nd imp. 1954; 8°, XL, 1482 p., fig., tab. — Price: cloth £ 2.2.—.

Das vorliegende, in seiner 4. Auflage stark erweiterte Handbuch vermittelt eine umfassende Darstellung der Theorie und Praxis der Niederfrequenz- und Hochfrequenz-Verstärkertechnik und seiner Anwendungen in der Tonwiedergabetechnik und Rundfunk-Empfängertechnik. Das Werk bringt in seinen 7 Teilen viel für den Praktiker Wissenswertes auf diesem Gebiet.

Teil 1 (120 Seiten) erläutert die verschiedenen Röhrencharakteristiken und die Prüfmethode für normale Empfängeröhren (Oxyd-Kathoden-Hochvakuum-Röhren). Teil 2 (350 Seiten) gibt eine kurze Zusammenfassung elementarer Netzwerktheorie und ihrer Anwendungen für einfache Filter, einige Daten über Widerstände, ausführliche Angaben über Induktivitäten und Transformatoren, eine kurze Zusammenfassung der meistbenötigten mathematischen Kenntnisse (einschliesslich Fourier-Reihenentwicklung, Differential- und Integral-Rechnung), ein ausführliches und sehr wertvolles

Kapitel über Gegenkopplung, praktische Angaben über Resonanzkreise und schliesslich nützliche Angaben über die Berechnung und Ausführung von Induktivitäten für NF und HF.

Teil 3 (400 Seiten), «Niederfrequenz», bringt ausführliches Material über Spannungs- und Leistungsverstärker für Entzerrerschaltungen, Ton-Expansion und -Kompression, Platten-Wiedergabe, Mikrophone, Vorverstärker und Ton-Mischschaltungen, sowie Lautsprecher. Dieser Teil stellt den eigentlichen Kern des Buches dar; er gibt einen ausgezeichneten Überblick über praktische Ausführungen des Niederfrequenz-Verstärkers. Teil 4 (300 Seiten), «Hochfrequenz», bringt ebenso wertvolles Material über den HF-Teil des Rundfunk-Empfängers: Antennen und Leitungen, HF-Verstärker, Oszillatoren, Frequenztransformation (Mischung) und Gleichlauf, ZF-Verstärker, Demodulation und automatische Lautstärkeregelung, Reflex-Verstärker, Begrenzer und automatische Frequenzregelung.

Teil 5 (60 Seiten), «Gleichrichtung und Siebung», gibt praktische Angaben über den Netzteil des Gerätes. Teil 6 (100 Seiten), «Vollständige Rundfunkgeräte», behandelt der schaltungstechnische Aufbau des Rundfunkempfängers (AM wie FM-Geräte). Der letzte Teil, Teil 7 (200 Seiten), «Tabellen, Kurvenblätter und verschiedene Daten», bringt nützliche Angaben über Einheiten, Farbcodes, Vorschriften über Widerstände und Kondensatoren, normierte Fre-

quenzen, Symbole, Materialeigenschaften, chemische und physikalische Konstante, Gewinde und einige mathematische Tabellen. Ein ausführliches Stichwortverzeichnis schliesst dieses umfangreiche Werk. Besonders erwähnenswert sind die sehr zahlreichen Hinweise auf die Originalliteratur. Diese sind nach jedem Kapitel aufgeführt; insgesamt sind mehr als 2600 Literaturstellen zitiert.

Dieses Handbuch gibt einen guten Überblick über den Stand der Technik und bietet eine Fundgrube praktischer Angaben. Jedem, der sich für das Gebiet des Tonfrequenz-Verstärkers und Rundfunk-Empfängers interessiert, wird die Anschaffung des Werkes wärmstens empfohlen. R. Shah

**Druckschrift über den Knobel-Thermostarter.** Die Firma Elektro-Apparatebau F. Knobel & Co., Ennenda (GL), hat in einer graphisch sehr ansprechend gestalteten Werbeschrift dem Vorschaltgerät für Fluoreszenzlampen eine allgemein gehaltene Darstellung gewidmet. In knappen Sätzen werden die drei heute gebräuchlichen Startsysteme erläutert, worauf die neueste Ausführung des Knobel-Thermostarters, das «Ferroprofil-Perfektstart-Gerät», näher beschrieben wird.

Interessenten erhalten die Druckschrift von der Generalvertretung der Firma Knobel, Ernst Scherer, Freudenbergstrasse 59, Zürich 7/44.

## Prüfzeichen und Prüfberichte des SEV

### I. Qualitätszeichen



B. Für Schalter, Steckkontakte, Schmelzsicherungen, Verbindungsdosen, Kleintransformatoren, Lampenfassungen, Kondensatoren

ASEV  
ASEV

Für isolierte Leiter

Für armierte Isolierrohre mit Längsfalz

Kondensatoren

Ab 15. August 1955.

Elektro-Apparatebau F. Knobel & Co., Ennenda (GL).

Fabrikmarke:



cosφ- und Störschutzkondensator

Typ OCG 5335 4,5 μF ± 5 % + 0,04 μF f<sub>0</sub> = 2,3 MHz  
240 V, 50 Hz, max. 60 °C

Stossdurchschlagsspannung min. 3 kV.

Ölkondensator für Einbau in Fluoreszenzröhren-Vorschaltgeräte mit vorgeschalteter Impedanz.

Isolierte Leiter

Ab 1. August 1955.

S. A. des Câbleries et Tréfileries, Cossonay-Gare.

Firmenkennfaden: rot-grün-schwarz verdreht.

Fassungader Draht und Seil flexibel ohne Umflechtung.  
Typ TF.

Einleiter von 0,75 bis 1,5 mm<sup>2</sup> Kupferquerschnitt mit Isolation auf Polyvinylchlorid-Basis.

Lampenfassungen

Ab 1. September 1955.

Interwatt A.-G., Zürich.

Vertretung der Firma NORKA, Norddeutsche Kunststoff GmbH, Hamburg.

Fabrikmarke: NORKA

Lampenfassungen 2 A, 250 V.

Verwendung: in nassen Räumen.

Ausführung: Lampenfassungen für Fluoreszenzlampen mit Zweistiftsockel (13 mm Stiftabstand), mit und ohne Startersockel.

Nr. 1712, Nr. 1812 und Nr. 1822.

### IV. Prüfberichte

[siehe Bull. SEV Bd. 29(1938), Nr. 16, S. 449.]

Gültig bis Ende Juni 1958.

P. Nr. 2810.

Gegenstand:

Bügelmaschine

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 31014 vom 24. Juni 1955.

Auftraggeber: Siemens Elektrizitätserzeugnisse A.-G., Löwenstrasse 35, Zürich.

Aufschriften:



SIEMENS

Siemens - Schuckert

HB 4 b Nr. 3501

220 V~ 1500 W 50 Hz Nur für Wechselstrom

Beschreibung:



Bügelmaschine gemäss Abbildung, mit rotierender Walze von 157 mm Durchmesser und 680 mm Länge. Antrieb durch ventilierten Einphasen-Kurzschlussankermotor mit Hilfswicklung und Zentrifugalschalter über Keilriemen und Getriebe. Eine Heizplatte wird durch 2 Federn an die Walze gepresst und kann mittelst Pedal von letzterer abgehoben werden.

Zwei Kipphebelschalter für Heizung und Motor, sowie Signallampe eingebaut. Bedienungsgriffe isoliert. Gestell aus Blech. Dreiadrige Zuleitung mit 2 P + E-Stecker, fest angeschlossen.

Die Bügelmaschine hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden.



Gültig bis Ende Juni 1958.

**P. Nr. 2811.****Gegenstand: Waschmaschine****SEV-Prüfbericht:** A. Nr. 30594b vom 24. Juni 1955.**Auftraggeber:** ROWAT, Attilio Roveda, Via Gottardo 14, Locarno.**Aufschriften:**

EDDY

Rowat - Locarno

Fabr. No. 2554 Motor No. 03152

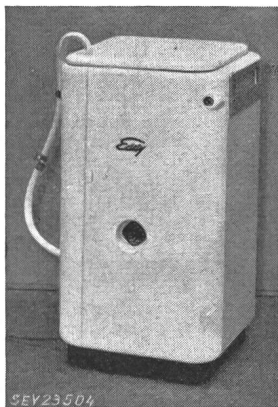
Volt 220/380 ΔΥ Amp. 1,2/0,7

U./min 1400 kW 0,300

Per. 50 Ph. 3

Heizung 1 Ph. Volt 380 kW 3

Laugeninhalt 45 l Trockenwäsche 2,5 kg

**Beschreibung:**

Waschmaschine gemäss Abbildung, mit Heizung. Heizstab unten im emaillierten Wäschebehälter. Eine Umwälzpumpe, angetrieben durch gekapselten, aussenventilierten Drehstrom-Kurzschlussankermotor, ist unten am Wäschebehälter angebracht. Diese saugt das Wasser an und presst es durch Düsen wieder in den Behälter. Dadurch wird die Wäsche in Bewegung gesetzt. Schalter für Heizung und Motor eingebaut. Vieradrige Zuleitung mit 3 P + E-Stecker, festgeschlossen. Mänge für Handbetrieb vorhanden. Maschine unten durch Blech abgeschlossen.

Die Waschmaschine hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden. Verwendung: in nassen Räumen.

Gültig bis Ende Juni 1958.

**P. Nr. 2812.****Gegenstand: Siedekessel****SEV-Prüfbericht:** A. Nr. 31006a vom 27. Juni 1955.**Auftraggeber:** E. Fluri & Co., Ruhbergstr. 1, St. Gallen.**Aufschriften:**

E. FLURI u. Co.

St. Gallen

Hafen 100 Lit. 5,8 kW 380 V

**Beschreibung:**

Siedekessel gemäss Abbildung, für Verwendung in Metzgereien und dergleichen. Kochgutbehälter aus rostfreiem Stahl von 590 mm Durchmesser und 400 mm Tiefe in Ölbad, welches durch 6 unten eingebaute Heizelemente erwärmt wird. Wärmeisolation Glaswolle. Äussere Verschalung aus rostfreiem Stahl. Schalter, Temperaturregler, Schaltschutz, Signallampe und Zeigerthermometer eingebaut. Seitlich unter der

Verschalung befinden sich Anschlussklemmen und Kondensatoren zur Verhinderung von Radiostörungen durch Sekundärmodulation. Alle Handgriffe isoliert.

Der Siedekessel hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden.

**P. Nr. 2813.****Gegenstand: Staubsauger****SEV-Prüfbericht:** A. Nr. 30592a vom 1. Juli 1955.**Auftraggeber:** ROWAT, Attilio Roveda, Fabrik elektrischer Apparate, Locarno (TI).**Aufschriften:**

ROWAT

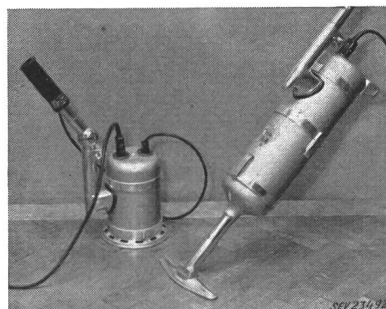


ROWAT Locarno Swiss Made

V 220 W 300 No. — — —

**Beschreibung:**

Staubsauger gemäss Abbildung. Zentrifugalgebläse, angetrieben durch Einphasen-Seriemotor. Gehäuse und Führungstange aus Metall. Motoreisen gegen berührbare Metallteile isoliert. Apparat mit verschiedenen Mundstücken und Roh-



ren zum Saugen und Blasen verwendbar. Apparatestecker 2 P, 6 A, 250 V eingebaut. Auf dem Handgriff, welcher zugleich Luftaustrittsstutzen ist, kann eine Heissluftdusche mit Gehäuse aus Isolierpreßstoff gesteckt werden. Steckdose 2 P mit 10 mm Stiftabstand für den Anschluss derselben im Staubsauger eingebaut. Der Heizkörper kann nur gleichzeitig mit dem Motor unter Spannung gesetzt werden. Die Zuleitung des Staubsaugers besteht aus zweiadriger, mit Stecker und Apparatesteckdose mit Schalter versehener Gummiader-schnur mit Stecker.

Der Staubsauger entspricht den «Vorschriften und Regeln für elektrische Staubsauger» (Publ. Nr. 139) und dem «Radioschutzzeichen-Reglement» (Publ. Nr. 117).

**P. Nr. 2814.****Gegenstand: Staubsauger****SEV-Prüfbericht:** A. Nr. 30621 vom 4. Juli 1955.**Auftraggeber:** M. Aellen, Zucker & Cie, Rue Neuve 3, Lausanne.**Aufschriften:**

PROGRESS



7E

Type P7E

Nr. 156060 FN

Aufn. Watt 300 Volt 220

**Beschreibung:**

Staubsauger gemäss Abbildung. Zentrifugalgebläse, angetrieben durch Einphasen-Seriemotor. Motoreisen von den

**Fortsetzung des allgemeinen Teils auf Seite 909**

Es folgen «Die Seiten des VSE»

Fortsetzung von Seite 896

**Prüfzeichen und Prüfberichte des SEV (Fortsetzung)**

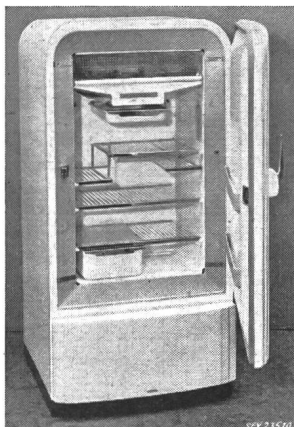
berührbaren Metallteilen isoliert. Handgriff aus Gummi. Apparat mit Schlauch, Führungsrohren und verschiedenen Mundstücken zum Saugen und Blasen verwendbar. Druckknopfschalter und Apparatestecker 6 A, 250 V eingebaut. Zuleitung zweiadriges Gummiaderschnur mit Stecker und Apparatesteckdose.

Der Staubsauger entspricht den «Vorschriften und Regeln für elektrische Staubsauger» (Publ. Nr. 139) und dem «Radoschutzzeichen-Reglement» (Publ. Nr. 117).

Gültig bis Ende Juli 1958.

**P. Nr. 2815.****Gegenstand: Drei Kühlschränke****SEV-Prüfbericht:** A. Nr. 30999 vom 4. Juli 1955.**Auftraggeber:** Electrolux A.-G., Badenerstrasse 587, Zürich.**Aufschriften:****ELECTROLUX**Volt 230 KM NH<sub>3</sub> (S)

L 158a 180 E, C<sub>1</sub> Hp 180L/M 158 Watt 100  
M 270a 181 E, C<sub>1</sub> Hp 190L 230 M 270 Watt 115  
L 500a 723 E, C<sub>1</sub> Hp 730 Watt 300 + 15

**Beschreibung:**

Kühlschränke gemäss Abbildung (L 500a). Kontinuierlich arbeitendes Absorptionskühlaggregat mit natürlicher Luftkühlung. Verdampfer mit Eisschublade oben im Kühlraum. Mod. L 500a mit speziellem Tiefkühlabteil mit 4 Eisschubladen. Mod. M 270a: Einbaukühlschrank. Kocher in Blechgehäuse eingebaut. Gehäuse aus lackiertem Blech, Kühlraumwandungen emailliert. Verstellbarer Regler mit Ausschaltstellung. Dreiadriges Zuleitung mit 2 P + E-Stecker, fest angeschlossen. Nutzinhalt und Gewicht: L 158a: 41 dm<sup>3</sup>,

50 kg; M 270a: 74 dm<sup>3</sup>, 60 kg; L 500a: 126 dm<sup>3</sup>, 150 kg. Der elektrische Teil der Kühlschränke L 230, L 312, L 730, L 1050, M 154, M 303 und MK 461 ist gleich ausgeführt wie bei den geprüften Modellen.

Die Kühlschränke entsprechen den «Vorschriften und Regeln für elektrische Haushaltungskühlschränke» (Publ. Nr. 136).

Gültig bis Ende Juni 1958.

**P. Nr. 2816.****Gegenstand: Explosionssichere Batterielampe****SEV-Prüfbericht:** A. Nr. 30778/I vom 4. Juni 1955.**Auftraggeber:** EHB, Elektrische Apparate für Industrie und Gewerbe, Basel.**Aufschriften:**

auf dem Scheinwerfer:



(Sch) d Grubenlampenwerke Zwickau (Ex) d D 3

im Deckel:

Füllung Kalilauge Wichte 1,2  
Laugenstand bis 5 mm über Platten  
Ladung 6 Stunden mit 1,3 A  
Glühlampe 3,5 V 0,5 A  
Best. Nr. 833

**Beschreibung:**

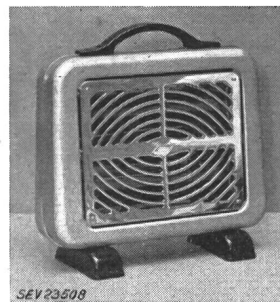
In einem Kunststoffkasten ist eine 3zellige Akkumulatorbatterie untergebracht. Deckel, Griff und Scheinwerferfassung bestehen aus einem Kunststoffstück, in welchem auch der feststellbare Druckknopfschalter untergebracht ist.

Die Leuchte entspricht dem «Entwurf für explosionsicheres elektrisches Installationsmaterial und elektrische Apparate» des FK 31 des CES. Verwendung: in explosionsgefährdeten Räumen.

Gültig bis Ende Juli 1958.

**P. Nr. 2817.****Gegenstand: Heizstrahler****SEV-Prüfbericht:** A. Nr. 31 015 vom 5. Juli 1955.**Auftraggeber:** Friedrich von Känel, Ostring 30, Bern 16.**Aufschriften:**

GROSSAG  
Type Nr. 761  
220 V 1200 W

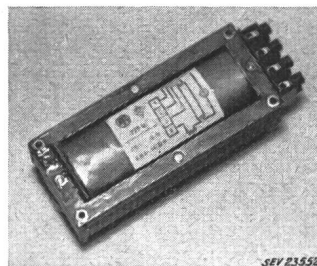
**Beschreibung:**

Heizstrahler gemäss Abbildung. Heizwendeln auf zwei Keramikstäbe gewickelt und horizontal übereinander in Blechgehäuse mit Reflektor montiert. Handgriff und Füsse aus Isolierpreßstoff. Stufenschalter eingebaut. Apparatestecker mit Erdkontakt vorhanden.

Der Strahler hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden.

**P. Nr. 2818.****Gegenstand: Vorschaltgerät****SEV-Prüfbericht:** A. Nr. 30856 vom 6. Juli 1955.**Auftraggeber:** TRAFAG, Transformatorenbau A.-G., Löwenstrasse 59, Zürich.**Aufschriften:**

ATG 220 Ui  
220 V 50 Hz 0,36 A 14/20 W

**Beschreibung:**

Vorschaltgerät gemäss Abbildung, für 14/20-W-Fluoreszenzlampen, ohne Starter. Schlanke Ausführung ohne Grundplatte und Deckel, für Einbau in geschlossene Armaturen. Wicklungen aus emailliertem Kupferdraht. Gegenwicklung zur Vergrößerung des Vorheizstromes.

Zwei Messingzylinder distanzieren das Vorschaltgerät zwangsläufig von der Unterlage. Klemmen an einer Stirnseite angeschraubt.

Das Vorschaltgerät hat die Prüfung in Anlehnung an die «Kleintransformatoren-Vorschriften» (Publ. Nr. 149) bestanden.

den. Verwendung: in trockenen und zeitweilig feuchten Räumen.

Apparate in dieser Ausführung tragen das Qualitätszeichen des SEV; sie werden periodisch nachgeprüft.

Gültig bis Ende Juni 1958.

P. Nr. 2819.

Gegenstand: **Explosionssichere Batterielampe**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 30 778/II vom 4. Juni 1955.

Auftraggeber: EHB Elektrische Apparate für Industrie und Gewerbe, Basel.

Aufschriften:



Typ e 986  
Sch e Ex eC / d3  
4,5 V 1,5 A  
4,5 V 0,4 A

Beschreibung:

In einem kubischen Metallgehäuse ist ein alkalischer Akkumulator untergebracht. Auf dem Batteriegehäuse befindet sich ein Scheinwerfer mit 2 Glühlampen, die durch einen Schalter, der ebenfalls im Scheinwerfergehäuse untergebracht ist, bedient werden können. Die Glühlampen sind durch ein Schutzglas mit Schutzgitter geschützt. Batteriegehäuse und Scheinwerfer sind nur nach Öffnen von Sonderschlüssen zugänglich.

Die Leuchte entspricht dem «Entwurf für explosionsicheres elektrisches Installationsmaterial und elektrische Apparate» des FK 31 des CES.



Gültig bis Ende Juli 1958.

P. Nr. 2820.

Gegenstand: **Kühlschrank**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 31 021a vom 4. Juli 1955.

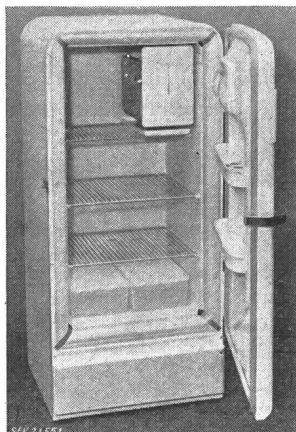
Auftraggeber: Frigorrex AG., Bürgenstrasse 36, Luzern.

Aufschriften:

FRIGORREX  
Frigorrex AG. Luzern  
Typ A 18 220 Volt 120 W 50 Per.  
Nr. 15085 Kältemittel F-12 0,275 kg

Beschreibung:

Kühlschrank gemäss Abbildung. Kompressor-Kühlaggregat mit natürlicher Luftkühlung. Kolbenkompressor und Einphasen - Kurzschlussanker-motor mit Hilfswicklung zu einem Block vereinigt. Relais zum Ausschalten der Hilfswicklung nach erfolgtem Anlauf. Separater Motorschutzschalter. Verdampfer mit Raum für Eisschublade und Gefrierkonserven. Verstellbarer Temperaturregler mit Ausschaltstellung. Gehäuse aus weiss lackiertem Blech. Kühlraumwandungen emailliert. Dreiadrige Zuleitung mit 2 P + E-Stecker, fest angeschlossen. Abmessungen: Kühlraum 885 ×



Stecker, fest angeschlossen. Abmessungen: Kühlraum 885 ×

450 × 425 mm, Kühlschrank 1240 × 580 × 605 mm. Nutzinhalt 158 dm<sup>3</sup>. Gewicht 98 kg. Der elektrische Teil des Kühlschranks A 14 ist gleich ausgeführt wie beim geprüften Modell. Dieser weist jedoch einen kleineren Nutzinhalt auf.

Der Kühlschrank entspricht den «Vorschriften und Regeln für elektrische Haushaltungskühlschränke» (Publ. Nr. 136).

Gültig bis Ende Juni 1958.

P. Nr. 2821.

Gegenstand: **Lötapparat**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 30 224a vom 16. Juni 1955.

Auftraggeber: Henri Sutter, Fournitures électriques, Rue Centrale 9, Lausanne.

Aufschriften:

SUPERTONE  
Alternatif — 50 ~  
115 V — 220 V 50 W

Beschreibung:

Lötapparat gemäss Abbildung, bestehend aus einem Transformator mit getrennten Wicklungen und Gehäuse aus Isolierpreßstoff, welches als Handgriff ausgebildet ist. Primärwicklung aus emailliertem Kupferdraht. Sekundärwicklung



aus wenigen Windungen blanken Flachkupfers. Lötensatz als Drahtschleife ausgebildet und mit Schraubklemmen befestigt. Einpoliger Schalter und Umschalter 115/220 V eingebaut. Zuleitung zweiadrige Gummiaderschnur mit 2 P-Stecker, fest angeschlossen.

Der Apparat hat die Prüfung in Anlehnung an die «Kleintransformatoren-Vorschriften» (Publ. Nr. 149) bestanden.

Gültig bis Ende Juli 1958.

P. Nr. 2822.

Gegenstand: **Ölbrenner**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 30 749 vom 7. Juli 1955.

Auftraggeber: Flexflam A.-G., Tödistrasse 9, Zürich.

Aufschriften:

Gilbarco

Ölbrenner  
Serie No. S 32 1677 Type No. GBK-3 SW  
Flexflam AG. Zürich

auf dem Motor:

Gilbarco  
Ölbrenner Motor Wechselstrom  
Type FNE 42 Ser. No. 14823 HP 1/6  
Volt 220 Per. 50 Phase 1 U/m 1450 Amp. 1,4  
Flexflam AG. Zürich

auf dem Zündtransformator:

MOSER-GLASER u. Co. AG., Muttensz b. Basel  
P 220 V 50 Hz S 14600 V Ampl.  
Kurzschluss-Scheinleistung 210 VA Type Z 0,2 Ha  
Kurzschluss-Strom sek 0,0204 A No. B 9579/156

Sek. Mittelpunkt

Beschreibung:

Automatischer Ölbrenner gemäss Abbildung. Ölzerstäubung durch Druckpumpe und Düse. Hochspannungszündung. Antrieb durch Einphasen-Kurzschlussanker-motor. Mittelpunkt der Hochspannungswicklung des angebauten Zündtransfor-

mators geerdet. Automatisch betätigte Luftklappe im Brennerrohr. Steuerung durch Schaltautomat, Kaminthermostat, Kesseltauchthermostat und Zimmerthermostat «Landis & Gyr».



Der Oelbrenner hat die Prüfung des elektrischen Teils in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden. Er entspricht dem «Radioschutzzeichen-Reglement» (Publ. Nr. 117).

Gültig bis Ende Juli 1958.

P. Nr. 2823.

Gegenstand: **Heizstrahler**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 31 058a vom 15. Juli 1955.

Auftraggeber: EDOS A.-G., Stauffacherstrasse 35, Zürich.

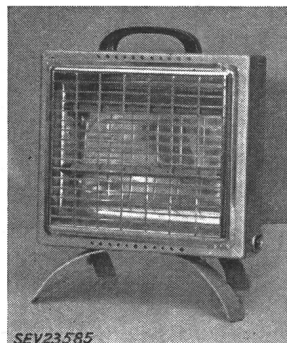
Aufschriften:

EDOS  
V 225 W 1200  
No. 5 T 101

Beschreibung:

Heizstrahler gemäss Abbildung. Zwei Keramikstäbe von 250 mm Länge mit aufgewickelter Heizwendel übereinander angeordnet. Reflektor aus Aluminiumblech. Gehäuse aus lackiertem Blech. Vier Füsse aus Flacheisen. Handgriff aus Isolierpreßstoff. Versenkter Apparatestecker für den Anschluss der Zuleitung.

Der Heizstrahler hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden.



Gültig bis Ende Juli 1958.

P. Nr. 2824.

Gegenstand: **Kochplatte**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 30 861 vom 19. Juli 1955.

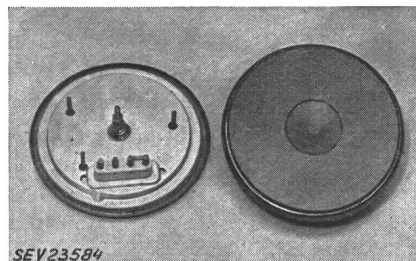
Auftraggeber: «JURA» Elektroapparate-Fabriken, L. Henzirohs A.-G., Niederbuchsiten.

Aufschriften:

**Jura**  
V 380 W 1500  
Tp. 1743 No. 5 F 39217

Beschreibung:

Gusskochplatte gemäss Abbildung, zum festen Einbau in Kochherde. Durchmesser der Aufstellfläche 180 mm. Aussparung von 70 mm Durchmesser in der Mitte der Aufstellfläche. Tropfrand aus rostfreiem Stahlblech. Blechabdeckung unten. Dreiteiliger Heizwiderstand in Masse eingebettet.



(Vier Anschlussklemmen auf Keramiksockel.) Der Anschluss des Erdleiters erfolgt am Schraubenbolzen unten an der Kochplatte. Gewicht 1,6 kg.

Die Kochplatte entspricht in sicherheitstechnischer Hinsicht den «Vorschriften und Regeln für elektrische Kochplatten und Kochherde» (Publ. Nr. 126).

Gültig bis Ende Juli 1958.

P. Nr. 2825.

Gegenstand: **Kaffeemaschine**

SEV-Prüfbericht: A. Nr. 30 886 vom 19. Juli 1955.

Auftraggeber: FAEMA Machines à café S.A., Valentin 23, Lausanne.

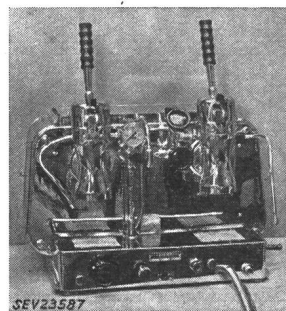
Aufschriften:

Officine FAEMA Milano  
Infuso Idrocompresso di caffè  
Via Ventura 5 Tel. 293.641  
N 16304 V 3 x 380/220 W 3000+40  
FAEMA

Machines à café SA. Lausanne Valentin 23

Beschreibung:

Kaffeemaschine gemäss Abbildung, mit Wasserbehälter und drei horizontal eintauchenden Heizelementen. Druckregler und Schaltschutz ausserhalb der Maschine montiert. Sicherheitsvorrichtung gegen Überhitzung eingebaut. Armaturen für Kaffeezubereitung, Heisswasser- und Dampfenahme, sowie Manometer, Sicherheitsventil und Wasserstandsanzeiger vorhanden. Soffittenlampe für Reklamebeleuchtung. Drei- bzw. vieradrige Zuleitung für Lampe und Heizung, fest angeschlossen.



Die Kaffeemaschine hat die Prüfung in sicherheitstechnischer Hinsicht bestanden.

## Vereinsnachrichten

In dieser Rubrik erscheinen, sofern sie nicht anderweitig gezeichnet sind, offizielle Mitteilungen des SEV und der gemeinsamen Organe des SEV und VSE

### Totenliste

Am 27. August 1955 starb in Zürich im Alter von 71 Jahren **Wilhelm Max Keller**, Präsident des Verwaltungsrates der A.-G. R. & E. Huber, Pfäffikon (ZH), Kollektivmitglied des SEV. Wir entbieten der Trauerfamilie und dem Unternehmen, an dessen Spitze er stand, unser herzliches Beileid.

Am 25. August 1955 starb in Mulhouse (Frankreich) im Alter von 67 Jahren **Emile Schlumberger**, ingénieur électricien principal honoraire der Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur et Electriques, Mitglied des SEV seit 1949. Wir entbieten der Trauerfamilie und der Association Alsacienne unser herzliches Beileid.



Am 19. August 1955 verschied in Fribourg im Alter von 74 Jahren

## Prof. Dr. Paul Joye

Ehrenmitglied des SEV  
Präsident des SEV 1942—1947  
Mitglied des Vorstandes des VSE 1933—1941  
alt Direktor der Freiburgischen Elektrizitätswerke

Am 22. August 1955 entschlief in Bern im Alter von 71 Jahren

## Emil Baumann

Ehrenmitglied des SEV  
Mitglied des Vorstandes des SEV 1916—1940  
Mitglied des Schweizerischen Elektrotechnischen Komitees 1914—1950  
alt Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Bern

Der SEV verliert in den Verstorbenen zwei Mitglieder, die ihm jahrelang an hervorragender Stelle gedient haben. Wir halten ihr Andenken in hohen Ehren.

### Generalversammlung des SEV am 2. Oktober 1955 in Luzern

#### Berichtigung

Im Bulletin SEV 1955, Nr. 18 (Generalversammlungsheft), S. 830, «Anträge des Vorstandes des SEV an die 71. Generalversammlung vom 2. Oktober 1955 in Luzern», sind durch ein Versehen bei den in der Tabelle enthaltenen Jahresbeiträgen für 1956 unrichtige Zahlen eingesetzt worden.

Der Antrag lautet richtig:

#### Zu Trakt. 13: Jahresbeiträge der Mitglieder

Für das Jahr 1956 werden die Mitgliederbeiträge, gestützt auf Art. 6 der Statuten des SEV, folgendermassen festgesetzt (gleich wie 1955):

I. Einzelmitglieder	... ..	Fr. 30.—
II. Jungmitglieder	... ..	Fr. 18.—
III. Kollektivmitglieder		

Stimmen- zahl	Investiertes Kapital		Beitrag 1956 Fr.
	Fr.	Fr.	
1	bis	100 000.—	60.—
2	100 001.—	300 000.—	100.—
3	300 001.—	600 000.—	150.—
4	600 001.—	1 000 000.—	230.—
5	1 000 001.—	3 000 000.—	310.—
6	3 000 001.—	6 000 000.—	480.—
7	6 000 001.—	10 000 000.—	700.—
8	10 000 001.—	30 000 000.—	1050.—
9	30 000 001.—	60 000 000.—	1500.—
10	über 60 000 000.—		2050.—

### Fachkollegium 4 des CES

#### Wasserturbinen

Das FK 4 trat am 4. Juli 1955 in Bern unter dem Vorsitz von Professor R. Dubs zu seiner 25. Sitzung zusammen. Behandelt wurde zuerst in zweiter Lesung eine Zusammen-

stellung der für die III. Auflage der Schweiz. Regeln für Wasserturbinen vorgesehenen Änderungen. Sie wurden mit geringfügigen Korrekturen endgültig übernommen. Einige dieser Korrekturen hatten den Zweck, Übereinstimmung zu schaffen mit Bestimmungen in den VDI-Regeln, die gegenwärtig ebenfalls einer Revision unterzogen werden.

Anschliessend wurde die Eingabe an die CEI betreffend die zukünftige Formulierung der Bau- und Messtoleranzen, insbesondere auf den Wirkungsgrad, eingehend besprochen, und das Programm für die vorgesehenen Vergleichsversuche mit verschiedenen Wassermessmethoden diskutiert. Auf Antrag der Vertreter der Turbinenfirma soll auch die von der Electricité de France weiterentwickelte Temperatur-Messmethode in das Versuchsprogramm aufgenommen werden. Über die Ventilationsverluste von Freistrahlturbinen-Lauf-rädern wird nächstens eine Publikation erscheinen können. Über die Frage der Durchführung von Abnahmeversuchen am Modell, d.h. im Laboratorium, soll in den Regeln ein besonderes Kapitel vorgesehen werden. *H. Gerber*

### Anmeldungen zur Mitgliedschaft des SEV

Seit 17. Mai 1955 sind durch Beschluss des Vorstandes neu in den SEV aufgenommen worden:

#### a) als Einzelmitglied:

Borer M., dipl. Elektrotechniker, Feldbrunnenstrasse 109, Zürich 48.  
Buchmann M., Elektrotechniker, I.B.T.E., P.O. Box 1162, Addis Abeba (Ethiopia).  
Dänzer Pierre, ingénieur electricien EPUL, Zugerbergstrasse 17, Zug.  
Gfeller Bruno, dipl. Elektrotechniker, Neuwiesenstrasse 47, Winterthur (ZH).  
Hauser Willy, Electricien, Moutier (BE).  
Lindenmann Carlo, Kaufmann, Via B. Luini, Locarno (TI).  
Pasche André, chef de station, Services industriels, Travers (NE).  
Ramos Eugénio, ingénieur electricien, Rua Jose Falcão 230, Porto (Portugal).  
Stuber Peter, dipl. Elektroingenieur ETH, Assistent am Hochspannungslabor ETH, Gloriastrasse 35, Zürich 7/6.  
Trümpy Ernst, dipl. Elektroingenieur ETH, Fritz-Fleiner-Weg 5, Zürich 44.  
Widmer Hans, Elektrotechniker, Brünigring 14, Emmenbrücke (LU).  
Zäch Alois, dipl. Elektrotechniker, Hauptstrasse 328, Welschenrohr (SO).

## b) als Kollektivmitglied:

ASTRA Handels AG., Gundeldingerstrasse 175, Basel.  
 Panelac S. A., Rue Marterey, Lausanne.  
 Licht- Technik- Zürich, LTZ, A. Stauber, Pilgerweg 15,  
 Rüschlikon (ZH).  
 Baumgartner E., elektrische Anlagen, Sonneggstrasse 82,  
 Zürich 6.

### Zulassung von Elektrizitätsverbrauchsmessersystemen zur amtlichen Prüfung

Auf Grund des Artikels 25 des Bundesgesetzes vom 24. Juni 1909 über Mass und Gewicht und gemäss Artikel 16 der Vollziehungsverordnung vom 23. Juni 1933 betreffend die amtliche Prüfung von Elektrizitätsverbrauchsmessern hat die Eidgenössische Mass- und Gewichtskommission die nachstehenden Verbrauchsmessersysteme zur amtlichen Prüfung zugelassen und ihnen die beifolgenden Systemzeichen erteilt:

Fabrikant: *Rauscher & Stöcklin A.-G., Sissach*

**S** Stützer- und Durchführungs-Stromwandler mit Giessharzisolierung,  
 Typen StG 10, StG 20 und StGD 10, StGD 20  
 für Übersetzungsverhältnisse 50 bis 600/5 A  
 Nennfrequenz 50 Hz, für die Reihenspannung 10 kV und 20 kV.

**S** Spannungswandler mit Giessharzisolierung,  
 Typen SpG 10 und SpG 20, für die Reihenspannungen  
 10 kV und 20 kV, Nennfrequenz 50 Hz.

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

**S** Änderung der Typenbezeichnung für Spannungswandler.  
 Die Typenbezeichnungen aus der Publikation vom 29. Dezember 1951 werden wie folgt ersetzt:

Alte Bezeichnung	Neue Bezeichnung
E 020	TOA 1.20
E 020 u	TOA 1.20 u
E 030	TOA 1.30

Der Typ TOA 1.20 in Ausführung mit Masseisolation erhält die Bezeichnung

TMA 1.20

Zusatzbezeichnung: a, für Freiluftausführung der Typen TOA 1.20, TOA 1.20 u und TMA 1.20, z. B. TOA 1.20 a.

Fabrikant: *Danubia A.-G., Wien*

**S** (Vertreten durch die Compagnie des Compteurs S. A., Genève)  
 Wirkverbrauchs-Induktionszähler für Zweileiter-Wechselstromanlagen.

Typ B1X4

Nennspannungen von 60 bis 380 V

Nennstromstärken von 5 (10) bis 20 (40) A

Nennfrequenzen von 40 bis 60 Hz

Bern, den 22. Juli 1955.

Der Präsident  
 der Eidgenössischen Mass- und Gewichtskommission:  
*K. Bretscher*

### Vorort des Schweizerischen Handels- und Industrie-Vereins

Unseren Mitgliedern stehen folgende Mitteilungen und Berichte des Schweizerischen Handels- und Industrie-Vereins zur Einsichtnahme zur Verfügung:

Gleichmässige steuerrechtliche Behandlung der Erwerbsunternehmungen ohne Rücksicht auf die Rechtsform (Motion Piller).

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt; Prämienrevision. Revision der Brotgetreideordnung.

Vorbereitung der Regelung des Warenverkehrs mit den Niederlanden für das Vertragsjahr vom 1. Oktober 1955 bis 30. September 1956.

Revision des Bundesbeschlusses über wirtschaftliche Massnahmen gegenüber dem Ausland.

### Neuer Sonderdruck

Von der im Bulletin SEV 1955, Nr. 9, S. 449...450 erschienenen Mitteilung «Erden der Geleiseschienen von Kranen auf Bauplätzen» ist ein Sonderdruck in deutscher und französischer Sprache erhältlich. Er kann bei der Gemeinsamen Geschäftsstelle des SEV und VSE, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, zum Preise von Fr. —.50 für Mitglieder und Fr. —.75 für Nichtmitglieder bezogen werden.

### Neue Publikationen der Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

#### 1. Recommandations de la CEI relatives à la couleur des boutons-poussoirs

(Publ. N° 73 de la CEI)

Preis Fr. 1.50

#### 2. Recommandations de la CEI relatives à la détermination du rendement des machines électriques tournantes

(à l'exclusion du rendement des moteurs de traction)

(Publ. N° 34 de la CEI, 5° édition, 2° partie, 34-2)

Preis Fr. 5.—

#### 3. Spécifications particulières pour amplificateurs reliés à un réseau de distribution d'énergie

(Annexe I au Fascicule 65 de la CEI, Règles de sécurité pour les récepteurs radiophoniques reliés à un réseau de distribution d'énergie)

(Publ. N° 65 de la CEI, Annexe I — 1955)

Preis Fr. 4.—

#### 4. Spécifications particulières pour haut-parleurs indépendants

(Annexe II au Fascicule 65 de la CEI, Règles de sécurité pour les récepteurs radiophoniques reliés à un réseau de distribution d'énergie)

(Publ. N° 65 de la CEI, Annexe II — 1955)

Preis Fr. 4.—

#### 5. Règles de la CEI pour les isolateurs en porcelaine pour lignes aériennes de tension nominale égale ou supérieures à 1000 volts

(Publ. N° 75 de la CEI)

Preis Fr. 6.—

Diese Publikationen sind als Fascicules der CEI erschienen. Sie können zu den angegebenen Preisen bei der *Gemeinsamen Geschäftsstelle des SEV und VSE, Seefeldstrasse 301, Zürich 8*, bezogen werden.

### Dimensionsnormen für Industriesteckkontakte für Kleinspannung höherer Frequenz

Im Anschluss an die Normen für Industriesteckkontakte für höhere Frequenzen, wie sie im Bull. SEV 1955, Nr. 3 ausgeschrieben und in Nr. 6 in Kraft gesetzt wurden, zeigte sich ein Bedürfnis, solche Steckkontakte auch für Kleinspannung anwenden zu können. Diesem Bedürfnis entsprechend wurden Normen für dreipolige Modelle für 10 A, 50 V und 15 A, 50 V, 60...1000 Hz, aufgestellt, die bei gleichen äusseren Abmessungen sich lediglich durch andere Stellung der Kontakte von bereits bestehenden Steckkontakten ableiten lassen. Auf der ortsfesten Steckdose wird ein separates Kennzeichnungsschild mit der Aufschrift der Nennfrequenz verlangt.

Der Vorstand des SEV veröffentlicht nun die von der Verwaltungskommission des SEV und VSE genehmigten Normenentwürfe SNV 24 573, 24 574, 24 588 und 24 589 über den oben erwähnten Gegenstand und lädt die Mitglieder des SEV ein, die Entwürfe zu prüfen und allfällige Bemerkungen *schriftlich im Doppel bis 10. Oktober 1955 dem Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8*, einzureichen. Wenn bis zum genannten Datum keine Bemerkungen eingehen, wird der Vorstand annehmen, die Mitglieder des SEV seien mit den Entwürfen einverstanden, und sie in Kraft setzen.

**Ausführung: Typ 43**

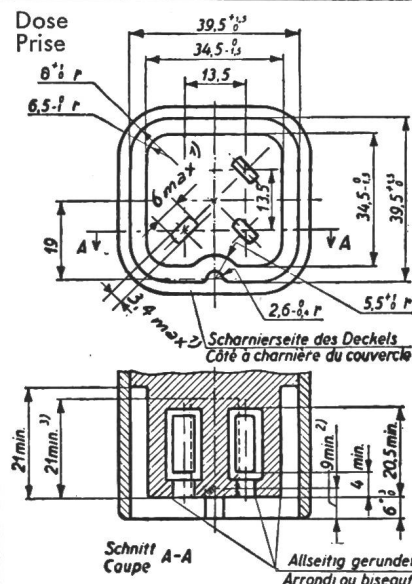
3 P, 10 A, 50 V  
60...1000 Hz

**Exécution: Type 43**

## Normblatt — Norme

S N V

**24573**

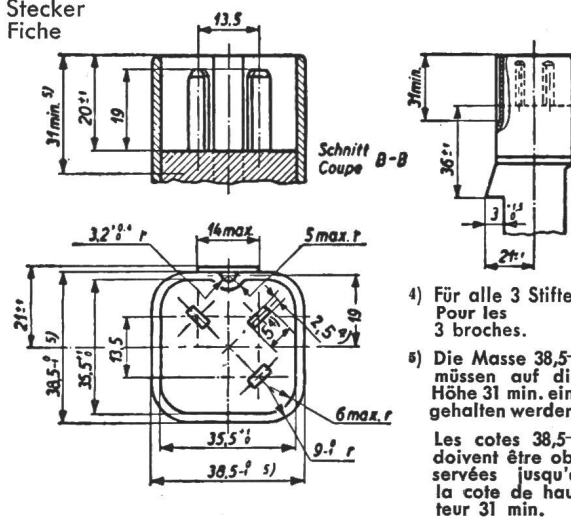


**Masse in mm**  
**Dimensions en mm**

- 1) Für alle 3 Schlitzte.  
Pour les 3 fentes.
- 2) Länge des Nockens am Gehäuse.  
Longueur de la saillie du boîtier.
- 3) Tiefe der Nute im Doseneinsatz.  
Profondeur de l'encoche de la prise.

Festhaltevorrichtung derart, dass der Stecker durch ruckweisen Zug in achsialer Richtung aus der Dose herausgezogen werden kann.

Dispositif de retenue constitué de façon à ce que la fiche puisse être retirée de la prise par une traction brusque dans le sens de l'axe.

Stecker  
Fiche

**Toleranzen:**

Stiftbreite und Stiftdicke  
 $\pm 0,06$  mm.  
 Stiftlänge  $\pm 1$  mm.  
 Abstand für unbewegliche  
 Stifte  $\pm 0,15$  mm.

**Tolérances:**

Largeur et épaisseur des  
broches  $\pm 0,06$  mm.  
Longueur des broches  $\pm 1$  mm.  
Entraxe des broches fixes  
 $\pm 0,15$  mm.

**Stiftform**  
Forme des broches

Stiftenden gerundet oder abgeschrägt.  
Extrémités des broches arrondies ou biseautées.

**Stifte massiv.**  
**Broches massives.**

- 4) Für alle 3 Stifte.  
Pour les  
3 broches.
- 5) Die Masse 38,5-  
müssen auf die  
Höhe 31 min. ein-  
gehalten werden.  
Les cotes 38,5-  
doivent être ob-  
servées jusqu'à  
la cote de hau-  
teur 31 min.

**Ausserdem gelten die Bemerkungen SNV 24501 · Observer en outre les remarques SNV 24501**

3 P, 15 A, 50 V  
60...1000 Hz

**Ausführung: Typ 44**

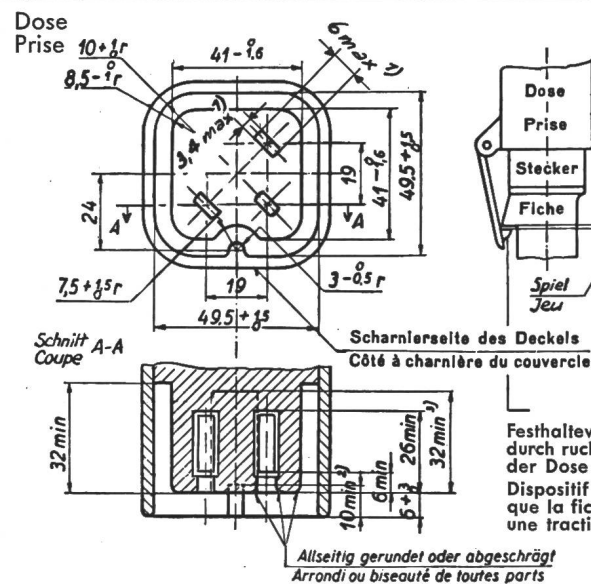
3 P, 15 A, 50 V  
60...1000 Hz

**Exécution: Type 44**

## Normblatt — Norme

S N V

24574

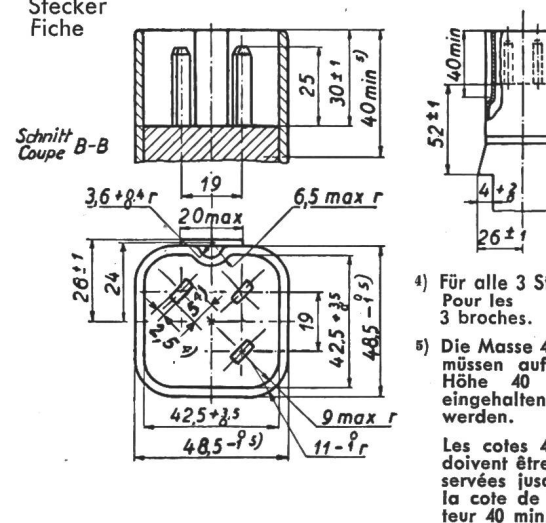


Masse in mm  
Dimensions en mm

- 1) Für alle 3 Schlitzte.  
Pour les 3 fentes.
- 2) Länge des Nockens am Gehäuse.  
Longueur de la saillie du boîtier.
- 3) Tiefe der Nute im Doseneinsatz.  
Profondeur de l'encoche de la prise.

Festhaltevorrichtung derart, dass der Stecker durch ruckweisen Zug in achsialer Richtung aus der Dose herausgezogen werden kann.  
Dispositif de retenue constitué de façon à ce que la fiche puisse être retirée de la prise par une traction brusque dans le sens de l'axe.

Allseitig gerundet oder abgeschrägt  
Arrondi ou biseauté de toutes parts

Stecker  
Fiche

**Toleranzen:**

Stiftbreite und Stiftdicke  
± 0,06 mm.  
Stiftlänge ± 1 mm.  
Abstand für unbewegliche Stifte  
± 0,15 mm.

**Tolérances:**

Largeur et épaisseur des broches  
 $\pm 0,06$  mm.  
 Longueur des broches  $\pm 1$  mm.  
 Entraxe des broches fixes  
 $\pm 0,15$  mm.

Stiftform  
Forme des broches - 

Stiftenden gerundet oder abge-  
schrägt.  
Extrémités des broches arrondies  
ou biseautées.

**Stifte massiv.**  
**Broches massives.**

- 4) Für alle 3 Stifte.  
Pour les  
3 broches.
- 5) Die Masse 48,5-  
müssen auf die  
Höhe 40 min  
eingehalten  
werden.
- Les cotes 48,5-  
doivent être ob-  
servées jusqu'à  
la cote de hau-  
teur 40 min.

**Ausserdem gelten die Bemerkungen SNV 24501      Observer en outre les remarques SNV 24501**



# Apparatesteckkontakt für industrielle Zwecke

3 P, 10 A, 50 V  
60...1000 Hz

Ausführung: Typ 143

# Prise de courant d'appareil pour usages industriels

3 P, 10 A, 50 V  
60...1000 Hz

Exécution: Type 143

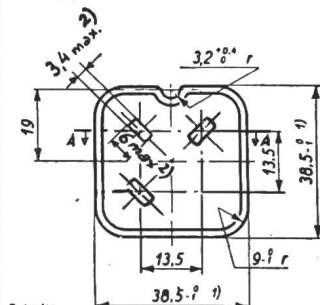
Normblatt — Norme

S N V

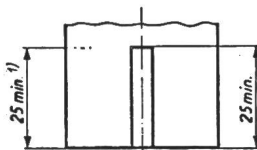
24588

## Apparatesteckdose

## Prise d'appareil



Schnitt A-A



Masse in mm  
Dimensions en mm

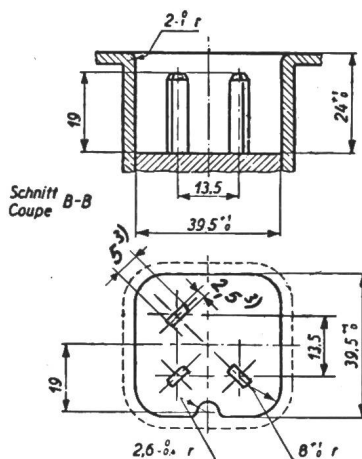
- 1) Die Masse 38,5<sup>+0</sup> dürfen bis auf die Höhe 25 min. nicht unter- oder überschritten werden.
- 1) Les cotes 38,5<sup>+0</sup> doivent être observées strictement jusqu'à la cote de hauteur 25 min.
- 2) Für alle 3 Schlitzze.
- 2) Pour les 3 fentes.

Nutlänge  
Longueur de l'encoche

Allseitig gerundet oder abgeschrägt  
Arrondi ou biseauté de toutes parts

## Apparatestecker

## Fiche d'appareil



Schnitt B-B

Toleranzen:  
Stiftbreite und Stiftstärke  
± 0,06 mm.  
Stiftlänge ± 1 mm.  
Abstand für unbewegliche Stifte  
± 0,15 mm.

Tolérances:  
Largeur et épaisseur des broches  
± 0,06 mm.  
Longueur des broches ± 1 mm.  
Entr'axe des broches fixes  
± 0,15 mm.

Stiftform  
Forme des broches

Stiftenden gerundet oder abgeschrägt.  
Extrémités des broches arrondies ou biseautées.

Stifte massiv.  
Broches massives.

- 2) Für alle 3 Schlitzze.
- 2) Pour les 3 fentes.

Ausserdem gelten die Bemerkungen SNV 24545

Observer en outre les remarques SNV 24545

# Apparatesteckkontakt für industrielle Zwecke

3 P, 15 A, 50 V  
60...1000 Hz

Ausführung: Typ 144

# Prise de courant d'appareil pour usages industriels

3 P, 15 A, 50 V  
60...1000 Hz

Exécution: Type 144

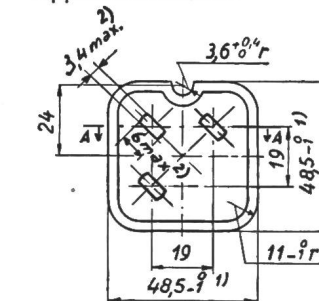
Normblatt — Norme

S N V

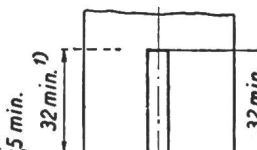
24589

## Apparatesteckdose

## Prise d'appareil



Schnitt A-A



Masse in mm  
Dimensions en mm

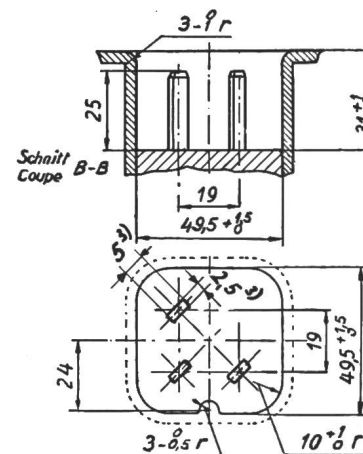
- 1) Die Masse 48,5<sup>+0</sup> dürfen bis auf die Höhe 32 min. nicht unter- oder überschritten werden.
- 1) Les cotes 48,5<sup>+0</sup> doivent être observées strictement jusqu'à la cote de hauteur 32 min.
- 2) Für alle 3 Stifte.
- 2) Pour les 3 broches.

Nutlänge  
Longueur de l'encoche

Allseitig gerundet oder abgeschrägt  
Arrondi ou biseauté de toutes parts

## Apparatestecker

## Fiche d'appareil



Schnitt B-B

Toleranzen:  
Stiftbreite und Stiftstärke  
± 0,06 mm.  
Stiftlänge ± 1 mm.  
Abstand für unbewegliche Stifte  
± 0,15 mm.

Tolérances:  
Largeur et épaisseur des broches  
± 0,06 mm.  
Longueur des broches ± 1 mm.  
Entr'axe des broches fixes  
± 0,15 mm.

Stiftform  
Forme des broches

Stiftenden gerundet oder abgeschrägt.  
Extrémités des broches arrondies ou biseautées.

Stifte massiv.  
Broches massives.

- 2) Für alle 3 Stifte.
- 2) Pour les 3 broches.

Ausserdem gelten die Bemerkungen SNV 24545

Observer en outre les remarques SNV 24545

## Regeln für Transformatoren

Der Vorstand des SEV veröffentlicht im folgenden den Entwurf zu neuen Regeln für Transformatoren. Diese neuen Regeln sollen die Publ. Nrn. 108, 108a und 108b ersetzen, die seit der Inkraftsetzung der neuen Regeln für Elektrische Maschinen, Publ. Nr. 188, also seit dem 1. Dezember 1952, nur noch für Transformatoren gelten. Der Entwurf wurde vom CES genehmigt. Er ist das Werk des Fachkollegiums 14 des CES<sup>1)</sup>.

Der Vorstand lädt die Mitglieder ein, diesen Entwurf zu prüfen und Bemerkungen bis zum 8. Oktober 1955 in *doppelter Ausführung* dem Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, einzureichen. Sollten keine Bemerkungen eingehen, so würde der Vorstand annehmen, die Mitglieder seien mit dem Entwurf einverstanden. Er würde dann über die Inkraftsetzung beschliessen.

### Regeln für Transformatoren

#### Inhalt

##### Vorwort

##### A. Einleitung

1. Zweck
2. Geltungsbereich
3. Buchstabensymbole und Zeichen

##### B. Definitionen

11. Transformator
12. Nennbetrieb
13. Spannung und Strom

- a) Allgemeines
- b) Drehstromtransformatoren
- c) Zweiphasentransformatoren

14. Leistung
15. Nennleistung
16. Leistungsfaktor
17. Wirkungsgrad
18. Nennprimärspannung
19. Nennsekundärspannung
20. Sekundärspannung bei Belastung
21. Nennstrom (primär bzw. sekundär)
22. Nennfrequenz
23. Hauptanzapfung
24. Kühlarten

- a) Trockentransformatoren
- b) Öltransformatoren

##### C. Nennbetriebsarten

31. Einteilung
32. Dauernennbetrieb
33. Kurzzeitiger Nennbetrieb

#### Entwurf

34. Aussetzender Nennbetrieb
35. Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung

##### D. Allgemeine Bestimmungen über die Prüfung

41. Prüfungen
42. Typenprüfung
43. Stückprüfung
44. Spezialprüfung

##### E. Erwärmung

51. Definition des Begriffes Erwärmung
52. Kühlmitteltemperaturen

- a) Normale Kühlmitteltemperaturen
- b) Transformatoren, welche mit Kühlmitteln arbeiten müssen, deren Temperaturen höher sind als die normalen
- c) Transformatoren, welche mit Kühlmitteln arbeiten müssen, deren Temperaturen niedriger sind als die normalen

53. Transformatoren, welche in einer Höhe von mehr als 1000 m ü. M. arbeiten müssen

54. Wärmebeständigkeitsklassen der Isoliermaterialien

55. Klasse Y

56. Klasse A

57. Klasse B

58. Klasse D

59. Klasse F

60. Klasse C

61. Grenzerwärmungen

##### F. Erwärmungsversuche

71. Temperatur des Kühlmittels während der Versuche

72. Messung der Temperatur des Kühlmittels während der Versuche

73. Temperaturmessmethoden

- a) Widerstandsmethode für Wicklungen
- b) Thermometermethode

74. Korrektur für bei abgeschaltetem Transformator gemachte Temperaturmessungen an Wicklungen

75. Anfangswiderstand

76. Dauer des Erwärmungsversuches

<sup>1)</sup> Das Fachkollegium 14, Transformatoren, setzt sich gegenwärtig folgendermassen zusammen:

Abegg, H., Oberingenieur, A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden  
 Christen, F., Ingenieur, Elektro-Watt A.-G., Zürich  
 Dünner, E., Prof., Eidg. Technische Hochschule, Zürich  
 Fischer, J., Vizedirektor, E. Haefely & Cie. A.-G., Basel  
 Lutz H., Ingenieur, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich  
 Marty, H., Direktor, Bernische Kraftwerke A.-G., Bern  
 Rossier, Cl., Ingenieur, S. A. des Ateliers de Sécheron, Genève  
 Schiller, H., Oberingenieur, Motor-Columbus A.-G., Baden  
 Schneebeil, E., Ingenieur, Materialprüfanstalt des SEV, Zürich  
 Wettler, J., Sektionschef für Kraftwerkbetrieb der Abteilung für Kraftwerke der SBB, Bern  
 Zobrist, W., Vizedirektor, Nordostschweizerische Kraftwerke A.-G., Baden  
 Krontl, M., Dr.-Ing., Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich

Den Vorsitz führte E. Dünner, Professor an der Eidg. Technischen Hochschule, Zürich, das Protokoll H. Abegg, Oberingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden.  
 Die Detailarbeit wurde von H. Abegg, Oberingenieur der A.-G. Brown, Boveri & Cie., Baden, geleistet.

- a) Transformatoren für Dauernennbetrieb
- b) Transformatoren für kurzzeitigen Nennbetrieb
- c) Transformatoren für aussetzenden Nennbetrieb und Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung

- 77. Bestimmung der Wicklungserwärmung aus der Widerstandserhöhung
- 78. Durchführung der Erwärmungsprüfung

#### G. Isolierfestigkeit und Spannungsprüfungen

##### I. Allgemeines und Definitionen

- 81. Anwendung der Spannungsprüfungen
- 82. Trockentransformatoren
- 83. Öltransformatoren
- 84. Höchste Netzspannung
- 85. Isolationsniveau

- a) Allgemeines
- b) Trockentransformatoren
- c) Öltransformatoren
- d) Einphasen-Transformatoren in Drehstrom-Netzen

- 86. Spezielle Wicklungsschaltungen

- a) Prüfung mit Eigenspannung an Serie-Parallel-Wicklungen
- b) Fremdspannungsprüfung an Wicklungen in Spezialschaltung

##### II. Trockentransformatoren

- 87. Normal-Prüfungen
- 88. Eigenspannungsprüfung
- 89. Werte der Prüfspannung bei der Fremdspannungsprüfung
- 90. Höhe des Aufstellungs-ortes

##### III. Öltransformatoren

- 91. Normal-Prüfungen
- 92. Wahl der Isolation
- 93. Erdungsart
- 94. Isolation bei Netzen, deren höchste Spannung 72,5 kV nicht übersteigt
- 95. Isolation der Wicklungen auf der Seite der Polklemmen bei höchsten Netzspannungen über 72,5 kV
- 96. Isolation des Nullpunktendes der Wicklung bei höchsten Netzspannungen über 72,5 kV
- 97. Prüfungen mit Wechselspannungen
- 98. Eigenspannungsprüfung
- 99. Werte der Prüfspannung bei Eigenspannungsprüfung
- 100. Dauer der Eigenspannungsprüfung
- 101. Fremdspannungsprüfung

- 102. Werte der Prüfspannung bei der Fremdspannungsprüfung
- 103. Dauer der Fremdspannungsprüfung
- 104. Wiederholung der Spannungsprüfung
- 105. Stoßspannungsprüfung

- a) Anwendung
- b) Schaltung
- c) Werte der Prüf-Stoßspannung
- d) Anzahl Stöße und deren Form
- e) Durchführung der Prüfung
- f) Fehlerfeststellungs-Methoden

#### H. Wirkungsgrad und Verluste

- 111. Wirkungsgrad
- 112. Verluste
- 113. Leerverluste
- 114. Lastverluste
- 115. Verlustgarantien
- 116. Verluste von Drosselspulen
- 117. Von den Hilfsgeräten aufgenommene Leistung

#### J. Kurzschlußspannung, Spannungsänderung, Kurzschlußstrom

- 121. Kurzschlußspannung, Ohmsche und induktive Komponente
- 122. Spannungsänderung
- 123. Kurzschlußströme

#### K. Schaltgruppen und Schaltungen

- 131. Schaltgruppen

#### L. Parallelschaltung von Transformatoren

- 141. Definition
- 142. Bedingungen für Parallelschaltung

#### M. Klemmenbezeichnungen

#### N. Toleranzen und Garantien

- 161. Definition
- 162. Garantien

#### O. Ursprungszeichen und Schilder

- 171. Ursprungszeichen
- 172. Leistungsschild

#### P. Genormte Werte

- 181. Nennwerte der Leistung
- 182. Genormte Stufen der Anzapfungen

#### Anhang

Notwendige Angaben für Offerte und Bestellung von Transformatoren

## Vorwort

Die ersten schweizerischen Regeln für den Bau und die Prüfung von Transformatoren sind am 1. Mai 1934 als Publikation Nr. 108 des SEV in Kraft gesetzt worden. Sie entsprachen wörtlich der Publikation Nr. 34 der Commission Electrotechnique Internationale (CEI) aus dem Jahre 1930. In der Folge wurden an den Schweizerischen Regeln für Transformatoren im Jahre 1940 Ergänzungen gemacht (Publikation Nr. 108a), wiederum genau nach den CEI-Regeln. Dagegen waren die Ergänzungen vom 6. Mai 1941 (Publikation Nr. 108b) weitgehend kriegsbedingt. Alle diese Publikationen verfolgten als Hauptzweck die Festlegung von Bedingungen, welche sich auf die Lebensdauer der Transformatoren bezogen. Sie waren auch weitgehend identisch mit den Lebensdauerbedingungen für elektrische Maschinen und darum zusammen mit diesen veröffentlicht worden.

Da die Commission Electrotechnique Internationale während längerer Zeit nicht in der Lage war, aktiv zu arbeiten, in unserem Lande aber das dringende Bedürfnis bestand, sich auf Regeln für Transformatoren zu stützen, die nicht nur die Bedingungen für die Lebensdauer festlegen, sondern auch Angaben für die Beurteilung von Transformatoren in allen Belangen enthalten, erteilte das Comité Electrotechnique Suisse seinem Fachkollegium 14 (Transformatoren) im Jahre 1940 den Auftrag, unter weitgehender Berücksichtigung schon bestehender in- und ausländischer Regeln, eigene Regeln zur Beurteilung von Transformatoren aufzustellen. Da diese umfangreiche Arbeit sehr lange Zeit in Anspruch nahm und die Commission Electrotechnique Internationale bald nach dem Kriege wieder sehr wirksam und speditiv arbeitete, konnten in den hier vorliegenden Schweizerischen Regeln für Transformatoren die CEI-Festlegungen weitestgehend, wo immer möglich sogar wörtlich, berücksichtigt werden. Darüber hinaus enthalten die Schweizerischen Regeln einige Festlegungen, die bis heute in der CEI noch nicht vollständig bereinigt werden konnten.

Mit der Inkraftsetzung der vorliegenden Regeln haben ihre Vorläufer, die Publikationen 108, 108a und 108b ihre Gültigkeit nun auch für Transformatoren verloren. Nachdem sie schon am 1. Dezember 1951 für elektrische Maschinen ausser Kraft gesetzt wurden, sind sie nun völlig aufgehoben.

In Zweifelsfällen gilt der deutsche Text, ausser wenn der französische Text genau mit dem französischen Text der CEI (Fascicule 76, 1955) übereinstimmt.

## A. Einleitung

### 1. Zweck

Die Regeln haben den Zweck, die in Bestellungen von Transformatoren festzusetzenden Betriebsdaten und Garantien auf eine einheitliche Grundlage zu stellen und die für deren Überprüfung nötigen Massnahmen zu definieren.

### 2. Geltungsbereich

Diese Regeln gelten für ein- und mehrphasige Transformatoren, Autotransformatoren und Drosselspulen, mit Ausnahme von:

Einphasen-Transformatoren mit einer Leistung von weniger als 1 kVA und Mehrphasentransformatoren mit einer Leistung von weniger als 3 kVA

Messwandler

Mutatortransformatoren

Anlasstransformatoren

Prüftransformatoren

Transformatoren auf Lokomotiven oder Triebwagen

Schweisstransformatoren

Wenn spezielle Regeln für die als Ausnahme genannten Transformatoren vorhanden sind, so müssen sie angewendet werden. Wenn keine entsprechenden Regeln vorhanden sind, so sind auch für diese Transformatoren die vorliegenden Regeln gültig, sofern diese überhaupt angewendet werden können.

a) *Höhe des Aufstellungsortes.* Wenn besondere Angaben fehlen, wird angenommen, der Transformator arbeite in einer Höhe, welche 1000 m ü.M. nicht überschreite. Für Höhen über 1000 m ü.M. siehe Ziffer 53.

b) *Normale Kühlmitteltemperaturen.* Fehlen besondere Angaben, so wird angenommen, dass bei wassergekühlten Transformatoren die Kühlmitteltemperatur beim Eintritt in den Transformator 25 °C nicht überschreite. Bei luftgekühlten Transformatoren dürfen die folgenden Temperaturen nicht überschritten werden:

Maximaltemperatur der umgebenden Luft . . . . .	40 °C
Mittlere Tagestemperatur . . . . .	30 °C
Mittlere Jahrestemperatur . . . . .	20 °C

Wenn eine dieser Angaben überschritten wird, so muss Ziffer 52b berücksichtigt werden.

c) *Kurvenform der Primärspannung.* Sie muss praktisch gleich der Sinusform sein. Eine Spannungswelle gilt als praktisch sinusförmig, wenn keiner ihrer Momentanwerte vom Momentanwert gleicher Phase der Grundwelle (1. Harmonische) um mehr als 5 % des Grundwellenscheitelwertes abweicht.

d) *Symmetrie der Mehrphasensysteme.* Die Spannungen und Ströme in Mehrphasensystemen müssen praktisch symmetrisch sein.

Ein Mehrphasensystem gilt als praktisch symmetrisch, wenn weder das gegenlaufende noch das Nullsystem mehr als 5 % vom mitlaufenden System betragen.

Bei praktisch symmetrischen Mehrphasensystemen ist der arithmetische Mittelwert der in Betracht kommenden Grössen massgebend.

Für praktisch nicht symmetrische Systeme legen diese Regeln noch nichts fest.

e) *Einhaltung der Nennleistung.* Der Transformator muss seine Nennleistung auch einhalten können bei Spannungen, die um  $\pm 5\%$  von der Nennspannung abweichen. Bei einer um 5 % verminderten Spannung sind um 5 °C höhere Grenz-erwärmungen zulässig.

## 3. Buchstabensymbole und Zeichen

Die verwendeten Buchstabensymbole und Zeichen sind in der Publikation Nr. 192 des SEV, Regeln und Leitsätze für Buchstabensymbole und Zeichen, festgelegt.

## B. Definitionen

### 11. Transformator

Ein Transformator dient dazu, elektrische Energie durch elektromagnetische Induktion aus einem oder mehreren ruhenden Stromkreisen in einen oder mehrere andere ruhende Stromkreise gleicher Frequenz zu übertragen, im allgemeinen mit veränderten Werten von Spannung und Strom.

### 12. Nennbetrieb

Der Nennbetrieb eines Transformators ist bestimmt durch die Betriebsart und die Betriebsgrössen, die ihm der Hersteller zuspricht, nämlich die Nennwerte von Leistung, Spannung, Strom, Frequenz, Leistungsfaktor, Kühlmitteltemperatur usw., nach den Angaben auf dem Leistungsschild.

### 13. Spannung und Strom

#### a) Allgemeines

Spannungs- und Stromangaben bei Wechselstrom bedeuten Effektivwerte, sofern nichts anderes angegeben ist.

Der Begriff Wechselstrom umfasst sowohl Einphasenstrom als auch Mehrphasenstrom.

#### b) Drehstromtransformatoren

Die verkettete Spannung oder kurz Spannung ist die Spannung von Polklemme zu Polklemme. Die Polklemmen (in der Publikation 159 des SEV «Pole» genannt) sind die Anschlußstellen des Netzes.

Die Sternspannung ist die Spannung vom — eventuell nur gedachten — Sternpunkt zu einer Polklemme.

Unter Strom wird derjenige Strom des Transformators verstanden, welcher durch eine Polklemme fliesst; besteht

die Polklemme aus mehreren Einzelklemmen, so ist der Strom gleich der Summe der Einzelströme.

#### c) Zweiphasentransformatoren

Die Spannung ist die an einer einphasigen Wicklung liegende Spannung.

Der Strom ist der in einer einphasigen Wicklung fließende Strom.

#### 14. Leistung

a) Die Scheinleistung eines Transformators ist das Produkt aus Spannung, Strom und Phasenfaktor (für Dreiphasenstrom z. B.  $\sqrt{3}$ ). Sie wird ausgedrückt in Voltampère (VA), Kilovoltampère (kVA) oder Megavoltampère (MVA).

b) Die Wirkleistung eines Transformators ist das Produkt aus Scheinleistung und Leistungsfaktor ( $\cos \varphi$ ). Sie wird ausgedrückt in Watt (W), Kilowatt (kW) oder Megawatt (MW).

c) Die Blindleistung errechnet sich folgendermassen:

$$\text{Blindleistung} = \sqrt{\text{Scheinleistung}^2 - \text{Wirkleistung}^2}$$

Sie wird ausgedrückt in Var (Var), Kilovar (kVar) oder Megavar (MVar).

#### 15. Nennleistung

Die Nennleistung ist die auf dem Leistungsschild genannte Scheinleistung; sie ist eine konventionelle Leistung, die von der CEI international festgelegt worden ist, damit Transformatoren verglichen werden können. Die Nennleistung ist gleich dem Produkt aus Nennstrom, Nennspannung und Phasenfaktor bei Nennfrequenz und bezogen auf die Hauptanzapfung des Transformators.

Ein Transformator kann, wenn er bei Nennfrequenz mit der Hauptanzapfung an die primäre Nennspannung gelegt wird, den sekundären Nennstrom während unbegrenzter Zeit führen, ohne dass die im Kapitel «Erwärmung» angegebenen Grenzerwärmungen überschritten werden.

#### Bemerkung:

Wenn der Transformator mit der Hauptanzapfung an die primäre Nennspannung gelegt wird und den sekundären Nennstrom führt, so weicht die dabei an den Sekundärklemmen auftretende Scheinleistung nach Massgabe des Spannungsabfalls von der Nennleistung ab.

Der Spannungsabfall kann durch Regulierung der Primärspannung kompensiert werden.

#### 16. Leistungsfaktor

Der Leistungsfaktor ( $\cos \varphi$ ) ist das Verhältnis der Wirkleistung zur Scheinleistung. Er wird üblicherweise für die Leistung an den Sekundärklemmen angegeben.

#### 17. Wirkungsgrad

Der Wirkungsgrad  $\eta$  eines Transformators ist das Verhältnis der abgegebenen Wirkleistung zur aufgenommenen Wirkleistung.

#### 18. Nennprimärspannung

Die Nennprimärspannung ist die auf dem Leistungsschild angegebene Primärspannung, für welche die Primärwicklung bemessen ist. Es ist die Spannung der Hauptprimäranszapfung bei normalen Betriebsbedingungen. Sie muss vom Kunden angegeben werden.

#### Bemerkung:

Die primäre Nennspannung ist die Basis für alle Charakteristiken des Transformators mit Ausnahme der Isolation.

#### 19. Nennsekundärspannung

Die Nennsekundärspannung ist die auf dem Leistungsschild angegebene Sekundärspannung. Sie ist die Spannung der sekundären Hauptanzapfung bei Leerlauf, wenn die primäre Hauptanzapfung mit der Nennprimärspannung gespeist wird. Sie ist vom Kunden bei Bestellung anzugeben.

Das Verhältnis der Anzahl Primärwindungen zur Anzahl Sekundärwindungen ist gleich dem Verhältnis der primären Nennspannung zur sekundären Nennspannung multipliziert mit einem Faktor, welcher von der Schaltungsart des Transformators abhängt.

#### 20. Sekundärspannung bei Belastung

Die Sekundärspannung bei Belastung wird aus der sekundären Leerlaufspannung und dem durch die Belastung verursachten Spannungsabfall berechnet.

#### 21. Nennstrom (primär bzw. sekundär)

Der primäre bzw. sekundäre Nennstrom ist der durch Division der Nennleistung durch die primäre bzw. sekundäre Nennspannung und den Phasenfaktor berechnete Strom.

#### 22. Nennfrequenz

Die Nennfrequenz ist diejenige Frequenz, für welche der Transformator bemessen ist, wenn er gemäss den Bestimmungen dieser Regeln zu arbeiten hat.

#### 23. Hauptanzapfung

Die Hauptanzapfung ist diejenige Anzapfung, auf welche sich das Leistungsschild bezieht. Fehlen besondere Vereinbarungen, so gilt bei ungerader Anzahl Anzapfungen die mittlere, bei gerader Anzahl diejenige der beiden mittleren Anzapfungen als Hauptanzapfung, die die grössere Windungszahl umfasst.

#### 24. Kühlarten

##### a) Trockentransformatoren

1. Selbstkühlung: Spulen und Kerne werden durch Strahlung und natürlichen Auftrieb der Luft gekühlt.

2. Fremdventilation: Die Kühlluft wird durch einen Ventilator bewegt.

##### b) Öltransformatoren

1. Selbstkühlung: Spulen und Kerne sind in Öl eingetaucht. Der Ölkasten wird durch Strahlung und natürlichen Auftrieb der Luft gekühlt.

2. Fremdventilation: Der Ölkasten wird durch von einem Ventilator bewegte Luft gekühlt.

3. Erzwungener Ölumlaufl und Wasserkühler: Das Öl wird in einem Wasserkühler ausserhalb des Ölkastens gekühlt. Der Ölumlaufl ist erzwungen.

4. Selbstumlaufl des Öles und Luftkühler mit Selbstkühlung bzw. Fremdventilation: Das durch den natürlichen Auftrieb zirkulierende Öl wird in einem Luftkühler durch Strahlung und natürlichen Auftrieb der Luft bzw. durch Fremdventilation gekühlt.

5. Erzwungener Ölumlaufl und Luftkühler mit Selbstkühlung bzw. Fremdventilation: Das durch eine Pumpe in Umlauf gesetzte Öl wird in einem Luftkühler durch Strahlung und natürlichen Auftrieb der Luft bzw. durch Fremdventilation gekühlt.

### C. Nennbetriebsarten

#### 31. Einteilung

Es werden unterschieden:

- a) der Dauernennbetrieb
- b) der kurzzeitige Nennbetrieb
- c) der aussetzende Nennbetrieb
- d) der Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung

Die Nennbetriebsart muss auf dem Leistungsschild angegeben werden, wobei die Abkürzungen der Tabelle I zu verwenden sind. Fehlt eine Angabe, so wird angenommen, der Transformator sei für Dauernennbetrieb nach Ziff. 32 bestimmt.

Tabelle I

	Nennbetriebsart	Kurzzeichen
a	Dauernennbetrieb	DB
b	kurzzeitiger Nennbetrieb	KB
c	aussetzender Nennbetrieb	AB
d	Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung	DAB
	zu c: Relative Einschaltdauer	ED
	zu d: Relative Belastungsdauer	



### 32. Dauernennbetrieb

Der Dauernennbetrieb ist der Betrieb, welcher unter Nennleistung und den andern Nennbedingungen während unbegrenzter Dauer aufrecht erhalten werden kann, ohne dass die im Kapitel E festgesetzten Grenzerwärmungen überschritten werden. Es gelten ferner alle andern anwendbaren Vorschriften der vorliegenden Regeln.

### 33. Kurzzeitiger Nennbetrieb

Der kurzzeitige Nennbetrieb ist der Betrieb, welcher beim Versuch unter Nennleistung und den andern Nennbedingungen, ausgehend vom kalten Transformator, während der für ihn vorgeschriebenen Dauer aufrecht erhalten werden kann, ohne dass die im Kapitel E festgesetzten Grenzerwärmungen um mehr als 10 °C überschritten werden. Die zu vereinbarenden Betriebsdauer ist so kurz, dass die Beharrungstemperatur nicht erreicht wird. Genormte Werte sind 10, 30, 60 und 90 Minuten.

### 34. Aussetzender Nennbetrieb

Der aussetzende Nennbetrieb ist der Betrieb, welcher beim Versuch unter Nennleistung und unter den anderen Nennbedingungen in regelmässigem Spiel von Belastung und Entlastung während unbegrenzter Dauer aufrecht erhalten werden kann, ohne dass nach Ablauf der Hälfte der letzten Belastungsdauer die im Kapitel E festgesetzten Grenzerwärmungen überschritten und ohne dass am Ende der letzten Belastungsdauer diese Grenzerwärmungen um mehr als 10 °C überschritten werden. Während der Entlastung ist der Transformator vom Netz abgeschaltet und spannungslos. Fehlen besondere Vereinbarungen, so beträgt die Spieldauer beim Versuch 10 Minuten. Die relative Einschaltdauer, d. h. das Verhältnis von Einschalt- bzw. Belastungsdauer zur Spieldauer, ist zu vereinbaren. Genormte Werte der relativen Einschaltdauer sind 15, 25, 40 und 60 %.

### 35. Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung

Der Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung entspricht dem aussetzenden Nennbetrieb nach Ziff. 34, wenn der Transformator im regelmässigen Spiel während der Entlastungsperiode unter Spannung bleibt. Die relative Belastungsdauer, d. h. das Verhältnis von Belastungsdauer zu Spieldauer, ist zu vereinbaren; genormte Werte der relativen Belastungsdauer sind 15, 25, 40 und 60 %.

#### Bemerkung zu Ziff. 33...35:

Da praktische Betriebe sowohl in der Belastungshöhe als auch in der Spieldauer und deren Aufteilung meist unregelmässig sind, ist die dem Versuche zugrunde zu legende Betriebsdauer oder die Spieldauer mit relativer Belastungsdauer aus einer genügend langen Betriebsperiode zu ermitteln. Es wird vorausgesetzt, dass die wirklichen Belastungsverhältnisse während der totalen Betriebsdauer keine höheren Erwärmungen hervorrufen als die vorgeschriebenen Grenzerwärmungen, deren Einhaltung durch den Versuch bei Nennleistung und bei der vereinbarten Betriebsart festgestellt wird.

## D. Allgemeine Bestimmungen über die Prüfung

### 41. Prüfungen

Die Prüfungen nach diesen Regeln sind, wenn immer möglich, in den Werkstätten des Herstellers am neuen, betriebsfertigen Transformator vorzunehmen.

Prüfungen an anderen Orten sind dann zulässig, wenn auch dort die Gewähr für die richtige Messung und Beachtung der Vorschriften gegeben ist.

### 42. Typenprüfung

Die Typenprüfung ist eine Prüfung, die der Hersteller an einem typenmässigen Transformator macht, welcher repräsentativ ist für Transformatoren gleicher Nenndaten und Konstruktion (gleichen Typs).

Die Typenprüfung soll nachweisen, dass der Transformatortyp den Regeln entspricht.

### 43. Stückprüfung

Die Stückprüfung ist eine Prüfung, die an jedem Transformator durchzuführen ist.

### 44. Spezialprüfung

Die Spezialprüfung ist eine Prüfung, welche zwischen dem Kunden und dem Fabrikanten vereinbart wird und nur für eine bestimmte Bestellung gilt.

## E. Erwärmung

### 51. Definition des Begriffes Erwärmung

Die Erwärmung eines Transformatorsteiles ist bei den Betriebsarten Dauernennbetrieb (DB), aussetzender Nennbetrieb (AB) und Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung (DAB) der Unterschied zwischen seiner Temperatur und der des zutretenden Kühlmittels. Bei der Betriebsart kurzzeitiger Nennbetrieb (KB) ist sie der Unterschied zwischen seiner Temperatur am Ende und jener bei Beginn der Prüfung.

### 52. Kühlmitteltemperaturen

#### a) Normale Kühlmitteltemperaturen (siehe Ziff. 2b)

#### b) Transformatoren, welche mit Kühlmitteln arbeiten müssen, deren Temperaturen höher sind als die normalen

Sind Transformatoren dazu bestimmt, unter tropischen oder anderen abnormalen Bedingungen zu arbeiten, wo Temperaturen vorkommen, die über den unter Ziff. 2b genannten normalen liegen, so müssen sie entsprechend diesen Umständen ausgelegt werden.

#### α) Luftgekühlte Transformatoren

Wenn der Besteller angibt, dass gemäss den am Aufstellungsort des Transformators aufgenommenen meteorologischen Messungen eine oder mehrere der nachfolgend genannten Bedingungen zu berücksichtigen sind, dann sollen die in der Tabelle II angegebenen Grenzerwärmungen um folgende Beträge reduziert werden:

um 5 °C im Falle einer um bis und mit 5 °C höheren Kühlmitteltemperatur als der normalen,

um 10 °C bei einer um mehr als 5 bis und mit 10 °C höheren Kühlmitteltemperatur als der normalen.

#### Bedingungen:

1. Die durchschnittliche Jahrestemperatur der umgebenden Luft ist höher als 20 °C, aber nicht höher als 25 °C, bzw. höher als 25 °C, aber nicht höher als 30 °C.
2. Die durchschnittliche Temperatur der umgebenden Luft während 24 Stunden ist höher als 30 °C, aber nicht höher als 35 °C, bzw. höher als 35 °C, aber nicht höher als 40 °C.
3. Die maximale Temperatur der umgebenden Luft ist höher als 40 °C, aber nicht höher als 45 °C, bzw. höher als 45 °C, aber nicht höher als 50 °C.

In den Fällen, wo die Temperatur der umgebenden Luft bei den drei oben genannten Bedingungen die normale Temperatur um mehr als 10 °C übersteigt, sind die Grenzerwärmungen zwischen Besteller und Hersteller besonders zu vereinbaren.

Wenn Transformatoren für normale Kühlmitteltemperaturen gebaut werden, jedoch zur Aufstellung an Orten bestimmt sind, wo die Temperatur der umgebenden Luft die normale Temperatur um mehr als 10 °C übersteigt, kann die Reduktion der Erwärmung um 10 °C praktisch auch dadurch erreicht werden, dass die Leistung auf 85 % herabgesetzt wird.

#### β) Wassergekühlte Transformatoren

Bei Transformatoren, die unter Bedingungen arbeiten müssen, wo die maximale Temperatur des Kühlwassers höher als 25 °C ist, sind die Grenzerwärmungen zwischen Besteller und Hersteller besonders zu vereinbaren.

#### c) Transformatoren, welche mit Kühlmitteln arbeiten müssen, deren Temperaturen niedriger sind als die normalen

Liegen die Kühlmitteltemperaturen dauernd und im Minimum 10 °C unter den in Ziff. 2b genormten Werten und wurde darüber eine besondere Vereinbarung getroffen, so kann die Grenzerwärmung um soviel Grad erhöht werden, als die höchste Kühlmitteltemperatur die in Ziff. 2b genormten Werte unterschreitet. Auf dem Leistungsschild muss in

diesem Falle die vereinbarte Kühlmitteltemperatur angegeben werden <sup>1)</sup>).

### 53. Transformatoren, welche in einer Höhe von mehr als 1000 m ü. M. arbeiten müssen

Wenn luftgekühlte Transformatoren in einer Höhe von mehr als 1000 m ü. M. arbeiten müssen, so ist deren Abkühlung geringer, so dass die Leistung zu reduzieren ist. Für Transformatoren, die auf Höhen unter 1000 m. ü. M. geprüft werden, jedoch über 1000 m. ü. M. Aufstellung finden, werden für die Prüfung die Grenzerwärmungen gemäss Tabelle II um die nachfolgenden Prozentsätze pro 100 m über 1000 m ü. M. reduziert:

Für Öltransformatoren mit Selbstkühlung . . .	0,4 %
Für Trockentransformatoren mit Selbstkühlung . .	0,5 %
Für Öltransformatoren mit Fremdventilation . .	0,6 %
Für Trockentransformatoren mit Fremdventilation	1,0 %

Für wassergekühlte Transformatoren sollen keine Korrekturen betreffend Verminderung der Kühlwirkung bei Aufstellung in grösseren Höhen als 1000 m ü. M. gemacht werden.

### 54. Wärmebeständigkeitsklassen der Isoliermaterialien

Die Isoliermaterialien werden wie folgt klassiert:

#### 55. Klasse Y

Baumwolle, Seide, Papier, Zellwolle, Viskosekunstseide und ähnliche organische Stoffe, weder imprägniert noch unter Öl.

#### 56. Klasse A

Baumwolle, Seide, Papier, Zellwolle, Viskosekunstseide und ähnliche organische Stoffe, imprägniert (getränkt) oder unter Öl.

#### Bemerkung:

Ein Isolierstoff gilt als imprägniert, wenn die Luft zwischen den Fasern durch einen geeigneten Stoff ersetzt ist, auch dann, wenn dieser Stoff nicht alle Räume zwischen den einzelnen isolierten Leitern vollständig ausfüllt. Von einem brauchbaren Imprägnierstoff wird verlangt, dass er gute Isoliereigenschaften habe, die Fasern umhülle und sie aneinander und am Leiter haften mache; er darf infolge Verdunstung des Lösungsmittels oder infolge anderer Ursachen keine Hohlräume bilden. Er darf bei Vollast unterhalb der zulässigen Grenztemperatur nicht flüssig werden. Er darf sich bei dauernder Wärmeeinwirkung nicht ändern. Als Imprägnierung gilt hier auch Füllmasse, z. B. Compound.

#### 57. Klasse B

Bindemittel enthaltende Produkte aus Glimmer, Glasfasern, Asbest oder ähnlichen anorganischen Stoffen. Kombinationen von Isolation Klasse B mit Isolation Klasse A, diese in kleiner Menge zum mechanischen Aufbau verwendet, gelten als Isolation Klasse B, wenn die Isolation durch die für die Klasse B zulässigen Erwärmungen weder in dielektrischer noch in mechanischer Hinsicht beeinträchtigt wird. (Beeinträchtigen heisst, eine Veränderung hervorrufen, welche den Isolierstoff für dauernden Betrieb untauglich machen könnte.)

#### Bemerkung:

Die Wärmebeständigkeit von Bindemittel enthaltenden Produkten aus Glimmer, Glasfasern, Asbest oder ähnlichen Stoffen ist weitgehend von der Menge der darin enthaltenen Isolation Klasse A und vom verwendeten Bindemittel abhängig. Deshalb wurde für jene dieser Isolierstoffe, die eine höhere Wärmebeständigkeit aufweisen, die Klasse F geschaffen.

#### 58. Klasse D

Lack für Drahtisolation; Kombinationen von Lack für Drahtisolation mit Isoliermaterial Klasse A (Baumwolle, Seide, Papier, Zellwolle, Viskosekunstseide und ähnliche organische Stoffe, imprägniert) gelten als Isolation Klasse D.

<sup>1)</sup> Bei Berücksichtigung einer Kühlmitteltemperatur, die ständig unter der normalen liegt, kann ein Transformator höher belastet werden, wobei ausser der Ölerwärmung die durch die Ueberbelastung entstehende vergrösserte Wicklungserwärmung berücksichtigt werden muss.

### 59. Klasse F

Bindemittel enthaltende Produkte aus Glimmer, Glasfasern, Asbest oder ähnlichen Stoffen, die durch die für Klasse F zulässigen Erwärmungen weder in dielektrischer noch mechanischer Hinsicht beeinträchtigt werden. Isolation Klasse A darf, falls dies aus Fabrikationsgründen erforderlich ist, in kleiner Menge verwendet werden. (Beeinträchtigen heisst, eine Veränderung hervorrufen, welche den Isolierstoff für dauernden Betrieb untauglich machen könnte.)

### 60. Klasse C

Glimmer, ohne Bindemittel, Porzellan, Glas, Quarz und ähnliche Stoffe.

### 61. Grenzerwärmungen

Die Tabelle II gibt die Grenzerwärmungen für Transformatoren an bei der maximalen Temperatur des Kühlmediums gemäss Ziff. 2b und entsprechend den angeführten Isolationsklassen.

Grenzerwärmungen in °C von Transformatoren <sup>1)</sup>

Tabelle II

		Isolationsklasse			
		A °C	B °C	D °C	F °C
<b>A. Wicklungen</b>					
<b>a) Trockentransformatoren</b>					
1	mit Selbstkühlung . . .	55	75	75	95
2	mit Fremdventilation . .	55	75	75	95
<b>b) Öltransformatoren</b>					
3	mit Selbstkühlung . . .	60	60	60	60
4	mit Fremdventilation . .	60	60	60	60
5	mit internen Wasserkühlern	60	60	60	60
6	mit Ölzirkulationspumpe und Fremdventilation . .	65	65	65	65
7	mit Ölzirkulationspumpe und externen Wasserkühlern .	65	65	65	65
8	<b>B. Verschiedene Teile</b> Öl, so nahe als möglich der obersten Schicht im Kasten gemessen	55 wenn das Öl im Kasten nicht mit Luft in Berührung kommt. 50 wenn das Öl im Kasten mit Luft in Berührung kommt.			
9	Eisenkern und andere die Wicklung nicht berührende Teile	Die Erwärmung darf auf keinen Fall so gross werden, dass für benachbarte Isolation oder andere Teile eine Möglichkeit der Beschädigung entsteht.			

<sup>1)</sup> Die Isolationsklassen Y und C sind in dieser Tabelle nicht aufgeführt, da sie für Transformatoren nicht in Frage kommen.

### F. Erwärmungsversuche

#### 71. Temperatur des Kühlmittels während der Versuche

Der Erwärmungsversuch am Transformator kann bei irgendeiner Temperatur der Kühlluft zwischen 10 °C und 40 °C oder irgendeiner Temperatur des Kühlwassers unter 25 °C, auf jeder Meereshöhe unter 1000 m ü. M. (siehe Ziff. 53) und bei jedem auf dieser Meereshöhe auftretenden Barometerstand durchgeführt werden, ohne dass die Messresultate zu korrigieren sind. Dabei dürfen die Erwärmungen die in Ziff. 61 gegebenen Grenzerwärmungen nicht übersteigen, welchen Wert die Temperatur der umgebenden Luft oder des Kühlwassers auch immer habe (Ausnahme siehe Ziff. 52c).



Der Hersteller kann während der Versuche die Temperatur des Kühlwassers auf 25 °C oder angenähert auf diesen Wert bringen.

Die Grenzerwärmungen gelten für jenen Betriebszustand, bei welchem auf der beim Versuch gespeisten Seite die Nennwerte von Strom und Spannung eingestellt werden.

## 72. Messung der Temperatur des Kühlmittels während der Versuche

Die Temperatur der Kühlluft wird mit mehreren Thermometern gemessen, welche an verschiedenen Orten um den Transformator in einer Distanz von 1 bis 2 Metern in halber Höhe des Transformators angebracht sind. Sie dürfen weder Wärmestrahlungen noch Luftströmungen ausgesetzt sein.

Als Temperatur des Kühlmittels gilt der Mittelwert der in gleichen Zeitintervallen während des letzten Viertels der Versuchsdauer erfolgten Thermometerablesungen.

Die Temperatur der grossen Transformatoren folgt den Temperaturänderungen der Kühlluft nur langsam. Es sind alle zweckmässigen Vorkehrungen zu treffen, um diese Temperaturänderungen und die dadurch verursachten Fehler zu vermindern.

Zu diesem Zweck können z. B. Quecksilber-Thermometer empfohlen werden, welche ca. 5 cm in ein mit Öl gefülltes Metallgefäss eingetaucht werden.

Bei Kühlung durch künstlich bewegte Luft gilt als Temperatur der Kühlluft diejenige, welche beim Eintritt in den Kühler gemessen wird. Bei wassergekühlten Transformatoren gilt die Eintrittstemperatur des Wassers als Kühlmitteltemperatur.

## 73. Temperaturmessmethoden

Zur Bestimmung der Temperatur der Wicklungen und der anderen Teile sind zwei Methoden zulässig:

- Widerstandsmethode
- Thermometermethode

### a) Widerstandsmethode für Wicklungen

Bei der Widerstandsmethode für Wicklungen werden die Erwärmungen der Wicklungen bestimmt aus der Widerstandserhöhung nach den Formeln Ziff. 77. Die Widerstandsmethode ist allgemein anzuwenden für Wicklungen von Transformatoren.

### b) Thermometermethode

Bei der Thermometermethode wird die Temperatur mit Thermometern bestimmt, die bei Trockentransformatoren an der zugänglichen äusseren Oberfläche der Wicklungen und bei Öltransformatoren so nahe als möglich an der Oberfläche des Öls angebracht sind. Der Ausdruck «Thermometer» umfasst neben den Ausdehnungsthermometern auch die nicht eingebauten Thermoelemente und Widerstandsthermometer.

Wenn bei Trockentransformatoren bei der Bestimmung der Temperatur die Thermometermethode angewendet wird, soll der Wert der mittleren Erwärmung an der äusseren Oberfläche der Wicklung übereinstimmen mit den in Tabelle II angegebenen Werten.

Es ist nicht vorgesehen, die Thermometer- und die Widerstandsmethode gleichzeitig anzuwenden.

Wenn Ausdehnungsthermometer verwendet werden müssen zur Messung der Temperatur an Stellen, wo veränderliche oder umlaufende Magnetfelder vorhanden sind, sollen solche mit Alkoholfüllung verwendet werden.

## 74. Korrektur für bei abgeschaltetem Transformator gemachte Temperaturmessungen an Wicklungen

Wenn die Temperatur erst bei abgeschaltetem Transformator gemessen wird, so kann die während des Versuches erreichte Höchsttemperatur gemäss den nachfolgend beschriebenen zwei Methoden gemessen werden, wobei die Wahl der Methode dem Fabrikanten freisteht.

a) Durch Extrapolation der Temperatur-Zeitkurve zurück auf den Moment des Abschaltens.

b) Wenn die Lastverluste von Öltransformatoren, gemessen mit Wattmeter, 66 W pro kg Wicklungskupfer nicht überschreiten, so kann die Korrektur in °C bestimmt werden als Produkt der Wattverluste pro kg für jede Wicklung, multipliziert mit einem Faktor, welcher von der vom Mo-

ment des Abschaltens bis zur Messung verflossenen Zeit abhängt:

Zeit in min	Faktor
1	0,09
1,5	0,12
2	0,15
3	0,20
4	0,23

Für Zwischenwerte der Zeit können Faktoren interpoliert werden.

Diese Faktoren stellen Durchschnittswerte von gebräuchlichen Transformator Konstruktionen dar. Es muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass für Transformatoren, die nicht üblicher Konstruktion sind, diese Faktoren ungenaue Werte ergeben können. In diesen letzten Fällen soll eine Abkühlungskurve aufgenommen werden.

## 75. Anfangswiderstand

Bei der Messung des Anfangswiderstandes einer Wicklung soll die Temperatur der Wicklung so genau als möglich bestimmt werden.

Die Temperatur der Wicklung durch Messung aussen am Kasten wird folgendermassen ermittelt: Öltemperatur an der Oberfläche, vermindert um die Differenz zwischen dieser Temperatur und dem aussen am Kasten in der Höhe der Mitte der Wicklung gemessenen Wert.

Wenn diese Messung an der nicht in Öl getauchten Wicklung gemacht wird, so müssen Thermometer an verschiedenen Stellen zwischen die Spulen eingefügt werden.

Der Transformator soll in Abhängigkeit von seiner Grösse mindestens 3 bis 8 Stunden unerregt und unbelastet im Öl eingetaucht sein, bevor sein Anfangswiderstand gemessen wird.

## 76. Dauer des Erwärmungsversuches

### a) Transformatoren für Dauernennbetrieb

Die Dauer des Erwärmungsversuches ist nach einer der zwei nachstehend angegebenen Methoden zu bestimmen, wobei bei der Fabrikant die Wahl zu treffen hat.

**Methode 1:** Der Erwärmungsversuch wird so lange fortgesetzt, bis festgestellt wird, dass die höchste Erwärmung die in Tabelle II festgesetzten Grenzen auch dann nicht überschreiten würde, wenn der Versuch bis zur Erreichung des Beharrungszustandes fortgesetzt würde. Wenn möglich werden die Temperaturen während des Betriebes und nach Abschaltung gemessen. Der Erwärmungsversuch kann als beendet angesehen werden, wenn die Erwärmung pro Stunde um nicht mehr als 2...3 °C zunimmt.

### Bemerkung:

Zur Bestimmung der Enderwärmung wird die in Fig. 1 ange deutete Methode empfohlen.

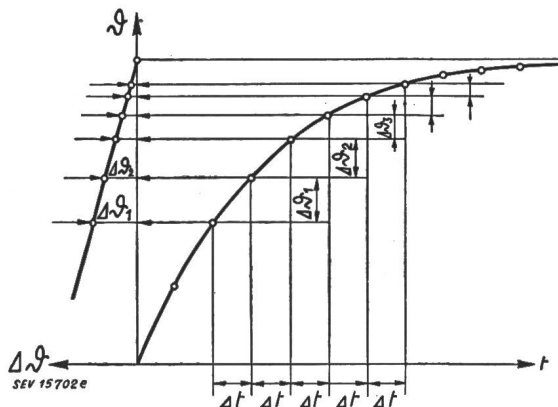


Fig. 1

Methode zur Bestimmung der Enderwärmung bei Transformatoren für Dauerbetrieb

Θ Erwärmung; ΔΘ Erwärmungszunahme  
t Zeit; Δt Zeitintervalle

**Methode 2:** Wenn der Erwärmungsversuch zu Beginn ohne Kühlung oder mit reduzierter Kühlung durchgeführt wird, muss er anschliessend mit voller Kühlung solange fortgesetzt werden, bis die Transformatortemperatur um nicht mehr als 1°C pro Stunde variiert, wobei die Einhaltung dieser Bedingung während vier Stunden stündlich zu kontrollieren ist.

#### b) Transformatoren für kurzzeitigen Nennbetrieb

Bei Transformatoren für kurzzeitigen Nennbetrieb entspricht die Versuchsdauer dem kurzzeitigen Nennbetrieb nach Angabe des Leistungsschildes. Bei Versuchsbeginn muss die Transformatortemperatur gleich der Umgebungstemperatur sein («kalter Transformator»).

#### c) Transformatoren für aussetzenden Nennbetrieb und Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung

Bei Transformatoren für aussetzenden Nennbetrieb und für Dauernennbetrieb mit aussetzender Belastung wird der Erwärmungsversuch so lange fortgesetzt, bis festgestellt werden kann, dass die in Tabelle II angegebene Grenzerwärmung bei Fortsetzung des Versuches bis zum Erreichen des Beharrungszustandes nicht überschritten würde. Der Probelauf kann als beendet angesehen werden, wenn die Erwärmung des Öls pro Stunde um nicht mehr als 1°C zunimmt. Es kann bei warmem oder kaltem Transformator begonnen werden.

### 77. Bestimmung der Wicklungserwärmung aus der Widerstandserhöhung

Die Erwärmung  $\Delta\theta$  der Wicklungen wird aus der Widerstandszunahme dieser Wicklungen nach den folgenden Formeln bestimmt:

Kupferwicklung

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + \theta_1) + \theta_1 - \theta_a$$

Aluminiumwicklung

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (230 + \theta_1) + \theta_1 - \theta_a$$

Dabei bedeuten:

- $\theta_2$  Wicklungstemperatur am Ende des Versuches in °C
- $\theta_a$  Temperatur des Kühlmittels am Ende des Versuches in °C
- $\theta_1$  Temperatur der (kalten) Wicklung, im Augenblick der Messung des Anfangswiderstandes in °C
- $R_2$  Wicklungswiderstand am Ende des Versuches
- $R_1$  Anfangswiderstand der (kalten) Wicklung

### 78. Durchführung der Erwärmungsprüfung

Dafür sind verschiedene Methoden bekannt, z. B. die Kurzschlussmethode, besonders für Öltransformatoren, und die Rückarbeitsmethode. Beide Methoden geben gleichwertige Resultate. Der Fabrikant soll die ihm genehme Methode wählen.

#### Kurzschlussmethode

Bei der Erwärmungsprüfung eines Öltransformators wird zuerst die mittlere Öltemperatur bei den Totalverlusten, dann die Erwärmung der Wicklung (gemessen mit Widerstandsmethode) über der mittleren Öltemperatur bei Lastverlusten bestimmt.

a) Eine Wicklung ist kurzzuschliessen und eine andere Wicklung mit jenem Strom bei Nennfrequenz zu belasten, der die Summe der Last- plus Leerverluste bei Nennspannung, Nennstrom und Nennfrequenz, umgerechnet auf 75°C, ergibt.

#### Bemerkung:

Die mittlere Öltemperatur kann gleich der Öltemperatur an der Oberfläche genommen werden minus den halben Temperaturabfall des Kühlsystems, bestimmt durch Temperaturmessung

1. am obersten und untersten Punkt der Kühlrohre oder Radiatoren und so nahe als möglich am Kasten bei Selbstkühlung, oder

<sup>2)</sup> In Fig. 1 wird die Erwärmung ausnahmsweise mit  $\Delta\theta$  statt mit  $\Delta\theta$  bezeichnet.

2. am Eintritt und Austritt des Öls in den Kasten bei externen Ölkühlern, oder

3. durch Messung der Temperatur an der Aussenseite des Kastens über der ganzen Höhe der Wicklung.

b) Nach dem Versuch gemäss a) ist der Wicklungsstrom auf den Nennstrom zu reduzieren und während einer Stunde konstant zu halten, nach welcher Zeit die Erwärmung der Wicklung über die Öltemperatur als konstant angenommen werden kann. Dann ist der Transformator abzuschalten und die Wicklungserwärmung mittels Widerstandsmethode zu messen und zurückzukorrigieren auf den Moment des Ausschaltens.

Bei diesem Versuch wird die mittlere Öltemperatur gemäss der Bemerkung zu Ziff. 78a bestimmt. Die Wicklungserwärmung gegenüber der mittleren Öltemperatur wird durch Differenzbildung zwischen den beiden Temperaturen ermittelt.

Der Strom soll dem Nennstrom entsprechen. Wenn dies nicht möglich ist, so soll die Wicklungserwärmung mit einem Faktor korrigiert werden, gebildet aus

$$\left( \frac{\text{Nennstrom}}{\text{Meßstrom}} \right)^{1,6} \quad \text{für Selbstkühlung und}$$

$$\left( \frac{\text{Nennstrom}}{\text{Meßstrom}} \right)^2 \quad \text{für forcierte Ölzirkulation}$$

c) Die Wicklungserwärmung bei Vollast ist die Summe der mittleren Ölerwärmung über der Kühlmitteltemperatur (s. Ziff. 78a) und der Wicklungserwärmung (gemessen mit Widerstandsmethode) über der mittleren Öltemperatur (siehe Ziff. 78b). Bei Transformatoren mit mehreren Wicklungen können zusätzliche Versuche notwendig werden, um die Erwärmung jeder Wicklung festzustellen.

## G. Isolierfestigkeit und Spannungsprüfungen

### I. Allgemeines und Definitionen

#### 81. Anwendung der Spannungsprüfungen

a) Die Prüfungen dürfen nur an einem neuen Transformator vorgenommen werden, der mit allem wesentlichen Zubehör versehen ist und unter Bedingungen, die dem normalen Betrieb möglichst entsprechen. Sie werden in den Werkstätten des Herstellers durchgeführt. Die Prüfung kann am kalten Transformator durchgeführt werden.

b) Eine Wiederholung der bei der Abnahme vorgenommenen Spannungsprüfung soll vermieden werden; wird sie jedoch gewünscht, so soll sie mit 75% der Abnahme-Prüfspannung ausgeführt werden. Wenn die Prüfung an einer Gruppe von mehreren neuen Apparaten vorgenommen wird, die am Ort aufgestellt und miteinander verbunden sind und von welchen jeder bereits vorher einzeln der Spannungsprüfung unterzogen wurde, so darf die Prüfspannung 75% der niedrigsten der bei einem dieser Apparate anwendbaren Prüfspannung nicht überschreiten.

c) Ausgeheuerte Wicklungen sind mit 75% der Prüfspannung des neuen Transformators zu prüfen. Die gleichen Bedingungen gelten für die Spannungsprüfung gebrauchter Transformatoren.

d) Bei vollständiger Neuwicklung und gleichzeitiger Erneuerung der Hauptisolation wird die Prüfung mit dem für neue Transformatoren geltenden Wert ausgeführt.

#### 82. Trockentransformatoren

Trockentransformatoren sind gemäss diesen Regeln nur für Aufstellung an gegen atmosphärische Überspannungen nicht exponierten Orten<sup>3)</sup> vorgesehen. Bei höheren Betriebs-

<sup>3)</sup> Das Comité d'Etudes 28 «Koordination der Isolationsfestigkeit» der Commission Electrotechnique Internationale (CEI) definiert «nicht exponierte» und «exponierte Anlagen» wie folgt:

In einer *exponierten Anlage* ist das installierte Material den atmosphärischen Überspannungen ausgesetzt. Solche Anlagen sind normalerweise direkt oder über ein kurzes Stück Kabel an Freileitungen angeschlossen.

In einer *nicht exponierten Anlage* ist das installierte Material den atmosphärischen Überspannungen nicht ausgesetzt. Solche Anlagen sind normalerweise an Kabelnetze angeschlossen.

spannungen als 24 kV ist deren Verwendung nicht zu empfehlen. Es wird angenommen, dass die Transformatoren sauber gehalten werden. Diese Regeln enthalten keine Angaben über Stoßspannungsprüfungen an Trockentransformatoren.

### 83. Öltransformatoren

Öltransformatoren sollen unter Berücksichtigung der Lage ihres Aufstellungsortes und des von vorhandenen Einrichtungen gewährten Schutzes gegen Überspannungen gebaut werden.

### 84. Höchste Netzspannung

Die höchste Netzspannung ist der höchste Effektivwert der Spannung zwischen den Polklemmen unter normalen Betriebsbedingungen zu jedem Zeitpunkt und an jedem Zeitpunkt. Kurzzeitige Spannungsänderungen infolge von Fehlern im Netz oder plötzlichen Laständerungen sind dabei nicht berücksichtigt.

Offene Anzapfungen an Transformatoren können die höchste Netzspannung überschreiten. Dies bedingt aber gemäss diesen Regeln weder eine Erhöhung der Prüf-Stoßspannung noch der Prüf-Wechselspannung.

Ohne besondere Angabe ist die höchste Netzspannung und die zugehörige Nennspannung einer Anlage der Tabelle III zu entnehmen.

Nennspannungen und zugehörige höchste Netzspannungen  
(Werte der CEI<sup>1)</sup> auf Grund der europäischen Praxis)

Tabelle III

Nennspannung $U_n$ in kV	Höchste Netzspannung $U_m$ in kV	Nennspannung $U_n$ in kV	Höchste Netzspannung $U_m$ in kV
3	3,6	60	72,5
(6)	(7,2)	(80)	(100)
10	12	100	123
15	17,5	120	145
20	24	150	170
30	36	220	245 <sup>2)</sup>
45	52	380	420

<sup>1)</sup> Commission Electrotechnique Internationale.

<sup>2)</sup> Diese Spannung kann bei starrer Nullpunkt-erdung bis auf weiteres bis zum Werte von 275 kV erhöht werden, vorausgesetzt dass Material für volle Isolation verwendet wird.

( ) Die eingeklammerten Werte sollen soweit als möglich vermieden werden.

### 85. Isolationsniveau

#### a) Allgemeines

Die dielektrische Festigkeit eines Transformators wird durch sein Isolationsniveau festgelegt. Dieses ist bestimmt durch den Scheitelwert der Prüf-Stoßspannung bei vollem Stoss und durch die Prüf-Wechselspannung.

Ohne besondere Angaben in der Bestellung wird angenommen, dass die Isolation am Nullpunkt von in Stern geschalteten Wicklungen dieselbe sei wie für die Wicklungen auf der Seite der Polklemmen.

#### b) Trockentransformatoren

Die Isolation von Trockentransformatoren muss so bemessen sein, dass sie die Fremdspannungsprüfung zwischen Wicklung und Erde besteht. Im Zusammenhang mit der Fremdspannungsprüfung steht die Prüfung mit induzierter Spannung (siehe Ziff. 88). Die Höhe der zugeordneten Prüf-Wechselspannung des Transformators wird nach der höchsten Netzspannung bestimmt (siehe Ziff. 89).

#### c) Öltransformatoren

Die Prüf-Wechselspannung (siehe Ziff. 99 und 102) und die Prüf-Stoßspannung stehen in einem bestimmten Verhältnis zueinander. Die Höhe der Stoßspannung wird nach der höchsten Netzspannung und der Schaltung des Sternpunktes bestimmt. Die Isolation der Öltransformatoren muss so bemessen sein, dass sie die Prüfung mit Stoßspannung besteht. Hievon ausgenommen sind Transformatoren, welche in nicht exponierten Anlagen aufgestellt sind.

#### d) Einphasen-Transformatoren in Drehstrom-Netzen

Einphasen-Transformatoren in Drehstrom-Netzen sollen ein Isolationsniveau haben, das der höchsten Netzspannung des Dreiphasensystems und der Erdungsart entspricht, ungeachtet ob sie in Dreieck oder Stern usw. geschaltet werden.

### 86. Spezielle Wicklungsschaltungen

#### a) Prüfung mit Eigenspannung an Serie-Parallel-Wicklungen

Die Prüfung mit Eigenspannung an Serie-Parallel-Wicklungen soll sowohl in Parallel-, als auch in Serieschaltung der Wicklungen durchgeführt werden.

#### b) Fremdspannungsprüfung an Wicklungen in Spezial-schaltung

Die Fremdspannungsprüfung, der Art der Schaltung der Wicklungen angepasst, soll wie folgt durchgeführt werden.

$\alpha$ ) Die Prüfspannung für Wicklungen verschiedener Spannung, die elektrisch miteinander verbunden sind, soll entsprechend der höchsten Netzspannung, an welche die Wicklungen angeschlossen sind, gewählt werden. Die Prüfung soll bei elektrisch miteinander verbundenen Wicklungen gemacht werden.

$\beta$ ) Die Prüfspannung für Wicklungen, die in Serie mit anderen Apparaten an die Netzspannung angeschlossen werden, soll entsprechend der höchsten Netzspannung des ganzen Aggregates gewählt werden.

## II. Trockentransformatoren

### 87. Normal-Prüfungen

Es werden folgende zwei Prüfungen durchgeführt:

Eigenspannungsprüfung

Fremdspannungsprüfung

Für die Höhe der Prüfspannungen siehe Ziff. 88 und 89.

### 88. Eigenspannungsprüfung

Der Zweck der Eigenspannungsprüfung ist die Prüfung der elektrischen Festigkeit zwischen den Wicklungen, Windungen und Klemmen. Die Höhe der Prüfspannung zwischen den zu prüfenden Teilen soll der doppelten Spannung entsprechen, welche an diesen Teilen liegt, wenn die Nennspannung an die Klemmen des Transformators gelegt wird (siehe auch Ziff. 86a).

### 89. Werte der Prüfspannung bei der Fremdspannungsprüfung

a) Wicklungen für höchste Netzspannungen kleiner als 750 V sind mit einer Prüfspannung von 2,5 kV zu prüfen.

b) Wicklungen für höchste Netzspannungen bis und mit 24 kV sind mit einer Prüfspannung von  $1 + 2 U_m$  kV zu prüfen (siehe Tabelle IV).

c) Die Sekundärwicklungen von Transformatoren, die eine Primärspannung von mehr als 1000 V haben und deren Sekundärseiten direkt zum Anschluss an öffentliche oder private Verteilungsnetze oder an öffentliche oder private Verbraucher bestimmt sind (d. h. deren Sekundärspannungen weniger als 1000 V betragen) müssen mit 4 kV geprüft werden<sup>4)</sup>.

Prüf-Wechselspannungen für Trockentransformatoren  
(Effektivwerte)

Tabelle IV

Höchste Netzspannung $U_m$ in kV . . . .	1,1	3,6	7,2	12	17,5	24
Prüf-Wechselspannung $U_p$ in kV . . . .	2,5	8	15	25	36	50

### 90. Höhe des Aufstellungsortes

Die in den drei vorgenannten Ziffern gegebenen Prüfspannungen verstehen sich bis auf eine Höhe von 1000 m ü. M. Für Aufstellungshöhen zwischen 1000 und 3000 m ü. M.

<sup>4)</sup> Gemäss Art. 18 der bundesrätlichen Verordnung über Starkstromanlagen vom 7. Juli 1933.

müssen bei den Versuchen an einem Versuchsort, der unter 1000 m ü.M. liegt, die Prüfspannungswerte mit einem Höhenfaktor  $F$  multipliziert werden, der sich aus der Formel

$$\text{Höhenfaktor } F = \frac{\text{Luftdichte bei 1000 m ü.M.}}{\text{Luftdichte am Aufstellungsort}}$$

ergibt und sich aus Fig. 2 ablesen lässt.

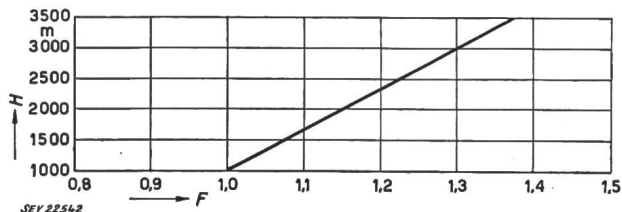


Fig. 2  
Höhenfaktor  
(gültig von  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $+40^{\circ}\text{C}$ )  
 $F$  Höhenfaktor  $H$  Höhe über Meer

Die Höhe der Prüfspannung am Prüfort ist im übrigen gemäss den SEV-Regeln über die Spannungsprüfung (Publication Nr. 173 des SEV) aus der Prüfspannung bei 760 mm Hg,  $20^{\circ}\text{C}$  und  $11\text{ g/m}^3$  zu errechnen.

### III. Öltransformatoren

#### 91. Normal-Prüfungen

a) An Transformatoren, welche an nicht exponierten Netzpunkten zur Aufstellung gelangen, werden nur die Prüfungen mit Wechselspannung verlangt.

b) An Transformatoren, welche an exponierten Netzpunkten zur Aufstellung gelangen und wo die höchste Netzspannung  $3,6\text{ kV}$  und mehr beträgt, sind zwei Arten von Isolationsprüfungen in Aussicht genommen:

1. Prüfung mit Wechselspannung (siehe Ziff. 97).
2. Prüfung mit Stoßspannung als Typenprüfung (siehe Ziff. 105).

c) Für höchste Netzspannungen grösser als  $72,5\text{ kV}$  unterscheiden diese Regeln zwei Normalreihen von Isolationen für die Polklemmen und Wicklungen des Transformators, nämlich volle Isolation und reduzierte Isolation.

Bei geerdetem Sternpunkt kann die Isolation gegen Erde entweder abgestuft oder nicht abgestuft sein (siehe Ziff. 93).

Die Normalprüfspannungen sind abhängig von der Betriebsart und der Erdung des Netzes.

#### 92. Wahl der Isolation

Die normale (volle oder reduzierte) Isolation ist bestimmt durch die höchste Spannung des Netzes und dessen Erdungsart.

Wo die Betriebsbedingungen sehr streng sind und die Verhältnisse es rechtfertigen, kann ein Isolationsgrad vorgeschrieben werden, der 1 bis 2 Stufen höher liegt als normal; z. B. bei grosser Blitzgefahr.

#### 93. Erdungsart

Es gibt folgende zwei Erdungsarten:

a) Netznullpunkt isoliert oder geerdet über Widerstände, Drosselspulen oder Löschspulen, wobei der Nullpunkt normalerweise auf Erdpotential liegt.

b) Netznullpunkt direkt geerdet (siehe Ziff. 95a).

#### 94. Isolation bei Netzen, deren höchste Spannung $72,5\text{ kV}$ nicht übersteigt

Unabhängig davon, ob der Netz-Nullpunkt sowie der Transformator-Nullpunkt (wenn ein solcher vorhanden ist) geerdet ist oder nicht, darf die Wicklungsisolation nicht abgestuft sein.

Die hier zugehörigen Prüfspannungen sind in Tabelle V angeführt.

#### Prüf-Wechselspannungen für Öltransformatoren (Effektivwerte)

Tabelle V

Höchste Netzspannung kV	bis 1,1	3,6	7,2	12	17,5	24	36	52	72,5	100	123	145	170	245	420
Volle Isolation kV	<sup>1)</sup> 2,5	16	22	28	38	50	70	95	140	185	230	275	325	460	—
Reduzierte Isolation kV	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	185	230	275	395	(640 <sup>2)</sup> )

<sup>1)</sup> Ausnahme siehe Ziff. 89c.

<sup>2)</sup> Richtwert (international noch nicht endgültig festgelegt).

<sup>3)</sup> Diese Spannung kann bei starrer Nullpunkt-erdung bis auf weiteres bis zum Werte von  $275\text{ kV}$  erhöht werden, vorausgesetzt dass Material für volle Isolation verwendet wird.

#### 95. Isolation der Wicklungen auf der Seite der Polklemmen bei höchsten Netzspannungen über $72,5\text{ kV}$

Es sind volle Isolation und reduzierte Isolation vorgesehen. Im allgemeinen soll die reduzierte Isolation  $80\%$  der vollen betragen, d. h. ein Grad niedriger sein in der Spannungsreihe. Die entsprechenden Werte der Prüf-Wechselspannungen können der Tabelle V entnommen werden.

a) Die reduzierte Isolation soll nur in direkt geerdeten Netzen verwendet werden, deren Schutzeinrichtungen auf  $80\%$  des Schutzniveaus eines nicht geerdeten Netzes eingestellt sind. Dies ist zulässig, wenn bei allen Schalthandlungen, Betriebszuständen und bei einem Erdschluss einer Polklemme der höchste Effektivwert der betriebsfrequenten Wechselspannung gegen Erde an den Polklemmen des Transformators und der Schutzeinrichtung  $80\%$  der verketteten Spannung nicht überschreitet.

#### Bemerkung 1:

In einem Netz, in welchem alle angeschlossenen Transformatoren in Stern geschaltet und deren Nullpunkte direkt an Erde gelegt sind, ist reduzierte Isolation erlaubt.

Wenn ein Stromwandler mit einer einzigen Primärwindung zwischen Nullpunktsklemme eines Transformators und Erde angeschlossen ist, so gilt der Transformator trotzdem als direkt geerdet. Bei Stromwandlern mit mehreren Primärwindungen müssen hingegen die Verhältnisse einer speziellen Untersuchung unterzogen werden.

#### Bemerkung 2:

Wenn ein Mehrwicklungstransformator Wicklungen ohne herausgeführten geerdeten Nullpunkt oder Wicklungen in Dreieckschaltung hat, ist die reduzierte Isolation unter folgenden Bedingungen trotzdem anwendbar:

Bei allen Schalt-, Betriebs- und Einspeisezuständen müssen, bezogen auf die betreffende Netzklemmenseite des Transformators, das Verhältnis der Nullreaktanz des Systems zur Reaktanz des mitlaufenden Systems kleiner als 3 und das Verhältnis des Nullwiderstandes des Systems zur Reaktanz des mitlaufenden Systems kleiner als 1 sein.

b) Volle Isolation wird überall da verlangt, wo reduzierte Isolation nicht angewendet werden kann.

#### Bemerkung:

Auch bei Transformatoren in exponierten Installationen mit voller Isolation sind entsprechende Schutzrichtungen wünschenswert, welche Stoßspannungen auf die zulässige Höhe reduzieren.

#### 96. Isolation des Nullpunkt-Endes der Wicklung bei höchsten Netzspannungen über $72,5\text{ kV}$

a) Bei gleichmässiger Isolation der ganzen in Stern geschalteten Wicklung soll das gegen den Nullpunkt hin liegende Ende denselben Prüfungen mit Wechselspannung unterworfen werden wie das polklemmenseitige Ende.

b) Bei in Stern geschalteter Wicklung, direkt geerdetem Nullpunkt und abgestufter, von der Klemmenseite zur Nullpunktseite abnehmender Isolation soll die Prüfspannung, die auf der Nullpunktseite angelegt wird, entsprechend Ziff. 102 d gewählt werden.



### 97. Prüfungen mit Wechselspannungen

Die Prüfungen mit Wechselspannungen sind Stückprüfungen. Man unterscheidet:

Eigenspannungsprüfung (Prüfung mit induzierter Spannung)

Fremdspannungsprüfung

### 98. Eigenspannungsprüfung

Die Eigenspannungsprüfung soll an allen Transformatoren vorgenommen werden:

a) Bei Transformatoren mit nicht abgestufter Isolation mit dem Zweck, die Festigkeit zwischen den Spulen und zwischen den Windungen zu prüfen. (Die Festigkeit zwischen den Wicklungen und Erde wird mit der Fremdspannungsprüfung kontrolliert.)

b) Bei Transformatoren mit in Stern geschalteter Wicklung und mit abgestufter Isolation am nullpunktseitigen Ende der Wicklung zum Zweck, die Festigkeit zwischen Wicklungen und Erde sowie zwischen den Spulen und zwischen den Windungen zu prüfen.

c) Bei allen Transformatoren mit dem Zweck, die Festigkeit zwischen den Klemmen zu prüfen.

#### Bemerkung:

Es ist gestattet, die Eigenspannungsprüfung mit einer höheren als der Nennfrequenz des Transformators durchzuführen.

### 99. Werte der Prüfspannung bei Eigenspannungsprüfung

a) Bei Transformatoren mit gleichmässiger Isolation soll die Prüfspannung, welche zwischen zwei Teilen auftritt, nicht kleiner sein als die zweifache Spannung, die zwischen diesen Teilen auftritt, wenn an die Klemmen des Transformators Nennspannung angelegt wird.

b) Bei Transformatoren mit abgestufter Isolation soll die Prüfspannung so gewählt werden, dass zwischen den Klemmen und den Eisenteilen, diese an Erde gelegt, eine Spannung auftritt gemäss Tabelle V.

#### Bemerkung:

Bei Dreiphasentransformatoren ist es erlaubt, die Prüfung der einzelnen Phasen nacheinander vorzunehmen (z. B. zwischen jeder Polklemme und Erde) und, wenn nötig, die Phasenwicklungen so zu schalten, dass keine abnormal hohen Spannungen zwischen den einzelnen Klemmen auftreten.

Werden für die Prüfspannungen gemäss Tabelle V Zwischenwerte gewählt (nur über 72,5 kV höchster Netzspannung zulässig), so soll die Prüfspannung den doppelten Wert der höchsten an den Durchführungen des Transformators im Betrieb auftretenden Spannung aufweisen.

Die Prüfspannungen für die Durchführungen sollen dagegen durchwegs den genormten Werten entsprechen. Dafür müssen dann die an sich stärker isolierten Durchführungen durch entsprechende Einstellung der Sicherheitsfunkenstrecke an die schwächere Innenisolation angepasst werden.

### 100. Dauer der Eigenspannungsprüfung

Die Dauer der Eigenspannungsprüfung beträgt eine Minute. Wenn die Frequenz der Prüfspannung die Nennfrequenz des Transformators um mehr als 100 % übersteigt (wie dies bei diesem Versuch normalerweise der Fall ist), dann ist die Dauer wie folgt zu bestimmen:

$$1 \text{ Minute} \cdot \frac{2 \cdot \text{Nennfrequenz}}{\text{Prüffrequenz}}$$

mit einem Minimum von 15 Sekunden.

### 101. Fremdspannungsprüfung

Die entsprechende aus einer besonderen Spannungsquelle bezogene Prüfspannung wird der Reihe nach zwischen jeder Wicklung und den übrigen unter sich und mit Erde verbundenen Wicklungen angelegt (siehe Ziff. 86b). Dabei ist als Wicklung grundsätzlich die Gesamtheit der betriebsmässig verbundenen (primären, oder sekundären, oder tertiären) Phasenwicklungen aufzufassen.

### 102. Werte der Prüfspannung bei der Fremdspannungsprüfung

a) Für Wicklungen, deren höchste Netzspannung 1,1 kV nicht übersteigt, beträgt die Prüf-Wechselspannung bei der Fremdspannungsprüfung 2,5 kV.

b) Für Wicklungen von Transformatoren, die in exponierten Anlagen aufgestellt werden und deren Betriebsspannung höher als 1,1 kV ist, gelten die in Tabelle V festgelegten Werte.

c) Für Wicklungen von Transformatoren, die in geschützten Anlagen aufgestellt werden und deren höchste Netzspannung 17,5 kV nicht übersteigt, gilt Tabelle IV, über 17,5 kV gilt Tabelle V.

d) Für in Stern geschaltete Wicklungen bei Netzspannungen über 72,5 kV und bei abgestufter Isolation vom Klemmenende zum Nullpunktende sind 3 Isolationskategorien für den Nullpunkt des Transformators zu unterscheiden:

**Kategorie 1:** Wenn der Nullpunkt des Transformators fest geerdet ist mit einer Verbindung, die ausser der Primärwicklung eines Stromwandlers mit einer Windung keine anderen Impedanzen enthält, so beträgt die Prüfspannung 34 kV. Wenn ein dazwischengeschalteter Stromwandler mehrere Primärwindungen hat, so beträgt die Prüfspannung ebenfalls 34 kV, wenn parallel zum Stromwandler ein entsprechender Überspannungsableiter vorgesehen ist.

**Kategorie 2:** Wenn der Nullpunkt des Transformators über einen Reguliertransformator geerdet und parallel dazu ein entsprechender Überspannungsableiter geschaltet ist, so ist die Prüfspannung gemäss Tabelle V entsprechend dem Verhältnis der maximalen Spannung des Reguliertransformators zur Nennspannung des Transformators zu reduzieren.

**Kategorie 3:** Wenn der Nullpunkt des Transformators über eine Löschspule oder einen relativ hohen Widerstand oder eine Reaktanz geerdet ist, oder wenn er isoliert ist, so beträgt die Prüfspannung 58 % der Werte der Tabelle V, vorausgesetzt, dass zwischen Nullpunkt und Erde ein entsprechender Überspannungsableiter vorgesehen ist.

### 103. Dauer der Fremdspannungsprüfung

Die Dauer der Fremdspannungsprüfung beträgt eine Minute.

### 104. Wiederholung der Spannungsprüfung

Wenn eine Wiederholung der Spannungsprüfung an einem Transformator gemacht werden muss, der diese Prüfung schon einmal bestanden hat, so darf bei der zweiten Prüfung die Prüfspannung 75 % der ersten nicht übersteigen.

### 105. Stoßspannungsprüfung

#### a) Anwendung

Die Stoßspannungsprüfung ist eine Typenprüfung, die nur auf ausdrückliches Verlangen des Bestellers vorgenommen wird. Sie ist am nicht erregten Transformator nach Möglichkeit in den Werkstätten des Herstellers durchzuführen. Sie wird vorläufig nicht für Wicklungen unter 45 kV Betriebsspannung vorgesehen.

An Leistungstransformatoren mit Luftisolation wird vorläufig kein Stossversuch gemacht. Transformatoren-Wicklungen, die im Betrieb nicht direkt an Freileitungsnetze angeschlossen werden (Anschluss an Kabelnetze oder an Generatoren usw.) werden grundsätzlich nicht mit Stoßspannung geprüft.

#### b) Schaltung

An den Wicklungen, für die eine Stossprüfung vereinbart wurde, wird nacheinander jede Phasenwicklung gestossen, wobei die Stoßspannung von der Polklemme aus auf die Wicklung gegeben wird. Eine Stossprüfung von der Sternpunktseite her wird nicht durchgeführt. Verbindungen mit anderen als der zu prüfenden Phasenwicklung sind soweit als möglich zu lösen. Das nicht gestossene Ende der Phasenwicklung ist während der Prüfung direkt oder — wenn Strommessungen gemacht werden — über einen niederohmigen Messwiderstand mit der Erde zu verbinden. Ist dieses Wicklungsende nicht zugänglich (z. B. in Stern geschaltete Dreiphasenwicklung mit nicht herausgeführtem Sternpunkt), so ist dafür der

nächste zugängliche Punkt einer oder der beiden anderen Phasenwicklungen in angegebener Art mit der Erde zu verbinden. Parallel zum erwähnten Messwiderstand darf ein Kondensator mässiger Kapazität angeschlossen werden, um die über den Widerstand fliessende Anfangsstromspitze zu reduzieren. Während der Stossprüfung einer Phasenwicklung sind alle anderen Wicklungen an einem Ende, womöglich dem dem gestossenen Phasenwicklungseingang zunächst liegenden, direkt zu erden. Das andere Ende jener Phasenwicklungen soll direkt geerdet werden oder kann über einen solchen Widerstand an Erde gelegt werden, dass die Spannung an jenen Stellen auf höchstens 80 % der nach c) vorgesehenen Prüfstoßspannung begrenzt wird. In gleicher Weise ist bei Autotransformatoren die Spannung an der zweiten Polklemme der geprüften Phasenwicklung zu begrenzen.

#### c) Werte der Prüf-Stoßspannung

In Übereinstimmung mit den «Leitsätzen für die Koordination der Isolationsfestigkeit» der Commission Electrotechnique Internationale (CEI) sind die in Tabelle VI genannten Werte für die Stoßspannungsprüfung festgelegt, die ohne jede Rücksicht auf die jeweils vorhandene Luftdichte und -feuchtigkeit eingehalten werden müssen.

Eine Wiederholung der bei der Abnahme vorgenommenen Stoßspannungsprüfung ist zu vermeiden; wird sie jedoch gewünscht, so soll sie nur mit 75 % der obigen Werte durchgeführt werden. Ausgezeichnete Wicklungen sind mit 75 % der Prüfspannung des neuen Transformators zu prüfen.

Stufentransformatoren samt Stufenschaltern werden gleich geprüft wie gewöhnliche Transformatoren. Die Stöße werden auf einer mit dem Klienten zu vereinbarenden Stufe ausgeführt.

#### Werte der Prüf-Stoßspannung nach CEI <sup>1)</sup>

Tabelle VI

Höchste Netzspannung kV	Prüf-Stoßspannung 1/50 positiv und negativ kV (Scheitelwert)	
3,6	45	
7,2	60	
12	75	
17,5	95	
24	125	
36	170	
52	250	
72,5	325	
	Volle Isolation kV (Scheitelwert)	Reduzierte Isolation kV (Scheitelwert)
100	450	380
123	550	450
145	650	550
170	750	650
245 <sup>3)</sup>	1050	900
420	—	1450 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Im Nachtrag 0183.1954 zu den «Regeln und Leitsätzen für die Koordination der Isolationsfestigkeit», Publ. Nr. 183 des SEV, sind bei der Stoßspannungsprüfung noch die SEV-Werte angeführt mit einem entsprechenden Hinweis auf die CEI-Werte.

<sup>2)</sup> Richtwert (international noch nicht endgültig festgelegt).

<sup>3)</sup> Diese Spannung kann bei starrer Nullpunkt-erdung bis auf weiteres bis zum Werte von 275 kV erhöht werden, vorausgesetzt dass Material für volle Isolation verwendet wird.

#### d) Anzahl Stöße und deren Form

Auf eine Polklemme der geprüften Wicklung (siehe Ziff. 105b) werden nacheinander drei positive und drei negative volle Stöße genormter Form 1/50 und der für sie vorgesehenen Spannungshöhe nach Ziff. 105c gegeben. Allfällig vorhandene Sicherheitsfunkenstrecken an den Durchführungen sind auseinander zu ziehen oder zu entfernen, so dass dort bei der Prüfung mit Sicherheit kein Überschlag erfolgt. Bei ungünstigen Werten der Luftdichte oder Luftfeuchtigkeit kann eventuell nur die Prüfung mit negativer Polarität durchgeführt werden; in diesem Fall soll mit 6 negativen vollen Stößen geprüft werden.

#### Bemerkung:

Wenn in einem späteren Zeitpunkt eine Prüfung mit abgeschnittenen Stößen eingeführt wird, so soll die gesamte Anzahl Stöße neu festgelegt werden.

Bei Transformatoren mit grosser Kapazität, kleiner Induktivität oder sehr hoher Leistung und Spannung ist es nicht immer möglich, die vorgeschriebene Front- und Halbwertdauer (selbst unter voller Inanspruchnahme der zulässigen Toleranzen) einzuhalten. In solchen Fällen sollen Front- und Halbwertdauer so gut, als es die gegebenen Verhältnisse ermöglichen, den genormten Werten angenähert werden.

Wenn sich in der Stoßspannungskurve Hochfrequenzschwingungen zeigen, deren Periodenzeit kleiner als 2 Mikrosekunden ist, so soll der Scheitelwert so ermittelt werden, dass durch die Schwingungen eine glatte Mittelkurve gezogen wird. Wenn die Periodenzeit der Schwingungen 2 Mikrosekunden oder mehr beträgt, dann ist als Scheitelwert derjenige der Hochfrequenzschwingungen zu berücksichtigen.

#### e) Durchführung der Prüfung

Bei voller Prüfspannung und angeschlossenem Transformator darf keine Eichung mit der Kugelfunkenstrecke vorgenommen werden. Auch ist es nicht zulässig, durch Probieren die für die Prüfung erforderliche Einstellung des Stossgenerators zu suchen. Daher muss zunächst bei reduzierter Spannung festgestellt werden, welche prozentuale Absenkung der Stoßspannung das Zuschalten des Transformators bei unveränderter Einstellung des Stossgenerators bewirkt. Ferner benötigt man Kathodenstrahloszillogramme bei reduzierter Spannung zum Vergleich mit denen bei voller Spannung. Damit ergibt sich für Eichung und Prüfung folgendes Vorgehen:

α) Die Vormessung wird bei 50...60 % der Spannung nach c) durchgeführt. Der Stossgenerator wird so eingestellt, dass er bei angeschlossenem Transformator voraussichtlich diesen Spannungswert liefert (Spannungsabsenkung vorläufig geschätzt). Bei dieser Einstellung wird die Stoßspannung einmal mit und einmal ohne angeschlossenen Transformator oszillographisch aufgenommen. Die Differenz der den beiden Oszillogrammen entnommenen Spannungs-Amplituden zeigt die Spannungsabsenkung. Für beide Polaritäten ist gleich zu verfahren.

β) Für die Prüfung mit voller Spannung wird der Stoss-generator folgendermassen einreguliert: Die Schlagweite der Messfunkenstrecke wird auf den Wert eingestellt, der der Summe aus Prüfspannung gemäss c) und der aus der Vormessung ermittelten prozentualen Spannungsabsenkung entspricht. Der Stossgenerator wird nun ohne angeschlossenen Transformator auf die 50%-Ansprechstoßspannung der Messfunkenstrecke einreguliert. Mit dieser Einstellung des Stoss-generators wird die eigentliche Stoßspannungsprüfung durchgeführt, nachdem der Transformator angeschlossen und die Messkugeln etwas auseinandergezogen worden sind.

#### f) Fehlerfeststellungs-Methoden

Ein im Verlauf der Prüfung eintretender Defekt kann sich äussern in

- α) aufsteigenden Gasblasen
- β) Geräusch im Transformator
- γ) Veränderungen im Verlauf der Stoßspannung an der gestossenen Klemme
- δ) Veränderungen im Verlauf des Stoßstromes gegen Erde
- ε) Veränderungen im Verlauf der Stoßspannung an einer nicht direkt geerdeten Klemme einer nicht gestossenen Wicklung.

Auf alle Fälle sind zwei Grössen bei voller Spannung nach c) und bei reduzierter Spannung nach e) mit dem Kathodenstrahloszillographen aufzunehmen, nämlich die Spannung an der gestossenen Klemme und dazu der Strom gegen Erde oder die Spannung an einer nicht gestossenen Phasenwicklung.

Der unter α genannte Effekt tritt nur bei ganz groben Fehlern auf. Mit dem unter β genannten Effekt können schon feinere Fehler wahrgenommen werden. Sehr empfindlich für die feinsten im Öl auftretenden Schalldruckschwingungen — auch solche, die mit dem Ohr nicht wahrnehmbar sind — ist

der elektroakustische Wandler. Das Oszillogramm nach  $\gamma$  lässt vor allem Überschlüsse oder Durchschlüsse nach Erde erkennen, während sich die Oszillogramme nach  $\delta$  oder  $\varepsilon$  insbesondere zum Nachweis von Windungsschlüssen eignen. Die nach  $\gamma$  und  $\delta$  oder  $\varepsilon$  bei voller Spannung aufgenommenen Oszillogramme sind mit dem entsprechenden bei gleicher Polarität und reduzierter Spannung aufgenommenen zu vergleichen. Sie dürfen keine Veränderungen des charakteristischen Ablaufes zeigen, noch dürfen sie stärkere hochfrequente Entladungen aufweisen. Die Art und Weise der Ausprägung einer etwaigen Störung im Oszillogramm können Hinweise auf die Lage der Fehlerstelle entnommen werden. Da auch bei sorgfältiger Abschirmung eine Einwirkung der Stoßspannung auf den Messteil nicht immer gänzlich vermeidbar ist und da der Spannungsanstieg nicht bei jedem Stoß völlig gleichartig verläuft, lassen sich im Anfangsbereich oft keine deckenden Stromkurven erhalten. Geringe Veränderungen im Kurvenverlauf des Stoßstromes bei reduzierter und bei voller Spannung oder zwischen Oszillogrammen gleicher Spannungshöhe während der ersten 3 Mikrosekunden sind daher nicht kennzeichnend für einen Defekt und sollen unberücksichtigt bleiben. Wenn berechnete Zweifel über die Beurteilung eines Oszillogrammes bestehen, soll die betreffende Transformatorwicklung mit weiteren 5 Stößen von 90 % des Spannungswertes nach c) geprüft werden. Falls sich die beobachteten Schwingungen oder sonstige Abweichungen vom Vergleichsozillogramm im Verlauf dieser 5 Stöße nicht vergrößern, gilt die Stoßprüfung als bestanden.

## H. Wirkungsgrad und Verluste

### 111. Wirkungsgrad

a) Der Wirkungsgrad ist gegeben durch die Beziehung:

$$\eta = 100 \left( 1 - \frac{P_v}{P_2 + P_v} \right) \quad \text{in \%}$$

$P_2$  Abgegebene Wirkleistung

$P_v$  Summe der Verluste (ohne die von den Hilfsgeräten aufgenommene Leistung)

b) Die Leistung  $P_2$  bei Vollast erhält man aus der Formel:

$$P_2 = P \left( 1 - \frac{\varepsilon_\varphi}{100} \right) \cos \varphi_2$$

$P$  Nennleistung des Transformators

$\cos \varphi_2$  Leistungsfaktor im Sekundärkreis

$\varepsilon_\varphi$  Spannungsänderung in %

### 112. Verluste

In diesen Regeln werden die Verluste unterteilt in die Leerverluste  $P_{v0}$  und die Lastverluste  $P_{ch}$ .

### 113. Leerverluste

Die Leerverluste  $P_{v0}$  sind gleich der vom Transformator bei Leerlauf aufgenommenen Wirkleistung. Sie bestehen aus den Verlusten im Eisenkern, den dielektrischen Verlusten und den durch den Leerlaufstrom verursachten Verlusten bezogen auf sinusförmige Spannung, wenn an die Primärwicklung bei Nennfrequenz die Nennprimärspannung angelegt wird, und die Primärwicklung auf die Hauptanzapfung geschaltet ist. Die andern Klemmen sind auf keine Art und Weise angeschlossen. Bei Messung von der Sekundärseite aus wird analog verfahren.

Die Messung der Leerverluste kann am kalten oder warmen Transformator folgendermassen durchgeführt werden:

a) Bei allen Transformatortypen (ausgenommen Dreiphasentransformatoren ohne jegliche in Dreieck geschaltete Wicklungen) soll die Spannung durch ein Mittelwertvoltmeter festgelegt werden. Wenn das nicht möglich ist, dann müssen andere entsprechende Mittel angewendet werden. Der Effektivwert der dem gemessenen Leerverlust zuzuordnenden sinusförmigen Spannung ist gleich dem Produkt Mittelwert mal Formfaktor der Sinuskurve (I,11).

b) Bei Dreiphasentransformatoren ohne jegliche in Dreieck geschaltete Wicklungen soll die Messung bei der effektiven Spannung, gemessen mit einem gewöhnlichen elektrodynamischen Voltmeter, vorgenommen werden. Die Wellenform der Spannung soll praktisch sinusförmig sein (siehe Ziff. 2).

### 114. Lastverluste

Die Lastverluste  $P_{ch}$  sind die im Transformator bei primärem und sekundärem Nennstrom und Nennfrequenz bei Anschluss an der Hauptanzapfung auftretenden Verluste.

Sie bestehen aus den Stromwärmeverlusten in den Wicklungen und den zusätzlichen, durch die Streuflüsse in den Wicklungen oder anderen Teilen des Transformators hervorgerufenen Verlusten. Die Lastverluste werden gemessen, indem eine Wicklung kurzgeschlossen und der Nennstrom eingestellt wird. Stösst die Messung mit Nennstrom auf Schwierigkeiten, so kann eine gleichwertige Methode mit reduzierter Stromstärke benützt werden. Die Umrechnung auf Nennstrom geschieht mit dem Quadrat des Stromes.

Die Versuchswerte müssen auf eine mittlere Wicklungstemperatur von 75 °C umgerechnet werden und sollen für diese Bezugstemperatur garantiert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Stromwärmeverluste dem Widerstand direkt proportional und die Zusatzverluste umgekehrt proportional sind. Die Stromwärmeverluste sind zu multiplizieren mit den Faktoren

$$c = \frac{310}{235 + \vartheta} \quad \text{für Kupferwicklungen}$$

$$c = \frac{305}{230 + \vartheta} \quad \text{für Aluminiumwicklungen}$$

$\vartheta$  Temperatur der Wicklung, bei der der Widerstand gemessen wurde.

Die Zusatzverluste sind durch die entsprechenden Faktoren  $c$  zu dividieren.

### 115. Verlustgarantien

Über die Leer- und Lastverluste soll in der Offerte eine Angabe enthalten sein. Daraus soll der Wirkungsgrad bei jeder Belastung und jedem Leistungsfaktor dieser Belastung errechnet werden können.

### 116. Verluste von Drosselspulen

Die Verluste von Drosselspulen werden auf Grund besonderer Vereinbarungen bestimmt.

### 117. Von den Hilfsgeräten aufgenommene Leistung

Die von den Hilfsgeräten, wie Ventilatormotoren oder Motoren für Wasser- oder Ölpumpen aufgenommene Leistung wird getrennt angegeben.

## J. Kurzschlußspannung, Spannungsänderung, Kurzschlußstrom

### 121. Kurzschlußspannung, Ohmsche und induktive Komponente

a) Die Kurzschlußspannung ist die Spannung, ausgedrückt in % der Nennprimärspannung, die an die Primärwicklung anzulegen ist, damit bei kurzgeschlossenem Sekundärwicklung in der Primärwicklung der Nennstrom fliesst. Beim umgekehrten Fall ist die Kurzschlußspannung in % der sekundären Nennleerlaufspannung auszudrücken. Die zugehörige Anzapfung soll die Hauptanzapfung sein (siehe Ziff. 23), es sei denn, die Stufenschalterstellung werde besonders angegeben. Die Kurzschlußspannung kann auch bei kleinerem Strom als bei Nennstrom gemessen werden, nur müssen die Resultate dann proportional auf den Nennstrom und auf 75 °C sinngemäss nach Ziff. 114 umgerechnet werden. Richtwerte für Kurzschlußspannungen sind in Tabelle VII gegeben.

b) Die Kurzschlußspannung  $U_c$  ist die vektorielle Summe von zwei Komponenten:

$$U_c = \sqrt{U_R^2 + U_X^2}$$

$U_R$  Ohmsche Komponente der Kurzschlußspannung

$U_X$  Induktive Komponente der Kurzschlußspannung

c) Die relative Kurzschlußspannung  $\varepsilon_c$  beträgt:

$$\varepsilon_c = 100 \frac{U_c}{U_n} \quad \text{in \%}$$

$U_n$  Nennspannung

d) Die relative Ohmsche Komponente  $\varepsilon_R$  der Kurzschluss-spannung, verursacht durch Stromwärmeverluste, wird berechnet nach der Formel:

$$\varepsilon_R = 100 \frac{P_{ch}}{P} \quad \text{in \%}$$

$P_{ch}$  Lastverluste, bezogen auf eine Wicklungstemperatur von 75 °C

$P$  Nennleistung des Transformators

e) Die relative induktive Komponente  $\varepsilon_X$  der Kurzschluss-spannung wird berechnet nach der Formel:

$$\varepsilon_X = \sqrt{\varepsilon_c^2 - \varepsilon_R^2}$$

Sie ist von der Temperatur der Wicklung unabhängig.

#### Richtwerte für Kurzschlußspannungen

Tabelle VII

Leistung kVA	Relative Kurzschlußspannung $\varepsilon_c$ bei Ober-Spannung %						
	...20 kV	30 kV	45 kV	60 kV	110 kV	150 kV	220 kV
...100	4	—	—	—	—	—	—
250	4,5	5	6	—	—	—	—
500	4,5	5	6	7	—	—	—
1 000	5	5,5	6	7	—	—	—
2 500	6	6,5	7	7,5	—	—	—
5 000	6,5	7	7,5	8	10	—	—
10 000	7	7,5	8	8,5	10	12	—
30 000	—	8,5	9	9,5	11	12	12,5
50 000	—	—	9,5	10	11	12	12,5

### 122. Spannungsänderung

a) Die Spannungsänderung eines Transformators ist die Differenz zwischen der Sekundärspannung bei Leerlauf und der Sekundärspannung bei Nennstrom und einem gegebenen Leistungsfaktor. Primärspannung und Frequenz haben dabei den Nennwert.

b) Die relative Spannungsänderung  $\varepsilon_\varphi$  wird in Prozenten der Nennsekundärspannung ausgedrückt. Sie wird aus der prozentualen Ohmschen und der prozentualen induktiven Komponente der Kurzschlußspannung ( $\varepsilon_R$  und  $\varepsilon_X$ ) berechnet nach der Formel:

$$\varepsilon_\varphi = \left[ \varepsilon_R \cos \varphi + \varepsilon_X \sin \varphi + \frac{1}{200} (\varepsilon_R \sin \varphi - \varepsilon_X \cos \varphi)^2 \right] \quad \text{in \%}$$

Für Transformatoren mit einer Kurzschlußspannung kleiner oder gleich 4 % kann der letzte Summand vernachlässigt werden; die Formel lautet dann:

$$\varepsilon_\varphi = [\varepsilon_R \cos \varphi + \varepsilon_X \sin \varphi] \quad \text{in \%}$$

c) Die relative Spannungsänderung  $\varepsilon_{\varphi n}$  bei einem relativen Teilstrom ( $n$ ) wird berechnet nach der Formel:

$$\varepsilon_{\varphi n} = \left[ n (\varepsilon_R \cos \varphi + \varepsilon_X \sin \varphi) + \frac{n^2}{200} (\varepsilon_R \sin \varphi - \varepsilon_X \cos \varphi)^2 \right] \quad \text{in \%}$$

$$\text{wobei } n = \frac{\text{Teilstrom}}{\text{Nennstrom}}$$

d) Bei Blindleistungsabgabe an den Sekundär-Klemmen ist in obigen Formeln  $\sin \varphi$  mit positivem und bei Blindleistungsaufnahme mit negativem Vorzeichen einzusetzen.

### 123. Kurzschlußströme

a) Die Nennkurzschlußströme sind die Dauerkurzschlussströme, die in den Polklemmen fließen, wenn der sekundär kurzgeschlossene Transformator primär mit Nennspannung und Nennfrequenz gespeist wird. Die Nennkurzschlußströme sind gleich den mit dem Faktor  $\frac{100}{\varepsilon_c}$  multiplizierten Nennströmen, wo  $\varepsilon_c$  die relative Nennkurzschlußspannung in Prozenten bedeutet.

b) Der Stosskurzschlußstrom einer Phase ist der höchste Augenblickswert des Stromes nach Eintritt des Kurzschlusses.

Bei Transformatoren mit drei und mehr Wicklungen ist die Zeit, während welcher der Transformator den Kurzschlußstrom auszuhalten hat, abhängig vom Maximalstrom, der in einer Wicklung im Kurzschluss überhaupt fließen kann (siehe Tabelle VIII). Während dieser Zeit muss die Spannung an den anderen Wicklungen, die an einer äusseren Spannungsquelle liegen, auf ihrem Nennwert gehalten werden.

#### Dauer der von einer Wicklung auszuhaltenden Kurzschlußströme

Tabelle VIII

Relative Kurzschluss-spannung $\varepsilon_c$ des Transformators %	Symmetrischer Effektivwert des Kurzschlußstromes, den der Transformator aushalten muss	Zeit in s
bis und mit 4 %	$25 I_n$	2
höher als 4 %	$I_n \frac{100}{\varepsilon_c}$	3

$I_n$  Nennstrom;  $\varepsilon_c$  in %

Jede Wicklung soll für sich untersucht werden.

#### Bemerkung 1:

Wenn Transformatoren direkt mit anderen Apparaten mit eigener Impedanz verbunden sind, die Entfernung dazwischen sehr klein ist und die Verbindung mittels Kabel oder Schienen geschieht, die einen Kurzschluss auf dieser Verbindung praktisch ausschliessen, so wird als Impedanz die Summe der Impedanzen des Transformators und des Apparates für die Begrenzung des Kurzschlußstromes berücksichtigt.

#### Bemerkung 2:

Spartransformatoren (Autotransformatoren) sind sehr grossen Kurzschlußströmen ausgesetzt, weil sie Serieschaltung haben, es sei denn, sie haben Strombegrenzungseinrichtungen. Es ist praktisch unmöglich, bei Autotransformatoren den maximal möglichen Kurzschlußstrom zu bestimmen, weil die beim Kurzschluss auftretenden elektrodynamischen Kräfte sich evtl. wiederholen und kumulieren. Zum Zweck der Herabsetzung dieser Kurzschlussströme wird darum empfohlen, an geeigneten Punkten Drosselspulen zu installieren, die den Strom auf das 25fache des Nennstromes des Transformators herabsetzen.

#### Bemerkung 3:

Wenn es bei Mehrwicklungstransformatoren nicht möglich ist, sich an die Angaben der vorhergehenden Bestimmungen zu halten, so können, nach Übereinkunft zwischen Verbraucher und Hersteller Drosselspulen in Serie mit den Transformatorwicklungen installiert werden.

c) Ein Versuch zur Prüfung der Kurzschlussfestigkeit wird im allgemeinen nicht durchgeführt. Wird er aber notwendig, so soll er Gegenstand einer besonderen Vereinbarung zwischen Kunde und Hersteller sein.

## K. Schaltgruppen und Schaltungen

### 131. Schaltgruppen

Die Tabellen IX und X geben die möglichen Schaltgruppen und Schaltungen sowie die zugehörigen Schaltschemata und Vektordiagramme. Die zu bevorzugenden Schaltungen sind:

Yy0 (A2), Dy5 (C1), Yd5 (C2), Yz5 (C3), sowie die einphasige Schaltgruppe 0 (A).

#### Bemerkung 1:

In den Schemata der Kolonne 5 sind die Wicklungen für Hoch- und Niederspannung unter Voraussetzung gleichen Wickelsinnes dargestellt.

#### Bemerkung 2:

Bei Drehstrom-Transformatoren sollen grundsätzlich vom vor der Oberspannungsseite stehenden Beschauer aus gesehen die Klemmen U, V, W bzw. u, v, w von links nach rechts angeordnet sein.



Schaltgruppen, Schaltungen, Schaltschemata und Vektordiagramme für Dreiphasen-Transformatoren

Tabelle IX

Schaltgruppe		Schaltung		Schaltschema	Vektor- diagramm
alt 1	neu 2	Symbol alt 3	Symbol neu 4		
A	0	A1	Dd0		
B	6	B1	Dd6		

Nach den Regeln für Transformatoren der Commission Electrotechnique Internationale (CEI) werden die Schaltungen von Drehstromtransformatoren mit folgenden sinnfälligen Kennbuchstaben bezeichnet:

Schaltungsart	Oberspannungsseite	Unterspannungsseite
Dreieck	D	d
Stern	Y	y
Zickzack	Z	z

Zur Kennzeichnung der Schaltung ist zunächst der Kennbuchstabe (gross) für die Schaltung der Oberspannungswicklung, sodann der Kennbuchstabe (klein) für die Schaltung der Unterspannungswicklung und schliesslich eine Kennzahl zur Bezeichnung der Phasenverschiebung der Spannungsvektoren zweier zugehöriger Wicklungsstränge der Ober- und Unterspannungsseite anzugeben.

Hierbei wird die Richtung der Spannungsvektoren im Vektordiagramm vom vorhandenen oder angenommenen Sternpunkt aus zu den Klemmen zugehöriger Wicklungsstränge der Ober-, bzw. Unterspannungsseite hin gerechnet.

Tabelle IX, Fortsetzung

Schaltgruppe		Schaltung		Schaltschema	Vektor- diagramm
alt 1	neu 2	Symbol alt 3	Symbol neu 4		
C	5	C1	Dy5		
D	11	D1	Dy11		

Schaltgruppen, Schaltungen, Schaltschemata und Vektordiagramme für Einphasen-Transformatoren

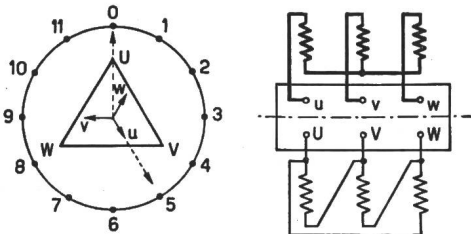
Tabelle X

Schaltgruppe		Schaltung		Schaltschema	Vektor- diagramm
alt 1	neu 2	Symbol alt 3	Symbol neu 4		
A	0	—	—		
B	6	—	—		

Die Kennzahl erhält man, indem der Vektor der Oberspannungsseite mit dem auf 12 stehenden Minutenzeiger einer Uhr zur Deckung gebracht wird, deren Stundenzeiger in die Richtung des gleichnamigen Vektors der Unterspannungs-

seite eingestellt ist. Der Stundenzeiger gibt dann auf dem Zifferblatt die Kennzahl an.

Zeigt er auf 12, d. h. beträgt die Phasenverschiebung  $0^\circ$ , so ist nicht 12, sondern 0 als Kennzahl anzugeben. Die Kennzahl gibt, mit 30 multipliziert, den Phasenwinkel zwischen dem Oberspannungs- und dem Unterspannungsvektor an. Fig. 3 gibt ein Beispiel dieser Kennzeichnungsart.



SEV 22543

Fig. 3

Beispiel für Kennzeichnungsart einer Schaltung  
Schaltungsbezeichnung: Dy5  
Phasenwinkel:  $5 \cdot 30^\circ = 150^\circ$

## L. Parallelschaltung von Transformatoren

### 141. Definition

Zwei oder mehrere Transformatoren sind parallelgeschaltet, wenn sie mit den gleichen primären und sekundären Sammelschienen verbunden sind. Der Parallellauf ist vollkommen, wenn sich die Belastungen im Verhältnis der Nennleistungen der einzelnen Transformatoren verteilen.

### 142. Bedingungen für Parallelschaltung

Damit zwei oder mehrere Transformatoren einwandfrei parallel arbeiten können, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Die Transformatoren müssen gleiche Primär-Nennspannung und gleiche Sekundär-Nennspannung haben.
- Die Transformatoren müssen zur gleichen Schaltgruppe gehören.
- Gleich bezeichnete Klemmen müssen mit der gleichen Sammelschiene verbunden werden.

Ausnahme:

Transformatoren der Gruppe 5 können mit jener der Gruppe 11 parallel laufen, wenn sie nach Tabelle 11 untereinander verbunden werden.

### Verbindungsarten der Transformatoren mit dem Netz Tabelle XI

		Oberspannung	Unterspannung
Sammelschienen		R S T	r s t
Transformator	Gruppe 5	U V W	u v w
	Gruppe 11	U W V	w v u
		W V U	v u w
		V U W	u w v

d) Die Kurzschlußspannung des parallelzuschaltenden Transformators soll um nicht mehr als 10 % von der mittleren Kurzschlußspannung der vorhandenen Transformatoren abweichen, besondere Vereinbarungen vorbehalten. Für andere als die Hauptanzapfung gilt eine Toleranz von  $\pm 15\%$  für die Kurzschlußspannungen.

e) Die Nennleistungen sollten in keinem grösseren Verhältnis als 3 : 1 zueinander stehen.

## M. Klemmenbezeichnungen

(Dieses Kapitel wird später behandelt)

## N. Toleranzen und Garantien

### 161. Definition

Toleranz ist die höchst zulässige Abweichung des festgestellten Wertes von den nach den Bestimmungen dieser Regeln garantierten Werten. Sie soll die unvermeidlichen Ungleichmässigkeiten in der Beschaffenheit der Rohstoffe, Ungenauigkeiten in der Herstellung und Messfehler decken.

### 162. Garantien

Garantien brauchen nicht auf alle der in Tabelle XII enthaltenen Grössen gegeben zu werden.

Für die Toleranzen auf gegebene Garantien gelten die Werte nach Tabelle XII.

Toleranzen

Tabelle XII

Nr.	Gegenstand	Toleranz
1	a) Gesamtverluste b) Einzelverluste	+ 1/10 der Gesamtverluste <sup>1)</sup> + 1/7 des betreffenden Einzelverlustes bis zur Toleranz von + 1/10 der Gesamtverluste <sup>1)</sup>
2	Nennspannungen bei Leerlauf	$\pm 1/200$ der garantierten Nennspannung, oder 10 % der garantierten Kurzschlußspannung bei Nennstrom. Der kleinere Wert ist gültig.
3	Kurzschlußspannung a) für die Hauptanzapfung  b) Übrige Anzapfungen	$\pm 1/10$ der garantierten Kurzschlußspannung für diese Anzapfung. Für Transformatoren unter 500 kVA gilt die Toleranz von $\pm 1/10$ nur, wenn die Ober- und Unterspannungswicklung auf der Hauptanzapfung elektromagnetisch ausgeglichen sind. Können Ober- und Unterspannungswicklung elektromagnetisch nicht ausgeglichen werden, so ist eine erhöhte Toleranz zulässig. Wenn Garantien für die Kurzschlußspannung verlangt oder gegeben werden, so ist die Toleranz: $\pm 1/7$ des garantierten Wertes, wenn die Spannung um nicht mehr als $\pm 1/20$ von jener der Hauptanzapfung abweicht. Ist diese Abweichung grösser, so soll diese Toleranz besonders vereinbart werden.
4	Leerlaufstrom	+ 3/10 des garantierten Leerlaufstromes <sup>1)</sup>
5	Kurzschlußspannung (in %) von Kurzschlussdrosselspulen a) beim Maximalstrom (d. h. Effektivwert des symmetrischen Kurzschlussstromes des Netzes) für welchen die Spule gebaut ist  b) bei Nennstrom	— 1/20 der angegebenen Kurzschlußspannung bei Drosselspulen mit Eisenkern. Bei Spulen ohne Eisenkern soll die Kurzschlußspannung nicht kleiner sein als die angegebene Kurzschlußspannung. <b>Bemerkung:</b> 5a ist eine Angabe für die Konstruktion, welche durch Typenversuch ermittelt wird, wenn nicht anders vereinbart. + 1/5 der angegebenen Nennkurzschlußspannung. <b>Bemerkung:</b> 5a und 5b sind Maximalwerte und es wird empfohlen, Drosselspulen so zu bauen, dass sie beim Maximalstrom nicht kleinere Werte ergeben und bei Normalstrom so wenig als möglich nach der positiven Seite abweichen.

<sup>1)</sup> Ein unterer Wert ist nicht festgelegt.

## O. Ursprungszeichen und Schilder

### 171. Ursprungszeichen

Jeder Transformator muss den Namen des Herstellers oder dessen *Firmenzeichen* tragen.

Wird die Wicklung des Transformators von jemand anderem als ihrem Hersteller geändert (teilweise oder vollständige Umwicklung, Umschaltung oder Ersatz), so muss die ändernde Firma neben dem Ursprungsschild ein weiteres Schild anbringen, das den Namen der Firma, die neuen Angaben des Transformators und die Jahreszahl der Änderung enthält.

### 172. Leistungsschild

Jeder Transformator muss ein Leistungsschild tragen. Dieses soll möglichst so befestigt werden, dass es auch im Betrieb bequem gelesen werden kann.

Auf dem Leistungsschild sind deutlich und haltbar folgende Angaben entsprechend den Nennwerten anzubringen:

1. Art des Transformators
2. Typenbezeichnung
3. Fabrikationsnummer
4. Nennleistung
5. Betriebsart
6. Nennprimärspannung
7. Nennsekundärspannung
8. Kurzschlußspannung
9. Nennprimärstrom
10. Nennsekundärstrom
11. Schaltung und Schaltgruppen
12. Nennfrequenz
13. Eventuell von den Vorschriften abweichende Kühlmitteltemperaturen
14. Berücksichtigte Regeln (SEV)

#### Bemerkungen:

Zu 5: Fehlt hier eine Angabe, so wird angenommen, dass der Transformator für Dauerbetrieb bemessen ist.

Zu 8: Gemessene Kurzschlußspannung.

## P. Genormte Werte

### 181. Nennwerte der Leistung

Nennwerte von Leistungstransformatoren sollen nach der Reihe 10 der Normzahlen gewählt werden wie folgt:

10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80		
100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	kVA

### 182. Genormte Stufen der Anzapfungen

Nicht unter Last umzuschaltende Anzapfungen an Wicklungen von Transformatoren von bis und mit 500 kVA Leistung sollen Vielfache von 2,5 % der den Hauptanzapfungen entsprechenden Nennspannung sein, wobei der totale Regelbereich 10 % nicht überschreiten soll.

Wenn die Stufensprünge in % ausgedrückt werden, so soll dieser Prozentsatz von der Hauptanzapfung bei Leerlaufspannung aus gerechnet werden, d. h. proportional zur Windungszahl sein.

## Anhang

### Notwendige Angaben für Offerte und Bestellung von Transformatoren

Zur Erleichterung der Arbeit des Herstellers sollen in jeder Offertanfrage die folgenden Angaben gemacht werden:

#### A. Allgemeine Angaben

1. Anzahl der Transformatoren.
2. Ein-, Drei- oder Mehrphasentransformator.
3. Trocken- oder Öltransformator.
4. Frequenz in Hz.
5. Transformator mit getrennten Wicklungen oder Autotransformator.
6. Nenndauerleistung, Betriebsverhältnisse.
7. Nennprimärspannung.
8. Nennsekundärspannung oder sekundäre Spannung bei Belastung (im letzteren Falle ist anzugeben, bei welchem Leistungsfaktor).
9. Höchste Spannung im Netz (zur Bestimmung der Prüfspannungen).
10. Allfällige Grenzen der primären und sekundären Spannungsänderung.
11. Vorzusehende Anzapfungen der einen oder andern Wicklung. Umschaltung auf eine andere Anzapfung unter Last. Anzapfungen für konstante Leistung oder konstanten Strom.
12. Schaltung und Schaltgruppe der Wicklungen.
13. Art der Kühlung.
14. Wenn die Temperatur des Kühlwassers oder der Kühlluft von den normalen Bezugswerten abweicht, ist deren Wert anzugeben.
15. Wenn die Höhe des Aufstellungsortes mehr als 1000 m ü. M. beträgt, ist sie anzugeben.

#### B. Konstruktive Angaben

1. Transformator für Innenraum- oder Freiluft-Aufstellung.
2. Anordnung der Klemmen. Kabelendverschlüsse.
3. Gewünschte oder verlangte Zubehörteile, wie Laufrollen (den Fortbewegungssinn angeben), Ölausehnungsgefäß, Entlüfter, Luftentfeuchter, Thermometer, besondere Schutzapparate, vakuumfester Kessel.
4. Transportverhältnisse.

#### C. Besondere Angaben für Parallelbetrieb

1. Nennleistung des vorhandenen Transformators.
2. Wert der Primär- und Sekundärspannung oder Anzahl Windungen der Primär- und Sekundärwicklung.
3. Kurzschlußspannung und Lastverluste für einen gegebenen Strom, wenn möglich für den Nennstrom.

Wird Parallellauf bei irgendeiner Anzapfstellung verlangt, so sind die Kurzschlußspannung und die Lastverluste bei Betrieb des Transformators auf den entsprechenden Anzapfungen anzugeben. Es ist anzugeben, auf welcher Anzapfung und bei welcher Temperatur diese Werte gemessen wurden.

4. Schaltgruppe.
5. Schaltchema.

**Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins**, herausgegeben vom Schweizerischen Elektrotechnischen Verein als gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE). — **Redaktion:** Sekretariat des SEV, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telefon (051) 34 12 12, Postcheck-Konto VIII 6133, Telegrammadresse Elektroverein Zürich (für die Seiten des VSE: Sekretariat des VSE). — Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet. — Das Bulletin des SEV erscheint alle 14 Tage in einer deutschen und in einer französischen Ausgabe, ausserdem wird am Anfang des Jahres ein «Jahresheft» herausgegeben. — Den Inhalt betreffende Mitteilungen sind an die Redaktion, den Inseratenteil betreffende an die Administration zu richten. — **Administration:** Postfach Hauptpost, Zürich 1 (Adresse: AG. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, Stauffacherquai 36/40, Zürich 4), Telefon (051) 23 77 44, Postcheck-Konto VIII 8481. — **Bezugsbedingungen:** Alle Mitglieder erhalten 1 Exemplar des Bulletins des SEV gratis (Auskunft beim Sekretariat des SEV). Abonnementspreis für Nichtmitglieder im Inland Fr. 45.— pro Jahr, Fr. 28.— pro Halbjahr, im Ausland Fr. 55.— pro Jahr, Fr. 33.— pro Halbjahr. Abonnementsbestellungen sind an die Administration zu richten. Einzelnummern im Inland Fr. 3.—, im Ausland Fr. 3.50.

*Chefredaktor:* H. Leuch, Ingenieur, Sekretär des SEV.

*Redaktoren:* H. Marti, E. Schiessl, H. Lütolf, Ingenieure des Sekretariates.