

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 46 (1955)  
**Heft:** 19  
  
**Rubrik:** Communications ASE

### **Nutzungsbedingungen**

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

### **Conditions d'utilisation**

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

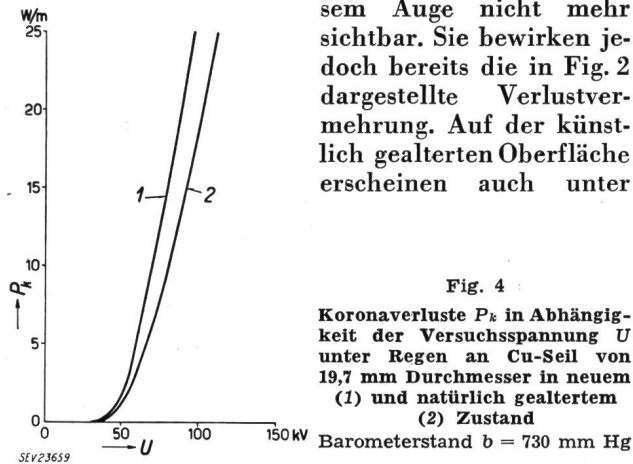
### **Terms of use**

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

**Download PDF:** 07.01.2026

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

fläche des Leiters im fabrikneuen 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 Tautröpfchen sind von bloßem 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

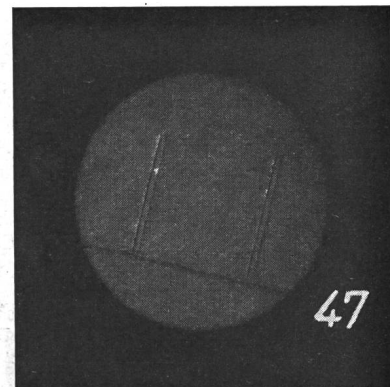
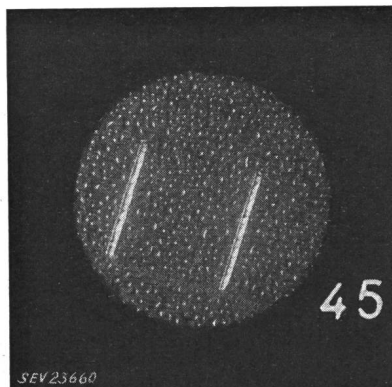
Fig. 5

Wirkung der Alterung auf die Tautbildung 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: Tautröpfchen am neuen Leiter

Aufnahme 47: Tautröpfchen 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 projektierte 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 des Uranerzes</i> (Pechblende, d. h. Erze enthaltend eine hohe Konzentration der Uranoxyde <math>UO_3</math>, <math>U_3O_8</math>, <math>UO_2</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; Impulsfrequenzmesser; Ionisationskammer; Vakuum-pumpen; 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, Modulatoren 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. Anwendung der Isotope in der Landwirtschaft.</i></p> <p><i>Apparatur:</i> Isotopenseparatoren; 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.

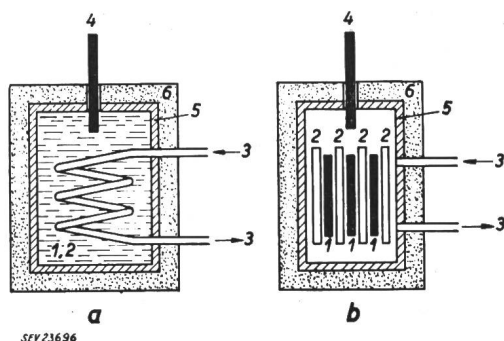


Fig. 1

#### 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  $UO_2$ -Partikeln, 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 ○ Cractingstone 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 Karellen 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 (Guidad Ocampo und Placer de Guadalupe)  
Portugal (Rosmaneira und Urgeirica)  
Schweden (Billingen)  
Schweiz (Bergell, Brissago und Orselina)  
Südafrika (Klerksdorp, Randfontein-Krugersdorp und Witwatersrand)  
Tschechoslowakei (Joachimstal und Minisek)

<sup>2)</sup> andere Thorium-Fundstätten:  
Brasilien (Bahia, Espirito Santo, Paraiba, 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

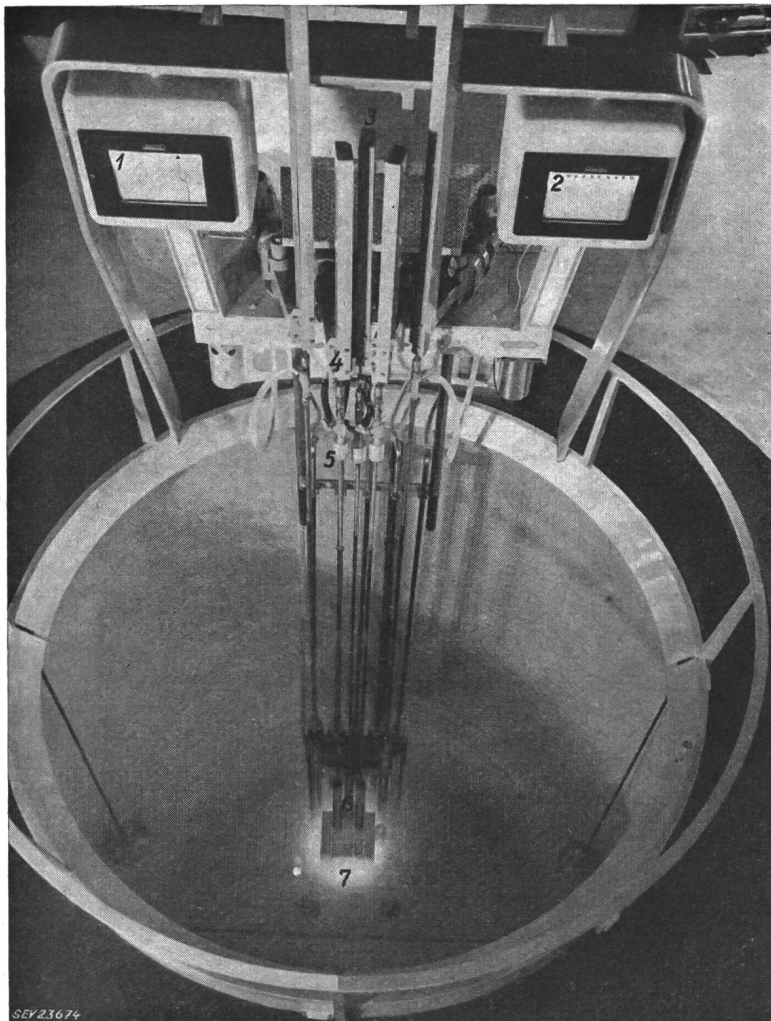
Spaltmaterial	Moderator	Kühlmaterial	Baumaterial	Bremsmittel (Regelstäbe)
Uran (U) natürliches Uran enthaltend nur 0,7 % U <sup>235</sup> oder angerei- chertes Uran enthal- tend bis nahe zu 100 % U <sup>235</sup>	D <sub>2</sub> O (schweres Wasser) Be, Be <sub>2</sub> C, Be O (Beryllium) C (Graphit) H <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

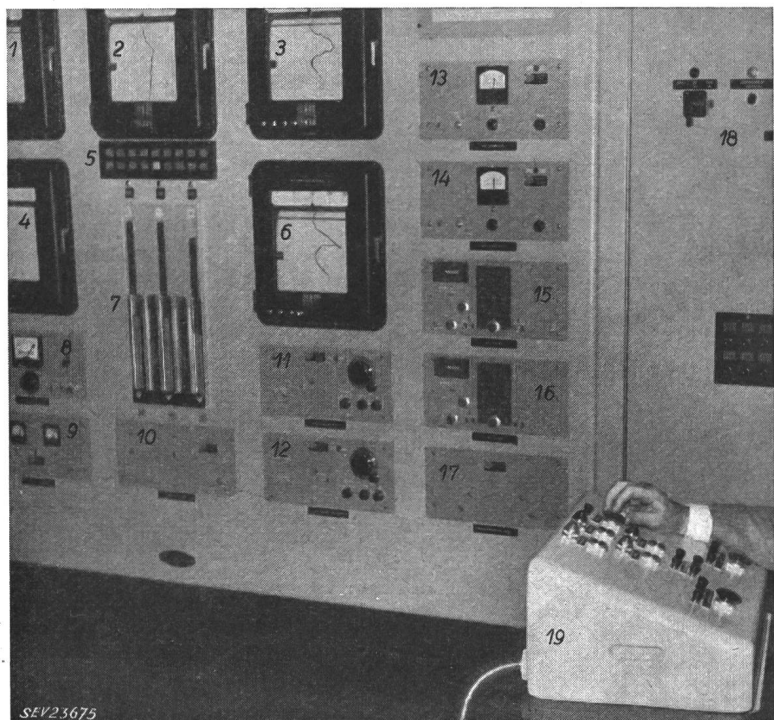
- 1, 2 Registrierinstrumente (Leistungsabgabe, Anzahl Versuche);
- 3 Steuerteil der Regelstäbe (enthaltend eine ca. 1 m lange Zahnstange);
- 4 Servomotor zur Steuerung des Regelstabes (mittels Zahnradgetriebe und Zahnstange);
- 5 magnetische Kupplung (für den Notfall wird sie entmagnetisiert, so dass der Regelstab mittels Schwer- und Federkraft in den Kern hinunter fällt);
- 6 die drei Regelstäbe (aus B<sub>1</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 Zerfallgeschwindigkeit von  $3,7 \cdot 10^{10}$  Zerfälle/s aufweist).

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

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

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

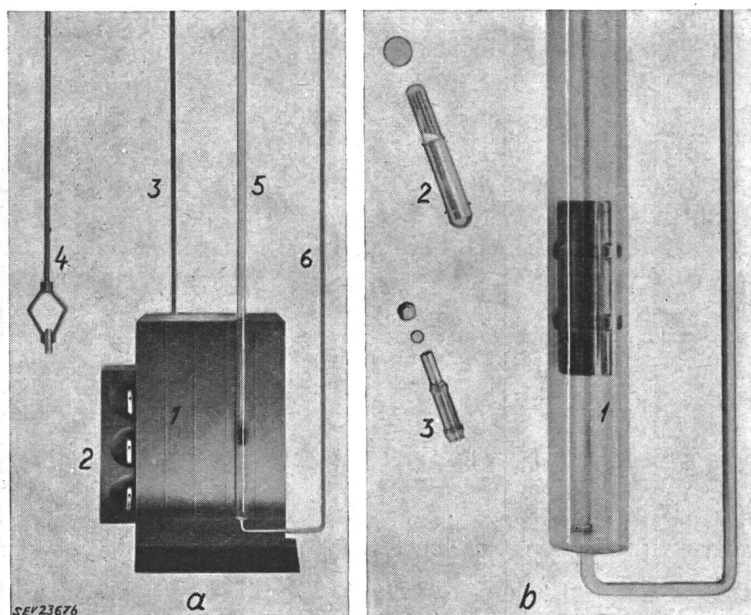


Fig. 4

#### 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.

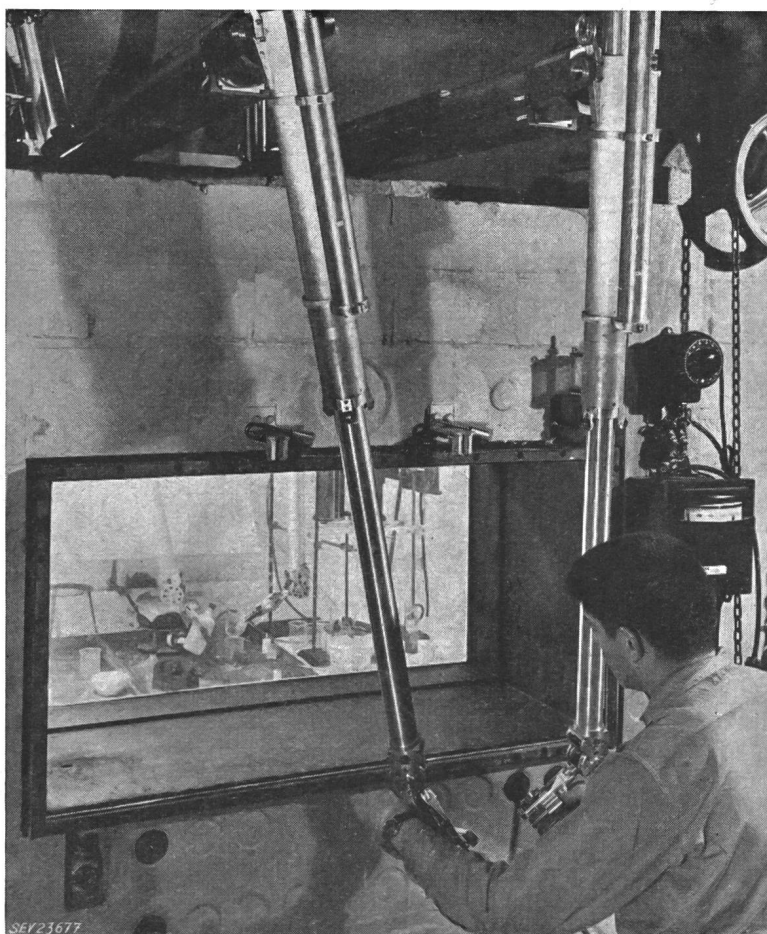


Fig. 5

#### Fernmanipulationsgerät

*Apparaturen für die Industrie:* Mess-, Überwachungs- und Registriergeräte für die Anwendungen kernphysikalischer Methoden in der Industrie (z. B. Messung des Abriebvorganges; 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 <sup>2)</sup>	Elektrische Leistungsabgabe $P$ (* thermische Leistung) MW	Neutronenfluss $\Phi$  n/cm <sup>2</sup> · s		Kernbrennstoff <sup>3)</sup>	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, M E, P E, P
Grossbritannien	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 nat. U od. leicht ang. U nat. U od. leicht ang. U ang. U (Puaus Typ A)	Graphit Graphit Graphit Graphit Graphit Graphit Graphit Graphit	Luft Luft keine CO <sub>2</sub> Gas Flüssigkeit	B <sub>4</sub> C	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 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 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-Moderator	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 Brennstoff-Kühlung flüssiges Na NaK Brennstoff-Kühlung	B <sub>4</sub> C Cd B <sub>4</sub> C, Cd	V V, B V, I V V V V, I 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.

1) 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

2) Die eingeklammerte Zahl gibt das Datum der Betriebsbereitschaft an.

## 3) Abkürzungen:

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

4) Breeding (brüten, züchten) ist ein Kernreaktionsvorgang in dem dauernd entsprechend soviel spaltbares Material aus  $U^{238}$  oder Thorium geschaffen 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 Sattendampf 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 gewöhnlich 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 Ausnutzung des Reaktionsmaterials ist der Breeding-Prozess, in welchem ein Teil der in der Kettenreaktion frei werdenenden 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 Ausnutzung der Atomenergie.

Ausser dem besprochenen Programm der AEC sind noch andere Leistungsreaktoren im Versuchsstadium oder in der Grosseausführung. 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 Uranisotops 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

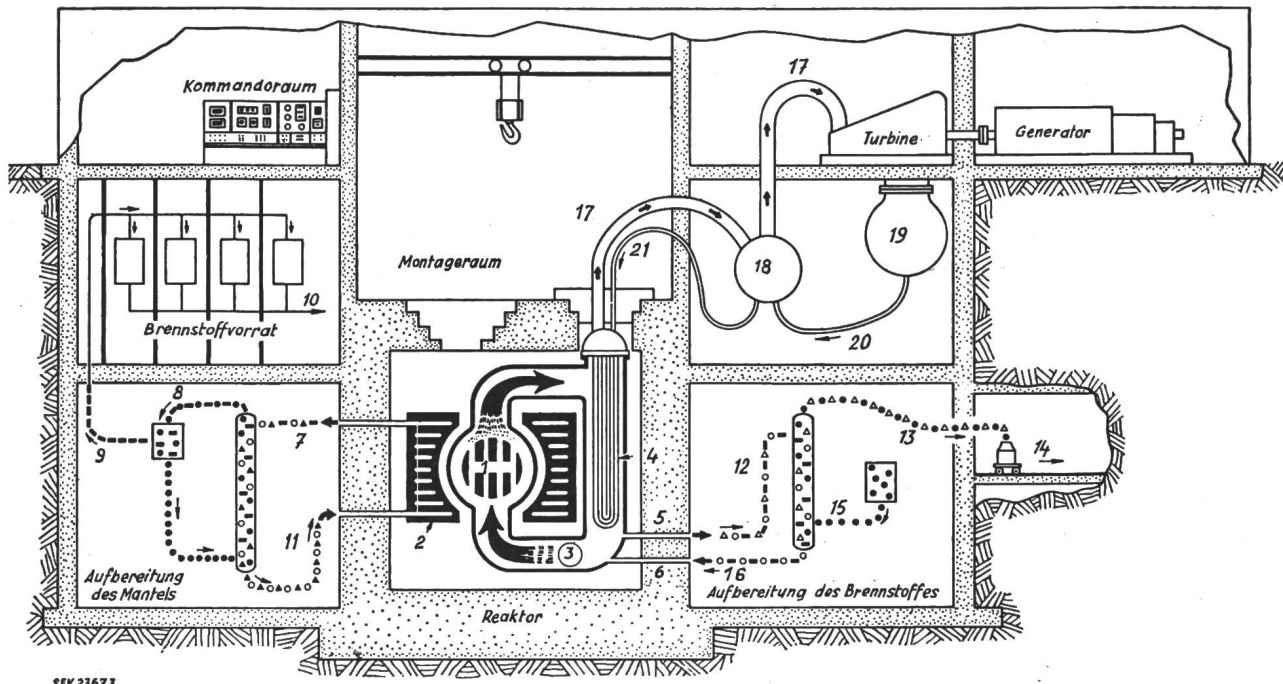


Fig. 1

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 Dampferzeugertrommel; 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.

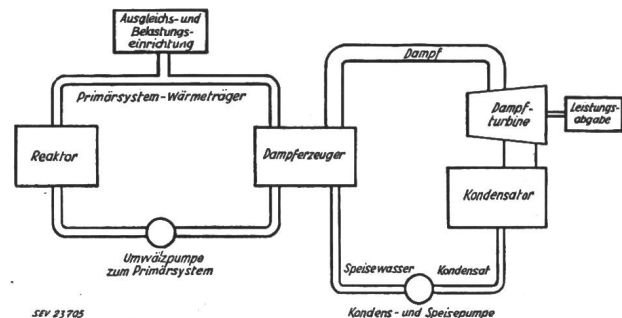


Fig. 1

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.



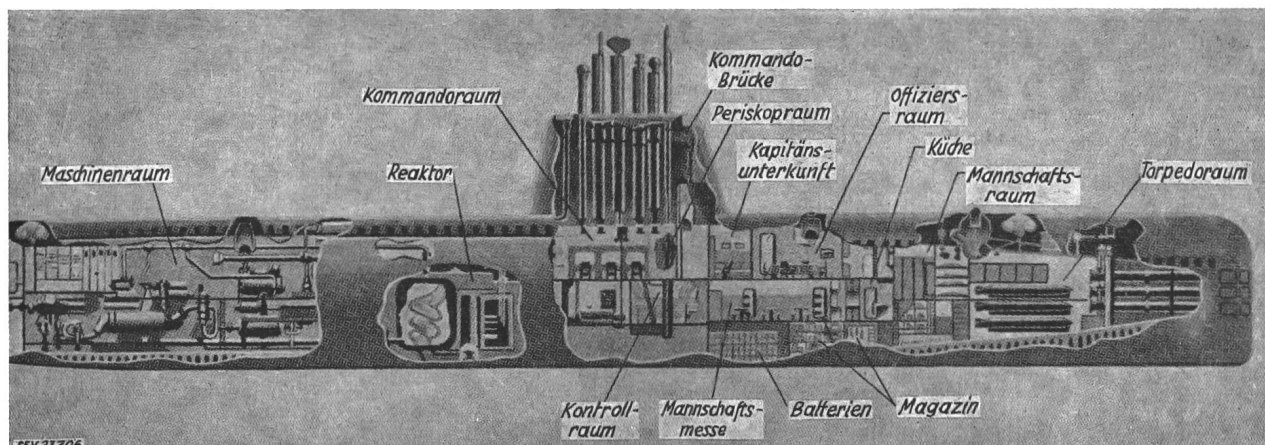


Fig. 2  
Schematische Skizze des «USS Nautilus»

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 Besatzungsmitglieds während einer Fahrt-dauer entsprechend der Reaktor-Lebenszeit geringer ist als die Strahlungs-dosis, 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 Dampf-anlage 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 Dichtthalten 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 Anwachssens hängt eng zusammen mit der mittleren «Lebensdauer» des einzelnen freien Neutrons. Diese hat im allgemeinen die Grössenordnung  $10^{-3}$ ... $10^{-6}$  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 Gefahrenfall 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

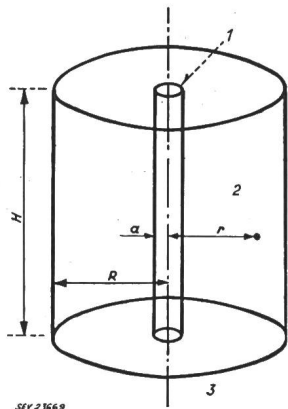
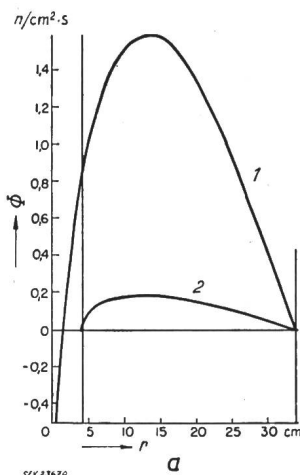


Fig. 1  
Zylindrischer Reaktor mit  
zentralem Regelstab  
1 Regelstab; 2 aktiver Teil;  
3 Reflektor

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  
Neutronfluss  $\phi$  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.

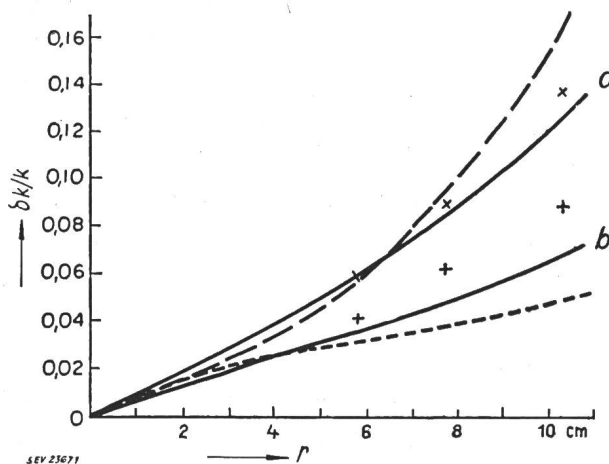


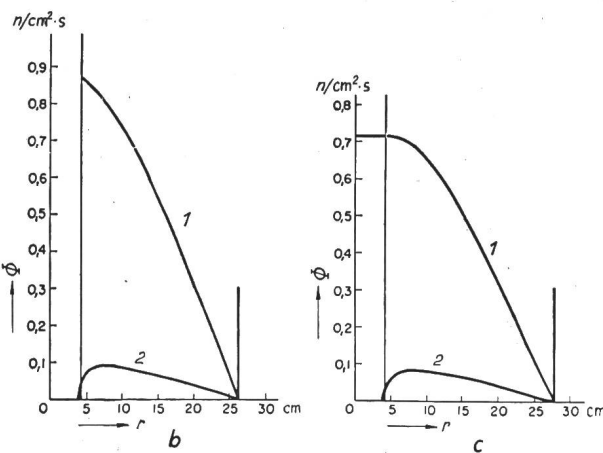
Fig. 3

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 Strahlungs-dosis, 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 *dünnere 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 «Fehlerrspannung» 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):

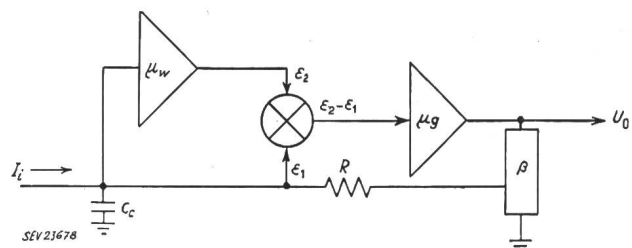


Fig. 1

#### Prinzip des Kombinationsverstärkers

$C_c$  Ionisationskammerkapazität und Kabelkapazität;  $I_i$  Strom aus Ionisationskammer;  $R$  Gegenkopplungswiderstand;  $U_0$  Ausgangsspannung;  $\beta$  Gegenkopplungsfaktor;  $\epsilon_1$  Eingangsspannung in Bezug auf Erde;  $\epsilon_2$  Ausgangsspannung des Wechselstromverstärkers (mit vibrierendem Kondensator zur Umformung der Fehlerrspannung);  $\mu_g$ ,  $\mu_w$  Verstärkung des Gleichstrom- bzw. des Wechselstromverstärkers





## Communications de nature économique

## Prix moyens (sans garantie)

le 20 du mois

## Combustibles et carburants liquides

		Août	Mois précédent	Année précédente
Benzine pure / Benzine éthylée <sup>1)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	42.— <sup>3)</sup>	44.— <sup>3)</sup>	61.10
Carburant Diesel pour véhicules à moteur <sup>1)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	38.85	39.75	38.15
Huile combustible spéciale <sup>2)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	17.80	17.80	16.50
Huile combustible légère <sup>2)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	16.50	16.50	14.50
Huile combustible industrielle (III) <sup>2)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	13.10	13.10	11.70
Huile combustible industrielle lourd (V) . . . . .	fr.s./100 kg	11.90	11.90	11.30

<sup>1)</sup> Prix-citerne pour consommateurs, franco frontière suisse, dédouané, ICHA y compris, par commande d'au moins 1 wagon-citerne d'environ 15 t.

<sup>2)</sup> Prix-citerne pour consommateurs (industrie), franco frontière suisse Bâle, Chiasso, Iselle et Pino, dédouané, ICHA non compris, par commande d'au moins 1 wagon-citerne d'environ 15 t. Pour livraisons à Genève les prix doivent être majorés de fr.s. 1.—/100 kg.

<sup>3)</sup> Prix-citerne pour consommateurs par 100 litres, franco frontière suisse, dédouané, ICHA y compris, par commande d'au moins 1 wagon-citerne d'environ 15 t.

## Métaux

		Août	Mois précédent	Année précédente
Cuivre (fils, barres) <sup>1)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	460.—	435.—	298.—
Etain (Banka, Billiton) <sup>2)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	924.—	942.—	892.—
Plomb <sup>1)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	133.—	133.—	125.—
Zinc <sup>1)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	110.—	114.—	97.—
Fer (barres, profilés) <sup>3)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	58.50	58.50	52.50
Tôles de 5 mm <sup>3)</sup> . . . . .	fr.s./100 kg	59.—	59.—	59.—

<sup>1)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 50 t.

<sup>2)</sup> Prix franco Bâle, marchandise dédouanée, chargée sur wagon, par quantité d'au moins 5 t.

<sup>3)</sup> Prix franco frontière, marchandise dédouanée, par quantité d'au moins 20 t.

## Charbons

		Août	Mois précédent	Année précédente
Coke de la Ruhr I/II . . . . .	fr.s./t	106.— <sup>1)</sup>	105.— <sup>1)</sup>	106.— <sup>1)</sup>
Charbons gras belges pour l'industrie				
Noix II . . . . .	fr.s./t	105.60	105.60	85.—
Noix III . . . . .	fr.s./t	102.10	102.10	82.—
Noix IV . . . . .	fr.s./t	96.80	96.80	81.—
Fines flambantes de la Sarre . . . . .	fr.s./t	76.—	76.—	73.—
Coke de la Sarre . . . . .	fr.s./t	106.— <sup>1)</sup>	105.— <sup>1)</sup>	114.— <sup>1)</sup>
Coke métallurgique français, nord . . . . .	fr.s./t	105.— <sup>1)</sup>	104.— <sup>1)</sup>	105.— <sup>1)</sup>
Coke fonderie français	fr.s./t	103.50	103.50	99.—
Charbons flambants polonais				
Noix I/II . . . . .	fr.s./t	93.50	93.50	90.—
Noix III . . . . .	fr.s./t	93.50	93.50	85.—
Noix IV . . . . .	fr.s./t	91.—	91.—	83.—
Houille flambante criblée USA . . . . .	fr.s./t	85.—	85.—	84.—

Tous les prix s'entendent franco Bâle, marchandise dédouanée, pour livraison par wagons entiers à l'industrie, par quantité d'au moins 15 t.

<sup>1)</sup> Compte tenu du rabais d'été de fr. s. 6.—, le rabais d'été sur le coke se réduit à fr. s. 5.— en mai, à fr. s. 4.— en juin, à fr. s. 3.— en juillet, à fr. s. 2.— en août et à fr. s. 1.— en septembre de sorte que le prix du coke augmente dans le même sens.

## Miscellanea

## Persönliches und Firmen

(Mittellungen 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 präsidiert. 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. Stüger, 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. Idealisierte 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 Überbrückten-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 Phaseigenschaften 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 Prüfmethoden 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.

## Estampilles d'essai et procès-verbaux d'essai de l'ASE

### I. Marque de qualité



**B. Pour interrupteurs, prises de courant, coupe-circuit à fusibles, boîtes de jonction, transformateurs de faible puissance, douilles de lampes, condensateurs.**

----- } pour conducteurs isolés  
**ASEV**  
**ASEV** pour tubes isolants armés, avec plissuré longitudinale

#### Condensateurs

A partir du 15 août 1955.

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

Marque de fabrique: **KNOBEL ENNENDA**

Condensateur pour l'amélioration du facteur de puissance et condensateur antiparasite

Type OCG 5335  $4,5 \mu F \pm 5\%$  +  $0,04 \mu F f_0 = 2,3 \text{ MHz}$   
 240 V, 50 Hz, max. 60 °C

Tension de perforation au choc min. 3 kV.

Condensateur à huile pour montage dans des appareils auxiliaires pour lampes fluorescentes avec impédance mise en série.

#### Conducteurs isolés

A partir du 1<sup>er</sup> août 1955.

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

Fil distinctif de firme: rouge-vert-noir torsadé.

Fil pour lustrerie et câble flexible sans tresse, type TF.

Conducteur simple d'une section de cuivre de 0,75 à 1,5 mm<sup>2</sup> avec isolement à base de chlorure de polyvinyle.

#### Douilles de lampes

A partir du 1<sup>er</sup> septembre 1955.

**Interwatt S. A., Zurich.**

Repr. de la maison NORKA, Norddeutsche Kunststoff GmbH, Hambourg.

Marque de fabrique: **NORKA**

Douilles de lampes 2 A, 250 V.

Utilisation: dans des locaux mouillés.

Exécution: Douilles de lampes pour lampes fluorescentes avec culots à deux broches (entraxe 13 mm), avec et sans socle de starter.

N° 1712, N° 1812 et N° 1822.

### IV. Procès-verbaux d'essai

[Voir Bull. ASE t. 29(1938), N° 16, p. 449.]

Valable jusqu'à fin juin 1958.

**P. N° 2810.**

**Objet:**

**Repasseuse**

**Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 31014, du 24 juin 1955.**

**Commettant: S. A. des produits électrotechniques Siemens, 35, Löwenstrasse, Zurich.**

**Inscriptions:**



**SIEMENS**

Siemens - Schuckert

HB 4 b Nr. 3501

220 V~ 1500 W 50 Hz Nur für Wechselstrom



#### Description:

Repasseuse, selon figure, avec cylindre de 157 mm de diamètre et 680 mm de longueur. Entraînement par moteur monophasé ventilé, à induit en court-circuit, avec enroulement auxiliaire et interrupteur centrifuge, par l'intermédiaire d'un réducteur de vitesse à engrenages et d'une courroie trapézoïdale. Plaque chauffante, pressée contre le cylindre par deux ressorts, avec relevage par pédale. Deux interrupteurs à bascule pour le chauffage et le moteur. Lampe témoin. Poignées de manœuvre isolées. Bâti en tôle. Amenée de courant à trois conducteurs, fixée à la machine, avec fiche 2 P + T.

Cette repasseuse a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité.

Valable jusqu'à fin juin 1958.

**P. N° 2811.****Objet: Machine à laver***Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30594b, du 24 juin 1955.**Commettant: ROWAT, Attilio Roveda, 14, Via Gottardo, Locarno (TI).***Inscriptions:**

E D D Y

Rowat - Locarno

Fabr. No. 2554 Motor No. 03152

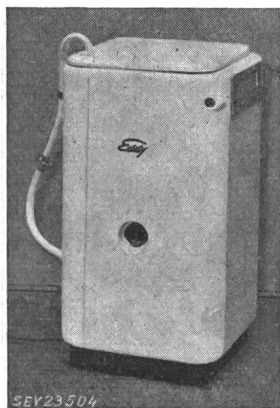
Volt 220/380  $\Delta Y$  Amp. 1,2/0,7

U./min 1400 kW 0,300

Per. 50 Ph. 3

Heizung 1 Ph. Volt 380 kW 3

Laugeninhalt 45 l Trockenwäsche 2,5 kg

**Description:**

Machine à laver, selon figure, avec chauffage. Barreau chauffant disposé au fond de la cuve à linge émaillée, à laquelle est adossée une pompe de circulation entraînée par un moteur triphasé blindé, à ventilation extérieure, à induit en court-circuit. Cette pompe aspire la lessive et la renvoie dans la cuve par des gicleurs, ce qui met le linge en mouvement. Interrupteurs pour le chauffage et le moteur. Aménée de courant à quatre conducteurs, fixée à la machine, avec fiche 3 P + T. Essoreuse à main. Tôle de fermeture sous la machine.

Cette machine à laver a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité. Utilisation: dans des locaux mouillés.

Valable jusqu'à fin juin 1958.

**P. N° 2812.****Objet: Chaudière de cuisson***Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 31006a, du 27 juin 1955.**Commettant: E. Fluri & Cie, 1, Ruhbergstrasse, St-Gall.***Inscriptions:**

E. FLURI u. Co.

St. Gallen

Hafen 100 Lit. 5,8 kW 380 V

**Description:**

Chaudière de cuisson, selon figure, pour boucheries, charcuteries, etc. Récipient en acier inoxydable de 590 mm de diamètre et 400 mm de profondeur, disposé dans un bain d'huile chauffé par six corps de chauffe. Calorifugeage à la laine de verre. Extérieur en acier inoxydable. Interrupteur, thermostat, contacteur de couplage, lampe témoin et thermomètre à cadran. Latéralement, sous l'enveloppe extérieure, se

trouvent les bornes de raccordement, ainsi que des condensateurs de déparasitage destinés à éviter des perturbations radiophoniques par modulation secondaire. Toutes les poignées sont isolées.

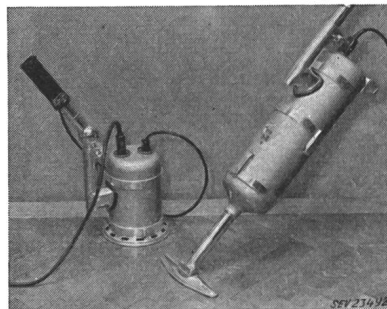
Cette chaudière de cuisson a subi avec succès les essais relatifs à la sécurité.

**P. N° 2813.****Objet: Aspirateur de poussière***Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30592a, du 1<sup>er</sup> juillet 1955.**Commettant: ROWAT, Attilio Roveda, Fabrique d'appareils électriques, Locarno (TI).***Inscriptions:**

ROWAT

ROWAT Locarno Swiss Made  
V 220 W 300 No. — — —**Description:**

Aspirateur de poussière, selon figure. Soufflante centrifuge entraînée par moteur monophasé série, dont le fer est isolé des parties métalliques accessibles. Carcasse et manche en métal. Appareil utilisable avec diverses embouchures et rallonges pour aspirer et souffler. Fiche d'appareil 2 P, 6 A,



250 V, encastrée. Sur la poignée, qui sert également de tubulure de sortie d'air, peut être monté un sèche-cheveux en matière isolante moulée. Prise de courant incorporée à l'aspirateur, 2 P, avec broches écartées de 10 mm, pour le sèche-cheveux, dont le corps de chauffe ne peut être mis sous tension qu'en même temps que le moteur. L'amenée de courant à l'aspirateur est constituée par un cordon à deux conducteurs isolés au caoutchouc, avec fiche et prise d'appareil à interrupteur.

Cet aspirateur de poussière est conforme aux «Prescriptions et règles pour aspirateurs électriques de poussière» (Publ. n° 139 f), ainsi qu'au «Règlement pour l'octroi du signe distinctif antiparasite» (Publ. n° 117 f).

**P. N° 2814.****Objet: Aspirateur de poussière***Procès-verbal d'essai ASE: O. N° 30621, du 4 juillet 1955.**Commettant: M. Aellen, Zucker & Cie, 3, rue Neuve, Lausanne.***Inscriptions:**

PROGRESS



7E

Type PTE

Nr. 156060 FN

Aufn. Watt 300 Volt 220

**Description:**

Aspirateur de poussière, selon figure. Soufflante centrifuge entraînée par moteur monophasé série, dont le fer est

Suite de la partie générale à la page 909  
Suivent «Les pages de l'UCS».