

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 49 (1958)
Heft: 18

Rubrik: Communications ASE

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 25.12.2024

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

- 9 S. [Referat: E und M Bd. 55(1937), Nr. 48, S. 591; Elektrotechn. Z. Bd. 59(1938), Nr. 11, S. 292.]
- [10] Cron, H. von: Essais des isolateurs recouverts superficiellement de couches étrangères reproductibles. Conférence Internationale des Grands Réseaux Electriques (CIGRE), Paris 1956, Bd. 2, Rapp. 203, 36 S. [Referat: ETZ Bd. 78(1957), Nr. 1, S. 29.]
- [11] Irresberger, G.: Stromunfälle von Fremdpersonen an Starkstrom-Freileitungen. Berufsgenossenschaft Bd. -(1956), Nr. 7, S. 277...281.

- [12] Irresberger, G.: Stromgefahren in der Landwirtschaft. Berufsgenossenschaft Bd. -(1958), Nr. 2, S. 51...55.
- [13] Pol, P. de: La fertirrigazione nei riguardi degli elettrodotti. Risultati di alcune prove, Energia elettr. Bd. 32(1955), Nr. 7, S. 574...580.

Adresse des Autors:

G. Irresberger, Ingenieur, Direktionsassistent der OKA, Anton-Bruckner-Strasse 5, Gmunden (Oberösterreich).

Technische Mitteilungen — Communications de nature technique

Symposium on Insulating Oils

082.621.315.615

Am 5. März 1958 veranstaltete das «Institute of Petroleum» zusammen mit der «Institution of Electrical Engineers» in London ein zweites Symposium über Isolieröle. Es wurden die neueren Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der Isolierölechemie in neun Arbeiten, über die im folgenden kurz referiert sei, schriftlich vorgelegt und an der Sitzung diskutiert.

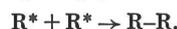
F. Morton und R. T. T. Bell (Dept. of Chemical Engineering, College of Science and Technology, Manchester) unterbreiten eine grundlegende Literaturübersicht, welche die Entwicklung der heutigen Vorstellungen über die Oxydation von flüssigen Kohlenwasserstoffen bei Temperaturen bis zu 150 °C umfasst. Allgemein wird angenommen, dass die sog. Alterung in einer Oxydation durch den Luftsauerstoff besteht, wobei intermediär Peroxyde gebildet werden. Ganz allgemein werden drei aufeinanderfolgende Systeme von Reaktionen unterschieden, die für die einzelnen Stufen der oxydativen Alterung charakteristisch sind:

1. Die Einleitung der Reaktion, die sog. Induktionsperiode, während welcher einzelne Kohlenwasserstoffmoleküle unter Bildung von aktiven Molekülresten angegriffen werden.

2. Die Ausbreitung oder Fortsetzung der Reaktion, während welcher die aktivierten Reste mit weiteren nicht aktiven Bestandteilen reagieren. Es herrschen mannigfaltige Reaktionsfolgen vor, welche sehr oft den Charakter von autokatalytischen Kettenreaktionen aufweisen und durch das Vorhandensein von instabilen Zwischenprodukten gekennzeichnet sind.

3. Abbruch der Reaktion, wobei die endgültigen stabilen Endprodukte gebildet werden.

Wird schematisch ein Kohlenwasserstoffmolekül mit RH bezeichnet, wobei H eines der im Molekül vorhandenen Wasserstoffatome, R den übrigen Molekülrest bedeutet, so kann die Induktionsperiode durch $RH \rightarrow R^* + H$ dargestellt werden, wobei mit R^* der aktivierte Molekülrest und mit H das abgespaltene Wasserstoffatom bezeichnet sei. R^* reagiert nun in der zweiten Periode mit Luftsauerstoff $R^* + O_2 \rightarrow ROO-$ unter Bildung von reaktionsfähigen Peroxyden $R-O-O-$, die ihrerseits wieder befähigt sind, mit weiteren nicht aktivierten Molekülen in Reaktion zu treten: $ROO- + RH \rightarrow ROOH + R^*$, wobei neue aktivierte Moleküle entstehen, die ihrerseits wieder Sauerstoff anlagern können. Während der Beendigung der Reaktion, dem sog. Kettenabbruch, können die aktivierten Reste miteinander unter Bildung von stabilen Anlagerungsprodukten reagieren:



Da ein Kohlenwasserstoffmolekül viele Wasserstoffatome aufweist, welche gleichzeitig oder stufenweise in Reaktion treten können, und zudem die aktivierten Moleküle befähigt sind, mit sich selbst oder mit anderen Molekülen Verbindungen einzugehen, resultiert eine grosse Mannigfaltigkeit von Zwischen- und Endprodukten, welche letzten Endes als unlöslicher Schlamm oder als Säuren in Erscheinung treten. Für eine Reihe von reinen Kohlenwasserstoffen sind die Oxydationsprodukte untersucht worden, welche unter bestimmten, genau definierten Bedingungen entstehen, ebenso die Wechselwirkung verschiedener Kohlenwasserstoffe aufeinander. Auch kann durch Messung des Sauerstoffverbrauches in Abhängigkeit der Zeit der kinetische Verlauf der gesamten Reaktion verfolgt werden. Dabei ergeben sich Kurven, die für einzelne Fälle charakteristisch sind, jedoch alle Varianten zwischen einer stark beschleunigten, einer beinahe linearen und einer verzögerten Geschwindigkeit, sowie gemischte Typen aufweisen können.

Über den ersten Schritt, der Einleitung der Oxydation während der Induktionsperiode bestehen verschiedene Anschauungen: Einerseits wird angenommen, dass durch die Energieaufnahme besonders energiereiche Moleküle, sog. angeregte Moleküle, wie sie von photochemischen Reaktionen her bekannt sind, gebildet werden, andererseits besteht die Auffassung, dass sich freie Radikale bilden, welche dank ihrer Reaktionsfähigkeit weiter reagieren. Für den Weiterverlauf der Alterungsreaktionen sind am meisten die Peroxyverbindungen massgebend, deren Zerfall, welcher stark temperaturabhängig ist, die Reaktionsfolge steuert.

Es ist allgemein bekannt, dass gewisse Metalle beschleunigend auf die Oxydation einwirken. Als öllösliche Salze, z. B. Naphthenat, zugesetzt, wirken Metalle, z. B. Kupfer, Eisen, Kobalt, Mangan, welche in 2 Wertigkeitsstufen auftreten können, als Red/Ox-Katalysatoren beschleunigend. Vom praktischen Standpunkt aus muss natürlich dem Kupfer, welches in elektrischen Apparaten immer vorkommt, besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Sein Verhalten ist daher auch am besten untersucht. Kinetische Studien zeigten, dass die Reaktionsgeschwindigkeit hauptsächlich vom Typus des Kohlenwasserstoffes, von der Temperatur und von der Metallkonzentration abhängt, jedoch vom Sauerstoffpartialdruck nur wenig beeinflusst wird. Es wird angenommen, dass das Kupfer nicht die Bildung der Peroxyde während der Induktionsperiode beeinflusst, sondern vielmehr ihren Zerfall und die Weiterreaktion unter Bildung von Reaktionsketten mit freien Radikalen steuert.

Nicht nur gelöstes, sondern auch metallisches Kupfer wirkt katalytisch. Die Frage, ob bei metallischem Kupfer eine heterogene Katalyse vorliegt, d. h. ob die Reaktion in der Oberfläche des Metalls, also in der Phasengrenze Öl/Kristallgitter stattfindet, wurde in den letzten Jahren ausgiebig studiert. Allgemein besteht heute die Meinung, dass dies nicht der Fall ist, sondern dass durch die während der Induktionsperiode gebildeten Säuren und organischen Verbindungen, welche befähigt sind Kupfer komplex zu binden, Spuren von Kupfer gelöst werden. Diese wirken dann im gelösten Zustand katalytisch, so dass eine homogene Katalyse im flüssigen System vorliegt. Die für die Katalyse erforderlichen Kupfermengen sind sehr gering und liegen in der Grössenordnung von einigen mg pro kg Öl.

Da schon im Öl selbst eine grosse Mannigfaltigkeit von Kohlenwasserstoffen, aliphatischer, cyclischer und gemischter Natur vorliegen können, welche die verschiedenartigsten Reaktionsmöglichkeiten bieten, lassen sich auch über die stabilen Endprodukte keine Angaben machen. Öle mit geringem Raffinationsgrad weisen im allgemeinen eine starke Schlamm- und Säurebildung auf und bilden wenig Säure, während bei steigendem Raffinationsgrad die Säurebildung zunimmt, die Schlamm- und Säurebildung aber abnimmt.

Das Problem der Oxydationsinhibitoren steht heute im Vordergrund der Forschung und wird besonders für Schmieröle, aber auch für Transformatoröle von verschiedenen Seiten sehr intensiv bearbeitet, wodurch die Erkenntnisse über den Oxydationsmechanismus eine wesentliche Bereicherung erfahren haben. Grundsätzlich handelt es sich dabei um Verbindungen, welche befähigt sind die während der Induktionsperiode entstehenden aktiven Moleküle zu deaktivieren und damit einen Kettenabbruch zu bewirken.

P. W. L. Gossling (C. C. Wakefield & Co. Ltd) berichtet zusammenfassend über die Arbeiten der CEI¹⁾ und der British Electrical and Allied Industries and Research Association (ERA), welche sich mit der künstlichen Alterung von

¹⁾ Commission Electrotechnique Internationale.

Transformatorölen befassen. Da in jedem Land nationale Vorschriften für die künstliche Alterung bestehen und demzufolge die Ölproduzenten gezwungen sind, für jedes Land eine eigene Raffinationstechnik anzuwenden, ist der Wunsch nach einer international anerkannten Alterungsprüfung berechtigt. Im Rahmen des CEI²⁾ 10 (Isolieröle) der CEI schlossen sich die Vertreter von Belgien, Frankreich, Schweden, Holland, Italien, Schweiz und USA zu einer Arbeitsgruppe zusammen, mit dem Zweck, die Grundlage für eine internationale Alterungsprüfung zu schaffen. Als Versuchsöle wurden die Öle, welche den entsprechenden nationalen Alterungsvorschriften genügten, gegenseitig ausgetauscht, und es wurden ferner eine Reihe von 6 Ölen mit verschiedenem Raffinationsgrad, welche durch die Versuchslaboratorien von Shell in Thornton besonders hergestellt wurden, an die teilnehmenden Laboratorien verteilt. Im Verlaufe eines umfangreichen experimentellen Programms einigte man sich auf folgenden Vorschlag für die Versuchsbedingungen: Alterung von 25 g Öl bei 100 °C in einem lose verschlossenen Glaszylinder unter Durchleiten von Sauerstoff mit einer Geschwindigkeit von 1 Liter/Stunde während 164 h. Fällung des Schlammes mit 300 cm³ n-Heptan und Filtration nach 24stündigem Stehen. Bestimmung der Neutralisationszahl im Filtrat. Als Katalyt wird einerseits Kupferdraht (30,5 cm, 1 mm Durchmesser), andererseits Kupfernaphthenat (5 mg Cu/1000 g Öl) empfohlen. Da die Prüfdauer von einer Woche von verschiedenen Seiten, namentlich von seiten der Hersteller als zu lang empfunden wird, besteht zurzeit der Vorschlag, die Prüfdauer durch Erhöhen der Prüftemperatur auf 110 °C auf etwa 4 Tage abzukürzen. Über die Verwendung von metallischem Kupfer oder von Kupfer, welches als Naphthenat gelöst ist, bestehen zurzeit noch getrennte Auffassungen, so dass bis zum Vorliegen von Erfahrungen auf breiter Basis die Wahl zwischen beiden Formen des Katalyts offen gelassen wurde. Gleichzeitig wurden auch Versuche mit der Alterung in der Sauerstoffpumpe unternommen. Diese Methode bietet für besondere Fälle gewisse Vorteile, sie wurde aber nicht weiter verfolgt, da die Beurteilung von Ölen nach der vorgeschlagenen CEI-Methode den natürlichen Vorgängen im Transformator näher liegt und eine befriedigende Genauigkeit und Reproduzierbarkeit aufweist.

J. C. Robb und M. Shahin (Dept. of Chemistry, The University of Birmingham) zeigen am Beispiel der Oxydation von Cyclohexan wie durch sorgfältige reaktionskinetische Untersuchung die Einzelheiten des Oxydationsmechanismus einer einheitlichen Substanz genau erfasst werden können. Während bei den meisten solchen Untersuchungen die Sauerstoffaufnahme als Indikator für den Reaktionsverlauf verwendet wird, wobei Diffusionserscheinungen und Reaktionen in der Gasphase das Bild sekundär beeinflussen können, messen die Autoren die Wärmetönung der adiabatisch geführten Reaktion. Es wurde die durch Licht von 3000...4000 AE eingeleitete Oxydation von Cyclohexan untersucht, welches mit Sauerstoff gesättigt war und als Photosensibilisator $0,785 \cdot 10^{-2}$ Mol/Liter 1-Azo-bis-1-cyclohexanarbonitril enthält. Der Temperaturanstieg wurde mittels eines im Reaktionsgefäß eingebauten Thermoelements mit Gleichstromverstärker registriert. Die Temperaturkonstanz des Apparates während der Messzeit von einer Minute war von der Größenordnung $5 \cdot 10^{-4}$ °C. In Kombination mit Inhibitoren z. B. di-tert-Butyl-p-kresol lassen sich aus dem Temperaturverlauf die Reaktionsgeschwindigkeiten der Teilreaktionen, nämlich der kettenbildenden induzierenden Reaktion ($9,2 \cdot 10^6$ mol/l/s) wie auch der fortlaufenden Kettenreaktion ($1,01 \cdot 10^7$ mol/l/s), ferner die Lebensdauer der Radikalketten (2,5 s) die Kettenlänge (90) und die einzelnen Aktivierungsenergien berechnen.

C. E. H. Bawn und D. P. Moran (Department of Inorganic and Physical Chemistry, University of Liverpool) beschäftigen sich mit der katalytischen Wirkung von Metallspuren auf die Autoxydationsreaktionen. Auch diese Autoren schliessen sich dem allgemeinen Schema an, wonach in der Induktionsperiode freie Radikale gebildet werden: $RH \rightarrow R'$, welche dann mit Sauerstoff unter Peroxybildung reagieren: $R' + O_2 \rightarrow RO_2'$, wobei sich eine Kettenreaktion aufbaut: $RO_2' + RH \rightarrow ROOH + R'$. Der Kettenabbruch erfolgt durch Vereinigung von freien Radikalen unter sich oder mit aktiven Peroxyden ROO' zu inaktiven Endprodukten. Bei geradkettigen Kohlenwasserstoffen lässt sich kein besonders aktives Kohlenstoffatom

feststellen, während bei verzweigten Ketten das tertiäre Kohlenstoffatom und bei Doppelbindungen diese zuerst in Reaktion treten. Versuche mit Modellsubstanzen lassen den Schluss zu, dass der organische Rest, an welchen das katalysierende Metall, z. B. Kupfer, gebunden ist, nicht sehr bestimmend auf die Reaktion ist, dass aber die katalytische Wirkung hauptsächlich auf den Valenzwechsel, z. B. $Cu^{II} \rightarrow Cu^{III}$, also auf einen Elektronenübergang zurückzuführen ist. Untersuchungen mit verschiedenen Metallkonzentrationen, z. B. 10^{-4} m oder 10^{-2} m zeigten, dass der Typus der Reaktionskurve von der Metallkonzentration abhängig ist. Andererseits wird festgestellt, dass die Reaktionsgeschwindigkeit durch den Sauerstoffdruck zwischen 150 und 750 mm Hg nicht merklich beeinflusst wird. Durch Peroxydbestimmungen im Vergleich mit der absorbierten Sauerstoffmenge wird die Geschwindigkeit des katalytischen Zerfalls der Peroxyde untersucht. Die Autoren gelangen zur Annahme, dass Kupfer nicht in Form freier Ionen, sondern als Komplexe in der Lösung vorliegt, wobei auch angenommen werden muss, dass Assoziationen bis zur Grösse von Kolloiden auftreten.

C. N. Thompson (Shell Research Ltd) gelangt auf Grund grösserer Serien von Alterungen mit verschiedenen Ölen, die im Zusammenhang mit den Arbeiten der CEI ausgeführt wurden, ebenfalls zur Auffassung, dass bei der Ölalterung eine homogene Katalyse vorliegt. Kupferbestimmungen im Schlamm und Bestimmungen des im Öl gelösten Kupfers zeigen, dass nur der im Öl gelöste Anteil des Kupfers für die Katalyse verantwortlich gemacht werden kann, während das mit dem Schlamm ausgefallene Kupfer nicht mehr aktiv ist. Man vermisst in diesem Zusammenhang allerdings eine etwas genauere Umschreibung des Begriffes «lösliches Kupfer». Da es sich um teilweise kolloide Systeme handelt, müsste der Teilchengrösse, den Ausflockungserscheinungen, dem Zeitfaktor bei der Einstellung des Lösungsgleichgewichtes und dem Temperatureinfluss besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Auf Grund seiner Untersuchungen gelangt der Autor zu einer Korrelation, nach welcher folgende Ausführungsvarianten der CEI-Alterung als gleichwertig betrachtet werden können:

- 164 h, 100 °C, metallischer Kupferkatalyt mit 9,73 cm² Oberfläche
- 164 h, 100 °C, 5 ppm³⁾ Kupfer als Kupfernaphthenat
- 48 h, 110 °C, 5 ppm Kupfer als Kupfernaphthenat + 5 ppm Eisen als Naphthenat

Es wird eine Kupferbestimmung im Schlamm und Öl beschrieben, bei der nach Extraktion mit methylalkoholischer Salzsäure, nasser Veraschung mit Salpetersäure und Schwefelsäure das Kupfer mit 2...2' Dichinonyl gebunden, mit Chloroform extrahiert und kolorimetriert wird.

J. C. Wood-Mallock, H. Steiner und L. G. Wood (Manchester Oil Refinery Ltd) gehen näher auf den Mechanismus der Oxydationsreaktionen ein. Entsprechend einem Vorschlag von Stocker und Thomson werden folgende Typen von oxydationshemmenden Mitteln, die im allgemeinen Sprachgebrauch als Inhibitoren bezeichnet werden unterschieden:

1. *Katalytpassivatoren* sind Substanzen, welche mit der metallischen Oberfläche des katalysierenden Kupfers chemische Verbindungen eingehen oder durch Oberflächenabsorption Schutzfilme erzeugen, die eine Auflösung des Kupfers verhindern.

2. *Katalytdesaktivatoren* sind Substanzen, welche mit dem in Lösung befindlichen Kupfer Verbindungen eingehen, meist innere Komplexe, die katalytisch nicht mehr aktiv sind. Die Desaktivierung kann durch Ausfällen des Komplexes oder durch Fixierung der Valenzelektronen erfolgen.

3. *Oxydationsinhibitoren* sind Verbindungen, meist vom Phenol- oder Amin-Typ, welche den Fortlauf der Kettenreaktion unterbinden, indem sie mit den aktiven Radikalen inaktive Verbindungen eingehen und damit Kettenabbruch bewirken.

Kupferbestimmungen in etwa 50 Ölmustern aus Transformatoren ergaben Kupfergehalte zwischen 0,1 und 6 ppm, jedoch konnte keine Korrelation mit der Säurezahl festgestellt werden. Versuche mit besonders sorgfältig von sauren Bestandteilen befreiten Ölen bestärken die Annahme, dass das Kupfer durch saure Bestandteile in Lösung gelangt. Aus Versuchen mit Kombinationen der Additive kann geschlossen

²⁾ Comité d'Etudes.

³⁾ ppm = parts per million = $1 : 10^6$.

werden, dass bei Katalytpassivatoren eine Adsorptionsschicht auf der Oberfläche gebildet wird, die ihrerseits wieder durch Oxydationsinhibitoren vor Oxydation geschützt werden kann, was erklärt, dass Kombinationen von Desaktivatoren und Passivatoren besonders wirksam sind. Die Untersuchung der Wirksamkeit von Additiven erfolgte mit der Sauerstoffabsorptionsmethode und ergab, dass für bestimmte Öle Kombinationen von organischen Aminosäuren mit Phenyl- β -naphthylamin oder di-tertiär-Butyl-p-kresol besonders wirksam sind.

J. H. T. Brook (Shell Research Ltd) untersucht das Verhalten von Transformatoren und Schmierölen verschiedener Herkunft bei der Inhibierung mit di-tert-butyl-p-kresol und Oxydation im geschlossenen System mit di-tert-butylperoxyd. Aus dem Verhältnis Butanol : Aceton nach der Reaktion, welches ein Mass für die reaktionsfähigen Wasserstoffatome im Ölmolekül darstellt, lässt sich innerhalb eines bestimmten Bereiches eine gute Korrelation mit der Länge der Induktionsperiode feststellen. Daraus wird der Schluss gezogen, dass die inhibierten Öle ein einfaches chemisches Reaktionssystem darstellen, in welchem die katalytisch erzeugten freien Radikale durch Reaktion mit dem Inhibitor gebunden werden, solange noch unverbrauchter Inhibitor vorhanden ist. Ferner kann der Schluss gezogen werden, dass die Bestimmung der reaktionsfähigen Wasserstoffatome durch das Verhältnis Butanol : Aceton und die Messung der Induktionsperiode geeignete Mittel darstellen, um unerwünschte instabile Komponenten im Öl festzustellen.

L. Massey und A. C. M. Wilson (Research Dept. Metropolitan-Vickers Electrical Co. Ltd) benützen die Sauerstoffabsorption zur Untersuchung des charakteristischen Verhaltens von Ölen bei der Oxydation. Die Versuche werden im geschlossenen System bei Atmosphärendruck ausgeführt, wobei 5 g Öl bei Temperaturen zwischen 120 und 150 °C in einer Atmosphäre von reinem Sauerstoff unter Zusatz von löslichem oder festem Kupfer während etwa 24 h gealtert werden. Der verbrauchte Sauerstoff wird durch elektrolytisch erzeugten nachgeliefert und registriert. Als Mass für die Beurteilung eines Öles wird die «natürliche Lebensdauer» (useful lifetime) eingeführt, als diejenige Zeit, welche verstreicht, bis 300 cm³ Sauerstoff/100 g Öl verbraucht werden. Zwischen Neutralisationszahl und nützlicher Lebensdauer wird eine gute lineare Korrelation festgestellt. Besonders bei inhibierten Ölen ermöglicht die Sauerstoffabsorptionsmethode eine einwandfreie und nützliche Bestimmung der Induktionsperiode wie an Hand von vielen Absorptionskurven mit den Inhibitoren: Phenyl- β -naphthylamin, 2,6-Dimethyl-tertiär-butylphenol (Topanol A, ICI) und 2,6-di-tertiär-butyl-p-kresol (Topanol O, ICI) demonstriert wird. Ausserdem werden die Kurven verschiedener handelsmässiger Öle, inhibiert und nichtinhibiert, mit verschiedenen Mengen Kupfer und Kupfernaphthenat diskutiert.

G. E. Bennett (Dussek Bros & Co. Ltd) unterzieht die elektrischen Prüfungen von Transformatorenöl und ihre experimentelle Durchführung einer kritischen Betrachtung.

Die Durchschlagspannung, bestimmt nach den konventionellen Methoden, ist nicht die eigentliche Durchschlagspannung des Kohlenwasserstoffes, sondern wird massgeblich beeinflusst durch die immer vorhandenen Verunreinigungen, gelösten Gase, kolloiden Bestandteile, Fasern usw. Sie ist daher, besonders für gebrauchte Öle ein unbefriedigendes Kriterium und gestattet kein Urteil über die weitere Verwendbarkeit. Eine zuverlässige Bestimmung von Verunreinigungen und Feuchtigkeit erfordert sorgfältige Laboratoriumsarbeit und kann im Betrieb nicht ausgeführt werden. Die für die Ausführung wichtigen Einzelheiten, wie Elektrodenform, Abstand, Spannungsquelle usw. werden diskutiert. M. Zürcher

Die Lokomotive E 80 der Deutschen Bundesbahn mit Siliziumgleichrichter

621.335.2

[Nach W. Rambold: Die Lokomotive E 80 der Deutschen Bundesbahn mit Siliziumgleichrichter. Elektr. Bahnen, Bd. 29 (1958), Nr. 1, S. 9...11]

Die Deutsche Bundesbahn hatte anfangs der Dreissigerjahre eine mit vier Gleichstrom-Fahrmotoren ausgerüstete elektrische Zweikraft-Rangierlokomotive in Betrieb genom-

men. Bei Betrieb unter dem Fahrdrat wurde der der Fahrleitung entnommene Wechselstrom 16 $\frac{2}{3}$ Hz, 15 kV, auf der Lokomotive transformiert, in zwei pumpenlosen luftgekühlten Quecksilberdampf-Gleichrichtern gleichgerichtet und über regelbare Anfahrwiderstände den Fahrmotoren zugeführt. Auf Streckenabschnitten ohne Fahrleitung wird der Fahrstrom von einer mitgeführten Akkumulatorenatterie geliefert. Diese wird während des Fahrleitungsbetriebes entweder im Parallelbetrieb mit den Fahrmotoren oder im Stillstand unabhängig davon, über die erwähnten Gleichrichter wieder aufgeladen.

Diese Lokomotive bot nun eine willkommene Gelegenheit, um einen Siliziumgleichrichter hinsichtlich seiner Anwendbarkeit auf einem Eisenbahnfahrzeug zu erproben. Abzuklären waren insbesondere die Erschütterungsfestigkeit und die elektrische Festigkeit gegenüber Überspannungen. Diese für einen Bahnbetrieb überaus wichtigen Eigenschaften können bei Versuchen auf einem ortsfesten Prüfstand erfahrungsgemäss nur sehr unvollkommen überprüft werden.

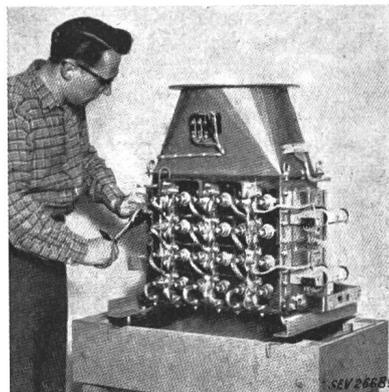


Fig. 1

Siliziumgleichrichter 800 kW für Lokomotive E 8001 der DB

Fig. 1 zeigt den ausserordentlich geringen Platz- und Gewichtsaufwand des für eine Dauerleistung von 800 kW bemessenen Gleichrichters. Er besteht aus 48 Einzelelementen, welche der an den Fahrmotorklemmen erforderlichen Spannungen und Strömen entsprechend in Serie und parallel geschaltet sind. Sie sind gruppenweise aussen auf einen Kühltisch aufgeschraubt und werden durch einen, von einem elektrisch angetriebenen Ventilator erzeugten Luftstrom gekühlt.

Die mit einem solchen Gleichrichter ausgerüstete Lokomotive ist seit Mai 1957 im schweren und mit Bezug auf die Häufigkeit und Stärke der dynamischen Beanspruchungen bekanntlich sehr rauen Rangierdienst eingesetzt. Trotz erheblicher mechanischer und elektrischer Beanspruchung sind am Gleichrichter keinerlei Störungen aufgetreten.

Bemerkungen des Referenten

Der Gedanke, den der Fahrleitung entnommenen Strom auf einem Eisenbahntriebfahrzeug gleichzurichten, hat mit der zunehmenden Bahnelektrifikation mit Wechselstrom von 50 Hz grössere Bedeutung erhalten. Das Gleichrichter-Triebfahrzeug ermöglicht es, die allgemein anerkannten Vorteile des Wechselstromes (hohe Fahrleitungsspannung, geringer Aufwand für ortsfeste Anlagen, einfache und verlustlose Regelung von Zugkraft und Geschwindigkeit) mit den im Bahnbetrieb besonders geschätzten Eigenschaften des robusten und im Unterhalt anspruchslosen Gleichstrom-Fahrmotors zu vereinigen. Nachteilig ist dabei nur, dass die Gleichrichter, und insbesondere ihr Zubehör für die Zündung, Erregung, Vorheizung und Kühlung und die notwendigen Schutzeinrichtungen gegen Rückzündungen, Überlastungen und Übertemperatur zusätzliche Elemente darstellen, die in bezug auf ihren Aufwand an Raum, Gewicht und Anschaffungspreis zwar durchaus tragbar sind, aber an die Wartung und den Unterhalt dennoch vermehrte Anforderungen stellen und die Störungsanfälligkeit vergrössern. Es ist zu erwarten, dass manches Zubehör, das bei Quecksilberdampf-Gleichrichtern unerlässlich ist, mit der Einführung von Silizium-Gleichrichtern entbehrlich wird. Darin liegt, auf lange Sicht beurteilt, die Chance dieser Gleichrichterart und der damit ausgerüsteten Eisenbahntriebfahrzeuge. E. Meyer

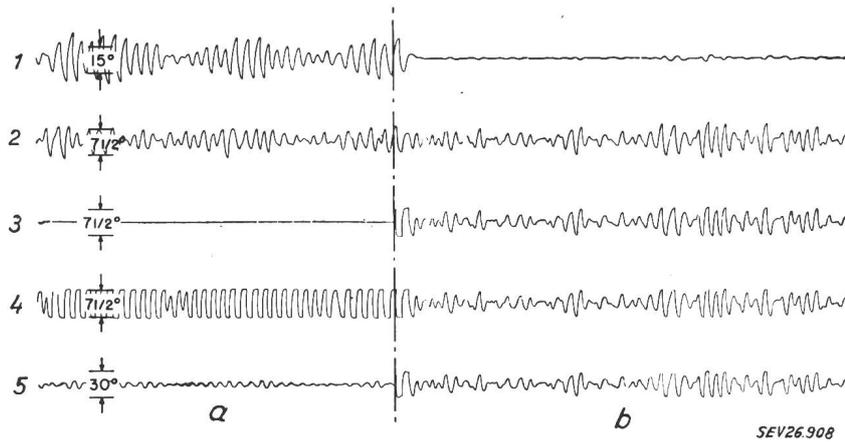


Fig. 3
Kurven der unstabilierten und stabilisierten Schiffsbewegungen

Auf der linken Seite (a) des Bildes ist die Stabilisierungseinrichtung ausgeschaltet, auf der rechten Seite (b) ist sie im Betrieb. Die stabilisierende Wirkung ist deutlich zu erkennen

1 Schwankungen des Schiffes; 2 Wellenschlag; 3 Stabilisierungsmoment in Abhängigkeit vom Wellenschlag; 4 Stabilisierungskommando in Abhängigkeit vom Wellenschlag; 5 Winkel der Stabilisierungsflosse

SEV26.908

Steuermoment und den Winkel der Stabilisierungsflosse. Die Kurven auf der linken Seite gelten für die Fahrt des Schiffes ohne Stabilisierung, bei den Kurven auf der rechten Seite ist die Stabilisierung eingeschaltet. Wie man sieht, gehen die Schwankungen des Schiffes durch die Stabilisierung auf einen Bruchteil des unstabilierten Zustandes zurück. Nur bei ganz schwerem Seegang werden die Schwankungen des Schiffes auf dem Kurvenzug der obersten Linie rechts schwach erkennbar. Der Wellenschlag, das Stabilisierungsmoment, das Steuermoment und der Winkel der Stabilisierungsflosse stehen miteinander in engem Zusammenhang.

H. Gibas

Linearisierung des Frequenzganges durch Gegenkopplung

[Nach M. Teyssières: Considérations théoriques sur l'amplification à gain constant. Rev. gén. Electr. Bd. 66(1957), Nr. 11, S. 577...580]

621.375.133

1. Eigenschaften gegengekoppelter Verstärker

Die Spannungsverstärkung eines gegengekoppelten Verstärkers erfüllt die Beziehung:

$$\frac{v}{u} = \frac{\mu}{1 + \mu\beta} = K \quad (1)$$

worin $\mu(j\omega) = A \cdot e^{j\varphi}$ die komplexe Verstärkung des offenen Kreises und $\beta(j\omega) = B \cdot e^{j\psi}$ die komplexe Übertragungsfunktion der Rückführung bedeuten.

Die Verstärkung K des geschlossenen Kreises wird konstant und unabhängig von der Frequenz, falls der folgende Zusammenhang besteht:

$$\beta = \frac{1}{K} - \frac{1}{\mu} \quad (2)$$

Die Aufgabe besteht nun darin, aus einer gegebenen Funktion $\mu(j\omega)$ und einer gewünschten Verstärkung K die Funktion $\beta(j\omega)$ nach Gl. (2) graphisch oder analytisch zu ermitteln und denjenigen Vierpol zu realisieren, der sie erfüllt.

Aus dieser Betrachtung geht hervor, dass es wenigstens theoretisch möglich ist, einen rückgekoppelten Verstärker zu entwerfen, der eine von der Frequenz unabhängige Verstärkung aufweist. Die Schwierigkeit besteht insbesondere darin, die so ermittelte Funktion $\beta(j\omega)$ durch einen passenden Vierpol nachzubilden.

Durch Produktbildung $\mu \cdot \beta$ erhält man das Nyquistdiagramm, aus dem die Stabilität des geschlossenen Kreises hervorgeht.

2. Kompensation des hochfrequenten Abfalls der Verstärkung einer einstufigen Verstärkerstufe

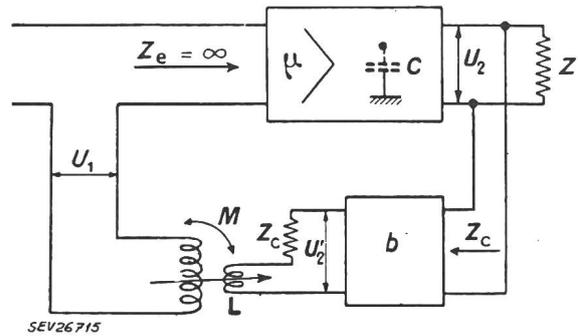
Eine RC-Verstärkerstufe habe den Innenwiderstand R_i , Verstärkungsfaktor N und sei durch die Impedanz Z belastet. Die Last Z sei durch die Ausgangskapazität C überbrückt, welche den hochfrequenten Abfall der Verstärkung nach der Formel:

$$\mu(j\omega) = \frac{-NZ}{R_i + Z + j\omega CR_i Z} \quad (3)$$

verursacht. Im mittleren Frequenzbereich wird die Verstärkung gegeben durch:

$$K = -\frac{NZ}{R_i + Z} \quad (4)$$

Welches Gegenkopplungsnetzwerk $\beta(j\omega)$ ist nun in der Lage, die Verstärkung unabhängig von der Frequenz konstant zu halten?



SEV26715

Fig. 1

Einstufiger Verstärker mit Rückkopplung

Zur Linearisierung des Verstärkungsfaktors bei hohen Frequenzen

Durch Einsetzen von Gl. (3) und Gl. (4) in Gl. (2) erhält man die Übertragungsfunktion $\beta = j\omega C \frac{R_i}{N}$; was nichts anderes

besagt, als dass die Rückführung durch eine leerlaufende Gegeninduktivität gegeben ist (Fig. 1).

Die Ausgangsspannung U_2 wird über eine geeignete, phasenreine Dämpfung $e^{-b} = \frac{U_2'}{U_2}$ am Verstärkeroutput abgegriffen. Sofern die reelle und konstante Impedanz Z_c der Dämpfung viel grösser ist als Z und ωL , beträgt die Spannung am Ausgang des Transformators:

$$U_1 = -j\omega C \frac{R_i}{N} U_2 = -j\omega M \frac{e^{-b}}{Z_c} U_2$$

woraus sich die Grösse der Gegeninduktivität bestimmen lässt:

$$M = C \frac{R_i}{N} Z_c e^{+b}$$

mit der Nebenbedingung $Z_e = \infty$, das heisst, dass die Eingangsimpedanz der Verstärkerstufe den Transformator nicht belasten darf.

Beim 1stufigen Verstärker hat die Rückführung die Form $\beta = j\omega T$. Eine Rückführung proportional ω^2 liesse sich sinngemäss durch die Kettenschaltung zweier Gegeninduktivitäten passender Grösse verwirklichen.

Wie aus dem oben Behandelten hervorgeht, wird durch die passende Wahl eines Rückführungswerkes im Gebiete fal-

lender Verstärkung bei den hohen Frequenzen eine frequenzproportionale Mitkopplung vom Ausgang auf den Eingang der Verstärkerstufe eingeführt, welche die Verstärkung des geschlossenen Kreises auf ihren Wert bei mittleren Frequenzen auskompensiert. Die Grenzen, in denen das Verfahren anwendbar bleibt, sind im wesentlichen durch den kapazitätsarmen Aufbau der Schaltung gegeben, sowie durch die Einhaltung der oben gemachten Voraussetzungen. Dadurch, dass keine Einbusse an Verstärkung im Gebiete mittlerer Frequenzen eintritt, entsteht auch keine linearisierende Wirkung der Verstärkereigenschaften in Bezug auf Verzerrungen, Alterung der Röhre und Schwankungen der Speisespannung. *C. Dubois*

Communications de nature économique

Données économiques suisses

(Extraits de «La Vie économique» et du «Bulletin mensuel Banque Nationale Suisse»)

N°		Juin		
		1957	1958	
1.	Importations (janvier-juin)	687,9	612,3	
		(4353,3)	(3689,9)	
	} en 10 ⁶ fr. {	538,6	526,6	
		(3260,6)	(3170,1)	
2.	Marché du travail: demandes de places	971	2 339	
3.	Index du coût de la vie *) août 1939	178,1	182,4	
		226,3	216,5	
	Index du commerce de gros *) = 100			
	Prix courant de détail *): (moyenne du pays) (août 1939 = 100)			
	Eclairage électrique ct./kWh	34 (92)	34 (92)	
	Cuisine électrique ct./kWh	6,6 (102)	6,6 (102)	
	Gaz ct./m ³	29 (121)	29 (121)	
	Coke d'usine à gaz fr./100 kg	20,99(273)	19,69(256)	
4.	Permis délivrés pour logements à construire dans 42 villes (janvier-juin)	1680	2 052	
		(7 253)	(7 572)	
5.	Taux d'escompte officiel . . %	2,50	2,50	
6.	Banque Nationale (p. ultimo)	Billets en circulation . . 10 ⁶ fr.	5 634	5 569
		Autres engagements à vue 10 ⁶ fr.	2 024	3 025
		Encaisse or et devises or 10 ⁶ fr.	7 593	8 605
		Couverture en or des billets en circulation et des autres engagements à vue %	90,32	93,47
7.	Indices des bourses suisses (le 25 du mois)	Obligations	91	99
		Actions	419	399
		Actions industrielles	604	538
		Faillites	33	37
8.	(janvier-juin)	(176)	(241)	
		Concordats	14	9
	(janvier-juin)	(81)	(79)	
9.	Statistique du tourisme	Mai		
		Occupation moyenne des lits existants, en %	1957	1958
		27,1	26,5	
10.	Recettes d'exploitation des CFF seuls	Mai		
		1957	1958	
	Recettes de transport Voyageurs et marchandises	73,2	71,0	
	(janvier-mai)	(339,2)	(318,3)	
	Produits d'exploitation	79,6	77,4	
	(janvier-mai)	(370,3)	(349,7)	

*) Conformément au nouveau mode de calcul appliqué par le Département fédéral de l'économie publique pour déterminer l'index général, la base juin 1914 = 100 a été abandonnée et remplacée par la base août 1939 = 100.

Miscellanea

In memoriam

Hermann Seiler †. Am 18. Juli 1958 ist in Bern Fürsprecher Hermann Seiler, alt Direktionspräsident der Bernischen Kraftwerke A.-G. (BKW), nach kurzer, schwerer Krankheit im Alter von 71 Jahren verschieden.

Der Verstorbene trat nach mehrjähriger praktischer Betätigung als Anwalt, Gerichtsschreiber und Gerichtspräsident von Erlach im Jahre 1918 als Rechtsbeamter in den Dienst der BKW ein. Einige Jahre später stieg er zum Vorsteher der Rechtsabteilung auf, in welcher Eigenschaft er die Rechtsangelegenheiten, das Steuerwesen, die Liegenschaftenverwaltung und die Versicherungsfragen betreute. Mit Amtsantritt auf 1. Januar 1940 wurde H. Seiler vom Verwaltungsrat der BKW zum Subdirektor gewählt, unter gleichzeitiger Übernahme der Leitung der Pensions- und der Krankenkasse. Anfangs 1951 erfolgte die Beförderung zum Direktor und ein Jahr später jene zum Direktionspräsidenten, von welchem verantwortungsvollen Posten er Ende Dezember 1955 zurücktrat.



Hermann Seiler
1887—1958

Nach seinem Austritt aus der Direktion behielt der Verstorbene die Leitung der Pensions- und der Krankenkasse sowie des Personalfonds. Diese Aufgaben, welche ihm immer besonders nahe gestanden waren, übte er bis zu seinem Hinschied aus. Mitte dieses Jahres hätte H. Seiler alle seine Funktionen niederlegen wollen, und man wusste, wie sehr er sich auf einen Lebensabend in wohlverdienter Ruhe freute. So ist es überaus schmerzlich, dass ihm dieser Wunsch nicht in Erfüllung gegangen ist, und dass dieses so harmonisch verlaufene Leben einen so jähen Abbruch erfahren hat.

Während nahezu 40 Jahren stand Hermann Seiler im Dienste der Bernischen Kraftwerke und der ihr nahestehenden Gesellschaften. Durch seine erfolgreiche Tätigkeit, sein umfassendes juristisches und fachliches Wissen, seinen grossen Weitblick und durch seine beispielhafte treue Pflichterfüllung hat sich der Verstorbene bleibende Verdienste erworben und viel zur Entwicklung der Bernischen Kraftwerke beigetragen. Seine grosse Erfahrung und Umsicht, seine gründliche Kenntnis der Menschen und Dinge und sein zuverlässiges gesundes Urteil haben ihm nicht nur bei den Mitarbeitern und Verwaltungsorganen, sondern allseitig Achtung und Verehrung gebracht.

H. Seiler war in den Kreisen der Elektrizitätswirtschaft eine hochgeschätzte Persönlichkeit und hat dem Verband Schweiz. Elektrizitätswerke (VSE) durch seine Mitarbeit in mehreren Kommissionen äusserst wertvolle Dienste geleistet, so als langjähriger Präsident der Kommission für Rechtsfragen (November 1950 bis Mai 1955) und als Mitglied der Kommissionen für Personalfragen (Dezember 1942 bis März 1952) und für Versicherungsfragen (September 1942 bis zu seinem Tod). Besonders in Rechts- und Steuerfragen ist H. Seiler dem VSE während langer Jahre mit seiner reichen Erfahrung immer wieder zur Seite gestanden; er hat diesen Verband auch mehrmals in entscheidenden Verhandlungen vertreten. Daneben wirkte der Verstorbene als Vertreter der Arbeitgeber im

Vorstand der AHV-Ausgleichskasse schweizerischer Elektrizitätswerke und zwar seit der Gründung dieser Institution im Jahre 1948 bis zu seinem Ableben.

Der Hinschied von H. Seiler bedeutet für seine Familie, seinen Freundeskreis und auch für die Energiewirtschaft unseres Landes einen schmerzlichen Verlust. Sein segensreiches Wirken wird unvergessen bleiben. *Me.*

Persönliches und Firmen

(Mitteilungen aus dem Leserkreis sind stets erwünscht)

Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich. J. Salzmann wurde als Nachfolger von M. Steiner zum Geschäftsleiter des Büros Zürich und zum Prokuristen ernannt.

Dr. B. Gloor, Mitglied des SEV seit 1946, wurde zum Abteilungsleiter und Chef des neu geschaffenen Transformator-Versuchslokals befördert, Chr. Fankhauser zum Abteilungsleiter und Chef der Lokomotivmontage, W. Kirchsieper zum Abteilungsleiter und Fabrikationschef.

100 Jahre Aktiengesellschaft Oederlin & Cie. Mitte September 1958 feiert die Aktiengesellschaft Oederlin & Cie., Armaturenfabrik und Metallgiesserei in Baden, das Jubiläum ihres 100jährigen Bestehens. Den Grundstein der Firma legten am 4. Oktober 1958 die beiden Brüder Karl Joseph und Friedrich Traugott Oederlin. Aus bescheidenen Anfängen wuchs das Unternehmen heran und entwickelte ein Fabrikationsprogramm, welches Armaturen für industrielle und sanitäre Installationen, wie Ventile, Hahnen, Schieber, Lötfittinge und elektrische Klemmen, umfasst.

Kleine Mitteilungen

Tagung der VDI/VDE-Fachgruppe «Regelungstechnik». Die VDI/VDE-Fachgruppe «Regelungstechnik» ver-

anstaltet vom 15. bis 17. Oktober 1958 im Auditorium Maximum der Technischen Hochschule in Aachen eine Tagung, die dem Thema «Steuerungen und Regelungen in der Technik elektrischer Antriebe» gewidmet ist. Nach einem Einführungsvortrag über die Elemente gesteuerter und geregelter Antriebe werden die Haupt- und Hilfsantriebe bei Walzwerken und Förderanlagen mit Drehzahlprogramm, die Hauptantriebe und ihre Regelung bei durchlaufenden Walzenstrassen, die Regelungsprobleme bei Papiermaschinen, Kunststoffkalandern und ihren Wicklern, die Maschinenkennlinien bei Sonderantrieben und schliesslich Regelungssysteme mit analogen und digitalen Rechnern behandelt. An die 2tägige Vortragsreihe schliessen sich Betriebsbesichtigungen an. Anfragen über Teilnahmebedingungen und Anmeldung sind zu richten an die VDI/VDE-Fachgruppe Regelungstechnik, Prinz-Georg-Strasse 77/79, Düsseldorf.

Kurse zur Vorbereitung auf die Aufnahmeprüfung an den Techniken Luzern. Im Auftrag des Erziehungsdepartementes des Kantons Luzern werden im Winterhalbjahr 1958/59 in Luzern (Kantonsschule) Kurse zur Vorbereitung auf die Aufnahmeprüfung an den Techniken Luzern durchgeführt.

Es finden folgende Kurse, die grundsätzlich nur Berufsleuten mit bestandener Lehrabschlussprüfung offenstehen, statt:

1. *Zwei Repetitionskurse* für Interessenten mit guter Vorbildung, mit dem Ziele, den Lehrstoff in Algebra, Rechnen, Geometrie und deutscher Sprache im Hinblick auf die Aufnahmeprüfung zu wiederholen und die für das Technische Zeichnen benötigten grundlegenden Kenntnisse kurz zu repetieren.

2. *Ein Vorkurs* für Interessenten mit weniger umfassender Vorbildung, mit dem Ziel, den Lehrstoff in Algebra, Rechnen, Geometrie und Deutsch so zu vervollständigen, dass im folgenden Jahr der Eintritt in den Repetitionskurs möglich ist.

Nähere Auskunft erteilt die Kursleitung, Sempacherstrasse 10, Luzern (Lehrlingsamt).

Literatur — Bibliographie

533.5 *Nr. 11 458,1*
Physique et technique des tubes électroniques. T. 1: *Éléments de technique du vide.* Par R. Champeix. Paris, Dunod, 1958; 8°, XIV, 214 p., fig., tab. — Prix rel. Fr. 37.60.

Das Werk «Physique et technique des tubes électroniques» ist aus Vorlesungen hervorgegangen, welche der Verfasser an der Ecole Nationale de Radiotechnique und an der Ecole Française de Radioélectricité gehalten hat. Es soll in erster Linie dem in der Elektronenröhren-Industrie tätigen Personal die für seine Arbeit nötigen Kenntnisse vermitteln. Im ersten Teil sind in kurzen präzisen Formulierungen die wichtigsten theoretischen und experimentellen Tatsachen aus der Physik und der Technik des Vakuums zusammengestellt. Trotz des beschränkten Umfangs geht die Darstellung auf viele Einzelheiten und auch auf die neuesten Entwicklungen ein. Sie umfasst folgende Kapitel: Rappel de certaines notions de physique. Lois de l'état gazeux. Passage du courant électrique dans les gaz. Les phénomènes physiques et chimiques aux basses pressions. Réalisation et maintien des basses pressions; pompes et getters. Mesure des basses pressions. Les installations de technique du vide. Les techniques physico-chimiques utilisées en électronique.

Eine abschliessende Beurteilung des Werkes wird erst nach dem Erscheinen des zweiten Bandes möglich sein, der die Berechnung und die Technologie der Elektronenröhren behandeln soll. Es ist zu hoffen, dass durch Beifügung eines Literaturverzeichnisses und von genauen Quellenangaben zu den Tabellen und Kurventafeln der Zugang zu weiterem Studium erleichtert und damit der Wert des Buches erhöht wird. Die sparsamen Zitate im Teil I erfüllen dies in nur geringem Masse. *A. A. Rusterholz*

621.319.3 *Nr. 11 462*
Elektrostatische Hochspannungs-Generatoren und ihre industrielle Anwendung. Von Noël J. Felici. Karlsruhe,

Braun, 1957; 8°, VIII, 111 S., 48 Fig., Tab. — Wissenschaftliche Bücherei, Bücher der Hochspannungstechnik — Preis: geb. DM 22.—.

Die Gewinnung hoher Gleichspannungen auf elektrostatischem Wege wurde, obwohl schon seit zweihundert Jahren bekannt, erst in neuester Zeit von der Industrie beachtet. Es ist daher zu begrüssen, dass in die von Prof. H. Müller herausgegebene Reihe «Bücher der Hochspannungstechnik» nun auch ein Werk über diese statische Hochspannungserzeugung aufgenommen wurde.

Der Autor, Professor an der Universität Grenoble, der selbst zum Aufschwung der elektrostatischen Gleichspannungsgeneratoren beitrug, macht den Leser nach einem geschichtlichen Rückblick mit den Ursachen bekannt, die einer wirtschaftlichen Gleichstromerzeugung auf elektrostatischem Wege so lange Zeit entgegenstanden. Diese sind in erster Linie in den ungenügenden entladungs- und isolationstechnischen Kenntnissen zu suchen. Einzelne Abschnitte des Buches werden daher den physikalischen Grundlagen, der Zusammensetzung eines geeignet erscheinenden Pressgases und weiteren einschlägigen Problemen gewidmet. Es folgen die erzielbaren Kennlinien unregelter und selbstregelnder Maschinen und die elektronische Regelung grosser elektrostatischer Generatoren. Neben den neuzeitlichen Band- und Druckgaskondensatormaschinen wird auch der vom Autor entwickelte Trommelgenerator beschrieben. Der letzte Abschnitt macht den Leser mit den bisherigen industriellen Anwendungen dieser Generatoren bekannt.

Das vorliegende Buch, das auch manche Angaben über ausgeführte Anlagen enthält, ist leicht verständlich und ohne grossen mathematischen Aufwand geschrieben. Es wird dazu beitragen, weitere Kreise mit der Möglichkeit der statischen Gleichspannungserzeugung bekanntzumachen und damit auch zu Neuentwicklungen auf diesem alten und doch neuen Gebiete anregen. *K. Antolic*

Fortsetzung auf Seite 891
Es folgen «Die Seiten des VSE»