

Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens
Herausgeber: Association suisse des électriciens
Band: 30 (1939)
Heft: 18

Artikel: Messen
Autor: Berger, K. / Beusch, W. / Täuber, K.P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1058397>

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>

Wenn dagegen gar kein Nulleiter vorhanden ist, was im allgemeinen in den mit 500 V betriebenen Verteilungsanlagen der Fall ist, dann lässt sich die Schutzerdung selbstverständlich nicht vermeiden. Oft bereitet sie aber gerade in solchen Anlagen dadurch Schwierigkeiten, dass sich im Bereich der zu schützenden Anschlussobjekte überhaupt keine genügend zuverlässige und gute Erdung herstellen lässt.

In diesem Fall muss zum dritten Schutzmittel gegriffen werden, das in Form der *Schutzschaltung* zur Verfügung steht. Theoretisch betrachtet und bei sorgfältiger Ausführung, wozu insbesondere auch dauernd einwandfrei funktionierende Schutzschalter gehören, würde dieses System eigentlich

die grösste Sicherheit bieten. Aber gerade weil man auf besondere Apparate angewiesen ist, die eben immer wieder kontrolliert werden müssen, da sie schon als solche besondern Schädigungen, elektrischer und mechanischer Natur, ausgesetzt sind, dürfte diese Schutzrichtung bei uns nur eine beschränkte Anwendung finden. Dank der grossen Ausdehnung, die die das Erden erleichternden Wasserversorgungsanlagen erreicht haben, wird die Anwendung der Schutzschaltung sich voraussichtlich immer in bescheidenem Rahmen bewegen. In dem schon oben erwähnten Absatzgebiet der EKZ z. B. handelt es sich um wenige Promille der angeschlossenen Installationen. In Netzen, wo nicht die Nullung, sondern die Schutzerdung vorgeschrieben wird, dürften es etwas mehr sein.

Messen.

Von K. Berger, Zürich, W. Beusch, Zug, und K. P. Täuber, Zürich.

621.317.7

Nach allgemeinen Betrachtungen über das Messen in Technik und Wissenschaft und einem kurzen Ueberblick über die heute zur Verfügung stehenden Messinstrumente wird auf den in der Schweiz entwickelten Kathodenstrahl-oszillographen und seine allerneuesten Ausführungen hingewiesen. Den Elektrizitätszählern ist ein besonderer Abschnitt gewidmet, wobei auch die schreibenden und druckenden Maximumzähler und die Scheinverbrauchszähler erörtert sind.

Quelques considérations générales sur les mesures dans la technique et dans les sciences sont suivies d'une brève énumération des instruments de mesure dont on dispose aujourd'hui ainsi que d'une description des oscillographes cathodiques développés en Suisse et des plus récentes exécutions. Un chapitre est consacré aux compteurs d'électricité, y compris les compteurs à indicateur de maximum enregistreurs et imprimeurs, ainsi que les compteurs d'énergie apparente.

Messen ist Wissen und Wissen ist Macht: diese beiden Sprichwörter kennzeichnen die Wichtigkeit der Messtechnik. Alles wird und muss gemessen werden. Jede Entwicklung und jeder Fortschritt muss letzten Endes durch Messung geprüft und erwiesen werden. Es gibt zwei Methoden, eine Grösse zu messen:

Durch direkten Vergleich mit einem Normal derselben Art wie die zu messende Grösse. So werden in der Regel Länge und Zeitdauer bestimmt.

Durch Vergleich einer physikalischen oder chemischen Wirkung der zu messenden Grösse mit einem Normal oder mit der Wirkung eines Normals. So wird die Masse in der Regel durch Vergleich ihrer Schwergewichtswirkung mit der Schwergewichtswirkung einer Normalmasse bestimmt. Oder man misst die elektrische Spannung durch die Grösse des Stroms, den sie in einem bekannten Widerstand erzeugt. Der Strom, bzw. die von ihm während einer messbaren Zeitdauer transportierte elektrische Ladung wird z. B. aus der Masse elektrolytisch abgeschiedener Metalle bestimmt oder aus einer Kraftwirkung usw.

Jede Messung erfordert somit erstens das Vorhandensein von Normalen und zweitens die Vergleichsmöglichkeit mit diesen. In Konstanz der Normalen, in Einfachheit, Genauigkeit und absoluter Reproduktionsmöglichkeit der Vergleichsmethoden besteht die praktische Messkunst.

Dem messenden Menschen genügt es nicht, dass sich beispielsweise ein Rad dreht; er will wissen, mit welcher Kraft (Moment) und welcher Geschwindigkeit es sich dreht, und warum es sich gerade so dreht und nicht anders. Um diese Fragen zu beantworten, müssen alle Einflüsse auf den Vorgang der Drehung des Rades gewissermassen um mindestens eine Grössenordnung genauer erfasst werden, als um zu verstehen, dass sich das Rad überhaupt dreht.

Deshalb ist ja wohl die Messtechnik so interessant und anregend, weil sie uns zwingt, vom einigermaßen Zahlenmässigen zum Genauen weiterzudenken, z. B. nicht nur den Haupteffekt zu sehen, sondern diesen umringt von der Unmenge Nebenerscheinungen, die ja jedem Naturvorgang eigen ist. Messen ist dem Sinn nach gleichbedeutend mit Streben zur Genauigkeit und zur Erkenntnis des Ganzen. Präzision kennzeichnet daher die modernen Messinstrumente. Die schweizerische feinmechanische Tradition, die sich in der Uhrmacherei bewährte, ermöglicht der Messinstrumentenindustrie, hohen Forderungen gerecht zu werden. Der schweizerischen Industrie ist es darum gelungen, einem grossen Teil des Bedarfes an elektrischen Messinstrumenten und wissenschaftlichen Apparaten zu genügen; sie nimmt auf verschiedenen Gebieten der Instrumententechnik eine führende Stellung ein.

Den mannigfachen Zwecken entsprechend ist die Ausbildung der Messinstrumente ausserordentlich vielseitig und wenn ihnen bei näherer Betrachtung auch nur wenige Prinzipien zu Grunde liegen, so hat die Ausführung doch eine mehrhundertfache Gestaltung. Beispielsweise wurden, ganz abgesehen von den runden Instrumenten, die seit Jahrzehnten zur Kontrolle von Strömen, Spannungen, Frequenzen und Phasenverschiebungen in Elektrizitätswerken oder Fabrikanlagen mit elektrischem Betrieb usw. dienen, zu gleichem Zwecke, aber zur Verminderung der Anlagekosten, raumsparende Instrumentenkombinationen entwickelt, die hinsichtlich Genauigkeit und den übrigen modernen Anschauungen den Vorschriften der Internationalen Elektrotechnischen Kommission entsprechen.

Zwischen den hochempfindlichen Galvanometern mit geringer oder grosser Schwingungsdauer für ballistische Messungen (Fig. 1) und dem in emsiger und fruchtbarer Kollektivarbeit entstandenen Kathodenstrahloszillographen liegen die vielerlei anderen Messinstrumente, wie Laboratoriums-Ampère-

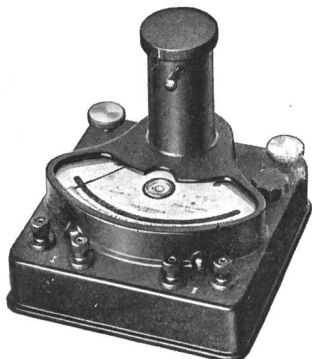


Fig. 1.
Zeiger-Galvanometer.
Empfindlichkeit
 $5 \cdot 10^{-8}$ Amp. pro
Skalenteilstrich.
(Trüb Täuber.)

-Volt- und -Wattmeter, ferner Messbrücken zur Fehlerortsbestimmung an Kabeln, dann Messbrücken zur Bestimmung dielektrischer Verluste, deren Genauigkeit in Promille ausgedrückt werden muss, besonders der Isolationsmaterialien. In das gleiche Fabrikationsgebiet fallen auch Instrumentenkombinationen, bestehend aus Vibrations-Galvanometern, Präzisionswiderständen, Kondensatoren und Schaltern zur Bestimmung von Uebersetzungsverhältnis und Fehlwinkel von Messtransformatoren. Diese Instrumente, die für Hoch- und Höchstspannungen ausgeführt werden, besitzen auch eine Genauigkeit innerhalb $1/1000$. Die Auswahl an Registrierinstrumenten nahm in neuester Zeit ebenfalls beträchtlich zu. Zu den gewöhnlichen Instrumenten kamen Stör- und Zeitschreiber hinzu. Es mag erwähnt sein, dass Registrierinstrumente auch in allen möglichen Kombinationen in gemeinsamem Gehäuse und mit einem entsprechend breiten Papierstreifen konstruiert werden.

Wichtig sind heute Einrichtungen, die Messwerte auf grössere oder kleinere Distanzen übertragen. Ihrer Aus- und Durchbildung wird alle Aufmerksamkeit geschenkt. Auch die auf elektrischen Prinzipien beruhende Messung und Regelung von Temperaturen, ebenso die Messung von Grössen auf den übrigen Gebieten der Wärmewirtschaft wird ihrer zunehmenden Wichtigkeit entsprechend gepflegt.

Die verhältnismässig jüngsten Gebiete der Elektrotechnik der Höchstspannung und Höchsthäufigkeit stellen an die Messkunde ganz besondere Anforderungen. Besonders hervorzuheben sind die Instrumentarien, die erlauben, den Verlauf von äusserst kurzzeitigen Phänomena festzuhalten und zu studieren. Dazu dient im besondern der sogenannte Kaltkathodenstrahloszillograph, der auf Grund der Entwicklungsarbeiten der Forschungskommission des SEV und VSE für Hochspannungsfragen (FKH) von der Industrie weiterentwickelt, konstruiert und fabriziert wurde (Fig. 2). Kathodenstrahlen, d. h. rasch fliegende Elektronen ersetzen darin den «Zeiger» üblicher elektrischer Messinstrumente. Die

dauernd von einer Kathode (negative Elektrode) ausgesandten Elektronen, die nebenbei mit ca. $1/3$ der Lichtgeschwindigkeit, d. h. mit ca. 100 000 km/s weiterrasten, passieren zwischen zwei parallelen Blechplatten (Ablenkplatten) ein elektrisches Querfeld, das von der zu messenden Spannung erzeugt ist. Die unvorstellbare Massenverminderung dieses feinsten «Strahlenzeigers» ermöglicht, dass er Änderungen elektrischer Spannungen im zehnten und hundertsten Teil einer Millionstel-Sekunde noch folgt. Ebenso wunderbar ist, dass dieser Elektronenstrahl labile Silberbromidatome umzuwerfen vermag, wenn er solche auch nur während Bruchteilen einer Milliardstel-Sekunde trifft. Dieser zweite Effekt ermöglicht das Festhalten der vom Strahl höchst «flüchtig» überschriebenen Oszillogramme durch Entwickeln der Photoschicht. Oder lassen wir den unsichtbaren Elektronenstrahl auf einen Leuchtschirm aufprallen, so leuchtet dieser während kurzer Zeit (Fluoreszenzschirm, z. B. Ca WO_4) oder längerer Zeit (Phosphoreszenzschirm, z. B. Zn S) an der getroffenen Stelle auf; er wandelt ge-

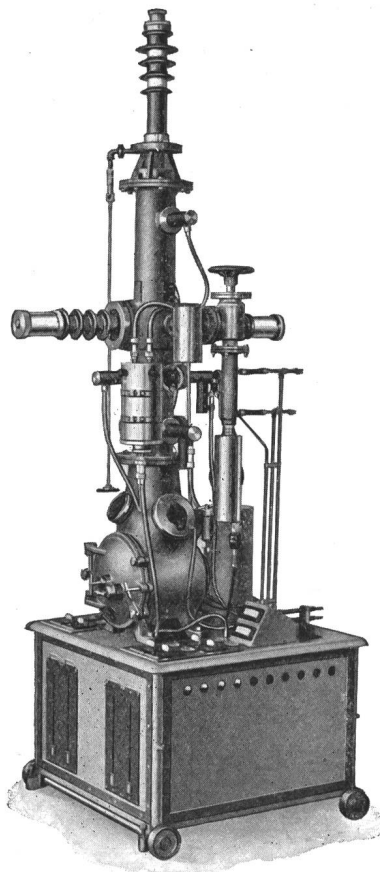


Fig. 2.
Industrieller Einstrahl-Kathodenoszillograph
f. direkten Anschluss
an Spannungen bis
100 000 V.
(Trüb Täuber.)

wissermassen den Elektronenstrahl in sichtbare Lichtstrahlen um, die wir mühelos von Auge erkennen.

Nur mit vergleichbaren Normen ist Messung möglich: nur mit Mikrozeigern als Prüfkörper sind Mikrozeiten laufend zu erfassen.

In einem gewissen Zusammenhang mit dem Oszillographen, der elektrische Schwingungen misst, stehen die Instrumente zur Messung von mechanischen Schwingungen, bekannt unter den Namen

Erschütterungsmesser, Seismograph etc., deren Herstellung ebenfalls in der Schweiz erfolgt.

Endlich sei auch erwähnt, dass eine Aktionsgemeinschaft schweizerischer Fabrikanten dafür sorgt, dass den Schulen für den Physikunterricht einwandfreie Messinstrumente zur Verfügung gestellt werden.

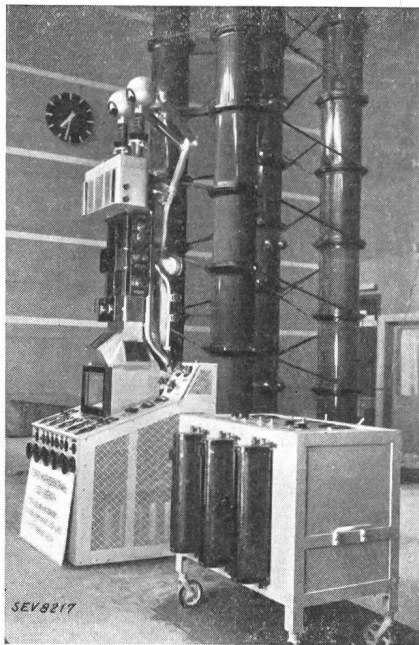


Fig. 3.

Doppel-Kathodenstrahlloszillograph.

Erstaussführung der FKH, im Betrieb im Hochspannungsraum der Schweiz, Landesausstellung 1939. Hinter dem Oszillograph steht der Stossgenerator von 2 Millionen Volt mit seinem Bedienungspult (vorn rechts).

Ein besondere Stellung nimmt die Technik der *Elektrizitätszähler*

ein. Der Elektrizitätszähler ist im Vergleich zu den in der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie verwendeten Maschinen und Apparaten ein unscheinbar aussehender Kleinapparat. Und doch kommt ihm eine ganz hervorragende Bedeutung zu. Auf ihm allein beruht die Messung und die Verrechnung der von den Elektrizitätswerken erzeugten und von den Verbrauchern bezogenen Energiemengen; diese betragen allein in unserem Lande jährlich einige Milliarden Kilowattstunden, deren Verkaufswert in die Hunderte von Millionen Franken geht.

Dank der Leistung hervorragender Pioniere hat die Schweiz schon recht frühzeitig an der Entwicklung der Elektrizitätszähler Anteil genommen; die Erzeugnisse dieser Industrie wirkten auch im Ausland bahnbrechend. Man verstand, mit der weitgehenden Differenzierung der Energietarife Schritt zu halten und sich durch entsprechende Anpassung ihrer Apparate auf dem Zählerweltmarkt eine führende Stellung zu erringen. Die Zählertechnik war und ist jedem Tarifproblem gewachsen.

Die heute gebräuchlichen Elektrizitätszähler sind fast ausschliesslich Motorzähler. Für Gleichstrom arbeiten sie nach dem dynamometrischen

und für Wechselstrom nach dem Induktions-Prinzip. Beiden Arten ist gemeinsam, dass die Drehzahl der Triebsscheibe der durch den Zähler gehenden Leistung, und die Zahl der Umdrehungen der durchgeflossenen Energie proportional sein muss. Die Wirkungsweise der Elektrizitätszähler beruht auf klaren Theorien, die sich im allgemeinen auch recht gut verwirklichen lassen. Dennoch hatte der Konstrukteur erhebliche Schwierigkeiten zu überwinden. Ein Beispiel möge dies beleuchten. Man staunt heute über die Beanspruchung des Fussisolators eines Antennenturmes. Im Unterlager eines Elektrizitätszählers sind jedoch nicht nur ganz ähnliche Beanspruchungen vorhanden, sondern es muss sich hier noch eine fortlaufende örtliche Verschiebung zwischen den festen und beweglichen Lagermaterialien vollziehen und zwar schon bei 0,3% Nennlast, bei welcher der Zähler anlaufen muss. Zwischen 5% und 200% der Nennlast, oft sogar noch bei höheren Belastungen, muss der Zähler bereits innerhalb enger Fehlergrenzen genau zeigen, was eine erstaunliche Leistung ist, wenn man bedenkt, dass bei einem Einphasenzähler bei Nennlast das Drehmoment nur etwa 4...5 cmg und bei 0,3% somit nur 0,012...0,015 cmg beträgt. Dabei können beim Elektrizitätszähler Störungseinflüsse nicht wie bei den anzeigenden Instrumenten bei der Eichung der Skala eliminiert werden.

Bei der heute in allen Einzelheiten so weit entwickelten Technik muss allen Störungsursachen, die die Genauigkeit der Messung beeinflussen, die grösste Aufmerksamkeit zugewendet werden. Es gibt viele solcher Störungsursachen. Der Elektrizitätszähler ist Änderungen der Nennspannung, der Nennfrequenz und der Umgebungstemperatur ausgesetzt. Er soll von diesen Änderungen möglichst wenig beeinflusst werden. Er muss Kurzschlüsse, leider oft auch recht rohe Transporte ertragen können. Drehstromzähler sollen unempfindlich gegen unrichtigen Drehfeldanschluss und einseitige Belastung sein. Auch stark und rasch schwankende Belastungen dürfen die Angaben des Zählers nicht fälschen.

Die Behandlung aller dieser Probleme ist nicht einfach; ihre zweckmässige Lösung macht aber den Elektrizitätszähler zu einem der interessantesten Messinstrumente.

In der Schweiz, deren Elektrizitätswirtschaft fast ausschliesslich auf Wasserkraft beruht, bestand schon sehr früh ein Bedarf nach Spezialtarifzählern. Ganz allgemein ist es Aufgabe der Tarifapparate, die Spitzenbelastungen der Werke zu verkleinern. Den Tarifapparaten kommt daher auch in Zukunft trotz der Speicherwerke eine grosse Bedeutung zu.

Wohl am verbreitetsten ist der Doppeltarifzähler. Der Dreifachtarifzähler ist ganz besonders dazu geeignet, den Verbrauch zu bestimmten Zeiten anzuregen.

Für viele gewerbliche und grössere Bezüge von elektrischer Energie ist der Maximumzähler ein weitverbreiteter Tarifapparat. Da der normale Maximumzählertarif, der den Zeitpunkt der Höchstbelastung nicht erfasst, gewisse Härten aufweist, hat

der schreibende und druckende Maximumzähler zunehmende Verbreitung gefunden. Die schweizerische Industrie hat auf diesem Gebiet, unter den Apparatebezeichnungen «Maxigraph» und «Printo-Maxigraph», Erzeugnisse hervorgebracht, die Welt-ruf besitzen.

In diesem Zusammenhang verdient auch der Scheinverbrauchszähler Erwähnung. Mit ihm kann die maximale mittlere Scheinleistung ermittelt werden, die noch besser als durch Messung der entsprechenden Wirk- und Blindleistung über die maximale Beanspruchung der elektrischen Anlagen

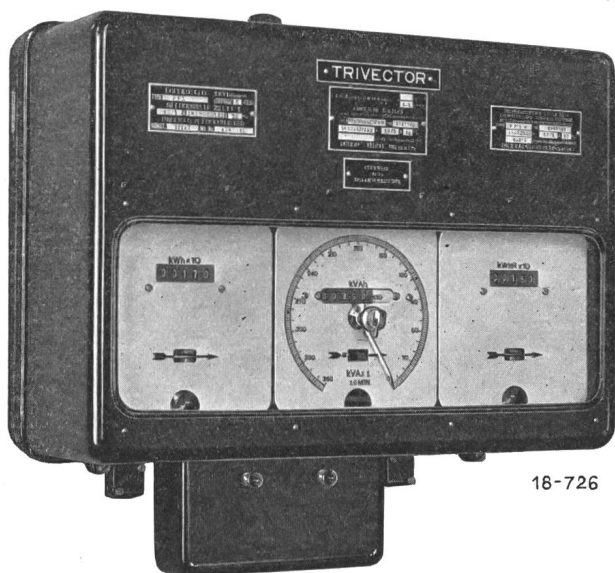


Fig. 4.

«Trivector»

zur Messung des Wirk-, Blind- und Scheinverbrauches. Das Zählwerk des Scheinverbrauches ist mit einem Maximumzeiger versehen. (Landis & Gyr)

Aufschluss gibt. Der unter dem Namen «Trivector» herausgebrachte Scheinverbrauchsmesser ist der einzige überhaupt existierende Apparat dieser Gattung, der gestattet, den Scheinverbrauch mittels erprobter Bauelemente und über den ganzen Bereich des Leistungsfaktors zu messen (Fig. 4).

In der Schweiz hat der Elektrizitäts-Selbstverkäufer bisher nur in vereinzelt Netzen Eingang gefunden. Es gibt Länder, in denen der Umsatz von solchen Apparaten fast ebenso gross oder sogar

grösser als der von gewöhnlichen Einphasenzählern ist. Neuerdings sind auch von der schweizerischen Industrie Elektrizitäts-Selbstverkäufer mit zusätzlichem Grundgebühreneintrag geschaffen worden, mit denen es möglich ist, Sondertarife aufzustellen oder aber gleichzeitig mit den Energiegebühren, Amortisationen und Mietgebühren der den Abnehmern zur Verfügung gestellten Verbraucher-Apparate einzukassieren.

Eine wichtige Zubehör der Tarifzähler sind die Tarifahren, Zeitschalter und Schaltautomaten. Auch auf diese Apparate ist in der Schweiz eine grosse Entwicklungsarbeit verwendet worden.

Erwähnt seien ferner die Summenzähler, die insbesondere ermöglichen, das gemeinsame Maximum verschiedener benachbarter oder fernliegender Meßstellen zu ermitteln.

Die Messwandler stellen ein sehr wichtiges Glied der Messgruppen dar, die grosse Energien zu registrieren haben. Auch in der Schweiz sind heute Wandler erhältlich, deren Strom-, Spannungs- und Winkelfehler so klein sind, dass sie für die meisten Messungen nicht mehr berücksichtigt zu werden brauchen. Dabei ist die Konstanz der Genauigkeit der Wandler auf Jahre hinaus verbürgt.

Was wird die Zukunft bringen? Die Landesausstellung zeigt eindringlich, dass die Entwicklung der Technik unentwegt vorwärts schreitet. Die bisher verwendeten Apparate werden sich ohne Zweifel weiter verfeinern. Zahlreiche Aufgaben und Probleme harren noch der Lösung. So wird, um nur ein Beispiel zu nennen, mit der Zunahme der Konstanzhaltung der Frequenz in den Netzen der Kleinsynchronmotor als Zeitelement eine immer grössere Bedeutung erlangen.

Aus der Entwicklung der Elektrizitätswirtschaft zeichnet sich immer mehr die Tendenz ab, die Tages- und Nacht-Belastungen möglichst auszugleichen. Dieses Problem erfordert die Fernmessung von Momentan- oder Mittelwerten und die Fernsteuerung der Tarifapparate und Schaltautomaten.

Eine fruchtbare Weiterentwicklung auf diesem Apparategebiet verlangt kostspielige Entwicklungsarbeiten in bestausgestatteten Laboratorien, die nur von solchen Unternehmungen unterhalten werden können, deren Exportvolumen weitgehend aufrecht erhalten wird.

3. Anwendungen.

Die Beleuchtung.

Von Otto Rüegg, Zürich.

628.9

Die wichtigsten Eigenschaften und Entwicklungstendenzen der modernen Lichtquellen (Glühlampen und Gasentladungslampen) und der Stand und die Aufgabe des Leuchtenbaues werden umrissen. Weiter wird über den Stand der Anwendung der Beleuchtung im Heim, in Industrie und Gewerbe und im Verkehr berichtet.

L'auteur esquisse les principales propriétés des sources modernes de lumière (lampes à incandescence et à décharge), en rappelle les tendances du développement et fixe l'état actuel et les problèmes de la construction des luminaires. Il décrit ensuite les applications de l'éclairage dans le ménage, dans l'industrie et l'artisanat, et dans le trafic.

Die elektrische Beleuchtung nimmt innerhalb des künstlichen Lichtes eine Monopolstellung ein und gewinnt durch die anhaltende Entwicklung von Industrie und Gewerbe, durch den dichter und

schneller werdenden Verkehr und durch die Hebung der Lebensbedingungen immer grössere Bedeutung. Dieser Tatsache tragen die Kreise, die sich mit Beleuchtungsfragen beschäftigen, durch