

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 26 (1935)  
**Heft:** 10

**Artikel:** Über die Möglichkeiten lichtelektrischer Mess- und Steuerungsmethoden  
**Autor:** Keller, Hartmut  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058453>

### **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>**

## Ueber die Möglichkeiten lichtelektrischer Mess- und Steuerungsmethoden.

Von Hartmut Keller, Zürich.

621.383.9

Es wird ein Ueberblick über die technischen Anwendungen lichtelektrischer Zellen gegeben. Behandelt werden unter anderen: Raumschutz, Steuerung von Vorgängen durch mechanische Glieder, denen selbst keine Energie entnommen werden kann, automatische Waagen, Verpackungs- und Sortiermaschinen, Schneidmaschinen, Ueberwachung und Regelung der Materialzufuhr an Maschinen, Unfallschutz, Eisenbahnsicherung, Niveauekontrolle, Zählung von Vorgängen und Objekten, automatisches Schalten der künstlichen Beleuchtung in Abhängigkeit von der Tageshelligkeit, Ueberwachung und Steuerung chemischer Vorgänge, Regelung der Belichtung bei photochemischen Prozessen, Messung optischer Eigenschaften, Messung sehr kleiner Bewegungen, Messung von Strömungsgeschwindigkeiten, Messung des Durchmessers feiner Drähte und des Inhaltes unregelmässiger Flächen.

L'auteur donne un aperçu des applications techniques des cellules photoélectriques. Il traite entre autres les cas suivants: protection des locaux, commande par moyens mécaniques incapables par eux-mêmes de fournir de l'énergie, balances automatiques, plieuses et trieuses, mécanismes coupants, surveillance et réglage de l'alimentation des machines en matière, protection contre les accidents, dispositifs de sécurité pour les chemins de fer, contrôle du niveau, comptage de mouvements et d'objets, enclenchement automatique de l'éclairage artificiel en fonction de l'intensité de la lumière du jour, surveillance et commande de réactions chimiques, réglage de la durée d'exposition dans les processus photochimiques, mesure de propriétés optiques, mesure de très faibles mouvements, mesure de vitesses d'écoulement, mesure du diamètre de fils très fins et de la superficie de surfaces irrégulières.

Seit etwa fünf Jahrzehnten sind lichtelektrische Zellen und ihre technischen Anwendungen Gegenstand zahlreicher Arbeiten, die sich in einer umfangreichen Patentliteratur widerspiegeln, wobei fast jede erdenkliche Anwendung schon vorgeschlagen wurde. Jedoch fanden diese Vorschläge bis vor kurzem keinen Weg in die Praxis. Ursache war, dass die wesentlichsten Grundbedingungen, nämlich einwandfreie Zellen und zuverlässige, für die Praxis geeignete Schaltungen noch nicht vorlagen. Beide Bedingungen wurden erst in den letzten Jahren erfüllt. An den Fortschritten der Technik des Tonfilms sowie der Bildübertragung und des Fernsehens haben die lichtempfindlichen Zellen teilgenommen. Man verfügt heute über zahlreiche Typen<sup>1)</sup>, die Lösungen fast aller der in Frage kommenden Probleme zulassen, wozu noch die in den letzten Jahrzehnten weit fortgeschrittene Verstärkertechnik Hilfsmittel bietet. Damit ist ein neues Zweiggebiet der Elektrotechnik, die elektro-optische Mess- und Steuerungstechnik zu einer Bedeutung gekommen, die zweifellos zunehmen und erst in kommenden Jahren wirklich übersehbar sein wird. So hat die Aeusserung, dass die letzten Jahrzehnte dem «elektrischen Ohr», die kommenden dem «elektrischen Auge» gewidmet sein werden, mehr als schlagwortmässige Bedeutung.

Im folgenden soll ein Ueberblick über die vielseitigen Möglichkeiten der technischen Anwendungen lichtelektrischer Zellen gegeben werden. Grundsätzlich kommen elektro-optische Anlagen, bzw. Apparaturen immer dort mit Erfolg zur Anwendung, wo technische Massnahmen besondere Anforderungen an den Gesichtssinn der menschlichen Arbeitskraft stellen und dort, wo die materiellen Eigenschaften technischer Mittel — z. B. Fühlhebel — nachteilig ins Gewicht fallen. Im erstern Falle ersetzt man den mit subjektiven Einflüssen belasteten Gesichtssinn der menschlichen Arbeitskraft durch die rein objektiv arbeitende lichtelektrische Zelle. Im zweiten Falle wird das materielle technische Mittel durch einen von allen Eigenschaften der

Materie freien Lichtstrahl ersetzt. Beide erwähnten Umstände sind denkbar weitläufig in allen Gebieten der Technik anzutreffen.

### Lichtrelais.

Die einfachste elektro-optische Anordnung ist das Lichtrelais, welches aus der Zelle und einem Relais besteht, wobei eventuell ein Verstärker zwischengeschaltet ist. Das Relais spricht an, entweder wenn die Zelle beleuchtet oder wenn sie verdunkelt wird, je nachdem die praktische Anwendung es for-

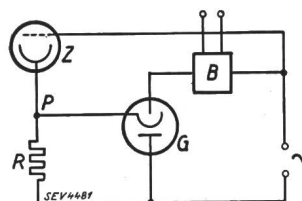


Fig. 1.

- Z Photozelle.
- R Widerstand.
- G Glimmrelais.
- B Betätigungsapparat.

dert. Die Schaltmöglichkeiten sind umfangreich; sie hängen wesentlich von der verwendeten Zellenart ab. Gegenwärtig kommen in erster Linie Photozellen in Frage, welche die höchsten Steuerspannungen abgeben können. Selen-Widerstandszellen sind zwar ohne weiteres ebenso leistungsfähig, aber nicht gleich zuverlässig. Photoelemente (Sperrschichtzellen) geben wesentlich kleinere Spannungen, jedoch Ströme, die zur Betätigung höchstempfindlicher elektro-mechanischer Relais ausreichen. Häufig sind diese für die Praxis zu erschütterungsempfindlich. Deshalb sind allgemein durch Photozellen gesteuerte Elektronen- oder Gasentladungsröhren zweckmässig, die ihrerseits auf gröbere elektro-mechanische Relais oder Schaltschützen arbeiten.

Fig 1. zeigt ein Schaltungsbeispiel. Die Photozelle Z ist in Reihe mit einem Widerstand R gelegt. Bei Belichtung verschiebt sich das Potential des Punktes P in Richtung positiver Werte, wodurch die kritische Spannung der Zündelektrode des Glimmrelais G erreicht wird, die Entladung zwischen Anode und Kathode desselben einsetzt und das Relais anspricht. Man kann so mit Photoströmen bis herab und zu etwa  $10^{-10}$  A Ströme bis maxi-

<sup>1)</sup> Ueber Photozellen wurde im Bull. SEV 1935, Nr. 3, S. 79, kurz berichtet.

mal 40 mA (zur Betätigung des elektro-mechanischen Relais im Anodenkreis) auslösen. Vertauscht man Z und R, so spricht das Relais auf Verdunklung der Zelle an. Diese Schaltung ist mit einigen Aenderungen auch für Gleichstrombetrieb anwendbar. An Stelle des Glimmrelais kann eine Thyatron-Röhre Verwendung finden; nur erfordert dabei die Steuerelektrode eine negative Vorspannung.

Anwendung finden die Lichtrelais ausser den vielfach bekannten Möglichkeiten für Feuer- und Einbruchsalarm besonders zur Steuerung von Vorgängen durch mechanische Glieder (Spiegel, Schattenkörper), denen selbst keine Energie entnommen werden kann. Als Beispiel sei der Lichtzeiger-Kontakt genannt, und zwar als Anwendung bei einer im Laboratorium gern benutzten Einrichtung (Fig. 2). Dabei wird irgendein Vorgang dauernd durch ein Drehspiegel-Galvanometer, -Elektrometer oder sonst ein Instrument mit Lichtzeiger überwacht. Das Lichtrelais spricht an, sobald der Drehspiegel die

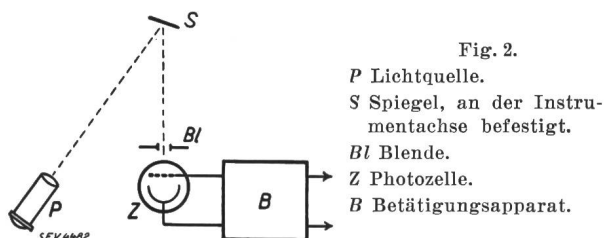


Fig. 2.

- P Lichtquelle.
- S Spiegel, an der Instrumentachse befestigt.
- BI Blende.
- Z Photozelle.
- B Betätigungsapparat.

vorgeschriebene Stellung verlässt, bzw. sobald er in die vorgeschriebene Stellung kommt. Das Relais kann dann über elektro-mechanische Einrichtungen Vorgänge auslösen, steuern oder dergleichen, je nachdem das die betreffenden Umstände erfordern. Die Genauigkeit hängt bei sonst gegebenen Verhältnissen von der Länge und dem Durchmesser des Lichtzeigers ab. Durch optische Hilfsmittel ist es möglich, den Lichtstrahl auch bei grösserer Länge auf einen kleinen Raum zusammenzudrängen und dadurch trotz kleiner Abmessungen der Einrichtung den kritischen Winkel auf 1 bis 2 Winkelgrade zu begrenzen. Bei etwas grösserem optischen Aufwand (Verwendung von Gitterblenden) kann diese Grenze noch recht weitgehend herabgesetzt werden<sup>2)</sup>.

In entsprechender Weise kann nicht nur ein Spiegel, sondern ebenso leicht ein schattengebendes Organ in einer kritischen Lage kontrolliert oder zur Steuerung von anderen Mitteln herangezogen werden.

Für nicht ganz so einfache Verhältnisse bedient man sich des Mitläuferprinzipes, bei welchem die Zelle zunächst einen Mechanismus steuert, der sie selbst oder ein optisches Hilfsmittel (Spiegel, totalreflektierendes Prisma) den Bewegungen des Lichtzeigers nachführt. Dadurch ist Fernablesung möglich, ohne dass dem abzulesenden Organ irgend-

<sup>2)</sup> Mit ähnlichen Mitteln kommt man zu einem sehr leistungsfähigen Apparat zur Vergrösserung kleiner Drehbewegungen (nach Bergmann). Ersetzt man das Relais durch ein Messinstrument, so ist erreichbar, dass dessen Zeiger die Drehbewegungen des Spiegels mehrere tausendmal vergrössert wiedergibt.

welche Energie entzogen wird. Bei Anwendung des lichtelektrischen Mitläuferprinzipes auf Waagen ist es leicht möglich, z. B. eine Druckvorrichtung für das Wägungsergebnis zu steuern, ohne dass dem System der Waage Energie entnommen würde. Das Verfahren würde also selbst auf Präzisionswaagen anwendbar sein. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Fernablesung von Wasserstandsmessern, besonders an Hochdruckkesseln. Dazu ist besonders hervorzuheben, dass man mit den lichtelektrischen Methoden auch in der Lage ist, das Niveau von Schaum und von sichtbaren Gasen oder Dämpfen zu überwachen, um beim Ueber- oder Unterschreiten automatisch gewisse Massnahmen einzuleiten. Auch auf Rotamesser<sup>3)</sup> wird das Verfahren des elektro-optischen Mitläufers angewandt. Mechanische Mittel zur Feststellung der Höhe des Prüfkörpers würden hier die Strömungsverhältnisse beeinflussen. Die elektro-optischen Mittel jedoch können praktisch beliebig vom Prüfkörper entfernt angeordnet werden; sie erfordern keinerlei mechanische Verbindung mit demselben, da sie ihn nur zufolge seiner Schattenwirkung kontrollieren. Fernablesung, Registrierung und Durchführung beliebiger Steuerungen, je nach der augenblicklichen Strömungsgeschwindigkeit, können automatisch vorgenommen werden.

Beim Mitläuferprinzip ist grundsätzlich eine, wenn auch meistens unwesentliche, zeitliche Nach-eilung des Ergebnisses in bezug auf den Zustand unvermeidlich. Es wurden deshalb vervollkommnete Methoden entwickelt, die praktisch jede Zeitdifferenz ausschliessen.

Das Lichtrelais hat auch einige Probleme der Verpackungstechnik erst lösbar gemacht. Bei Etiketten- und Banderole-Zerschneidmaschinen fällt es nicht leicht, dass der Schnitt automatisch immer genau die Trennungslinie trifft. Man konstruierte deshalb Einrichtungen, bei denen der Aufdruck lichtelektrisch durch einen Lichtstrahl «abgetastet» wird, wobei im entsprechenden Moment der Zerschneidemechanismus durch die Photozelle ausgelöst wird, welche von den bedruckten Stellen weniger Licht erhält, als von den unbedruckten. Besondere Bedeutung hat das für Maschinen, welche Gegenstände in bedrucktes Zellophan einpacken. Dieses Verpackungsmaterial verzieht sich bekanntlich in hohem Masse in Abhängigkeit von der Luftfeuchtigkeit. Eine automatische Regelung des Vorschubes, welche den Schnitt immer genau zwischen zwei Aufdrucke bringen soll, ist mit mechanischen Mitteln unmöglich, durch elektro-optische Abtastung in der eben angedeuteten Weise jedoch durchführbar. Ein weiteres Problem der automatischen Verpackung, welches erst durch Anwendung der lichtelektrischen Zelle gelöst wurde, ist die sog. Spiegellegung der Zigaretten. Es wird bekanntlich verlangt, dass Zigaretten in Schachteln so verpackt

<sup>3)</sup> Das sind Instrumente zur Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit von Flüssigkeiten und Gasen, bei denen ein entsprechend geformter Probekörper innerhalb eines passend geformten Rohres um so höher steigt, je grösser die Strömungsgeschwindigkeit ist.

werden, dass der Aufdruck immer «an der richtigen Stelle» liegt. Die lichtelektrische Einrichtung ist hier so, dass das von der Zigarette zurückgeworfene Licht auf die Zelle fällt. Diese wird also — wenn der Aufdruck nach oben liegt — etwas weniger belichtet als im anderen Falle. Liegt die Zigarette falsch, so bekommt die Zelle «zuviel» Licht, und sie steuert dann einen Mechanismus, der die Zigarette umlegt.

Einen Abtastprojektor, der für die eben genannten und für ähnliche Zwecke in Frage kommt, zeigt

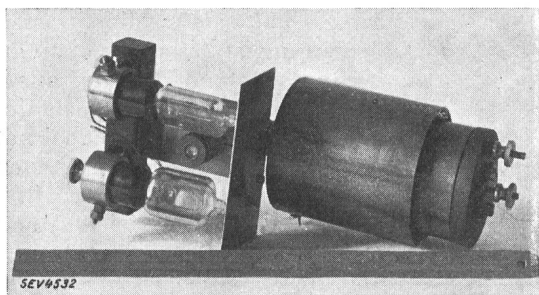


Fig. 3.  
Abtastprojektor.

Fig. 3. Man erkennt im linken Teile in der Mitte die Lichtquelle, die das Prüfobjekt belichtet. Auf beiden Seiten derselben sind je eine Photozelle angeordnet, auf die das vom Prüfobjekt zurückgeworfene Licht fällt.

#### Lichtschranken.

Bei den Lichtschranken sind Lichtquelle und Zelle ortsunveränderlich und mit je einer präzisen Optik ausgestattet, welche bei der Lichtquelle eine auch auf grössere Entfernungen exakt parallele, also weder divergente noch konvergente Lichtstrahlung bezweckt, und welche an der Zelle den Einfluss von Seitenlicht (besonders Tageslicht) ausschliesst.

Am bekanntesten ist die Anwendung der Lichtschranken für den Raumschutz<sup>4)</sup>. Sobald jemand in den Lichtstrahl tritt, wird die Zelle verdunkelt und löst eine Alarmvorrichtung oder dgl. aus. Der Lichtstrahl wird dabei mit Hilfe von Spiegeln kreuz und quer durch den Raum geführt, die Apparate sind verdeckt eingebaut und es kommt unsichtbares (infrarotes) Licht zur Anwendung. Selbst wer die Einrichtung kennt, kann nicht unbemerkt eindringen, denn der naheliegende Gedanke, etwa mit Hilfe einer mitgebrachten Lichtquelle die Zelle unabhängig vom Lichtstrahl im Raum zu beleuchten, ist selbst dann nicht durchführbar, wenn man den Standort der Zelle genau kennt. Bei den modernen Einrichtungen ist nämlich die Optik so gut, dass der Lichtstrahl auf 1 bis 2 Winkelgrade genau einfallen muss. Diesen Winkel zu finden, ohne dass dabei die Zelle einmal ungenügend Licht erhält, ist unmöglich, erfordert ja schon die Montage einige Uebung, den Lichtstrahl zu richten, wobei man sich häufig noch besonderer Hilfsmittel am Zellengehäuse bedient. Eine andere Methode verwendet kein so exakt

gerichtetes, dafür aber ein rhythmisch unterbrochenes Licht. Erwähnt sei noch, dass bereits Ende des Weltkrieges (1917) die Hafeneinfahrt von Kronstadt durch eine 10 km lange, mit sichtbarem Licht arbeitende Lichtschranke erfolgreich überwacht wurde.

Für Reklamezwecke, zum Zählen von Gegenständen am laufenden Band oder auf Transporttischen, zur Verkehrszählung von Personen und Fahrzeugen benutzt man ebenfalls Lichtschranken. Die Zelle betätigt dabei ein Zählwerk. Hervorzuheben ist, dass es gelingt, zwischen Personen, Fahrzeugen usw. elektro-optisch zu unterscheiden und ebenso zwischen den Fahrtrichtungen. Beim Zählen von Gegenständen ist gegenüber Fühlhebeln als Vorteil zu erwähnen, erstens die Möglichkeit, sehr empfindliche Objekte zu zählen, die durch Fühlhebel beschädigt würden, zweitens sind grössere Geschwindigkeiten erreichbar, bis mehr als 2000 pro Minute.

Zur Verkehrsregelung kann man Lichtschranken an Strassenkreuzungen verwenden, welche die Querichtung automatisch sperren, sobald sich in der Längsrichtung ein Fahrzeug nähert. Der Lichtstrahl ist dabei Kontaktschienen, Druckschläuchen usw. überlegen, weil er keiner Abnutzung unterliegt und von der Witterung nicht so leicht gestört wird (Hitze, Eis, Schnee). Ein umfangreiches Anwendungsgebiet finden Lichtschranken für das Sicherungswesen der Eisenbahn, worüber z. B. die Deutsche Reichsbahn schon vielseitige Versuche unternommen hat. Als Beispiel sei erwähnt, dass es nicht nur möglich ist, das Ueberfahren von Haltesignalen usw., sondern auch das zu schnelle Befahren von Streckenteilen, wie Baustellen und Brücken zu überwachen, zum Signalisieren oder zu Steuerungen, wie z. B. automatischer Bremsen, Lichtschranken heranzuziehen.

Weiterhin finden Lichtschranken Anwendung bei Sortiermaschinen für Objekte verschiedenster Art nach Grösse, Farbe, Gewicht oder dgl.

Zur Regelung der Materialzufuhr an Maschinen oder überhaupt in Fabrikationsprozessen haben bereits zahlreiche Lichtschranken den Weg in die Praxis gefunden. Beispielsweise hat man in grösseren Lackierereien, wo Objekte am laufenden Band, auf Rollen, Wagen oder dgl. zu den Lackierstellen gelangen, Interesse daran, dass während der Bearbeitung eines Stückes nicht ein zweites nachgeschoben wird, weil der Zusammenstoss mindestens die Beschädigung der noch frischen Lackierung, wenn nicht noch weiteren Schaden zur Folge hätte. Eine Lichtschranke sorgt hier automatisch dafür, dass — solange ein Stück sich auf dem Arbeitsplatz befindet — ein etwa nachkommendes zweites Stück auf eine Art «Nebengleis» geführt wird. Die Zelle betätigt hier also eine Weiche. Entsprechend lässt sich bei Maschinen die Materialzufuhr automatisch regeln oder die Maschine anhalten, wenn die Materialzufuhr unterbrochen wird. Dabei ist der Wert elektro-optischer Einrichtungen in den Fällen besonders gross, in denen der Zustand oder die Eigenschaften des Materials die Anwendung von Fühl-

<sup>4)</sup> Siehe Bull. SEV 1933, Nr. 23, S. 595.

hebeln nicht ermöglichen, wie z. B. bei frisch lackierten, sehr empfindlichen oder leicht verformbaren Stücken. So kann man eine noch feuchte Materialbahn (z. Papierbahn), die durch Fühlhebel beschädigt würde, ohne weiteres durch einen Lichtstrahl abtasten und überwachen, um etwa bei ihrem Zerreißen über Schaltschützen die Maschine anzuhalten oder andere Massnahmen einzuleiten.

Zur Verhütung von Betriebsunfällen bringt man Lichtschranken so an, dass z. B. die Hand des Arbeiters an der gefährlichen Stelle den Lichtstrahl unterbricht und damit die Zelle beschattet, welche über Relais Warnungssignale abgibt oder den Mechanismus anhält. Bei Stanzen wird durch eine Photozellen-Apparatur der Mechanismus arretiert, solange sich die Hand der Arbeiterin an der gefährlichen Stelle befindet. In entsprechender Weise können natürlich auch grössere Anlagen durch Lichtstrahlen gesichert werden. Als weiteres Beispiel dazu sei bemerkt, dass die Radio-City, New York, an ihren Fahrstühlen fast hundert Lichtschranken anbringen liess, welche den Fahrstuhl anhalten, sobald sich eine Person in der Türöffnung befindet. Der Vorteil lichtelektrischer Unfallschutzeinrichtungen liegt darin, dass der Lichtstrahl, im Gegensatz zu mechanischen Mitteln den Arbeitenden in keiner Hinsicht im Wege ist. Um bei glänzenden Materialien störende Reflexe zu vermeiden, benutzt man unsichtbares (infrarotes) Licht.

#### Schwellwertschalter.

Durch elektrische oder mehr elektro-mechanische Mittel erreicht man, dass die Photozelle ein Relais betätigt, wenn die Helligkeit eine exakt definierte Schwelle über- oder unterschreitet. Den beiden Schwellwerten sind dabei praktisch kaum Grenzen gesetzt, und sie können bei gut durchkonstruierten Methoden bis auf weniger als 1 % genau festgehal-

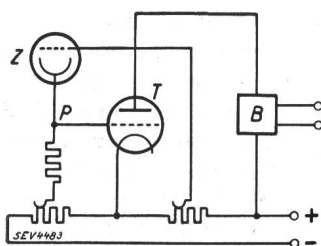


Fig. 4.

Z Photozelle.  
T Triode.  
B Betätigungsapparat.

ten werden. Eine einfache Schaltung für solche Zwecke, die allerdings eine wesentlich grössere Toleranz aufweist, zeigt Fig. 4. Je mehr die Zelle Z belichtet wird, um so positiver wird das Potential des Punktes P und um so stärker der Anodenstrom der Röhre. Der Schwellwert hängt wesentlich vom Betätigungsglied B ab; er lässt sich zudem in weiten Grenzen durch Verschieben der Abgriffe am Spannungsteiler verändern.

Am bekanntesten ist die Anwendung solcher Apparate zur automatischen Ein- und Ausschaltung der künstlichen Beleuchtung, und zwar weder in Abhängigkeit von einem «Brennkalender», noch nach den Messergebnissen einer bemannten Lichtwarte, son-

dern automatisch nach der augenblicklichen Helligkeit. Will man zahlreiche Steuerleitungen vermeiden, so muss man nach dem bisherigen System die Beleuchtung einer ganzen Stadt nach der Helligkeit im dunkelsten Stadtteile richten. Lichtelektrische Dämmerungsschalter kann man dagegen ohne besondere Kosten in jedem Stadtteile anbringen und dadurch die Kosten verfrühter und die Gefahren

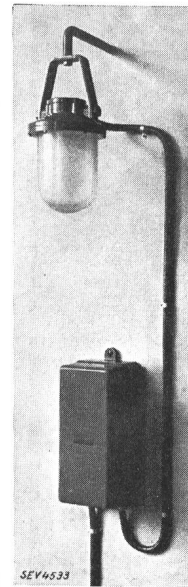


Fig. 5.  
Dämmerungsschalter für Strassenbeleuchtung;  
oben: Photozelle.

verspäteter Einschaltung am Abend vermeiden. Entsprechendes gilt natürlich für die Ausschaltung am Morgen. Der Wert solcher Dämmerungsschalter für die Strassenbeleuchtung ist besonders dann gross, wenn es sich um Städte grösserer Ausdehnung und weitauslaufende Vororte handelt, weil dabei natürlich das Wegfallen der Steuerleitungen am meisten ins Gewicht fällt und unbemannte Lichtwarten besonders erwünscht sind. Einen Dämmerungsschalter, der in verschiedenen Großstädten des Auslandes bereits Einführung gefunden hat, zeigt Fig. 5. Dessen Schaltung ist ein elektrometrisches Prinzip zugrunde gelegt. Solche Dämmerungsschalter finden auch in Fabriken, sowohl im Freien, als auch in Arbeitssälen Verwendung. Bemerkenswert ist, dass die in Fig. 5 gezeigte Ausführung in der Lage ist, bei einem grösseren oder kleineren Helligkeitswert einzuschalten und auszuschalten. Das erste wird bei der Beleuchtung von Arbeitssälen, das zweite im Freien verlangt, auf Grund der physiologischen Verhältnisse.

Sehr umfangreich ist die Anwendung von Schwellwertschaltern in der chemischen Industrie, wobei man dann unter Zuhilfenahme einer Lichtquelle Trübungen und Färbungen sowie unter Zuhilfenahme chemischer Indikatoren Alkalität und Acidität überwacht und beim Ueber- oder Unterschreiten gegebener Grenzen Steuerungen auslöst. Auf ähnlichem Prinzip beruhen elektro-optische Rauchmelder und Rauchgasprüfer.

#### Messgeräte.

Luxmeter mit lichtelektrischer Zelle sind bekannt<sup>5)</sup>. Die allgemein üblichen Ausführungen bestehen aus einem Photoelement und einem Galvanometer; sie haben den Nachteil eines verhältnismässig hohen Temperaturkoeffizienten. Für exakte Messungen kommen in erster Linie Photozellen (Vakuumzellen) in Frage, die besonders bei Anwendung elektrometrischer Methoden zu sehr hoher Genauigkeit und grossem Messbereich geeignet sind. Die Ergebnisse stimmen mit denen visueller Messungen nur dann überein, wenn durch Farbfilter die Farbempfindlichkeit der Zelle der des Auges ent-

<sup>5)</sup> Vgl. z. B. Bull. SEV 1933, Nr. 25, S. 663.

sprechend angepasst wird. Durch weitere optische Hilfsmittel dienen solche Einrichtungen zur Bestimmung von Transparenz und Glanzdekrement. Dagegen ist die objektive Farbmessung nach wie vor ein keineswegs einfaches Problem, wenn sie hohe Anforderungen erfüllen soll.

Eine in der grundsätzlichen Wirkungsweise einfache Schaltung zur Messung geringster Helligkeiten ist die in Fig. 6 dargestellte Rosenberg-Schal-

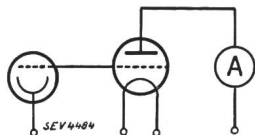


Fig. 6.  
Rosenberg-Schaltung eines  
Luxmeters.

tung, die beispielsweise für Sternphotometrie benutzt wird. So einfach ihre Wirkungsweise zu übersehen ist, so bietet ihre praktische Verwendung besondere Vorkehrungen und Erfahrungen, weshalb man häufig Gleichstromverstärker mit mehreren Stufen vorzieht. Eine Schaltung, mit der sich noch Lichtströme von etwa  $10^{-8}$  Lumen mit dem Milliampèremeter messen lassen, zeigt Fig. 7.

Ein in der Technik häufig vorliegender Fall ist die Erfassung von Lichtmengen, d. h. die Integration über das Produkt aus Helligkeit und Zeit. Bei Photographischen Kopierprozessen zur Herstellung von Klischees handelt es sich um dieses Problem. Da die Lichtquelle (Bogenlampe) dabei während der Belichtung in ihrer Helligkeit in kaum kontrollierbarer Weise dauernden Schwankungen unterliegt, ist die Belichtung nach Zeit zu wenig exakt. Erst die Photozelle bietet eine Möglichkeit, Lichtmengen genau zu erfassen. Grundsätzlich wird dabei so vorge-

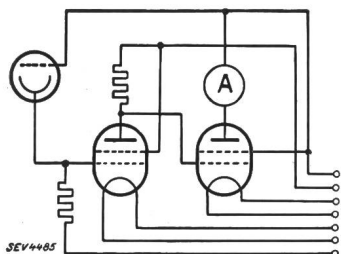


Fig. 7.  
Schaltung eines Instru-  
mentes zum Messen von  
Lichtströmen von  
10 Lumen.

gangen, dass ein Kondensator über eine im Sättigungsbereich arbeitende Photozelle aufgeladen oder entladen wird. Bei gegebener Apparatur und gegebenen Betriebsspannungen entspricht dabei jede am Kondensator sich einstellende Spannung einer be-

stimmten applizierten Lichtmenge. Die technischen Apparate dieser Art sind so eingerichtet, dass über einen Schaltschützen die Lichtquelle automatisch abgeschaltet wird, sobald die Belichtung beendet ist. Fig. 8 zeigt eine Schaltung für solche Zwecke, wobei ein Thyatron verwendet wird. Ein solcher Apparat reagiert ganz unabhängig vom zeitlichen Verlauf der Helligkeit nur auf die Lichtmenge. Die technischen Schwierigkeiten der Lösung dieser Aufgabe sind im wesentlichen darin zu sehen, dass ein Ausgleich der Ladung des Kondensators über die niemals vollkommene Isolation sehr weitgehend vermieden werden muss. (Es handelt sich um Kapazitäten der Grössenordnung 500 cm.) — Aehnliche Apparate benutzt man bekanntlich in der Röntgentechnik, besonders bei der Therapie, um, unabhängig von Intensitätsschwankungen eine bestimmte Strahlungs-dosis applizieren zu können. Dabei kommen jedoch an Stelle von Photozellen Ionenkammern in Frage. Photozellen sind für solche Zwecke zu verwerfen, da sie infolge ihrer Wellenlängenabhängigkeit eine ernstliche Gefahr darstellen, es sei denn, man bediene sich besonderer Mittel.

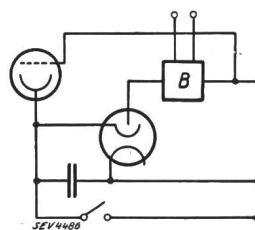


Fig. 8.  
Belichtungsmesser.

Weiterhin gehört in das Gebiet der Messtechnik noch die Bestimmung des Inhaltes unregelmässiger Flächen. Man verwendet eine lichtelektrische Zelle grundsätzlich dadurch als Planimeter, dass man die zu bestimmende Fläche als Schattenkörper in den Lichtweg zwischen Lichtquelle und Zelle bringt. Der Photostrom lässt dann nach entsprechender Eichung genau auf die Fläche des Schattenkörpers schliessen, unabhängig von den Unregelmässigkeiten dessen Randkurve. Zur laufenden Messung des Durchmessers feiner Drähte (die bei Messung mit dem Mikrometer leicht verformt würden, und z. B. in Hochfrequenzlitzen und Messinstrumenten Verwendung finden) projiziert man diese mit Hilfe einer Optik auf die Kathode einer lichtempfindlichen Zelle und kann damit vom Zellenstrom auf den Durchmesser schliessen. Voraussetzung ist dabei, dass die betreffende Zelle eine über die Kathodenfläche konstante Empfindlichkeit aufweist. Praktisch benutzt man hierfür Sperrsichtzellen.

## Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

### Elektrisch geheizte Retorten für die Leuchtgaszerzeugung.

621.364.6:665.7.041.46

Mittlergrosse Retorten gewöhnlicher Bauart brauchen bis 18 kg Koks für die Destillation von 100 kg Kohle. Es können somit von den 70 kg Koks, die man aus 100 kg Kohle erhält, nur 52 kg vom Gaswerk verkauft werden. Die andern 18 kg Koks dienen zur Heizung der Retorten; deshalb kann es für kohlenarme, aber an elektrischer Ueberschussenergie reiche Länder interessant sein, diesen Koks durch billige elektrische Energie zu ersetzen.

Die ersten Versuche in dieser Richtung wurden 1910 vom Gaswerk Lecco (Italien) in sehr kleinem Maßstab gemacht. 1931 unternahm die Detroit Edison Co. Versuche mit Retorten von 100 kg, dann 1500 und 30 000 kg Inhalt; trotz der befriedigenden Resultate wurden sie nicht weitergeführt, da in der Nähe der Stadt Erdgasquellen aufgeböhrt worden waren.

1933 führte die A.-G. Brown, Boveri & Cie. in Baden Versuche mit einer Retorte von 300 kg Inhalt aus. Zweck dieser Versuche war, das Verfahren rein prinzipiell abzuklären. Diese Retorte besteht aus einem vertikal stehenden