

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 66 (1948)
Heft: 15: Schweizer Mustermesse Basel, 10.-20. April 1948

Artikel: Neuzeitliche optische Steuerungen
Autor: Stieger, J. A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-56702>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 19.04.2026

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

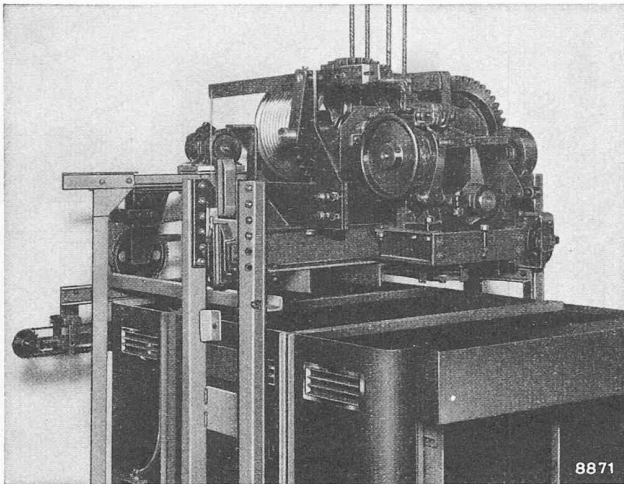


Bild 17. Vorrichtung zum Absenken der Kabine

11. Die Fangvorrichtung

Jede Liftkabine, die von Menschen betreten werden kann, muss nach Vorschrift an mindestens zwei Tragorganen hängen, von denen jedes für sich in der Lage ist, die volle Last aufzunehmen. Trotzdem ist noch eine weitere Sicherheits-einrichtung gegen Absturz vorhanden: die Fangvorrichtung. Diese ist an der Kabine befestigt und klemmt sich mittels verzahnten Keilen, Klemmrollen oder glatten Klemmböcken an den Führungen fest, wenn die Kabine bei der Abwärts-fahrt die Normalgeschwindigkeit um 30 bis 40% überschreitet. Das Abfangen muss ohne zu starken Stoss erfolgen, damit im Fahrstuhl sich befindende Personen keinen Schaden nehmen. Für kleinere Geschwindigkeiten verwendet man z. B. Fangvorrichtungen mit verzahnten Keilen nach Bild 18.

Betrachten wir einen Aufzug mit einer Fahrgeschwindigkeit von $v = 1,0$ m/s. Nach Vorschrift müssen die Fangkeile bei diesem Aufzug spätestens bei einer maximalen Geschwindigkeit von 1,4 m/s mit der Abbremsung beginnen. Der Fangbremsweg beträgt erfahrungsgemäss für verzahnte Keile $s = 2$ cm. Die mittlere Verzögerung berechnet sich aus der Formel $a = \frac{(1,4v)^2}{2s}$ für diesen Fall zu 49 m/s². Dieser Wert erscheint zwar hoch, ist aber zulässig, da wegen der Elastizität der menschlichen Organe diese Verzögerung nicht voll auf sie einwirkt.

Anders verhält es sich bei grösseren Fahrgeschwindigkeiten; bei beispielsweise 2,0 m/s würde die Verzögerung bereits einen Wert von 196 m/s² erreichen. Mit der Pufferfang-

vorrichtung Bild 19 lässt sich der Fangbremsweg stark vergrössern, ohne von den bewährten Fangkeilen abgehen zu müssen. Diese Fangkeile sind an einem Fangrahmen befestigt, der durch Oelpuffer mit der Kabine verbunden ist. Fährt die Kabine aus irgend einem Grunde zu rasch abwärts, wird das Gestänge durch einen im Maschinenraum angeordneten Geschwindigkeitsregulator betätigt und bringt die verzahnten Keile an den Führungen zum Eingriff. Während so der Fangrahmen rasch zum Stillstand kommt, bewegt sich die Kabine noch um den Weg des Puffers weiter, also mit mässiger Verzögerung. Diese kann auf einen während des ganzen Vorganges konstanten Wert eingestellt werden. Ist z. B. der totale Bremsweg $s = 35$ cm, so beträgt die Verzögerung der Kabine bei einem Aufzug mit 2,0 m/s Fahrgeschwindigkeit nur noch 11,2 m/s². Eine Kontaktanordnung sorgt dafür, dass die Aufzugsteuerung unterbrochen und die Maschine abgestellt wird, wenn die Fangvorrichtung zur Wirkung kommt. Das selbe tritt ein, wenn sich ein Tragseil unzulässig dehnt, oder die Seile schlaff werden. Besonders hervorzuheben ist die zwangläufige Verbindung der Fangkeile, die ein gleichzeitiges Angreifen beider Keile ermöglicht. Bei nur einseitigem Fangen bestünde die Gefahr, dass sich der Fangrahmen und die Kabine deformieren.

Die Kabine ruht auf der Fangvorrichtung. Würde sie an ihr hängen, könnte sie trotz richtiger Funktion der Fangvorrichtung wegen Lösen ihrer Verbindung mit dieser abstürzen. Fährt die Kabine aus irgend einem Grund auf dem untersten Boden auf, so nimmt der Oelpuffer den entstehenden starken Stoss auf und verhindert Beschädigungen an der Anlage.

Neuzeitliche optische Steuerungen

DK 621.383

Von J. A. STIEGER, Ingenieur der Telion AG., Zürich

Optische Steuerungen beruhen auf der Lichtempfindlichkeit von Empfängergeräten, in denen sich durch den Lichteinfluss eine auswertbare elektrische Grösse ändert. Als Empfänger kommen zwei grundsätzlich verschiedene Geräte zur Anwendung, nämlich die Selenzelle und die Elektronenröhre. Die grosse, stets wachsende Bedeutung dieser technischen Hilfsmittel rechtfertigt eine Beschreibung ihrer Wirkungsweise und einiger typischer Anwendungsmöglichkeiten.

1. Die Selenzelle

Die Selenzelle besteht aus einer etwa 1 mm starken Eisen-scheibe a (Bild 1), auf der eine dünne Schicht Selen b aufgeschmolzen ist. Diese Schicht wird durch eine besondere Wärmebehandlung in die lichtelektrisch wirksame Modifikation des Selen übergeführt. Ueber die Selenoberfläche wird eine sehr dünne, gut lichtdurchlässige Haut c aus Edelmetall gelegt. Ein metallischer Ring d dient als elektrische Zuleitung

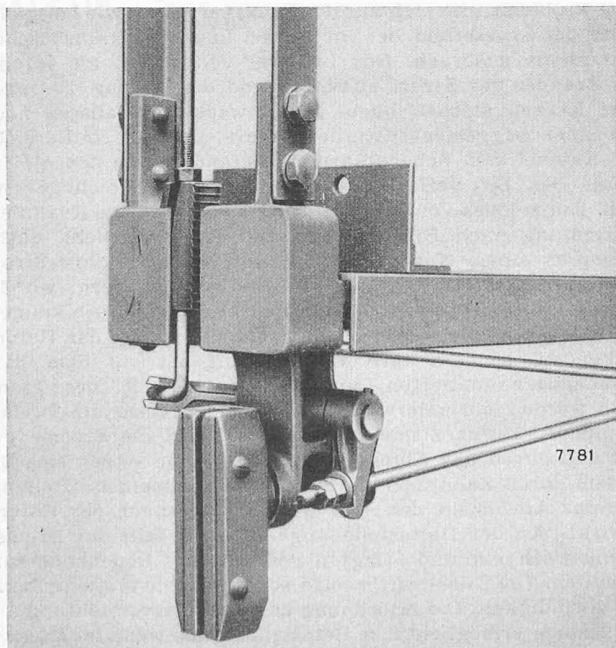


Bild 18. Keilfangvorrichtung

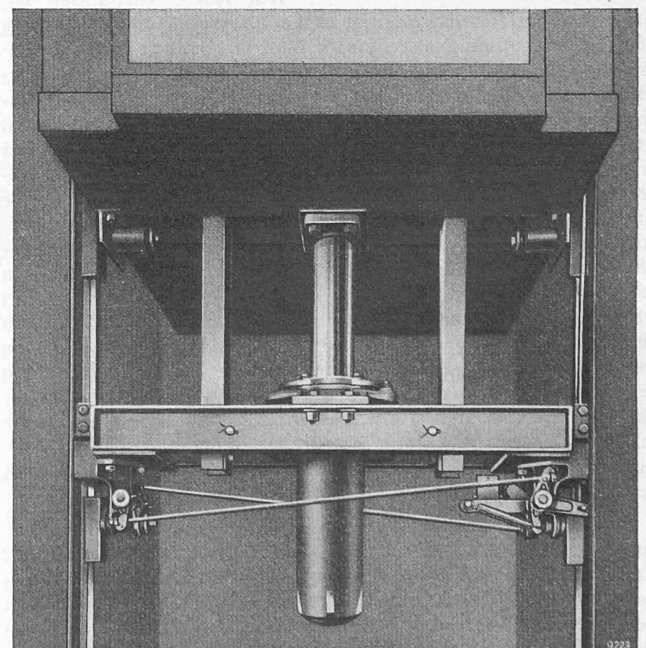


Bild 19. Pufferfangvorrichtung, Konstruktion Schindler

zur lichtdurchlässigen Vorderelektrode der Zelle, während die Trägerplatte a den zweiten Stromanschluss bildet. Zwischen der Selenoberfläche und der lichtdurchlässigen Elektrode liegt eine Sperrschicht.

Legt man an ein derart aufgebautes Element eine Gleichstromquelle so, dass der positive Pol an der Vorderelektrode c und der negative Pol an der Eisenplatte angeschlossen ist, so fliesst durch die Selenschicht in der Richtung vom positiven zum negativen Pol nur ein sehr geringer Strom. Vertauscht man die Pole, so kommt ein sehr starker Strom zustande. Demnach treten unter dem Einfluss einer äusseren elektrischen Spannung Elektronen freiwillig nur von der Vorderelektrode c über die Sperrschicht zum Halbleiter Selen über, jedoch nicht umgekehrt. In Bild 1 ist die Durchlassrichtung mit einem Pfeil angegeben.

Dieses Verhalten der Selenzelle wird zum Gleichrichten von Wechselspannungen ausgenutzt. Man bezeichnet in diesem Falle die Zelle als Trockengleichrichter. Sie findet eine weitverbreitete Anwendung z. B. als Ladegleichrichter zum Laden von Autobatterien, in der Messtechnik sowie für andere Zwecke.

Tritt Licht durch die Elektrode c an das Selen, so werden im Selen Elektronen lichtelektrisch ausgelöst, die über die Sperrschicht zur Vorderelektrode c, also entgegen der Pfeilrichtung, übertreten. Die Selenzelle erzeugt auf diese Weise eine elektromotorische Kraft. Die Elektronen können zwar wieder von c nach b zurückfliessen; legt man aber an das Photoelement einen Stromkreis, etwa mit einem Galvanometer wie auf Bild 1 angegeben, so fliesst ein Teil der lichtelektrisch ausgelösten Elektronen als Photostrom durch diesen Kreis an ihren Ausgangsort im Selen zurück. Dieser Photostrom ist bei gegebener Belichtung umso grösser, je kleiner der Widerstand des Aussenkreises gegenüber dem der Sperrschicht in der Durchlassrichtung ist.

Es gibt Selenzellen von 15 bis rd. 100 mm Durchmesser mit wirksamen Flächen von 0,8 bis rd. 63 cm². Die Leerlaufspannung E_{∞} und der Photo-Kurzschlussstrom pro 1 cm² wirksamer Fläche verändern sich gemäss Bild 2 mit der Beleuchtungsstärke. Mit zunehmendem Widerstand im geschlossenen Stromkreis sinkt der Photostrom nach dem Ohm'schen Gesetz. Bild 3 zeigt die entsprechende Charakteristik für die Zelle von 45 mm Durchmesser mit rd. 11,5 cm² wirksamer Fläche. Für das selbe Element gibt Bild 4 den Verlauf des internen Widerstandes in Abhängigkeit der Beleuchtung; auffallend ist die starke Abnahme mit wachsender Beleuchtungsstärke. Die elektrische Leistung hängt von der Grösse des elektrischen Widerstandes ab und erreicht ein Maximum, wenn der Widerstand des Verbrauchers gleich dem internen Widerstand des Photoelementes ist. Bild 5 zeigt die elektrische Leistung verschiedener Zellen bei einer bestimmten Beleuchtung in Abhängigkeit des äusseren Widerstandes.

Das Selen-Photoelement eignet sich besonders gut für photometrische Zwecke, da es im ganzen Bereich der sichtbaren Lichtstrahlen empfindlich ist. Kurve a in Bild 6 zeigt die Empfindlichkeit eines solchen Elementes in Abhängigkeit der Wellenlänge im Vergleich zu der des menschlichen Auges für ein energiegleiches Spektrum (Kurve b) an. Man erkennt, dass auch im infraroten und ultravioletten Bereich ausnützbare Empfindlichkeiten vorhanden sind. Durch Vorschalten entsprechender Filter lassen sich je nach dem Verwendungs-

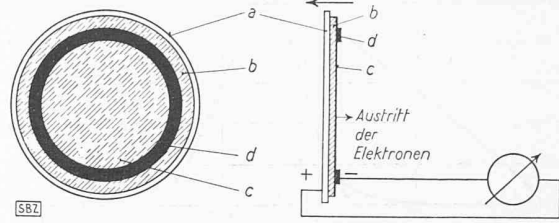


Bild 1. Selenphotoelement. a Eisenscheibe, b Selenschicht, c Edelmetallhaut, wirkt als Vorderelektrode, d Metallring zur Stromzuführung

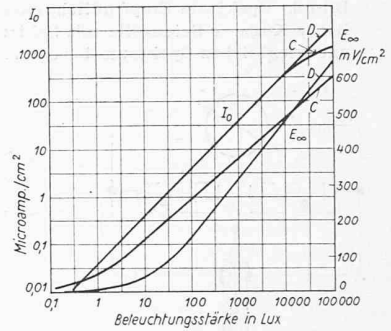


Bild 2. Leerlaufspannung E_{∞} und Photo-Kurzschlussstrom I_0 einer Photozelle von 1 cm² Fläche in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke (Kurven C Normalausführung, Kurven D Spezialausführung mit bestimmten Vorteilen gegenüber C)

zweck nicht gewünschte Bereiche abschirmen. So gibt es Filter, mit deren Hilfe die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges weitgehend erreicht wird, wie Kurve C zeigt.

Ausser der Messung der Beleuchtungsstärke, also der Verwendung als Photometer, eignet sich die Selenzelle u. a. zu folgenden Zwecken: Messen kleiner Drehbewegungen, z. B. Vergrössern eines Galvanometerauschlages, Fernanzeige von Messinstrumenten, lichttechnische Signal-, Raumschutz- und Zählanlagen usw.

Für die photometrische Vergleichung von zwei Lichtquellen eignet sich das Doppelphotometer. Es besteht aus zwei mit ihrer Rückseite aufeinander gelegten Selenphotoelementen, Bild 7, die zwischen die beiden zu vergleichenden Lichtquellen A und B gebracht werden. An ihren Aussen Elektroden wird ein Messinstrument mit möglichst grosser Stromempfindlichkeit als Nullinstrument angeschlossen.

Wenn beide Zellen die selbe Empfindlichkeit haben, stellt sich das Messinstrument nur dann auf Null ein, wenn sie gleich hell beleuchtet werden. Zum Ausschalten einer eventuellen Ungleichheit der Zellen vertauscht man entweder die Lichtquellen, oder man gleicht den Unterschied durch Regulierwiderstände aus, wozu der Mittelkontakt dient.

Beim Differentialelement sind zwei Elemente auf der selben Grundplatte, wie Bild 8 zeigt, nebeneinander angeordnet, so dass wiederum mit einer Nullschaltung Gleichheit der Beleuchtungsstärke festgestellt werden kann. Diese Anordnung eignet sich z. B. zum Messen kleiner mechanischer Verschiebungen.

2. Die Photo-Elektronenröhre

Die Elektronenröhre besteht im wesentlichen aus zwei Elektroden, die in einem evakuierten oder mit Gas gefüllten Glasballon eingeschlossen sind, Bild 9. Die als Schirm mit besonderem Oberflächenüberzug ausgebildete Kathode sendet Elektronen aus. Durch den auf die Kathode auftreffenden Lichtfluss wird der innere Widerstand der Röhre verkleinert.

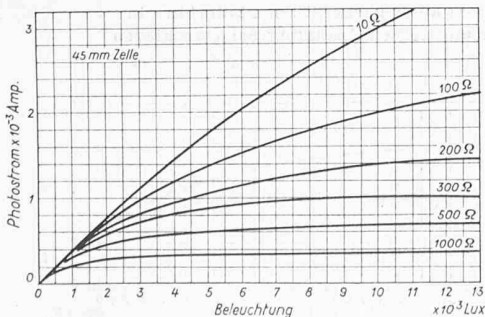


Bild 3. Photostrom einer Selenzelle von 11,5 cm² wirksamer Fläche in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke bei verschiedenen Widerständen im Verbraucherkreis

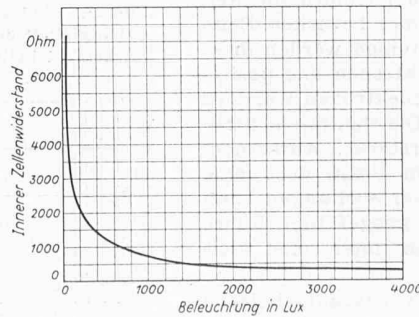


Bild 4. Innerer Zellenwiderstand einer Selenzelle von 11,5 cm² Fläche in Abhängigkeit der Beleuchtungsstärke

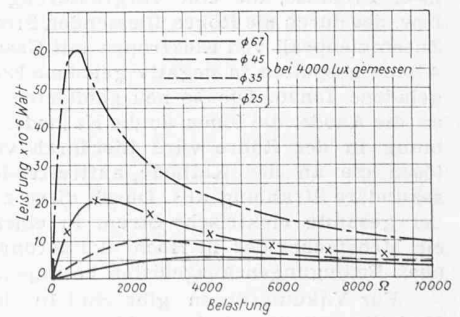


Bild 5. Elektr. Leistung verschiedener Selenzellen bei einer Beleuchtungsstärke von 4000 Lux in Abhängigkeit des Widerstandes im Verbraucherkreis

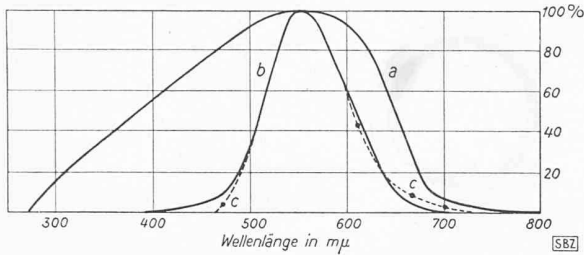


Bild 6. Spektrale Empfindlichkeiten. a Selenzelle, b menschliches Auge, c Selenzelle mit Schirm. Alle Kurven auf energiegleiches Spektrum bezogen

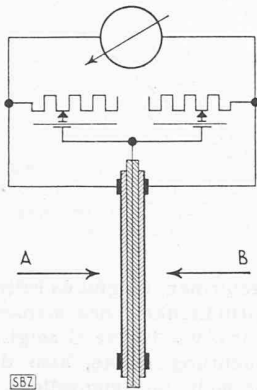


Bild 7. Doppel-Photozelle zum Vergleichen von Lichtquellen A und B

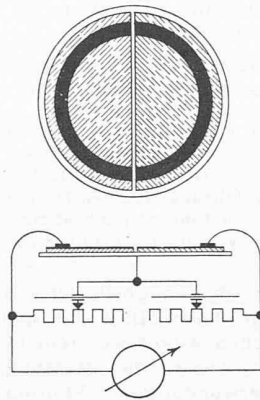


Bild 8. Differential-Photoelement

Legt man an die Röhre eine elektrische Spannung, so ändert sich demzufolge der Anodenstrom (d. h. der von der Kathode zur Anode fließende Strom) nach dem Ohm'schen Gesetz.

Die Empfindlichkeit einer Photoröhre ist grundsätzlich definiert als den Quotienten des elektrischen Stromes in Mikroampere (10^{-6} A) zum auftreffenden Energiefluss in Mikrowatt (10^{-6} W). Der Energiefluss umfasst dabei sowohl den sichtbaren Anteil (Licht) als auch den unsichtbaren, also die infrarote und ultraviolette Strahlung. Gelegentlich wird die Empfindlichkeit nur auf den sichtbaren Anteil bezogen; sie wird dann als Lichtempfindlichkeit bezeichnet und in Mikroampere pro Lumen des Lichtflusses angegeben.

Die Empfindlichkeit einer Photozelle hängt auch von der Wellenlänge oder Frequenz (Farbe) der strahlenden Energie ab. Bild 9 zeigt den typischen Verlauf der Empfindlichkeit von zwei verschiedenen Photozellen in Abhängigkeit der spektralen Verteilung.

Im allgemeinen lässt sich die Empfindlichkeit einer Photoröhre durch Einführen einer kleinen, genau abgemessenen Menge eines inerten Gases (meist Argon) steigern, wodurch die Röhren für verschiedene Verwendungszwecke besser geeignet werden. Andererseits weisen Hochvakuumröhren bei höherem innerem Widerstand eine viel gleichmäßigere Empfindlichkeit während ihrer ganzen Lebensdauer auf und sind widerstandsfähiger gegen Ueberspannungen und Ueberstrom. Hochvakuumröhren eignen sich demnach hauptsächlich für durch Lichtstrahlen betätigte Relais und Lichtmessanlagen.

Durch die Anwesenheit von inertem Gas ergeben sich zwei Prozesse, die eine Vergrößerung der Empfindlichkeit bzw. des durch die Röhre fließenden Stromes bewirken. Beim Zusammenprall von Elektronen mit Gasatomen werden diese Atome gespalten in negativ geladene Elektronen und positiv geladene Ionen. Die so neu gebildeten Elektronen wandern an die Anode, die Ionen an die Kathode. Die elektrische Strömung in der Röhre wird hierdurch verstärkt. Ausserdem lösen die an der Kathode auftreffenden Ionen dort eine sekundäre Strahlung aus. Durch diese zwei Wirkungen kann der gesamte elektrische Strom in einer gasgefüllten Röhre ein Mehrfaches des in Hochvakuumröhren unter sonst gleichen Bedingungen ausgelösten betragen.

Für Vakuumröhren gibt Bild 10 das charakteristische Verhalten wieder. Auf der Abszisse sind die an die Röhre angelegten Spannungen in Volt aufgetragen, auf der Ordinate der Photostrom in Mikroampere für verschiedene Lichtmengen. Daraus geht hervor, dass der Photostrom weitgehend

unabhängig von der angelegten Spannung ist und mit der Lichtmenge linear anwächst.

Gasgefüllte Röhren zeigen eine Charakteristik, wie sie z. B. auf Bild 11 dargestellt ist. Man erkennt die sehr viel grössere Empfindlichkeit dieser Röhren, die sich aber nicht mehr linear mit der auffallenden Lichtmenge verändert und stark von der angelegten Spannung abhängt. Bei höheren Spannungen wird die Charakteristik stark instabil.

Die bisherigen Betrachtungen beziehen sich auf einen Strahlungsenergiefluss von konstanter Stärke. Dieser Energiefluss kann sich nun selber mit der Zeit verändern. Die Veränderungen können in Schwingungen bestehen, wie das z. B. bei der Schallübertragung (Tonfilm) der Fall ist. Es zeigt sich, dass bei gasgefüllten Röhren die Empfindlichkeit von der Frequenz der auftreffenden Strahlungsenergie abhängig ist; sie nimmt mit höherer Frequenz ab, Bild 12. Diese Erscheinung rührt davon her, dass die Atomspaltung und der aus ihr sich ergebende Energiefluss nur mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung dem primären Elektronenfluss nachfolgt. Man spricht hierbei von dynamischer Empfindlich-

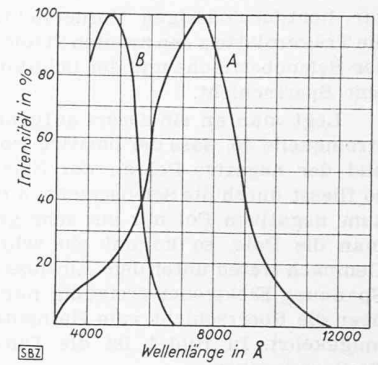


Bild 9. Spektrale Verteilung der Empfindlichkeiten verschiedener Photoröhren. A Maximum im roten und infraroten Bereich, B Maximum im blauen Bereich

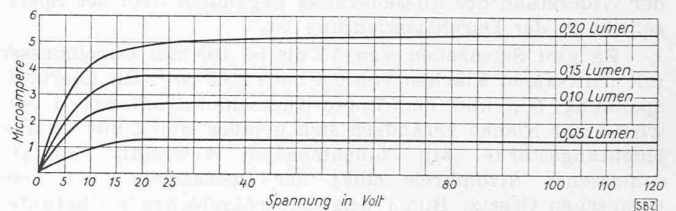


Bild 10. Photostrom einer Vakuum-Photoröhre in Abhängigkeit der angelegten Spannung bei verschieden starkem Lichtfluss

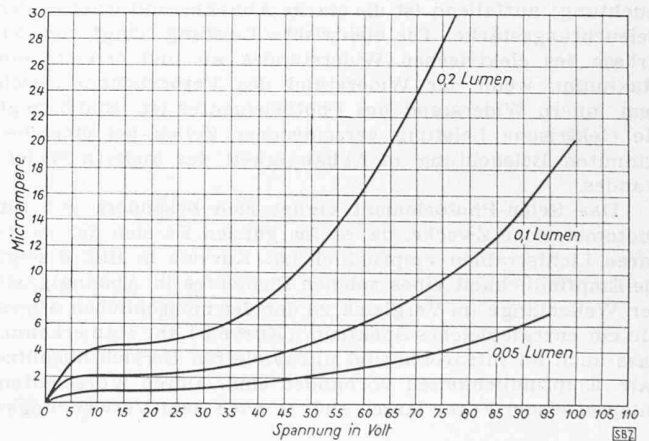


Bild 11. Photostrom einer gasgefüllten Photoröhre in Abhängigkeit der angelegten Spannung bei verschieden starkem Lichtfluss

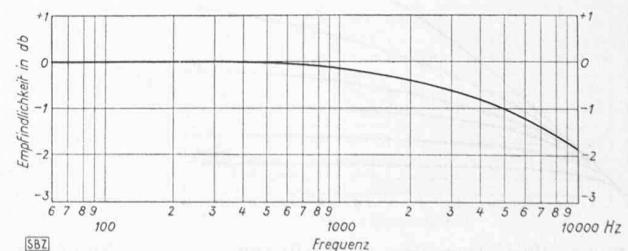


Bild 12. Empfindlichkeit einer gasgefüllten Photoröhre in Abhängigkeit der Frequenz (Tonhöhe) des periodisch sich ändernden Lichtflusses (Betr. db s. SBZ Bd. 111, S. 99*, 26. Februar 1938)

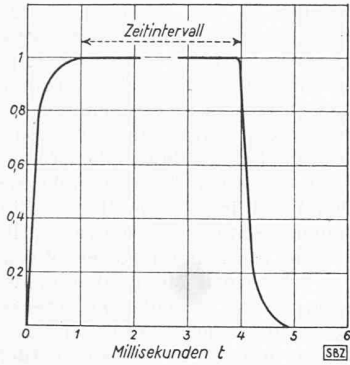


Bild 13. Zeitlicher Verlauf des Anfachens und Abfallens der relativen Empfindlichkeit einer gasgefüllten Photoröhre

keit, die definiert ist als das Verhältnis der Amplitude des ausgelösten Röhrenstromes zur Amplitude des auftreffenden Energieflusses. Bild 13 bezieht sich auf eine Tonfilmanlage mit photoelektrischer Uebertragung, weshalb die Empfindlichkeit in db angegeben ist. Vielfach ist sehr rasches Anfachen und Abfallen des Photostromes nötig. Gasgefüllte Elektronenröhren entsprechen dieser Forderung besonders gut, wie Bild 13 zeigt.

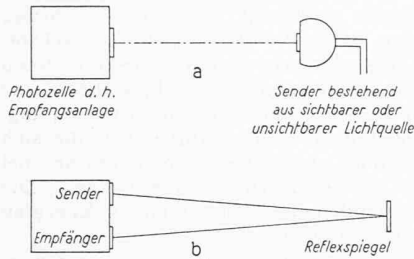


Bild 14. a Anordnung nach dem Zweipunktsystem, b Anordnung nach dem Einpunktsystem

3. Anwendungsbeispiele von optischen Steuerungen

Eine optische Steuerung kommt dadurch zustande, dass von einer Lichtquelle ein Lichtstrahl nach einem in passender Entfernung aufgestellten Empfängergerät gesandt wird, in dem bei Aenderung des Lichtflusses, z. B.

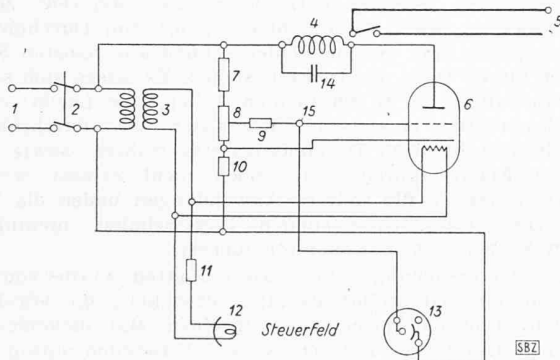


Bild 15. Schaltschema einer Photoröhren-Steuerung mit Verstärkerröhre. 1 Netzanschluss (110 V, 50 P/s), 2 doppelpoliger Netzschalter, 3 Transformator, 4 Starkstromrelais, 5 Starkstromkreis, 6 Verstärkerröhre, 7 bis 11 Widerstände (7 = 8200 Ohm, 8 = 5000 Ohm, 9 = 10 Megohm, 10 = 3300 Ohm, 11 je nach Glühlampenleistung), 12 Lichtquelle, 13 Photozelle, 14 Kondensator (5 bis 8 mFd), 15 Anschlusspunkt für das Gitter

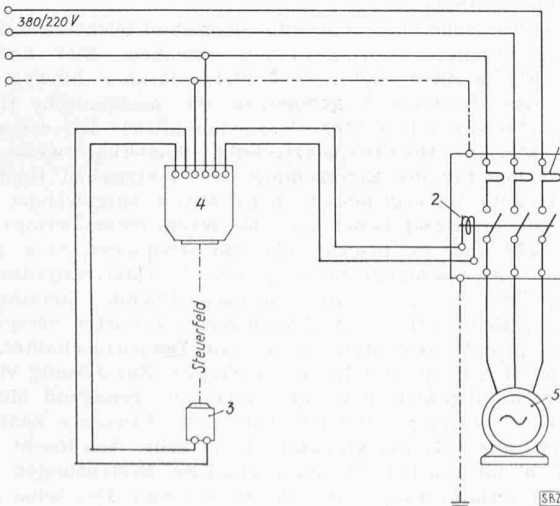


Bild 16. Schaltschema eines optisch gesteuerten Elektromotors. 1 Wärmepackete, 2 Schützenspule, 3 Lichtquelle, 4 Photozelle mit Verstärkerröhre, Transformator und Starkstromrelais, 5 Motor

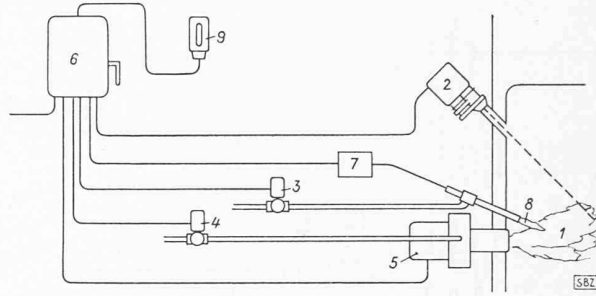


Bild 17. Automatische Feuerungsanlage mit Photoröhren-Schutzvorrichtung. 1 Flamme, 2 Photoröhre mit Zubehör, 3 Gasventil, 4 Brennstoffventil, 5 Brennstoffpumpenmotor, 6 Schaltkasten mit Netzschalter, 7 elektr. Zündung, 8 Gasstichflamme, 9 Alarmvorrichtung

bei Unterbruch durch einen dazwischen tretenden Körper, ein Steuerstrom sinngemäss geschaltet wird. Dabei kann man je nach den Verhältnissen das Zweipunktsystem nach Bild 14a mit getrennt angeordnetem Sender und Empfänger anwenden, oder das Einpunktsystem nach Bild 14b mit Spiegel.

Bild 15 zeigt die prinzipielle elektrische Schaltung einer Photo-Elektronenröhre mit Verstärkerröhre, bei der das Starkstromrelais 4 den Starkstromkreis 5 durch die Veränderungen eines Lichtstrahles steuert, der von der Lampe 12 nach der Photoröhre 13 ausgesandt wird. Die Veränderung kann z. B. in einem Unterbrechen durch einen Gegenstand bestehen, wobei ein Alarm ausgelöst werden soll. Die Anlage wird bei 1 an Wechselstrom von z. B. 110 V, 50 P/s angeschlossen. Sie besteht aus einem Transformator 3, der den Heizwiderstand der Verstärkerröhre und über den Widerstand 11 die Sendelampe 12 speist. Die Photoröhre 13 liegt an den Widerständen 7, 8 und 9, von denen 8 mit Abgriff versehen ist. Die Verstärkerröhre ist einerseits über den Widerstand 10 und andererseits über die Betätigungsspule des Starkstromrelais 4 und den dazu parallel geschalteten Kondensator 14 an die Netzspannung angeschlossen. Dieser Stromkreis wird durch die veränderliche Gitterspannung gesteuert, die am Punkt 15 herrscht und vom Photostrom abhängig ist.

Die Anwendungsmöglichkeiten für die auf Bild 15 grundsätzlich dargestellte Anordnung sind sehr mannigfaltig. Bild 16 zeigt die Steuerung eines Elektromotors 5, wobei die Spule 2 des Motorschutzschalters durch einen in das Steuerfeld hineingelagerten Gegenstand (z. B. ein Fahrzeug) den Motor einschaltet (und z. B. ein Tor öffnet). Die in Bild 15 dargestellten Organe (ausgen. 13) sind dabei in der Photozelle 4 vereinigt.

Ausser Elektromotoren können Schieber, Klappen, Beleuchtungsanlagen u. dgl. betätigt werden. Häufig verwendet man derartige Steuerungen zum Zählen von Massengütern, wobei die einzelnen Stücke auf einem Förderband durch den Lichtstrahl hindurchlaufen. Ähnlich arbeiten Personenzählanlagen, wobei auch unsichtbares Licht verwendet werden kann, wenn die Zählung nicht auffallen soll.

Die auf Bild 17 dargestellte automatische Oelfeuerung mit Gasstichflamme ist durch eine Photoröhren-Schutzanlage derart gesichert, dass bei Ausbleiben der Flamme 1 die im Gehäuse 2 eingebaute Röhre den Steuerstrom zur Betätigung des Gasventils 3, des Brennstoffventils 4 und des Motors 5 zur Brennstoffpumpe auf Schliessen bzw. auf Abstellen umstellt und zugleich bei 9 einen Alarm auslöst. Die hierzu nötigen Schaltapparate sind im Schaltkasten 6 gemeinsam mit dem Hauptschalter untergebracht. Die Feuerung wird normalerweise an einem Druckknopf oder durch eine Schaltuhr ein- und ausgeschaltet. Beim Einschalten wird die Photozelle durch ein Zeitrelais für wenige Minuten überbrückt. Durch die Stromzufuhr bei 7 wird die Gasstichflamme 8 elektrisch gezündet.

Eine bemerkenswerte Anwendung für die Steuerung des Transportbandes einer Papiermaschine durch Photoröhren ist auf Bild 18 schematisch dargestellt. Die Umstellung der Geschwindigkeit von 200 m/min auf 500 m/min zwecks Leistungssteigerung verlangte eine neue Steuerung der Trägerwalze 5, indem der bisher verwendete mechanische Fühler nicht mehr genügte. Durch Ausschwenken dieser Walze aus der zur Bewegungsrichtung des Bandes senkrechten Lage O wird das Band beim seitlichen Abgleiten wieder in seine Mittellage zurückgeführt. Als neuer Empfänger wirken die

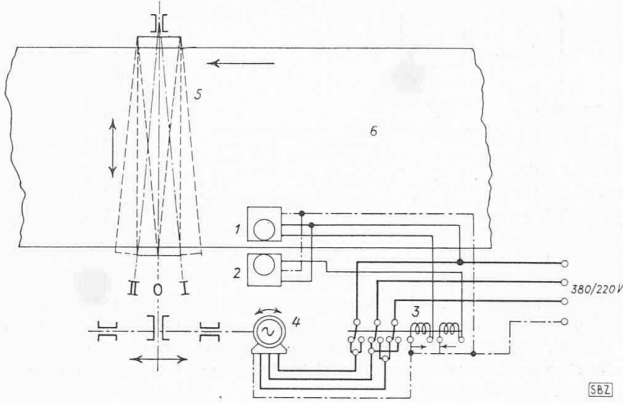


Bild 18. Mit Photoröhre gesteuertes Transportband einer Papiermaschine zum Verhindern des seitlichen Abgleitens. 1 Innere Photoröhre, in Ruhestellung nicht belichtet, 2 äussere Photoröhre, in Ruhestellung belichtet, 3 Betätigungsspulen des Wende-schützen, 4 Elektromotor, 5 Trägerwalze, 6 Transportband

beiden Photoröhren 1 und 2, Bild 18. Weicht das Band z. B. nach rechts (gesehen in der Bewegungsrichtung) aus, so wird Röhre 1 belichtet, worauf der Schütz 3 den Motor 4 einschaltet, derart, dass die Walze 5 in Stellung I ausschwenkt, bis das Band seine Mittellage erreicht hat. Bei Abgleiten des Bandes nach links steuert die Röhre 2 die andere Schützenspule; der Motor dreht in der umgekehrten Richtung und die Walze bewegt sich in die Stellung II. Durch gewisse Verzögerungsorgane wird ein stetes Schalten und Pendeln vermieden.

Die Entwicklung der photoelektrischen Steuerung wurde während des Krieges namentlich in USA mit allen Mitteln gefördert und fand dort eine ausserordentlich vielseitige und weite Verbreitung, namentlich auch in der Kriegstechnik. In unserem Lande ist sie im Begriffe sich einzuführen, wobei die reichen, in den USA gesammelten Erfahrungen mit Vorteil ausgenützt werden sollen.

Ultraschallverfahren und seine Anwendungen im Materialprüfungswesen und in der Medizin

DK 534 321.9

Ueber verschiedene Anwendungen von Ultraschall mit besonderer Berücksichtigung der Materialdurchleuchtung mit dem Schallsichtverfahren im Materialprüfungswesen, sowie über weitere Anwendungen des Ultraschalles, insbesondere in der Medizin, referierte vor dem Schweizerischen Verband für die Materialprüfungen der Technik (SVMT) bei grosser Beteiligung am 4. 1. 48 Dr. R. Pohlman, Erlangen. Der Schall breitet sich in festen Körpern und Flüssigkeiten gut aus, während ihn Luft schlecht leitet, Ultraschall, d. h. Schall von hoher, für das menschliche Ohr nicht mehr wahrnehmbarer Frequenz zeichnet sich durch besonders hohe Energiedichte und kleine Wellenlängen aus. Die erste Eigenschaft befähigt ihn zu industriellen, chemischen, biologischen und medizinischen Anwendungen, während ihn die zweite zur Materialprüfung geeignet macht. Die hohe Intensität bedingt ein Zerreißen der Flüssigkeiten (Kavitation) infolge der überaus grossen Zugspannungen, während beim Zusammenschlagen in den Hohlräumen derart hohe Druckspitzen entstehen (je nach Umständen einige 1000 at), dass Makromoleküle, dispergierte Teile usw. zertrümmert werden können.

Bei Geweben bewirkt die der hohen Frequenz, d. h. der kleinen Wellenlänge, bzw. der hohen Energiedichte entsprechende Pulsation der Zellpartien eine intensive Steigerung des Stoffaustausches dieser Zellen. Ob die wesentliche therapeutische Wirkung auf lokale Diathermie zurückzuführen ist, oder auf die Folgen, die sich aus der intensiven Pulsation ergeben, bedarf noch eingehender Forschung. Bisherige Messungen haben lediglich gezeigt, dass die durchschnittliche Temperaturerhöhung in gewisser Tiefe, ungefähr jener der Ischiasnerven, nur 1–2° C beträgt.

Die zweite Eigenschaft der kurzen Schallwellen bedingt eine Schallausbreitung ähnlich der des Lichts, so dass sich also die Ultraschallstrahlung mit Spiegeln sammeln und mit Linsen brechen lässt.

Der wesentliche Grundgedanke in den Forschungen Dr. Pohlman bestand darin, diese Lichtähnlichkeit der Ultraschallwellen zur letzten Konsequenz zu führen, also beliebige Objekte statt mit Lichtwellen mit Ultraschallwellen abzubilden. Dies geschieht, indem das Objekt mit Ultraschallwellen bestrahlt und die von ihm reflektierte Strahlung mit besonders ersonnenen Schalllinsen auf einem Bildwandler fokussiert wird. Der Bildwandler setzt das auf ihm entstehende, dem Auge ja unsichtbare Schallbild in ein sichtbares Bild um, und man erblickt auf einem Schirm das getreue Bild der Störung, die sich z. B. tief im Inneren eines Werkstückes befindet. Ueber die verschiedenen Möglichkeiten der Linsenausführung machte der Referent verschiedene interessante Bemerkungen und zeigte, auf welche Weise ein ausserordentlich hohes Auflösungsvermögen gewonnen werden kann. Ferner schilderte er die Wirkungsweise der Bildwandlerzelle, die im wesentlichen aus einem flachen Gefäss besteht, das mit einer sehr feinen Metallsuspension gefüllt ist. Die ankommenden Schallwellen richten an den Stellen der Schallerregung die flachen, blanken Metallteilchen parallel zur Wellenfront und somit senkrecht zur Einfallsrichtung aus, während die übrigen nach wie vor ungeordnet schweben. Im auffallenden Licht glitzern also die ausgerichteten Teilchen in einer Richtung und erscheinen hell, während die übrigen dunkel bleiben. Dies ist eine ähnliche Erscheinung, wie man sie bei Ruderbooten im Wellengang erlebt, die sich ebenfalls den Wellen parallel zu stellen suchen, obwohl bei diesem Vorgang andere Ursachen zu Grunde liegen. Die Anordnung ist sehr empfindlich, da schon kleinste Energien die Teilchen auszurichten vermögen.

Durch diesen Schallvorgang lässt sich also mit Ultraschallwellen das Innere von Materialien unmittelbar sichtbar machen. Man erkennt genau die Form der Störungen und kann an einer Einstellskala wie bei einem Photoapparat die Tiefenlage der Störung entnehmen. Der Referent zeigte Lichtbilder, in denen noch Fehler von 0,4 mm Durchmesser wiedergegeben sind. Solche Fehler können aus feinsten Spalten von bis zu $\frac{1}{1000}$ mm Dicke bestehen. Es lassen sich somit Untersuchungen, z. B. an kleinen Teilen, wie Leichtmetallschweisspunkten, elektrischen Kontakten usw. durchführen, die mit dem üblichen Durchlässigkeitsverfahren, sowie dem neueren Echoverfahren heute noch nicht erfasst werden können. Beispiele für weitere Anwendungen bilden die Prüfung von Stumpfschweißungen, Lagerschalen, metallplattierten Kesselwänden, Lokomotivbuchsen.

Zur Untersuchung sehr grosser Platten wurde von Dr. Pohlman eine Grossbildfeldanlage entwickelt, die ein Bildfeld von rd. 50 cm Durchmesser in einem Mal lückenlos zu prüfen gestattet. Der Referent wies ausdrücklich darauf hin, dass jedes Verfahren seine bevorzugten Anwendungsgebiete hat, die sich in erfreulicher Weise gegenseitig ergänzen, wofür Beispiele angeführt wurden; ebenso wies er auf das fruchtbare Wechselspiel zwischen guten Materialprüfungs- und neuen Fabrikationsmethoden hin. Verschiedene Fabrikationsmethoden können oft nur dank einer zuverlässigen Prüfung, wie sie z. B. das Ultraschallverfahren ermöglicht, angewendet werden.

Die Tatsache, dass man mit Ultraschall leicht zu billigen Erfolgen kommt (Springbrunnen erzeugen, Eier kochen, kleine Fische töten usw.), darf nicht darüber hinweg täuschen, dass im Grunde genommen die mechanische Hochfrequenztechnik mindestens ebenso kompliziert ist, wie etwa die elektrische Hochfrequenztechnik. Sonderbarerweise hat man bisher für die Erforschung der elektrischen Hochfrequenztechnik unvergleichlich mehr Mittel aufgewendet, ob schon sie im wesentlichen nur der Nachrichtenübermittlung dient, während die mechanische Hochfrequenztechnik zahlreichere Anwendungsgebiete aufweist (Materialprüfungswesen, Unterwasser-Nachrichtenwesen, Chemie, Metallurgie, Biologie, Medizin usw.). Auf allen diesen Gebieten verspricht sie von grösster Bedeutung zu werden. Die Ultraschalltechnik befindet sich heute erst in den Anfängen. Zur Lösung vieler, noch nicht abgeklärter Fragen muss mit genügend Mitteln dotierte Forschung einsetzen, wobei eine bewusste Zentralisierung aller Entwicklungsarbeiten sehr erwünscht ist. Dr. Pohlman begrüsst diesbezügliche Bestrebungen der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt. Der selbe Aufgabenkomplex war bei der Siemens A.-G., Berlin, zentralisiert. Die bisher dort gesammelten, wertvollen Erkenntnisse und Errungenschaften stehen in Gefahr, infolge unge-