

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 40 (1949)  
**Heft:** 1

**Artikel:** Erfahrungen mit modernen Beleuchtungsanlagen  
**Autor:** Bitterli, E.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1060638>

### **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:** 22.01.2026

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

# BULLETIN

## DES SCHWEIZERISCHEN ELEKTROTECHNISCHEN VEREINS

### Erfahrungen mit modernen Beleuchtungsanlagen

Vortrag, gehalten an der Beleuchtungstagung des SEV vom 4. März 1948 in Bern,  
von E. Bitterli, Zürich

628.93

*Für eine gute Beleuchtung braucht es sowohl die richtigen Mittel (Lichtquellen und Leuchten), als auch eine beleuchtungstechnisch richtige Montage. Eines ohne das andere genügt nicht. Der Verfasser berichtet aus seiner täglichen Erfahrung über Fehler, die wegen der Missachtung dieser Forderung begangen werden. Bei den Lichtquellen widmet er den Fluoreszenzlampen besondere Aufmerksamkeit, weil diese neuen Lampen noch da und dort bloss aus Gründen der Mode angebracht werden. Bei den Beleuchtungsarten wird gezeigt, dass entgegen der herrschenden Neigung die Allgemeinbeleuchtung nicht überall genügt, sondern in ganz bestimmten Fällen durch Arbeitsplatzbeleuchtung ergänzt werden muss. Ferner erfährt die indirekte Beleuchtung eine sorgfältige Untersuchung ihrer Eignung für Arbeitsstätten.*

*Pour obtenir un éclairage correct, il est indispensable que les sources lumineuses et les luminaires soient choisis convenablement et que l'installation soit conforme aux règles de l'éclairagisme. L'auteur signale les fautes qui sont commises par suite de l'inobservation de ces exigences. Il attache une importance particulière aux lampes fluorescentes, car il a pu constater que ces nouvelles lampes sont souvent installées uniquement pour suivre la mode. Contrairement à une opinion trop répandue, l'éclairage général est parfois insuffisant et doit être, dans certains cas, complété par un éclairage des emplacements de travail. L'auteur discute ensuite en détail de l'éclairage indirect, au point de vue de son appropriation aux emplacements de travail.*

#### Allgemeines

Die Beleuchtungstechnik hat in den letzten Jahren grosse Fortschritte gemacht, und wir stehen gegenwärtig wieder mitten in einer Entwicklungsstufe. Die Vorteile guter Beleuchtungsanlagen werden nun in den interessierten Kreisen in der Regel eher bekannt als Nachteile, die von Anfang an vorhanden sein können, oder die sich erst mit der Zeit einstellen. Aus diesem Grunde sollen in den nachstehenden Ausführungen anhand praktischer Beispiele hauptsächlich Mängel, sowohl von mit Glühlampen als auch mit Fluoreszenzlampen betriebener Anlagen, besprochen werden.

Als allgemeine Bemerkung sei vorausgeschickt: *Gut installieren heisst noch lange nicht, eine gute Beleuchtung einrichten.* Es kommt nicht selten vor, dass für teures Geld Beleuchtungsanlagen installiert werden, die nachher nicht befriedigen. Die Ursachen solcher Versager liegen einerseits bei richtiger Wahl der Mittel (Leuchten und Lichtquellen) in beleuchtungstechnisch unrichtiger Montage, andererseits aber in Irrtümern in der Wahl der Beleuchtungssysteme, der Leuchten oder Lichtquellen.

Eine Beleuchtungsanlage kann nur dann ihren Zweck erfüllen, wenn der Beleuchtungsfachmann und der Betriebsinhaber oder Betriebsleiter, bei Neubauten und Umbauten auch der Architekt, eng zusammenarbeiten. Dabei müssen sie sich im klaren sein über die Anordnung der Betriebseinrichtungen, der einzelnen Arbeitsplätze und Maschinen und deren Reflexionskoeffizienten, sowie über die Art der Arbeit. Schliesslich sollten sie auch an den Zustand der Räume und der Betriebseinrichtungen in einigen Monaten oder nach zwei bis drei Jahren

denken, wenn die Wände und Decken nicht mehr hell, sondern verstaubt oder aus anderen Gründen dunkler geworden sind.

Diese Grundsätze sind auch in den Schweizerischen Allgemeinen Leitsätzen für elektrische Beleuchtung<sup>1)</sup> enthalten. Aber es scheint, dass sie oft zu wenig beachtet werden. Wie manchmal kommt es doch vor, dass eine Beleuchtungsanlage projektiert und installiert wird oder vielleicht auch installiert werden muss, ohne dass die Lage der einzelnen Arbeitsplätze und Maschinen bekannt ist, und dann wundert man sich noch, wenn Arbeitsplätze nach der Installation eine Beleuchtungsstärke aufweisen, die für Verkehrswege oder Ablegetische genügen würde, während diese die Beleuchtungsstärke der Arbeitsplätze aufweisen. Wenn die Lage der Betriebseinrichtungen nicht zeitig genug bestimmt ist, liegt es sicher im Interesse aller Beteiligten, wenn die Installation derart ausgeführt wird, dass sie später ohne weiteres den jeweiligen Bedürfnissen angepasst werden kann.

#### Reine Allgemeinbeleuchtung und Allgemeinbeleuchtung mit zusätzlicher Arbeitsplatzbeleuchtung

Mit der vermehrten Anwendung der Fluoreszenzlampen verläuft die Entwicklung zweifellos zugunsten *reiner Allgemeinbeleuchtung*. Wir haben dies in geringerem Mass bereits erlebt, als Glühlampen höherer Leistung auf den Markt kamen,

<sup>1)</sup> Publikation Nr. 144 des SEV, zu beziehen bei der Gemeinsamen Geschäftsstelle des SEV und VSE, Seefeldstrasse 301, Zürich 8.

und dann in vermehrtem Masse beim Aufkommen der Quecksilberdampf- und Mischlichtlampen. Beide Male glaubte man, in vielen Anlagen auf die Arbeitsplatzbeleuchtung verzichten zu können, um dann nach einiger Zeit feststellen zu müssen, dass diese Annahme nicht stimmte, und dass die reine Allgemeinbeleuchtung durch Arbeitsplatzlampen zu ergänzen war. Solche Feststellungen mussten besonders peinlich sein, wenn die vorher vorhandene Arbeitsplatzbeleuchtung bereits entfernt worden war. Es muss deshalb davor gewarnt werden, nun fast grundsätzlich auf die Arbeitsplatzbeleuchtung verzichten zu wollen. Man soll sich der Vorteile der reinen Allgemeinbeleuchtung durchaus bewusst sein, ist sie doch besonders bei Anwendung von Fluoreszenzlampen in sehr vielen Fällen ohne weiteres am Platze. Dagegen gibt es aber Arbeitsvorgänge, die nur mit zusätzlicher *Arbeitsplatzbeleuchtung* richtig ausgeführt werden können. Die Wahl zwischen den beiden Systemen ist neben wirtschaftlichen Erwägungen wohl in erster Linie eine Frage der Beleuchtungsstärke und der Schattigkeit. Innendrehen an Drehbänken z. B. kann nur mit Arbeitsplatzleuchten ausgeführt werden. Ferner benötigen, um weitere Beispiele zu nennen, Reparatur- und Montagearbeiten an Schreib- und Rechenmaschinen, an Registriermaschinen, die Ausführung von Verdrahtungen für Telephonanlagen und dergleichen, Arbeitsplatzlampen. Zahlreiche Betriebe mussten nachträglich Arbeitsplatzbeleuchtungen einrichten, nachdem sie vorerst darauf hatten verzichten wollen und deshalb die Allgemeinbeleuchtung, sei es mit Glühlampen oder Entladungslampen, mit entsprechend hoher Beleuchtungsstärke ausführen liessen. Wenn sich der Betrieb die Ergänzung leistet, ist die Gelegenheit beleuchtungstechnisch wohl in Ordnung, nicht aber wirtschaftlich. Wenn er aber glaubt, für die allgemeine Beleuchtung schon genug aufgewendet zu haben, und die beleuchtungstechnisch nötige Ergänzung nicht vornimmt, sind Unternehmen und Personal auf lange Zeit hinaus benachteiligt. In beiden Fällen aber wird man im Betrieb die Ansicht vertreten, schlecht beraten worden zu sein, oder man wird bei Verwendung von Fluoreszenzlampen diese als schlecht ansprechen.

Für die wenigstens teilweise Einführung von Arbeitsplatzbeleuchtung können ferner sprechen:

- a) Bearbeitung von dunklen Gegenständen, z. B. von Stoffen, wenn an den meisten Arbeitsplätzen nur helle Gegenstände vorhanden sind;
- b) Ausführung feiner oder sehr feiner Arbeiten an einzelnen Arbeitsplätzen;
- c) Benachteiligung von Arbeitsplätzen bezüglich der natürlichen Beleuchtung und die damit verbundene Notwendigkeit stärkerer Benützung der elektrischen Beleuchtung als an der Mehrzahl der übrigen Arbeitsstellen.

Wenn in allen diesen Fällen keine Arbeitsplatzbeleuchtung vorhanden ist, wird man wegen eines einzigen oder einiger Arbeitsplätze die Allgemeinbeleuchtung in der Regel nicht einschalten, obschon die Sehverhältnisse dies erfordern würden. Die Arbeitsplatzlampen aber können nach Bedürfnis ein- und ausgeschaltet werden.

### Direkte und indirekte Beleuchtung

Die direkte Beleuchtung mit undurchsichtigen Reflektoren und unter Verwendung von Glühlampen ist in Industrie und Gewerbe bis jetzt sicher am meisten verbreitet. Dieses Beleuchtungssystem wird auch weiterhin seine Bedeutung beibehalten und sogar das einzig richtige bleiben für die Montagehallen, Giessereien, Schmieden, Holzbearbeitungsbetriebe und ähnliche Unternehmen, also für Betriebe mit hohen Räumen und solche, deren Wände und Decken leicht dunkel werden, oder in denen verhältnismässig viel Staub entsteht. Die Wahl der Lichtquellen kann dabei je nach den Verhältnissen sehr wohl auf Fluoreszenzlampen fallen. Opalglasskugeln gehören aber beispielsweise nicht in eine dunkle Schmiede oder ähnliche Räume, wie das schon verschiedentlich angetroffen wurde.

Ein immer wieder auftretender Mangel bei direkter Beleuchtung ist die mangelhafte örtliche Gleichmässigkeit und die zu grosse Schattigkeit, welche beide dadurch entstehen, dass die Leuchten zu weit auseinander montiert werden. Dieser Fehler wurde erst kürzlich wieder in zwei Neubauten angetroffen, in denen die Unterschiede zwischen Hell und Dunkel auf nebeneinanderliegenden Arbeitsplätzen von blossen Auge festgestellt werden konnten, ja die Leute sogar im eigenen Schlagschatten arbeiten mussten. In beiden Betrieben waren nachträgliche Ergänzungen nötig. Unangenehm empfunden wird bei der direkten Beleuchtung in Räumen von unter etwa 4 m Höhe die dunkle Decke und die Blendung durch die Glühlampen. Es sollte mehr danach getrachtet werden, Leuchten zu verwenden, die halbdirekt strahlen, und die zur Vermeidung der Blendung unten mit einem lichtstreuenden Material abgeschlossen sind.

Eigentlich sollte es nicht nötig sein, darauf hinzuweisen, dass die *flachen, grün und weiss emaillierten Lampenschirme*, die man früher als fast einzige Leuchte kannte, an den Schandpfahl gehören. So unglaublich es klingt, sie werden heute noch, glücklicherweise nicht häufig, bei Neuinstallationen in Arbeitsräumen und sogar für Arbeitsplatzbeleuchtung verwendet.

Ganz ungeeignet für Arbeitsräume, abgesehen von Spezialfällen, ist die *vorwiegend indirekte* oder *ganz indirekte* Beleuchtung, besonders dann, wenn als Leuchten die nach oben offenen Schalen verwendet werden. Für Bürobeleuchtung kann man diese Beleuchtungsart noch gelten lassen, obschon sich auch dort Nachteile zeigen. Abgesehen davon, dass indirekte Beleuchtung das körperliche Sehen beeinträchtigt, führen hauptsächlich praktische Erwägungen und Erfahrungen zu diesem Urteil.

Dass indirekte Beleuchtung im Maschinenraum einer Schreinerei und einer Metallschleiferei ganz unmöglich ist, wird wohl niemand bestreiten. Auch in einer mechanischen Werkstätte ist sie nicht am Platze. Solche Installationen sind verschiedentlich ausgeführt worden. Sie sind typische Fehler in der Wahl des Beleuchtungssystems. Aber auch in Räumen, die weniger als die vorerwähnten, oder anscheinend gar nicht der Verschmutzung ausgesetzt

sind, hat sich die indirekte Beleuchtung nicht bewährt. Denn auch in einem sauberen Betrieb, z. B. in der Bekleidungsindustrie, werden Wände und Decken mit der Zeit dunkler; ohne dass das Auge es bemerkt, verschlechtern sich die Reflexionskoeffizienten, und die Beleuchtungsstärke an den Arbeitsstellen nimmt ab. Ferner sind die nach oben offenen Leuchten ausgezeichnete Staubbänger, und schliesslich trägt auch die Abnahme des Lichtstromes der Glühlampen zur Verschlechterung bei.

Wohl bestückt der vorsichtige Fachmann die Leuchten reichlich, indem er einen 30...50 % höheren Lichtstrom wählt, als er für die vorgesehene Beleuchtungsstärke benötigen würde, aber auch diese Vorsicht schützt nicht vor Misserfolgen. Anfänglich ist man sicher sehr zufrieden, da die neue Installation gegenüber der alten Anlage ohne Zweifel einen grossen Fortschritt bedeutet. Nachdem man sich aber an die hohe Beleuchtungsstärke gewöhnt hat, nimmt sie nach und nach in merkbarer Weise ab. Wenn es gut geht, reinigt man gelegentlich die Leuchten. Eine periodische Reinigung, in kurzen Zeitabständen, erfolgt aber verhältnismässig selten. Daran, dass die anscheinend immer noch weissen Wände und Decken gereinigt werden sollten, denkt man in der Regel nicht. Das Resultat ist meistens eine ungenügende Beleuchtungsstärke, und schliesslich werden die Leuchten entfernt, so dass Glühlampen von 300 Watt Leistung frei in die Räume ausstrahlen. Auf diese Weise «verbesserte» Anlagen mit indirekter Beleuchtung können hin und wieder, besonders in Betrieben der Bekleidungsindustrie, angetroffen werden. Eine Messung, die vor einiger Zeit in einem peinlich sauberen Betrieb der graphischen Industrie ausgeführt wurde, ergab folgendes: Die Leuchten der vollständig indirekten Beleuchtung waren einen Monat vor der Messung gereinigt worden. Der Unterschied in der Beleuchtungsstärke vor und nach der Reinigung betrug 15 %. Wie sieht es wohl aus in einem Betrieb, der weniger oder fast keine Sorgfalt auf den Unterhalt legt?

Ein weiterer Nachteil der indirekten Beleuchtung ist, dass die Leuchten in niedrigen Räumen zu nahe an die Decke montiert werden müssen. Dann entstehen an dieser sehr helle Lichtflecken, welche das Auge als Maßstab für die Beleuchtungsstärke nimmt und deshalb diejenige am Arbeitsplatz als zu gering betrachtet, auch dann, wenn sie noch ausreichend wäre. Unmittelbar unter den Leuchten kann die Beleuchtungsstärke aber tatsächlich zu gering sein. Beispiele dafür liegen vor aus Zuschneideräumen.

### Fluoreszenzlampen

Die Fluoreszenzlampen haben zweifellos die Güte der Beleuchtungsanlagen mächtig gefördert. Aber immer, wenn ein neues Produkt auf dem Markt erscheint, sind mit seiner Einführung auch Irrtümer verbunden, sei es, dass gewisse seiner Eigenschaften zu wenig bekannt sind, sei es, dass es unrichtig angewandt wird. So geht es auch mit den Fluoreszenzlampen. Die Erkenntnisse über die Beleuchtung mit Glühlampenlicht können nicht ein-

fach auf die Fluoreszenzlampen übertragen werden, und man darf auch nicht für jeden Zweck solche Lichtquellen installieren, nur weil sie das neueste Erzeugnis darstellen. Bei der heutigen Preislage von Fluoreszenzlampen und der für ihre Installation geeigneten Leuchten müssen wir zudem berücksichtigen, dass die Einführung von Fluoreszenzlampen noch verhältnismässig teuer zu stehen kommt. Ein Betrieb mit wenig Beleuchtungsstunden, beispielsweise eine Werkstätte mit sehr guter natürlicher Beleuchtung und normalem Tagesbetrieb dürfte heute mit Glühlampenlicht noch billiger fahren. Die Kosten sollen selbstverständlich nicht das einzige Kriterium sein, welches für oder gegen die beiden Lichtarten entscheidet. Nötige Beleuchtungsstärke, Lichtfarbe und Arbeit bei Zwielflicht spielen eine wesentliche Rolle. Unrichtige Anwendung und schlechte Erfahrungen einzelner können aber doch der weiteren Verbreitung einer begrüssenswerten Neuerung Abbruch tun, und die ungünstige Einstellung gegen Fluoreszenzlicht ist gerade deswegen nicht selten. Irrtümer haben schon in verschiedenen Fällen dazu geführt, dass Fluoreszenzlampen wieder entfernt und durch Glühlampenlicht oder Kleinspannungsbeleuchtung ersetzt wurden.

Einer der Hauptfehler, der bei der Installation begangen wird, ist der, dass dem Bedürfnis des Auges nach höherer Beleuchtungsstärke bei steigender Farbtemperatur nicht Rechnung getragen wird. Das gilt vor allem bei der Verwendung von Tageslichtlampen. Die erwähnten Leitsätze des SBK erklären in Ziffer 52 denn auch durchaus mit Recht, dass künstliches Tageslicht erst dann als natürlich empfunden werde, wenn auch dessen Beleuchtungsstärke ähnlich hohe Werte aufweise. Diese Forderung wurde bisher verhältnismässig selten erfüllt, wohl meistens aus wirtschaftlichen Gründen.

Es scheint auch, dass die Tageslicht-Fluoreszenzlampen bei uns viel zu häufig angewandt werden. Sie sind wirklich nur dort am Platze, wo tatsächlich feine Farbunterschiede erkannt werden müssen. Da die Beleuchtungsstärken in der Regel zu gering gewählt werden, hat man den Eindruck einer bläulich-grünen Lichtfarbe, die keineswegs geschätzt wird. Die neuen Röhren mit rund 4500 °K Farbtemperatur dürften übrigens korrigierend wirken und die Verwendung von Tageslichtlampen einschränken.

Für gewöhnliche Fluoreszenzlampen sind Beleuchtungsstärken in der Grössenordnung von 200 bis 250 Lux, für Tageslichtlampen von rund 500 Lux anzustreben.

Ferner gibt man sich häufig zu wenig Rechenschaft darüber, dass der Lichtstrom einer Fluoreszenzlampe auf einer Länge von etwa 1 m ausgestrahlt wird, nicht fast punktförmig, wie bei einer Glühlampe. Wenn eine Glühlampe von 1000 lm, eingeschraubt in einen Reflektor, durch eine Röhre von 1000 lm, ebenfalls mit Reflektor, ersetzt wird, so ist die Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz eben wesentlich geringer. Die Missachtung dieser Tatsache hat schon zu vielen Misserfolgen geführt. Zwei typische Beispiele sollen diesen Fehler belegen:



In einer Buchdruckerei waren Filatura-Leuchten über den Setzkasten montiert. Sie wurden ersetzt durch freistrahrend an der Decke montierte Fluoreszenzlampen. Das Resultat war natürlich eine grosse Enttäuschung für Betriebsleitung und Personal, denn die richtige Lösung wären Leuchten mit einer, unter Umständen sogar zwei Fluoreszenzlampen über den Setzkasten gewesen. Für Plakatkontrolle wurde eine Glühlampe mit blauem Kolben direktstrahlend als Platzbeleuchtung verwendet. Der Ersatz durch eine Tageslicht-Fluoreszenzlampe ergab eine viel zu geringe Beleuchtungsstärke, weshalb der Betrieb eine Kleinspannungslampe montieren liess, mit der er in der Folge zufrieden war. Zwei oder vielleicht sogar drei Fluoreszenzlampen in einer Leuchte montiert hätten sicher ein gutes Resultat ergeben. — In einem mechanischen Betrieb, dessen Wände und Decken ganz schwarz waren und dessen grosser Maschinenpark von einer Transmission aus mit Riemen angetrieben wurde, sind freistrahkende Fluoreszenzlampen montiert worden. Diese Installation ist ein typisches Beispiel für falsche Anwendung einer Einrichtung, die nur deshalb erstellt wurde, weil es sich um ein neues Produkt handelt.

Das Bewegungsflimmern und die stroboskopischen Effekte treten bei einphasigem Anschluss immer auf und sind auch bei mehrphasigem in gemilderter Form anzutreffen, wenn nicht die an alle drei Phasen angeschlossenen Lampen sehr nahe beieinander liegen. Interessant ist, dass diese Erscheinungen in den Betrieben verhältnismässig wenig erkannt werden. Das soll aber nicht bedeuten, dass sie keinen ungünstigen Einfluss ausüben. Im grossen und ganzen erhält man heute den Eindruck, dass ein abschliessendes Urteil noch nicht abgegeben werden könne. Es ist aber zu beachten, dass sich einzelne Leute immer wieder über Müdigkeit in den Augen und Kopfschmerzen beklagen, Beschwerden, denen sie vor Einführung des Fluoreszenzlichtes nicht ausgesetzt sein wollten. Inwieweit solche Klagen auf Fluoreszenzlicht zurückzuführen sind, ist wohl schwer festzustellen. In einzelnen Fällen lag die Ursache aber zweifellos im Bewegungsflimmern. So verursachte die periodische Bewegung mit den Armen bei der Stoffkontrolle Müdigkeit und Kopfschmerzen, weil die Arme und Finger ständig mehrfach erschienen. Das Fluoreszenzlicht als solches wurde vom Personal geschätzt. Auch beim Ausmerzen von Fehlern an Stoffstücken mit glänzenden Instrumenten traten ähnliche Erscheinungen auf. In einer Weberei waren die stroboskopischen Effekte bei einphasigem Anschluss derart, dass alle drei Phasen nachgezogen werden mussten.

Unfälle als Folge stroboskopischer Effekte sind bisher nicht bekannt geworden. Immerhin hätte sich ein Unfall ereignen können, als ein Monteur glaubte, der Zentrifugalanlasser eines Motors funktioniere nicht, obschon er sich mit 3000 U./min bewegte. Der Monteur wollte mit der Hand in den Anlasser hineingreifen und konnte im letzten Moment vom Betriebsleiter zurückgehalten werden.

Die vorerwähnten Beispiele zeigen, dass das Flimmern oder die stroboskopischen Effekte als Mangel empfunden werden können<sup>2)</sup>. Da mit der vermehrten Anwendung der Fluoreszenzlampen die Zahl dieser ungünstigen Einflüsse ebenfalls zunehmen dürfte, sollten sie in vermehrtem Masse durch die bekannten Hilfsmittel ausgemerzt werden. Neben den nun erhältlichen Duplex-Geräten wird wohl in erster Linie das Nachziehen aller drei Phasen Erfolg versprechen, wobei der Phasenwechsel innerhalb des Stranges und zwischen den einzelnen Strängen zu erfolgen hat. Am meisten Erfolg hat der Einbau von drei Röhren in eine Leuchte, wobei jede Röhre an eine andere Phase angeschlossen ist. In Neuanlagen sollten auf alle Fälle nicht sämtliche Lampen an die gleiche Phase angeschlossen werden, wie dies verhältnismässig häufig, sowohl bei freistrahrend montierten, als auch bei in Leuchten eingebauten Fluoreszenzlampen der Fall ist.

Anfänglich wurden die Fluoreszenzlampen fast durchwegs freistrahrend angebracht, und auch heute wird diese Art der Anordnung noch vielfach gewählt. Die Gründe für dieses Vorgehen sind in erster Linie in den geringeren Anschaffungskosten und dann in der Behauptung zu suchen, Fluoreszenzlampen blendeten nicht. Die Blendungsfreiheit trifft zu, sofern nicht starke Kontraste vorhanden sind, für die Lampen der 1000-lm-Reihe mit einer Leuchtdichte von rund 0,3 Stilb, nicht aber für die Lampen mit höherer Lichtleistung von 1500, 2000 oder sogar 4000 lm, die Leuchtdichten bis 0,6 Stilb aufweisen. Die praktischen Erfahrungen zeigen einwandfrei, dass diese Fluoreszenzlampen blenden. Übrigens geben auch die Leitsätze hierfür einen Anhaltspunkt in ihrer Ziffer 41, in welcher die Leuchtdichten für Leuchten auf 0,3 Stilb für Allgemeinbeleuchtung, und 0,2 Stilb für Arbeitsplatzbeleuchtung begrenzt werden. Fluoreszenzlampen mit höheren Leuchtdichten als 0,3 Stilb sollen unbedingt in Leuchten eingebaut werden. Im übrigen ist es empfehlenswert, die freistrahrenden Fluoreszenzlampen mit niedrigen Leuchtdichten wenn immer möglich so anzuordnen, dass die Hauptblickrichtung in Richtung des Stranges und nicht quer dazu liegt.

In letzter Zeit sind die sogenannten Raster zur Vermeidung der Blendung auf den Markt gelangt. Erfahrungen über ihre Wirkung sind noch zu wenig vorhanden, als dass ein Urteil gestattet wäre, doch scheinen sie ein Mittel zu sein, um besonders in bestehenden Anlagen die Blendung zu vermindern. Es ist aber zu berücksichtigen, dass sie einen Lichtverlust in der Grössenordnung von etwa 10% bringen. Kürzlich ist sogar behauptet worden, die stroboskopischen Effekte würden durch die Raster ausgeschaltet, was natürlich ein grosser Irrtum ist.

Was die Leuchten betrifft, sei hier nur darauf hingewiesen, dass noch keine Leuchte existiert, die auch in explosionsgefährlichen Räumen angewen-

<sup>2)</sup> vgl. dazu: Flimmern und stroboskopische Erscheinungen als Folge netzfrequenter Schwankungen des Lichtes. Bericht der Fachgruppe Flimmern an das Schweizerische Beleuchtungs-Komitee. Bull. SEV Bd. 37(1946), Nr. 14, S. 367...375.

det werden kann<sup>3)</sup>. Auch scheint es zweckmässig, wenn einmal eine gewisse Normung, wenigstens für Leuchten, die für Arbeitsstätten in Betracht kommen, durchgeführt würde, was wohl am ehesten auf freiwilliger Basis unter den solche Produkte herstellenden Firmen erfolgen könnte. Es ist sicher nicht nötig, dass wieder eine grosse Menge der verschiedensten Leuchtentypen zur Anwendung gelangt, wie es beim Glühlampenlicht der Fall war und heute noch ist, wobei sich unter diesen Leuchten immer solche befinden, die lichttechnisch unbefriedigend sind.

### Schlussbemerkungen

Schliesslich möge noch eine Anregung gestattet sein, zu welcher die Installation von Fluoreszenzlampe in der Textilindustrie geführt hat. Bis vor kurzem wurden die Fluoreszenzlampe parallel zu

<sup>3)</sup> Zur Zeit werden verschiedene solche Leuchten gebaut, von denen eine bereits von der Materialprüfanstalt des SEV geprüft und zum Anschluss zugelassen wurde.

den Webstühlen, Spinn- und Zwirnmachines angeordnet, neuerdings senkrecht. Diese Anordnung ist zweifellos wesentlich vorteilhafter als die frühere, nach welcher nun eine ganze Reihe von Anlagen ausgeführt wurden, die nun schon wieder bis zu einem gewissen Grad veraltet sind. Warum führt man nicht für die Beleuchtung so zahlreich vorhandener Machines, z. B. von Webstühlen, Spinnmachines, Nähmachines oder Werkzeugmachines, systematische Versuche durch, um die beste Beleuchtungsart herauszufinden, bevor Anlagen in den Betrieben eingerichtet werden?

Zum Schlusse sei der Hoffnung Ausdruck gegeben, dass die kritischen Betrachtungen des Vortrages in dem Sinne verstanden worden sind, wie sie gemeint waren: als Beitrag zum Vermeiden von Fehlern in der Beleuchtung von Arbeitsstätten, Fehlern, die sich zum Nachteil von Arbeitgebern und Arbeitnehmern auswirken.

### Adresse des Autors:

E. Bitterli, Dipl.-Ing., Adjunkt des eidgenössischen Fabrikinspektors des III. Kreises, Utoquai 37, Zürich 8.

## Beitrag zur Theorie der mathematischen Behandlung nichtlinearer Vorgänge

Von H. Rosenhamer, Västerås (Schweden)

517.9 : 621.3

Um eine allgemeine Differentialgleichung  $n$ -ter Ordnung, wie sie sich z. B. bei der mathematischen Behandlung eines nichtlinearen elektrischen Vorganges ergibt, lösen zu können, stellt der Verfasser zunächst die Gleichung als Summe von Produkten linearer Differentialquotienten mit Koeffizientenfunktionen dar und ersetzt diese punktweise durch geeignet zu wählende Konstanten, worauf die Integration in bekannter Weise durchgeführt wird. Das so erhaltene Ergebnis, das der ursprünglichen Differentialgleichung natürlich nur mit gewisser Näherung genügt, wird weiter zur Bestimmung neuer, modifizierter Koeffizientenfunktionen benutzt, die zu einer befriedigenden Lösung der Differentialgleichung des vorgelegten Problems führen. Dabei kann man die den nichtlinearen Systemelementen entsprechenden Funktionen unverändert lassen und die erforderliche Modifizierung lediglich mit Hilfe von Konstanten bewirken.

Als Anwendungsbeispiel dieser «Methode der Funktionskonstanten» werden die Vorgänge untersucht, die sich bei einer Reihenschaltung einer Induktivität, einer Kapazität und eines Widerstandes einstellen können, wenn eine sinusförmige Spannung angelegt wird. Es zeigt sich dabei u. a., dass Kipperscheinungen an das Auftreten eines stationären Ausgleichgliedes gebunden sind, während Unterschwingungen besonders dann entstehen, wenn der Maximalwert des Zeitintegrals der aufgezwungenen Spannung gerade gleich dem Maximalwert des entsprechenden, vom System selbst gegebenen inneren Spannungsintegrals ist. Das Beispiel lässt gleichzeitig erkennen, dass diese Methode zur übersichtlichen und anschaulichen Behandlung auch schwierigerer Aufgaben geeignet ist.

L'auteur présente une méthode pour résoudre les équations différentielles générales de  $n$ -ordre, du type de celles rencontrées, par exemple, dans l'étude mathématique des phénomènes électriques non-linéaires. Il réduit tout d'abord l'équation à une somme de produits de quotients différentiels linéaires à coefficients variables, puis remplace successivement ces coefficients par des constantes à déterminer; il effectue ensuite l'intégration par les méthodes habituelles. Le résultat ainsi obtenu ne satisfait l'équation différentielle primitive que de façon approchée. Par contre il peut servir à déterminer de nouveaux coefficients variables qui permettent de trouver une solution plus satisfaisante de l'équation donnée. Cette modification des coefficients peut s'obtenir uniquement à l'aide de constantes, sans transformer les fonctions correspondant aux éléments non linéaires.

Comme exemple d'application de cette «méthode de la variation des constantes», l'auteur étudie un circuit, comprenant en série une self-induction, une capacité et une résistance, lorsqu'on lui applique une tension sinusoïdale. On constate entre autres, que les phénomènes de relaxation sont liés à la présence d'un terme de compensation stationnaire. D'autre part, des oscillations de fréquence sous-multiple de l'onde fondamentale peuvent apparaître quand la valeur maximale de l'intégrale sur le temps de la tension aux bornes est égale à la valeur maximale de l'intégrale de la tension induite correspondante du système. Cet exemple démontre comment la méthode permet de traiter d'une façon simple et claire des problèmes particulièrement difficiles.

### I. Das Verfahren

Verhältnismässig oft kommen Fälle vor, bei denen die Komponenten des betrachteten Vorgangs nicht nur proportional den Zustandsgrössen selbst und ihren Differentialquotienten sind, sondern auch in weniger einfacher Weise von diesen Grössen abhängen, die also im Falle nur einer unabhängigen Veränderlichen durch eine allgemeine Differentialgleichung  $n$ -ter Ordnung,

$$\varphi\left(x, y, \frac{dy}{dx}, \dots, \frac{d^n y}{dx^n}\right) = 0 \quad (1)$$

dargestellt werden. Bekannte Beispiele, die ein derartiges nichtlineares Verhalten zeigen, sind der Widerstand mit Lichtbogenentladung, die Induktionsspule mit Eisenkern, die Kapazität mit beweglichen Elektroden, sowie die mechanischen Analogie-Fälle, nämlich die geschwindigkeitsabhängige Reibung, die geschwindigkeitsabhängige Masse, die wegabhängige