

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 27 (1936)
Heft: 15

Rubrik: Ueber das Gasentladungslicht [Fortsetzung und Schluss]

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: 04.04.2026

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

SCHWEIZERISCHER ELEKTROTECHNISCHER VEREIN

BULLETIN

REDAKTION:
Generalsekretariat des Schweiz. Elektrotechn. Vereins und des
Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke, Zürich 8, Seefeldstr. 301

VERLAG UND ADMINISTRATION:
A.-G. Fachschriften-Verlag & Buchdruckerei, Zürich 4
Staufferquai 36/40

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXVII. Jahrgang

N^o 15

Mittwoch, 22. Juli 1936

Ueber das Gasentladungslicht.

Bericht über den 13. akademischen Diskussionsvortrag an der Eidg. Techn. Hochschule,
abgehalten am 22. Februar 1936.

(Fortsetzung und Schluss von Seite 395.)

Zweites Hauptreferat

gehalten von Herrn Obering. L. Schneider, Lehrbeauftragter an der Techn. Hochschule, Berlin,
über

Die arbeitstechnischen Vorteile der Metaldampflampen-Beleuchtung und neue Wege zur Weiterentwicklung der Quecksilberdampf- Hochdruck-Lampen.

Der Vortragende begründet einleitend seine Ueberzeugung, dass die kommende Generation ein Vielfaches der heute noch verwendeten Beleuchtungsstärken verlangen wird. Um so grosse Beleuchtungsstärken zu ermöglichen, muss man nach höherer Lichtausbeute der Lichtquellen streben, denn die elektrische Energie wird wohl nicht mehr soviel billiger werden können, dass dies Ziel nur damit allein erreichbar ist.

Die in letzter Zeit geschaffenen Lichtquellen höherer Lichtausbeute, die Metaldampflampen, bieten aber nicht nur Vorteile durch ihre höhere Wirtschaftlichkeit, sie sind auch in einer ganzen Anzahl von Anwendungsgebieten, besonders in der Industrie, gerade infolge ihres farbigen Lichtes der Glühlampe überlegen, wofür eine Reihe von Beispielen gegeben wird. Durch Zumischen von Glühlampenlicht zum Licht der Quecksilber-Hochdruck-Lampe kann das Licht weisser gemacht und dem Tageslicht fast ganz angenähert werden bei höherer Lichtausbeute als von Glühlampen und insbesondere von Tageslichtlampen.

Ein sehr aussichtsreicher Weg zur Verbesserung der Farbe und der Lichtausbeute der Metaldampflampen ist die Sichtbarmachung der von den Metaldampflampen noch in beträchtlichem Masse erzeugten unsichtbaren ultravioletten Strahlung mit Hilfe von Luminophoren (Fluoreszenz- und Phosphoreszenzstoffen). Ihre Natur, ihre Eigenschaften werden gezeigt und die Probleme behandelt, die bei ihrer Verwendung mit Quecksilberdampflampen gelöst werden müssen. Die bisher erzielten Ergebnisse berechtigen zu guten Aussichten für die Zukunft.

Im Vortrage des Herrn Professor van de Werfhorst¹⁾ wurde gezeigt, dass an der Weiterentwicklung der Dampflampen intensiv gearbeitet wird. Es wurde ferner gezeigt, dass Lichtquellen mit höherer Lichtausbeute uns in die Lage versetzen, einmal solche Beleuchtungsaufgaben zu lösen, die bis heute bei den Lichtquellen geringerer Lichtausbeute an

L'auteur déclare tout d'abord qu'il croit que la nouvelle génération exigera un éclairage plusieurs fois supérieur à l'éclairage actuel. Pour réaliser des éclairages aussi intenses, on doit chercher à augmenter le coefficient d'efficacité des sources lumineuses, car le prix de l'énergie électrique ne diminuera probablement plus à un tel point que cela suffira pour arriver au but cherché.

Les sources lumineuses à haut rendement créées ces derniers temps, les lampes à vapeur de métal, sont non seulement avantageuses au point de vue économique, mais elles se prêtent mieux à une série d'applications, en particulier dans l'industrie, dont l'auteur donne plusieurs exemples. En mélangeant de la lumière de lampes à incandescence à celle de la lampe à vapeur de mercure à haute pression, la lumière résultante en devient plus blanche et se rapproche de la lumière du jour, le coefficient d'efficacité restant bien supérieur à celui de lampes à incandescence, spécialement de celles dite «lumière du jour».

Pour améliorer le rendement et la couleur de la lumière émise par les lampes à vapeur de métal une solution semble se dessiner, qui consiste à rendre visibles les abondantes radiations ultra-violettes invisibles à l'aide de luminophores (matières fluorescentes et phosphorescentes). L'auteur expose la nature et les propriétés de ces corps, ainsi que les problèmes qui se posent à leur utilisation pratique dans les lampes à vapeur de mercure. Les résultats obtenus jusqu'à présent sont très encourageants pour l'avenir.

den Beleuchtungskosten scheiterten und zum andern ohne nennenswerten Mehraufwand die bisher ungenügenden Beleuchtungsstärken zu erhöhen. Die vielfach vertretene Meinung, dass wir heute im allgemeinen schon genügend stark oder gar zu stark beleuchtet hätten, ist irrig. Seien wir uns darüber klar, dass die Beleuchtungsstärken, die uns die Natur zur Verfügung stellt, an die wir uns gewöhnt

¹⁾ Bull. SEV 1936, Nr. 14, S. 387.

haben, so hoch sind, dass wir sie bei den heutigen Beleuchtungskosten noch lange nicht erreichen können. Die jetzt lebende Generation hat noch in ihrer Jugendzeit die Lichtarmut kennen gelernt und ist im Lichtsparen erzogen worden als Folge der damals sehr hohen Beleuchtungskosten. Sie kann sich nicht der Geschwindigkeit, in der sich die Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung und die Kenntnisse über die Erfordernisse guter Beleuchtung entwickelt haben, anpassen. Die Früchte dieses technisch-wirtschaftlichen Fortschritts wird erst die heranwachsende Generation ernten, für die Beleuchtungsstärken von mehreren 100 bis mehreren 1000 Lux bei der Arbeitsbeleuchtung ebenso selbstverständlich sein werden wie Flugzeug, Radio, Fernsehen usw., technische Errungenschaften, die in der Jugendzeit der heutigen Generation zum Teil als Phantasiegebilde galten. Es ist darum nicht zuviel gesagt, wenn man behauptet, dass die heute gebräuchlichen Beleuchtungsstärken viel zu niedrig sind und dass die heute geforderten Beleuchtungsstärken die unterste Grenze des überhaupt Zulässigen darstellen. Deshalb lohnt es sich, sich ernsthaft mit der Frage der Erhöhung der Lichtausbeute der Lichtquellen zu befassen, zumal die vielleicht noch mögliche Verbilligung der zur Lichterzeugung verwendeten Energie nicht ausreichen wird, den noch kommenden Ansprüchen an die Beleuchtung bei erträglichem Geldaufwand gerecht zu werden.

Höhere Ansprüche an die Beleuchtungsstärke sind auch mit höheren Ansprüchen an die Qualität und damit die Farbe des Lichtes verbunden, und so ist die Forschung heute fieberhaft tätig, die noch nicht für alle Anwendungsgebiete geeignete Lichtfarbe der neuen Lichtquellen, insbesondere die der Quecksilberdampf Lampen zu verbessern. Es gibt aber auch Anwendungsgebiete, bei denen die neuen Lichtquellen infolge ihrer vom Gewohnten abweichenden Lichtfarbe den bisher bekannten überlegen sind. Das Licht der Natriumdampf Lampe ist monochromatisch; sein Spektrum besteht praktisch nur aus einem ganz engen Bereich im Gelben, der beiden bekannten gelben Natriumlinien. Das Spektrum der Quecksilberdampf Lampe enthält überwiegend ein monochromatisch gelbes und monochromatisch gelb-grünes Licht, etwas Violett, ein bisschen Blau und ein klein wenig Rot, so dass auch dieses Licht als annähernd monochromatisch angesprochen werden kann. Solche Lichter lassen die Farbe der beleuchteten Gegenstände anders erscheinen, als man sie bei Tageslicht und Glühlampenlicht zu sehen gewohnt ist. Dies lässt sich z. B. beim Aussortieren und Prüfen von Oberflächenbehandelten Gegenständen ausnutzen, indem man vorhandene geringe Farbunterschiede durch diese farbige Beleuchtung erhöht und dadurch die Unterscheidung erleichtert; die Kontrolle wird genauer und geht rascher vonstatten. So kommt es z. B. vor, dass weiss emaillierte Gegenstände nicht alle gleichmäßig weiss ausfallen, sondern teilweise einen leicht

gelblichen Stich haben. Dieser geringe Farbunterschied ist bei gewöhnlicher Beleuchtung nur schwer zu erkennen. Durch das Licht der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe erscheint die weisse Fläche durch einen leichten Stich ins Blau-Grüne weisser, während bei der Probe mit dem Stich ins Gelbe der gelbe Eindruck verstärkt wird. Die Prüfung z. B. von verchromten Messingteilen auf Dichte des Ueberzugs ist im Quecksilberlicht viel leichter und infolgedessen rascher zu bewerkstelligen als bei Glühlampen- oder Tageslicht, weil der Kontrast zwischen der Chromfläche und dem an Fehlerstellen durchschimmernden gelblichen Messing durch das Quecksilberlicht künstlich verstärkt wird. Beim Prüfen von Inlettstoffen, die zu Federkissen verwendet werden und ein ganz dichtes Gewebe aufweisen müssen, verwendet man mit Vorteil Natriumlicht. Die Stoffe werden auf eine von Natrium durchleuchtete Trübglasseibe gelegt. Bei diesen rot, grün oder blau gefärbten Stoffen bleiben die Fäden dunkel, die Zwischenräume leuchten hell

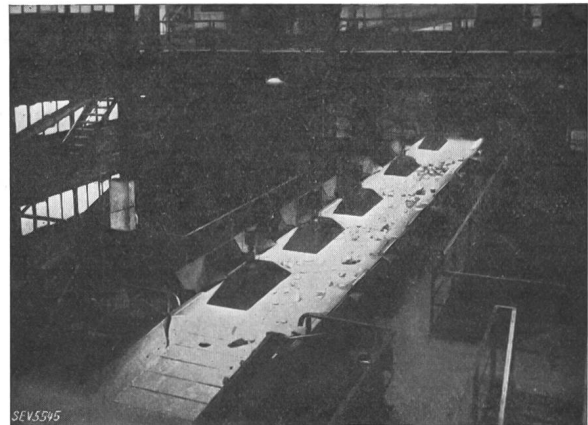


Fig. 1.
Leseband eines Steinkohlenbergwerks,
beleuchtet mit 5 Quecksilberdampf Lampen 280 W.

auf, so dass undichte Stellen, Webfehler usw. sofort erkennbar sind, während bei weissem Licht die rot, grün oder blau leuchtenden Fäden fast ebenso hell sind wie die Zwischenräume. Im Eisenerzbergbau verwendet man mit Vorteil Quecksilberdampf Lampen beim Aussortieren von Erz und taubem Gestein, weil durch das Quecksilberlicht das Erz einen stark grünlichen Schimmer erhält und sich so leicht vom Gestein unterscheidet. Auch im Steinkohlenbergbau hat sich das Quecksilberlicht beim Auslesen von Steinen aus der Kohle sehr gut bewährt (Fig. 1). In Ofenräumen und Kesselhäusern, wo das Auge in Flammen oder glühende Räume sieht, wird das gelbe Natriumlicht angenehmer empfunden als weisses Licht (Fig. 2). Deshalb zieht man zur Beleuchtung solcher Räume Natriumdampf Lampen den Glühlampen vor.

In dunstigen oder staubigen Räumen wird das kurzwellige Licht an den in der Luft schwebenden, den Dunst bildenden winzig feinen Schmutzteilchen und Wassertröpfchen gestreut, während das langwellige Licht ungestreut hindurchgeht. Infolge die-

ses Streulichtes erscheint dunstige oder staubige Luft trüb. Beleuchtet man solche Räume mit monochromatisch gelbem Licht, das keine der Streuung unterliegenden kurzwelligen Strahlen enthält, so verschwindet die Trübung der Luft; die Sicht wird klar. Deshalb eignen sich Natriumdampflampen besonders zur Beleuchtung von Giessereien und andern stark staub- und dunsterfüllten Räumen (Fig. 3).

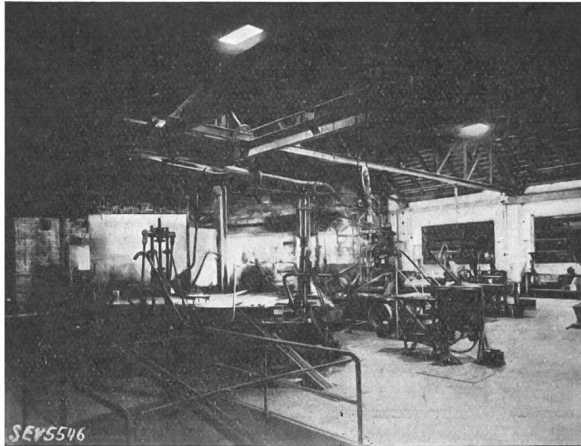


Fig. 2.

Ofenhalle für Pressglas, beleuchtet mit Natriumdampflampen.

Durch monochromatisches Licht kann die Abbildung der gesehenen Gegenstände auf der Netzhaut des Auges schärfer gemacht werden, eine Erfahrung, die man sich z. B. in der Mikroskopie schon lange zunutze macht. Durch diese schärfere Abbildung werden noch Dinge wie z. B. Risse auf Oberflächen sichtbar, die bei weissem Licht vom Auge nicht oder nur mit Hilfe einer Lupe wahrgenommen werden können. Da aber Lupen im allgemeinen für eine rasche Arbeit hinderlich sind, bevorzugt man bei der Materialkontrolle das monochromatische Na-



Fig. 3.

Metallgiesserei, beleuchtet mit Natriumdampflampen.

triumlicht, z. B. bei der Fertigungskontrolle von geschliffenen oder polierten Gegenständen (Fig. 4). Bei Porzellanrohlingen können Risse, die sich meist erst nach dem Brande richtig bemerkbar machen, schon vorher rechtzeitig erkannt werden; künstliche

Zähne können viel leichter auf Rissfreiheit untersucht werden. — In einem norwegischen Glaswerk, das grosse Glasplatten herstellt, werden die noch rot glühenden Platten vor dem Einlegen in den Temperofen mit ganz flach einfallendem Quecksilberlicht beleuchtet; in dem rötlich glühenden Glas erscheinen unter dieser Beleuchtung die Risse bläulichweiss; ungeeignete Tafeln können vor dem Tempern ausgesondert und damit Geld und Zeit



Fig. 4.

Kontrollräume für Autofertigteile, beleuchtet mit 3 Natriumdampflampen Na 300.

gespart werden. Zur Prüfung der fertig getemperten, also abgekühlten Platten werden in diesem Glaswerk Natriumdampflampen verwendet, wobei noch vorhandene feine Risse, die bei gewöhnlichem Licht kaum erkennbar sind, als schwach gelbleuchtende Linien sichtbar werden (Fig. 5). In der Autoindustrie werden besonders beim Karosseriebau mit Vorteil Quecksilberdampflampen verwendet. In der Lackiererei sind diese Lampen namentlich zur Beurteilung der Güte des Farbauftrages sehr gut geeignet (Fig. 6); die Beurteilung des Farbtones ist ja

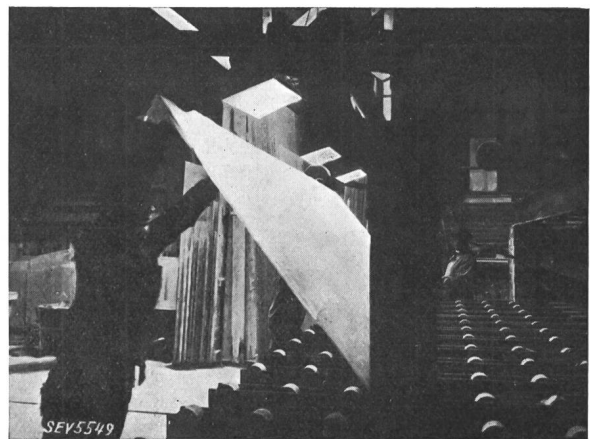


Fig. 5.

Prüfung fertiger Glasscheiben im Lichte von 3 Natriumdampflampen Na 300 am Ausgang eines Temperofens.

bei der gleichzeitigen Lackierung grösserer Serien in der eigentlichen Lackiererei nicht nötig.

Das Quecksilberlicht wie das Natriumlicht lässt die menschliche Haut in einer ungewöhnlichen

Farbe erscheinen. Wo dies unangenehm empfunden wird, kann man durch Zumischen von Glühlampenlicht den diese Farbentstellung in der Hauptsache bedingenden Rotmangel verbessern oder auch ganz beseitigen. Die Lichtausbeute des Mischlichtes ist



Fig. 6.

Quecksilberbeleuchtung in einer Autoreparaturwerkstatt.

natürlich niedriger als die reinen Quecksilberlichtes, aber immer noch beträchtlich höher als die reinen Glühlampenlichtes (Tabelle I).

Lichtströme und Lichtausbeuten von Quecksilber- und Glühlampen-Mischlicht.

Tabelle I.

Quecksilberlampe		Glühlampe		Mischlicht				
W	lm	W	lm	W	lm	Lichtstromanteil		Lichtausbeute lm/W
					ca.	Quecksilberlampe %/o	Glühlampe %/o	
150	5 000	—	—	—	—	100	0	33
150	5 000	79 D	1 000	230	6 000	83	17	26
150	5 000	111 D	1 500	260	6 500	77	23	25
150	5 000	150	1 950	300	7 000	72	28	23
150	5 000	200	2 750	350	7 800	64	36	22
150	5 000	300	4 500	450	9 500	53	47	21
280	10 000	—	—	—	—	100	0	36
280	10 000	111 D	1 500	390	11 500	87	13	29
280	10 000	150	1 950	430	12 000	84	16	28
280	10 000	200	2 750	480	12 800	78	22	27
280	10 000	300	4 500	580	14 500	69	31	25
280	10 000	500	8 100	780	18 100	55	45	23
475	20 000	—	—	—	—	100	0	42
475	20 000	150	1 950	625	22 000	91	9	35
475	20 000	200	2 750	675	22 800	88	12	34
475	20 000	300	4 500	775	24 500	82	18	32
475	20 000	500	8 100	975	28 100	71	29	29
475	20 000	750	13 000	1225	33 000	61	39	27
475	20 000	1000	18 000	1475	38 000	53	47	26

Die Wahl der Mischung richtet sich ganz nach den Ansprüchen. Bei geringen Beleuchtungsstärken ist die Farbempfindlichkeit des Auges herabgesetzt. Infolgedessen kann man sich in diesen Fällen, wie also bei der Strassenbeleuchtung, mit einer geringen Zumischung begnügen, z. B. zu einer Quecksilberdampf- oder Glühlampe von 10 000 lm (280 W einschl. Drossel-

spule) eine Glühlampe von 150 bis 200 W. Bei höheren Beleuchtungsstärken und höheren Ansprüchen kann man mit der Zumischung von Glühlampenlicht weitergehen. Bei einem Mischungsverhältnis der Lichtströme von Glühlampen- und Quecksilberlicht wie 1 : 1 ergibt sich eine dem natürlichen Tageslicht sehr ähnliche Lichtfarbe. Dieses Licht ist z. B. für die Beleuchtung von Räumen, die nicht genügend mit Tageslicht versorgt sind, sehr gut geeignet. Auch in der Beleuchtung von Werkstätten und Fabrikhallen wird das Mischlicht in verschiedenen Mischungen mit Erfolg angewandt. Grundsätzlich sollen Glühlampen und Quecksilberdampf- oder Glühlampen zusammen in einer geschlossenen Leuchte untergebracht werden, damit eine gute Mischung erreicht wird. Bei getrennter Anordnung beider Lichtquellen entstehen farbige Schatten, wodurch der Eindruck der Tageslichtfarbe gestört wird. Die Lichtausbeute des Mischlichtes beträgt immer noch mindestens das 1 1/2fache der Lichtausbeute einer gewöhnlichen Glühlampe und das Doppelte bis Dreifache einer Tageslichtglühlampe. Bei Mischlicht machen sich beim Beobachten schnell bewegter Vorgänge stroboskopische Effekte, die bei reinem Metallampfenlicht manchmal stören können, nicht störend bemerkbar.

Einen neuen Weg zur Verbesserung der Farbe der Quecksilberdampf- oder Glühlampen ohne Herabsetzung der Lichtausbeute weist die Verwendung von Fluoreszenzstoffen. Mit ihrer Hilfe kann der wenig sichtbare oder ganz unsichtbare Anteil der Strahlung der Quecksilberdampf- oder Glühlampe in sichtbares Licht umgewandelt werden. Ueber die Natur der Fluoreszenzstoffe wissen wir noch nicht allzuviel. Nach den ausführlichen Untersuchungen von *Lenard* hängt die Eigenschaft der fluoreszierenden Stoffe von einem ganz geringen Zusatz eines Fremdstoffes ab. Die von dem Stoff absorbierte Strahlungsenergie wird auf das Fremdatom übertragen und dieses zum Leuchten angeregt²⁾. Hierbei spielt die Wärmebewegung des Fremdatoms eine Rolle. Dauert der Leuchtvorgang nur so lange, als der Stoff selbst bestrahlt wird, so spricht man von «Fluoreszenz». Leuchtet der Stoff noch nach, auch wenn der Anstrahlungsvorgang beendet ist, dann spricht man von «Phosphoreszenz». Rhodamin z. B. ist ein fluoreszierender Stoff. Besonders wichtig ist, dass die abgestrahlte Energie immer von grösserer Wellenlänge sein muss als die eingestrahlte. Nach dem Planckschen Gesetz ist $h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, wobei h die

Plancksche Konstante, ν die Frequenz, c die Lichtgeschwindigkeit und λ die Wellenlänge des Lichtes sind. Beträgt also die eingestrahlte Energie $\frac{hc}{\lambda}$, so

kann die abgestrahlte Energie nie grösser, höchstens gleich gross, im allgemeinen aber kleiner sein als die eingestrahlte. Da λ im Nenner steht, kann die

²⁾ Pirani u. Rüttenauer, Das Licht, Bd. 5 (1935), S. 93. Riehl u. Wolf, Das Licht, Bd. 6 (1936), S. 41.

Wellenlänge der abgestrahlten Energie im günstigsten Falle gleich gross, im allgemeinen aber nur grösser sein als die der eingestrahnten. Es lässt sich also blaue, violette und ultraviolette Strahlung in Blau, Grün, Gelb oder Rot umwandeln, niemals aber Rot in Blau. Da das Licht der Quecksilberentladung reich an kurzwelligem sichtbarem und unsichtbarem Strahlen ist, kann man durch Wahl geeigneter Stoffe diese für das Auge kaum oder gar nicht wahrnehmbare Strahlung in sichtbare Strahlung umwandeln; dabei ist nach Möglichkeit die Strahlung so zu wählen, dass eine gewünschte Verbesserung der Lichtfarbe entsteht. Bestrahlt man also z. B. eine mit fluoreszierendem oder phosphoreszierendem Stoff beschriebene Fläche, so reflektiert diese weisslich aussehende Fläche einmal die von der Quecksilberdampf-Hochdrucklampe erzeugte sichtbare Strahlung und wandelt zweitens die unsichtbare in sichtbare um. Die Fläche muss dann heller erscheinen als eine weisse, nicht fluoreszierende. Bei einer mit einem grün fluoreszierenden Stoff beschriebenen Scheibe ist auf diese Weise eine Erhöhung der Leuchtdichte gegenüber einer weissen Fläche von 70 % erzeugt worden. Diese Erhöhung der Leuchtdichte ist deshalb so günstig, weil der Stoff in Grün fluoresziert, also im Bereich der Höchstepfindlichkeit des Auges. Bei einem rot oder auch bei einem blau fluoreszierenden Stoff ist eine derartige hohe Ausbeute nicht möglich.

Ueber die Lebensdauer dieser Fluoreszenzstoffe lässt sich heute noch nichts Bestimmtes aussagen. Sie sind atmosphärischen Einflüssen unterworfen. Welcher Art diese sind, ist noch nicht genau bekannt. Es sind schon Lebensdauern von mehreren 1000 Stunden erreicht worden. Verwendet man den Fluoreszenzstoff unmittelbar mit der Quecksilberdampf-Lampe selbst, so dürften diese Lebensdauern im allgemeinen ausreichend sein.

Die Speicherung der Strahlung in den phosphoreszierenden Stoffen ist begrenzt. Der günstigste, bisher erreichte Wert ist 0,01 Lumenstunden auf 1 qm Fläche. Die Abgabe dieser Energiemenge kann sich nun auf verschieden lange Zeit erstrecken. Man sieht aber hieraus, dass z. B. durch Aufspeicherung von Sonnenenergie in solchen Luminophoren ein Raum noch nicht beleuchtet werden kann. Die Ausnutzung des Nachleuchtens hätte technisch z. B. Interesse zur Ausfüllung der Dunkelpausen von mit Wechselstrom betriebenen Lichtquellen, z. B. also Quecksilberdampflampen. Dieses Ziel ist aber mit den jetzt bekannten Stoffen noch nicht erreichbar.

Bei der Anwendung der Fluoreszenzstoffe auf die Verbesserung des Quecksilberdampflichtes muss man bei Quecksilber-Hochdruck und Quecksilber-Niederdruck verschiedene Wege gehen. Wie das Spektrum der Quecksilber-Hochdrucklampe (Fig. 7) zeigt, fehlt vor allen Dingen Rot, auch etwas Blau. Ein grosser Teil der Energie wird bei der Hochdruckentladung an der Grenze des sichtbaren und im Beginn des ultravioletten Gebietes ausgestrahlt,

also etwa zwischen 300 und 366 m μ ³). Man muss also einen fluoreszierenden oder phosphoreszierenden Stoff verwenden, der durch diesen Wellenlängenbereich zwischen 300 und 366 m μ angeregt wird und in der Hauptsache im Roten fluoresziert. Mit dem Ausschauen eines derartigen Stoffes allein ist aber das Problem noch nicht gelöst, denn er muss auch auf der Lampe aufgebracht werden. Im eigentlichen Entladungsgefäss ist dies bei den hohen Temperaturen der Quecksilber-Hochdruck-Entladung nicht möglich; man muss ihn vielmehr auf der Innenseite des Aussenkolbens anbringen. Auch dort ist er noch ziemlich starken Wärmebeanspruchungen ausgesetzt. Die Umwandlung der Strahlung wird aber auch durch das Bindemittel, das den Fluoreszenzstoff auf dem Glase haften lässt, beeinflusst, so dass auch die haltbare Befestigung auf dem Glase Schwierigkeiten bereitet. Schliesslich muss dieser Fluoreszenzstoff nicht nur kurzwellige Strahlung in

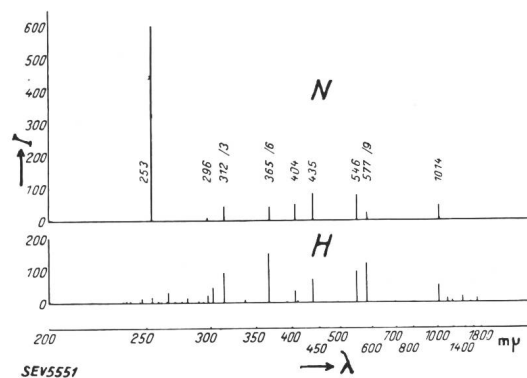


Fig. 7.

Energieverteilung im Spektrum der Quecksilber-Niederdruck- (N) und der Quecksilber-Hochdruck-Lampe (H) bei gleicher Gesamtstrahlung.

I Relative spektrale Intensität.
λ Wellenlänge in Millimikron.

langwelliges Licht umwandeln, er muss auch gleichzeitig für die gesamte sichtbare Strahlung möglichst gut und gleichmässig durchlässig sein. Besitzt z. B. ein solcher Stoff keine hohe Lichtdurchlässigkeit, dann kann er die von der Quecksilber-Hochdrucklampe erzeugte sichtbare Strahlung in viel stärkerem Masse absorbieren, als er an unsichtbarer Strahlung in sichtbare umwandelt. Man sieht also, dass, so einfach das Problem auch scheint, seine Lösung doch schwierig ist. Nach dem bisherigen Stande der Entwicklung lässt sich bei Quecksilberdampf-Hochdrucklampen mit Hilfe der Fluoreszenz die Lichtfarbe so weit verbessern, dass sie etwa der Mischung einer Quecksilberdampflampe von 10 000 lm mit dem Licht einer Glühlampe von etwa 5000 lm entspricht, ohne dass die Lichtausbeute der Fluoreszenzlampe niedriger ist als die der reinen Quecksilber-Hochdrucklampe.

Die Quecksilber-Niederdrucklampe hat eine viel geringere Lichtausbeute als die Hochdrucklampe, d. h. ein grösserer Anteil der Strahlung wird im un-

³) 1 m μ = 10 Å = 10⁻⁷ cm.

sichtbaren Gebiet ausgestrahlt (Fig. 7). Damit ist also die Wahrscheinlichkeit einer Steigerung der Lichtausbeute durch Fluoreszenz viel grösser. Die bei der Entladung an der Rohrwand auftretende Temperatur ist sehr niedrig, so dass man den Fluoreszenzstoff auf der Innenwand des Entladungsröhres anbringen kann. Dadurch kann die kurzwellige Strahlung unmittelbar vom Fluoreszenzstoff ohne Absorption durch eine Glaszwischenwand aufgenommen werden. Das Spektrum der Quecksilber-Niederdruck-Entladung zeigt, dass im sichtbaren Bereich im wesentlichen Violett, Blau und Gelb-Grün enthalten ist; Rot fehlt vollkommen. Dagegen ist die Resonanzlinie des Quecksilbers im kurzweligen Ultraviolett bei $25\text{ m}\mu$ sehr stark. Man muss also einen Fluoreszenzstoff verwenden, der sein Maximum der Anregung in diesem Wellenlängenbereich hat und neben der Fluoreszenz in den andern sichtbaren Gebieten in der Hauptsache eine starke Rotemission besitzt. Bei der Quecksilber-Niederdruck-Entladung ist es gelungen, die Lichtausbeute auf das Mehrfache zu steigern. Wei-

terhin ist es möglich, mit Hilfe der Fluoreszenz die in der Lichtreklame ja viel verwendeten Quecksilber-Niederdruck-Hochspannungsleuchtröhren in ganz neuartigen Farbtönen bei guter Lichtausbeute leuchten zu lassen, so dass hierdurch die Eintönigkeit der bisher möglichen Farbtöne Rot, Blau und Grün beseitigt wird.

Ein reizvolles Anwendungsgebiet erschliesst sich den Fluoreszenzstoffen in der Theaterbeleuchtung, in der Lichtreklame usw., wo man Kleider, Dekorationen oder Schilder mit fluoreszierenden Stoffen bestreichen kann und sie mit weissem Licht oder nur mit kurzwelliger Strahlung abwechselnd oder auch mit letzterer allein anleuchtet. In der Bühnenbeleuchtung lässt sich dies zum plötzlichen Szenenwechsel ausnützen, im Schaufenster kann man z. B. ein Plakat, dessen Farben fluoreszierende Stoffe enthalten, abwechselnd mit der normalen Schaufensterbeleuchtung und mit der kurzweligen Strahlung einer Quecksilber-Hochdrucklampe im Blauglaskolben bestrahlen, wodurch neue Werbewirkungen erzielt werden können.

Referat

von Herrn dipl. Ing. J. Guanter, Osram A.-G., Zürich,

über

Die wirtschaftliche Bedeutung der Metaldampf-Lampen für den Lichtverbraucher.

Es werden die Gesichtspunkte zusammengestellt, die gegen oder für die Verwendung von Gasentladungslampen sprechen, um das Anwendungsgebiet dieser Lampen grundsätzlich abzugrenzen.

Dann wird die Wirtschaftlichkeit des neuen Lichtes im Vergleich zum Glühlampenlicht zahlenmässig untersucht, und zwar für die relativ grosse Zahl von Anwendungen, wo sowohl Glühlampenlicht als auch Gasentladungslicht eine brauchbare Beleuchtung gibt, so dass nur noch die Wirtschaftlichkeit massgebend ist. Es wird eine Formel angegeben, aus der derjenige Grenzpreis für die elektrische Energie berechnet werden kann, bei dem der Betrieb einer Beleuchtungsanlage mit Gasentladungslicht und mit Glühlampenlicht gleich teuer ist. Bei jedem höheren Energiepreis ist Gasentladungslicht wirtschaftlicher. Dieser Grenzpreis wird in zwei Beispielen zahlenmässig angegeben.

L'auteur résume les divers points qui sont défavorables ou au contraire favorables à l'emploi des lampes à décharge en atmosphère gazeuse et détermine ainsi en principe le domaine d'application de ces lampes.

Il examine ensuite l'économie des nouvelles sources lumineuses par rapport à la lumière à incandescence, pour le nombre relativement grand des applications où la lumière à incandescence et celle à décharge en atmosphère gazeuse permettent toutes deux un bon éclairage, de sorte que seul le point de vue de l'économie décide en faveur de l'une ou l'autre de ces sources lumineuses. L'auteur indique une formule permettant de calculer le prix-limite de l'énergie électrique pour lequel le service d'une installation d'éclairage à décharge revient au même prix que celui d'une installation à incandescence. Quand le prix de l'énergie est supérieur au prix-limite, la lumière par décharge en atmosphère gazeuse est plus économique. Ce prix-limite est indiqué dans deux exemples numériques.

Von den Entladungs-Lichtquellen haben bis heute für Beleuchtungszwecke nur Natrium- und Quecksilberdampflampen praktische Bedeutung erlangt. Beide Arten kommen bereits in mehreren Grössen auf den Markt. Die kleinste Natriumdampflampe hat eine Lichtleistung von 2500 lm^1), die grösste von 9000 lm ; beim Quecksilberlicht sind die Grenzen 3000 und $50\,000\text{ lm}$. Die bisher erreichte Lichtausbeute der Natriumlampen ist $3,4$ bis 4 -mal grösser als jene der entsprechenden lichtstromgleichen Glühlampen; die Quecksilberlampen haben eine $2,2$ - bis $2,7$ ²⁾mal grössere Ausbeute.

Für den Lichtverbraucher sind diese zwei Tatsachen so bedeutungsvoll, dass es sich lohnt, die Anwendungsmöglichkeiten, bei denen die Verwendung von Entladungslampen wirtschaftlich erscheint, genau zu prüfen. Der wirtschaftliche Vorteil ist für die Verwendung des Entladungslichtes natürlich nur dann entscheidend, wenn die sonstigen Anforderungen an eine Beleuchtung mindestens ebenso gut erfüllt werden wie bei Glühlampenlicht.

Es seien einige Gesichtspunkte genannt, die gegen oder für die Verwendung der Entladungslampen sprechen und die in jedem Fall, wo Natrium- oder Quecksilberlampen aus rein wirtschaftlichen Gründen in Frage kommen könnten, entsprechend berücksichtigt werden müssen.

¹⁾ Int. Einheiten.

²⁾ Einschliesslich aller Verluste in den Zusatzgeräten.

Bedarf an geringer Lichtleistung für die einzelne Lichtquelle:

Der kleinste Typ der heutigen Entladungslampen hat einen Lichtstrom von 2500 lm. Alle bisherigen Anwendungen mit Glühlampen, bei denen man mit kleineren Lichtleistungen pro Lichtquelle (15 bis 150 Dlm und 15 bis 150 W) auskommen kann, kommen für Metalldampflampen nicht in Frage. Hierzu gehört die Wohnungsbeleuchtung als umfangreichstes Gebiet.

Das Erkennen der Körperfarben wird annähernd richtig oder vollkommen farbgetreu verlangt:

Das einfarbig gelbe Natriumlicht kann diese Forderung nicht erfüllen; daher kommt es für viele Anwendungen der Innenbeleuchtung nicht in Frage.

Quecksilberlicht hat bläulich-weiße Farbe und enthält praktisch kein Rot. Es ergibt daher keine farbgetreue Beleuchtung. Durch Verwendung von Quecksilberdampflampen und Glühlampen in der gleichen Armatur lässt sich die Lichtfarbe verbessern. Die Lichtströme der beiden Lichtquellen sind je nach den Ansprüchen, die an die Farbe dieses Mischlichtes gestellt werden, zu mischen. Wo eine gute Annäherung an die Tageslichtfarbe gefordert wird (Innenräume und Schaufenster), ist ein Mischverhältnis von 1 : 1 nötig. Die Lichtausbeute beträgt etwa 25 lm/W und ist 3—4mal grösser als die Ausbeute der Tageslicht-Glühlampen.

Für Innenräume, wie Fabrikhallen und Werkstätten, genügt meist eine geringere Glühlampenbeimischung. Da selbst die kleinste Type der Quecksilberdampflampen eine recht beträchtliche Lichtleistung besitzt, sind für derartige Beleuchtungen schon verhältnismässig grosse Räume notwendig.

Für die Verkehrsbeleuchtung ist, wo sich eine Verbesserung der Lichtfarbe als nötig erweist, ein Mischverhältnis von etwa 3 : 1 bis 4 : 1, bezogen auf den Lichtstrom, ausreichend.

Das Erkennen der Körperfarben ist nicht erforderlich:

In diesem Fall wird zweckmässig Natriumlicht verwendet. Als wichtigste Anwendungsgebiete sind zu nennen: Ausfall- und Autostrassen, Eisenbahnanlagen, besonders Gleisfelder (kommt vielfach wegen der Frequenz von 16% Per./s des zur Verfügung stehenden Stromes nicht in Betracht), Lagerplätze und Höfe, ferner Lagerschuppen, Remisen, Verlade-rampen, Ziegeleien, Zementfabriken, Sägereien, Kesselhäuser und chemische Betriebe.

Das einfarbige Licht oder das Licht von nicht kontinuierlicher spektraler Zusammensetzung erhöht das Deutlichsehen:

Untersuchungen³⁾ haben den Beweis erbracht, dass Natriumlicht für die Strassenbeleuchtung dem Glühlampenlicht bedeutend überlegen ist. Das deutlichere Sehen zeigt ferner Vorteile bei der Beurteilung polierter oder sonstwie bearbeiteter Oberflächen, bei der Prüfung auf Materialrisse, ferner bei feinen Rasterarbeiten bei der Klischeefabrikation und beim Offsetdruck. Ferner ist Natriumlicht für die Kontrolle von Gegenständen in der Durchsicht, z. B. für die Prüfung von Geweben auf Fehler und beim Betrachten von Röntgenbildern, vorteilhaft.

Die Lichtfarbe der Metalldampflampen ruft eine Kontrasterhöhung der Farben hervor, die die Materialuntersuchungen erleichtert, z. B. die Prüfung emaillierter Oberflächen auf Farbgleichheit, die Unterscheidung von Metallen und die Aussortierung von Beimischungen aus Kohle oder Erzen.

Das einfarbige Licht durchdringt Dunst und Nebel besser:

Diese Eigenschaft ist für die Verkehrsbeleuchtung besonders günstig, ferner für die Beleuchtung aller Fabrikations-

betriebe, wo starke Dunst-, Staub- oder Dampfwicklung unvermeidbar ist. Die bessere Durchdringungsfähigkeit bei dunstigem Wetter macht das Natriumlicht auch für die Beleuchtung von Wasseranlagen (Häfen, Schleusen, Kanälen) besonders geeignet, ferner auch zur Markierung von Landstellen an Flughäfen.

Die eigenartige Lichtfarbe der Metalldampflampen schafft neue Wirkungen:

Die neuartige Lichtfarbe eröffnet den Entladungslampen viele Anwendungen auf dem Gebiet der Lichtreklame.

Besondere Eigenschaften der Lichtquellen erschliessen neue Anwendungen:

Der grosse Blau-, Grün- und Gelbgehalt der Quecksilberdampflampen gestattet, diese Lichtquellen für die Bühnenbeleuchtung zu verwenden und neben einer guten Rundhorizont-Aufhellung neuartige Farbwirkungen zu erzielen.

Zur Erzeugung von Fluoreszenz- und Phosphoreszenz-Wirkungen für Bühnen- und Reklamezwecke kommen Quecksilberdampflampen in besonderer Ausführung in Betracht, ebenso als Bestrahlungsquellen für Paus- und sonstige Reproduktionszwecke.

Wenn man von Anwendungen absieht, für die ausschliesslich Entladungslampen oder Glühlampen in Frage kommen, weil die Wirkung mit der einen oder andern Art wesentlich besser ist, verbleiben noch die Gebiete, die hinsichtlich der Beleuchtungswirkung mit beiden Lichtquellenarten ungefähr gleich günstig gelöst werden können und bei denen nur noch die Wirtschaftlichkeit für Glühlampen oder Metalldampflampen entscheidet.

Dieser Fall ist nicht selten und darum soll er etwas näher untersucht werden, wobei vorausgesetzt ist, dass es sich um Neuanlagen handle. Um einen richtigen Vergleich zu ziehen, wird für beide Lichtquellenarten auf gleiche Beleuchtungsgüte abgestellt, so dass gleiche Beleuchtungsstärke und Anordnung der Lichtquellen zugrunde gelegt werden. Da der Strom der Entladungslampen in derselben Grössenordnung liegt wie jene der lichtstromähnlichen Glühlampen, ist der Leitungsquerschnitt gleich stark, so dass die Installation in beiden Fällen gleichartig ist. Demnach sind die reinen Installationskosten — abgesehen von Grossinstallationen mit Kompensation des Leistungsfaktors — sowohl für Glühlampen- als auch für Metalldampflampen-Anlagen gleich gross und brauchen daher in der Betriebsrechnung nicht berücksichtigt zu werden.

Die Lichtquellen selbst beeinflussen die Betriebskosten erheblich. Metalldampflampen erzeugen den gleichen Lichtstrom mit etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ der elektrischen Leistung, den die entsprechenden Glühlampen benötigen. Die Lebensdauer der Glühlampen beträgt im Mittel 1000 Stunden; jene der Metalldampflampen ist wesentlich höher; sie wird von den Herstellern mit durchschnittlich 3000 Stunden für Natriumlampen und 2000 Stunden für Quecksilberlampen garantiert. Das Preisverhältnis zwischen Glüh- und Metalldampflampen ist von Typ zu Typ verschieden und bewegt sich bei den heute gültigen Lampenpreisen zwischen 1 : 3,6 und 1 : 6. Jede Preisänderung wirkt sich natürlich sofort auf die Betriebskosten aus.

³⁾ Arndt: Licht 1933, Heft 11, S. 213;
Weigel: Licht 1935, Heft 9, S. 211.

Die Armaturen für Natriumdampflampen sind teurer als jene für Glühlampen, und die Reflektoren für Quecksilberdampflampen bedingen einen höhern Preis, wenn die Zubehörteile eingebaut verlangt werden.

Zu den Zubehörteilen, die bei Glühlampen-Anlagen nicht benötigt werden, gehören:

Für Natriumdampflampen: Drosselspule oder Streutransformator, ferner Kondensator zur Kompensation des Leistungsfaktors und kleiner Kondensator als Radiostörschutz.

Für Quecksilberdampflampen: Drosselspule oder Streufeldtransformator, ferner Kondensator zur Verbesserung des Leistungsfaktors.

Im Gegensatz zu Glühlampen weist der Betrieb von Metalldampflampen eine Phasenverschiebung auf. So unangenehm ein geringer $\cos \varphi$ ist, so verliert er bei den Entladungslampen an Bedeutung, weil ihre Anwendungsmöglichkeiten gering sind und somit der Blindenergieverbrauch solcher Beleuchtungsanlagen gegenüber dem Gesamtverbrauch eines Kraftwerkes nur unbedeutend bleibt. Ferner ist zu bedenken, dass an den Netzen eine Unzahl Apparate und Motoren mit geringem Leistungsfaktor angeschlossen sind, den zu kompensieren niemand vorschreibt und für den auch keine Entschädigung verlangt wird. Es erscheint deshalb nicht angebracht, wenn die Elektrizitätswerke für den Betrieb von Metalldampflampen eine höhere Kompensation verlangen wollten, als sie normalerweise von Grossverbrauchern verlangt wird.

Man kann jede Brennstelle einzeln kompensieren, indem der nötige Kondensator in die Armatur eingebaut wird, oder aber mehrere Lampen zusammen, was billiger zu stehen kommt.

Einen sehr grossen Einfluss übt die angesetzte Tilgungsfrist auf die Betriebsrechnung aus. Bei einer zehnjährigen Amortisation der Anlagekosten spielen die Mehrkosten, die bei einer Anlage mit Metalldampflampen für die teurere Armatur und für die Zubehörteile aufgewandt werden müssen, keine beträchtliche Rolle. Anders ist es bei einer viel kurzfristigeren Tilgung, wie sie z. B. heute in der Privatindustrie üblich geworden ist, besonders wenn noch eine sehr hohe Verbesserung des Leistungsfaktors verlangt wird.

Die Auswechslungskosten der Lichtquellen können einen mehr oder weniger grossen Einfluss auf die wiederkehrenden Betriebsausgaben ausüben. Bei der Verkehrsbeleuchtung rechnet man für die Auswechslung einer Lampe mit einem durchschnittlichen Kostenbetrag von Fr. 5.—; bei Innenbeleuchtungen kann dieser Unkostenfaktor unter Umständen völlig vernachlässigt werden.

Bei Kenntnis aller beeinflussenden Faktoren ist es möglich, für die elektrische Energie einen äquivalenten Grenzpreis zu bestimmen, bei dem der Betrieb einer Beleuchtungsanlage mit Glüh- und mit Metalldampflampen gleich teuer ist. Ueberschreitet der tatsächlich dem Elektrizitätswerk für die kWh

zu entrichtende Preis diesen Grenzpreis, sind Metalldampflampen wirtschaftlicher als Glühlampen. Die im folgenden für den Grenzpreis angeführte Formel hat Allgemeingültigkeit und berücksichtigt — unter Annahme gleicher Installationskosten — alle beeinflussenden Faktoren:

$$p = \frac{h \left(\frac{P_D}{L_D} - \frac{P_G}{L_G} \right)}{A_G - A_D} + \frac{T_{aD} - T_{aG}}{A_G - A_D} + \frac{T_T}{A_G - A_D} + \frac{T_k}{A_G - A_D} - \frac{h \left(\frac{A'}{L_G} - \frac{A'}{L_D} \right)}{A_G - A_D}$$

- p Grenzpreis für 1 kWh,
- h Jährliche Benützungsdauer in Stunden,
- P_D Preis der Metalldampflampe,
- P_G Preis der Glühlampe gleicher Lichtleistung,
- L_D Mittlere Lebensdauer der Metalldampflampen:
für Natriumdampflampen $L_D = 3000$ Stunden,
für Quecksilberdampflampen $L_D = 2000$ Stunden,
- L_G Mittlere Lebensdauer der Glühlampen 1000 Stunden,
- A_D Elektrische Arbeit der Metalldampflampe in kWh in h Stunden,
- A_G Elektrische Arbeit der Glühlampe in kWh in h Stunden,
- T_{aD} Jährlicher Tilgungsanteil für die Armatur der Metalldampflampe,
- T_{aG} Jährlicher Tilgungsanteil für die Armatur der Glühlampe,
- T_T Jährlicher Tilgungsanteil für die Drosselspule, bzw. den Streufeldtransformator,
- T_k Jährlicher Tilgungsanteil für den Kondensator,
- A' Kosten für die Auswechslung der Lampen (ohne Lampenkosten).

Beispiele.

Aequivalenter Grenzpreis einer kWh für die Erzeugung von 5000 lm mit Natrium- oder Glühlampenlicht. Natriumlampen benötigen hierfür eine Leistung von 95 W (einschliesslich aller Verluste), Glühlampen eine solche von 330 W. Vorausgesetzt sind Armaturen und Zubehörteile guter Qualität. Die Installationskosten sind für beide Beleuchtungsarten gleich hoch angenommen.

Beleuchtungs-Einrichtung	Grenzpreis pro kWh	
	Auswechslungskosten berücksichtigt	nicht berücksichtigt
(Kleine Anlage)		
<i>Innenbeleuchtung</i>		
Kompensation des $\cos \varphi$ auf 0,8		
Anschaffung zu Bruttopreisen		
Jährliche Benützung 1000 h		
Tilgung in 5 Jahren . . .	9,9 Rp.	11,3 Rp.
Tilgung in 10 Jahren . . .	4,9 Rp.	6,3 Rp.
(Grosse Anlage)		
<i>Aussenbeleuchtung</i>		
Kompensation des $\cos \varphi$ auf 0,8		
Anschaffung zu Nettopreisen		
Tilgung in 10 Jahren		
Jährliche Benützung 1000 h	3,1 Rp.	
2000 h	1,9 Rp.	
4000 h	1,3 Rp.	

Äquivalenter Grenzpreis einer kWh für die Erzeugung von 10 000 lm mit *Quecksilber-* oder *Glühlampenlicht*. Quecksilberlampen benötigen hierfür eine Leistung von etwa 280 W (mit allen Verlusten), Glühlampen eine solche von 600 W.

Beleuchtungs-Einrichtung	Grenzpreis pro kWh	
	Auswechslungskosten berück- sichtigt	nicht berück- sichtigt
(Kleine Anlage)		
<i>Innenbeleuchtung</i>		
Kompensation des $\cos \varphi$ auf 0,8		
Anschaffung zu Bruttoprei- sen		
Jährliche Benützung 1000 h		
Tilgung in 5 Jahren . . .	10,4 Rp.	11,2 Rp.
Tilgung in 10 Jahren . . .	6,8 Rp.	7,6 Rp.
(Grosse Anlage)		
<i>Aussenbeleuchtung</i>		
Kompensation des $\cos \varphi$ auf 0,8		
Anschaffung zu Nettoprei- sen		
Tilgung in 10 Jahren		
Jährliche Benützung 1000 h	4,6 Rp.	
2000 h	3,6 Rp.	
4000 h	3,1 Rp.	

Schon aus diesen zwei Beispielen geht deutlich hervor, welchen grossen Einfluss die Tilgungsfrist

für die Anlagekosten und die jährliche Benützungsdauer auf den Grenzpreis ausüben. Man kann daraus auch ableiten, für welche Beleuchtungsarten und Benutzergruppen das Entladungslicht bei den heute geltenden Preisen für Lampen, Armaturen und Zubehörteile wirtschaftlich interessant ist. Bei Vergleich der einzelnen Faktoren, die den Grenzpreis beeinflussen, ist festzustellen, dass die Anteile für die Armatur und die Zubehörteile prozentual ziemlich bedeutend sind, besonders dann, wenn nur kürzere Benützungsdauern in Betracht kommen. Es ist wohl zu erwarten, dass durch die weitere Entwicklung und Einführung dieser neuen Beleuchtungsart eine entsprechende Senkung dieser Preise eintreten wird.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass für den Lichtverbraucher die Verwendung von Metalldampflampen dann wirtschaftlich ist, wenn grosse Flächen beleuchtet werden müssen, hohe Beleuchtungsstärken gefordert werden, lange Benützungsdauern in Frage kommen, mit hohen Auswechslungskosten für die Lampen gerechnet werden muss und teure Energiepreise zu entrichten sind. Sie sind aber auch in solchen Fällen wirtschaftlich, wo die stärkere Kontrastwirkung zu einem besseren Arbeitsergebnis führt oder wo besondere Anforderungen an die Sichtbarkeit des Lichtes und die Durchdringung der Atmosphäre gestellt werden.

Diskussion.

Der **Vorsitzende**, Herr Prof. Dr. B. Bauer, dankt den Herren Vortragenden für ihre hochinteressanten, aufschlussreichen Referate und eröffnet die Diskussion.

Herr Direktor **E. Baumann**, Elektrizitätswerk der Stadt Bern:

Erwarten Sie von mir angesichts der vorgerückten Zeit keinen Vortrag; ich will als Präsident der Tariffkommission des Verbandes Schweiz. Elektrizitätswerke nur einen kurzen Beitrag zur Diskussion anbringen.

In erster Linie möchte ich den Herren Professoren Bauer und Dünner danken, dass sie dieses Thema zum Gegenstand eines akademischen Diskussionsvortrages gewählt haben. Ferner möchte ich den Herren Hauptberichterstatter und Herrn Ingenieur Guanter für ihre äusserst interessanten Vorträge meinen besten Dank aussprechen.

Die Tariffkommission hat über das zur Diskussion stehende Problem bereits Untersuchungen eingeleitet. Diese Untersuchungen sind aber noch nicht abgeschlossen; die Kommission konnte daher noch nicht endgültig zu der Frage Stellung nehmen und ich muss mir in meinen Äusserungen eine gewisse Zurückhaltung auferlegen. Ich glaube aber, dass es mir trotz dieser Einschränkung möglich sein wird, Sie über die Auffassungen bei den Elektrizitätswerken etwas zu orientieren.

In erster Linie darf wohl gesagt werden, dass die Werke den Standpunkt einnehmen, es dürfe auch auf diesem Gebiete der technische Fortschritt nicht bekämpft werden. Es wäre sicher verfehlt, die Entwicklung unterbinden zu wollen. Auch hier muss aber der Grundsatz des «fair-play» gelten, mit andern Worten, die Vorteile, welche die Metalldampflampen dem Fabrikanten und Verbraucher bringen, dürfen nicht einseitig auf Kosten des Energie liefernden Werkes ausgenützt werden.

Herr Professor Bauer hat in seinen einleitenden Ausführungen mit Recht darauf hingewiesen, dass eine vollständige

Verdrängung der Glühlampen durch die Metalldampflampen zu einer finanziellen Katastrophe der Elektrizitätswerke führen müsste. Eine solche Katastrophe ist meines Erachtens nun nicht zu befürchten, weil eine vollständige Verdrängung ausgeschlossen ist. Aber es könnte doch auch ein nur teilweiser Uebergang zu einer gewissen Erschütterung der Finanzlage der Werke führen, wenn dieser Uebergang einen zu grossen Umfang annehmen sollte. Die Werke müssen sich darum zur rechten Zeit überlegen, wie ein angemessener Ausgleich gefunden werden kann.

Sowohl die Herren Hauptberichterstatter wie Herr Ingenieur Guanter haben in ihren Referaten erklärt, dass bei den Fabrikanten das Bestreben vorhanden ist, bei Einführung der Metalldampflampen eine Energieverbrauchssenkung möglichst zu vermeiden.

Der Sprechende geht mit der Auffassung einig, dass es noch viele Gebiete gibt, die für den elektrischen Energieverbrauch durch die Metalldampflampe erschlossen werden können. Er ist auch mit der Auffassung einverstanden, dass die Metalldampflampe dazu beitragen wird, das Lichtbedürfnis zu steigern. Aus diesen Ueberlegungen heraus darf man daher sicher eine gewisse Kompensation für den sonst entstehenden Ausfall im Energieverbrauch erwarten und die dahin zielenden Bestrebungen der Fabrikanten werden bei den Elektrizitätswerken volles Verständnis finden.

Bei Diskussionen über dieses Problem hört man häufig die Äusserung, die Einführung der Metalldampflampen werde nicht nur keine Konsumverminderung, sondern eine Vermehrung zur Folge haben. Als Beweis wird auf den vor 30 Jahren in Erscheinung getretenen Uebergang von den Kohlenfadenlampen zu den Metallfadenlampen hingewiesen. Tatsächlich hat dieser Uebergang zu einer ungeahnten Entwicklung der elektrischen Beleuchtung geführt. Es wäre aber zu optimistisch, wenn man heute solche Schlüsse ziehen würde. Vor 30 Jahren war die elektrische Beleuchtung verhältnismässig noch sehr wenig verbreitet, heutet findet sich

in unserm Land kaum mehr ein Haus, in welchem sie nicht Eingang gefunden hat.

Zur Orientierung ein Beispiel:

Im Jahre 1906 waren an das Elektrizitätswerk der Stadt Bern rund 1500 Lichtstromzähler und etwa 40 000 Lampen angeschlossen. Heute beträgt die Zahl der Lichtstromzähler etwa 44 000 und die Zahl der Lampen über 600 000.

Herr Professor Bauer hat in seiner Einleitung von der bedeutenden finanziellen Belastung der einzelnen Haushaltung durch die Ausgaben für die elektrische Beleuchtung gesprochen. Es ist richtig, dass viele Haushaltungen verhältnismässig grosse Lichtstromrechnungen aufweisen. Beim grössten Teil der Haushaltungen machen die Ausgaben für das elektrische Licht aber einen kleinen Betrag aus. Gestützt auf Untersuchungen, die in der Stadt Bern vor einigen Jahren durchgeführt worden sind, kann gesagt werden, dass von rund 30 000 Haushaltungen etwa 22 000, d. h. fast 75 % jährlich durchschnittlich nur 40 Fr. für elektrisches Licht ausgeben; wobei die obere Grenze bei diesen 22 000 Bezüglern rund 70 Fr., die untere Grenze wegen der Minimalgarantie nur 15 Fr. beträgt. Es darf angenommen werden, dass bei diesen Haushaltungen die Einführung der Metalldampfampe sich praktisch kaum auswirken wird.

Herr Professor van de Werfhorst hat in seinem Vortrag erwähnt, dass der jährliche Lichtstrombedarf für Amsterdam — es wurde dabei angenommen, dass die Amsterdamer Verhältnisse ungefähr dem europäischen Mittel entsprechen — 60 bis 70 kWh pro Einwohner betrage; es dürfte in diesem Zusammenhang interessieren, dass der entsprechende Verbrauch in Bern 120 kWh beträgt, wobei auf die öffentliche Beleuchtung ca. 20 bis 25 kWh entfallen.

Wie der erwähnte Ausgleich durch Tarifmassnahmen der Elektrizitätswerke erreicht werden kann; darüber bestehen zur Zeit verschiedene Auffassungen.

Die einen wollen unter allen Umständen eine Kompensation des Leistungsfaktors verlangen, andere legen dieser Kompensation weniger Wert bei. Es betrifft dies speziell Werke, welche durch frühzeitige Massnahmen zur Verbesserung des Leistungsfaktors nun zufolge der Entwicklung der Wärmeenergieabgabe und Ausdehnung der Kabelnetze einen beispielsweise wegen der Rückwirkung auf Fernleitungen zu guten Leistungsfaktor aufweisen. Es wird gegen die Kompensation auch geltend gemacht, sie verursache eine umfangreiche Kontrolle, man habe überdies mit kleinen Kondensatoren schlechte Erfahrungen in bezug auf den Radiostörschutz gemacht. In dieser Beziehung dürften allerdings Verbesserungen zu erwarten sein.

Von einer allgemeinen Erhöhung der Tarifpreise wird nicht gesprochen, dagegen der Uebergang vom Zählertarif zum Grundgebührentarif in Erwägung gezogen. Man spricht auch von der Erhebung einer Grundgebühr für die einzelne Metalldampfampe oder von der Unterteilung der Zählerstromkreise in solche für gewöhnliche Glühlampen und solche für Metalldampflampen.

Alle diese Ueberlegungen beziehen sich auf Inneninstallationen. Bei Ausseninstallationen, also beispielsweise Installationen im Gebiet der Reklamebeleuchtung, wo die Metalldampfampe schon in bedeutendem Umfange eingedrungen ist und wo sie der elektrischen Beleuchtung tatsächlich neue Gebiete erschlossen hat, denkt man überhaupt nicht an eine Erhöhung der Tarifpreise.

Das sind in kurzen Zügen die bei den Werken zur Zeit etwa bestehenden Auffassungen. Was für Richtlinien die Tarifkommission herausgeben wird, kann heute nicht gesagt werden. Der Sprechende glaubt aber erklären zu dürfen, dass dabei die Grundsätze einer loyalen Zusammenarbeit zwischen den Bezüglern, den Fabrikanten und den Elektrizitätswerken volle Berücksichtigung finden werden.

Herr Direktor W. Trüb, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich: Angesichts der grossen Fortschritte der Lichterzeugung könnte uns Werkdirektoren um die Zukunft unserer Unternehmungen bange werden. Die Herren Referenten haben uns aber beruhigt, indem sie betonten, dass die neuen Lampen neue Anwendungsgebiete erschliessen würden. Es ist klar, dass sich die grosse Auseinandersetzung zwischen dem

«alten Licht», wenn ich so sagen darf, und dem neuen Licht speziell in den Städten abspielen wird, gerade wie auch die letzten Kämpfe zwischen Gas und Elektrizität in den Städten erfolgen werden. Wir haben kürzlich für Zürich überprüft, was als schlimmste Folge der Einführung des neuen Lichtes zu gewärtigen wäre und sind auf eine Summe von zwei Millionen Franken gekommen, die von unseren heutigen Einnahmen von rund sechs Millionen Franken gefährdet sind. Das ist eine respektable Summe, nicht für das städtische Werk an sich, denn wir könnten immer noch positiv arbeiten; für die Stadtverwaltung aber, die auf unsere Einnahmen angewiesen ist, sieht ein so beträchtlicher Ausfall ganz anders aus.

In der Schweiz haben die drei Hauptbeteiligten einen Vertrag miteinander abgeschlossen: die Glühlampenfabriken, die Installateure, die ja die Beleuchtungsanlagen einrichten, und die Elektrizitätswerke. Es ist vereinbart, dass alle neuen Lampen, die auf den Markt kommen, erst auf gemeinsame Verständigung hin eingeführt werden sollen. Das heisst also, dass man auf die Hauptinteressenten alle Rücksicht nehmen will. Ich glaube, auf diesem Wege werden wir ohne grosse Kämpfe und Gefährdungen allmählich die technische Entwicklung berücksichtigen können.

Wir wollen auch das noch feststellen: Es ist für uns Schweizer ausserordentlich wertvoll, Gelegenheit gehabt zu haben, aus den Forschungsinstituten und Hochschulen in Holland und in Berlin die neuesten Ergebnisse zu hören. Wir werden uns in der Schweiz alles gut überlegen, und bald werden wir mit gutem Gewissen sagen dürfen, dass wir auch in der Anwendung des neuen Lichtes mit vorangehen. Dann werden sich von hier aus auch wieder Rückwirkungen ergeben.

Ein Wort an die jungen Techniker: Wir alten Fachleute haben die grosse Entwicklung der Maschinen erlebt; die nächsten Jahrzehnte werden ganz andere Gebiete erschliessen, die Gebiete der Apparatur, der Röhren, der Lampen usw. Das ist das Gebiet unseres technischen Nachwuchses; möge er sich auf diesen Gebieten mit aller Kraft einsetzen.

Herr Direktor J. Bertschinger, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ): Zur weiteren Beurteilung der Schlussfolgerungen für unsere Elektrizitätswerke erlaube ich mir noch folgende kleine Bemerkungen zu machen: Ich stelle dabei fest, dass ich mich auf das Versorgungsgebiet der EKZ beziehe. Die weitaus grösste Zahl der Lampen im Anschlussbereich der EKZ und wohl der meisten Werke haben eine Leistung von 15, 20 bis und mit 60 W. Infolge der Wirtschafts- und Finanzkrise sind ausserordentlich viele Bezüglern auf Ersparnisse bedacht. Wenn nun die Lichtausbeute der Lampen verbessert wird, werden diese Abonnenten darauf ausgehen, sich diese Verbesserungen in Form von Einsparungen zunutze zu machen; die Intensivierung der Beleuchtung wird sich daher in bescheidenem Rahmen halten. Es wurde heute davon gesprochen, dass die wohl kleinsten Typen der Gasentladungslampen 50, 60 bis 75 W besitzen werden; weil sich die Abonnenten, wie ich eben sagte, sehr sparsam einstellen, werden sie sich besinnen, bevor sie ihre 40 bis 60 W-Glühlampen ersetzen gegen neue 60 bis 75 W-Gasentladungslampen, die ihnen zudem — wenigstens heute noch — sehr grosse Anschaffungskosten verursachen. Ich will damit nur sagen, dass, solange die kleinsten Typen der neuen Lampen bei 60 bis 75 W liegen, die Gefahr der Verdrängung der weniger wirtschaftlichen Glühlampen für die Elektrizitätswerke nicht sehr hoch eingeschätzt werden muss. Der Auswechslungsprozess wird sich hauptsächlich bei den grösseren Typen, den 50, 80 bis 200 W-Lampen vollziehen. Diese sind aber in verhältnismässig geringer Zahl vorhanden, so dass die finanzielle Auswirkung nicht sehr bedeutend sein kann.

Ich möchte aber noch einen andern Gedanken äussern, anknüpfend an die Tatsache, dass eben die kleinste Form der Gasentladungslampe zunächst um 60 W herum liegen wird. Ist nicht damit zu rechnen, dass, sobald diese Typen in einer gewissen Anzahl Eingang gefunden haben, die Lampen mit ihrer, wie Sie bei den Demonstrationen vorhin gesehen haben, imposanten Lichtfülle allgemein Eindruck machen werden. Es werden dann nicht nur die Abonnenten mit Lampen über 60 Watt aus Spargründen sich diese Weiterentwicklung

auch sichern, sondern die ganze Bevölkerung wird sich nach und nach an diese Lichtfülle gewöhnen, und wenn keine kleineren Gasentladungslampen auf den Markt kommen, wird das auch innerhalb der Kategorie der 15 bis 40 W-Lampen ein Abwandern von den niederwertigen zu höherwertigen Lampen zur Folge haben.

Aus diesen Betrachtungen ergibt sich in der Tat ein gewisser Trost für uns. Ich stelle aber eben die Frage an die Herren Referenten, mit was für Möglichkeiten wir auf diesem Gebiet rechnen dürfen: Kommt die 40 W- oder gar die 25 W-Gasentladungslampe, und mit welchen verhältnismässig geringen Kosten werden diese Typen auf den Markt kommen? Wenn wir eine bestimmte Antwort erhalten, sind wir in der Lage, unsere Aussichten in bezug auf die fraglichen Fortschritte etwas besser zu beurteilen.

Noch eine letzte Feststellung, die auch berührt werden darf: Die Gasentladungslampe sichert sich auf dem Gebiet der elektrischen Beleuchtung eine neue Ueberlegenheit über alle andern Arten der Lichterzeugung. Das ist ein Punkt, der auch nicht zu unterschätzen ist.

Herr Direktor E. Stiefel, Elektrizitätswerk Basel: Den Ausführungen der Werkvertreter, mit denen ich einig gehe, möchte ich nur wenig beifügen. Zunächst zwei Beispiele: Am Rheinhafen hat eine Unternehmung ihren Umschlagplatz auf Natriumdampflicht umgebaut mit dem Erfolg, dass sie heute 55 bis 60 % weniger Elektrizität braucht. Dafür musste sie Umbaukosten aufwenden und hat Mehrkosten beim Lampenersatz. — Unsererseits haben wir in einer Hauptstrasse Quecksilberdampf-Mischlicht ausprobiert. Der Versuch ergab Kostengleichheit zwischen diesem und Glühlicht bei einem Elektrizitätspreis von 10 Rp./kWh, zufällig dem Preis, den die Stadt uns bezahlt. Das Elektrizitätswerk gehört aber der Stadt; beide bilden eine Einheit, für die nicht der gegenseitige Verrechnungspreis, sondern die Gestehungskosten für die Energie massgebend sind. Rechnen wir diese beispielsweise zu 2,3 Rp./kWh, so kommt das Quecksilberdampf-Mischlampenlicht ein Drittel teurer als Glühlampenlicht. Wir haben also wirtschaftlich keine Veranlassung, bei der Strassenbeleuchtung auf ersteres überzugehen. Publikum und Verkehrsfachleute verhielten sich bei dessen probeweiser Einführung und Wiederentfernung ziemlich indifferent; trotz der Beigabe von Glühlampenlicht wurde die «Kälte» des Mischlichtes und seine unangenehme Farbe bemängelt.

Zur Frage, wie sich die Aenderungen wirtschaftlich für die Werke auswirken, möchte ich nur einen Gedanken beitragen. Die Lichtfarbe spielt eine Rolle für die benötigte Lichtmenge. Das Auge gibt sich beim rötlichen Licht der Glühlampe mit einer geringeren Beleuchtungsstärke zufrieden als bei Licht, das dem Tageslicht gleicht. Der Uebergang vom Glühlampenlicht zu einem dem Tageslicht sich nähernden Metallampflicht wird sich in einem bedeutend grösseren Lichtbedürfnis auswirken.

Noch einen Punkt möchte ich in bezug auf den Betrieb der Gasentladungslampen erwähnen. Unangenehm empfunden wird vorläufig die lange Dauer der Anlaufzeit, die dieses neue Lampenlicht benötigt: bei der Quecksilberdampflampe muss man doch immer mit etwa fünf Minuten rechnen, bis das Licht da ist. In der gegenwärtigen Form lässt sie sich nicht für alle Zwecke verwenden. Ferner ist sie vorläufig nicht verwendbar für Gleichstrom. Das sind Einschränkungen, die für die Werke von gewisser Bedeutung sind.

Zuletzt erlaube ich mir noch eine Frage an die Herren Referenten: Wie verhält es sich mit der Alterung der Metallampflampe? Bei der gewöhnlichen Glühlampe kennen wir die Verhältnisse. Nimmt die Lichtausbeute im Laufe der Zeit ab?

Herr Oberingenieur A. Dudler, Schweizerische Bundesbahnen, Zürich: Herr Professor van de Werfhorst hat ein Bild gezeigt, das deutlich veranschaulicht, wie auf Bahnstrecken die Barrieren mit Natriumdampflampen sehr günstig beleuchtet werden. Das ist an und für sich sehr erfreulich, denn was uns von Automobilisten an Barrierenanlagen eingefahren wird, ist nachgerade ungemütlich, und zwar nicht nur für die Bundesbahnverwaltung allein.

Wie verhalten sich aber die optischen Signallampen bei Niveaübergängen in Natriumlicht? Wie durchdringt das rote Signallicht das gelbe Natriumlicht? In andern Ländern werden die Pausenzeichen mit grünem Licht markiert; ist im gelben Natriumlicht der Farbenunterschied zwischen grün und rot ebenso deutlich wie im weissen Licht?

Ein anderer Punkt hat noch mein besonderes Interesse erweckt: Auf dem Ablaufberg im Bahnhof Zürich unternahmen wir vor etwa 1¼ Jahren Beleuchtungsversuche mit Natriumdampflicht. Wir wurden dann von den Hemmschuhlegern und Weichenwärtern darauf aufmerksam gemacht, dass im Dämmerlicht die Kontrastwirkung nicht so günstig sei wie beim weissen Licht. Halten Sie sich einen Augenblick vor Augen, wie sich der Dienst am Ablaufberg abspielt: Die Puffer der Güterwagen werden mit Kreide angeschrieben und je nach der Bezeichnung geht der betreffende Wagen auf Geleise Nr. X oder Y. Die Weichenwärter haben die Zahl abzulesen und die Weichen dementsprechend zu stellen. Der Rangierbetrieb am Ablaufberg kostet erheblich Geld, weshalb der Bahnverwaltung sehr daran gelegen ist, diesen Teil der Geleiseanlagen technisch einwandfrei, namentlich kontrastreich zu beleuchten. In der Uebergangszeit, d. h. vor Eintritt der Dunkelheit hat nun aber das Natriumdampflicht bei uns keinen einwandfreien Betrieb ermöglicht. Eventuell können die Versuche mit Mischlampenlicht zu einer Verbesserung der Beleuchtung in diesem besonderen Fall führen.

Herr Professor van de Werfhorst antwortet auf die verschiedenen Fragen: Zuerst wurde die Frage gestellt, ob noch kleinere Gasentladungslampen als 50 W erwartet werden können. Das weiss noch niemand. Damit möchte ich aber ebenso wenig sagen, dass kleinere Typen nicht kommen werden. Bei den Gasentladungslampen handelt es sich um ein Gebiet, das, wie heute verschiedentlich dargelegt wurde, noch im Anfang steht und in Entwicklung begriffen ist. Niemand wird heute mit Bestimmtheit sagen können: Dieses kommt und jenes wird sicher nicht kommen. Eines darf man aber wohl sagen, dass die Apparatur, die für Gasentladungslampen jedenfalls immer nötig sein wird, bei den kleineren Lampen nicht im selben Verhältnis kleiner werden kann. Dieser Umstand wird die Herstellung von kleineren Lampen stark hemmen.

Lebensdauer der neuen Lampen: Angaben darüber sind heute überall gedruckt vorhanden und sozusagen in jeder Broschüre über Gasentladungslampen zu finden.

Zur Frage von Herrn Dudler: In einem Strassenbild, das nur aus zwei Farben zusammengesetzt ist, nämlich aus Gelb und Schwarz (Natriumbeleuchtung), wird jede farbige, selbständige Strahlung — die Blinklichtsignale haben *eigene Lichtquellen* — viel schärfer in ihrer wirklichen farbigen Eigenschaft wahrgenommen als in einem mit Glühlampen beleuchteten Strassenbild, das mehr Farben enthält als gelb und schwarz. Herr Dudler fragt, ob unsere Augen für eine selbständige rote und grüne Strahlung in Natriumlicht empfindlich sind; die Frage kann also nicht nur theoretisch, sondern auch auf Grund praktischer Erfahrungen positiv beantwortet werden. Der Kontrast ist sogar noch wesentlich grösser als im gewöhnlichen Licht.

Herr Prof. Dr. B. Bauer: Herr Guanter hat bei seinen Berechnungen die Brenndauer zu 1000 Stunden für Glühlampen und 2000 Stunden für Gasentladungslampen angenommen. Kann man schon so sicher rechnen?

Herr J. Guanter: Bei Metallampflampen sind schon sehr hohe Lebensdauern erreicht worden. Ich will ein sehr aktuelles Beispiel nennen: In Zürich sind an der Bahnhofstrasse die ersten Versuche mit Quecksilberdampflampen gemacht worden. Die Lampen wurden dann aber, bevor die Brenndauer erschöpft war, wieder weggenommen. Die Lampen hatten im Mittel schon eine Lebensdauer in der Gegend von 2750 Stunden erreicht. Einen Rekord an Brenndauer haben einzelne Quecksilberlampen in Lausanne erzielt. Die Ergebnisse von 12 Lampen lauten: ein Stück hat 300 Stunden gebrannt, drei weitere haben etwas über 4000 und acht über 5000 Stunden erreicht.

Herr Prof. van de Werfhorst: In dem zwei Kilometer langen Tunnel in Antwerpen haben Natriumdampflampen

dauernd gebrannt, d. h. 8700 Stunden pro Jahr. Dort liegt jetzt eine Erfahrung von ungefähr 18 000 Stunden vor. Der Mittelwert der Lebensdauer wurde zu mehr als 3200 Stunden festgestellt. 2000 Stunden mit gleichbleibender, unveränderter Leistungsfähigkeit dürfen deshalb ohne weiteres jeder Rechnung zugrunde gelegt werden.

Herr Obering, L. Schneider: Zu den Ausführungen von Herrn Direktor Baumann möchte ich kurz auf die Entwicklung der Kohlenfadenlampe und der Metalldrahtlampe eingehen. Selbstverständlich ist der Vergleich zwischen damals und heute nicht ganz parallel zu ziehen, denn früher war die Zahl der an ein Werk angeschlossenen Lampen geringer im Vergleich zu heute. Die Entwicklung vollzog sich damals im wesentlichen extensiv; in der nächsten Zeit dagegen wird sich die Entwicklung der Lichttechnik nach meiner persönlichen Ansicht vielmehr intensiv vollziehen, d. h. die Beleuchtungsstärken werden noch steigen. Ich habe mich in den letzten Tagen hier mit einigen Herren darüber unterhalten und bin dabei auf eine gewisse Skepsis gestossen. Ich persönlich bin überzeugt, dass die Beleuchtungsstärken, die wir vielleicht in zehn Jahren haben werden, ein Vielfaches von dem sind, was wir heute anwenden.

Wir wissen heute mit Sicherheit, dass die Beleuchtungsstärken, sei es im Bureau, sei es in einem andern Arbeitsplatz, noch nicht die höchste Leistungsfähigkeit des Auges erreichen lassen. Die Messungen, die über die erforderlichen Beleuchtungsstärken vorliegen, geben immer nur die unteren Werte an. Wir können nur feststellen, bei welcher Beleuchtungsstärke wir gerade eben noch sehen können. Wir wollen aber mit der Beleuchtung eigentlich mehr erreichen: einen Gegenstand nicht nur gerade eben erkennen, sondern unter allen Umständen sehr gut erkennen. Wir können das an folgendem Beispiel klar machen:

Zum Lesen von schwarzen Buchstaben auf weissem Papier brauchen wir eine Beleuchtungsstärke von mindestens 50 Lux. Wir haben dabei einen Kontrast von Buchstaben zu Papier von etwa 1 : 10 bis 1 : 20. Im modernen Bureaubetrieb sind die Kontraste der Schriften, die wir zu lesen haben, wesentlich geringer: Schreibmaschinenschrift 1 : 8, Bleistiftschrift sowie Durchschläge und Kopien etwa 1 : 2. Um die Schrift bei diesen geringen Kontrasten noch deutlich lesen zu können, brauchen wir viel höhere Beleuchtungsstärken, mindestens 75, besser aber noch 150 Lux, denn wir müssen die Beleuchtung ja nicht so einrichten, dass wir das am leichtesten Lesbare gerade noch erkennen können, sondern dass diejenige Arbeit, die an das Auge die grössten Anforderungen stellt, wie z. B. das Lesen schlechter Kopien, noch ohne Anstrengung ausgeführt werden kann. Es ist ähnlich wie auch sonst in der Technik, wo das schwächste Bauelement für die Sicherheit der betreffenden Anlage massgebend ist.

Wir haben einer grossen Anzahl von Versuchspersonen Zeitungsausschnitte, Kurszettel, Maschinenschriftkopien usw. vorgelegt und ihnen die Möglichkeit gegeben, in den Grenzen zwischen 0 und 4400 Lux sich die Beleuchtungsstärke auszuwählen, die ihnen zum Lesen am angenehmsten erschien. Die Mehrzahl der rd. 600 Versuchspersonen wählte Beleuchtungsstärken in der Grössenordnung von etwa 1000 Lux, einem weiteren beträchtlichen Prozentsatz waren 2000 Lux besonders angenehm. Die Prohepersonen waren ganz unbeeinflusst. Der Versuch wurde wiederholt; das Resultat war gleich. Das beweist, dass tatsächlich unser Lichtbedürfnis in Wirklichkeit grösser ist, als es heute im allgemeinen angegeben wird, und

die Zahlen, die in den meisten Leitsätzen angegeben sind, sind nach meiner persönlichen Überzeugung an der unteren Grenze des Zulässigen. Die gute Strassenbeleuchtung in Zürich wird man vielleicht nicht mehr durch eine Steigerung auf das Drei- bis Vierfache soweit verbessern können, dass dadurch noch viel besser gesehen werden kann. Aber in vielen anderen Städten wird man die Strassenbeleuchtung erheblich verstärken müssen. Die intensive Entwicklung der Beleuchtung steht zweifellos noch ganz am Anfang.

Zur Frage, ob noch kleinere Lichtquellen kommen werden: Ich persönlich bin in dieser Beziehung etwas skeptisch. Ich habe den Eindruck, dass die Aufgaben der Metaldampflampen bei den grösseren Typen liegen werden. Aber wir können alle nicht prophezeien. Vor zehn Jahren hätten wir gewisse Dinge, die wir heute bei den Experimenten gesehen haben, für phantastisch erklärt. Jedenfalls ist die Lichtausbeute bei den kleineren Typen nicht so gut wie bei den grossen. Die Entwicklung ist hier ähnlich wie bei den Glühlampen. Die Kosten für die Herstellung der Lampen und Zusatzgeräte werden nicht im Verhältnis der Lichtströme billiger werden, wie Prof. van de Werfhorst schon feststellt hat.

Zur Alterung der Lampen: Die Lichtabgabe bleibt natürlich nicht während der ganzen Lebensdauer konstant. Bei einer guten Quecksilberdampflampe mit einem Lichtstrom von 20 000 lm wurde eine Abnahme von 15 bis 20 % der Lichtausbeute konstatiert. Das Elektrodenmaterial zerstäubt und setzt sich als schwarzer Belag am Kolben fest, so dass Licht absorbiert wird. Bei Natriumlampen ist die Lichtabnahme etwa 20 %. Bei diesen Angaben ist zu berücksichtigen, dass wir ja noch am Anfang einer Fabrikation stehen, bei der wie auch sonst in der Technik die Produkte noch nicht mit der grossen, fast absoluten Gleichmässigkeit hergestellt werden können wie vollautomatisch hergestellte Massenfabrikate, die in Millionen und aber Millionen von Exemplaren jährlich fabriziert werden. Wenn daher einmal bei einer Lampe der Lichtstrom nach 2000 Stunden um 25 % abgenommen hat, so ist das noch lange kein Unglück, denn es gibt auch andere Lampen, deren Lichtstrom in der Zeit nur um 15 % zurückgeht. Jeder einsichtige Ingenieur wird sich dieser in der Technik doch selbstverständlichen Tatsache nicht verschliessen können. Er wird es auch natürlich finden, dass der Lichtstrom der Metaldampflampen genau so wie der von jeder anderen Lichtquelle im Laufe der Brennzeit etwas abnimmt, wo es doch überhaupt kein technisches Erzeugnis gibt, das durch den Gebrauch der Alterung nicht unterworfen ist.

Zum Schluss hätte ich mich noch zu der Frage der Natriumbeleuchtung auf dem Verschiebebahnhof in Zürich zu äussern. Ich kann mir die Erscheinung, die Herr Dudler beobachtet hat, im Augenblick physikalisch nicht ohne weiteres erklären. Es wäre zu fragen, ob die Beleuchtungsverteilung genau die gleiche war wie bei der Glühlampenverteilung, vor allen Dingen die vertikale Beleuchtung für das Ablesen der Zahlen an den Puffern, ob die Lampen rechtzeitig eingeschaltet wurden, so dass sie in der Dämmerung voll in Betrieb waren. Es ist deshalb schwer, diese Fragen ohne genauere Angaben hier zu beantworten.

Der Vorsitzende, Herr Prof. Dr. B. Bauer: Wenn das Wort nicht weiter verlangt wird, möchte ich nochmals den verehrten Herren Referenten und allen Votanten für ihre Beiträge herzlich danken und die Tagung schliessen.

Die Messung der betriebsmässigen Lichtbogenspannung an Gleichrichtern.

Von M. Wellauer und W. Stettler, Zürich-Oerlikon.

621.317.32 : 621.314.65

Bei Verwendung von Triodenröhren lassen sich verschiedene Meßschaltungen anwenden, die zur oszillographischen und zur Mittelwert- und Maximalwertmessung des Lichtbogenabfalles eines Gleichrichters im Betriebszustand sehr gut geeignet sind. Insbesondere wird eine Schaltung, die im Gleichrichterlaboratorium der Maschinenfabrik Oerlikon entwickelt wurde, näher beschrieben und ihre Vorzüge angegeben.

Pour relever à l'oscillographe ainsi que pour mesurer les valeurs moyennes et maximum de la chute de tension dans l'arc d'un redresseur en marche, il existe plusieurs montages appropriés, utilisant des triodes. L'auteur décrit un montage spécial développé par le laboratoire des redresseurs des Ateliers de Construction Oerlikon, et en expose les avantages.