

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 28 (1937)  
**Heft:** 11

**Artikel:** 2. Der Einfluss der Spannungsschwankungen auf Anschlussobjekte : Glühlampen und Beleuchtung  
**Autor:** Geiss, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059845>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 04.04.2025

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

## 2. Der Einfluss der Spannungsschwankungen auf Anschlussobjekte.

### a) Glühlampen und Beleuchtung.

Referat von Dr. W. Geiss, Philipslampen A.-G., Eindhoven.

Die künstliche Beleuchtung ist in stark zunehmendem Masse ein unentbehrlicher Kultur- und Wirtschaftsfaktor geworden. Musste man sich noch vor einigen Jahrzehnten mit einer sehr dürftigen, künstlichen Notbeleuchtung begnügen, so ist die künstliche Beleuchtung heutzutage in grossem Umfange zum Ersatz für die zeitlich oder örtlich nicht immer zur Verfügung stehende natürliche oder Tages-Beleuchtung geworden, ein Ersatz, bei welchem in sehr vielen Fällen vollwertige Arbeit zu leisten ist und der stark gesteigerte Verkehr sich möglichst ebenso sicher und gefahrlos wie bei Tage abspielen muss.

Der Hauptträger der künstlichen Beleuchtung ist sowohl seiner Wirtschaftlichkeit als seiner Bequemlichkeit nach das elektrische Licht geworden. Mit der zunehmenden Wertschätzung guter und sachgemässer Beleuchtung und deren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Arbeit nimmt naturgemäss auch die Nachfrage für eine qualitativ hochstehende Lieferung des Rohstoffes Lichtstrom, im optischen Sinne zu. Im gleichen Masse steigt aber auch die Verantwortlichkeit für die beiden Industrien, die zusammen den Lichtbedarf decken, d. h. die Elektrizitäts- und die Glühlampenindustrie, dafür, dass die grosse Masse der Verbraucher auf jeden Fall die gewünschte Lichtmenge erhält. Es soll deshalb im Rahmen dieser Diskussion die Frage erörtert werden, inwieweit sich die Glühlampenindustrie an der Lösung des aufgeworfenen Problems beteiligen kann und deshalb im Interesse der Verbraucher auch beteiligen muss.

Dabei soll zunächst auf die beleuchtungstechnische und dann auch auf die wirtschaftliche Seite eingegangen werden, wobei natürlich auch die charakteristischen Eigenschaften der Glühlampe in Abhängigkeit von der Spannung zu erörtern sind.

Die Erzeugung des elektrischen Lichtes besteht im Prinzip darin, dass zur Verfügung stehende elektrische Energie einem Umformer, Glühlampe genannt, zugeführt wird, in welchem diese Energie in Strahlung umgesetzt wird. Das Verhältnis des Anteils im Gebiet sichtbarer Wellenlängen, gemessen in Dekalumen, zur Totalstrahlung, gemessen in Watt, ist der Nutzeffekt dieses Umformers. Der Umformer selbst besteht aus einem Stück Draht, der zum Schutze gegen Verbrennung in einer indifferenten Umgebung, Vakuum oder Edelgas, in einem Glaskolben untergebracht ist. Legt man eine bestimmte Spannung an die Enden dieses Drahtes, so nimmt er Energie unter Temperatursteigerung auf, bis die jeweils aufgenommene Energie im Gleichgewicht ist mit der Totalstrahlung. Mit zunehmender Temperatur verschiebt sich gleichzeitig das Maximum der Strahlung nach kürzeren Wellen und damit steigt der Anteil an sichtbaren Wellenlängen. Der Umformer Glühlampe arbeitet also um so wirtschaftlicher, je höher die Drahttemperatur ist. Der Temperaturerhöhung ist aber selbst bei den hochschmelzenden Metallen eine Grenze gesetzt durch die Verdampfungsgeschwindigkeit, die z. B. bei einem Wolframfaden von 2500° Temperatur in 1000 Stunden zur Zerstörung des Fadens führt. Bei einer Temperaturänderung von nur 2% ändert sich der Lichtstrom um 20%, so dass es nötig erscheint, die Temperatur möglichst konstant zu halten. Bei der in der Glühlampe auftretenden Widerstandserhitzung gilt aber auch das Ohm'sche Gesetz, welchem auch die Glühlampenindustrie zu folgen gezwungen ist, d. h. bei einer bestimmten Drahttemperatur sind für einen bestimmten Lichtstrom Strom und Spannung eindeutig festgelegt. Ändert man die Spannung, so ändert sich auch nach den bekannten physikalischen Gesetzen die Drahttemperatur und damit auch der hier uns in erster Linie interessierende Lichtstrom.

Als Faustregel kann man sich merken:

- 1 % Spannungsänderung bedingt
- 4 % Lichtstromänderung und
- 0,4 % Temperaturänderung,

wobei alle Änderungen im gleichen Sinne vor sich gehen. Die genannte Regel gilt natürlich nicht unbegrenzt, ist aber

für die hier zur Diskussion stehende Frage praktisch durchaus brauchbar. Für sehr grosse Änderungen wäre diese Regel durch ein Exponentialgesetz zu ersetzen.

Praktisches Beispiel: Drei Verbraucher A, B und C haben für einen bestimmten Beleuchtungszweck einen Lichtstrom von 125 Dekalumen als notwendig und hinreichend angenommen; die offizielle Netzspannung betrage 220 V. Sie verwenden also Lampen 220 V, 125 Dlm, 97 W. Nimmt man nun an, dass der erste Verbraucher, A, in der Nähe der Transformatorstation wohnt, der zweite, B, etwa in der Mitte des Kabels und der dritte, C, am Ende des Kabels und dass längs des Kabels ein Gesamtspannungsabfall von 10% herrsche, so erhält A bei 231 V nach der genannten Faustregel 150 Dlm, B bei 220 V die als notwendig und hinreichend angesehene Lichtmenge von 125 Dlm, C aber bei 209 V nur 100 Dlm. Obwohl die drei Verbraucher also identische Lampen benutzen, werden die «Umformer» bei den hier angenommenen Spannungsverhältnissen automatisch zu drei ganz verschiedenen Typen in bezug auf den Lichtstrom. Der Verbraucher A, der bei 231 V 150 Dlm erhält, hat an und für sich keinen Grund zur Klage über die Beleuchtung selbst; da die Lampe aber statt 97 etwa 105 W verbraucht, so wird seine Beleuchtung unnütz verteuert; eine zweite Verteuerung wird noch weiter unten behandelt. Der Verbraucher C am Ende des Kabels, der bei 209 V nur 100 Dlm erhält, muss sich umgekehrt mit einer für seine Zwecke ungenügenden Beleuchtung begnügen, denn 125 Dlm war als notwendig angesehen worden. Man kann vielleicht den Einwand machen, dass man diese Verkleinerung des Lichtstromes gar nicht merkt. Selbst wenn dies zuzugeben wäre, so bestände doch andererseits für diesen Verbraucher kein Grund, nicht gleich an Stelle von 125 Dlm, 97 W, eine Lampe von 100 Dlm, 79 W, zu verwenden, die niedriger im Energieverbrauch und auch niedriger im Anschaffungspreis wäre; und was für ihn gilt, gilt natürlich ebenso für Verbraucher A und B. Man sieht also hieraus deutlich, dass eine derartige Auffassung das Problem notwendigen und hinreichenden Lichtstromes nur verschiebt, keineswegs aber löst. Damit ist aber auch gezeigt, dass die immer wieder gelegentliche Zusage von gewissen Glühlampenfabriken, dem Verbraucher und der Elektrizitätsindustrie in der Frage der Spannungsregulierung «entgegenzukommen» physikalisch, technisch und praktisch bedeutet, dass diese Fabriken in der Lage zu sein glauben, sich mit ihrem Produkt über bestehende Naturgesetze hinwegsetzen zu können. Es ist aber ebenso deutlich, dass eine verantwortungsbewusste Glühlampenindustrie derartige Scheinlösungen nicht als einen Beitrag zur Lösung der Spannungsfrage vorschlagen oder anerkennen kann.

Wenn die Glühlampenindustrie also nicht in der Lage ist, eine Lampe zu liefern, deren Lichtstrom von der jeweiligen Betriebsspannung in hohem Masse unabhängig ist, so bedeutet dies keineswegs, dass sie damit die Lösung des Problems der Elektrizitätsindustrie ganz allein überlässt. Die Glühlampenindustrie ist nämlich im Prinzip und vom theoretischen Standpunkt aus an der örtlichen Spannungsregulierung zunächst gar nicht interessiert. Sie ist vielmehr von sich aus durchaus in der Lage, den örtlichen Spannungsverhältnissen bei jedem einzelnen Verbraucher Rechnung zu tragen und ihm jeweils den für seine Verhältnisse richtigen Lichtstrom zu liefern, wobei allerdings die Mitarbeit des Gross- und Einzelhandels und des Verbrauchers selbst erste und unerlässliche Voraussetzung wären. Eine solche Lösung bedeutet naturgemäss eine grössere Vielheit von Typen und damit eine Verteuerung sowohl der Produktion als auch des Vertriebs. Die Glühlampenindustrie und der Handel müssten sich aber damit abfinden, ähnlich wie die Schuh- und Hutindustrie, die auch damit rechnen müssen, dass natürliche menschliche Masse nicht die gleichen sind. In ganz analoger Weise wie bei den genannten Industrien wäre es also nötig, dass jeder einzelne Verbraucher seine «Spannungsnummer» kennt, dass der Einzelhandel für jeden Typ die verschiedenen Spannungsnummern auf Lager hat, der Grosshandel mit einer

Vielheit von Typen rechnet. Die Glühlampenindustrie könnte sich einem derartigen System durchaus anpassen. Die Andeutung eines solchen Systems zeigt aber schon, dass dieses keine befriedigende praktische Lösung bedeuten kann, denn es wäre ein unmögliches Beginnen, die mittlere Spannung bei jedem individuellen Verbraucher feststellen zu wollen, eine Feststellung, die ausserdem bei jeder geänderten Netz-Anschluss- und Belastungsverteilung revidiert werden müsste. Für den Kleinhandel besonders und bis zu einem gewissen Grade auch für den Grosshandel ergäbe ein solches System unüberwindliche Schwierigkeiten. Es bleibt also für die notwendige und hinreichende Belieferung mit einer bestimmten Lichtmenge leider nur übrig, dass die Steuerung der Glühlampen auf ihren richtigen Strahlungsbereich vom Elektrizitätswerk vorgenommen und der starken, naturgesetzlich bedingten Spannungsempfindlichkeit dieses Umformers elektrischer Arbeit in Lichtenergie von dort aus Rechnung getragen wird.

Im ersten Teile dieser Ausführungen wurde in Abweichung von der meist üblichen Betrachtungsweise die Frage der Spannungsempfindlichkeit des Lichtstromes, also die lichttechnische Seite des Problems in den Vordergrund der Betrachtung gestellt. Der Verbraucher benützt elektrische Energie und elektrische Glühlampen doch einzig und allein zu dem Zwecke, um damit ein von ihm gewünschtes Beleuchtungsniveau zu erhalten. Es ist Aufgabe der Lieferindustrien, dafür zu sorgen, dass er das von ihm als notwendig und hinreichend erkannte Niveau auch erhält, dass er also z. B. beim Betrieb einer mit 125 Dlm, 97 W, gestempelten Lampe auch wirklich diesen Lichtstrom erhält und seine Berechnung für die Energiekosten mit den tatsächlichen praktischen Verhältnissen weitgehend übereinstimmt.

Das Spannungsproblem im Zusammenhang mit der Beleuchtung hat aber noch eine zweite, wirtschaftliche Seite, das heisst: die Benützungszeit des Umformers Glühlampe ist wie viele andere Maschinen und Apparate abhängig von der Belastung. Arbeitet der Umformer Glühlampe bei der aufgestempelten Vollast, so beträgt die normale Lebensdauer 1000 Stunden im Mittel, wird er unterbelastet, so wächst seine Lebensdauer, wird er überlastet, so nimmt seine Lebensdauer ab. Es wurde eingangs schon erwähnt, dass man wegen des bekannten Verschiebungsgesetzes der Totalstrahlung als Widerstandsmaterial ein möglichst hochschmelzendes Metall wählen muss zur Erzielung eines wirtschaftlichen Nutzeffektes. Ein einfacher Versuch kann zeigen, dass z. B. eine Glühlampe mit einem Eisendraht als Glühfadennmaterial nur eine Lichtausbeute von etwa 0.1 Dlm/W besitzt bei einer Lebensdauer von einigen Minuten, während eine Glühlampe mit einem Wolframfaden bei einem ca. 10-mal so hohen Nutzeffekt von ca. 1 Dlm/W bekanntlich eine Lebensdauer von ca. 1000 Stunden hat. Es wurde ferner bereits erwähnt, dass auch bei einem hochschmelzenden Material nicht willkürlich nahe an die Schmelztemperatur herangegangen werden kann, weil jedes derartige Material auch noch weit unterhalb des Schmelzpunktes eine zwar ausserordentlich kleine, aber doch nicht vernachlässigbare Verdampfungsgeschwindigkeit besitzt. Messungen dieser Verdampfungsgeschwindigkeit als Funktion der Temperatur haben ergeben, dass sie sich etwa mit der 40. Potenz der Temperatur und mit der 14. Potenz der Spannung im selben Sinne ändert. Da die Lebensdauer eines Fadens umgekehrt proportional der Verdampfungsgeschwindigkeit ist, so wirken sich durch Spannungsänderungen mit denselben genannten hohen Potenzen aber im umgekehrten Sinne auf die Lebensdauer aus.

Als Faustregel kann man sich hier merken:  
5 % Spannungserhöhung bedingt

2 % Temperaturerhöhung und  
50 % Lebensdauererniedrigung;

umgekehrt:

5 % Spannungserniedrigung bedingt  
2 % Temperaturerniedrigung und  
100 % Lebensdauererhöhung.

Für das bereits benützte Beispiel einer Lampe von 220 V, 125 Dlm, 97 W, würde demnach für den Verbraucher A am Anfang des Kabels bei einer Spannung von 231 V die Lebensdauer nur 500 h betragen, für den Verbraucher B in der Mitte bei 220 V die normale Lebensdauer von 1000 h erreichen und für den Verbraucher C am Ende des Kabels bei 209 V auf 2000 h steigen. Um nun den drei Verbrauchern mindestens 1000 h geben zu können, wird manchmal als «Patentlösung» vorgeschlagen, die Glühlampen so zu konstruieren, dass sie für das genannte Beispiel auch bei 231 V noch 1000 Stunden leben. Das wäre aber ebenso eine Scheinlösung wie die für die lichttechnische Seite erwähnte; sie würde ebenso nur eine Verschiebung des Problems bedeuten. Praktisch käme diese Lösung darauf hinaus, dass man den Leerlauf des Umformers, das heisst die nicht an der Lichtstrahlung beteiligte Leistung so bedeutend erhöhen müsste, dass die Gesamtbeleuchtungskosten dadurch stark zunehmen.

Das Problem ist aber überhaupt nicht in dieser Weise lösbar, wenn man es gleichzeitig vom lichttechnischen und vom wirtschaftlichen Standpunkte aus betrachtet, denn vom Standpunkte des Glühlampenverschleisses aus müssten die Spannungsverhältnisse der Verbraucher in der Nähe der Transformatorstation als Norm angenommen werden, also die Ueberspannung, während vom Standpunkte eines nötigen Beleuchtungsniveaus die Spannungsverhältnisse am Ende des Kabels als Grundlage zu dienen hätten, also die Unterspannung.

Daraus folgt aber für die Glühlampenindustrie eindeutig, dass als Kompromiss nur übrig bleibt, die Mittelspannung als Grundlage für die Konstruktion der Glühlampe zu wählen, im übrigen aber die Elektrizitätsindustrie zu bitten, die physikalisch bedingten Eigenschaften der Glühlampe als Funktion der Spannung bei den wirtschaftlichen Betrachtungen der Spannungsregulierung mitberücksichtigen zu wollen.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, dass der Begriff der offiziellen Netzspannung anscheinend noch nicht festgelegt ist, weder national noch international, und es deshalb sehr erwünscht wäre, die bestehenden Unklarheiten durch eine Diskussion zu beseitigen. Die beiden Definitionen der Netzspannung sind:

- «1. Die offizielle Netzspannung ist diejenige Spannung, die in einer Häufigkeitskurve als Maximum auftritt.»
- «2. Die offizielle Netzspannung ist diejenige Spannung, die praktisch jeder Verbraucher mindestens erhält.»

Nimmt man an, dass die jeweils mittlere Spannung für die Verbraucher zwischen 220 und 230 V liegt und damit das Maximum der Häufigkeit bei 225 V. Dann wäre nach der ersten Definition die offizielle Netzspannung 225 V, dagegen nach der zweiten Definition 220 V. Es ist für die Glühlampenindustrie an und für sich belanglos, welche der beiden Definitionen einheitlich festgelegt würde, denn sie würde in beiden Fällen Lampen für 225 V liefern und sowohl die lichttechnischen als auch die elektrischen Daten und schliesslich auch die garantierte Lebensdauer auf die Stempelwerte abstellen. Der SEV könnte mit einer eindeutigen Festlegung des Begriffes «offizielle Netzspannung beim Verbraucher» einen wesentlichen Beitrag liefern zur Lösung des Problems, dem grössten Teil der Verbraucher die richtige Beleuchtung — sowohl vom lichttechnischen als auch vom wirtschaftlichen Standpunkte aus — zugute kommen zu lassen.

## b) Elektrothermische Apparate.

Referat von P. Seehaus, Ingenieur der Therma A.-G., Schwanden.

Es ist wohl möglich, dass das Problem der Spannungsregulierung infolge der Abwertung zu erhöhter Bedeutung kommt, denn die Brennstoffpreise werden eine wesentliche Steigerung erfahren und dadurch wird der Anschluss von Elektrowärmegeräten rascher erfolgen als in den letzten Jahren. Während z. B. bisher die Elektro Küche hauptsächlich

bei Neubauten installiert wurde, ist ziemlich wahrscheinlich, dass sie in vermehrtem Masse brennstoffbeheizte Apparate verdrängen wird. Die Möglichkeit, die Kohlenmehrkosten bei der Gasfabrikation auf den erzeugten Koks und die Nebenprodukte abzuwälzen, ist nicht bei allen Gaswerken gleich gross, denn nicht alle sind nach den modernsten Ge-