

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 21 (1930)
Heft: 20

Artikel: Graphische Berechnung von Glühlampen-Widerständen
Autor: Schmid, Paul
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061334>

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: 17.05.2025

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

spannungs-Kondensatoren sollen die Widerstände zwischen den einzelnen Phasen und Erde geschaltet sein, während bei Niederspannungs-Kondensatoren die Entladung von Phase zu Phase genügt. Sind Kondensatoren ohne Zwischenschaltung von Trennern oder Schaltern ständig mit der Wicklung eines Transformators oder eines Motors verbunden, so sind Entladewiderstände überflüssig, da die Entladung über die Wicklung sofort nach dem Abschalten erfolgt.

Als weitere Zubehörapparate kommen *Messgeräte* in Betracht. Es ist zweckmässig, wenigstens bei grösseren Kondensatoren mindestens die Stromstärke in den einzelnen Phasen und die Spannung zu kontrollieren. Wird vorübergehend ein erhöhter Strom beobachtet, so sind Oberwellen vorhanden, die zu verschiedenen Tageszeiten ihren Charakter erheblich ändern können. Ein dauernder, anfänglich nicht beachteter Ueberstrom kann die Ursache im Durchschlag einzelner Kondensatorelemente haben, sofern keine Spannungserhöhung beobachtet wird.

Graphische Berechnung von Glühlampen-Widerständen.

Von *Paul Schmid*, Ingenieur beim Elektrizitätswerk der Stadt Bern.

518.4 : 621.316.8 : 621.326

Die Berechnung von Regulierwiderständen zu Glühlampen-Stromkreisen wird dadurch erschwert, dass der Widerstand der Glühlampen — weil temperaturabhängig — vom vorgeschalteten Widerstand beeinflusst wird. Es wird eine Rechentafel beschrieben, die erlaubt, für jede Spannung und Glühlampenkombination den erforderlichen Regulierwiderstand und die sich dabei ergebenden Stromstärken zu ermitteln. Die Verwendung der Rechentafel wird durch ein Rechenbeispiel erläutert.

Le calcul de résistances réglables pour circuits de lampes à incandescence se complique du fait que la résistance propre des lampes, dépendant de la température, est influencée par la résistance en série. L'auteur décrit une table permettant, pour toute tension et pour n'importe quelle combinaison de lampes, de calculer la résistance réglable nécessaire et les intensités qui en résultent. L'emploi de la table est démontré sur un exemple numérique.

I. Einleitung.

Die Einschaltung von Regulier-Widerständen in Glühlampen-Stromkreise erfolgt zur Beeinflussung des ausgestrahlten Lichtstromes, wie dies in Verbindung mit verschiedenfarbigen Lampengruppen zur Erzielung der mannigfaltigsten Beleuchtungseffekte in Theater und Kino zur Anwendung gelangt.

Wenn schon im allgemeinen die Lieferung solcher Anlagen durch Spezialfirmen erfolgt, so können doch auch die Elektrizitätswerke, z. B. bei Netzumschaltungen auf Normalspannung, in die Lage versetzt werden, sich mit derartigen Anlagen befassen zu müssen. Mit Rücksicht darauf, dass es sich bei diesen Anlagen um verhältnismässig teure Objekte handelt, die sowohl in bezug auf Feuersicherheit als auch auf Regulierfähigkeit gewissen Ansprüchen genügen müssen, dürfte es am Platze sein, an dieser Stelle ein graphisches Verfahren kurz zu beschreiben, nach welchem sowohl die Widerstandswerte der Regulierwiderstände ermittelt werden können als auch die Stromstärken, die sich bei einer gegebenen Glühlampenkombination bei einer beliebig eingestellten Regulierstufe ergeben. Die Kenntnis der Stromstärken dient jeweils zur Querschnittermittlung im betreffenden Widerstandsabschnitt.

II. Ableitung des graphischen Verfahrens.

Unserer Berechnung liegt eine Schaltung der Glühlampen und des Regulierwiderstandes zu Grunde, wie sie in Fig. 1 dargestellt ist. Eine Bühnenbeleuchtung lässt sich dann aus einer mehr oder weniger grossen Zahl solcher Einheiten aufbauen, welche alle an den Klemmen *A* und *B* an die Netzspannung angeschlossen zu denken sind.

Entsprechend dem Schema Fig. 1 bezeichnen wir den gesamten Regulierwiderstandswert mit R und denken uns die Glühlampen durch einen Ersatzwiderstand ϱ dargestellt. Das Ganze wird dadurch auf zwei in Reihe geschaltete Widerstände vereinfacht, wobei R willkürlich zwischen Null und R verändert werden kann, wogegen ϱ (bei einer gegebenen Glühlampenkombination) sich in Abhängigkeit von dem zwischen A und B fließenden Strom I verändert. Es ist dies eine Folge der Temperaturabhängigkeit des Glühdrahtes. Diese Abhängigkeit des Glühlampenwiderstandes vom durchfließenden Strom ist es, die eine einfache Berechnung von Regulierwiderständen verunmöglicht.

Um zu einem einfachen graphischen Verfahren zu gelangen, denken wir uns die zu jedem Stromwert zwischen Null und Nennstrom I_n gehörenden Widerstandswerte ϱ_0 bis ϱ_n experimentell bestimmt. Dann können wir durch Multiplikation entsprechender Werte von Strom und Widerstand die an den Klemmen der Glühlampenkombination (also an den Klemmen des Ersatzwiderstandes ϱ) herrschende Spannung U_ρ berechnen, die sich bei einem gegebenen Strom I einstellt. Diese Spannungen, aufgetragen in Abhängigkeit des Stromes, ergeben prinzipiell eine Kurve nach Fig. 2.

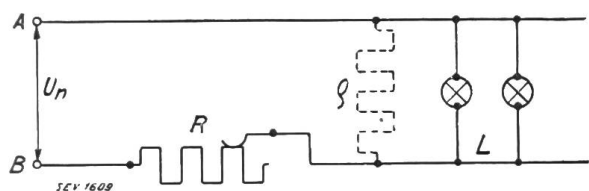


Fig. 1.

R Regulierwiderstand.
 S Ersatzwiderstand.
 L Glühlampenkombination.
 U_n Netzspannung.

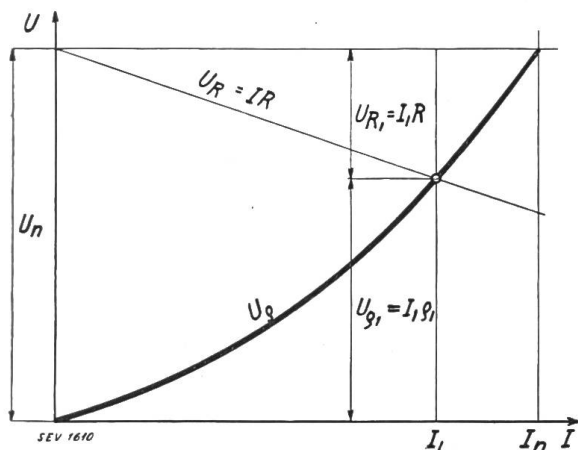


Fig. 2.

U_R Spannungsabfall am Regulierwiderstand.
 U_ρ Spannungsabfall am Ersatzwiderstand (Glühlampen).
 $U_n = U_{R1} + U_{\rho 1}$; der sich einstellende Strom ist I_1 .

Die in Fig. 1 zwischen den Klemmen A und B herrschende unveränderliche Netzspannung sei mit U_n bezeichnet; sie entspricht der Nennspannung der Glühlampen. Es ergibt sich für den Stromkreis zwischen A und B die Bedingung, dass der Spannungsabfall am Regulierwiderstand R (U_R) addiert zum Spannungsabfall an der Glühlampenkombination (U_ρ) stets die Netzspannung U_n ergeben muss:

$$U_n = U_R + U_\rho. \quad (1)$$

Beachten wir, dass U_R in einem Stromspannungs-Koordinatensystem eine Gerade darstellt (die Veränderung von R durch Erwärmung darf vernachlässigt werden), so schreiben wir zweckmässiger:

$$U_n - U_R = U_\rho. \quad (1a)$$

Indem wir die linke Seite dieser Gleichung in die Fig. 2 eintragen in dem Sinne, dass mit wachsendem Strom die Differenz $U_n - U_R$ zunimmt, erhalten wir eine nach rechts sinkende Gerade, die sich mit der Kurve U_ρ schneidet. In diesem Punkte ist Gleichung 1a erfüllt und es kann der sich dabei einstellende Stromwert auf der Abszissenachse abgelesen werden.

Zusammenfassend lässt sich unser Verfahren, das übrigens auch auf andere Fälle mit gekrümmten Stromspannungs-Charakteristiken angewendet werden kann, dahin beschreiben, dass der Spannungsabfall an den Klemmen der Glühlampenkombination in Abhängigkeit des Stromes aufgezeichnet, und dass für den gegebenen Widerstandswert R die Gerade $U_n - U_R$ (worin $U_R = I \cdot R$) konstruiert wurden. Der Schnittpunkt der beiden Linien liegt da, wo Gleichung 1a erfüllt ist.

Um zu einem alle vorkommenden Fälle umfassenden Hilfsmittel zu gelangen, definieren wir sämtliche interessierenden Grössen in Prozent der bei Nennspannung an den Glühlampenklemmen sich ergebenden Werte. Wir erhalten diesen Zustand, wenn der Regulierwiderstand überbrückt wird ($R = 0$). Nennspannung (U_n) und

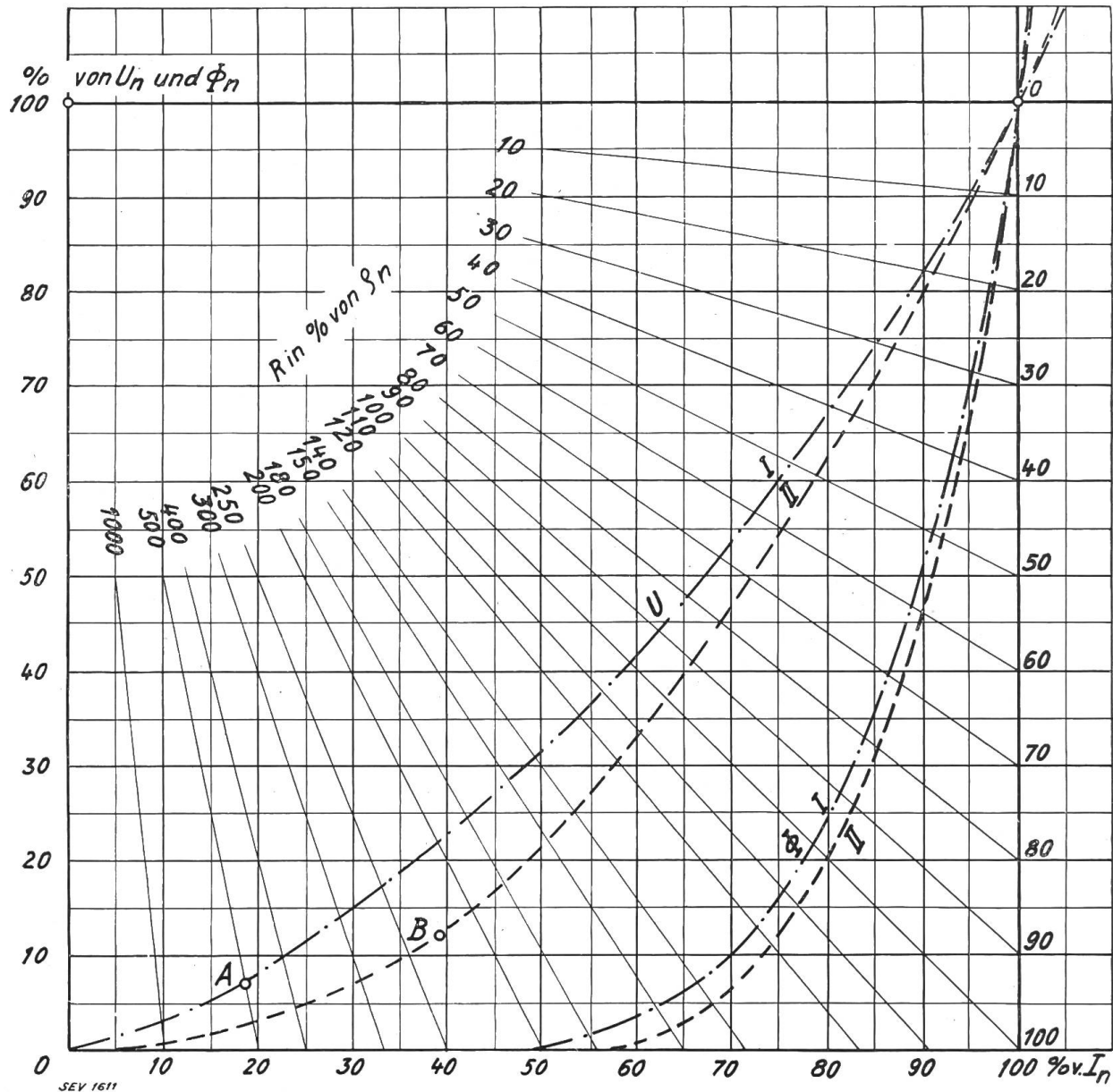


Fig. 3.

Lichtstrom Φ und Spannung U in Funktion der Stromaufnahme I , in % der Nennwerte.
I Kurven für luftleere Lampen; II Kurven für gasgefüllte Lampen.

Nennstrom (I_n) sind je mit 100 % bezeichnet, ebenso der sich dabei einstellende Nennwiderstand der Glühlampenkombination (ρ_n). Der eingestellte Wert des Regulierwiderstandes wird dann ebenfalls in Prozenten des Nennwiderstandes (ρ_n) ausgedrückt.

Auf Grund obiger Annahmen wurde die in Fig. 3 dargestellte Rechentafel konstruiert. Die dabei benötigten experimentell zu bestimmenden Werte wurden uns von der Osram A.-G. in Zürich zur Verfügung gestellt, wofür auch an dieser Stelle bestens gedankt sei. Die angegebenen Werte sind dabei als Mittelwerte aus einer grossen Anzahl von Messungen zu betrachten. Die in Fig. 3 mit A und B

bezeichneten Kurvenpunkte geben an, bei welchem Strome sich ein dem Auge gerade noch bemerkbares Glühen der Leuchtdrähte einstellt.

III. Rechnungs-Beispiel.

Bei einer Netzspannung von 125 V sind hinter einem Regulierwiderstand 50 gasgefüllte Lampen zu 40 W parallel angeschlossen. Der Regulierwiderstand ist so zu bemessen, dass auch noch bei der Hälfte der angeschlossenen Lampen bis auf Dunkelheit herabreguliert werden kann.

Vorerst ermitteln wir die auf 50 Lampen sich beziehenden Werte:

$$U_n = 125 \text{ V}, I_n = 2000 : 125 = 16 \text{ A}; \quad \varrho_n = 125 : 16 = 7,81 \text{ Ohm}.$$

Aus Fig. 3 ergibt sich, dass der Regulierwiderstand rund 2,5 mal den Wert des Nennwiderstandes der Glühlampen aufweisen muss, um unterhalb des Punktes B (auf der Kurve für gasgefüllte Lampen) die Kurve zu schneiden. Mit Rücksicht auf die bei der halben Leistung noch zu erzielende Verdunkelung wählen wir $R = 400\%$ von ϱ_n , also $7,81 \times 4 = 31,24 \text{ Ohm}$.

Bei der halben Belastung (25 Lampen) wird $\varrho_n = 15,62 \text{ Ohm}$ und R nimmt entsprechend auf 200% ab. Wir sehen aber aus Fig. 3, dass die Gerade für diesen Widerstandswert die Kurve nur um ein Geringes oberhalb des Punktes B schneidet, woraus geschlossen werden darf, dass bei dem gewählten Widerstandswerte auch bei Halblast noch genügende Verdunklung erzielt werden kann.

Nachdem so der Widerstandswert bestimmt wurde, gilt es jetzt, noch die sich einstellenden Stromstärken zu ermitteln, wonach die Querschnitte des Widerstandsdrahtes gewählt werden müssen. Bei $R = 400\%$ schneiden sich Kurve und Gerade in einem Punkte, wo $I = 24\%$ von I_n also $3,9 \text{ A}$ beträgt. Indem wir nun R willkürlich verkleinern, können wir für jeden Fall die sich einstellende Stromstärke ermitteln und so den Verlauf der Stromstärke in Abhängigkeit des Widerstandes aufzeichnen, wie dies für unser Zahlenbeispiel in Fig. 4 geschehen ist. Auf Grund dieser Kurve kann sodann die Abstufung der Querschnitte des Widerstandsdrahtes vorgenommen werden.

Es seien noch kurz die Verhältnisse gestreift, die sich ergeben, wenn diese Anlage auf 220 V umgeschaltet würde, selbstverständlich unter Austausch der Glühlampen gegen solche für die neue Spannung. Wir erhalten:

$$U_n = 220 \text{ V}; \quad I_n = 2000 : 220 = 9,1 \text{ A}; \quad \varrho_n = 220 : 9,1 = 24,2 \text{ Ohm}.$$

Der vorhandene Regulierwiderstand von $31,24 \text{ Ohm}$ bildet jetzt nur noch rund 133% von ϱ_n . Daraus folgt, dass schon bei Nennlast (2000 W) nicht mehr genügend weit hinunter reguliert werden kann. Der bei voll eingeschaltetem Regulierwiderstand sich ergebende Strom beträgt 55% des Nennstromes oder rund 5 A . Es ergibt sich hieraus die Tatsache, dass trotz des kleineren Nennstromes bei 220 V der Regulierwiderstand in seinen obersten Stufen überlastet wird, indem diese nur für $3,9 \text{ A}$ dimensioniert wurden.

Der Verlauf des Stromes in Abhängigkeit von R wurde auch für dieses Beispiel in Fig. 4 eingetragen.

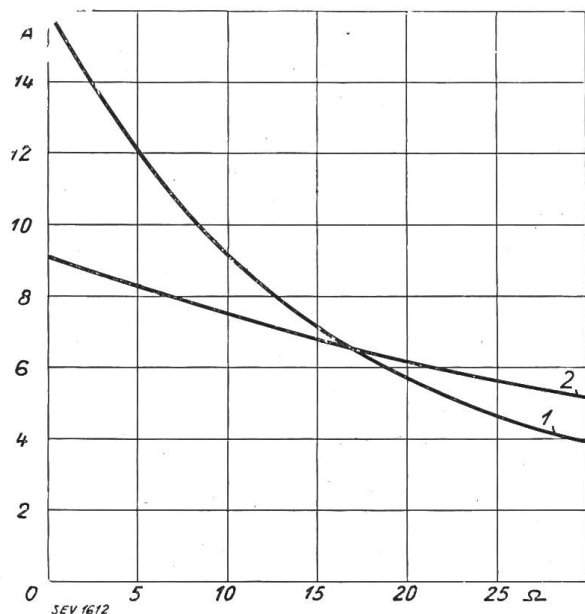


Fig. 4.

Stromzunahme in Funktion des Regulierwiderstandes.
Kurve 1 2000 W bei 125 V; Kurve 2 2000 W bei 220 V.