

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

Rubrik: 5. Allgemeine Diskussion

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: 03.04.2026

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

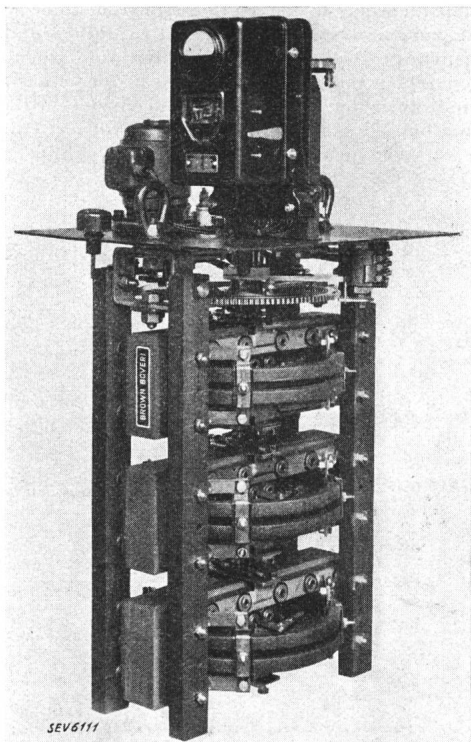


Fig. 10.
Netzregler 30 kVA, 46 A Durchgangsstrom.

5. Allgemeine Diskussion.

Nachdem der **Vorsitzende**, Herr Direktor *M. Schiesser*, Präsident des SEV, allen Herren Vortragenden den gebührenden Dank ausgesprochen hat, eröffnet er die allgemeine Diskussion.

Herr *W. Werdenberg*, Ingenieur der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich¹⁾: Herr Dr. Geiss hat in seinem interessanten Vortrag sehr anschaulich gezeigt, wie es bei Glühlampen physikalisch unmöglich ist, die vom Fabrikanten garantierten Eigenschaften für Ueber- und Unterspannungen einzuhalten, d. h. wie die Naturgesetze nur erlauben, bei der Spannung, für die die Glühlampe gebaut ist, also bei Nennspannung, die vom Hersteller versprochenen Werte der Lebensdauer etc. zu erreichen. Auch andere Verbrauchsapparate verhalten sich natürlich in ähnlicher Weise, nur werden bei diesen andern Verbrauchsgewerken die Spannungsabweichungen nicht in dem Masse empfunden, wie bei der Glühlampe. Die von Herrn Dr. Geiss an die Energie liefernden Werke gerichtete Bitte, die Spannung, für die die Geräte gebaut sind, möglichst einzuhalten, kann ich deshalb nur unterstützen. Auch ich bin überzeugt, dass es falsch ist, wenn das Werk vom Fabrikanten verlangt, dass bei Spannungsabweichungen von $x\%$ beispielsweise die garantierte Lebensdauer der Glühlampe auch noch eingehalten werden soll. Vielmehr muss das Werk dem Fabrikanten der Anschlussobjekte angeben, für welche Spannung das Anschlussobjekt zu bauen ist. Auf diese Spannungsangabe möchte ich nun etwas näher eingehen.

Um eine gewisse Einheitlichkeit in den Spannungen, die von den Werken beim Verbraucher möglichst einzuhalten sind, zu erreichen und um dem Fabrikanten die Aufgabe zu erleichtern, wurden die Nennspannungen seinerzeit vom SEV normalisiert. Nach den Spannungsnormen des SEV müssen die beim Verbraucher vorhandenen Betriebsspannungen möglichst gleich den Nennspannungen sein. Es ist darum ein grundsätzlicher Widerspruch, von einem Verteilnetz zu behaupten, die Nennspannung sei 220 V, dabei aber auf 230 V Betriebsspannung zu regulieren. Entweder muss von einem solchen Netz gesagt werden, es besitze eine Nennspannung von 230 V, oder, wenn die Nennspannung 220 V angegeben wird, so ist eben die Spannungsregulierung unrichtig. Es ist daher Aufgabe jedes Elektrizitätswerkes mit sog. normali-

die bei erhöhtem Stromdurchgang eine zusätzliche Pressung erzeugt. Dadurch ist auch bei Kurzschluss ein sicherer Kontakt gewährleistet. Erste schwache Kontaktabhebungen konnten bei Versuchen mit einem 1000-A-Modell erst bei 33 000 A festgestellt werden.

Zum Schlusse sei der Hinweis gestattet, dass diese Reguliertransformatoren sowohl als Zusatz-Transformatoren zu neuen Transformatoren wie auch in bestehenden Anlagen aufgestellt werden können. Der Regler wird entweder für gemeinsame Spannungsregelung mehrerer abgehender Leitungen verwendet oder dann für die Regulierung nur einer Leitung. Bei Regulierung nur einer Leitung kann die Regulierung beim Verbraucher selbst stattfinden oder am Anfange der Leitung. Je nachdem wird man auf konstante Spannung regulieren oder den Regler kompondieren. Diese Kompondierung erfolgt in sehr einfacher Weise dadurch, dass in die Leitung ein Stromwandler eingebaut wird, mit dessen Hilfe in das Spannungssystem des Steuerrelais eine Gegenspannung eingeführt wird, die eine Erhöhung der regulierten Netzspannung in Funktion der Durchgangsstromstärke bewirkt.

Bei Parallelarbeit von Netzreglern in der gleichen Unterstation oder über kurze Zwischenleitungen wird für die Stabilisierung eine analoge Anordnung wie für die Kompondierung verwendet. Mit Hilfe der Stromwandler wird aber nicht eine Gegenspannung, sondern eine Zusatzspannung in das Spannungssystem des Steuerrelais eingeführt. Diese bewirkt eine Erniedrigung der Spannung in Funktion des Ausgleichstromes. Dadurch kann ein absolut stabiler Betrieb gewährleistet werden.

Bis jetzt wurden über 100 Regler aller Leistungen ausgeführt, wovon einzelne bereits drei Jahre in ununterbrochenem Betriebe sind.

sierten Netzen, die Nennspannungen möglichst einzuhalten. Darum glaube ich auch, dass die von Herrn Dr. Geiss angelegte Definition einer «Netzspannung» gar nicht nötig ist. Es wird genügen, wenn die Elektrizitätswerke vermeiden, mit der Nennspannung im angegebenen Sinn Missbrauch zu treiben.

Eine genaue Einhaltung der Nennspannung bei allen seinen Verbrauchern wird natürlich aus technischen und wirtschaftlichen Gründen keinem Werke möglich sein; die Kosten einer derartigen Spannungsregulierung wären für das Elektrizitätswerk untragbar. In der Praxis wird es stets Abweichungen von der einzuhaltenden Spannung geben. Es wäre deshalb zuerst einmal zu bestimmen, was für Abweichungen zulässig sind. Es ist aber zu berücksichtigen, dass es sich hier nicht um die kurzzeitigen, nur Sekunden langen Abweichungen (sog. Spannungsschwankungen), sondern längere Zeit dauernde Abweichungen (sog. Spannungsänderungen) handelt.

Am Beispiel der besonders empfindlichen Lebensdauer einer Glühlampe will ich nun zeigen, dass die Grösse der Abweichung allein gar nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist, dass vielmehr die zeitliche Dauer der verschiedenen Spannungen wichtig ist. Die nachfolgenden Betrachtungen bleiben für die Lichtausbeute oder für andere spannungsabhängige Eigenschaften irgendwelcher anderer Anschlussobjekte grundsätzlich gleich.

Wir wollen uns vorstellen, dass alle an der Glühlampe auftretenden Spannungen über das ganze Jahr, aber nur dann, wenn die Glühlampe brennt, gemessen werden. Die derart gemessenen Spannungen ordnen wir nach Grösse und tragen die zeitliche Dauer dieser Spannungen in der bekannten Art einer Häufigkeitskurve auf.

In der Figur 1 ist eine solche Häufigkeitskurve *B*, wie sie in der Praxis ohne weiteres vorkommen kann, aufgezeichnet. Als Abszisse sind die Spannungsabweichungen in % der Nennspannung aufgetragen. Der Zeitmaßstab der Ordinate ist für die folgenden Betrachtungen ohne Bedeutung. Ueber der gleichen Abszisse ist auch die Lebensdauer der Glühlampe in % der Nennlebensdauer dargestellt. Wir dividieren

¹⁾ Der Beitrag wurde teilweise nachträglich ergänzt.

nun sämtliche Werte B durch die zur selben Spannung gehörenden Werte von L und tragen diese Werte in einer Kurve B/L mit einem derartigen Maßstab auf, dass bei Nennspannung B/L gleich B ist. Man kann nun zeigen, dass sich die tatsächliche Lebensdauer zur Nennlebensdauer verhält, wie die von der Kurve B eingeschlossene Fläche zu der von der Kurve B/L eingeschlossenen Fläche. Im vorliegenden Beispiel habe ich die Häufigkeitskurve so gewählt, dass die tatsächliche Lebensdauer gerade gleich 100 % wird; d. h. also: Trotz der grossen Spannungsänderungen von $\pm 10\%$ an der Glühlampe wird bei einer Spannungshaltung nach diesem Beispiel die garantierte Lebensdauer erreicht. Wedmore und Flight²⁾ haben in England viele solche Häufigkeitskurven ermittelt; es sind dabei teilweise interessante Gebilde mit

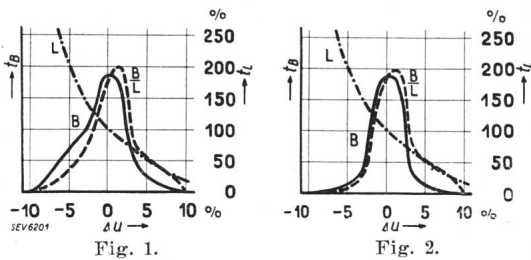


Fig. 1.

Fig. 2.

- t Häufigkeit des Betriebes mit Spannungsabfällen ΔU (Kurve B).
t Lebensdauer der Glühlampen (Kurve L) bei Betrieb mit verschiedenen Spannungen $U \pm \Delta U$.

mehreren, relativen Maxima festgestellt worden. Diese erinnern nur noch ganz schwach an die Gaußsche Streukurve. Die von Herrn Dr. Geiss bei seiner Definition der Netzspannung gemachte Annahme, dass das Maximum in der Häufigkeitskurve in der Mitte zwischen den extremen Spannungsänderungen liege, gilt also nicht in allen Fällen.

Ich bin deshalb überzeugt, dass auch der Vorschlag, die Glühlampen für das in der Häufigkeitskurve vorkommende Maximum zu bauen, nicht die erwartete Wirkung haben wird. Ausserdem würde dieses Vorgehen noch vielfach zum Glauben verleiten, dass Glühlampen, deren Nennspannung diesem Maximum entspricht, nun tatsächlich die garantierten Werte erreichen. Dass dem aber nicht so ist, zeigt das Beispiel der Fig. 2. Hier ist eine Häufigkeitskurve aufgezeichnet, wie sie etwa in einem gut bis sehr gut regulierten Netz vorkommen wird. Die Glühlampe brennt in diesem Fall nur ganz selten mit Spannungen, die um mehr als 3 % von der Nennspannung abweichen; zudem treten Ueber- und Unterspannungen genau gleich häufig auf; das Maximum in der Häufigkeitskurve liegt bei der Nennspannung der Glühlampe. Trotzdem beträgt aber die tatsächliche Lebensdauer nur 89 % der Nennlebensdauer.

Ich hoffe, mit meinen Ausführungen folgendes gezeigt zu haben:

1. Eine neue Definition der Spannung, für welche die Geräte gebaut werden sollen, ist nicht nötig. Die Definition der Nennspannung nach SEV genügt; die Werke müssen aber darnach trachten, diese Nennspannung beim Verbraucher möglichst einzuhalten.
2. Um eine Spannungshaltung zu qualifizieren, genügt es nicht, einfach nur die extremen Abweichungen von der Nennspannung oder das Maximum in einer Häufigkeitskurve zu nennen. Ein einwandfreies Mittel zur Beurteilung der Spannungshaltung liefert eigentlich nur die Häufigkeitskurve selber. Dabei ist aber noch zu beachten, dass in der Praxis die Verhältnisse nicht so einfach liegen wie bei den gezeigten Beispielen. Abgesehen davon, dass z. B. zur Ermittlung der Spannungshaltung, die für die Beleuchtung wichtig ist, nur die Spannungen während der Beleuchtungszeit gemessen werden dürfen, ist auch noch zu berücksichtigen, dass die Beleuchtungslast ebenfalls ändert. Die Häufigkeitskurven sind also noch entsprechend der Belastung zu beschweren. Unter Umständen sind auch noch die Belastungen zu beschweren, weil nicht alle Verbraucher gleich wichtig sind. In der Regel wird es deshalb den Werken praktisch nicht möglich

sein, solche Häufigkeitskurven an allen wichtigen Punkten ihres Netzes aufzunehmen. Man wird nach andern, einfacheren Mitteln suchen müssen, um die Spannungshaltung zu charakterisieren.

In diesem Zusammenhang möchte ich noch auf einen andern, mir wichtig erscheinenden Umstand hinweisen. Wenn Werke von ihren zugelassenen oder in ihren Netzen vorkommenden Spannungsänderungen reden, wird selten angegeben, wie diese Werte ermittelt wurden. Es ist aber wichtig, zu wissen, ob mit den angegebenen Spannungsänderungen die innerhalb einer 24stündigen Periode aufgetretenen Extremwerte oder die mit einem sog. Spannungsmittler festgestellten Werte oder sonstige gefundenen Werte gemeint sind. Es wäre deshalb zu begrüßen, wenn vom SEV aus über die Begriffe Spannungsänderung, Spannungsschwankung, Spannungshaltung usw. Klarheit geschaffen würde.

Herr A. Peyer, Elektrizitätswerk Basel:

Die überspannungsseitige *Energieverteilung* für Basel erfolgt in der Hauptsache über ein Drehstromnetz von ca. 6 kV verketteter Spannung, von dem aus die Niederspannungsnetze gespeist werden: ein 380-V-Drehstromnetz für Beleuchtungs- und Haushaltungsenenergie sowie für Kleingewerbe und ein 500-V-Drehstromnetz für Kraftstromabgabe an die Industrie.

In der Altstadt besteht auf einem kleinen Gebiet von etwa $\frac{1}{2}$ km² ein Gleichstromnetz, das aber hier nicht von Interesse ist.

Unser 6-kV-Netz wird heute von zwei Hauptstationen aus gespeist, von denen die eine im östlichen Stadtgebiet, die andere im westlichen Stadtgebiet liegt. Diese Hauptstationen beziehen ihren Energiebedarf in der Hauptsache vom nahegelegenen Flusskraftwerk Augst, das ergänzt wird durch eine Akkumulierkraftquote und durch Fremdstrombezug von verschiedener Seite. Das Kraftwerk Augst speist z. T. direkt mit der Generatorspannung von ca. 7 kV, z. T. über eine 45-kV-Leitung nach der erwähnten östlichen Hauptstation. Alle übrige Energie wird mit 45 kV den erwähnten beiden Hauptstationen zutransportiert und hier über Transformator und in Serie geschaltete Doppel-Induktionsregler auf die 6-kV-Sammelschiene übergeführt.

Die *Spannungshaltung* erfolgt im 6-kV-Netz zunächst durch Regulierung der Generatorspannung im Kraftwerk Augst derart, dass in einer ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Hauptstationen befindlichen Zwischenstation die vorgeschriebene Spannung vorhanden ist. Die in den beiden Hauptstationen in Serie mit den 45/6-kV-Transformatoren arbeitenden Doppelregler dienen für Einhaltung des vorschriftsgemässen Blindenergiebezuges vom Kraftwerk Augst, vom Akkumulierwerk und den Fremdenergielieferanten, soweit diese nicht zur Blindenergieeinstellung verpflichtet sind. Im weitern dienen diese Doppelregler für angemessene Verteilung des Blindenergiebezuges nach den beiden Hauptstationen.

Das von den beiden Hauptstationen ausstrahlende 6-kV-Netz umfasst zunächst einen unregulierten, vorwiegend aus 3×100 mm² Kabeln bestehenden Teil, der das ganze Stadtgebiet überspannt, wobei die Kabelleitungen manchenorts in relativ grosser Distanz verlaufen (bis gegen 1 km).

An dieses unregulierte Netz sind die für Belieferung der Industrie dienenden ungefähr 80 Krafttransformatorenstationen direkt angeschlossen, ferner ca. 25 mit Induktionsreglern ausgerüstete Spannungsreglerstationen, in denen die für die anschließenden Lichttransformatorenstationen erforderliche genauere Spannungseinstellung erfolgt. Von der einzelnen Reglerstation strahlen normalerweise etwa 3...5 regulierte 6-kV-Kabel aus (meist mit 3×50 mm² Querschnitt), an die im allgemeinen je 1...2 Lichttransformatorenstationen angeschlossen sind. Von einer Reglerstation aus werden dementsprechend im Durchschnitt etwa 6...7 Lichttransformatorenstationen gespeist.

Die durchgehende Leistung der sämtlichen Reglerstationen, die zusammen für ein Versorgungsgebiet von ca. 160 000 Einwohnern dienen, beträgt rund 33 000 kVA, ungefähr gleichviel, wie die Gesamtleistung der angeschlossenen Lichttransformatorenstationen. Die Leistung der einzelnen Reglerstation bewegt sich zwischen 800 und 1600 kVA. Platz ist vorgesehen bis zu 3000 kVA pro Station. Der Regulierbereich ist mit $\pm 6\%$ reichlich. Die automatische Regulierung ist auf Ansprechen bei $\pm \frac{3}{4}$ bis 1 % Abweichung

²⁾ Wedmore and Flight: Voltage Variation at Consumers Terminals. J. Inst. of Electr. Engr., June 1935; Referat im Bull. SEV 1935, Nr. 23, S. 725.

vom Sollwert eingestellt. Sie besitzt Kompoundierung derart, dass die regulierte Spannung bei Vollast ca. $1 \dots 1\frac{1}{2}\%$ höher ist als bei Leerlauf, so dass der Spannungsabfall der auf der regulierten Seite anschliessenden Anlagen bis zu einem gewissen Grade kompensiert wird.

Unsere Netzregler sind nicht Doppelregler, sondern Einfachregler. Die Zusatzspannung ist also nur in den beiden Endlagen in Phase (bzw. Phasenopposition) mit der Hauptspannung. In der Mittellage ist die Zusatzspannung senkrecht zur Hauptspannung. Es ist also nicht zulässig, die regulierten Kabel verschiedener Reglerstationen, oder die angeschlossenen Niederspannungsnetze zusammenzuschalten. Nach unserer Beurteilung und Erfahrung bedeutet das weder hinsichtlich Betriebssicherheit, noch hinsichtlich Wirtschaftlichkeit einen nennenswerten Nachteil, angesichts der doch schon recht grossen Zahl der zu einer Reglerstation gehörenden Transformatorstationen.

Bei Störung am Regler wird dieser automatisch überbrückt und abgeschaltet. Eine Reserveeinheit ist daher nicht nötig.

Zu beachten ist, dass die Regler den nicht unwichtigen Vorteil bieten, die Kurzschlussleistung bei den regulierten Anlagen, insbesondere auch bei den Transformatorenkiosks, wesentlich herabzusetzen. Im unregulierten Netz erreicht die Kurzschluss-Abschaltleistung bis zu ca. 300 000 kVA. Die vorhandenen Regleranlagen begrenzen, je für sich allein, die Kurzschlussleistung auf maximal ca. 160 000 kVA, dies im ungünstigsten Fall, d. h. bei der grössten heute vorhandenen Anlage. Die Serieschaltung der im unregulierten Netz und der im Regler vorhandenen Impedanzen begrenzt die Kurzschlussleistung auf ungefähr 100 000 kVA, welcher Betrag auch für die Transformatorenkioske zulässig ist.

Die für die Regulierung erforderlichen Aufwendungen erreichen hinsichtlich der Erstellungs- und daherigen Jahreskosten der Regleranlagen ungefähr $\frac{1}{4}$ der Kosten der anschliessenden Lichttransformatorenanlagen. Die von den Reglern herrührenden Eisen- und Kupferverluste belaufen sich ebenfalls auf ungefähr $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{5}$ derjenigen der zugehörigen Transformatorenanlagen. Verhältnismässig wesentlich höher ist der Blindleistungsbedarf; er beträgt im Leerlauf ungefähr 75 %, bei Vollast etwa 55 % des Blindleistungsbedarfes für die Transformatoren. Im weiteren bedingen die Regler eine gewisse Mehrlänge für die Gesamtheit der 6-kV-Leitungen; sie ist darum nicht so gewichtig, weil Zuleitungen zu den einzelnen Transformatorenstationen, auch bei Verzicht auf die gruppenweise 6-kV-Regulierung, mindestens teilweise, nötig sein würden.

Die Erfahrungen mit der erwähnten Art der Spannungsregulierung sind gut. Die Lichtnetzspannung bewegt sich bei unsern Abonnenten zwischen ca. 220 und 228 V, also innerhalb total ca. $3\frac{1}{2}\%$; nur in seltenen Fällen kommen Grenzen bis zu etwa $4\frac{1}{2}\%$ vor. Die Einhaltung der relativ engen Spannungsgrenze wird seitens der Abonnenten geschätzt, nicht nur im Hinblick auf die Beleuchtung, sondern hauptsächlich auch auf die elektrische Küche, wobei die Hotelküche besonders empfindlich ist.

Auch die Betriebserfahrungen mit den Reglern selbst sind befriedigend. Es sind heute noch Regler in einwandfreier Verwendung, die seit 1911, dem Zeitpunkt der Einführung dieses Reguliersystems in Basel, ohne nennenswerten Unterbruch sich in Betrieb befinden, also seit 25 Jahren.

Gegenüber momentanen Spannungsschwankungen sind die Regler wirkungslos. Solche Spannungsvariationen wirken sich aus, wie wenn der Regler nicht vorhanden wäre. Dass den berechtigten Ansprüchen der Abonnenten auch in dieser Hinsicht Genüge geleistet wird, ohne unnötige Erschwerung der Anschlüsse von Motoren usw., dafür wird — ausser durch entsprechende generelle Anschlussvorschriften — nötigenfalls durch individuelle Behandlung einzelner Fälle gesorgt, wobei die Häufigkeit der zu gewärtigenden Spannungsschwankungen mit in Betracht gezogen wird. Dabei erachten wir plötzliche Schwankungen von $1\frac{1}{4} \dots 1\frac{1}{2}\%$ als zulässig und u. U. auch noch etwas grössere, wenn sie dafür selten auftreten.

Zur Frage, ob man heute, nachdem die Entwicklung der Technik auch auf diesem Gebiete Fortschritte aufweist, diese Art der Regulierung *ändern Möglichkeiten* immer noch vorziehen würde, ist zunächst zu bemerken, dass eine noch

bessere Spannungshaltung kaum einem Bedürfnis entsprechen würde. Dagegen wird man jede Möglichkeit, das gleiche oder doch annähernd gleiche Ergebnis auf noch wirtschaftlichere Weise zu erreichen, heute mehr als je mit Interesse prüfen wollen. Aus dieser Tendenz heraus ist es wohl gegeben, dass man sich bemüht, einen möglichst grossen Teil des Netzes direkt durch die zentrale Regulierung, ohne Zwischenschaltung von besondern Reglern, auf annähernd den Sollwert der Spannung zu bringen und die Zwischenschaltung von Regulieranlagen auf die übrigen Netzteile zu beschränken. Dieses Bestreben ist auch in Basel vorhanden, soweit die übrigen Gesichtspunkte, insbesondere die Rücksicht auf die Kurzschlussverhältnisse, dies erlauben.

In manchen Fällen dürften dabei die neuern Konstruktionen für niederspannungsseitige Regulierung gute Dienste leisten.

Herr Dr. W. Geiss, Vortragender: Ich habe heute morgen gerne zur Kenntnis genommen, dass meine unter 1) vorgeschlagene Definition die Nennspannung des SEV ist. Die Praxis gibt jedoch, wie aus den bisherigen Referaten hervorgegangen ist, ein nicht ganz einheitliches Bild. Wir hörten von Herrn Wettstein, dass die mittlere Spannung im Netze der EKZ 220 V beträgt. Herr Howald teilte mit, dass in Winterthur die mittlere Spannung eher etwas unter 220 V liegt. Herr Aeberhard reguliert in Langenthal auf 230 V. Die Lichtspannung in Basel beträgt nach den Angaben von Herrn Peyer 220 ... 228 V. Ideal wäre natürlich, wenn im ganzen Lande die Nennspannung 220 V mit zulässigen Toleranzen wirklich eingehalten würde. Die Forderungen der Glühlampenindustrie gehen jedoch nicht so weit; es würde z. B. durchaus genügen, wenn die einzelnen Werke offiziell erklären würden, wie gross die mittlere Spannung ihres Netzes ist (beispielsweise: EKZ 220 V, EW Basel 225 V, EW Winterthur 220 V, EW Langenthal 230 V usw.). Den Werken würden dann Glühlampen geliefert, die bei der erklärten mittleren Betriebsspannung 1000 h lang brennen.

Vorsitzender: Die Herren Howald, Dr. Geiss, Werdenberg und andere haben nun einige ganz interessante Punkte zur Diskussion gestellt. Es scheint daraus hervorzugehen, dass wirklich ein Bedürfnis besteht, die zulässige Abweichung von der Nennspannung einheitlich festzulegen. Legt der SEV diese Abweichungen nicht fest, so wird vielleicht von seiten der Bezüger von den Elektrizitätswerken verlangt, dass sie die Spannung derart regulieren, dass der letzte Abnehmer jederzeit mindestens auch noch 220 V erhält; dann kommen wir aber zu den in Langenthal herrschenden Verhältnissen, d. h. die Nennspannung beträgt 220 V, die Betriebsspannung aber 230 V.

Herr E. Schönholzer, Zürich, erkundigt sich, ob in der Schweiz schon Versuche gemacht worden sind, die Spannung mit Serie-Kondensatoren zu regulieren und fragt, welche Resultate sich dabei ergeben haben. Falls noch keine derartige Versuche gemacht worden sind, so wäre es wohl der Mühe wert, solche einmal durchzuführen.

Der Vorsitzende stellt an die Versammlung die Frage, ob gewünscht werde, dass der SEV die Frage der Normalisierung der zulässigen Spannungsabweichung von der Nennspannung an die Hand nehme. Die Arbeit könnte von einer Kommission behandelt werden. Der Vorstand des SEV möchte aber dieses Problem nicht von sich aus aufgreifen; am liebsten würde er die Angelegenheit erst auf Antrag hin in Angriff nehmen.

Herr E. Kern-Zindel, Betriebsleiter der Elektrizitätsversorgung Menziken, erkundigt sich, ob sich die Lampen der D-Reihe und die Lampen der Watt-Reihe gegenüber Spannungsschwankungen verschieden verhalten.

Herr Dr. W. Geiss, Vortragender: Die Lebensdauer der Glühlampen ist eine Funktion der Verdampfungsgeschwindigkeit des Wolframs. Die Verdampfungsgeschwindigkeit ist aber unabhängig davon, ob der Draht gestreckt, einfach oder doppelt gewandelt ist. Die Anforderungen des SEV an Glühlampen sind genau gleich für die Doppelwendellampen (D-Reihe) wie für die Einfachwendellampen (Watt-

Reihe). Da alle Fabriken ausschliesslich Wolfram zur Herstellung der Glühkörper verwenden, sind diese Verhältnisse für sämtliche käuflichen Lampen genau gleich. Die Faustregeln, die ich in meinem Referat angegeben habe, gelten gleicherweise für die Einfach- und die Doppelwendellampen.

Herr A. Kleiner, Generalsekretär des SEV und VSE: Es wäre interessant, von fachkundiger Seite zu vernehmen, wie sich die *Gasentladungslampen* gegenüber den Spannungsschwankungen verhalten. Diese neuen Lampen sind den Elektrizitätswerken zum Teil wegen ihrem schlechten $\cos \varphi$ unsympathisch; wenn sie gegen Spannungsschwankungen unempfindlicher wären als Glühlampen, so würden sie vielleicht ein wenig lieber gesehen. Ueber den Einfluss der Spannungsschwankungen auf die *Radiolampen* wurde heute noch kaum gesprochen, trotzdem diese Frage heute auch sehr aktuell ist; vielleicht geben Sachverständige auch hierüber Auskunft.

Das Problem der Spannungsregulierung hat aber auch eine wichtige *wirtschaftliche Seite*: Die Statistik über Erzeugung und Verbrauch elektrischer Energie, die vom Eidg. Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom VSE geführt und regelmässig im Bulletin des SEV veröffentlicht wird, weist Energieverluste nach in der Höhe von rund 600 Mill. kWh pro Jahr. Nimmt man an, dass die Hälfte dieser Energie auf Kupferverluste in den Leitungen entfällt, und dass von dieser Hälfte durch Vergrösserung der Leiterquerschnitte oder Erhöhung der Spannung die Hälfte eingespart werden kann, so ergibt das die respektable Jahresenergie von 150 Mill. kWh, also die Erzeugung des ganzen Wäggitälwerkes. In den USA, die über billiges Kupfer verfügen, verlegt man daher grosse Kupferquerschnitte, um die Spannungsabfälle zu reduzieren, statt das Geld in Reguliereinrichtungen anzulegen. In der Schweiz liegen die Verhältnisse anders; hier ist das Kupfer sehr teuer, so dass man in der Schweiz wohl vorteilhafter Reguliereinrichtungen einbaut statt unverhältnismässig grosse Kupferquerschnitte zu verlegen.

Nun haben aber auch die Reguliereinrichtungen ihre Energieverluste, die zwar sehr gering sind, aber in Zahlen recht gross erscheinen, da die Fabrikanten die Verluste der Reguliereinrichtungen häufig in % der Regulierleistung angeben. Diese Methode scheint mir falsch; man sollte sie in % der Durchgangsleistung angeben, so dass sich nur noch wenige %₀₀ ergeben.

Die eine Erhöhung der Verteilspannung bedingende *Spannungsnormalisierung*, wenn sie noch nicht erfolgt ist, ist ein gutes Mittel, um die Spannungsabfälle zu verkleinern. Durch Verdoppelung der Betriebsspannung sinken die Spannungsabfälle in % bei gleicher Leistung auf einen Viertel. Die Kredite für Spannungsnormalisierung werden leichter bewilligt, wenn der Betriebsleiter das Gesuch auch damit begründet, dass durch Erhöhung der Spannung die Verluste erniedrigt werden können.

Wir haben gehört, dass die Lebensdauer der Glühlampen auf nur 1000 h normiert ist. Dafür ist der Wirkungsgrad der Glühlampen relativ sehr hoch. Man hat also einen Kompromiss gemacht zwischen Lebensdauer und Lichtausbeute und man hat gefunden, dass bei einer Lebensdauer von 1000 h und bei der zugehörigen Lichtausbeute bei den heutigen Elektrizitätstarifen die Gesamtkosten für die Beleuchtung am niedrigsten sind; bei grösserer oder bei kleinerer Lebensdauer als 1000 h wäre die Beleuchtung bei den heutigen Elektrizitäts- und Glühlampenpreisen teurer. Könnte man bei den *Kochplatten* ein Ähnliches tun? Heute haben die Kochplatten praktisch unbegrenzte Lebensdauer, dafür geht das Kochen nicht so schnell wie manche Leute gerne hätten. Man sollte sich einmal überlegen, ob man die Lebensdauer der Kochplatten begrenzen kann, um zu kürzeren Kochzeiten zu gelangen. Man darf jedoch nicht vergessen, dass das Publikum gegen kleine Lebensdauern aller Apparate ausserordentlich empfindlich ist.

Ein wichtiges Problem ist immer noch das *cos φ -Problem*. Früher strebten die Erzeugerwerke einen guten $\cos \varphi$ an und trafen entsprechende Massnahmen, z. B. durch $\cos \varphi$ -Klauseln in den Tarifen. Heute haben diese Verhältnisse etwas geändert, denn die 150-kV-Leitungen wirken als grosse Kon-

densatoren, ebenso natürlich die Kabel höherer Spannung. Trotzdem ist das $\cos \varphi$ -Problem in den *Niederspannungsnetzen* immer noch sehr wichtig und man wird es stets aufmerksam verfolgen müssen. Man darf aber auch hier beim Kompensieren eine gewisse Grenze nicht überschreiten, sonst besteht die Gefahr, dass man die Hochspannungsleitungen «pupinisieren», d. h. künstlich mit Induktivität versehen muss.

Die interessante Anregung von Herrn Schönholzer wird wohl kaum zu wirtschaftlich möglichen Lösungen der Spannungshaltung führen, weil die Kapazitäten in Serieschaltung wohl viel zu gross würden.

Herr P. Seehaus, Vortragender: Die Spannungshaltung ist nicht nur für die Glühlampen, sondern auch für die Elektrowärmegeräte von Wichtigkeit. Ich habe schon ausführlich dargelegt, dass die am Gebrauchsort möglichen Spannungsüberhöhungen die Basis der Prüfvorschriften bilden und diese sehr scharf gestalten, was zu teurer Produktion führt. Ueberdies sind Klagen über ungenügende Leistungsfähigkeit elektrischer Kochgeräte meist auf ungenügende Spannungshaltung zurückzuführen. Deshalb liegt es im Interesse aller Beteiligten — heute mehr denn je —, dem Problem der Spannungsregulierung grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Die Elektrowärmegeräte verlangen keine so empfindliche und rasche Regulierung wie die Glühlampen; denn auf die Leistungsfähigkeit sind kurzzeitige Schwankungen ohne Einfluss und auch die Lebensdauer erleidet keine Einbusse, solange die Leistungsschwankungen so kurzzeitig sind, dass die ausgleichende Wärmekapazität von Heizleiter und eventuell Einbettmasse rasche Temperaturschwankungen in grösserem Ausmass verhindert.

Zu den Ausführungen von Herrn Generalsekretär Kleiner bezüglich der überhöhten Kochplattenbelastungen ist zu erwähnen, dass beim Bau von Kochplatten die Sicherheitsvorschriften, der Wirkungsgrad, die Lebensdauer und die Wirtschaftlichkeit zusammen zu beachten sind.

Es ist bekannt, dass hohe Belastungen und die bei solchen ungenügende Regulierfähigkeit immer zu höheren Verlusten führen müssen. Meine Darlegungen haben Ihnen gezeigt, wie die Lebensdauer von Heizleiter und Platte, die Sicherheit nach Vorschrift und auch der Wirkungsgrad und die Wirtschaftlichkeit zusammenhängen und einzeln oder zusammen durch unnötig übermässige Belastungen beeinträchtigt werden.

Herr W. Werdenberg, Ingenieur der Elektrizitätswerke des Kantons Zürich: Die Seriiekondensatoren nach Herrn Schönholzer wären ideale Spannungsregler. Die Schwierigkeit liegt jedoch nicht in der Grösse der Kondensatoren, wie Herr Kleiner annimmt, denn diese werden über Serietransformatoren angeschlossen, sondern darin, dass bei einem Kurzschluss die Spannung am Kondensator auf das 20...30-fache der normalen Kondensatorspannung (= dem zu kompensierenden Spannungsabfall) steigt, so dass der Kondensator bei Kurzschluss zerstört wird. Diese Frage wäre noch zu lösen.

Herr Dr. W. Geiss, Vortragender: Der Einfluss der Spannungsschwankungen auf Radoröhren ist in bezug auf die Lebensdauer gleich zu beurteilen wie der auf Elektrowärmeapparate. In bezug auf die akustische Qualität der Musikwiedergabe durch die Radioapparate bestehen spezielle Anforderungen; hiefür kompensiert jedoch die Radioapparatefabrik die Spannungsschwankungen durch geeignete Schaltungen im Empfangsapparat selbst.

Die Entladungsdampflampen sind weniger spannungsempfindlich als die Glühlampen. Man besitzt darüber jedoch noch keine genügende Erfahrung, weil die Lebensdauer dieser Lampen mehr als 3000 h beträgt, so dass die seit deren Einführung in Betrieb genommenen Lampen grösstenteils noch leben.

Der *Vorsitzende* dankt verbindlich für alle gefallenen Anregungen. Er wird die Frage der Normalisierung der Spannungshaltung in den schweizerischen Netzen im Vorstand des SEV voraussichtlich zur Sprache bringen, trotzdem aus dem Schosse der Versammlung kein eigentlicher

Antrag gestellt wurde. Er dankt allen Herren Diskussionsrednern und allen, welche zum Gelingen der Versammlung beigetragen haben, und schliesst die Versammlung um 17 Uhr.

Nachträglich schriftlich eingegangen:

Herr E. Ehrensperger, Aargauisches Elektrizitätswerk (AEW): Nach Beendigung der eigentlichen Diskussionsvorträge ergab sich die Frage, in welcher Höhe dem Abonnenten die Spannung zugeführt werden soll (220, 225 oder 230 Volt).

Da diese Angelegenheit für die Beschaffung, evtl. Vereinheitlichung der Glühlampen von Bedeutung ist, möchte ich zuhänden der Verwaltungskommission des SEV und VSE darauf zurückkommen.

Da das AEW die Spannungsregulierung in ähnlicher Weise wie die EKZ (Referat Wettstein), also in den Unterstationen mit automatisch gesteuerten Induktionsreglern und Reguliertransformatoren, vornimmt und die 8-kV-Spannung entsprechend der Belastung reguliert, so erübrigen sich weitere Erklärungen. Es ist jedoch zu bemerken, dass die 8-kV-Spannung von 21 bis morgens 6 Uhr bei gleicher Belastung ca. 1,5 % tiefer gehalten wird, als die Reguliervorschrift tagsüber vorsieht.

In den Transformatorenstationen beträgt die Spannung während der Arbeits- und Hauptbeleuchtungszeit, also von 6 bis 21 Uhr, 390/225 bis 400/230 V und von 21 bis 6 Uhr 385/222 bis 395/227 V.

Die Anschlussobjekte werden für die nachstehend genannten Nennspannungen beschafft:

1. Die Motoren und Wärmeapparate, also die «spannungsunempfindlicheren» Verbraucher für 380/220 V;
2. die Glühlampen, Radiolampen, Quarzlampen etc. (spannungsempfindliche Apparate) für 230 V.

Die eigenen Sekundärnetze sind so ausgebaut, dass der Spannungsverlust während der Hauptbelastungszeit nicht mehr als ca. 2...3% und während der schwach belasteten Nachtzeiten nur ca. 1 % beträgt. Die unempfindlicheren

Apparate erhalten also ca. 2...3% Ueberspannung und die spannungsempfindlichen während der Spätnachtzeit etwa soviel Unterspannung.

Die Ueberspannung, welche den unempfindlichen Apparaten zugeführt wird, ist quasi eine Sicherheitsmarge dafür, dass auf alle Fälle und allerorts die Betriebsspannung ungefähr der Nennspannung der Verbrauchsapparate entspricht. Dies ist unbedingt nötig, damit dem elektrischen Kochen die öfters gerügte Langsamkeit nicht vorgeworfen werden kann. Für die spannungsempfindlichen Apparate, speziell die Glühlampen, welche leider nur eine Brenndauer von 1000 h aufweisen, ist wegen der beschränkten Lebensdauer eine kleine Unterspannung eher vorteilhaft. Durch Inkaufnahme von etwas verminderter Lichtausbeute wird die Lebensdauer verlängert. Ich glaube, die Werke ihren Bezüglern derartige Massnahmen schuldig sind. Dies trifft in vermehrtem Masse zu für die öffentlichen Strassenbeleuchtungen, welche jährlich etwa 4000 h in Betrieb sind. Die Strassenlampen sind zudem durch die Erschütterungen ungünstigeren Betriebsbedingungen ausgesetzt als die Innenlampen. Selbst diejenigen Strassenlampen, die mit der Nennspannung gespeist werden, müssen pro Jahr 4...5mal ersetzt werden. Untersuchungen in einer Gemeinde mit rund 100 Strassenlampen haben dies bestätigt. Es sind daher in den Netzen des AEW die Strassenlampen für eine Nennspannung von 235 V beschafft worden, und zwar in letzter Zeit in stossfester Ausführung.

Die Kostenverminderung für den Lampenersatz ist für sehr viele Abonnenten viel wichtiger als eine grosse Lichtausbeute.

Ich möchte noch beifügen, dass seit der Einführung der automatischen Regulierung und der beschriebenen Regulierungsart sowie der Beschaffung der 230-, bzw. 235-V-Glühlampen die lästigen Klagen über die defekten Glühlampen und das langsame Kochen verschwunden sind.

Von einigen Vertretern der Fabrikanten von Niederspannungsregulierungsvorrichtungen wurde speziell der geradlinige Verlauf der Spannung hervorgehoben. Aus vorstehenden Ausführungen geht hervor, dass diese Spannungshaltung nicht in allen Fällen zweckmässig scheint. Bei zurückgehender Belastung während der Nachtzeiten soll die Spannung abgesenkt werden.

Technische Mitteilungen. — Communications de nature technique.

Generator zur Erzeugung eines sehr hohen Potentials.

621.313.12 : 621.3.027.7

Zur kontinuierlichen elektrostatischen Aufladung einer oder mehrerer auf isolierenden Stützen gelagerten Kugeln verwendet Pauthenier in seinem mit Frau Moreau-Hanot entwickelten Ionengenerator fein verteilten, in einem Ionisator polarisierten Staub. Transportiert werden die durch Ionen aufgeladenen Staub-Partikel in einem aus Luft bestehenden und in sich geschlossenen Stromungskreis. Die Anlage ist nach Fig. 1 aus Ventilator S mit den gläsernen Saug- und Druckstutzen B, B', Ionisator und metallischer Umleitvorrichtung mit Induktorkugel A, aufgebaut. Druckseitig ist die Ionisierungskammer F (Zylinder mit zentral eingeführtem Emissionsdraht) angeordnet. Die Betriebsspannung beträgt bei der hier besprochenen Anlage 12 kV. Als intensiv polarisierbare Teilchen ($\epsilon_2 > 4$) erwiesen sich einige μ m grosse Glaskügelchen. Der das Dipolmoment der Partikel bestimmende Faktor wird, wenn man die Dielektrizitätskonstante um die Substanz $\epsilon_1 \cong 1$ (Luft) setzt, $p = \frac{3 \epsilon_2}{\epsilon_2 + 2} a^2$. Das Dipolmoment im Feld E selbst hat dann die Grösse $M_0 = p E a^2$ (a Teilchenradius). Massgebend für die Grösse der elektrostatischen Ladung ist bekanntlich die wirksame Oberfläche S_2 der Träger, weshalb man die spez. Ladung durch die Beziehung $4 \pi \rho_2 = 4 \pi p E \sum a^2 = p E S_2$ vollständig erfasst. Ist i_0 der Strom ohne und i mit Schwabeteilchen der den Radius R besitzenden Ionisierungskammer, lässt sich das Stromverhältnis mit der empirischen Beziehung

$$\frac{i}{i_0} = 1 - \frac{p S_2 R}{3}$$

erfassen. Beliebig hoch können natürlich die Staubteilchen nicht aufgeladen werden, weil beim Ladebeginn die nachfolgenden Ionen nur gegen abstossende elektrische Kräfte zum Teilchen selbst gelangen. Es stellt sich wie beim Elektrofilter eine sogenannte Grenzladung ein, die bedingt, dass die eine Raumladung charakterisierende Grösse $p S_2 R \sim 1$ eingehal-

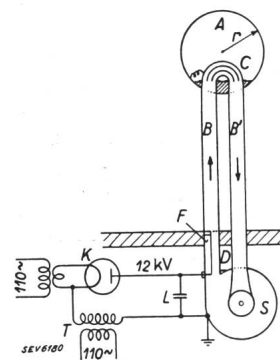


Fig. 1.

Prinzip des Generators.

A Induktor mit Kugelradius r .
B, B' Isolieröhren, C Umleitapparat, D Ventilatorstutzen, F Ionisierungskammer, Draht 0,2 mm Durchmesser, K Ventil, L Kondensator, T Transformator, S Gebläse.

ten wird. Gleichfalls müssen Luftgeschwindigkeit v und Höhe h der Kammer miteinander korrespondieren, da $5/6$ der Grenzladung in der Zeit von 10^{-2} s aufgebaut ist. — Die mit dem Umleitapparat C verbundene Kugel A lädt sich so lange auf, bis die von ihr auf die geladenen Partikel ausgeübten Kräfte jede weitere Anlagerung verhindern. Um gleichwohl mehr Ladung auf die Kugel zu bringen, müssen die Abstossungskräfte durch die inneren Reibungskräfte der Luft kompensiert werden. Bedeutet c einen aerodynamischen Koeffizienten, wird die Mitnahmekraft im Luftstrom $k =$