

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 19 (1928)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Angaben über ein neuartiges Isoliermaterial für die Hochspannungstechnik  
**Autor:** Meyer, Walter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057024>

### **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:** 18.01.2025

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

Operationen des Rechenschiebers die Zulässigkeit von Näherungen, sowie die für Gefahren oder Störungen massgebenden Grenzspannungen zum voraus berechnen kann. Wer die bezügliche Literatur der letzten Jahre, insbesondere die mit der 1925 in Danzig abgehaltenen Versammlung des Verbandes deutscher Elektrotechniker zusammenhängenden Artikel in der „E. T. Z.“, zu Rate zieht, lernt die betreffenden, grundsätzlich auch für die geplante schweizerische Wegleitung in Betracht fallenden Faustformeln kennen. Durch eine von der schweiz. „Störungskommission“ gebildete Subkommission müssen nun die verschiedenen Faustformeln noch näher auf ihre Bewährung für schweizerische Verhältnisse geprüft werden. Es ist nämlich zu beachten, dass die Ausbreitung des elektromagnetischen Feldes über dem Erdboden mit dessen geologischer Struktur, sowie auch mit der Besetzung des Bodens mit Pflanzen, Gewässern und Bauwerken in ziemlich weiten Grenzen variiert; nach neueren Forschungen hat sich insbesondere auch die Ausbreitung der Erdströme in viel stärkerer Masse als frequenzabhängig erwiesen, als man früher erwartete. Wir erachten es als unmöglich, über diesen Abschnitt heute schon eingehendere Informationen zu geben.

In den *Uebergangsbestimmungen* der geplanten Leitsätze dürfte vor allem der Grundsatz Aufnahme finden, dass für Neuanlagen die Leitsätze in vollem Masse verbindlich seien, während sie für bestehende Anlagen nur bezüglich der Gefährdungen gelten, ausser wenn die Spannung erhöht wird und die Näherung nicht von vornherein der erhöhten Spannung gemäss beurteilt wurde.

In der mit der Bearbeitung dieser Leitsätze beauftragten temporären Kommission des S. E. V. und des V. S. E. arbeiten neben neutralen Persönlichkeiten Vertreter der Interessen des Schwachstroms und Vertreter der Interessen des Starkstromes einträchtig zusammen und bestreben sich, nur solche Empfehlungen in die Leitsätze aufzunehmen, die mit den Interessen der Allgemeinheit im Einklang stehen.

## Angaben über ein neuartiges Isoliermaterial für die Hochspannungstechnik.

Von *Walter Meyer*, Ingenieur, Oerlikon.

621.319.37 (005)

*Der Autor macht Angaben über die elektrischen und mechanischen Eigenschaften des neuen künstlichen Isoliermaterials „Di-El“ homogener Struktur und hebt insbesondere dessen gute Eignung für den Transformator- und Schalterbau, wie auch für Schaltanlagen und elektrischen Fahrleitungsbau hervor.*

*L'auteur donne des indications sur les propriétés électriques et mécaniques d'un nouveau matériel isolant artificiel „Di-El“, de structure très homogène, lequel s'adopte spécialement bien à la construction des transformateurs et des interrupteurs, ainsi qu'à celle des installations de distribution et des lignes de contact des chemins de fer.*

Die Fesselung der elektrischen Energie erheischt verschiedenartige Massnahmen je nachdem es sich um einen elektrischen Spannungszustand handelt in einer Energie erzeugenden Maschine oder in einer die Energie umgestaltenden Vorrichtung. Wieder anders sind die Verhältnisse, wenn Einrichtungen für den Transport, oder für die Ab- und Zuschaltung oder für den Verbrauch der elektrischen Kraft in Frage kommen. Mit „Hochspannungstechnik“ im Sinne dieser Mitteilungen, sind gemeint die Transformatoren, die Oelschalter und Apparate, sowie die Uebertragungsvorrichtungen. In diesem Bereiche zerfällt die Aufgabe der Isolierung in zwei getrennte Funktionen.

Es handelt sich in erster Linie darum, das Bestehenbleiben des elektrischen Potentials generell zu ermöglichen, d. h. einen, gegenüber der Erde als Basis abweichenden Spannungszustand aufrecht zu erhalten. Die Natur hat mit der Luft als Gas dem Techniker das bedeutendste Hilfsmittel geschenkt. Dieser schuf jedoch in den Transformatoren und Schaltern Vorrichtungen, welche eine Isolation verlangen,

die das Widerstandsvermögen der Luft weit überschreiten. Das angemessene Mittel, auch diese Verhältnisse zu beherrschen, fand er im Mineralöl. Mit Luft und Oel sind die räumlichen Vorbedingungen gegeben, innerhalb denen heute elektrisch gebaut wird. Nun handelt es sich noch darum, mechanisch feste Materialien von bestimmter Abmessung und Form zu schaffen, welche innerhalb den Konstruktionen die elektrische Absperrung ermöglichen. Für den Transformatoren- und Schalterbau stehen vornehmlich die Hartpapiere zur Verfügung und für den Leitungsbau die keramischen Produkte wie Porzellan u. a. m.

Hartpapier wird in Form von Röhren und Zylindern, sowie auch in Platten, viel verwendet. Es ist durch seine geschichtete Struktur charakterisiert. Diese bedingt die vielseitige Güte und aber auch die Grenzen dieses heute am meisten verwendeten Baustoffes. Die hohen Durchschlagswerte senkrecht zur Schichtebene sind wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die kapillaren Lufträume der Cellulose die hohen spezifischen Werte von dünnen Luftschichten zur Geltung bringen. (Bei der Holzfaser handelt es sich weniger um eigentliche Kapillaren als um kapillarartig wirkende Zwischenräume.) Wenn die elektrische Beanspruchung jedoch parallel zur Schicht auftritt, so liegen die Verhältnisse naturgemäss ungünstiger. Durch die bekannte Bindung der Schichten, mittels Kunstharzen, entsteht nicht eine durchgehende Imprägnierung, sondern ein punktwises Zusammenheften. Die Berührungsschicht zweier Papierlagen enthält viele sehr kleine Luftkammern. Diese können zu einer Gefährdung der Längsisolation werden, da sie in den äussersten Lagen dem Einfluss der Feuchtigkeit besonders ausgesetzt sind.

Beanspruchungen, welche der Schichtebene gleichlaufend sind, haben wir bei den Enddistanzen der Transformatoren, bei den Traversen und Gestängen der Oel-schalter und Trennmesser, bei den Stütz- und Hängeisolatoren, in häufigen Anwendungen beim Apparatebau usw.

Unter Oel sind es ausgeschiedene Wassertröpfchen, an der Luft Nebelniederschläge, Dämpfe, Ausdünstungen von Bauwerken, saure Athmosphäriken usw., welche mit der Zeit den Isolierwert der obersten Schichten eines gewickelten Isolators reduzieren.

Unter dem geschützten Namen „Di-El“ wird der Hochspannungstechnik ein Baustoff zugeführt, welcher berufen sein dürfte, die bestehende Lücke auszufüllen. Er wird von der Firma Walter Meyer, Dielektrika, Oerlikon, geliefert.

Es handelt sich um ein Material, das von einheitlicher, homogener und dichter Struktur ist. Seiner Natur nach ist es der Familie der Kondensationsprodukte zugehörig. Es unterscheidet sich aber von diesen durch die hohe Durchschnittssumme seiner mechanischen, thermischen, chemischen und elektrischen Eigenschaften, welche in einem bisher nicht erreichtem Masse vereinigt sind. Beim Aufbau wurden sowohl nach Stoffauswahl als nach Fabrikationsprozess die vorliegenden Anforderungen der Technik als Richtungspunkte genommen. Es seien hier die wichtigeren Endergebnisse von systematischen Versuchsreihen mitgeteilt. Die physikalischen und elektrischen Proben wurden im Zeitraum von Dezember 1926 bis Ende 1927 ausgeführt bei der *Materialprüfanstalt des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins Zürich* und die thermischen und mechanischen Proben bei der *Eidgen. Materialprüfanstalt der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich*.

*Physikalische Eigenschaften.* „Di-El“ Stangen bestehen die Probe auf *Lichtbogensicherheit*, indem der zwischen zwei unter 220 V stehenden Reinkohlen ange-setzte Stromdurchgang sich beim Auseinanderziehen der Elektroden nicht zur leitenden Brücke ausbildet.

*Feuersicherheit.* Bei der Prüfung mit der Bunsenflamme tritt Erlöschen der Flamme innerhalb der angesetzten Zeit ein.

*Oelbeständigkeit.* Ein Stababschnitt, sowie Plattenstücke wurden während einer Woche in Transformatorenöl von 115° C aufbewahrt. Es zeigt sich nach dieser Zeit keinerlei Veränderung der Oberfläche des Materials.

*Hygroskopizität.* Drei polierte Stangenabschnitte von 18,1835, bezw. 18,9775, bezw. 19,1594 g Gewicht wurden während  $3 \times 24$  Stunden in 0,2 %iger schwefliger Säure aufbewahrt. Die Gewichtszunahme der äusserlich getrockneten Stücke betrug 5,7, bezw. 8,3, bezw. 7,6 Milligramm. Die Stücke wurden nach ca. 8stündiger Aufbewahrung in gewöhnlicher Raumluft je ca. 3 Milligramm leichter. Hierauf wurden die Stangenabschnitte während ca. 3 Wochen in feuchtgesättigter Luft über SO<sub>2</sub> haltigem Wasser aufbewahrt. Dabei wurde nach dem Abreiben mit einem Lappen und 4stündiger Aufbewahrung in gewöhnlicher Raumluft eine Gewichtszunahme von 7,2, bezw. 10,0, bezw. 5,2 Milligramm festgestellt. Die Gewichtszunahme beträgt somit ca.  $\frac{3}{10000}$  Teile, sie ist also praktisch vernachlässigbar. Eine mikroskopische Untersuchung der Oberfläche des Materials zeigte keinerlei Veränderung derselben.

*Spezifisches Gewicht.* Ca. 1,35.

*Vorbehandlung der für die nachfolgenden Proben bestimmten Prüfstäbe aus „Di-El“ Material.*

Um einen typischen Unterschied gegenüber allen geschichteten oder als gefüllte Presskörper hergestellten Isolatorelementen eindringlich zur Anschauung zu bringen, wurden die zu folgenden Prüfungen verwendeten Stäbe von 26 mm Durchmesser *vorher* während  $3 \times 24$  Stunden in SO<sub>2</sub> haltigem Wasser aufbewahrt, das in dieser Zeit *während einer Stunde auf Siedetemperatur gehalten wurde*. Darnach wurden die Prüfobjekte sieben Tage in feuchtgesättigter Luft und vor der Prüfung während 4 Stunden in normaler Raumluft aufbewahrt. Es hatte sich keine äusserlich wahrnehmbare Veränderung eingestellt.

*Ueberschlagsproben mit „Di-El“ Stäben in Luft.*

Es wurden mit Endkappen als Elektroden vorerst Ueberschlagsversuche gemacht, wobei durch mehr oder weniger scharfkantige Ausbildung der Ränder eine verschiedenartige Schutzwirkung erzielt wird.

Elektrode *a*: Rand kantig, ca. 1 mm Radius.

„ *b*: Rand abgerundet, ca. 4 mm Radius.

„ *c*: Rand rund, ca. 15 mm Radius.

*Bei 45 mm Distanz* kann bei allen drei Elektrodenformen die Spannung bis zum Ueberschlag gesteigert werden, ohne dass vorheriges Glimmen auftreten würde. Die Streuung ist gleich Null. Die Ueberschläge heben sich von den Versuchsstäben vollständig ab. Die Werte sind:

für *a*: Elektrodenrand kantig, 1 mm *r*, 38/39 kV,

für *b*: „ abgerundet, 4 mm *r*, 52/53 kV,

für *c*: „ rund, 15 mm *r*, 59/59 kV.

*Streuung*: Die Spannung konnte z. B. bei *c* während 2 Minuten ohne Entladung auf 53 kV gehalten werden.

*Bei 75 mm Distanz* sind alle Verhältnisse noch unverändert, die unmittelbar eintretenden Ueberschläge sind bei:

*a*: Elektrodenrand kantig, ca. 1 mm Radius, 50/50 kV,

*b*: „ gerundet, ca. 4 mm Radius, 70/70 kV,

*c*: „ rund, ca. 15 mm Radius, 74/75 kV.

*Streuung mit Elektrode c*: 67,5 kV konnte während 2 Minuten gehalten werden. Bei den grösseren Distanzen gehen die Verhältnisse auseinander.

*Die scharfkantige Elektrode a* zeigt, wie zu erwarten, von einer bestimmten Feldstärke an Glimmererscheinung und infolge dieser Entlastung höhere Ueberschlagswerte. Der Bereich zwischen Glimmspannung und Ueberschlagsspannung ist hier am grössten.

*Elektrode b* zeigt Mittelwerte in eng gezogenem Bereiche.

*Elektrode c* zeigt folgerichtig höhere Glimmspannung und geringere Ueberschlagswerte als bei Elektrode *a*.

Das Kurvenblatt Fig. 1 zeigt die Glimm- und Ueberschlagswerte in Funktion der Elektrodendistanz. Es ist sehr interessant zu beobachten, dass die Summen der Glimm- und Ueberschlagsspannung für die einzelnen Elektrodenformen unter

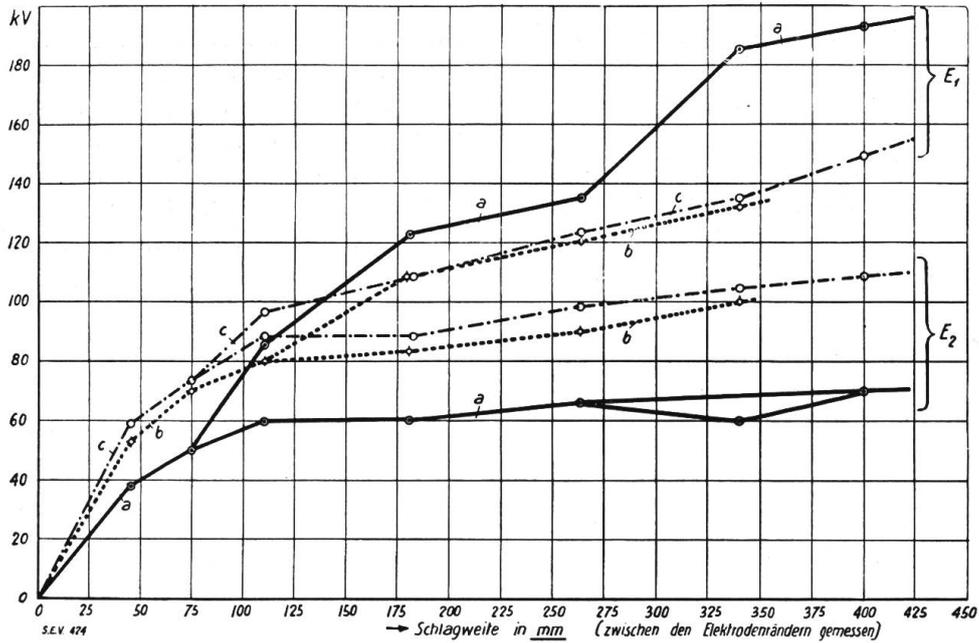


Fig. 1.  
Glimm- und Ueberschlagswerte an „Di-EI“ Stäben in Luft.  
 $E_1$  = Ueberschlagsspannung; a = Elektrode a.  
 $E_2$  = Glimmspannung; b = Elektrode b.  
c = Elektrode c.

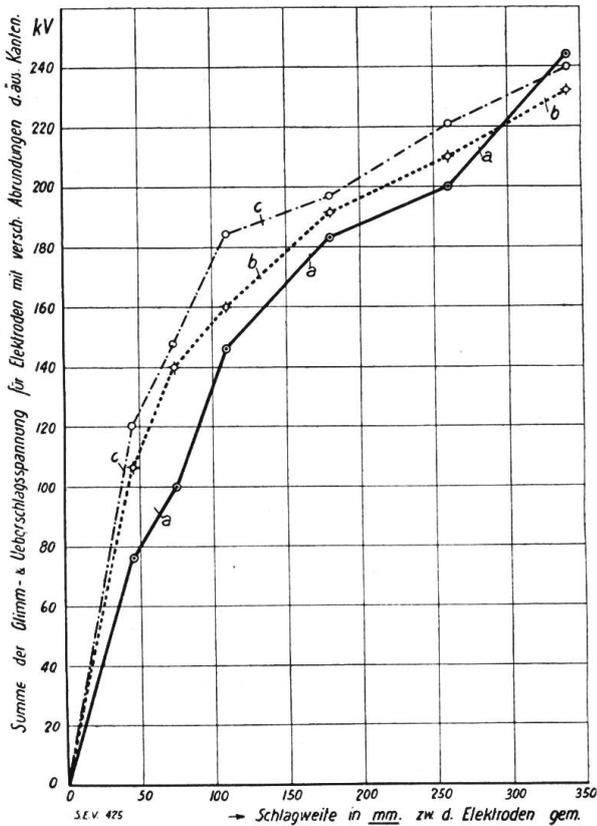


Fig. 2.  
Summe der Glimm- und Ueberschlagsspannung für „Di-EI“ Stäbe bei verschiedener Kantenrundung der Elektroden.  
a = Elektrode a mit  $r = 1$  mm.  
b = Elektrode b mit  $r = 4$  mm.  
c = Elektrode c mit  $r = 15$  mm.

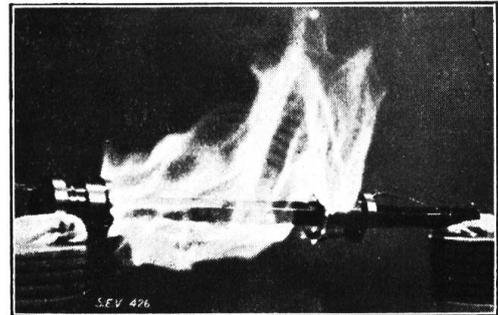


Fig. 3.  
„Di-EI“ Stab.  
Distanz = 245 mm; Ueberschlag bei 150 kV.

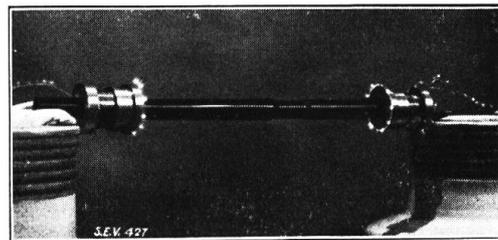


Fig. 4.  
„Di-EI“ Stab mit 345 mm Distanz bei 185 kV  
(= 90% der Ueberschlagsspannung).

sich annäherungsweise, wie aus dem Kurvenblatt Fig. 2 hervorgeht, gleich sind. Es sei betont, dass Spannungen von 90–95% der Ueberschlagswerte längere Zeit gehalten werden können. Lichtbogenüberschläge haben selbst bei beliebiger Wie-

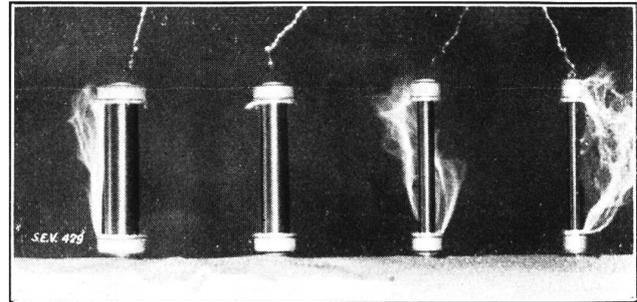
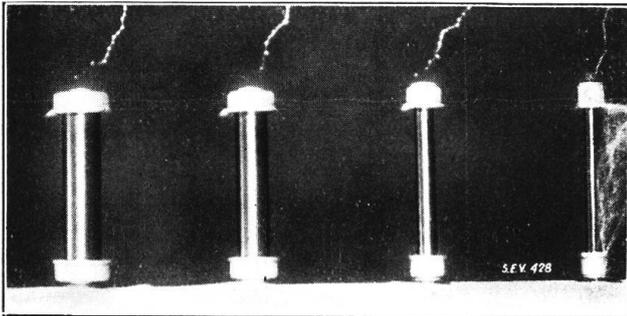


Fig. 5 und 6.

„Di-El“ Stäbe mit stark gerundeten Elektroden. Distanz 295 mm.

Fig. 5. Bei 117 kV (untere Grenzspannung).

Fig. 6. Bei 120 kV (obere Grenzspannung).

derholung auf die Staboberfläche keine Wirkung. Es wird auf die Fig. 3 und 4 verwiesen. Der „Di-El“ Stab zeigt auf Fig. 4 trotz vorausgegangenem Ueberschlag keine Beeinflussung. Die Fig. 5 und 6 zeigen den scharf markierten Bereich der Grenzspannung für Ueberschlag.

#### *Einflüsse der Witterung und der Aufstellung der „Di-El“ Stützer in Neubauten auf deren Eigenschaften.*

Um das Material den Einflüssen, wie sie in einem Neubau auftreten, auszusetzen, wurden die Verhältnisse eines solchen nachgeahmt. Zu diesem Zweck wurde in einer grossen Kiste eine Wand als Backsteinmauer mit einem Zementüberzug aufgestellt. Der Boden wurde aus Mörtel hergestellt und eine zweite Wand mit Oelfarbe angestrichen. Die beiden übrigen Wände wurden mit Oeffnungen für den nötigen Luftzutritt versehen. In diesem Raume wurden zwei Probestücke frei aufgehängt und vom 17. Februar 1927 bis am 22. März 1927 unter einem Dach im Freien belassen. Die Stäbe waren während dieser Zeit unter dem indirekten Einfluss von Regen-, Schnee- und Tauwetter.

Die Proben wurden mit Elektrode *b* ausgeführt. Die Glimmspannung betrug bei 206 mm Elektrodendistanz 90 kV, die Ueberschlagsspannung 106/110 kV und stimmen somit vollständig mit der Kurve (Fig. 1), d. h. die Stäbe haben durch die Auswitterung keine nachteiligen Veränderungen erfahren.

#### *Einflüsse bei raschem Temperaturwechsel.*

Stäbe, die aus einem Wärmraum mit 50° C Temperatur genommen und sofort im kühlen Prüfraum geprüft wurden, zeigten die ganz normalen Werte. Es soll hiermit die Wirkung der Abkühlung infolge von Gewittern bei Schalteranlagen gezeigt werden. Als Gegenprobe wurden Stäbe unterkühlt. Nach mehrstündigem Aufenthalt in einem Kühlraum von –7° C zeigten die Prüfstücke unmittelbar nach dem Herausnehmen Feuchtigkeitsniederschlag an der Oberfläche. Trotzdem konnten die normalen Werte mit genauer Uebereinstimmung festgestellt werden, nämlich:

Elektrode *b*, Distanz 197 mm, Glimmen trat ein bei 85/85 kV, die Spannung wurde darauf 2 Minuten lang auf 95 kV gehalten, der Ueberschlag erfolgte bei 106 kV (siehe Fig. 1).

Nach Trocknung an der Sonne betrug die Glimmspannung 83 kV, die Ueberschlagsspannung 105 kV.

Um den Einfluss der Niederschlagsfeuchtigkeit bei andauernder Probe festzustellen, wurde der zweite Versuchsstab unter Hochspannung gesetzt. Während ca. 8 Minuten trocknete er bis auf wenige Stellen, ohne dass die Oberfläche erwärmt

oder durch Kriechwege beschädigt worden wäre. Durch diesen Versuch sollten die Einschaltverhältnisse nach Betriebsunterbruch während einer Kälteperiode nachgeahmt werden.

### Ueberschlagsversuche im Oel.

Nach einigen Vorversuchen wurden die Proben mit Elektrode *c* durchgeführt. Die Werte sind in Fig. 7 niedergelegt. Es fällt auf, dass bei den kürzeren Distanzen die spezifischen Grenzwerte ausserordentlich grosse sind. Der Verlauf der Kurve wird dann bei hoher Spannung flacher. Wird die 5 mm starke Distanzierung zwischen Stab und Elektrode weggelassen, so sind die Werte etwa 20% niedriger.

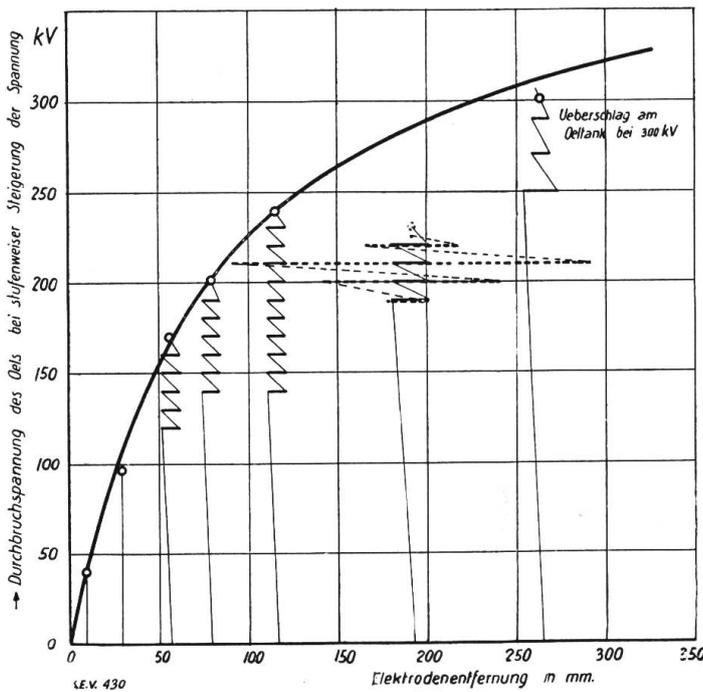


Fig. 7.

Schlagweite in kaltem Oel mit „Di-EI“ Stäben als Isolierdistanz. Metallfassung Elektrode *c* mit  $r = 15$  mm Abrundung. Bei den Zickzacklinien in der Figur bedeutet ein horizontaler Strich von 2 mm eine Rast von  $\frac{1}{2}$  Minute in der Steigerung der Prüfspannung. Die metallischen Fassungen sind von der Staboberfläche durch einen isolierenden „Di-EI“ Ring um 5 mm radial distanziert.

gilt aber nur unter der Voraussetzung, dass ein mechanisch festes Isoliermittel für die Enddistanzen zur Verfügung steht, welches so gute isolierende Eigenschaften besitzt, dass die Durchschlagswerte des Oeles durch die Gegenwart der festen Isolation nicht herabgesetzt werden. Aus den Versuchsergebnissen scheint entnommen werden zu dürfen, dass „Di-EI“ Stäbe diese Forderung erfüllen. Es ist interessant in diesem Zusammenhange auf die Schlussfolgerungen zu verweisen, welche *Minei* in der April-Ausgabe 1927 des „Journal of the A. J. E. E.“ über: *Oil Breakdown at Large Spacings* veröffentlicht. Die in Fig. 7 gezeigten Werte stimmen bezüglich ihrer Grösse und ihres Charakters derart gut überein, dass gesagt werden darf: Enddistanzen aus „Di-EI“ Stäben können bemessen werden nach Massgabe des Durchschlagswertes des Oeles, wenn es grosse Volumen ausfüllt. Der niedrigere Wert bei verlängerter Prüfdauer, wie bei Punkt 192 mm gezeigt, wird verständlich durch die Annahme kleiner Fasern, welche im elektrischen Felde sich zu einer Brücke aneinandergliedern. Wird die Spannung bis zum dauernden Ueberschlag getrieben, so kann in allen beobachteten Fällen deutlich ein eigentlicher Oeldurchschlag festgestellt werden, und erst sekundär werden die „Di-EI“ Stäbe in Mitleidenschaft gezogen. Eigentliche Kriechwege mit plötzlichem Spannungsfall entstehen nicht. Die Stäbe werden mehr oder weniger mechanisch beschädigt, indem der

Es wurde anderseits geprüft, ob eine grössere Distanzierung die Ueberschlagswerte hinauf zu setzen vermöge. Die Versuche ergaben eindeutig, dass dies nicht in nennenswertem Grade der Fall ist, selbst wenn dieser radiale Abstand verdreifacht und verfünffacht wird. Bei den kürzeren Distanzen, z. B. im Spannungsgebiete von 150–180 kV, erfolgt der Ueberschlag fast unmittelbar, bei den höheren Werten jedoch erst nach vorausgegangener Koronabildung. Entladungsfunken an der Elektrode wachsen dann sehr rasch zu Ueberschlägen aus. Es wird deutlich beobachtet, dass die grosse Mittelpartie einer Isolierdistanz kaum mehr zur Geltung kommt, wenn der Oeldurchbruch an den Fassungen eingeleitet ist. Es ergibt sich daraus der Schluss, dass der Gestaltung des elektrischen Feldes durch konstruktive Formgebung der einbezogenen Teile eine ausschlaggebende Rolle zukommt. Dies alles

Lichtbogen Stücke aushackt, ohne aber die Stäbe zu zerbrechen, wie das bei keramischem Material eintritt.

*Beispiel:* Der Stab mit 345 mm Distanz hatte nach heftigen Entladungen auf eine Länge von 100 mm von der Elektrode abgemessen, starke mechanische Beschädigungen erlitten. Die unverletzt gebliebene Länge betrug noch 240 mm. Diese Verhältnisse mögen eine teilweise Beschädigung der Enddistanz im Transformator durch heftige Ueberspannungswirkung darstellen.

Es wird nun abermals Spannung aufgedrückt zwischen den Elektroden, welche sowohl die verletzte als die gesunde Strecke umfassen.

200 kV	Spannung	während	1 Minute	ohne	Entladungen,
210 kV	„	„	$\frac{1}{2}$	„	ohne Entladungen,
220 kV	„	„	$\frac{1}{2}$	„	1 Entladung,
230 kV	„	„	$\frac{1}{2}$	„	mit Entladungen.

Erst bei 250 kV tritt Oeldurchschlag mit Beschädigung des Stabes auf.

Dieses Beispiel zeigt, dass bei teilweiser Beschädigung diese Teilstrecke sich bis zu einem gewissen Grade ausschaltet, dass aber die Isolation nicht zusammenbricht, wie dies bei geschichteter Endisolation unfehlbar der Fall wäre durch die sofortige Weiterbildung des Kriechweges.

#### *Vorgänge bei Ueberbeanspruchung der „Di-El“ Isolation unter Oel.*

Wird die Spannung bis zum kritischen Wert gesteigert, so erfolgt der Oeldurchschlag in der Art, dass sich ein Hohlraum bildet, der den Stab umschliesst, ähnlich der Gasblase im Oelschalter. Der Lichtbogen wird dann wahrscheinlich hydrostatisch nach der zentralen Achse, also auf den Stab gedrückt und bewirkt die mehr mechanische als elektrische Beschädigung desselben. Unterhalb der kritischen Spannung zeigen die „Di-El“ Stäbe keine Ermüdungserscheinungen.

#### *Thermische und mechanische Eigenschaften von „Di-El“ Material.*

Um die Verwendung von „Di-El“ Material im Transformatorenbau zu ermöglichen, wurde durch ein sorgfältig ausgearbeitetes Vergütungsverfahren die Druckfestigkeit in heissem Oel von 80<sup>0</sup>–90<sup>0</sup> C auf den hohen Wert von 800 kg/cm<sup>2</sup> gebracht.

Eine Versuchsreihe mit Probekörpern von *verschiedenen Durchmesser* und einem gleichbleibenden Höhenverhältnis, wie Höhe gleich zweimal Durchmesser, zeigte keine Abweichung von obigem Werte. Bis zu dieser Spannung fand eine ganz regelmässig sich ergebende, geringe Verkürzung statt, die sich nach der Entlastung wieder vollständig ausglich. Hierdurch haben die Stücke nicht gelitten, sondern bei anschliessend vorgenommener Druckprobe auf Zerstörung den obigen Wert überholt. Die Fig. 8 a und b zeigen die Zusammendrückung in Höhenprozenten bei den spezifischen Beanspruchungen bis zu ca. 800 kg/cm<sup>2</sup> und deren Rückkehr zur normalen Länge bei Entlastung; zur Verdeutlichung wurde die Abszisse in zehnfachem Maßstabe angelegt (Fig. 8 b). Es mag orientierungshalber mitgeteilt werden, dass die Druckfestigkeit in kaltem Zustande reichlich den doppelten Wert erreicht. So konnte z. B. das Stück,  $\varnothing$  45 mm, Höhe 100,8 mm, Fläche 15,8 cm<sup>2</sup> nach der Druckprobe in heissem Oel mit 12000 kg (760 kg/cm<sup>2</sup>) noch 28600 kg (1790 kg/cm<sup>2</sup>) aufnehmen, bevor Bruch eintrat. Die Druckfestigkeit pro cm<sup>2</sup> zeigt also einen, vom Querschnitt der Druckfläche unabhängigen, sehr hohen Wert, welcher gegenüber der Forderung der Praxis mehrfache Sicherheit bietet.

Die Frage drängt sich auf, wie sich diese Werte verhalten, wenn das Verhältnis von Höhe zu Durchmesser eine mehrfache Zahl wird.

Auch hierüber wurde eine Versuchsreihe aufgestellt in Funktion eines ansteigenden Verhältnisses. d. h. bei einseitig axial entwickelten Stäben.

Das Diagramm Fig. 9 zeigt die erzielten Werte. Daraus geht hervor, dass mit einem für die Praxis ausreichenden Verhältnis von Höhe zu Durchmesser wie:

- 8 : 1, also z. B.  $\varnothing$  40 mm und Höhe 320 mm  
 $\varnothing$  50 mm „ „ 400 „  
 $\varnothing$  60 mm „ „ 480 „  
 $\varnothing$  80 mm „ „ 640 „

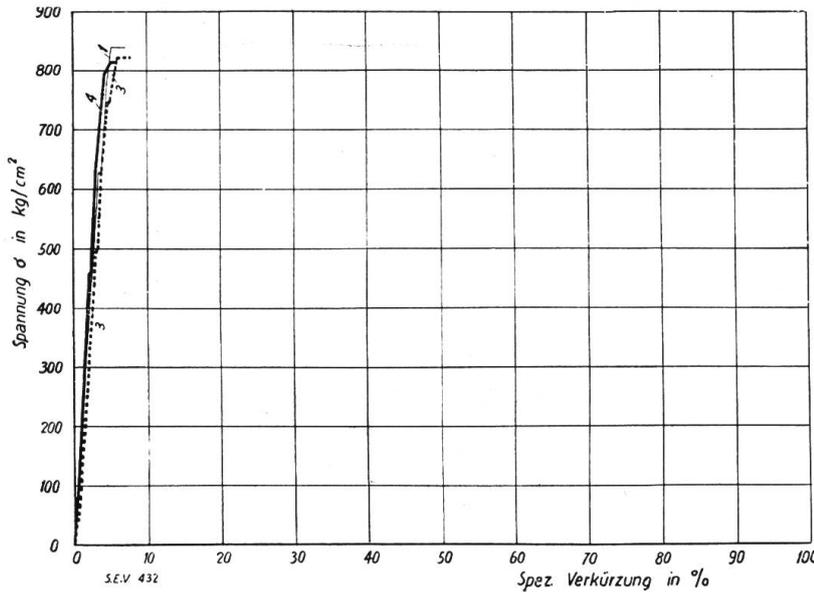


Fig. 8 a.

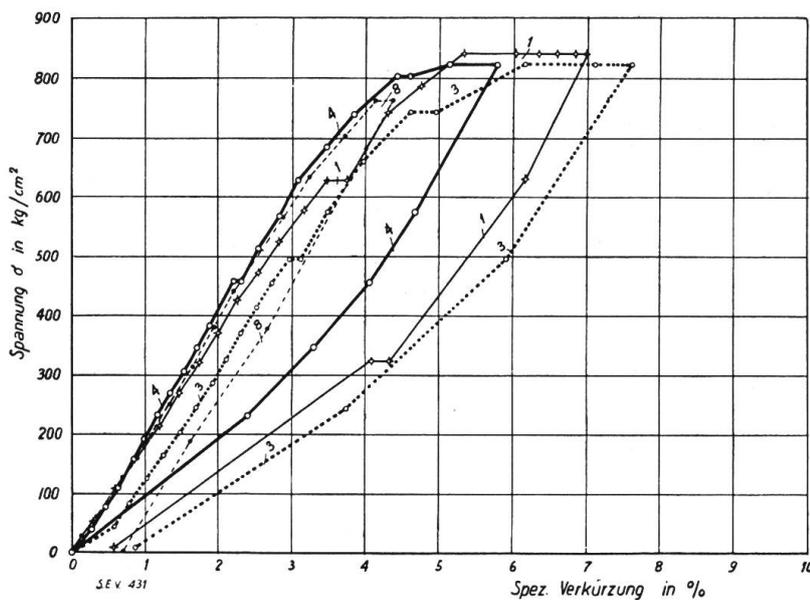


Fig. 8 b.

Fig. 8 a und b.

Druckversuche mit „Di-El“ Stangen : Spannungs-Dehnungs-Diagramm.

- 1 : Stab No. 1  $\varnothing$  = 3,50 cm ; Höhe = 6,97 cm
- 3 : Stab No. 3  $\varnothing$  = 3,95 cm ; Höhe = 7,95 cm
- 4 : Stab No. 4  $\varnothing$  = 5,80 cm ; Höhe = 11,60 cm
- 8 : Stab No. 8  $\varnothing$  = 4,50 cm ; Höhe = 10,08 cm

noch eine spezifische Bruchlast von ca. 750 kg/cm<sup>2</sup> erreicht wird. Fig. 10 zeigt einige Druckproben, welche bei der kritischen Spannung nicht zerstört worden sind, sondern lediglich durch ihr Verhalten das Erreichen des Endwertes angezeigt hatten.

Die Zugfestigkeit wurde mit über 500 kg/cm<sup>2</sup> festgestellt.

Für die Biegefestigkeit wurde eine Bruchgrenze im Bereich von 550 kg/cm<sup>2</sup> bis zu ca. 1400 kg/cm<sup>2</sup>, je nach Massgabe der Härte, festgestellt. Es ist nur die Härtung gegen Druckbeanspruchung in heissem Oel, welche einschränkend und vermindern auf Biege- und Zugfestigkeit einwirkt. Wo beide Forderungen nicht gleichzeitig auftreten, kann mit Maximalwerten gerechnet werden.

Fig. 11 zeigt eine Biegeprobe vor Erreichen der Endlast. Die Zunahme der Durchbiegung erfolgt vollständig gradlinig bis zum Bruch.

Als homogener Körper kann „Di-El“ Material die geschichtete Hartpapierisolation nicht ersetzen, wo diese auf Durchschlag beansprucht wird. Wo jedoch Längsisolation in Frage steht und gleichzeitig mit den bekannten ungünstigen Einflüssen auf die Ober-

fläche gerechnet werden muss, oder wo das erhebliche Gewicht der keramischen Isolation eine Erschwerung bedeutet, wie beim Leitungsbau der elektrischen Bahnen, bietet das völlig unhygroskopische „Di-El“ Material entschiedene Vorteile.

Es wird geliefert in Vollstangen auf Hochglanz poliert, in beschränkten Grenzen auch als Röhren und Platten.

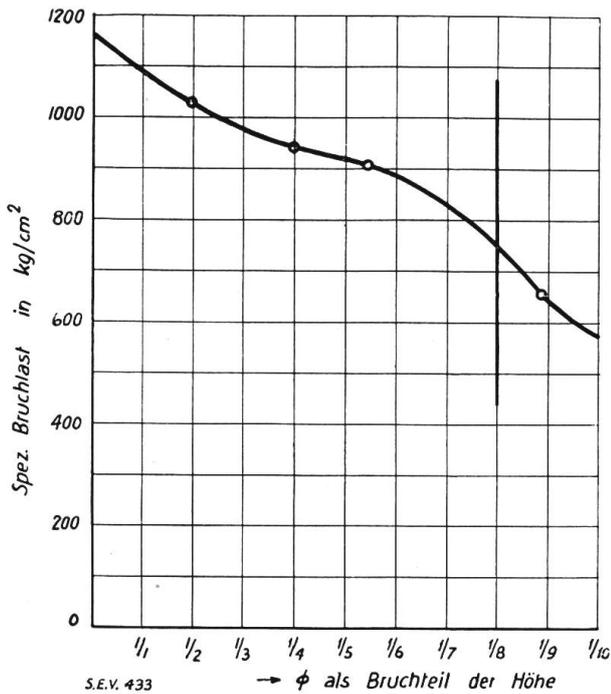


Fig. 9.  
Spezifische Druckfestigkeit von „Di-El“ Stäben in heissem Öl von 80–90° C, wenn die Stabhöhe ein mehrfaches des Stabdurchmessers beträgt.

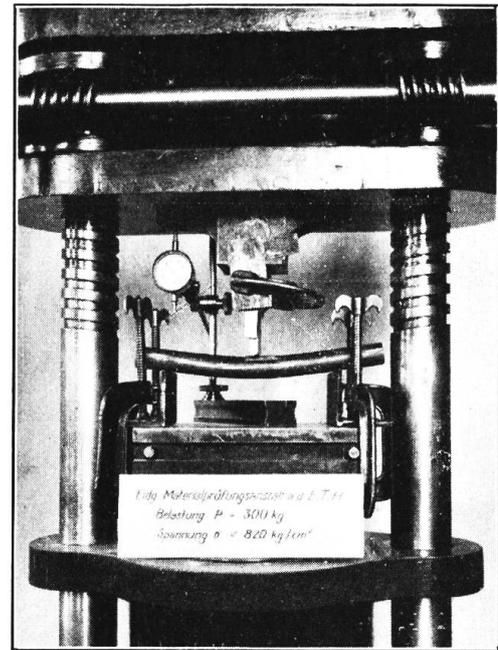


Fig. 11.  
Biegeproben mit „Di-El“ Stäben.

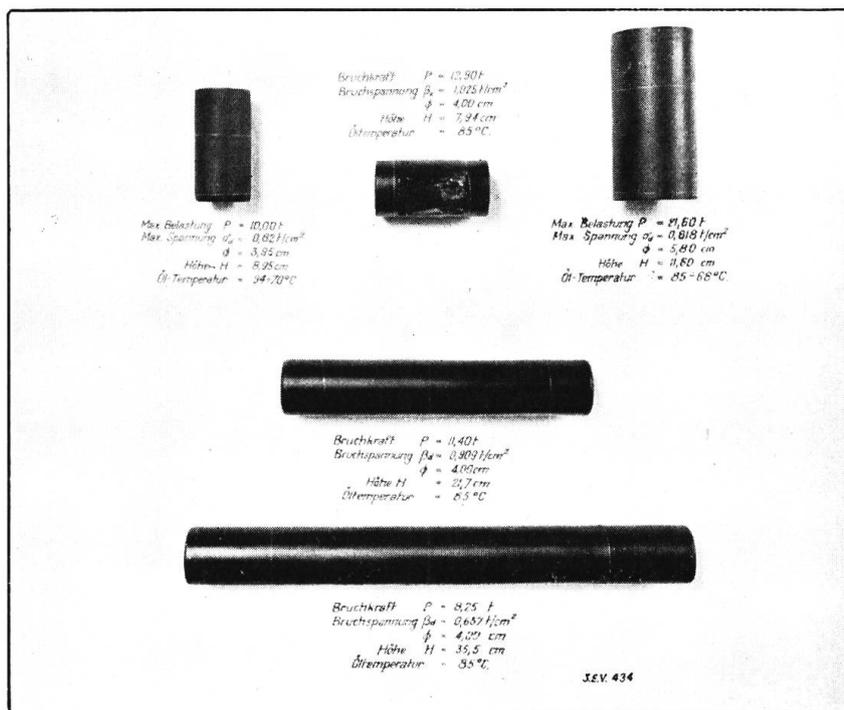


Fig. 10.  
Druckproben von „Di-El“ Stäben.

*Einiges über bisherige Anwendungen von „Di-El“ Material.*

Fig. 12 zeigt einen Streckentrenner, wie solche in die Fahrleitung der Schweizerischen Bundesbahnen eingebaut worden sind. Dieser Apparat hängt direkt im Leitungszuge. Er soll die unter Spannung stehende Fahrleitung elektrisch unterbrechen und gleichzeitig mechanisch verbunden halten. Das Gewicht ist von sehr grosser Bedeutung, da es als harter Punkt in der Fahrleitung sich geltend macht. Dank

der Verwendung von „Di-El“ Stäben konnte das Gewicht des kompletten Apparates von 25 – 35 kg auf 11 kg reduziert werden. Die Eignung der „Di-El“ Stäbe für den Bahn-

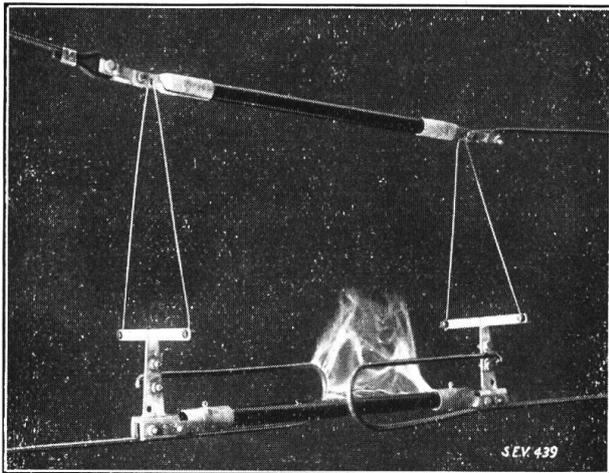


Fig. 12.  
Streckentrenner der S. B. B. mit „Di-El“ Isolierstab;  
Ueberschlag bei 95 kV.

leitungsbau wurde nach allen Gesichtspunkten der praktischen Beanspruchung eingehend geprüft. Die seit dem Einbau vorgekommenen und sehr verschiedenen Witterungsverhältnisse haben trotz Frost, Schnee, Regen und Nebel auf die eingebauten Apparate keine sichtbare Wirkung gehabt. Es sind auch Proben aus „Di-El“ Material für Abspannisolation längere Zeit bei Betriebsverhältnissen unter Beobachtung.

Beim gemischten Bahnbetrieb kommt es häufig vor, dass Dampflokomotiven unter niedrig angelegten Ueberschlägen, Ueberschläge von der Fahrleitung an die eisernen Unterzüge der Brücken einleiten, welche durch Abschmelzen des Fahrdrahtes ernste Betriebsstörungen verursachen. Um dem zu begegnen, sind „Di-El“ Isolier-

platten, die gegen Dampf, Wasser und Russ unempfindlich sind, eingebaut. Dieselben werden zwischen Fahrdraht und die eisernen Unterzüge gehängt, so dass aufsteigende Dampfsäulen oder herabtropfendes Wasser abgedrängt werden.

## Der Umrechnungsfaktor der internationalen zur Hefnerkerze bei der Farbe der Gasfüllungslampe.

Von Dr. W. Geiss, Eindhoven (Holland).

(Mitteilung aus dem Physikalischen Fabriklaboratorium der Philips Glühlampenfabriken A.-G., Eindhoven Holland).

535

Der Autor zeigt, dass das Verhältnis des internationalen Lumen zum Hefnerlumen bei der Farbe der gasgefüllten Lampe (die heute je länger je mehr angewendet wird) nach Messungen, die das Bureau of Standards in Washington, das National Physical Laboratory in Teddington, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin und das Fabriklaboratorium der Glühlampenfabrik Philips in Eindhoven an gasgefüllten Glühlampen der Fabrik Philips vorgenommen hat,  $1,165 \pm 1\%$  beträgt und dass das Lumen des Bureau of Standards und des National Physical Laboratory bei der Farbe der gasgefüllten Lampe bis auf  $\pm 0,5\%$  übereinstimmt.

L'auteur montre que le rapport du lumen international au lumen Hefner, pour la couleur de la lampe à atmosphère gazeuse (de plus en plus répandue) est de  $1,165 \pm 1\%$  pour les lampes à incandescence à remplissage gazeux de la fabrique Philips, comme il ressort de mesures du Bureau of Standards à Washington, du National Physical Laboratory à Teddington, de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt à Berlin et du laboratoire de la fabrique de lampes Philips à Eindhoven. Il fait voir aussi que le lumen du Bureau of Standards et celui du National Physical Laboratory concordent à  $\pm 0,5\%$  près, pour la couleur de la lampe à atmosphère gazeuse.

### I.

Bekanntlich wurde das Verhältnis der „internationalen Kerze“ (Amerika, England, Frankreich) zur „Hefnerkerze“ (Deutschland) festgesetzt zu  $p = 1,11$ . Dieser Wert wurde im Jahre 1912–13 kontrolliert und sowohl bei der Farbe der Kohlefaden- als bei derjenigen der Vakuum-Metallfadenlampe in guter Uebereinstimmung mit dem festgesetzten gefunden.

Neuere Untersuchungen haben jedoch zu abweichenden Ergebnissen geführt. So haben kürzlich E. König und F. Buchmüller<sup>1)</sup> vom Eidg. Amt für Mass und Gewicht, Bern in dieser Zeitschrift über photometrische Vergleichsmessungen berichtet. Das für

<sup>1)</sup> E. König und F. Buchmüller, diese Zeitschr. Jahrgang 1927, No. 10.