

Sonderdruck aus

# Die Isolierstoffe der Elektrotechnik

Vortragsreihe, veranstaltet von der Technischen Hochschule  
zu Berlin und dem Elektrotechnischen Verein E. V., Berlin

Herausgegeben im Auftrage des Elek-  
trotechnischen Vereins E. V., Berlin

von

**Professor Dr. H. Schering**

(Verlag von Julius Springer in Berlin)

Nicht im Handel

---

# Glimmer und Glimmerprodukte

Von

**Dipl.-Ing. Richard Schroeder**

Mitinhaber von Jaroslaw's Erste Glimmerwarenfabrik in Berlin

Überreicht vom Verfasser

Sonderdruck aus

## **Die Isolierstoffe der Elektrotechnik**

Vortragsreihe, veranstaltet von der Technischen Hochschule  
zu Berlin und dem Elektrotechnischen Verein E. V., Berlin

Herausgegeben im Auftrage des Elek-  
trotechnischen Vereins E. V., Berlin

von

**Professor Dr. H. Schering**

(Verlag von Julius Springer in Berlin)

Nicht im Handel

---

## **Glimmer und Glimmerprodukte**

Von

**Dipl.-Ing. Richard Schroeder**

Mitinhhaber von Jaroslaw's Erste Glimmerwarenfabrik in Berlin

ISBN 978-3-662-27191-9  
DOI 10.1007/978-3-662-28674-6

ISBN 978-3-662-28674-6 (eBook)

### III. Glimmer und Glimmerprodukte.

Von R. Schröder.

Der Glimmer gilt als eins der wertvollsten Isoliermaterialien; wertvoll sowohl in seinen Eigenschaften technischer Art, als auch hinsichtlich des Preises. Seine wichtigsten technischen Anwendungen und Eigenschaften, aber auch sein Vorkommen, Gewinnung und Weiterverarbeitung sollen betrachtet werden.

Der Glimmer selbst ist seit altersher bekannt. Schon Plinius erwähnt ihn in seiner im ersten nachchristlichen Jahrhundert erschienenen *historia naturalis*.

Der Glimmer hat in der mittelalterlichen Alchemie eine ganze Anzahl Namen, die seinem charakteristischen Aussehen und Eigenschaften einen ausgeprägten Ausdruck geben: *διαφανές*, *lapis specularis*, *magnetes ammochrysos*, Katzensilber, Katzensgold, dann „unserer lieben Frau Eysspat“. Die letztere Bezeichnung hat sich bis auf den heutigen Tag erhalten in dem Ausdruck „Marienglas“. Noch jetzt wird er im Volksmunde häufig so bezeichnet und teilweise ist auch dieser Ausdruck in die Technik gedrungen. Jedoch wird der Name „Marienglas“ viel häufiger, auch in wissenschaftlichen Kreisen, für kristallisierten Gips benutzt, welcher an zahlreichen Orten Deutschlands in ziemlich großen Kristallplatten vorkommt.

Das Aussehen dieses kristallisierten Gipses ist jedoch völlig anders, als das des Glimmers und wohl eigentlich kaum mit Glimmer zu verwechseln. Allerdings ist auch er verhältnismäßig stark durchscheinend, aber fast nie vollkommen durchsichtig. Vor allen Dingen aber ist er nicht spaltbar, auch leicht zerbrechlich, alles Eigenschaften, die wesentlich von denen des Glimmers verschieden sind.

Im 17. und 18. Jahrhundert wurde Glimmer in verhältnismäßig großem Maßstabe in Rußland gewonnen und zum Bedecken der Marienbilder verwendet, um die Bilder selbst gegen die Küsse der Gläubigen zu schützen.

Über Sibirien und Rußland ist die Bekanntschaft des Glimmers in der neueren Zeit nach Deutschland gedrungen und somit auch der Name „Marienglas“ nach seiner Verwendung wieder in dem Volksgedächtnis erneuert worden.

Der Begründer der wissenschaftlichen Geologie Werner (1750 — 1800) hat den deutschen Namen „Glimmer“ geschaffen und man sollte

daher diesen charakteristischen Namen heute nur noch ausschließlich verwenden und den alten Namen „Marienglas“, der zu vielen Verwechslungen Anlaß gab, dem kristallisierten Gips überlassen.

In der englischen Sprache und denen lateinischen Ursprungs wird der Glimmer „Mica“ genannt, in der russischen „Sludá“.

Während zu Anfang des 19. Jahrhunderts hauptsächlich der Ural und zum geringen Teil Sibirien Hauptfundorte für Glimmer und zwar für gute, klare Platten waren, ist Rußland in den letzten Jahrzehnten als Produktionsland nicht mehr anzusprechen. Wohl wurden einzelne Glimmerfundstätten ausgebeutet, aber die Einfuhr überwog die eigene Produktion, trotz des verhältnismäßig geringen Glimmerverbrauchs in Rußland, außerordentlich stark. Ich möchte auf diese Tatsache besonders hinweisen, weil von russischen Glimmerfundstätten sehr viel gesprochen wird. Sicher ist nur das eine, daß sich in Sibirien geologische Verhältnisse vorfinden, die auf das Vorhandensein größerer Glimmervorkommen hindeuten. Es kann also in Zukunft ein Glimmerbergbau in Sibirien sehr wohl erstehen, nachdem geordnete Verhältnisse zurückgekehrt sind und insbesondere auch die Verkehrsverhältnisse sich selbst gegenüber dem zaristischen Rußland noch wesentlich gebessert haben werden.

Als in der Mitte des 19. Jahrhunderts die wichtigen Eigenschaften des Glimmers entdeckt wurden und sich die beginnende Elektrotechnik des Glimmers als Isoliermaterial zu bedienen begann, reichten die geringen aus Rußland und Britisch-Indien stammenden Glimmermengen, die fast nur aus klaren, großen Platten bestanden, nicht mehr aus, um den Bedarf zu befriedigen. Britisch-Ostindien, in welchem die Glimmervorkommen den Eingeborenen seit Jahrtausenden bekannt waren, sollte berufen sein, den immer steigenden Bedarf der Technik zu decken und sich zum bedeutendsten Glimmerlande zu entwickeln. Schon in den 60iger Jahren setzte diese Entwicklung zuerst zaghaft ein, um in den Jahren 1870—1878 zu einer immer stürmischer werdenden anzuwachsen.

Die Fundorte lagen in Bengalen zwischen den südlichen Ausläufern des Himalaja und dem durch die Gangesmündung laufenden Breitengrade.

In das Ende der siebziger Jahre fiel die Entdeckung der Glimmervorkommen in den Vereinigten Staaten, 1882 wurden neue Felder in Kanada aufgefunden, mitte der neunziger Jahre wurden diejenigen in Ostindien entdeckt, welche in der Nähe von Madras lagen und als unabhängig von den früher bekannten zu betrachten sind.

In der neuesten Zeit, um die Wende des Jahrhunderts, wurden in Brasilien in verschiedenen Provinzen, besonders aber in der Provinz Minas de Gerães, während des ersten Jahrzehntes auch in Argentinien,

recht erhebliche Entdeckungen gemacht. Die beiden letzt erwähnten südamerikanischen Vorkommen sind besonders während des Krieges zu einer erfolgreichen, und nunmehr sicherlich anhaltenden und fortschreitenden Entwicklung gelangt.

### A. Naturglimmer.

Ich möchte zuerst kurz verschiedene physikalische Eigenschaften des Glimmers erwähnen, die für den Elektrotechniker nicht allzu wichtig sind, die aber immerhin gewisses Interesse haben.

Der Glimmer ist ein doppelbrechendes Kristall. Diese Eigenschaft kann man nicht so einfach erkennen wie bei den als Doppelspat bekannten Kalkspatkristallen. In einem doppelbrechenden Kristall gibt es Richtungen, in denen eine Doppelbrechung nicht stattfindet, und zwar eine oder zwei solcher ausgezeichneten Richtungen. Nach der Anzahl solcher, die Doppelbrechung nicht aufweisenden Richtungen bezeichnet man diese Kristalle als optisch ein- oder zweiachsig. Zu den optisch zweiachsigen Kristallen gehört nun der Glimmer.

Betrachtet man ein solches doppelbrechendes z. B. zweiachsiges Kristall, wie den Glimmer, im polarisierten Licht, dessen Schwingungen nur in einer Ebene laufen, so werden Brechungen am stärksten in den zu den optischen Achsen senkrechten Richtungen entstehen, während die Brechungen in den Richtungen der

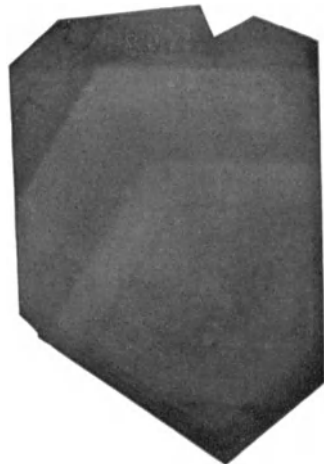


Abb. 1.

optischen Achsen selbst zu Null werden. Nach der Theorie der Kristalloptik müssen in solchen Fällen als sichtbare Figuren cassinische Linien entstehen, welche bei Verwendung mehrfarbigen Lichts in prächtigen Farben erscheinen.

Der Glimmer weist derartige cassinische Linien im polarisierten Licht auf; er ist also ein doppelbrechendes Kristall.

Der Glimmer gehört dem Monoklinen-System an, während man ihn früher wegen der sechseckigen Kristallfiguren (Abb. 1), die man nicht gar zu selten bei ostafrikanischem Glimmer findet, dem hexagonalen System einreichte. Wie die genauen Messungen jedoch ergeben haben, sind die Winkel nie genau  $120^\circ$ . Die Kristallfiguren zeichnen sich sehr deutlich im Glimmer ab.

Die Härte des Glimmers liegt zwischen 2,1 bis 2,5 der Härteskala, welche die Härte des Talkes mit 1, die Härte des Diamanten mit 10

als Grenzpunkte annimmt; er ist also härter als Steinsalz oder Gips, aber weicher als Kalkspat.

Die Härte des Glimmers spielt eine erhebliche Rolle beim Bau und Betrieb von Gleichstrom-Kollektoren. Da Kupfer sich unter den Bürsten leichter abnutzt, als die isolierenden Glimmerzwischenlagen, so tritt der Glimmer nach längerer Betriebsdauer scheinbar gegen die Kupferzylinderfläche hervor. Dieses sogenannte Wachsen des Glimmers ist eben die Folge der höheren Kupferabnutzung und im Betriebe in früheren Jahren eine der häufigsten und unangenehmsten Ursachen von Betriebsstörungen an dem Kollektor gewesen. Durch die Einführung hartgezogener Kupferlamellen, ferner geeigneter Zusammenstellung von Kohlen mit Metalleinlagen bei den Stromsammelbürsten, auch Auskratzen des Glimmers derart, daß der Glimmer etwa  $\frac{1}{2}$  mm unter die Kupferzylinderfläche zu liegen kommt, sind diese früher als wesentlich empfundenen Mängel praktisch beseitigt.

In den Vereinigten Staaten hat man bereits seit langem den kanadischen Amberglimmer für die Lamellenisolation angewandt, der im mineralogischen Sinne nicht viel weicher als die üblichen hellen oder fleckigen Glimmersorten, aber so mürbe ist, daß er sich an der Kante mit dem Fingernagel leicht zu staubfeinem Pulver zerreiben läßt. Dies ist die einfachste und schnellste Härteprüfung für Glimmer. Der Widerstand, den der Rand einer etwa 0,2 mm starken Glimmerplatte dem Fingernagel bietet, und die Feinheit des entstehenden Pulvers bieten einen guten Anhalt für die Beurteilung der sogenannten Härte des Glimmers.

Der geringe Wärmeausdehnungskoeffizient von  $\alpha = 0,000003$  bewirkt die große Unempfindlichkeit gegen wechselnde Einflüsse von Wärme und Kälte. Er wird daher an Stelle von Glas mit Vorteil als Schauscheibe zur Beobachtung von Vorgängen in hoch erhitzten Räumen, wie an Hochöfen und Glühöfen und an sogenannten irischen Heizungsöfen verwendet.

Das spezifische Gewicht des Glimmers wird mit 2,76 bis 3,1 angegeben. Die praktische Zahl, die ich oft in praktischen Versuchen nachgeprüft habe, ergab ein spezifisches Gewicht von 2,8. Zur Gewichtsermittlung von Naturglimmerplatten ist eine Zahl von 2,8 bei allen in der Technik vorkommenden Glimmersorten anwendbar und ergibt sehr genaue Resultate.

Die vorerwähnten Eigenschaften sind solche, die dem Glimmer als Kristall eigentümlich sind, und bei der technischen Verwendung des Glimmers sollten Konstrukteur und Betriebsfachmann stets im Auge behalten, daß der Glimmer nicht ein Metall oder ein metallähnlicher Körper ist, sondern ein mineralogisches Kristall. Viele falsche Anwendungsformen werden verschwinden, wenn diese Erkenntnis tiefer eingedrungen sein wird, als dieses jetzt noch der Fall ist.

Der Glimmer kristallisiert in ebenen Flächen und nur aus denjenigen körperlichen Flächen, die sich in einfacher Weise aus ebenen Flächen geometrisch herstellen lassen oder durch einfaches Einschneiden (Verjüngen) kann man technisch gut verwendbare Formen gewinnen, bei denen die guten Eigenschaften des Glimmers völlig oder doch zu einem großen Teil ausgenutzt werden.

Der Glimmer ist in der Natur zahlreich verbreitet, jedoch nur an wenigen Fundorten wird Glimmer in solcher Größe gefördert, wie ihn die Technik benötigt. Unter den zahllosen Glimmerarten haben nur drei Arten für die Elektrotechnik Bedeutung, in erster Linie der Muskowit und der Phlogopit, in geringem Maße der Biotit.

Die in Deutschland beliebtesten und am meisten verwendeten Glimmersorten gehören der Klasse des Muskowits an, eines Kalium-

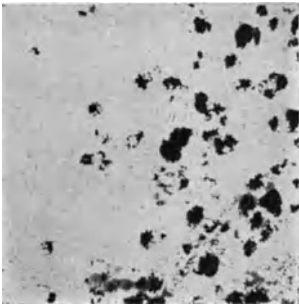


Abb. 2.

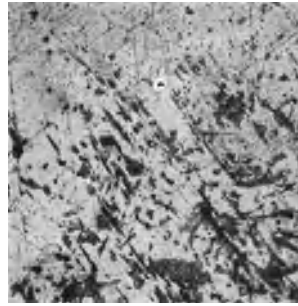


Abb. 3.

Aluminium-Doppelsilikates. Die Färbungen sind rötlich, auch weiß oder grün (in den Schattierungen vom hellsten Grün bis zum dunkelsten Grün) und auch braun, teils klar, teils mit rötlichen oder auch schwarzen Flecken, welche als rundliche Klebe oder vielfach strichförmig in mehr oder minder großer Regelmäßigkeit auftreten (Abb. 2 und 3).

Der Phlogopit (Amber) ist ein wesentlich komplizierteres, chemisch zusammengesetztes Kalium-Magnesium-Aluminium-Eisen-Doppelsilikat und enthält eine geringere Anzahl Molekeln Kristall- oder Konstitutionswasser, als der vorerwähnte Muskowit. Hierdurch dürfte die größere Mürbe, welche sich als Weichheit charakterisiert, hervorgerufen sein. Auch die höhere Temperaturbeständigkeit des Phlogopits dürfte hiermit zusammenhängen. Während der Muskowit unter dem Einfluß von etwa 600 bis 650° Temperatur kalziniert (weißlich wird) und hierdurch sein festes Kristallgefüge einzubüßen beginnt, bleibt der Amberglimmer (Phlogopit) bei diesen Temperaturen noch fast unbeschädigt. Dieses Austreiben des Konstitutionswassers erkennt man durch das Trübe werden des bis dahin völlig durchsichtigen Kristalles. Die höhere



Temperaturbeständigkeit (900 bis 1000° C) des Amberglimmers macht ihn daher für die Anwendung in Heizapparaten besonders geeignet.

Die Farbe des Phlogopits ist bernsteingelb bis bernsteinrötlich und variiert vom hellen, klar durchsichtigen Bernsteingelb bis zu nur durchscheinendem Bernsteinrötlichgelb.

Der Biotit ist chemisch sehr kompliziert zusammengesetzt und erheischt nicht das besondere Interesse des Elektrotechnikers. Er kommt auch in großen Kristallen vor; seine Färbung ist fast stets sehr dunkel, meistens völlig schwarz. Infolge dieser tiefdunklen Färbungen sind Einschlüsse nur sehr schwer oder überhaupt nicht zu erkennen. Man hat mit diesem Glimmer sehr viel Mißerfolge gehabt, da sich in den Schichten sehr starke Oberflächenleitfähigkeit zeigt und auch die Durchschlagsfestigkeit senkrecht zur Kristallfläche außerordentlich großen Schwankungen unterworfen ist. Die Gründe hierfür sind metallische, unsichtbare Einschlüsse und mikroskopisch feine Schnitte. Die Prüfung an Stichproben versagt bei diesem Glimmer vollkommen, da die erprobte Güte in einer Schicht nicht die Güte etwa einer im Abstände von nur 0,02 mm liegenden anderen gewährleistet.

Ein bekanntes Vorkommen von Biotit in sehr großen, gut auskristallisierten Platten liegt im Norden von Norwegen in Finnmarken. Dort wurden während des Krieges nicht unerhebliche Mengen gefördert. Er kommt sehr häufig auch verwachsen mit Muskowit zusammen vor, wird aber schon in den Gruben als Abfall beseitigt.

Die Hauptproduktionsländer von Glimmer sind Britisch-Indien, in zweiter Linie Kanada, in dritter Linie die Vereinigten Staaten von Nordamerika, die jedoch für den Export nach anderen Ländern nicht in Frage kommen. In weitem Abstände folgen alsdann in vierter Linie: Deutsch-Ostafrika, Brasilien, Argentinien, Britisch-Südafrika, Madagaskar, Norwegen, deren Gesamtproduktion bei weitem noch nicht selbst diejenige von den Vereinigten Staaten erreicht.

In Britisch-Ostindien wird der Glimmer in drei voneinander räumlich weit getrennten Hauptgebieten gefunden. Man unterscheidet hier nach Kalkutta-Glimmer, Bombay-Glimmer und Madras-Glimmer. Diese Sorten sind nach ihren geographischen Mittelpunkten benannt und unterscheiden sich voneinander zum Teil recht erheblich, gehören aber sämtlich der Muskowitart an.

In den Vereinigten Staaten von Nordamerika wird gleichfalls fast ausschließlich Muskowit gefunden. Die Produktion beträgt etwa  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{4}$  derjenigen der indischen. 48% der Produktion in U. S. A. entfallen auf Carolina, etwa 39% auf New Hampshire.

Dieser Glimmer der U. S. A., dort home mica oder domestic mica genannt, wird von der amerikanischen Industrie vollkommen aufgenommen. Er ist im allgemeinen von recht guter, heller und klarer Qualität.

Die kanadische Produktion ist etwa derjenigen in U. S. A. der Menge nach gleich. Im allgemeinen aber sind die dort gefundenen Glimmersorten in der Größe kleiner. Fast der gesamte in Kanada gefundene Glimmer gehört aber nicht der Muskowitart, sondern der Phlogopitart an, ist also bernsteingelber Glimmer. Der bei weitem größte Teil dieses kanadischen Amberglimmers, wie er im allgemeinen genannt wird, wird an die Vereinigten Staaten geliefert.

Seit dem Jahre 1919 ist die Förderung von Glimmer in Deutsch-Ostafrika eingestellt. Die Produktion Argentiniens dagegen, ebenso wie die Brasiliens hat sich stark gehoben, insbesondere sind in den Jahren 1919 bis 1922 so erhebliche Mengen Blockglimmer zum Versand gelangt, daß sie für die Weltproduktion eine Rolle spielen.

Da die Preise für Blockglimmer besonders im Jahre 1920 außerordentlich hoch waren, war die Produktion auch für Südamerika sehr lohnend. Das Nachlassen der Hochkonjunktur in der Weltwirtschaft hatte ein Sinken der Glimmerpreise besonders der größeren Dimensionen zweiter Qualitäten zur Folge und die Förderung ließ sehr bedeutend nach, so daß im Jahre 1921 bereits der Versand aus Südamerika fast bedeutungslos wurde.

Im Jahre 1922 jedoch gelang es die Gesteinskosten herabzudrücken und auf dem Weltmarkt erfolgreich zu konkurrieren.

Im Jahre 1920 erlangte zum ersten Male in erheblichem Maße ein Vorkommen auf der französischen Insel Madagaskar Bedeutung. Es wurden dort Lager gefunden und ausgebeutet, welche einen besonders schönen Amberglimmer (Phlogopit) ähnlich dem kanadischen Amberglimmer lieferten. Ein abschließendes Urteil kann nach so kurzer Zeit nicht gefällt werden. Es ist möglich, daß es sich um Schürfungen größerer Adern handelt oder auch nur um die Erschließung von Nestern. In letzterem Falle wäre mit einem schnellen Versiegen zu rechnen, während im erstgenannten sehr wahrscheinlichen Falle eine dauernde größere Produktion zu erwarten ist.

Das geologische Vorkommen des Glimmers ist durchaus nicht ein-

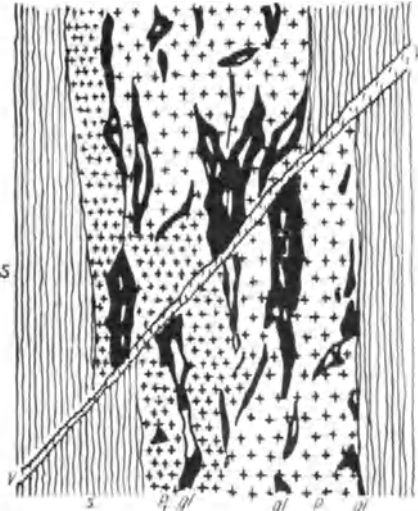


Abb. 4. *g* Glimmer, *s* Glimmerschiefer, *P* Pegmatit, *P*<sub>1</sub> Quarz im Pegmatit, *V* Verwerfung.

heitlich, im allgemeinen kommt Glimmer in Pegmatitgängen vor. Pegmatit ist eine Art Granit von außerordentlicher Grobstückigkeit. Die Bestandteile des Granits wie des Pegmatits sind Feldspat, Quarz und Glimmer (Abb. 4). Diese Grobheit nimmt zuweilen derartige Formen an, daß vollkommen auskristallisierte Kristalle in diesem Pegmatit vorkommen. Trifft dieser Fall zu, so hat man es eben mit einem Glimmergange zu tun. Er kommt deswegen meist in Gemeinsamkeit mit Feldspat, eben dem Bestandteil des Pegmatits, vor.

Die wichtigsten Ausnahmen größerer Glimmervorkommen von der vorgenannten Regel sind Schwemmlager von Madras, bei denen es sich um Anschwemmungen aus dem Gebirge zu handeln scheint.

Der Wert des Glimmers ist von zwei Faktoren abhängig. Der erste, die Größe, läßt sich eindeutig bestimmen und bei einiger Übung von jedem feststellen. Der zweite Faktor ist die Qualität, zu deren Bestimmung eine große Erfahrung gehört, da es einfache Bestimmungsmethoden hierfür nicht geben kann. Für die Qualität sind maßgebend:

1. die Grundfarbe,
2. die Reinheit,
3. die Fehlerfreiheit des Kristalls.

Der beste Glimmer soll hellrosafarben bei etwa 0,1 mm Stärke schimmern, frei von Einschlüssen sein, außerdem vollkommen eben und rissfrei. Der geringste Glimmer ist rötlich bis dunkelgrünlich oder auch braun in der Grundfarbe, durchsetzt mit schwarzen Streifen (Rutilnadeln) oder auch schwarzen Flecken, außerdem rötlich gefleckt (Oxydeinschlüsse von Eisen und ähnlichen Verbindungen) nicht ganz eben, zum Teil etwas wellig und auch vielleicht sonst noch mit Einrissen behaftet.

Zwischen diesen beiden Grenzen gibt es nun die ungeheure Zahl der Zwischenfälle.

Für die Starkstromtechnik wird meist gefleckter Glimmer, schwarz- und rotgefleckt, verwendet. Für die Kollektorisolation zwischen den Kupferlamellen und auch für Bandagenzwecke und alle diejenigen Verwendungsarten, welche den Glimmer auf Durchschlag beanspruchen, genügt schwarzgefleckter Glimmer vollkommen, wie die nachstehenden Prüfungszahlen zeigen werden. In allen denjenigen Fällen jedoch, bei denen auch geringe Spuren von Oberflächenleitfähigkeit schädlich sind, muß man entweder zu klarem Glimmer (z. B. für Zwecke der drahtlosen Telegraphie) oder auch zu nur rötlich geflecktem Glimmer (z. B. für Meßinstrumente, Widerstände) greifen. Es ist eine irrige Ansicht, daß die rötlichen Flecke gewöhnliches Eisenoxyd sind und leiten. Die bekannten rötlichen Flecke weisen sehr hohen elektrischen Widerstand auf und auch die Prüfungsstellen auf Durchschlag an den roten Stellen weisen gute Prüfungszahlen auf.

Die ganz schweren rötlichen Flecke mit weißlichem Schillern deuten auf eine Verrottung des Glimmers an dieser Stelle und da der Glimmer an diesen Stellen mulmig weich ist, so kann bei nicht genügender Stärke der gewählten Glimmerschicht allerdings an solchen Stellen, infolge seiner mechanischen Schwäche, leicht ein Durchschlag erfolgen. Man soll daher derartig ganz schwer rotgefleckten Glimmer nur in Stärken von mindestens 0,2 mm gebrauchen.

Die Größe des Glimmers wird handelsüblich eingeteilt nach der Flächengröße der herauszuschneidbaren rechteckigen Platten; nach ihr richtet sich der Preis, wie die folgende Tabelle zeigt.

Tabelle 1.

Bezeichnung	Größe		1.		2.		3.	
			Klar Ia		Ganz leicht rotfleckig oder IIa klar		Rotfleckig (stained)	
	□"	□ cm	Juni 1914 sh/d	Sept. 1920 sh/d	Juni 1914 sh/d	Sept. 1920 sh/d	Juni 1914 sh/d	Sept. 1920 sh/d
Extra	mehr als 48	315	16/6	60/—	13/9	45/—	9/7	24/—
Ia	36—47 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	235—314	12/10	42/—	10/7	28/—	8/1	16/—
I	24—35 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	156—235	10/8	34/—	9/3	20/—	7/4	12/—
II	15—23 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	97—154	9/3	30/—	7/4	19/—	6/8	10/—
III	10—14 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	65—96	7/9	26/—	6/9	16/—	6/—	6/6
IV	6—9 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	39—64	6/1	20/—	5/2	12/—	3/7	4/3
V	3—5 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	19—38 <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	4/5	11/6	2/11	10/—	1/6	3/3
VI	1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —2 <sup>7</sup> / <sub>8</sub>	10—18	1/2	3/6	—/10	1/3	—/6	—/6

Die angegebenen Preise sind zu verstehen in Shilling für 1 engl. Pfund von etwa 453 Gramm. sh. 1/— zur Friedensparität = 1,02 Mark.

Die vorstehende Tabelle 1 gibt eine Übersicht über drei Normalqualitäten von Glimmer, nämlich

1. klaren, reinen, guten Kalkutta-Glimmer mit der Bezeichnung „clear“,
2. ganz leicht fleckige Ware, welche in dünnen, d. h. ungefähr 0,10—0,15 mm starken Platten auch noch den Eindruck eines klaren Glimmers macht, bei genauerem Hinsehen jedoch bereits leichte rötliche Wolkenflecke aufweist. Bei stärkeren Stücken treten diese als leichte rötliche Flecke deutlicher vor das Gesicht. Diese Qualität wird mit „slightly stained“ bezeichnet,
3. die rotgefleckte Qualität, bei welcher diese rötlichen Flecke in stärkerem Grade auftreten und ganz deutlich auf der 0,10 bis 0,15 mm starken und im übrigen klar durchscheinenden Platte erscheinen, ohne daß jedoch auf dieser dünnen Platte die Durchsicht allzu wesentlich auch an den roten Flecken beeinträchtigt wäre. Diese Qualität wird mit „stained“ bezeichnet.

Vor dem Kriege wurden diese Qualitäten im Durchschnitt von den indischen Gruben mit größeren oder geringeren Abweichungen innegehalten, ohne daß jedoch diese Abweichungen etwa zu stark aus der Qualitätsbezeichnung herausfielen. Nach dem Kriege und schon in der letzten Zeit während des Krieges hat sich hierin leider ein Umschwung zuerst bei den indischen Gruben, dann aber auch bei allen anderen Fundstätten immer stärker herausgebildet, so daß man heute mit

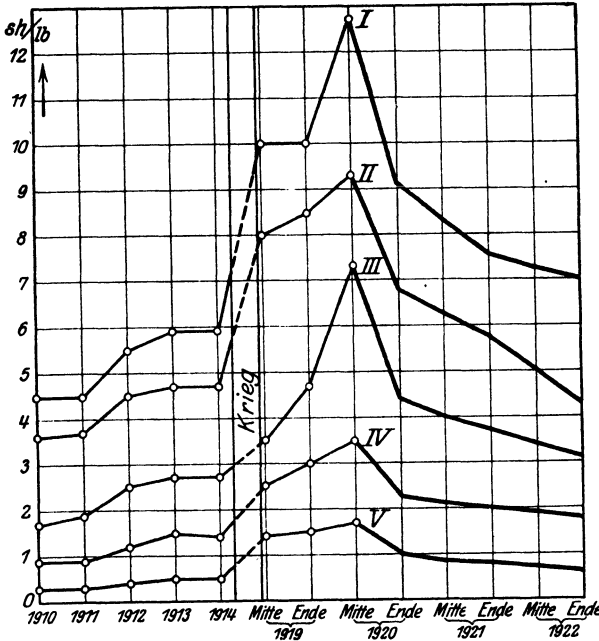


Abb. 5.

den friedensmäßigen Qualitätsbezeichnungen nicht mehr in der Lage ist, die aus den Ursprungsländern kommende Rohware zu bezeichnen. Die Unterschiede sind zahlreicher geworden. Man unterscheidet allein bei der stained-Qualität mindestens 3–4 Qualitätsunterschiede, ohne daß etwa hierdurch die Genauigkeit der Sortierungen, wie man eigentlich erwarten müßte, besser geworden wäre. Infolgedessen sind die in der Tabelle 1 ange-

gebenen Preise vom September 1920, um einen Vergleichsmaßstab mit den Vorkriegspreisen zu gewinnen, derart umgerechnet worden, daß sie der friedensmäßigen Qualität der im September 1920 geltenden Preise entsprechen.

Ganz allgemein zeigt sich ein außerordentlich hohes Anwachsen der englischen Preise für die größeren Dimensionen und die besten Qualitäten, während die Preise der geringsten Qualität und der kleinsten Größen den Friedenspreisen ungefähr gleich sind.

Die Gestaltung der Preise für die mehr einheitliche schwarzfleckige, sogenannte elektrische Ware während der letzten elf Jahre, also von 1910 bis etwa Mitte 1921 zeigt die Abb. 5 mit dem außerordentlich scharfen Sturz der englischen Preise während des Jahres 1920/21, hervorgerufen durch die ungünstige weltwirtschaftliche Lage der Elektrotechnik in dieser Zeit. In diesem Schaubild ist die kleinste

Größe Nr. 6 fortgelassen, deren heutiger Preis etwa dem Friedenspreise gleich ist. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Preise sowohl in den Schaubildern, als auch in der Tabelle in englischer Währung gegeben sind, welche gegenüber der dem Goldstandard fast paritätischen Dollarwährung der U. S. A. etwa um 20% zurückbleibt. Das bedeutet also, daß die aufgezeichneten Preise um 20% reduziert werden müßten, um sie mit dem Goldwertstandard, wie er im Frieden gültig war, vergleichen zu können.

Abb. 6 zeigt die indische Glimmerausfuhr für die Jahre 1913 bis 1918 nach den indischen Statistiken und zwar sowohl nach der Menge, als auch nach den Werten. Man erkennt die sehr starke Wertsteigerung, die sich nach dem Kriege noch erheblich verschärft hat, in bezug auf die gleiche Glimmermenge.

Die Statistiken der anderen Länder sind nur unvollkommen und lassen sich leider zum Vergleich nicht heranziehen.

Ein außerordentlich großer Anteil der Ausfuhr entfällt auf Glimmerspalt (splittings), das Ausgangsmaterial für die Mikanitfabrikation. Schätzungsweise dürfte die Ausfuhr von Glimmerspalt mehr als die Hälfte der Gesamtausfuhr betragen.

Die Vorzüge des Glimmers als Isoliermaterial in der Elektrotechnik bestehen in seiner hohen Durchschlagsfestigkeit und in der Unveränderlichkeit dieser Durchschlagsfestigkeit bei allen in der Elektrotechnik praktisch vorkommenden Temperaturen. Erst in der Nähe des Kalzinierungspunktes, also bei etwa 650° sinkt wie schon vorher bemerkt die Durchschlagsfestigkeit des Glimmers.

Die Tabelle 2 (S. 94) gibt einige Prüfungsergebnisse für Prüfungen in Luft und Öl.

Die beste Sorte Glimmer „Prima klar Ruby“ zeigt das merkwürdige Ergebnis, daß mit größerer Stärke des Glimmers der Durchschlagswert pro Millimeter ganz beträchtlich sinkt. Diese Prüfungen lassen sich nur unter Öl vornehmen, da schon bei 0,12 mm starken Platten die Coronabildung und damit die Überschlagsgefahr so groß ist, daß eine Prüfung in Luft selbst bei großen Platten nur noch schwer ausführbar ist.

Die Messung wurde einheitlich vorgenommen mit Elektroden von 50 mm  $\Phi$ . Die Kanten hatten einen Abrundungsradius von 5 mm.

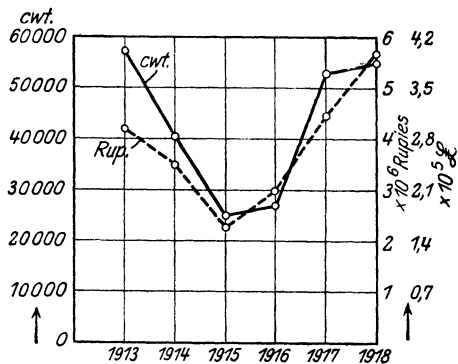


Abb. 6.

Tabelle 2.

Glimmersorte	Stärke	in Luft		in Öl	
		gem. KV.	KV/mm	gem. KV.	KV/mm
Ia Ruby klar	0,055	10,5	191	4,9	89
	0,12			5,3	44
	0,28			7,6	27
	0,4			9,5	24
	1,0			13,5	13,5
Kalkutta schwer rotfleckig. . .	0,11	7000	64	6700	60
Kalkutta schwarzfleckig streifig .	0,11	5200	47	6000	54,3
Madras schwarz-rundfleckig . .	0,10	6800	68	6300	63

Der Durchschlagspunkt erfolgte regelmäßig, wie zu erwarten ist, an der Kante.

Die Dielektrizitätskonstante des Glimmers beträgt 4,5 bis 5,5. Der Tangens des Verlustwinkels beträgt  $2 \cdot 10^{-4}$  bis  $10 \cdot 10^{-4}$ . Die entsprechenden Zahlen für Mikanit seien an dieser Stelle gleich mit aufgeführt.

Dielektrizitätskonstante  $\epsilon = 3,3$

$\text{tg } \delta = 0,0025$  bei 2000 V.

$\text{tg } \delta = 0,067$  bei 3000 V.

$\text{tg } \delta = 0,116$  bei 4000 V.<sup>1)</sup>

Die Oberflächenleitfähigkeit ist im Verhältnis zu der Durchschlagfestigkeit groß. Bei klarem Glimmer ist sie in Luft zum weitaus größten Teile auf feine Feuchtigkeitsniederschläge zurückzuführen. Bei schwarzfleckigem Glimmer können häufig Adern mit einer Leitfähigkeit, welche ganz erhebliche Ausschläge des Spiegelgalvanometers hervorrufen, festgestellt werden.

Der Glimmer ist ferner ein außerordentlich schlechter Wärmeleiter. Genaue Zahlenangaben hierüber können nicht gegeben werden. Seine spezifische Wärme beträgt ungefähr 0,2.

Die Verarbeitung des Glimmers erfolgt durch Spalten in Spaltungsebene auf gleichmäßige Stärke mittels schmaler, etwa 7 cm langer Messer. Das Schneiden zu Platten gegebenen Formates erfolgt entweder mittels Schlagscheren oder mittels Stanzen. Da der Wert des Glimmers mit der Größe erheblich steigt, so ist es im allgemeinen unrentabel, aus großem Glimmer kleine Formate zu stanzen oder zu

<sup>1)</sup> Diese Zahlen sind in der Phys.-Techn. Reichsanstalt bei Wechselstrom von 50 per/sec festgestellt.

schneiden, da der Mehrwert für die Größe des Glimmers den Arbeitslohn übersteigt, der durch Vielfachstanzen scheinbar erzielt wird.

Die äußere Form, in der der Rohglimmer in den Handel kommt, ist die polygonale Form. Der polygonale Glimmer ist unregelmäßig mit einem Sichelmesser zugeschnitten, wobei die Kanten nicht senkrecht zu der Spaltebene des Glimmers, sondern schräg hierzu, wegen der leichteren handmäßigen Bearbeitung, geschnitten sind; daher auch der englische Name für derartigen polygonalen Glimmer „sickle trimmed“. In neuerer Zeit ist auch noch das Schneiden in unregelmäßige Polygone mittels Schlagschere oder Handschere hinzugetreten, welches gewöhnlich fünf- oder sechseckige, seltener mehreckige Polygone ergibt. Diese Zubereitung wird auch „Scherenschnitt“, englisch „scissor-cut“, genannt.

Diese beiden Zubereitungsarten sind allgemein in fast allen Produktionsländern, mit Ausnahme von Madras, üblich. Der bei weitem größte Teil des aus dieser Gegend stammenden Glimmers ist äußerlich dadurch gekennzeichnet, daß er viereckig zugeschnitten ist. Diese Vierecke sind meist beinahe rechtwinklig. Die kleineren Sorten werden in Madras auch häufig eirund geschnitten.

## B. Glimmererzeugnisse.

### Mikanit.

Unter Mikanit versteht man ein Glimmer-Kunstmaterial, welches aus allerfeinst gespaltenen Glimmerplättchen unter Beifügung von Bindemitteln zu Platten oder Formstücken zusammengepreßt ist. Man ist durch geeignete Wahl des Glimmers und der Bindemittel in der Lage, eine Anzahl von Mikanitsorten herzustellen, welche den jeweiligen Verwendungsbedürfnissen angepaßt sind.

Mikanit wurde zuerst in den Vereinigten Staaten von Amerika hergestellt auf Grund eines dem Amerikaner Munsell erteilten Patentes der Vereinigten Staaten von Nordamerika. Auch in Deutschland war im Jahre 1893 ein deutsches Reichspatent erteilt worden, welches aber beschränkte Gültigkeit gehabt hat, da es durch seine, infolge Übersetzungsfehlers vollkommen mißverständliche Fassung in seinem Hauptbestandteil wertlos geworden war.

Infolge der mit steigender Glimmergröße stark anwachsenden Preise hatte sich das Bestreben geltend gemacht, die Fläche künstlich zu vergrößern. Man hatte, als man z. B. Kollektorlamellen von  $700 \times 80$  mm benötigte, Glimmer von 400 mm Länge und 80 mm Breite und solchen von 300 mm Länge und 80 mm Breite auf etwa 0,2 mm Stärke gespalten und in vier Lagen paarweise mit überlappten Stoßstellen mittels dünner Schellacklösung so zusammengeklebt, daß nunmehr  $700 \times 80$  mm große zusammengesetzte Lamellen verwendet



werden konnten. Da auch Glimmer von 300 mm Länge selten ist, führte man den Gedanken der Unterteilung weiter. So kann man Platten folgendermaßen herstellen. Fein gespaltener Glimmer von etwa 0,02 mm Stärke wird reihenweise schuppenartig zu einer Fläche gelegt. Diese Glimmerlage wird mit Schellacklösung bestrichen, eine weitere Lage gelegt und dieses Verfahren solange fortgesetzt, bis die gewünschte Stärke erreicht ist. Der hierzu verwendete Spaltglimmer besitzt die Größe Nr. 5 oder 6, also eine Fläche des einzelnen Glimmerblättchens von etwa 28 bzw. 14 qcm. Wenn man eine derart hergestellte frische Materialplatte durch heißes Pressen von dem Lösungsmittel befreit, erhält man eine feste, zusammenhaftende Platte, welche stärkeren, mechanischen Beanspruchungen standhält.

Es ist ohne weiteres ersichtlich, daß derartige Platten ganz erheblich billiger sind, als Glimmer selbst schon von der Größe Nr. 3.

Auf dieser Grundmethode aufbauend stellt man nun Platten verschiedener Art her.

**1. Weißmikanit für Kollektoren.** Der Aufbau der Glimmerlagen wird nach der oben beschriebenen Grundmethode vorgenommen, jedoch sehr dünne Lacklösungen verwendet, welche gerade noch ein festes Aneinanderhaften der Glimmerplättchen ermöglichen. Diese Platten werden möglichst frisch, in hydraulischen Pressen unter hohem Drucke von etwa 70—80 kg pro qcm gepreßt. Die Pressen sind heiz- und kühlbar, so daß durch das Pressen einerseits der überschüssige Lack herausgequetscht wird, während andererseits der Spiritus ausgast und der zurückgebliebene, zur Bindung erforderliche Schellack infolge der Wärmeeinwirkung fest wird. Die Presse wird dann nach Beendigung der Preßdauer, sobald keine Ausdünstungen mehr erfolgen, gekühlt und die Tafel herausgezogen. Bei der Wahl richtigen Glimmerpaltes und richtiger Lackmischungen soll die Platte klanghart sein. Da das Kollektormikanit sehr genaue Stärken besonders in Kollektoren von Wendepolmaschinen haben muß, um eine vollkommen symmetrische Kommutatorteilung zu erzielen, müssen diese Platten nunmehr geschliffen werden. Das Schleifen wird mehrere Male wiederholt, bis die Platte auf jeder Stelle die deutlichen Merkmale des Schleifens hat. Hierzu ist je nach der Ungleichheit der Platte eine mehr oder minder große Anzahl von Arbeitsgängen oder Stichen, wie man es im Walzwerkverfahren nennt, erforderlich. Je nach der Genauigkeit, mit der die Platten ursprünglich geklebt worden sind, wobei man vollkommen von der Geschicklichkeit der Arbeiterinnen abhängig ist, wird der Schleifabfall größer oder kleiner werden. Bei ausgezeichnet geklebten Platten beträgt der Schleifabfall etwa 10 bis 12% und kann selbst auf 25% bei unregelmäßig geklebten Platten anwachsen.

Nach dem Schleifen sind die Flächen aufgeraut. Durch nochmaliges Pressen erzielt man eine verhältnismäßig glatte Oberfläche. Vielfach ist es erwünscht, eine oder beide Seiten mit einem ganz dünnen Seidenpapier zu beziehen, um das spätere Aufrauen und Abblättern der Oberfläche bei unvorsichtiger Behandlung insbesondere der zugeschnittenen paketierte Lamellen zu beheben.

Der einseitige Bezug von Seidenpapier ist völlig ausreichend. Gleichgültig, ob das Weißmikanit einen Überzug besitzt oder nicht, es muß sich beliebig schneiden und stanzen lassen, ohne abzusplittern.

Das Schleifen der Platten geschieht mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,02$  mm, so daß also eine 0,8 mm starke Platte zwischen 0,78 und 0,82 mm messen soll. Da das Schleifen bei einer Schleifbreite von 1 m und mehr Maschinen von ganz außerordentlichen Dimensionen, die in keinem Verhältnis zu den Anschaffungs- und Betriebskosten stehen erforderlich macht, so geht man mit der Schleifbreite nicht wesentlich über 600 mm hinaus. Die Kollektormikanitplatten haben daher gewöhnlich eine Breite, die im lieferungsfertigen Zustande ein wenig unterhalb 600 mm liegt. Die übliche Länge derartiger Platten ist etwa 1000—1100 mm. Die Länge der Platten wird naturgemäß durch das Schleifen nicht beschränkt, sondern nur durch die Dimensionen der hydraulischen Presse.

Die geringste Stärke dieser Platten ist etwa 0,25 mm; ein Schleifen ist jedoch nur möglich bis zu etwa 0,3 mm herab und bereitet schon bei dieser Stärke Schwierigkeiten. Das Schleifen von 0,4 mm starken Platten ist anstandslos möglich. Die größte übliche Stärke ist 1,5 mm; gelegentlich auch noch 2 mm. Die in früheren Jahren häufig vorkommenden größeren Stärken werden jetzt nicht mehr benötigt, da die Hartpapierfabrikate in allen den Fällen einen ausgezeichneten Ersatz bieten, bei denen nicht Temperaturen auftreten, welche auf das Papier zerstörend einwirken.

Das derartig hergestellte Weißmikanit soll einen Bestandteil an Organischem von ungefähr 2% besitzen. Die Nachprüfung erfolgt entweder durch Verseifung, Extraktion oder schneller und ebenso genau durch Veraschung.

**2. Braunmikanit** wird das Glimmer-Kunsterzeugnis genannt, welches im Gegensatz zu den Weißmikanitplatten einen höheren Schellackgehalt besitzt und diesem auch seine braunrote Farbe verdankt. Man stellt eine weniger schellackhaltige Art „Hartbraun“ oder „Stanzbraunmikanit“ genannt und eine schellackreichere Art „Formmikanit“ oder „Braunmikanit formbar“, im englischen „moulding micanite“, genannt her. Die Herstellung dieses Plattenmaterials ist nicht so schwierig, weil der erheblichere Schellackgehalt ein sicheres Binden und eine mechanische Festigkeit der Platten fast stets gewährleistet. Die

Anforderungen an die Genauigkeit müssen allerdings bei diesen Qualitäten, wie auch bei den nachfolgend zu besprechenden, herabgemindert werden. Größere Abweichungen sind unausbleiblich. Allerdings ist auch bei diesen Braunmikanitqualitäten ein Schleifen möglich. Man wird derartig geschliffenes Formmikanit wohl nur in denjenigen Fällen benutzen, wo man im Wicklungsraum besonders beschränkt ist, um die aus dem Formmikanit hergestellten Rinnen oder Rohre mit ganz präziser Wandstärke zur vollen Ausnutzung des Wicklungsquerschnittes anfertigen zu können. Der Konstrukteur soll sich aber vergegenwärtigen, daß er durch das Schleifen dieser gewöhnlich nur 0,4—0,5 mm starken Platten das natürliche flächige Gefüge des Glimmers verletzt und den Durchschlagswert wesentlich herabsetzt. Bei Weißmikanit ist diese oberflächige Gefügestörung bedeutungslos, weil bei den gewöhnlichen Stärken von 0,6 mm an aufwärts die innere, nicht anzugreifende Isolationsschicht bereits eine vielfache Sicherheit in sich birgt.

Die Verarbeitung des Hartbraunmikanits erfolgt mittels Stanzen und Schneiden an Schlag- oder Kreisscheren oder auch mit gewöhnlichen Messern, bei kleineren Stücken auch mit kräftigen Handscheren, um die für die Unterlagszwecke erforderlichen Formate zu erhalten.

Infolge seines Schellackgehaltes kann man aber auch Krümmungen mit einem Radius von etwa 25—30 mm und mehr mit diesem Material noch bequem ausführen. Bei kleineren Radien liegt die Gefahr des Abspaltens der oberen Glimmerlagen vor.

Wünscht man das Mikanit zu genaueren Fassonteilen zu verarbeiten, scharfkantige Rinnen, Rohre oder Rundrohre kleinen und kleinsten Durchmessers herzustellen oder Kappen mit gebogenen Ecken oder Kollektorrings, so soll man sich unbedingt des schellackreicheren Formmikanits (moulding micanite) bedienen. Dieses Mikanit wird vorher auf das erforderliche Maß zugeschnitten, am besten auf Dampf- oder elektrisch geheizte Wärmeplatten gelegt (welche man aber auch notfalls mittels Gas erwärmen kann) derart, daß das Mikanit möglichst keine höhere Erwärmung als 100—110° erhält. Innerhalb weniger Minuten wird die Platte lappig und kann nun in diesem Zustande in die vorbereitete Form gepreßt werden. Bei einiger Übung wird man sehr schöne, exakte Formstücke erhalten.

Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß sich für den vorbeschriebenen Zweck noch besser das später in seiner Grundform zu beschreibende Mikafolio, welches auch zu Platten gepreßt bezogen werden kann, verarbeiten läßt. Der auf den beiden Oberflächen befindliche Papierbezug erleichtert dem Verarbeiter die Handhabung außerordentlich. Einerseits wird sicher ein Abspalten des Glimmers beim Biegen um

sehr scharfe Kanten bei nicht genügender Schnelligkeit verhindert, außerdem aber verzögert der Papierüberzug das Erkalten beim Einpressen in eiserne Formen. Infolgedessen werden, wenn der Arbeiter nicht über eine gute Übung verfügt, bei der Verwendung eines derartigen Mikafolios in Platten die Formstücke sauberer und präziser, als bei dem ungeschützten Formmikanit. Die Anwendung ist in Deutschland noch nicht sehr verbreitet, während sie in den Vereinigten Staaten von Amerika seit etwa acht Jahren sehr stark in Aufnahme gekommen ist.

**3. Flexibelmikanit** wird für einfachere Arbeiten, sowohl als Unterlage auf geraden Flächen, insbesondere aber auch bei Auskleidungen von gebogenen Flächen oder Rinnen angewandt. Im Gegensatz zu Braummikanit oder dem Mikafolio in Platten ist bei Flexibelmikanit eine Erwärmung nicht nötig, da es in kaltem Zustande genügend biegsam ist. Zum Schutze gegen das Abblättern wird in den allermeisten Fällen eine zweiseitige Auflage von feinstem Seidenpapier oder auch Japanpapier gewählt. Die dünnen Seidenpapierlagen haben keinen allzu wesentlichen Einfluß auf die Stärke, da sie insgesamt nur ungefähr 0,03 bis höchstens 0,05 mm Gesamtstärke haben. Derartig hergestelltes Flexibelmikanit mit zweiseitiger Papierauflage nennt man Mikanitpapier.

Man hat früher auch vielfach Überzüge mit Leinen einseitig oder auch zweiseitig vorgenommen, jedoch wird der Anwendungsbereich dieses Mikanitleinens immer geringer, da Ölleinen dem Mikanitleinen in sehr vielen Fällen den Rang abläuft.

Das Flexibelmikanit und seine Abarten werden meistens nur in dünnen Stärken hergestellt. Die gangbarsten Stärken sind 0,25 — 0,4 mm. Auch die Anfertigung in Bändern von 10 mm Breite an aufwärts ist möglich, die in Längen von 50—100 m zu Ringen aufgespült werden.

In neuerer Zeit bedeckt man auch eine Lage feinsten großen Glimmers mit reiner Japanseide, um ein nur 0,08 bis höchstens 0,10 mm starkes wickelbares Isolationsmaterial zu erhalten, welches im Gegensatz zu Ölseide auch gegen höhere Temperaturen widerstandsfähig ist, sich sehr gut schmiegt und nicht aufträgt. Man nennt dieses Fabrikat Glimmerseide. Der Lackgehalt dieser Glimmerseide ist gering und beträgt nur etwa 4—6 Gewichtsprozent, während bei den übrigen Flexibelsorten mit 15—20% Lackgehalt gerechnet werden muß. Nur ganz dünne Flexibelsorten von etwa 0,2 mm Stärke lassen sich mit etwa 12 Gewichtsprozent Lackgehalt herstellen. Infolge seines hohen Lackgehaltes ist Flexibelmikanit für Heiz- und Kochapparate nicht oder nur in sehr beschränktem Maße verwendbar. Ersetzt man jedoch bei der vorher beschriebenen Glimmerseide die Japanseide durch feines Seidenpapier, so kann man ein Heizglimmer-

papier erhalten, welches selbst hohe Ansprüche seitens der Heiztechnik erfüllt. Hierbei kann der Lackgehalt sogar auf 3—5% herabgedrückt werden.

**4. Heizmikanit.** Die elektrische Heiztechnik stellte an die Isolations-technik die Anforderung, ein elektrisch gut und sicher isolierendes Mittel bereit zu stellen, welches sowohl in kaltem Zustande, als auch bei Temperaturen bis zu 600° seinen Isolationszustand und seine Durchschlagsfestigkeit bei den vorkommenden Spannungen, im allgemeinen bis 440 Volt, nicht mindert. Die Stärke dieses Isolationsmittels muß so gering als möglich sein, damit die von den Heizwicklungen ausstrahlende Wärme möglichst verlustlos auf den die Wärme nach außen hin abgebenden Eisen- oder Blechkörper übertragen wird.

Zuerst war das gegebene Material der Naturglimmer. Die großen Mengen und außerdem die größer werdenden Flächenmaße drängten aber dazu, ein Ersatzmaterial zu finden, welches sich im Preise günstiger stellt als Naturglimmer, ohne aber die vorstehenden Forderungen zu verletzen.

Das Heizmikanit ist nun dieses geforderte Produkt. Während man aber bei Naturglimmer mit einer Stärke von 0,12—0,15 mm für die Deckplatten der Heizelemente und für die Elementträger mit 0,15—0,20 mm Stärke auskommt, ist man gezwungen, bei der Anwendung von Heizmikanit größere Stärken zuzulassen, da Heizmikanit in solch geringen Stärken nicht die genügende Festigkeit besitzt. Man soll daher Heizmikanit unterhalb einer Stärke von 0,3 mm nicht benutzen. 0,3 und 0,4 mm Stärke sind die gangbarsten Maße; 0,5 mm wird schon bei weitem seltener angewandt, stärkere Maße kaum noch hergestellt.

Der Lackgehalt eines guten Heizmikanits soll 1,5 Gewichtsprozent nicht überschreiten.

Der Nachteil des Heizmikanits gegenüber dem Naturglimmer liegt in dem rauchenden Entweichen der organischen Bindestoffe. Es ist daher unbedingtes Erfordernis, daß vor dem endgültigen Einbau entweder die fertigen Elemente in einem Heizofen entgast werden oder unter Einschaltung des Nutzstromes die Entqualmung vorgenommen wird. Nach wenigen Minuten ist kaum noch eine Rauchentwicklung zu bemerken und tritt auch später im Betriebe nicht mehr auf. Durch Verwendung besonders geeigneter Lackmischungen kann man dahin wirken, daß keine überriechenden Dämpfe entwickelt werden. Da bei der Fabrikation von Weißmikanit, welches äußerlich dem Heizmikanit außerordentlich ähnlich ist, auf diesen Punkt kein Wert gelegt zu werden braucht und man aus anderen Gründen zur Erzielung größerer Festigkeiten Lackmischungen in Anwendung bringt, welche häufig

unangenehm riechende Gasentwicklungen zur Folge haben, so soll man nicht ohne weiteres Weißmikanit an Stelle von Heizmikanit verwenden.

Das Schleifen des Heizmikanits ist nicht zu empfehlen. Bei der dünnen Stärke von 0,3 mm zerstört man das Gefüge und kann sehr leicht Durchschläge erhalten, selbst wenn die erste Prüfung bei viel höherer Spannung ein gutes Resultat ergeben hat, da die geringsten Verschiebungen im Heizkörper noch nachträglich feine Spalten oder kleinste Löcher entstehen lassen, welche der Spannung den Weg zum Ausgleich geben. Es ist daher unzweifelhaft ratsam, lieber kleinere Abweichungen in der Stärke von  $\pm 0,1$  mm zuzulassen. Selbst schwache Stellen, die unter Umständen nur 0,15—0,2 mm Stärke aufweisen, bieten eine erheblich höhere Sicherheit, als ein auf genau 0,3 mm Stärke geschliffenes Heizmikanit.

**5. Mikafolio oder Mikartafolio** wird eine auf endlose Papierbahnen geklebte, einzelne Glimmerschicht, welche mit Lacküberzug bedeckt ist, genannt. Dieses Mikafolio ist zuerst von Haefely in die Praxis eingeführt worden. Es ist mit Hilfe dieses Materials möglich, schablonengewickelte Spulen oder auch Stabwicklungen im Wickelbetrieb nahtlos zu umwickeln und zu umpressen oder auch die bisher fertig bezogenen Glimmerrohre verhältnismäßig bequem und vor allen Dingen schnell herzustellen. Da in einem guten Mikafolio Papier, Schellacklage, Glimmerlage und Schellackbedeckung in gut abgestimmten Verhältnisse vorhanden sind, so ist keinerlei Hinzutun irgendwelcher Stoffe erforderlich, um die vorgenannten Anwendungen zur Ausführung zu bringen. Das Mikafolio kalt oder leicht angewärmt wird um die schablonengewickelten Spulen oder um das Stabpaket, in dem die einzelnen Stäbe voneinander wieder durch Mikafoliestreifen-Zwischenlagen isoliert sind, von Hand oder auch neuerdings von Maschinen gewickelt, und darnach der umwickelte Teil zwischen beweglichen beheizten Preßbalken dauernd gedreht oder es wird in hierzu eingerichteten Maschinen dieses Plätten unter fortwährender Drehung des Stabes ausgeführt. Nach etwa 5—10 minütigem Umplätten wird der Stab herausgenommen, dessen Isolierhülle jedoch noch nicht am Kupfer gut anliegt. Daher wird der Stab in gasgeheizte Pressen gebracht, in denen man einen Seiten- und Oberdruck wirken lassen kann und auf den richtigen Querschnitt gepreßt. Man kann auch statt der Pressen diese Arbeit in zweiteiligen, der Länge nach geteilten Eisenformen, bei einzelnen vorkommenden Stücken auch zur Not in Holzformen mit genau eingefrästem äußeren Profil vornehmen. Die Form erhitzt man noch praktischerweise, läßt sie alsdann erkalten und erhält z. B. ein außerordentlich hartes, nahtloses Rohr, wenn man statt des Kupferstabes einen herausschlagbaren zweiteiligen

Eisenkeil zum Aufwickeln benutzt hatte. Infolge der Erhitzungen geht nämlich Schellack in Verbindungen über, welche einen höheren Erweichungspunkt, als der ursprüngliche Schellack, haben. Ein derartiges mit 2 mm Mikafolio umpreßtes Stab- oder Drahtbündel oder Rohr kann ohne Gefahr des Durchschlags mit 24 000 Volt geprüft werden. Der Durchschlagspunkt liegt oberhalb 40 000 bei kurzzeitiger Prüfung, d. h. bei steigender Spannung bis zu den angegebenen Werten innerhalb einer Minute. Die Vorzüge des Mikafolio sind in folgendem begründet:

Die Papierlage, welche ein dünnes aber zähes und nicht gar zu rauhes Papier sein soll, gestattet eine außerordentlich starke mechanische Zugbeanspruchung, wie sie bei dem Umwickeln und Plätten auftritt. Sie würgt unter dem Einfluß des dauernden Plättens die Glimmerlage immer fester und fester zusammen und bei der gleichzeitigen Erwärmung wird der Schellack teigig und preßt sich in die feinsten Poren hinein und gestattet ein Gleiten zwischen Glimmer und Papierlage. Die obere Schellacklage verursacht ein sofortiges, intensives Verkleben der eingewickelten Glimmerlagen mit der darunter liegenden Papierlage und gestattet wiederum ein Ineinandergleiten dieser beiden heterogenen Stoffe, um sie zu einem untrennbaren quasi-homogenen Endprodukt zu machen.

Bei den bisher beschriebenen Mikanitplatten wird der Glimmer seiner natürlichen kristallischen Natur entsprechend verarbeitet. Das Kennzeichen des Glimmers, das Spalten in ebenen Flächen, findet man in gewissem Sinne wieder. Man baut Platten großen Flächeninhaltes durch Übereinanderreihen und Übereinanderschichten ebener kleiner Glimmerblättchen auf. Man übt also eine Art Synthese, welche im Gegensatz steht zur Analyse, wie ich einmal das Spalten des Glimmers bezeichnen möchte.

Um Formstücke herzustellen, muß man die ebene Fläche verlassen und das Mikanit zu Körpern formen, deren Flächen dreidimensional sind. Daß dieses möglich ist, weiß jeder Elektrotechniker; daß aber die Mikanittechnik nicht beliebig gestaltete Körper schaffen kann, ist leider nicht allgemein bekannt. Es sei daher vorerst besprochen, wo die Grenze der Verarbeitungstechnik liegt.

Alle Formungen ebener Flächengebilde zu körperlichen Flächen durch Aufwicklungen werden sich ohne weiteres herstellen lassen. Es wird dieses auch dann noch möglich sein, wenn die Verschiebungen von Flächenelementen gegeneinander, wie es z. B. bei Kollektorringen vorkommt, gering sind im Verhältnis zur Größe der Glimmerblätter oder der Segmentteilchen, falls man solche aus einzelnen Mikanitsegmenten (Mikanitstreifen) Flächen zusammengesetzt hat.

Eine früher außerordentlich beliebte Konstruktion aus Mikanit,

die allerdings in den letzten Jahren sehr stark im Verschwinden begriffen ist, ist in Abb. 7 wiedergegeben.

Es sollte ein Rohr mit drei aufgesetzten Flanschscheiben hergestellt werden derart, daß Rohr und Flanschscheibe aus einem Stück gearbeitet sind; es sollten also die Scheiben nicht einfach aufgesetzt sein. Derartige Stücke lassen sich in Mikanit zwar mit Aufwendung hoher Formkosten und viel Zeitaufwandes herstellen; technischen Wert aber besitzt nach meiner Ansicht selbst das beste Stück nur in geringem Maße. Gerade die elektrisch höchst beanspruchten Stellen weisen die größte mechanische und elektrische Verschwächung auf. Bei dem Punkt *a* z. B. wird das Material aus der Zylinderfläche in die äußere Kreisfläche abgebogen und strebt fächerförmig auseinander. Schon in sehr kurzer Entfernung von der Umbiegung ist nur noch sehr wenig ursprüngliches Material enthalten, da das ursprüngliche Material im Verhältnis zum Quadrate der Radien abnimmt. Man muß also durch

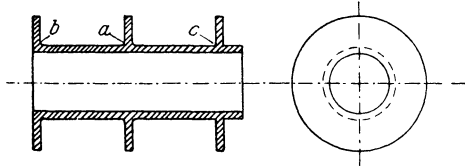


Abb. 7.

neue einzuführendes Material die Lücke ausfüllen und daß dieses an dieser Stelle ganz außerordentlich schwierig ist und nie fehlerlos durchgeführt werden kann, tritt bei näherer Überlegung klar zutage. Auch die Praxis zeigt, daß hier die Fehler unausbleiblich sind. Es werden also die zu isolierenden Spulenkörper in axialer Richtung nur eine schlechte Isolation zueinander haben und die scheibenförmige Trennwand wird nur einen illusorischen Wert besitzen. Hierdurch aber hat man zugleich auch die Durchschlagsfestigkeit des ursprünglichen Zylinders selbst stark geschwächt, da an der Stelle *a* stets kleine Lufträume bleiben werden und außerdem das Material an dieser Stelle besonders schlecht gepreßt wird, so daß also über den Weg der fächerförmigen Auseinanderteilung stets ein Durchschlag durch das im günstigsten Falle nur halb so starke Material zum inneren zu isolierenden Eisenkörper stattfinden wird. Die Praxis zeigt auch, daß an diesen Rändern mit absoluter Sicherheit jedesmal der Durchschlag liegt. Derartige Konstruktionen sind zu vermeiden.

Auch die nicht besonders erwähnten Fälle *b* und *c* sind in gleicher Weise unvorteilhaft; der Fall *c* kommt jetzt noch verhältnismäßig häufig vor. Man soll diese Konstruktion stets dadurch vermeiden, daß man Rohre mit aufgesetzten Scheiben nimmt und eine größere Dimension wählt, um klare elektrische Verhältnisse zu haben. Bei den üblichen Anwendungsgebieten der Mikanitformstücke sind die eben besprochenen prinzipiellen Fehler streng vermieden.



Die Rundrohre werden aus Formmikanit oder besser aus frisch geklebtem Material über Runddorne bis zur gewünschten Wandstärke aufgewickelt und gebrannt. Das fertige Rohr soll nach dem Beschneiden der überstehenden unregelmäßigen Enden einen hellen, klaren Klang besitzen. Je fester das Rohr gewickelt ist, desto klarer klingt der Ton beim Anschlagen an einen eisernen Gegenstand oder beim Aufstoßen auf einen festen Fußboden.

Die Herstellung der Fassonrohre von anderem als kreisförmigen Querschnitt erfolgt in eisernen Formen mit einem längsgeteilten Eisenkeil, wobei man das Material um die Keile wickelt, bei erreichter Wandstärke in die Form legt, die Keile auf richtiges Innenmaß gegeneinander treibt und die Form brennt. Nach dem Erkalten öffnet man die Form, zieht das Rohr heraus und schlägt die Keile aus. Die auf diese Art hergestellten Rohre sind zwar gegen Erwärmung etwas widerstandsfähiger, als bei der später beschriebenen Herstellungsart, jedoch erfordert diese Herstellung viel Zeit und hat einen sehr erheblichen Nachteil. Derartige Rohre besitzen nämlich in 90% aller Fälle eine Naht; mag nun diese Naht auch klein sein, jedenfalls ist das Gefüge des Glimmers bis auf äußerlich nicht erkennbare Tiefen hinein gestört und gerade bei den Hochspannungsmaschinen, bei denen diese Rohre in größtem Umfange angewendet werden, hat sich dieser Fehler in unliebsamer Weise bemerkbar gemacht. Man ist deshalb immer mehr von dieser Art der Anfertigung zurückgegangen und stellt heute fast nur noch Rohre in nahtloser Ausführung her, indem man nahtlose Rundrohre in die gewünschte Fasson preßt und brennt.

Bei der letzteren Art der Herstellung ist das Auftreten einer Naht nicht möglich. Die Prüfungsresultate werden bedeutend gleichmäßiger.

Man kann derartige Fassonrohre mit einer Betriebsspannung von etwa 2000—2500 Volt pro Millimeter Wandstärke bei den üblichen vorkommenden Spannungen beanspruchen. Wie die Prüfung dieser Rohre vorzunehmen ist, ist immer noch strittig und diese Frage wird wohl auch noch auf lange Zeit hinaus ein besonders schwieriger Punkt bei der Bearbeitung von Prüfvorschriften bleiben. Eine kurzzeitige Prüfung mit hoher Spannung etwa innerhalb einer Minute ist die am meisten angewendete Prüfungsmethode. Die hier gestellten Anforderungen schwanken nun außerordentlich zwischen 7000—12000 Volt pro Millimeter. Ein 2 mm starkes Rohr soll demnach bei der höchsten Forderung mit 24000 Volt geprüft werden. Diese Spannung liegt aber der Durchschlagsspannung bereits auf etwa 2000—4000 Volt nahe, so daß man bei solch hohen Prüfungen das Rohr stark gefährdet, obwohl es der Prüfung standhält. Man kann experimentell zeigen, daß Rohre, die unzulässig hoch geprüft sind und die Prüfung bestanden haben,

nach Einschalten mit der halben Spannung teils sofort, teils innerhalb kürzester Frist, d. h. innerhalb einer Minute durchschlagen. Die Prüfungen selbst werden allgemein ausgeführt, indem man das Innere der Rohre mit Kupfer- oder Eisennadeln ausfüllt und die äußere Belegung durch Stanniol bildet. Ein viel zuverlässigeres, mit der Praxis mehr übereinstimmendes Prüfungsergebnis erhält man bei der folgenden Prüfungsmethode, welche die Erwärmung unter dem Einfluß des elektrischen Feldes zum Maßstabe der Güte des Materials nimmt. Bei dieser Methode soll man nicht Eisennadeln, sondern nur unmagnetisches Material verwenden, da unter Umständen die Wirbelstromverluste eine nicht unerhebliche zusätzliche Erwärmung verursachen. Man stellt hierbei die Anforderung, daß bei der Beanspruchung des Materials mit 6000 Volt pro Millimeter keine höhere Erwärmung eintritt, als  $20^{\circ}$ . Die Prüfungsdauer muß dann allerdings  $\frac{1}{2}$  Stunde betragen, um die stationäre Temperatur zu erreichen. An diesem großen Zeitaufwand scheidet eben die praktische Durchführung. Durch Parallelscheiben einer größeren Zahl von Rohren kann man den Zeitverlust verringern. Hierbei aber ist zu bedenken, daß die Belegungen als Kondensator wirken und durch das Parallelschalten recht erhebliche Kapazitäten auftreten und unkontrollierbare Spannungserhöhungen die Folge sein können. Notgedrungen nimmt man daher die kurzzeitigen Prüfungen vor und wird mit nicht gar zu hohen Spannungen prüfen. Für ein Rohr mittlerer Beanspruchung wird man mit 8000—9000 Volt pro Millimeter Beanspruchung bei der Prüfung auskommen. Für die Stärkenbemessung der Rohre werden die folgenden Angaben den Durchschnitt der für diese üblichen Betriebsspannungen zeigen:

3000 Volt	=	1,5 mm,
4000 „	=	1,75—2 mm,
5000 „	=	2—2,5 mm,
7000 „	=	3 mm,
10000 „	=	4—4,5 mm.

Im Betriebe erfolgt der Durchschlag der Rohre in den allermeisten Fällen unmittelbar beim Eintritt des Rohres in den Eisenkörper oder auch bei den gelüfteten Maschinen an den Kanten der Luftschlitze. Durch Abrunden der scharfen Grate und Kanten an den äußeren Endblechen des Ständers kann man die ungünstige elektrische Feldentwicklung derart beeinflussen, daß das Zusammendrängen der Kraftlinien an diesen Stellen vermindert wird. Dieses Mittel versagt jedoch an den im Innern des Ständers liegenden Luftschlitzen. Nach einem jüngst erteilten D. R. P. ist man jedoch in der Lage, über der Axialfläche des Rohres ein homogenes elektrisches Feld dadurch zu erhalten, daß man eine Metallfolie um das Glimmerrohr legt und diese Metall-

folie durch eine dünne Hartpapierumlage schützt, die mit der Metallfolie verbundenen Kupferstreifen herausführt und diese sowohl unter sich, als auch mit dem Ständereisen verbindet.

Für die Herstellung von Kollektoringen gibt es gleichfalls zwei Methoden. Die ältere Art, die noch heute stark verbreitet ist, benutzt zur Anfertigung Mikanitstreifen geeigneter Längen und Breiten, welche in die Ringform zylindrisch eingelegt werden und zur Erzielung eines Innenkonus Einschnitte erhalten, welche gestatten, daß sich die entstehenden Zacken, entsprechend dem Innenkonus, überdecken. Derartige Ringe besitzen ein glattes Äußere, da die Glimmermaterialplatten ihrer Fläche nach zylindrisch oder konisch, in letztem Falle infolge der Einschnitte, verarbeitet sind. Diese Ringe haben nun den Nachteil, daß sie beim Einpressen aufreißen, wenn sie nicht sehr genau gearbeitet sind. Dieses ist bei Mikanit, wenn man den Maßstab der Metallbearbeitungspräzision anlegt, nur ganz ausnahmsweise möglich. Dieses Aufplatzen geschieht äußerlich unbemerkbar; erst die elektrische Prüfung weist an dem zusammengesetzten Kollektor auf den Fehler hin. Man verwendet daher lieber Ringe, die nach einer anderen, etwas kostspieligeren Art hergestellt sind, die aber eine wesentlich größere Sicherheit gegen das Aufplatzen gewährleistet. Man legt in radialer Anordnung schuppenförmig schmale Mikanitstreifen übereinander, deren Länge der gestreckten Höhe des Kollektoringes entspricht. Die Wandstärke des fertigen Ringes wird durch eine mehr oder minder größere Anzahl dieser schuppenförmigen, konzentrisch zulaufenden Lagen erzielt. Nach erfolgter Pressung zeigt die Oberfläche des Ringes innen wie außen parallel verlaufende Linien, welche an dem Innenkonus konzentrisch zueinander laufen. Diese Linien sind die Endbegrenzungen der vorher beschriebenen radial gelegten Streifen.

Die derart hergestellten Ringe weisen nun eine erheblich größere Elastizität auf, insbesondere können sie sich ein wenig dehnen und werden infolgedessen nur bei unverhältnismäßig großen Abweichungen aufplatzen. Hierzu kommt noch, daß die Genauigkeit der Wandstärke im Ringe selbst bei dieser Methode eine größere ist, als bei den Materialringen. Die Kollektoren, welche mit derartigen, sogenannten Streifenringen angefertigt sind, werden daher im Durchschnitt fester sein, als diejenigen, welche mit sogenannten Materialringen hergestellt sind.

Es sei zum Schlusse noch auf eine weit verbreitete Unachtsamkeit hingewiesen. Sehr viele Kollektoringe oder Manschetten werden mit zylindrischer Außenwand hergestellt. Es ist einleuchtend, wie diese zylindrische Form besonders hoher Ringe das Herausbringen aus der Form erschwert. Die Ringe haften, besonders wenn der Winkel nur

$30^\circ$  ist, sehr fest am Zylinder. Die Formen müssen stark geputzt werden, nutzen sich schnell ab und die Ringe werden bei zunehmender Wandstärke im Außenumfang größer; der Innenumfang aber wird kleiner.

Für den Kollektorbau sind mit Verwendung solcher Ringe oder zylindrischer Außenform eine Reihe von Nachteilen verbunden. Der Kollektor muß sehr genau gedreht sein, damit der Ring gut hineinpaßt; häufig muß nach dem Mikanitring gearbeitet werden. Paßt der Ring nur etwas zu stramm, so wird er dadurch verletzt, daß das Zylinderteil sich festklemmt, der Innenkonus aber noch nicht aufliegt. Beim Nachziehen wird der Ring einfach durchgepreßt.

Sehr viel einfacher gestaltet es sich aber für den Hersteller und Verbraucher der Ringe, wenn er der Außenfläche als Kegelfläche von nur  $2^\circ$  besser noch  $3^\circ$  Neigung gibt, Abb. 8 bis 11. Es soll einzig und allein die Innen-

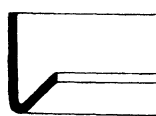


Abb. 8.

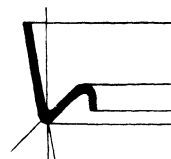


Abb. 9.

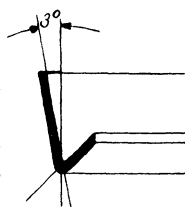


Abb. 10.

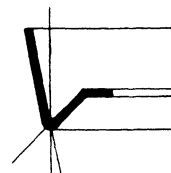


Abb. 11.

konusfläche, die im Bilde mit  $30^\circ$  Neigung angenommen ist, die gesamte Pressung aufnehmen und die Zentrierung bewirken. Alle übrigen Mikanitteile sollen lediglich als Isolation dienen und mechanisch nicht beansprucht werden.

Die konischen Ringe werden an sich genauer in der Wandstärke. Indem man einige Zehntel Millimeter Luft gibt und am besten im Kupfer statt  $3^\circ$  einen Konus von  $3\frac{1}{2}-4^\circ$  anwendet, erreicht man mit Sicherheit das vorbeschriebene Ziel.

### Literaturverzeichnis.

- Joh. Beckmann, Vorbereitung zur Warenkunde oder zur Kenntnis der vornehmsten ausländischen Waren. Göttingen 1796, Bd. 2, erstes Stück.  
 Hintze, Handbuch der Mineralogie. Bd. 2. Silikate und Titanate 1897.  
 Memoirs of the geological survey of India. Bd. 34. Calcutta 1902.  
 Cirkel, Mica its occurrence, exploitation and uses. Ottawa Canada 1905.  
 Hugh S. de Schmidt, Mica its occurrence. Second Edition 1912, Ottawa.  
 Turner & Hobart, Die Isolierung elektr. Maschinen. Berlin 1906.  
 Tschermak, Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie 1878, S. 14 und 1879, S. 122.  
 Jahresbericht über die deutschen Schutzgebiete 1904—1910.  
 F. Wiggins in „Electrical Review“ 1912.  
 The Optical and Physical Properties of Mica. Silvanus Thompson.  
 The Optical and Photographic Trade Journal 1912, S. 101, London.

- Albert Brun, Bull. de la Soc. Fr. de Minéralogie, Februar-März 1913, S. 44—45.  
Siehe auch gleiches Thema Arsendaux Bull. de la Soc. de Min. April 1913.
- Dölter, Handbuch der Mineralchemie, 1914.
- Niggli, Hydrothermale Synthese. Zeitschrift für Anorganische Chemie 83 mit ausführlicher Literatur 84 und 87.
- Hans Zeitler, Der Glimmer. Verlag Jaroslaws. Erste Glimmerwarenfabrik in Berlin. 1913.
- Dammer & Tietze, Die nutzbaren Mineralien. Bd. 2, S. 315. Stuttgart: Ferdinand Enke, 1914.
- T. S. Taylor, Wärmeleitfähigkeit von Isolier- und anderen Stoffen. Electric Journal (Pittsburg). Dezember 1919, Bd. 16, Nr. 12, S. 526—532.
- R. P. Jackson, Electric Insul. Material Electric Journal. August 1919.
- Désiré Pector, Revue Générale de l'Electricité, 1919. De quelques matières premières nécessaires à l'Industrie électrique: la mica 673, 701, 735, 769 behandelt sämtliche z. Zt. bekannten Glimmervorkommen der Welt und gibt auch zahlreiche minderwichtige Literatur.