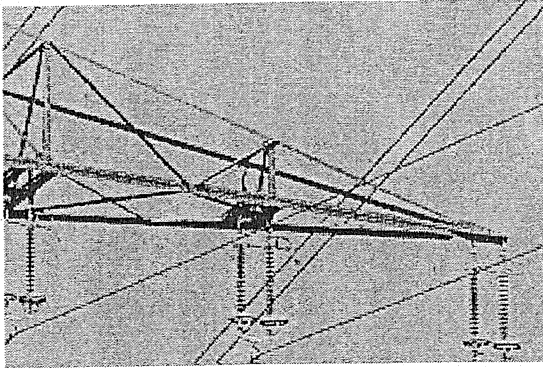




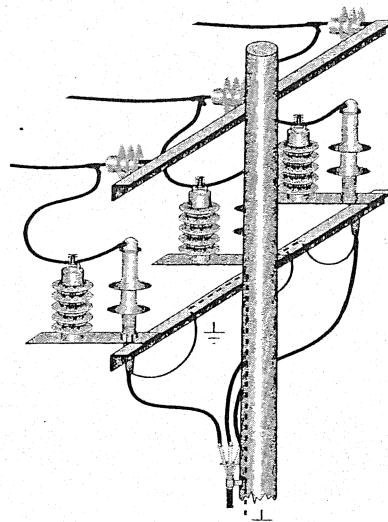
INTERNE PRODUKTESCHULUNG (Produktion)

Referat: A. Wermelinger
März 2001

I. VERBUNDISOLATOREN



II. ÜBERSPANNUNGSABLEITER



I. VERBUNDISOLATOREN

1. Allgemeines

Stromführende Leiter, wie beispielsweise Leitungsseile und Sammelschienen, müssen gegenüber der Tragkonstruktion isoliert werden. Das Isolationsvermögen muss auch bei ungünstigsten Betriebsbedingungen infolge klimatischer Verhältnisse bei wechselnder Umgebungstemperatur, Luftfeuchtigkeit, Tau, Nebel, Regen, Eis, Wind, Schnee- bzw. Eisabwurf, Blitzschlag, aber auch Verschmutzung durch Niederschlag von Staub, Salzen, Verbrennungsprodukten und Industrieabgasen ausreichend bemessen sein. Neben den hohen mechanischen Anforderungen muss ein Isolator durchschlagfest sein und sich über mindestens 50 Jahre durch seine Eigenschaften auszeichnen.

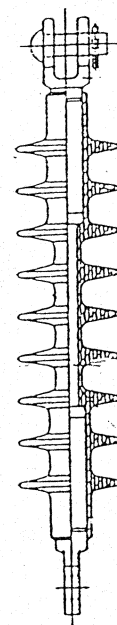
Seit der Schaffung des ersten Porzellanisolators durch Werner von Siemens im Jahre 1849 wurden die Isolatoren zu hochwertigen Betriebsmitteln weiterentwickelt.

Wir unterscheiden:

- Porzellanisolator	bestehend aus Kaolin, Feldspat und Quarz
- Steatitisolator	bestehend aus Kaolin, Feldspat und Speckstein
- Glasisolator	bestehend aus alkali-, kalk- und silikathaltigem Glas
- Giessharzisolator	bestehend aus Epoxidreaktionsharzen
- Teflonisolator	bestehend aus GFK-Kern und Teflonhülle
- EPDM Isolator	bestehend aus GFK-Kern und EPDM-Gummihülle
- Silikonisolator	bestehend aus GFK-Kern und Silikon-Gummihülle

2. Eigenschaften von Verbundisolatoren

- ◆ in beliebigen Längen als einteiliger Isolator herstellbar
- ◆ keine Zwischenarmatur
- ◆ geringere Mastbauhöhe, Kompaktbauweise
- ◆ variable Kriechweglänge
- ◆ keine Beschädigung bei Störlichtbögen
- ◆ hervorragendes Fremdschichtverhalten auch bei Salz und anderen Verunreinigungen
- ◆ Perlenbildung von Wasser dank Hydrophobie
- ◆ erhebliche Reduktion von Reinigungsarbeit
- ◆ geringerer Verschleiss in Sandsturmgebieten
- ◆ keine Bruchschäden dank gummielastischer Oberfläche
- ◆ hohe Beschuss- und Steinschlagsicherheit
- ◆ geringes Gewicht, Faktor 5 bis 20 im Vergleich zu Porzellan
- ◆ dynamisch belastbar auf Zug, Druck und Biegung
- ◆ ideal für höhere Fahrgeschwindigkeiten
- ◆ durch hohe Elastizität kein Doppelkettenbruch
- ◆ auch Kleinserien für spezifische Problemlösungen
- ◆ problemloser Transport bezüglich Gewicht und Verletzung im Vergleich zu Porzellan; speziell das Hochziehen auf die Masten ist viel einfacher



3. Die Komponenten

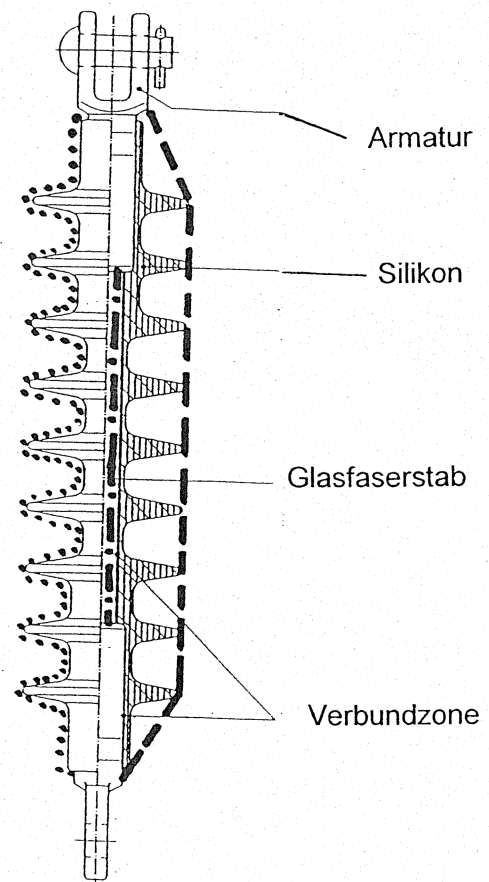
3.1 Silikon

Grundelement von Silikonkautschuk ist eine Silizium-Sauerstoffverbindung. Diese lässt auf eine sehr grosse Ähnlichkeit mit dem Charakter der SiO-Bindung in Quarz schliessen.

Die Struktur erklärt einige der ungewöhnlichen chemischen und physikalischen Eigenschaften dieses Elastomers. Die Ursache der Flexibilität liegt im Silikonpolymer selbst und wird nicht durch Zugabe von Weichmachern erzielt. Es kommt also nicht zum Ausschwitzen von Weichmachern und in der Folge zu Verunreinigungen der Umgebung und einer Versprödung des Kunststoffes. Bei druckloser Vulkanisation kommt die Additionsvernetzung bei Raumtemperatur zur Anwendung. Es entstehen keine Vernetzerspaltprodukte. Man unterscheidet im allgemeinen zwischen RTV- und HTV-Silikon. RTV vernetzt drucklos unter Raumtemperatur. HTV vernetzt unter Druck bei hoher Temperatur. Es gibt auch den Zwischentypen: LSR. Durch Fortschritte in der Chemietechnologie bestehen heute praktisch keine Unterschiede zwischen RTV- und HTV-Silikon bezüglich Kriechstrom- und Lichtbogenfestigkeit. Bei Silikon bleibt die Hydrophobie, d.h. die wasserabstossende Wirkung, als ein sich regenerierender Langzeiteffekt erhalten. Die jahrzehntelangen guten Erfahrungen mit tausenden von Freiluftanwendungen, insbesondere in Gebieten mit hohem Verschmutzungsgrad, speziell im Nahen Osten, sind ein Hinweis für die gute Eignung.

3.2 Der Glasfaserstab

Der Glasfaserstab (GFK) ist ein sogenannter Verbundstoff. Er besteht aus einer Vielzahl von Glasfasern, die mit einer sie umgebenden Harz-Matrix chemisch gebunden sind, und er erreicht eine höhere mechanische Festigkeit als Stahl. Dabei gibt es in bezug auf die Qualität des Endproduktes wesentliche Unterschiede sowohl in den Eigenschaften der zwei Grundkomponenten (Glasfaser- und Matrixmaterial) als auch im Herstellungsverfahren. Beim letzteren zeichnet sich das Strangpressen (im Gegensatz zu dem bei den meisten Stabherstellern durchgeführten Strangziehen) durch eine gleichmässige Werkstoffstruktur sowie eine optimale Kontrolle und Regelung der qualitätsbeeinflussenden Herstellungsparameter, wie z.B. Homogenität und Unidirektionalität der Glasfaser über dem Stabquerschnitt, aus.



..... = Kriechstrecke
 -.-.- = Durchschlagstrecke
 ----- = Überschlagstrecke

3.3 Metallarmaturen

Die Metallarmaturen übernehmen die lösbaren gelenkigmechanischen Funktionen zwischen spannungs- und erdseitigen Komponenten und dem Isolierteil. Diese können aus feuerverzinktem Guss- oder Schmiedeteilen, aber auch aus rostbeständigem Stahl, Aluminium oder Kuprodukt usw. und neu sogar aus Silikon (jedoch bei isolierten Leitungen) bestehen. Die Anschlussgeometrie, ob Gabel-Lasche, Klöppel-Klöpelpfanne bestimmt der Anwendungsfall. Wir bevorzugen aus fertigungstechnischen Gründen das Gabel-Lasche-System.

3.4 Die Verbundzone

Je nach Produktionskonzept und Herstellungsverfahren gibt es bei jedem Verbundisolator verschiedene Verbundzonen sowohl zwischen den einzelnen Komponenten des Isolators als auch im eigentlichen Verbundwerkstoff, dem GFK-Stab. Bei allen diesen Zonen muss eine möglichst gute Haftung an der Grenzfläche der zusammenkommenden Materialien vorausgesetzt werden, damit keine Hohlräume und somit im Betrieb keine Teilentladungen stattfinden, die bei kritischer Feldstärke und Dauer zu Alterung und Beschädigung der Isolierung führen können.

3.5 Kriechstrecke

Unter der Kriechstrecke eines Isolators versteht man den kürzesten Weg, den der Strom entlang der Oberfläche von der metallischen Hochspannungsarmatur bis zur metallischen Erdarmatur zurücklegen muss.

3.6 Durchschlagstrecke

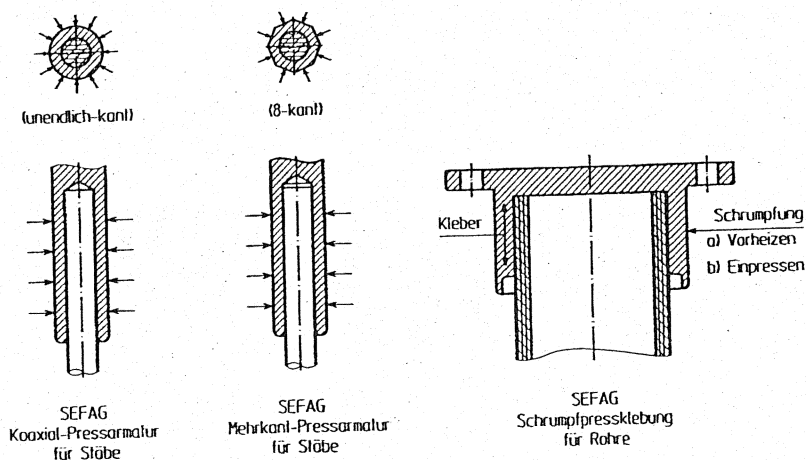
Die Durchschlagstrecke ist der Weg des Kurzschlussstromes durch die Isolatoren.

3.7 Überschlagstrecke

Die Überschlagstrecke ist der Weg des Kurzschlussstromes (Lichtbogens) via Luft.

3.8 Armierung

Während die elektrischen und chemischen Anforderungen von der geschlossenen Silikonbeschichtung übernommen werden, sind die mechanischen Funktionen dem Glasfaserstab und der Metallarmatur zugeordnet. Um gleichbleibende Bruchkräfte zu erreichen, sind Armaturen und Stäbe dauernd auf Masshaltigkeit zu prüfen.



3.9 Primern, Haftvermittler

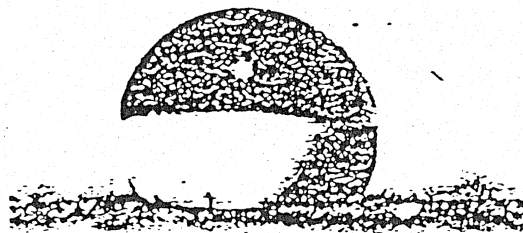
Die Qualität des Primerns ist von entscheidender Bedeutung: Perfekte Stabreinigung, reiner Primer, Kontrolle des Ablaufdatums für den Primer, Primer kühl und dunkel lagern (z.B. im Kühlschrank), Primer nie zurückleeren, Verfahrensanweisungen genauestens einhalten, gewissenhaftes Auftragen des Primers, saubere Umgebung, sorgfältige Handhabung beim Einlegen in die Spritzform, Dichtpartien in der Form sauber halten, vor Staub schützen (z.B. beim Wischen), nicht berühren, Raumtemperatur mind. 18°C und dies jeweils 10 Stunden vor Produktionsbeginn, dauernde Kontrolle von sich selbst und der Mitarbeiter bezüglich aller Einflussgrößen. Diese Anforderungen gelten selbstverständlich auch beim Extrudieren, Giessen und Beschirmen.

3.10 Teilentladung

Hohlräume wie Lunker, Spalte (Zwickel oder Spitzen) werden zur Bildung von Teilentladungen vorausgesetzt. Beispielsweise sind Hohlräume in der Isolierstrecke äusserst gefährlich. Durch den existierenden, hohen Spannungsabfall über einen kleinen von aussen nicht sichtbaren Hohlraum oder entlang einer Spalte (keine Haftung) kann Teilentladung entstehen. Z.B. Gas in einem kleinen Hohlraum kann durch den hohen Spannungsabfall pro mm (elektrische Feldstärke) ionisieren. Positiv bzw. negativ geladene Ionen wechseln dann mit der Frequenz (50mal pro Sekunde) die Orientierung zum Minus- bzw. Pluspol. Da es sich bei den Ionen auch um Materie handelt und diese somit Gewicht (Masse) hat, wird sie durch die Umpolung dauernd beschleunigt und durch Aufschlag an der Hohlraumwand gebremst. Dadurch entsteht Erosion (punktuelle Verbrennungen) und letztlich der Durchschlag, d.h. der mechanische Bruch bzw. der Netzausfall.

3.11 Hydrophobie

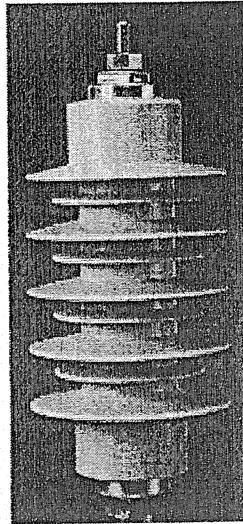
Auf den Punkt gebracht bedeutet Hydrophobie in unserem Fall die perlartige Benetzung der Schirmoberfläche. Dadurch wird der Kriechstrompfad dauernd gestört bzw. unterbrochen. Diese Wirkung ist für Silikon typisch. Bei anderen Stoffen benetzt die Oberfläche gleichmässig und der Kriechstrom hat es einfacher.



3.12 Folgerung

Erfahrungsgemäss kann man heute davon ausgehen, dass hohlraumfreier GFK und hohlraumfreies Silikon mit perfekter Haftung den problemlosen Einsatz von Verbundisolatoren garantieren. Eine weitere Voraussetzung ist die korrekte Verbindung der Metallarmatur mit dem Stab bzw. dem Rohr.

II. Überspannungsableiter



1. Allgemeines

Der Überspannungsableiter ist ein Schutzgerät, das vorwiegend zwischen einem spannungsführenden Leiter und Erde geschaltet wird, um Überspannungen jeder Art auf ungefährliche Werte zu begrenzen. Die dazu im Ableiter entstehende leitende Verbindung ist vorübergehender Art und wird nach Stromdurchfluss selbsttätig wieder isolierend.

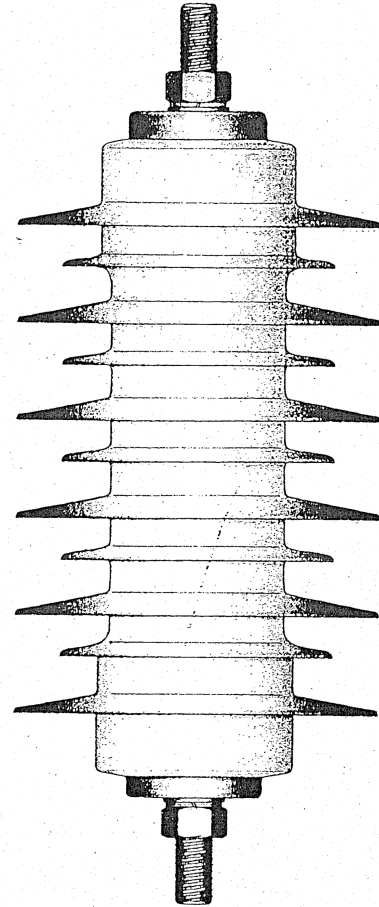
Schlägt der Blitz direkt in das Phase-seil der Leitung, so erhält dieses plötzlich sehr hohe Spannung. Stromstärken von 1'000 bis 100'000 Ampère und mehr treten auf. Wenn der Blitzstrom mit geringem Widerstand durch den Überspannungsableiter zur Erde abfließen kann, so treten keine Störungen und Schäden auf.

2. Funktionsweise

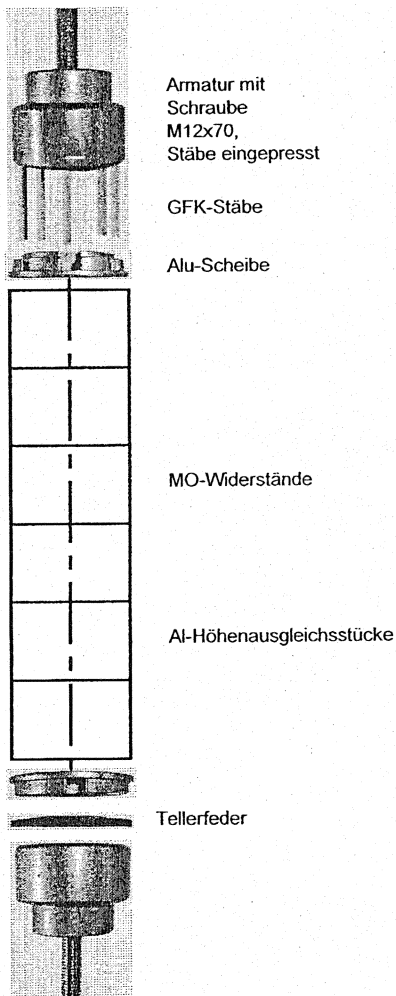
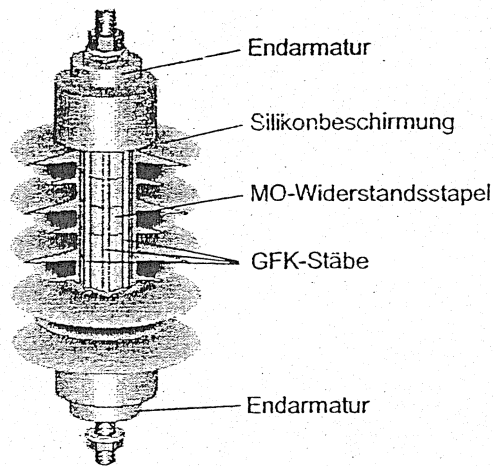
Im Normalbetrieb kann der Überspannungsableiter als parallelgeschalteter, funktionsloser Isolator eingestuft werden. Anstelle des GFK-Stabes ist er mit nichtlinearen Widerständen bestückt, welche bei Betriebsspannung so gut wie keinen Strom durchlassen. Wenn die Betriebsspannung überschritten wird, so gehen die Widerstände mit unvorstellbarer Geschwindigkeit in den leitenden Zustand über. Nachdem die Überspannung abgebaut ist, fällt der Überspannungsableiter wieder in den isolierenden Zustand zurück.

3. Eigenschaften von Mittelspannungsableitern

- ◆ Gehäuse aus geschlossenem HTV-Silikonmantel
- ◆ geringes Gewicht, ca. 50 % leichter als Porzellanableiter
- ◆ hervorragende Umweltbeständigkeit
 - UV- und salznebelbeständig
 - lebenslange Hydrophobie (im Gegensatz zu EPDM)
 - bildet keine leitende Schicht bei Verschmutzung und Feuchtigkeit → gutes Fremdschichtverhalten
 - der Kriechweg kann im Vergleich zum Porzellanableiter geringer gewählt werden
- ◆ einfache Handhabung (Transport, Montage etc.)
- ◆ resistent gegen Vandalismus
- ◆ geringe Brandlast, selbstverlöschend
- ◆ keine toxischen Stoffe im Brandfall
- ◆ sicheres Verhalten bei Überlastung durch Käfigkonstruktion (kein Teileauswurf)
- ◆ keine Dichtigkeitsprobleme durch direkt aufgespritzte Silikonbeschichtung



4. Aufbau



Die Armatur übernimmt die mechanische Armierung, den elektrischen Anschluss und den wasserdichten Verbund zur Silikonbeschirmung.

Die GFK-Stäbe halten das ganze Paket mechanisch und isolierend zusammen.

Die Alu-Scheibe verhindert mechanische Spannungsspitzen auf die brüchig-harten Widerstände.

Die MO-Widerstände sind das Aktivglied und sind je nach anliegendem Spannungswert Isolator oder Leiter.

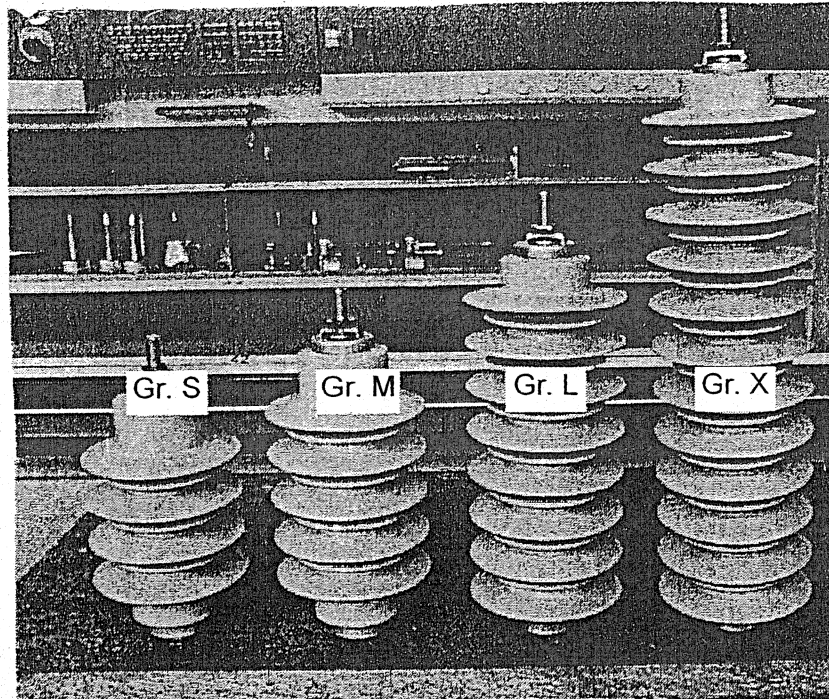
Die Alu-Höhenausgleichsstücke dienen zur Anpassung der Widerstands-Paket-Länge an normierte Baugrößen.

Die Tellerfeder sorgt für eine dauernde mechanische bzw. elastische Vorspannung, dies als Voraussetzung für die elektrische Kontaktierung.

Die Silikon-Beschirmung übernimmt den atmosphärischen Schutz des Innenlebens und bildet den Kriechweg.

5. Baugrößen der Überspannungsableiter

Die Sefag AG kann zurzeit vier Abmessungen produzieren.



<i>Grösse</i>	<i>Bedeutung</i>	<i>Bemessungsspannung</i>
S	Small	6 - 15 kV
M	Medium	18 - 21 kV
L	Large	24 - 30 kV
X	eXtra Large	36 - 45 kV

6. Spannungseinschränkung

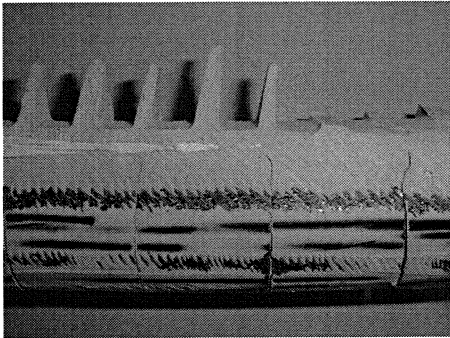
Man unterscheidet bei den MO-Widerständen solche mit eingeschränkter und solche mit uneingeschränkter Restspannung. Sie sind durch Farben gekennzeichnet. Die Auswahl des entsprechenden Widerstandes ist aber davon abhängig, nach welcher Norm und welchen Kriterien der Kunde seinen Ableiter auswählt, entweder nach IEC oder VDE.

7. Prüfungen

Die Ableiter sind nach den neuesten Regeln der Technik entwickelt und typgeprüft. Die Fabrikationsprüfungen umfassen eine 100 %-Prüfung jeder einzelnen Widerstandsscheibe und eine umfassende Stückprüfung des kompletten Überspannungsableiters wie Ableitercharakteristik, Leistungsverlust und TE.

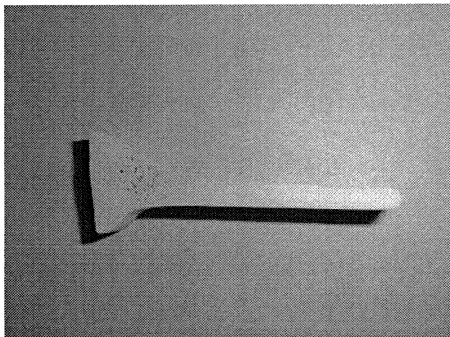
III. DIE ALLERWICHTIGSTEN PRODUKTIONSKRITERIEN für Verbundisolatoren und Überspannungsableiter

1. Die einwandfreie Haftung



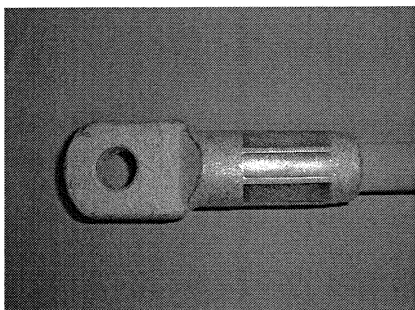
Beispiel hervorragender Haftung

2. Der porenfreie Isolierkörper



Schlechtes Beispiel mit Poren → TE. Bei den Einlegkörpern ist es enorm wichtig, dass die Einlegtemperatur 120°C nie unterschreitet, sonst können Poren entstehen.

3. Die perfekte Armierung



- | | |
|-----------------------------|----------------------------|
| - bei Überpressung | → Stabbruch |
| - bei Unterpressung | → Ausrutscher |
| - bei korrekter Verpressung | → hervorragende Verbindung |

IV. WIE ENTSTEHT QUALITÄT?

1. Qualität ist Geisteshaltung plus Technik
2. Qualität beinhaltet Ordnung, Sauberkeit, Disziplin, Motivation und Qualifikation
3. Qualität muss von jedem Mitarbeiter produziert werden
4. Qualität bedeutet, ein Problem lösen und nicht nur feststellen
5. Qualität bedeutet miteinander reden
6. Qualität heisst, den Dingen auf den Grund zu gehen
7. Die nächste Abteilung ist der Kunde und er hat das Recht auf einwandfreie Qualität
8. Das QM-System soll nicht nur die Qualität der Produkte sichern, sondern auch auf ihre ständige Verbesserung hin ausgerichtet sein
9. Qualität bedeutet konkurrenzfähig produzieren
10. Qualität bedeutet ein zufriedener Mitarbeiter, eine zufriedene Geschäftsleitung und ein zufriedener Kunde