

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

I
L. inw. 320

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000295937

#60

Der
Erdschluss elektrischer Anlagen,

seine Entstehung, Wirkung, Folgen,
Aufsuchung, Beseitigung und seine Beziehungen
zum Kurzschluss.

Von

K. Schindler,

Elektro-Ingenieur.

Mit 20 Figuren im Text.

F. N. 26529



Leipzig,

Verlag von Oskar Leiner.

1905.

60

Der

Erdschluss elektrischer Anlagen,

seine Entstehung, Wirkung, Folgen,
Abwehr, Beseitigung und seine Beziehungen
zum Körperschutz.

Von

K. Schindler,

Elektro-Ingenieur.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA

KRAKOW

I 320



Akc. Nr.

2404149

Vorwort zur ersten Auflage.

—A—

Das vorliegende kleine Werk ist vorzugsweise für Elektrotechniker, Installateure und Monteure, sowie für Besitzer und Wärter elektrischer Starkstromanlagen bestimmt. Es stützt sich auf langjährige Erfahrungen in der Installationstechnik und füllt in der elektrotechnischen Literatur eine noch bestehende Lücke aus, indem es in leicht verständlicher, aber in jeder Beziehung ausführlicher Weise alle möglichen Ursachen von Erdschluß klarlegt, wie auch an Hand von Tabellen und praktischen Ratschlägen Mittel und Wege zeigt, diesem gefährlichen Feinde der Installationstechnik erfolgreich entgegenzutreten. Wo es nötig war, ist auch das Thema „Kurzschluß“ berührt, und am Schlusse zur Vervollständigung ein Kapitel über die „Erdung elektrischer Maschinen“ hinzugefügt worden.

So möge denn dieses Werkchen allen denjenigen, für welche es geschrieben ist, jederzeit ein nützlicher Ratgeber sein.

Meißen, 1905.

Der Verfasser.

Inhalts - Verzeichnis.



	Seite
1. Einleitung	1
2. Was ist Erdschluß?	3
3. Welches sind die Hauptursachen von Erdschluß?	4
a) Indirekte Feuchtigkeit	5
b) Direkte Feuchtigkeit	9
c) Bindestellen	10
d) Beschädigung von Rohren unter Putz durch Nägel	10
e) Ankrampen von Klingelleitungen	11
f) Defekte Isolatoren	11
g) Anschlüsse von Ausschaltern	11
h) Lötstellen	12
i) Eisenhaltiges Isoliermaterial	12
k) Bleikabel	13
l) Schlecht isolierte Holzgestelle	13
m) Verlegung in Isolierrohren	13
1. Anzahl der Abzweigdosen	14
2. Lichte Weite der Rohre	14
3. Rohrmuffen	14
4. Isolierrohre im Freien	14
5. Scharfe Rohrkrümmungen	15
6. Befestigung der Rohre	15
7. Eingipsen der Rohre	15
8. Rohrwerkzeuge	15
9. Enden der Rohre	16
10. Verlegung von Rohren in Zement	16
11. Einziehen der Drähte in die Rohre	16
n) Hygroskopische Farben	16
o) Beleuchtungskörper	16
p) Aufbewahrung von Bleistöpseln	17
q) Porzellaneinführungen	17
r) Störungen an Schalttafeln	18
s) Erdschluß an Dynamos und Motoren	19
1. Kollektorschluß	19
2. Bürstenhalter defekt	20
3. Ankerschluß	20
4. Schluß im Nebenschlußregulator	22

	Seite
4. Wirkung und Folgen von Erdschluß	22
a) Energieverluste	22
b) Dunkelbrennen der Lampen	24
c) Unruhiges Licht	26
d) Anbrennen von Leitungen	26
e) Durchbrennen von Schmelzsicherungen	27
f) Übermäßige Erwärmung der Dynamomaschine	31
g) Starkes Funken der Bürsten	33
h) Umpolarisieren von Dynamos	34
i) Stromloswerden von Dynamos	35
k) Brennen ausgeschalteter Lampen	37
l) Wirkung des Erdschlusses auf den menschlichen Körper	38
m) Feuersgefahr durch Erdschluß	41
5. Verhütung von Erdschluß	42
a) Monteure	43
b) Leitungspläne	44
c) Abnahmeprüfung	44
d) Maschinen- und Akkumulatorenraum	46
e) Fundamente	47
f) Leitungen sichtbar verlegen	48
g) Zweipolige Ausschalter	49
h) Abstand der Leitungen von der Wand	51
i) Bindestellen	52
k) Vorsicht beim Einschlagen von Nägeln	52
l) Vorsicht beim Aufhacken des Bodens	53
m) Eingipsen von Isolatoren	53
n) Beleuchtungskörper	53
o) Knotenflechten in Schnurpendeln	55
p) Kupferquerschnitte	56
q) Isolation von Leitungen	58
1. Betriebsräume	59
2. Akkumulatorenräume	59
3. Trockne Räume	60
4. Feuchte Räume	60
5. Räume mit ätzenden Dämpfen	61
6. Durchtränkte und nasse Räume	61
r) Anschluß von Fassungen, Ausschaltern usw.	61
s) Schalttafeln und Verteilungstafeln	62
t) Verteilung von Leitungen	63
u) Annahme eines Sachverständigen	66
6. Aufsuchung und Beseitigung von Erdschluß	67
a) Allgemeines	67
b) Voltmetermethode	68
c) Galvanometermethode	69
d) Glühlampenmethode	70
e) Beseitigung von Erdschluß	71
Anhang. Die Erdung von Dynamomaschinen	73

2. Einleitung.

Der Erdschluss elektrischer Anlagen.



1. Einleitung.

Wohl jedem Installateur und Besitzer elektrischer Starkstromanlagen sind die Eigentümlichkeiten und Wirkungen des sog. Erdschlusses bekannt, welcher sich als eine charakteristische Begleiterscheinung elektrischer Licht- und Kraftanlagen mehr oder weniger fühlbar macht, und trotzdem kann man die Tatsache nicht wegleugnen, daß diesem Gegenstande in den meisten Fällen, in denen es sich um Neuanlagen oder Erweiterungen bestehender Anlagen handelt, nicht genügend Aufmerksamkeit geschenkt wird. So darf es denn auch nicht Wunder nehmen, wenn selbst unter gewissen Fachleuten hier und da noch die Meinung verbreitet ist, der Erdschluß sei ein notwendiges Übel, dessen vollständige Beseitigung in einer Anlage mit feuchten Räumen, wie es beispielsweise die Kellerräume alter Gebäude und die meisten Räume von Neubauten sind, unmöglich sei, und daß ferner elektrische Anlagen in nassen Räumen, wie beispielsweise in Färbereien, Bleichereien, Brauereien, Schlemmereien u. dgl. nicht so solid ausgeführt werden könnten, wie es zur Vermeidung von Erdschluß notwendig sein würde. Diese Ansicht ist nun keineswegs richtig, denn die heutige Installationstechnik gibt Mittel und Wege an die Hand, eine jede elektrische Licht- oder Kraftanlage so sachgemäß und solid ausführen zu können, daß dieselbe frei von Erdschluß

ist und dies bei aufmerksamster Bedienung auch bleibt.

In den weitaus meisten Fällen werden jedoch die Anschaffungskosten einer derartig musterhaften Anlage gescheut, und man begnügt sich mit Ausführungsmethoden, welche mitunter nicht nur als ungeschickt und ungenügend, sondern oft sogar als gefährlich bezeichnet werden müssen. Die Folgen solch unsachgemäß ausgeführter Anlagen bleiben nicht aus, sie treten durch anfangs leichte, dann in immer höherem Maße sich bemerkbar machende Isolationsfehler zutage, und schließlich bildet ein verheerender Brand das Ende. Nur zu oft hört man alsdann die Meinung: „Der Brand entstand infolge Kurzschlusses der elektrischen Leitung!“ Der Laie glaubt den Zeitungsnotizen leichter, als den belehrenden Auseinandersetzungen der Fachleute, und man darf sich keineswegs wundern, wenn die elektrischen Anlagen schließlich immer mehr mit Mißtrauen betrachtet werden, weil die Unterschiede zwischen Erdschluß und Kurzschluß dem Publikum unbekannt sind, und weil es fernerhin bei den meisten Bränden, welche durch elektrische Anlagen entstanden sein sollen, nicht mehr mit Bestimmtheit nachzuweisen ist, welcher Übelstand die wirkliche Ursache des Brandes war, ob Erdschluß, Kurzschluß oder ein anderer Fehler, welcher möglicherweise vom Bedienungspersonal aus Unachtsamkeit oder gar aus Böswilligkeit begangen wurde.

Die Entstehungsursachen von Erdschluß und von Kurzschluß sind vollkommen bekannt, jedoch so unendlich vieler Art, daß eine systematische Zusammenstellung aller Möglichkeiten nicht angängig

sein würde, wohl aber soll in den weiteren Betrachtungen möglichst eingehend auf die am häufigsten auftretenden Erscheinungen in der Praxis eingegangen werden.

2. Was ist Erdschluß?

Erdschluß ist das Vorhandensein einer Potentialdifferenz zwischen einem Pole einer elektrischen Leitung und der Erde, bzw. einem mit der Erde direkt oder indirekt in Verbindung stehenden Gegenstande.

Da man in der Starkstromtechnik durch Anbringung geeigneter Isolation eine solche Verbindung zwischen den Leitungsdrähten und der Erde vermeiden will, so ist also Erdschluß ein direkter Isolationsfehler, welcher um so größer ist, je stärker diese

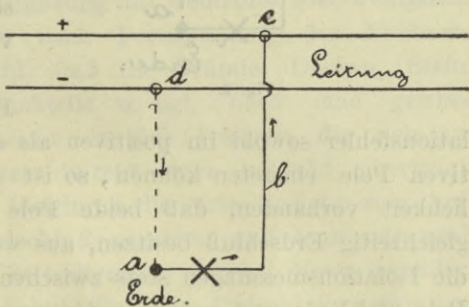


Fig. 1.

unbeabsichtigte Potentialdifferenz ist. Es findet also von einem Leitungspole zur Erde ein Stromübergang statt, woraus hervorgeht, daß zum Zustandekommen von Erdschluß eine leitende Verbindung als Übergangsglied vorhanden sein muß. Wenn also z. B. ein mit der Erde direkt in Verbindung stehender Gegenstand *a* (siehe Fig. 1) mit einem Leitungsdrahte *b* in Verbindung gebracht wird, welcher letzterer bei *c* am positiven Pole einer Leitung angeschlossen wird,

und es herrscht zwischen den Punkten a und c eine Potentialdifferenz, dann spricht man von Erdschluß im negativen Pole, denn es muß zwischen Punkt a und irgend einem Punkte, z. B. d, des negativen Leitungspoles eine leitende Verbindung existieren.

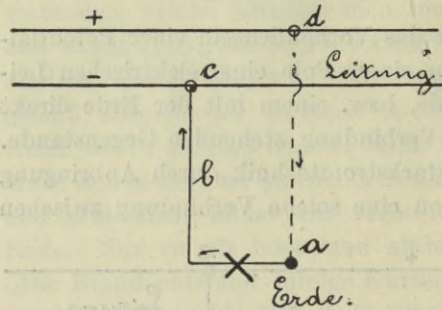


Fig. 2.

steht dagegen zwischen dem positiven Leitungspole (Fig. 2) und dem Punkte a eine leitende Erdverbindung, so spricht man von Erdschluß im positiven Pole. Da Iso-

lationsfehler sowohl im positiven als auch im negativen Pole eintreten können, so ist auch die Möglichkeit vorhanden, daß beide Pole einer Leitung gleichzeitig Erdschluß besitzen, aus welchem Grunde die Isolationsmessungen stets zwischen dem positiven Pole und Erde und zwischen dem negativen Pole und Erde vorzunehmen sind.

3. Welches sind die Hauptursachen von Erdschluß?

Wie bereits in der Einleitung erwähnt wurde, gibt es eine so große Anzahl von Fällen, welche das Entstehen von Erdschluß bedingen, daß es unmöglich ist, alle zu behandeln, und es kann deshalb nur auf die am häufigsten vorkommenden Fälle hingewiesen werden.

Wenngleich das Auftreten von Erdschluß bei

einer sachgemäß und solid ausgeführten Anlage vom rein theoretischen Standpunkte aus als ein Fehler der betreffenden Anlage bezeichnet werden muß, so wird doch jeder Fachmann, namentlich aber der Installateur, der sich vorzugsweise mit der Verlegung von Leitungen und dem Anschließen von Stromverbrauchsgegenständen befaßt, zur Genüge wissen, wie schwierig es ist, gewisse Anlagen so auszuführen, daß ihr Isolationswiderstand genügend hoch ist. Dies wird besonders schwer fallen, wenn es sich um Anlagen in Neubauten handelt, und wenn, wie es häufig der Fall ist, die elektrische Anlage gleichzeitig mit der Bauausführung des Neubaus oder wenigstens so unmittelbar nach Fertigstellung des Neubaus ausgeführt wird, daß die Wände, Decken, Steinfußböden, Stuckteile u. dgl. noch eine gewisse Feuchtigkeit in sich besitzen, die sich auf das Leitungsnetz direkt oder indirekt überträgt.

a) Es ist hierdurch die erste Ursache zum Auftreten von Erdschluß gegeben, und man war noch bis vor kurzer Zeit allgemein geneigt, dieser Feuchtigkeit allein die Schuld für jeden Erdschluß zuschreiben zu müssen. Dies ist nun nicht der Fall, wiewohl zugegeben werden muß, daß von 100 Fällen in 75 Fällen der vorhandene Erdschluß die Feuchtigkeit als Ursache hat. Namentlich in Färbereien, Bleichereien, Brauereien, Brennereien, Papierfabriken, Schlemmereien, Brikettfabriken, Tonwarenfabriken, Zellulosefabriken u. dgl. gibt es derartig feuchte, ja sogar nasse Räume, daß es schwierig ist, die in solche Räume verlegten Leitungen dauernd frei von Erdschluß zu halten, und den vom Verband deutscher Elektro-

techniker als Norm festgesetzten Isolationswiderstand gegen Erde zu erreichen. Aus diesem Grunde hat sich der Verband auch veranlaßt gesehen, für solche Räume eine Ausnahme zu gestatten, und daher sind bei Isolationsmessungen die Leitungen dieser feuchten Räume vorher abzuschalten, was natürlich stets zweipolig, bei Dreileiteranlagen dreipolig zu erfolgen hat, da andernfalls der nicht abgeschaltete Pol, wenn er starken Erdschluß besitzt, ungünstig auf das Resultat der übrigen Messungen einwirkt. Selbstverständlich darf bei einer sorgfältig ausgeführten Anlage auch in den feuchtesten Räumen der Erdschluß ein gewisses Maß nicht überschreiten, sondern sollte immer noch so gering sein, daß die Potentialdifferenz zwischen je einem Pole und Erde nur einen gewissen Prozentsatz der Betriebsspannung erreicht. Zahlreiche vom Verfasser vorgenommene Untersuchungen elektrischer Anlagen haben ergeben, daß für solide Anlagen in feuchten Räumen folgende Maximalwerte des Erdschlusses, ausgedrückt in Prozenten der Betriebsspannung, für zulässig bezeichnet werden können:

1. Feuchte Keller in Wohn- und Fabrikgebäuden bis 2 %
2. Tonschlemmereien, Pferdeställe „ 3 %
3. Lagerkeller in Brauereien „ 3½%
4. Malztennen, Preßräume in Brikettfabriken „ 4 %
5. Kohlenschächte, Stollen usw. „ 4½%
6. Spritfabriken und Brennereien „ 5 %
7. Papierfabriken „ 6 %
8. Zellulosefabriken „ 6½%

- 9. Gärkeller in Brauereien bis 7 %
- 10. Färbereien „ 8 %
- 11. Bleichereien und Appreturanstalten .. „ 9 %
- 12. Ammoniakfabriken „ 10 %

Leider findet man hier und da noch Anlagen, in denen die Feuchtigkeit die Isolation der Leitungsdrähte bereits so stark durchzogen hat, daß der Erdschluß fast die Hälfte der Betriebsspannung und noch mehr beträgt, so daß eine zwischen einen Pol und Erde geschaltene Glühlampe ziemlich hell brennt. Derartige Übelstände sollten bei Revisionen der Anlagen aufs schärfste gerügt und die Beseitigung eines solchen Erdschlusses mit besonderm Nachdrucke gefordert werden, da eine solche Anlage nicht allein große Betriebsstörungen erleiden, sondern sogar gefährlich für das Arbeitspersonal werden kann.

Da die Höhe des Isolationswiderstandes meist in Ohm angegeben wird, und man nicht auf jeder Anlage ein Ohmmeter oder Galvanoskop besitzt, so werden diese Messungen häufig mittels eines Voltmeters ausgeführt, aus dessen Angaben man mit Hilfe nachstehender Tabellen den angenäherten Isolationswiderstand in Ohm bestimmen kann.

a) Betriebsspannung 110 Volt, Widerstand des Voltmeters = 11 000 Ohm.

Ausschlag in Volt	entsprechend Widerstand in Ohm
2 Volt	590 000 Ohm
4 „	290 000 „
6 „	190 000 „
8 „	140 000 „
10 „	110 000 „
15 „	70 000 „

Ausschlag in Volt	entsprechend Widerstand in Ohm
20 Volt	50 000 Ohm
30 „	30 000 „
40 „	19 000 „
50 „	12 000 „
60 „	9 000 „
80 „	4 000 „
100 „	2 000 „
110 „	0 „

b) Betriebsspannung 220 Volt, Widerstand des Voltmeters = 22 000 Ohm.

Ausschlag in Volt	entsprechend Widerstand in Ohm
5 Volt	946 000 Ohm
10 „	462 000 „
20 „	220 000 „
30 „	138 600 „
40 „	96 800 „
50 „	74 800 „
60 „	58 500 „
80 „	38 500 „
100 „	26 400 „
110 „	22 000 „
120 „	18 000 „
140 „	12 500 „
160 „	8 000 „
180 „	5 000 „
200 „	2 000 „
220 „	0 „

Vorstehende Tabellen sind nach der Formel berechnet:

$$W = R \left(\frac{n}{n_1} - 1 \right).$$

Hierbei bedeutet W den gesuchten Isolationswiderstand in Ohm,

R den innern Widerstand des Meßvoltmeters, gewöhnlich 11 000, bzw. 22 000 Ohm,

n die Betriebsspannung in Volt,

n_1 den durch Erdschluß bewirkten Ausschlag in Volt.

Die erste und gleichzeitig die hauptsächlichste Ursache des Erdschlusses ist also die Feuchtigkeit, und zwar dringt dieselbe von der Oberfläche der feuchten Wände über die Installationsmaterialien, wie Porzellanrollen, Klemmen, Bergmannrohre usw., in die Isolierhülle des Kupferdrahtes ein, durchnäßt bzw. zerstört dieselbe allmählich und bietet auf diese Weise dem elektrischen Strome einen unbeabsichtigten Weg von dem stromführenden Kupferleiter nach den feuchten Wänden und von hier zur Erde. Dieser Übertritt des Stromes wird um so leichter erfolgen, je größer die Feuchtigkeit in dem betreffenden Raume und je schlechter die Isolierung des Drahtes ist. Man hat demnach dafür Sorge zu tragen, daß in feuchten Räumen ein möglichst gut isolierter Draht, am besten Gummiader- oder vulkanisierter Draht, zur Anwendung gelangt, und daß der Abstand der Leitungen von den feuchten Wänden reichlich bemessen ist, was am vorteilhaftesten durch Verlegung der Leitungen auf Porzellanisolatoren geschieht, deren eiserne Stützen vor dem Einzementieren zur Vermeidung des Durchrostens mehrmals mit Mennigeanstrich zu versehen sind.

b) Ein zweiter Grund für das Auftreten von Erdschluß in feuchten Räumen ist die direkte Be-

rührung stromführender Teile mit feuchten Wänden bzw. mit Gegenständen, welche in oder an feuchten Wänden befestigt sind. Dieser Fall ist beispielsweise dadurch möglich, daß in einem feuchten Raume infolge zu festem Wickelns der Bindestelle eine Porzellanrolle zersprengt wird, so daß der metallene Bindedraht die Befestigungsschraube berührt, und infolgedessen ein Stromübergang nach der feuchten Wand erfolgt.

c) Durch allzufestes Wickeln der Bindestelle mit Hilfe der Zange kann es auch vorkommen, daß der Bindedraht die Isolierhülle des Leitungsdrahtes durchschneidet und mit dem blanken Leiter in Berührung kommt; es findet dann in sehr feuchten Räumen ein Stromübergang vom Kupferleiter nach dem Bindedrahte und von diesem über die feuchte Oberfläche der Porzellanrolle nach der Wand und von dieser zur Erde statt. Um diesem Übelstande im Entstehen wenigstens einigermaßen entgegenzuwirken, ist es ratsam, jede Bindestelle sorgfältig mit Isolierband zu umwickeln.

d) Sind Leitungen in Isolierrohren unter Putz verlegt, so kann auch der Fall eintreten, daß ein Nagel unbeabsichtigt in das Isolierrohr eingeschlagen wird, um daran Bilder, Kleidungsstücke, Wirtschaftsgegenstände oder dgl. aufzuhängen. Ein solcher Nagel bildet dann ebenfalls eine Ursache von Erdschluß, wenn er einen im Rohre liegenden Kupferleiter berührt. Dieser Fall ist keineswegs selten und sehr ernst zu nehmen, da er zu gefährlichen Kurzschlüssen Veranlassung geben kann, sobald der Nagel beide Pole der Kupferleitung berührt, und die zu-

nächst vorhandenen Schmelzsicherungen für größere Stromstärke eingesetzt sind, als dem Querschnitte des Kupferdrahtes entspricht.

e) Bei unter Putz in Rohren verlegten Leitungen kann ferner durch das Ankrampen von Klingel- oder Telephonleitungen ebenfalls Erdschluß bzw. Kurzschluß herbeigeführt werden, aus welchem Grunde es dringend notwendig ist, über die in Rohren oder Putz verlegten Leitungen einen genauen Verlegungsplan anzufertigen oder lediglich solche Isolierrohre zu verwenden, welche mit einem Eisen- oder Stahlmantel überzogen sind, den man mit einem Nagel nicht durchschlagen kann.

f) Porzellanisolatoren, deren Eisenstützen eingeschweifelt sind, statt sie mit Hanf fest einzudrehen oder einzugipsen, erhalten sehr leicht infolge Temperaturveränderungen Sprünge oder Frostrisse, durch welche die Möglichkeit eintritt, daß die Feuchtigkeit vom blanken Kupferleiter nach der Eisenstütze und von dieser nach der Wand bzw. bei Freileitungen nach der Oberfläche des Holzmastes und alsdann zur Erde gelangt, wodurch ebenfalls Erdschluß entsteht.

g) Zuführungsdrähte zu Ausschaltern wurden früher meist hinter der Holzrosette in den Ausschalter geführt, welche Anordnung direkt verboten ist, da die Drähte durch die Rosette unmittelbar an die Wand angepreßt und durch die Feuchtigkeit allmählich zerstört werden, wobei ebenfalls Erdschluß eintritt. Neuerdings sind die Ausschalter derartig konstruiert worden, daß die Einführungsstelle der Leitung über der Rosette liegt und durch ein kurzes

Ansatzrohr in entsprechender Weise vor Beschädigungen geschützt ist. Große Ausschalter montiert man am vorteilhaftesten auf eine kleine Marmortafel und schraubt diese außerdem noch auf Porzellanrollen, um jede direkte Verbindung mit der Wand zu vermeiden. Zur Verwendung in ganz feuchten Räumen, bzw. im Freien sind sogenannte wasserdichte Ausschalter mit abdichtbarem Gehäuse zu empfehlen, während Isolatoren ausschalter mit blanken Metallteilen sich nicht besonders bewährt haben, weil die Metallteile der Oxydation zu sehr ausgesetzt sind.

h) Lötstellen sind besonders gut zu isolieren, da eine Vernachlässigung dieser Vorschrift das Eindringen von Feuchtigkeit zur Folge haben kann, woraus dann ebenfalls Erdschluß entstehen kann, indem sich durchnäßte Teile des Isolierbandes lösen und mit der Wand oder sonstigen mit Erde in Berührung stehenden Gegenständen in Verbindung gelangen können. Auch kann infolge einer schlecht isolierten Lötstelle die eigentliche Haltbarkeit derselben allmählich sich derartig verringern, daß ein Drahtbruch entsteht, und die herabfallenden Enden des gerissenen Drahtes können sogar zu einem Kurzschlusse Veranlassung geben, sobald sie mit einem stromführenden blanken Metallteile anderer Polarität in Berührung kommen.

i) Eisenhaltiges Isoliermaterial, wie Schiefer oder Marmor, kann ebenfalls zu Erdschluß Veranlassung geben, sobald auf diesen Teilen blanke Kontaktstücke befestigt sind, wie dies beispielsweise bei Sicherungen, Schalthebeln, Regulierwiderständen u. dgl. der Fall ist.

k) Bei Verlegung von Bleikabeln sind scharfe Krümmungen sorgfältig zu vermeiden, da hierdurch ein Reißen des Bleimantels eintreten kann, wodurch die Feuchtigkeit Zutritt zum Kupferleiter erhält und Erdschluß herbeiführt. Auch ist es keineswegs ratsam, zur Herstellung von Krümmungen das Bleikabel stark zu erwärmen, weil hierdurch nicht allein der Bleimantel schmelzen, sondern auch die innere Isolierhülle weich werden kann, so daß sie nachgibt, und schließlich der Bleimantel mit der Kupferseele Kontakt erhält, wodurch natürlich sofort Erdschluß entstehen würde. Häufig wird bei kleinern Anlagen die Verlegung eines Bleikabels notwendig, und hierbei muß der betreffende Monteur sehr zuverlässig sein, denn gerade Bleikabel sind gefürchtete Urheber starker Erdschlüsse, da nur wenig Monteure in der Herstellung von Anschlüssen und Verbindungen mit Bleikabeln genügend Erfahrung besitzen, und eine geringe Nachlässigkeit sich später ganz empfindlich rächt. Es lohnt sich daher stets, jede Bleikabelverbindung und Verlegung von dem Lieferanten des Kabels unter Garantie ausführen zu lassen.

l) Ungenügende Isolation von Akkumulatorenzellen, Holzgestellen, Schalttafeln u. dgl. führt ebenfalls zu Erdschluß; man fülle die Batteriezellen niemals zu voll, um jedes Überlaufen zu vermeiden und Sorge stets für einen trocknen Fußboden im Maschinen- und Akkumulatorenraume, sowie dafür, daß das Nachfüllen von Säure keine Schwierigkeit bietet, da hierdurch der Maschinist leicht nachlässig wird.

m) Sehr unangenehm bemerkbar macht sich der Erdschluß in Anlagen, bei welchen die Leitungen in

Isolierrohren über oder unter Putz verlegt sind, ohne daß hierbei die auf hinreichende Erfahrung begründeten Vorsichtsmaßregeln beachtet worden sind. Es kommen dann Rohrbrüche, rasche Zerstörungen der Rohrsysteme und andere unangenehme Störungen vor, die bei Beachtung folgender Gesichtspunkte vermieden werden können:

1. Man spare niemals an Abzweigdosen, denn durch die reichliche Anzahl von Dosen wird nicht allein das Aufsuchen von Erdschluß oder irgend einer Störung erleichtert, sondern es können auch Auswechslungen von Leitungen bzw. Leitungsteilen schneller und bequemer vorgenommen werden.
2. Man Sorge dafür, daß die Rohre in ihrer lichten Weite groß genug gewählt werden, damit das Einziehen und eventuelle Auswechslern von Leitungen keine Schwierigkeiten bietet.
3. Den Rohrverbindungen ist die größte Sorgfalt zuzuwenden, weil gerade diese Verbindungsstellen, wenn sie undicht sind, zu Erdschluß Veranlassung geben können. In Räumen, in denen ätzende Dämpfe oder Gase auftreten, die Metalle angreifen, verwende man keine Metallmuffen, sondern lediglich solche aus Isoliermaterial, die man bei Verlegung unter Putz in Neubauten ebenfalls ausschließlich anwenden sollte.
4. Im Freien sind Isolierrohre möglichst zu vermeiden, da sie gewöhnlich nicht vollständig

austrocknen und häufig zu Erdschluß Veranlassung geben.

5. Bei scharfen Krümmungen sind die Rohre an den Enden und ebenso die Muffen leicht anzuwärmen, um das Entstehen von Rissen zu vermeiden. Hat ein Rohr beim Umbiegen einen Riß erhalten, so soll man es prinzipiell nicht verwenden, denn die Annahme, „es wird schon halten“, rächt sich späterhin oft sehr.
6. Zur Befestigung der Rohre verwende man möglichst nur Messingrohrschellen oder verzinkte Eisenschellen; gewöhnliche eiserne Krampen sind zu verwerfen, da sie rosten und bei Anwendung auf Messingrohren den Messingmantel angreifen. Bei Verlegung der Rohre unter Putz sind besondere Eisendrahtbefestigungen üblich.
7. Rohre, welche unter Putz verlegt werden, sollen zuerst gut eingegipst und dann erst verputzt werden, da der kalkhaltige Putz die Rohre allmählich zerstört; auch sind die Isolierrohre, ebenso wie die Leitungen selbst von jedem Kalkanstrich freizuhalten.
8. Man verwende bei der Verlegung von Isolierrohrsystemen fast ausschließlich das Handwerkszeug, welches die Firma S. Bergmann & Co., A.-G., Berlin N., besonders für diesen Zweck fabriziert, und man wird dann die Monteure viel williger finden, da sie mit andern Werkzeugen weniger akkurat arbeiten; auch fällt dann die leider allzuhäufige Aus-

rede, „wir haben kein passendes Werkzeug“, fort.

9. Die Enden von unter Verputz verlegten Rohren sollen mindestens $2\frac{1}{2}$ cm aus dem Putze herausstehen, und solange diese Enden nicht angeschlossen werden, sollen die Öffnungen mittels Papier- oder Holzpfropfen verschlossen gehalten werden, damit keine Nässe oder Mörtelteile oder dgl. eindringen können.

10. In Zement oder Beton sollen nur Rohre mit Messingüberzug verlegt werden, da die im Zement enthaltenen ätzenden Substanzen die gewöhnlichen Rohre angreifen und allmählich zerstören.

11. Vor dem Einziehen der Drähte in die Rohre sollen letztere vollständig ausgetrocknet sein, und hierbei ist besonders darauf zu achten, daß sich keine Wassersäcke gebildet haben. Jede etwa angesammelte Feuchtigkeit ist mittels eines Bündels Putzwolle oder Baumwollgarn mit Hilfe des Stahlbandes zu entfernen.

n) Eine weitere Ursache für das Entstehen von Erdschluß ist die Verwendung minderwertiger Farbe zum Streichen von Zellenschalterleitungen, Porzellanrollen, Holzverschlägen, auf denen Leitungen befestigt sind u. dgl. Die Minderwertigkeit solcher Farbe besteht hierbei darin, daß sie Feuchtigkeit aufnimmt oder ätzende Substanzen enthält.

o) Häufig auch tritt der Fall ein, daß beim Einziehen der Leitungsdrähte in Beleuchtungskörper

die Drahtisolation beschädigt wird, so daß eine Berührung zwischen dem Kupferleiter und den Metallteilen des Beleuchtungskörpers und somit Erdschluß auftritt, dafern letzterer nicht isoliert aufgehängt ist, was bei Wandarmen, Kandelabern und ähnlichen nicht an Decken aufgehängten Beleuchtungskörpern nicht immer vollständig zu erreichen ist.

p) An Schalttafeln, Verteilungstafeln oder Zählerbrettern findet man nicht selten die Gewohnheit, daß Bleistöpsel, Bleidrähte, Kontaktschrauben oder dgl. auf den obern Rahmen gelegt werden, um sie gegebenen Falles schnell zur Hand zu haben. So bequem dies nun an und für sich auch sein mag, so unangenehm kann es jedoch werden, sobald ein solcher Gegenstand herunterfällt, und zwar hinter die Tafel, also zwischen Wand und Tafel. Es kann dann nicht nur ein Erdschluß, sondern sogar ein sehr gefährlicher Kurzschluß entstehen, wenn der herabgefallene Gegenstand zwischen der Wand und der betreffenden Schalttafel sich festklemmt und mit seinen blanken Metallteilen beide Pole der hinter der Tafel angebrachten zumeist blanken Leitungen oder Kupferschienen berührt. In der Regel bleibt dieser Vorfall anfangs unbemerkt und wird erst durch das fortgesetzte Durchbrennen von Bleistöpseln entdeckt.

q) Leitungen, welche vom Innern eines Gebäudes in das Freie führen, sollen stets einzeln in eine Porzellaneinführung mit nach unten gebogenem Ende geführt werden, da bei Verlegung von zwei Drähten in eine Einführung durch die geringste Verletzung beider Drähte aus an und für sich ungefährlichem Erdschluß ein Kurzschluß entstehen kann.

r) Ein seltener Fall von Erdschluß, der beim Zusammentreffen ungünstiger Umstände auch zu Kurzschluß führen kann, kann dadurch vorkommen, daß an Schalttafeln oder Verteilungstafeln die Befestigungsschrauben einer stromführenden Kupferschiene (siehe Fig. 3) infolge Vertrocknen des Holzpfropfs locker werden und dadurch mit Erde oder einer auf der Rückseite der Schalttafel angeordneten Kupferschiene bzw. einem Leitungsdrahte in Be-

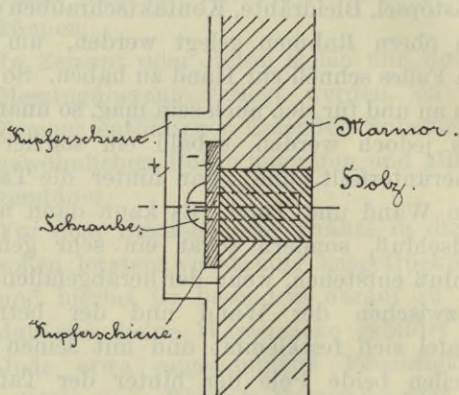


Fig. 3.

rührung kommen. Ein solcher Fall trat dadurch ein, daß die Hauptschalttafel einer im Keller eines Theaters befindlichen elektrischen Maschinenstation sich zu sehr in der Nähe der Ausblasetöpfe des Gasmotors befand, und wobei die Erwärmung des Maschinenraumes an und für sich eine zu hohe war, so daß diese Wärme ein vollständiges Vertrocknen der zur Befestigung der Schrauben dienenden Holzpfropfen verursachte. Hierdurch hatte sich nun eine Befestigungsschraube

einer Sammelschiene mitsamt dem vertrockneten Holzpfropfen nach der Wand zu verschoben und verursachte direkten Kontakt mit einer Sammelschiene entgegengesetzter Polarität. Die Folge davon war, daß beim jedesmaligen Einschalten eine bedeutende Funkenbildung am Kollektor entstand und schließlich sogar die Hauptsicherungen der Dynamomaschine durchschlugen.

s) Erdschluß bzw. Körperschluß an Dynamomaschinen oder Elektromotoren.

1. Hierbei kann zunächst der Fall eintreten, daß der Kollektor, welcher von der Dynamowelle vollständig isoliert sein soll, mehr oder weniger mit der Welle und somit mit Erde in Verbindung steht. Dieser Fehler ist sehr häufig und meist auf die Fabrikation der Maschine zurückzuführen, so daß er sich ohne vollständige Demontage des Kollektors nicht mehr beheben läßt. Mitunter aber kommt es auch vor, daß Öl, welches aus dem Lager herausläuft und metallische Bestandteile enthält, eine Verbindung zwischen der Welle und den Kollektorlamellen herbeiführt; der auf diese Weise entstehende Erdschluß ist jedoch in den seltensten Fällen von nennenswerter Bedeutung, besonders wenn die Dynamomaschine an einem trocknen, warmen Orte aufgestellt ist. Wie aus nachstehender auf Grund eingehender Messungen aufgestellter Tabelle hervorgeht, steigt der auf diese Weise entstandene Erdschluß nur wenig mit abnehmender Temperatur.

Raumtemperatur	Erdschluß zwischen Kollektor und Welle bei
5° Celsius;	110 Volt Spannung 1,65 Volt
6° „	110 „ „ 1,6 „

Raumtemperatur	Erdschluß zwischen Kollektor und Welle bei			
7° Celsius;	110	Volt	Spannung	1,6 Volt
8° „	110	„	„	1,5 „
9° „	110	„	„	1,5 „
10° „	110	„	„	1,4 „
12° „	110	„	„	1,33 „
14° „	110	„	„	1,32 „
16° „	110	„	„	1,30 „
18° „	110	„	„	1,25 „
20° „	110	„	„	1,20 „
22° „	110	„	„	1,20 „
24° „	110	„	„	1,15 „
26° „	110	„	„	1,1 „
28° „	110	„	„	1,0 „

Mitunter bilden auch feine Kupferspänen, welche sich von den Bürsten lösen und nicht selten sich als eine äußerst dünne Kupferstaubschicht absetzen, direkten Schluß zwischen Kollektorlamellen und Welle. Es ist deshalb notwendig, diesen Kupferstaub mit Hilfe eines kleinen Blasebalges oder einer Staubspritze öfters zu entfernen.

2. Zersprungene Stabilitbüchsen oder Stabilit-scheiben, welche am Bürstenhalter zur Isolation der Bürstenhalterbolzen gegen das Eisen der Bürstenhalterbrücke dienen, können auch zu Erdschluß Veranlassung geben.

3. Erdschluß durch Ankerschluß. Bei den meisten Störungen, die an einer Dynamomaschine oder an einem Elektromotor auftreten, hört man zunächst die Bemerkung, der Anker habe Schluß, ohne daß man sich ein richtiges Bild davon gemacht hat, in

welcher Weise dieser Erdschluß zustande kommen soll, denn es kommen hier eine ganze Reihe von Fällen in Betracht, die voneinander z. T. sehr verschieden sind. So können z. B. die Isolationen zwischen den Ankerdrähten und dem Eisenteile des Ankers an einer Stelle beschädigt sein, oder es kann auch die Isolation der Ankerwicklung von einer Spule an zwei verschiedenen Stellen schadhaft sein, so daß die betreffende Ankerspule in sich selbst kurz geschlossen ist; es kann aber auch eine Ankerspule mit einer andern direkten Schluß haben, wie es bei Trommelankern infolge der zahlreichen Drahtkreuzungen vorkommt, und schließlich kann der Ankerschluß auf die unter 1. und 2. genannten Fälle zurückzuführen sein. Mag nun der Fall auch liegen, wie er will, so ist doch immer Folgendes zu berücksichtigen: Der Isolationsfehler oder Schluß irgend einer Stelle der Ankerwicklung mit dem eigentlichen Ankerkerne, der auf der Welle sitzt, gibt an und für sich noch keinen Grund zu einer Störung, so lange nicht irgend eine zweite Stelle der Maschine ebenfalls Schluß mit dem Eisen der Maschine erhält. Dies ist jedoch ohne weiteres der Fall bei allen Maschinen, bei welchen ein Pol direkt an Erde gelegen ist und wobei zur Erhöhung der Sicherheit für das Bedienungspersonal das Maschinengestell geerdet ist. In solchen Fällen tritt dann beim Auftreten eines Isolationsfehlers am Anker sofort ein Kurzschluß ein, der meist ein Verbrennen des Ankers zur Folge hat. Ebenso ist auch der unter 2. erwähnte Schluß eines Bürstenbolzens mit dem Eisengestelle solange ohne Folgen, bis ein zweiter Schluß hinzukommt, denn es kann eine Stö-

rung erst dann eintreten, wenn der Maschinenstrom einen falschen Weg findet oder mit andern Worten, wenn für den Maschinenstrom eine verbotene Ein- und Austrittsstelle geschaffen ist.

4. Erdschluß kann auch eintreten, sobald eine oder mehrere Widerstandspiralen des Nebenschlußregulators oder Anlaßwiderstandes mit dem eisernen Rahmen desselben in Berührung kommen, wobei jedoch vorausgesetzt ist, daß der betreffende Widerstand direkt an einer feuchten Wand montiert ist, da andernfalls der auf das Eisengestell übergehende Strom keinen Abweg zur Erde haben würde. Es ist deshalb sehr wichtig, solche Apparate ebenfalls isoliert von der Wand anzubringen.

4. Wirkung und Folgen von Erdschluß.

Solange der in einer Anlage oder einem Teile derselben herrschende Erdschluß ein gewisses ohne weiteres nicht bestimmbares Maß nicht überschreitet, ist sein Vorhandensein von keiner nachteiligen Wirkung; sobald aber seine Stärke dermaßen zunimmt, daß der vom Verbandsverbande Deutscher Elektrotechniker festgesetzte Isolationswiderstand beträchtlich unterschritten wird, dann sind seine Folgen ernster Natur, und es muß die Entstehungsursache aufgesucht und der Fehler beseitigt werden. Die Folgen von Erdschluß sind nun je nach seiner Entstehungsursache und Stärke hauptsächlich nachstehende:

a) **Energieverluste.** Es ist klar, daß diejenige Strommenge, welche infolge des Erdschlusses verloren geht, also keine nutzbringende Arbeit ver-

richtet, einen Verlust darstellt, welcher um so größer ist, je höher die betreffende Betriebsspannung ist. Aus diesem Grunde und auch mit Rücksicht auf die erhöhte Gefährlichkeit bei zufälliger Berührung einer mit Erdschluß behafteten Leitung ist eine Anlage um so sorgfältiger gegen Erdschluß zu schützen, je höher die Betriebsspannung der Anlage ist. Um die Höhe dieses Energieverlustes zu messen, kann man sich, wie aus Fig. 4 ersichtlich ist, eines Voltmeters und eines Amperemeters bedienen, indem man das

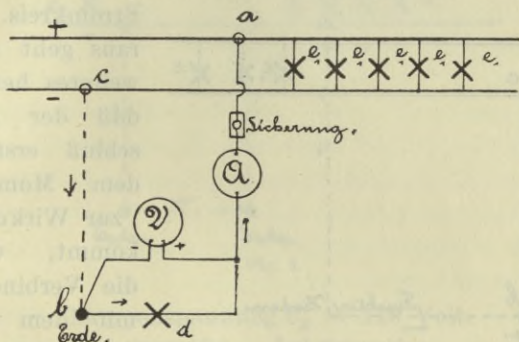


Fig. 4.

Amperemeter in einen Kupferdraht schaltet, welcher bei a von einem Pole (+ Pol) der Leitung abzweigt, und an welchen eine Glühlampe d angeschlossen wird, wobei das andere Ende des Drahtes, welches von der Glühlampe kommt, mit Erde verbunden wird. Als Erde dient ein eiserner Geländerstab, ein Gasrohr, ein Wasserleitungsrohr, eine eiserne Abdeckplatte oder dgl. Gegenstände, welche mit feuchtem Erdreiche oder mit einer nassen Wand in Berührung stehen. Sobald nun irgend eine Stelle des andern Leitungs-

drahtes (— Pol) mit Erde in Verbindung steht, z. B. der Punkt c, dann wird, wenn der Erdschluß stark genug ist, die Glühlampe mehr oder weniger leuchten, und das Amperemeter, welches natürlich mit sehr feingradiger Teilung versehen sein muß, wird die Stromstärke in Bruchteilen eines Ampere und das angeschlossene Voltmeter die Spannung des Erdschlußstromes in Volt anzeigen. Der verloren gehende Strom nimmt also seinen Weg vom Punkte c über Erde nach Punkt a und bildet einen geschlossenen

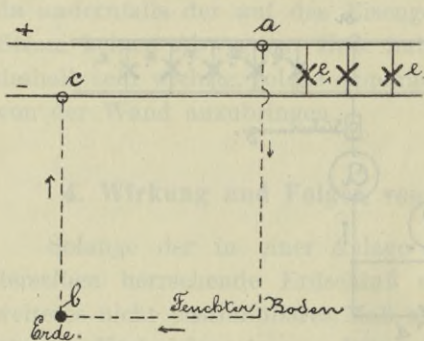


Fig. 5.

Stromkreis. Daraus geht ohne weiteres hervor, daß der Erdschluß erst in dem Momente zur Wirkung kommt, wenn die Verbindung mit dem entgegengesetzten Pole erfolgt, was

dadurch geschehen kann, daß ein Mensch, der mit Erde in Verbindung steht, mit einer Hand bei a (Fig. 5) den andern Pol berührt oder dadurch, daß beide Pole Erdschluß besitzen, wie in Fig. 6 gezeigt ist. In letzterm Falle ist natürlich der Erdschluß beständig vorhanden und verursacht einen dauernden Energieverlust.

b) Dunkelbrennen der Lampen. Sobald beide Pole starken Erdschluß besitzen, wie in Fig. 6 angedeutet ist, dann werden diejenigen Lampen e_1 ,

welche hinter den Störungsstellen a und c liegen, entsprechend dunkler brennen als die vor den Störungsstellen liegenden Lampen e_2 , und man kann diese Tatsache sich bei Aufsuchen des Erdschlusses mit zunutze machen. Ein Versuch, der an einer Anlage mit einem abwechselnd feuchten und trocknen Raume angestellt wurde, gab folgendes Resultat (siehe Fig. 6).

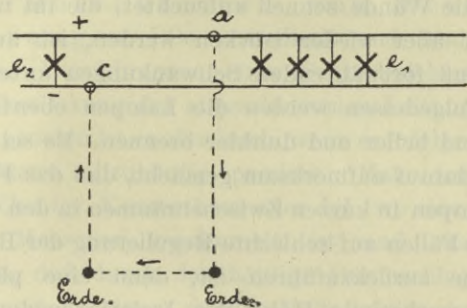


Fig. 6.

Lampenspannung $e_2 = 110$ Volt.

Raum	Isolationswiderstand zwischen + und Erde	Isolationswiderstand zwischen - und Erde	Lampenspannung e_1
ganz trocken	110 000 Ohm	100 000 Ohm	105 Volt
	70 000 „	65 000 „	102 „
Etwas feucht	50 000 „	45 000 „	100 „
	30 000 „	28 000 „	95 „
Feucht	20 000 „	19 000 „	90 „
	12 000 „	11 000 „	85 „
Sehr feucht	8 000 „	7 800 „	80 „
	4 000 „	4 000 „	70 „
Naß	2 000 „	2 000 „	60 ..

Vorstehende Tabelle zeigt, daß mit zunehmender Feuchtigkeit der Isolationswiderstand und die hinter den Erdschlußstellen herrschende Lampenspannung in einem bestimmten Verhältnisse abnahm und demzufolge auch die Helligkeit der Glühlampen e_1 .

c) **U n r u h i g e s L i c h t.** In Räumen, deren Feuchtigkeitsgrad beständig schwankt, wie z. B. in Sudhäusern, Färbereien u. dgl., in denen jede Dampf- wolke die Wände schnell anfeuchtet, die im nächsten Moment aber wieder trocken werden, ist auch der Erdschluß fortwährenden Schwankungen unterworfen und infolgedessen werden die Lampen ebenfalls abwechselnd heller und dunkler brennen. Es sei hierbei jedoch darauf aufmerksam gemacht, daß das Flackern von Lampen in kurzen Zwischenräumen in den weitaus meisten Fällen auf schlechte Regulierung der Betriebs- maschine zurückzuführen ist, denn eine plötzliche schnell wechselnde Höhe des Isolationswiderstandes dürfte wohl selten vorkommen.

d) **A n b r e n n e n v o n L e i t u n g e n.** Starker Erdschluß in beiden Polen einer Leitung kann unter Umständen eine derartige Erhitzung der in Frage kommenden Leitung herbeiführen, daß die Isolation in Brand gerät. Namentlich in feuchten Räumen und bei Verlegung von zwei Drähten in ein Rohr oder bei Verwendung von Litze in feuchten Räumen kann der Erdschluß sehr gefährlich werden und es sind Fälle vorgekommen, daß sogar nasse Sägespäne oder nasse Holzgestelle von Akkumulatoren auf diese Weise in Brand geraten sind. Steigleitungen, welche durch Decken und Fußböden führen und infolge- dessen häufig einer erheblichen Feuchtigkeit aus-

gesetzt sind, sollten daher niemals mit beiden Polen in ein Rohr verlegt werden und auch nicht durch Räume geführt werden, in denen leicht entzündliche Stoffe lagern, die durch Erhitzung in Brand geraten können, denn in solchen Fällen hat der Erdschluß schon oft zu großen Schadenfeuern Veranlassung gegeben, deren Ursache man jedoch meist einem Kurzschlusse zuschiebt.

e) **Durchbrennen von Schmelzsicherungen.** So vorteilhaft und beabsichtigt man das Durchbrennen einer Schmelzsicherung bei einer Überlastung der angeschlossenen Leitung nennt, so unangenehm ist es aber auch, wenn es infolge starken Erdschlusses allzuhäufig passiert. Man denke nur an ein Theater, Konzerthaus oder dgl., wo eine größere Anzahl Menschen versammelt ist und man wird einsehen, daß durch das häufige Durchschlagen von Sicherungen in einem solchen Falle infolge der plötzlichen Dunkelheit sehr leicht eine folgenschwere Panik eintreten kann. Nicht selten greift dann das Bedienungspersonal zu dem gefährlichen Mittel, stärkere Schmelzstöpsel oder Schmelzstreifen einzusetzen, ohne zu bedenken, welche weitere Gefahr hierdurch entstehen kann, sobald die erforderliche Abschmelzstromstärke bedeutend höher ist, als die maximal zulässige Belastung des Kupferleiters. Wie das häufige Durchbrennen eines Bleistöpsels infolge starken Erdschlusses eintreten kann, ist aus Fig. 7 ersichtlich. Man denke sich von einer Hauptleitung A eine Verteilungsleitung B für Licht und von einer Hauptleitung A₁ eine Abzweigleitung C für Kraftbedarf abgezweigt und jede dieser beiden Nebenleitungen

durch eine zweipolige Sicherung für 5 Ampere, bzw. 20 Ampere gesichert. Im Laufe der Zeit sei nun infolge großer Feuchtigkeit oder infolge mechanischer Verletzung zunächst an den gleichpoligen Stellen a und a_1 Erdschluß entstanden; hierdurch ist die Möglichkeit geboten, daß von Punkt a aus Erdstrom in der Pfeilrichtung nach Punkt a_1 gelangen kann; es wird also dann in der Leitungsstrecke d bis a außer dem durch die Glühlampen verbrauchten Strome noch dieser Erdstrom fließen, welcher letzterer um so stärker sein wird, je geringer der Widerstand zwischen a und a_1 ist oder mit andern Worten, je stärker der Erdschluß in dem negativen Pol ist. Wenn nun dieser Pol auch noch an andern Stellen, z. B. bei b und c Erdschluß besitzt, dann kann der Fall eintreten, daß infolge zu stark anwachsender Stromstärke, die nach a_1 führt, der Schmelztöpsel der 5 Amperesicherung durchgeht und das gleiche Schicksal wird jeden weitem Bleistöpsel für 5 Ampere treffen, so lange das Übel nicht beseitigt ist. Zumeist wird nun die benachbarte Leitung in einem ganz andern Raume liegen und infolgedessen die Ursache dieser Störung nicht immer gleich gefunden werden; man sollte sich deshalb niemals durch Einsetzen stärkerer Bleistöpsel zu behelfen suchen, sondern sich zunächst überzeugen, ob etwa die betreffende Leitung durch Anschluß mehrerer Lampen überlastet ist und dann, falls letzteres nicht zutrifft, die Leitung auf Erdschluß untersuchen.

Ein sehr interessanter Fall, der auch durch starken Erdschluß entstand, zeigte sich an einer Anlage, wobei die Verhältnisse ganz analog lagen, wie in Fig. 7 dargestellt. In dieser Anlage brannte

ein Bleistöpsel eines Abzweigstromkreises ununterbrochen durch, sobald er für normale Stromstärke eingesetzt wurde und solange der Bleistöpsel der Sicherung für 20 Ampere herausgenommen wurde, wobei der Elektromotor E ausgeschaltet war. Sobald nun aber der Bleistöpsel f wieder eingesetzt wurde und der Motor angelassen war, hörte das Durchbrennen des Bleistöpsels auf. Die Ursache hiervon

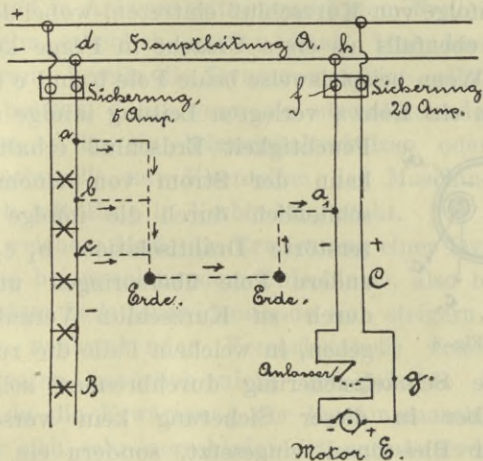


Fig. 7.

war folgende: der Ausschalthebel des Anlaßwiderstandes vom Motor stieß bei Ausschaltstellung mit seiner stromführenden Feder gegen einen Stift, welcher mit dem positiven Pole durch ein in den Anlasser gefallenes Stück Kupferdraht in Verbindung stand. Durch den in der Anlage herrschenden starken Erdschluß war daher ein Weg für den Strom geschaffen, der vom Punkte a des Minuspoles nach Punkt g des

Pluspoles führte; sobald der Anlasser von der Ausschaltstellung entfernt war, hörte diese Verbindung auf, besonders nach Einsetzen des Schmelzstöpsels f ; der Erdschluß war jedoch dadurch nicht behoben, wohl aber war er von geringerer Bedeutung und Wirkung, weil der Widerstand zwischen a und a_1 erheblich größer war, als zwischen h und f .

Ein Durchbrennen von Schmelzstöpseln kann auch infolge von Kurzschluß eintreten, wobei der Erdschluß ebenfalls als erste Ursache in Frage kommen kann. Wenn beispielsweise beide Pole b und c (Fig. 8) einer in ein Rohr a verlegten Leitung infolge starker

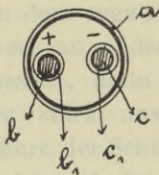


Fig. 8.

Feuchtigkeit Erdschluß erhalten, so kann der Strom von einem Pole schließlich durch die infolge Nässe zerstörte Drahtisolation b_1 c_1 zum andern Pole überspringen und dadurch zu Kurzschluß Veranlassung geben, in welchem Falle die zunächst liegende Schmelzsicherung durchbrennen soll. Ist nun aber in dieser Sicherung kein vorschriftsmäßiger Bleistöpsel eingesetzt, sondern ein solcher für höhere Stromstärke, dann kann der Fall eintreten, daß eine übermäßige Erwärmung des Kupferdrahtes und schließlich eine Entzündung der Drahtisolation erfolgt, was natürlich zu weiterer Feuergefahr Veranlassung geben würde. Die vom Verbands deutscher Elektrotechniker aufgestellte Vorschrift über die erforderliche Unverwechselbarkeit der Bleistöpsel muß daher als ein sehr notwendiges Verlangen betrachtet werden, welchem jedoch leider nicht genügend nachgekommen wird, so daß noch mancher

Brand infolge Nichtbeachtung dieser Vorschrift entstehen wird.

f) **Übermäßiges Erwärmen der Dynamomaschine.** Es ist eine bekannte Tatsache, daß der in einer Anlage vorhandene Erdschluß eine höhere Beanspruchung der Dynamomaschine und hiermit eine Erwärmung derselben zur Folge hat, die mitunter, namentlich bei anhaltendem Regenwetter und in Anlagen mit ausgedehntem Freileitungsnetz, sehr erheblich werden kann, besonders aber dann, wenn bereits die Dynamomaschine selbst Erdschluß besitzt, d. h., wenn ein stromführender Teil derselben, z. B. ein Bürstenhalterbolzen oder eine Kollektorlamelle mit Eisenteilen der Maschine und demnach mit Erde in Verbindung steht.

In welchem Maße die Erwärmung einer Dynamomaschine bei zunehmendem Erdschlusse, also bei abnehmendem Isolationswiderstande sich steigern kann, ist aus nachstehender Versuchstabelle ersichtlich, deren Daten natürlich nicht auf jedwede Anlage passen, da die Erwärmung der Dynamomaschine an und für sich sehr verschieden ist und außerdem in verschiedenen andern Ursachen ihren Grund haben kann.

Isolationswiderstand zwischen Pluspol und Erde	Temperatur am Polgehäuse nach 5stündigem Betriebe
110 000 Ohm	26° Celsius
80 000 „	29° „
60 000 „	31° „
45 000 „	33° „
41 000 „	35° „
38 500 „	38° „

Isolationswiderstand zwischen Pluspol und Erde	Temperatur am Polgehäuse nach 5stündigem Betriebe
30 000 Ohm	45° Celsius
22 000 „	49° „
15 000 „	54° „
9 000 „	56° „
4 500 „	58° „
2 000 „	59° „

Die Temperatur im Dynamoraume betrug bei diesen Messungen, welche lediglich bei direktem Lichtbetriebe vorgenommen wurden, durchschnittlich 18° Celsius, so daß die höchste Maschinentemperatur von 59° um $59 - 18 = 41$ ° Celsius höher war, als mittlere Raumtemperatur. Wie wenig man natürlich auf solche Wärmemessungen bei Betrachtung des Isolationswiderstandes Wert legen kann, beweist nachstehende Tabelle, welche sich aus Versuchen mit derselben Dynamo ergeben hat, wobei jedoch die Dynamomaschine lediglich zum Laden einer kleinen Akkumulatorenbatterie benützt wurde.

Anfangsspannung	Temperatur am Polgehäuse
112 Volt	22° Celsius
Spannung 125 „	23° „
„ 128 „	24° „
„ 130 „	26° „
„ 132 „	27° „
„ 135 „	30° „
„ 138 „	32° „
„ 140 „	35° „
„ 141 „	36° „
„ 143 „	38° „
„ 145 „	40° „

		Temperatur am Polgehäuse	
Spannung	148	„ 43° Celsius
„	150	„ 45° „
„	152	„ 46° „
„	155	„ 50° „
„	158	„ 54° „
„	160	„ 55° „
„	165	„ 58° „
Endspannung	170	„ 62° „

Die Erwärmung am Ende der Ladung ist natürlich unnormal und dürfte bei einer modernen Dynamo, die für Akkumulatorenbetrieb gebaut ist, nicht eintreten.

g) Starkes Funken an den Bürsten der Dynamomaschine. Ungewöhnlich starker Erdschluß macht sich häufig durch heftiges Funken an den Bürsten der Maschine bemerkbar, was seinen Grund darin hat, daß die Maschine infolge des durch Erdschluß verloren gehenden Stromes mehr leisten muß, als ihr zukommt, und daher zunächst eine starke Erhitzung an den Bürsten und schließlich ein funkenartiges Abbrennen derselben erfolgt. In den meisten Fällen ist aber ein besonders starkes Funken an den Bürsten die Folge eines bestehenden Kurzschlusses, der etwa dadurch vorhanden sein kann, daß ein Drahtnagel in ein Rohr oder in ein Bleikabel geschlagen worden ist, und infolgedessen ein beständiger starker Erdschluß, bzw. ein noch nicht vollständig zum Ausbruch gekommener Kurzschluß herrscht. Dem Verfasser ist ein solcher Fall in einem Theater bekannt, wo die in der Bühnensenkung tätigen Bühnen-

arbeiter einen starken Drahtnagel in die feuchte Wand zum Aufhängen von Kleidern geschlagen hatten. Dieser Nagel war in ein in der Wand verlegtes starkes Bleikabel gedrungen, wodurch Erdschluß und Kurzschluß entstand, so daß die Maschinensichersicherung mehrmals durchschlug und die Dynamo erheblich funkte. Nachdem das Hindernis nach eifrigem Suchen gefunden und beseitigt war, war auch das Feuern an den Dynamobürsten verschwunden. Auch hierbei sei besonders bemerkt, daß nicht immer das starke Feuern an den Bürsten im Erdschlusse seinen Grund hat, denn es gibt hierfür noch mehrere Ursachen, wie falsche Bürstenstellung, unrunder Kollektor, schlechtes Bürstenmaterial u. dgl.

h) Umpolarisieren von Dynamos. Eine Dynamomaschine, welche selbst starken Erdschluß besitzt oder von einem mit starkem Erdschlusse behafteten Leitungsnetze nicht zweipolig abgeschaltet werden kann, wird sich bei Stillstand fast vollständig entsättigen, also ihren remanenten Magnetismus fast vollständig verlieren. Wird nun diese Maschine wieder in Betrieb gesetzt, so sucht sie sich zur Erregung den ihr zunächst liegenden Pol, welcher infolge starken Erdschlusses von seiten der Dynamo und Batterie nicht immer der richtige Pol ist, der es sein soll und man sagt: die Maschine hat sich umpolarisiert. Bemerket der Maschinist noch rechtzeitig dieses Vorkommnis, dann kann er weiteres Unheil durch Zurückpolarisieren verhüten, andernfalls kann es ihm aber passieren, daß er mit falschen Polen die eben angelaufene Maschine auf das Leitungsnetz oder auf die Batterie schaltet, wobei nicht nur Hauptsicherungen

durchschlagen und Quecksilber aus den automatischen Ausschaltern herausgeschleudert wird, sondern es kann sogar der Anker der Dynamo durchbrennen und weitere unangenehme Folgen entstehen, sofern die betreffende Anlage schlecht ausgeführt ist.

i) Stromlos werden von Dynamos. Es ist eine bekannte Tatsache, daß Nebenschlußmaschinen stromlos werden, sobald im äußern Stromkreise ein Kurzschluß entsteht; dieser Kurzschluß

kann nun infolge eines starken Erdschlusses eintreten, indem beispielsweise in einem dampfhaltigen Raume die Isolation zweier sich kreuzender Drähte verschiedener Polarität zerstört ist, und hierdurch eine direkte Berührung beider Kupferleiter entsteht. Der Vorgang, der sich hierauf abspielt, ist in Fig. 9 dargestellt. Die

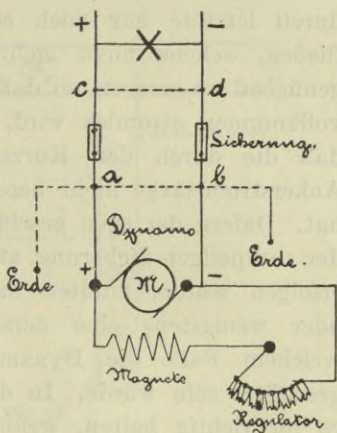


Fig. 9.

Dynamomaschine M sei an die Leitung + und — angeschlossen und zwar ist angenommen, daß die Leitung von der Dynamo bis zur Schalttafel, auf welcher die angegebenen Sicherungen montiert sind, in ein Rohr im Fußboden verlegt ist. Dieses Rohr sei infolge der eingetretenen Feuchtigkeit derartig angegriffen, daß die Drahtisolation bereits vollständig durchfeuchtet worden ist und an den Stellen a und b nur noch ganz dünn ist. Der vor-

handene starke Erdschluß nimmt von Tag zu Tag immer mehr zu, bis schließlich der Durchbruch des Stromes an der am meisten verletzten Stelle erfolgt und zwischen den Punkten a und b ein Kurzschluß entsteht. Der von den Bürsten der Maschine kommende Strom findet nun einen bequemen Weg von + nach —, welcher einen bedeutend geringern Widerstand bietet, als die Nebenschlußwicklung mit dem Nebenschlußregulator und es wird infolgedessen durch letztere nur noch ein ganz geringer Strom fließen, welcher nicht mehr ausreicht, die Magnete genügend zu erregen, so daß die Maschine schließlich vollkommen stromlos wird, vorausgesetzt natürlich, daß die durch den Kurzschluß entstandene hohe Ankerstromstärke nicht bereits den Anker verbrannt hat. Dafern der eben geschilderte Kurzschluß hinter der zweipoligen Sicherung, also etwa zwischen c und d erfolgen würde, müßten natürlich die Sicherungen oder wenigstens eine derselben durchschlagen, in welchem Falle die Dynamomaschine vor Schaden geschützt sein würde. In dieser Hinsicht muß man es für richtig halten, wenn die Maschinensicherung direkt an der Dynamo, auf einem Klemmbrett angeordnet wird, wie es tatsächlich auch bei einzelnen Firmen Sitte ist.

Ist eine Maschine stromlos geworden, dann muß man vor allen Dingen nachsehen, ob in der Maschine selbst oder in dem äußern Stromkreise ein Kurzschluß besteht. Zu diesem Zwecke genügt es, die Hauptleitung von den Klemmen der Dynamomaschine abzutrennen und zwischen diese beiden Klemmen eine Glühlampe einzuschalten. Wenn diese Lampe

beim Betriebe der Dynamo ordnungsgemäß brennt, dann liegt der Fehler zweifellos im äußern Stromkreise und ist daselbst in der später beschriebenen Weise aufzusuchen.

k) Brennen ausgeschalteter Glühlampen. Ebenso wie es der Fall ist, daß infolge Erdschlusses Glühlampen dunkler brennen, als normal, kommt auch der Fall vor, daß infolge starken Erdschlusses einpolig ausgeschaltete Glühlampen, welche

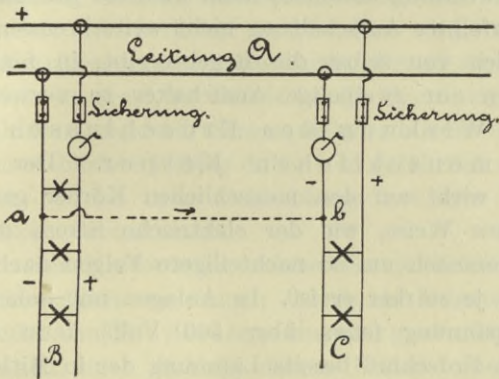


Fig. 10.

in Fassungen ohne Hahn eingeschraubt sind, weiterbrennen und zwar bezeichnet man solche Lampen scherzweise als „ewige Lampen“, da sie ruhig weiterbrennen, solange in einer benachbarten Leitung, von welcher der Erdschluß ausgeht, Strom vorhanden ist. Es seien beispielsweise von einer Hauptleitung A (Fig. 10) zwei Stromkreise B und C abgezweigt und mit Sicherungen und Ausschaltern versehen. Tritt nun der Fall ein, daß zwischen den Punkten a und b der beiden Abzweigleitungen starker Erdschluß vor-

handen ist, dann werden die Lampen C ruhig weiterbrennen, trotzdem der Ausschalter und die im gleichen Pol liegende Sicherung geöffnet werden, da der Strom von a nach b und von hier durch die Glühlampen C nach dem entgegengesetzten Pol der Hauptleitung zurückgelangt, somit einen geschlossenen Stromkreis bildet. Würden jedoch die Lampen C in Fassungen mit Hahn eingeschraubt sein und außerdem lediglich zweipolige Ausschalter für die einzelnen Stromkreise zur Anwendung kommen, dann könnten die Lampen nach erfolgter Ausschaltung nicht weiterbrennen, woraus sich von selbst die Regel ergibt, in feuchten Räumen nur zweipolige Ausschalter zu verwenden.

1) Wirkung des Erdschlusses auf den menschlichen Körper. Der Erdschluß wirkt auf den menschlichen Körper ganz in derselben Weise, wie der elektrische Strom direkt, wird demnach um so nachteiligere Folgen nach sich ziehen, je stärker er ist. In Anlagen mit hoher Betriebsspannung (etwa über 500 Volt) kann durch starken Erdschluß bereits Lähmung der in Mitleidenschaft gezogenen Teile und bei sehr hohen Betriebsspannungen sogar sofortiger Tod eintreten. Wenn gleich ein Mensch mehr und ein anderer weniger empfindlich gegen elektrische Ströme ist, so ist doch immer Vorsicht am Platze, denn es kann selbst bei verhältnismäßig geringen Spannungen dadurch ein sofortiger Tod eintreten, daß die Wirkung eines sogenannten Extrastromes in Frage kommt, wie solcher beim plötzlichen Unterbrechen des Nebenschlusses einer belasteten Dynamomaschine auftreten kann. Besonders Wechselstromanlagen mit starkem Erd-

schlusse können selbst bei niedrigen Spannungen gefährlich werden, da durch starken Erdschluß nicht selten höhere Spannungen, die von Transformatoren ausgehen, zur Niederspannungsanlage ihren Weg finden, und man kann nicht dringend genug davor warnen, ohne Gummihandschuhe an solchen Anlagen zu arbeiten oder Messungen vornehmen zu wollen. Auch Gleichstromanlagen mit mehreren Stromerzeugern von verhältnismäßig niedriger Spannung (110 Volt) weisen oft derartig starken Erdschluß auf, daß derselbe wesentlich schmerzlicher empfunden wird, als die volle Betriebsspannung, was seinen Grund darin hat, daß sich im feuchten Erdreiche die Spannungen des Erdschlusses mehrerer Stromquellen addieren und für den menschlichen Körper daher sehr gefährlich werden können, so daß man nicht immer mit dem bloßen Schrecken davonkommt.

In der Kraftstation an den Snoqualmiefällen in Amerika erhielt vor einigen Jahren ein Arbeiter beim Eingießen von Öl in das Lager einer der großen Dynamomaschinen einen Schlag, dessen Ursache nicht mit positiver Sicherheit festgestellt werden konnte, wohl aber hat man an dieser Maschine eine Potentialdifferenz zwischen dem Wellenende und dem Lagerbocke bemerkt. Die Generatoren sind Drehstrommaschinen für maximal 1500 Ampere bei 1000 Volt und sind direkt mit Wasserrädern, welche 300 Umdrehungen pro Minute machen, gekuppelt. Zwischen dem Wellenende und einem am Lagergestelle befestigten Drahte entstand ein kleiner Lichtbogen. Diese Erscheinung ist aber nicht nur merkwürdig, sondern auch sehr gefahrbringend, denn am Schmierringe des Lagers bilden

sich Funken, wodurch das Öl verbrennt und geschwärzt wird. Der hierbei entdeckte Strom scheint der Belastung der Maschine proportional zu sein. Eine einwandfreie Erklärung für diese Erscheinung konnte leider nicht gegeben werden, besonders da Armatur und Magnetwicklung frei von Erdschluß sind und einen sehr hohen Isolationswiderstand besitzen.

Sehr bezeichnend für die Wirkung von Erdschluß ist auch ein Todesfall, welcher sich im Dezember 1903 in dem Badezimmer eines Privathauses in East London (Südafrika) ereignete und darauf zurückzuführen war, daß das Ableitungsrohr der Badewanne, welches in den Rinnstein der Straße mündete und keine sichere Erdverbindung darstellte, mit der Oberleitung der elektrischen Straßenbahn Schluß erhielt. Als nun eine in der Wanne sitzende Person die Frischwasserleitung berührte, welche nirgends an die Badewanne selbst angeschlossen war, wurde sie in einen Stromkreis eingeschaltet, dessen Spannung, wie sich später herausstellte, 420 Volt betrug. Die bedauernswerte Person mußte daher bei den für die Stromüberleitung äußerst günstigen Verhältnissen schweren Schaden nehmen. Zum bessern Verständnis der Verhältnisse sei noch folgendes mitgeteilt. Auf den in Beton gebetteten und daher von Erde isolierten Stahlrohrmasten war außer der Oberleitung für die elektrische Straßenbahn eine Lichtleitung verlegt; an demselben Maste, an welchem ein Oberleitungsisolator schadhaft wurde, war eine Abzweigung der Lichtleitung angebracht und diese in einem eisernen Schutzrohre verlegt worden. Dieses Rohr führte am Maste entlang und dann dicht unterhalb der Erdoberfläche

in das Haus, wo sich im Kellergeschoß der Lichtzähler befand. Dieses Schutzrohr stand nun an einer Stelle mit dem Abflußrohr der Wanne in Berührung und erteilte dieser daher das Potential des Fahrradrahtes, während das Frischwasserrohr eine gut leitende Erdverbindung herstellte. Wie durch Messungen festgestellt wurde, betrug die Spannung zwischen der Wanne und der Frischwasserleitung 420 Volt; an der Einmündung des Abflußrohres in den Rinnstein betrug die Spannung zwischen jenem und dem Schutzrohre der Lichtleitung 300 Volt. Zwischen dem Schutzrohre und der Frischwasserleitung, welche sich an einer Stelle in einem Abstände von 275 mm kreuzten, floß ein Zweigstrom von 114 Ampere. Dieser bedauerliche Unfall zeigt wiederum, wie wichtig die sorgfältige Installation elektrischer Starkstromleitungen ist, und wie leicht das Zusammentreffen mehrerer an sich scheinbar unerheblicher Mängel schweres Unglück herbeiführen kann.

m) **Feuersgefahr durch Erdschluß.** Der in einer Anlage herrschende Erdschluß an und für sich kann zu einer Feuersgefahr im allgemeinen keine direkte Veranlassung geben, wohl aber ein infolge starken Erdschlusses entstehender Kurzschluß oder eine durch Erdschluß entstehende Erhitzung. Wie in Abschnitt d dieses Kapitels bereits erwähnt wurde, kann es vorkommen, daß durch Erhitzung von Drähten Brände entstehen, was natürlich zu großen Seltenheiten gehört und in den Tageszeitungen in gewohnter Weise dem „Kurzschlusse“ zugeschrieben wird. Es mag ja nun hier und da vorgekommen sein, daß infolge Kurzschlusses ein Brand entstanden ist, und es

mag auch zugegeben werden, daß bei Verwendung schlechten Materials und bei unvorschriftsmäßiger Ausführung einer Starkstromanlage die Feuersicherheit in Frage gestellt ist, trotz alle dem muß man heutzutage die Behauptung aufstellen, daß gerade die elektrischen Anlagen die geringste Feuersgefahr in sich schließen, wenn sie vorschriftsmäßig ausgeführt sind. Es sei hier beispielsweise an die Brände der Theater in Stuttgart und Barmen erinnert, welche beide infolge Kurzschlusses entstanden sein sollten, während jedoch nachgewiesen werden konnte, daß dies keineswegs der Fall war, denn bei Ausbruch des Brandes im Barmener Stadttheater war die elektrische Beleuchtungsanlage bereits vollständig abgeschaltet, und im Stuttgarter Stadttheater war in dem Raume, in welchem das Feuer entstanden ist, überhaupt keine elektrische Leitung vorhanden. Nichtsdestoweniger sollte jeder Besitzer einer elektrischen Anlage dafür Sorge tragen, daß in seiner Anlage ein entstandener Erdschluß baldmöglichst aufgesucht und beseitigt wird, worauf auch bei Revisionen mehr geachtet werden sollte, indem in den Revisionsberichten auf die eventuellen Gefahren des Erdschlusses eingehend hingewiesen wird.

5. Verhütung von Erdschluß.

Wie bereits in frühern Kapiteln erwähnt, ist es schwierig, eine elektrische Anlage in nassen Räumen vollständig frei von Erdschluß zu halten; dessen ungeachtet gibt es aber Mittel und Wege, die Anlage von vornherein dermaßen auszuführen, daß die Entstehung von Erdschluß bereits in seinen Grund-

ursachen verhindert wird, wozu die nachstehenden Ratschläge eine hinreichende Anleitung geben dürften.

a) **M o n t e u r e.** Der Besteller einer elektrischen Anlage achte ganz besonders darauf, daß ihm wirklich tüchtige Monteure von der die elektrische Anlage ausführenden Firma gestellt werden. Leider gibt es aber in der Elektrotechnik, wie wohl selten in einem andern Berufszweige, verhältnismäßig wenig Leute, die mit Recht den Namen „Monteur“ verdienen, denn man kann behaupten, daß etwa 50% aller in der Elektrotechnik als Monteur tätigen Arbeitskräfte von Grund aus ein anderes Gewerbe erlernt haben und durch die Hoffnung auf eine rosige Zukunft veranlaßt worden sind, zur Elektrotechnik überzutreten. Solche „Monteure“, mögen sie sonst tüchtig und fleißig sein, kennen natürlich nicht die Grundzüge der Elektrotechnik und arbeiten mechanisch nach Angaben ihrer Chefmonteure; sind sie jedoch sich selbst überlassen; dann handeln sie nach ihrer Vorstellung und Überzeugung und geben dem Besitzer der elektrischen Anlage oft falsche Aufklärung über diesen oder jenen Punkt, wodurch schon mancher Fehler begangen worden ist, denn der Besitzer der Anlage, der wohl in den meisten Fällen selbst ein Laie in der Elektrotechnik ist, hält natürlich die Ratschläge der betreffenden Monteure für unumstößlich richtig und veranlaßt häufig auch noch den zukünftigen Wärter der neuangelegten Anlage, sich von dem Monteur richtig „instruieren“ zu lassen. Besichtigt dann ein Revisionsbeamter eine solche Anlage und macht dem Wärter Vorhaltungen über diesen und jenen Fehler an derselben, dann hört er meist die

Entgegnung, daß der Monteur diese Anordnung getroffen habe, der es ja verstehen müßte.

Nun, es soll keineswegs in Abrede gestellt werden, daß die heutige Elektrotechnik auch über sehr tüchtige und geschulte Monteure verfügt, deren Ratschläge natürlich auf Grund langjähriger praktischer und z. T. auch auf theoretischer Grundlage beruhen, und welche schon aus Ehrgeiz die Anlage derartig solid ausführen, daß sie bei der Abnahmeprüfung einen möglichst hohen Isolationswiderstand aufweist.

b) **L e i t u n g s p l ä n e.** Vor Beginn einer jeden Montage ist es empfehlenswert, selbst ganz zuverlässigen Monteuren einen Leitungsplan als sogenannte Montagezeichnung zu übergeben, woraus die Lampenverteilung, Lage der Sicherungen, Ausschalter, Drahtquerschnitte, Drahtisolierung und Verlegungsart hervorgeht und wonach der Monteur sich voll und ganz richten kann. Sind die Monteure streng angewiesen, alle beabsichtigten Änderungen erst ihrer Firma mitzuteilen, dann wird es auch nicht vorkommen, daß falsche Querschnitte oder falsche Drahtisolationen, die dann zu Erdschluß Veranlassung geben könnten, verwendet werden, wobei natürlich vorausgesetzt werden muß, daß die Montagezeichnung an und für sich auf Grund einer Aufnahme an Ort und Stelle angefertigt und in allen Punkten richtig ist.

c) **A b n a h m e p r ü f u n g.** Jede neue Anlage lasse man durch einen unparteiischen Sachverständigen auf ihre Feuer- und Betriebssicherheit untersuchen, ehe man sie in regelrechten Betrieb nimmt und lege namentlich den hierbei vorzunehmenden Isolationsmessungen einen großen Wert bei. Die Kosten einer

solchen Abnahmeprüfung lohnen sich stets wieder, denn es werden hierbei gerade hinsichtlich der Isolation oft Mängel entdeckt, welche im Laufe der Zeit zu bedeutendem Erdschlusse und fortgesetzten Störungen Veranlassung geben können. Es ist auch entschieden von Vorteil, wenn der Besitzer seine elektrische Anlage in gewissen Zwischenräumen auf ihren Isolationswiderstand untersuchen läßt oder dem Wärter, resp. einem andern geeigneten Beamten die Anleitung zu solchen Untersuchungen geben läßt. Handelt es sich um Revision der Anlage auf Feuer- und Betriebssicherheit, dann lege man die Sicherheitsvorschriften des Verbandes deutscher Elektrotechniker und die in Frage kommenden Bestimmungen der Vereinigung Deutscher Privat-Feuerversicherungsgesellschaften zugrunde, von denen dem Wärter der Anlage je ein Exemplar zum Selbststudium auszuhändigen ist.

Von großem Werte sind dann sogenannte Betriebsberichte, welche am Ende eines jeden Monats aufzustellen sind und wie nachstehend ausgeführt werden können.

Betriebsbericht für Monat Januar 1904.

Dynamo	Batterie	Schalttafel	Leitungsnetz
Isolationswiderstand + gegen Erde 200 000 Ohm.	Isolationswiderstand + gegen Erde 110 000 Ohm.	Isolationswiderstand + gegen Erde 80 000 Ohm.	Isolationswiderstand + gegen Erde 60 000 Ohm.
Isolationswiderstand — gegen Erde 180 000 Ohm.	Isolationswiderstand — gegen Erde 90 000 Ohm.	Isolationswiderstand — gegen Erde 70 000 Ohm.	Isolationswiderstand — gegen Erde 50 000 Ohm.

Dynamo	Batterie	Schalttafel	Leitungsnetz
Stromabgabe: Funkenlos. Belastung: 110 Volt Amp. Lager: Normal.	Gasen der Elemente: Regelmäßig. Belastung: 50 Ampere	Apparate: Voltmeter in Ordnung. Amperemeter wird warm.	Sicherungen: Haupt- sicherungen in Ordnung. Sicherung im Lager brennt öfter durch. Erdschluß gefunden und beseitigt.

Natürlich können diese Berichte noch ausführlicher gehalten werden und sollte der vorstehende lediglich als Schema dienen, um einen Anhaltspunkt zu geben. Werden solche Berichte allmonatlich dem Besitzer der Anlage vorgelegt, dann wird es nicht vorkommen können, daß größere Isolationsstörungen auf die Dauer bestehen bleiben und die Anlage wird immer regelrecht funktionieren, falls die gefundenen Fehler auch wirklich im Entstehungsstadium beseitigt werden.

d) Wahl des Maschinen- und Akkumulatorenraumes. Als Maschinen- und Akkumulatorenräume wähle man nur solche Räume, welche vollständig trocken sind und in welchen jedes Auftreten von Dämpfen ausgeschlossen ist, so daß von vornherein dem Entstehen von Erdschluß infolge Feuchtigkeit vorgebeugt wird. Allerdings müssen diese Räume, die als Betriebsräume zu bezeichnen sind, noch andern Bedingungen genügen, wie u. a. hinsichtlich der Helligkeit, Staubfreiheit, Ventilation, Zugänglichkeit usw., jedoch kommen diese Punkte

für das Thema des vorliegenden Buches nicht in Frage, da es sich hierbei lediglich um Gesichtspunkte handelt, welche zu beachten sind zur Erhaltung eines möglichst hohen Isolationswiderstandes. Außer feuchten Räumen vermeide man daher auch solche Örtlichkeiten, in deren Nähe gemahlen, gefeilt, gedreht oder eine ähnliche Arbeit verrichtet wird, weil der Staub und die durch jene Arbeiten erzeugten Abfälle geeignet sind, die Lager, den Stromabgeber und die Isolation der Maschine zu beschädigen. Ein Maschinen- und Akkumulatorenraum soll ferner verschließbar sein, damit Unbefugte nicht in die Lage kommen können, böswilliger oder fahrlässiger Weise eine Verletzung der Isolation an der Maschine oder an den Hauptleitungen vorzunehmen, deren Auffindung dem Wärter erst unnötige Mühe bereitet, ganz abgesehen davon, daß durch eine solche Handlungsweise der Betrieb der ganzen Anlage vollständig gestört werden kann.

e) **Fundament der Dynamomaschine.** Steinfundamente für Dynamomaschinen wie auch für Elektromotoren müssen vollständig trocken sein, ehe die darauf montierte Dynamo in Betrieb genommen wird. Auch ist es sehr ratsam die im Erdboden stehenden Teile des Fundaments auf allen Seiten, sowie unter der Grundfläche mit einer etwa 2—3 *cm* starken Schicht von bestem Asphalt zu umgeben, da letzterer einen ziemlich hohen Isolationswiderstand besitzt und infolgedessen eine Ableitung eines an der Maschine entstehenden Schlusses zwischen stromführenden Teilen und Eisengestell zur Erde möglichst vermeidet. In Anlagen mit hoher Betriebs-

spannung, sowie auch bei Dreileiteranlagen mit geerdetem Mittelleiter werden jedoch die Maschinengestelle geerdet, um zu vermeiden, daß bei einem Fehler im Netze oder an den Maschinen eine zu hohe Übergangsspannung entsteht, welche für das Bedienungspersonal gefährlich werden würde. Derartige besondere Fälle sollen indes an dieser Stelle nicht behandelt werden, zumal dieselben hauptsächlich nur für Zentralen in Frage kommen und sei daher auf das Schlußkapitel verwiesen.

f) Leitungen sichtbar verlegen. Es ist von großer Wichtigkeit für jede elektrische Anlage, alle Leitungen so zu verlegen, daß sie sichtbar und zugänglich sind, um sie erforderlichen Falles nachkontrollieren und auswechseln zu können. Ein großer Nachteil ist es, Leitungen in Ecken und Winkel zu verlegen, welche nur äußerst schwer zugänglich sind, da man an solchen Stellen selten eine Störung sucht und infolgedessen oft lange Zeit vergeblich bemüht ist, den Sitz des Fehlers dort in solchen Schlupfwinkeln zu finden, was um so schwieriger ist, sobald derartige Stellen vollkommen im Dunkeln liegen und, wie man oft finden wird, vollständig verschmutzt oder von Spinnweben überzogen sind. Bei Verlegung von Leitungen in Isolierrohren über oder unter Putz sind natürlich die Leitungen an und für sich nicht sichtbar, weshalb diese Verlegungsart auch viele Gegner hat; man muß jedoch hierbei nicht einseitig urteilen, sondern die Vorteile dieser Methode gebührend berücksichtigen, welche sich namentlich dadurch kennzeichnen, daß die Leitungen gegen mechanische Verletzungen geschützt sind. Bis zu

einem gewissen Grade kann man aber auch unter Putz verlegte Leitungsnetze als zugänglich bezeichnen, sobald man es nicht an Abzweigdosen fehlen läßt, auf welchen Punkt bereits an früherer Stelle hingewiesen wurde.

Die Hauptleitungen zwischen Dynamomaschine, Akkumulatorenbatterie und Schalttafel, sowie diejenigen Hauptleitungen, welche von der Hauptschalttafel nach den einzelnen Verteilungsschalttafeln oder Verteilungssicherungen führen, sind entschieden so zu verlegen, daß sie jederzeit zugänglich sind, um an allen ihren Abzweigstellen Isolationsmessungen bequem ausführen zu können. Ist dies nicht der Fall, sind also diese Hauptstellen nur mit Mühe zugänglich, dann wird der Wärter sich nur selten die Mühe nehmen, Isolationsprüfungen an diesen Stellen vorzunehmen, sondern eher alle andern Versuche zur Aufsuchung oder Beseitigung eines Erdschlusses unternehmen.

Schalttafeln und Verteilungstafeln sollen demzufolge so angeordnet werden, daß man bequem zu allen an der Rückseite befindlichen Verbindungen gelangen kann, ohne Gefahr zu laufen, durch den herrschenden starken Erdschluß einen Schlag zu erhalten, wie es bisweilen der Fall ist. Auch soll der zwischen Schalttafel und Wand bestehende Zwischenraum beleuchtet sein, was durch Anbringung einer transportablen Handlampe am vorteilhaftesten geschieht, indem man mit derselben alle Verbindungsstellen hinreichend beleuchten kann.

g) Zweipolige Ausschalter. Für alle Hauptstromkreise, ferner für die Maschinen- und

Akkumulatorenleitungen ist es ratsam, lediglich zwei-polige Ausschalter, bzw. Schalthebel zu verwenden und zwar aus dem Grunde, weil ein einpolig ausgeschalteter Stromkreis nur dann absolut stromfrei ist, wenn im ausgeschalteten Pol kein Erdschluß vorhanden ist. Ist z. B. in Fig. 11 die Abzweigleitung A einpolig ausgeschaltet und der positive Pol hat an zwei oder mehreren Stellen Erdschluß, dann

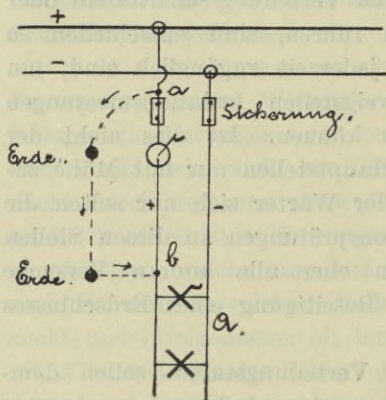


Fig. 11.

ist die Leitung nicht vollständig stromfrei, sondern der Erdschlußstrom findet seinen Weg von a zur Erde und von hier über b durch eine mittels Hahnfassung eingeschaltete Glühlampe nach dem entgegengesetzten Pole. Sind jedoch sämtliche Glühlampen mit besonderem Aus-

schalter oder mit Hahnfassung versehen, dann ist der Erdschluß unterbrochen, es sei denn, daß auch der negative Pol Erdschluß besitzt, in welchem Falle, wie Fig. 12 zeigt, die Sicherungen beständig vom Erdschlußstrome durchflossen sind. Sollen Leitungen auf Erdschluß untersucht werden, bzw. die Fehlerstelle gefunden werden, an welcher der Stromübergang zur Erde erfolgt, dann sind die zweipoligen Ausschalter ebenfalls von großem Nutzen, da man die einzelnen Stromkreise vollständig von der Hauptleitung ab-

trennen und für sich allein untersuchen kann, ohne befürchten zu müssen, vom Erdschlusse benachbarter Leitungen irre geführt zu werden.

Es sei hierbei bemerkt, daß man einpolig ausschaltbare Stromkreise durch Hinzufügung eines zweiten einpoligen Ausschalters im andern Pole nachträglich zweipolig abschaltbar einrichten kann, jedoch ist ein zweipoliger Ausschalter immer vorteilhafter, als zwei einpolige Ausschalter, deren Ausschaltstellungen nicht auf der Kappe markiert sind, wie es nach den Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker verlangt wird.

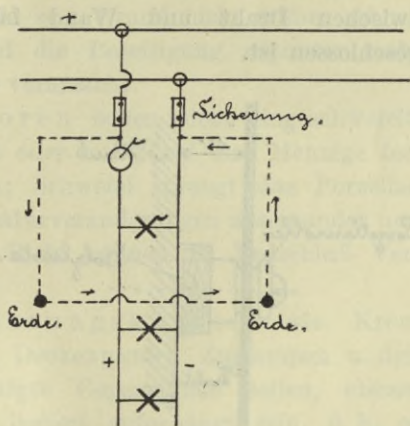


Fig. 12.

h) Abstand der Leitungen von der Wand. Obgleich die Sicherheitsvorschriften auch hierüber Angaben enthalten, so ist man doch nicht gebunden an dieselben, sondern kann diesen Abstand, wie auch den gegenseitigen Abstand der Leitungen größer annehmen, welche Vorsichtsmaßregel besonders für feuchte Räume geboten ist, um den Übertritt der Feuchtigkeit von den Wänden auf die Leitungen möglichst zu erschweren. Zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, wie in Fig. 13 dargestellt, die Porzellanrollen nicht direkt an die Wand zu schrauben,

sondern auf ein Stück Holzleiste, welche mit besonderen Schrauben an der Wand oder Decke befestigt wird. Man erreicht hierdurch, daß die Befestigungsschrauben der Porzellanrollen nicht unmittelbar mit der feuchten Wand in Berührung kommen und daß auch die Drähte selbst, infolge des größeren Abstandes a , von der Feuchtigkeit der Wand verschont bleiben, wie auch ein Festsetzen von Schmutz zwischen Draht und Wand fast gänzlich ausgeschlossen ist.

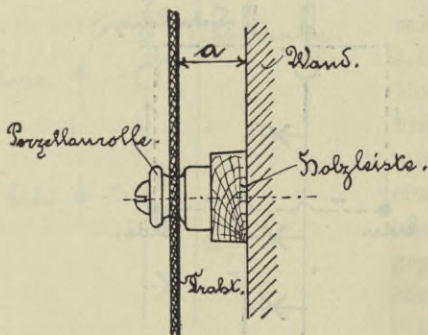


Fig. 13.

i) Bindestellen dürfen nicht allzu fest gewickelt werden, da es hierdurch vorkommen kann, daß der Bindedraht die Isolierhülle des Leitungsdrahtes durchschneidet und

mit dem blanken Leiter in Berührung kommt, wodurch in nassen Räumen Erdschluß entstehen kann. Sorgfältige Isolierung einer jeden Bindestelle ist ebenfalls notwendig.

k) Vorsicht beim Einschlagen von Nägeln. Soll in einem Gebäude, in welchem elektrische Leitungen unter Putz verlegt sind, ein Nagel eingeschlagen werden, so überzeuge man sich gewissenhaft, ob man eine Leitung verletzen würde, ehe man den Nagel einschlägt.

l) **Vorsicht beim Aufhacken des Bodens.** Soll in einem Maschinenraume oder an irgend einer Stelle der Boden, wo unterirdisch verlegte Bleikabel liegen, aufgehackt werden, so ist in solchem Falle größte Vorsicht am Platze, da die Verletzung eines Kabels im Erdboden, falls sie unemerkt bleiben sollte, zu starkem Erdschlusse Veranlassung geben kann, welcher Fehler besonders unangenehm ist, da sein Grund nicht immer schnell zu finden ist und die Beseitigung mitunter recht erhebliche Kosten verursacht.

m) **Isolatoren** sollen nicht eingeschweifelt, sondern eingepist oder mit Hanf und Mennige fest eingedreht werden; Schwefel sprengt das Porzellan bei großen Temperaturveränderungen auseinander und die entstandenen Risse können zu Erdschluß Veranlassung geben.

n) **Beleuchtungskörper**, wie Kronleuchter, Ampeln, Deckenpendel, Zuglampen u. dgl. an Decken befestigte Gegenstände sollen, ebenso wie Bogenlampen isoliert aufgehängt sein, d. h. es soll zwischen den Metallteilen dieser Beleuchtungskörper und dem an der Decke befestigten Deckenhaken eine isolierende Porzellanrolle angeordnet sein, welche verhütet, daß etwa vorhandener Körperschluß auf die Decke übertragen wird und ferner, daß vorhandener Erdschluß in der Decke oder im Befestigungsträger auf die Metallteile des betreffenden Beleuchtungskörpers übertragen wird. Fig. 14 läßt letztern Fall erkennen und zwar ist hierbei angenommen, daß die Zuführungsleitung zu dem Metallpendel starken Erdschluß mit der feuchten Decke besitzt und daß der

Fußboden ebenfalls sehr feucht ist, wie es in Färbereien, Bleichereien, Brauereien, Gerbereien und ähnlichen Anlagen der Fall ist. Berührt nun eine Person das Eisenpendel und dasselbe ist nicht isoliert aufgehängt, dann wird die betreffende Person einen Schlag erhalten, welcher um so stärker fühlbar ist, je größer die Störungsstelle und demnach der Erdschluß ist. Der Erdschlußstrom nimmt dann

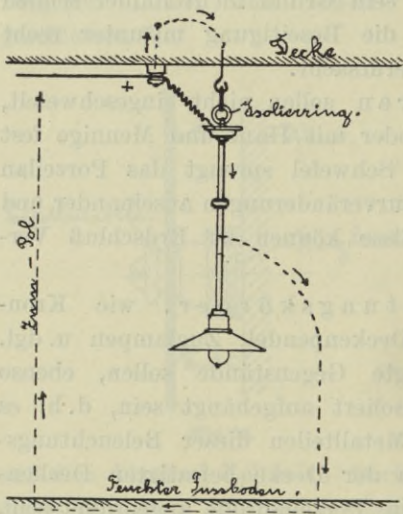


Fig. 14.

Richtung der angedeuteten Pfeile. Die gleiche Wirkung ergibt sich, wenn die Isolation des im Rohre befindlichen Leitungsdrahtes an einer Stelle so verletzt ist, daß der blanke Kupferleiter mit dem Metallrohre in Verbindung steht, in welchem Falle die isolierte Aufhängung nur die Überleitung des Stromes nach der Decke, nicht aber nach dem Fußboden verhindert, sobald eine Berührung des Pendels erfolgt. Wenn also außer der Störungsstelle im Innern des Metallpendels auch noch starker Erdschluß im andern Leitungspole vorhanden ist, dann ist die Wirkung um so kräftiger, denn man kann in diesem Falle einen Schlag von direkter Betriebsspannung erhalten.

Dieser Fall zeigt, daß man beim Einziehen von Drähten in Beleuchtungskörper sehr vorsichtig zu Werke gehen muß, um eine Verletzung der Drahtisolation zu verhüten; auch sind Beleuchtungskörper so aufzuhängen, daß sie sich entweder gar nicht drehen lassen oder daß bei einer etwaigen Drehung die Einführungsstelle der Leitungen nicht verletzt wird.

o) **Knotenflechten in Schnurpendeln.** Dies ist eine Unsitte, welche nicht streng genug gerügt werden kann, da durch diese Methode zur Verkürzung eines

Pendels nicht nur ein Erdschluß, sondern sogar direkter Kurzschluß entstehen kann, indem durch das Knotenflechten Brüche einzelner Kupferadern entstehen und die spitzen Bruch-

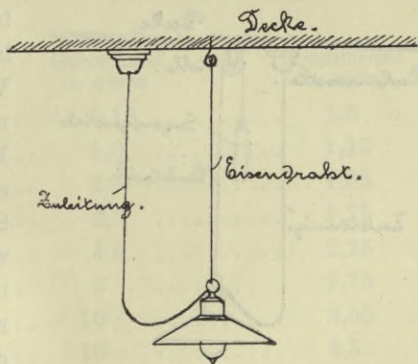


Fig. 15.

enden leicht die Isolierung durchstechen, wodurch sie mit dem entgegengesetzten Pole in Berührung kommen können. Man verwende für Schnurpendel stets Fassungen mit Ringnippel, an welchem letzterm man einen besondern Aufhängedraht befestigt, wie Fig. 15 zeigt. Ist jedoch eine Lampe häufiger höher oder tiefer zu hängen, dann wählt man am vorteilhaftesten eine Anordnung mit kleinem Gegengewichte, wie aus Fig. 16 hervorgeht oder direkte Schnurzugpendel mit dünner Messingkette und Gegengewicht,

wobei natürlich auch darauf zu achten ist, daß die stromführende Litze stets vom Zuge entlastet, also das Gewicht von Lampe, Schirm und Fassung besonders aufgehängt ist.

p) Kupferquerschnitte. Bei jeder elektrischen Anlage lege man darauf Wert, daß die einzelnen Leitungen reichliche, mindestens aber die vom Verbands Deutscher Elektrotechniker vorgeschriebenen Kupferquerschnitte erhalten, weil man erfahrungsgemäß stets mit einer Vergrößerung der

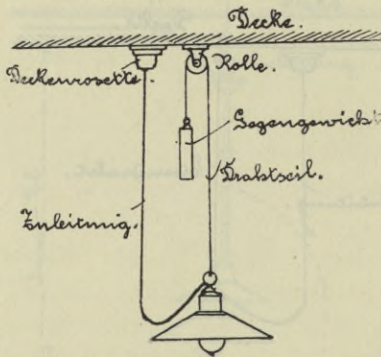


Fig. 16.

betreffenden Anlage oder mit einer Veränderung rechnen kann, die eine Mehrbelastung des einen oder andern Stromkreises notwendig erscheinen läßt. Man könnte nun einwenden, daß der Kupferquerschnitt nichts mit

dem Erdschluß zu tun habe, dem ist aber nicht so, vielmehr sind zu geringe Leitungsquerschnitte häufig die Ursache von Drahtverbiegungen, in deren Folge eine Berührung mit nassen Wänden, eisernen Trägern oder dgl. entstehen und zu Erdschluß Veranlassung geben können. Besonders aber erleiden zu geringe Querschnitte öfters Drahtbrüche, ferner durch Überhitzung Lösung von Lötstellen und, wo ätzende Dämpfe in Frage kommen, eine verhältnismäßig raschere Zerstörung, als hinreichend starke

Drähte. In nachstehender Tabelle sind nun die vom Verbands Deutscher Elektrotechniker festgesetzten Querschnitte von Kupferleitungen für Niederspannungsanlagen (65—500 Volt) enthalten, welche Querschnitte keinesfalls unterschritten werden sollten, da dieselben ohnehin nicht übermäßig reichlich angenommen sind. Hierbei sei bemerkt, daß der geringste zulässige Querschnitt für isolierte Kupferleitungen 1 *qmm*, für Beleuchtungskörper = $\frac{3}{4}$ *qmm*, für blanke Leitungen in Gebäuden 4 *qmm* und für blanke Freileitungen 6 *qmm* beträgt.

Stromstärke in Ampere	Querschnitt in <i>qmm</i>	Durchmesser in <i>mm</i>
4	0,75	1,0
6	1,0	1,15
10	1,5	1,35
15	2,5	1,75
20	4,0	2,25
30	6	2,75
40	10	3,55
60	16	4,5
80	25	5,65
90	35	6,65
100	50	8,0
130	70	9,5
165	95	11,0
200	120	12,35
235	150	13,85
275	185	15,35
330	240	17,5
400	310	19,85
500	400	22,55

Stromstärke in Ampere	Querschnitt in <i>qmm</i>	Durchmesser in <i>mm</i>
600	500	25,25
700	625	28,25
800	800	31,95
1000	1000	35,7

Für Kupferleitungen von 16 oder 25 *qmm* Querschnitt ab bis zu den größeren Dimensionen, werden im allgemeinen keine massiven Kupferleiter mehr verwendet, da dieselben zu unbequem bei der Verlegung sind, sondern es gelangen für diese Querschnitte Kupferkabel zur Anwendung, welche sich leichter biegen und verlegen lassen. Der in der dritten Spalte obiger Tabelle angegebene Durchmesser bezieht sich jedoch auf massive Leiter.

q) Isolation der Leitungen. Die Isolation der Leitungen richtet sich vorwiegend nach der Beschaffenheit der jeweiligen Räume, die man mit Rücksicht auf ihr Verhalten bei Erdschluß in folgende Klassen einteilt:

1. Betriebsräume (Akkumulatorenräume ausgeschlossen).
2. Akkumulatorenräume.
3. Trockene Räume.
4. Feuchte Räume.
5. Räume mit ätzenden Dämpfen.
6. Durchtränkte und nasse Räume.

Für die Wahl der Isolation von Kupferleitungen in vorgenannten Räumen sind folgende Gesichtspunkte zu beachten.

1. Betriebsräume.

In Betriebsräumen elektrischer Starkstromanlagen dürfen, sofern diese Räume lediglich dem Bedienungs-personale zugänglich sind, Leitungen jeder Art, selbst blanke Leitungen verwendet werden, für welche letztere durch farbigen Anstrich die Polarität kenntlich zu machen ist. Selbstverständlich müssen diese Leitungen so verlegt werden, daß die Einwirkung von Erdschluß, bzw. die Entstehung desselben vermieden wird.

2. Akkumulatorenräume.

Die Leitungen in diesen Räumen sind am vorteilhaftesten als blanke Drähte zu verlegen, die zum Schutze gegen die Einwirkung der Säuredämpfe, für deren Abzug selbstredend Sorge zu tragen ist, mit Porzellanemallelack gestrichen werden. Zu diesem Anstriche sind jedoch beste, nicht hygroskopische Fabrikate zu wählen, da andernfalls bei minderwertigen Anstrichfarben der Bildung von Erdschluß Vorschub geleistet werden kann, worauf in Abschnitten, Kapitel 3 bereits hingewiesen wurde. Die Akkumulatorenräume sind gar häufig der Herd von Erdschluß, und deshalb ist in solchen Räumen besondere Aufmerksamkeit am Platze. Die einzelnen Batteriezellen sind gegen das Holzgestell und letzteres ist durch Glasfüße oder andere nicht hygroskopische Unterlagen sorgfältig zu isolieren; auch sollen Vorkehrungen dahingehend getroffen werden, daß beim Springen oder Undichtwerden eines Elementes die auslaufende Säure den Fußboden nicht gefährdet, bzw. darunter liegende Räume nicht in Mitleidenschaft gezogen werden.

3. T r o c k e n e R ä u m e.

In trockenen Räumen, in denen sich Menschen aufhalten, dürfen für Anlagen bis zu 125 Volt Betriebsspannung gewöhnlich isolierte Kupferdrähte (Gummibanddrähte) fest verlegt werden, dafern die Verlegung lediglich über Putz, also auf Porzellanrollen, Porzellanclenmen oder in Isolierrohre erfolgt. Für Spannungen über 125 Volt, sowie zur Verlegung in Rohren unter Putz ist jedoch stets Gummiaderdraht zu verwenden. Handelt es sich um bewegliche Leitungen, so sollte man stets Gummiaderschnur wählen, welche natürlich derart zu verlegen ist, daß die Anschluß- und Verbindungsstellen nicht durch Verlöten, sondern durch Verschraubung auf isolierender Unterlage erfolgt; auch ist darauf zu achten, daß an den Enden der Litze die einzelnen Drähte jedes Leiters miteinander verlötet sind.

4. F e u c h t e R ä u m e.

In feuchten Räumen können blanke Kupferdrähte, welche mindestens 10 *cm* voneinander und 10 *cm* von der Wand auf Porzellanisolatoren verlegt und mit dauerhaftem Lack gestrichen sind, verwendet werden, wobei jedoch dafür Sorge zu tragen ist, daß eine Berührung im allgemeinen unmöglich ist, was namentlich bei Spannungen über 250 Volt zu berücksichtigen ist. Werden isolierte Drähte in feuchten Räumen verwendet, dann wähle man ausschließlich Gummiaderdrähte und Doppelleitungen mit einer starken schmiegsamen Hülle zum Schutze gegen Beschädigung. Apparate sind in feuchten Räumen möglichst zu vermeiden und, falls ihre Unterbringung dennoch in solchen

Räumen notwendig ist, ebenso zu isolieren wie die Leitungen selbst.

5. Räume mit ätzenden Dämpfen.

Für solche Räume sind entweder Bleikabel oder blanke Leitungen mit Bleiüberzug oder mit Porzellan-emaillack gestrichen anzuwenden und gegen Berührung zu schützen. Auch die stromführenden Teile von Schaltapparaten sind, soweit dies angängig ist, gegen die Einwirkung der ätzenden Dämpfe zu schützen, besser jedoch ist es, solche Apparate möglichst in trockenen Nebenräumen unterzubringen.

6. Durchtränkte und nasse Räume.

Für solche Räume, in denen durch ungewöhnlich starke oder gutleitende Feuchtigkeit ein normaler Isolationswiderstand auf die Dauer schwer zu erhalten ist und der Widerstand des menschlichen Körpers gegen Erde erheblich vermindert wird, gelten dieselben Bestimmungen, wie für feuchte Räume. Ferner sind an geeigneten Stellen Tafeln anzubringen, welche in auffälliger Weise vor der Berührung der elektrischen Leitungen warnen. Auch sind alle Lampen, die ohne weiteres zugänglich sind, mit isolierenden und feuchtigkeitsbeständigen Armaturen zu versehen, um etwa herrschenden starken Erdschluß bei Berührung weniger unangenehm fühlbar zu machen, während Hahnfassungen gänzlich verboten sind. Bogenlampen sollen während des Betriebes unzugänglich sein, auch dürfen sie während der Bedienung nicht unter Spannung stehen.

r) Anschluß von Fassungen, Ausschaltern und Steckkontakten. Sehr

häufig hat Erdschluß und auch Kurzschluß seinen Sitz in Ausschaltern, Fassungen oder Steckkontakten, indem ein oder mehrere Drahtenden der eingeführten Litze infolge mangelhafter Verlötung der Enden sich gelöst haben und mit den äußern Metallteilen, also mit der Fassung oder dem Ausschalterdeckel oder mit stromführenden Kontakten des andern Poles in Berührung kommen. Es ist deshalb beim Anschlusse solcher Teile ganz besonders notwendig, vorsichtig zu sein und die anzuschließenden Litzenenden sorgfältig abzuschneiden und zu verlöten. Auch bei Kronleuchtern, Wandarmen, Tischlampen u. dgl. Beleuchtungskörpern stellte sich sehr oft die Tatsache heraus, daß vorhandener Erdschluß oder Körperschluß auf mangelhafte Anschlüsse von Fassungen zurückzuführen war.

s) Schalttafeln und Verteilungstafeln. Die auf der Vorder- oder Rückseite von Schalttafeln notwendigen Kupferverbindungen, seien es nun blanke Kupferschienen oder Kupferdrähte sind dermaßen anzuordnen, daß gegenseitige Berührung stromführender Schienen und Drähte oder letzterer mit Befestigungsschrauben, Eisenstützen usw. unmöglich bzw. ungefährlich wird, selbst dann noch, wenn durch Verschiebung oder Loslösung einzelner Drähte eine Berührung eintritt. Es sind daher diese Verbindungen an gefährdeten Stellen, namentlich an Kreuzungen sorgfältig zu isolieren und der Zwischenraum bei Kreuzungen ist hinreichend groß zu wählen, damit solche Fälle, wie in Fig. 3 dargestellt, nicht eintreten können. Auch ist seitens des Besitzers einer elektrischen Anlage darauf zu achten, daß die

Schalttafeln, bzw. der Platz hinter derselben, sowie der obere Rahmen nicht zur Ablagerung von Drahtstücken, Schmelzstreifen, Bleistöpseln oder Werkzeugen benützt wird, denn hierdurch können recht unangenehme Kurzschlüsse eintreten, sobald derartige Gegenstände hinter die Schalttafel fallen und mit blanken, stromführenden Drähten oder Kupferschienen in Berührung kommen. Es kann ein Stückchen blanker Kupferdraht, welcher unbemerkt hinter eine Schalttafel gefallen ist, einen Pol direkt mit einer feuchten Wandstelle verbinden und dadurch einen dauernden Erdschluß verursachen, welcher meist nur bei der zufälligen Wegnahme der betreffenden Schalttafel gefunden wird. Ein genügender Abstand zwischen Schalttafel und Wand, sowie eine öftere Kontrolle der hintern Verbindungen von Schalttafeln ist sehr zu empfehlen.

t) Verteilung von Leitungen. Die Verteilung der Leitungen für eine größere elektrische Anlage hat zwar mit der Verhütung von Erdschluß im direkten Sinne nichts zu tun, wohl aber hat eine sachgemäße Disposition des ganzen Leitungsnetzes den Vorteil, daß man eine größere Übersicht gewinnt und das Aufsuchen etwaiger Isolationsfehler erleichtert wird. Aus diesem Grunde wird man es für richtig finden, wenn an dieser Stelle etwas näher auf die Verteilung der Leitungen eingegangen worden ist.

Wohl jedem Installateur wird es hinreichend bekannt sein, daß sich jede elektrische Anlage anders gestaltet und daß man für die Verteilung der einzelnen Hauptstromkreise keine allgemein gültigen Schemata zugrunde legen kann, wohl aber sollte jeder Instal-

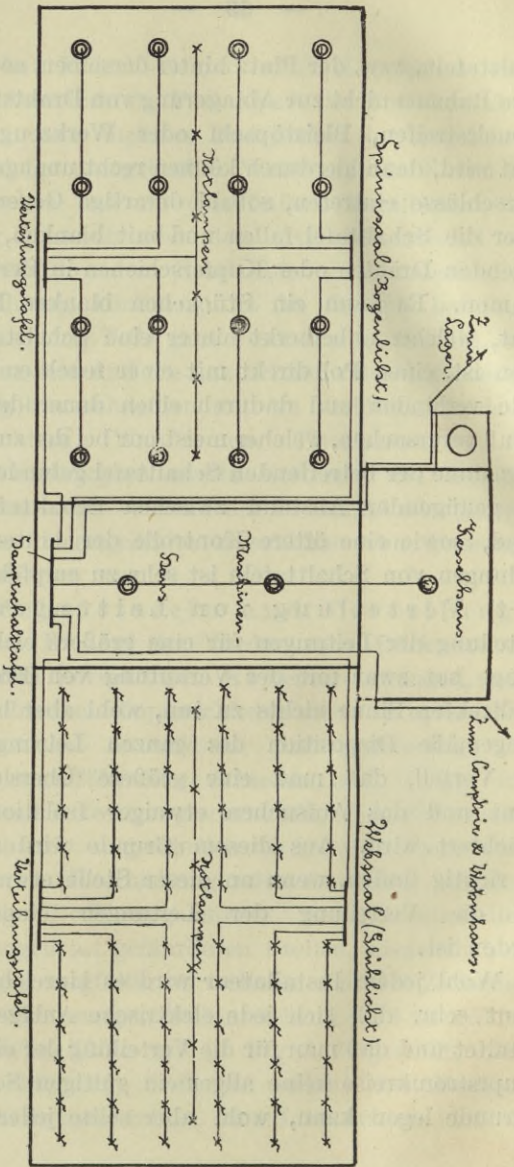


Fig. 17.

lateur dafür eintreten, daß für das Leitungsnetz ein sogenanntes Zentralisierungssystem angewendet wird, welches darauf beruht, daß von der Hauptschalttafel aus (Fig. 17) eine Anzahl zweipolig gesicherter und zweipolig ausschaltbarer Hauptleitungen nach Verteilungstafeln führen, von welchen letztern dann die einzelnen Abzweigstromkreise in Gruppen bis zu je 12 Glühlampen abzweigen. Die Verteilungstafeln werden in Handreichhöhe angeordnet, mit verschließbaren Holzkästen versehen und enthalten für ihre Abzweigstromkreise ebenfalls zweipolige Ausschalter und zweipolige Sicherungen. Nebengebäude erhalten von der Hauptschalttafel aus ihre besondere Zuleitung, ebenfalls zweipolig ausschaltbar und gesichert. Eine Anlage mit derartig zentralisiertem Leitungsnetze ist übersichtlich in jeder Beziehung, etwaige Störungen sind leicht aufzufinden, etwaige Änderungen oder Erweiterungen bieten ebenfalls keine Schwierigkeiten, und man hat es an der Hand, im Bedarfsfalle einzelne Hauptstromkreise vollständig abzuschalten.

Weit unvorteilhafter ist die Anordnung einer einzigen Hauptleitung mit an den Decken angebrachten Abzweigsicherungen, welche meist nur mittels Leitern zu erreichen sind, wodurch in Wohnräumen Beschädigungen von Mobiliar, Stuckteilen u. dgl. eintreten können. Für Fabriken mit zahlreichen Transmissionen ist ein solches System gänzlich zu verwerfen, da hierbei noch die Möglichkeit vorhanden ist, daß der mit der Aufsuchung von Isolationsfehlern oder mit der Einsetzung von Bleistöpseln beauftragte Wärter verunglücken kann.

Allerdings erfordert das zuerst beschriebene Zen-

tralisationssystem mehr Leitungsmaterial, als das andre System, trotzdem sollte man die hierdurch entstehenden Mehrkosten niemals scheuen, sondern stets bedenken, daß die erzielten Vorteile überwiegend sind.

u) Annahme eines Sachverständigen. Geht man mit dem Plane um, eine größere elektrische Anlage herstellen zu lassen, und weichen die einzelnen Projekte und Angebote wesentlich voneinander ab, dann ist es immer zu empfehlen, einen unparteiischen Sachverständigen zu Rate zu ziehen, welcher auf Grund langjähriger Praxis und theoretischer Kenntnisse diejenigen Ratschläge zu erteilen und Anordnungen zu treffen weiß, welche für eine tadellose, auch hinsichtlich des Isolationswiderstandes mustergültige Anlage erforderlich sind. Unsere heutigen Industrieverhältnisse bringen es mit sich, daß aus Konkurrenzneid Unterbietungen in unglaublicher Weise an der Tagesordnung sind und gerade in der Elektrotechnik bieten sich Gelegenheiten einen unausbleiblichen Schaden, bedingt durch notwendige Preisherabminderungen, dadurch einigermaßen wieder gut zu machen, daß unbemerkt minderwertige Fabrikate und grundfalsche Dispositionen zur Anwendung kommen, die sich dann in kurzer Zeit, meist aber erst nach Beendigung der eingegangenen Garantiepflicht, schwer rächen. Schon allein der Umstand, daß bei öffentlichen Ausschreibungen, wie auch bei Privatsubmissionen die einzelnen Offerten bis um 50% differieren, läßt erkennen, wie notwendig die Annahme eines tüchtigen Sachverständigen ist, dessen Honorarforderung in den weitaus meisten

Fällen kaum 1% der ganzen Anlagekosten beträgt, dafern es sich lediglich um Begutachtung handelt.

Hinsichtlich weiterer Punkte zur Verhütung von Erdschluß sei auf die bestehenden Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker und auf etwaige behördliche Bestimmungen verwiesen, wobei auch an dieser Stelle auf die Tatsache hingewiesen sei, daß für eine elektrische Starkstromanlage das Beste gerade gut genug ist.

6. Aufsuchung und Beseitigung von Erdschluß.

Einen wesentlichen Anhaltspunkt für das Aufsuchen von Erdschluß bilden alle in den frühern Kapiteln genannten Fälle für die Entstehung des Erdschlusses und infolgedessen ist es ratsam, ehe man zeitraubende Methoden zur Auffindung anwendet, zunächst die Anlage dahingehend zu untersuchen, ob sich an derselben derartige, meist leicht erkennbare Übelstände vorfinden. Scheint dies nicht der Fall zu sein, dann erst nehme man seine Zuflucht zu Apparaten, mit denen man dann wie folgt verfährt.

a) **Allgemeines.** Die Isolationsmessungen, welche zur Bestimmung des jeweiligen Isolationswiderstandes eines Leitungsnetzes oder eines Teiles desselben gegen Erde dienen, sollen möglichst mit der Betriebsspannung, mindestens aber mit 110 Volt ausgeführt werden. Zur Aufsuchung eines Erdschlusses dagegen ist es nicht notwendig, Betriebsspannung zu verwenden, vielmehr genügt hierzu bereits eine geringe Spannung von 2—6 Volt, wie dieselbe von den kleinen transportablen Akkumulatorenbatterien erzeugt wird, welche in Galvanometer eingebaut

sind. Bei beiden Messungen, also bei Isolationsmessungen sowohl, wie auch beim Aufsuchen schadhafter, zu Erdschluß Veranlassung gebender Stellen müssen alle Glühlampen, Bogenlampen, Motore oder andere stromverbrauchenden Apparate von ihren Leitungen abgetrennt, dagegen alle Beleuchtungskörper angeschlossen, alle Sicherungstöpsel eingesetzt und alle Ausschalter geschlossen sein. Serienstromkreise dürfen nur an einer einzigen Stelle geöffnet sein,

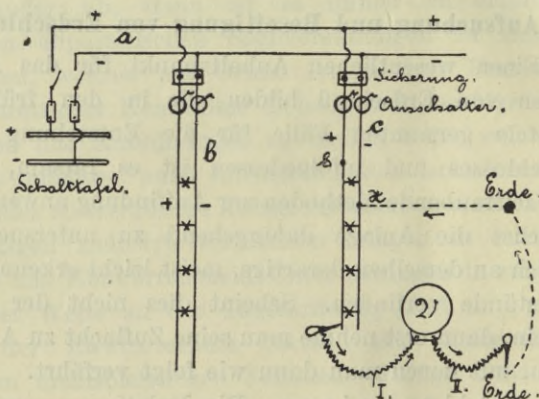


Fig. 18.

welche möglichst in der Mitte liegt. Der negative Pol der Stromquelle (Meßbatterie) soll möglichst an die zu messende, bzw. zu prüfende Leitung und der positive Pol der Stromquelle an Erde gelegt werden.

b) Voltmetermethode. Hierbei wird ein Voltmeter zwischen je einen Leitungspol und Erde geschaltet, wobei natürlich das Leitungsnetz unter Spannung, event. Betriebsspannung, stehen muß. Es sei beispielsweise (siehe Fig. 18) a eine Haupt-

leitung, von welcher die Zweigstromkreise b und c abzweigen, in welcher letzterem, angenommen bei x, eine Erdschlußstelle liege. Verfolgt man nun mit dem Voltmeter, welcher mit zwei Anschlußdrähten I und II versehen ist, die ganze Hauptleitung von Anfang an, so wird man den Erdschluß im vordern Teile nur dann spüren, wenn durchgehends feuchte Wände oder durchgehende Wasserleitungen vorhanden sind. Zur Aufsuchung der Fehlerstelle muß man jedoch die einzelnen Zweigleitungen für sich messen und die übrigen abschalten. Hat man die Zweigleitung c ganz abgeschaltet und mißt man die Zweigleitung b allein, dann wird man keinen Ausschlag erhalten, woraus man schon schließen kann, daß der Fehler entweder in der Hauptleitung a oder in der Zweigleitung c liegt; schaltet man nun beide Zweigleitungen ab und es zeigt sich in der Hauptleitung allein auch kein Ausschlag, dann muß der Fehler in c liegen, wo er auch beim weiteren Verfolgen der Leitung gefunden werden wird.

c) Galvanometermethode. Soll in dem in Fig. 19 dargestellten Leitungsnetze die Störungsstelle x mit Hilfe eines Galvanometers gefunden werden, dann trennt man zuerst die Hauptleitung m n von der Schalttafel ab, wobei eine gegenseitige Berührung der Drähte sorgsam zu vermeiden ist. Hiernach schließt man den Stromkreis aller Lampen und legt den einen Draht a der kleinen Meßbatterie unter Zuhilfenahme einer Gas- oder Wasserleitung an Erde, während man mit dem Stifte b die einzelnen Leitungen berührt, natürlich an vorher blank gemachten Stellen. Man wird alsdann den Fehler bald auffinden, nach-

dem man die einzelnen Abzweigungen für sich untersucht hat.

d) *Glühlampemethode.* Zur Auffindung von Erdschluß genügt in vielen Fällen bereits eine Glühlampe, welche mit zwei angeschlossenen Drähten und einer Fassung versehen ist. Man schließt hierbei den einen Draht an die zu untersuchende Leitung an, während man den andern Draht an Erde legt. Je nach dem stärkern oder schwächern Leuchten

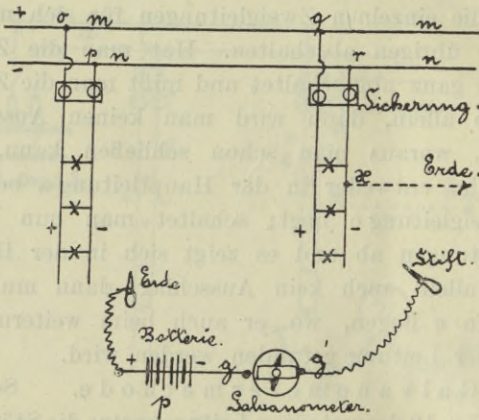


Fig. 19.

dieser Glühlampe wird man finden, daß man sich der Störungsstelle immer mehr nähert oder sich von derselben entfernt.

Häufig findet man auf Schalttafeln sogenannte Erdschlußanzeiger, welche ebenfalls nur aus einer Fassung und einer Glühlampe bestehen, welche beständig zwischen einem Leitungspol und Erde angeschlossen ist. Sobald nun der in der Anlage herrschende Erdschluß genügend stark ist, wird die Glüh-

lampe mit entsprechender Helligkeit leuchten und dem Maschinist oder Wärter der Anlage als Mahnung dienen.

In größeren Anlagen findet man auch Ohmmeter (Fig. 20) auf Hauptschalttafeln montiert, um jederzeit den Isolationswiderstand zwischen einem Pol und Erde ablesen zu können, zu welchem Zwecke meist noch ein kleiner Umschalter *a* vorgesehen ist, der es ermöglicht, den Isolationswiderstand zwischen

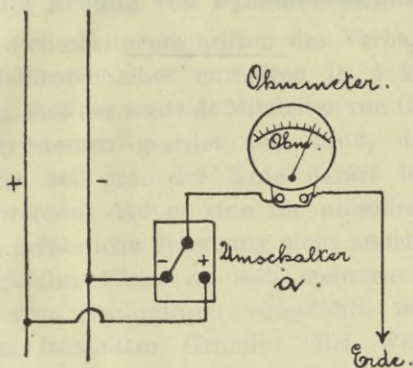
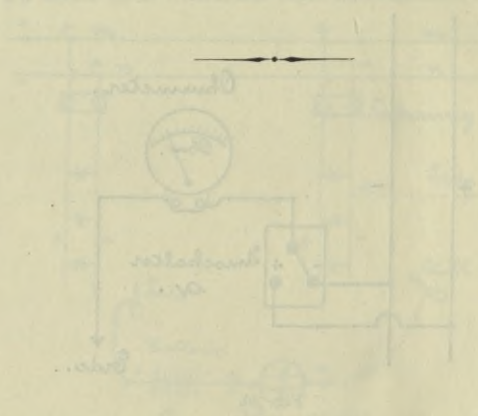


Fig. 20.

+ und Erde, sowie auch zwischen — und Erde direkt in Ohm ablesen zu können.

e) Beseitigung von Erdschluß. Hat man durch genaue Besichtigung oder mit Hilfe einer der vorgenannten Methoden die Ursache des Erdschlusses, also die Störungsstelle gefunden, dann bietet die Beseitigung keine Schwierigkeit mehr, denn es wird sich in den weitaus meisten Fällen um Wiederherstellung der Isolation handeln. Im übrigen sei aber auf die zahlreichen Ursachen von Erdschluß

in Abschnitt 3 hingewiesen, woselbst auch die Gegenmittel angegeben, bzw. leicht von selbst zu erkennen sind. Handelt es sich um nasse Räume, dann wird eine dauernde Beseitigung des Erdschlusses schwer zu erzielen sein, und man muß sich daher in solchen Fällen mit einem geringen Isolationswiderstande begnügen.



... und Erde, sowie auch zwischen — auf Erde direkt
in dem Ableiten zu können.
e) Bei der Prüfung von Niederspannungs- und
hochspannigen Hochspannung oder mit Hilfe einer
der vorgenannten Methoden die Ursache des Erd-
schlusses, also die Stromstärke zu ermitteln, dann
ist die Bestimmung keine erforderlich mehr,
denn es wird sich in den meisten Fällen um
Wiederherstellung der Isolation handeln. Im Übrigen
selbst auf die schließlichen Ursachen von Mischschlüssen

Anhang.

Die Erdung von Dynamomaschinen.

Die Sicherheitsvorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker enthalten in § 22 die Bestimmung, daß der neutrale Middleiter von Gleichstrom-Dreileitersystemen geerdet sein muß, d. h. dieser Mittelleiter soll mit der Erde derart leitend verbunden werden, daß er eine für unisoliert stehende Personen gefährliche Spannung nicht annehmen kann.

In gleicher Weise ist seit mehreren Jahren die Erdung von Generatoren eingeführt worden und zwar aus folgendem Grunde: Bei Wechselstromanlagen mit weit verzweigtem Leitungsnetze entsteht häufig in einem Kabel eine Störung infolge Erdschlusses. Jeder Mensch, welcher nicht vom Erdboden isoliert ist, steht nun unter der Einwirkung dieses Erdschlusses und würde in Lebensgefahr geraten, sobald es dem Wechselstrome möglich gemacht wäre, durch die defekte Kabelstelle über die Erde und durch den menschlichen Körper zum andern Pole der Maschine zu gelangen. Berücksichtigt man nun, daß die meisten Unfälle dadurch entstehen, daß der Eisenkörper des Generators mit der Hand berührt wird, so wird man den Zweck der Erdung leicht

einsehen. Sobald nämlich die Ankerwicklung eine Berührungsstelle mit dem Ankereisen besitzt, so würde bei ungeerdetem Polgehäuse im Falle eines Kabelschlusses der menschliche Körper die Verbindung zwischen Erde und Maschinenkörper darstellen oder mit andern Worten: der Mensch würde gewissermaßen die Erdung des Maschinengestelles vornehmen. Da nun Erdschluß und Ankerschluß sehr wohl gleichzeitig auftreten können, so liegt es klar auf der Hand, daß auf den menschlichen Körper eine gewisse Spannung einwirken kann, deren Höhe unter Umständen tödlich wirkt. Wenn man also den Maschinenkörper nicht isoliert aufstellt, sondern absichtlich mit der Erde in leitende Verbindung bringt, dann ist der menschliche Körper beim Berühren des geerdeten Maschinengestelles parallel zur Erde geschaltet, demnach insofern selbst geschützt, als er einen wesentlich höhern innern Widerstand besitzt, wie ihn die Erdung bei sorgfältiger Ausführung haben kann.

Wie ratsam eine solche Erdung ist, beweisen die Tatsachen, daß selbst niedrig gespannte Wechselströme von 200—250 Volt unter ungünstigen Verhältnissen tödlich gewirkt haben, so z. B. in der Oscherslebener Zuckerfabrik und auf dem Hüttenwerke Rote Erde bei Aachen.

Es sei zum Schlusse noch darauf hingewiesen, daß bei Gleichstrom-Dreileiteranlagen mit geerdetem Mittelleiter hier und da auch die Erdung von Fassungen, Beleuchtungskörpern, Messingmänteln von Isolierrohren u. dgl. verlangt wird. Ob diese Vorkehrungsmaßregeln berechtigt sind oder nicht, soll hier nicht

näher erörtert werden, wohl aber schließt sich der Verfasser der Meinung an, daß für niedrig gespannte Gleichstromanlagen derartige Bestimmungen nicht am Platze sind, da bei unsachgemäßer Ausführung der Erdung der Zweck verfehlt und gerade dem Erdschlusse Vorschub geleistet wird, der viel schädlicher ist, als das Fehlen von allerhand „Erdungen“.

BIBLIOTHEK
TECHNISCHE
HAWK OW

S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000295937