

Edelgasableiter als Überspannungsschutz in Fernmeldeanlagen

Autor(en): **Brumm, G. / Meister, H.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins :
gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen
Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes
Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **56 (1965)**

Heft 20

PDF erstellt am: **15.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-916410>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Edelgasableiter als Überspannungsschutz in Fernmeldeanlagen

Von G. Brumm, Männedorf, und H. Meister, Bern

621.316.933.6

1. Allgemeines

Die Isolation aller elektrischen Anlagen ist für eine bestimmte Spannung bemessen. Die Isolationsfestigkeit von Fernmeldeanlagen ist aus technischen und wirtschaftlichen Gründen meistens wesentlich kleiner als von Niederspannungsanlagen. So ist z. B. die Prüfspannung zwischen zwei Adern eines normalen Telephonkabels mit Papier—Luftraumisolation 500 V (Effektivwert, 50 Hz), des ganzen Bündels gegen den Mantel 2000 V. Diese Werte gelten normalerweise auch für die Fernmeldekabel der Elektrizitätsunternehmen, soweit sie den gleichen Aufbau wie die Kabel der PTT aufweisen. Für Zentralen und Teilnehmerausrüstungen der PTT bestehen Vorschriften für die Spannungssicherheit erst seit etwa 10 Jahren; sie beziehen sich nur auf Anlageteile, die dauernd in Verbindung mit Leitungen stehen. Da hier oft über Wicklungen eine Verbindung nach Erde vorhanden ist, wird eine Prüfung mit Wechselspannung sinnlos, an ihre Stelle tritt meistens eine Stossprüfung mit einem Stoss von $1|50 \mu\text{s}$ (Stirnzeit $1 \mu\text{s}$, Halbwertszeit $50 \mu\text{s}$) und mit einer Spannung von 4 kV (Scheitelwert). Bei gewissen Anlageteilen (z. B. Filtern usw.) kann diese Forderung nicht mit vernünftigem Aufwand eingehalten werden, da sonst z. B. Kondensatoren mit einer Stossfestigkeit von etwa 8 kV verwendet werden müssen. Die Überspannungen müssen hier auf einen Scheitelwert von höchstens 1 kV begrenzt werden.

Es ist verständlich, dass Spannungen in der genannten Höhe nie durch den Betrieb einer Fernmeldeanlage entstehen können. Die Fernmeldeanlagen sind aber verschiedenen Einwirkungen fremder elektrischer Energiequellen ausgesetzt. Diese Energiequellen kann man in zwei Haupttypen unterteilen: Netze der elektrischen Energieversorgung und Gewitter. Durch diese äusseren Einflüsse können in Fernmeldeanlagen Spannungen auftreten, die entweder zu Betriebsstörungen oder zur Gefährdung von Personen und Material führen können.

Betriebsstörungen (z. B. Geräusche oder Störungen beim Aufbau und Halten von Verbindungen) dürfen bei Normalbetrieb von Starkstromanlagen in benachbarten Fernmeldeanlagen natürlich nicht auftreten. Dagegen nimmt man aus wirtschaftlichen Gründen oft gewisse Betriebsstörungen in Fernmeldeanlagen bei kurzdauernden Störungen in Starkstromnetzen in Kauf, ebenso bei Gewittern. Auf alle Fälle muss jedoch eine Gefährdung von Menschen und Material so gut wie möglich ausgeschlossen werden. Der zu verantwortende Aufwand zum Vermeiden von Materialbeschädigungen wird natürlich auch hier durch die wirklich zu erwartenden Gefahren bestimmt. So ist z. B. bei Hochspannungsnetzen mit starrer Sternpunktterdung die Auswirkung eines Erdschlusses auf benachbarte Fernmeldeanlagen in jedem Fall zu berücksichtigen. Bei gelöschten Netzen und solchen mit isoliertem Sternpunkt wird jedoch der zweipolige Erdschluss normalerweise durch die PTT nicht berücksichtigt. Durch die starre Erdung eines bisher mit Löschkupfen betriebenen Netzes werden daher in benachbarten Fernmeldeanlagen in der Regel umfassende Schutzmassnahmen erforderlich.

Die Gefährdung durch Gewitter ist besonders in Höhenlagen und Gebieten mit schlechter Bodenleitfähigkeit gross, während sie z. B. in Städten und im Mittelland von kleiner Bedeutung ist.

Der weitaus beste Schutz besteht darin, das Auftreten grosser Spannungen und Ströme in den aktiven Teilen einer Fernmeldeanlage überhaupt zu vermeiden. Man wird bei Neuanlagen wenn immer möglich versuchen, diesen Zustand zu erreichen, was sich in vielen Fällen auch mit vernünftigem Aufwand verwirklichen lässt. Es fällt dann jeder Unterhalt an Schutzeinrichtungen und die Gefahr deren Versagens weg, ebenso treten während der Zeit der Beeinflussung auch keine Betriebsstörungen auf, was besonders bei der Übertragung von Signalen und Befehlen zur Lokalisierung und Behebung von Störungen an Hochspannungsanlagen sehr wichtig ist.

In vielen Fällen ist es jedoch nicht möglich, das Auftreten unzulässiger Spannungen zu vermeiden. Das gilt z. B. für die Einwirkung von Blitzen auf Freileitungen sowie bei der induktiven Beeinflussung bestehender Kabelanlagen durch neu erstellte Hochspannungsleitungen. Dann ist es nötig, die Spannungen in der Anlage an gewissen Punkten auf ein unschädliches Mass zu begrenzen. Das kann durch ein Element erreicht werden, das während des Normalbetriebes keinen Einfluss auf die Übertragungseigenschaften der Fernmeldeanlage hat, im Störfall aber einen Kurzschluss zwischen den gefährdeten Anlageteilen bildet. Diese Aufgabe wird am besten durch einen gasgefüllten Spannungsableiter erfüllt, der erst bei seiner Ansprechspannung Strom führt und fähig ist, ohne Änderung seiner Eigenschaften während einer begrenzten Zeit sehr starke Ströme abzuleiten.

2. Anforderungen an einen Spannungsableiter

Der Spannungsableiter ist ein Element, das unter Umständen jahrelang in Bereitschaft stehen und dann beim Auftreten einer Überspannung innert eines Bruchteils einer Mikrosekunde seine Aufgabe übernehmen muss. Er kann aber zu gewissen Zeiten innerhalb kurzen Zeiträumen mit grossen Strömen wiederholt beansprucht werden, ohne dass eine Zwischenkontrolle möglich ist; oft wird er auch an abgelegenen Orten mit seiner Schutzfunktion betraut. Da ausserdem erwartet wird, dass er unter normalen Betriebsbedingungen etwa 30 Jahre seinen Dienst versieht, so wird von ihm neben andern Eigenschaften eine sehr grosse Zuverlässigkeit verlangt. Die wichtigsten seiner Eigenschaften lassen sich wie folgt zusammenfassen:

2.1 Ansprechspannung bei langsam steigender Spannung

Diese sog. «statische Ansprechspannung» ist vor allem von Bedeutung bei der Verwendung des Ableiters auf Leitungen, die von Starkstromanlagen beeinflusst werden. Sie muss mit genügender Sicherheit oberhalb der grössten Amplitude der im Betrieb vorkommenden Spannung liegen, muss aber kleiner sein als die Durchschlagspannung der zu schützenden Elemente. Unter Berücksichtigung der Verhältnisse im PTT-Netz wurde der Nennwert der Ansprechspannung auf 245 V festgelegt. Der Ableiter hat im An-

lieferungszustand eine Toleranz von $\pm 10\%$, so dass die Ansprechspannung im Bereich von 220...270 V liegen muss. Damit bietet der Ableiter auch einen Schutz gegen Berührung von Telefonfreileitungen mit Niederspannungsleitungen. Nach der unten festgelegten mehrfachen Beanspruchung der Ableiter mit relativ starken Strömen ist ein Bereich von 195...280 V für die statische Ansprechspannung zulässig.

2.2 Stoss-Ansprechspannung

Bei atmosphärischen Überspannungen treten extrem rasche Spannungsanstiege auf, die zwischen 10^9 und 10^{10} V/s oder in gewissen Fällen sogar noch höher liegen. Aus den im Abschnitt 3.1 erwähnten Gründen ist bei raschem Spannungsanstieg ein Anwachsen der Ansprechspannung nicht zu vermeiden. Ein sicherer Schutz von Kabeln mit Papierisolation wird erreicht, wenn die Spannung auch bei raschen Spannungsanstiegen auf 800 V begrenzt wird. Die Ableiter werden mit einem Stoss von $1|50 \mu\text{s}$ ($1 \mu\text{s}$ Stirnzeit und $50 \mu\text{s}$ Halbwertszeit) mit einem Scheitelwert von 2 kV geprüft. Die Ansprechspannung darf dabei 800 V nicht überschreiten und auch bei steileren Stößen nicht wesentlich anwachsen.

2.3 Belastbarkeit bei Wechselstrom

Ein Ableiter, der die Fernmeldeanlagen gegen die Beeinflussung durch Netze der Energieversorgung schützen soll, muss beträchtliche Ströme führen können, ohne dass sich seine Eigenschaften unzulässig ändern. Der Strom ist

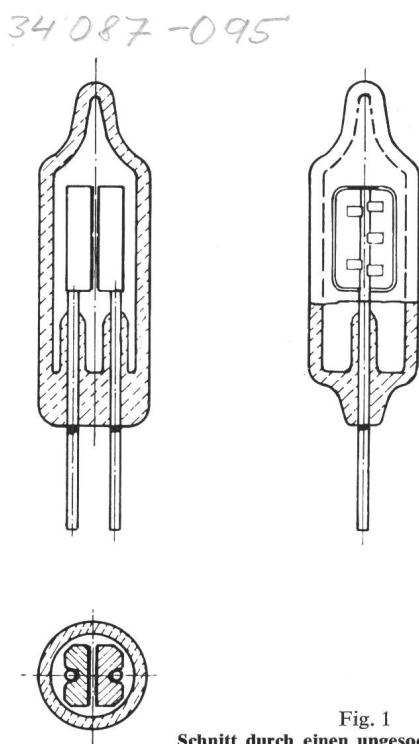


Fig. 1
Schnitt durch einen ungesockelten Ableiter

durch die auftretende Spannung und durch den im Stromkreis wirkenden Widerstand gegeben. Wird eine Telefonleitung bei einem Erdschluss auf einer Hochspannungsleitung induktiv beeinflusst, so sind bei den heute auftretenden Kurzschlußströmen, die sehr oft 10 kA überschreiten, Spannungen von 1000 V/km in Fernmeldeanlagen keine Seltenheit. Da die Widerstände der Kabeladern relativ klein

sind, so treten in den Adern von Kabeln mit kleiner Aderzahl beträchtliche Ströme auf. Bei grossen Aderzahlen nähert sich der Totalstrom im Aderbündel asymptotisch einem bestimmten Grenzwert; es kann aber auf einen einzelnen Ableiter immer noch ein Strom von einigen A entfallen.

Bei den Betriebsbedingungen moderner Hochspannungsnetze reicht eine Belastbarkeit von 20 A während einer Sekunde für die normalen Fälle mit genügender Sicherheit. Die Prüfung erfolgt mit 10 Belastungen mit Pausen von abwechselungsweise 5 s und 5 min Dauer.

In Ausnahmefällen muss auch mit lange dauernden Belastungen gerechnet werden. Ein Ableiter hat nun eine ganz bestimmte zulässige Grenzbeanspruchung, bei der er zerstört wird. Diese ist eine Funktion der im Ableiter umgesetzten Energie, der zulässigen Grenztemperatur und der Wärmekapazität der kritischen Teile des Ableiters; bei langer Einwirkung spielt auch die Wärmeabfuhr an die Umgebung eine Rolle. Schon bei Strömen unter 1 A bildet sich im Ableiter ein Lichtbogen, wodurch die Spannung an den Elektroden auf etwa 15 V zusammenbricht. Bei dem verlangten Strom von 20 A entspricht das einer im Ableiter umgesetzten Leistung von 300 W; es ist daher verständlich, dass ein Ableiter mit einem Totalvolumen von knapp 5 cm^3 diese Leistung nur relativ kurze Zeit aushalten kann. Die Forderung, dass ein Ableiter bei Überlastung durch Wechselstrom nicht durch einen Glasriss, sondern durch einen Kurzschluss der Elektroden zerstört werden muss, sichert einen Schutz der Anlagen auch bei einer der sehr selten auftretenden Überlastungen der Ableiter und veranlasst durch die bleibende Betriebsstörung ein Auswechseln des defekten Exemplars.

2.4 Belastbarkeit durch Stoßströme

Die Beanspruchung des Ableiters durch Stoßströme ist ganz anders als bei Wechselstrom. Der Energieumsatz in der Entladungstrecke ist bedeutungslos, dagegen werden die Durchführungen durch den Glaskörper durch die mit dem Quadrat des Stromes anwachsenden Verluste sehr stark erwärmt. Während der kurzen Zeit der Belastung (Grössenordnung 10^{-4} s) erwärmt sich natürlich das Glas in der Umgebung der Durchführung nicht, so dass auch bei thermisch angepassten Durchführungen Wärmespannungen nicht zu vermeiden sind. Die Grenzbelastung bei Stoßströmen verschiedener Amplitude und Dauer ist durch die Beziehung gegeben:

$$\int i^2 dt = \text{konst.}$$

Obwohl die Ableiter sehr selten durch direkte Blitzströme beansprucht werden, ist es wünschenswert, auch gegen starke Stoßströme eine hohe Widerstandsfähigkeit zu erreichen. Diese Forderung ist besonders wichtig, weil jeder durch einen Stoßstrom überlastete Ableiter infolge eines Glasrisses ausfällt, da die zwischen den Elektroden umgesetzte Energie viel zu klein ist, um einen Kurzschluss durch Schmelzen der Elektroden zu bewirken. Ein Ableiter mit einem Glasriss spricht aber nicht mehr an und schützt damit auch die Anlage nicht.

Die geforderte Widerstandsfähigkeit gegen 10 Stossströme der Form $15|50 \mu\text{s}$ bei einer Amplitude von 8 kA sichert minime Ausfälle auch bei schwerster Beanspruchung.

Derartige Ströme können in Ableitern nur bei direkten Einschlägen in Freileitungen auftreten, und dann sind mindestens zwei Leiter an der Leitung des Stromes beteiligt, wodurch also die Blitzstromamplitude 16 kA betragen darf. Ein derartiger Strom führt aber mit Sicherheit zu einem Überschlag der Stange entlang, wodurch der Strom im Ableiter am Leitungsende begrenzt wird, falls der Einschlag nicht direkt am Einbauort des Ableiters erfolgt.

3. Die technische Realisierung des Ableiters

Bei der Entwicklung eines Ableiters, der die erwähnten Anforderungen optimal erfüllen soll, wurden zunächst die mit diesen Forderungen zusammenhängenden technischen Problemkreise getrennt bearbeitet. Zur guten Übersicht sollen die wichtigsten Punkte nochmals zusammengestellt werden:

- Schnelles Ansprechen des Ableiters auf steile Spannungstöße;
- Belastbarkeit des Ableiters mit einigen 10 A Wechselstrom;
- Sicherer Kurzschluss des Ableiters bei Überlast;
- Belastbarkeit mit Stromstößen im Bereich von 8...10 kA;
- Statische Ansprechspannung im Bereich von 220 V...270 V bei einer minimalen Brennspannung von 70 V;
- Hohe Isolation zwischen den Elektroden;
- Beibehalten der charakteristischen Daten für etwa 30 Jahre;
- Abmessungen und Kontaktausführung derart, dass Ableiter in bestehende Sicherungskästen passen.

Fig. 1 zeigt die verschiedenen Schnitte eines ungesockelten Ableiters. In einem Glaskolben stehen sich zwei rechteckige, aktivierte Nickelelektroden gegenüber, welche fest mit Wolfram-Durchführungsstiften verbunden sind. Fig. 2 zeigt ei-

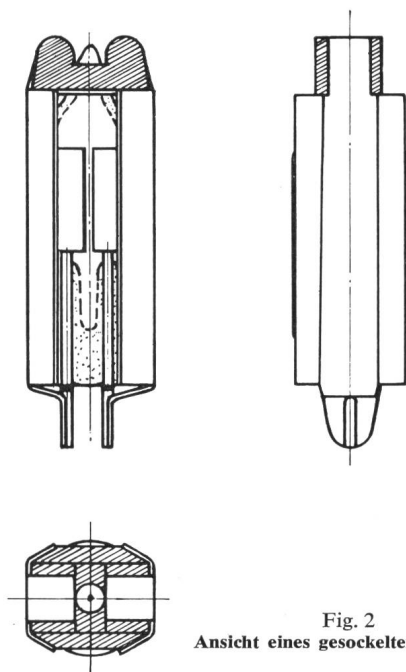


Fig. 2
Ansicht eines gesockelten Ableiters

nen Ableiter mit der Fassung. Auf der Seite des Pumprohrabzuges befindet sich ein kleiner Kunststoffklip, in welchen die beiden Kontaktschienen eingehängt und dadurch fixiert werden. Gleichzeitig schützt der Klip die empfindliche Pumpspitze. Auf der anderen Seite werden die Kontaktschienen durch Punktschweissung mit den Durchführungsstiften verbunden. Da die Durchführungsstifte nur im

Glas aus Wolfram bestehen, im äusseren Teil aber aus Nickel, ist eine einwandfreie Punktschweissung möglich. Eine Weichlötung würde hier den hohen Belastungen nicht standhalten.

3.1 Schnelles Ansprechen auf Spannungstöße

Zur Auslösung der Zündung in einer Edelgasstrecke ist eine, wenn auch noch so geringe, Vorionisierung notwendig. Eine solche ist durch die von der Höhenstrahlung in statistisch schwankender Zahl erzeugten Elektronen in einem Entladungsgefäss immer gewährleistet. Dieser Pegel an sog. Zufallselektronen ergibt bei Überspannungen von etwa 10...100 V Zündverzögerungen von einigen Sekunden bis einigen Zehntel-Sekunden. Solche Zündverzögerungen lassen sich durch die Bereitstellung einer genügenden Anzahl von Elektronen beseitigen. Der für die vorliegende Anwendung vernünftigste Weg ist die Einbringung eines radioaktiven Strahlers in den Glaskolben.

Glücklicherweise stehen heute ungefährlichere Strahlungsquellen als Radium zur Verfügung. Gewählt wurde der β -Strahler Tritium mit einer Halbwertszeit von ca. 12 Jahren. Die Vorteile dieses Wasserstoff-Isotops liegen vor allem in der Strahlungsfreiheit ausserhalb des Glaskolbens, seiner Verflüchtigung bei Bruch des Ableiters und einer guten Zumischbarkeit zum Füllgas. Die Nachteile, wie die relativ kurze Halbwertszeit und das Eindringen des Tritiums in die Elektroden, müssen durch entsprechende Überdosierung ausgeglichen werden. Ausgedehnte Versuchsreihen, bei denen auch die Kostenseite berücksichtigt werden musste, ergaben eine Dosis, welche bei einem Spannungsanstieg von 2000 V/ μ s eine Durchbruchspannung von 600...700 V erreichen lässt. Die statische Zündspannung liegt dabei zwischen 220 V und 270 V.

3.2 Die Belastbarkeit mit grossen Wechselströmen

Die Ableitung grosser Wechselströme führt zu erheblicher thermischer Belastung des Ableiters. Um diese über einen genügenden Zeitraum zu gewährleisten, muss ein Hartglaskolben verwendet werden. Ausserdem ist dafür zu sorgen, dass die Elektroden eine genügende Wärmekapazität aufweisen. Zur Erzielung eines einwandfreien elektrischen und thermischen Kontaktes zwischen Elektrode und Durchführungsstift kann diese Verbindung mechanisch verstemmt und hartgelötet werden. Gleichzeitig wirkt der auf der Rückseite der Elektroden in einem Kanal eingelegte Wolfram-Durchführungsstift als eine Versteifung, was bei Temperaturen in der Nähe des Erweichungspunktes die Deformation verhindert.

3.3 Das Kurzschlussverhalten des Ableiters

Zu den wichtigsten Forderungen des Pflichtenheftes gehört die mehrfache Belastbarkeit des Ableiters bis dicht zum Kurzschluss, wobei die elektrischen Daten im wesentlichen erhalten bleiben sollen, sowie der schlagartige Übergang in einen permanenten Kurzschluss bei Überlastung. Durch die grosse Masse der Elektroden, ihre Versteifung, geeigneten Abstand und die Abrundung aller Kanten, wird erreicht, dass das System vor der Ausbildung einer Schmelzperle keine Deformation erleidet. Eine solche würde nämlich zu einer Änderung der elektrischen Ansprechwerte führen. Gleichzeitig muss die thermische Widerstandsfähigkeit

der Glashülle hoch genug liegen, um mit Sicherheit Glasdeformationen oder Rissebildungen auszuschliessen, bevor der Kurzschluss auftritt. Wäre dies nicht gesichert, würde die aus der Atmosphäre in den Glaskolben eindringende Luft zur Änderung der Durchbruchspannung des Ableiters führen. Nur ein permanenter Kurzschluss unter den beschriebenen Verhältnissen wird in allen Fällen einen Schutz der zu sichernden Anlage gewährleisten.

3.4 Die Belastung mit Stromstössen

Stromstösse im Bereich von 8...10 kA und der Form 15|50 beanspruchen natürlich in erster Linie die Durchführungen des Ableiters. Sie müssen deshalb einen genügenden Querschnitt aufweisen, um die Ohmschen Verluste klein zu halten. Weiter soll der thermische Ausdehnungskoeffizient des metallischen Leiters möglichst klein sein, damit der Stromstoss nur zu möglichst geringfügigen mechanischen Spannungen führt. Die bekannte Wolfram-Hartglastechnik löst auch dieses Problem in befriedigender Weise. Entscheidend für die Auswahl des Glastyps war die Forderung, dass die Glas-Metallverschmelzung im unbelasteten Zustand des Ableiters unter einer nicht zu hohen Druckspannung liegt, damit genügend Reserve für den Druckstoss verbleibt, der im Moment des Stromdurchganges auftritt. Dem Tempern der Verschmelzung auf Spannungsfreiheit ist in diesem Zusammenhang besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Auch bei den nachfolgenden unvermeidlichen Glühprozessen der Elektroden auf dem Pumpstand, dürfen keine zusätzlichen Spannungen im Glaskörper verursacht werden.

3.5 Die statische Zündspannung und Brennspannung

Unter dem Ausdruck «statische Zündspannung» versteht man die Zündspannung des Ableiters gegenüber langsam ansteigenden Überspannungen. Eine solche kann beispielsweise der sinusförmige Anstieg einer Netz-Wechselspannung sein. Der Wert der statischen Zündspannung ergibt sich aus Gasart, Gasdruck, Emissionsvermögen, Elektrodenaktivität und Abstand der Elektroden. Für gute Stabilität kann eine hauptsächlich aus Argon bestehende Edelgasfüllung, zur Gewährleistung eines schnellen Überganges der Gasentladung in die Bogenphase, eine Calcium-Oxyd-Aktivierung der Nickel-Elektroden, gewählt werden. Es wird auf diese Weise die interne Leistung des Ableiters, besonders beim Betrieb mit Wechselstrom, erheblich reduziert. Dieser Umstand kommt wiederum der Belastbarkeit zugute.

Sobald der Überspannungs-Ableiter durch eine Stoßspannung gezündet wird, kann sein Verhalten durch die Strom-Spannungs-Charakteristik (Fig. 3) beschrieben werden. Bei geringen Strömen durch den Ableiter entsteht eine Glimmentladung, die bei grösseren Strömen als ≈ 200 mA in eine Bogenentladung übergeht. Wird darauf der Strom auf 30 mA oder weniger reduziert, löscht die Bogenentladung und es bildet sich eine Glimmentladung zurück. Nach Abklingen der Überspannung löscht der Ableiter ganz und ist zur nächsten Zündung bereit. Das Löschen des Ableiters, parallel zu einer Gleichspannungs-Anlage, wie es in der vorliegenden Anwendung der Fall ist, stellt für die Glimm-Brennspannung eine weitere, wichtige Forderung dar. So darf sie hier etwa 70 V nicht unterschreiten, da sonst

Gefahr besteht, dass der Ableiter nach Belastung an der Batteriespannung des Telefonnetzes weiterbrennt. Beim Wechselspannungsbetrieb entfällt natürlich diese Begrenzung, da der Ableiter beim Stromnulldurchgang automatisch löscht.

3.6 Isolation, Lebensdauer und Dimensionen

Der Ableiter liegt im Bereich zwischen Telefonleitung und Erde. Die Notwendigkeit, eine einwandfreie Isolation zwischen den Elektroden im nichtgezündeten Zustand aufrecht zu erhalten, ist offensichtlich. Dies gilt auch dann, wenn der Ableiter durch mehrere starke Entladungen belastet wurde. Die in Fig. 1 sichtbaren langen Verglasungen der inneren Durchführungsdrähte ergeben hier einen ausreichend langen Isolationsweg im Innern der Röhre. Auch bei starker Zerstäubung von Elektrodenmaterial unter der Einwirkung der Entladung bleibt der innere Pfad zwischen den Elektroden genügend lange hochisolierend. Für den

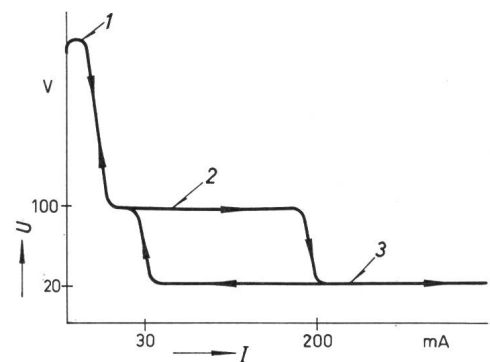


Fig. 3

Strom-Spannungskennlinie eines Überspannungsableiters

1 Ansprechspannung; 2 Gebiet der Glimmentladung; 3 Gebiet der Bogenentladung

kürzesten Kriechweg zwischen den Elektroden an der Aussenseite des Ableiters wird dies durch Aufbringen einer Silikonharzschicht gewährleistet. Selbst in feuchter oder kondensierender Atmosphäre wird dadurch einem Zusammenbruch der Isolation vorgebeugt. Die erreichten Isolationswerte liegen auch nach mehrfachen Belastungen über $10^{10} \Omega$.

Die Lebensdauer des Ableiters, die etwa 30 Jahre betragen soll, stellt zwei Probleme in den Vordergrund:

- Halbwertszeit des verwendeten Tritiums von ca. 12 Jahren;
- Allgemeine Gasdichtheit.

Wie bereits erwähnt, kann der relativ kurzen Halbwertszeit des verwendeten β -Strahlers nur durch Überdosierung begegnet werden. Die Dichtheit des Ableiters hängt ausschliesslich an einer einwandfreien Ausführung der Glas-Metallverschmelzung. Beste Sicherheit bringt hier eine gute Vorverglasung der Wolfram-Durchführungsdrähte über eine genügend grosse Länge. Die laufende Kontrolle der Farbe der Verschmelzung ist bei der Massenherstellung unerlässlich. Zur stichprobeweisen Prüfung der Dichtheit wird der fertige Ableiter in eine Helium-Überdruck-Kammer gebracht. Im Falle von Undichtheiten dringt Helium in den Ableiter ein. Bei der nachfolgenden Untersuchung im Massenspektrometer kann das in den Ableiter eingedrungene Helium nachgewiesen werden.

Zur guten Schweissbarkeit der Anschlussdrähte und zur möglichst hohen Korrosions-Sicherheit kann als Material für die Kontaktschienen Nickel gewählt werden.

3.7 Der Fertigungsablauf

Bei der Herstellung des Ableiters lassen sich 5 Hauptphasen unterscheiden, nämlich:

- a) Herstellung der einschmelzbereiten Elektroden;
- b) Anfertigung des pumpfertigen Ableiters; vakuumtechnische Prozesse;
- c) Sockeln des Ableiters;
- d) Formieren;
- e) Prüfen.

Die Einzelschritte der Herstellung der Elektroden zeigt Fig. 4. Ganz links ist der ausgestanzte Nickelrohling er-

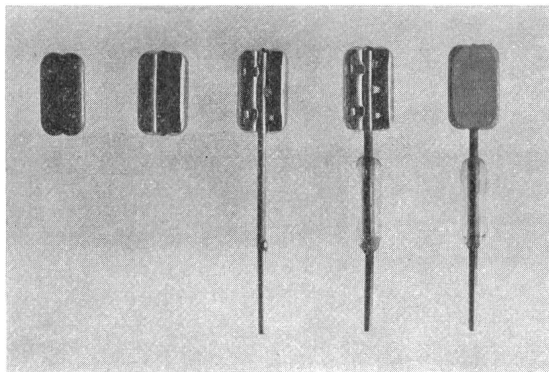


Fig. 4
Elektroden in verschiedenen Fertigungsstufen

sichtlich. Aus diesem wird durch Kaltfliesspressen die Elektrode geformt. An dieser wird der Wolfram-Durchführungsdraht durch Einstemmen und Hartlöten befestigt. Anschliessend erfolgt die Vorverglasung. Rechts im Bild wird die einschmelzbereite Elektrode gezeigt, die bereits die Ca-Karbonatschicht trägt. Fig. 5 zeigt eine Vorrichtung zum Vorverglasen, Fig. 6 eine Horizontaleinschmelzvorrichtung, auf der die Elektroden mit Propan-Sauerstoff-

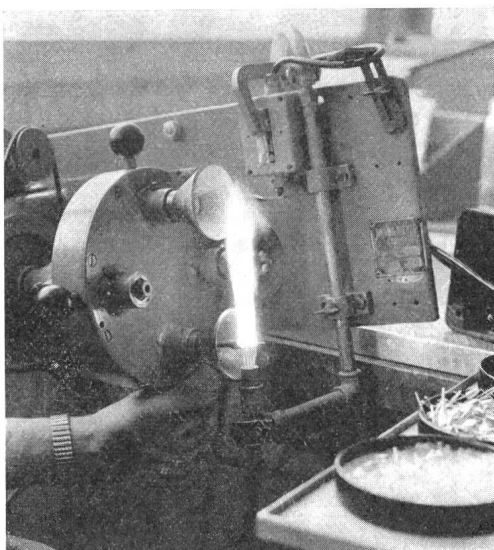


Fig. 5
Vorverglasen von Durchführungsstiften

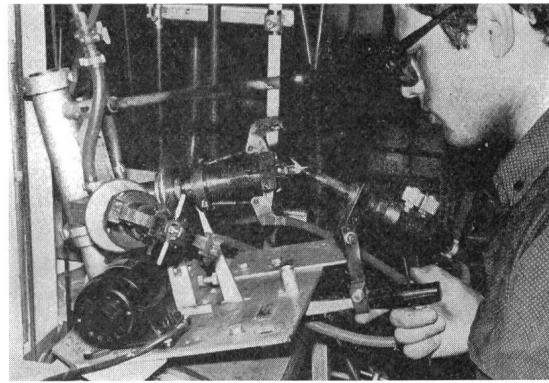


Fig. 6
Einschmelzen der Ableiter

Flammen mit dem Glaskörper verschmolzen werden.

Für die Vakuumprozesse werden die Ableiter mit einem Pumprohr versehen. In Fig. 7 ist das Glühen der Elek-

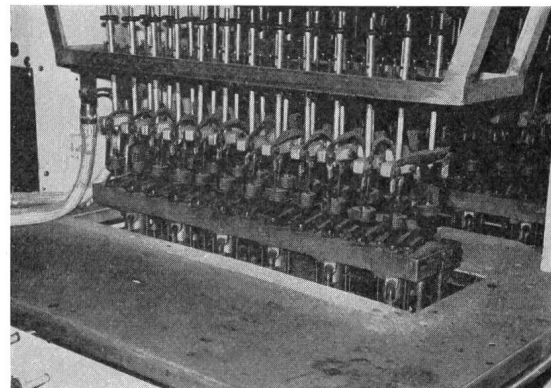


Fig. 7
Ableiter beim Elektrodenglühen auf dem Pumpstand

troden auf dem Pumpstand ersichtlich. Hierbei erfolgt die Umwandlung des Carbonats in Dioxid. Nach dem Füllprozess wird der Ableiter abgezogen und ist damit glas- und vakuumtechnisch fertiggestellt. Es folgen das Reinigen der äusseren Drähte, das Silikonieren der Glasstrecke und Sockeln. Nachher gelangt der Ableiter zum Formieren der Elektroden. Mehrere kurzzeitige, aber starke Wechselstromentladungen geben ihm die endgültigen elektrischen Daten.

In der Schlusskontrolle muss jede Röhre auf alle Daten geprüft werden. Es sind dies die Ansprechspannung auf schnelle Spannungsstösse und die statische Ansprechspannung. Die Zündspannungen müssen in beiden Richtungen ungefähr bei gleichen Werten liegen. Im weiteren wird die Glimm-Brennspannung und die Isolation zwischen den Elektroden geprüft. Zum Schluss erfolgt eine visuelle Inspektion der Schweiss-Stellen zwischen Kontaktschienen und Durchführungsdrähten. Stichprobeweise sollen Belastungs- und Kurzsch'ussprüfungen vorgenommen werden.

4. Messergebnisse

Messungen an einem Überspannungsableiter des Typs UA12 der Cerberus AG ergaben folgende Resultate:

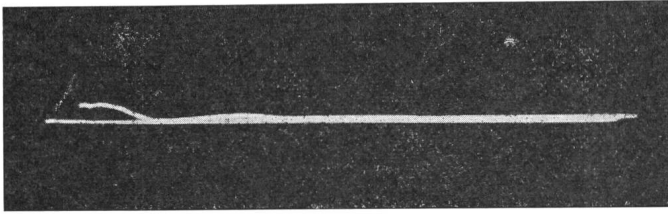


Fig. 8

Begrenzen einer Stoßspannung $1|50 \mu\text{s}$ von 3,5 kV Scheitelwert mit einem Überspannungsableiter

4.1. Ansprechspannung bei langsam steigender Spannung

Die statische Ansprechspannung wird bei der Fabrikation im verlangten Bereich von 220...270 V gehalten und bei der Abnahmekontrolle an jedem Stück gemessen.

4.2. Stossansprechspannung

Die Messung der Stossansprechspannung erfordert neben einem kleinen Stossgenerator einen Oszillographen mit einer Beschleunigungsspannung von etwa 10 kV und einer Bandbreite von mehr als 10 MHz. Für Routinemessungen kann der Oszillograph auch durch ein gutes Stossvoltmeter ersetzt werden, von dem man aber die Gewissheit haben muss, dass es auch noch bei den nach etwa $0,3 \mu\text{s}$ abgeschnittenen Stößen richtig zeigt.

Die Stossansprechspannung beträgt bei einem Scheitelwert des Stosses $1|50 \mu\text{s}$ von 2 kV nur etwa 625 V und bleibt auch bei Stößen von 5 kV Scheitelwert (entsprechend $5 \cdot 10^9 \text{ V/s}$) unterhalb 700 V. Die Stossansprechspannung ist sehr konstant und schwankt kaum mehr als $\pm 20 \text{ V}$. Fig. 8 zeigt das Oszillogramm der Prüfung eines Überspannungsableiters UA12 mit einem Stoss $1|50 \mu\text{s}$ von 3,5 kV Schei-

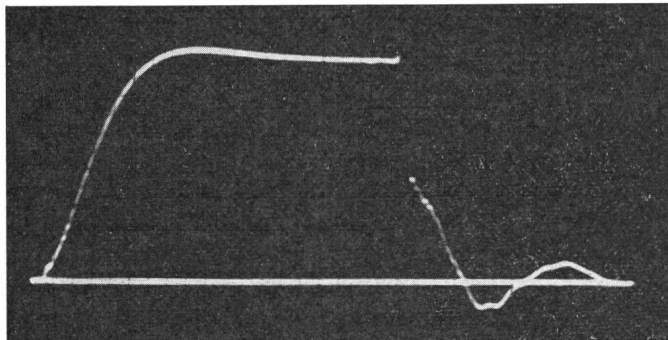


Fig. 9

Verhalten eines Gasableiters ohne ausreichende Vorionisierung unter den gleichen Verhältnissen wie in Fig. 8

telwert; Fig. 9 das Verhalten eines Ableiters ohne ausreichende Vorionisierung unter den gleichen Bedingungen.

4.3. Wechselstrombelastung

Auch nach mehr als 20 Belastungen mit 20 A während 1 s muss die Ansprechspannung noch innerhalb der erweiterten Toleranzen von 195...280 V bleiben. Bei einer Dauerbelastung mit 20 A erfolgt ein Kurzschluss nach frühestens 5 s, auch bei einem Strom von nur 3 A tritt ein Kurzschluss nach frühestens 1,5 min ein. Eine Zerstörung der Ableiter

ist praktisch nur bei der Berührung einer Freileitung mit einer Niederspannungsleitung und fehlenden Sicherungen möglich, da der Ableiter auch 50 A während 1 s ohne unzulässige Änderung erträgt.

4.4. Stossbelastung

Der Ableiter hält 50 Stöße mit 8 kA Scheitelwert und $50 \mu\text{s}$ Halbwertszeit aus, ohne dass die Ansprechspannung die erweiterten Toleranzen überschreitet. Die Zerstörungsgrenze liegt bei einer Halbwertszeit des Stosses von $20 \mu\text{s}$ bei etwa 17 kA; bei $250 \mu\text{s}$ beträgt der Grenzstrom 5 kA. Der Ableiter kann daher nur bei starken nahen Einschlägen in eine Freileitung zerstört werden.

4.5. Verschiedenes

Auch nach den Belastungsprüfungen hat der Ableiter einen Isolationswiderstand von mindestens $10^{10} \Omega$. Er emittiert keine radioaktive Strahlung und verlangt deshalb auch bei der Anwendung grosser Stückzahlen keine Vorsichtsmassnahmen. Seine Brennspannung im Glimmzustand ist höher als 70 V und liegt daher genügend oberhalb der üblichen Spannungen der Telephonzentralen von 48 und 60 V. Es besteht daher keine Gefahr, dass ein Ableiter nach dem Ansprechen unter dem Einfluss der Betriebsspannung gezündet bleibt. Wird der Ableiter aber ausnahmsweise in Anlagen mit wesentlich höherer Betriebsspannung eingesetzt, so muss unter Umständen durch geeignete Massnahmen ein Löschen erzwungen werden.

5. Zusammenfassung

Trotz seines kleinen Volumens hat der Ableiter eine hohe Belastbarkeit, welche die Anforderungen des Betriebes voll erfüllt. Er wird im Netz der PTT für verschiedene Aufgaben eingesetzt, von denen nachstehend einige charakteristische erwähnt sind:

5.1. Begrenzen von Überspannungen in bestehenden Kabelanlagen

Wird durch den Neubau einer Hochspannungsleitung eine bestehende Kabelanlage induktiv beeinflusst, so können für den Schutz der Anlage an den Enden der beeinflussten Strecke Ableiter auf alle Adern geschaltet werden. Dadurch werden aber die Wirkungen von Erdschlüssen, die zwischen den Endpunkten auftreten, nicht voll erfasst. Die Strecke wird daher durch den Einbau weiterer Ableiter in Abständen, die einer Längsspannung von etwa 800 V entsprechen, unterteilt. Wenn die Längsspannung auf der ganzen Strecke einige kV erreicht oder wenn unzulässig hohe Ströme auftreten, wie das z. B. auch bei Freileitungen der Fall sein kann, ist jedoch die Verlegung eines Spezialkabels kaum zu umgehen.

5.2. Schutz der Teilnehmeranlagen gegen Überspannungen

Zwischen einer Freileitung und der Installation im Gebäude befand sich schon bisher ein Kohleableiter mit vorgeschalteter Sicherung. Diese Sicherungen (Grenz-Auslösestrom 3 A) schmolzen jedoch bei Gewittern sehr häufig durch. Die hohe Stossbelastbarkeit des UA 12 erlaubte, auf die Sicherung zu verzichten, wodurch die Betriebssicherheit der Anlagen stark erhöht und die Unterhaltskosten redu-

ziert wurden. Gleichzeitig werden die Apparate durch die tiefe Stossansprechspannung wirksam geschützt. Die bisherigen Grossversuche lassen die Hoffnung zu, dass der Schutz ohne Schmelzsicherung in absehbarer Zeit allgemein eingeführt wird. Besondere Massnahmen sind aber nötig bei Freileitungen, die Niederspannungsleitungen kreuzen.

5.3 Schutz von Kabeln beim Übergang auf Freileitungen

Die Probleme sind ähnlich wie unter Ziff. 5.2 und werden gleich gelöst. Die Ableiter werden zwischen jede Ader und den Kabelmantel geschaltet. Man muss sich aber bewusst sein, dass die Ableiter nur die Spannung am Einbaort begrenzen. Bei einem sehr starken Stoßstrom baut sich unter dem Einfluss des Spannungsabfalles auf dem Mantel auf einer Strecke von einigen Hundert Metern wieder eine Spannung auf, die das Kabel dort erneut gefährden kann. Die gleiche Gefahr besteht bei einem direkten Einschlag in das Kabel, der in Gebieten mit schlechter Bodenleitfähigkeit eine reelle Gefahr darstellt. Da man die Ableiter nicht in derart kurzen Abständen einbauen kann, die für den Schutz des Kabels nötig waren, kommt man in kritischen Fällen nicht ohne Spezialkabel aus. In nicht extrem gefährdeten Gebieten genügt jedoch ein Schutz des Kabels am Übergang auf die Freileitung vollständig.

5.4 Schutz empfindlicher Apparate gegen Überspannungen

Eine begrenzte Zahl von Elementen, die in der Nachrichtentechnik verwendet werden, kann mit relativ kleinem Mehraufwand so gebaut werden, dass sie auch hohen Stossspannungen zu widerstehen vermögen wie z. B. Linienrelais in Telephonzentralen, Umschalterelais für Gemeinschaftsan-

schlüsse usw. In vielen Fällen kann aber eine Stoßspannungsfestigkeit von mehreren kV nur mit unverhältnismässig grossen Schwierigkeiten und Kosten erreicht werden. Das betrifft z. B. Filter zum Aussieben bestimmter Frequenzbereiche für Fernsteuerungsanlagen sowie die meisten Apparate, die Halbleiter als passive oder aktive Elemente enthalten. So übernehmen z. B. Spannungsableiter den Schutz der neuen Ausrüstungen für die 12-kHz-Gebührenmelder der PTT und der mit Transistoren bestückten Leistungsverstärker für Klein-Koaxialkabel. Deren Schutz ist deshalb so wichtig, weil von diesen leistungsfähigen Nachrichtenverbindungen eine sehr hohe Betriebssicherheit verlangt wird und Reparaturen nur mit einem gewissen Zeitverlust ausgeführt werden können. Die Verstärker befinden sich in kurzen Abständen längs des Kabels in unterirdischen Schächten.

Der Schutz von Geräten mit Transistorverstärkern und anderen Halbleitern gegen Überspannungen auf den angeschlossenen Leitungen muss ebenso sorgfältig geplant werden wie deren übrige Eigenschaften, sonst sind Ausfälle unvermeidlich, denn Überspannungen auf Kabeln sind ebenfalls sehr häufig zu erwarten, besonders in Gebieten mit erhöhter Blitzgefahr und im Einflussebereich von Hochspannungsleitungen.

Man wird in den meisten Fällen für den Grobschutz von Transistorgeräten Spannungsableiter einsetzen und die Restspannungen durch vorgespannte Dioden oder Zenerdioden begrenzen.

Adressen der Autoren:

Dr. G. Brumm, Cerberus AG, 8708 Männedorf, und H. Meister, Abteilung Forschung und Versuche, Generaldirektion PTT, Speichergasse 6, 3000 Bern.

Die Beeinträchtigung der Sicherheit im Strassenverkehr durch Blendungseffekte

Vortrag, gehalten an der Diskussionsversammlung der SBK vom 6. April 1965 in Bern,

von H. Goldmann, Bern

351.754.7 : 612.843.367

Die schweizerischen allgemeinen Leitsätze für Beleuchtung definieren die Blendung folgendermassen:

Unter Blendung versteht man einen Sehzustand, der durch eine unzureichende Leuchtdichteverteilung, durch zu hohe Leuchtdichten oder zu grosse räumliche oder zeitliche Leuchtdichtekontraste ein Missbehagen hervorruft (psychologische Blendung) oder eine Herabsetzung der Sehfunktion (Unterschiedsempfindlichkeit, Formenempfindlichkeit, Wahrnehmungsgeschwindigkeit usw.) zur Folge hat (physiologische Blendung).

Man unterscheidet also *physiologische Blendung* (disability glare) von *psychologischer Blendung* (discomfort glare). Unter jener versteht man die messbare Verschlechterung der Sehfunktion durch Lichteinwirkung aufs Auge. Sie entsteht:

1. Durch plötzliche Änderung des Leuchtdichtenniveaus, so dass der Adaptionszustand, d. h. der den bisherigen Leuchtdichtenverhältnissen angepasste Zustand des Auges, dem nunmehr herrschenden Leuchtdichtenniveau nicht mehr entspricht: das ist die *Adaptionsblendung* (oder *Sukzessivblendung*). Sie spielt heute eine sehr grosse Rolle im Strassenverkehr bei der Frage der Strassentunnelbeleuchtung.

2. Werden die Leuchtdichtenunterschiede in der Umwelt zu gross, als dass sich das Auge durch Lokaladaptation anpassen kann und wird dadurch die Sehleistung vermindert, so spricht man von *Relativblendung*. Wird schliesslich die Anpassung überhaupt unmöglich, so nennt man das *Absolutblendung* (Sonne). Relativ- und Absolutblendung fasst man unter den Namen *Simul-*

tanblendung zusammen. Nach jeder Simultanblendung bleibt eine kürzere oder längere Zeitspanne herabgesetzte Sehfunktion unter den Bedingungen der Ausgangsleuchtdichte bestehen. Zur Wiederherstellung der ursprünglichen Sehverhältnisse bedarf es einer *Readaptationszeit*.

Unter *psychologischer Blendung* versteht man das subjektive Unbehagen, das durch zu grosse Kontraste im Gesichtsfeld hervorgerufen wird. Sie braucht nicht mit einer unmittelbar messbaren Verminderung der Sehleistung einherzugehen. Sie führt raschere Ermüdung herbei und erhöht die Ablenkbarkeit. Ein Maßstab für diese Art von Blendung wird erhalten aus dem qualitativen Urteil eines Beobachterkollektivs über gerade noch annehmbare und unannehmbare Beleuchtungsbedingungen (BCD: borderline between comfort and discomfort). Eine psychologisch blendfreie Anlage ist immer auch physiologisch blendungsfrei, aber nicht umgekehrt. Bei Innenräumen ist eine psychologisch blendungsfreie Anlage anzustreben. Auf Strassen ist dies kaum zu erreichen: Ganz allgemein sollte aber angestrebt werden, dass alle vom Fahren ablenkenden Lichtsignale (Reklamen!) ausgeschaltet, aber auch zu grosse Eintönigkeit vermieden werden sollte. Von psychologischer Blendung wird im folgenden nur nebenbei die Rede sein.