

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 32 (1941)  
**Heft:** 25

**Rubrik:** Diskussion zu den Vorträgen über Überspannungsableiter

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.01.2026

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

## Diskussion zu den Vorträgen über Ueberspannungsableiter.

**Vorsitzender:** Meine Herren! Wir kommen zur Diskussion der vier Vorträge über den Ueberspannungsschutz. Diese vier Vorträge haben sich in vorbildlicher Weise ergänzt und uns ein lückenloses Bild gegeben über alles, was mit diesen Fragen zusammenhängt. Ich hoffe, dass wir in der Diskussion noch verschiedene vernehmen werden.

Ich muss Ihnen gestehen, dass vor vielleicht 20 Jahren, als ich mich bei der A.G. Brown, Boveri & Cie. persönlich mit dieser Frage beschäftigte, ich eigentlich viel schneller und leichter mit der Sache fertig wurde als die Herren Referenten mit ihren Ableitern. Wenn an einer Maschine, einem Transformator oder einem Apparat irgend etwas passierte, dann war sofort die Bemerkung da: ganz klar! Ueberspannung!, und infolgedessen habe ich in unserer Fabrik die Ueberspannungen einfach verboten, ich habe gesagt: es gibt keine Ueberspannung! Wenn jemand meldete, der und der Apparat oder der und der Transformator sei durch Ueberspannung kaputt gegangen, habe ich geantwortet, ich schliesse diese Ursache aus. Sie sehen also, dass ich damals mit dieser Materie leicht fertig wurde, und ich muss Ihnen sagen, dass sich diese Einstellung, die ich damals hatte, ganz vorzüglich auswirkte. Man nahm sich nämlich die Mühe, der Sache auf den Grund zu gehen; in den meisten Fällen fand man dann auch, dass andere Ursachen an den Defekten schuld waren.

Wir haben damals — Herr Dr. Roth wird sich am besten erinnern — bei uns die sogenannte Störungsgruppe eingeführt, die diese Fälle untersuchen musste, und Herr Dr. Roth hat seinerzeit — ich glaube, es war an einer Tagung in Sierre — eine nette Schlussfolgerung aus den damaligen Erkenntnissen gezogen, indem er seinen Vortrag<sup>1)</sup> mit einem Diapositiv, das einen Schraubenschlüssel zeigte, begonnen und gesagt hat: «Das ist die erste Ursache von Schäden, die Ueberspannungen zugeschrieben werden!»

Es gibt viele, viele Störungen, die ihre Ursache nicht in Ueberspannungen haben; es bleiben jedoch tatsächlich eine ganze Menge von Fällen übrig, die Ueberspannungen zuzuschreiben sind. Heute, glaube ich, können wir den Standpunkt, es gäbe keine Ueberspannung mehr, etwas lockern.

Meine Herren! Nach diesem kurzen Rückblick auf frühere Zeiten möchte ich die Diskussion eröffnen.

Herr H. Wüger, Elektrizitätswerke des Kantons Zürich (EKZ): Ich möchte Ihnen einiges über Erfahrungen der EKZ mit Ueberspannungen und mit Ableitern berichten. Nachdem wir erkannt hatten, dass die alten Ueberspannungsschutzeinrichtungen nichts taugten, haben wir diese ausser Betrieb gesetzt. Vor etwa 5 Jahren sind wir dann auf neuer Grundlage an das Problem herangetreten. Zunächst liessen wir durch den SEV alle Isolatortypen untersuchen (50-Hz-Ueberschlagsspannung, Minimal-Ueberschlagstoßspannung und Ueberschlagstoßspannung bei steileren Stößen). Sodann stellten wir auf Grund der neueren Literatur Überlegungen an über die Höhe der auftretenden Ueberspannungen als der wirklichen Beanspruchung der Anlagen. Schliesslich liessen wir uns von den Fabrikanten angeben, was moderne Ableiter zu leisten imstande sind.

Die umfangreiche Studie zeigte, dass es auch mit neuen Ableitern nicht möglich ist, jede beliebig niedrig isolierte Anlage zu schützen; es galt daher, die Isolation auf das erforderliche Mindestmass zu verbessern durch Ausmerzung aller zu kleinen Isolatoren.

Vor 5 Jahren waren die Ableiter noch nicht so leistungsfähig, wie Sie das heute hören. Erst als Ableiter mit dem von uns geforderten Schluckvermögen von 1500 A erhältlich waren, haben wir mit dem Einbau von Ableitern im 8-kV-Netz begonnen. Für 45-kV-Anlagen fordern wir mindestens 2500 A; solche Apparate sind aber erst seit einigen Tagen erhältlich.

Da besonders in Netzen mit Holzmastenleitungen höhere Ueberspannungen und damit auch grössere als die geforderten minimalen Ableiterströme auftreten können, haben wir weitere Schutzeinrichtungen vorgesehen. Diese bestehen aus einem Grobschutz (Fig. 1, sogenannte Röhrenableiter), der in einem Abstand von 300 und 600 m vor dem Unterwerk eingebaut wird, um die höheren Ueberspannungen vor der

Anlage abzufangen. Die Ableiter im Unterwerk werden dann nur ihrem Schluckvermögen entsprechend beansprucht.

Versuchsweise haben wir bei einem Unterwerk in 1½ m Abstand über dem obersten Leiter ein Erdseil verlegt, das

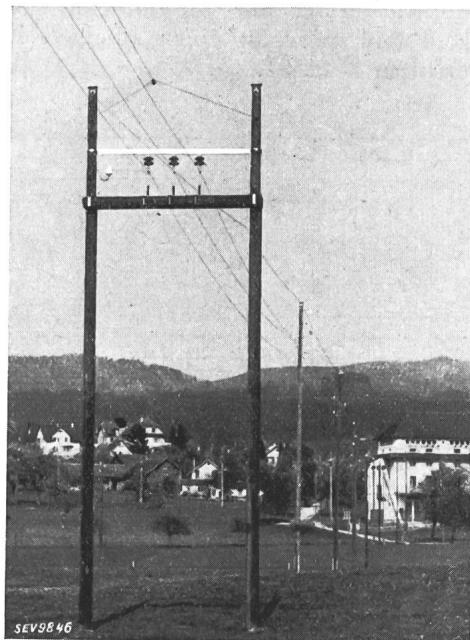


Fig. 1.  
Anordnung der Röhrenableiter als Grobschutz und des Nahzonenerdseils auf einer 8-kV-Leitung.

am Unterwerk durch Isolatoren und auf den Masten durch eine Holzstrecke hoch isoliert ist gegenüber der Leitung, bzw. gegenüber der Erde. Dieses «Nahzonenerdseils» ist über eine ebenfalls gut isolierte Ableitung mit der Banderde verbunden. Es soll Blitz einschläge in unmittelbarer Nähe des

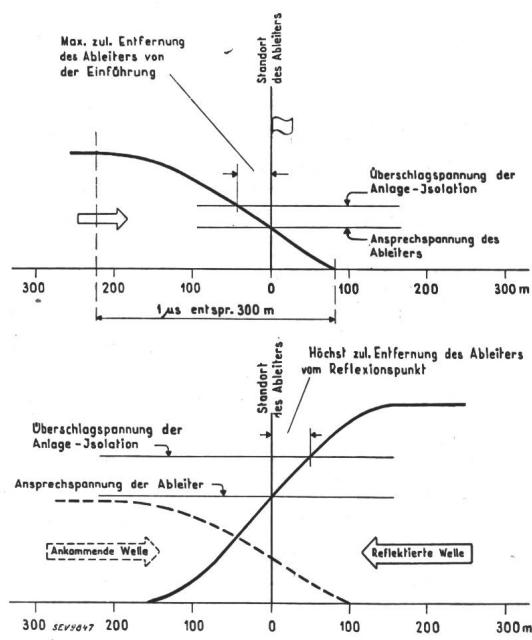


Fig. 2.  
Bestimmung des Aufstellungsorts der Ableiter.

Unterwerkes auffangen und damit die Ableiter vor den ungebührlich hohen Beanspruchungen schützen, die, wie Sie von Herrn Dr. Roth hören, durch Aufschaukelung des Stromes entstehen.

<sup>1)</sup> Bulletin SEV 1924, Nr. 7, S. 348.

Fig. 2 zeigt, dass für gegebene Ansprechspannung des Ableiters und gegebene Ueberschlagsspannung der Isolation der Einbauort des Ableiters nicht mehr beliebig gewählt werden kann. Der Abstand von der Einführung, bzw. von den Reflexionspunkten (offene Schalter, Transformatoren usw.) darf

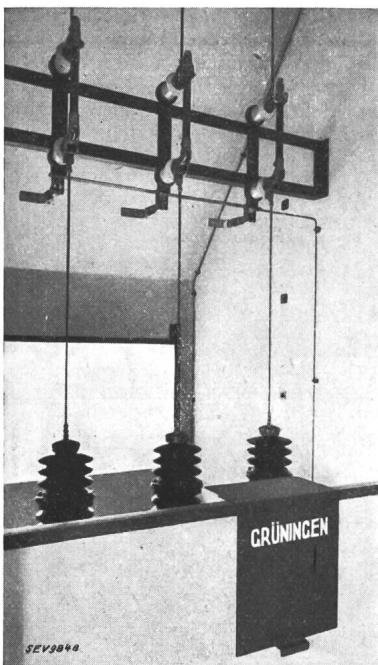


Fig. 3.  
Einbau der Ableiter in einem Unterwerk.  
Oben: Vorgeschaltete Sicherungen. Unter der Blechhaube:  
Ansprechzählern.

eine bestimmte Maximallänge nicht überschreiten. Für unsere Verhältnisse beträgt diese Entfernung 25...30 m. Da in den grossen Unterwerken Distanzen bis zu 70 m auftreten, haben wir sowohl bei den Einführungen als auch an den Sammelschienen Ableiter eingebaut. Deren Einbau erfolgte, wie Fig. 3 zeigt, unter Vorschaltung von Schmelzsicherungen,

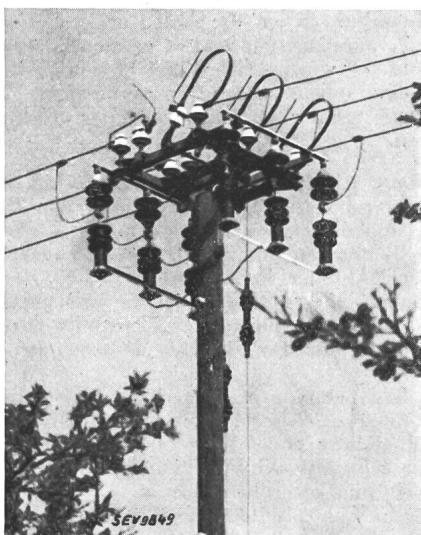


Fig. 4.  
Ueberspannungableiter am offenen Streckenschalter.

deren Schmelzeinsatz so bemessen ist, dass er Stoßströme von 1500 A bei 30  $\mu$ s Halbwertdauer aushält.

Sämtliche Ableiter der Unterwerke sind mit Ansprechzählern versehen (in Fig. 3 unter der Blechhaube), um über das Funktionieren der Ableiter Auskunft zu erhalten.

Nach und nach werden nun auch Transformatorenstationen mit Ableitern ausgerüstet. Weil sich zeigte, dass offene Leitungsenden Störungsquellen sind, haben wir neuerdings eine Reihe von offenen Streckenschaltern mit Ableitern bestückt (Fig. 4).

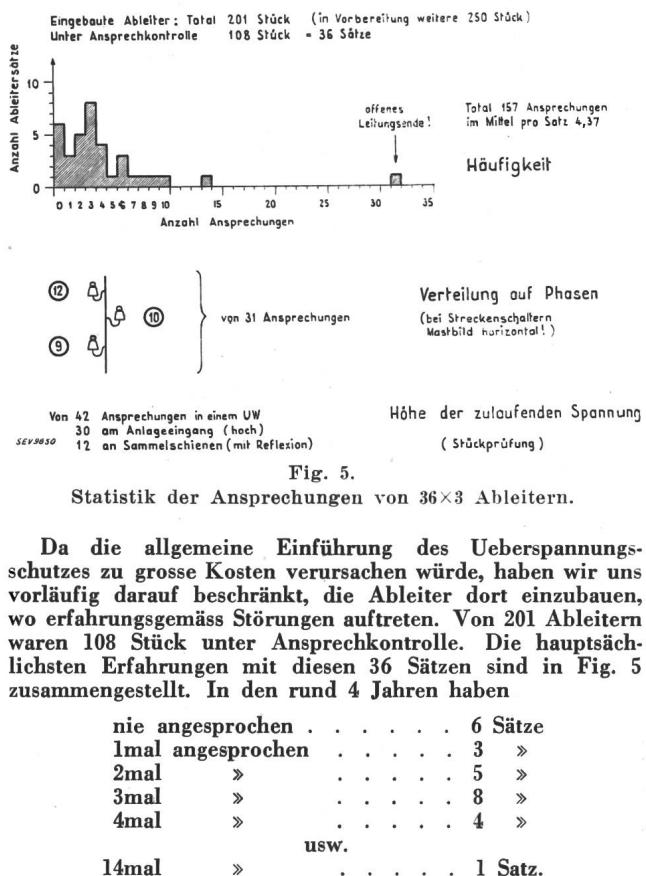


Fig. 5.  
Statistik der Ansprechungen von 36×3 Ableitern.

Da die allgemeine Einführung des Ueberspannungsschutzes zu grosse Kosten verursachen würde, haben wir uns vorläufig darauf beschränkt, die Ableiter dort einzubauen, wo erfahrungsgemäss Störungen auftreten. Von 201 Ableitern waren 108 Stück unter Ansprechkontrolle. Die hauptsächlichsten Erfahrungen mit diesen 36 Sätzen sind in Fig. 5 zusammengestellt. In den rund 4 Jahren haben

nie angesprochen . . . . .	6 Sätze
1mal angesprochen . . . . .	3 »
2mal » . . . . .	5 »
3mal » . . . . .	8 »
4mal » . . . . .	4 »
usw.	
14mal » . . . . .	1 Satz.

Ein Ableitersatz, der an einem offenen Leitungsende eingebaut war, hat 32mal angesprochen. Davon konnte für 31 Fälle ermittelt werden, welche Phase betroffen wurde (Fig. 5 Mitte). Man würde erwarten, dass die unterste Phase weniger Störungen erleiden würde. Die festgestellte Verteilung röhrt wahrscheinlich daher, dass bei den Streckenschaltern die Phasen in einer Horizontalalebene liegen und gerade an Streckenschaltern Ueberschläge mit dreipoligen Kurzschlüssen relativ häufig sind.

Von 42 in einem Unterwerk festgestellten Ansprechungen entfielen 30 auf die Ableiter bei den Leitungseinführungen und 12 auf die Ableiter an den Sammelschienen. Die ersten dürften durch zulaufende Spannungen, grösser als die Ansprechspannung, erzeugt worden sein, während die zweiten durch Reflexion von an und für sich niedrigeren Spannungen zustande gekommen sind. Diese Feststellungen sind dadurch möglich geworden, dass die Ableiter gemäss Sonderabmachungen einer Stückprüfung unterzogen worden waren, bei der die Ansprechspannung die Innehaltung einer Toleranz von nur  $\pm 3\%$  nachgewiesen werden musste. Die mit den Ableitern gemachten Erfahrungen sind außerordentlich günstig. Unsere Erwartungen haben sich in allen bis auf 2 Fälle erfüllt. Diese beiden Fälle will ich Ihnen kurz anführen, nicht um Kritik an den Ableitern zu üben, sondern um zu zeigen, wie trotz aller Voraussicht eben doch Fälle auftreten können, die an man nicht gedacht hat.

Fig. 6 zeigt das Schema des 8-kV-Teiles eines Unterwerkes. An den Leitungseinführungen sind Ueberspannungableiter eingebaut. Die zwei auf dem Schema dick ausgezogenen Leitungen verlaufen über viele Kilometer auf dem gleichen Gestänge. Durch eine Störung trat nun zwischen der oberen und der unteren Leitung ein Kurzschluss auf. Infolge einer durch Bauarbeiten verursachten Einwirkung konnten die Ueberstromauslöser nicht rechtzeitig auslösen und es kam zu ziemlich lange dauernden intermittierenden Kurzschlüssen. Die dadurch erzeugten Schaltüberspannungen durften

die am Eingang der Anlage aufgestellten Ableiter nicht zum Ansprechen bringen. In der Tat haben die Ableiter diese Bedingung erfüllt. Ueberraschenderweise trat dafür aber im Feld zwischen den von der Störung behafteten Feldern an einem offenen Trenner einer Abzweigleitung ein Ueberschlag auf, der eindeutig nur auf eine Ueberspannung zurückzuführen war. Wir konnten uns diese Störung zuerst nicht er-

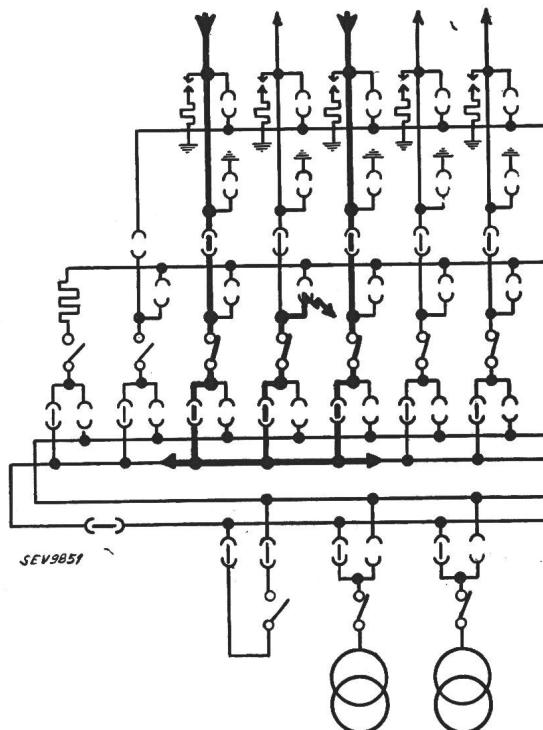


Fig. 6.

Störung im 8-kV-Teil des Unterwerks A durch Schalterüberspannungen.

klären. Unter der Annahme, dass sich die Schaltüberspannungen wie Ueberspannungswellen atmosphärischen Ursprungs verhalten, habe ich versucht, den Vorgang zu deuten. Man sieht dann nämlich, dass die zwei hereinlaufenden «Wellen» sich im Mittelfeld überlagern und am offenen Trenner tritt zudem eine Reflexion ein. An dieser Stelle kann eine Spannung von  $\frac{16}{6}$  der zulaufenden Spannung auftreten, und da diese, aus dem Umstand des Nichtansprechens der Ableiter zu schliessen, höchstens 36 kV betragen kann, ergibt sich eine Spannung am Ueberschlagspunkt von 96 kV, was ziemlich wesentlich über der Ueberschlagsspannung der Isolation von rund 80 kV bei 50 Hz liegt.

Es würde mich interessieren, zu hören, was Sie zu dieser Störung vielleicht noch zu bemerkern haben.

Bei einer andern Störung wurde ein Ableiter für 1500 A Schluckvermögen im Innern vollständig zerstört. Die vorge schaltete Sicherung hat den Ableiter richtig abgeschaltet und damit angezeigt, dass der Ableiter überbeansprucht war. Wir haben festgestellt, dass der Schaden durch einen Blitzschlag in ungefähr 3 km Entfernung vom Unterwerk verursacht wurde. Die Einrichtungen haben sich in diesem Fall ebenfalls bewährt.

Wie heute schon betont wurde, ist es ausserordentlich wichtig, für die Ableiter gute Erdungen zu erstellen. Wir sind bei den EKZ auch der Auffassung, dass die Homogenität der Ableiter-Eigenschaften noch gesteigert werden muss. Weil wir festgestellt haben, dass Ansprechspannung und Restspannung bis zu 30 % Streuung aufweisen, haben wir für die Ableiter eine Stückprüfung eingeführt.

Erwünscht ist ferner noch die Schaffung einer eindeutigen Ansprechregistrierung, die nicht nur gestattet, den Tatbestand der Ansprechung festzustellen, sondern die auch über die Grösse des Stromes und dessen Polarität Aufschluss geben kann.

Für 50 kV sind erst seit einigen Tagen Ableiter auf dem Markt, die den von uns aufgestellten Bedingungen entsprechen. Vorbereitungen für deren Einbau sind nun eingeleitet. Um in den dringendsten Fällen aber doch einen Schutz zu haben, sind bei einigen Unterwerken auch in die 50-kV-Zuleitungen Röhrenableiter als Grobschutz eingebaut worden. Auch diese Einrichtungen haben sich in mehreren Fällen bewährt. In dem Fall dagegen, der in Fig. 7 dargestellt ist, ist trotz ihrem Vorhandensein eine Störung entstanden. Wie aus der Figur hervorgeht, sind auch in diesem Falle von zwei verschiedenen Seiten her Ueberspannungswellen auf das Unterwerk  $U_3$  zugelaufen, die jede für sich allein die

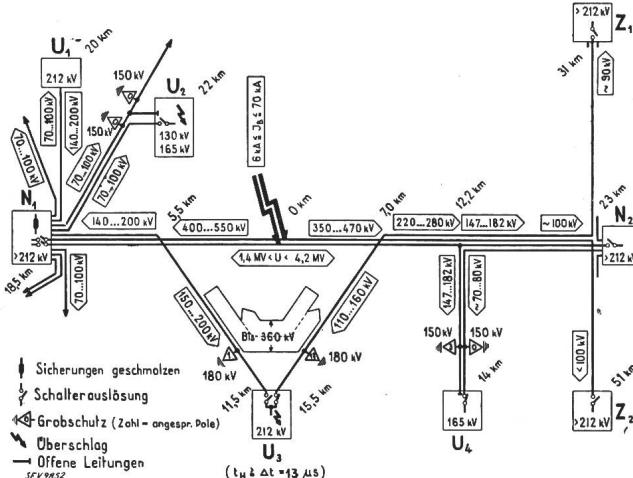


Fig. 7.

Gewitterstörung am 28. Mai 1940, 13 h 45.

Schräggestellte Zahlen: Entfernung von der Einschlagstelle in km.  
Geradgestellte Zahlen, nicht eingerahmt: Elektrische Festigkeit in kV.  
Zahlen in pfeilförmiger Rahmung: Aufgetretene elektrische Beanspruchungen.  
Die Wirkung der Störung ist an Hand der Legende (links unten in der Figur) zu verfolgen.

Ableiter nicht sicher zum Ansprechen bringen konnten. Durch das Uebereinanderlaufen der beiden Wellen im Innern der Anlage sind dann aber auch in diesem Falle wesentlich höhere Spannungen entstanden als die Anlageisolationsspannung. Interessant an dieser Störung ist jedoch, dass auch die Einwirkungen auf die Anlagen  $U_1$ ,  $U_2$  und  $U_4$ ,  $N_1$ ,  $Z_1$  und  $Z_2$  durchaus gut erklärt werden können.

Ich dachte, es würde Sie vielleicht interessieren, auch etwas über eine solche Störung zu vernehmen. Damit bin ich am Schlusse meiner Ausführungen über die Erfahrungen mit Ableitern.

Nun gestatte ich mir noch einige Bemerkungen zu den Ausführungen des Herrn Dr. Berger über den Niederspannungsschutz und die Hausinstallationen.

Herr Dr. Berger hat uns gesagt, dass es zweckmäßig und notwendig sei, Ableiter in mindestens jedem Hause aufzustellen, wenn möglich sogar bei jedem zu schützenden Objekt. Er hat das sehr eindrücklich begründet durch die am Ableiter und an den Erdleitungen auftretenden Restspannungen.

Was die Restspannungen anbetrifft, kann man ihm restlos zustimmen; aber was die Aufstellung und die Notwendigkeit der Aufstellung von Ableitern in jedem Hause anbelangt, glaube ich, dass wir vom Standpunkt der Werke aus eine andere Lösung anstreben müssen.

Ich habe in Fig. 2 unten das Phänomen der Reflexion gezeigt, d. h. den Fall, dass eine Welle von relativ kleiner Spannung auf den Ableiter zuläuft und ihn nicht im Hineinlaufen zum Ansprechen bringt, sondern erst beim Zurückkommen. Ich will nun zeigen, dass diese Ueberlegung für die Niederspannung nicht wichtig ist. Zu diesem Zwecke habe ich in Tabelle I eine Zusammenstellung über Ansprechspannungen, Isolationsspannungen und nötige Ableiteranordnungen für 500, 8000 und 45 000 V gemacht. Man kann also sagen, dass bei Hochspannung die Reflexionen bei den heutigen Isolationsverhältnissen in der Regel nicht zu vernach-

## Bedeutung der Reflexionen, Einbauart der Ableiter.

Tabelle I.

	V	Niederspannung	Hochspannung		
		500	8000	45 000	
Betriebsspannung . . . . .	kV	1,1 bis 1,4	40	150	180
Ansprechspannung $u_a$ der Ableiter . . .	kV	3	72	90	165
Ueberschlagsspannung der Isolation bei Stoss . . . . .	kV	2,2 bis 2,8 ungefährlich	80 gefährlich	80 ungefährlich	300 gefährlich
Höchste reflektierte Welle ( $= 2 \cdot u_a$ ) also					360
Daher:					
Ableitereinbau nötig					
1. für hohe Wellen . . . . .		am Eingang	am Eingang	am Eingang	am Eingang
2. für reflektierte Wellen . . . . .		nicht nötig	nahe am Reflexionspunkt <sup>1)</sup>	nicht nötig	nahe am Reflexionspunkt <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Nur bei ausgedehnten Anlagen.

lässigen sind; bei Niederspannung darf man die Reflexionsverhältnisse übergehen. Wir brauchen daher bei Niederspannung nur im Eingang Ableiter, am Reflexionspunkt dagegen keinen.

Wenden wir nun diese Ueberlegungen auf die Praxis an, so muss in einem kleinen Ortsnetz mit einem einzigen langen Abzweig (Fig. 8) nicht jedes Haus mit einem Ableiter ausgerüstet werden. In erster Linie hat die abgelegene Siedlung Anspruch auf einen Schutz, weil die lange, unverzweigte Leitung die Ueberspannungswellen auf einen hohen Betrag ansteigen lassen kann. In eigentlichen Ortsnetzen da-

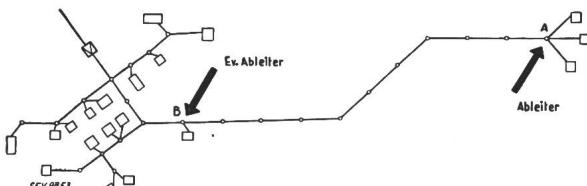


Fig. 8.  
Anordnung der Ableiter in einer Siedlung.

gegen verteilt sich die Ueberspannung und die auftretenden Spannungen sind nicht so hoch. Unsere Auffassung geht aus einer ganzen Reihe von Ueberlegungen heraus dahin, den Ableiter wenn möglich an den ersten Mast (bei A) vor einer Gruppe von Häusern anzubringen. Eventuell wäre auch am Eingang der Leitungen in das dichter besiedelte Gebiet bei B ebenfalls ein Ableiter anzubringen.

**Begründung:** 1. Wenn wir bei jedem Haus einen Ableiter einbauen wollen, müssen wir auch bei jedem Haus eine gute Erdung haben. Bei abgelegenen Höfen stehen in der Regel keine guten Wasserleitungen zur Verfügung. Man kann infolgedessen nicht an die Wasserleitung anschliessen, sondern muss gute künstliche Erdungen schaffen (höchstens 5 Ohm). Wenn wir aber für jedes Haus Erdungen mit nur 5 Ohm erstellen müssen, dann wird die Sache wirtschaftlich unmöglich.

2. Die Verlegung einer Erdleitung im Hausinnern ist nicht immer eine ganz einfache Sache: wir müssen verschiedene Böden durchschlagen; wir haben Wasser-, Heiz- und Radioleitungen. Der Zusammenschluss der Erdungen bringt uns allerhand Schwierigkeiten und Kosten.

Wenn wir aber eine Erdleitung für eine ganze Gruppe von Häusern erstellen, dann können wir sie relativ gut machen. Wir können dann auch noch darauf Rücksicht nehmen, dass für eine Blitzschutzerdung die Strahlänge der Erdleitung nur eine beschränkte Länge aufweisen darf. Ich möchte da noch den Umstand erwähnen, dass die Wasser-

leitung unter Umständen für eine Blitzschutzerdung gar nicht so geeignet ist, wie es auf den ersten Blick erscheint, weil der langgestreckte Erder vielleicht für das Abfließen der Stoßströme gar nicht zur Wirkung kommen kann.

Herr Dr. Berger hat auch darauf hingewiesen, dass der Einbau von Ableitern im Innern des Hauses noch gewisse Schwierigkeiten zeitigt. Sollen wir den Ableiter *vor* oder *nach* der Sicherung einbauen? Wenn wir wollen, dass das Netz auch bei Anordnung des Ableiters auf dem Mast nicht durch einen defekten Ableiter gestört wird, dann sind wir imstande und montieren dort ebenfalls eine Sicherung (Fig. 9), die wir dann — genau gleich wie beim Hochspannungsableiter — nach der Ableitstromstärke des Ableiters bemessen können. Dann sind wir sicher und wir müssen nicht befürchten, dass uns ein defekter Ableiter im Haus einen Brand verursacht.

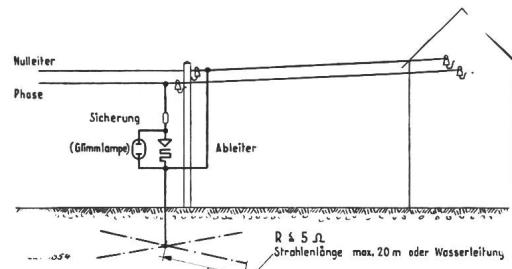


Fig. 9.  
Anschluss des Ableiters.

Man kann vielleicht noch einen Schritt weitergehen und am Mast eine Kennvorrichtung anbringen, die anzeigt, wenn die Ableitersicherung geschmolzen ist. Tabelle II zeigt eine Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile der beiden Anordnungen, während Fig. 10 eine Kostenübersicht gibt.

Nehmen wir an, wir hätten ein bis zehn Häuser einer Gruppe und es stehe uns eine Wasserleitung zur Verfügung, dann entstehen, wenn wir die Ableiter im Hausinnern aufstellen, Kosten nach der Kurve H — bei einem Haus vielleicht etwa 200 Franken, bei 10 Häusern rund 2000 Franken, bei Erdung am Mast vor der Häusergruppe dagegen 200 bis 500 Franken, wobei noch angenommen ist, dass wir vom ersten Mast bis zu den Häusern trotzdem noch Erdleitungen verlegen und so den Zusammenschluss der Erdungen auch bewerkstelligen.

Wenn wir, was bei abgelegenen Höfen die Regel sein wird, keine Wasserleitung zur Verfügung haben und eine Erdung mit 5 Ohm erstellen, dann kommen wir auf ganz horrende Kosten, und man wird erkennen, dass das aus wirtschaftlichen Gründen für die Werke nicht tragbar ist. Diese

## Vor- und Nachteile der möglichen Einbauarten.

Tabelle II.

Ableiter-einbauort	Im Haus		Vor dem Haus (Mast)		
	Wasserleitung verfügbare	ja	nein	ja	nein
Zahl der Erdungen . .	n	n	1	1	
Anzahl Ableiter . . .	3n	3n	3	3	
Vorteile:	1. Ableiterdefekt wird sofort beachtet. 2. Kosten können dem Abnehmer belastet werden.	1. Eine, aber dafür gute Erdung. 2. Geringste Gesamtkosten. 3. Geringster Materialaufwand.			
Nachteile:	1. Viele rel. schlechte Erdungen, geringer Schutz. 2. Mehrfachblitz kann zu Brand führen. 3. Schwierige Verlegung der Erdleitung. 4. Radioanlagen stark gefährdet (Zusammenschluss der Erdung). 5. Hauptsicherung muss nach Ableiter bemessen werden (bei kleinem Anschlusswert Sicherung zu stark!).	1. Defekter Ableiter wird nicht sofort erkannt, evtl. «Glimmlampe» nötig.			

*n = Anzahl der Häuser einer Gruppe.*

Kosten dem Abnehmer zu überbinden, dürfte auch nicht angehen, denn dieser hat heute schon genügend Kosten zu übernehmen.

**Vorsitzender:** Ich danke Herrn Wüger für seinen sehr interessanten Diskussionsbeitrag. Er hat in geradezu systematischer Weise zu den Fragen, die heute behandelt wurden, Stellung genommen. Es besteht gar kein Zweifel, dass, wenn mit dieser Systematik weitergegangen wird und die Zusammenarbeit der Werke mit denjenigen, die die Forschung der Ueberspannungsfragen im allgemeinen betreiben, sich noch enger gestaltet, die Fragen der Ueberspannungsableiter tatsächlich in kurzer Zeit gelöst sein werden.

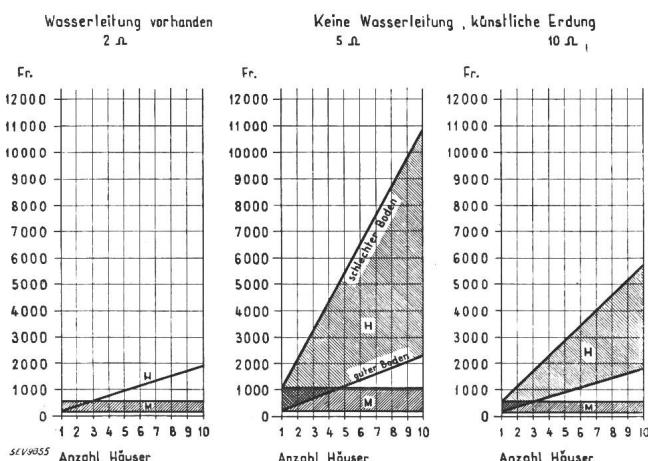


Fig. 10.

Kosten des Ueberspannungsschutzes in Niederspannungsnetzen.  
H im Haus. M am Mast.

Herr Wüger hat zu sehr vielen Punkten, die heute behandelt wurden, Stellung bezogen; ich nehme an, dass wir in der weiten Diskussion auf diese Punkte zurückkommen können. Er hat vor allen Dingen die Frage des Ortes des Einbaues der Ableiter angetönt. Er hat aber auch betont,

wie wichtig es ist, eine Kontrolle über das Ansprechen der verschiedenen Ableiter zu bekommen.

Es war für mich sehr interessant zu hören, wie außerordentlich weit die Herren schon gegangen sind, um zum Schutze der Ueberspannungsableiter einen übergeordneten Schutz zu finden. Es ist jedenfalls nötig, dass wir noch weiter gehen in der Entwicklung der ganzen Sache, hauptsächlich dort, wo das Gebiet noch wenig abgeklärt scheint: im Gebiet der Niederspannungsnetze.

Ich möchte Herrn Wüger wirklich herzlich danken für die grosse Arbeit und Mühe, die in seinen Untersuchungen liegt.

**Herr Dr. Georg Busch, Physikalisches Institut der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich:** Gestatten Sie mir, dass ich zur Frage der Ueberspannungsableiter, speziell zum Problem der spannungsabhängigen Widerstände, einige Bemerkungen mehr physikalischer Art mache.

Zunächst möchte ich an die Ausführungen des Herrn Gantenbein anknüpfen und feststellen, dass die Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Industrie gerade auf dem Gebiete der spannungsabhängigen Widerstände eine Tatsache geworden ist. Die Firma Sprecher & Schuh in Aarau ist vor etwa drei Jahren mit der Bitte um Mitwirkung bei der Entwicklung von Ableiterwiderständen an das Physikalische Institut der ETH gelangt. Das Problem war für uns völlig neu; wir fanden jedoch bald, dass seine Bearbeitung sehr interessant ist und dass das Gebiet dem Physiker eine Fülle von Aufgaben darbietet. Die speziell zu lösende Aufgabe lautete: Entwicklung eines dauerhaften spannungsabhängigen Widerstandes mit einer Charakteristik, die einen möglichst kleinen nachfliessenden 50-Perioden-Strom ergibt.

Dies hat einige Schwierigkeiten bereitet; die Lösung war aber möglich. Es dürfte von Interesse sein, dass wir bei der Entwicklung und bei der Untersuchung des Mechanismus der Spannungsabhängigkeit im allgemeinen auch die Möglichkeit der Imprägnierung der Widerstände geprüft haben. Dieser Weg wurde aber wieder verlassen, da es sich zeigte, dass es auch ohne dieses Mittel Lösungen gibt.

Die imprägnierten Widerstände gaben allgemein zu sehr hohen 50-Perioden-Strömen Anlass. Da jedoch die Ableiter mit selbstlöschenden Funkenstrecken ausgerüstet werden sollten, musste die Erzielung eines Minimums des zu löschen Stromes angestrebt werden, obschon die für diese Ableiter entwickelte Funkenstrecke 50-Perioden-Ströme bis zu 100 A zu lösen imstande ist.

Nun möchte ich noch gerne mitteilen, was wir vom physikalischen Standpunkt aus zur Spannungsabhängigkeit der Siliziumkarbid-Widerstände zu sagen haben. Ich habe bereits im Mai dieses Jahres anlässlich der Tagung der Schweizerischen Physikalischen Gesellschaft in Neuenburg über einige Punkte vorgetragen; überdies ist eine ausführliche Arbeit in Vorbereitung.

Wir haben die verschiedenen Hypothesen des Mechanismus der spannungsabhängigen Widerstände geprüft, und es decken sich unsere Untersuchungen zum Teil mit den Ausführungen des Herrn Gantenbein. In Wirklichkeit sind die Vorgänge sehr komplex. Als erstes war zu entscheiden, ob die spannungsabhängige Charakteristik der Widerstände mit Gasentladungen im Innern des Materials im Zusammenhang steht oder nicht. Versuche im Vakuum und unter erhöhtem Gasdruck sowie durch Ausfüllen der Poren des Widerstandsmaterials allein sind nicht imstande, eine Entscheidung herzuführen. Erst bei Drücken von 150 kg/cm<sup>2</sup> zeigt sich ein Einfluss auf die Charakteristik, der, kombiniert mit anderen Erscheinungen, gegen die Gasentladungstheorie spricht.

Eine Hauptrolle spielen tatsächlich thermische Prozesse an den Berührungsstellen der Siliziumkarbid-Körner, jedoch erst sekundär. Primär ist der Stromdurchgang von Korn zu Korn durch eine Erscheinung bedingt, die der autoelektronischen Emission von Elektronen aus Metallen ins Vakuum nahe verwandt ist. Diese auf dem sog. Tunell-Effekt beruhende Erscheinung wird durch die Wellenmechanik erklärt. Der Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung konnte experimentell unter anderm durch Versuche an Siliziumkarbid-Körnern aus gleichem Material, aber stark verschiedener geometrischer Form erbracht werden.

Dass für das Zustandekommen der Hysteresis thermische Vorgänge im Vordergrund stehen, wurde durch Versuche bei

extremen Temperaturverhältnissen, d.h. bei Temperaturen zwischen  $-190$  und  $600^\circ\text{C}$  gezeigt. Ferner wurden Versuche mit rasch aufeinanderfolgenden Stromstößen sowie mit Stromschwingungen usw. durchgeführt, welche zeigten, dass an den Kontaktstellen der einzelnen Siliziumkarbid-Körner sehr hohe, wahrscheinlich die Sublimationstemperatur des SiC erreichende Temperaturen auftreten, welche Anlass zu thermischen Nachwirkungen geben.

Einen weiteren Einblick in die Vorgänge gaben spektroskopische Untersuchungen. Es ist bekannt, dass die Widerstände beim Stromdurchgang von einer grossen Zahl leuchtender Punkte bedeckt sind, die offenbar von den zum Glühen erhitzen Kontaktstellen der Körner herrühren. Immer, wenn der Physiker Licht sieht, interessiert es ihn, zu wissen, welcher Art es ist, d.h. ob sein Spektrum kontinuierlich ist oder aus einzelnen Linien besteht. Die Analyse der relativ schwachen und sehr kurzzeitigen Lichterscheinungen war allerdings nicht sehr leicht. Sie ist jedoch möglich gewesen und hat gezeigt, dass die leuchtenden Punkte einerseits kontinuierlich emittieren, d.h. glühende Stellen sind, anderseits aber auch ein Linienspektrum besitzen, das dem verdampfenden Siliziumkarbid zugeordnet werden muss. Es treten also tatsächlich bei sehr hohen Stoßströmen in gewissem Sinne Gasentladungen auf; sie sind aber für den Stromtransport nicht massgebend.

Zum Schlusse möchte ich Sie versichern, dass die Hochschule technisch-wissenschaftlichen Problemen stets Interesse entgegenbringt und auch bereit ist, zu beraten und nach Möglichkeit mitzuarbeiten.

**Vorsitzender:** Ich danke Herrn Dr. Busch für seinen Beitrag zur wissenschaftlichen Abklärung der spannungsabhängigen Widerstände. Wir haben von Herrn Dr. Busch wie von Herrn Gantenbein gehört, wieviel Kleinarbeit bis zum endlichen Verstehen geleistet werden muss. Es ist eine absolute Notwendigkeit, dass man bei allen diesen Fragen in der Weise vorgeht, wie Herr Dr. Busch es gezeigt hat, damit man bei der Fabrikation nicht mehr auf Zufälligkeiten angewiesen ist. Ich danke Herrn Dr. Busch noch einmal.

**Herr Prof. Dr. K. Kuhlmann:** Für mich als Lehrer verschiedener der Herren Vortragenden war es erfreulich zu beobachten, wie weit die wissenschaftliche Durchdringung der Ueberspannungsableiter gediehen ist. Ich bin übrigens auf diesem Gebiet ein alter Bekannter. Schon 1908 hat mich die Untersuchung des Carbids oder des Carborundums beschäftigt, und ich kam damals schon darauf, dass dieser Stoff einigermassen Detektoreigenschaften hat. Das hat sich denn auch bewahrheitet, indem man davon bei der Funkentelegraphie Gebrauch machte. Ich persönlich befasste mich damals mit solchen Problemen. Man erkennt aus diesen Dingen, wie wichtig es ist, dass sich Industrie und Hochschule ergänzen; es kommt dabei nur Gutes heraus.

Der Ueberspannungsschutz der Hausinstallation hat mich ebenfalls schon 1908 beschäftigt. Ich habe damals vorgeschlagen, einen Pol dauernd zu erden und die Verteilung nur durch zwei isolierte Drähte zu erstellen. Die modernen Ueberspannungsableiter bieten heute natürlich andere Möglichkeiten.

Zum Schluss möchte ich noch einen Gedanken äussern, der hier vielleicht wie eine Handgranate wirkt. Mir scheint, man sollte die Niederspannungsverteilung überhaupt aufheben, mit Hochspannungsleitungen zu den Häusern gehen und in jedem Haus einen kleinen Transformator auf  $110\text{V}$  aufstellen. Damit wäre man der Ueberspannungs- und vieler anderer Sorgen enthoben. Wer weiss, vielleicht bahnt sich in 10 oder 20 Jahren eine solche Entwicklung an.

**Vorsitzender:** Ich danke Herrn Professor Kuhlmann. Vielleicht kommen wir einmal auf seine Anregungen zurück.

Vielleicht darf ich Herrn Professor Tank einmal fragen, ob Sie nicht das Gefühl haben, dass die Leute mit den Ueberspannungsableitern Ihnen in Ihr Hochfrequenz-Handwerk pfuschen?

**Herr Prof. Dr. F. Tank, Eidg. Techn. Hochschule, Zürich:** Die Hochspannungstechnik besitzt sehr viele Beziehungen und Berührungspunkte mit der Hochfrequenztechnik. Der Spannungs- oder Stromstoß des Hochspannungstechnikers ist im Grunde nichts anderes als das Ergebnis der Ueber-

lagerung zahlreicher hochfrequenter Wellen. Er besitzt ein kontinuierliches Frequenzspektrum und lässt sich daher — wie der Schwachstromtechniker sehr gut weiß — mathematisch durch Fourierintegrale darstellen. Die physikalische Realität dieser Auffassung ergibt sich daraus, dass das Verhalten von Leitungen, Schaltgebilden usw. gegenüber Stößen oder Impulsen auf Grund hochfrequenztechnischer Messungen (Hochfrequenzbrücke usw.) mit stationärem sinusförmigem Wechselstrom vorausbestimmt werden kann. Nur die Aussagen über dielektrische Festigkeit und Ueberschlagsicherheit entziehen sich naturgemäß — wenigstens zum grössten Teile — einer solchen Betrachtungsweise.

Der Hochfrequenztechniker war wohl auch der erste, der spannungsabhängige Widerstände kannte und benutzte. Der bekannte Kristalldetektor ist wahrscheinlich dem Ueberspannungsableiter verwandt und letzterer als ein im einzelnen schwer zu beschreibendes Konglomerat von Kristalldetektoren anzusehen. Die autoelektronische Entladung und die Wärmeträigkeit (Hysteresis-Schleife) sind auch dem Kristalldetektor eigen. Von diesem Gesichtspunkt aus beurteilt, kämen für Ueberspannungsableiter solche Materialien in Betracht, welche auch bei Kristalldetektoren sich bewährt haben, zugleich aber lokal hohe Temperaturen aushalten können, ohne zerstört zu werden.

**Vorsitzender:** Ich danke Herrn Professor Tank sehr. Ich muss ihn um Entschuldigung bitten, dass ich ihn in die Diskussion hineingezogen habe; aber es bestehen hier gewisse Relationen.

**Herr O. Naef, Maschinenfabrik Oerlikon, Zürich 11:** Ich möchte nur ganz kurz an einige Ausserungen der Vorredner anknüpfen:

Herr Gantenbein hat gesagt, dass in einem Ueberspannungsableiter die wesentlichen Elemente die Löschfunkstrecke und die Widerstände seien. Herr Dr. Roth führte aus, dass normale Ueberspannungsableiter in genügend isolierten Netzen guten Schutz gewähren, dass man hingegen für schwach isolierte Netze Spezialableiter haben müsse. Herr Wüger endlich hat zugestanden, dass in einem Teil seines 50-kV-Netzes die Isolationsverhältnisse dermassen sind, dass die normalen Ableiter nicht mehr genügen.

Wir erkennen aus diesen Bemerkungen, dass neben der Löschfunkstrecke und dem Widerstand des Ableiters die vorhandene Netiszolation die Höhe des erreichbaren Schutzes massgeblich bestimmt. Wir werden uns deshalb die Frage vorlegen: Wie hängen diese drei Faktoren quantitativ zusammen? Ohne einen Anspruch auf Genauigkeit zu erheben, will ich versuchen, das Prinzipielle dieses Zusammenhangs in möglichst verständlicher Form darzulegen.

Die Strom-Spannung-Charakteristik des Ableiterwiderstandes werde durch die gekrümmte Linie der Fig. 1 dargestellt. Sie gehorcht angenähert der Exponentialgleichung

$$I = c UK \quad (1)$$

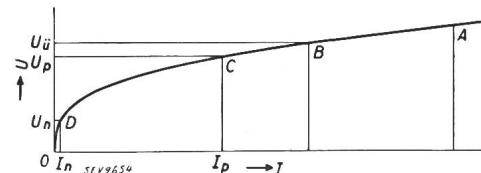


Fig. 1.  
Strom-Spannung-Charakteristik eines Ueberspannungsableiters.  
 $U$  Restspannung (in V).  $I$  Ableitvermögen (in A).

Der Grad der Krümmung, d.h. die Grösse des Exponenten  $K$  ist ein Mass für die Grösse der Spannungsabhängigkeit. Dass die Kurve in Wirklichkeit aus einem steigenden und einem fallenden Ast besteht, die eine Art Hysteresisfläche einschliessen, will ich hier nur erwähnen, denn die rechnerische Berücksichtigung dieses Umstandes würde die Einfachheit der Darstellung verwischen. Der Punkt  $A$  auf der Kurve bezeichnet das Grenzableitvermögen des Widerstandes, das heisst den maximalen Stoßstrom, den er noch ohne Beschädigung aushält. Es wurden hierfür Zahlen zwischen 5000 und mehr als 100 000 Ampere genannt. Dieser Punkt ist wohl von Wichtigkeit für den Ableiter selbst, aber für den Schutz

des Netzes ist er meistens bedeutungslos, weil ihm eine Spannung am Widerstand entspricht, bei der Teile des zu schützenden Netzes bereits überschlagen. Der Punkt *B* entspricht der Ueberschlag-Stoßspannung  $U_{\ddot{u}}$  der Netiszolation, und der Punkt *C* liege ca. 15 % tiefer. Die Restspannung  $U_p$  und der zugehörige Stoßstrom  $I_p$  dürfen den Punkt *C* nicht überschreiten, wenn der Ableiter das Netz sicher schützen soll.

Der zweite Punkt, der uns interessiert, ist der Punkt *D*. Er entspricht der Betriebsspannung  $U_n$  und dem nachfolgenden Netzstrom  $I_n$ , der nach Abklingen des Stoßstromes durch den Ableiterwiderstand fließt und von der Löschfunkstrecke unterbrochen werden muss.

Aus Gleichung (1) ergibt sich folgende Beziehung zwischen den Punkten *C* und *D*:

$$I_p = I_n \cdot \left( \frac{U_p}{U_n} \right)^K \quad (2)$$

Das Verhältnis  $U_p/U_n$  ist ein Mass für die Festigkeit der Netiszolation und erinnert an das Verhältnis Bruchlast zu zulässiger Nutzlast in der Mechanik, das dort allgemein als Sicherheitsfaktor bezeichnet wird. In Analogie hierzu möchte ich das Verhältnis  $U_p/U_n$  als elektrischen Sicherheitsfaktor *S* der Netiszolation bezeichnen. Damit erhält Gl. (2) die einfache Form:

$$I_p = I_n \cdot S^K \quad (3)$$

Die Gleichung ist sehr aufschlussreich. Sie stellt die Beziehung zwischen den anfangs erwähnten drei Faktoren her.  $I_p$  ist der maximale, ohne Netzüberschlag ableitbare Stoßstrom, und somit ein Mass für die Schutzwirkung des Ableiters. Die Schutzwirkung ist um so besser, je höher der zulässige nachfolgende Netzstrom  $I_n$ , d.h. je vollkommener die Löschfunkstrecke, und je grösser die durch den Faktor *K* ausgedrückte Spannungsabhängigkeit des Widerandes ist. Es ist Aufgabe des Konstrukteurs, hier möglichst günstige Verhältnisse zu schaffen und die Ableiter unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Forschung ständig zu verbessern.

Der dritte Faktor *S* ist von überragender Bedeutung, denn er erscheint in der  $K^{\text{ten}}$  Potenz. Hat beispielsweise der Exponent *K* die Grösse 3, so verringert sich der ohne Netzüberschlag ableitbare Stoßstrom auf die Hälfte, wenn der Sicherheitsfaktor *S* sich um 20 % erniedrigt. In gut isolierten Netzen ist *S* gleich oder grösser als 3. Aus diesen Überlegungen ergibt sich die eindringliche Forderung an die Elektrizitätswerke, das Isolationsniveau ihrer Anlagen hoch zu halten und nach Möglichkeit zu verbessern.

**Vorsitzender:** Ich danke Herrn Naf für sein kurzes Exposé über diese quantitativen Beziehungen. Es war sehr interessant, diese Sache anzuhören.

**Meine Herren!** Die Zeit ist ausserordentlich vorgerückt. Ich muss, so leid es mir tut, die Diskussion über diesen Punkt abschliessen, möchte aber immerhin die Herren Vortragenden fragen, ob sie noch irgendeine kurze Bemerkung anbringen möchten.

**Herr Dr. K. Berger, FKH des SEV und VSE, Zürich:** Darf ich zuerst Herrn Wüger kurz antworten. Vor allem möchte ich feststellen, dass ich in der Frage des Schutzes schwach isolierter Anlagen mit ihm derselben Meinung bin. Das Problem stellt sich in der Regel so: Kann ich eine ab-normal schwach isolierte Anlage mit Ableitern betriebssicher machen? Die praktische Antwort auf diese Frage ist in der Regel zunächst der Ersatz allzuschwacher Isolationen durch stärkere; man wird also zuerst reichlich isolieren und dann Ableiter einbauen!

Zur Erklärung der von Herrn Wüger beschriebenen Störung im 8-kV-Netz der EKZ scheint es mir sehr gewagt, die vermutlichen Unterschiede der Spannung auf die kurzen Entferungen von einigen Metern durch Wellenfronten erklären zu wollen. Die beschriebene Störung im 45-kV-Netz hat mich ausserordentlich interessiert, um so mehr, als heute die Möglichkeit besteht, mit der fahrbaren Stosseinrichtung den nicht einwandfrei rekonstruierbaren Störungsvorgang nachzuahmen, wobei zur Vermeidung von Zerstörungen die Betriebsspannung abgeschaltet werden könnte. Die betroffene Anlage ist zufällig dieselbe, in der wir im Jahre 1929 die Wertlosigkeit kleiner Drosselpulen als Ueberspannungsschutz oszillographisch nachgewiesen haben.

Wenn Herr Wüger sagt, ich sei dafür, bei jedem Objekt Ableiter einzubauen, so muss ich mit aller Deutlichkeit widersprechen. Ich bin bisher immer der gegenteiligen Meinung gewesen, dass nämlich danach gestrebt werden soll, mit möglichst wenigen Ableitern auszukommen. Daher verdient die Frage des Einbaues von gemeinsamen Ableitern für ganze Häusergruppen durchaus geprüft zu werden.

In der Frage der nötigen Erdungswiderstände bin ich nicht mit der dargelegten Auffassung einverstanden. Es kommt nämlich nicht nur auf den Ohmwert der Erdung an, sondern im wesentlichen darauf, alle Ableiter kurz und gutleitend mit den Schutz-Erdungen (Wasserleitungen usw.) zu verbinden. Dadurch werden wenigstens die ohmschen Abfälle in der Erdung bedeutungslos, denn dann hebt sich das Potential des ganzen Erdungs-Käfigs im Moment der Ueberspannung. Das spüren die Leute nicht. Wenn eine Wasserleitung im Gebäude vorhanden ist, müssen wir sie an die Erdung anschliessen. Die Erdung muss nicht durchaus unter dem Gebäude liegen; sie darf ruhig ein kurzes Stück davon entfernt sein; aber sie muss metallisch verbunden sein mit dem Erdungspunkt der Ableiter.

Ich möchte sodann gern noch das Votum des Herrn Prof. Tank durch ein Beispiel ergänzen. Stellen Sie sich vor, Sie treiben durch einen guten Ableiter einen Stoßstrom mit einer Stromsteilheit der Gröszenordnung  $1000 \text{ A}/\mu\text{s}$ , also ca.  $1/\text{10}$  der bei Blitzströmen etwa grösstmöglichen Steilheit von  $10000 \text{ A}/\mu\text{s}$ . Dann gibt das pro Meter Anschlussdraht einen induktiven Spannungsabfall von ca. 1 kV oder für 10 Meter Anschlusslänge ca. 10 kV. Das macht auf 30 m totale Länge der Anschlussdrähte zur Phase und zur Erdung eine scheinbare Vergrösserung der Restspannung von maximal ca. 30 kV. Bei  $2500 \text{ A}/\mu\text{s}$  Stromsteilheit sind es bereits ca. 75 kV. Die Schlusskonsequenz der Bedeutung kurzer Anschlussdrähte, insbesondere bei Ableitern mit grossem Ableitvermögen, können Sie selber ziehen. Dies nur zur Illustration, wie sehr der Anschluss des Ableiters eine typische Hochfrequenzfrage ist. Auf der Leitung spielen eben Wellen, und daher kann die Spannung an einer Stelle kurzzeitig wesentlich von derjenigen einer Nachbarstelle abweichen.

**Herr Dr. A. Roth, Sprecher & Schuh A.-G., Aarau:**

Ich war etwas erschrocken über die von Herrn Wüger angegebenen Zahlen für die Kosten der gesamten Ueberspannungsschutzanlage für Einzelobjekte bei Niederspannung. Wir sollten unbedingt Wege suchen, um diese Anlagen trotz hohem Schutzwert billig zu gestalten. Der einfachste Weg dürfte der sein, als Ableitererdung die ohnehin nötige oder bestehende Blitzableitererdung mitzubenutzen, selbstverständlich auch die etwa bestehende Wasserleitung. Dann spielt der Wert des Erdwiderstandes selbst keine oder nur eine untergeordnete Rolle, da das Ganze die gleiche Wirkung wie ein Faraday-Käfig hat.

Dass Herr Dr. Busch über seine physikalischen Versuche sprach, habe ich sehr begrüßt, weil dieses Beispiel schlagend beweist, wie fruchtbar die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Physik im allgemeinen und der ETH im besonderen sein kann. Ich möchte dieses Vorgehen grossen und kleinen Firmen empfehlen; wir müssen wieder viel enger mit der Physik zusammenarbeiten und uns von ihr neue Ideen bringen lassen, wenn wir heute wirklich Neues schaffen wollen. Wir Elektrotechniker tragen bis zu einem gewissen Grade Scheuleder; wir müssen die Verbindung mit der Physik wieder suchen und das können wir nur zusammen mit dem Physiker. Glücklicherweise haben wir ja gerade an der ETH ein bedeutendes Zentrum der physikalischen Wissenschaft; wir müssen es aber aufsuchen und benutzen, nicht nur im Gebiet der Hochfrequenz. Nur so kommen wir aus unseren gewohnten und vielfach ausgefährten Geleisen heraus. Herrn Prof. Scherrer und Herrn Dr. Busch möchte ich auch an dieser Stelle für ihre Mitarbeit danken.

**Vorsitzender:** Ich danke den Herren Dr. Berger und Dr. Roth. Ich glaube auch, dass wir mit den Physikern zusammenarbeiten müssen.

Ich möchte den vier Herren Referenten nochmals herzlich danken für ihre sehr guten Berichte.

*Nachträglich schriftlich eingereicht:*

Herr M. Denzler, Starkstrominspektorat Zürich: Zur Abklärung der Schutzmöglichkeiten von Hausinstallationen durch Ableiter hat das Starkstrominspektorat im Jahre 1939 im Hochspannungslaboratorium des SEV im Letten umfangreiche Prüfungen durchführen lassen. Diese erstreckten sich auf die folgenden Gebiete:

1. Prüfung von Hausinstallationsmaterial mit Stoßspannung,
2. Versuche mit Stoßspannungen an einer hiefür besonders erstellten Hausinstallation zwecks Ermittlung der örtlichen Spannungsverteilung und Feststellung der Ueberschläge,
3. Untersuchungen des Einflusses der Netztransformatoren auf die Höhe und den Verlauf von Ueberspannungen,
4. Berechnung von Höhe und Verlauf von indirekten Blitzüberspannungen in beliebig stark verzweigten Ortsnetzen und in unverzweigten Stichleitungen,
5. Versuche über den Schutz der Versuchsinstallation durch Ueberspannungsableiter.

Ich verweise auf eine diesbezügliche Mitteilung im Bulletin SEV 1940, Nr. 23. Diese Versuche bildeten aber noch keine abschliessende Grundlage für die Aufstellung von Leitsätzen über den Schutz von Hausinstallationen gegen atmosphärische Ueberspannungen. Die Frage des Ableitereinbaues und diejenige der Erdung in einer Hausinstallation sind eng miteinander verknüpft und können demzufolge nicht unabhängig voneinander geprüft werden. Im Letten waren aber die Erdungsverhältnisse für weitere Untersuchungen in dieser Richtung nicht günstig; auch stand keine Freileitung von nennenswerter Länge zur Verfügung, über welche die Installation gestossen werden konnte. Die Vornahme weiterer Versuche an wirklichen Hausinstallationen im Anschluss an ein-

Freileitungsnetz wäre daher zu begrüssen. Leider ist dies aber eine nicht ganz ungefährliche Sache, weil dabei mit Beschädigungen der Installation zu rechnen ist, die während der Versuche auftreten oder sich später unangenehm auswirken können. Sofern Installationen für derartige Versuche zur Verfügung gestellt werden können, möchte ich die Werke bitten, diese dem Starkstrominspektorat bekanntzugeben.

Noch unabgeklärt ist im besondern die Frage des Einbaues der Ableiter in der Hausinstallation — vor oder nach der Hauptsicherung. Im zweiten Falle ist bei einem Versagen des Ableiters unter Umständen mit Feuererscheinungen zu rechnen; auch können, wie wir gesehen haben, an den Zuleitungen zum Ableiter, sowie an der Erdleitung nicht unbedeutende Spannungen auftreten. In genullten Netzen wird man die nach der Hauptsicherung montierten Ableiter möglichst nahe bei der Hauptsicherung anbringen. Sie kommen dadurch in Estriche und Dachräume zu liegen, die, falls sie nicht entrümpt sind, als mehr oder weniger feuergefährliche Räume angesprochen werden müssen. Es ist deshalb nur begreiflich, dass man bis heute bezüglich des sicherungsseitigen Einbaues von Ableitern etwas skeptisch gewesen ist, obschon heute Ableiter schweizerischer Provenienz erhältlich sind, in deren zuverlässiges Funktionieren man volles Vertrauen haben kann. Es sind uns aber bis heute keine Installationen bekannt geworden, bei denen Ableiter im Innern des Hauses untergebracht wurden, wogegen z. B. im Tessin einige Anlagen erstellt wurden, bei denen die Ableiter an der Hausfassade unmittelbar bei der Einführung der Anschlussleitung ins Gebäude angebracht worden sind. Aber auch hier liegen bis heute noch zu wenig Betriebserfahrungen vor, da besonders der Sommer 1940 ausserordentlich gewitterarm war.

## Ueber den Polizeifunk der Stadt Zürich.

Referat, gehalten an der Kurzvorträgeveranstaltung des SEV vom 21. Juni 1941 in Zürich.

Von A. Wertli, Baden.

621.396.9 : 351.74

*Die Forderungen, die das Polizeiinspektorat Zürich an ihre Funkanlage stellt, die Organisation des Polizeifunks, die grundsätzliche Durchbildung der Anlage und die Anwendungsmöglichkeit werden allgemein beschrieben.*

Im Zuge der ständig zunehmenden Ausdehnung der Stadt Zürich wurden die Polizeibehörden während der vergangenen Jahre wiederholt vor das Problem gestellt, die bestehenden Verbindungsmitte zu modernisieren. Bei Anlass der Landesausstellung lud das Polizeiinspektorat einige auf dem Hochfrequenzgebiet spezialisierte Firmen ein, Probeanlagen für die Funkverbindung zwischen der Meldezentrale der Polizei und aussenliegenden Punkten zu erstellen. Von besonderer Wichtigkeit war dabei die Forderung, dass auch fahrbare Stationen in ständigem Kontakt mit der zentralen Verkehrsleitstelle bleiben mussten.

Im weiteren Verlaufe der Landesausstellung hat es sich dann gezeigt, dass ein Gemeindewesen von der Grösse Zürichs mannigfache Bedürfnisse für eine Funkanlage aufweist. Waren es damals in erster Linie verkehrstechnische Probleme, so sind es heute solche kriminalistischer und morgen vielleicht solche militärischer Natur.

Die aussenpolitischen Geschehnisse im vergangenen Jahre bewogen dann den Stadtrat in weiser Voraussicht für die Stadt Zürich, eine moderne Funkanlage zu beschaffen, die nicht nur den gegenwärtigen, sondern auch zukünftigen Forderungen gewachsen ist. Im Frühjahr 1940 eröffneten die Behörden eine Projektkonkurrenz unter verschie-

denen Firmen, in deren Verlauf die A.-G. Brown, Boveri & Cie. mit der Lieferung der gesamten Funkeinrichtung betraut wurde.

Es ist im Rahmen dieses kurzen Referates nicht möglich, auf alle Details der sehr umfangreichen

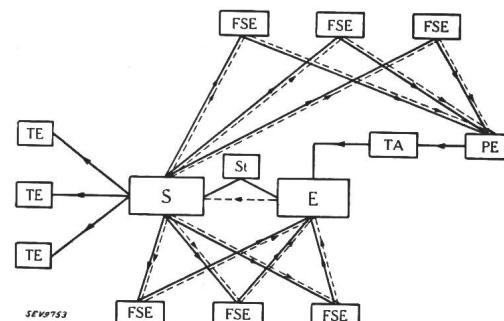


Fig. 1.

Schematische Darstellung eines modernen Polizeifunknetzes mit den Verbindungsmöglichkeiten.

S = Sender. E = Empfänger. TE = Tragbare Empfänger. PE = Peripherer Empfänger. FSE = Fahrbarer Sender und Empfänger. TA = Telephon-Amt. St = Steuerung.

Einrichtung einzutreten; es sei hier nur auf einige neuartige und typische Erzeugnisse der modernen Hochfrequenztechnik, die dabei ihre Anwendung finden, hingewiesen.

Wie Fig. 1 zeigt, gliedert sich die ganze Anlage in vier prinzipielle Gruppen, nämlich einen orts-