

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 34 (1943)
Heft: 6

Artikel: Erfahrungen mit Ueberspannungsschutzeinrichtungen in Netzen verschiedener Spannungen
Autor: Schiller, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061718>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

nicht bis zum Stangenfuss verlief, sondern nur bis etwa 80 cm über dem Erdreich, denn die Splitter des Stangenunterteils begannen erst auf dieser Höhe und hatten die Form eines umgestülpten Regenschirms; der Stangenkopf, der an den Drähten hing, zeigte hingegen das Gegenbild. In der nur 300 m von der Einschlagstelle gelegenen Unterstation war die Zerstörung eines Wurzableiters der einzige Schaden.

Die schwächsten Anlageteile waren die in den Netzen eingebauten Blitzschutzapparate. Sie waren recht primitiv, entsprachen aber dem damaligen Stand der Technik, hätten aber zweckmässigerweise einen andern Namen verdient, denn sie waren die hauptsächlichsten Störherde im Netz und die Sorgenkinder der Betriebsleiter.

Die eingebauten Blitzschutzapparate waren verschiedenster Art. Das Primitivste, das ich bei meinem Dienstantritt vorfand, waren die auf Stangen montierten und ohne Zwischenschaltung irgendeines Widerstandes an Erde gelegten Hörnerableiter. Im Kraftwerk und in der Haupt-Unterstation waren Grimoldiapparate montiert. Es waren dies Wurzableiter mit angebauten einfachen Drosselspulen, bestehend aus einigen Drahtwindungen. Sie waren unmittelbar hinter der Einführung in die Station eingebaut. In der Unterstation Monte Ceneri, die im Jahre 1919 neu erstellt wurde, waren pro Phase der beiden durchgehenden 25-kV-Hauptspeiseleitungen ungefähr 150 Wurzrollen eingebaut, die über zwei in Serie geschaltete Wasserwiderstände an Erde lagen. Bei Gewittern war es herrlich, wenn auch etwas lebensgefährlich, die 4...5 m lange Reihe von Wurzableitern zu beobachten. Vorteilhaft war ein eiliger Rückzug, denn sehr oft

kam es vor, dass alle Rollen plötzlich in der Schaltstation herumflogen.

In drei Unterstationen waren auf dem 25-kV-Netz noch Wasserstrahlerder eingebaut. In den Transformatorstationen befanden sich entweder Wurz- oder Hörnerableiter mit Wasserwiderständen.

Alle diese sogenannten Blitzschutzapparate, sei es auf dem 3,6-kV-, sei es auf dem 25-kV-Netz, gaben, wie schon erwähnt, sehr oft zu grösseren Störungen Anlass und wurden von uns vollständig entfernt, wodurch die Betriebsverhältnisse bedeutend verbessert werden konnten. Später bauten wir auf dem 25-kV-Netz Fünfhörnerableiter und einpolige Hörnerableiter mit Widerständen in Öl ein, deren Wert ebenfalls sehr fragwürdig war. Die besten Resultate ergab der im Jahre 1922 erfolgte Einbau einer Dissonanzlöschspule.

Im 3,6-kV-Netz kamen als Ersatz für die früher ausgebauten Hörnerableiter Kondensatoren zur Aufstellung, die sich auch nicht bewährten, jedoch den Vorteil hatten, dass sie bei eventuellem Defekt die Sicherung, mit der sie ans Netz geschaltet waren, zum Durchschmelzen brachten und so grössere und länger dauernde Störungen vermieden.

Nicht alle bei Gewittern vorgekommenen grossen Störungen waren einzig und allein auf die Blitzschutzapparate zurückzuführen, denn in vielen Fällen konnte durch Verbesserung der Erdung die Zahl der Störungen wesentlich reduziert werden. Die Erstellung einer guten Erdung ist im Tessin sehr oft ein Problem und meistens nur durch Verlegung von langen Bänderdern und Pfählen zu erreichen.

2. Erfahrungen mit Ueberspannungsschutzeinrichtungen in Netzen verschiedener Spannungen

Von H. Schiller, Baden

621.316.933

Auf Grund einer Umfrage, die der Autor bei den Betriebsleitungen von Netzen verschiedener Spannungen gemacht hat, und auf Grund eigener Erfahrungen, wird über die Erfahrungen mit modernen Ueberspannungsableitern berichtet. Es wird festgestellt, dass die Ableiter in den Netzen unter 50 kV im allgemeinen eine gute Schutzwirkung hatten, während das Ergebnis in den 50-kV-Anlagen nicht immer befriedigend war. Der Einfluss der Erdungscharakteristik wird hier besprochen.

L'auteur relate les expériences faites avec des parafoudres modernes, en se basant sur une enquête qu'il fit auprès des entreprises d'électricité exploitant des réseaux de différentes tensions et sur ses propres expériences. Il constate que ces appareils protègent en général efficacement les réseaux de moins de 50 kV, tandis que les résultats sont moins satisfaisants pour les tensions supérieures. Il discute également de l'influence de la caractéristique de mise à la terre.

Im folgenden sind einige Erfahrungen über die Auswirkung von Gewittern auf Netze verschiedener Spannungen und das Funktionieren der darin eingebauten Ueberspannungsableiter angeführt. Es wurden nur Ueberspannungsableiter moderner Bauart, d. h. solche mit spannungsabhängigen Widerständen in den Bereich dieser Untersuchungen einbezogen; ältere Typen wurden nicht berücksichtigt. Die angeführten Erfahrungen verstehen sich also im längsten Falle etwa von 1931 bis anfangs Juni 1942.

Es sei an dieser Stelle den Betriebsleitern der verschiedenen Werke, die ihre Erfahrungen in zu-

vorkommender Weise zur Verfügung stellten, der verbindlichste Dank ausgesprochen.

Die Anlagen setzen sich nach ihren Spannungen wie folgt zusammen:

- 3 Netze Niederspannung, maximal 220/380 V
- 1 Netz 4 kV
- 1 Netz 6 kV
- 2 Netze 8 kV
- 1 Netz 15 kV
- 1 Netz 25 kV
- 3 Netze 50 kV
- 1 Netz 60 kV
- 2 Netze 150 kV

In diesen Anlagen waren Ueberspannungsableiter von 6 verschiedenen Lieferanten eingebaut. Die Er-

fahrungen werden ganz allgemein, ohne Bezug auf die Lieferanten, gegeben und es können deshalb daraus keine Rückschlüsse über die Herkunft der Ableiter gezogen werden.

Mit Ausnahme von 4 befinden sich die obgenannten Anlagen in der Schweiz.

Moderne Ueberspannungsableiter wurden seit etwa 1931 eingebaut; die ersten Typen besaßen, entsprechend dem damaligen Stand der Technik, allerdings ein bescheidenes Ableitvermögen (750 A), was auch das häufige Versagen dieser früheren Typen erklärt.

Bevor Einzelheiten angeführt werden, sei summarisch das Ergebnis der Umfrage angeführt.

Von den eingebauten Ableitern sind in einzelnen Netzen ca. 10 % defekt geworden, und zwar wurden sie meistens vollständig zerstört.

Die Ableiter in den Netzen unter 50 kV haben im allgemeinen eine gute Schutzwirkung gezeitigt, während das Ergebnis derjenigen in den 50-kV-Netzen nicht befriedigend war.

Es sind in allen Netzen, trotz den eingebauten Ableitern, einige Ueberschläge in durch Ableiter geschützten Stationen vorgekommen, aber im Grossen und Ganzen sind die Anlagen unter 50 kV gut geschützt worden. Ob nun dieser Erfolg nur den Ueberspannungsableitern zugeschrieben werden darf, steht nicht eindeutig fest. Denn es ist zu berücksichtigen, dass in der Zeit nach 1931 im Zusammenhang mit dem Uebergang auf Normalspannung (220/380 V) viele Netze und Stationen umgebaut und besser isoliert wurden. Auch ist in einzelnen Netzen die Gewitterhäufigkeit unternormal gewesen, während sie in andern normal war. Es scheint, dass das laufende Jahr wieder eines mit übernormaler Gewitterhäufigkeit werden wolle, indem gerade in der vergangenen Woche (7.—14. Juni) sehr starke Gewitter stattgefunden haben.

Es steht also nicht ohne weiteres fest, wieviel des Erfolges auf Konto der besseren Isolation und wieviel auf die Ueberspannungsableiter zu buchen ist. Jedenfalls ist aber der Anteil der Ableiter daran doch beträchtlich, indem z. B. in einem Mittelspannungsnetz nicht viel an der Isolation geändert wurde und trotzdem mit den Ableitern gute Erfahrungen gemacht wurden. Ziemlich eindeutig ist der Erfolg in den Niederspannungsnetzen, wo man die Ableiter vornehmlich in gefährdeten Höfen und Häusern einbaute, ohne an deren Isolation etwas zu ändern.

Bevor die durch Ueberspannungsableiter geschützten Netze behandelt werden, seien einige Erfahrungen mit 150-kV-Anlagen, in welchen keine Ableiter eingebaut sind, angeführt.

Die betrachteten 150-kV-Stationen und -Leitungen besitzen, wie schon gesagt, keine Ueberspannungsableiter; trotzdem ist in ihnen kein einziger Ueberschlag vorgekommen, wohl aber sind solche auf den Leitungen aufgetreten. Die einzigen Ueberschläge in einer Station sind gewollt in einer Kopfstation an einer Schutzfunkenstrecke aufgetreten, die bei üblicher Isolation der Freileitung auf 240 kV eingestellt war, um einen

schwach isolierten Transformator älteren Datums von 220 kV Prüfspannung zu schützen. Interessant ist die Feststellung, dass diese Funkenstrecke mindestens einmal selbst gelöscht hat, ohne dass irgend-ein Schalter des Netzes auslöste.

Der Transformator selbst hat den atmosphärischen Ueberspannungen in der Kopfstation unter Vorschaltung der erwähnten Funkenstrecke gut standgehalten, indem er keine Schäden erlitt, die auf dieselben zurückzuführen waren. Immerhin sei Interesse halber beigelegt, dass ein grösserer Defekt an demselben infolge Versagens eines 150-kV-Schalters auftrat, weil nur zwei Pole öffneten und der dritte geschlossen blieb. So blieben die beiden Netzteile einphasig gekuppelt und fielen ausser Tritt, was zur Folge hatte, dass an den nicht gekuppelten Phasen unter den speziellen Verhältnissen Spannungen bis zu 240 kV gegen Erde auftraten, was zu einem Defekt am Transformator führte.

Auf einer Strecke einer 150-kV-Leitung mit schlechten Erdungsverhältnissen traten Ueberschläge auf, die verschwanden, als ein Bodenseil gelegt wurde.

Ueber die durch Ueberspannungsableiter geschützten Netze ist folgendes zu berichten:

In den Niederspannungsnetzen (220/380 V) schützten zwei Betriebsleiter die Anlagen der Abnehmer, in welchen häufig Ueberschläge vorkamen, dadurch, dass sie vor diesen Anlagen (Häuser, Gehöfte usw.) Ueberspannungsableiter einbauten. Dieses Vorgehen hatte, wie schon bemerkt, guten Erfolg.

Im dritten Netz baute der Betriebsleiter die Ableiter in den Leitungszug ein, um die Ueberspannungen dort abzufangen. Immerhin schaute er darauf, dass seine Ableiter möglichst gegen Häusergruppen zu liegen kamen. Er bemerkte, dass er durch dieses Vorgehen den Einbauort so wählen könne, dass er eine gute Erde finde. Auch hier war der Erfolg nach seinen Angaben gut.

Für die Netzspannungen über 220/380 V wurden die Ableiter in neuerer Zeit ohne Ausnahme in die zu schützende Station eingebaut. Wo nach früherer Ansicht dieselben noch im Leitungszug eingebaut waren, kamen in benachbarten Stationen dennoch Ueberschläge vor. *Die Betriebserfahrungen zeigen eindeutig, dass der Ableiter in die zu schützende Station gehört, da sein Schutzbereich beschränkt ist.* Als Beispiel sei erwähnt, dass 3 ca. 4 km auseinanderliegende Stationen erst Ruhe bekamen, als alle 3 Stationen mit Ableitern ausgerüstet waren. Der Versuch, nur die mittlere mit einem solchen zu versehen, schlug fehl. Ableiter im Leitungszug einzubauen, nützt nur etwas, wenn ein Teil eines Netzes geschützt werden soll, der ausserhalb einer Gewitterzone liegt, wie das Beispiel zeigt, wo ein Ableiter am Eingang eines gewitterarmen Tales sämtliche Stationen dieses Tales gegen die früher aufgetretenen Ueberschläge schützte.

Ein anderer Schutz gegen Gewitter-Ueberspannungen ist der Anschluss der Freileitungen an die

Stationen durch Kabel. Einige solcher Anschlüsse sind in den betrachteten Netzen vorhanden; sie wurden allerdings nicht wegen des Ueberspannungsschutzes, sondern aus andern konstruktiven Gründen angewendet. Die Kapazität der vorhandenen Kabel ist deshalb meist viel zu klein, um als Ueberspannungsschutz wirksam sein zu können.

Die Stationen mit Kabelanschlusslängen von 15...50 m hatten denn auch wiederholt Ueberschläge im Innern, bis vor dem Kabeleingang am Ende der Freileitungen Ueberspannungsableiter eingebaut wurden. Ein Ableiter einer solchen Installation wurde bei einer Ueberspannung zerstört, aber trotzdem kam es nicht zu einem Ueberschlag in der Station.

In einer anderen Unterstation sind die Kabelanschlüsse länger, bis ca. 100 m. In dieser Anlage sind keine Ueberschläge aufgetreten, trotzdem an der Uebergangsstelle des Kabels keine Ableiter eingebaut sind. Es sei bemerkt, dass diese Station in einer gitterreichen Gegend liegt.

Die rapportierenden Gesellschaften betreiben verschiedene Kraftwerke, bei denen die Generatoren von 6 und 8 kV Nennspannung ohne Zwischenschaltung von Transformatoren auf die Freileitungen arbeiten. Die Generatoren sind über kürzere oder längere Kabel (15...220 m) an die Sammelschienen angeschlossen. Von allen Sammelschienen gehen mehrere Leitungen ab, die nicht alle auf dem gleichen Gestänge verlegt sind, ein Umstand, der die Beanspruchung der Generatoren durch Ueberspannungen vermindert. Trotzdem traten in allen betrachteten Kraftwerken (es sind deren 3) zu wiederholten Malen Generatordefekte auf.

Ganz besonders sei darauf aufmerksam gemacht, dass auch in einem Kraftwerk, wo Generatoren von 8800 kVA und 8000 V über die 220 m langen Kabel an die Sammelschienen angeschlossen wurden, mehrere Defekte an den Generatoren auftraten, wovon einer an einer Maschine, die erst zwei Jahre vor dem Defekt mit einer ganz neuen Wicklung versehen worden war. Der Vorfall zeigt, dass also auch längere Kabel unter Umständen keinen hinreichenden Schutz gegen Ueberspannungen geben. In den meisten Fällen müsste wohl, wenn es sich nicht um grosse zu übertragende Generatorenleistungen handelt, um einen wirksamen Schutz zu erhalten, bedeutend mehr Kabellänge verlegt werden, als dies dem blossen Abstand der Generatoren von den Sammelschienen entsprechen würde.

Erwähnt sei auch noch, dass in den beiden Kraftwerken mit den kürzeren Kabelverbindungen (15...30 m) Ueberspannungsableiter moderner Bauart, aber z. T. früherer Konstruktion sowie Kondensatoren älterer Bauart vorhanden waren, die keinen genügenden Schutz gewährten.

Aus diesen Erfahrungen heraus wurden in den genannten Werken Schutztransformatoren eingebaut, mit denen die Generatoren metallisch von den Freileitungen getrennt wurden. Die Erfahrung hat gelehrt, dass dies immer noch der beste Schutz für die Generatoren ist, besonders solcher älterer Kon-

struktion. Ob die neueste oder künftige Entwicklung der Ueberspannungsableiter einen zuverlässigen Schutz für direkt auf die Netze arbeitende Generatoren bieten kann, sei dahingestellt. Eine wichtige Rolle spielt dabei natürlich auch die Qualität der Isolation der Generatorwicklung, eventuell auch die Höhe der Generatorspannung.

Es sei noch auf die Erfahrungen in einem 15-kV-Netz hingewiesen, wo neben spannungsabhängigen Ableitern in neuerer Zeit auch Löschrohre in ausgedehnter Masse mit ungefähr gleichem Erfolg verwendet werden wie die erstgenannten Ableiter. Der Prozentsatz der Zerstörungen dieser Löschrohre beträgt ca. 10 % in drei Jahren.

Es seien noch einige interessante Blitzschläge angeführt, die ich nicht selbst erlebt habe, die ich aber aus einwandfreier Quelle vernommen habe.

Ein Steinbruch auf einem Berge ist mit einer Luftseilbahn mit dem Tal verbunden; oben schlug der Blitz in ein Seil, worauf eine feurige Kugel längs desselben zu Tale fuhr und bei Ankunft in der Talstation mit lautem Knall explodierte. Am Seil sei nicht die geringste Spur zu sehen gewesen, aber im Moment des Knalles sind in einem benachbarten Kraftwerk, das aus Gleichstromgeneratoren eine Bahn speist, an den genannten Generatoren sämtliche Kollektorfahnen ausgelötet worden.

Ein Bauer war daran, im Stall eine Kuh zu melken, als diese vom Blitz getroffen und getötet wurde, während der Melker ohne Schaden davon kam.

Ein Blitz schlug in einen Weinberg; es wurde beobachtet, wie der Strom sich über die Drähte, an welchen die Reben befestigt waren, ausbreitete und vermutlich über die Wasserleitungen in die Häuser gelangte, wo er über die Kamine wieder herausgekommen sein soll. Gleichzeitig fand ein Ueberschlag in einem benachbarten Werk statt.

Drei Radfahrer fuhren hintereinander auf einer Landstrasse; der mittlere wurde vom Blitz erschlagen, während die beiden andern heil davon kamen.

Aus zwei der angeführten Blitzschläge kann ersehen werden, dass von nahe beieinander befindlichen Personen oder Lebewesen das eine getroffen wird, während dem andern nichts passiert. Die Blitzschläge können also sehr stark lokalisiert sein. Praktisch heisst das für uns, dass z. B. von zwei nahe beieinander liegenden Leitungen die eine vom Blitz getroffen werden kann, während die andere verschont bleibt, Fälle, die auch schon einwandfrei festgestellt wurden.

Nach dieser Abschweifung seien noch einige weitere Fälle interessanter Erfahrungen mit Ueberspannungsableitern angeführt.

In einem Niederspannungsnetz wurden u. a. zwei Häuser, die im Tal ca. 80 m auseinander liegen, von einer Transformatorenstation, die auf einem Hügel steht, gespeist. Die Niederspannungs-Speiseleitung kreuzt auf dem Weg ins Tal eine 80- und eine 50-kV-Leitung. In einem Haus fanden nie Ueberschläge statt, während das andere stark von solchen heimgesucht wurde. Es wurde ein Ueberspannungsableiter vor dem Hause und einer in demselben montiert, aber ohne Erfolg. Erst als das fragliche Haus von einer Transformatorenstation im Tal über einen Kabelanschluss versorgt wurde, verschwanden die Ueberschläge im Gebäude.

Interessant ist auch die Erscheinung, dass im gleichen Netz an anderer Stelle bei der Versor-

gung einiger Häuser mit Niederspannung ein ruhiger Betrieb herrschte, solange nur einphasig gespeist wurde. Von dem Moment an, wo jedoch einige Häuser einen 3-Phasen-Anschluss verlangten, fanden in demselben Ueberschläge statt. Dabei ist der Nulleiter zu oberst am Stangenbild angebracht; es kann also diese Erscheinung nicht darauf zurückgeführt werden, dass etwa eine weitere Phase, die als oberster Leiter an der Stange besonderen Störungen ausgesetzt ist, in die Häuser eingeführt wurde.

Nach Aussagen des Betriebsleiters finden ca. 90 Prozent der Störungen in seinem Niederspannungsnetz an Heisswasserspeichern und Küchen statt. Bei den Küchen hat er, weil die Erdungsverhältnisse im allgemeinen schlecht sind, Berührungsschutz-Schalter eingebaut. Möglicherweise liegt die Erklärung der Ueberschläge in diesen Häusern in der Installation von Küchen oder Heisswasserspeichern, womit schwache Punkte geschaffen wurden.

In einem 4-kV-Netz überwindet eine Speiseleitung eine Höhe von ca. 650 m zur Speisung einer Transformatorstation und steigt dann wieder ungefähr auf das Ausgangsniveau herunter zu einer Endstation. Hauptsächlich die obere Station war häufigen Ueberschlägen ausgesetzt, weshalb frühe 750-A-Ableiter eingebaut wurden. Bei zwei Gewittern sollen diese gut gewirkt haben, beim dritten explodierten sie. Es wurden nun 1500-A-Ableiter eingebaut. Diese hielten länger und wirkten besser; hie und da gingen noch die Sicherungen des Transformators durch. Zuletzt wurden aber auch diese Ableiter defekt und wurden durch den 2500-A-Typ ersetzt. Es schmolzen auch jetzt noch hie und da die Transformatoren-Sicherungen, aber die Ableiter blieben intakt. Als dann in der Tal-Endstation auch noch Ueberspannungsableiter eingebaut wurden, verschwanden diese letzten Sicherungsdefekte.

Es seien noch einige interessante Störungen aus den 50-kV-Netzen angeführt:

Von einer Holzstangenleitung, die längs eines Tales verläuft, zweigt eine Gittermastenleitung quer durch das Tal ab. Die Gittermastenleitung ist mit zwei Erdseilen versehen, weil sie eine starke Gewitterzone durchläuft, während die Holzmastenleitung ohne Erdseil ist. An die Gittermastenleitung ist etwa in der Mitte der Taldurchquerung eine Transformatorstation angeschlossen, die durch Ueberspannungsableiter geschützt ist. Es erfolgte nun aller Wahrscheinlichkeit nach ein Blitzschlag in die Leitung in der Nähe des Abzweigmastes. Am Abzweigmast überschlug eine Phase, die beiden andern in der erwähnten Station an zwei verschiedenen Apparaten. Die Ableiter hatten nicht angesprochen. Darauf wurde die Kugelfunkstrecke der Ableiter anders eingestellt mit dem Erfolg, dass bei einem kürzlichen, ähnlichen Blitzschlag, bei dem 15 Holzstangen beschädigt wurden, die Ableiter angesprochen haben, ohne dass ein Ueberschlag in der Station auftrat. Das Vorkommnis zeigt, wie wichtig es ist, dass die Ab-

leiter richtig den jeweiligen Verhältnissen angepasst werden.

In einer 50-kV-Station, in welcher alte Oelschalter mit einem veralteten Typ von Durchführungen eingebaut sind, fanden bei Gewittern häufig Ueberschläge statt. Der Einbau von Ableitern vor der Station brachte diese Ueberschläge zum Verschwinden. Bei einem kürzlichen Gewitter fanden dann zum ersten Male Ueberschläge an den Gebäude-Einführungen der Anlage statt. Diese dürften ihre Erklärung darin finden, dass ein ausserordentlich heftiger Platzregen gegen die genannten Einführungen peitschte, welcher die Ueberschlagsspannung der Einführungsisolatoren wahrscheinlich soweit herabsetzte, dass die Ableiter versagten.

In einer andern 50-kV-Station explodierte ein 50-kV-Ueberspannungsableiter, ohne dass ein Gewitter stattgefunden hätte. Es trat aber zu der Zeit ein Erdschluss im Netz auf, von dem angenommen wird, dass er möglicherweise intermittierend war. In der gleichen Station fand trotz der eingebauten Ableiter ein Ueberschlag an einem modernen Oelschalter statt; auch kam es zu einem Ueberschlag an der Nullpunktsklemme eines Transformators.

Es sei noch auf zwei Mittel aufmerksam gemacht, die Auswirkung von Ueberspannungen herabzusetzen. In einer 50-kV-Station wurde eine 50-kV-Leitung dauernd eingeschaltet gelassen, auch wenn sie nicht im Betrieb war. Dadurch wurde die fragliche Station von einer Kopf- zu einer Durchgangstation und die Ueberschläge wurden beinahe auf Null reduziert.

In einem andern Netz werden die Relais der Oelschalter so kurz wie möglich eingestellt mit dem Erfolg, dass bei eventuellen Ueberschlägen die Schäden ganz beträchtlich reduziert werden.

Ein Betriebsleiter machte mir die Bemerkung, dass er in Stationen mit schlechter Erdung weniger Ueberschläge habe als in solchen mit guter Erde. Diese Erscheinung mag ihre Erklärung darin finden, dass z. B. eine Installation mit sehr grossem Erdwiderstand einer starken Isolation gegen Erde nahekommt und somit Ueberschläge seltener stattfinden.

Es gibt Gebiete, wo ein guter Erdwiderstand nur mit sehr grossem Aufwand zu erreichen ist. So haben Betriebsleiter gesagt, dass sie Verteil-Transformatorstationen in ihren Netzen mit 300 und mehr Ohm Erdwiderstand in Betrieb hatten, wo eine weitere Senkung nur mit nicht zu rechtfertigenden grossen Kosten zu erreichen wäre.

In solchen Stationen ist mit den Ableitern in ihrer gewöhnlichen Anschlussart kein Schutz zu erreichen. Diese Anschlussart besteht darin, dass die Erdverbindung der Ableiter nach der Verordnung für Starkstromanlagen (1933) ausserhalb des Gebäudes beim Eintritt in die Erde mit der Schutz-erde verbunden wird. Um einen besseren Schutz zu erhalten, müssten wir die Ableiter-Erde auf dem kürzesten Wege mit der Schutz-erde verbinden, also

schon lange vor dem Austritt aus der Station, was den heutigen Vorschriften zuwiderläuft. Dennoch dürfte es der einzige Weg sein, unter schlechten Erdungsverhältnissen eine bessere Wirkung der Ableiter zu erhalten; die Begründung geht aus folgender Ueberlegung hervor:

Der Zweck der Ableiter ist, bei Auftreten einer Ueberspannung die Potentialdifferenz zwischen Kopf und Fuss eines Isolators so weit zu senken, dass kein Ueberschlag auftritt. Dies kann nun auf zwei Arten erreicht werden:

1. Wir senken die auftreffende Ueberspannungswelle durch Ableiter nach der Erde so weit ab, dass ein Ueberschlag vermieden wird (der gewöhnliche Fall mit guter Erde).

2. Wir heben das Potential des Fusses so weit, dass kein Ueberschlag eintritt.

Der zweite Fall ist derjenige, der angewendet werden muss bei einer Anlage mit schlechten Erdungsverhältnissen. Dies verlangt aber, dass die Ableiter auf möglichst kurzem Wege innerhalb der Station mit der Schutzterde verbunden werden.

Dies bedingt eine entsprechende Aenderung der Starkstromverordnung aus dem Jahre 1933, die meines Erachtens ohne weiteres verantwortet werden kann. Denn dadurch werden die Verhältnisse in bezug auf die Wirkung der Schutzterde auf keinen Fall schlechter als die, welche bei einem Ueberschlag über einen Isolator in einer Anlage ohnehin auftreten.

3. Betriebserfahrungen mit 50-kV-Ueberspannungsableitern

Von A. Kraft, Siebnen

621.316.933

Das Maschinenhaus Rempen der A.-G. Kraftwerk Wäggitäl ist eine Kopfstation. Es traten dort wiederholt Ueberschläge gegen Erde auf. Man baute daher im Frühjahr 1941 Ueberspannungsableiter mit spannungsabhängigem Widerstand ein. Jede der 4 Ableitergruppen hatte je einmal angesprochen. Im Sommer 1942 sprachen zwei Ableitergruppen zusammen 9mal an, die beiden andern nicht; Defekte traten keine auf. Die Betriebsdauer der Ableiter ist für ein abschliessendes Urteil noch zu kurz.

L'usine de Rempen de la S. A. des Forces Motrices du Wäggitäl est une station de tête, dans laquelle ont eu lieu à plusieurs reprises des mises à la terre accidentelles. Au printemps 1941, des parafoudres à résistance de la tension y furent installés. Chacun des 4 groupes de parafoudres avait fonctionné une fois. En été 1942, deux de ces groupes fonctionnèrent neuf fois ensemble, sans qu'il se produise d'avaries. La durée de service de ces parafoudres est toutefois trop courte pour que l'on puisse en tirer des conclusions définitives.

Das Kraftwerk Wäggitäl¹⁾ ist zweistufig ausgebaut. Das Maschinenhaus der oberen Stufe, Rempen, enthält vier Drehstrom-Generatorgruppen und vier Motor-Pumpengruppen. Je ein Generator und ein Motor sind über einen 8,8/50-kV-Transformator und eine ca. 4 km lange 50-kV-Freileitung an die Sammelschiene im Schalthaus Siebnen angeschlossen.

Das Maschinenhaus Rempen ist somit eine typische Kopfstation. Bei Gewittern traten in der Schaltanlage fast jedes Jahr Ueberschläge gegen Erde auf, entweder an den isolierten Nullpunkt-klemmen der Transformatoren, an den Einführungen der Oelschalter oder an einem offenen Trenner mit knapper Erddistanz. In einem Falle kam es sogar zu einem dreiphasigen Kurzschluss zwischen den Zuleitungen zu den Transformatorklemmen. Die Ueberschlagstellen sind in Fig. 2 durch Blitzpeile bezeichnet.

Gute Erfahrungen, welche mit 8-kV-Ueberspannungsableitern gemacht worden waren, legten es nahe, den erwähnten Störungen in der 50-kV-Schaltanlage Rempen durch den Einbau von Schutzrichtungen gegen Ueberspannungen zu begegnen. Die Werkleitung prüfte deshalb im Herbst 1940 diese Frage näher.

Es kamen folgende Lösungen in Betracht: Verwendung von Röhrenableitern, Einbau von Ueberspannungsableitern mit Widerständen oder die Kombination der beiden Apparate als Grob- und Feinschutz.

Trotz des relativ niedrigen Preises, ca. ein Viertel desjenigen für Ueberspannungsableiter mit Wi-

derständen und der grösseren Betriebssicherheit der Röhrenableiter, infolge robusterer Konstruktion, wurde auf die Verwendung dieser Apparate verzichtet, weil jedes zweipolige Ansprechen derselben zu einem Kurzschluss führt. Dies ist in unmittelbarer Nähe der Generatoren unerwünscht. Die dritte Variante hätte den Vorteil gehabt, dass ein Grob- und Feinschutz vorhanden gewesen wäre. Diese Lösung musste aber der hohen Kosten wegen, welche sie verursacht hätte, fallen gelassen werden. Man entschloss sich deshalb, Ueberspannungsableiter mit Widerständen einzubauen (Fig. 1).

Die Ueberspannungsableiter wurden für folgende Daten bemessen:

Nennspannung	50 kV
Löschspannung (maximal zulässige Spannung)	60 kV
Frequenz	50 Per./s
Ansprechspannung (Scheitelwert) bei 50 Per./s	120 $\sqrt{2}$ kV
50-%-Ansprechspannung (Scheitelwert)	122 $\sqrt{2}$ kV
Ableitvermögen nach den SEV-Leitsätzen	2500 A bei 25 μ s Halbwertdauer
Restspannung (Scheitelwert) bei 2500 A Ableiterstrom	122 $\sqrt{2}$ kV

Die Werte der Ansprechspannung und der Restspannung wurden mit einer Toleranz von $\pm 10\%$ angegeben. Die Apparate waren nach den SEV-Leitsätzen zu prüfen. Besondere Garantien wurden verlangt hinsichtlich Qualität der Widerstandsblöcke und deren Fähigkeit, wiederholt grosse Ströme ableiten zu können, ohne Schaden zu nehmen.

Es wurde ein Ueberspannungsableiter durch die FKH geprüft. Er hat den Leitsätzen des SEV für

¹⁾ Bull. SEV 1932, Nr. 2, S. 25.