

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 70 (1952)
Heft: 47

Artikel: Der kathodische Schutz eingegrabener Anlagen
Autor: Bourquin, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-59713>

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: 30.03.2025

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

Der kathodische Schutz eingegrabener Anlagen

Von Dipl. El.-Ing. H. BOURQUIN, Küssnacht ZH

Einleitung

Schon im Sommer 1931 hatte die Kontrollstelle der Schweizerischen Korrosionskommission, der der Verfasser von 1930 bis 1947 vorstand, eine Reihe von Versuchen über die elektrolytische Korrosion von in Erde verlegten, metallenen Objekten zu dem Zweck unternommen, die Art und Weise eingehend zu untersuchen, wie sich die vagabundierenden Ströme der Strassen- und übrigen Gleichstrombahnen auf die im Erdboden befindlichen Rohr- und Kabelleitungen auswirken. Im Laufe der folgenden Jahre wurden diese Versuche systematisch fortgesetzt und ergänzt, bei periodischer Berichterstattung an die Korrosionskommission. Im Sommer 1941 konnte ihr ein ausführlicher Gesamtbericht über die bisherigen Versuche vorgelegt werden. Obwohl die Bekanntmachung dieses Berichtes für breitere Interessentenkreise damals grundsätzlich beschlossen worden war, unterblieb bis heute seine Veröffentlichung. Abgesehen von den summarischen Angaben über den jeweiligen Stand der Versuche in den Jahresberichten der Korrosionskommission, die jeweils im «Bulletin des Schweiz. Elektrotechnischen Vereins» wie auch im «Monatsbulletin des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern» erschienen, erfolgte lediglich die Publikation eines Aufsatzes über ein Teilgebiet der untersuchten Materie unter dem Titel «Versuche über die elektrolytische Korrosion von in Erde verlegten, metallenen Objekten unter konstanter Gleichspannung in Zürich und in Neuhausen.» («Bulletin SEV» 1939. Nr. 25.)

Diese, wie auch die zahlreichen vorhergehenden Versuche, namentlich diejenigen unter konstanter Stromstärke, hatten die damals als nebensächlich betrachtete Tatsache hervorgebracht, dass die Kathoden gegenüber den stark korrodierten Anoden nicht nur praktisch intakt geblieben waren, sondern wesentlich besser aussahen als stromlose Objekte gleicher Art, welche unter gleichen Bedingungen in Erde verlegt waren.¹⁾ Diese bemerkenswerte Feststellung wurde etwa zehn Jahre später in einer Arbeit von René de Brouwer, Obering. der belgischen Gasgesellschaft «Distrigaz» in Brüssel, betitelt «Protection cathodique des canalisations souterraines» erneut hervorgehoben, und zwar durch eigene Versuche erhärtet, die mit den unsrigen in jeder Hinsicht übereinstimmen. Die Versuche in Belgien haben beispielsweise gezeigt, dass blank geschmirgelte Eisenrohre, die in Erde eingegraben worden waren, nach einigen Jahren durch chemische Korrosion vollständig zerfressen, während die identischen Vergleichsobjekte, die mit dem negativen Pol einer geerdeten Stromquelle in Verbindung gestanden hatten, vollkommen intakt und ohne jegliche Oxydation geblieben waren.

Es kommt nicht von ungefähr, dass die Erfahrungen auf dem Gebiete des kathodischen Schutzes, wenn nicht zuerst und ausschliesslich, so doch schon früh, grösstenteils und systematisch in Belgien gesammelt und verwertet wurden. Die Gesellschaft «Distrigaz» begann nämlich 1930 mit der Verlegung von grossen Stahlleitungen (meistens von 500 Millimeter Ø) für den Gasferntransport, die sie ursprünglich mit sorgfältigen Schutzumhüllungen und zahlreichen Isolierstössen versah, um die Gefahr der elektrolytischen Korrosion durch vagabundierende Ströme möglichst abzuschwächen. Leider erwies sich diese Technik als völlig unzureichend, so dass vielerorts Gasleitungen in kurzer Zeit stark beschädigt wurden, und zwar auch dort, wo die Geleise- und Speiseanlagen der elektrischen Strassen- und Ueberlandbahnen nicht besonders verbesserungsbedürftig waren. Deshalb nahm man Zuflucht zur elektrischen Drainage, die von 1934 an systematisch Anwendung fand. Gleichzeitig setzte eine immer enger werdende Zusammenarbeit zwischen «Störer» und «Gestörten», d. h. zwischen den Inhabern der streuenden Bahnen und den Besitzern der bedrohten Anlagen ein, und dieses gemeinsame Vorgehen erwies sich als sehr fruchtbar. Neben der bereits erwähnten Tatsache, dass Versuchsobjekte

aus Eisen vor Korrosion restlos verschont bleiben, sofern sie gegenüber dem Erdmedium elektronegativer gehalten werden (ein Experiment, das ebenfalls auf Bleikabelabschnitte mit dem selben Erfolg ausgedehnt wurde), hat man ausserdem bei bestehenden Anlagen festgestellt, dass der Uebergangswiderstand der Leitungen gegen Erde in den kathodischen Zonen (im Falle von Bahnbeeinflussung dort, wo die Streuströme in die Leitungen eindringen, also im sog. «Einzugsgebiet») hoch und die Schutzumhüllung wirksam geblieben, in den anodischen Zonen dagegen, wo die Korrosionsschäden auftraten, bedenklich gesunken war. Es trat also namentlich bei der Anwendung der elektrischen Drainage an kathodisch geschützten Objekten zweierlei hervor: die Immunität des Metalles und die dauernde Wirksamkeit seiner Schutzhülle. Seit 1937 ergänzte das Unternehmen «Distrigaz» die einfache elektrische Drainage durch Anwendung der «Soutirage» (erzwungene Drainage) und dehnte die bisherige Technik über das Gebiet der elektrischen Bahnen hinaus auf sämtliche Anlagen aus, die durch die Aggressivität des umliegenden Mediums irgendwie gefährdet sind. Seither hat man im «kathodischen Schutz» ein bewährtes Mittel gegen Korrosionen aller Art gefunden.

A. Das Prinzip des kathodischen Schutzes

Die Erfahrung hat gezeigt, dass metallene Anlagen in Kontakt mit dem Erdboden, wie z. B. unterirdische Rohrleitungen aus Stahl oder Gusseisen, Bleikabel, usw. der Korrosion entzogen werden, wenn sie gegenüber dem umliegenden Medium hinreichend elektronegativer sind. Theoretisch wurde diese bemerkenswerte Tatsache ebenfalls von einem Belgier, Prof. J. N. Pourbaix, gründlich untersucht, der an Hand systematischer Laboratoriumsversuche «Korrosionsdiagramme» aufstellen konnte, die das Verhalten der üblichen Schwermetalle (Fe, Pb, Cu) veranschaulichen. Ein in wässrige Lösung getauchtes Metall zerfällt sich im allgemeinen mehr oder weniger schnell durch Oxydation oder sonstige Reaktionen, je nach der Zusammensetzung der Lösung. Die chemischen Reaktionen sind aber thermodynamisch nur unter bestimmten Bedingungen möglich, wobei das Potential des Metalles eine ausschlaggebende Rolle spielt. Trägt man als Abszissen den pH -Wert des Elektrolyten (negativer Logarithmus der betreffenden Wasserstoff-Ionenkonzentration) und als Ordinaten das elektrische Gleichpotential U auf, so erhält man nach Pourbaix das Korrosionsdiagramm des Systems, das in Bild 1 beispielsweise für den Fall Eisen/Wasser gilt. Aus ihm sind folgende Gebiete zu unterscheiden: «Korrosion» (durch Schraffur gekennzeichnet), «Passivität» und «Passivierung», wovon die beiden letztgenannten die Zonen umschreiben, in denen überhaupt keine Korrosion entsteht. Allerdings ist man in der Praxis auf die «Passivität» allein angewiesen, bei der das blanke Eisen sich wie ein Edelmetall benimmt, während seine Immunität in der «Passivierungs»-Zone auf der Anwesenheit eines absolut dichten Oxydüberzugs beruht, der aber leicht abbröckeln und daher keine Garantie für einen einwandfreien Schutz bieten kann²⁾.

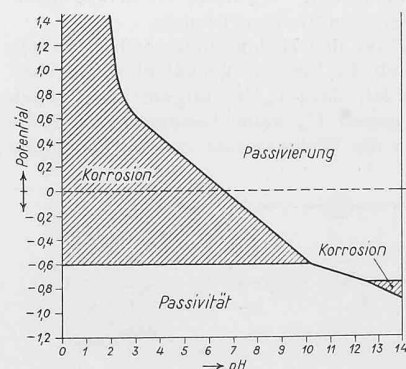


Bild 1. Korrosionsdiagramm für das System Eisen-Wasser (nach Pourbaix)

²⁾ Näheres über diese elektrochemischen Vorgänge siehe: Dr. Hans Schmid, Wien: «Grundlagen der Elektroprotektion» in «Oesterreichische Zeitschrift für Telegraphen-, Telefon-, Funk- und Fernstechnik» von Sept./Okt. 1950, oder die Originalpublikationen von R. de Brouwer, darunter «Protection cathodique des canalisations souterraines» (Bruxelles 1947), und von J. N. Pourbaix: «Thermodynamique des solutions aqueuses diluées».

¹⁾ Dies gilt allerdings nur für die Schwermetalle, während Aluminium und seine Legierungen an der Kathode ebenso stark, ja u. U. noch stärker korrodieren als an der Anode, weil sie sowohl im alkalischen als auch im sauren Medium chemisch angegriffen werden.

Wichtig ist die Tatsache, dass bei allen vorkommenden Erdmedien (deren pH -Wert praktisch zwischen 4 und 10 liegt) eine aus Eisen oder Stahl bestehende Anlage der Korrosion entzogen ist, sobald ihr Potential gegen Erde (über eine Wasserstoffelektrode gemessen) unter $-0,6$ V sinkt. Für das ähnlich verlaufende Diagramm Blei/Wasser ist diese Schutzwirkung schon bei $-0,3$ V erreicht. In der Praxis eignet sich aber beispielsweise eine unpolarisierbare Kupfersulfatelektrode für Potentialmessungen besser als die im Laboratorium verwendete Wasserstoffelektrode. Dementsprechend gilt die Struktur als sicher immun gegen jegliche Art von Korrosion, wenn ihr Schutzpotential, bezogen auf eine auf der Erdoberfläche gesteckte CuSO_4 -Sonde, dauernd mindestens $-0,85$ V bei Fe-Objekten und $-0,55$ V bei Pb-Objekten beträgt. Unsere Korrosionsversuche aus den Jahren 1931 bis 1941 haben allerdings gezeigt, dass bei den damals gewählten Spannungen von einigen Volt bis $0,2$ V hinunter zwischen Anode und Kathode auch die Kathode eine gewisse Einbusse erleidet, die aber im Vergleich zu der anodischen Korrosion oder sogar zum natürlichen Angriff der stromlosen Vergleichsobjekte so verschwindend klein ausfällt, dass der kathodische Schutz praktisch als absolut wirksam betrachtet werden darf. Der kathodische Schutz eignet sich somit nicht nur als spezifische Gegenmassnahme bei der Elektrolyse, wo es sich darum handelt, die vagabundierenden Gleichströme in bestimmte Bahnen zu lenken, damit sie die unterirdischen Rohr- und Kabelleitungen nicht elektrolytisch angreifen können, sondern ganz allgemein auch bei den noch viel häufigeren Fällen chemischer oder galvanischer Korrosion, wo es gilt, die gefährdete Anlage elektrisch derart zu beeinflussen, dass ihr Potential dauernd negativ und sie selber störungsfrei bleibt.

B. Praktische Verwirklichung des kathodischen Schutzes

Bild 2 zeigt das Schema eines kathodisch geschützten Objektes. Der von einer Batterie B (oder von einem Gleichrichter) gelieferte Strom i erzeugt zwischen Anode und Kathode einen Gesamtspannungsabfall U (messbar durch das Voltmeter V), der sich aus drei Teilen zusammensetzt:

$$(1) \quad U = i(R_a + R_e + R_k) = U_a + U_e + U_k$$

Hierin sind R_a der Erdübergangswiderstand der Anode, R_k der Erdübergangswiderstand der Kathode und R_e der Ohmsche Widerstand der Strombahn im Erdboden von der Anode zur Kathode. U_a und U_k geben somit das Potential der Anode bzw. der Kathode gegen das umliegende Erdmedium an, während U_e den Spannungsabfall im Erdboden bezeichnet. Aus (1) lässt sich folgende Beziehung ableiten:

$$(2) \quad U_k = \frac{U - U_e}{1 + \frac{R_a}{R_k}}$$

Daraus geht hervor, dass U_k um so grösser ausfällt, je kleiner U_e und das Verhältnis R_a/R_k sind. Mit andern Worten, das Potential der Kathode gegen Erde, auf welches es beim kathodischen Schutz ankommt, ist um so tiefer, je geringer der Spannungsabfall im Erdboden und an der Anode, und je höher er an der Kathode ist, d. h. je kleiner der Ohmsche Widerstand der Erdstrombahn und der Erdübergangswiderstand der Anode einerseits, und je grösser der Erdübergangswiderstand der Kathode andererseits ausfallen. U_k kann natürlich höchstens den Wert der Batteriespannung erreichen.

Abgesehen vom Einfluss des Erdmediums selbst, dessen variabler Widerstand durch die lokalen Verhältnisse gegeben und gewöhnlich so klein ist, dass U_e im allgemeinen gegen U_k und meistens sogar gegen U_a keine nennenswerte Rolle spielt, so sieht man, dass die Wirksamkeit des kathodischen

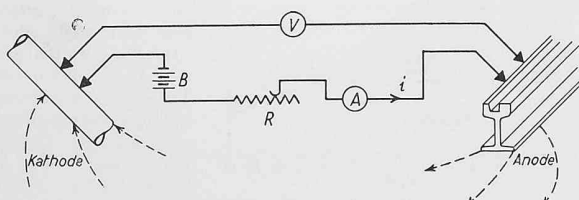


Bild 2. Der Stromkreis beim kathodischen Schutz

Schutzes in erster Linie durch eine relativ gute «Isolation» der Kathode und durch einen möglichst geringen Erdübergangswiderstand der Anode bedingt ist.

Das Potential U_k gilt bei dieser Betrachtung für eine lokal begrenzte Kathode. Handelt es sich aber um eine längere Leitung, so nimmt selbstverständlich U_k mit der Entfernung ab, und zwar um so rascher, je schwächer die Leitungsisolation ist. Will man daher die Gesamtanlage kathodisch schützen, so muss man die Speisung in angemessenen Abständen mit Gleichstrom verstärken, damit das Potential U_k nirgends über die negative Schutzgrenze $-U_g$ steigen kann, die für die Immunität des betreffenden Metalles massgebend ist.

Hat man es dagegen mit dem Streufeld einer elektrischen Gleichstrombahn zu tun, so kann man den kathodischen Schutz der von der Bahn beeinflussten Leitungen ohne fremde Hilfsstromquelle dadurch bewirken, dass man diese Leitungen mit dem Geleise an einem stets negativen Punkt desselben metallisch verbindet. Erfolgt beispielsweise die Speisung der Bahn mit dem positiven Pol am Fahrdrat und dem negativen Pol am Geleise, so weist dieses unmittelbar bei der Speisestation das tiefste Potential auf. Die metallische Verbindung macht die zu schützende Leitung am Verbindungspunkt ebenfalls am stärksten negativ. Von hier aus steigt ihr Potential mit der Entfernung allmählich wieder an. Diese Art der Potentialbeeinflussung nennt man «elektrische Drainage».

Die Verbindung Leitung/Geleise braucht nicht unbedingt am Punkt mit dem tiefsten Potential zu liegen, sondern kann auch anderswo erfolgen. Dann aber ist darauf zu achten, dass das Geleisepotential je nach dem Standort der verkehrenden Tramwagen oder Züge u. U. zeitweise auch positiv gegen Erde werden wird. Alsdann muss eine Sperrzelle (z. B. Selen-Einweggleichrichter) in die Drainage-Verbindung eingebaut werden, damit nur der abzuführende Strom fließen und kein Strom von aussen her in die Leitung eindringen kann. Während dieser Sperrzeit treten aber gleichwohl ausserhalb der Drainage-Verbindung Streuströme über das feuchte Erdmedium in die Leitung ein, die sie irgendwo wieder verlassen müssen und dadurch elektrolytische Korrosionen verursachen können. Deshalb sind in allen Fällen, in denen das Verhältnis dieser passiven zu den aktiven Betriebsperioden nicht mehr vernachlässigbar ist, d. h. wo der Drainage-Stromkreis verhältnismässig lang unterbrochen bleibt, die bisherigen Elemente der Drainage durch eine zusätzliche Stromquelle zu ergänzen, die dafür sorgt, dass das Potential der Leitung zwangsweise negativ, die Leitung selber also kathodisch gehalten wird. In den internationalen Kreisen hat man für diese Art der Potentialsenkung den Ausdruck «elektrische Soutirage» geprägt; man spricht auch von «erzwungener Drainage» («drainage forcée»), wodurch dieser eigentliche Stromentzug richtig charakterisiert ist.

Die Kombination der Drainage und der Soutirage ermöglicht es, eine im Einflussbereich einer Gleichstrombahn befindliche Rohr- oder Kabelleitung derart elektrisch zu beeinflussen, dass ihr Potential gegen Erde auf ihrer ganzen Länge dauernd genügend tief gehalten wird, so dass $U_k \geq U_g$ (absolut) und damit das Gesamtobjekt der Korrosion entzogen ist. Bild 3 veranschaulicht schematisch (masstäblich wären die einzelnen Speisepunkte viel weiter voneinander entfernt) die besprochenen Vorgänge. Darin bedeuten U_e das neutrale Erdpotential, U_g der minimale Grenzwert des negativen

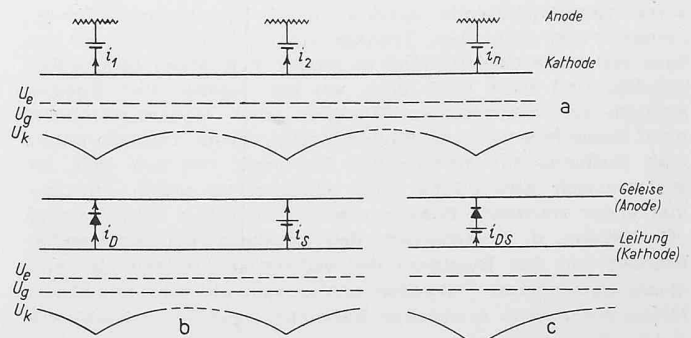


Bild 3. Ausführungen des kathodischen Schutzes. a. Der kathodische Schutz mit Sonderanoden; b. «Drainage» und «Soutirage» an verschiedenen Orten; c. «Drainage» und «Soutirage» an der selben Stelle.

Schutzpotentials und U_k das Potential der Kathode gegen Erde. Zweck des kathodischen Schutzes ist die Senkung des Potentials des als Kathode wirkenden, zu schützenden Objektes (z. B. Leitung) gegenüber dem umliegenden Erdmedium, so dass zu jeder Zeit und an jeder beliebigen Stelle die Bedingung $U_k \geq U_g$ (absolute Werte) erfüllt ist. Im allgemeinen Fall des kathodischen Schutzes mit Sonderanoden (Bild 3a) erfolgt dies mit Hilfe einer fremden Stromquelle und einer ad hoc gewählten Anode (z. B. Kupferbandelektrode, oder besser Tram- bzw. Eisenbahnschiene). Im Spezialfall der Bekämpfung elektrolytischer Korrosionen durch vagabundierende Ströme einer Strassenbahn oder einer Gleichstrom-Ueberlandbahn kommt die Drainage allein oder in Verbindung mit der Soutirage in Betracht, wobei die betreffenden Speisepunkte entweder räumlich getrennt angeordnet sind (Bild 3b), oder zusammenfallen (Bild 3c). Bei den relativ kurzen Parallelführungen von Bahnen und Leitungen, wie sie in der Schweiz vorkommen, ist die Variante nach Bild 3c meistens die zweckmässigere, weil sie mit einer einzigen Speisestelle und daher mit einem minimalen Kostenaufwand den kathodischen Schutz verwirklicht. Bei ihr kann eine stärkere Potentialsenkung als durch Drainage allein erzielt werden; sie ist entsprechend weiter spürbar, indem die Bedingung $U_k \leq U_g$ bis auf Entfernungen erfüllt bleibt, auf welche die betreffende Leitung automatisch in das Einzugsgebiet der Bahn übertritt, wo sie ohnehin negativ gegen Erde, also kathodisch geschützt ist.

Bevor der kathodische Schutz in irgend einer Form zur Ausführung gelangt, ist in jedem Einzelfall die Frage abzuklären, ob sich das betreffende Objekt überhaupt dazu eignet. Zu diesem Zweck wird jeweilen ein Vorversuch mit einer tragbaren Akkumulatorenbatterie durchgeführt. Während der negative Pol mit dem zu prüfenden Objekt verbunden ist, führt vom positiven Pol aus eine fliegende isolierte Leitung über ein Amperemeter und einen Regulierwiderstand (gemäss Bild 2) zu irgend einer Hilfsanode, wozu sich jede beliebige künstliche Erdelektrode im Sinne von Art. 21 der Starkstromvorschriften eignet. Das Potential U_k des als Kathode wirkenden Objektes gegen Erde wird mit einem hochohmigen Voltmeter und einer unpolarisierbaren Elektrode (meistens CuSO_4 -Sonde) in Funktion des Stromes i gemessen. Gewöhnlich ist $(U_{ki} - U_{ko})$ eine lineare Funktion des Stromes i , wenigstens für die in Frage kommenden mässigen Werte des Schutzstromes. Wesentlich aber ist das Verhältnis

$$\rho = \frac{U_{ki} - U_{ko}}{i}$$

womit der Verfasser den Begriff der «Empfindsamkeit ρ » des zu schützenden Objektes oder Anlageteiles an der betreffenden Stelle definieren möchte. Diese hat die Dimension eines Widerstandes, wird aber nicht in Ohm, sondern in Volt pro Ampère (V/A) ausgedrückt und gibt an, wie stark die betrachtete Kathode durch Potentialsenkung auf den Einsaugstrom reagiert. Die Empfindsamkeit ist massgebend für die Eigenschaft des Objektes, elektrisch mehr oder weniger leicht beeinflussbar zu sein, letzten Endes also für die Beurteilung der Frage, ob und mit welchem Aufwand es vom kathodischen Schutz erfasst werden kann. Indirekt gibt der Wert ρ auch über die Qualität der «Isolation» eines eingegrabenen Objektes Aufschluss. Beispielsweise ist ρ bei kaltbituminierten Rohrleitungen wesentlich kleiner als bei heissbituminierten, weshalb der kathodische Schutz der erstgenannten Leitungen bedeutend erschwert oder gar verunmöglicht wird.

Der kathodische Schutz setzt eine gewisse «Isolation» der zu schützenden Anlage gegen Erde voraus; er ist um so wirksamer und seine Anwendung ist um so leichter und billiger, je höher der elektrische Uebergangswiderstand Anlage/Erde ausfällt. Dies bedeutet in erster Linie, dass er bei blanken Anlagen oder Anlageteilen kaum angewendet werden kann, ferner, dass seine Anwendung auf «isolierte» Anlagen vorteilhafter ist bei neuerstellten als bei mehr oder weniger veralteten Objekten. Wie eingangs betont, hat sich übrigens gezeigt, dass der frühzeitig eingeführte kathodische Schutz nicht nur die metallischen Anlageteile vor Korrosion, sondern auch deren Isolation weitgehend vor dem Altern bewahrt. Tatsächlich behalten durch ihn die Schutzschläen und Schutz-Anstriche ihre ursprünglichen Isoliereigenschaften, während diese sonst allmählich nachlassen.

C. Ausführungsbeispiele

1. Das Pilatuskabel (Bild 4)

Es handelt sich um ein 2,8 km langes, direkt im Erdboden liegendes, armiertes Hochspannungskabel, das 1948 zur Speisung der Bergstation Pilatuskum (PK) verlegt wurde. Dieses Kabel verläuft von der Transformatorenstation «Im Klein Durren» (KD) unterhalb der Aemsignalp, wo es an die vom Tal her kommende Freileitung anschliesst, streckenweise direkt neben dem Geleise der mit Gleichstrom betriebenen Pilatusbahn über Aemsign und Mattalp hinter der Eselwand, um durch einen im Fels gehauenen Stollen bei der Bergstation Pilatuskum in einem Schalt- und Transformatorposten des Bahnhofgebäudes zu enden.

Die zum Teil sehr enge Annäherung des Kabels an das Bahngeleise liess von vornherein eine nicht zu unterschätzende Beeinflussung durch vagabundierende Bahnströme und daraus eine Gefährdung des Hochspannungskabels durch Elektrolyse befürchten. Daher wurden die dortigen Verhältnisse gleich nach Beendigung der Kabelverlegung untersucht. Zunächst hat man einige längs des Kabeltrasses verteilte Verbindungsmuffen geeicht, um eine nachträgliche periodische Kontrolle der Bleimantel- und Armaturströme durch Messung des Spannungsabfalles über die betreffenden Eichlängen zu ermöglichen. Es traten von Anfang an Streuströme bis zu mehreren Ampère auf, obwohl Bleimantel und Stahlarmerung mit einwandfreien Umhüllungen aus imprägniertem Papier und asphaltierter Jute versehen worden waren; diese Ströme nahmen in den folgenden Jahren noch zu, und zwar im Verhältnis der durch Feuchtigkeitenaufnahme bedingten, abnehmenden Isolierfähigkeit der Schutzschläen.

Zum Schutz des Kabels gegen elektrolytische Korrosion, die sonst in kurzer Frist verheerend aufgetreten wäre, wurden am unteren Ende der Kabelstrecke im Klein Durren Bleimantel und Armatur mit dem Pilatusbahngeleise verbunden, also hier die elektrische Drainage des Kabels durchgeführt, und zwar unter Zwischenschaltung einer Sperrzelle (Selen-Einweggleichrichter) in die Drainage-Verbindung, um den Eintritt der Bahnströme zu verhindern, die während der Fahrt auf der unteren Bahnstrecke Alpnachstad (A)-Klein Durren (KD) versuchen, über die Drainage-Verbindung das Geleise zu verlassen.

Diese Einrichtung erwies sich aber mit der Zeit als völlig ungenügend, weil die Stärke der inzwischen immer grösser gewordenen Streuströme zwar in der Talrichtung von Messpunkt zu Messpunkt ständig zunahm, also ein positiver Stromgradient vorlag (eine erste Bedingung, damit die drainierte Leitung stets Ströme aufnimmt und keine ausserhalb der Drainagestelle abgibt!), dafür eine derartige Konzentration der vom Kabel gesammelten Streuströme gegen die Drainagestelle hervorrief, dass der armierte Bleimantel stark positiv gegen Erde wurde und folglich korrosionsgefährdet war. Die einzige wirksame Gegenmassnahme bestand darin, die Drainage durch Soutirage zu ergänzen, um die nötige Potentialsenkung zu bewirken. Dies geschah im Sommer 1951 durch Ersetzen der bisherigen Sperrzelle durch einen Doppel-

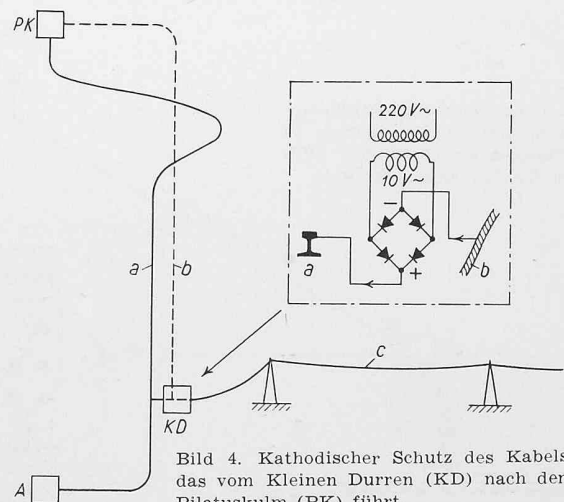


Bild 4. Kathodischer Schutz des Kabels, das vom Kleinen Durren (KD) nach dem Pilatuskum (PK) führt.

--- 5-kV-Pilatuskabel
— Pilatusbahngeleise

weg-Gleichrichter im Klein Durren. Seine Wirksamkeit wurde an einem Sonntag mit Rekordverkehr an Hand durchgehender Messung des Stromes in der Drainage/Soutirage-Verbindung (prinzipiell gemäss Bild 3 c) und des Potentials zwischen Kabel und Erde festgestellt. Der Erfolg der neuen Schutzvorrichtung erhielt aus dem Vergleich der Potentialwerte an der untersten, am meisten gefährdeten Stelle, wo das höchste Potential herrscht, mit Drainage allein und mit kombinierter Drainage/Soutirage. Während die Bergfahrt von drei aufeinanderfolgenden Zügen (mit je etwa 100 A Stromverbrauch) einen Maximalstrom von etwa 11 A in der Drainage-Verbindung und ein gleichzeitig auftretendes Maximalpotential von +2,65 V gegen Erde bewirkte, und zwar kurz bevor der erste Zug auf Pilatuskulm angekommen war, hatten die sieben Züge der darauffolgenden, etwa einstündigen Beobachtungsperiode, mit Einbeziehung eines zusätzlichen Soutiragestromes von etwa 12 A einen Spitzenwert von 34,5 A im Drainage/Soutirage-Stromkreis und einen entsprechenden Höchstwert des Potentials zwischen Kabel und Erde von -0,9 V (bezogen auf die Kupfersulfatsonde) zur Folge. Die angestrebte Potentialsenkung wurde demnach auch beim Zustand höchster Bahnbelastung vollkommen erreicht, wodurch das Kabel von nun an gegen jede Art von Korrosionsgefährdung (elektrolytische, chemische, galvanische) restlos geschützt ist.

2. Benzintankanlage Zollikofen-Stockern (Bild 5)

Von der Bahnstation Zollikofen bei Bern führen sechs parallele Stahlrohrleitungen über eine Pumpstation nach der etwa 5 km entfernten Grosstankanlage Stockern bei Bolligen. Sie wurden 1940 hergestellt und von Anfang an auf das allfällige Vorhandensein vagabundierender Ströme der Gleichstrom-Überlandbahnen Bern-Zollikofen-Solothurn und Bern-Worb untersucht. Ursprünglich waren diese Ströme verschwindend klein. Aber schon ein Jahr später hatte die Wirksamkeit der dicken Rohrisolation aus verstärkter asphaltierter Jute derart nachgelassen, dass die Rohrleitungen in der etwa 500 m von der Bahn entfernten Pumpstation Zollikofen (PZ) Streuströme in der Grössenordnung von 10 A führten! Um diese zu unterbrechen und dadurch die akute Gefahr elektrolytischer Korrosionen zu bannen, wurden zunächst hier Isolierflanschen in die sechs Rohrleitungen und ein Eternitrohr in die Wasserleitung eingebaut. Die Kontrollmessungen im November 1942 zeigten, dass die Rohrströme innerhalb der Pumpstation und längs der ganzen Strecke Pumpstation-Abfüllstation praktisch verschwunden waren, obwohl zur Verhütung von Funkenbildung eine metallische Verbindung zwischen SBB-Geleise und Benzinleitungen an der Abfüllstelle bestand. Die nächste, genau ein Jahr darauf vorgenommene Kontrolle bewies indessen, dass die immer noch einwandfreien Isolierflanschen in der Pumpstation das Eindringen der Streuströme über die leitende Verbindung mit dem Bahngeleise nicht mehr zu hindern vermochten, was auf eine erstaunliche Abnahme der Isolierfähigkeit der alternenden Rohrschutzbinden hinwies. Als Abwehrmassnahme gegen die neuerstandene Korrosionsgefahr wurde sodann die Isolation

der sechs Benzinleitungen auch bei der Abfüllstation Zollikofen angeordnet.

Die obere Strecke Pumpstation-Stockern (4,5 km) war bisher nicht näher untersucht worden, weil sie sich in viel grösserer Entfernung von den Bahnanlagen befindet und daher entsprechend weniger bedroht zu sein schien. Im Jahre 1945 trat aber ein Rohrdefekt auf, und zwar etwa 0,5 km unterhalb der Tankanlage Stockern. Aus der damaligen Untersuchung ging hervor, dass Gleichströme von der Grössenordnung $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ A in den Benzinleitungen flossen, und zwar handelte es sich teils um konstante Ströme galvanischen Ursprungs, teils um variable Streuströme elektrischer Bahnen. Auch in diesem Fall wurde die elektrische Unterbrechung aller nach Stockern führenden unterirdischen Rohr- und Kabelleitungen (Wasser und Telephon) empfohlen. Man zog ferner den Einbau von Flanschenisolationen in allen Benzinleitungen in Betracht.

Die bisherigen Schutzvorkehrungen waren allerdings in ihrer «passiven» Art nicht viel mehr als ein Notbehelf, namentlich gegenüber den galvanischen Erscheinungen auf der oberen Strecke, die sie kaum genügend wirksam bekämpfen konnten. Erst 1950 wurde der ganze Fragenkomplex von Grund auf wieder aufgegriffen, was zur Anwendung des kathodischen Schutzes auf die Gesamtanlage führte. Hierzu wurden in der Pumpstation Zollikofen und in der Tankanlage Stockern zwei identische Aggregate aufgestellt, bestehend je aus einem Transformator, einem Doppelweg-Selengleichrichter und dem nötigen Zubehör (Regulierwiderstand, Stromanzeiger). Vorerst mussten an beiden Orten die Benzinleitungen von der Erde getrennt werden, wozu man die Erdungsdrähte löste und eine Flanschisolation an der Verbindungsstelle der sechs Rohrleitungen mit dem inneren Teil der Tankanlage einbaute. Ferner waren die Kupferbandelektroden in jedem der acht längs der Leitungen verteilten Schächte entfernt³⁾ und als Erdungsanoden für die beiden lokalen Schutzstromkreise verwendet worden. Obwohl diese Erdungselektroden je aus 40 m Kupferband bestehen und in einer breiartigen Bentonitmasse eingebettet sind, wiesen sie je nach der Beschaffenheit des Erdbodens relativ hohe Erdungswiderstände auf (9 Ohm in Stockern und 18 Ohm in Zollikofen), die eine entsprechende Erhöhung der Speisespannung (etwa 30 V) erforderten. Im Betrieb erzeugt nun der Gleichrichter in Zollikofen einen konstanten Strom von 1,8 A und bewirkt dadurch eine Potentialsenkung der Rohrleitung von etwa -0,4 auf -0,85 V; derjenige in Stockern einen Strom von 3,7 A mit einer Potentialsenkung von etwa -0,4 auf -1,85 V. Die kombinierte Wirkung beider Stromquellen vermag das Potential der Leitung an der entferntesten Stelle (Schacht 5 in 2,4 km Entfernung von Stockern) von -0,6 auf etwa -1 V zu senken, so dass die Rohrleitung nirgends ein höheres Potential als -0,85 aufweist und somit gegen Korrosion dauernd geschützt ist.

3. Hochspannungskabelanlage Verbois-Genf (Bild 6)

Das im Jahre 1942 fertiggestellte Rhone-Kraftwerk Verbois ist mit dem ebenfalls dem Elektrizitätswerk Genf gehörenden älteren thermischen Kraftwerk bei der «Junction» durch zwölf Drehstrom-Kabel von 18 kV und zwei Sekundärkabel verbunden. Diese Kabel sind zu vier Kabelsträngen vereinigt, von denen drei auf dem rechten und einer auf dem linken Ufer der Rhone verlaufen. Diese Stränge sind 10,3 bzw. 11,2 km lang. Sie wurden zwischen 1941 und 1948 verlegt. Auf Stadtgebiet sind sie dem Einfluss der Genfer Strassenbahnen mehr oder weniger ausgesetzt. Schon im Jahre 1943, dann wieder 1945 und 1948 ereigneten sich einzelne Kurzschlüsse, die auf elektrolytische Korrosionen des Bleimantels durch vagabundierende Ströme zurückzuführen waren. Da die Strassenbahnen in Genf mit dem negativen Pol am Fahrdrat und dem positiven Pol am Geleise gespeist werden, fliessen die Streuströme im armierten Bleimantel der vom städtischen Werk ausgehenden Kabel gegen die Peripherie der Stadt, wo sie wieder austreten und dabei die Kabel gefährden (anodische Zone!). Diese Erscheinung ist bei den Kabeln des Elektrizitätswerkes Genf um so deutlicher, als die Aggregate zur Speisung der Strassenbahn sich

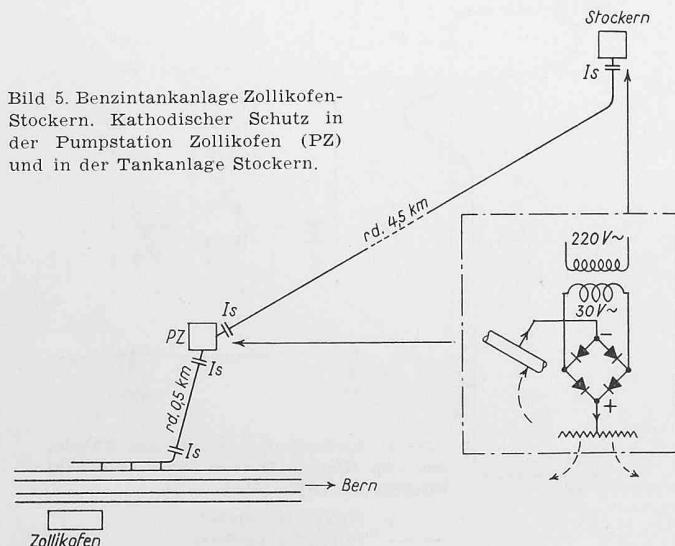


Bild 5. Benzintankanlage Zollikofen-Stockern. Kathodischer Schutz in der Pumpstation Zollikofen (PZ) und in der Tankanlage Stockern.

³⁾ Die Elektroden waren ursprünglich zur «Erdung» der Leitung eingerichtet worden; sie waren jedoch nicht nur überflüssig, sondern sogar schädlich, weil sie Lokalelemente Cu-Fe schufen, die das Rohrmaterial galvanisch gefährdeten!

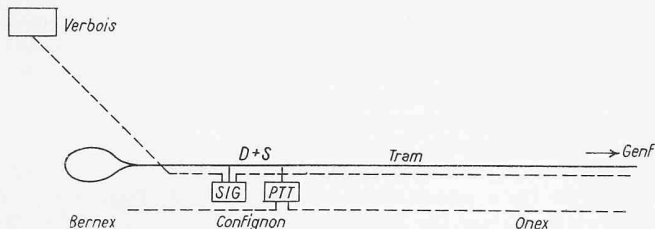


Bild 6. 18-kV-Kabel Verbois - Genf

ebenfalls im thermischen Kraftwerk bei der Jonction befinden. Das Schutzerdungssystem dieses Werkes ist folglich stets positiv (1 bis 2 V gegen neutrale Erde), so dass die einzelnen Kabel über ihre Erdungsdrähte Streuströme sammeln, die zentrifugal vom Zentrum nach der Stadtperipherie ausstrahlen. Durch Aufhebung der Kabelendverschluss-Erdung in der Zentrale konnte die Ursache des ersten Defektes (1943) an einem Kabelstrang auf dem rechten Rhoneufer behoben werden.

Für die Beseitigung der durch die Kabeldefekte von 1945 und 1948 zu Tage getretenen Gefahrzone in der Gegend der Ortschaften Onex und Confignon auf dem linken Rhoneufer erwies sich dagegen diese Massnahme als unwirksam, weil der gefährdete Kabelstrang vom thermischen Kraftwerk bis Bernex auf etwa 5,2 km Länge einer Ueberlandlinie der Genfer Strassenbahnen folgt. Diese Linie bewirkt Streuströme, die z. B. während der Mittagsbelastung etwa 6 A betragen und Spitzenwerte von 20 A erreichten. Diese Ströme fliessen eindeutig stadtauswärts und treten vor Bernex restlos wieder aus, natürlich unter Entstehung elektrolytischer Korrosionen. Als radikale Schutzmassnahme gegen diese Erscheinungen kam auch hier nur die dauernde Senkung des Kabelpotentials gegen Erde in Betracht. In einer unweit vom äusseren Ende der Parallelführung von Kabel und Geleise gelegenen Schaltstation des Elektrizitätswerkes Genf vor dem Dorf Bernex (Kabine Confignon) wurde durch kombinierte Drainage-Soutirage-Stromkreise eine direkte Ableitung der Streuströme an das Tramgeleise hergestellt. Dadurch konnte das Potential der Kabelbleimäntel nicht nur in diesem Punkt, sondern auch längs der ganzen, früher durch Elektrolyse bedrohten Strecke Onex-Bernex derart gesenkt werden, dass nirgends und bei keinem Belastungszustand der benachbarten Tramlinie die Kabelumhüllung positiv gegen Erde wird. Dabei wurde die Erdung der Kabelendverschlüsse in der thermischen Zentrale aufgehoben, um die dort eintretenden Streuströme zu annullieren, die sonst durch Verstärkung der Soutirage in Confignon hier abgeführt werden müssten, vor allem aber deshalb, weil die Erdung in der Zentrale eine Erhöhung des Kabelpotentials nach sich zieht, also das Gegenteil von dem bewirkt, was eben der kathodische Schutz anstrebt. Diese Massnahme steht zwar mit dem Wortlaut der Starkstromvorschriften von 1933 im Widerspruch (Art. 13, Ziff. 2, sieht nämlich u. a. den Anschluss der Bleimäntel und Armaturen von Hoch- und Niederspannungskabeln an die Schutzerdung vor). Sie ist trotzdem gerechtfertigt, denn die unterirdischen Kabel sind schon «geerdet» und weisen in der Regel einen geringeren Erdübergangswiderstand auf als die meisten Erdelektroden selber⁴⁾.

Ein interurbanes Telefonkabel der PTT-Verwaltung liegt von Genf bis Bernex in der gleichen Strasse wie die behandelten 18 kV-Kabel, wobei die kleine automatische Telefonzentrale Confignon neben der Schaltstation der «Services Industriels de Genève» (SIG) liegt. Es wurden deshalb Beobachtungen über die Rückwirkung der Drainage der Energiekabel auf das Potential des Telefonkabels gemacht. Bei eingeschalteter Soutirage auf den 18 kV-Kabeln stieg das Potential des Telefonkabelbleimantels während einer Tramfahrt Genf-Bernex von $-0,54$ V (Ruhewert) bis auf $+0,26$ V (bezogen auf CuSO_4 -Sonde). Das Kabel ist somit anodisch, und es besteht Korrosionsgefahr. Daraufhin wurde dieses Kabel versuchsweise an die Soutirage-Einrichtung des Elektrizitätswerkes angeschlossen, wodurch ein mittlerer Strom von

2 A zu den 6,6 A der Energiekabel in die Drainageverbindung floss, das Potential des Ganzen auf $-0,84$ V sank und den Maximalwert von $-0,62$ V nie überschritt. Man sieht also, dass das sonst gefährdete Telefonkabel durch Anschluss an die Soutirage-Einrichtung der Hochspannungskabel ebenfalls vollkommen geschützt werden kann. Die PTT-Verwaltung hat es jedoch vorgezogen, das Telefonkabel über eine eigene, von der Starkstromanlage völlig getrennte Drainage-Soutirage-Einrichtung kathodisch zu schützen.

4. Gas- und Wasserleitungsanlage der Tavarò A.G., Genf

Dass der kathodische Schutz sich nicht nur für grössere Anlagen, sondern auch für kleinere Objekte durchaus eignet, beweist das Beispiel der Firma Tavarò A.G. in Genf. Es handelte sich dort in erster Linie um eine 160 m lange Wasserleitung aus Zentrifugalguss, die das Fabrikareal mit dem städtischen Netz verbindet. Wasserverluste traten bereits nach wenigen Jahren auf, und die im November 1950 aufgedeckte Leitung wies starke Beschädigungen auf, die offenbar der Elektrolyse durch Streuströme der benachbarten Strassenbahn, zum Teil aber auch der Aggressivität des nassen Lehmboodens zuzuschreiben waren. Man dachte zuerst an die Ersetzung der unbrauchbar gewordenen Gussleitung durch Eternitrohre, aber mit Rücksicht auf die mechanische Beanspruchung, der dieses Objekt infolge des Lastwagenverkehrs vor dem Fabrikgebäude ausgesetzt ist, wurde schliesslich erneut Gusseisen vorgezogen. Um die Wiederholung ähnlicher Rohrdefekte zu vermeiden, hat man die neue Wasserleitung durch Einbau eines Eternitrohres vom städtischen Verteilnetz isoliert und sodann kathodisch geschützt: Eine metallische Verbindung mit dem darüber liegenden Tramanschlussgleis hätte zwar fast genügt, da sie einen mittleren Strom von etwa 0,5 A ableitet, der das Rohrpotential durchschnittlich auf $-0,8$ V gegen CuSO_4 -Sonde herabsetzt. Zeitweise, wenn auch nur kurzzeitig, fliesst aber der Strom in umgekehrter Richtung und das Potential steigt auf $-0,5$ V. Die einfache Drainage ist also in diesem Fall zu knapp, um das Ziel zu erreichen; deshalb wurde sie durch Soutirage verstärkt, indem ein vom Lichtnetz über einen Kleintransformator gespeister Selengleichrichter unter 6 V Spannung einen Zusatzstrom von 3 A abgibt. Die Wirkung dieser einfachen Einrichtung ist nun folgende: Das Potential der Wasserleitung beim Speisepunkt sowie an jedem beliebigen Punkt des damit verbundenen Begiessungsnetzes der Gartenanlagen beträgt dauernd etwa -2 V, während am andern Ende der Leitung, die hier ausserdem mit einer neuen, gusseisernen Gasleitung (die ebenfalls eine frühere, durch Korrosion zerstörte Stahlleitung aus Mannesmannrohren ersetzen musste) metallisch zusammenhängt, das Potential nicht über $-1,4$ V ansteigt, also noch reichlich unter dem Grenzwert von $-0,85$ V liegt, so dass die Gesamtanlage künftig sowohl gegen elektrolytische als auch gegen chemische Korrosionen restlos geschützt sein dürfte.

Ein ähnlicher Fall an einem ausgedehnten Begiessungsnetz des Internationalen Arbeitsamtes in Genf wurde kürzlich auch mit der geschilderten Methode erfolgreich behandelt.

5. Hochspannungskabel Ponte Ascona - Solduno (Bild 7)

Die Aar e Ticino, S. A. di Eletticità in Bodio, besitzt bei Ponte Ascona eine Transformatorstation, von der aus eigene 50 kV-Kabel gegen Solduno und 16 kV-Kabel der Società Elettrica Sopracenerina teils gegen Solduno, teils gegen Locarno führen. Im Dezember 1950 ereignete sich ein Kurzschluss auf einem der 1937 verlegten 50 kV-Kabel, und zwar etwa 50 m von der Bahnhaltestelle Solduno entfernt, wo diese Kabelleitung das Geleise der schmalspurigen Ueberlandbahn der Ferrovie Regionali Ticinesi (FRT) kreuzt. Schon 1947 hatte sich, und zwar auch etwa 60 m von der Bahnkreuzung entfernt, an einem der im gleichen Kanal wie die 50 kV-Kabel gelegenen 16 kV-Kabel der Sopracenerina ebenfalls ein Erdschluss ereignet, dessen Ursache damals nicht erkannt worden war. Die Untersuchung im Frühling 1951 ergab aber mit aller Deutlichkeit, dass es sich in beiden Fällen um eine elektrolytische Korrosion des Bleimantels durch die vagabundierenden Ströme der FRT handelte, welche in diesem Gebiete dem stets negativen Geleise der Gleichstrombahn zu-

⁴⁾ Um allfällige Spannungserhöhungen des Bleimantels, beispielsweise infolge Erdschluss durch Pickeltrieb, zu vermeiden, kann auch zwischen metallischer Kabelhülle und Erdungselektrode eine kleine Funkenstrecke eingebaut werden, die normalerweise den Übergang der Streuströme verhindert, aber im Moment anspricht, da eine anormale Potentialdifferenz zwischen Bleimantel, bzw. Kabelarmierung und Erde entstehen sollte.

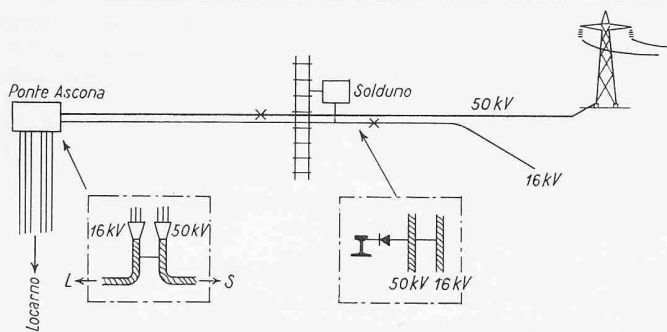


Bild 7. Hochspannungskabel Locarno - Ponte Ascona - Solduno.

× × Stellen, an denen Erdschluss infolge Korrosion auftrat.

streben, unter ständiger Bedrohung der hier eindeutig positiven unterirdischen Leitungen (anodische Zone).

Zur Behebung der Korrosionsgefahr wurde die Gesamtheit der Kabelbleimäntel an der Kreuzungsstelle Solduno durch ein kurzes, doppeladriges Kabel (für Strom- und Spannungsmessungen) erfasst, welches in einen Schaltkasten mündet, von wo aus eine ähnliche Verbindung zum Gleis führt. Ein Einweg-Selengleichrichter sorgt für die Unterdrückung allfälliger negativer Stromspitzen und ein Amperemeter erlaubt jederzeit die Kontrolle des Drainagestromes. Bei einer mittleren Stromstärke von 2 bis 3 A beträgt die entsprechende Potentialdifferenz zwischen Kabel und Erde $-1,6$ bis $-1,7$ V (gegen CuSO_4 -Sonde), so dass der kathodische Schutz der Kabelleitungen an dieser Stelle unter allen Umständen gewährt ist. — In der etwa 250 m davon entfernten Unterstation Ponte Ascona sind ausserdem die Kabelendverschlüsse von der Stationserdung getrennt worden, die sonst weitere Streuströme sammelt und dadurch den Wirkungsgrad des kathodischen Schutzes herabsetzen würde. Dafür wurden in dieser Station die Bleimäntel der von Locarno kommenden 16 kV-Kabel mit demjenigen des drainierten 50 kV-Kabels verbunden, so dass eine spürbare Senkung ihres Potentials bis in die Stadt erreicht wird und die Gefährdung dieser, früher positiv gegen Erde gewesenen Objekte ebenfalls verschwindet. — In diesem Fall ist die Aufhebung der Kabelendverschlusserdung in der Unterstation um so eher zu verantworten, als das Bahngleis für die künstliche Kupferbandlektrode einen wertvolleren Ersatz bietet; sein Erdungswiderstand beträgt nämlich nur einen Bruchteil eines Ohms, während Art. 21 der Starkstromvorschriften noch 2 Ohm zulässt.

*

Diese Beispiele zeigen, wie vielseitig der Anwendungsbereich des kathodischen Schutzes unterirdischer Anlagen ist und mit welchen einfachen Mitteln die erstrebte Potentialsenkung der zu schützenden Objekte verwirklicht werden kann. Ein weiterer Vorteil dieser Methode liegt ferner in der einwandfreien, jederzeit ohne kostspielige Vorbereitungen oder Ausgrabungen durchführbaren Kontrolle des elektrischen Zustandes der Anlage, die allerdings eine gewisse Erfahrung voraussetzt und die Verwendung spezieller Instrumente erfordert. Am besten überlässt man diese Kontrolle, die periodisch stattfinden sollte, dem Fachmann, der die erste Untersuchung durchgeführt hat und daher von Fall zu Fall alle nötigen Einzelheiten berücksichtigen kann. Die Kosten solcher Kontrollen, die auch den Zweck haben, allfällige Änderungen der lokalen Verhältnisse zu verfolgen und die Schutzeinrichtung, wenn nötig, ihnen anzupassen, erreichen in der Regel nur einen bescheidenen Bruchteil derjenigen, welche die erstmalige Untersuchung nach sich zieht. Auf alle Fälle empfiehlt es sich, ungefähr innert Jahresfrist nachdem eine Anlage kathodisch geschützt worden ist, den stabilisierten Zustand zu prüfen, weil Ströme und Potentiale nicht immer von Anfang an ihre endgültigen Dauerwerte einnehmen.

Schlussbetrachtungen

Gegen die mannigfaltigen Korrosionserscheinungen an unterirdischen Rohr- und Kabelleitungen hat man sich früher lediglich durch passive Mittel zu verteidigen gewusst. Es galt vor allem, die blanken metallenen Objekte so gut wie möglich mit Schutzanstrichen oder Schutzhüllen der direkten Berührung mit der Erde zu entziehen und dadurch die

chemische Korrosion zu verhindern; auf eine möglichst trockene Verlegungsart wurde von jeher geachtet, in der Erkenntnis, dass ohne Feuchtigkeit kein Korrosionsvorgang denkbar ist. Gegen elektrolytische Korrosionen hat man in erster Linie Vorbeugungsmassnahmen getroffen, und zwar sowohl an der die vagabundierenden Ströme verursachenden Bahnanlage (Instandhaltung einer einwandfreien Rückleitung der Bahnströme im Gleis und in den isolierten Kabeln, Reduktion des Spannungsabfalles im Gleis durch Erhöhung seiner Leitfähigkeit und Errichtung zusätzlicher Speisepunkte, usw.), als auch an den bedrohten Objekten selber (verstärkte «Isolation» oder mindestens Erhöhung des Uebergangswiderstandes gegen Erde, Einbau von Isoliermuffen und -Verbindungen). Bei sorgfältig unterhaltenen Bahn- und Leitungsnetzen, die z. B. den Anforderungen der «Leitsätze» der Korrosionskommission genügen, haben sich diese Massnahmen bewährt und konnten im grossen und ganzen schwere Beschädigungen durch Elektrolyse hintanhaltend. Es blieben aber immer noch Spezialfälle übrig, bei denen die bisherigen Mittel versagten. Dies veranlasste die Fachleute, namentlich im Ausland, wo die Verhältnisse im allgemeinen weit weniger befriedigend sind als in der Schweiz, energischere Schutzmassnahmen zu ergreifen. An Stelle des früheren passiven wurde ein aktiver Schutz eingeführt, indem die bedrohten Anlagen selber in die Lage versetzt wurden, auch im aggressiven Erdmedium und im Feld gefährlicher Gleichströme immun zu bleiben, so dass die vorwiegend aus Eisen oder Blei bestehenden Objekte sich wie Edelmetalle verhalten. Dies gelang durch den kathodischen Schutz. Er ermöglicht durch eine verhältnismässig einfache und wenig kostspielige Beeinflussung des elektrischen Potentials der schutzbedürftigen Anlage gegen das umliegende Medium einen wirksamen Schutz sowohl gegen Elektrolyse als auch gegen chemische oder galvanische Angriffe. Wenn auch die bisherige Praxis in mancher Hinsicht ihre Berechtigung beibehält (es sei hier u. a. auf den interessanten Artikel von E. Foretay im «Bull. SEV» 1950, Nr. 1 «La corrosion des câbles sous plomb» hingewiesen, der für das Spezialgebiet des Kabelschutzes eine gute Uebersicht des damaligen Standes unserer Kenntnisse gibt und ein wertvolles Literaturverzeichnis enthält), so bedeutet die Einführung des im Prinzip bekannten, aber erst in neuester Zeit allgemein in die Tat umgesetzten Schutzes unterirdischer Anlagen durch Senkung ihres Potentials, um ihnen die «kathodische Immunität» zu verleihen, einen wesentlichen Fortschritt im erfolgreichen Kampf gegen die Korrosion überhaupt.

In Amerika wird diese Technik schon seit Jahren zum Schutz der grossen Leitungen für den Transport von Rohöl auf sehr lange Distanzen angewandt, und in Europa entwickelt sie sich immer mehr in Italien, Frankreich, Dänemark⁵⁾ und Belgien, wo man im Vergleich zu den früheren Methoden die besten Erfahrungen gesammelt hat. So führt z. B. die Gesellschaft «Distrigaz» in Brüssel heute grundsätzlich den kathodischen Schutz überall ein, wo neue Leitungen zu verlegen sind, gleichgültig, ob vagabundierende Ströme den Erdboden verseuchen oder nicht, und zwar unter Heranziehung aller bereits bestehenden, benachbarten Objekte und zwar unter Heranziehung aller bereits bestehenden, benachbarten Objekte. In der Schweiz wurde der kathodische Schutz zwar erst vor etwa fünf Jahren eingeführt, aber die bisherigen Verwirklichungen zeigen schon, dass diese neue Technik auch bei uns wertvolle Dienste leisten kann.

Kinderheim in Zürich-Oerlikon

DK 725.57 (494.34)

Arch. PH. BRIDEL, Zürich

Hierzu Tafel 39/40

Das Kinderheim, das gleichzeitig als Heim und Krippe dient, kann 70 Heimkinder und 17 Erwachsene (Pflegepersonal und Angestellte) beherbergen. Dazu können während des Tages noch 30 Krippenkinder aufgenommen werden.

Situation

Das nach Norden abfallende, fast quadratische Grundstück erhält durch die winkelförmige Anordnung des Gebäudes eine möglichst grosse, gegen alle unangenehmen Witterungseinflüsse geschützte Freifläche. Der nach Ostsüdost orientierte

⁵⁾ S. «Investigations into stray currents in underground structures and experiments with cathodic protection of the heating pipe system of Copenhagen» in «Transactions of the Danish Academy of Technical Sciences (A. T. S.)» 1948, No. 3.