

Kabelschäden

Autor(en): **Sandmeier, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik**

Band (Jahr): **6 (1951)**

Heft 2

PDF erstellt am: **11.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-653611>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

KABELSCHÄDEN

Von F. Sandmeier

DK 621.315.2 : 620.193

Man sollte meinen, ein Kabel sei, bei aller Sorgfalt, die bei der Fabrikation und bei der Verlegung darauf verwendet wird, fast unbegrenzt haltbar. Leider ist das durchaus nicht der Fall. Die Kabel sind, wie alles Menschenwerk, ziemlich vergängliche Dinge, und es fehlt den in den Boden verlegten Kabeln nicht an „Feinden“, noch dazu in einer Mannigfaltigkeit, daß die Telephonverwaltungen sich nicht über Mangel an Arbeit beklagen können.

Die Tätigkeit der *Kabelfeinde* wird dem Publikum erst klar, wenn es sieht, wie immer wieder schön asphaltierte Straßen aufgegraben werden, um Kabelschäden zu finden.

Das Bestreben, elektrische Leitungen unterirdisch zu legen, ist so alt wie die Elektrotechnik selber. Die ersten Versuche wurden vor etwa 150 Jahren gemacht, doch der Weg zu den modernen Kabeln, wie wir sie kennen, war lang und mühevoll. Wir wollen hier nur *zwei* der wichtigsten *Marksteine* der Entwicklung nennen. Die ersten Leitungen, aus Eisen- oder Kupferdraht, waren mit Baumwolle, Seide, Jute, Harz, Pech, Kautschuk oder anderen Nichtleitern isoliert und in Röhren aus Eisen oder Blei eingezogen. Diese Leitungen können aber noch nicht als Kabel im heutigen Sinne angesprochen werden. Das *erste* Kabel, das diesen Namen verdient, war das *Guttaperchakabel*, das im Jahre 1847 von Werner von Siemens erfunden wurde. Es war jedoch sehr störungsanfällig. Guttapercha hält sich im tiefen Wasser, besonders im Meere, sehr gut, nicht aber im Boden. Es ist bezeichnend für die damalige Situation, daß schon im Jahre 1850 ein Verfahren entwickelt wurde, ebenfalls durch Werner von Siemens, um Kabelfehler durch Widerstandsmessungen zu bestimmen.

Die Kabeladern, wie gut sie auch immer isoliert sein mögen, müssen vor allem gegen das Eindringen der *Feuchtigkeit* geschützt werden. Mit dem Isolationswert steht und fällt die Betriebstauglichkeit des Kabels.

Kein organischer Stoff ist absolut und auf die Dauer wasserundurchlässig. Vollkommen wasser-

undicht sind, von den keramischen Stoffen abgesehen, nur die Metalle und von diesen ist nur das Blei für Kabelmäntel brauchbar. Der *zweite* und vielleicht der wichtigste *Markstein* in der Entwicklungsgeschichte der Kabel ist deshalb die Erfindung der *Bleipresse* durch François Borel. In dieser Bleipresse, die seither noch verbessert wurde, wird das Aderbündel mit einem nahtlosen und satt anliegenden Bleirohr, dem Bleimantel, umhüllt. Damit ist das Problem des Feuchtigkeitschutzes im Prinzip gelöst.

Aber es ist auch hier dafür gesorgt, daß die Bäume nicht in den Himmel wachsen. Bei der Verarbeitung in der Bleipresse sind die Weichheit, die Dehnbarkeit und der niedrige Schmelzpunkt Bedingung für das Gelingen. Im Terrain dagegen führen Weichheit und Dehnbarkeit leicht zu Beschädigungen. Das Blei ist ja so weich, daß es sich mit dem Fingernagel ritzen läßt. Dazu kommen noch andere Untugenden: Das Blei neigt sehr zur Rekristallisation, was sich nachteilig auf die *mechanische Festigkeit* auswirkt.

Mit der *chemischen Beständigkeit* ist es auch eher schlecht bestellt. Das Blei ist, vom chemischen Standpunkt aus, ein unedles Metall. Es bedeckt sich an der Luft mit einer Oxydschicht, welche dann das darunterliegende Metall vor weiterer Oxydation schützt.

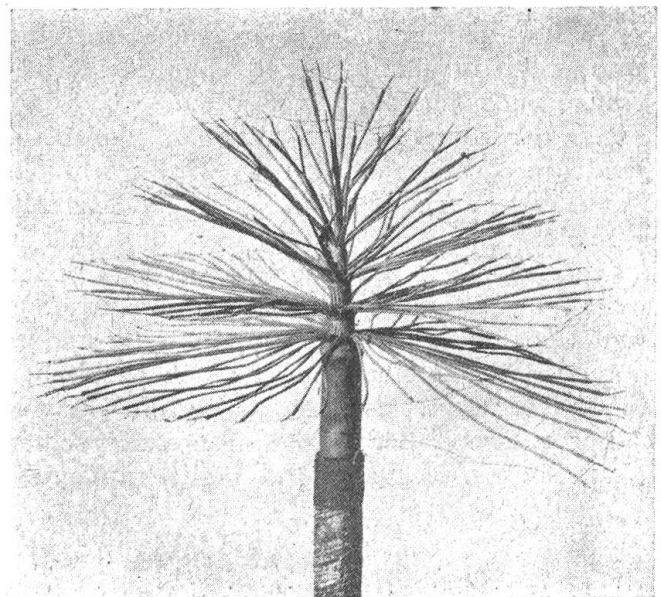


Abb. 1. Aufgedrehtes Kabelende

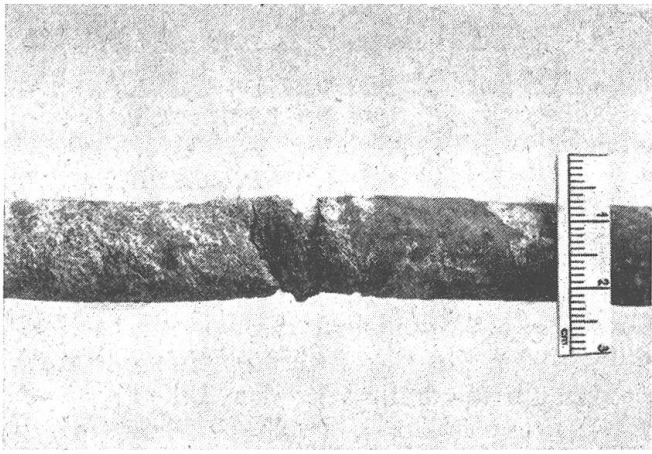


Abb. 2. Korrosion eines Kabels, hervorgerufen durch die Abwässer einer Molkerei

Im Boden wird aber diese Schutzschicht von den Bodenwässern aufgelöst, und dann geht der chemische Angriff weiter, bis der Bleimantel ein Loch aufweist: Das Kabel ist der chemischen Korrosion zum Opfer gefallen. Das kann 50 Jahre dauern, aber auch nur 10 oder weniger. Manchmal sieht man die Störung kommen, weil der Isolationswiderstand langsam abnimmt. Bisweilen tritt sie urplötzlich auf, wenn der Boden durch schwere Regenfälle, Überschwemmungen, Schneeschmelze usw. stark durchnäßt wird und das löchrige Kabel ersäuft.

Die chemische Korrosion arbeitet in der Regel langsam. Die erste Schutzschicht wird aufgelöst, es bildet sich ein Korrosionsprodukt, das zuerst wieder schützend wirkt, dann aber selber zersetzt wird. Es geht immer mehr Blei in Lösung, bis an jener Stelle alles Blei zersetzt ist. Das Endprodukt ist Bleikarbonat, das in seiner reinen Form unter dem Namen Bleiweiß bekannt ist.

In besonders eindrucksvoller Form vollzieht sich diese Bleiweißbildung, wenn Leuchtgas zugegen ist; ein Fall, der sehr leicht eintreten kann, wenn in unmittelbarer Nähe der Kabelstränge auch Gasröhren verlaufen.

Eine der vielen Möglichkeiten für eine unabwendbare chemische Korrosion wird geschaffen durch das Vorhandensein von Feuchtigkeit, Sauerstoff und Kohlensäure. Alle drei sind in der geringen Tiefe, in der unsere Kabel im Boden verlegt sind, in ausreichender Menge anzutreffen. Zum Überfluß wird dann die eine oder andere Komponente oft noch durch einen tückischen Zufall vermehrt. Neulich hatte ein Eisverkäufer während der heißen Jahreszeit seinen fahrenden Erfrischungsstand täglich an einem

bestimmten Orte aufgestellt. Am Abend schütete er jeweils den Rest seines an und für sich ausgezeichneten Kühlmittels, nämlich Kohlen-säureschnee, also feste Kohlensäure, in den Straßengraben. Die Kohlensäure drang natürlich in den Boden ein, und der Endeffekt war ein Loch in dem zufällig dort verlaufenden Kabel, mit prächtiger Bleiweißbildung.

In die Kategorie der chemischen Korrosion mit außergewöhnlicher Ursache gehört auch die Beschädigung durch Ameisen. Ein Beispiel: In der Aussparung im Betonsockel eines Kabelüberführungstragwerkes hatte sich neben dem Bleikabel eine Ameisenkolonie eingenistet. Durch die ausgeschiedene Ameisensäure wurde der Kabelmantel schwer angegriffen, das Blei war stellenweise vollständig zersetzt. Diese Ameisenkorrosion ist gar nicht so selten wie man denken würde. Vor zwei Jahren wurde ein ähnlicher Fall sogar an einem Starkstromkabel beobachtet.

In vielen Naturböden ist die Korrosionsgefahr nicht sehr groß. Zu fürchten sind vor allem Kalk-, Humus-, Moor- und Lehm Böden. Die letzteren sind schädlich nicht etwa, weil der Lehm das Blei angreifen würde, sondern weil er die Feuchtigkeit festhält, die anderen Böden wegen ihres Gehaltes an Säuren (Humussäuren und Moorsäuren) oder Alkalien (Kalkwasser). Die Säuren greifen das Blei direkt an, Kalk nicht, er löst aber die Schutzschicht auf.

Die Böden, mit denen wir rechnen müssen, sind selten rein, sondern meistens infiltriert, ver-seucht mit allerlei Fremdstoffen, die alle das Blei angreifen. Diese Situation wurde einmal treffend durch ein Telephonamt charakterisiert, das in einer Kabelfehlermeldung schrieb, in

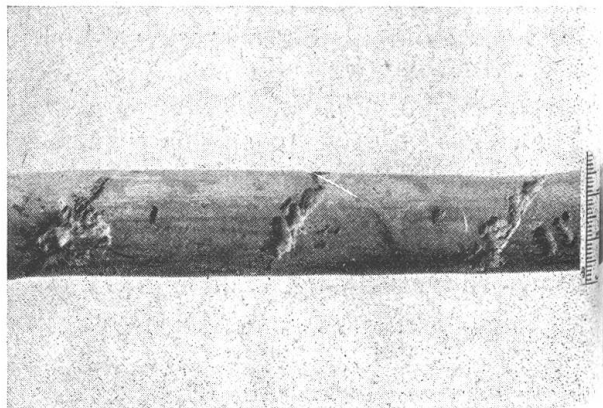


Abb. 3. Elektrolytische Korrosion eines Kabels

Abb. 5. Sogenannte „Ermüdungsbrüche“ an einem Kabel, das an einer Brücke verlegt war

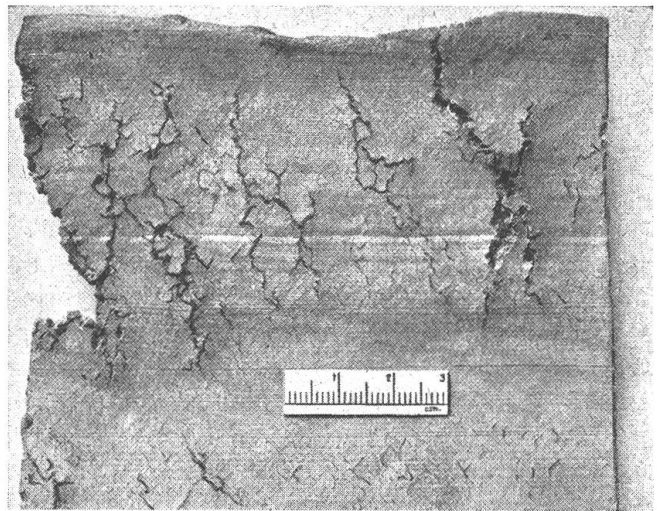
Kabelkanal sei die ganze „Bauernchemie“ anzutreffen gewesen, was heißen will, eine ganze Musterkarte von Düngstoffen. In der Tat stehen die so nützlichen Düngstoffe, natürliche und künstlich hergestellte, als Kabelleinde im Vordergrund.

Neben Jauche, Mist und Kunstdünger bilden auch undichte Kanalisationsröhren mit Abwassern aus Käsereien, Schweinemästereien usw. eine ständige Gefahr (Abb. 2). Ich erinnere mich eines Falles, bei dem die Korrosionsursache ein Pfropfen aus faulem Schlamm war, der den Kabelkanal meterweit ausfüllte und von einer Pilzkolonie besiedelt war. Es war dort alles schön beieinander, Schlamm, Kanalisationsabwasser, Leuchtgas und Fäulnispilze. In dieser Umgebung hatte es das Kabel aber immerhin während 45 Jahren ausgehalten.

Schneller ging es in der Nähe einer Mosterei, welche jeden Herbst im Freien einen Haufen Obsttrester aufschichtete. Durch den Regen wurden diese Abfälle ausgelaugt, die Lösung drang in den Boden ein, und nach einigen Jahren war der Mantel des dort verlaufenden Teilnehmerkabels durchlöchert.

Ein anderer Fall: Im Hofe eines Hauses, in dem sich die Arbeitsräume eines großen Photogeschäftes befinden, war ein Faß zum Sammeln der gebrauchten Fixiernatronlösung aufgestellt. Ab und zu wurde etwas von der Lösung verschüttet, versickerte im Boden, und da an jener Stelle ein Teilnehmerkabel im Boden lag, trat auch prompt die Durchlöcherung des Bleimantels ein.

Nicht immer liegt der Ursprung der angreifenden Agenzien leicht erkennbar neben dem angerichteten Schaden, wie der folgende Fall zeigen mag: Die Fehlerstelle befand sich in



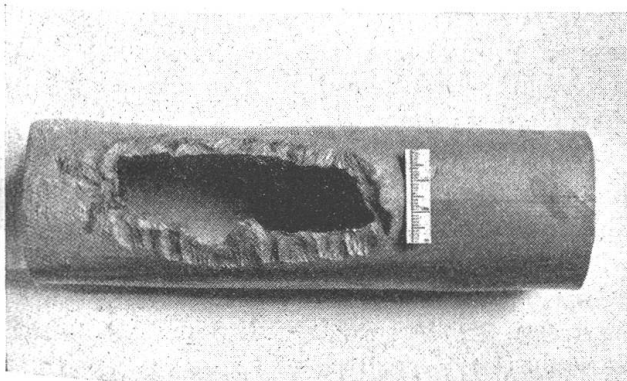
einem horizontal verlaufenden, sandigen Weg. Hundert Meter davon entfernt steigt der Kabelkanal über eine steile Böschung hinauf und verläuft dann in Wiesen und Äckern, die intensiv gedüngt werden. Das Regen- und Schneewasser trug die „Bauernchemie“ in den Kabelkanal, wo sie dann auf der horizontalen Strecke liegen blieb. Der Sandboden hätte das Kabel niemals angegriffen, hier aber war das Resultat ein Loch im Kabelmantel, neun Jahre nachdem das Kabel verlegt worden war. Das Loch war nur ein sogenannter Nadelstich, eine ganz feine Öffnung, durch die kaum eine Nähnadel gesteckt werden konnte.

Diese Nadelstiche sind charakteristisch für eine besondere Art der chemischen Korrosion, nämlich für die Korrosion unter Mitwirkung eines Katalysators¹⁾. Wir haben gute Gründe für die Annahme, daß in vielen Fällen von chemischer Korrosion solche Katalysatoren im Spiele sind.

Können denn die Bleimantel, da sie so leicht chemisch angreifbar sind, nicht gegen diese Einflüsse geschützt werden? Freilich ist ein Schutz vorhanden. Er besteht aus drei Lagen Papier und einer Lage Jutegarn. Alles ist schön fest um das Kabel gewickelt und mit Asphalt verklebt und imprägniert. Aber selbst die Asphaltmischung enthält Stoffe, die wir im Verdacht haben, als Katalysatoren zu wirken, die Phenole. Eine Sorte dieser Phenole ist allgemein bekannt unter dem Namen Karbolsäure. Die Fälle von katalytischer Korro-

¹⁾ Katalysator nennt der Chemiker einen Stoff, der an einem chemischen Prozeß so teilnimmt, daß er den Vorgang beschleunigt, selber aber nicht zersetzt wird.

Abb. 4. Von Mäusen angenagtes Kabel



sion sind so zahlreich, daß wir daraus eine besondere Gattung machen müssen, die *Phenokorrosion*.

Eine ganz besonders gefährliche Gattung von Kabelschäden bilden *elektrolytische Anfrösungen*. Sie entstehen, wenn vagabundierende Ströme im Boden den Weg über Kabelmäntel einschlagen. Treffen sie auf Metallmassen, z. B. Kabel, so benutzen sie diese auf kürzeren oder längeren Strecken als Leitungswege. Dort wo sie aus dem Kabel austreten entstehen durch elektrolytische Zersetzung des Bleies Löcher im Kabelmantel (Abb. 3). Diese vagabundierenden Ströme können sehr verschiedene Ursachen haben, z. B. Elementbildung im Boden. Das Hauptkontingent der für unsere Kabel gefährlichen vagabundierenden Ströme stellen jedoch die elektrischen Bahnen, wenn ihr Betriebsstrom nicht vollständig durch die Schienen, sondern teilweise durch den Boden fließt.

Die Untersuchung und Beurteilung der chemischen und elektrochemischen Kabelschäden bilden oft große Schwierigkeiten. Um so einfacher liegen die Verhältnisse bei den *mechanischen Beschädigungen*. Bei einer Felssprengung ging ein Block seine eigenen Wege und schlug durch seine Auftreffwucht das in einer Tiefe von 60 bis 80 cm liegende Kabel entzwei. Bei Bauarbeiten ist es z. B. für die Arbeiter wirklich nicht leicht zu unterscheiden, was ihnen im Boden unter das Eisen kommt.

Bei solchen Beschädigungen spielt allerdings der Zufall die Hauptrolle. Ein reiner Zufall ist es, wenn ein kleiner Wanderzirkus auf einem freien Platz sein Zelt aufschlägt und dabei einen Zeltpflock ausgerechnet durch den Kabelkanal samt Kabel hindurchtreibt. Ein anderer Zufall war sicher auch im Spiel, als sich aus irgendeiner Ursache der Anhänger vom Lastwagen löste, einige Meter geradeaus fuhr, dann seitwärts abschwenkte und mit der Deichsel ausgerechnet dort in den Boden stieß, wo ein Kabel lag.

Eine andere Art von Kabelschäden, die nicht dem Zufall entspringen, sind die *Anfrösungen durch Mäuse* (Abb. 4). Der erste Mäusealarm wurde schon 1849 in Deutschland gegeben. Die damalige preußische Telegraphenverwaltung fand dann aber, die Gefahr sei nicht groß. Nun, sie ist heute groß genug, denn die von Mäusen verursachten Kabelschäden sind ziemlich zahlreich. Weshalb die Mäuse die Kabel annagen, wissen wir heute noch nicht. Man hat lange geglaubt, daß sich die Mäuse im Kabelkanal verirren und dann durch

Nagen einen Ausweg suchen. Sie nagen aber auch Kabel an, die in größeren Räumen an der Wand befestigt sind.

Zum Schluß soll noch von einigen miraculösen Fällen die Rede sein: Vom Blitz, der in den Nußbaum schlug und durch die Wurzeln den Weg ins Kabel fand oder vom Funken, der jahrelang vom Bleimantel zur eisernen Brücke übersprang, jedesmal wenn auf dem benachbarten Geleise ein Zug vorbeifuhr, bis der Bleimantel ein Loch hatte. Von der Erdsenkung bei welcher der Boden unter dem Kabelmantel verschwand, so daß der Kanal eine geraume Zeit das Trottoir tragen mußte, bis er unter der Last zusammenbrach und das Kabel zerriß, oder von einem Fall elektrolytischer Korrosion, bei dem das Kabel von Streuströmen der Straßenbahn angegriffen wurde und wo Störungen auftraten, zwanzig Jahre nachdem die Bahnanlagen abgebrochen worden waren, ferner vom Wandertrieb der Kabel, der eigenartigen Tendenz, unter dem Einfluß der Bodenerschütterungen sich in der Längsrichtung fortzubewegen, bis der Bleimantel reißt, von Eisquetschungen, bei denen die Störungsursache jeweils längst aufgetaut ist wenn man den Fehler findet.

Um das Maß voll zu machen, seien noch die zahlreichen Fälle erwähnt, bei denen der Bleimantel von selbst auseinanderfällt, die sogenannten *Ermüdungsbrüche*. Jeder Metallgegenstand ist aus kleinen Kristallen zusammengesetzt. Durch dauernde mechanische Beanspruchung, in unserem Falle Erschütterungen, wird das Gefüge dieser Kristallagglomeration gelockert, das Metall wird müde es entsteht ein Bruch. Beim Blei ist die Gefahr einer solchen Disglomeration, eines Auseinanderfallens der Kristalle, besonders groß, ja es ist eine ausgesprochene Tücke des Bleis. Ermüdungsbrüche kommen hauptsächlich vor an Luftkabeln und an Kabeln, die an Brücken, Straßenstützmauern usw. geführt sind (Abb. 5). Die Ursachen der Ermüdung sind der Fahrzeugverkehr, der Wind und — *horribili dictu* — die Sonnenbestrahlung. Fahrzeuge und Wind erzeugen Vibrationen und die Sonnenbestrahlung wechselnde Erwärmung, was den Zerfall zusätzlich begünstigt.

Das skizzierte Bild der Gefährdung unserer Kabel könnte beängstigend wirken. Es soll es aber nicht, denn man hat im Laufe der Entwicklung nicht nur gelernt, die Gefahr richtig zu erkennen, sondern auch, sie wirksam zu bekämpfen. Heute geschieht dies auf international vereinbarten Grundlagen.