

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 92 (2001)

Heft: 25

Artikel: Metallfreie Kabel detektieren

Autor: Kopp, Hartmut / Wiznerowicz, Fred

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-855798>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 15.04.2026

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

Metallfreie Kabel detektieren

Betriebserfahrungen mit detektierbaren Trassenbändern

In Deutschland treten pro Jahr etwa 200 000 Kabel- und Rohrleitungsschäden auf. Die damit zusammenhängenden Kosten belaufen sich auf mehr als 200 Mio. € (etwa 310 Mio. Fr.). Ein Patentrezept zur Verminderung der Kabel- und Rohrleitungsschäden gibt es nicht, wohl aber Möglichkeiten zur Verbesserung der Situation [1, 2]. Heute können auch metallfreie Kabel und Rohrleitungen geortet werden, wenn über ihnen ein modernes detektierbares Trassenband¹ verlegt ist. Der vorliegende Beitrag zeigt die aktive und passive Ortung von Trassenbändern.

Eine der Möglichkeiten zur Verminderung der Kabel- und Rohrleitungsschäden ist, die Warnung von Kabeln und Rohrleitungen, ihre Kennzeichnung und Ortbarkeit durch moderne Warneinrichtungen zu verbessern. Dies sind die in Europa genormten Warneinrichtungen mit visueller Warnwirkung [3] sowie die in

Hartmut Kopp, Fred Wiznerowicz

Deutschland genormten Warneinrichtungen mit mechanischer Schutzwirkung [4] und das detektierbare Trassenband [5].

Warneinrichtungen mit visueller Warnwirkung sind konstruktiv so gestaltet, dass sie bei Zugbeanspruchung durch eine Baggerschaufel so definiert abreißen, dass im Aushub und in der Baggerschaufel stets ein hinreichend langer und breiter abgerissener Streifen sichtbar wird. In der Konstruktion in Bild 1 wird dies durch Sollbruchstellen erreicht. Eine mechanische Schutzwirkung erreicht man durch entsprechende Formgebung

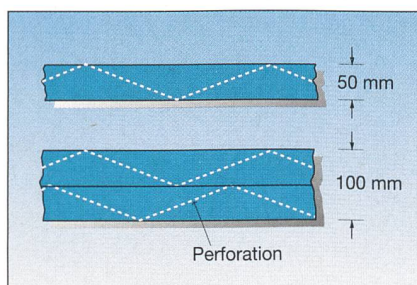


Bild 1 Sollbruchstellen in einem Trassenband mit visueller Warnwirkung, Kelmplast (EN 12613)

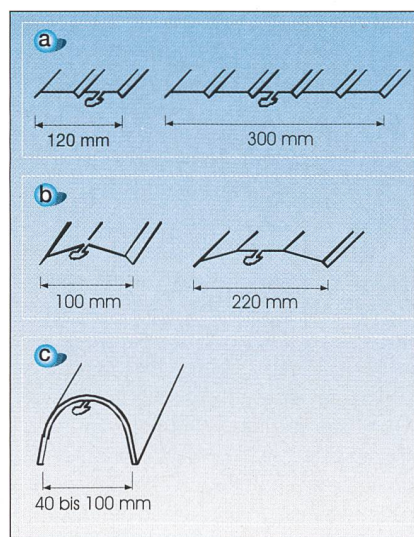


Bild 2 Formgebung und Wanddicke von Warneinrichtungen mit mechanischer Schutzwirkung a: Plattenprofil, b: Sattelprofil, c: Rundprofil

und Wanddicke der Warneinrichtungen (Bild 2). Die erwähnten Normen [3,4] legen die Prüfanforderungen fest.

In der Folge der Abschaffung der Monopole in der Versorgungswirtschaft wird immer öfter die Forderung erhoben, dass nicht nur die Tiefbaufirmen, sondern auch die Betreiber der Kabel und Rohrleitungen Massnahmen zur Vermeidung von Schäden treffen müssen. Kabel und Rohrleitungen sollten daher nach dem Stand der Technik gemeinsam mit modernen Warneinrichtungen verlegt werden.

In den letzten Jahren wurden die Möglichkeiten zur Ortung von Kabeln und

Rohrleitungen [6, 7] erheblich verbessert. Mit handelsüblichen Ortungsgeräten lassen sich heute sogar metallfreie Kabel und Rohrleitungen lokalisieren, wenn über ihnen ein modernes detektierbares Trassenband verlegt ist. Es ist deswegen nicht mehr zu rechtfertigen, wenn z.B. Kunststoffgasleitungen ohne Zusatzeinrichtungen zur Ortung verlegt werden. Bei Beschädigung stellen Gasleitungen eine erhebliche Gefahrenquelle dar. Da immer wieder Fehler in den Kabel- und Rohrleitungsplänen oder bei deren Interpretation auftreten, kann der Tiefbau-Unternehmer nur mit einer selbst durchgeführten Ortung die Gesundheit seiner Mitarbeiter, den Wert seiner Ausrüstung und die Leitung aktiv schützen, indem er die Planangaben vor Ort kontrolliert. Er kann dafür Ortungsgeräte einsetzen, die er meist schon seit Jahren besitzt [8].

Die Ortungstechnik ist sehr ausgereift und auch für elektrotechnische Laien anwendbar. Ortungsgeräte kosten je nach Ausstattung etwa zwischen 1500–3000 € (ca. 2200–4400 Fr.). Sie machen sich damit oft bereits beim ersten vermiedenen Schaden bezahlt und tragen zu einer unterbrechungsfreien, wirtschaftlichen Ver- und Entsorgung bei.

Anwendungen

Detektierbare Trassenbänder werden gemeinsam mit metallfreien Kabeln und Rohrleitungen verlegt. Sie werden seit 1978 eingesetzt, inzwischen in einer Länge von vielen tausend Kilometern. Metallfreie Lichtwellenleiterkabel oder Gasleitungen aus Kunststoff sind ohne ein zusätzlich verlegtes detektierbares Trassenband grundsätzlich nicht detektierbar. Sie sind daher bei Tiefbauarbeiten einer erheblichen Gefahr der Beschädigung ausgesetzt.

Das detektierbare Trassenband trägt dazu bei,

- Kabel- und Rohrleitungspläne überprüfen zu können,
- Suchschachtungen² zu reduzieren,
- den Maschineneinsatz zu optimieren,
- Kabelschäden wirksam zu reduzieren und
- die Verfügbarkeit von Kabel- und Rohrleitungssystemen zu erhöhen.

Viele Unternehmen beginnen mit Tiefbaumassnahmen erst, wenn die vorhandenen Bestandspläne mit Ortungsgeräten überprüft und alle Kabel und Leitungen eingemessen sind.

Aufbau, Eigenschaften und Normung

Ein detektierbares Trassenband ist ein gefärbtes Kunststoffband, das mit mindestens einem oder mehreren metallenen Leitern (Bild 3) versehen ist. Eigenschaften detektierbarer Trassenbänder sind in DIN 54841-3 [5] genormt. Die metallenen Leiter werden sinusförmig angeordnet, damit sie durch Zugbeanspruchung während der Verlegung oder bei Bodensenkungen nicht abreißen. Ein nicht isolierter metallener Leiter hat direkten Kontakt mit dem umgebenden Erdreich. Ein oder mehrere isolierte Leiter ermöglichen die Anwendung verschiedener Messverfahren.

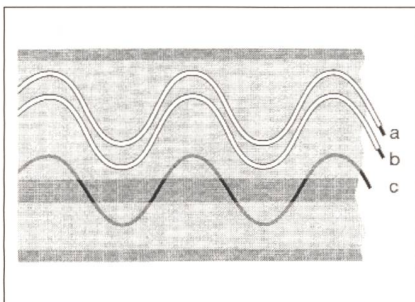


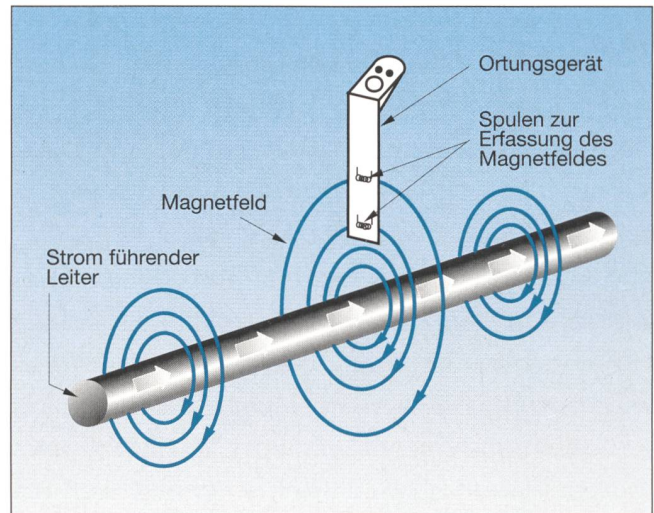
Bild 3 Detektierbares Trassenband (Prinzip)
a, b: isolierte Leiter, c: blanker (erdfühlinger) Leiter

Nach DIN 54841-3 darf der Widerstand der metallenen Leiter maximal 0,1 Ω/m betragen. Moderne Konstruktionen detektierbarer Trassenbänder haben deshalb metallene Leiter aus Kupfer. Die Korrosionsgefährdung von Kupfer im Erdboden ist im Allgemeinen sehr gering, wie die Ergebnisse vieler Langzeituntersuchungen zeigen. Blankes Kupfer im Erdboden gilt als sehr beständig. Untersuchungen an langen Kabelstrecken führten zu der Erkenntnis, dass Kupferkorrosion im Erdboden selbst unter früher als kritisch angesehenen Bedingungen sehr selten ist [9, 10].

Induktive Ortung

Es gibt verschiedene Verfahren, mit denen Kabel und Rohrleitungen geortet werden können [1, 2, 6, 7]. Zur Ortung detektierbarer Trassenbänder wird ausschliesslich die induktive Ortung angewendet. Hierzu muss in den metallenen Leitern des detektierbaren Trassenbandes Strom fließen. Dieser ist von einem mag-

Bild 4 Prinzip der Ortung metallener, Strom durchflossener Leiter



netischen Feld umgeben, dessen Stärke direkt proportional zum fließenden Strom ist und mit zunehmenden Abstand vom Leiter abnimmt. Der Feldverlauf ist in Bild 4 symbolisch durch kreisförmige Linien um einen Strom führenden Leiter dargestellt. Das magnetische Feld wird von Luft, Wasser und Erdboden nicht beeinflusst; nur eisenhaltige Substanzen in der Nähe der Strom führenden Leiter beeinflussen das magnetische Feld stark. Ist der Strom ein Wechselstrom, kann das magnetische Feld mit Hilfe eines konventionellen Ortungsgerätes erfasst werden, das hierzu mit Spulen ausgerüstet ist. Das magnetische Feld induziert in den Spulen eine Spannung, aus der im Ortungsgerät eine Anzeige oder ein akustisches Signal zur Positionsbestimmung der Strom führenden Leiter abgeleitet wird. Eine zur Ortung ausreichend grosse Induktionsspannung erfordert einen ausreichend grossen Strom in den metallenen Leitern. Bei zu geringer Induktionsspannung können die Strom führenden Leiter nicht mehr detektiert werden.

Aktive Ortung

Bei der aktiven Ortung fließt im metallenen Leiter ein Wechselstrom, der mit Hilfe eines mit Batterien betriebenen

Generators erzeugt wird. Der erforderliche geschlossene Stromkreis wird beispielsweise wie in Bild 5 gebildet. Ein Anschluss des Generators wird direkt mit dem zugänglichen Leiterende verbunden. Der zweite Anschluss des Generators wird an einen Erdspiess geführt. Der Wechselstrom fließt vom Generator in den metallenen Leiter, tritt von dort in das umgebende Erdreich über und fließt zurück über den Erdspiess zum Generator zurück. Das Verfahren funktioniert sowohl bei Anschluss an den erdfähigen Leiter als auch bei Anschluss an die isolierten Leiter. Im letzteren Fall tritt der Strom über die Leiter-Erd-Kapazität in das Erdreich über, wobei meist die grösste Reichweite erzielt wird. Aus Bild 5 ist zu ersehen, dass der Wechselstrom im Leiter ortsabhängig ist: Er nimmt von der Ankopplungsstelle aus im Verlauf des Leiters ab. Schliesslich sinkt der Strom im metallenen Leiter unter die Grenze der Detektierbarkeit.

Manche Ortungsgeräte erlauben eine orientierende Tiefenbestimmung des metallenen Leiters. Die Genauigkeit der Tiefenbestimmung wird jedoch häufig überschätzt. Wegen der unvermeidbaren Messfehler darf mit der Tiefenangabe des Ortungsgerätes auf keinen Fall die Ar-

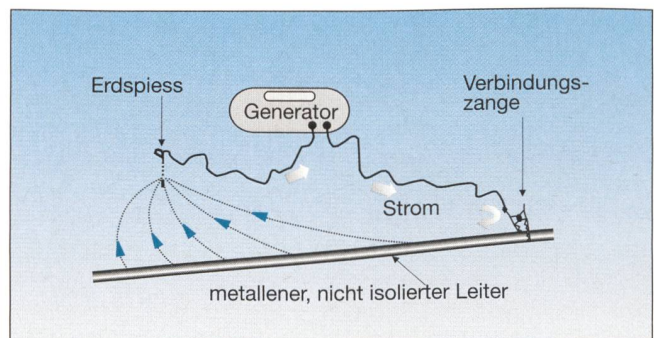


Bild 5 Einseitige galvanische Ankopplung

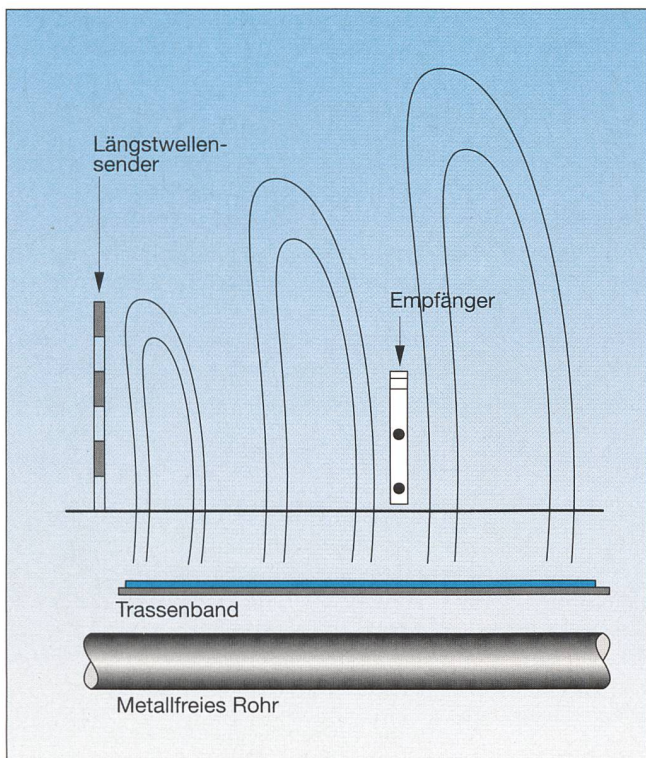


Bild 6 Passive Ortung eines Trassenbandes mit Hilfe eines Längswellensenders

Strom am Anfang und Ende des detektierbaren Trassenbandes recht klein. Das Trassenband kann in diesem Bereich daher nicht geortet werden. Jede Unterbrechung eines detektierbaren Trassenbandes führt in ihrer Umgebung zwangsläufig ebenfalls zu einer nicht detektierbaren Strecke. Es ist daher unbedingt notwendig, ein neu verlegtes oder bei Bauarbeiten gerissenes detektierbares Trassenband auf eine möglichst grosse Länge zu verbinden. Hierzu eignen sich Quetschverbindungen. Um Korrosionsvorgängen vorzubeugen, müssen die erforderlichen Verbindungen mit gleichem Material ausgeführt werden. Die Technik für korrosionsbeständige und gut leitfähige Verbindungen der detektierbaren Trassenbänder ist vorhanden und muss unbedingt eingesetzt werden, wenn das Trassenband auf der gesamten Länge detektierbar sein und bleiben soll.

Spezielle Zuverlässigkeitsprobleme treten bei der passiven Ortung auf. Bei Abschaltung leistungsstarker Längswellensender kann sich die Stromstärke im detektierbaren Trassenband soweit vermindern, dass es nicht mehr detektierbar ist. Auf den Betrieb der Längswellensender hat der Nutzer des Ortungsgerätes natürlich keinen Einfluss. Da die Zuverlässigkeit der passiven Ortung von einer ausreichenden Leistung der Längswellensender abhängt, wäre es wünschenswert, dass zukünftige Geräte zur passiven Ortung mit einer einfach zu handhabenden Zusatzmesseinrichtung ausgestattet sind, mit deren Hilfe vor Beginn der Ortung eine ausreichende Sendeleistung nachgewiesen werden kann.

beitiefe der eingesetzten Baumaschinen festgelegt werden.

Passive Ortung

Den für die passive Ortung notwendigen Strom in den metallenen Leitern des detektierbaren Trassenbandes erzeugen Längswellensender, die für spezielle Funkdienste an mehreren Orten der Erde betrieben werden. Das resultierende elektromagnetische Feld der Sender (Bild 6) bewirkt im Erdboden ein elektrisches Strömungsfeld. Ein metallener Leiter ist ein besserer Leiter für den elektrischen Strom als der Erdboden. Ohne detektierbares Trassenband herrscht im Erdboden ein etwa homogenes Strömungsfeld. Der elektrische Strom verteilt sich gleichmässig auf eine obere Bodenschicht. Wird ein detektierbares Trassenband verlegt, tritt ein Teil des Stromes in dessen metallene Leiter über. Am Anfang der Leiter ist der Strom klein, im Bild 7 dargestellt durch eine einzige Strömungslinie. Im weiteren Verlauf wächst der Strom an (dargestellt durch drei Strömungslinien). In Richtung auf das Ende verlässt der Strom die Leiter wieder und fliesst durch den Erdboden weiter. Ortungsgeräte erfassen das magnetische Feld des in den Leitern fließenden Stromes, so dass sich der im Bild 7 gezeigte Verlauf der Anzeige ergibt, wenn man dem Verlauf des detektierbaren Trassenbandes mit einem Ortungsgerät in x-Richtung folgt.

Der Tiefbau wendet häufig diese besonders einfach zu handhabende passive Ortung an [1].

Zuverlässigkeit der Ortung

Ortungsergebnisse können grundsätzlich nur dann zuverlässig sein, wenn die Stromstärke in dem zu ortenden Leiter hinreichend gross ist. Zum Beispiel ist bei der passiven Ortung nach Bild 7 der

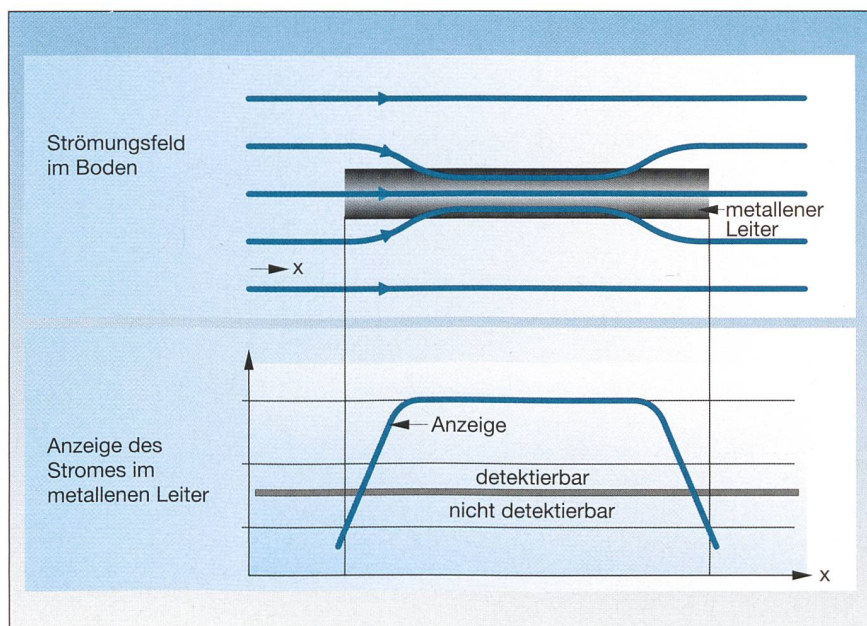


Bild 7 Metallener Leiter im Erdboden: Detektierbarkeit

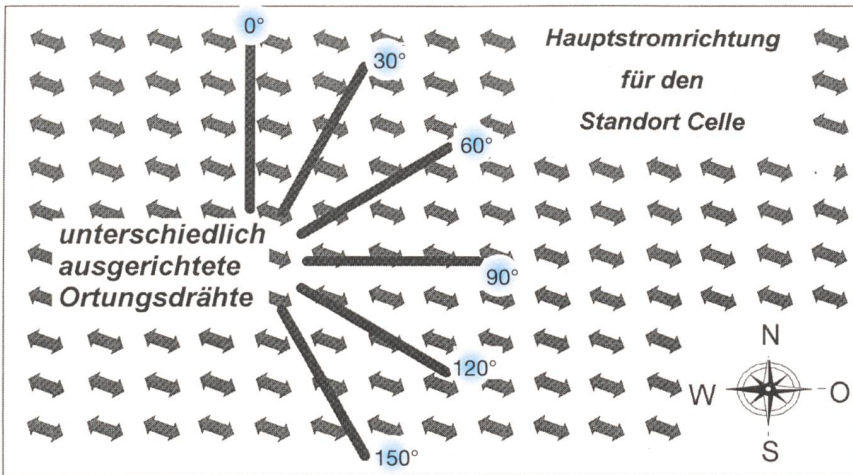


Bild 8 Stromfluss im Erdreich

Der Strom in den metallenen Leitern ist maximal, wenn das Trassenband in Richtung des von den Längstwellensendern verursachten resultierenden Strömungsfeldes verläuft (optimale Ausrichtung des Ortungsdrahts in Bild 8: etwa 110°). Der leistungsstärkste Längstwellensender Deutschlands steht in Norddeutschland in der Nähe von Ramsloh. Weitere leistungsstarke Sender befinden sich in Russland, in der Ukraine und in Frankreich.

Auffinden von Beschädigungen

Beschädigungen eines detektierbaren Trassenbandes, die beispielsweise durch Tiefbauarbeiten verursacht werden, gehen häufig mit Beschädigungen der zu schützenden Kabel und Rohrleitungen einher. Falls das detektierbare Trassenband reißt, ist die Detektierbarkeit in der Umgebung der Abrissstelle nicht mehr

sichergestellt. Mit den nachfolgend beschriebenen Verfahren können Beschädigungsstellen eines detektierbaren Trassenbandes lokalisiert werden.

Manche Ortungsgeräte zeigen den Strom im metallenen Leiter des detektierbaren Trassenbandes an. An jeder Unterbrechungsstelle des metallenen Leiters ist der Strom stets gleich null. Speist man einen Strom am Anfang des detektierbaren Trassenbandes ein und folgt mit einem Ortungsgerät dem Verlauf des detektierbaren Trassenbandes, so nimmt die Anzeige zur Unterbrechungsstelle hin ab und wird dort minimal. In Bild 9 sind Messergebnisse für ein 1300 m langes detektierbares Trassenband mit den isolierten Leitern a und b aufgetragen. Der Leiter a ist auf der gesamten Länge detektierbar, der Leiter b ist nach etwa 550 m unterbrochen.

Die ordnungsgemäße Verlegung und Verbindung eines detektierbaren Trassenbandes kann auch mit Hilfe eines Wider-

standsmessgerätes überprüft werden. Aus der bekannten Länge der Leiterschleife wird mit Hilfe des ebenfalls bekannten längenbezogenen Widerstandes (z.B. 0,2 Ω/m) der Sollwert des Widerstandes der Leiterschleife berechnet. Ist der Messwert des Widerstandes grösser als der Sollwert, deutet dies auf schlechte Verbindungen oder im Extremfall sogar auf einen Leiterbruch hin. Ist der Messwert kleiner als der Sollwert, lässt dies auf mindestens einen Isolationschaden und eine Leiterberührung schliessen.

Praktische Erfahrungen

Zur Verbesserung und Erprobung von detektierbaren Trassenbändern wurden von der Fachhochschule Hannover seit Frühjahr 1994 mehrere Versuchstrassen angelegt. Alle Trassenbänder liegen in einer Tiefe zwischen 0,6 m bis 0,8 m, in Dükerbereichen³ deutlich tiefer. Die Versuchstrassen liegen

- in Regionen mit unterschiedlichem spezifischen Bodenwiderstand im Bereich zwischen 40 und 1000 Ωm
- in unterschiedlichem Abstand vom und unterschiedlicher Ausrichtung zum Längstwellensender in Ramsloh
- in unterschiedlichen Bebauungsregionen (stadtnah, stadtfern)
- in unterschiedlichem Abstand zu Hochspannungsfreileitungen.

Die Trassenbänder wurden teils in offene Kabelgräben verlegt, teilweise eingepflügt. Selbst beim Einpflügen oder beim Einziehen in Düker liessen sich die detektierbaren Trassenbänder problemlos verlegen.

Bild 9 zeigt den Verlauf des Ortungssignalpegels bei der aktiven Ortung eines Trassenbandes. Der Pegel ist in der Nähe des Einspeisepunktes am grössten, nimmt mit zunehmender Entfernung kontinuierlich ab und wird am Ende des Trassenbandes zu null. Trassenbänder mit einer Länge von einigen Kilometern lassen sich auf diese Weise orten.

Ein typisches Messergebnis für die passive Ortung zeigt Bild 10. Über der

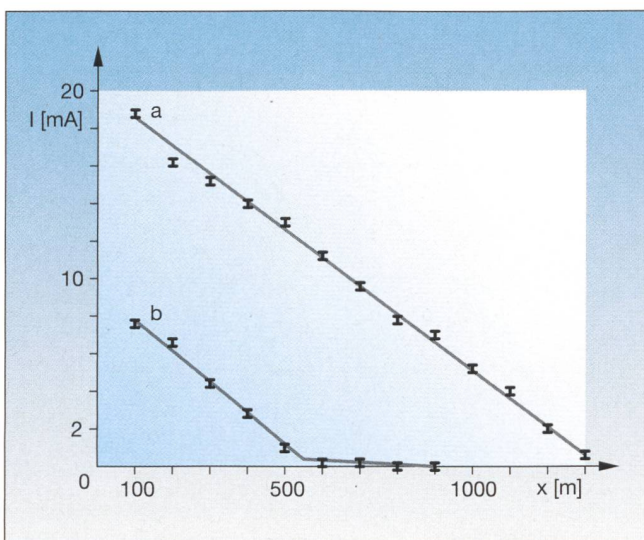


Bild 9 Aktive Ortung: Stromstärke entlang eines Trassenbandes mit Unterbrechung des Leiters (b)

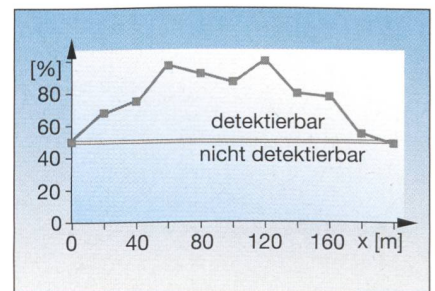


Bild 10 Ortbarkeit eines Trassenbandes mit Cu-Draht (Messwerte)

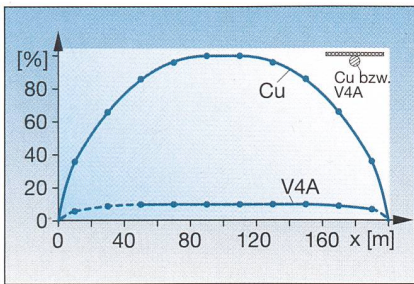


Bild 11 Ortbarkeit von Trassenbändern (Rechenwerte)

Ortskoordinate x ist die relative Anzeige des Ortungsgerätes aufgetragen. Deutlich ist der charakteristische Verlauf der Anzeige zu erkennen. Die angezeigten Werte nehmen zur Mitte der Trasse hin zu. Für die zweite Hälfte der Trasse ergibt sich ein zur ersten Hälfte annähernd spiegelbildlicher Verlauf. Mit Ausnahme des Anfangs- und Endbereiches von wenigen Metern ist die gesamte Trassenlänge eindeutig detektierbar. Vergleichsweise untersuchte Trassenbänder älterer Konstruktion mit Leitern aus nicht rostendem Stahl (V4A) waren weniger gut detektierbar, weil diese Bänder einen grösseren nicht detektierbaren Anfangs- und Endbereich aufweisen. Die neue Generation von Trassenbändern mit Kupferleitern führt zu etwa zehnfach höheren Anzeigen der Ortungsgeräte als bei Verwendung von V4A-Leitern.

Vergleicht man die Messergebnisse in Bild 10 mit den Simulationsergebnissen

nach Bild 11, so ist festzustellen, dass der reale Verlauf der Anzeige vom errechneten Wert abweicht. Dies ist im Wesentlichen auf zwei Einflussgrößen zurückzuführen:

- der spezifische Bodenwiderstand ist längs der Trasse nicht konstant
- die Soll-Legetiefe von 0,6 m ist längs der Trasse nicht genau eingehalten.

Bild 12 stellt Ortungsergebnisse für die passive Ortung einer längeren Trasse dar; die Trasse ist durchgängig detektierbar. Der ermittelte Verlauf der Anzeige des Ortungsgerätes weicht deutlich vom Idealverlauf nach Bild 11 ab. Dies liegt vor allem daran, dass die Trasse abschnittsweise in unterschiedlicher Himmelsrichtung verläuft, mehrere Richtungsänderungen bis zu 90° und stark unterschiedliche Legetiefen aufweist.

Bei einer Versuchsanlage auf dem Campus der Fachhochschule Hannover

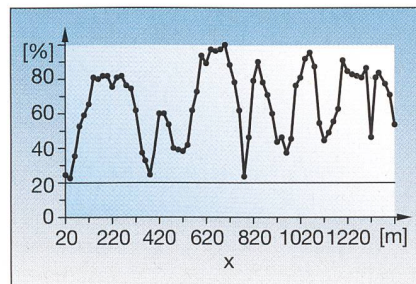


Bild 12 Passive Ortung; Ortungssignalpegel einer Trasse

Le détection des câbles non métalliques

Expériences pratiques avec les bandes de tracé détectables

L'utilisation de bandes de tracé détectable offre une possibilité de réduire les dommages aux câbles non métalliques et conduites lors de travaux de constructions souterraines, par exemple les câbles à fibres de verre et les conduites de gaz en matière synthétique. La détection est effectuée au moyen des systèmes inductifs conventionnels. De nombreuses entreprises de construction souterraines possèdent de tels détecteurs.

Pour permettre la détection, un courant électrique doit circuler dans les conducteurs de la bande détectable afin de permettre le repérage du champ magnétique engendré par ce courant. Suivant les conditions locales, il y a diverses méthodes permettant de créer ce courant. On fait une distinction entre détection active et passive. De bonnes conditions de détection sont assurées par de longs fils bons conducteurs sur la bande détectable.

hat sich gezeigt, dass das Trassenband bei dem in der Stadt vorhandenen relativ hohen Rauschpegel mit dem passiven Ortungsverfahren nur dann detektierbar ist, wenn der leistungsstarke Sender in Ramsloh eingeschaltet ist. Eine aktive Ortung war jederzeit möglich.

Literatur

- [1] Karl-Heinz Münnich, Fred Wiznerowicz: Kabel- und Leitungsschäden. Entstehungsursachen und Möglichkeiten zur Schadensprophylaxe. Institut für Bauschadensforschung e. V., Hannover. Heft 2 der Informationsreihe, 2. Auflage 1995.
- [2] H. Kopp, F. Wiznerowicz: Warneinrichtungen für erdverlegte Kabel und Rohrleitungen. Trassenbänder, Warnnetze, Abdeckungen, Ortungseinrichtungen. Institut für Bauschadensforschung e. V., Hannover. Heft 16 der Informationsreihe, 2000.
- [3] EN 12613:2001 Plastics warning devices for underground cables and pipelines with visual characteristics.
- [4] DIN 54841-5 (November 2000) Warneinrichtung aus Kunststoff für erdverlegte Kabel und Rohrleitungen. Teil 5: Kabelabdeckung.
- [5] DIN 54841-3 (Juli 2000) Warneinrichtung aus Kunststoff für erdverlegte Kabel und Rohrleitungen. Teil 3: Detektierbares Trassenband.
- [6] Eugen Jäckle: Elektronische Rohr- und Kabelsuche. Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1966.
- [7] Fa. Radiodetection (Hrsg.): ABC and XYZ of locating buried pipes and cables – for the beginner and the specialist (1994).
- [8] Kabelleitungstiefbau. Gütesicherung RAL-GZ 962. Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e.V., Bonn. Ausgabe Januar 1992.
- [9] Otto von Franqué: Korrosionsverhalten von Kupfer und Kupferlegierungen im Erdboden. Deutsches Kupfer-Institut, Sonderdruck S. 174 (1979).
- [10] Bob Gurniak: Neutral corrosion problem overstated. Transmission & Distribution World 48(1996)8, S. 152 bis 158.

Adresse der Autoren

Fachhochschule Hannover, Fachbereich Elektro- und Informationstechnik: Prof. Dr.-Ing. Hartmut Kopp, hartmut.kopp@etech.fh-hannover.de, Prof. Dr.-Ing. Fred Wiznerowicz, fred.wiznerowicz@etech.fh-hannover.de

¹ Trasse: deutsche Schreibweise für Trasse

² Unter einer Suchschachtung versteht man einen von Hand mit Pickel und Spaten auszuhebenden Graben quer zum vermuteten Verlauf eines Kabels oder einer Rohrleitung, um Vorhandensein und genauen Verlauf zu ergründen.

³ Unter einem Düker versteht man die auf dem Prinzip kommunizierender Röhren beruhende Führung von Rohrleitungen bei der Unterquerung von Wasserläufen, Tunneln oder anderen Hindernissen. Bei der Führung von Kabeln wird der Begriff im übertragenen Sinne ebenfalls verwendet.

*Total Security Management bringt Sie ganz
nach oben ...*

Und dort bleiben Sie auch.

*wie – wo – was? – Fragen Sie
einfach uns ...*

Zum Beispiel mit
unseren ergonomischen Bedienungs-
anleitungen:
TSM SUCCESS MANUAL®



Details unter www.sev.ch

Kontaktpersonen:
Elena Lacava, Tel. 01 956 14 03
elena.lacava@sev.ch

Dr. Konstantin Anagnostopoulos
Tel. 01 956 13 31
konstantin.anagnostopoulos@sev.ch

**Industrie und Gewerbe wirtschaften nur
dann erfolgreich, wenn Unfälle vermieden
werden**

Gewissheit für Wachstum und Gesundheit

TSM
TOTAL SECURITY MANAGEMENT

SIUMEL – Sicherer Umgang mit Elektrizität

Der SEV bietet für jede Branche massgeschneiderte Schulungen an, die auf dem Elektrizitätsgesetz und dem Unfallversicherungsgesetz basieren und somit alle Aspekte des Personen- und Sachschutzes beinhalten.

Eine Ausbildungseinheit kann als Kurzreferat 2 Stunden oder bis zur vollumfänglichen Schulung mit Praxisteil zwei bis drei Tage dauern.

Fühlen Sie sich angesprochen? Möchten Sie in Ihrer Unternehmung einen Beitrag zur Arbeitssicherheit leisten? Dann rufen Sie doch einfach an. Wir freuen uns auf Ihre Anfrage.

Schweizerischer Elektrotechnischer Verein (SEV)
8320 Fehraltorf
Herbert Keller
Telefon 01 956 12 33
E-Mail herbert.keller@sev.ch

