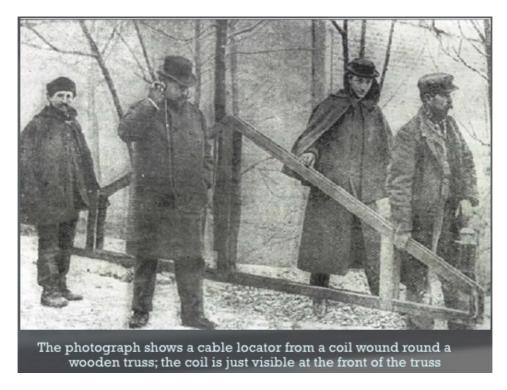
Wissenswertes über Kabelsuchen



Das obige Bild zeigt Kabelsuchen um 1910 (wahrscheinlich in Deutschland - Siemens?).

Aus meinen Burschentagen vor 60 Jahren erinnere ich mich an einen Mann mit Kopfhörern der die Straße entlang ging und mit einem kleinen, roten Koffer gewedelt hat. Weiter unten in der Straße stand ein anderer roter Koffer an einem offenen Kanalschacht, und ich habe erfahren, daß er eine Wasserleitung gesucht hat. Dies erzählt, daß elektromagnetisches Suchen nach Rohrleitungen und Kabeln nichts Neues ist. Ich habe das Internet nach historischen Daten durchforstet, finde aber wenig. Was ich finde ist, daß die Technik, von etwas ungleichen Voraussetzungen heraus, hauptsächlich in Deutschland und Amerika entwickelt wurde. In Amerika bestand der größte Bedarf darin



Bildet viser den engelske fysikeren Michael Faraday som skrev en avhandling om elektromagnetisk induksjon i 1831

Rohrleitungen über weite Abstände zu spüren. Dort hatten sie reichlich Platz, und heute noch hängen die meisten Kabel und Leitungen an Masten. In Deutschland hat man in den 1880-Jahren angefangen Kabel in engen Stadtstraßen und Gassen zu vergraben, und es ist ein steigender Bedarf entstanden Kabel und Rohre zu orten ohne sie aufzugraben. In der Zeit bis zum zweiten Weltkrieg tauchte eine Menge Patente und Apparate auf, die meisten amerikanisch, und einige der Firmen die damals entstanden sind heute noch im Geschäft!

Bis in die 1960-er Jahre basierte sich alle Elektronik auf Radioröhren, und die Geräte waren gro β und schwer. Mit dem Einzug des Transistors ist alles viel leichter und kleiner (nicht notwendigerweise besser) geworden.

In 1964 hat Western Electric den ersten Kabelsucher mit zwei übereinander gestaffelten Antennen vorgestellt. Das hat mehrere Vorteile gebracht. Die Reichweite konnte begrenzt werden, sodaß der Kabelsucher nicht von Signalen aus fernen Quellen (Radiosignalen) gestört wurde, und es ist möglich geworden Kabel unter Hochspannungsleitungen zu suchen ohne allzu sehr davon gestört zu werden. Außerdem wurde es möglich die Tiefe automatisch zu messen durch Vergleich der Signalstärken der zwei Antennen.



Altmodischer Kabelsucher (Sender und Empfänger) von der amerikanischen Firma Fischer. Diesen gibt es noch zu kaufen!

Was ist ein Kabel?

Ein Kabel ist ein Bündel von Stromleitern mit nur einer Dimension – Länge. Die Elektronen strömen frei darin und können wie Wasser in einer Rinne "schwappen". Wir stellen uns gerne ein Kabel als

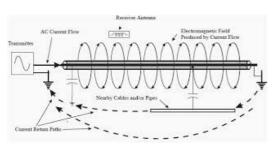


Illustration von Stromegen und magnetischem Feld um ein Kabel. Der Kabelsucher detektiert das Magnetische Feld über der Erdoberfläche.

eine Anzahl isolierter Leiterpaare in denen der Strom im geschlossenen Kreislauf flieβt vor. In diesem idealen Fall würden sich die Felder aller Leiter im Umfeld neutraliseren, und das Kabel wäre nicht Nachzuweisen. Der Kabelsucher sieht das Kabel als ein einzelner Leiter, und damit es nachweisbar wird, muß eine unbalancierte Wechselstromkomponente mit Rückweg durch die Erde darin fließen.

Es gibt fast immer genügend unbeabsichtigtes (natürliches) Signal um ein Kabel nachzuweisen. Was einen

Nachweis verhindern kann, ist zu kurzer Abstand zu einem Bruch oder einem offenen Erde (keine Erdverbindung), oder daβ das Kabelsignal durch ein stärkeres Fremdsignal übertönt wird. In solchen Fällen braucht man einen Sender.

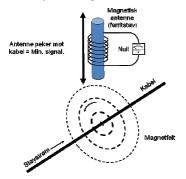
Was ist ein Kabelsucher?

En Kabelsucher ist ein Radioempfänger der Signale von naheliegenden Kabeln empfängt. Er detektiert die magnetische Feldkomponente (die fast ungestört durch das Erdreich dringt) und kann von einer einzelnen bis zu sechs Antennen in der Form von unterschiedlich orientierten Suchspulen haben. Im Prinzip genügt eine Antenne, wir werden aber sehen, da β es gute Gründe dafür gibt mehrere zu haben.

Antennenorientierung

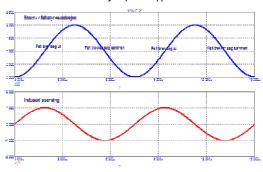
Antenne på tvers av kabel = max. signal. Magnetfelt Magnetfelt

Spole zeigt auf Kabel: Null



Antenna langaetter kwbel = Min. eignal.

induksjonsprinsipp. Indusert spenning vs feltstyrke (tidsforløp)



Die obigen Figuren zeigen verschiedene Antenneorientierungen.

(Die norwegischen Texte in den Bildern lassen sich leider nicht ändern.)

Warum ist es Vorteilhaft mit mehreren Antennen?

Eine systematisch bewegte Suchspule genügt im Prinzip um Position, Richtung und Tiefe eines Kabels zu bestimmen. (Siehe obige Figuren). Das erlaubt das Bauen von sehr kleinen, handlichen Instrumenten (vgl. CableBuster). <u>Der Nachteil ist, daβ ein solcher Kabelsucher nicht zwischen Signalen aus nah und fern unterscheidet</u>. Radiosignale tragen zwar dazu bei Kabel die sonst nicht detektierbar wären



CableBuster Kabelsucher mit einer Antenne.



CB DiffAnt Kabelsucher mit zwei Antenen.

zu beleben, verursachen jedoch auch Fehlanzeigen und können mit echten Kabelsignalen verwechselt werden ("Phantomkabel"). Dieses Problem wird mit einer differentiellen Antennenanordnung – d.h. zwei umgekehrt gerichteten Antennenelementen (Suchspulen) im passenden Abstand über einander – gelöst. Signale aus Fernen Quellen werden neutralisiert, während Nahfeldsignale von Kabeln durchkommen.

Kabel (auch unterirdische) sind Antennen die Radiosignale auffangen und als Sekundärstrahlung, die ein Kabelsucher mit Differentialantenne zur Lokalisierung ausnützen kann, wieder abgeben. CB DiffAnt nützt rückgestrahlte Radiosignale aus um Kabel zu lokaliseren.

Warum mehr als zwei Antennen? Die Antwort heißt: Automatik!

Mit zwei Antennenelementen (Differentialantenne) und einer systematischen Suchstrategie, kann man alles tun was mit einem Kabelsucher möglich ist. Man kann Position, Richtung und Tiefe bestimmen und kreuzende Kabel finden. Die Genauigkeit ist von der Natur – nicht vom Instrument – gegeben. Automatik handelt um Bequemlichkeit und Zusatzfunktionen, nicht um Präzision. Erweiterung de Funktionsrepertoirs ist, jedoch, ein zweischneidiges Schwert. Das Instrument kann so viele Wahlmöglichkeiten und Einstellungen bekommen, daβ die Benutzerschwelle zu hoch wird. (Wer kennt und benutzt alle Funktionen seines Handies?) Es bedarf sechs Antennen (Kanäle) um alle Dimensionen zu erfassen ohne den Kabelsucher zu bewegen. Der Benutzer wird dann vom Instrument gesteuert, nicht umgekehrt.



Beispiel von automatischem Kabelsucher in der oberen Preisschicht.

Es gibt hochtechnologische Kabelsucher und dazu gehörige Sender mit wählbaren Bandbreiten und Arbeitsfrequenzen von 50Hz bis mehreren hundert kHz und automatischer Angabe von Seitenabweichung, Richtung, Tiefe und kreuzendem Kabel und Meβdatenspeicherung und GPS. Ich nehme an (ohne es untersucht zu haben), daβ es Kabelsucher in der oberen Preisschicht gibt die komplette Kabelpläne automatisch erstellen können.

– Nützlich für einige Profis, aber teuer und unnötig für diejenigen die nur Kabelschäden vermeiden wollen.

Wo kommen die Signale her?

"Natürliche" Kabelsignale sind Rauschen und zufällig aufgefangene Signale. Es können Brumm und Überharmonische vom Stromversorgungsnetz sein, Störungen von Kraftversorgungseinheiten und Beleuchtung (Stromsparlampen sind starke Störsignalquellen!), Elektromotoren, Telekommunikationssignale (digitale Signale sausen), Radiosignale, atmosphärisches Rauschen, Übersprechen ("Ansteckung") von Nachbarkabeln usw. Es gibt in besiedelten Gebieten fast immer genügend "natürliches" Signal um die Kabel zu Orten. Die Ausnahme ist in unmittelbarer Nähe von Bruchstellen und Enden ohne Erdverbindung. Auch stromlose (nicht angeschlossene) Kabel lassen sich nachweisen. Sehr oft wird man auch Metallrohre detektieren können.

Dort wo das Signal zu schwach ist (z.B. Nahe an einem offenen Ende), oder man wünscht ein Störsignal zu unterdrücken oder ein Kabel mit einem eigenen, unverwechselbaren Signal zu markieren, kann man einen Sender (Signalinjektor) einsetzen.

Aktives und passives Kabelsuchen



CableAnimator Sender und Batterierohr

Aktives Kabelsuchen ist Suchen mit eigenem Sender – notwendig dort wo das natürliche Signal zu schwach oder der Zweck ist ein besonderes Kabel zu spüren. Der Vorteil der Benutzung eines Senders ist a): man eine sehr niedrige Arbeitsfrequenz (z.B. 512Hz) wählen und damit eine lange Reichweite und wenig Übersprechen erzielen kann, und b): daß Kabelsucher so selektiv sein kann, daß er für alles andere als das eigene Sendesignal praktisch Taub ist. Bei sehr niedrigen Frequenzen (extrem langer Wellenlänge) braucht man einen starken Sender um die schwache Kopplung zwischen Kabel und Kabelsucher zu kompensieren.

Der abgebildete Sender ist Holte Electronics CableAnimator (133kHz) – eine nützliche Ergänzung zu CableBuster und CB DiffAnt. Der kleine Stab rechts im Bild

ist der Sender. Er wird mit angeschlossener Batterie (der zweite Stab) quer über das zu markierende Kabel gelegt und gibt ein starkes pulsierendes Signal das über weite Abstände im Kabel gespürt werden kann. Wir werden sehen, da β es drei fundamentale Methoden gibt um ein Signal in ein Kabel einzuspeisen.

Passives Kabelsuchen

heiβt "natürliche" Signale auszunutzen. Ein Baggerfahrer, der nur vermeiden will Kabel zu



Staubsauger, potente Störsignalquelle!

beschädigen, kommt weit damit. Passives Suchen funktioniert am besten bei hohen Frequenzen, wo die Kabel effektive Antennen sind – es jedoch auch mehr Übersprechen ("Ansteckung") zwischen Nachbarkabeln gibt. Ein Kabelsucher für passives Suchen mu β eine gewisse Bandbreite haben um genügend Signal zu fangen.

CableBuster und CB Diffant sind für passives Suchen konstruiert, haben aber guten Nutzen vom CableAnimator dort wo die natürlichen Signale zu schwach sind – z.B. nahe an einem offenen Ende oder um störende Signale zu übertönen. Man kommt bedeutend näher an das Kabelende mit einem starken Signal im Kabel.

Suchmethodik

Das magnetische Feld umschlieβt das Kabel wie ein diffuser Zylinder. Die Feldrichtung ist quer zum Kabel und die Feldstärke ist umgekehrt proportional mit dem Abstand zum Kabel (doppelter Abstand gibt halbe Feldstärke). Das ist genug Information um ein Kabel lokaliseren zu können.

Mit dem Kabelsucher finden wir die Stelle wo das Feld horizontal verläuft, d.h. direkt über dem Kabel. Die Tiefe wird durch Kreuzpeilung (Triangulierung, am einfachsten in 45° Winkel) gefunden, oder man kann sie aus dem Signalstärkeunterschied zwischen zwei übereinander gestaffelte, horizontal orientierte Antennen berechnen. Die Genauigkeit ist 10-20% für beide Methoden.



Reile dybde

Suchen Tiefe peilen

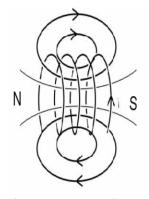
Max. Kabel Max.

Richtung bestimmen:

Über das Kabel kreisen. Zwei Nullpunkte finden und eine Linie dazwischen ziehen.

Bilder: Suchen mit Holte Electronics CB DiffAnt.

Antennen



Elementarer Zusammenhang zwichen Strom und magnetischem Feld. Die Spule hat in Praxis einen Ferritkern der das Feld konzentriert.

Einfache Antennespule

Sehr einfache Kabelsucher wie CableBuster (nicht für Deutschland geeignet) haben nur eine Antennenspule. Ein solcher unterscheidet nicht zwischen Kabel und Radiosignale, funktioniert aber befriedigend da wo es keine dominanten Störsignale gibt. In Deutschland und angrenzenden Gebieten muß man eine differentielle Antenne die direkt einfallende Radiosignale eliminiert haben.

Zwei und mehrere Antennenspulen

Ein normaler Kabelsucher hat zwei entgegengesetzt gerichtete Antennenspulen – eine ganz unten und eine weiter oben. Radiosignale die oben und unten gleich stark einfallen werden neutralisiert, während Kabelsignale die unten viel stärker sind als oben durchkommen. Diese Anordnung wird Differentialantenne genannt. Vollautomatische Kabelsucher brauchen

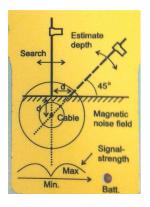
sechs (2x3) Antennen um alle Dimensionen zu erfassen ohne den Kabelsucher zu bewegen.

Horizontale und vertikale Antennenspulen haben je ihre Vor- und Nachteile:



Eine horizontale Antenne quer zum Kabel gibt das stärkste Signal und unterscheidet am besten zwischen Nachbarkabeln. Das Signalstärkemaximum ist jedoch nicht sehr deutlich. Man findet die Richtung durch Drehen des Kabelsuchers bis das Signal verschwindet (oder man überläßt es der Automatik). Genaue Tiefenmessung durch Triangulierung ist mit zwei horizontalen Antennen, die einander neutralisieren, nicht möglich. Die Tiefe kann, jedoch, aus dem Signalstärkeunterschied zwischen den Antennen berechnet werden (vorausgesetzt hinreichend sauberes Signal).

Die meisten Kabelsucher auf dem Markt haben horizontale Antennen. (Illustration: Frontetikette von CableBuster.)



Eine vertikale Antenne gibt ein scharfes Minimum (Feld in Querrichtung), wenn sie auf das Kabel zeigt und ein Maximum ca. eine Kabeltiefe daneben. Das Strahlungsdiagramm ist rotationssymmetrisch, soda β man die Richtung beim Suchen nicht berücksichtigen mu β . Das macht das Suchen schnell und einfach. Die Tiefe wird durch Kreuzpeilung bestimmt. Der Nachteil ist, da β die Empfindlichkeit schlechter ist, und da β man in einigen Fällen nicht so gut zwischen benachbarten Kabeln unterscheiden kann wie mit einer horizontal orientierten Antenne. Fehlende Signalstärke ist selten ein Problem. (Illustration: Frontetikette von CB DiffAnt)

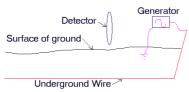
Die Suchtechnik muß der Antennenorientierung angepaßt werden.

Holte Electronics hat gewählt CB DiffAnt mit einer vertikalen Antennenanordnung auszustatten, weil es die einfachste Suchmethodik und eine schlanke Form des Instruments gibt. Das geringe Gewicht und die unike Tonanzeige erlaubt sehr schnelles Suchen. (Hören ist viel schneller als sehen!)

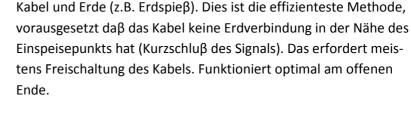
Signalinjektion (eigener Sender):

Wo das "natürliche" Signal nicht ausreicht (z.B. nahe an einem offenen Ende) oder es von einem Störsignal übertönt wird, oder man wünscht ein Kabel oder Netz mit einem eigenen Signal zu markieren, braucht man einen Sender (Signalinjektor).

Es gibt drei grundlegende Injektionsmethoden:



Direkte (Galvanische) Einspeisung des Sendesignals zwischen Kabel und Erde.



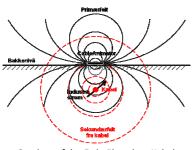
Direkte (Galvanische) Kopplung des Signalgenerators zwischen



Induktionszange (induction clamp)

Induktionszange am Kabel

Auch sehr effiziente Methode, vorausgesetzt da β das Kabel keine lokalen Erdverbindungen an beiden Seiten von der Zange hat (Kurzschlu β des Signals). Wirkt optimal an einer Erdverbindung, und funktioniert auch gut an langen, erdfreien Kabeln hinreichend weit vom Ende. Funktioniert nicht am offenen Ende.



Sender auf der Erde über dem Kabel

Induktiver Sender quer zum Kabel

Weniger effiziente, aber voll gebräuchliche Methode für einfache Zwecke (Kabelschäden vermeiden). Fordert keinen Zugang zum Kabel, man muß nur wissen wo es liegt dort wo der Sender angebracht werden soll. Am effizientesten nahe an einem erdverbundenen Ende, funktioniert aber auch gut an langen Kabeln ohne Erdverbindung. Funktioniert nicht an offenen Enden.



CableAnimator an Mastniederführung

Das Bild links zeigt Holte Electronics **CableAnimator** im Einsatz. Der kleine, gelbe Stab links ist der Sender. Er enthält ein wenig Elektronik und eine Ferritantenne (auf Ferritstab gewickelte Spule) die das magnetische Hochfrequenzfeld erzeugt. Er wird vom Batterierohr rechts mit Strom versorgt. Die Platzierung an der Mastniederführung ist optimal!

Typisch ist der Sender sonst ein kleiner Koffer mit eingebauter Induktionsspule, Aufbewahrungsfach für Zubehör und Anschlüsse für Galvanische Ankopplung und Induktionsszange. Es gibt genauso viele Varianten wie von Kabelsuchern. Holte Electronics, das nicht auf den professionellen Markt zielt, hat eine einfache Lösung gewählt.

Wenn Sie die ganze Flora von Kabelsuchgeräten sehen wollen, kann ich empfählen nach Bildern von Kabelsuchern zu "Googeln".

Nicht eigenproduzierte Figuren sind freie Illustrationsbilder vom Internet.