

O.I.T.A.F.

*Die
magnetinduktive
Seilprüfung*

Heft nr. 3

Cahier n. 3

Die magnetinduktive Seilprüfung*)

1. Grundlagen

Das magnetinduktive Prüfverfahren beruht auf der Bildung von Streufeldern, die an Stellen geringer Permeabilität in Eisenwerkstoffen entstehen.

Das Prinzip der Prüfung ist folgendes:

Der zu prüfende Seilabschnitt wird kontinuierlich beim Durchlauf des Seiles auf einer Länge von 20–40 cm magnetisiert. Diese Magnetisierung erfolgt mit Hilfe von Permanentmagneten oder von Elektromagneten, die ein in Seilachse verlaufendes Feld erzeugen. Die Feldstärke ist ausreichend, um die Seile bis zur Sättigung zu magnetisieren. Um das Seil herum sind im magnetisierten Seilabschnitt die Meßspulen angebracht (Abb. 1). Befindet sich im Prüfobjekt, zum Beispiel im Draht-

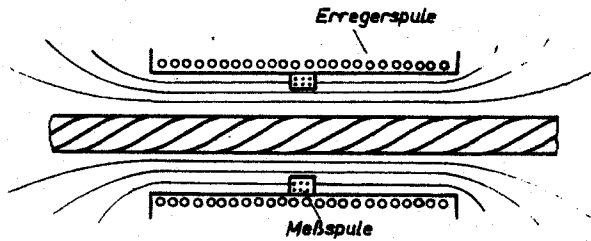


Abb. 1. Prinzip der magnetinduktiven Prüfung

Fig. 1. Principe du contrôle magnéto-inductif

seil, ein Fehler (Drahtbruch), so tritt an dieser Permeabilitätsänderung das Feld aus und es entsteht ein sogenanntes Streufeld (Abb. 2). Dieses Streufeld induziert in den Meßspulen einen Spannungsstoß, der verstärkt und mit Hilfe eines Registriergerätes aufgeschrieben wird.

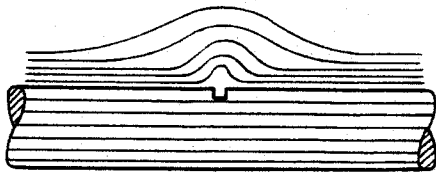


Abb. 2. Schematische Darstellung des Streufeldes

Fig. 2. Représentation schématique du flux de dispersion

Durch die Art der Meßspule (entgegengewickelte Doppelspule) wird nur der radiale Anteil des Streufeldes erfaßt. Das bedeutet also, daß das in Seilrichtung verlaufende Feld nicht zur Anzeige kommt, da bei fehlerlosem Prüfling die Meßspule stromlos bleibt. Der Spannungsstoß ist proportional der zeitlichen Feldänderung, also

$$U \sim \frac{d\Phi_r}{dt}$$

wobei U = Spannungsstoß (Impuls)
 Φ_r = radiale Streufeldkomponente
 t = Zeiteinheit
 ist.

Abb. 3 veranschaulicht die Ausschlagsformen für einen Drahtbruch und für ein einzelnes Drahtende, und zwar zunächst das Streufeld Φ , dann die Radialkomponente Φ_r und schließlich den Impuls $U \sim \frac{d\Phi_r}{dt}$

oder
$$U \sim \frac{d\Phi_r}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{d\Phi_r}{dx} \cdot v$$

*) An der Ausarbeitung dieses Berichtes haben die Mitglieder des entsprechenden OITAF-Ausschusses mitgewirkt, nämlich die Herren G. Greco, Ministero dei Trasporti, Rom, F. Winkler, Eidg. Amt für Verkehr, Bern, J. Wolff, Technischer Überwachungsverein Bayern, München, sowie Herr R. Kurz, Technischer Überwachungsverein Bayern.

Le contrôle magnéto-inductif des câbles en acier*)

1. Principe

Le procédé d'examen magnéto-inductif repose sur la formation de flux de dispersion dans les régions des produits ferreux où la perméabilité se trouve réduite.

Le principe d'un essai est le suivant:

Le câble que l'on doit contrôler est magnétisé d'une façon continue sur une longueur de 20 à 40 cm, pendant son passage dans l'appareil. Cette magnétisation est produite par des aimants permanents ou des électro-aimants, qui produisent un champ magnétique suivant l'axe du câble. L'intensité du champ produit est suffisante pour magnétiser le câble jusqu'à la saturation. Les bobines de mesure sont installées autour du tronçon de câble magnétisé (fig. 1). Si la pièce contrôlée, par exemple un câble en acier, comporte un défaut (rupture d'un fil métallique), la variation de perméabilité modifie le champ, et il se produit ce qu'on appelle un flux de fuite ou de dispersion (fig. 2). Ce flux de fuite induit dans les bobines de mesure un choc ou impulsion de tension, enregistré dans un appareil enregistreur après amplification.

Par sa constitution même, la bobine de mesure (bobine double à enroulements opposés) n'est sensible qu'à la composante radiale du flux de fuite. Il en résulte que le champ longitudinal n'intervient pas dans l'indication de l'instrument, car la bobine de mesure n'est pas parcourue par un courant si la pièce essayée ne comporte pas de défaut. L'impulsion de tension est proportionnelle à la dérivée du flux par rapport au temps:

$$U \sim \frac{d\Phi_r}{dt}$$

avec U = impulsion de tension
 Φ_r = composante radiale du flux de fuite
 t = temps

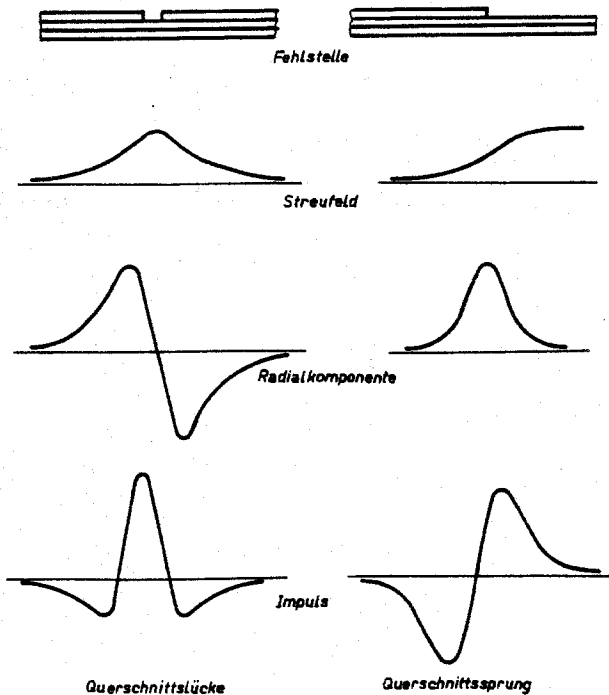


Fig. 3. Relation entre le flux de dispersion et l'image

Abb. 3. Zusammenhang zwischen Streufeld und Anzeige

*) Ont participé à la rédaction de ce rapport les membres de la commission correspondante de l'OITAF, soit MM. G. Greco, Ministère des Transports, à Rome, F. Winkler, Office fédéral des transports, à Berne, J. Wolff, Union technique de surveillance de Bavière, à Munich, et Kurz, Union technique de surveillance de Bavière, à Munich.

wobei x die Koordinate am Seil und v die Prüfgeschwindigkeit bedeuten. Man sieht also hieraus, daß der zur Anzeige kommende Impuls proportional der Prüfgeschwindigkeit ist. Eine Berechnung der induzierten Spannung nach der Dipoltheorie führt zu einer Funktion von x , mit Hilfe der die Form des Impulses ermittelt werden kann. Die gesamte Prüfeinrichtung setzt sich aus folgenden Einzelteilen zusammen.

a) Magnetisierungskörper

Die Permanentmagnete können aus einem Stück oder aus 2 Halbzylindern bestehen. Für Anordnungen mit Elektromagneten werden solche mit einem Joch oder reine Luftspulen (Solenoid), die um das Seil gewickelt sind, verwendet. Diese Spulen sind entweder fest im Spulenkörper installiert oder werden bei jeder Messung neu um das Seil gewickelt. Der Spulenkörper selbst ist teilbar ausgeführt.

b) Meßspule

Die Meßspulen sind so gewickelt, daß sie nur die radialen Streufeldanteile erfassen. Die Breite der Spule ist klein gegen den Durchmesser. Zum Teil werden zwei voneinander getrennte Spulengruppen verwendet.

c) Verstärker

Da die in der Meßspule induzierten Spannungen in der Größenordnung von mV liegen, ist eine elektronische Verstärkung der Impulse notwendig, sofern, wie es für die Prüfung in der Praxis erforderlich erscheint, unempfindliche Direktschreiber verwendet werden sollen.

Der elektronische Verstärker ist möglichst trägheitslos und unempfindlich ausgeführt und zeigt eine lineare Verstärkerkennlinie.

d) Registriergerät

Als Registriergerät kommen hauptsächlich Direktschreiber zur Verwendung. Diese Schreiber sind robust und zeigen einen linearen Frequenzgang bis 150–200 Hz. Vereinzelt sind auch Kathodenstrahloszillografen anzutreffen.

e) Stromversorgung

Die Elektromagnete bzw. die Luftspulen benötigen eine Versorgung mit Gleichstrom. Die Gleichstromversorgung der Luftspulen erfolgt meist aus Akkumulatoren. Außerdem ist bei der Prüfung von Tragseilen auch eine Stromversorgung für den Verstärker und das Registriergerät, bestehend aus Batterie und Umformer oder Zehacker, mitzuführen.

Prüfung

Die Prüfung von bewegten Seilen (Förderseil, Zugseil, Hilfsseil und ähnlichen) kann in der Station erfolgen. Der Spulenkörper wird einmal am Seil angebracht und das Seil mit der gewünschten oder möglichen Geschwindigkeit kontinuierlich durch die Spule gefahren.

Bei Tragseilen muß zur Prüfung das Seil mit Hilfe einer Prüfkabine, auf der die Meßgeräte mitgeführt werden, abgefahren werden. Nach jeder Stütze muß die Prüfspule am Seil montiert und vor der nächsten Stütze wieder abgebaut werden. Das auf den Stützenschuhen aufliegende Seilstück kann im allgemeinen durch die Prüfung nicht erfaßt werden. Eine entsprechende Konstruktion des Magneten (Jochmagnet oder Permanentmagnet) ermöglicht auch die Prüfung dieses Seilabschnittes mit einer Meßspulenhälfte.

2. Geschichte des OITAF-Seilprüfgerätes

Im Sonderheft 1 und im Heft 3 des Jahrgangs 1960 der Internationalen Seilbahnrundschau wurde über den ersten Teil der Arbeiten des Studienausschusses berichtet. Der Ausschuß hat anschließend – ermutigt durch die leitenden Organe der OITAF und das allgemeine Interesse – eine Umfrage über die Bau- und die Verwendungsarten der verschiedenen, heute verwendeten Prüfgeräte durchgeführt.

Das Ergebnis der Umfrage ist im Abschnitt 4 dieses Berichtes zusammengestellt; es geht daraus hervor, daß die Geräte einerseits nach dem gleichen Prinzip arbeiten, andererseits aber sehr verschieden gebaut sind.

Der Ausschuß hat sich die Aufgabe gestellt, die Vor- und Nachteile der verschiedenen Geräte zu untersuchen, anschließend für jeden Teil der Prüfeinrichtungen die gegenwärtig günstigste Lösung zu suchen und, gestützt auf die neuesten

La fig. 3 montre les formes d'impulsion produites par la rupture d'un fil métallique, ainsi que pour le cas où un fil se termine le long du câble. Cette figure montre successivement le flux de fuite Φ , sa composante radiale Φ_r , et l'impulsion de tension $U \sim \frac{d\Phi_r}{dt}$

$$U \sim \frac{d\Phi_r}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} = \frac{d\Phi_r}{dx} \cdot v.$$

Dans ces formules, x représente l'abscisse comptée le long du câble et v la vitesse linéaire d'essai du câble. On voit par là que l'impulsion produite et indiquée sur l'instrument est proportionnelle à la vitesse linéaire de l'essai.

Un calcul de la tension induite, d'après la théorie du dipôle, conduit à une fonction de x , à l'aide de laquelle on peut déterminer la forme de l'impulsion.

L'installation d'essai comprend les organes suivants:

a) Corps ou bâti de magnétisation

Les aimants permanents peuvent être en une seule pièce, ou bien en deux demi-cylindres. Dans les dispositifs utilisant des électro-aimants, on emploie des électro-aimants comportant une culasse, ou bien des bobines sans noyau, ou solénoïdes, qui sont enroulées autour du câble. Ces bobines sont installées à poste fixe dans un bâti, ou bien sont enroulées autour du câble pour chaque mesure. Le bâti de bobine est lui-même divisible.

b) Bobine de mesure

Les bobines de mesure sont enroulées de façon à être sensibles uniquement à la composante radiale du flux de fuite. La longueur de la bobine est faible comparativement au diamètre. On emploie parfois deux groupes de bobines séparés.

c) Amplificateur

Les tensions induites dans la bobine de mesure sont de l'ordre de grandeur de quelques microvolts. Les impulsions doivent donc être amplifiées électroniquement quand on doit employer des enregistreurs directs et peu sensibles, comme cela semble nécessaire dans les essais pratiques.

L'amplificateur électronique doit avoir une inertie aussi faible que possible, n'être pas fragile et avoir une caractéristique d'amplification linéaire.

d) Enregistreur

On emploie principalement des enregistreurs directs. Ces enregistreurs sont robustes et ont une sensibilité constante en fonction de la fréquence jusqu'aux environs de 150 à 200 Hz. Dans certains cas particuliers, on utilise également des oscillographes à rayons cathodiques.

e) Alimentation électrique

Les électro-aimants et les bobines sans noyau doivent être alimentés en courant continu. Le courant continu est fourni le plus souvent par des batteries d'accumulateurs. Quand on essaie des câbles porteurs, il faut également une alimentation électrique autonome pour l'amplificateur et l'enregistreur. Cette alimentation comprend une batterie et un convertisseur ou bien un onduleur à contacts (vibrateur).

Exécution d'un essai

Les essais des câbles mobiles peuvent se faire dans la station (câbles porteurs-tracteurs, câbles tracteurs, câbles auxiliaires, etc.). On place le bâti de bobine sur le câble, puis on fait défiler le câble d'une façon continue à la vitesse désirée ou à la vitesse réalisable.

Pour essayer les câbles porteurs, il faut se déplacer le long de ces câbles à l'aide d'une cabine qui porte les appareils de mesure. La bobine d'essai doit être enlevée du câble avant chaque pylône et remontée sur le câble immédiatement après. Le tronçon de câble qui repose sur les sabots ne peut généralement pas être contrôlé.

Une construction particulière des aimants (culasse en \sim ou aimant permanent) permet également l'examen de ce tronçon de câble au moyen d'une demi-bobine de mesure.

2. Histoire de l'appareil de contrôle de l'OITAF

La première partie de l'enquête sur la méthode magnéto-inductive relative à l'examen des câbles métalliques a fait l'objet d'un rapport que la Revue „Trasporti Pubblici“ a

technischen Möglichkeiten, den Prototyp eines neuen Gerätes – OITAF-Gerät genannt – zu schaffen.

Dabei wurden insbesondere die nachstehend erwähnten Überlegungen angestellt:

Zweck des Gerätes:

Es soll ausschließlich bei Luftseilbahnen verwendet werden. Deren Tragsseile haben Durchmesser von etwa 35 bis 60 mm, die Durchmesser der bewegenden Seile liegen zwischen 12 mm für Hilfsseile und etwa 33 mm für Förderseile. Die Abmessungen der zu prüfenden Seile haben einen direkten Einfluß auf die Dimensionen des eigentlichen Prüfgerätes und diese wiederum auf das Gewicht und die Handlichkeit sowohl beim Prüfen als auch beim Transport. Ferner ist zu berücksichtigen, daß ein für dicke Seile verwendbares Gerät bei dünnen Seilen an Empfindlichkeit verliert, wenn nicht besondere konstruktive Maßnahmen getroffen werden, die jedoch zusätzliche Aufwendungen bedingen.

Die Tragsseile weisen durchwegs Stahlseelen auf, die natürlich auch von der magnetinduktiven Prüfung erfaßt werden müssen; das Erreichen der Sättigung erfordert deshalb einen größeren Aufwand als bei den Zugseilen.

Zur Prüfung von Tragsseilen müssen die Einrichtungen samt der Energiequelle längs diesen bewegt werden; deren Gewicht ist deshalb durch die Nutzlast und deren Abmessungen durch jene der Kabinen begrenzt. Die Prüfung der Tragsseile wird erschwert durch die Stützen; das Prüfgerät muß vor jeder Stütze demontiert und nachher wieder montiert werden oder es muß den verschiedenen Lichtraumverhältnissen angepaßt werden können. Die für die Stützenüberfahrt nötigen Maßnahmen sollten einfach und ohne großen Zeitaufwand durchgeführt werden können.

Die Prüfung von Zug- oder Förderseilen kann dagegen in den Stationen durchgeführt und die Energie könnte von wenigen Ausnahmefällen abgesehen – dem Stromversorgungsnetz entnommen werden. Dem Gewicht der Einrichtungen sind nur mit Rücksicht auf den Transport Grenzen gesetzt. Für die Prüfung eines Förderseils ist das Gerät nur einmal, für diejenige eines Zugseils zweimal zu montieren und zu demonstrieren. Aus dem Gesagten geht hervor, daß ein Gerät zur Prüfung von Zug- oder Förderseilen wesentlich leichter zu bauen ist als eines für die Prüfung von Tragsseilen.

Um rasch zu einem Ergebnis zu kommen, hat sich der Ausschuß vorerst zum Bau eines Gerätes zur Prüfung von Zug- und Förderseilen entschlossen, dabei aber Lösungen gesucht, die bei einem für die Tragsseilprüfung bestimmten Gerät möglichst unverändert übernommen werden können.

Magnetisierung des Seils:

Folgende Punkte wurden erwogen:

Die aus der Literatur bekannten Wechselstromgeräte sind in der Praxis kaum verwendet worden oder es wurde darüber nichts bekannt gegeben. Deshalb hielt es der Ausschuß für richtig, Gleichstromerregung zu wählen.

Bis vor kurzem wurden ausschließlich Luftspulen verwendet. Die vom italienischen Verkehrsministerium beim Zentrum für Dauermagnete durchgeführten Versuche sowie die von der Polnischen Bergakademie Krakow erzielten praktischen Ergebnisse zeigen jedoch, daß es heute möglich ist, bei Einhaltung zumutbarer Gewichte mit Permanentmagneten eine magnetische Induktion von rund 20.000 Gauß zu erreichen; nach den Untersuchungen der erwähnten Akademie soll außerdem die Flußverteilung bei Dauermagneten gleichmäßiger sein als bei Luftspulen; deshalb wurde dem Dauermagneten der Vorzug gegeben.

In der Praxis scheinen keine wesentlichen Unterschiede zwischen Hohlzylinder- und Jochmagneten zu bestehen; Untersuchungen der Integra und des TÜV München weisen aber auf eine bessere Homogenität des Feldes bei Hohlzylindern hin. Deshalb wurden solche gewählt, dabei aber nicht vergessen, daß Jochmagnete gemäß polnischer Erfahrung vorteilhaft sind, wenn Tragsseilschuhe befahren werden müssen.

Meßspule:

Bei den heute in der Praxis verwendeten Meßspulen ist deren Achse parallel zu derjenigen des zu prüfenden Seiles; dabei sind die Spulen entweder unabhängig voneinander (direkte Messung) oder mit entgegengesetztem Windungssinn in Serie geschaltet (Vergleichsmessung). Es sei hier darauf hingewiesen, daß das italienische Verkehrsministerium andere Mittel zur Bestimmung des radialen Flusses erprobt, nämlich Hall-Generatoren, mit denen der Fluß direkt gemessen werden

publié dans son numéro 11 de 1959. Encouragé par l'approbation des organes directeurs de l'OITAF et par l'intérêt actuel de ce problème, le Comité a mené une enquête auprès des organisations intéressées pour faire le point sur les caractéristiques de construction et d'emploi des appareils servant à l'examen magnéto-inductif des câbles métalliques en service et utilisés actuellement.

Les résultats contenus dans le chapitre 4 de ce rapport montrent d'un côté, l'équivalence substantielle des principes de fonctionnement auxquels on a eu recours et, de l'autre, souligne les différences entre les solutions pratiques données pour réaliser ces principes. Au demeurant, ces différences permettent de penser que pour chaque appareil construit, il était possible d'introduire des améliorations en raison des caractéristiques de construction particulièrement brillantes que chacun des appareils en service présentait dans le secteur particulier où l'expérience du constructeur était plus poussée.

Il s'agissait donc d'analyser les facteurs qui définissent les caractéristiques de construction et d'emploi d'un appareil destiné à l'examen magnéto-inductif des câbles métalliques, de trouver ensuite pour chaque facteur la solution la plus satisfaisante à l'état actuel et de passer enfin à la synthèse en créant un nouvel appareil qui, tout en se basant sur les principes bien connus auxquels d'ailleurs avait eu recours tous les constructeurs précédents, pût travailler en utilisant ce qu'il y a de mieux dans la technique actuelle.

Voilà pourquoi le Comité a concentré ses efforts sur la réalisation d'un prototype d'appareil, appelé simplement appareil OITAF, dont voici l'origine et les résultats.

Les facteurs sur lesquels l'attention du Comité a été attirée au cours de l'analyse du problème ont été les suivants:

Emploi de l'appareil – L'appareil étudié est essentiellement destiné au contrôle des câbles en service sur les téléphériques. Or une analyse des caractéristiques des câbles en question nous indique qu'ils peuvent être classés, par rapport aux performances demandées à l'appareil, en deux catégories bien distinctes: câbles porteurs et câbles tracteurs. Cette différenciation est caractérisée par les éléments de construction du câble à savoir: le diamètre et la matière dont l'âme se compose et aussi les caractéristiques d'emploi, telles que la présence ou non des pylônes et l'emplacement de l'appareil durant les essais.

L'examen de ces éléments et de ces caractéristiques permet quelques considérations qu'il est peut-être utile de souligner, compte tenu de leurs répercussions sur l'étude du projet de l'appareil.

Le diamètre des câbles à essayer a une influence directe sur les dimensions de l'appareil; celles-ci à leur tour conditionnent, sous le double aspect du poids et de l'encombrement, la mise en oeuvre, le transport, la maniabilité en général des pièces constituant l'appareil. En outre, un appareil destiné à des câbles de dimensions considérables et employé sur un câble d'un diamètre bien inférieur perd en sensibilité, à moins d'introduire des dispositifs de correction qui entraîneraient de nouvelles complications d'emploi. Voilà pourquoi, une certaine harmonie entre diamètre maximal du câble, pour lequel l'appareil est prévu, et diamètre du câble à examiner paraît souhaitable. Actuellement, la dimension des câbles porteurs se situe entre 35 mm et 60 mm; par contre, celui des câbles tracteurs va d'un minimum de 12 mm (câbles de secours) à un maximum de 33 mm (câbles porteurs-tracteurs). Il s'ensuit que l'appareil destiné uniquement aux câbles porteurs pourrait être construit pour des diamètres de 30 à 60 mm, et celui destiné aux câbles tracteurs pour des diamètres de 10 à 35 mm.

L'âme des câbles peut être métallique ou textile. Le premier cas intéresse les câbles porteurs, le second les câbles tracteurs. Il est évident que la nécessité de pénétrer plus profondément dans la structure des câbles au cours de l'examen se manifeste surtout dans le premier cas. En effet, la sensibilité et l'exactitude de l'analyse des câbles porteurs qui doit être poussée jusqu'au noyau central, devront être très élevées pour les câbles. C'est pourquoi dans l'appareil destiné aux câbles porteurs il faudra se soucier davantage de l'homogénéité des lignes de flux et de la saturation du champ magnétique.

Si elle n'a aucune importance sur les difficultés qui se présentent pour l'examen des câbles tracteurs, la présence des pylônes présente néanmoins une entrave pour les câbles porteurs. Dans ce cas-là, en effet, l'appareil au droit des pylônes doit être démonté, puis remonté, ou bien son encombrement doit être modifié pour tenir compte du différent gabarit du sabot par rapport à celui du câble. Par conséquent, pour l'appareil destiné à l'examen des câbles porteurs, il faudrait

kann und nicht nur dessen zeitliche Änderung; da sich das System noch im Versuchsstadium befindet, wurde dem klassischen System der Spulen der Vorzug gegeben. Weil beide Schaltungsarten ihre Vorteile haben und weil einzelne Geräte nur mit dem einen oder dem anderen System arbeiten, wurde Wert darauf gelegt, daß beim OITAF-Gerät sowohl die direkte als auch die Vergleichsmessung möglich ist. Vorläufig sollen sehr schmale Spulen mit Innendurchmessern von 25 und 30 mm verwendet werden, die jedoch leicht gegen breitere oder solche mit größerem Durchmesser ausgetauscht werden können.

Verstärkung:

Trotzdem dies bei der ortsfesten Prüfung von bewegenden Seilen nicht von Bedeutung ist, werden – um das Gewicht und die Abmessungen der Einrichtungen möglichst klein zu halten – zur Verstärkung Transistoren verwendet.

Die Verstärkung kann beinahe stufenlos verändert werden; damit sollte es möglich sein, die Ausschlaghöhe des zur Eichung des Gerätes verwendeten Testdrahtbruchs bei festgelegter Lückenweite und gleicher prozentualer Querschnittsänderung immer gleich groß zu halten und die Interpretation der Diagramme zu erleichtern.

Ferner ist zu erwähnen, daß keine selbsttätige Kompensation des Geschwindigkeitseinflusses vorgesehen ist, weil eine solche für bewegte Seile ohne Bedeutung ist.

Registrierung der Diagramme:

Auf Grund der bisher gesammelten Erfahrungen sollten die Prüfungsergebnisse direkt registriert und gelesen werden können. Deshalb wurde auf photographische oder magnetische Aufnahme verzichtet und ein Tintenschreibsystem gewählt, obwohl bekannt war, daß die Tinte sehr raschen Bewegungen des Schreibers gelegentlich nicht folgen kann. Wachspapier-schreiber wurden – obwohl nicht mit diesem Nachteil behaftet – deshalb nicht gewählt, weil das Papier im praktischen Gebrauch als zu empfindlich betrachtet wurde.

Allfälligen Nachteilen, die sich aus der Trägheit und der Reibung von Galvanometer und Schreiber ergäben, könnte durch die allenfalls zeitweilige Anschaltung eines Oszillographen begegnet werden.

Der Diagrammvorschub wurde proportional der Zeit gewählt und nicht dem Weg; der vom geprüften Seil zurückgelegte Weg wird mit einem weiteren Schreiber markiert, damit besonders interessierende Seilstellen auch bei allfälligem Schwanken der Seilgeschwindigkeit einwandfrei festgestellt werden können. Die Diagrammgeschwindigkeit sollte stufenlos verändert werden können.

3. Das OITAF-Prüfgerät

1. Magnetisierungskörper

Das OITAF-Gerät besitzt zur Magnetisierung des zu prüfenden Seiles einen Permanentmagneten. Die einzelnen Elemente sind in einer Füllmasse eingebettet. Der Magnet ist rotations-symmetrisch aufgebaut und besteht aus zwei Halbschalen, die bei der Prüfung am Seil geschlossen werden (siehe Abb. 4, 5 und 6). Auf diese Weise erzeugt man in der Spulnmitte ein in Seilrichtung liegendes homogenes Feld. Die Intensität des Feldes reicht aus, um Seile bis 30 mm Durchmesser ausreichend zu magnetisieren.

2. Meßspulen

Um die Aussagefähigkeit des Prüfdiagrammes möglichst optimal zu steigern, sind zwei verschiedene Meßspulen-Gruppen eingebaut: Eine Gruppe besteht aus zwei Halbspulen, die andere Gruppe aus vier Halbspulen, wobei jeweils zwei Halbspulen nebeneinander eingebaut und gemäß Abb. 6 geschaltet sind. Die Abmessungen der Spulen ergeben sich wie folgt.

Gruppe 1: 40 mm Durchmesser, 0,08 mm Drahtdurchmesser, 1200 Windungen

Gruppe 2: 65 mm Durchmesser, 0,08 mm Drahtdurchmesser, 1200 Windungen

Die Spulen können gegebenenfalls ausgewechselt und durch andere mit eventuell erforderlichen abweichenden Abmessungen ersetzt werden.

adoptieren die Lösungen, die, obwohl komplex, die Schwierigkeiten, die durch den Übergang auf die Pylönes-Lösung, die im Gegenteil, keinen Nutzen im Verlauf der Prüfung der Seiltracteurs.

Die Platzierung des Gerätes ist ganz anders als bei der Prüfung der Seiltracteurs. Die Prüfung wird durchgeführt auf den Seiltracteurs, die zu einer oder mehreren Kategorien gehören. In der Tat, es sollte werden transportiert auf die Linie im Falle der Seiltracteurs, dann könnte es bleiben in den Stationen, wenn es geht um Seiltracteurs. Dans le premier cas, par conséquent, il faudrait utiliser une source d'énergie transportée avec l'appareil; dans le deuxième on pourrait, sauf dans des cas particuliers, se brancher directement au secteur. Le poids total et l'encombrement des parties de l'appareil seraient de même assujetties à de graves limitations pour les câbles porteurs en raison de la capacité et de la charge admissible des véhicules; par contre, il n'aurait aucune influence pour les câbles tracteurs, en ce qui concerne bien entendu l'emploi de l'appareil durant l'examen. Enfin les conditions du milieu de travail présenteraient des différences sensibles dans les deux cas, les câbles porteurs étant de ce fait désavantagés.

Ce qui précède montre que l'appareil destiné à l'examen des câbles tracteurs est plus facile à réaliser qu'un appareil à employer sur les câbles porteurs. Et puisque les difficultés doivent être affrontées par degré, on a jugé bon de considérer, tout d'abord, le système le moins compliqué de façon à établir une mise au point rapide de l'appareil et à en tirer un enseignement en faveur de second destiné aux câbles porteurs. Par conséquent, chaque fois qu'une solution valable s'est dessinée pour ce dernier, solution qui n'était pas trop complexe pour le premier, on a fait en sorte de l'adopter en vue justement d'une contribution plus vaste pour la connaissance du problème plus général.

Champ magnétique d'induction – Ce problème se présente sous trois aspects: nature du champ magnétique, origine de la force magnétique et parcours du circuit magnétique. En les examinant l'un après l'autre, on peut en tirer les conclusions suivantes:

a) comme le confirme l'enquête récemment menée, les appareils d'usage courant emploient un champ magnétique d'intensité constante dans le temps; les prototypes réalisés avec des champs à basse ou haute fréquence, dont nous parle la bibliographie, n'ont pas reçu d'application pratique, ou bien les résultats obtenus n'ont pas été divulgués. Par conséquent, au point où l'on en est, a-t-on jugé sage de ne pas s'éloigner de la solution la plus répandue, c'est-à-dire l'emploi du champ constant;

b) il y a quelques années encore, la force magnétique exigée par les appareils était produite exclusivement par des bobines à courant continu. Mais les recherches entreprises en Italie par le Ministère des Transports auprès du Centre Aimants Permanents et la récente réalisation de l'Académie Polonaise des Mines ont montré que les progrès atteints dans le secteur des poudres magnétiques permettent d'obtenir aujourd'hui des fusions de matières magnétiques dont le pourcentage est élevé et qui assurent, dans des limites de poids tout à fait admissible, l'intensité de champ suffisante de l'ordre de 20.000 Gauss. En outre, les expériences de l'Académie précitée prouveraient que la distribution des lignes de flux dans le câble est plus homogène si on emploie des aimants permanents au lieu des bobines. Voilà pourquoi pour l'appareil étudié l'aimant permanent a été préféré;

c) les solutions qui ont trouvé jusqu'ici un emploi pratique, sont celles représentées par une bobine coaxiale au câble et celle d'une spirale montée sur une culasse à U fermée magnétiquement sur le câble. Quoique les deux solutions ne semblent pas présenter au point de vue pratique des différences substantielles, les études faites en Suisse auprès de la Firma Intégra et les essais effectués auprès du T.U.V., de Munich, auraient indiqué une homogénéité plus sensible dans le cas du champ obtenu par une bobine coaxiale au câble. Par conséquent, étant donné que pour l'appareil étudié les difficultés d'emploi représentées par le passage sur les sabots des pylônes ne se vérifient pas, on a donné la préférence à ce système sans oublier cependant que le système de bobine à expansion polaire permet ce passage d'une façon plus facile comme les expériences des Polonais le prouvent.

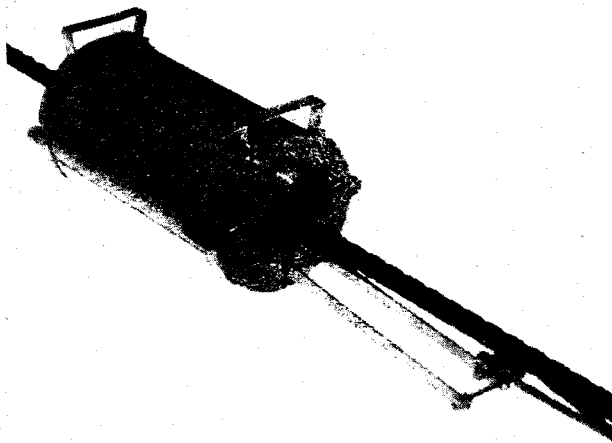


Abb. 4. OITAF-Gerät auf dem zu prüfenden Seil
Fig. 4. Appareil OITAF, placé sur le câble à contrôler

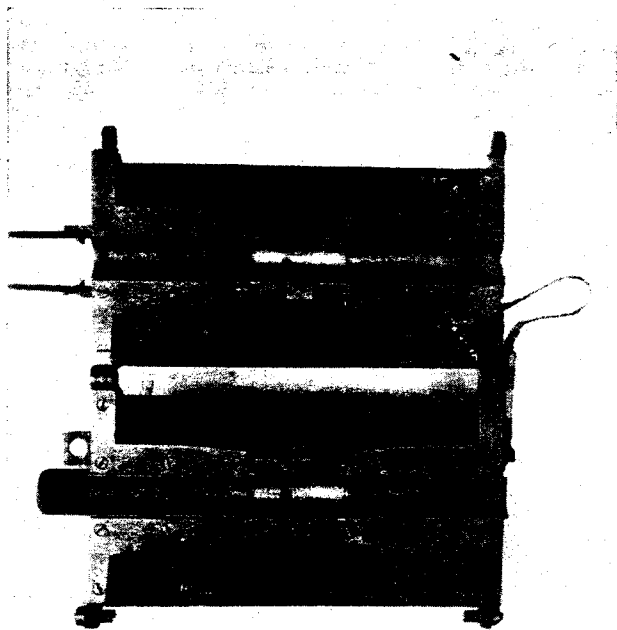


Abb. 5. OITAF-Gerät, aufgeklappt
Fig. 5. Appareil OITAF, ouvert

3. Verstärkung und Registrierung

Die Verstärkung und Registrierung der in den Meßspulen induzierten Spannungen erfolgt mit Hilfe eines Registriergerätes mit Vorverstärker (Abb. 7, rechts).

Anschlußwerte: 220 V, 25 W

Empfindlichkeit: max. 0,0005 V/mm Ausschlag

Da das Gerät zwei Meßspulen besitzt, ist auch ein Zweikanal-registriergerät erforderlich. Neben den beiden Normalkanälen ist ein Registrierkanal vorhanden, auf dem ein Zählwerk (Abb. 7, Pfeil) entsprechende Impulse abgibt. Zusätzlich zum Normalverstärker steht gegebenenfalls ein Zusatzverstärker (Abb. 7, Mitte) zur Verfügung, der jedoch nur bei besonderen Prüfungen eingesetzt werden muß.

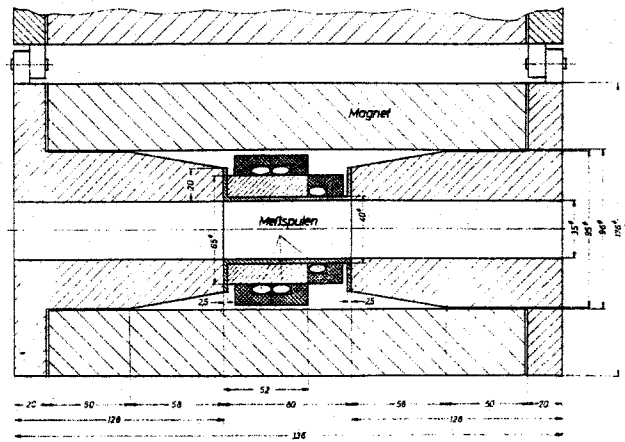


Fig. 6 a. Coupe de l'appareil OITAF (dessin)

Abb. 6 a. Schnittzeichnung des OITAF-Gerätes

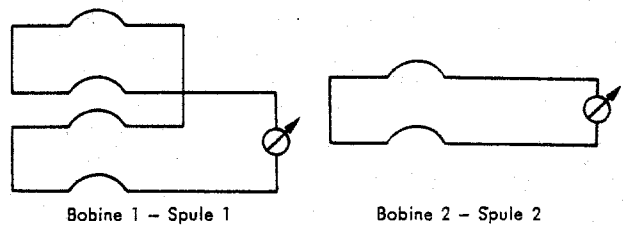


Fig. 6 b. Schéma de l'enroulement des bobines de mesure de l'appareil OITAF

Abb. 6 b. Schema der Wicklung der Meßspulen des OITAF-Gerätes

Bobines de mesure – La situation actuelle nous montre l'emploi des bobines de mesure toroïdale, indépendantes (mesure directe) ou bien en série avec sens d'enroulement opposé (mesure par comparaison). En réalité de nouveaux moyens de détection du flux radial sont en cours d'expérimentation pratique de la part du Ministère italien des Transports. Il s'agit des générateurs de Hall qui permettent de mesurer directement le flux et non pas, comme pour les bobines toroïdales, la variation de flux dans le temps. Mais puisque l'on est encore dans une phase de recherche appliquée, on pense donner la préférence à la solution classique des bobines toroïdales. Au sujet de l'emploi de l'un ou l'autre des deux systèmes de mesure considérés, c'est-à-dire direct et par comparaison, on a jugé bon, étant donné les différents avantages présentés par chacun d'entre eux, de les adopter ensemble. Ce compromis permettra en outre de comparer les nouveaux diagrammes avec les diagrammes obtenus précédemment, en utilisant deux moyens au choix, et de profiter de l'expérience acquise dans l'interprétation des diagrammes par les techniciens habitués à considérer un seul des deux systèmes. Enfin, il ne faut pas oublier qu'ayant prévu l'interchangeabilité des bobines on pourra disposer de diagrammes obtenus, même si à des moments successifs, avec des bobines de mesure de différent diamètre ou de largeur différente qui donneront plus de possibilités d'information.

Pour le moment, vu que l'appareil destiné à l'examen des câbles tracteurs ne devra présenter qu'une sensibilité très faible pour l'âme du câble, on a jugé bon d'orienter le choix vers des bobines de largeur très réduite avec diamètre intérieur de 35 mm ou de 25 mm, bobines qui pourront être remplacées comme on l'a déjà dit, par d'autres d'une largeur supérieure et cela en vue d'une analyse plus complète du diagramme.

Amplification du signal – La tendance moderne à employer des transistors dans les appareils de radio portatifs, avec les avantages offerts par un poids réduit des accumulateurs, soit anodiques, soit d'allumage, et par le plus faible poids et encombrement des appareils eux-mêmes, permet d'envisager cette solution pour la construction de l'amplificateur destiné à l'appareil étudié. Soulignons toutefois que l'emploi des transistors n'est pas absolument indispensable puisqu'il s'agit

4. Stromversorgung

Normalerweise ist bei Förderseilprüfungen Netzanschluß vorhanden, so daß außer der Prüfspule und dem Registriergerät keine weiteren Teile notwendig sind. In besonderen Fällen, wenn keine Stromquelle zur Verfügung steht, sind noch ein Umformer bzw. ein Zerkhacker in Verbindung mit einem Akkumulator zur Lieferung des Wechselstromes (220 V) erforderlich. Wegen des geringen Leistungsbedarfs (25 W) kann jedoch diese Zusatzeinheit sehr klein gehalten werden.

Gewichte der Einrichtung

Prüfspule: 40 kg
Registriergerät: 12 kg
Stromversorgung: 6 kg

4. Die verschiedenen Prüfgeräte

Folgende Prüfgeräte in den einzelnen Ländern sind bisher im praktischen Einsatz.

A. Deutschland

A.1. Westfälische Bergwerkschaftskasse Bochum (eigenes Gerät)

Das Gerät besitzt vier jeweils um 90° versetzte Halbspulen, deren Anzeige auf getrennten Kanälen registriert wird. Dadurch kann festgestellt werden, in welchem Seilquadranten der Fehler liegt. Die Registrierung erfolgt mit Hilfe eines Direktschreibers. Prüfungsgeschwindigkeit: Kompensiert in einem bestimmten Bereich.

Gesamtgewicht: 240 kg

Magnetisierung: Elektromagnet mit Joch

A.2. T.H. Stuttgart, Prof. Müller (eigenes Gerät)

Das Gerät besitzt eine Meßspulengruppe. Die Anzeige erfolgt mit Hilfe eines Direktschreibers.

Prüfungsgeschwindigkeit: 0,1 bis 6 m/s

Gesamtgewicht: 120 kg (ohne Batterien)

Magnetisierung: Luftspule (wird jeweils gewickelt)

A.3. Technischer Überwachungs-Verein Bayern e. V. (eigenes Gerät)

Die Prüfspule verwendet zwei Meßspulengruppen, die jeweils den ganzen Seilquerschnitt erfassen und getrennt registrieren. Die Registrierung erfolgt mit Hilfe eines Direktschreibers, Abb. 8 und Abb. 9.

Prüfungsgeschwindigkeit: 0,3 bis 4 m/s

Gesamtgewicht: 180 kg

Magnetisierung: Luftspule (wird jeweils gewickelt)

B. Schweiz

Eidgen. Amt für Verkehr, Bern (INTEGRA-Gerät)

Die Anzeige erfolgt mit Hilfe von zwei Meßspulengruppen, die getrennte Schriebe ergeben. Die Registrie-

d'appareils destinés aux câbles tracteurs qui peuvent donc rester dans les stations au cours des essais et être reliés directement au secteur de distribution électrique, ou bien à une autre source de capacité suffisamment élevée.

Néanmoins, une nouveauté par rapport aux appareils préexistants est représentée par le fait que le facteur d'amplification variable jadis par échelons le sera maintenant d'une façon presque continue. En effet, on reconnaît désormais l'utilité de disposer, au commencement de l'examen, d'un morceau de fil test à fixer au câble pour avoir comme repaire pour l'interprétation des diagrammes l'impulsion correspondant à la variation de section déterminée par la présence du morceau de fil; en effectuant un réglage continu du facteur d'amplification on pourra obtenir pour chaque câble une fois fixé le pourcentage de variation de section, d'un signal de contrôle toujours de la même amplitude. De cette façon, les diagrammes de câbles de différents diamètres seront plus aisément comparables entre eux et en définitive l'interprétation en sera plus aisée.

Enfin, il faut relever qu'aucune compensation automatique n'est prévue pour l'influence de la vitesse d'essai sur l'amplitude du signal, et cela non pas parce qu'une correction, de ce genre, du reste déjà introduite sur l'appareil polonais, serait inutile en principe, mais parce que dans ce cas particulier, puisqu'il s'agit de câbles de traction qui ont une vitesse constante dans les installations à mouvement continu et qui ont une vitesse variable seulement au démarrage et à l'arrêt dans les installations à va-et-vient, la compensation aurait été pratiquement nulle; par contre différents inconvénients relatifs à la fidélité du diagramme se seraient vérifiés.

Enregistrement du diagramme - D'après un examen des différentes solutions adoptées jusqu'ici et d'après les résultats des expériences acquises par les administrations qui effectuent périodiquement le contrôle magnétique des câbles, il en est résulté que la lecture du diagramme doit être immédiate et permanente. Cela porte à renoncer, soit à l'enregistrement photographique ou sur piste magnétique, soit à l'enregistrement sur oscilloscope, et à employer le système classique des plumes traçantes. Puisque, par ailleurs ce dernier système présente quelques inconvénients par rapport aux autres, à savoir l'inertie et le frottement du galvanomètre et du dispositif traçant, rien n'empêche qu'une dérivation sur le circuit final de l'amplificateur permette l'appréciation de l'oscillogramme, à considérer toutefois comme moyen auxiliaire du système à plumes. L'utilité de disposer aussi de systèmes auxiliaires porte à reconnaître l'opportunité d'adopter l'avance de la bande enregistreuse proportionnelle au temps et non pas au déplacement du câble. Cela aussi parceque, en définitive, dans le cas particulier des câbles tracteurs la différence entre les diagrammes obtenus par ces deux méthodes aurait été tout à fait négligeable en raison de la vitesse constante de la marche du câble pendant l'essai dont on a déjà parlé au sujet de l'amplification compensée.

Bien entendu un dispositif particulier devra indiquer automatiquement sur le diagramme, moyennant un signal ou un code de signaux les distances progressives du câble examiné, permettant de ce fait de repérer les points du câble intéressés, même dans l'éventualité de variation dans la vitesse de la marche. En ce qui concerne l'avance de la bande du diagramme, il est à souhaiter que sa vitesse puisse être variée avec continuité. En effet, les mêmes motifs qui avaient conseillé de choisir une échelle déterminée des ordonnées par rapport aux dimensions des câbles, portent à adopter une échelle fixée à l'avance pour les abscisses. C'est ainsi que, en tenant compte, par exemple, du pas de tonnage et de la vitesse d'essai, on pourra fixer un intervalle donné entre les signaux périodiques provoqués par le tonnage même qui rendront plus facile la comparaison de diagrammes appartenant à différents câbles et par conséquent leur interprétation. Enfin au sujet du système d'alimentation des plumes, ayant renoncé aux systèmes à portée constante, comme par exemple les plumes à pointe chaude ou les injecteurs à pression, incapables de faire face aux variations de vitesse du tracé du diagramme qui, indépendamment de la vitesse de la bande, peuvent atteindre le rapport 1 à 20, on a encore une fois eu recours aux plumes alimentées par capillaire. Il est vrai cependant que dans certains cas l'arrivée de l'encre ne réussira pas à suivre le tracé trop rapide du signal. A ce point de vue, on aurait dû préférer la plume à styler sur papier ciré. Mais dans ce dernier système la bande ne peut pas être facilement maniée étant sensible, en raison de la délicatesse de sa surface, aux altérations causées par contact des mains et qui peuvent compromettre la compréhension du signal. Pour ces raisons, ce système n'a pu être adopté mais on

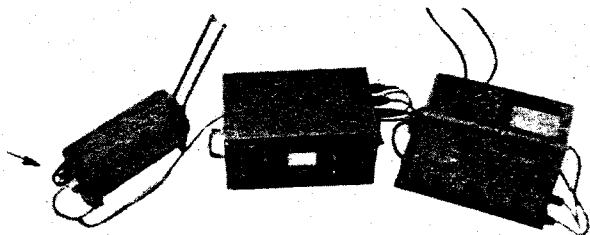


Abb. 7. OITAF-Gerät; rechts: Registriergerät mit Vorverstärker, Mitte: Zusatzverstärker, Pfeil: Zählwerk

Fig. 7. Appareil OITAF. A droite: enregistreur avec pré-amplificateur; au milieu: amplificateur complémentaire; flèche: dispositif de comptage

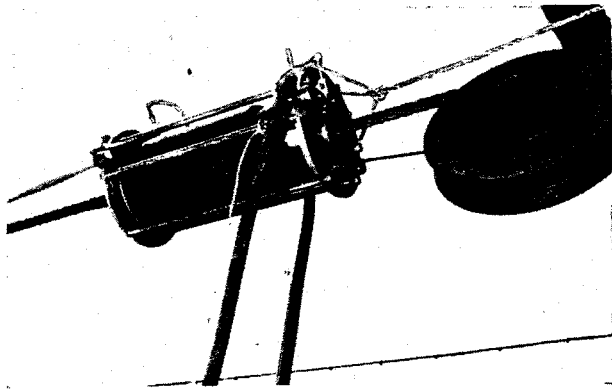


Abb. 8. TÜV-Gerät
Fig. 8. Appareil TÜV

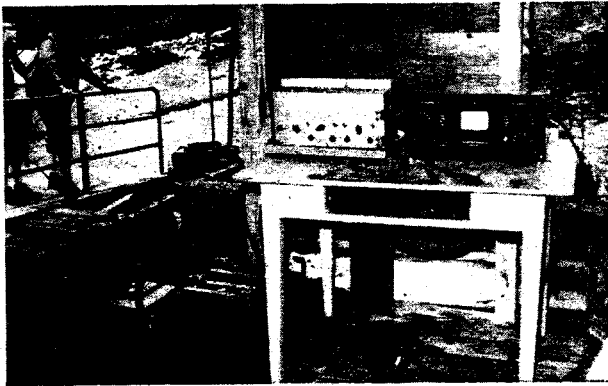


Abb. 9. Registriereinrichtung zum TÜV-Gerät
Fig. 9. Enregistreur de l'appareil TÜV

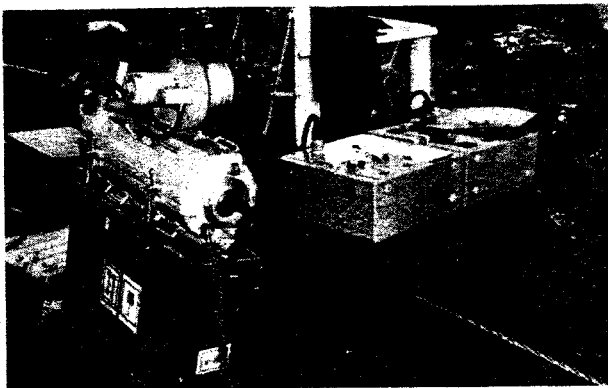


Abb. 10. Integra-Gerät mit Registriereinrichtung
Fig. 10. Appareil INTEGRA avec enregistreur

nung wird über einen Direktschreiber ausgeführt, Abbildung 10.
Prüfgeschwindigkeit: 0,5 bis 3 m/s
Gesamtgewicht: 540 kg
Magnetisierung: Luftspule mit außen geschlossenem Kern, Wicklungen fest eingebaut, werden über Kontakte geschlossen

C. Italien

- C.1. Ministero Trasporti Asp. Gen. MCTC, Roma (INTEGRA-Gerät).
- C.2. Istitute Trasporti, dell' Università di Trieste Facoltà ingegner (INTEGRA-Gerät).
- C.3. Istituto Trasporti Politecnico di Torino (INTEGRA-Gerät) Abb. 11.

attend les résultats des études qui sont en cours actuellement auprès des fabricants dans le but de fixer automatiquement le diagramme dès qu'il a été tradé.

3. Appareil de l'OITAF

1. Corps de magnétisation

L'appareil OITAF possède un aimant permanent pour la magnétisation du câble à examiner. Les divers éléments sont noyés dans une masse de remplissage. L'aimant a une symétrie de révolution et se compose de deux demi-culasses qui sont jointes autour du câble pour l'essai (cf. fig. 4, 5 et 6). De cette manière, on induit, au milieu de la bobine, un champ homogène dirigé suivant l'axe du câble. L'intensité du champ permet de magnétiser suffisamment des câbles atteignant jusqu'à 30 mm de diamètre.

2. Bobines de mesure

Pour obtenir un diagramme duquel on puisse tirer le maximum, il est fait usage de deux groupes de bobines de mesure différentes: un groupe de deux demi-bobines et un autre groupe de quatre demi-bobines, deux demi-bobines étant toutefois montées côte à côte et connectées selon la fig. 6. Les dimensions des bobines sont les suivantes:

- 1er groupe: diamètre 40 mm
diamètre du fil 0,08 mm
nombre de spires 1200
- 2e groupe: diamètre 65 mm
diamètre du fil 0,08 mm
nombre de spires 1200

Les bobines peuvent être changées, le cas échéant, et remplacées par d'autres présentant des caractéristiques différentes, selon les besoins.

3. Amplification et enregistrement

L'amplification et l'enregistrement des tensions induites dans les bobines de mesure s'effectuent au moyen d'un enregistreur à préamplification (fig. 7, à droite).

Raccordement: 220 V, 25 W

Sensibilité: max. 0,0005 V/mm d'amplitude

Puisque l'appareil comporte deux bobines de mesure, un enregistreur à deux canaux est nécessaire. A côté des deux canaux normaux, il existe un canal d'enregistrement sur lequel un compteur (fig. 7, flèche) débite des impulsions. En plus de l'amplificateur normal, on dispose d'un amplificateur supplémentaire (fig. 7, milieu), qui n'est toutefois utilisé que pour des examens spéciaux.

4. Alimentation en énergie

Normalement, on peut se brancher sur le réseau pour l'essai des câbles porteurs-tracteurs, de telle sorte que seuls l'enregistreur et la bobine de mesure sont nécessaires. Dans certains cas, lorsqu'on ne dispose d'aucune source de courant, il faut avoir encore un convertisseur, resp. un vibreur, combiné avec une batterie d'accumulateurs pour obtenir le courant alternatif (220 V) nécessaire. La puissance requise étant faible (25 W), ces accessoires peuvent être très petits.

Poids de l'installation

- Bobine de mesure: 40 kg
- Enregistreur: 12 kg
- Fourniture d'énergie: 6 kg

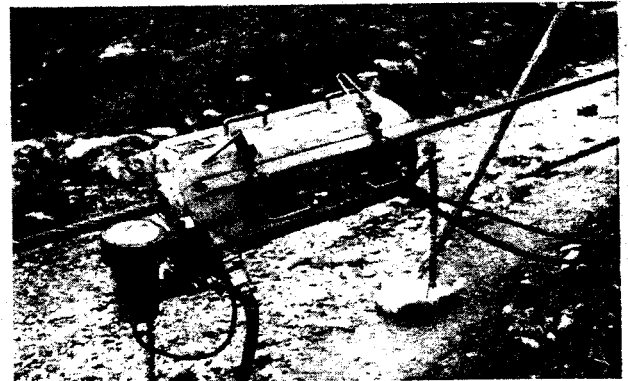


Fig. 11. Appareil INTEGRA
Abb. 11. Integra-Gerät

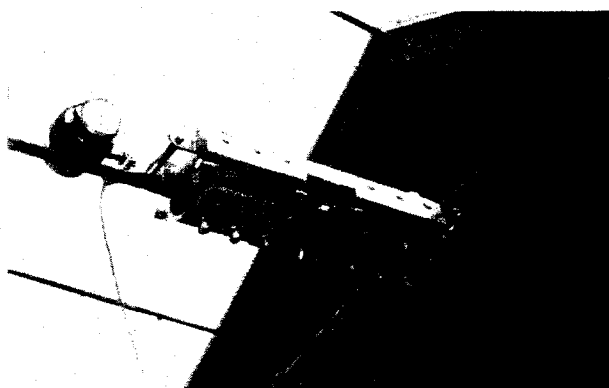


Abb. 12. Polnisches Gerät
Fig. 12. Appareil polonais

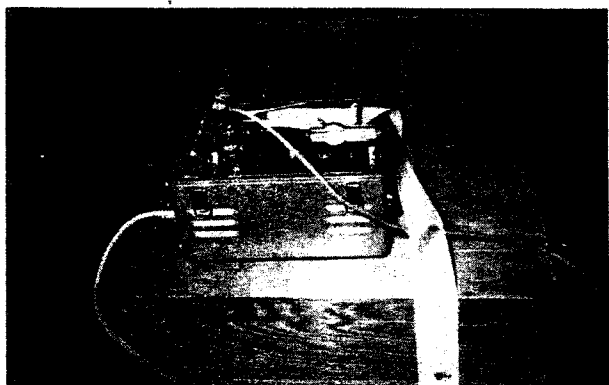


Abb. 13. Registriereinrichtung zum polnischen Gerät
Fig. 13. Enregistreur de l'appareil polonais

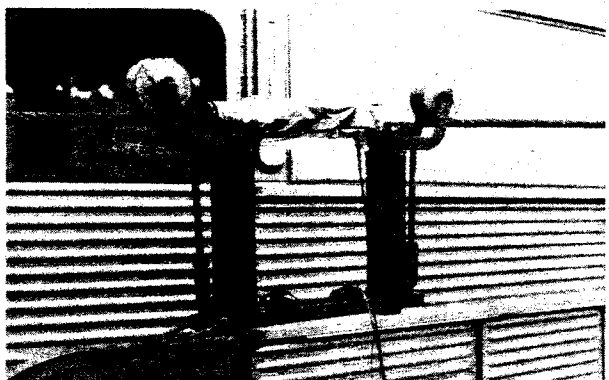


Abb. 14. Belgisches Gerät
Fig. 14. Appareil belge



Abb. 15. Registriereinrichtung zum belgischen Gerät
Fig. 15. Enregistreur de l'appareil belge

4. Les différents appareils de contrôle

Les appareils de contrôle ci-après indiqués sont à ce jour en service pratique dans divers pays.

- A. *Allemagne*
- A.1. Caisses des mines de Westphalie à Bochum (appareil construit par ce service).
Cet appareil possède quatre demi-bobines décalées entre elles de 90° et dont les indications sont enregistrées par des canaux de transmission séparés. On peut ainsi déterminer dans quel quadrant d'une section droite du câble se trouve le défaut. Enregistrement par un enregistreur direct.
Vitesse de mesure: compensée dans un certain domaine
Poids total: 240 kg
Magnétisation: par électro-aimants
- A.2. Ecole Technique Supérieure de Stuttgart, Professor Müller (appareil construit par ce service).
L'appareil comprend un groupe de bobines de mesure. Enregistrement au moyen d'un enregistreur direct.
Vitesse de mesure: 0,1 à 6 m/s
Poids total: 120 kg (sans les batteries)
Magnétisation: par bobine sans noyau (rebobinée chaque fois)
- A.3. Union Technique de Surveillance de Bavière (Technischer Ueberwachungs-Verein Bayern) - (appareil construit par ce service).
La bobine d'essai utilise deux groupes de bobines de mesure, qui couvrent chacun la totalité du diamètre du câble et produisent chacun une courbe d'enregistrement. Enregistrement par un enregistreur direct (photographies 8 et 9).
Vitesse de mesure: 0,3 à 4 m/s
Poids total: 180 kg
Magnétisation: par bobine sans noyau (rebobinée chaque fois)
- B. *Suisse*
Office fédéral des transports à Berne (appareil INTEGRA).
Indication produite par deux groupes de bobines de mesure donnant deux courbes séparées. Enregistrement par enregistreur direct (photographie 10).
Vitesse de mesure: 0,5 à 3 m/s
Poids total: 540 kg
Magnétisation: par bobine sans noyau, avec circuit magnétique refermé à l'extérieur par le bâti; demi-enroulements fixes, connectés par des contacts.
- C. *Italie*
- C.1. Ministère des Transports, Inspectorat général MCTC, Rome (appareil INTEGRA).
- C.2. Institut des Transports de l'Université de Trieste, faculté technique (appareil INTEGRA).
- C.3. Institut Polytechnique des Transports de Turin (appareil INTEGRA, photographie 11).
- D. *Autriche*
Ecole Supérieure Technique de Vienne, Professeur Neth (appareil construit par ce service).
L'appareil comporte une bobine de mesure. Indication au moyen d'un oscillographe à faisceau cathodique.
Vitesse de mesure: aucune donnée
Magnétisation: au moyen d'un câble multiple (rebobiné chaque fois)
- E. *Pologne*
Académie des Mines et de Sidérurgie de Cracovie (Berg- und Hüttenakademie Krakow) - (appareil construit par ce service).
L'appareil comprend un groupe de bobines de mesure. Enregistrement par un enregistreur direct (photographies 12 et 13).
Vitesse de mesure: 0,8 à 1,5 m/s, compensation de la vitesse
Poids total: 52 kg
Magnétisation: par aimant permanent en forme de U mesure possible sur les sabots de pylônes
- F. *Belgique*
Association des industriels de Belgique (développé par A/B et le laboratoire du Professeur Berthold, Wildbad). Le bâti d'essai porte un groupe de bobines de mesure. Indication par enregistreur direct (photographies 14 et 15).
Vitesse de mesure: 0,5 à 12,5 m/s
Poids total: 130 kg
Magnétisation: par électro-aimant avec culasse

- D. *Österreich*
Technologisches Gewerbemuseum Wien, Prof. Neth (eigenes Gerät)
Das Gerät besitzt eine Meßspule. Die Anzeige erfolgt mit Hilfe eines Kathodenstrahlzillografen.
Prüfgeschwindigkeit: keine Angaben
Magnetisierung: Luftspule mit Vielfachkabel (wird jeweils gewickelt)
- E. *Polen*
Berg- und Hüttenakademie Krakow (eigenes Gerät)
Das Gerät besitzt eine Meßspulengruppe. Die Registrierung erfolgt mit Hilfe eines Direktschreibers, Abb. 12 und 13.
Prüfgeschwindigkeit: 0,8 bis 1,5 m/s, Geschwindigkeitskompensation
Gesamtgewicht: 52 kg
Magnetisierung: Permanentmagnet in U-Form (Halbschale), Prüfung auf Stützenschuhen möglich
- F. *Belgien*
Association des Industriels de Belgique (entwickelt von AIB und Lab. Prof. Berthold Wildbad)
Der Prüfkörper ist mit einer Meßspulengruppe ausgerüstet, deren Anzeige mit Hilfe eines Direktschreibers registriert wird, Abb. 14 und 15.
Prüfgeschwindigkeit: 0,5 bis 12,5 m/s
Gesamtgewicht: 130 kg
Magnetisierung: Elektromagnet mit Joch
- G. *Südafrika*
Transvaal and Orange Free State Chamber of Mines (A.I.B.-Gerät)
Das Gerät besitzt eine Meßspulengruppe und einen Direktschreiber.
Prüfgeschwindigkeit: 0,6 bis 1,23 m/s
Gesamtgewicht: 165 kg
Magnetisierung: Luftspule
- H. *Norwegen*
Norges Tekniske Hogskole, Materialprovningsanstalten, Trondheim (eigenes Gerät)
Das Gerät arbeitet mit einer Meßspule, die in zwei Hälften aufgeteilt ist. Die Registrierung erfolgt mit Hilfe eines Direktschreibers.
Prüfgeschwindigkeit: keine Angaben
Gesamtgewicht: 200 kg
Magnetisierung: Luftspule (wird jeweils gewickelt)
- I. *Neuere Entwicklungen*
- I.1. Gerät des Ministero Trasporti Ispettorato Generale, Roma
Das Gerät besitzt zur Messung von Fehlern im Seil Hall-Generatoren und ist zur Zeit für Seile bis 30 mm Durchmesser verwendbar, Abb. 16.
Prüfgeschwindigkeit: keine Angaben
Gesamtgewicht: 100 kg
Magnetisierung: Permanentmagnet (rotationssymmetrisch)
- I.2. *OITAF-Gerät*
Das Gerät besitzt zwei Meßspulengruppen mit unterschiedlichem Durchmesser und ist zur Zeit für Seile bis 30 mm Durchmesser verwendbar, Abb. 17.
Prüfgeschwindigkeit: 0,3 bis 4 m/s
Gesamtgewicht: 65 kg
Magnetisierung: Permanentmagnet (rotationssymmetrisch)



Abb. 16. Italienisches Gerät
Fig. 16. Appareil italien

- G. *Afrique du Sud*
Chambre des mines de l'Etat libre du Transvaal et d'Orange (appareil AIB).
Cet appareil possède un groupe de bobines de mesure et un enregistreur direct.
Vitesse de mesure: 0,6 à 1,23 m/s
Poids total: 165 kg
Magnétisation: par bobine sans noyau
- H. *Norvège*
Ecole Technique Supérieure de Norvège (Norges Tekniske Hogskole Trondhjem), Etablissement d'essai des matériaux de Trondhjem (appareil construit par ce service).
L'appareil utilise une bobine de mesure en deux parties. L'enregistrement s'effectue au moyen d'un enregistreur direct.
Vitesse de mesure: aucune donnée
Poids total: 200 kg
Magnétisation: par bobine sans noyau (rebobinée chaque fois)
- I. *Développement récent*
- I.1. Appareil de l'Inspectorat général du Ministère italien des Transports à Rome.
Cet appareil comprend, pour la mesure des défauts dans le câble, des générateurs de Hall et est utilisable, pour le moment, sur des câbles ayant jusqu'à 30 mm de diamètre (photographie 16).
Vitesse de mesure: aucune donnée
Poids total: 100 kg
Magnétisation: au moyen d'un aimant permanent (avec une symétrie de révolution).
- I.2. *Appareil de l'OITAF*
L'appareil possède deux groupes de bobines de mesure de diamètres différents; il est utilisable pour l'instant sur des câbles ayant jusqu'à 30 mm de diamètre (photographie 17).
Vitesse de mesure: 0,3 à 4 m/s
Poids total: 65 kg
Magnétisation: au moyen d'un aimant permanent (avec une symétrie de révolution).
5. *Utilisation pratique des diagrammes*
On se base avant tout sur l'amplitude de l'impulsion pour interpréter les diagrammes.
Pour procéder à une interprétation quantitative, il faut d'abord classer les défauts.
- A. *Hétérogénéités géométriques*
- a) défauts localisés:
ruptures de fils, entailles, fissures dues à la fatigue (Daueranrisse) et autres lésions locales;
- b) défauts continus:
usure, écrasements, corrosion.
- B. *Hétérogénéités magnétiques*
Modifications de la texture, soudures.
On examine d'abord les défauts localisés à l'aide d'un diagramme étalon (fig. 18). On reconnaît les ruptures de fils et les encoches isolées à la forme particulière des impulsions qu'elles provoquent.
L'amplitude de l'impulsion est d'autant plus grande que le défaut est moins éloigné de la bobine de mesure. A l'aide des courbes d'étalonnage, on peut déterminer le nombre des fils cassés, c'est-à-dire la diminution de section, qui est proportionnelle à la diminution de la résistance à la traction. On voit

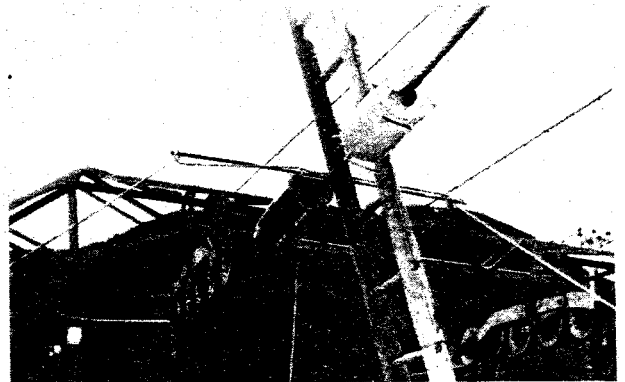


Abb. 17. OITAF-Gerät (vorn), Polnisches Gerät (hinten)
Fig. 17. Appareil OITAF (avant), appareil polonais (arrière)

5. Auswertung der Diagramme

Die Auswertung erfolgt in erster Linie unter Zugrundelegung der Ausschlaghöhe.

Für die quantitative Auswertung müssen zunächst die Fehlerarten unterschieden werden.

A. Geometrische Inhomogenitäten

- a) Lokale Fehler
Drahtbrüche, Kerben, Daueranrisse, sonstige örtliche Beschädigungen
- b) Kontinuierliche Fehler
Verschleiß, Druckstellen, Rost

B. Magnetische Inhomogenitäten Gefügeänderungen, Schweißstellen

Die Auswertung erfolgt zunächst für die lokalen Fehler nach einem Eichdiagramm (Abb. 18). Die Drahtbrüche und Einzelkerben sind an den typischen Ausschlagformen zu erkennen. Die Ausschlaghöhe wird um so größer, je näher der Fehler an der Meßspule liegt. Mit Hilfe der Eichkurven ist es möglich, die Anzahl der gebrochenen Drähte, also den Querschnittsverlust, der in diesen Fällen gleichbedeutend mit dem Tragkraftverlust ist, zu ermitteln. Wie aus dem Diagramm zu ersehen ist, hängt die Ausschlaghöhe auch von der Länge der Beschädigung ab. Zunächst steigt der Ausschlag stetig bis zu einem Maximum an, wobei sich die Ausschlagsform nicht wesentlich verändert. Nach dem Maximum wird eine Einsattelung in der Kurvenform sichtbar, die schließlich in der Aufspaltung des einen in zwei getrennte Ausschläge zur Folge hat. Im Diagramm (Abb. 18) ist dies der Punkt, in dem die Kurve asymptotisch in die Horizontale einmündet.

Bei kontinuierlich verteilten Fehlstellen entsteht im Diagramm ein sogenannter Störpegel, das ist eine mehr oder weniger dichte Folge von Ausschlägen, die mit etwa gleicher Amplitude erscheinen. Dieser Störpegel ist auch bei einem neuen Seil, wenn auch in geringer Höhe, festzustellen und stammt hier von kleinsten geometrischen Ungleichförmigkeiten der Drähte, von magnetischen Inhomogenitäten sowie vom Seilaufbau selbst. Bei Seilen, die bereits in Betrieb standen, wird dieser Grundstörpegel durch Verschleiß, Druckstellen und Rost erhöht.

Die Ausschlaghöhe ist direkt proportional dem Querschnittsverlust und ebenfalls direkt proportional der Prüfgeschwindigkeit.

Die praktische Auswertung der Prüfdiagramme geht so vor sich, daß zunächst die Einzelausschläge ausgewertet werden. Die Eichkurven beziehen sich auf einen bestimmten Querschnitt bei einer festgelegten Prüfgeschwindigkeit. Die im Prüfdiagramm erscheinenden Ausschläge können linear umgerechnet werden. Mit Hilfe eines Fehlerkatalogs sowie bei Kenntnis der Drahtdurchmesser im Seil kann nun festgestellt werden, wieviel Drähte gebrochen sind.

Die Auswertung des Störpegels beruht auf Erfahrungswerten, die man bei der Untersuchung ähnlicher oder gleicher Seilkonstruktionen mit verschiedenem Beschädigungsgrad erhalten hat. Hier ermittelt man einen Querschnittsverlust oder einen Tragkraftverlust. Es sei noch die Testdrahtmethode erwähnt. Man befestigt am Seil mehrere Drähte in verschiedenen Abständen zueinander (Lückenweiten), so daß künstliche Drahtbrüche entstehen. Damit wird die Empfindlichkeit der Prüfung festgehalten und die Auswertung erleichtert, insbesondere bei Seilen mit besonderen Macharten.

6. Interpretation der Diagramme

Für OITAF-Mitglieder wurde ein Fehlerkatalog, aufgenommen mit dem OITAF-Gerät, zusammengestellt.

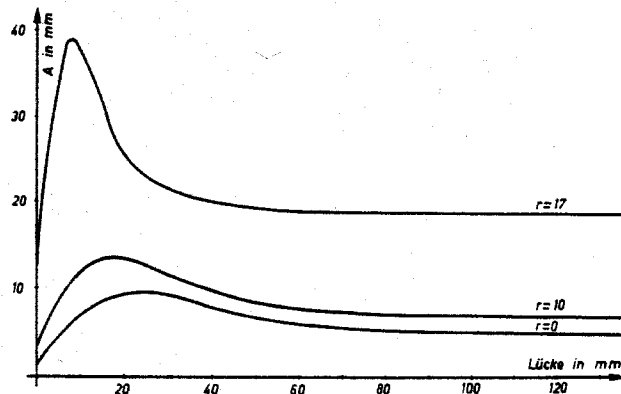


Fig. 18. Diagramme-étalon de l'appareil OITAF

Abb. 18. Eichdiagramm zum OITAF-Gerät

sur le diagramme que la hauteur de l'impulsion également de la longueur du défaut. La hauteur de l'impulsion augmente tout d'abord graduellement jusqu'à un maximum, sans que sa forme varie fortement. Après ce maximum, on aperçoit dans la courbe une dépression qui s'accroît jusqu'à produire deux pointes. Sur le diagramme, ce point correspond à la région où la courbe tend asymptotiquement vers une horizontale.

Quand il existe des défauts uniformément répartie, le diagramme donne un «niveau de perturbation ou bruit de fond», c'est-à-dire une suite serrée de pointes ayant à peu près la même hauteur. On observe ce «fond» même sur des câbles neufs, mais avec une faible intensité. Il est alors causé par de très légères irrégularités du câble, par des hétérogénéités magnétiques et par la constitution même du câble. Sur des câbles en service, ce «fond minimal» s'élève sous l'effet de l'usure, des écrasements et de la corrosion.

L'amplitude de l'impulsion est proportionnelle à la diminution de la section et à la vitesse de mesure.

L'utilisation pratique des diagrammes suppose que l'on interprète en premier lieu les impulsions isolées. Les courbes d'étalonnage se rapportent à une perte de section donnée, pour une vitesse de mesure fixée. Les impulsions apparues sur le diagramme doivent alors être converties linéairement. Connaissant le diamètre du fil du câble, on peut enfin déterminer, à l'aide d'un catalogue des défauts, combien il y a de fils cassés.

L'interprétation du niveau de perturbation s'appuie sur des valeurs expérimentales obtenues en examinant des câbles de même construction ou de constitution voisine présentant des degrés de détérioration divers. On déterminera ici, soit une perte de section soit une diminution de la résistance à la traction.

Citons encore la méthode du fil témoin. On fixe au câble plusieurs segments de fil dont les extrémités sont diversement éloignées (ouverture des lacunes) de façon à créer artificiellement des cassures de fils. La sensibilité des appareils est ainsi fixée et la mise en valeur de résultats facilitée, en particulier lorsqu'il s'agit de câbles d'une construction spéciale.

6. Interpretation des diagrammes

Un catalogue des défauts a été établi pour les membres de l'OITAF, avec l'appareil OITAF.

Literaturverzeichnis

1. Integra-Gerät

- a) Baud-Mayer: „Magnetische Prüfung von Kabeln von Drahtseilbahnen, Kabelkranen und dergleichen“ aus „Wirtschaft und Technik im Transport“, 1955, Heft 1—6.
- b) Baud-Meyer: „Zur magnetischen Drahtseilprüfung“ aus „Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik“, 1955, Jg. 21, Heft 12.
- c) Baud: „Magnetische Drahtseilprüfung in der Schweiz“ aus „Neue Zürcher Zeitung“, 3. X. 1956, Nr. 2755.
- d) Wyss: „Magnetische Prüfung der Trageile“ aus „Die Stahldrahtseile der Transport- und Förderanlagen, insbesondere der Standseil- und Schwebebahnen“, 1956, Seite 419—430.
- e) Baud: „Bemerkungen zur magnetischen Drahtseilprüfung“ aus „Internationale Seilbahn Rundschau“, 1958, Seite 81—84.
- f) Hiltbrunner: „Magnetische Drahtseilprüfung mit dem Defectoscope Integra“ aus „Wirtschaft und Technik im Transport“, 1957, Heft Nr. 119, 4—6.

Bibliographie

1. Appareil Integra

- a) Baud-Meyer: „Magnetische Prüfung von Kabeln von Drahtseilbahnen, Kabelkranen und dergleichen“ aus „Wirtschaft und Technik im Transport“, Heft 1—6, 1955.
- b) Baud-Meyer: „Zur magnetischen Drahtseilprüfung“ aus „Schweizer Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik“, 21. Jg., Heft 12, 1955.
- c) Baud: „Magnetische Drahtseilprüfung in der Schweiz“ aus „Neue Zürcher Zeitung“, 3. X. 1956, Nr. 2755.
- d) „Magnetische Prüfung der Trageile“ aus Wyss: „Die Stahldrahtseile der Transport- und Förderanlagen, insbesondere der Standseil- und Schwebebahnen“, 1956, S. 419—430.
- e) Baud: „Bemerkungen zur magnetischen Drahtseilprüfung“ aus „Internationale Seilbahn Rundschau“, Heft 3, 1958, S. 81—84.
- f) Hiltbrunner: „Magnetische Drahtseilprüfung mit dem Defectoscope Integra“ aus: „Wirtschaft und Technik im Transport“, Heft 119, 1957, Seite 4—6.

- g) Baud: „Einige Aspekte der magnetischen Drahtseilprüfung“ aus „1^o Congresso internazionale dei trasporti a fune“, parte seconda, 1957, Seite 45—56.
- h) Rebuffel: „Note sur le defectoscope Integra“ aus „L'industrie des voies ferrées et transports automobiles“, 1952—1953, Nr. 475—476.
- i) Baud: „Der Magnetismus im Dienste des Transportwesens“ aus „Schweizer Maschinenmarkt“, 1957, Seite 183—189.
- k) Winkler und Pieren: „Die magnetinduktive Prüfung des Seils einer Standseilbahn“ aus „Internationale Seilbahnrundschau“, 1960, Seite 61—63.
- l) Winkler: „Aus der Praxis der magnetinduktiven Seilprüfung“ aus „Akten des 2. internationalen Seilbahnkongresses 1963“ (Nr. 5).

2. Gerät der Seilprüfstelle Bochum

- a) H. Herbst: „Elektromagnetisches Verfahren zur Ermittlung von äußerlich nicht erkennbaren Drahtbrüchen“ aus „Zeitschrift VDI“, 1932, Band 76, Seite 557—558.
- b) Otto: „Elektromagnetische Verfahren zur Prüfung von Drahtseilen“ aus „Glückauf“, 1933, 69. Jg., Heft 21, Seite 471—475.
- c) Grupe: „Die elektromagnetische Prüfeinrichtung für Förderseile der Seilprüfstelle Bochum und ihre Anwendung“ aus „Glückauf“, 1957, 93. Jg., Heft 37/38, Seite 1168—1171.

3. ACMI- (Berthold-) Gerät

- a) „Drahtseilprüfgerät ACMI“ aus „Draht“, 7, 1956, Nr. 10, S. 396—398.
- b) „L'appareil de contrôle magnéto-inductif ACMI-AIB-Berthold“ aus „AIB“, Notice 368/C.E.M.T. 12, Avril 1957, Seite 15—22.
- c) „Le bilan de deux années de pratique d'inspection des câbles de mines avec l'appareil magnétique A.C.M.I.“ aus „AIB“, Notices 373/C.E.M.T. 14, Octobre 1958.

4. Polnisches Gerät

- a) Jezewski, Szklarski, Kawecki: „Polnisches Verfahren zur magnetischen Prüfung der Drahtseile und Untersuchungen über die Genauigkeit dieser Methode“ aus „1^o Congresso internazionale dei trasporti a fune“, parte seconda, 1957, Seite 61—66.
- b) Kawecki: „Berechnung des Sicherheitsgrades von Seilbahnseilen an Hand der bei elektromagnetischer Prüfung erhaltenen Diagramme“ aus „1^o Congresso internazionale dei trasporti a fune“, parte seconda, 1957, Seite 287—291.
- c) Jezewski, Kawecki: „Theoretisches und Experimentelles über das elektromagnetische Verfahren der Drahtseilprüfung“ aus „Glückauf“, 1959, 95. Jg., Heft 17, Seite 1067—1074.
- d) Jezewski, Szklarski, Kawecki: „New improvements of magnetic wire ropes testing method“ aus „Extrait du Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences et de Lettres“, série A, Vol. 1, Nr. 1, 1950.
- e) Kawecki: „On some problems of quantitative evaluation of indications obtained by means of the electromagnetic inspection of ropes“ aus „Akten des 2. internationalen Seilbahnkongresses 1963“ (Nr. 9).

5. Müller-Gerät

- a) Müller: „Konstruktion und Prüfung der Seile von Personenseilbahnen“ aus „Deutsche Bergbahnen“, Seite 25—32.
- b) Müller: „Magnetinduktive Untersuchung von Drahtseilen und Ergebnisse an Zug- und Tragsseilen von Seilbahnen“ aus „Atti del 2^o Convegno Nazionale dei trasporti funiviari“, 1952, Seite 205—211.

6. Holländisches Gerät

Velden/Vossen: „Ein Gerät zum Prüfen von Tragsseilen auf elektromagnetischem Wege“ aus „Glückauf“, 1956, 92. Jg., Heft 27/28, Seite 792—794.

7. Allgemeines

- a) Kühnel-Rusch: „Die magnetinduktive Prüfung von Stählen aus „Rundschau“, 1930, Band 74, Nr. 44, Seite 1521.
- b) Wever-Otto: „Über ein magnetisches Verfahren zur Prüfung von Kesselrohren. Über ein magnetisches Verfahren zur Prüfung von Drahtseilen, insbesondere Förderseilen“ aus „Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung“, 1930, Band XII, Lieferung 24, Abhandlung 169/170, Seite 373—390.
- c) „Magnetinduktive Verfahren.“
- d) Darré: „Verfahren zur Prüfung von Drahtseilen auf Risse.“ Dissertation T.H. München, 1934.
- e) S. Schleip: „Elektromagnetische Drahtseilprüfung.“ Dissertation T.H. Berlin, 1937.
- f) S. Schleip: „Magnetinduktive Prüfung an Stahlseilen und Ankerketten“ aus „1. Vortragsreihe der Reichsröntgenstelle“, 25. Juni 1937.
- g) Otto: „Über ein Verfahren zur Prüfung von Förderseilen auf Rost und Verschleiß“ aus „Der Bergbau“, 1937, 50. Jg., Nr. 10, Seite 156—159.
- h) Meebold: „Neuere Verfahren für die Prüfung von Drahtseilen“ aus „Glückauf“, 1950, 86. Jg., S. 517.
- i) Förster: „Theoretische und experimentelle Grundlagen der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung mit Wirbelstromverfahren: VII. Die magnetinduktive Rißprüfung von Stahl“ aus „Metallkunde“, 1954, Nr. 45, Heft 4, Seite 221—226.
- k) Förster: „Neue Verfahren der Qualitätskontrolle unter besonderer Berücksichtigung ihrer Automatisierung“ aus „Technische Mitteilungen“, 50. Jg., Heft 3, Bericht Nr. 42 a.
- l) Hanke: „Seilprüfung mit zerstörungsfreien Verfahren“ aus „Neue Hütte“ (DDR), 1958, 3. Jg., Heft 3, S. 173—179.
- m) W. Simpson: „Electronic inspection of mine-ropes“ aus „Wire Ropes in Mines“, 1951, Seite 581—598.
- n) H. Wöhlbier: „Elektromagnetisches Prüfverfahren für Förderseile“ aus „Glückauf“, 10. IV. 1937, Heft 15, Seite 336.
- o) R. Berthold: „Non destructive testing based on magnetic and electrical principles“ aus „J. Inst. Electr. Engrs.“, 84, 1939, S. 533.
- p) OITAF: „Die magnetinduktive Prüfung von Drahtseilen“ aus „Internationale Seilbahnrundschau“ 1960, Seite 68—69 und 112—114.
- q) Wolff und Kurz: „Beurteilung der Sicherheit von magnetinduktiv geprüften Seilen“ aus „Internationale Seilbahnrundschau“ 1961, Seite 169—180.

- g) Baud: „Einige Aspekte der magnetischen Drahtseilprüfung“ aus „1^o Congresso internazionale dei trasporti a fune“, parte seconda, 1957, Seite 45—56.
- h) Rebuffel: „Note sur le defectoscope Integra“. Extrait de la revue „L'industrie des Voies Ferrées et Transports Automobiles“, Nos. 475 et 476, 1952—53.
- i) Baud: „Der Magnetismus im Dienste des Transportwesens“, Separatabzug aus Revue des „Schweizer Maschinenmarkt“, Nr. 1/1957, Seite 183—189.
- k) Winkler et Pieren: „Die magnetinduktive Prüfung des Seils einer Standseilbahn“ aus „Internationale Seilbahnrundschau, 1960, Seite 61—63“.
- l) Winkler: „Aus der Praxis der magnetinduktiven Seilprüfung“ aus „Akten des 2. internationalen Seilbahnkongresses 1963“ (Nr. 5).

2. Appareil du Laboratoire d'essai des câbles à Bochum

- a) H. Herbst: „Elektromagnetisches Verfahren zur Ermittlung von äußerlich nicht erkennbaren Drahtbrüchen“ aus „Zeitschrift VDI“, Band 76, 1932, Seite 557—558.
- b) Otto: „Elektromagnetische Verfahren zur Prüfung von Drahtseilen“ aus „Glückauf“, 69. Jg., Nr. 21, 1933, Seite 471—475.
- c) Grupe: „Die elektromagnetische Prüfeinrichtung für Förderseile der Seilprüfstelle Bochum und ihre Anwendung“ aus „Glückauf“, 1957, 93. Jg., Heft 37/38, Seite 1168—1171.

3. Appareil ACMI (Berthold)

- a) „Drahtseilprüfgerät ACMI“ aus „Draht“ 7, 1956, Nr. 10, Seite 396—398.
- b) „L'appareil de contrôle magnéto-inductif ACMI-AIB/Berthold“, de la Revue „AIB“ Notice 368/C.E.M.T. 12, Avril 1957, pages 15 à 22.
- c) „Le bilan de deux années de pratique d'inspection des câbles de mines avec l'appareil magnétique A.C.M.I.“, de la Revue „AIB“ Notice 373/C.E.M.T. 14, Octobre 1958.

4. Appareil polonais

- a) Jezewski/Szklarski/Kawecki: „Polnisches Verfahren zur magnetischen Prüfung der Drahtseile und Untersuchungen über die Genauigkeit dieser Methode“ aus „1^o Congresso internazionale dei trasporti a fune“ parte seconda, 1957, Seite 61—66.
- b) Kawecki: „Berechnung des Sicherheitsgrades von Seilbahnseilen an Hand der bei elektromagnetischer Prüfung erhaltenen Diagramme“ aus „1^o Congresso internazionale dei trasporti a fune“, parte seconda, 1957, Seite 287—291.
- c) Jezewski/Kawecki: „Theoretisches und Experimentelles über das elektromagnetische Verfahren der Drahtseilprüfung“ aus „Glückauf“ 95. Jg. 1959, Heft 17, S. 1067—1074.
- d) Jezewski/Szklarski/Kawecki: „New improvements of magnetic wire ropes testing method“ aus „Extrait du Bulletin de l'Académie Polonaise des Sciences et des Lettres“, série A, Vol. 1, Nr. 1, 1950.
- e) Kawecki: „On some problems of quantitative evaluation of indications obtained by means of the electromagnetic inspection of ropes“ aus „Akten des 2. internationalen Seilbahnkongresses 1963“ (Nr. 9).

5. Appareil Müller

- a) Müller: „Konstruktion und Prüfung der Seile von Personenseilbahnen“ aus „Deutsche Bergbahnen“, Seite 25—32.
- b) Müller: „Magnetinduktive Untersuchung von Drahtseilen und Ergebnisse an Zug- und Tragsseilen von Seilbahnen“ aus „Atti del 2^o Convegno nazionale dei trasporti funiviari“, Bolzano 1952.

6. Appareil hollandais

Velden/Vossen: „Ein Gerät zum Prüfen von Tragsseilen auf elektromagnetischem Wege“ aus „Glückauf“, 1956, 92. Jg., Heft 27/28, Seite 792—794.

7. Généralités

- a) Kühnel/Rusch: „Die magnetinduktive Prüfung von Stählen“ aus „Rundschau“, Band 74, Nr. 44, 1930, Seite 1521.
- b) Wever/Otto: „Über ein magnetisches Verfahren zur Prüfung von Kesselrohren“, über ein magnetisches Verfahren zur Prüfung von Drahtseilen, insbesondere Förderseilen“ aus „Mitteilungen aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung“, Band XII, Lieferung 24, Abhandlung 169/170, Seite 373—390.
- c) „Magnetinduktive Verfahren.“
- d) „Verfahren zur Prüfung von Drahtseilen auf Risse.“ Dissertation A. Darré, T.H. München 1934.
- e) „Elektromagnetische Drahtseilprüfung.“ Dissertation S. Schleip, T.H. Berlin 1937.
- f) S. Schleip: „Magnetinduktive Prüfungen an Stahlseilen und Ankerketten“ aus „1. Vortragsreihe der Reichsröntgenstelle“, 25. Juni 1937.
- g) Otto: „Über ein Verfahren zur Prüfung von Förderseilen auf Rost und Verschleiß“ aus „Der Bergbau“, 50. Jg., Nr. 10, 1937, Seite 156—159.
- h) Meebold: „Neuere Verfahren für die Prüfung von Drahtseilen“ aus „Glückauf“, Nr. 86, 1950, Seite 517.
- i) Förster: „Theoretische und experimentelle Grundlagen der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung mit Wirbelstromverfahren: VII. Die magnetinduktive Rißprüfung von Stahl“ aus „Metallkunde“, Nr. 45, 1954, Heft 4, Seite 221—226.
- k) Förster: „Neue Verfahren der Qualitätskontrolle unter besonderer Berücksichtigung ihrer Automatisierung“ aus „Technische Mitteilungen“, Heft 3, 50. Jg., 1957, Bericht Nr. 42 a.
- l) Hanke: „Seilprüfung mit zerstörungsfreien Verfahren“ aus „Neue Hütte“ (DDR), 3. Jg., Heft 3, 1958, Seite 173—179.
- m) Simpson: „Electronic inspection of Mine Ropes“ aus „Wire Ropes in Mines“, 1951, Seite 581—598.
- n) H. Wöhlbier: „Elektromagnetisches Prüfverfahren für Förderseile“ aus „Glückauf“, 10. IV. 1937, Heft 15, Seite 336.
- o) R. Berthold: „Non destructive testing based on magnetic and electrical principles“ aus „J. Inst. Electr. Engrs.“, 84, 1939, S. 533.
- p) OITAF: „La méthode magnéto-inductive d'examen de câbles“ — Traspoti Pubblici n° 11, nov. 1959.
- q) Wolff et Kurz: „Valeur du contrôle des câbles par l'induction magnétique“ — Int. Seilbahnrundschau 1962, S. 59—66.