

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 57 (1979)

Heft: 1

Artikel: Korrosion von Bleimantelkabeln in Kunststoffrohrblockanlagen. 1. Teil = Corrosion des câbles sous gaine de plomb tirés dans des blocs de tubes en matière synthétique. 1re partie

Autor: Brunold, Armin

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875541>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

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

Korrosion von Bleimantelkabeln in Kunststoffrohrblockanlagen

(1. Teil)

Corrosion des câbles sous gaine de plomb tirés dans des blocs de tubes en matière synthétique (1^{re} partie)

Armin BRUNOLD, Bern

620.193.4:621.315.221.5:621.315.232:621.315.671:621.643.29

Zusammenfassung. *Wenige Jahre nachdem in Magerbeton eingepackte Kunststoffrohrzüge mit nackten Bleimantelkabeln belegt worden sind, also mit der Einführung der sogenannten Kunststoffrohrblockanlagen, ist eine bisher unbekannte Korrosionsart in Erscheinung getreten. Die Untersuchung verschiedener in solchen Anlagen aufgetretener Korrosionsschädenfälle hat ergeben, dass der meist örtlich eng begrenzte, aber rasch fortschreitende Korrosionsangriff durch stark basische, calciumhydroxidhaltige Wässer verursacht wird. Die sich dazu stellenden Fragen: «Worauf ist die Anwesenheit des unnatürlich stark basischen Wassers zurückzuführen?» und «Warum wirken stark basische Wässer ausserordentlich aggressiv auf Blei?» werden behandelt und, soweit es die Untersuchungs- und Versuchsergebnisse zulassen, beantwortet.*

Résumé. *Peu d'années après les premiers tirages de câbles sous gaine de plomb nus dans des tubes en matière synthétique enrobés de béton maigre — on parle du système par blocs — un nouveau genre de corrosion inconnu jusqu'ici s'est manifesté. L'examen de divers cas de corrosion découverts dans de telles installations a montré que la corrosion souvent très locale, mais progressant rapidement, était due à des eaux basiques, à haute teneur en hydroxyde de calcium. L'auteur examine ici la raison de la présence de telles eaux et de l'attaque extrêmement violente qu'elles exercent sur le plomb. Il répond ensuite à ces questions au vu des résultats des recherches et des essais effectués à ce sujet.*

Corrosione di cavi con guaina di piombo in impianti di tubi in materia sintetica

Riassunto. *Pochi anni dopo che in tubi di materia sintetica avvolti in calcestruzzo magro sono stati introdotti cavi con guaina di piombo nuda, vale a dire con la messa in opera dei cosiddetti impianti di tubi in materia sintetica, si è presentato un tipo di corrosione finora ignoto. L'esame dei diversi casi di corrosione manifestatisi in detti impianti ha dimostrato che l'attacco di corrosione, che nella maggior parte dei cavi rimane localmente delimitato ma progredisce molto velocemente, è causato da acque fortemente basiche, contenenti dell'idrossido di calcio. Vengono trattate le questioni: «A che cosa è dovuta la presenza dell'acqua estremamente basica?» e «Perché le acque molto basiche agiscono in modo estremamente aggressivo sul piombo?», e, nell'ambito dei risultati già noti degli esami e delle prove, si cercherà di rispondere a tali domande.*

1 Einleitung

Seit man Fernmeldekabel im Erdboden verlegt, müssen Störungen geortet und behoben werden, die durch Korrosionsschäden am Bleimantel der Kabel verursacht worden sind. Blei dient sozusagen schon seit Beginn der Erdkabelherstellung als Kabelmantelmaterial und wird bis heute immer noch weitaus am häufigsten verwendet. Blei ist und bleibt ein ausgezeichnetes Mantelmaterial, nicht nur weil es im Gegensatz zu Kunststoffen absolut wasserdampfundurchlässig ist, sondern auch weil es bei verhältnismässig niedriger Temperatur um das Aderbündel extrudiert werden kann, ohne dieses durch Hitzeentwicklung zu beschädigen. Es ist in erstarrtem Zustand flexibel und kann ausserdem durch einfaches Weichlöten dauerhaft und dicht verbunden werden. Seinerzeit ist sicher auch die gute Chemikalienbeständigkeit für die Wahl von Blei als Mantelmaterial entscheidend gewesen.

Leider hat man aber bald einmal erfahren müssen, dass Bleimäntel gegen Bodenwässer nur beschränkt beständig sind und je nach gegebenen Verhältnissen über kurz oder lang im Erdboden undicht werden. Während man sich anfänglich damit begnügte, aufgetretene Korrosionsschäden von Fall zu Fall zu reparieren, ist man mit der Zeit und mit zunehmender Fehlerhäufigkeit aufmerksamer geworden und hat versucht, die einzelnen Fälle nach äusseren Merkmalen und daraus vermuteten Schadenursachen zu klassieren. Dadurch hat man mit der Zeit ein Bild über die Bedeutung und mengenmässige Verbreitung verschiedener Korrosionstypen erhalten. Viele Fragen über Reaktionsmechanismen und Um-

1 Introduction

Les dégâts que provoque la corrosion aux gaines de plomb des câbles ont dû être localisés et supprimés depuis que des câbles des télécommunications ont été posés dans le sol. Dès les débuts de la fabrication des câbles, on s'est servi de plomb en tant que matériau de revêtement et c'est aujourd'hui encore le type de gaine le plus courant. Le plomb possède en effet d'excellentes qualités, non seulement parce qu'il est absolument étanche à la vapeur d'eau, à l'opposé des matières synthétiques, mais encore parce qu'il peut être extrudé autour du faisceau des conducteurs à des températures relativement basses, sans que ceux-ci soient endommagés par la chaleur. Ce matériau est en outre flexible à froid et peut être soudé à la soudure à l'étain ordinaire, les jonctions et obturations étant alors durables et étanches. A l'époque, on a certainement choisi le plomb pour la fabrication des gaines en raison également de sa bonne résistance à l'attaque des produits chimiques.

Malheureusement, on s'aperçut bientôt que les gaines de plomb ne résistaient que partiellement aux eaux de sol et qu'elles devenaient perméables à brève ou longue échéance. Si l'on se contentait, au début, de réparer les dégâts dus à la corrosion dans chaque cas particulier, l'augmentation du nombre des dommages éveilla l'attention et l'on s'efforça de classer les cas d'après leurs caractéristiques extérieures et leur cause présumée. Cette méthode permit, avec le temps, de se faire une idée de l'importance et de la répartition des différents types de corrosion. Il n'avait cependant pas été possible de répondre à de nombreuses questions touchant aux

weltbedingungen sind jedoch offengeblieben, und man hat darum auch keine wirksamen Gegenmassnahmen treffen können.

Mit zunehmender Gesamtlänge verbauter Kabel und wachsendem Betriebsalter sind die Korrosionsschäden immer zahlreicher geworden (3...4 Fälle im Tag), so dass man sich 1956 entschlossen hat, in die Forschungs- und Versuchsabteilung der PTT-Betriebe ein Korrosionslaboratorium zu integrieren. Durch genaue Untersuchung aller erfassbaren Faktoren bei natürlich entstandenen Korrosionsschäden mit Hilfe eines fahrbaren Feldlabors [1] und durch viele Modellversuche [2...11] ist es der gebildeten Fachgruppe innerhalb von etwa 15 Jahren gelungen, sowohl die Reaktionsmechanismen verschiedener Korrosionstypen weitgehend abzuklären als auch geeignete Gegenmassnahmen vorzuschlagen [12]. Der Erfolg dieser grösstenteils realisierten Massnahmen ist allerdings heute noch nicht in einer Abnahme der jährlichen Schadzahlsichtbar. Die Störungsmeldungen infolge Bleimantelkorrosion haben vielmehr weiter zugenommen, weil einerseits die Gesamtlänge des Kabelnetzes bis in die letzten Jahre immer rascher angestiegen ist, andererseits die vergrabenen Kabel immer älter werden. Vergleicht man jedoch die nach wenigen Betriebsjahren aufgetretenen Korrosionsfälle, so kommt die günstige Wirkung der von 1960 an eingeleiteten Gegenmassnahmen deutlich zum Vorschein. Während beispielsweise 1965 noch 26 % aller Korrosionsschäden an weniger als 12 Jahre alten Kabeln aufgetreten sind, weisen 1974 nur noch 2 % aller registrierten Korrosionsfälle ein Fehleralter von weniger als 12 Jahren auf.

Anfang 1971 ist unerwartet eine neue Korrosionsart in Erscheinung getreten, durch die ein Kabelmantel in wenigen Jahren perforiert wird. Der bisher unbekannt Korrosionstyp ist erstmals an einem Kabel mit blankem Bleimantel (Kabel Typ A) in einer Kunststoffrohranlage entdeckt worden. Diese Ende der 60er Jahre eingeführte neue Kabelkanalisationsart ist in den folgenden Jahren vielerorts anstelle der seit Jahrzehnten üblichen Vollrohrbauweise mit armiertem Schleuderbeton getreten und hat inzwischen bereits grosse Verbreitung gefunden. Schon die Ergebnisse der am ersten derartigen Korrosionsfall durchgeführten Untersuchung liessen erkennen, dass die Ursache für die bisher unbekannt Korrosionserscheinung wesentlich mit dem neuen Kanalisationsystem zusammenhängt. Um ein erneutes Ansteigen der jährlichen Korrosionsschadzahls zu verhindern, wurden in den Jahren 1971...1977 alle zur Kenntnis gebrachten Bleimantelperforationen in Kunststoffrohranlagen untersucht.

2 Bemerkungen zur Bauweise der Kunststoffrohranlagen

Über den Bau und die Konzeption der Kunststoffrohrblockanlagen berichtete *P. Grossniklaus* in dieser Zeitschrift schon 1970 ausführlich [13], so dass wir uns darauf beschränken können, auf die mit den Korrosionserscheinungen allenfalls zusammenhängenden Besonderheiten aufmerksam zu machen.

Eine Kunststoffrohranlage besteht im wesentlichen aus einer geometrischen Anordnung einer bestimmten Zahl von Rohrzügen (3...24 Rohrzüge, je nach Kapazität), die mit Magerbeton (PC 100...150) fixiert, umgossen und

mécanismes des réactions et aux conditions de l'environnement, raison pour laquelle des remèdes efficaces faisaient encore défaut.

Avec l'accroissement du nombre des kilomètres de câbles du réseau et l'augmentation de la durée d'exploitation, les cas de corrosion n'ont cessé de se multiplier (3...4 par jour), si bien qu'on décida, en 1956, d'intégrer à la Division des recherches et du développement de l'Entreprise des PTT un laboratoire d'étude des corrosions. Par l'examen minutieux de tous les facteurs survenant lors des corrosions naturelles, il a été possible à un groupe de spécialistes de tirer au clair dans une large mesure, en l'espace de 15 ans, les mécanismes de réaction de divers types de corrosion ainsi que de mettre au point des remèdes appropriés [12]. Un tel travail ne fut possible que grâce à l'emploi d'un laboratoire de campagne mobile [1] et à la réalisation de nombreux essais sur des modèles [2...11]. Le succès des mesures, déjà réalisées en grande partie, ne s'est toutefois pas encore traduit par une diminution des dommages constatés chaque année. Au contraire, les avis de dommages imputables à des corrosions de gaines de plomb ont continué d'augmenter, d'une part, parce que la longueur globale du réseau des câbles s'est accrue toujours plus rapidement au cours des ans, d'autre part, en raison du vieillissement des câbles enfouis. Si l'on compare toutefois les dégâts dus à la corrosion apparus après un nombre restreint d'années d'exploitation, on aperçoit clairement l'effet bénéfique des mesures prises dès 1960. Alors qu'on enregistrait encore 26 % de tous les dégâts de corrosion sur des câbles de moins de 12 ans en 1965, cette proportion a pu être ramenée à 2 % en 1974.

Au début de 1971, on découvrit soudain un genre de corrosion caractérisé par une perforation de la gaine des câbles après peu d'années de service. Ce genre de dommage, inconnu jusqu'ici, est apparu pour la première fois sur un câble du type A sous gaine de plomb nu tiré dans une installation de tubes en matière synthétique. Ce système de canalisation, introduit à la fin des années de 1960, a connu une large diffusion et a souvent remplacé, par la suite, le système des tuyaux en béton armé centrifugé. Les examens entrepris lors de la découverte du premier cas de corrosion de ce genre ont permis de déterminer que sa cause était liée étroitement à certains phénomènes typiques pour ces canalisations. En vue de réduire le nombre annuel des cas de corrosion, la Division des recherches et du développement analysa toutes les perforations des gaines de plomb décelées au cours des années 1971...1977 dans les installations de tubes de matière synthétique.

2 Remarques concernant la construction des blocs de tubes en matière synthétique

En 1970 déjà, le Bulletin technique a publié un article détaillé dû à *M. P. Grossniklaus* au sujet de la construction et de la conception des installations réalisées avec des tubes en matière synthétique [13]. En conséquence, nous nous bornerons à attirer l'attention sur les particularités du système qui pourraient être en rapport avec les phénomènes de corrosion. Une installation réalisée avec des tubes en matière synthétique consiste, pour l'essentiel, en un certain nombre de tubes de CPV (3...24 tubes suivant la capacité) fixés et enrobés dans un bloc

damit gegen äussere Beschädigung geschützt zu einem Block vereinigt sind. Die einzelnen Rohrzüge sind normalerweise aus Hart-PVC-Rohren von 2 mm Wandstärke, 100 mm Nennweite und 10 bis 15 m Länge mit Doppelsteckmuffen zusammengesetzt, wobei in die Muffen eingelegte, konische Gummiringe die Rohrverbindungen abdichten. Bei starken Richtungsänderungen und zur Umfahrung von Hindernissen (etwa Bachunterführungen) werden auch dickwandigere Weich-PE-Rohreinsätze mit Hilfe geeigneter Übergangsmuffen eingebaut.

Grundsätzlich erwartet man, dass die Rohrzüge einer fertigen Anlage trocken bleiben; deshalb wird grosser Wert auf eine exakte und saubere Montage gelegt. So wird verlangt, dass die Spleissschächte mit Entwässerungssystemen ausgerüstet sind, um zu verhindern, dass die Rohrzüge von den Schächten her überflutet werden. Es wird auch darauf hingewiesen, dass verschmutzte Rohrenden und Steckmuffen vor dem Zusammenschieben sorgfältig gereinigt werden müssen, und dass die Gummiringdichtungen richtig in den Steckmuffen sitzen und satt anliegen sollen, um Leckstellen zu vermeiden. In Bauzonen mit hohem Grundwasserstand wird empfohlen, Steckmuffen zum Kleben zu verwenden. Die Vorstellung, dass durch diese Massnahmen wasserdichte Anlagen zur Verfügung stehen, hat es erlaubt, blanke Bleimantelkabel in die Rohre einzuziehen. Damit wird nicht nur eine Korrosionsschutzhülle um den Bleimantel eingespart, sondern es sind auch keine Zugarmierungen nötig, weil die Reibung zwischen der Kunststoffwandung und der Bleioberfläche nur gering ist. Eine Undichtigkeit im ganzen System hat man allerdings zum vornherein in Kauf nehmen müssen. Es betrifft dies die Rohrmündungen in die Spleissschächte. Weil zwischen den Kunststoffrohraussenwandungen und dem umgebenden Beton der Schachtmauer keine innige, dichtende Verbindung möglich ist, kann Grund- oder Bergdruckwasser möglicherweise kapillar zwischen den beiden Materialien durchsickern. Man hat darin aber keine Korrosionsgefahr für die Bleimäntel gesehen, weil solche Sickerwässer nicht in die Rohrzüge gelangen, sondern über die Schachtwand abfliessen und den Schacht durch die Entwässerungsleitung verlassen.

Die Wirklichkeit sieht nun leider etwas anders aus, indem gerade an diesen Stellen besonders aggressive Verhältnisse herrschen. Die Wasserdichtigkeit scheint aber auch innerhalb der Rohrzüge nicht immer gewährleistet zu sein, wie die nachfolgende Beschreibung einiger wegen Korrosionsschäden untersuchter Anlagen zeigt.

3 Beschreibung der Fehlerorte einiger untersuchter Schadenfälle

31 Kunststoffrohranlage Auvernier (BK 20084 Colombier—Auvernier)

Das Bezirkskabel (BK) 20084 Colombier—Auvernier ist neu ummantelt im Herbst 1970 als Kabel Typ A in eine neu erstellte Kunststoffrohranlage eingezogen worden. Im März 1971 meldete die Kreistelefondirektion (KTD) Neuenburg, dass eine Störung behoben werden musste, weil der Bleimantel im Einstiegschacht Nr. 134 direkt beim Austritt aus dem Kunststoffrohr durchkorrodiert war.

de béton maigre (PC 100...150), qui les protège contre les détériorations extérieures. Les tubes sont habituellement en chlorure de polyvinyle dur de 100 mm de diamètre intérieur, à parois de 2 mm, d'une longueur de 10 à 15 m, assemblés par des manchons coulissants doubles. L'étanchéité des joints est assurée par des bagues de caoutchouc coniques insérées dans les manchons. On utilise aussi des tubes de PE souple à parois plus épaisses, reliés aux autres tubes par un manchon d'adaptation, pour les changements de direction et l'évitement d'obstacles (par exemple traversées souterraines de cours d'eau).

Il est clair qu'on s'attend par principe que les tubes d'une installation par blocs terminée restent secs, raison pour laquelle on accorde une grande importance à un montage précis et propre. On exige, par exemple, que les chambres d'épissure soient équipées de systèmes de drainage, empêchant que de l'eau accumulée accidentellement ne pénètre dans les tubes. Le personnel de montage est notamment tenu de nettoyer très soigneusement les extrémités des tubes et les manchons coulissants avant l'assemblage et de mettre correctement en place sur leur assise les bagues d'étanchéité en caoutchouc, afin que tout risque d'infiltration soit évité. Dans les zones de construction caractérisées par un niveau élevé de la nappe phréatique, on recommande l'emploi de manchons à coller. Au vu de toutes ces précautions, on admit que les installations décrites seraient exemptes d'eau et on y tira des câbles sous gaine de plomb nus. Cela permettait non seulement d'économiser le revêtement anticorrosion des gaines, mais aussi l'armure spéciale de tirage, vu le faible frottement entre la paroi intérieure des tubes et la surface des gaines de plomb. Il était toutefois connu que certains points du système ne pourraient être parfaitement étanches, notamment les embouchures des tubes dans les chambres d'épissure. Vu qu'il est impossible de souder étroitement et de rendre absolument étanches les surfaces tubes/enrobage de béton aux points d'introduction dans les chambres, c'est ici que peuvent s'infiltrer par capillarité les eaux souterraines et les eaux accumulées dans les terrains en pente. Ce phénomène ne semblait présenter aucun danger direct de corrosion pour les câbles sous gaine de plomb, vu que les eaux d'infiltration ne pénètrent pas dans les tubes, mais dans la chambre où elles sont drainées par un puits perdu ou une conduite d'écoulement.

La réalité est quelque peu différente, étant donné que des conditions particulièrement agressives règnent précisément en ces endroits. L'étanchéité ne semble aussi pas toujours assurée à l'intérieur des tubes, comme le révèle la description de quelques installations examinées à la suite de l'apparition de corrosions.

3 Description des points de corrosion de quelques dommages examinés

31 Installation en tubes de matière synthétique d'Auvernier (CR 20084 Colombier—Auvernier)

En automne de 1970, le câble rural (CR) 20084 Colombier—Auvernier, pourvu d'une gaine neuve, a été tiré en tant que câble du type A dans une nouvelle installation de tubes en matière synthétique. Au mois de mars 1971, la Direction d'arrondissement des téléphones de Neu-

Die Fehlerstelle wurde am 29. März 1971 besichtigt. Der kontrollierte Abschnitt der Anlage liegt unter der Asphaltdecke einer Nebenstrasse, die durch gegen den Neuenburgersee abfallendes Reb Gelände führt. Es ist also auf der ganzen Strecke mit Hangdruckwasser zu rechnen. Die Schächte der Rohranlage sind deshalb durch ein Drainagesystem entwässert. Der im April 1970 für den Anschluss der Rohrleitung umgebaute Schacht Nr. 134 füllte sich trotzdem vorübergehend so hoch mit eindringendem Wasser an, dass dieses durch die unterste Rohrzugreihe des 12tubigen Rohrblocks in den nächsten, tiefer gelegenen Schacht Richtung Colombier abfließen konnte. Im Zeitpunkt der Besichtigung war der Schacht wieder weitgehend entleert. Der maximale Wasserstand konnte jedoch durch die zurückgebliebenen Niveauspuren an den Schachtwänden deutlich festgestellt werden. Wie uns dazu erklärt wurde, versagte das Entwässerungssystem in diesem Schacht, weil das Abflussrohr durch ausserordentlich starke Schlammablagerungen verstopft war. Trotz der erfolgten Reinigung konnten bereits wieder erhebliche Mengen feinen Kalkschlamm auf dem Schachtboden beobachtet werden. Dicke Krusten von ausgeschiedenem Material waren vor allem auf der unteren Wölbung des Betonmündungstrichters abgelagert, durch den die Kabel von Neuenburg her in den Schacht treten, wie die *Figur 1* zeigt. Dabei konnte auch eindeutig erkannt werden, dass das in reichlicher Menge über die Trichterwölbung fließende Wasser hauptsächlich durch die untere Verbindungsfuge, zwischen Mündungstrichter und Rohrblock, in den Schacht eindringt. Teilweise fließt aber auch Wasser durch die Kunststoffrohre in den Schacht. Wie aus *Figur 1* ersichtlich ist, sind von den 12 Rohrleitungen nur 3 mit je einem Kabel belegt. Durch Ausleuchten der einzelnen Rohre konnten diese bis auf etwa 3 m Tiefe überblickt werden. Dabei musste festgestellt werden, dass von den 12 Rohrtuben nur 5 schlammfrei und trocken waren, während 6 Rohre, soweit man sehen konnte,

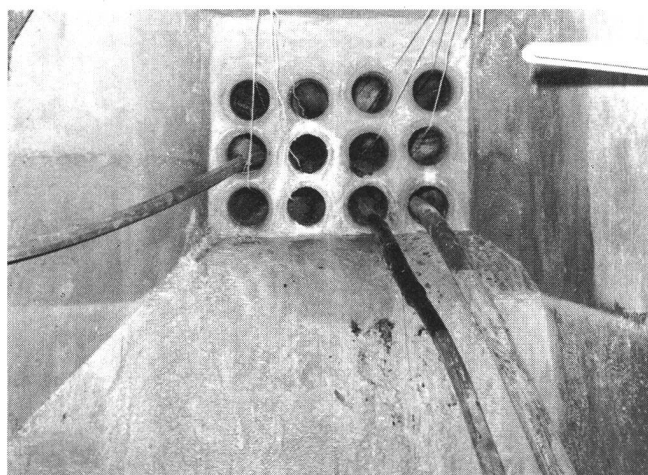


Fig. 1
Rohrblockanlage Auvernier, Fehlerstelle — Installation en tubes de matière synthétique d'Auvernier, défectuosité

Wasser dringt vorwiegend durch die untere Fuge zwischen Rohrblock und Betonmündungstrichter in den Schacht. Auf der Wölbung des Trichters sind dicke Kalkschlamm-schichten abgelagert. Die schwarzgestrichene, verdickte Stelle zeigt, wo der durchkorrodierte Bleimantel geflickt werden musste — L'eau pénètre surtout dans la chambre par le joint d'assemblage inférieur entre l'embouchure en béton et le bloc de tubes. D'épaisse couches de boue calcaire se sont déposées sur la paroi de l'embouchure. La partie plus épaisse, peinte en noir, est le point où la gaine de plomb perforée par la corrosion a été réparée

châtel annonçait qu'un dérangement devait être supprimé, vu que la gaine de plomb du câble était perforée par corrosion, directement au point d'introduction des tubes dans la chambre à regard N° 134.

Le dommage fut examiné le 29 mars 1971. La section contrôlée de l'installation se trouve sous un revêtement d'asphalte d'une route secondaire qui conduit au lac de Neuchâtel à travers un vignoble. Tout le trajet est donc exposé aux infiltrations de l'eau accumulée dans le terrain en pente. Les chambres de l'installation de tubes sont en conséquence équipées d'un système de drainage. La chambre N° 134, aménagée au mois d'avril 1970 pour le raccordement de l'installation de tubes, se remplissait d'eau d'infiltration malgré toutes les précautions de drainage, à un niveau tel que l'eau pénétrait dans la rangée inférieure des 12 tubes posés en bloc et s'écoulait dans la chambre située plus bas en direction de Colombier. Au moment de l'examen, la chambre était de nouveau presque entièrement sèche. Toutefois, le niveau maximal atteint par l'eau ressortait clairement des traces laissées sur les murs de la chambre. On nous expliqua que le système de drainage de la chambre n'avait pas fonctionné, vu que le tuyau d'écoulement était bouché par une accumulation de boue. Malgré le nettoyage entrepris, il fut possible d'observer à nouveau une quantité appréciable de boue calcaire fine sur la dalle inférieure de la chambre. Des croûtes épaisses de matériau évacué s'observaient surtout à la partie inférieure de l'embouchure en béton, par laquelle les câbles venant de Neuchâtel pénètrent dans la chambre, comme le montre la *figure 1*. On put aussi clairement déterminer que la forte quantité d'eau s'écoulant par l'embouchure pénétrait essentiellement dans la chambre par le joint d'assemblage inférieur entre l'embouchure et le bloc de tubes. L'eau pénètre cependant en partie aussi dans la chambre à travers les tubes en matière synthétique. Comme on le voit sur la *figure 1*, trois tubes seulement sur douze sont occupés par un câble. En illuminant les différents tubes, on put les inspecter jusqu'à une profondeur de trois mètres environ. Il en ressortit que cinq seulement des douze tubes étaient exempts de boue et secs, alors que six d'entre eux contenaient, autant qu'on ait pu le voir, une boue blanche et humide ou étaient parcourus par un filet d'eau de ruissellement. Dans l'un des tubes, le dépôt de boue ne s'était accumulé qu'à l'embouchure. Les dépôts blancs visibles à l'embouchure de certains tubes sur la *figure 1* permettent de déterminer ceux dans lesquels de l'eau boueuse s'écoulait.

Tandis que le câble Neuchâtel-Areuse est tiré dans un tube propre et sec (rangée du milieu à gauche) et ne présente de ce fait aucune trace de corrosion, les tubes du CR 20084 et du CI 20010 (rangée d'en bas, tubes 3 et 4) contiennent un peu d'eau. Les gaines de plomb de ce câble sont cependant moins corrodées dans les tubes mêmes qu'à l'endroit où les câbles sortent du bloc de tubes, c'est-à-dire surtout sur la partie où les gaines épousent la courbure de l'embouchure en béton. Le câble rural était entièrement perforé par la corrosion à cet endroit et dut être réparé à l'aide d'un manchon de plomb. La gaine de plomb du câble interurbain est attachée sur une profondeur d'environ 1 mm au point de contact avec l'embouchure, mais elle n'est pas encore perforée. Dans les trois autres chambres, qui se succè-

weissen, nassen Schlamm enthielten oder darin ein Wasserrinnsal daherfloss. Bei einem Tubus hatte sich lediglich an der Mündung ein Schlammdepot gebildet. Durch weisse Ablagerungsspuren sind in der Figur 1 einzelne der schlammführenden Rohrzüge zu erkennen.

Während das Kabel Neuenburg—Areuse in einem sauberen und trockenen Rohr liegt (mittlere Reihe links) und deshalb auch keine Korrosionsspuren aufweist, führen die Rohrleitungen des BK 20084 und des FK 20010 (untere Reihe Rohr 3 und 4) etwas Wasser. Die Bleimäntel dieser Kabel sind aber weniger im Bereich der Rohre korrodiert als vielmehr direkt nach dem Austritt aus dem Rohrblock und vorwiegend auf der kurzen Strecke, wo die Kabelmäntel auf der Wölbung des Betonmündungstrichters aufliegen. Das BK war an dieser Stelle durchkorrodiert und musste mit einem Bleirohreinsatz geflickt werden. Der Bleimantel des FK ist an der Berührungsfläche mit dem Mündungstrichter etwa 1 mm tief angegriffen aber noch nicht perforiert. Auch in den in leichtem Gefälle Richtung Colombier folgenden drei Schächten ist Handdruckwasser eingedrungen. So zeigt zum Beispiel *Figur 2* die Einmündung der Rohre in einen dieser Nachbarschächte. Die weissen Kalkablagerungsspuren lassen erkennen, dass das Wasser hier durch alle Verbindungsfugen zwischen Rohrblock und Betonmündungstrichter sowie zwischen den Kunststoffrohren und dem umgebenden Beton durchsickert.

32 Kunststoffrohranlage Ortsnetz Eschen

Schon nach 1jähriger Betriebszeit ist der Bleimantel eines Kabels vom Typ A durchkorrodiert. Das Kabel wurde im Juni 1970 in die im Herbst 1969 erstellte Rohr-anlage eingezogen. Ende Mai 1971 stellte man den Korrosionsschaden fest. Die Fehlerstelle liegt kurz vor einem Bogen des Rohrzuges (Richtungsänderung um 90°), der unter der Decke einer neuen Strasse verläuft. Das Rohr ist deshalb nicht freigelegt worden, so dass nicht feststeht, ob es an dieser Stelle beschädigt oder sonstwie undicht ist. Das Kabel ist in diesem Fall nicht im Bereich der Schachteinmündung korrodiert, sondern innerhalb eines Rohrzuges. Es ist auch kein Wasser vom Schacht her in die Rohrleitung gelangt. Die Leckstelle liegt offensichtlich beim Übergang vom geraden PVC-Rohr zum Bogenstück aus Weich-PE. Jedenfalls ist dies aus der Lage der Korrosionsstelle am Kabelmantel zu schliessen.

33 Kunststoffrohranlage Altdorf (BK 80056, Altdorf—Unterschächen)

Das BK Altdorf—Unterschächen ist 1969 in Altdorf als Kabel Typ A in die Kunststoffrohranlage eingezogen worden. Zwischen den Spleisschächten Nr. 7 und 8 durchlaufen die 191 m langen Rohrzüge eine Senke. Im Bereich dieser Senke ist im Dezember 1971, also nach weniger als 3 Jahren, am Bezirkskabel eine Störung aufgetreten. Beim Ausziehen des Kabels stellte man fest, dass der Kabelmantel 68 m vor der Einmündung in den Spleisschacht Nr. 8 an einigen nahe beieinanderliegenden Stellen durchkorrodiert war. Die Korrosion beschränkte sich auf eine Länge von 2,5 m. Ausserhalb dieser kurzen Kabelstrecke konnten keine weiteren Korrosionsstellen mehr beobachtet werden. Gleichzeitig

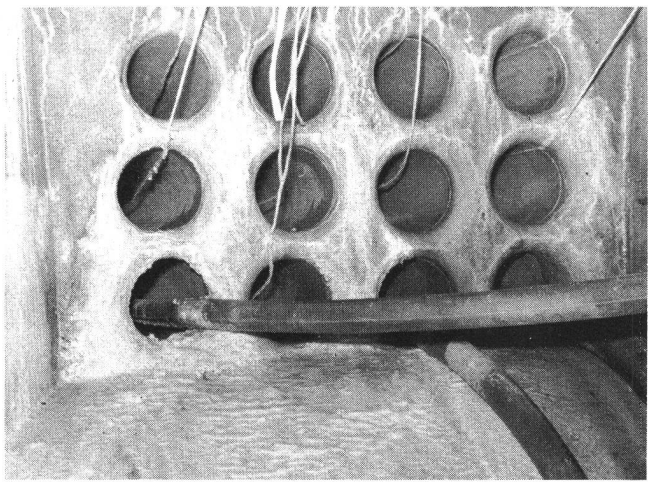


Fig. 2
Rohrblockanlage Auvernier — Installation en tubes de matière synthétique d'Auvernier

Auch in einem der Fehlerstelle benachbarten Schacht dringt kalkausscheidendes Wasser durch alle Fugen ein, wie dies die weissen Spuren zeigen — De l'eau à teneur calcaire pénètre aussi par des interstices dans une chambre voisine de celle où le défaut a été constaté, comme le montrent les traces blanches

dent en direction de Colombier, on observa également de l'eau qui s'était infiltrée après accumulation dans le terrain en pente. Ainsi, la *figure 2* montre l'introduction des tubes dans l'une de ces chambres voisines. Les dépôts de calcaire blancs révèlent qu'ici l'eau a pénétré par tous les joints entre le bloc de tubes et l'embouchure en béton ainsi que par infiltration entre les tubes de matière synthétique et le béton qui les enrobe.

32 Installation en tubes de matière synthétique du réseau local d'Eschen

La gaine de plomb de ce câble, du type A, a été perforée par corrosion après une année d'exploitation seulement. Le câble fut tiré au mois de juin 1970 dans le bloc de tubes établi en automne 1969. A fin mai 1971, on constata des dégâts dus à la corrosion. La partie endommagée se situe peu avant un coude du tube (changement de direction de 90°), qui passe au-dessous du revêtement d'une nouvelle route. De ce fait, le tube n'a pas été dégagé, si bien qu'on ignore s'il est endommagé à cet endroit ou s'il a perdu son étanchéité pour une autre raison. Dans ce cas, le câble n'est pas corrodé à son point d'introduction dans une chambre, mais à l'intérieur d'un tube. L'eau n'a également pas pénétré de la chambre dans le tube. La partie perforée se trouve manifestement à la transition entre le tube de CPV droit et le coude en PE souple, ce qui ressort en tout cas de la position du point de corrosion sur la gaine du câble.

33 Installation en tubes de matière synthétique d'Altdorf (CR 80056, Altdorf—Unterschächen)

Le CR Altdorf—Unterschächen, du type A, a été tiré en 1969 à Altdorf dans une installation en tubes de matière synthétique. Entre les chambres d'épissure N^{os} 7 et 8, les tubes sont posés en déclivité sur une longueur de 191 m. Un dérangement se produisit sur cette section en pente au mois de décembre 1971, soit moins de 3 ans après le tirage du câble. Après avoir retiré le câble du tube, on constata que sa gaine était perforée à plusieurs endroits voisins, à 68 m de son introduction dans la

beobachtete man, dass der Kabelmantel innerhalb der korrodierten Zone nass war, obwohl der Rohrzug, soweit man in diesen von den Schächten 7 und 8 Einblick haben konnte, völlig trocken war. Die Rohrzüge unterfahren im Bereich der nassen Zone einen Plattenschacht. Daraus ist zu schliessen, dass auch in diesem Fall ein Weich-PE-Einsatzstück mit den PVC-Rohrstrecken nicht dicht verbunden ist.

34 Kunststoffrohranlage Arbon (BK 60139, Arbon—Romanshorn)

Das interessierende Teilstück der Kunststoffrohranlage liegt unter der Asphaltdecke einer Strasse, die einem Hang entlang mit leichtem Gefälle vom Einstiegschacht S. 67 Richtung S. 66 verläuft. Der höher gelegene Schacht S. 67 liegt etwa 270 m von der Zentrale entfernt. Die Länge der Sektion S. 67/66 beträgt 216 m. In 67 m Entfernung vom zentralen näheren Spleisschacht S. 67 durchquert das Bezirkskabel einen Zwischenschacht, in dem sich die Verteilspleissung eines 100er-Teilnehmerkabels (TK) befindet. In diesem als E. 6 bezeichneten Schacht musste am Teilnehmerkabel eine Störung infolge Korrosionsdurchbruch behoben werden.

Die Multiblockanlage wurde etwa ein Jahr vor dem Kabeleinzug fertiggestellt. Der 2 mm dicke Bleimantel des TK ist in weniger als zwei Jahren durchkorrodiert. Die Figuren 3 und 4 zeigen den am 24. 8. 1972 angetroffenen Zustand im Fehlerschacht E. 6. Die Mündungen der von der Zentrale her kommenden Rohrzüge sind in *Figur 3* abgebildet. Der Rohrzug 2 ist mit dem Bezirkskabel 60139 St. Gallen—Arbon—Romanshorn besetzt. Die Rohrzüge 3 und 4 enthalten Teilnehmerkabel. Der Korrosionsdurchbruch am 100er-TK ist mit einem Bleirohrflick repariert, wie aus der Abbildung zu ersehen ist. Durch die gegenüberliegende Schachtwand (*Fig. 4*) werden

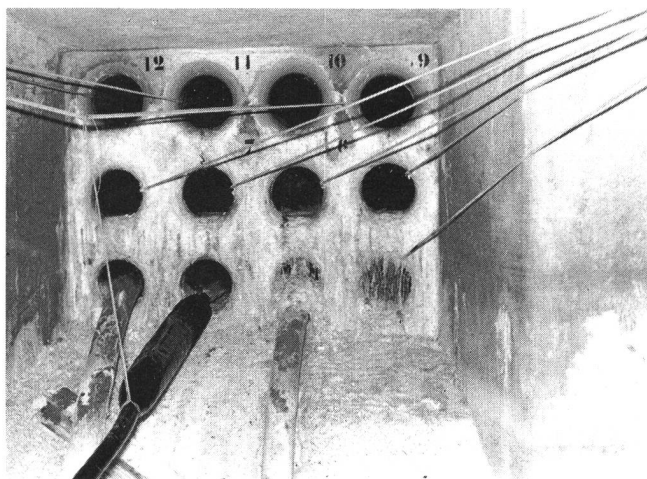


Fig. 3
Rohrblockanlage Arbon, Fehlerstelle — Installation en tubes de matière synthétique d'Arbon, défektivité

Die Stirnseite des Rohrblocks ist grösstenteils mit einer dicken Kalkkruste bedeckt. Stellenweise sind Stalaktitgebilde entstanden. Zwischen den Kalkschichten und in den Stalaktittröhrchen fliesst stark basisches Wasser in den Schacht. Alle Kabel sind an der Berührungsfäche mit der Wölbung des Betontrichters korrodiert. Die schwarzgestrichene Verdickung zeigt die Flickstelle am durchkorrodierten Kabel — La partie frontale du bloc de tubes est fortement encroûtée de calcaire. A certains endroits, on observe la formation de stalactites. De l'eau fortement basique coule dans cette chambre à travers des couches de calcaire et les stalactites creux. Tous les câbles sont corrodés à l'endroit où la gaine épouse l'arrondi de l'embouchure en béton. Les parties peintes en noir plus épaisses montrent les points de réparation sur le câble corrodé

chambre d'épissure N° 8. La corrosion était limitée à une longueur de 2,5 m, c'est-à-dire à une courte section en dehors de laquelle aucune autre trace de corrosion ne fut décelée. On observa à cette occasion que la gaine du câble était mouillée sur toute la longueur de la section corrodée, bien que le tube dans lequel le câble était tiré semblât absolument sec aussi loin que cela était visible à partir des chambres 7 et 8. Dans la zone mouillée, les tubes passaient sous une chambre à dalle. Ici également, on en a conclu qu'une pièce de transition en PE souple n'était pas reliée de manière étanche au tube en CPV.

34 Installation en tubes de matière synthétique d'Arbon (CR 60139, Arbon—Romanshorn)

La section considérée se situe au-dessous du revêtement d'asphalte d'une route qui descend en pente douce entre la chambre à regard E. 67 et la chambre E. 66. La chambre E. 67, établie à un niveau supérieur, se trouve à environ 270 m du central. La longueur de la section E. 67/66 est de 216 m. A 67 m de distance de la chambre d'épissure E. 67, proche du central, le câble rural traverse une chambre intermédiaire dans laquelle se trouve l'épissure de distribution d'un câble d'abonnés à 100 paires de conducteurs. Dans cette chambre, désignée par C. 6, il était nécessaire de réparer un dégât dû à la corrosion au câble d'abonnés. L'installation multiblocs avait été achevée une année environ avant le tirage du câble. En moins de deux ans, la gaine de plomb de 2 mm d'épaisseur du câble d'abonnés fut perforée par la corrosion. Les figures 3 et 4 montrent la situation dans la chambre C. 6, le 24 août 1972. Sur la *figure 3*, on aperçoit les embouchures des tubes venant du central. Le tube 2 est occupé par le CR 60139, St-Gall—Arbon—Romanshorn. Les tubes 3 et 4 contiennent des câbles

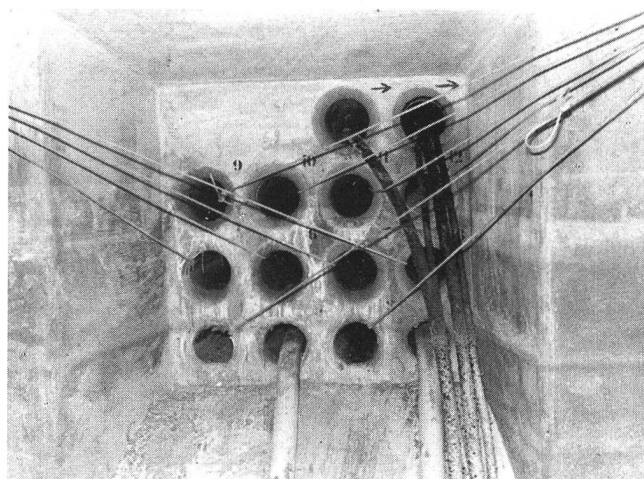


Fig. 4
Rohrblockanlage Arbon — Installation en tubes de matière synthétique d'Arbon

An der der Fehlerstelle gegenüberliegenden Rohrblockmündung zeigen weisse Kalkspuren, dass zeitweise wenig Wasser zwischen den Kunststoffrohren und dem Betonblock durchgesickert ist. Auf der Wölbung des Betontrichters und auf den Kabeln liegt aus dem im Schacht gestandenen Wasser durch Luftkohensäure ausgefallter Kalkschlamm — Les traces blanches de calcaire que l'on voit aux embouchures des blocs de tubes situés à l'opposé du point de réparation montrent qu'une faible quantité d'eau s'est parfois infiltrée entre les tubes de matière synthétique et le bloc de béton. La boue déposée sur l'embouchure en béton et sur les câbles est du calcaire que contenait l'eau de la chambre et précipité par l'anhydride carbonique de l'air

das BK und ein 800er-TK unverändert in den gleichen Rohrzugnummern weitergeführt, während das 100er-TK, aufgeteilt in 4 kleinere Kabel vom Typ B, die Multiblockanlage durch zwei nicht nummerierte Ausgänge verlassen.

Beim Betreten des Schachtes ist zuerst die ausserordentliche Menge von Ablagerungen in Form weisser Krusten oder gelblichen Schlammes aufgefallen. Der Schachtboden war zur Zeit der Besichtigung etwa 2 cm tief mit Wasser überdeckt. Niveauspuren an den Schachtwänden und auf den Kabeln zeigen jedoch, dass das Wasser zeitweise bis auf die Höhe der Rohrmündungen angestiegen ist, so dass Wasser durch die Rohrzüge in den nächsten, tiefer gelegenen Schacht S. 66 abfließen konnte. Der Wasserzufluss erfolgt mindestens teilweise durch die zentralseitige Multiblockmündung. Dies ist mit Sicherheit aus den stalaktitartigen Kalkablagerungen zu schliessen (Fig. 3). An der Gegenwand, wo die Rohre zum tiefer gelegenen Schacht 66 abgehen, sind keine Stalaktite zu beobachten (Fig. 4). Hier hat sich lediglich Kalkschlamm auf der Rundung des Betonmündungstrichters und auf den Kabelsträngen abgelagert. Mit solchem gelblichem, feinstem Schlamm ist auch die ganze Bodenfläche des Schachtes bedeckt, und das Sickerloch ist durch Schlamm und krustiges Material verstopft.

Wenn man die in *Figur 5* deutlich sichtbaren Stalaktite abbricht, ist zu beobachten, dass diese röhrenförmig ausgebildet sind und tropfendes Wasser enthalten, das, mit Indikatorpapier geprüft, wesentlich stärker alkalisch reagiert als das in den Rohrzügen fließende Wasser. Nach dem Wegwischen der Stalaktite ist eine «Wasserquelle» zum Vorschein gekommen. In *Figur 6* wird auf diese Stelle gezeigt, an der innerhalb von etwa 5 Minuten $\frac{1}{4}$ l Wasser gefasst werden konnte. Das Wasser zwischen den Kunststoffmündungstrichtern und der Betonumpackung austritt, erkennt man auch deutlich an der Gegenwand (Fig. 4), weil dort die Verkrustung nur gering ist, so dass genau sichtbar ist, wie die weissen Kalkausscheidungsspuren von der Grenzlinie Kunststoff-aussenwand/Beton ausgehen.

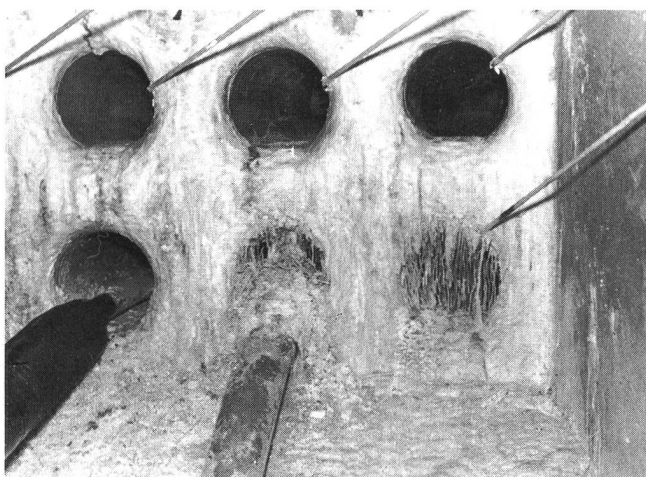


Fig. 5
Rohrblockanlage Arbon, Fehlerstelle — Installation en tubes de matière synthétique d'Arbon, défautuosité

Hier sind die rund um die Kunststoffrohrmündungen abgelagerten dicken Kalkkrusten besonders deutlich zu erkennen. Über zwei Rohrzugmündungen hängen stalaktitartige, wasserführende Kalkröhren — Les croûtes de calcaire groupées autour des embouchures en matière synthétique sont ici particulièrement typiques. Au-dessus de deux sorties de câbles, on aperçoit des stalactites creux à travers lesquels l'eau s'est écoulée

d'abonnés. Comme on peut l'observer sur la figure, la perforation due à la corrosion du câble d'abonnés à 100 paires a été réparée par un manchon de plomb soudé. Le câble rural et un câble d'abonnés à 800 paires quittent la chambre sans changement par le côté opposé et en empruntant les tubes portant les mêmes numéros alors que le câble d'abonnés a été subdivisé en 4 câbles plus petits du type B, qui pénètrent dans l'installation multiblocs par deux entrées non numérotées (*fig. 4*).

En pénétrant dans la chambre, on fut d'abord frappé par la grande quantité de dépôts sous forme de croûtes blanches ou de boue jaunâtre. A l'époque de l'examen, le niveau de l'eau atteignait 2 cm au fond de la chambre. D'après les traces laissées sur les murs et sur les câbles, on put cependant constater que l'eau avait dû monter parfois jusqu'à la hauteur des embouchures de tubes, si bien qu'elle s'était écoulée à travers ceux-ci dans la chambre E. 66 située en contrebas. L'apport d'eau avait dû pour le moins provenir en partie des tubes de l'installation multiblocs conduisant au central. On peut même l'affirmer au vu des dépôts de calcaire en forme de stalactites (*fig. 3*). Sur le mur opposé, où les tubes partent en direction de la chambre 66, placée plus bas, on n'observe aucun stalactite (*fig. 4*). Seule une boue calcaire s'est déposée sur l'arrondi de l'embouchure en béton et sur les faisceaux de câbles. La dalle de fond est également entièrement recouverte de boue fine et jaunâtre et le puits perdu est bouché par de la boue et des incrustations.

Si l'on détache un des stalactites visibles sur la *figure 5*, on s'aperçoit qu'il a la forme d'un tube et qu'il contient de l'eau d'écoulement qui, testée au papier indicateur, montre une alcalinité nettement plus prononcée que l'eau s'écoulant dans les tubes. Après éloignement des stalactites, une véritable «source d'eau» apparaît. La *figure 6* montre ce point, auquel on capta un quart de litre d'eau en cinq minutes. On voit clairement sur le mur opposé représenté à la figure 4 que de l'eau s'échappe de l'interstice existant entre les embouchures en matière synthétique et l'enrobage en béton.

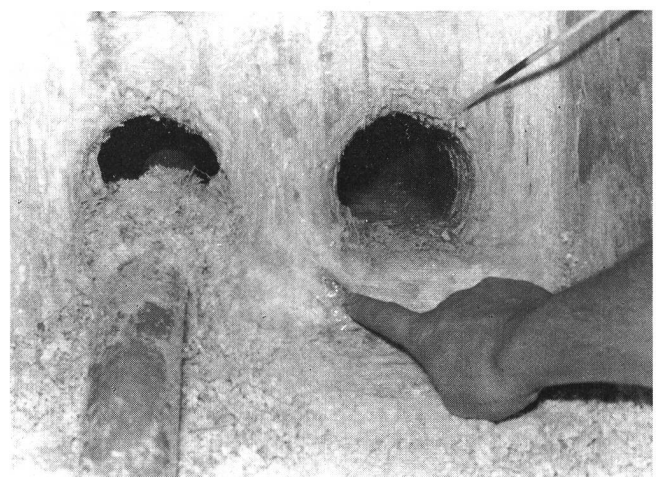


Fig. 6
Rohrblockanlage Arbon, Fehlerstelle — Installation en tubes de matière synthétique d'Arbon, défautuosité

Hier wird auf eine «Wasserquelle» gezeigt, die nach dem Wegwischen der Stalaktite zum Vorschein gekommen ist. Das stark basische Wasser (pH 12,6) quillt zwischen dem Kunststoffmündungstrichter und der Betonumpackung hervor — On voit ici la véritable «source d'eau» qui est apparue après l'enlèvement des stalactites. L'eau fortement basique (pH 12,6) s'échappe de l'interstice existant entre les embouchures en matière synthétique et l'enrobage en béton

Obwohl die Rohrzüge vom Zwischenschacht bis zum Spleisschacht Nr. 66 durchgehend fließendes Wasser enthalten, sind die Kabel auf der ganzen Länge nirgends tiefgehend korrodiert, sondern lediglich streckenweise mit gelbem Bleioxid bedeckt. Hingegen weist das Bezirkskabel vom Zwischenschacht aus gesehen 16 m tief im Rohrzug Richtung S. 67, auf einer Länge von etwa 2 m, tiefe Korrosionsgräben an der Auflagefläche auf, wie wir dies am ausgezogenen Kabel feststellen konnten.

35 Kunststoffrohranlage Egnach (BK 60139 Arbon – Romanshorn)

Ähnliche Verhältnisse wie zwei Jahre früher in Arbon wurden 1974 auch in der 1400 m langen Kunststoffrohranlage in Egnach festgestellt. Die Anlage mit einer Kapazität von 8 Rohrzügen erstreckt sich über die Sektionen S. 81a bis S. 88 des BK 60139 und durchquert das Dorf Egnach entlang der rechten Strassenseite Richtung Romanshorn. Die Rohranlage beginnt am Dorfeingang mit der Spleissung S. 81a im Einstiegschacht E. 50 und endet nach der Spleissung S. 88 im Zwischenschacht E. 38 zwischen Egnach und Salmsach. Es konnten insgesamt 13 Einstiegschächte eingesehen werden. Davon waren 7 Schächte mehr oder weniger tief mit Wasser gefüllt, das an unterschiedlichen Stellen eingedrungen war. Eine Besonderheit zeigt die *Figur 7*, wo Kalkausscheidungen verraten, dass Wasser dort durch die Betonmasse eindringt, wo die verzinkten Profileisen (sogenannte Mittelstücke) im Schachtboden eingelassen sind. In einem andern Schacht stellten wir Wasserdurchbrüche an mehreren Stellen in der Betonwandung fest, so dass der Schachtboden nach dem Leerpumpen innerhalb von 20 Stunden wieder 7 cm tief mit Wasser überdeckt war, was einer Wasserzufuhr von etwa 20 l/h entspricht. Der Beweis, dass Wasser massive Betonmauern durchbricht, ist in *Figur 8* erbracht. Hier quillt Wasser in einer Menge von etwa 2 l/h an zwei Stellen aus der senkrechten Schachtmauer. 5 l/h Wasser fließ-



Fig. 7
Rohrblockanlage Egnach — Installation en tubes de matière synthétique d'Egnach

In diesem Schacht ist Wasser an der Stelle eingedrungen, wo die Stahlschiene in den Schachtboden eingelassen ist, wie dies aus der Kalkkrustenbildung zu erkennen ist — De l'eau s'est introduite dans cette chambre à l'endroit où les montants d'acier sont scellés dans la dalle de fond, comme le prouvent les dépôts de calcaire

Vu que l'encroûtement y est faible, il apparaît clairement que les traces d'accumulation de calcaire partent de la délimitation formée par la paroi extérieure du tube et le béton. Bien que les tubes allant de la chambre intermédiaire à la chambre d'épissure N° 66 conduisent sur toute leur longueur de l'eau courante, les câbles ne sont nulle part profondément corrodés mais seulement recouverts par places d'oxyde de plomb jaune. En revanche, le câble rural partant de la chambre intermédiaire en direction de E. 67 présente, à 16 m du point de départ, des sillons de corrosion sur une longueur de 2 m sur la surface d'appui, comme on a pu l'observer après avoir retiré le câble.

35 Installation en tubes de matière synthétique d'Egnach (CR 60139, Arbon – Romanshorn)

En 1974, des conditions semblables à celles qui étaient apparues à Arbon 2 ans auparavant ont été trouvées à Egnach, dans une installation en tubes de matière synthétique de 1400 m. L'installation dont la capacité est de 8 tubes comprend les sections E. 81a—E. 88 du CR 60139 et traverse le village d'Egnach sur le côté droit de la route conduisant à Romanshorn. L'installation de tubes commence à l'entrée du village au point d'épissure E. 81a, dans la chambre à regard C. 50, et aboutit au point d'épissure E. 88, dans la chambre intermédiaire C. 38, entre Egnach et Salmsach. On visita 13 chambres à regard en tout, dont 7 étaient plus ou moins remplies d'eau qui avait pénétré par divers endroits. La *figure 7* montre un cas particulier où des dépôts de calcaire révèlent que de l'eau s'introduit dans la chambre à travers la masse de béton à l'endroit où les montants zingués sont scellés dans la dalle de fond. Dans une autre chambre, on constata des infiltrations d'eau en plusieurs points des murs en béton, si bien que la chambre vidée à l'aide d'une pompe fut de nouveau envahie par 7 cm d'eau accumulée après 20 heures, ce qui correspond à un apport de 20 l/h. La *figure 8* prouve que de l'eau peut pénétrer à travers des murs de béton massifs. Ici, de



Fig. 8
Rohrblockanlage Egnach — Installation en tubes de matière synthétique d'Egnach

In einem andern Schacht durchdringt stark basisches Wasser die Betonmasse an zwei durch Pfeile markierten Stellen einer Längswand — Dans une autre chambre, de l'eau fortement basique a filtré à travers un mur en béton aux deux endroits désignés par des flèches

sen ausserdem kapillar zwischen dem Kunststoffrohr Nr. 5 und der Betonpackung in den gleichen Schacht, wie dies die *Figur 9* (Pfeil) zeigt. Trotzdem ist der Kabelfehler an einem Teilnehmerkabel nicht im Bereich der Schachtmündung aufgetreten, sondern 30 m tief im Rohrzug, wo mit einem Weich-PE-Einsatz ein Hindernis umfahren werden musste. Bei dieser Anlage wurden die blanken Bleimäntel nämlich 2 Jahre vorher an den gefährdeten Mündungsstellen mit aufgeschlitzten und übergestülpten Polyäthylenschlauchstücken vor dem direkten Kontakt mit dem austretenden Wasser geschützt.

36 Kunststoffrohranlage Wollerau – Freienbach (BK 70016, Pfäffikon – Richterswil)

Ende 1974 musste am Bezirkskabel Pfäffikon – Richterswil ein Kabelfehler behoben werden, der in der etwa 4 km langen Rohrblockanlage Wollerau – Freienbach innerhalb der Sektion 32/33 aufgetreten war. Dazu musste die betreffende Kabellänge von 304 m ausgezogen und ausgewechselt werden, weil sich die Leckstelle 12 m tief im Rohrzug befand. Die Kunststoffrohranlage wurde 1968 als eine der ersten dieser Art gebaut und besteht aus 8, streckenweise 10 Rohrzügen. 1969 wurde das BK 70016 als Kabel Typ A mit einem antimonglegierten (0,7 % Sb) Bleimantel von 2,1 mm Dicke in den Rohrzug Nr. 2 eingezogen.

Von 10 im März 1975 kontrollierten Einstiegschächten enthielten 6 Wasser, wobei 3 vollständig überflutet waren. So war der Spleisschacht 32 zu zwei Dritteln mit Wasser gefüllt, wobei nach dem Auspumpen beobachtet wurde, dass der Wasserzutritt vorwiegend durch die Entlüftungsleitung erfolgte. Auch im Schacht 29, der bis auf die Höhe der unteren Rohrzugreihe wassergefüllt war, floss das Wasser grösstenteils durch die Entlüftungsleitung zu. Niveauspuren und Kalkschlammablagerungen an den Wänden und in den oberen Rohrzügen zeigten, dass zeitweise ein noch höherer Wasserstand vorhanden war. Ein besonders krasses Bild der Kalkablagerung aus infiltriertem Wasser war im Schacht 28 anzutreffen, wo das Wasser auf der ganzen Breite des Betonmündungstrichters verteilt herunterperlte und zentimeterdicke Kalkkrusten bildete, so dass das aufliegende Kabel sozusagen versteinert wurde, wie dies *Figur 10* zeigt.

Dieser Fall wies gegenüber den vorstehend beschriebenen einige Unterschiede auf. So entstand das Leck erst nach fast 6jähriger Betriebszeit und nicht schon nach 1 bis 3 Jahren. Für den Kabelmantel wurde mit 0,7 % Antimon legiertes Blei verwendet und nicht Reinblei oder Tellurblei (0,04 % Te) wie in den übrigen Fällen. Schliesslich erfolgte die Korrosion nicht in örtlich begrenzten, tiefen Furchen oder Kratern, sondern durch flächigen Abtrag und Bildung dicker Krusten roten Bleioxids, bis es schliesslich in der Nahtzone des Kabelmantels zum Durchbruch kam.

4 Ergebnisse der Untersuchung von Wasser- und Schlammproben

In allen untersuchten Fällen waren die nackten Bleimäntel der in die Kunststoffrohranlagen eingezogenen Kabel mit Wasser in Berührung gekommen. Der Wasserkontakt erfolgte dabei nicht nur bei den Rohrmün-

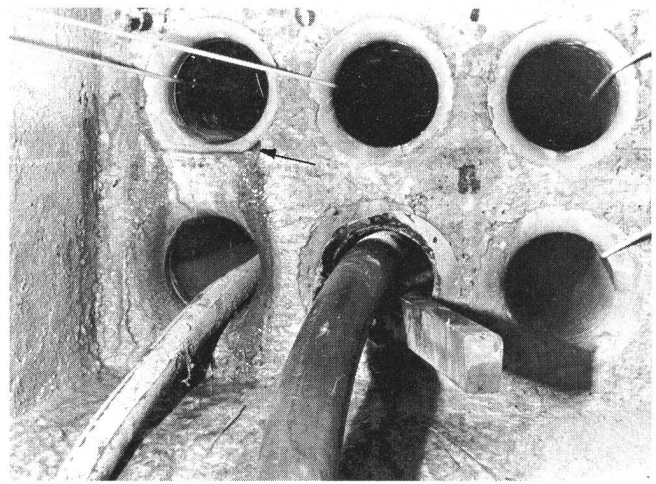


Fig. 9
Rohrblockanlage Egnach – Installation en tubes de matière synthétique d'Egnach

Im gleichen Schacht, von dem auch die *Figur 8* stammt, fliessen etwa 5 Liter Wasser in der Stunde beim Rohrzug Nr. 5 zwischen dem Kunststoffrohr und der Betonumpackung in den Schacht (Pfeil) – Dans cette chambre, la même qu'à la figure 8, de l'eau pénètre à un débit d'environ 5 l/h vers le tube N° 5, entre le tube en matière synthétique et l'enrobage en béton (flèche)

l'eau sort des murs verticaux de la chambre en deux points avec un débit de 2 l/h. A cela s'ajoutent 5 l/h d'eau qui s'infiltré par capillarité entre le tube en matière synthétique N° 5 et l'enrobage en béton, dans la même chambre, comme l'indique la flèche visible sur la *figure 9*. Malgré cela, une défectuosité sur un câble d'abonnés n'apparut pas dans la zone d'introduction dans la chambre, mais à 30 m de profondeur dans un tube, où le câble contournait un obstacle dans un coude en PE souple. Dans cette installation, les gaines de plomb nues avaient été protégées deux ans auparavant par des tuyaux en polyéthylène fendus, glissés sur les câbles exposés à la corrosion, à l'endroit même où ils sortaient des tubes et où ils eussent sans cela été en contact direct avec l'eau.

36 Installation en tubes de matière synthétique Wollerau – Freienbach (CR 70016, Pfäffikon – Richterswil)

A la fin de 1974, il fallut supprimer un défaut sur le câble rural Pfäffikon-Richterswil, qui apparut sur la section 32/33 de l'installation en tubes de matière synthétique de 4 km établie entre Wollerau et Freienbach. Lors de cette réparation, il fallut retirer 304 m de câble et échanger cette section, vu que la perforation se trouvait à 12 m à l'intérieur du tube. Cette installation en tubes de matière synthétique posés par blocs fut construite en 1968; c'est l'une des premières de ce genre et elle se compose de 8, voire de 10 tubes sur certains tronçons. En 1969, on tira dans le tube N° 2 le câble rural CR 70016, du type A, revêtu d'une gaine de 2,1 mm de plomb allié de l'antimoine (0,7 % Sb).

Des 10 chambres à regard contrôlées au mois de mars 1975, 6 contenaient de l'eau et 3 étaient entièrement inondées. Ainsi, la chambre d'épissure N° 32 était remplie aux $\frac{2}{3}$ d'eau, et l'on constata après l'avoir vidée au moyen d'une pompe que l'eau y affluait surtout par la conduite d'aération. Dans la chambre N° 29, remplie d'eau jusqu'au niveau de la rangée inférieure des tubes, l'eau pénétrait en grande partie par la conduite d'aération. Les traces de niveau et les dépôts de boue calcaire

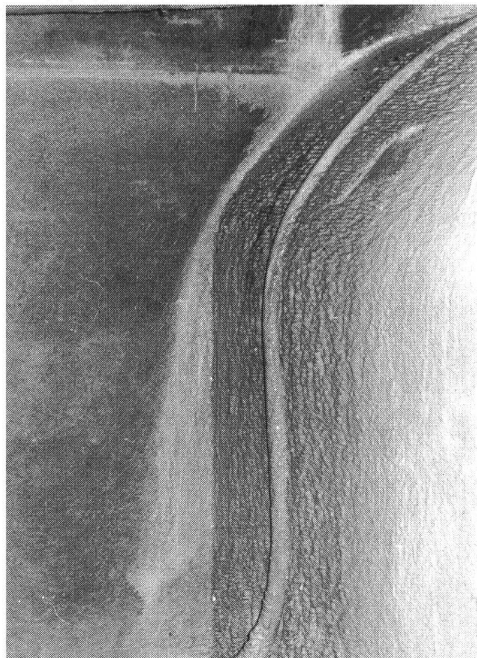


Fig. 10
Rohrblockanlage Wollerau — Installation en tubes de matière synthétique de Wollerau

In diesem Schacht fließt stark basisches Wasser über die ganze Breite des Betonmündungstrichters verteilt in den Schacht, so dass die auscheidende Kalkkruste das aufliegende Kabel sozusagen versteinert hat — Une nappe d'eau fortement basique ruisselle dans cette chambre sur toute la largeur de l'embouchure en béton. La croûte de calcaire qui s'est déposée sur le câble l'a en quelque sorte pétrifié

dungen in den Spleisschächten, sondern oft auch innerhalb langer Rohrzugstrecken. Es ist deshalb eher erstaunlich, dass die Bleimäntel nicht stärker verbreitet angegriffen wurden und tiefgehende Korrosionen auf engbegrenzte Auflageflächen beschränkt blieben. Es musste deshalb angenommen werden, dass Wässer unterschiedlicher Aggressivität wirksam waren. Darum versuchte man, wo immer möglich, in ein und demselben Schacht Wasserproben von verschiedenen Stellen zu sammeln und zu analysieren. Insgesamt wurden aus den verschiedenen kontrollierten Kunststoffrohranlagen über 30 Wasserproben untersucht. Dabei liessen sich aufgrund der Analysenergebnisse sämtliche Proben drei verschiedenen Wasserqualitäten zuteilen:

- *Stark basische Wässer mit pH-Werten von 11...12,6*
Dazu gehören alle Proben, die direkt beim Austritt aus durchdrungenen Betonschichten gefasst werden konnten. Sie enthalten gelöstes Calciumhydroxid bis zur Sättigung und sind instabil, indem bei Luftkontakt sofort Kalkschlamm ausscheidet. Abnormal hoch ist auch der Anteil an Natriumionen (bis 100 mg Na/l), und in einzelnen Anlagen weisen diese Wässer zudem einen hohen Chloridgehalt auf (bis 200 mg Cl/l). Die Menge gesamthaft gelöster Stoffe beträgt 1...2 g/l (bestimmt als Trockenrückstand). Entsprechend niedrig sind die Werte des spezifischen elektrischen Widerstandes (185...250 Ωcm bei 18 °C).
- *Schwach basische Wässer mit pH-Werten von 8,5...10,5*
In dieser in den Analysenwerten breiter streuenden Wasserqualität sind alle Proben enthalten, die aus Schächten und Rohrzügen stammen, wo grosse Mengen abgesetzten Kalkschlammes lagen. Es handelt

sur les murs et sur les tubes supérieurs montraient que cette chambre était parfois inondée à un niveau encore supérieur. Un exemple éloquent de dépôt de calcaire provenant des eaux d'infiltration ressort de la *figure 10*. On y voit la chambre N° 28, où de l'eau a perlé sur toute la largeur de l'embouchure en béton et y a déposé des croûtes de calcaire de plusieurs centimètres d'épaisseur, si bien que le câble épousant la courbure semble pétrifié.

Ce cas présente certaines différences par rapport aux précédents. Au lieu de se manifester après 1 à 3 ans déjà, la perforation n'est apparue qu'après 6 ans d'exploitation. Le câble est revêtu d'une gaine de plomb allié à 0,7 % d'antimoine et non pas de plomb pur ou de plomb allié à du tellure (0,04 % Te) comme dans les autres cas. Finalement, la corrosion n'était pas localisée et ne présentait ni sillons ni cratères, mais une évacuation de métal en surface avec formation d'épaisses croûtes d'oxyde de plomb rouge, qui avait conduit à une perforation de la gaine dans la zone de suture.

4 Résultats de l'analyse d'échantillons d'eau et de boue

Dans tous les cas examinés, les gaines de plomb nues de câbles tirés dans des installations en tubes de matière synthétique avaient été en contact avec de l'eau. Ce contact ne s'était pas seulement produit à l'embouchure des tubes dans les chambres, mais fréquemment aussi sur de longues sections à l'intérieur des tubes. Il est dès lors surprenant que l'attaque des gaines n'ait pas été plus étendue et que les corrosions profondes se soient limitées à des surfaces de contact étroitement délimitées, ce qui est probablement dû à la présence d'eaux d'une agressivité différente. On s'efforça, par conséquent, de recueillir et d'analyser dans la même chambre des échantillons d'eau provenant de points différents. Ainsi, plus de 30 échantillons d'eau prélevés dans les diverses installations en tubes de matière synthétique examinées furent soumis à une analyse. Les résultats finaux ont permis de classer ces eaux en trois catégories de qualité, à savoir:

- *Eaux fortement basiques ayant un pH compris entre 11...12,6*

En font partie tous les échantillons prélevés directement aux points où l'eau avait traversé des couches de béton. Ils contiennent de l'hydroxyde de calcium dissous jusqu'à saturation et sont instables, ce qui se manifeste par une précipitation immédiate de boue calcaire au contact de l'air. La proportion des ions de sodium est aussi anormalement élevée (jusqu'à 100 mg Na/l) et dans certaines installations on a observé de plus une forte teneur en chlorures (jusqu'à 200 mg Cl/l). La concentration globale des substances dissoutes est de 1...2 g/l (déterminée en tant que résidu sec). La résistivité de ces eaux est en conséquence basse (185...250 Ωcm à 18 °C).

- *Eaux faiblement basiques ayant un pH compris entre 8,5...10,5*

Ces eaux où l'analyse a révélé un éventail de valeurs plus large comprennent tous les échantillons provenant de chambres et de tubes dans lesquels on avait trouvé un fort dépôt de boues calcaires. Il s'agit d'eau ayant filtré à travers le béton et présentant une préci-

sich um betoninfiltriertes Wasser, in welchem das ursprünglich gelöste Calciumhydroxid durch die Einwirkung von Luftkohlenensäure als Kalk ausgefällt worden ist. Je nach Carbonatisierungsgrad und Mischungsverhältnis mit anderweitig zugeflossenen Grund-, Oberflächen- oder Kondenswässern unterscheiden sich die einzelnen Analysenwerte weitgehend. Der Gehalt an gelösten Calciumionen ist aber allgemein verhältnismässig niedrig (20...40 mg Ca⁺⁺/l), und der Anteil gesamthaft gelöster Stoffe beträgt 80...360 mg/l; dabei können in einzelnen Fällen die Gehalte an Chlorid- und Natriumionen den Calciumgehalt weit übersteigen, weil diese leichtlöslichen Alkalisalze (Natriumchlorid) nicht ausgefällt werden.

– *Neutrale Wässer mit pH-Werten von 7...8*

Diese Wasserqualität wurde in den, den Einstiegschächten entnommenen Proben gefunden, in denen kein weisser Kalkschlamm, manchmal aber dunkler Erdschlamm vorgefunden wurde, das heisst von Stellen stammten, wo das Wasser nicht durch Betonschichten gedrungen, sondern anderweitig zugeflossen ist, wie durch angeschlossene Kabelschutzkanäle des Ortsnetzes oder durch Rückstauungen schlecht funktionierender Entwässerungsleitungen. Die Analysendaten dieser Proben zeigen durchschnittliche Werte, wie sie in Bodenwässern normalerweise gefunden werden (spezifischer elektrischer Widerstand 2000...3000 Ωcm, Trockenrückstand 250...350 mg/l, Gesamthärte 15...30° französische Härte, Chloridgehalt 1...10 mg Cl⁻/l).

– *Schlammproben*

Dass es sich bei den mehrfach erwähnten Schlammablagerungen tatsächlich um aus dem Wasser ausgeschiedenen Kalk handelt, wird durch die Analyseergebnisse einiger, den kontrollierten Schächten entnommener Proben bestätigt. So haben wir in den getrockneten Schlammproben Kalkanteile (CaCO₃) von 95...97 % gefunden. Den höchsten Kalkanteil enthielt eine Probe reinweissen Schlammes aus einem kabelfreien Kunststoffrohrzug. Umgekehrt enthielt eine Schlammprobe schmutzgelber Farbe vom Schachtboden mit 95 % Kalk am meisten Nebenbestandteile, wie Rost und Sand (1 % Fe₂O₃ und 2 % SiO₂). Im Bereich einer tiefgehenden Bleimantelkorrosionsstelle fanden wir im Kalkschlammdepot auf dem Betonmündungstrichter auch etwa 1 % Blei als Verunreinigung.

Ausgesprochen aggressiv auf die Bleimäntel der Kabel wirkt offensichtlich nur die stark basische Wasserqualität, weil Blei in starken Basen verhältnismässig leicht löslich ist. Tatsächlich sind tiefgehende Korrosionen nur an den direkten Berührungsstellen mit diesen stark basischen Rinnsalen beobachtet worden. Mit abnehmendem pH-Wert vermindert sich die Aggressivität rasch. Jedenfalls sind an den Bleimänteln dort, wo sie mit schwachbasischen Wässern in Kontakt waren, selbst nach längerer Zeit höchstens oberflächlich mehr oder weniger dicke, gelbe und rote Bleioxidschichten entstanden. Harmlos sind die neutralen Wässer, obwohl auch diese nach jahrelanger Einwirkung zu Bleimantelkorrosionen führen können. Sicher darf man annehmen, dass neutrale Bodenwässer in Kunststoffrohranlagen weniger zu fürchten sind als in Kabelschutzkanälen aus

pitation de calcaire due à l'influence de l'anhydride carbonique sur l'hydroxyde de calcium dissous à l'origine. Suivant le degré de carbonatation et la proportion d'eaux souterraines, de surface ou de condensation qu'elles contiennent, ces eaux fournissent à l'analyse des valeurs très diverses. Toutefois, la teneur en ions de calcium dissous est en général assez faible (20...40 mg Ca⁺⁺/l) et la concentration des substances dissoutes s'élève à 80...360 mg/l. Dans certains cas, la teneur en ions de chlorures et en ions de sodium peut nettement dépasser la teneur en calcium, vu que ces sels alcalins facilement solubles (chlorure de sodium) ne sont pas précipités.

– *Eaux neutres ayant un pH compris entre 7...8*

Cette qualité d'eau caractérise les échantillons prélevés dans des chambres où l'on n'avait pas trouvé de boue calcaire blanche, mais parfois de la boue de terre foncée, c'est-à-dire en des points où l'eau n'avait pas filtré à travers des couches de béton et où elle avait pénétré d'autre manière, par exemple à travers des canaux de protection de câbles du réseau local ou par refoulement dans des conduites de drainage fonctionnant mal. L'analyse de ces échantillons a révélé des valeurs moyennes, telles qu'on les trouve habituellement dans les eaux de sol (résistivité 2000...3000 Ωcm, résidu sec 250...350 mg/l, dureté totale 15...30° de dureté française, teneur en chlorures 1...10 mg Cl⁻/l).

– *Echantillons de boue*

L'analyse de certains échantillons provenant de chambres contrôlées a confirmé que les dépôts de boue maintes fois évoqués étaient effectivement imputables au calcaire éliminé par l'eau. Nous avons notamment trouvé dans des échantillons de boue séchée des concentrations de calcaire (CaCO₃) de 95...97 %. L'échantillon le plus riche en calcaire fut prélevé dans un tube de matière synthétique dépourvu de câble, qui contenait une boue d'un blanc pur. A l'opposé, un échantillon de boue d'une couleur jaune sale prélevé au fond d'une chambre contenait, outre 95 % de calcaire, le plus de résidus secondaires tels que de la rouille et du sable (1 % Fe₂O₃ et 2 % SiO₂).

Dans la zone entourant un point de corrosion prononcé d'une gaine de plomb, nous avons décelé dans le dépôt de calcaire sur l'embouchure en béton environ 1 % de plomb en tant qu'impureté.

Il est donc clairement établi que seules les eaux fortement basiques attaquent violemment les gaines de plomb des câbles, parce que le plomb se dissout assez facilement dans les solutions basiques très concentrées. Des corrosions profondes n'ont en effet été observées qu'au point de contact direct des gaines de plomb avec des eaux de ruissellement fortement basiques. Lorsque le pH diminue, l'agressivité décroît rapidement. On a notamment observé que les gaines de plomb des câbles exposés à des eaux faiblement basiques étaient, même après une durée prolongée, seulement recouvertes en surface d'une couche d'oxyde jaune ou rouge plus ou moins épaisse. Les eaux neutres se sont révélées inoffensives, bien qu'elles aussi puissent conduire à des corrosions de gaines de plomb si elles agissent pendant des années. On peut admettre avec certitude que les eaux de sol neutres sont moins dangereuses dans les

Stahl (Zoreisen), weil der Korrosionsfortschritt bei derartigen Wässern weitgehend durch vorhandene Potentialdifferenzen, Lokalelementbildung, Fremdströme oder differentielle Belüftung bestimmt wird. Es sind dies alle Faktoren, die in Kunststoffrohren weitgehend fehlen, sofern die Rohre mit nur je einem Kabel belegt sind.

Weil für die innerhalb weniger Betriebsjahre entstandenen örtlich begrenzten Bleimantelperforationen in Kunststoffrohranlagen demnach in erster Linie die angebotenen stark basischen Wässer verantwortlich sind, müssen folgende zwei Fragen geklärt werden:

- Worauf ist die Anwesenheit des unnatürlich stark basischen Wassers zurückzuführen?
- Warum wirken stark basische Wässer ausserordentlich aggressiv auf Blei?

Nachstehend wollen wir versuchen, diese Fragen allgemein verständlich zu beantworten.

(Fortsetzung folgt)

installations en tubes de matière synthétique que dans les canaux de protection en acier (fers zorès), parce que les progrès de la corrosion dans le cas de telles eaux sont déterminés par des différences de potentiel, la formation d'éléments locaux, des courants vagabonds ou une aération différentielle. Tous ces facteurs n'existent pas dans les tubes de matière synthétique, dans la mesure où ces tubes ne sont occupés que par un seul câble.

Vu que des perforations de gaines de plomb très localisées se sont produites en peu d'années dans les installations en tubes de matière synthétique et qu'il est établi qu'elles sont surtout imputables aux eaux fortement basiques qu'elles drainent, il importe de répondre aux deux questions suivantes:

- Comment expliquer la présence de ces eaux si fortement basiques?
- Pourquoi les eaux fortement basiques attaquent-elles si violemment le plomb?

C'est ce que nous nous efforcerons d'expliquer de manière compréhensible dans la suite. *(à suivre)*

Die nächste Nummer bringt unter anderem

Vous pourrez lire dans le prochain numéro

2/79

M. Béhar
G. Meyenberg

Mise en service des modems sur le réseau automatique

F. Nüsseler

Einmessung von Datenleitungen

A. Brunold

Korrosion von Bleimantelkabeln in Kunststoff-Rohrblockanlagen (Schluss)
Corrosion des câbles sous gaine de plomb tirés dans des blocs de tubes en matière synthétique (fin)
