

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

Quantitative Inspektion von Abwasserkanälen und -leitungen mittels geophysikalischer Verfahren

Ergebnisbericht Oktober 2000

Projekträger:



Stadtentwässerungsbetriebe Köln, AöR
Willy-Brandt-Platz 2
50679 Köln

Auftraggeber:



Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

Projekt: Quantitative Inspektion von Abwasserkanälen und -leitungen mittels geophysikalischer Verfahren

Titel Ergebnisbericht

Ergebnisse der Voruntersuchungen zum Aufbau einer begehbaren Versuchsstrecke zur Durchführung geophysikalischen Messungen

Bearbeiter Dipl.-Ing. T. Kabbe
Dipl.-Ing. A. Redmann
Dr. B. Lehmann, Dipl. Geophys. Rübel, Dipl. Geophys. Swoboda

Datum: 15.10.2000

Dieser Bericht besteht aus 18 Seiten und 14 Abbildungen.

Technische Geschäftsführung: HOCHTIEF Construction AG / GS CEW Köln
Neusser Straße 155
50733 Köln

Kaufmännische Geschäftsführung: IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur
Exterbruch 1
45886 Gelsenkirchen

Partner geophysikalische Erkundungen: Deutsche Montan Technologie GmbH
Mines & More Division
Exploration & Geosurvey
Am Technologiepark 1
45307 Essen

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

Inhaltsverzeichnis

	<i>Seite</i>
1 AUFGABENSTELLUNG.....	4
2 ERSTE VERSUCHE MIT BOHRLOCHGEOPHYSIKALISCHEN MESSGERÄTEN IN NICHTBEGEBBAREN KANÄLEN	4
2.1 Untersuchungen im Teststand der Firma Rohrtec.....	4
2.2 Aufbau des DMT-Teststandes in Oer-Erkenschwick.....	7
2.3 Messungen mit bohrlochgeophysikalischen Messgeräten im DMT-Teststand in Oer- Erkenschwick	9
2.4 Seismische Messungen mit Hilfe einer Ultraschall-Messsonde	12
3 ZUSAMMENFASSUNG DER VORUNTERSUCHUNGEN	18

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

1 Aufgabenstellung

Eine Literaturrecherche aller zur Verfügung stehenden Quellen zeigt, dass die Erkundung der Leitungszone mit geophysikalischen Verfahren grundsätzlich möglich ist. Es besteht jedoch großer Entwicklungsbedarf in Bereichen der zu verwendenden Sensoren sowie der Mess- und Auswertetechniken. Im ersten Schritt soll, innerhalb des Projektes „Quantitative Inspektion von Abwasserkanälen und -leitungen mittels geophysikalischer Verfahren“ in einer Voruntersuchung geklärt werden, aufbauend auf den Stand von Wissenschaft und Technik, welche geophysikalischen Messverfahren im einzelnen bei den Erkundungen zur Anwendung kommen können. Als ein Lösungsweg bietet sich u.a. die Übertragung der sogenannten Bohrlochmessverfahren auf den Anwendungsbereich der Erkundung der Kanalbettung an. Die Eignung dieser Verfahren zum Einsatz in Kanälen sollte in Vorversuchen in einem Versuchsstand der Firma Rohrtec und auf dem Gelände des Bergwerks Blumenthal-Haard in Oer-Erkenschwick getestet werden.

2 Erste Versuche mit bohrlochgeophysikalischen Messgeräten in nichtbegehbaren Kanälen

Im Rahmen der Vorversuche wurden in drei unterschiedlichen Testhaltungen Untersuchungen in Kanälen mit kleineren Durchmessern (nichtbegehbare Kanäle) durchgeführt. Diese Testhaltungen sind :

- Versuchsstand bei der Firma Rohrtec zur Ermittlung von Materialeigenschaften außerhalb von Abwasserrohren mit kleineren Durchmessern bis 400 mm.
- Messungen in einem DMT-Versuchsstand in Oer-Erkenschwick.
- Dükeruntersuchung in Arnsberg.

Die Messungen in Arnsberg werden im folgenden nicht beschrieben, da sie keine relevanten Ergebnisse für den Aufbau eines begehbaren Testkanals liefern. Sie gingen von einem komplett mit Flüssigkeit gefüllten Kanal aus. Weiterhin werden die verwendeten Messsysteme im vorliegenden Bericht nicht beschrieben. Auf sie soll detailliert erst in den folgenden Arbeiten im Rahmen der Erkundungen in einem begehbaren Kanal eingegangen werden.

2.1 Untersuchungen im Teststand der Firma Rohrtec

Bei Untersuchungen im Teststand der Firma Rohrtec sollte herausgefunden werden, ob ein Betonfundament im Nahfeld der Abwasserrohre vorhanden war. Der Einsatz eines Berstverfahrens zur Sanierung der Abwasserrohre ist nur dann möglich, wenn die Rohre gebrochen und zur Seite gedrückt werden können. Dies ist nicht möglich, wenn Teile der Rohre in einem Betonfundament liegen. Um erste Untersuchungen durchzuführen, wurde auf dem Gelände der Firma Rohrtec ein Versuchsstand eingerichtet, in dem unterschiedliche Bettungen eingebaut waren. Dazu wurde ein ca. 6 m langer Kanal in Sand, Kies und Beton gebettet. Das Betonfundament war teilweise direkt am Kanal, teilweise mit etwas Abstand zu den Rohren verlegt worden. Da der gesamte Teststand in trockenem Material aufgebaut wurde, kamen keine elektrischen Verfahren für die Untersuchung in Frage. Aus dem vor-

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

handenen Spektrum von bohrlochgeophysikalischen Messgeräten kam letztendlich nur die Dichtemes-
sung nach dem Gamma- Gamma Verfahren für derartige Untersuchungen in Frage.

Die Gamma-Gamma Messungen wurden mit einer Standardbohrlochsonde durchgeführt. Da die Ein-
dringtiefe dieser Messungen, abhängig vom untersuchten Material, von ca. 10 cm bis maximal 120 cm
reicht, konnte die Sonde nicht im zentralem Bereich des Testkanals geführt werden. Es wurde ein
Transportsystem aufgebaut, dass es erlaubte, die Sonde unmittelbar an der Kanalwand entlang zu füh-
ren und kontinuierliche Messungen durchzuführen. Da die Abwasserrohre waagrecht eingebettet
sind, wurden vier Messungen durchgeführt. Die Sonde wurde dabei an die Rohrwandung angepresst.
Ausgehend von einer Messung zur Erdoberfläche wurde die gesamte Messanordnung jeweils um 90
Grad gedreht und die Messung wiederholt. Auf diese Weise wurden vier Profile (oben, unten und zu
den beiden Kämpfern) erstellt, die ein vollständiges Bild der Betonumhüllung ergaben. Ausgewertet
wurde lediglich die Zählrate der reflektierten Gammaimpulse, die nicht in absolute Dichte umgerech-
net wurden. Somit erhält man lediglich eine qualitative Aussage der Messungen, die aber im vorlie-
genden Fall ausreichte, um die Materialien abzuschätzen. Aufgrund der unterschiedlichen Dynamik
der Messungen wurden die Ergebnisse verschiedenartig normiert dargestellt.

Die Ergebnisse der Messungen sind in **Abbildung 1** dargestellt. Abgebildet sind die Messwerte und
das entsprechende Untergrundmodell. Die betonierten Zonen werden von den Messergebnissen dieser
Gamma-Gamma-Messungen deutlich erfasst. Es ist ebenfalls deutlich zu erkennen, wo die Betonie-
rung unvollständig ist. Die Betonlagen zeichnen sich durch niedrige Zählraten (entsprechend der höhe-
ren Dichte von Beton im Vergleich mit der Umgebung) aus. Die recht niedrige Eindringtiefe des Sy-
stems führt allerdings zu Problemen bei der Interpretation im Bereich der Rohrverbindungen. Die
Dämpfung in diesen Bereichen ist immer sehr hoch, auch wenn kein Beton in diesen Bereichen anzu-
treffen war .

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

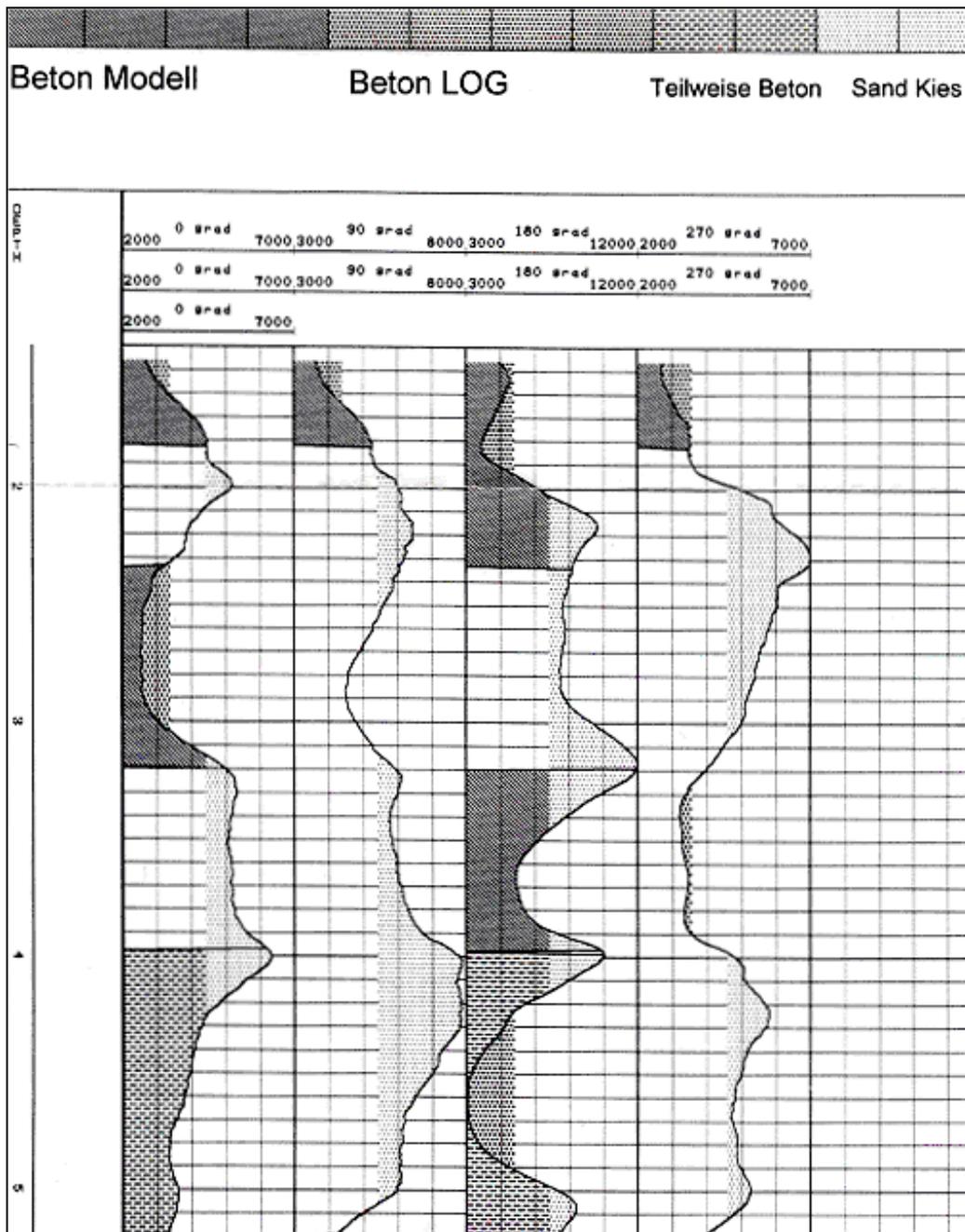


Abbildung 1 : Ergebnisse der Testmessungen im Modellkanal. 0-Grad steht für Messungen zur Erdoberfläche, 90 Grad für Messungen am rechten Kämpfer, 180 Grad für Messungen nach unten und 270 Grad für Messungen entlang des linken Kämpfers. Beton sowie Sand und Kies sind mit den oben gezeigten Symbolen eingezeichnet. Die Messungen zeigen, dass sich der reale Aufbau vom geplanten unterscheidet. Die Betonfundamente sind klar zu erkennen. Der im Gamma-Gamma-LOG erkannte Bereich des Betons unterscheidet sich von dem Modell.

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

2.2 Aufbau des DMT-Teststandes in Oer-Erkenschwick

Auf der Basis der Untersuchungen bei der Firma Rohrtec wurde in Oer-Erkenschwick ein Teststand aufgebaut, der die Messungen im trockenen und wassergefüllten Kanal mit allen zur Verfügung stehenden Sonden erlauben sollte. Der Teststand besteht aus zwei Einheiten: a) dem Modellkanal DN 400 und b) einer PCV Verrohrung, welche die geophysikalischen Messungen zur Erfassung der Eigenschaften der für die Bettung verwendeten Materialien erlaubt (Nullmessungen).

Ein Plan dieses Abwasserkanals ist in **Abbildung 2** dargestellt. Die eingebauten Rohre haben einen Durchmesser von ca. 400 mm.

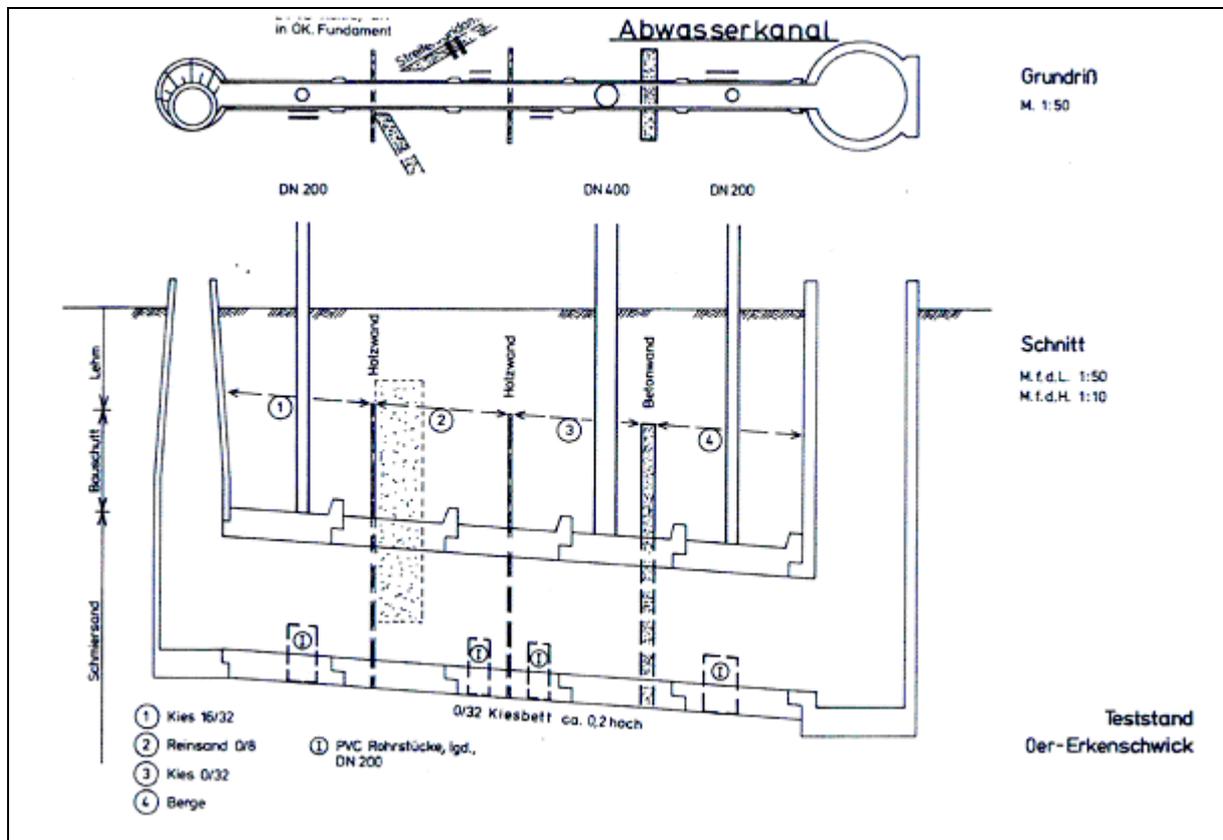


Abbildung 2: Teststand Oer-Erkenschwick, Modell Abwasserkanal mit zwei Zugängen. Der Innendurchmesser des Kanals beträgt ca. 400 mm, die Länge ohne die Zugänge beträgt ca. 7 m.

In diesem Teststand waren um die Rohre herum Hindernisse aufgebaut, wie sie auch in der IKT-Versuchsstrecke eingebaut werden sollen (Betonwände, Holzwände und Styropor). Daneben wurden auch hier verschiedene Bettungen verwendet. Holzwände und eine Betonwand wurden senkrecht zum Abwasserkanal eingesetzt. Sie dienten gleichzeitig zum Trennen der verschiedenen Materialien, die den Kanal umgeben. Dies war nach den Ergebnissen der ersten Messungen bei Rohrtec notwendig geworden, da sich dort die Bettungsmaterialien vermischt hatten oder sich bei der Messung an anderen

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

Stellen fanden als beim Einbau. Zum leichten Befüllen und für Zwischenmessungen zur Ermittlung der Materialparameter wurden außerdem senkrechte PVC Rohre eingesetzt. Um Unterspülungen zu simulieren wurden an vier Stellen leere PVC Rohre liegend in den Teststand eingebaut.

Abbildung 3 zeigt den Aufbau und die Umgebung der PVC Teststrecke, die für die Erfassung von Materialparametern aufgebaut wurde. Die Teststrecke ist mit einem Winkel von ca. 30 Grad aufgebaut und von beiden Seiten direkt von der Oberfläche zugänglich. Dies hat den Vorteil, dass beliebig lange Sonden ohne Modifikation von der Oberfläche aus eingesetzt werden können.

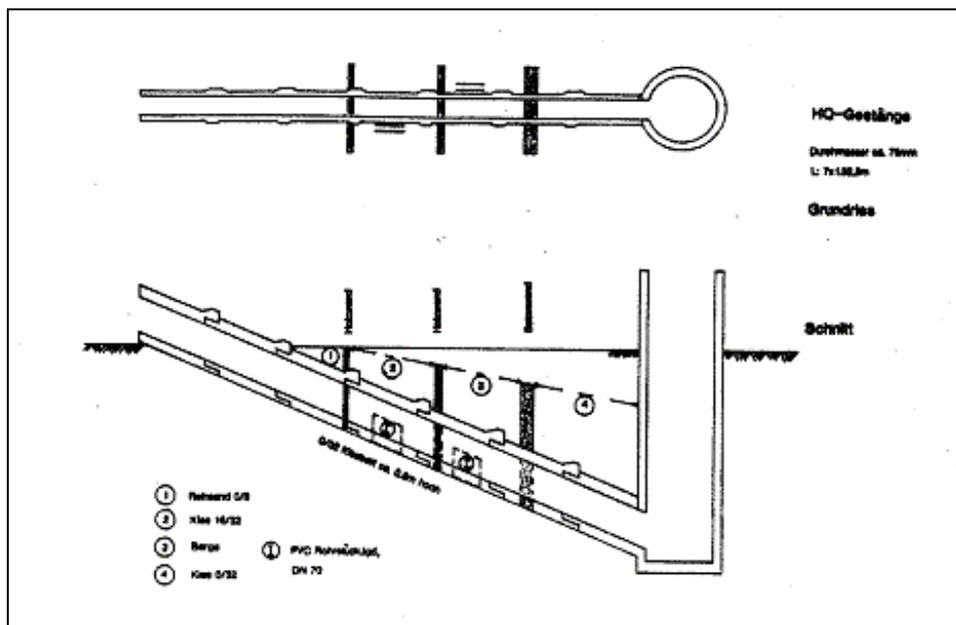


Abbildung 3: PVC Teststrecke in Oer-Erkenschwick. Materialteststrecke. Das PVC Rohr endet an der Erdoberfläche und erlaubt die Messung mit Standardbohrlochsonden, ohne dass die Sonden modifiziert werden müssen.

Wie schon beim Abwasserrohr wurden auch hier die verschiedenen Materialien durch Holz und Betonwände getrennt. Hier war es besonders wichtig eine Vermischung zu verhindern, da die Baugrube schräg nach unten führte und eine Vermischung beim Einfüllen unvermeidlich gewesen wäre. Neben den Untersuchungen mit den vorhandenen Bohrlochsonden wurden in diesem Teststand auch andere Messungen durchgeführt. Neben elektrischen und elektromagnetischen Messungen kamen auch seismische Testsonden zum Einsatz.

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

2.3 Messungen mit bohrlochgeophysikalischen Messgeräten im DMT-Teststand in Oer-Erkenschwick

Im DMT-Teststand in Oer-Erkenschwick kamen, neben der schon auf den Gelände der Firma Rohrtec verwendeten Dichte Sonde (Gamma-Gamma Sonde), sowohl Gamma- als auch Inductionssonden zum Einsatz. Eine Sonic oder Full Wave Sonic Sonde stand zwar nicht zur Verfügung, wurde aber durch ein vorbereitetes Ultraschallmesssystem ersetzt (Kapitel 2.4).

a) Messungen in der Materialteststrecke

Auf der Basis eines neuartigen Klassifikationssystems sollte in dieser Teststrecke eine Möglichkeit erprobt werden, die Auswertung zu automatisieren, so dass bei bekannter Bettung Anomalien leichter zu erkennen sind.

Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse einer Dual Induction-Log Messung in der Materialteststrecke. Die Messung erfolgte im trockenen Loch. Materialunterschiede sind kaum zu erkennen, da die gesamte Umgebung trocken war und damit die gleiche Leitfähigkeit aufwies. Von den Einbauten sind vor allem in der ILM Messung die Betontrennwände sehr gut zu erkennen.

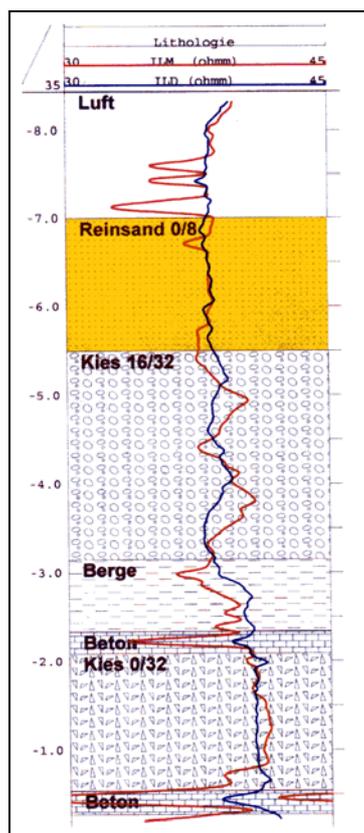


Abbildung 4: Dual Induction Messungen in der Materialteststrecke. Die Materialunterschiede werden in trockener Umgebung nicht deutlich. Die Betonabtrennungen sind jedoch sehr gut zu erkennen.

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

b) Messungen im Kanal

Die Messungen im Kanal wurden mit einer speziell für diesen Kanal entwickelten Transporteinrichtung durchgeführt. Die Gamma und Induction-Log Sonden wurden zentral im Kanal geführt, während die Gamma-Gamma-Sonde an die Rohrwand angepresst wurde.

Die Ergebnisse der Messungen sind in **Abbildung 5** zusammengefasst. Die Ergebnisse der Messungen werden durch die unterschiedlichen Eindringtiefen der verschiedenen Sonden stark beeinflusst. Im linken Bereich der **Abbildung 5** sind die Messergebnisse im Vergleich mit dem erstellten Modell dargestellt: Der rechte Bereich der **Abbildung 5** zeigt den Aufbau des Untergrundes, wie er sich aus den Ergebnissen der Messungen und deren Interpretation ergibt. Die Güte der einzelnen Klassifikation ist rechts neben den Ergebnissen dargestellt. Die Holz und Betonwände wurden senkrecht zum Kanal angeordnet und sind in keiner Messung erkennbar. Grober Kies und Berge sind in feuchter Umgebung gut erkennbar, Feinkies und Sand sind nicht gut von einander zu unterscheiden. Insgesamt zeigt sich, dass die verwendeten Messverfahren der Bohrlochgeophysik in Teilbereichen gute Ergebnisse liefern, in anderen Bereichen jedoch keine oder mehrdeutige Informationen über die gesuchten Parameter liefern. Für die Erkennung von unterschiedlichen Kiessorten ist offensichtlich der Sortierungsgrad entscheidend.

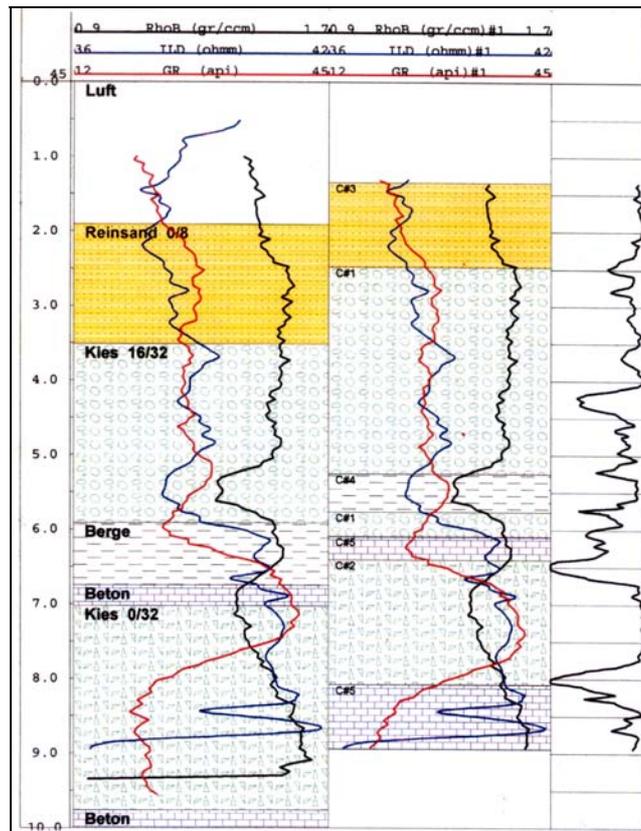


Abbildung 5: Vergleich Modellkanal Ist -Soll. Aus den Messungen wurde der vermutliche Aufbau der Umgebung des Kanal ermittelt. Blau Modell, rot Ergebnis der Auswertung mit Interpretation der Messwerte, schwarz Vertrauensbereich.

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

Um einen besseren Vergleich der Messergebnisse mit den realen Verhältnissen zu ermöglichen, sollte der geplante begehbare Versuchsstand möglichst exakt nach vordefinierten Vorgaben aufgebaut werden. Die Ergebnisse der Messungen in Oer-Erkenschwick zeigten, dass es im Fall dieses Teststandes nicht gelungen ist, die verschiedenen Materialien von einander scharf getrennt einzubauen. Die trocken -feucht Unterschiede der Messwerte des Induction Log sind in **Abbildung 6** dargestellt. In trockener Umgebung zeigen die Messwerte kaum sichtbare Unterschiede bei der Erkennung der Materialien. In feuchter Umgebung können verschiedene Materialien unterschieden werden.

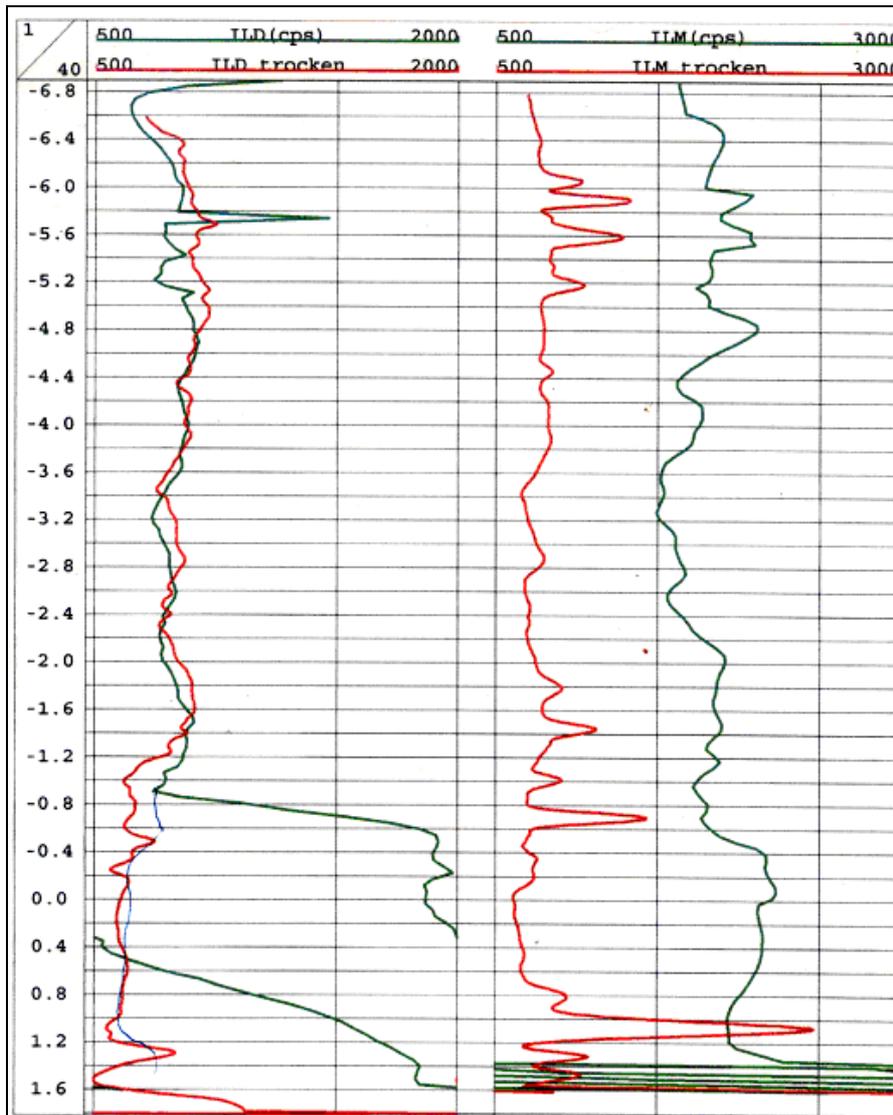


Abbildung 6 : Vergleich der Messergebnisse des Induction-Log im trockenen (rote Kurven) und nassen (grüne Kurven) Zustand des Untergrundes.

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

2.4 Seismische Messungen mit Hilfe einer Ultraschall-Messsonde

a) Messsituation

An der Betonwandung eines Einsteigschachtes im Versuchsstand der DMT in Oer-Erkenschwick wurden Signale einer Ultraschallmessapparatur in verschiedenen Messgeometrien registriert, um die Verwendbarkeit des seismischen Messverfahrens zum Zweck der Kanalinspektion in begehbaren Kanälen beurteilen zu können. Die Eigenfrequenz der Ultraschalleinheiten betrug 40 kHz. Sender und Empfänger waren in getrennten Gehäusen untergebracht, so dass sowohl Transmissions- wie auch Reflexionsmessungen durchführbar waren. Zur Beurteilung des Messverfahrens wurden die zwei Haupttypen seismischer Wellenarten, Kompressions- und Scherwellen, untersucht.

b) Messgeometrie

Die Ultraschallmessungen wurden in drei verschiedenen Messanordnungen durchgeführt:

1. Transmissionsmessung durch den Beton, Ultraschallelemente gegenüberliegend mit zwischenliegendem Beton, Anregung von Kompressionswellen;
2. Reflexionsmessung, Ultraschallelemente nebeneinander an der gleichen Betonoberfläche, Anregung von Kompressionswellen;
3. Transmissionsmessung entlang der Betonoberfläche, Ultraschallelemente nebeneinander an der gleichen Fläche mit variierenden Abständen.

c) Messergebnisse

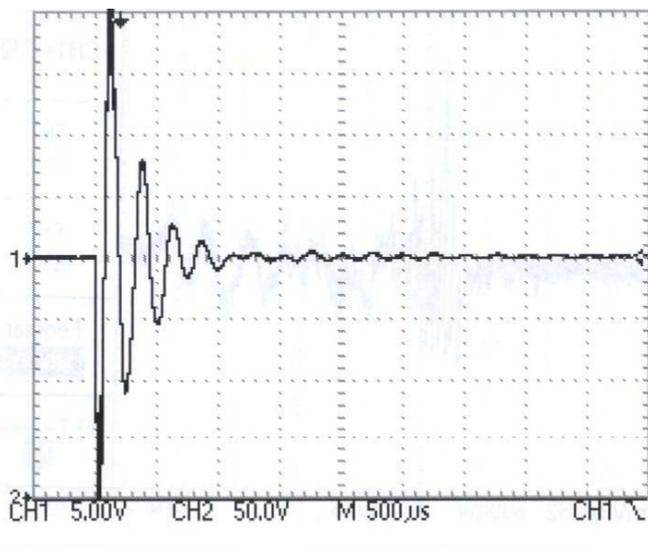


Abbildung 77 ist eine Darstellung des ungestörten Ultraschallsignals. Es wurde direkt vom Sender auf den Empfänger gegeben. Die Ankopplung der Ultraschallsensoren aneinander und in den weiteren Messungen an das Gestein wurde mit einer zähen Kopplungsflüssigkeit („Echotracer“) realisiert.

Die **Abbildung 8** und **Abbildung 99** zeigen das Ergebnis der Transmissionsmessung durch den Beton (Messgeometrie 1). Dabei wurden die Ultraschalleinheiten beiderseits des Betonkörpers positioniert.

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

Die Mächtigkeit des durchschallten Betons betrug 0,1 m (**Abbildung 8**) bzw. 0,25 m (**Abbildung 9**). Die daraus errechneten Schallgeschwindigkeiten von 4000 m/s bis 4200 m/s sind typisch für Beton.

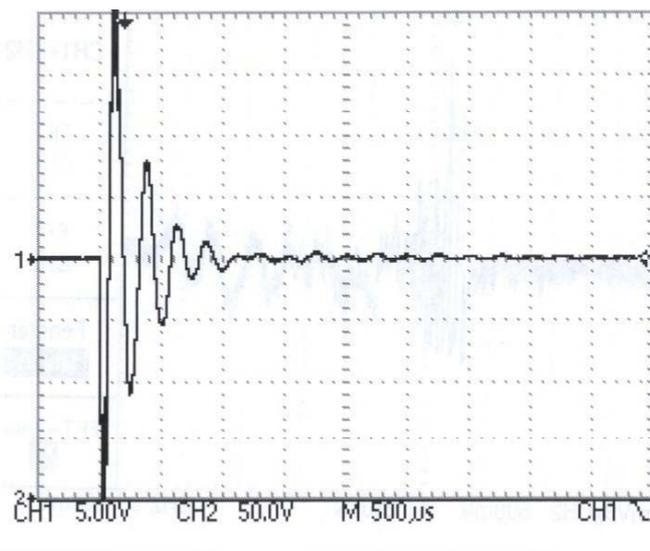


Abbildung 7: Nullsignal der Ultraschallapparatur: Direkte Schallübertragung ohne zwischenliegendes Medium Eigenfrequenz 40 kHz.

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

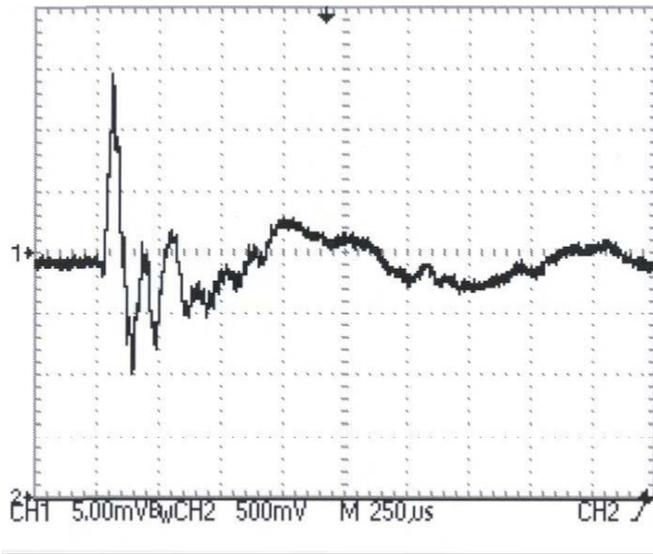


Abbildung 8: Betondurchschallung am Kanalrohr: Betondicke 0,1 m, Schalllaufzeit 24,56 µs, Schallgeschwindigkeit im Beton 4070 m/s.

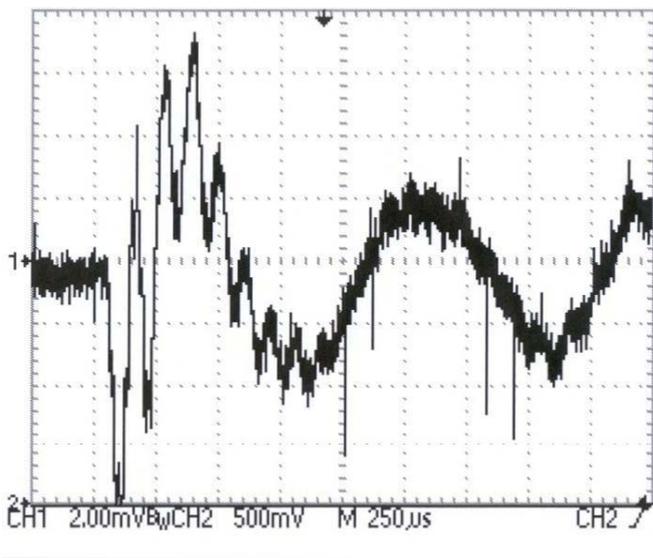


Abbildung 9: Betondurchschallung am Kanalrohr: Betondicke 0,25 m, Schalllaufzeit 58,90 µs, Schallgeschwindigkeit im Beton 4244 m/s.

Abbildung 10 zeigt das aufgezeichnete Signal einer Reflexionsmessung (Messgeometrie 2). Die Ultraschalleinheiten wurden dabei im Abstand von 1 m nebeneinander auf der Betonoberfläche angebracht. Der untersuchte Beton hatte hier eine Mächtigkeit von 0,25 m. Im Signal erkennt man jedoch keine Reflexion von der gegenüberliegenden Wand, da das direkt an der Oberfläche laufende Signal

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

ungleich stärker das Reflexionssignal überlagert. Die hier ermittelte Schalllaufzeit von 3946 m/s stammt daher aus dem direkten Signal, das einen Laufweg von 0,1 m hatte.

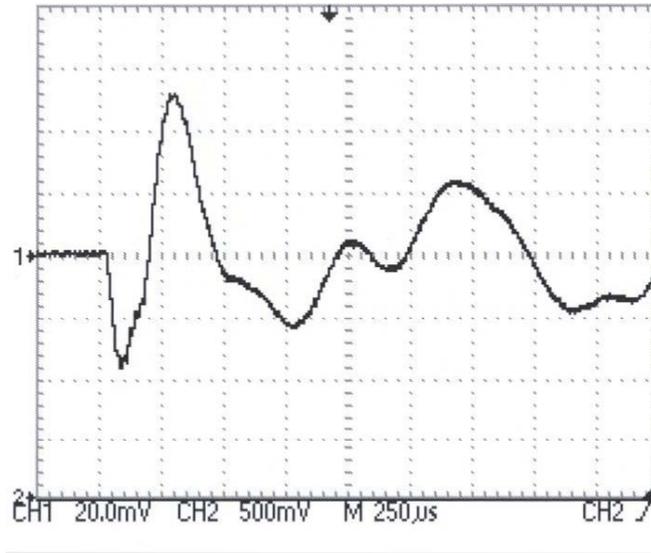


Abbildung 10: Reflexionsmessung: Piezoabstand 0,1 m, Betondicke 0,25 m, Schalllaufzeit 25,34 μ s, Schallgeschwindigkeit im Beton 3946 m/s.

Die **Abbildung 1111** bis **Abbildung 1414** zeigen die Ergebnisse von Transmissionmessungen entlang der Betonoberfläche (Messgeometrie 3). Hier wurden gezielt Scherwellen angeregt. Die Abstände der Elemente voneinander betragen 0,2 m (**Abbildung 11**), 0,4 m (**Abbildung 12**), 0,6 m (**Abbildung 13**) und 2,5 m (**Abbildung 14**). Die ermittelten Scherwellengeschwindigkeiten liegen zwischen 2941 m/s und 3125 m/s und sind ebenfalls typisch für Beton.

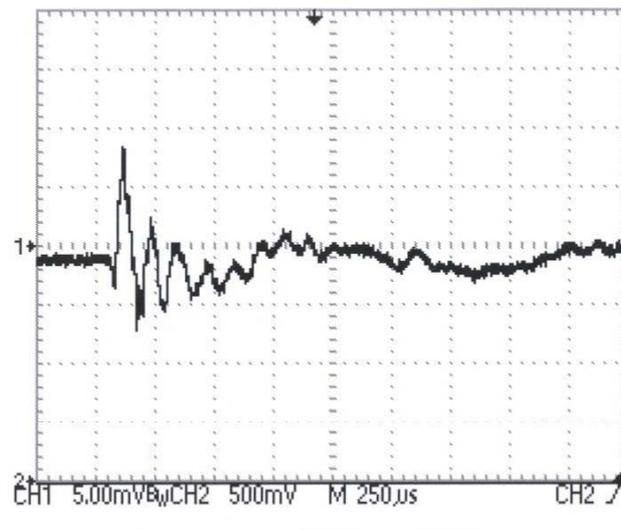


Abbildung 11: Scherwellentransmission durch Beton: Sensorenabstand 0,2 m, Ersteinsatz des ankommenden Signales 65 μ s, S-Geschwindigkeit 3077 m/s.

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

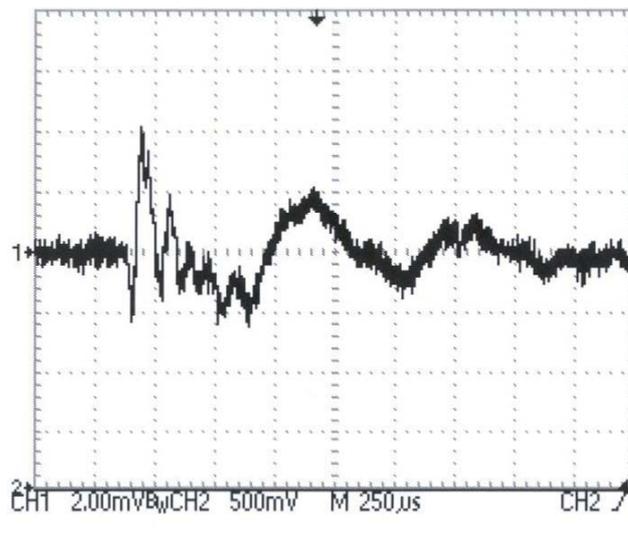


Abbildung 12: Scherwellentransmission durch Beton: Sensorenabstand 0,4 m, Ersteinsatz des ankommenden Signales 136 μ s, S-Geschwindigkeit 2941 m/s.

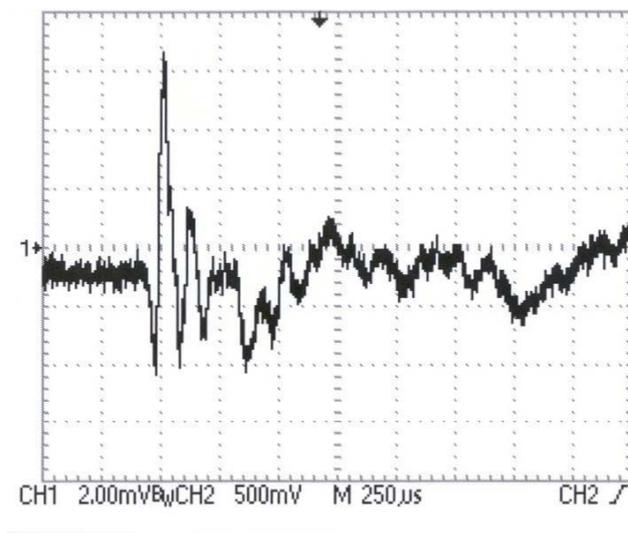


Abbildung 13: Scherwellentransmission durch Beton: Sensorenabstand 0,6 m, Ersteinsatz des ankommenden Signales 192 μ s, S-Geschwindigkeit 3125 m/s.

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

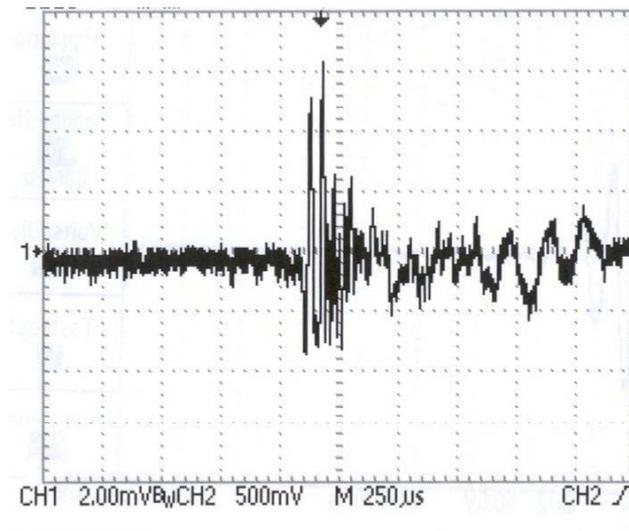


Abbildung 14: Scherwellentransmission durch Beton: Sensorenabstand 2,5 m, Ersteinsatz des ankommenden Signales 833 µs, S-Geschwindigkeit 3001 m/s.

Die folgenden Betonparameter konnten mit Hilfe der seismischen Ultraschallmessungen ermittelt werden:

- Ausbreitungsgeschwindigkeit der Kompressionswellen: 3946 m/s – 4244 m/s
- Ausbreitungsgeschwindigkeit der Scherwellen: 2941 m/s – 3125 m/s
- Verhältnis der seismischen Geschwindigkeiten V_p / V_s : $1,35 \pm 0,1$
- Reichweite der Scherwellen: mind. 2,5 m

c) Zusammenfassung der Ultraschalluntersuchungen

Das Ultraschallverfahren lässt sich zur Erkundung von Betonstrukturen gezielt einsetzen. Durch die starke Überlagerung von direkt gelaufenen Wellen mit reflektierten Wellen scheidet ein Einsatz von Ultraschallsignalen als Reflexionsverfahren vorerst aus. Zur Kanalinspektion ist insbesondere das Transmissionsverfahren mit Scherwellen interessant, das gezielt an bekannten Störungen wie z.B. Rissen einsetzbar wäre, um deren Verlauf und Ausmaß zu erkunden.

Zur Ermittlung von Bodenparametern außerhalb des Kanals kann das Ultraschallverfahren lediglich begrenzt eingesetzt werden, da mit einer erhöhten Absorption des Ultraschallsignals in lockeren Böden zu rechnen ist und somit lediglich geringe Signalanteile registriert werden können. Zur Durchführung des Ultraschallverfahrens müssen sowohl Quelle als auch Empfänger verbessert und ein seismisches Messsystem, das eine kontinuierliche Messung ermöglicht, bereit gestellt werden. Im Rahmen der Untersuchungen an begehbaren Kanälen sollte daher das Ultraschallverfahren an die neue Umgebung angepasst werden. Kopplungsbedingungen und –möglichkeiten sind zu testen. Vielversprechender sind seismische Verfahren, die mit geringeren Frequenzen (z.B. im Schallbereich zwischen 50 Hz

Konsortium Gläserner Kanal

HOCHTIEF Construction AG – Deutsche Montan Technologie GmbH – Gesellschaft zur Erforschung der Kanalisationstechnik mbH

– 5 kHz) arbeiten. Diese Signale besitzen, aufgrund ihrer geringeren Absorption im Vergleich zu den hochfrequenten Ultraschallsignalen, stärkere Amplituden und größere Reichweiten, sodass ihr Einsatz in begehbaren Kanälen, mit dickeren Betonwänden, erfolgversprechender ist, als das Ultraschallverfahren.

3 Zusammenfassung der Voruntersuchungen

Im Rahmen des Projektes „Quantitative Inspektion von Abwasserkanälen und -leitungen mittels geophysikalischer Verfahren“ sollte in einer Voruntersuchung geklärt werden, welche geophysikalischen Messverfahren im einzelnen bei den Erkundungen zur Anwendung kommen können. Als ein Lösungsweg bietet sich u.a. die Übertragung der sogenannten Bohrlochmessverfahren auf den Anwendungsbereich der Erkundung der Kanalbettung an. Wesentliche Ergebnisse konnten in einem Teststand in Oer-Erkenschwick erzielt werden. In dem nichtbegehbaren Kanal konnten Messungen mit den bohrlochgeophysikalischen Sonden Gamma-Gamma-Log (Dichte-Log), Induction-Log (elektromagnetisches Verfahren) sowie mit Ultraschallsonden (seismisches Verfahren) durchgeführt werden. Die eingesetzten geophysikalischen Methoden waren grundsätzlich in der Lage Informationen über den Kanal selbst und über den Untergrund in seiner Umgebung zu liefern. Die bohrlochgeophysikalischen Messsysteme konnten im geringen Maße Informationen über den Untergrund außerhalb des dünnwandigen, nichtbegehbaren Kanals liefern. Inwieweit bohrlochgeophysikalische Messsysteme auch für begehbare, dickwandige Kanäle einsetzbar sind muss in der IKT-Versuchsstrecke geprüft werden. Insbesondere scheint es problematisch die Gamma-Gamma-Sonde einzusetzen, da sie mit radioaktiven Elementen arbeitet und von Menschenhand im Versuchskanal geführt werden müsste. Geeignet für die Messungen in der IKT-Versuchsstrecke sind elektromagnetische und seismische Verfahren. Mit welchen Messgeräten und Frequenzen welche Reichweiten erzielt werden können, muss ebenfalls in der IKT-Versuchsstrecke erkundet werden. Ultraschallsysteme müssen im Zuge der Forschungsarbeiten verbessert werden, um größere Signalreichweiten und einen besseren Messfortschritt zu erzielen. Bohrlochgeophysikalische Messsysteme allein können die angestrebten Ziele des Forschungsvorhabens nicht erreichen. Die Bohrlochmesssysteme oder Systeme zur Erkundung des Untergrundes von der Erdoberfläche aus, müssen für den Einsatz im begehbaren Kanal modifiziert werden. Die einzelnen Verfahren sollen zunächst gezielt auf ihren Einsatz in dem geplanten, begehbaren Testkanal eingesetzt werden um anschließend die Messgeräte und Auswertetechniken an die für geophysikalische Erkundungen neuartige Umgebung anzupassen.