

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 Juli 2003

Projektträger:



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 Ver-
fahren**

Titel Ergebnisbericht

Vergleich der Ergebnisse der geophysikalischen Untersu-
chungen im Bereich der Olpener Strasse / Ostmerheimer
Strasse (Köln) mit Direktaufschlüssen

Bearbeiter Dipl.-Ing. T. Kabbe
Dipl.-Ing. A. Redmann
Dr. B. Lehmann, Dr. D. Orlowsky, Dr. R. Elsen

Datum: 30.07.2003

Dieser Bericht besteht aus 11 Seiten und 25 Anlagen.

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 VERGLEICH DER GEOPHYSIKALISCHEN ERGEBNISSE MIT DEN DIREKTAUFSCHLÜSSEN UND INTERPRETATION DER ANOMALIEN	4
2.1 Detektierte Anomalien außerhalb des Kanals (Sammler Brückrath)	4
2.2 Vergleich der detektierten Anomalien mit Künzeldaten	5
2.3 Vergleich der Eigenschaften des Sammlers Brück-Rath mit den Ergebnissen der geophysikalischen Erkundungen	8
3 ZUSAMMENFASSUNG	11

Konsortium Gläserner Kanal

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

1 Aufgabenstellung

Im Bereich der Olpener Strasse / Ostmerheimer Strasse (Köln) wurden, im Rahmen des Forschungsprojektes „Quantitative Inspektion von Abwasserkanälen und -leitungen mittels geophysikalischer Verfahren“ an 2 Sammlern, von Juni bis Juli 2002, geophysikalische Untersuchungen (Seismik, Impact-Echo und Radar) innerhalb eines Kanals und entlang der Erdoberfläche des jeweiligen Kanals durchgeführt (siehe [3]: Ergebnisbericht über die geophysikalischen Untersuchungen im Bereich der Olpener Strasse / Ostmerheimer Strasse (Köln)). Mit dem vorliegenden Bericht soll eine Gegenüberstellung der Messergebnisse mit den tatsächlichen Verhältnissen im Baugrund und innerhalb des Bauwerks durchgeführt werden. Des Weiteren sollen Anomalien anhand des direkten Aufschlusses identifiziert werden.

a) Olpener Straße (Nordseite); **Sammler Brück-Rath:**

Im Bereich des Sammlers Brück-Rath wurden auf einem etwa 30 m langen Kanalabschnitt Anomalien innerhalb des Bauwerks selbst und außerhalb des Kanals erkundet. Die Ergebnisse werden im Rahmen des vorliegenden Berichtes überprüft und anhand der tatsächlichen Aufschlüsse weitergehend interpretiert.

b) Südliche Einmündung der Ostmerheimer Straße; **Ostmerheimer Sammler:**

Im Bereich des Ostmerheimer Sammlers wurden ein etwa 10 m langer Kanalabschnitt sowie insbesondere der Einstiegsbereich erkundet.

2 Vergleich der geophysikalischen Ergebnisse mit den Direktaufschlüssen und Interpretation der Anomalien

Die Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen zeigten innerhalb und außerhalb des Kanals Anomalien, die im Bericht [3] als insgesamt „schwach“ eingestuft wurden. Dies bedeutet, dass es sich bei allen nachfolgend als „Anomalien“ bezeichneten Störungen im Baugrund um bautechnisch unwesentliche Veränderungen im Baugrund handelt.

Weiterhin wurden die Eigenschaften der Bauwerke Sammler Brück-Rath und Einstiegsbereich des Ostmerheimer Sammlers mit Hilfe unterschiedlicher Messmethoden beschrieben. Aufgrund der relativ schwachen Anomalien wurde im Baugrund der näheren Kanalumgebung keine starke Beeinflussung der geplanten Aufschlussarbeiten durch mögliche Hohlräume, große Findlinge oder alte Verbaue erwartet.

2.1 Detektierte Anomalien außerhalb des Kanals (Sammler Brück-Rath)

Zur Überprüfung der geophysikalischen Ergebnisse, die den Baugrund im Bereich des Sammlers Brück-Rath beschreiben, wurden Aushubarbeiten für die Bereiche, in denen geophysikalische Anomalien erkannt wurden, vorgenommen und mit den im Bericht [3] gekennzeichneten Anomalien ver

Konsortium Gläserner Kanal

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

glichen. Zur Dokumentation wurden die Anomalien fotografiert und interpretiert. Die Interpretation und Beschreibung der Anomalie beruht auf den örtlichen Beobachtungen und ist nicht immer zwingend aus den Bildern ersichtlich, da es sich mitunter um fototechnisch nicht eindeutig zu dokumentierende Sachverhalte handelte.

Die Tabelle 1 beschreibt einen Vergleich der außerhalb des Kanals detektierten Anomalien mit den Direktaufschlüssen bei den Aushubarbeiten. Dabei werden die Messergebnisse mit Fotos der aufgeschlossenen Bereiche verglichen und interpretiert. Die entsprechenden optischen Vergleiche sind in den **Anlagen 1-18** dargestellt. Eine Vielzahl von Anomalien außerhalb des Kanals konnten im wesentlichen durch Änderungen der Bodenbeschaffenheit erklärt werden. Beim Verfüllen der hier aufgegraben Baugrube, sind offensichtlich sehr unterschiedliche Bodenarten verwendet worden, die im Baugrund mehr oder weniger fließend ineinander übergehen. Dabei sind mitunter sehr kleine Bereiche (1 m³) mit beginnender chemischer Verfestigung, Wurzelwerk, Lehmlinsen und Setzungsunterschieden als Hauptursachen für die erkannten Anomalien zu identifizieren.

Da diese Änderungen der Bettungsbedingungen insgesamt keine großen Anomalien bedeuten, wird das Ergebnis der geophysikalischen Untersuchungen hinsichtlich der Schwäche der Anomalien durch diesen Vergleich mit den Direktaufschlüssen bestätigt. Aufgrund der geophysikalischen Ergebnisse war keine starke Beeinflussung der Arbeiten für den Aufschluss wie z.B. durch große Findlinge, Hohlräume etc. zu erwarten.

2.2 Vergleich der detektierten Anomalien mit Künzeldaten

Zur Überprüfung der geophysikalischen Ergebnisse, die den Baugrund im Bereich des Sammlers Brück-Rath beschreiben, wurden in Bereichen einiger der detektierten Anomalien mit einer Rammsonde Künzeldaten gewonnen. Dabei wird die Anzahl der Hammerschläge gezählt, die nötig ist um die Sonde 10 cm tiefer in den Boden zu rammen. Auf diese Weise wird die Bodenfestigkeit in 10-cm-Schritten ermittelt. Verwendet wurde eine leichte Rammsonde vom Typ DPL5 mit 5 cm² Spitzenquerschnitt. Beim Vergleich der Künzeldaten mit dem Ergebnis der Tomographie ist zu beachten, dass sich die Erkundungsebene der Tomographie von der Erkundungsrichtung der Rammsondierung unterscheidet (**Anlage 19**). Weiterhin wurden die Rammsondierungen nach dem Abtragen der Straßendecke durchgeführt. Unterschiedliche Erkundungsebenen und Geländeoberkanten führen dazu, dass die Tiefenlagen der Künzeldaten nicht exakt mit denen der Tomographie übereinstimmen, obwohl eine Tiefenkorrektur durchgeführt wurde.

Die **Anlage 20** stellt die Ergebnisse der seismischen Tomographie mit den detektierten Anomalien gemeinsam mit den Ergebnissen der Rammsondierungen dar. Dabei werden die Ergebnisse zu einzelnen Anomalien mit Künzeldaten an dem entsprechenden Ort verglichen.

Die **Anlage 20** zeigt eine gute Übereinstimmung des Verlaufes der Sondierungskurven mit den tomographisch ermittelten Anomalien. Am Beispiel der Anomalie T2 ist zu erkennen, dass an Orten, die mit einer niedrigen seismischen Geschwindigkeit belegt sind (gelbe und rote Bereiche), die Zahl der Hammerschläge pro 10 cm Tiefenvortrieb sprunghaft reduziert ist. Niedrige seismische Geschwindigkeiten bedeuten einen Hinweis auf mögliche Auflockerungszonen bzw. Zonen geringerer Bodenverdichtung, die mit Hilfe der Künzeldaten bestätigt werden. Ebenfalls bestätigt wird die Aussage, dass höher verdichtete oder chemisch verfestigte Bereiche höheren seismischen Geschwindigkeiten zuzuordnen sind (blaue Bereiche). In Bereichen der Anomalien T4 und T5, die durch erhöhte Geschwin

Konsortium Gläserner Kanal

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

digkeitswerte auf solche festere Bereiche hindeuten sind vergleichsweise erhöhte Schlagzahlen im oberflächennahen Bereichen der Künzeldaten festzustellen.

Die **Anlage 21** zeigt einen Vergleich der Künzeldaten mit den Ergebnissen der Oberflächenanalysen. Zu erkennen sind sprunghafte Schlagzahländerungen in den Bereichen, in denen mit Hilfe der Analyse der Oberflächenwellen Anomalien festgestellt wurden. Die Analyse von Oberflächenwellen reagiert gleichermaßen auf Festigkeitserhöhungen als auch auf -erniedrigungen. Generell kann auf Grundlage der Ergebnisse erkannt werden, dass Anomalien der Künzeldaten mit Anomalien der seismischen Untersuchungen zusammenfallen.

Konsortium Gläserner Kanal

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

Bezeichnung der Anomalie	Entfernung zum Nullpunkt	Lage zur Kanalachse [m]	Tiefe in [m]	Vergleich in Anlage Nr.	Ursache der Anomalie
S9	4,40	-1,60	5,10	1	Festigkeitsänderung durch Lehmlinsen im Kies
S11	15,00	-2,50	4,60	2	Festigkeitsänderung durch Materialwechsel von Kies zu Lehm (nicht exakt erkennbar)
S13	19,60	-1,50	5,10	3	Festigkeitsänderung durch Änderung der Lagerungsdichte von locker nach fest
S14	19,60	-2,60	4,40	4	Festigkeitsänderung durch Änderung der Lagerungsdichte von locker nach fest
S15	27,10	-2,00	4,80	5	Festigkeitsänderung durch Änderung der Lagerungsdichte von locker nach fest
T1	4,00	+1,00	0,30	6	Auflockerung durch Baumwurzeln
T2	7,30	+1,00	3,20	7	Auflockerung durch Setzungsrisse
T3	6,70	+1,00	4,90	8	Auflockerung durch Kies-Sand-Gemisch
T4	10,70	+1,00	0,30	9	Verfestigung durch eine Lehmlinse
T5	11,70	+1,00	0,50	10	Verfestigung durch eine Lehmlinse
T6	22,70	+1,00	0,30	11	Verfestigung durch Lehmeinschlüsse im Kies
T7	26,50	+1,00	0,30	12	Auflockerung durch Baumwurzel
O1	2,40	+1,00	3,50	13	Störung der Signalphase durch Setzungsrisse
O2	8,40	+1,00	5,00	14	Störung der Signalphase durch Setzungsrisse / Setzungsunterschiede
O3	11,30	+1,00	1,50	15	Verfestigung durch Lehm im Kies
O4	18,60	+1,00	1,50	16	Störung der Signalphase durch Setzungsrisse / Setzungsunterschiede
G1	2,40	+1,00	5,00	17	Verfestigung durch Lehmeinschlüsse
G2	10,20	+1,00	2,30	18	Verfestigung durch Lehmeinschlüsse

Tabelle 1: Vergleich der außerhalb des Kanals detektierten Anomalien mit den Direktaufschlüssen bei den Aushubarbeiten

Konsortium Gläserner Kanal

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

2.3 Vergleich der Eigenschaften des Sammlers Brück-Rath mit den Ergebnissen der geophysikalischen Erkundungen

Der Vergleich der Eigenschaften des Sammlers Brück-Rath wurde durch Abbruch des mit geophysikalischen Verfahren untersuchten Kanalabschnittes vorgenommen. Während des Aufbrechens des Kanals wurden zur Dokumentation sowohl Fotografien des Bauwerks angefertigt als auch Betonkerne aus den relevanten Kanalbereichen gezogen.

Am freigelegten Sammler Brück-Rath konnten unterschiedliche Anomalien beobachtet werden. Die **Anlage 22** zeigt Bereiche des untersuchten teilweise aufgeschnitten Kanalabschnittes und noch unzerstörte, trockengelegte Bereiche. Deutlich zu erkennen sind die Betonierfugen ohne Fugenbänder sowie die geklinkerte Sohle. Die Betonierfugen in Längsrichtung sind bautechnisch besser als die quer zur Fließrichtung. Die deutliche Abbildung von Betonierfugen quer zur Fließrichtung ist durch den Herstellungsprozess zu erklären.

In **Anlage 22** sind die Betonierfugen zu erkennen, die den seismischen Anomalien S1-S5, S7-S8 und der mit dem Radar ermittelten Anomalie R2 zugeordnet werden können. Weitere Anomalien mit den gleichen Ursachen konnten bei den seismischen Profilen erkannt werden, wurden aber als nicht auffallend bewertet und nicht getrennt als zusätzliche Anomalien gekennzeichnet. Da im Radargramm keine metallischen Verbindungen festgestellt wurden, konnte in Verbindung mit der Kenntnis über das hohe Alter des Kanals darauf geschlossen werden, dass es sich bei den Anomalien um verschiedenartig ausgebildete Betonierfugen handelte. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die Qualität der Betonierfuge durch die mehr oder weniger deutliche Abbildung als Anomalie interpretieren lässt.

Eine weitere Auffälligkeit des Kanalbauwerks ist es, dass unterschiedliche Betondicken in der Firste und den Kämpfern während der Abbrucharbeiten festgestellt wurden (**Anlage 23**). Unterschiedliche Betondicken wurden mit Hilfe des Radars, gemessen auf einem Rundumprofil, auf Grundlage der Anomalie R5 postuliert und mit den Aufschlüssen entsprechend verifiziert. Eine weitere Ursache der Anomalie R5 ist die unterschiedliche Qualität des Betons in der Firste (**Anlage 23**). Die Betondicken variieren zwischen ca. 35 cm im Firstenbereich und bis zu 80 cm in den Kämpfern, wobei die Wanddicken sich auch in Längsrichtung ändern. Zurückzuführen ist dies auf das zwingend anzunehmende Bauverfahren: Bereits aufgrund der geophysikalischen Messergebnissen bezüglich der unterschiedlichen Wandstärken wurde richtig festgestellt, dass der Kanal entgegen mündlicher Übermittlungen auf dem gesamten Teilstück in unterirdischer Bauweise hergestellt wurde. Die Außenwand hat in Längsrichtung einen Schalungsabdruck, der eindeutig auf ein Messervortriebsverfahren hindeutet (**Anlage 24**) Die kurzen und sehr kleinen bereits beschriebenen Betonierabschnitte bekräftigen diese Annahmen.

Eine zusätzliche Eigenschaft des Betons innerhalb des Sammlers Brück-Rath ist, dass unterschiedliche Betonqualitäten in Bruchbereichen des Kanals und in Betonkernen festgestellt wurden (**Anlage 25**). Untersuchungen an den Bohrkernen mit Hilfe von Ultraschallverfahren [2], zeigten Messwerte des dynamischen Elastizitätsmoduls zwischen ca. 28 kN/mm² (B25) und 40 kN/mm² (B35). Änderungen

Konsortium Gläserner Kanal

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

der Betonqualitäten können Reflexionen (Anomalien) sowohl bei den seismischen als auch bei den Radarmessungen hervorrufen. Eine Änderung der Betonkonqualität konnte im Bereich der Anomalie S6 festgestellt werden. In Bereichen der Radar-Anomalien R1, R3 und R4 wurden keine metallischen Anteile oder Bewehrungen innerhalb des Betons erkannt, die als mögliche Ursache der Reflexionen in diesen Bereichen gedeutet wurden. Daher sind möglicherweise auch die Anomalien R1, R3 und R4 den unterschiedlichen Betonqualitäten zuzuordnen (**Anlage 25**). Für den Beton ist aufgrund des Alters des Bauwerkes anzunehmen, dass dieser örtlich in Bedarfsmengen angemischt wurde. Nach dem Herstellen der Sohle für einen Vortriebsabschlag (1-1,5 m) wurde das Gewölbe in mehreren Abschnitten nacheinander abgeschalt und betoniert. Daher sind auch Betonierfugen in Längsrichtung erkennbar. Besonders das Betonieren der Firste war schwierig, da der Beton (vermutlich) nur durch Stopfen und deshalb mit wenig Anmachwasser eingebracht werden konnte. Sehr deutlich ist die schlechte Verdichtung des Betons in der Firste im Schnitt des Kanals (**Anlage 23**) zu erkennen. Dieser starke Kontrast ist als Anomalie R5 im Radargramm zu erkennen (**Anlage 23**).

Die **Tabelle 2** beschreibt einen Vergleich der innerhalb des Kanalbauwerks detektierten Anomalien mit den Direktaufschlüssen bei den Abbrucharbeiten.

Konsortium Gläserner Kanal

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

Bezeichnung der Anomalie / Reflexion	Entfernung zum Nullpunkt [m]	Ursache der Anomalie / Reflexion
S1	5,70	Der Übergang zwischen zwei Betonierabschnitten konnte durch optische Inspektion verifiziert werden (Anlage 22)
S2	10,60	Der Übergang zwischen zwei Betonierabschnitten konnte durch optische Inspektion verifiziert werden (Anlage 22)
S3	18,10	Der Übergang zwischen zwei Betonierabschnitten konnte durch optische Inspektion verifiziert werden (Anlage 22)
S4	20,30	Der Übergang zwischen zwei Betonierabschnitten konnte durch optische Inspektion verifiziert werden (Anlage 22)
S5	25,90	Der Übergang zwischen zwei Betonierabschnitten konnte durch optische Inspektion verifiziert werden (Anlage 22)
S6	29,80	Reflexion innerhalb der Kanalwand durch unterschiedliche Betonkonqualität (Anlage 24)
S7	31,60	Der Übergang zwischen zwei Betonierabschnitten konnte durch optische Inspektion verifiziert werden (Anlage 22)
S8	33,60	Der Übergang zwischen zwei Betonierabschnitten konnte durch optische Inspektion verifiziert werden (Anlage 22)
R1	0,00-6,00	Die vermutete Bewehrung konnte nicht festgestellt werden: Möglicherweise sind unterschiedliche Betonqualitäten verantwortlich für die Reflexionen (Anlage 24).
R2	22,00	Dehnungsfuge konnte durch optische Inspektion verifiziert werden (Anlage 22)
R3, R4 (R3 zeigt an S5 die Veränderung des Kanalzustandes an)	25,00-34,00	Reflexionen in einer Tiefe von 45 cm. Der Abstand der Hyperbeln beträgt etwa 1 m. Eisenbögen konnten nicht festgestellt werden. Möglicherweise sind unterschiedliche Betonqualitäten verantwortlich für die Reflexionen (Anlage 25).
R5	0,00-34,00	Vermutete geringere Dicke des Betons im Scheitel (Anlage 23) entspricht überwiegend veränderter Konsistenz, wobei höhere Geschwindigkeiten im weniger gut verdichteten Beton mit entsprechend höherer Eigenfeuchte zu höheren Geschwindigkeiten geführt haben. (Verzerrung im Radargramm)

Tabelle 2: Vergleich der Eigenschaften des Sammlers Brück-Rath mit den Ergebnissen der geophysikalischen Erkundungen

Konsortium Gläserner Kanal

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

3 Zusammenfassung

Für einen ersten In-situ Einsatz der geophysikalischen Messmethoden wurden der Sammler Brück-Rath sowie der Sammler Ostmerheim im Kanalnetz der Stadtentwässerungsbetriebe Köln AöR ausgewählt. Die Umgebung des Kanalbauwerks wurde mit Hilfe der Seismik und Radarmessungen aus dem Kanal heraus untersucht. Mit der seismischen Tomographie wurde zusätzlich der Baugrund zwischen der Erdoberfläche und dem Kanal überprüft. Das Kanalbauwerk selbst wurde mit Hilfe von Impactecho Messungen und Radaruntersuchungen untersucht.

Die Überprüfung der gewonnenen Messdaten erfolgte durch Freilegen der untersuchten Kanalabschnitte. Bei den in-situ georteten Strukturen handelt es sich ausschließlich um „schwache“ Anomalien z.B. Zonen aus bindigem Bodenmaterial oder Wurzelwerk. Diese bilden sich, im Vergleich zu den Messungen in der IKT-Versuchsstrecke nur „schwach“ ab. Dennoch konnte nach der Aufgrabung festgestellt werden, dass in den Untersuchungsebenen vorhandene Anomalien erkannt wurden. Das Kanalbauwerk Sammler Brück-Rath wurde nach seiner Freilegung durch Fotodokumentationen und der Entnahme von Bohrkernen überprüft. Auch hierbei stellte sich heraus, dass die Ergebnisse der Geophysik mit den realen Verhältnissen gut übereinstimmen. Lediglich das Vorhandensein von möglicher Bewehrung im Beton, dass mit Hilfe der Radarmessungen prognostiziert wurde, stellte sich als Fehldeutung der Ergebnisse dar. Dennoch konnten die detektieren Effekte auf Ursachen innerhalb des Bauwerks zurückgeführt werden.