

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 November 2002

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

Ergebnisbericht über die geophysikalischen Untersuchungen im Bereich der Olpener Strasse / Ostmerheimer Strasse (Köln)

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

Datum: 04.11. 2002

Dieser Bericht besteht aus 14 Seiten, 1 Abbildung und 18 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 DURCHFÜHRUNG DER GEOPHYSIKALISCHEN MESSUNGEN	4
2.1 Seismische Messungen innerhalb des Sammlers Brück-Rath	5
2.2 Seismische Tomographie und Analyse von Oberflächenwellen im Bereich des Sammlers Brück-Rath.....	6
2.3 Radarmessungen innerhalb des Sammlers Brück-Rath	6
2.4 Radarmessungen innerhalb des Ostmerheimer Sammlers.....	7
3 ERGEBNISSE DER GEOPHYSIKALISCHEN UNTERSUCHUNGEN	7
3.1 Ergebnisse der seismischen Messungen innerhalb des Sammlers Brück-Rath	7
3.2 Ergebnisse der seismischen Tomographie im Bereich des Sammlers Brück-Rath	8
3.3 Ergebnisse der Analyse von Oberflächenwellen im Bereich des Sammlers Brück-Rath.....	8
3.4 Ergebnisse der Radarmessungen innerhalb des Sammlers Brück-Rath.....	9
3.5 Ergebnisse der Radarmessungen im Einstiegsbereich des Ostmerheimer Sammlers.....	9
3.5.1 Ostwand	9
3.5.2 Südwand	9
3.5.3 Sohle	10
4 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	11
4.1 Detektierte Anomalien außerhalb des Kanals	11
4.2 Detektierte Anomalien innerhalb des Kanals und Beschreibung der Bauwerke	12

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) sollten, im Rahmen des Forschungsprojektes „Quantitative Inspektion von Abwasserkanälen und -leitungen mittels geophysikalischer Verfahren“ an 2 Sammlern geophysikalische Untersuchungen (Seismik, Impact-Echo und Radar) innerhalb eines Kanals und entlang der Erdoberfläche des jeweiligen Kanals durchgeführt werden.

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

Im Bereich des Sammlers Brück-Rath sollten auf einem etwa 30 m langen Kanalabschnitt Anomalien innerhalb des Bauwerks selbst und außerhalb des Kanals erkundet werden. Die Ergebnisse sollen durch Aufschlüsse überprüft und verifiziert werden.

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

Im Bereich des Ostmerheimer Sammlers sollte ein etwa 10 m langer Kanalabschnitt sowie insbesondere der Einstiegsbereich erkundet werden. Auch in diesem Bereich sollen die Ergebnisse durch Aufschlüsse überprüft und verifiziert werden.

2 Durchführung der geophysikalischen Messungen

Die Voruntersuchungen mit geophysikalischen Messverfahren in einer Versuchsstrecke (begehrbarer Kanal) auf dem IKT-Gelände in Gelsenkirchen haben gezeigt, dass die Umgebung von Kanalbauwerken mit Hilfe der Seismik (innerhalb des Kanals), der seismischen Tomographie, seismischen Messungen von der Erdoberfläche und mit Hilfe von Radarmessungen beschrieben werden kann. Weiterhin zeigten die Untersuchungen in der IKT-Versuchsstrecke, dass die Eigenschaften des Kanalbauwerkes am effektivsten mit Hilfe von Impact-Echo Messungen und Radaruntersuchungen erkundet werden können. Daher wurden für die Insitu-Messungen in Köln die o.a. Messmethoden herangezogen, um umfassendes Datenmaterial über die nähere Umgebung der Bauwerke Sammler-Brück-Rath und Ostmerheimer Sammler zusammen zu stellen.

Die geophysikalischen Messungen wurden für einen Zeitraum von etwa einer Woche geplant. Erste Tests zeigten jedoch, dass der entwickelte Systemträger (**Abbildung 1**), der an die Bedingungen der Versuchsstrecke auf dem IKT-Gelände in Gelsenkirchen angepasst war, zunächst für die In-situ-Bedingungen nicht einsetzbar war. Nach einem mehrtägigen Umbau war dieser Systemträger auch für die Messungen im Sammler Brück-Rath einsatzbereit. Jedoch ständiges Einsetzen von starken Regenfällen und zum Teil starke Konzentrationen von CO₂-Gasen verzögerten die Messungen in der Form, dass ein Zeitraum von ca. 6 Wochen für die Durchführungen benötigt (Juni-Juli 2002) wurde.

Konsortium Gläserner Kanal

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



Abbildung 1: Systemträger zur Durchführung von Seismik- und Radarmessungen innerhalb eines Kanals.

2.1 Seismische Messungen innerhalb des Sammlers Brück-Rath

Die seismischen Messungen wurden, aufgrund der Begehbarkeit und der geringen Fließgeschwindigkeit des Abwassers, lediglich für den Sammler Brück-Rath vorgesehen. Die **Anlage 1** zeigt eine Skizze des Sammlers und die seismischen Messlinien innerhalb des Kanals. Der für die seismischen Messungen angepasste mobile Systemträger ermöglichte ein zügiges und zerstörungsfreies Abtasten der Kanalwand. Die seismischen Messungen wurden entlang von 2 Messlinien, 60 cm links und rechts des Scheitels, durchgeführt. Dabei wurden die folgenden Messsysteme und Messparameter verwendet:

- 12 *summit*-Boxen (Akku-betriebenes 2-kanaliges Messsystem)
- 24 Geophone
- Mess-PC
- Schlagquelle (4 kg Hammer mit piezoelektrischer Keramik als Impulsgeber)
- Geophonabstand 12 cm

Konsortium Gläserner Kanal

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

- Schlagpunktabstand 60 cm

Die Geometrie für die Untersuchungen wurde so festgelegt, dass jede Messung am Lüftungsschacht (Nullpunkt), der sich im Bereich des Einstiegs zum Sammler Brück-Rath befand, begonnen wurde. Die seismischen Messungen wurden beginnend von diesem Lüftungsschacht in Richtung eines 2. Lüftungsschachtes (westliche Richtung) durchgeführt. Insgesamt konnte ein Messbereich von etwa 32 m für beide Messlinien (**Anlage 1**) untersucht werden.

2.2 Seismische Tomographie und Analyse von Oberflächenwellen im Bereich des Sammlers Brück-Rath

Ebenfalls im Bereich des Sammlers Brück-Rath wurden eine seismische Tomographie und eine Analyse von Oberflächenwellen durchgeführt. Für beide Messungen wurden die Geophone an der Erdoberfläche angeordnet (siehe **Anlagen 2 und 3**).

Bei der seismischen Tomographie wurden seismische Wellen innerhalb des Kanals mit Hilfe eines Hammers generiert (**Anlage 2**). Die Anregungspunkte befanden sich 5,7 m unterhalb der Erdoberfläche. Dabei wurden die folgenden Messparameter verwendet:

- 30 *summit*-Boxen (Akku-betriebenes 2-kanaliges Messsystem)
- 60 Geophone an der Erdoberfläche
- Mess-PC
- Schlagquelle (4 kg Hammer mit piezoelektrischer Keramik als Impulsgeber)
- Geophonabstand an der Erdoberfläche: 60 cm
- Schlagpunktabstand: 60 cm

Bei den Messungen zur Analyse der Oberflächenwellen wurden die seismischen Wellen an der Erdoberfläche mit einem 4 kg Hammer generiert (**Anlage 3**). Dabei wurden die gleichen Messparameter verwendet wie für die tomographischen Messungen.

2.3 Radarmessungen innerhalb des Sammlers Brück-Rath

Innerhalb des Sammlers Brück-Rath wurden entlang der Seismikprofile (2 Längsprofile; **Anlage 1**) ebenfalls Radarmessungen durchgeführt. Dabei wurde der Systemträger der **Abbildung 1** in Verbindung mit einem Wegrad verwendet. Startpunkt und Endpunkt der Messprofile entsprachen denen der Seismikmessungen. Weiterhin wurden Rundumprofile von Kämpfer über Scheitel bis Kämpfer vermessen. Da nicht die Erkundung des Kanalbauwerks selbst sondern seiner Umgebung im Vordergrund stand, kamen relativ niedrige Frequenzen 225 MHz und 450 MHz zum Einsatz. Bei den Messungen mit dem Kanalwagen während der Fahrt gab es verschiedentlich Ankopplungsprobleme, so dass die Messdaten sprunghaft unterschiedlich aussehen konnten. Diese Versprünge wurden bei der Interpretation der Messdaten berücksichtigt.

Konsortium Gläserner Kanal

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

2.4 Radarmessungen innerhalb des Ostmerheimer Sammlers

Im Bereich des Ostmerheimer Sammlers wurde lediglich das Bauwerk des Einstiegbereiches mit Hilfe von Radar vermessen. Weitere Messungen innerhalb des Kanals selbst waren aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit des Abwassers nicht möglich. Innerhalb des Einstiegbereiches wurden 4 Profile mit jeweils bis zu 4 Frequenzen vermessen (**Anlage 4**). Dabei wurden die folgenden Messlinien festgelegt:

1. Ostwand von S nach N, Länge 2,8 m (Profil 1; Brusthöhe)
2. Südwand von O nach W, Länge 2,5 m (Profil 2; Brusthöhe)
3. Sohle parallel zur Ostwand, Länge 2,8 m (Profil 3)
4. Sohle diagonal vom Einstiegsschacht nach N, Länge 3,5 m (Profil 4)

Es wurde mit den Frequenzen 225 MHz, 450 MHz, 900 MHz und 1200 MHz gemessen.

2.5 Impact-Echo Messungen innerhalb des Ostmerheimer Sammlers

Mit dem Impact-Echo Verfahren wurde gemeinsam mit dem Radar das Bauwerk des Einstiegbereiches vermessen. Weitere Messungen innerhalb des Kanals konnten in direkter Umgebung zum Einstiegsbereich durchgeführt werden. Weiterführende Messungen innerhalb des Kanals waren auch für das Impact-Echo, aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeit des Abwassers, nicht möglich. Innerhalb des Einstiegbereiches wurden ebenfalls Ostwand (Profil 1), Südwand (Profil 2) und Sohle (Profil 4) mit dem Impact-Echo untersucht (**Anlage 4**).

3 Ergebnisse der geophysikalischen Untersuchungen

3.1 Ergebnisse der seismischen Messungen innerhalb des Sammlers Brück-Rath

Die Ergebnisse der seismischen Messungen innerhalb des Sammlers Brück-Rath sind in den **Anlagen 5** (Scheitel rechts oder Nord; zu den Häusern hin) und **6** (Scheitel links oder Süd; zur Straße hin) dargestellt. Beide Anlagen zeigen das reflexionsseismische Wellenbild der auf den Ersteinsatz korrigierten Kanalwellen. Stärkere Reflexionsamplituden außerhalb des 1. Reflexionsbandes (Kanalbauwerk) des Betonkanals deuten auf mögliche Reflektoren (Anomalien) außerhalb des Kanals hin. Beeinflussungen des Wellenbildes, die direkt von der Kanalwand ausgehen, deuten auf Anomalien (Fugen, seismisch offene, teiloffene oder relativ lockere Verbindungen zwischen zwei Kanalbauteilen, etc.) hin. Ein Vergleich der **Anlage 5 und 6** zeigt, dass das südliche Profil (**Anlage 6**) ein insgesamt tieffrequenteres Wellenbild zeigt. Dieses hängt offenbar damit zusammen, dass keine optimale Ankopplung der Geophone zur südlichen Scheitel hin erzielt werden konnte. Dementsprechend wurde das südliche Profil zur Ermittlung von Anomalien nicht herangezogen. Dieser Bereich wird ohnehin bereits mit den tomographischen Messungen und den Analysen der Oberflächenwellen mit abgedeckt.

Konsortium Gläserner Kanal

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

Die Darstellung der Ergebnisse und deren Interpretation beschränkt sich daher zunächst lediglich auf die nördlichen Scheitel (**Anlage 5**).

In der **Anlage 5** sind Anomalien im Wellenbild der Kanalwellen zu erkennen (S1-S8), deren Ursprung direkt oder indirekt mit der Kanalwand selbst zuzuordnen ist, d.h. deren Ursprung vom Zustand des Kanals selbst beeinflusst ist. Diese Anomalien sind dem Bauwerk zuzuordnen. Weitere Anomalien (S9-S16) sind Reflexionen von möglichen Objekten (Auflockerungszonen, verfestigte Bereiche, Hohlräume, Betoneinbauten oder Findlinge) zuzuordnen. Eine Definition dieser Objekte ist anhand des Reflexionsbildes nicht möglich. Die Tiefenskala gibt Auskunft über die Entfernung des Objektes in radialer Richtung entfernt von der Messlinie. Die Tiefenlage der Objekte wurde aus der Reflexionslaufzeit in Verbindung mit den gemessenen Wellengeschwindigkeiten ermittelt. Insgesamt konnte alle ermittelten Anomalien als relativ schwach eingestuft werden, so dass ein Vorhandensein von größeren

3.2 Ergebnisse der seismischen Tomographie im Bereich des Sammlers Brück-Rath

Die **Anlage 7** zeigt das Ergebnis der seismischen Tomographie im Bereich des Sammlers Brück-Rath. Dargestellt ist die Geschwindigkeitsverteilung für seismische P-Wellen für eine Schnittebene zwischen den Lüftungsschächten 1 (am Einstieg) und 2 (zur Ampel hin). Anomalien werden an den Orten erkannt, an denen eine relativ hohe seismische Geschwindigkeit (erhöhte Festigkeit des Untergrundes; z.B. Findling oder Betonblock, o.ä.) oder eine relativ geringe seismische Geschwindigkeit (verminderte Festigkeit; z.B. Auflockerung oder Hohlraum) ermittelt wird. In der **Anlage 7** sind die Orte als Anomalien gekennzeichnet, an denen der lokale Geschwindigkeitswert um mehr als 10-15% von der mittleren Geschwindigkeit der P-Wellen (ca. 500 m/s) abweicht. Der Ort einer jeweiligen Anomalie kann aus der **Anlage 7** direkt abgelesen werden. Sie werden gemeinsam mit den Anomalien, ermittelt mit den anderen Erkundungsmethoden in **Anlage 18** und **Tabelle 4_1** dargestellt und bewertet.

3.3 Ergebnisse der Analyse von Oberflächenwellen im Bereich des Sammlers Brück-Rath

Die **Anlage 8** spiegelt das Ergebnis der Analyse von Oberflächenwellen wieder. Bei der Analyse der Oberflächenwellen werden die Orte als Anomalie bezeichnet, an denen sich das Ausbreitungsverhalten der Oberflächenwellen ändert und/oder an denen eine Reflexion der Oberflächenwellen beobachtet werden kann. Derartige Analysen werden für unterschiedliche Frequenzbereiche durchgeführt. Mit Hilfe einer Geschwindigkeitsanalyse der Oberflächenwellen (**Anlage 9**) kann die Tiefenlage einer erkannten Anomalie abgeschätzt werden. Die „Güte“ oder auch „Schwere“ einer Anomalie wird statistisch mit Hilfe der Anzahl ihres Auftretens für unterschiedliche Schusspositionen ermittelt.

Die **Anlage 8** zeigt einen Schnitt entlang der vermessenen Messlinie oberhalb des Sammlers Brück-Rath, in dem die erkannten Anomalien und deren Teufenbereiche eingetragen sind. Weiterhin deuten Geschwindigkeitssprünge für unterschiedliche Frequenzen der Oberflächenwellen (**Anlage 9**) ebenfalls auf Anomalien im Untergrund hin. Auch für Oberflächenwellen gilt die Aussage, dass erhöhte Geschwindigkeiten auf verfestigte und erniedrigte Geschwindigkeiten auf entfestigte Bereiche hindeuten. Alle erkannten Anomalien, ermittelt aus der Analyse der Oberflächenwellen, werden gemein

Konsortium Gläserner Kanal

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

sam mit den Anomalien, ermittelt mit den anderen Erkundungsmethoden in **Anlage 18** und **Tabelle 4_1** dargestellt und bewertet.

3.4 Ergebnisse der Radarmessungen innerhalb des Sammlers Brück-Rath

Die **Anlage 10** zeigt das Ergebnis der Radarmessungen für das nördliche Längsprofil, gemessen mit einer 225 MHz Antenne. Vergleichbare Ergebnisse wurden entlang des Südprofils und mit der 450 MHz Antenne erzielt. In den ersten 6 m des Profils zeigen sich deutliche Abbildungen der Bewehrung (R1). Bei 22 m zeigt sich die typische Reflexionshyperbel bei einer Dehnungsfuge (R2). Ab 25 m sind neben einer deutlichen Reflexion in 45 cm Tiefe (R3) regelmäßige Hyperbeln zu erkennen, die im Abstand von 1 m entlang des Profils zu beobachten sind (R4). Diese sind möglicherweise Hinweise auf die Bauweise des Kanals, wobei während des Vortriebs Eisenbögen als Ausbau verwendet wurden.

In der **Anlage 11** ist beispielhaft das Ergebnis eines Rundumprofils dargestellt. Einzige Auffälligkeit ist die stärkere Reflexion im unmittelbaren Firstbereich (R5). Mögliche Erklärungen für diese Reflexionen sind ein geringerer Feuchtigkeitsgehalt der Scheitel oder eine geringere Dicke des Bauwerkes selbst im Scheitel.

Mit Hilfe des Radars konnten keine Signale aus der Umgebung des Kanalbauwerks Sammler Brück-Rath gewonnen werden.

3.5 Ergebnisse der Radarmessungen im Einstiegsbereich des Ostmerheimer Sammlers

3.5.1 Ostwand

Beispiele für die Ergebnisse der Radarmessungen entlang der Ostwand des Einstiegsbereiches sind in den **Anlagen 12 (450 MHz Antenne) und 13 (1200 MHz Antenne)** dargestellt. Die Ostwand zeigt, anhand der Ergebnisse des Radars, eine konstante Mächtigkeit von etwa 20 cm bis 25 cm (R8 in **Anlage 12**). Ein einzelner Reflektor kann an der Rückseite bei 1,6 m bis 1,7 m (R6 in **Anlage 12**) erkannt werden. Weiterhin zeigt sich eine starke Reflexion zwischen 1,5 m und 2 m in 0,65 m Tiefe (R7 in **Anlage 12**). Dieses Bild zeigt keine Einzelreflexion sondern die Überlagerung von mehreren Reflexionsbildern. Dies wird bestätigt durch das Ergebnis der 1200 MHz Antenne (**Anlage 13**). Hier können Einzelreflexionen eines typischen Datenbildes für die Interferenz der Wellen an kleinen Objekten, wie Bewehrung (R8, R9 und R10 in **Anlage 13**), extrahiert werden.

3.5.2 Südwand

Die Ergebnisse der Radarmessungen entlang der Südwand zeigen keine Hinweise auf Anomalien innerhalb des Bauwerkes (**Anlage 14**). Die Südwand besitzt eine konstante Mächtigkeit von etwa 20 cm

Konsortium Gläserner Kanal

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

(R11 in **Anlage 14**). Eine zweite durchgehende Reflexion erscheint bei etwa 0,6 m (R12 in **Anlage 14**). Es sind keine deutlichen Reflexionen einer möglichen Bewehrung zu erkennen.

3.5.3 Sohle

Die **Anlagen 15-17** zeigen beispielhaft die Ergebnisse der Radarmessungen entlang der Sohle im Einstiegsbereich des Ostmerheimer Sammlers. Die Reflexion R13 in **Anlage 15** zeigt, dass die Mächtigkeit des Betons in der Sohle nach Norden von zunächst etwa 10 cm auf 20 cm ansteigt. Eine zweite, weitgehend durchgehende Reflexion erscheint in einer Tiefe von 35 cm (R14 in **Anlage 15**). Die **Anlage 16** zeigt eine weitere durchgehende Reflexion bei 0,9 m Tiefe, die bei Profilmeter 1,7 m auf 1,0 m Tiefe abtaucht (R15). Zahlreiche verstreute Reflexionen zwischen Profilmeter 1,4 m und 2,2 m aus Tiefen zwischen 45 cm und 85 cm sind zu erkennen (R16 in **Anlage 16**). Es werden keine deutlichen Reflexionen von einer möglichen Bewehrung erkannt.

Auf dem Diagonalprofil der **Anlage 17** stellt sich die Sohle noch ungleichförmiger dar. Es zeigt sich zusätzlich eine Reflexion bei Profilmeter 2,6 m bis 3,0 m in 50 cm bis 60 cm Tiefe (R17).

Bezüglich der erwarteten Spundwand oder des zugehörigen charakteristischen Rückwandrelichs lässt sich die Aussage treffen, dass sich kein regelmäßiges Relief in den Daten abbildet und die Rückwandreflexionen nicht so starke Amplituden aufweisen, die einen Kontrast Mauer mit Stahl nahelegen würden.

3.6 Ergebnisse der Impact-Echo Messungen im Einstiegsbereich des Ostmerheimer Sammlers

Die Impact-Echo Messungen im Einstiegsbereich des Ostmerheimer Sammlers dienen der Ermittlung der Betondicken im Vergleich zu den Ergebnissen des Radar. Für die Bestimmung der Betondicken wurde eine mittlere Ausbreitungsgeschwindigkeit für Schallwellen in Beton von 4000 m/s verwendet. Mit dem Impact-Echo wurden die folgenden Betondicken ermittelt:

- Ostwand (Profil 1): 57-64 cm.
- Südwand (Profil 2): 47-57 cm.
- Sohle (Profil 4): 60-93 cm. (Im Bereich der Sohle wurden zusätzliche Signale aus unterschiedlichen Tiefen registriert).
- Kanalwand: 46-51 cm.

Aus den Messungen des Impactecho und dem Vergleich der erzielten Ergebnisse mit den Ergebnissen des Radars kann geschlossen werden, dass nicht gegen eine Spundwand betoniert wurde (Kanal und Schacht betreffend) und somit kein Hindernis für einen geplanten Vortrieb unter dem Kanal und Schacht erwartet wird.

Konsortium Gläserner Kanal

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

4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im folgenden werden die Ergebnisse der geophysikalischen Erkundungen zusammenfassend dargestellt. Dabei wird unterschieden zwischen Anomalien, die sich außerhalb des Kanals befinden (Ergebnisse aller seismischen Messungen) und Anomalien innerhalb der Bauwerke oder erkannte Eigenschaften des jeweiligen Bauwerkes (Ergebnisse der Radarmessungen und der seismischen Messungen innerhalb des Kanals). Alle Anomalien, die sich außerhalb des Kanalbauwerkes befinden werden in einer Übersichtsskizze des Messgebietes (**Anlage 18**) dargestellt und in der dazugehörigen **Tabelle 4_1** bewertet. Dabei werden die Bezeichnungen der Anomalien aus den **Anlagen 5-17** übernommen. Insgesamt können alle Anomalien als relativ „schwach“ bezeichnet werden, so dass für die der näheren Kanalumgebung keine starke Beeinflussung der geplanten Umbauarbeiten durch mögliche Hohlräume, große Findlinge oder alte Verbaue erwartet wird.

4.1 Detektierte Anomalien außerhalb des Kanals

Im folgenden werden die detektierten Anomalien im Bereich des Sammlers Brück-Rath tabellarisch zusammengefasst (**Tabelle 4_1**). Je nach „Stärke“ der Anomalie und Art der Messung mit der die Anomalie erfasst wurden, wurden die Verdachtsbereiche in Stufen unterteilt und den Methoden zugeordnet. Insgesamt wurden „schwache“ Anomalien detektiert, wie z.B. schwache Amplituden bei den Reflexionsmessungen oder geringe Geschwindigkeitsunterschiede bei der Tomographie. Die folgende Einteilung der Anomaliestärke und Messmethodenzuordnung bezieht daher auf „relative“ Aussagen:

- schwach verdächtig (s)
- verdächtig (m)
- sehr verdächtig (x)
- Seismik im Kanal (S)
- Tomographie (T)
- Analyse der Oberflächenwellen (O)
- Geschwindigkeitsanalyse der Oberflächenwellen (G)

Die Bezeichnung einer Anomalie bzw. der Verdachtsbereiche bezieht sich auf die Entfernung des Anomaliezentrum vom Ursprung (Lüftungsschacht 1), Tiefe (gemessen von der Erdoberfläche) und \pm Entfernung von der Kanalachse (+ entspricht Entfernung zur Kanalachse in Richtung zur Straße; - entspricht Entfernung zur Kanalachse in Richtung zu den Häusern).

Es ist anzumerken, dass unterschiedliche Inhomogenitäten (z.B. verfüllte Hohlräume, aufgelockerte Bereiche, Betoneinlagerungen oder Findlinge) ähnliche Anomalien verursachen können. Auch ist es denkbar, dass eine Methode einen Verdachtsbereich ausweist und die zweite Methode keine oder nur sehr schwache Indikationen für einen Verdachtsbereich zeigt.

Die in **Tabelle 4_1** aufgeführten Orte der Anomalien sind der Skizze aus **Anlage 18** entnommen und mit der entsprechenden Nummerierung versehen. Die Tiefenlage wurde aus den Einzelanlagen (**Anlagen 5-17**) bestimmt.

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]	Wichtung der Anomalie	Mögliche Ursache der Anomalie
S9	4,40	-1,60	5,10	m	Festigkeitsänd.
S10	6,60	-1,50	5,10	m	Festigkeitsänd.
S11	15,00	-2,50	4,60	m	Festigkeitsänd.
S12	18,80	-1,10	5,30	m	Festigkeitsänd.
S13	19,60	-1,50	5,10	m	Festigkeitsänd.
S14	19,60	-2,60	4,40	m	Festigkeitsänd.
S15	27,10	-2,00	4,80	m	Festigkeitsänd.
S16	30,90	-2,60	4,40	m	Festigkeitsänd.
T1	4,00	+1,00	0,30	m	Auflockerung
T2	7,30	+1,00	3,20	s	Auflockerung
T3	6,70	+1,00	4,90	s	Auflockerung
T4	10,70	+1,00	0,30	m	Verfestigung
T5	11,70	+1,00	0,50	m	Verfestigung
T6	22,70	+1,00	0,30	x	Verfestigung
T7	26,50	+1,00	0,30	m	Auflockerung
T8	31,50	+1,00	0,30	x	Auflockerung
O1	2,40	+1,00	3,50	m	Verfestigung
O2	8,40	+1,00	5,00	s	Keine Aussage
O3	11,30	+1,00	1,50	s	Keine Aussage
O4	18,60	+1,00	1,50	x	Keine Aussage
O5	20,30	+1,00	3,50	x	Keine Aussage
O6	28,70	+1,00	3,50	m	Verfestigung
O7	31,20	+1,00	1,50	s	Verfestigung
G1	2,40	+1,00	5,00	m	Verfestigung
G2	10,20	+1,00	2,30	m	Verfestigung
G3	31,20	+1,00	1,50	m	Verfestigung

Tabelle 4_1: Detektierte Anomalien außerhalb des Kanals.

4.2 Detektierte Anomalien innerhalb des Kanals und Beschreibung der Bauwerke

Die **Tabellen 4_2** und **4_3** geben die Ergebnisse der ermittelten Eigenschaften innerhalb der Bauwerke Sammler Brück-Rath (**Tabelle 4_2**) und Einsteigbereich des Ostmerheimer Sammlers (**Tabelle 4_3**) wieder. Dabei werden Ereignisse, die mit dem Radar erfasst wurden mit R und die des Impact-Echos mit I bezeichnet. Anhand der **Tabelle 4_3** ist zu erkennen, dass mit dem Radar und dem Impact-Echo unterschiedliche Betondicken in gleichen Messbereichen festgestellt wurden. Da mit beiden Verfahren auch weitere Reflexionen aus unterschiedlichen Teufenbereichen festgestellt wurden, ist eine eindeutige Interpretation der Messergebnisse nicht möglich. Die korrekten Betondicken sollen durch Direktaufschlüsse ermittelt werden.

Konsortium Gläserner Kanal

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

Bezeichnung der Anomalie /Reflexion	Entfernung zum Nullpunkt [m]	Bewertung und Beschreibung des Reflexionsbildes
S1	5,70	Lockerer Übergang zwischen zwei Bauwerksteilen
S2	10,60	Reflexion innerhalb der Kanalwand; Lockerer Übergang zwischen zwei Bauwerksteilen
S3	18,10	Reflexion innerhalb der Kanalwand; Lockerer Übergang zwischen zwei Bauwerksteilen
S4	20,30	Reflexion innerhalb der Kanalwand; Lockerer Übergang zwischen zwei Bauwerksteilen
S5	25,90	Reflexion innerhalb der Kanalwand; Lockerer Übergang zwischen zwei Bauwerksteilen
S6	29,80	Reflexion innerhalb der Kanalwand
S7	31,60	Reflexion innerhalb der Kanalwand; Lockerer Übergang zwischen zwei Bauwerksteilen
S8	33,60	Reflexion innerhalb der Kanalwand; Lockerer Übergang zwischen zwei Bauwerksteilen
R1	0,00-6,00	Deutliche Abbildung der Bewehrung
R2	22,00	Reflexionshyperbel der Dehnungsfuge
R3, R4 (R3 zeigt an S5 die Veränderung des Kanalzu- standes an)	25,00-34,00	Reflexionen in einer Tiefe von 45 cm. Der Abstand der Hyperbeln beträgt etwa 1 m. Eisenbögen, die während des Vortriebes verwendet wurde sind mögliche Ursache
R5	0,00-34,00	Geringerer Feuchtigkeitsgehalt oder geringere Dicke des Betons in der Scheitel

Tabelle 4_2: Detektierte Anomalien und/oder Reflexionen aus dem Kanalbauwerk des Sammlers Brück-Rath. Entfernungsangaben beziehen sich auf den Lüftungsschacht 1, der sich direkt am Einsteigbereich zum Sammler befindet.

Konsortium Gläserner Kanal

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

Bezeichnung der Anomalie /Reflexion	Entfernung zum Nullpunkt [m] /Profil	Bewertung und Beschreibung des Reflexionsbildes
R8	Ostwand Profil 1	Reflexion der Rückwand. Die Dicke der Ostwand beträgt nach den Radarergebnissen etwa 20-25 cm .
I1	Ostwand Profil 1	Reflexion der Rückwand. Die Dicke der Ostwand beträgt nach den Ergebnissen des Impact-Echos etwa 57-64 cm .
R6	Ostwand, 1,65, Profil 1	Reflektor in 30 cm Tiefe
R7	Ostwand, 1,50- 2,00 Profil 1	Reflektor in 65 cm Tiefe
R9	Ostwand, 2,12 Profil 1	Reflexion in geringer Tiefe; mögliche Bewehrung
R10	Ostwand, 2,55 Profil 1	Reflexion in geringer Tiefe; mögliche Bewehrung
R11	Südwand Profil 2	Reflexion der Rückwand. Die Dicke der Südwand beträgt nach den Radarergebnissen konstant etwa 20 cm .
I2	Südwand Profil 2	Reflexion der Rückwand. Die Dicke der Südwand beträgt nach den Ergebnissen des Impact-Echos etwa 47-57 cm .
R12	Südwand Profil 2	Ein zweiter durchgängiger Reflektor ist hinter der Südwand in etwa 60 cm Entfernung zu erkennen
R13	Sohle Profil 3	Die Mächtigkeit des Betons in der Sohle steigt von etwa 10 cm im südlichen Bereich nach 20 cm im nördlichen Bereich an.
I3	Sohle Profil 4	Reflexionen unterhalb der Sohle. Die Dicke Sohle beträgt nach den Ergebnissen des Impact-Echos etwa 60-93 cm . Es wurden zusätzliche Signale aus unterschiedlichen Tiefen registriert.
R14	Sohle Profil 3	Eine durchgängige Reflexion erscheint bei 35 cm unterhalb der Sohle
R15	Sohle, 1,70 Profil 3	Reflexion in 95cm Tiefe unterhalb der Sohle
R16	Sohle, 1,40-2,20 Profil 3	Mehrere verstreute Reflexionen aus Tiefen zwischen 45 cm bis 85 cm
R17	Sohle, 2,60-3,00 Profil 4	Reflexion aus 50-60 cm Tiefe
I4	Kanal	Die Dicke der Kanalwand beträgt etwa 46-51 cm.

Tabelle 4_3: Detektierte Anomalien und/oder Reflexionen aus dem Kanalbauwerk des Ostmerheimer-Sammlers. Entfernungsangaben beziehen sich auf die in der Anlage 4 skizzierten Messlinien.