



# Werterhaltung von begehbaren Kanälen

Wegleitung



Wir danken allen Anwendern für die kritischen Bemerkungen und zahlreichen Ergänzungen, die zu der vorliegenden 3. Auflage der Wegleitung beigetragen haben.

## **IMPRESSUM**

### **Herausgeber**

Stadt Zürich  
Tiefbau- und Entsorgungsdepartement  
Tiefbauamt, Projektierung + Realisierung

### **Mitglieder der Arbeitsgruppe**

Ernst Peterhans	Stadt Zürich, Tiefbauamt
Renato Kienberger	Stadt Zürich, Tiefbauamt
Christoph Zemp	Stadt Zürich, ERZ Entsorgung + Recycling
Rolf Huggenberger	Stadt Zürich, ERZ Entsorgung + Recycling
Dominik Börrnert	Hunziker Betatech AG

### **Bezug**

Die Wegleitung «Werterhaltung von begehbaren Kanälen» wird ausschliesslich in digitaler Form via Internet abgegeben. Es wird empfohlen, heruntergeladene Daten bei erneuter Anwendung auf Aktualität zu prüfen. [www.stadt-zuerich.ch/tiefbauamt](http://www.stadt-zuerich.ch/tiefbauamt) unter Fachunterlagen / TED-Normen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Vorwort</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Geltungsbereich</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Projektorganisation</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Arbeiten in begehbaren Kanälen</b>	<b>4</b>
4.1	Allgemeines	4
4.2	Vorschriften	4
4.3	Gefahren	4
4.3.1	Gefahren durch Stoffe	4
4.3.2	Gefahren durch Absturz	5
4.3.3	Gefahren durch Einrichtungen	5
4.4	Schutzmassnahmen	5
4.4.1	Organisatorische Schutzmassnahmen	5
4.4.2	Persönliche Schutzausrüstung	6
4.4.3	Ausrüstung Arbeitsgruppe	6
4.4.4	Schutzmassnahmen gegen gefährliche Atmosphäre	6
4.4.5	Schutzmassnahmen gegen elektrische Gefährdung	7
4.4.6	Schutzmassnahme gegen Absturz	7
4.4.7	Schutzmassnahmen bei starker Wasserführung	7
4.4.8	Hygiene	7
4.5	Verkehrssicherheit	8
4.6	Rettungsmassnahmen	8
4.7	Sicherungs- und Alarmierungskonzept, Notfallorganisation	8
<b>5</b>	<b>Vorstudie / Vorprojekt - Zustandsuntersuchung von begehbaren Kanälen</b>	<b>10</b>
5.1	Schadensarten und deren Ursachen	10
5.1.1	Statische Schäden	10
5.1.2	Mechanische Schädigungen	11
5.1.3	Korrosion	12
5.2	Zustandserfassung	15
5.2.1	Visuelle Zustandserfassung	15
5.2.2	Zerstörungsfreie Untersuchungen	15
5.2.3	Ergänzende zerstörende Untersuchungen	16
5.2.4	Laboruntersuchungen	19
5.3	Statische Beurteilung	20
5.3.1	Ablaufdiagramme	20
5.3.2	Grundlagen	22
5.3.3	Verkehrslasten OK Terrain / Spannungen OK Scheitel	23

5.3.4	Modellbildung	24
5.3.5	Rechnerische Nachweise	29
5.3.6	Empfehlung	31
5.3.7	Weiteres Vorgehen in nachfolgender Projektphase	31
5.4	Hydraulische Beurteilung	31
5.5	Zustandsbeurteilung	32
5.6	Werterhaltungsmassnahmen	34
5.6.1	Begriffsdefinition	34
5.6.2	Variantenstudium / Kostenschätzung	35
5.6.3	Massnahmen und Verfahren	36
5.6.4	Massnahmen bei vereinzelt auftretenden Schäden (Reparatur)	37
5.6.5	Massnahmen bei grossflächig auftretenden Schäden (Sanierung)	39
5.6.6	Ausführungsbeispiele	42
5.7	Nutzungs- und Sicherheitsplan	48
<b>6</b>	<b>Bauprojekt</b>	<b>49</b>
6.1	Allgemeines	49
6.2	Anforderungen an Produkte und Ausführung	49
6.2.1	Anforderungen	49
6.2.2	Produkte und Ausführung	50
<b>7</b>	<b>Submission</b>	<b>57</b>
7.1	Verordnung	57
7.2	Submission Tiefbauamt der Stadt Zürich	57
<b>8</b>	<b>Ausführung</b>	<b>59</b>
8.1	Allgemeines	59
8.2	Kanal-Provisorien	59
8.3	Dimensionierung Sohlenaufbau Trockenwetterabfluss	60
8.4	Qualitätssicherung	60
8.4.1	Qualitätsnachweis Bauausführung	60
8.4.2	Referenzflächen	61
8.4.3	Prüfungen	61
8.5	Baustellenabwässer (SIA / VSA-Empfehlung 431)	61
8.5.1	Allgemeines	61
8.5.2	Entwässerungskonzept	62
8.5.3	Abwasservorbehandlung	62
8.6	Kabel in Kanälen	62
<b>9</b>	<b>Projektabschluss</b>	<b>63</b>
<b>10</b>	<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>64</b>

<b>11</b>	<b>Literatur- und Quellverzeichnis</b>	<b>66</b>
11.1	Sicherheitsmassnahmen	66
11.2	Normen und Richtlinien	66
11.3	Weitere Veröffentlichungen	67
<b>12</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>68</b>
<b>13</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>68</b>

## Anhang

- Beispiel Notfallorganisation
- Kontrollplan Sanierungsmörtel/-betone, Spritzbeton/-mörtel
- Kontrollplan Sohlen-, Versetz-, Ausgleichsbeton und Mörtel, Bankettbeton
- Kontrollplan Flächenspachtel
- Kontrollplan Bewehrung
- Kontrollplan Rissinjektionen
- Kontrollplan Vergussmörtel (Kanalsohle + Verfüllung Knaufsche Sohlenelemente)
- Kontrollplan Bauteile aus Steinzeug, Polymerbeton
- Abschätzung von Materialkennwerten

## 1 Vorwort

Die Beanspruchung von begehbaren Kanälen hat sich in den letzten Jahren unter anderem aufgrund von zunehmenden statischen und dynamischen Lasten, der chemischen Zusammensetzung des Abwassers und der hydraulischen Belastung erheblich verändert. Einige der heute existierenden Kanäle entsprechen aufgrund ihrer Bauausführung sowie der dabei verwendeten Materialien nicht mehr den Anforderungen der heutigen Zeit und dem aktuellen Wissensstand der Technik.

Im Jahr 2005 wurde die bestehende ERZ Wegleitung «Arbeitsschritte in der Projektierungs- und Ausführungsphase» (1. Auflage: März 1999) vollständig überarbeitet und in einer gemeinsamen Wegleitung TAZ / ERZ «Werterhaltung von begehbaren Kanälen» veröffentlicht (2. Auflage: Juni 2005).

In dieser 3. Auflage der Wegleitung wurden die Erfahrungen und Anregungen aus der bisherigen Anwendung eingearbeitet.

## 2 Geltungsbereich

Diese Wegleitung gilt für die Werterhaltung von begehbaren Kanälen im öffentlichen Kanalnetz der Stadt Zürich. Als begehrbar werden bestehende Kanäle ab den Dimensionen 600/900 mm für Ei-Profile und 800 mm für Kreis-Profile bezeichnet. Bei Neubauten gelten Kanäle mit einem Durchmesser > 1000 mm als begehrbar.

### 3 Projektorganisation

**Projektierungsablauf (stadtintern)**

	Wer	Beschreibung / Dokument
Anhörung	BK	Auf Initiative von ERZ oder im Rahmen eines koordinierten Projekts
↓		
Provisorische Projektdefinition	ERZ	Übergabe der provisorischen Projektdefinition an TAZ
↓		
Projektanalyse	TAZ	Grundlagen
↓		
Detaillierte Zustandsuntersuchung	TAZ / Externe Begleitung	Begehung, Entnahme von Bohrkernen, Laboranalysen, hydraulische und statische Abklärungen
↓		
Projektentwurf Vorstudie	TAZ / PV	Erstellen Grundlagen, Pläne, Varianten
↓		
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">Nein</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;">Überprüfung Projektentwurf Vorstudie</div> </div>	ERZ	Übergabe Projektentwurf an ERZ Projektentwurf genehmigt?
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="margin-right: 10px;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Ja</div> </div>		
Definitive Projektdefinition	ERZ	Erstellung definitive Projektdefinition und Übergabe an TAZ
↓		
Prozess ERZ / TAZ Kanalbauten	TAZ / PV	Fortsetzung gemäss Prozess ERZ / TAZ Kanalbauten

Legende

- ERZ Entsorgung + Recycling Zürich, Entwässerung
- TAZ Tiefbauamt
- PV Projektverantwortliche
- PD Projektdefinition
- BK Baukoordination

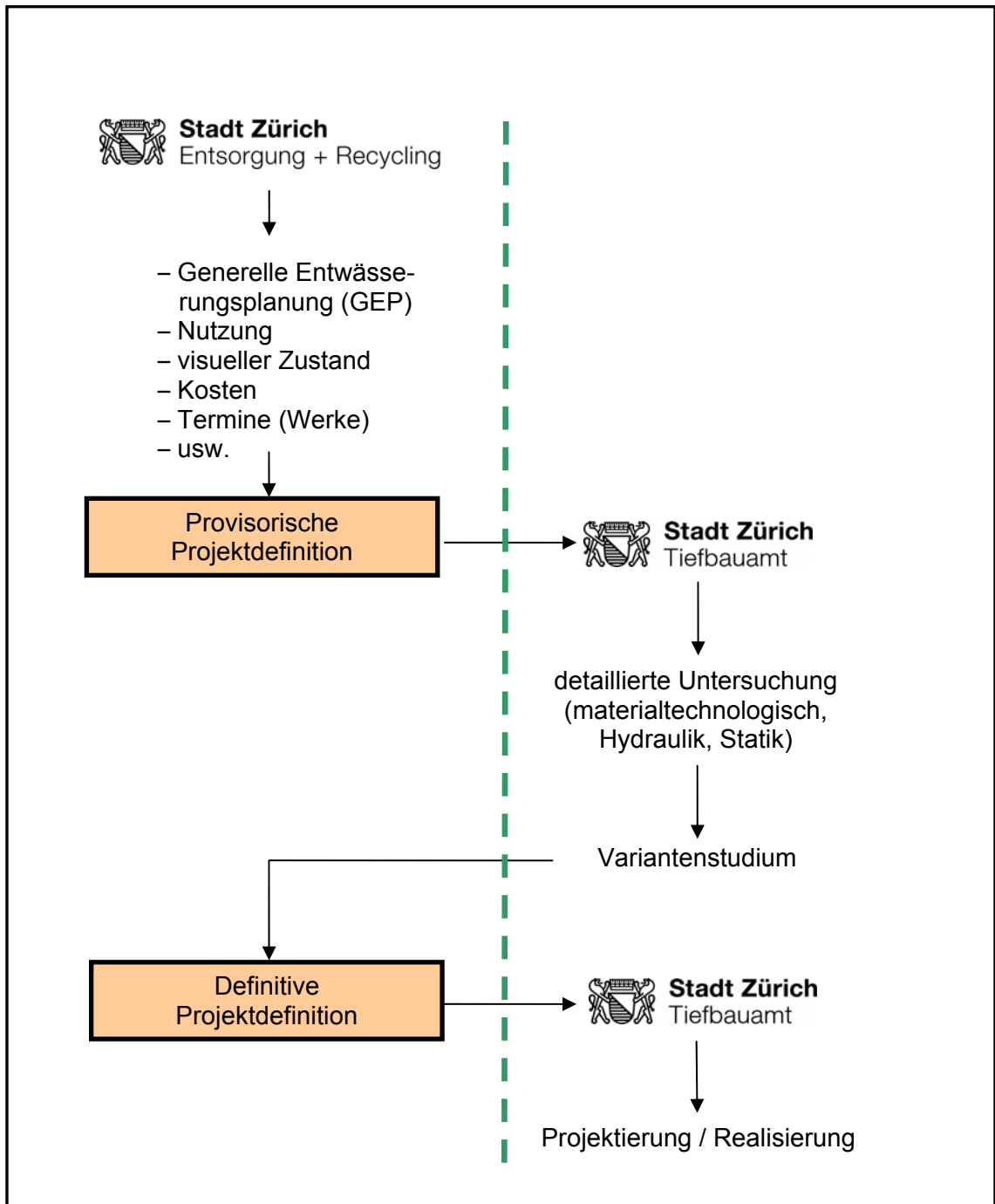


Abbildung 1: Aufgabentrennung



## 4 Arbeiten in begehbaren Kanälen

### 4.1 Allgemeines

Begehbare Abwasserkanäle gehören im Sinne der Unfallverhütung zu den «umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen». Nachfolgend sollen die Gefahren aufgezeigt werden, welche bei Arbeiten in begehbaren Abwasserkanälen auftreten können. Gleichzeitig werden auch die erforderlichen Sicherheitsmassnahmen angegeben, die bei Arbeiten in begehbaren Kanälen zwingend einzuhalten sind.

Dieses Kapitel erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Einhaltung der notwendigen Sicherungs- und Schutzmassnahmen liegt in der Eigenverantwortung der mit den Arbeiten beauftragten Unternehmung.

### 4.2 Vorschriften

Nachstehend eine Zusammenstellung einschlägiger Vorschriften und Richtlinien (siehe auch Kapitel 11, Literatur- und Quellenverzeichnis):

- SUVA-Merkblatt «Sicheres Einsteigen und Arbeiten in Schächten, Gruben + Kanälen»
- SUVA-Richtlinie «Arbeiten in Behältern und engen Räumen»
- SUVA-Empfehlung «Verhütung blutübertragbarer Infektionen»
- SUVA-Checkliste «Kleinbohrungen und Spritzbeton im Spezialtiefbau»
- EKAS-Richtlinie «Betrieb von Höchstdruck-Wasserstrahl-Geräten»
- Norm SN 640 886 «Temporäre Signalisation auf Haupt- und Nebenstrassen» der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS)
- Norm SN 640 710c «Warnkleidung bei Arbeiten im Strassenbereich» der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS)
- Bauarbeiterverordnung, BauAV, 2006

### 4.3 Gefahren

#### 4.3.1 Gefahren durch Stoffe

Eine Gefährdung kann von Feststoffen, Flüssigkeiten, Aerosolen, Dämpfen oder Gasen in potentiell gefährlicher Menge oder Konzentration, durch Sauerstoff verdrängende Medien sowie Krankheitserreger ausgehen.

Diese Stoffe können von aussen eingebracht werden oder durch biologische Vorgänge (z. B. Gärung, Fäulnis) entstehen oder durch chemische Reaktionen (z. B. bei Vermischung von Abwässern) auftreten. Gefahren durch Stoffe bestehen oder entstehen z. B. durch:

- Gase, Dämpfe oder Nebel, durch die Brände oder Explosionen entstehen können,
- Sauerstoffmangel, der zum Erstickten führen kann,
- sehr giftige, giftige, mindergiftige, ätzende, reizende, sensibilisierende, krebserregende oder erbgutverändernde (gesundheitsschädliche) Stoffe, die durch die Haut oder den Mund aufgenommen oder eingeatmet werden können,
- thermische Gefährdung, z. B. durch Einleitung von sehr heissen Abwässern,
- plötzliche, starke Wasserführung, z. B. infolge starken Regens, Wassereintrich durch defekte Wasserleitung, Entleerungsvorgängen bei Becken (Industrie, Bäder)
- Kleinstlebewesen bzw. Keime und deren Stoffwechselprodukte, die zu Infektionen oder allergischen Beschwerden beim Menschen führen können.

### **4.3.2 Gefahren durch Absturz**

Absturzgefahren entstehen z. B. bei geöffneten Schächten, beim Begehen von Steigleitern oder bei nicht ausreichend fest angebrachten Leitern und Tritten.

Bauliche Mängel wie falsch eingebaute, nicht festsitzende, korrodierte oder fehlende Steigeisen, erhöhter Verschleiss und überdurchschnittliche Beanspruchung des Materials durch aggressive Umgebungsbedingungen oder glitschige Standflächen können Ursachen für Absturzgefahren sein. Die Nichtkenntnis der örtlichen Begebenheiten im Kanalnetz (plötzlicher Gefällswechsel, Leaping Weir, Wirbelfallschacht) können ebenfalls Absturzgefahren beinhalten.

Die Gefahr des Absturzes wird beim Betreten von Schächten durch das mögliche Vorhandensein von Stoffen erhöht, die sofortige körperliche oder geistige Beeinträchtigung beim Einsteigenden auslösen können.

### **4.3.3 Gefahren durch Einrichtungen**

Besondere Gefahren durch Einrichtungen entstehen z. B. durch:

- sich schliessende oder öffnende Schieber oder Klappen in Spezial- und Sonderbauwerken,
- elektrische Betriebsmittel, z. B. Handleuchten oder Elektrowerkzeuge,
- Reinigungsgeräte, z. B. Arbeiten mit Hochdruckwasserstrahl,
- Hilfsmittel, wie Leitern oder Podeste.

## **4.4 Schutzmassnahmen**

### **4.4.1 Organisatorische Schutzmassnahmen**

#### **4.4.1.1 Unterweisung aller beteiligten Personen**

Alle an den Arbeiten in begehbaren Kanälen beteiligten Personen müssen vor Beginn der Arbeiten über die potentiellen Gefährdungen und die erforderlichen Schutzmassnahmen unterwiesen werden. Mit ihrer Unterschrift bestätigen sie, dass sie über die Gefahren orientiert und über die Notfallorganisation geschult wurden.

Jeder beteiligten Person sollte die genaue Lage des Arbeitsortes oder die genaue Strassenbezeichnung bekannt sein (Notfallorganisation, Beispiel siehe Anhang).

#### **4.4.1.2 Sicherung**

Bei Arbeiten in begehbaren Kanälen muss der Unternehmer je einen Sicherheitsposten beim Kanaleinstieg und der nächstfolgenden Kanalöffnung einsetzen. Eine ständige Verbindung mit allen sich im Kanal befindenden Personen muss gewährleistet sein. Die gegenseitige Verständigung kann durch eine Sprechverbindung geschehen oder durch eine zusätzliche Verbindungsperson (unterhalb Einstieg) im Kanal (Sichtkontakt).

Personen, die mit Sicherheitsaufgaben beauftragt sind, müssen zuverlässig sein und über die erforderlichen geistigen, sprachlichen und körperlichen Fähigkeiten verfügen. Sie dürfen mit keinen zusätzlichen Aufgaben betraut werden und ihren Standort nur bei Gefahr verlassen. Der Sicherungsposten muss mit den festgelegten Rettungsmassnahmen vertraut sein und muss jederzeit Hilfe herbeiholen können.

Die Anzahl der Personen zur Aufrechterhaltung der Sicht- oder Sprechverbindung richtet sich nach der Grösse des Bauwerks.

#### 4.4.2 Persönliche Schutzausrüstung

Als persönliche Schutzmassnahme beim Einstieg in begehbare Kanäle muss jede Person mit folgenden Geräten und Schutzkleidung ausgerüstet sein. Sie ist dazu verpflichtet, diese auch zu benutzen bzw. zu tragen:

- Schutzhelm
- Arbeitshandschuhe
- geeignetes Schuhwerk (z. B. Gummistiefel mit Schutzkappen)
- geeignete Arbeitsschutzkleidung
- Arbeitskombi mit eingenähtem Rettungsgurt und Nackenöse oder Rettungsgurt über dem Überkleid
- Handlampe oder am Helm befestigte Lampe
- Augen- und / oder Gesichtsschutz (nach Bedarf)
- Gehörschutz (nach Bedarf)

#### 4.4.3 Ausrüstung Arbeitsgruppe

Jede Arbeitsgruppe, die in einen begehbaren Kanal einsteigt, muss neben der persönlichen Schutzausrüstung wie folgt ausgestattet sein:

- 4-Stoff-Messgerät (Gaswarngerät, mindestens CO, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>, Ex)
- Isoliergerät (Sauerstoffselbstretter, deponiert im Arbeitsbereich)
- Sicherungsleinen und Rettungsleinen (nach Bedarf)
- Hebevorrichtung mit Fallsicherung (Dreibein)
- Lüftungsanlage (je nach Situation zur Beseitigung einer vorhandenen oder entstehenden gefährlichen Atmosphäre)
- Kommunikationsmittel zur Sicherstellung der Erreichbarkeit (Gegensprechanlage, ev. Funk, Natel)
- Sanitätsmaterial (Erste-Hilfe-Koffer im Fahrzeug)

#### 4.4.4 Schutzmassnahmen gegen gefährliche Atmosphäre

Vor Aufnahme und während der Arbeiten in begehbaren Kanälen muss durch natürliche oder künstliche Lüftung sichergestellt sein, dass weder eine gefährliche explosionsfähige Atmosphäre, noch Sauerstoffmangel oder Gase und Dämpfe in gesundheitsschädlicher Konzentration auftreten können.

Eine ausreichende Lüftung kann erreicht werden, indem die benachbarten Schachtdeckel geöffnet werden und der Kanal vor dem Einsteigen eine ausreichende Zeitdauer natürlich durchlüftet wird.

Kanäle, die sich nicht ausreichend natürlich belüften lassen (z. B. durch Querschnittsverengungen, Düker), müssen künstlich belüftet werden. Eine technische Lüftung kann als ausreichend angesehen werden, wenn bei Kanälen mindestens eine durchschnittliche Luftgeschwindigkeit von 0,5 m pro Sekunde erreicht wird (deutlich spürbarer Luftzug). Es ist zu beachten, dass die Luft nicht auf Bodenhöhe angesaugt wird, sondern auf einer Höhe von mindestens 2,0 m über der Strassenoberfläche.

Bei Arbeiten mit Spritzbeton muss mit Lüftungsanlagen gearbeitet werden. Generell muss bei Arbeiten in Kanälen die Atmosphäre kontinuierlich mit einem Gaswarngerät gemessen werden.

#### **4.4.5 Schutzmassnahmen gegen elektrische Gefährdung**

Bei Verwendung von ortsunabhängigen elektrischen Geräten in begehbaren Kanälen sind entsprechende Schutzmassnahmen gegen erhöhte Gefährdung durch elektrischen Strom zu treffen (Fehlerstromschutzschaltung, SUVA SBA 103 d). Generell sind die «Spezielle Bedingungen des Elektrizitätswerkes (ewz)» zu befolgen.

#### **4.4.6 Schutzmassnahme gegen Absturz**

Jeder geöffnete Einstieg ist gegen Absturz von Personen und Tieren zu sichern.

Bei senkrechten Einstiegen sind ab 5 m Tiefe geeignete Absturzsicherungen zu verwenden, wenn keine baulichen Schutzmassnahmen vorhanden sind. Als geeignete Absturzsicherung gelten Höhensicherungsgeräte mit Aufhängevorrichtung (Dreibein) inkl. Rettungshubgerät mit einer selbsttätigen Lastrücklaufsperre.

Eine Gefährdung durch herabfallende Gegenstände ist durch Abdecken mit einem Schutzgitter auszuschalten.

#### **4.4.7 Schutzmassnahmen bei starker Wasserführung**

Vor Beginn der Arbeiten in begehbaren Kanälen sind entsprechende Alarmierungs- und Schutzmassnahmen zu treffen, um eine Gefährdung durch starke Wasserführung zu vermeiden. Dies kann z. B. durch folgende Massnahmen geschehen:

- Teilabschottung, Sperrung bzw. Umleitung der Abwasserzuflüsse in Absprache mit ERZ Entsorgung + Recycling Zürich,
- Alarmanlage, Alarmierung durch Niveaumessung,
- beobachten der Wetterlage (Wetterprognose, Niederschlagsradar),
- abklären von Bauarbeiten (z. B. Grabenbau - Wasserleitungsbruch) im Einzugsbereich des zu sanierenden Kanals,
- anbringen eines Leitseils,
- Haltestangen (z. B. Spriesswinden) am Ende eines Kanalabschnitts.

Bei plötzlichem Einsetzen starker Wasserführung ist die Arbeit unverzüglich einzustellen. Die begehbaren Kanäle müssen sofort verlassen werden, sofern möglich sind alle losen Materialien zu entfernen. Die Kanäle dürfen erst wieder betreten werden, wenn die Gefahrensituation abgeklärt und vorüber ist.

#### **4.4.8 Hygiene**

Der persönlichen Hygiene ist bei Kontakt mit Abwasser und insbesondere mit gesundheitsgefährdenden Stoffen grösste Beachtung zu schenken. Desinfizierendes Handreinigungsmittel sollte immer zur Verfügung stehen.

In Bezug auf den allgemeinen Impfschutz empfiehlt die SUVA die gängigen Schutzimpfungen (Hepatitis A und B, Polio, Tetanus).

Rauchen, Essen und Trinken sind in begehbaren Kanälen verboten.

## 4.5 Verkehrssicherheit

Arbeitsstellen im Bereich des öffentlichen Verkehrs sind durch Verkehrszeichen und Verkehrseinrichtungen zu kennzeichnen. Der Arbeitsbereich ist so abzusperren bzw. zu markieren, dass keine Absturzgefahr besteht und die Arbeiter vor Gefahren des Verkehrs geschützt sind. Die Einsatzfahrzeuge sollten so aufgestellt werden, dass Personen im Schutz der verkehrsabgewandten Seite der Fahrzeuge arbeiten können. Sie müssen Warnkleidung gemäss Norm SN 640 710c «Warnkleidung bei Arbeiten im Strassenbereich» der Schweizerischen Strassenfachleute (VSS) tragen.

Für alle Arbeitsstellen ist generell die Norm VSS SN 640 886 «Temporäre Signalisation auf Haupt- und Nebenstrassen» anzuwenden.

## 4.6 Rettungsmassnahmen

Bei einem Notfall in einem begehbaren Kanal müssen von den vor Ort beschäftigten Personen selbst die notwendigen Rettungsmassnahmen eingeleitet werden bzw. wirksame Erste Hilfe geleistet werden können. Daher empfiehlt es sich jeden, mit Arbeiten in Kanälen Beschäftigten, als Nothelfer auszubilden.

Sollte es zur Bewusstlosigkeit einer im Kanal beschäftigten Person kommen, darf der Überwachende auf keinen Fall in den Kanal einsteigen, bevor nicht weitere Hilfe (z. B. Feuerwehr 118) angefordert wurde. Bei der Bergung der sich in Not befindlichen Person muss durch den Retter ein von der Umgebungsluft unabhängiger Atemschutz (Sauerstoff-Selbstretter, Atemschutzgerät) getragen werden. Bei akuten Erstickungs- oder Vergiftungsanzeichen müssen die Verletzten umgehend mit Atemluft versorgt werden.

Generell muss im Notfall das Vorgehen gemäss dem Sicherungs- und Alarmierungskonzept (Kapitel 4.7) erfolgen.

## 4.7 Sicherungs- und Alarmierungskonzept, Notfallorganisation

Vor Beginn von Sanierungsarbeiten in begehbaren Kanälen muss ein Sicherungs- und Alarmierungskonzept erstellt werden, welches folgende Schwerpunkte beinhaltet:

- Beschreibung des Bauobjekts
  - Übersichtsplan
  - Arbeitsausführung (Etappierung)
  - Provisorien
  - Abschottungen, Wasserhaltung
  - verantwortliche Personen, Notfallorgane mit Telefonnummern
- Alarmierung
  - Sicherheitsposten / Sicherung der Einstiegsschächte
  - Positionierung von Niveaumessern mit akustischer und optischer Alarmauslösung
  - Wasserstandswerte für Alarmauslösung
  - verbleibende Zeit nach Alarmauslösung
  - Kontrollen der Alarmanlage mit Protokollierung im Baujournal / Tagesrapport
- Notfallorganisation (ein Beispiel befindet sich im Anhang)
  - verletzte Personen / Retten von Bewusstlosen (Massnahmen, Alarmierung gemäss Alarmierungsliste)

- Gasalarm (Massnahmen, Alarmierung gemäss Alarmierungsliste)
- Überflutungsalarm (Massnahmen, Alarmierung gemäss Alarmierungsliste, mögliche Ursachen, Ursachenbehebung)
- Personenschutz (generell, Bestimmungen für spezielle Kanalabschnitte, Einstiege)

## **5 Vorstudie / Vorprojekt - Zustandsuntersuchung von begehbaren Kanälen**

### **5.1 Schadensarten und deren Ursachen**

Abwasserkanäle unterliegen einer erhöhten Abnutzung aufgrund von physikalischen, chemischen und biologischen Einwirkungen. Nachfolgend werden die einzelnen Schadensbilder und deren Ursachen beschrieben.

#### **5.1.1 Statische Schäden**

##### a) Verformungen

Je nach Verformungsgrad führen die resultierenden Schäden zu einer Beeinträchtigung der hydraulischen Leistungsfähigkeit des Kanals bis hin zu einer Zerstörung der eingebauten Materialien und somit des ganzen Bauwerks. Verformungen entstehen durch:

- Überbelastungen, Erschütterungen, z. B. durch Baustellenverkehr
- Planungsfehler bei der Konstruktion
- Fehler in der Ausführung
- Setzungen des Baugrunds
- Änderungen der Grundwasserverhältnisse (z. B. Auftrieb)
- Einbau ungeeigneter Materialien
- Abnahme der Materialeigenschaften (Betonkorrosion, Korrosion der Bewehrungsseisen, etc.)
- Verringerung der Bauwerksstabilität durch mechanischen Verschleiss

##### b) Risse

Risse treten überwiegend durch Überbeanspruchung des Materials oder in Arbeitsfugen auf, können jedoch auch konstruktionsbedingt sein (z. B. Schwindrisse oder Risse durch Setzungen). Ausschlaggebend für die Beurteilung sind das sich einstellende Rissbild, die Rissweiten und ob der Riss wasserführend oder trocken ist. Man unterscheidet in:

- Längsrisse
- Querrisse / Radialrisse

## 5.1.2 Mechanische Schädigungen

### a) Undichtigkeiten (Infiltration / Exfiltration)

Undichte Stellen in Kanälen können das Grundwasser gefährden. Undichtigkeiten entstehen z. B. durch:

- Risse
- Auswaschungen
- unsachgemäss hergestellte Anschlüsse
- Fehler bei Ausführung (Hohlstellen, Kiesnester), Materialfehler
- Fehlstellen, Risse im Sohlenbereich

Man unterscheidet in:

*Infiltration = Eindringen von Grundwasser*

Eindringendes Grundwasser verursacht zusätzliche Kosten bei der Reinigung von Abwasser. Durch das Fremdwasser eingespülte Bodenpartikel führen zudem oft zu unerwünschten Ablagerungen im Kanal. Weiter kann es durch Infiltration zu Unterspülungen bzw. Hohlräumen im Erdreich kommen.

*Exfiltration = Austritt von Abwasser*

Der Austritt von Abwasser führt zu einer Kontamination des Grundwassers und des Erdreichs. Zudem kann das austretende Wasser zu einer Aufweichung des Bodens führen.

### b) Ablagerungen

Ablagerungen in Kanälen entstehen durch im Abwasser vorhandene Feststoffe (mineralische und organische Bestandteile), die sich beim Unterschreiten der minimalen Fließgeschwindigkeit absetzen. Die Fließgeschwindigkeit wird beeinflusst durch:

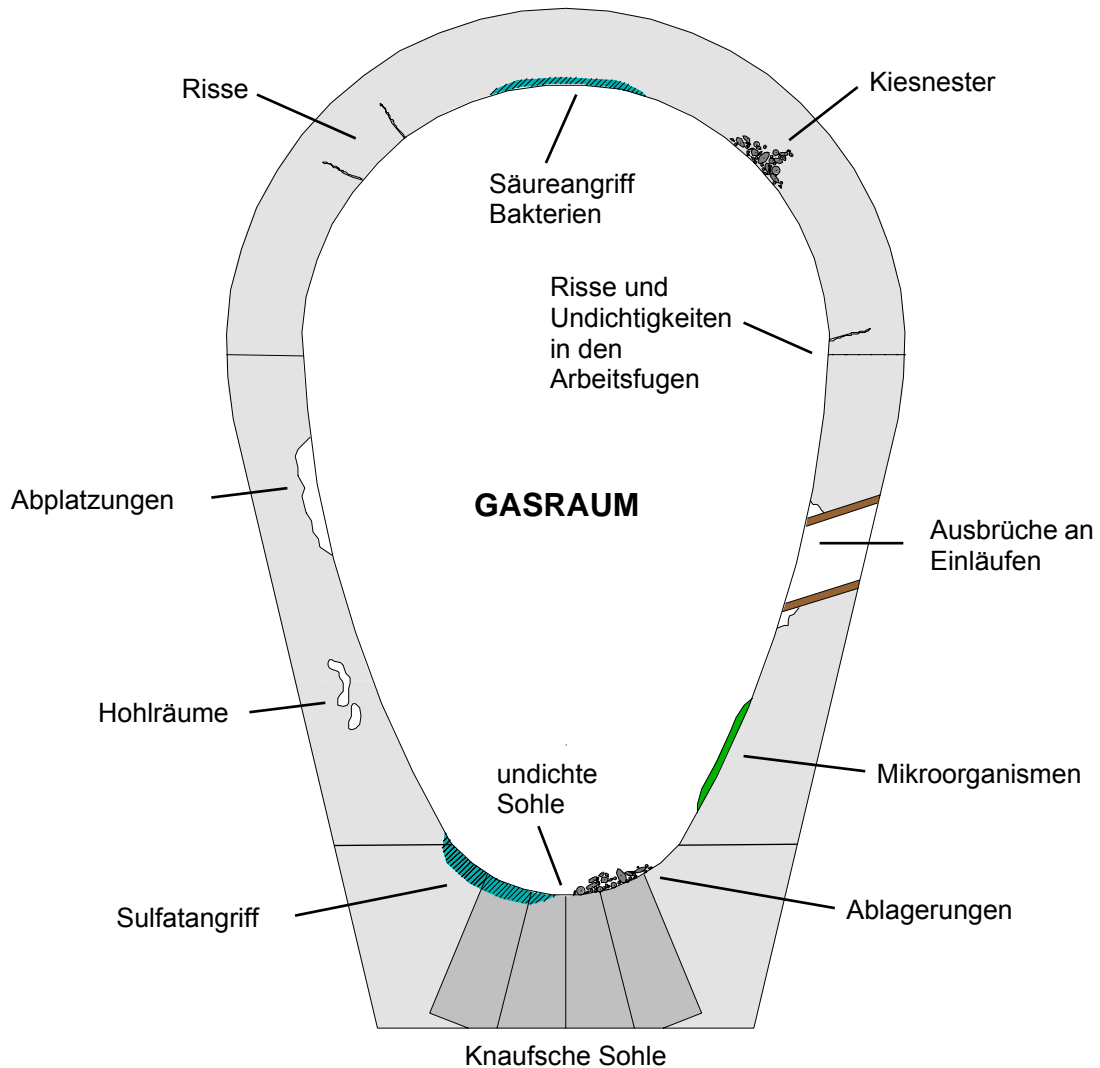
- Kanalgeometrie
- Art und Menge der im Abwasser enthaltenen Feststoffe
- hydraulisches Gefälle
- Rauigkeit der Rohrwand

Kalkablagerungen entstehen durch Ausfällungen des im Wasser gelösten Kalkes in Kalkkristalle, welche über die Jahre hinweg eine immer dicker werdende Kalkschicht bilden.

### c) Mechanischer Verschleiss (Abrasion)

Durch mechanischen Verschleiss wird Material an den Innenflächen des Kanalbauwerks abgetragen. Dies geschieht z. B. durch Abrieb von im Abwasser enthaltenen Feststoffen, unsachgemässe Ausführung von Reinigungsarbeiten (Hochdruck) oder Sanierungsarbeiten.





**Abbildung 2:** Schadensbilder bei unbewehrten Kanälen

### 5.1.3 Korrosion

Bei Korrosion im Kanalnetz handelt es sich hauptsächlich um Schädigungen von zementhaltigen Materialien. Bei Stahlbeton muss zwischen der Korrosion des Betons und der Korrosion der Bewehrung unterschieden werden.

Zudem entsteht Korrosion an metallischen Bauteilen im Kanalnetz (z. B. Aufhängungen, Schieber, Armaturen etc.).

#### a) Lösender Angriff durch Säuren

Beton ist ein heterogener Baustoff, bestehend aus mineralischen Zuschlagstoffen und dem abgebundenen Bindemittel, das als Zementstein bezeichnet wird. Der Zementstein besteht chemisch aus Kalziumsilikathydraten, Kalziumaluminathydraten und zu etwa einem Drittel seiner Masse aus Kalziumhydroxid. Durch Säureangriff wird der Zementstein aufgelöst, der Angriffsgrad wird überwiegend durch den pH-Wert bestimmt. Organische Säuren führen dabei in der Regel zu geringeren Schädigungen als die starken anorganischen Säuren, da deren pH-Wert niedriger ist und vor allem deren Salze weniger löslich sind.

Folgende Faktoren beeinflussen die Bildung der Säurekorrosion:

- Fließgeschwindigkeit des Abwassers
- Belüftung des Kanals
- Verweilzeit des Abwassers im Kanal
- Temperatur des Abwassers und der Luft im Kanal
- hoher Gehalt an Schwefelverbindungen im Abwasser

b) Treibender Angriff

Bei der Einwirkung von chlorid- und vor allem sulfathaltigem Wasser erfolgt eine Einlagerung im Betongefüge unter Bildung von neuen Stoffen. Durch den Eintrag von Sulfationen wird Ettringit und bei höheren Sulfatkonzentrationen Gips gebildet. Die neu entstehenden Produkte sind so voluminös, dass sie eine Ausdehnung des Betons bewirken (Strukturzerstörung), die auch zu Rissbildung und Abplatzungen führen kann.

c) Biologische Korrosion

Die Korrosion von Beton kann durch Mikroorganismen beschleunigt werden. Sie siedeln sich in Form von Biofilmen auf den Oberflächen an und können die korrosionsrelevanten Parameter wie pH-Wert und Salzgehalt beeinflussen. In erster Linie ist jedoch die Säureproduktion der Bakterien für die Betonkorrosion verantwortlich.

d) Korrosion der Bewehrung

Stahl ist in Beton durch die Alkalität des Porenwassers (pH-Wert = 12,5...13,5) vor Korrosion geschützt. Im Bereich solcher pH-Werte bildet sich auf der Stahloberfläche eine mikroskopisch-dünne Oxidschicht, welche die anodische Eisenauflösung praktisch unterbindet.

Wenn der pH-Wert des Betons auf  $< 9$  abfällt oder wenn der Chloridgehalt des Betons einen kritischen Grenzwert überschreitet, geht die Passivschicht und damit der Korrosionsschutz entweder örtlich oder über grössere Oberflächenbereiche verloren.

Korrosion an der Bewehrung ist aber erst möglich, nachdem die Karbonatisierung oder ein kritischer Chloridgehalt die Oberfläche der Bewehrung erreicht haben.

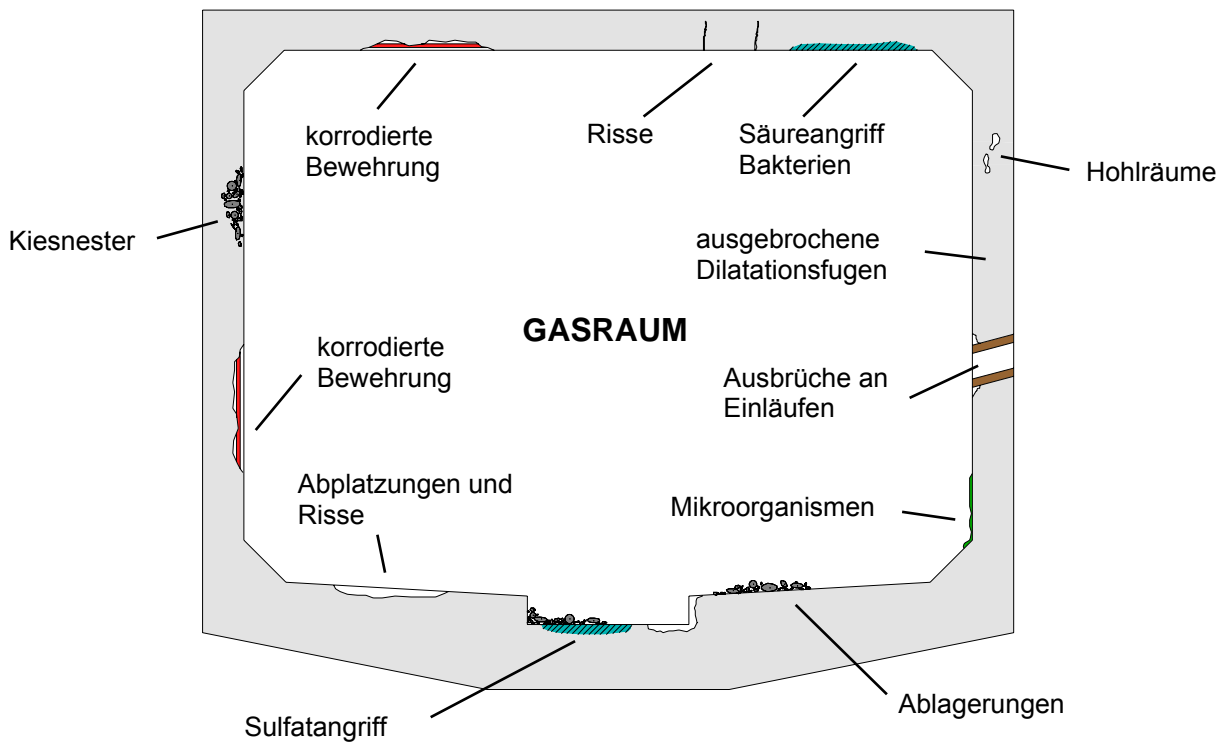
*Korrosion infolge Karbonatisierung:*

Bei einer ausreichenden Gas- und Wasserdurchlässigkeit des Betons durch Fehlstellen, Poren und Rissen wird kohlendioxidhaltige Luft oder schadstoffhaltiges Wasser ungehindert an den Stahl heran geführt. Das gelöste Kalziumhydroxid karbonatisiert. Damit sinkt der pH-Wert des Porenwassers auf 9 bis 10 ab. Der Korrosionsschutz, der durch den hohen pH-Wert (alkalischer Schutz) und durch die Passivierung des Stahls (durch Silikat) besteht, geht verloren. Die Bewehrung kann korrodieren (Volumenvergrößerung).

*Korrosion infolge Chlorid:*

Bei Überschreitung eines kritischen Chloridgehalts an der Bewehrungsfläche kommt es in einem ersten Schritt zum lokalen Durchbrechen der Passivschicht. Die chloridinduzierte Korrosion führt zu Anfressungen (Lochfrass) mit relativ kleinen Abmessungen. Die korrodierende und nichtkorrodierende, d. h. die nach wie vor passive Oberfläche der Bewehrung bilden dann ein starkes Makroelement.

Gleichmässig hohe Chloridgehalte im Beton können zu einer Vielzahl von Löchern in der Bewehrung führen, die mit der Zeit zusammenwachsen.



**Abbildung 3:** Schadensbilder bei bewehrten Kanälen

## 5.2 Zustandserfassung

Als Grundlage für die Zustandserfassung von begehbaren Kanälen sind folgende Informationen bzw. Einflussgrößen von Bedeutung:

- Lage des Kanals (Verkehr, Überbauung, Werkleitungen, Tiefenlage, Geologie)
- Zugänglichkeit (Einstiege, Abflussmenge)
- Grunddaten (Konstruktion, Geometrie, Materialien, Alter, Überdeckungshöhe, Untergrundbeschaffenheit, vorherige Sanierungsmassnahmen)
- Kanalisationspläne (Übersichtspläne)
- Bedeutung des Kanals für das Entwässerungssystem
- Grundwasserbedingungen (Grundwasserschutzzonen, Grundwasserspiegel)
- Betriebsart (Mischabwasser, Regenabwasser, Schmutzabwasser, Haupt- oder Nebenleitungen)
- hydraulische Verhältnisse (Gefälle, Auslastung, Fließgeschwindigkeit, Rückstau)
- Abwasserbeschaffenheit (Zusammensetzung, speziell belastete Abwässer durch Industrie, Gewerbe und Spitäler, Veränderung der Abwasserqualität im Laufe der Zeit, zukünftige Veränderungen des Abwassers)

### 5.2.1 Visuelle Zustandserfassung

Die visuelle Zustandserfassung ist das wichtigste Verfahren zur Feststellung des Ist-Zustands eines Kanals. Hilfsmittel sind dabei primär Auge, Tastsinn und Gehör. Einfache Geräte und Aufzeichnungsmittel (Inspektionsprotokoll, Fotoapparat, Diktiergerät) sind ergänzende Hilfsmittel. Oft werden visuelle Zustandserfassungen auch mittels Videoaufzeichnungen gemacht.

Bei der visuellen Zustandserfassung werden vorwiegend die auf der Bauwerksinnenseite erkennbaren Schadensmuster erfasst. Das Bauwerk ist dabei auf verschiedene Schadensarten zu prüfen und die erkennbaren Schäden in geeigneter Weise zu dokumentieren (Kanal-Untersuchungs-Rapport). Hierbei ist grundsätzlich zwischen bewehrten, unbewehrten und Kanälen aus Mauerwerk zu unterscheiden. Die Kanaleinstiege und Kontrollschächte sind ebenfalls in die Untersuchung mit aufzunehmen.

Als Ergebnis der visuellen Untersuchung der Bauwerksinnenseite kann in Einzelfällen eine Untersuchung des Aussenbereichs des Kanalbauwerks notwendig sein, z. B. bei Verdacht von Aussenkorrosion (aggressives Grundwasser) oder Setzungen an der Oberfläche (Hohlraumbildung im Boden). Dies kann durch Freilegen des Kanals geschehen oder durch Sondierungen.

### 5.2.2 Zerstörungsfreie Untersuchungen

Zerstörungsfreie Untersuchungstechniken beschränken sich meist wie die visuelle Untersuchung auf die Innenfläche des Bauwerks. Sie liefern zusätzliche Informationen, die unter Umständen Rückschlüsse auf die bei der visuellen Untersuchung festgestellten Schäden geben. Zerstörungsfreie Untersuchungen geben als Punkt-, Linien- oder Flächenmessungen Informationen über die Streuung und lokalen Veränderungen von Bauwerksmerkmalen.

Bei der Untersuchung von begehbaren Kanälen sollten folgende Untersuchungen gemacht werden:

- abklopfen der Oberflächen (Hohlstellen, Abplatzungen, Zustand Überzüge)
- messen der Oberflächendruckfestigkeit
- Rissaufnahme (Verlauf, Rissbreite, Risslänge, Risstiefe)
- Korrosionsstellen, Abplatzungen (Lage, Schadensfläche, Schädigungstiefe)

Zusätzlich bei bewehrten Kanälen:

- messen der Betonüberdeckung der Bewehrung (Messgerät auf magnetischer Grundlage, z. B. Profometer)
- Karbonatisierung des Betons (frische Betonbruchstelle mit Indikatorlösung besprühen)
- Potentialmessung (in speziellen Fällen)

Siehe auch SIA 162/5, «Erhaltung von Betontragwerken», Kapitel 3, Zustandserfassung.

Neben den konventionellen Verfahren können in Spezialfällen auch neuere Inspektionstechnologien wie Mikrowellensensoren, Neutronen (n-n)-Sonden, Ultraschall oder die geoelektrische Sonde zur Ortung von Leckagen oder Schadstellen (Hohlräume etc.) eingesetzt werden.

### 5.2.3 Ergänzende zerstörende Untersuchungen

Zerstörende Untersuchungen sind stets mit einem physischen Eingriff in das Bauwerk verbunden. Deshalb ist dem erzielten Nutzen immer der angerichtete Schaden gegenüberzustellen.

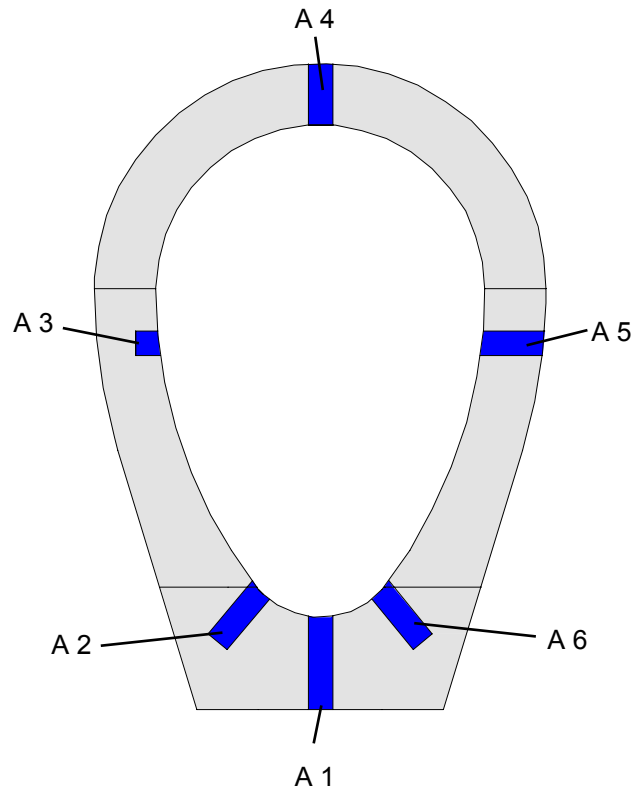
Sondierungen und Probenentnahmen erlauben die genaue Bestimmung verschiedener Untersuchungsgrößen an einer bestimmten Stelle. Mittels Sondierungen werden z. B. Informationen über den Zustand von Beschichtungen, Betonüberdeckung, Lage, Durchmesser und Korrosionszustand der Bewehrung ermittelt. Die Entnahme von Bohrkernen dient der Bestimmung chemischer, physikalischer und mechanischer Kenngrößen im Labor.

Für die Untersuchung von begehbaren Kanälen sind folgende Proben zu entnehmen (nach Rücksprache mit dem Projektleiter TAZ):

- **pro 100 m:** 2 Schnitte (reduziert bei sehr langen Kanalabschnitten)
- **pro Querschnitt:** mind. 2 Schnitte (Kaliberwechsel innerhalb Kanalabschnitt)
- **bei Qualitätswechsel bzw. Baujahr:** mind. 2 Schnitte
- **zusätzlich bei grösseren Schadstellen:** 1 Schnitt

Unter Schnitt versteht man die Entnahme von 6 - 8 Bohrkernen wie in Abbildung 4 dargestellt. Der Innendurchmesser der Bohrkern beträgt 50 mm, die Bohrkernlänge ca. 150 mm. Die Schnitte werden in Übersichtsplänen in Fließrichtung alphabetisch gekennzeichnet, die Bohrkern pro Schnitt im Uhrzeigersinn nummeriert (in Fließrichtung beginnend in der Sohle, siehe Abbildung 4).

Pro Schnitt sollten alternierend jeweils 1 - 3 Bohrkern (in Abbildung 4 die Bohrkern A1, A4 und A5) durchgebohrt werden. Dadurch erhält man einen Überblick über die ungefähren Wandstärken des Kanalquerschnitts.



**Abbildung 4:** Probenentnahme bei Ei-Profilen

Bei bewehrten Querschnitten sollten neben der Bohrkernentnahme auch Sondierfenster der Bewehrung angelegt werden. Dabei werden folgende Daten festgehalten:

- Lage des Sondierfensters
- Durchmesser von Hauptbewehrung und Verteilbewehrung
- Teilung / Abstand der Hauptbewehrung und Verteilbewehrung
- Bewehrungstyp: gerippt / glatt
- Bewehrungsüberdeckung
- Karbonatisierungstiefe
- Korrosionszustand (Korrosionsgrad, Korrosionsart)

Zusätzlich: Entnahme von Bewehrungsproben zur Bestimmung der Zugfestigkeit im Labor, sofern die Stahlsorte in den Bewehrungsplänen nicht vermerkt ist.

### **Korrosionsart**

Bei der Korrosionsart unterscheidet man zwischen:

- Art der Korrosionsprodukte (Farbe, blättrig, gut haftend)
- flächige Korrosion / lokale Korrosion
- Spaltkorrosion
- Kontaktkorrosion
- Lochfrass

### Korrosionsgrad

Im Merkblatt SIA 2006 wird für die Beurteilung des Korrosionsgrades (KG) folgende Einteilung vorgeschlagen:

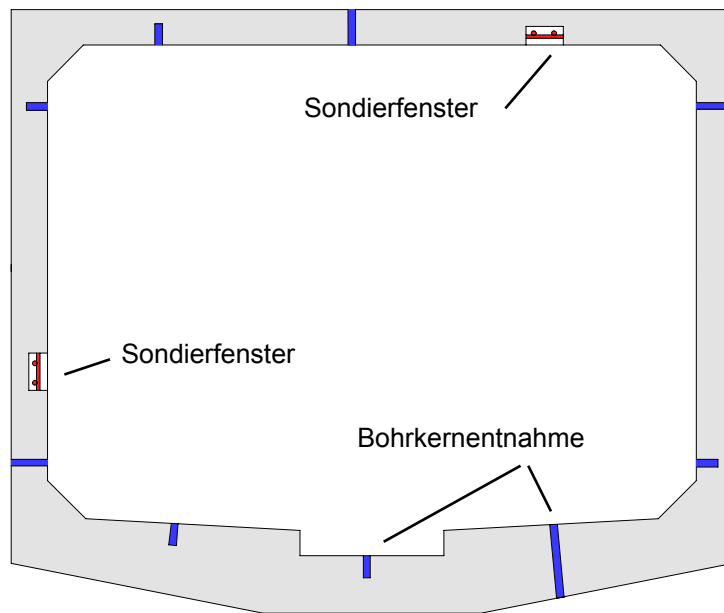
Korrosionsgrad 0 = blank

Korrosionsgrad 1 = wenige Rostpunkte

Korrosionsgrad 2 = Rostflecken, lokal geringer Materialabtrag

Korrosionsgrad 3 = vollständig rostig, geringer Materialabtrag (maximal Rippung abkorrodiert)

Korrosionsgrad 4 = Querschnittsverminderung; Lochfrass  
(Abgabe der Verminderung in mm oder % des ursprünglichen Gesamtquerschnitts)



**Abbildung 5:** Probenentnahme / Sondierungen bei Rechteck-Profilen

## 5.2.4 Laboruntersuchungen

Laboruntersuchungen ergänzen die Ergebnisse der visuellen Untersuchung sowie der zerstörungsfreien und zerstörenden Untersuchung. Sie liefern eine lokal begrenzte Aussage über verschiedene Untersuchungsgrössen. Bei der Durchführung von Laborprüfungen kommt der Auswahl, der Entnahme (siehe vorheriger Abschnitt) und der Behandlung der Proben eine grosse Bedeutung zu. Für die Zustandsanalyse von begehbaren Kanälen empfehlen sich folgende Untersuchungen an entnommenen Proben (Bohrkerne):

- **detaillierte Gefügeuntersuchung (Dünnschliff):**  
Beurteilung des Gefüges (Hohlräume, Verbund, Einlagerungen, Verdichtungsstörungen, Mikrorisse, Kristallisationen, Kiesnester).
- **Karbonatisierung (ergänzend zu Messungen vor Ort):**  
Verlauf und Tiefe der Karbonatisierung (in mm) gemäss SIA 162/3. Die Karbonatisierung kann abhängig von den klimatischen Bedingungen, dem CO<sub>2</sub>-Gehalt in der Luft und der Porosität des Betons einige Millimeter bis zu mehreren Zentimetern betragen.
- **Wasserdichtigkeit:**  
Nach der Norm EN 206-1 ist das Prüfverfahren objektspezifisch festzulegen. Die Wasserdichtigkeit im Sinne dieser Wegleitung wird nach SN EN 12390-8 an Bohrkerne mit Durchmesser 50 mm geprüft. Bei dieser Wasserdichtigkeitsprüfung wird ein bestimmter Wasserdruck (5 bar) während einer vorgegebenen Zeitspanne (72 h) auf die Oberfläche des wassergesättigten Betonprobekörpers aufgegeben. Die Eindringtiefe des Wassers in den Prüfkörper liefert die massgebende Grösse. Ein Beton gilt dann als wasserdicht, wenn die maximale Eindringtiefe (geprüft nach SN EN 12390-8) weniger als 50 mm und der Mittelwert der Eindringtiefe (Prüfserie) weniger als 20 mm beträgt.
- **Poren-Sättigungskennwerte:**  
Mit den Poren-Sättigungskennwerten werden die kapillare Wasseraufnahme, die Gesamtporosität, der Hohlraumgehalt, die Trockenrohddichte sowie die theoretische Dichte ermittelt. Zusammen mit der Gefügeuntersuchung (Dünnschliff) geben diese Werte Aufschluss über die vorhandene Qualität des Betons (Berechnung des w/z-Wertes möglich).
- **Bohrkerndruckfestigkeit:**  
Druckfestigkeit  $f_{ck}$  gemäss SN EN 12504-1 mit Verhältnis Länge/Durchmesser = 1.0
- **Analyse auf betonschädliche Salze:**  
Chlorid, Nitrit, Nitrat, Sulfat (bei Bedarf: Ammonium, Kalium, Magnesium, Calcium)
- **Haftzugfestigkeit:**  
Bestimmung der Haftzugfestigkeit vorhandener Beschichtungen gemäss SN EN 1542 mit Angabe der Art und Lage des Bruches.
- **Zugfestigkeit:**  
Bestimmung der Zugfestigkeit des Betongefüges gemäss DIN 1048 sowie optional der Zugfestigkeit von entnommenen Bewehrungsseisen (bewehrte Kanäle).

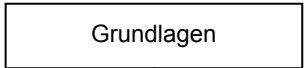
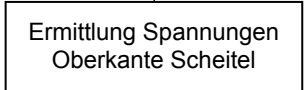
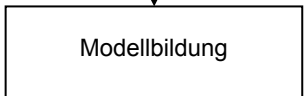
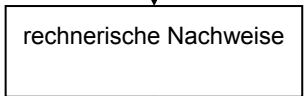
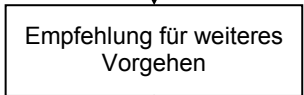
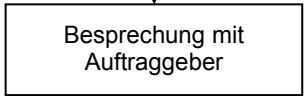


### 5.3 Statische Beurteilung

In Abhängigkeit von den Ergebnissen der vorherigen Untersuchungen (visuell, zerstörungsfrei, zerstörend) kann eine statische Untersuchung des Kanals zur Erfassung des Tragverhaltens notwendig sein.

#### 5.3.1 Ablaufdiagramme

**Ablauf einer statischen Beurteilung, OHNE Sofortmassnahmen**

	Wer	Beschrieb
	PV ERZ / TAZ	- Pläne - visuelle Aufnahmen - materialtechnologische Aufnahmen
	PV	mit 2 Lastansätzen
	PV	Unterscheiden nach: - Kanäle mit geringer Überdeckung - Kanäle mit grösserer Überdeckung
	PV	- für bewehrten oder unbewehrten Kanal - Sensitivitätsanalyse - Vergleich mit Beobachtungen vor Ort
	PV	- Aussage zu Notwendigkeit von Verstärkungsmassnahmen - Diskussionsgrundlage für die Risikobeurteilung erarbeiten
	PV ERZ / TAZ	Bemerkung für nachfolgende Projektphase: Die möglichen Verstärkungsmassnahmen sind mit den Massnahmen und Anforderungen abzustimmen, die sich aus Materialtechnologie, Geometrie, Kotierung, Hydraulik und Betrieb ergeben.

Legende

- ERZ ERZ Entsorgung + Recycling Zürich, Entwässerung
- TAZ Tiefbauamt
- PV Projektverantwortliche

**Ablauf einer statischen Beurteilung, MIT Sofortmassnahmen**

	Wer	Beschrieb
Grundlagen 1. Teil	PV ERZ / TAZ	- Pläne - visuelle Aufnahmen } Sofortmassnahmen drängen sich aufgrund der visuellen Aufnahmen auf.
Statische Vorabklärungen	PV	zur Definition des Umfangs der Sofortmassnahmen
Sofortmassnahmen	ERZ / TAZ	Sofortmassnahmen werden auf Antrag des abklärenden Ingenieurs durch den Auftraggeber ausgelöst.
Grundlagen 2. Teil	PV	Materialtechnologische Aufnahmen
Ermittlung Spannungen Oberkante Scheitel	PV	mit 2 Lastansätzen
Modellbildung	PV	Unterscheiden nach: - Kanäle mit geringer Überdeckung - Kanäle mit grösserer Überdeckung
rechnerische Nachweise	PV	- für bewehrten oder unbewehrten Kanal - Sensitivitätsanalyse - Vergleich mit Beobachtungen vor Ort
Empfehlung für weiteres Vorgehen	PV	- Aussage zu Notwendigkeit von Verstärkungsmassnahmen - Diskussionsgrundlage für die Risikobeurteilung erarbeiten
Besprechung mit Auftraggeber	PV ERZ / TAZ	Bemerkung für nachfolgende Projektphase: Die möglichen Verstärkungsmassnahmen sind mit den Massnahmen und Anforderungen abzustimmen, die sich aus Materialtechnologie, Geometrie, Kotierung, Hydraulik und Betrieb ergeben.

Legende

ERZ ERZ Entsorgung + Recycling Zürich, Entwässerung

TAZ Tiefbauamt

PV Projektverantwortliche

## 5.3.2 Grundlagen

### 5.3.2.1 Pläne

Stehen von dem zu beurteilenden Kanal Pläne zur Verfügung, so sind diesen möglichst die folgenden Informationen zu entnehmen:

- Baujahr
- Überdeckung
- Konstruktionsart:
  - Profil, wie z. B. Rechteckquerschnitt, Kreis-, Ei- oder Maul-Profil
  - Bauteilstärken
  - Fugen
  - bewehrt oder unbewehrt
  - falls bewehrt: Bewehrungsführung und –querschnitt, Stahlsorte
  - Materialien mit ihren Eigenschaften
  - Hinterfüllmaterial
- Lage bezüglich Strassen und Gebäuden:
  - sind Verkehrslasten zu berücksichtigen? Wenn ja: welche?
  - sind Lasten aus Gebäuden zu berücksichtigen?
- Höhenkote Grundwasserspiegel bei Mittel- und Hochwasser

### 5.3.2.2 Visuelle Aufnahmen

Die visuellen Aufnahmen sollten aus statischer Sicht Aussagen zu folgenden Themen machen:

- Deformationen
- vorhandene Risse
- Scherbenbildungen
- Betonabplatzungen
- Einheitlichkeit Oberfläche
- bewehrt oder unbewehrt
- Leckagen, Infiltrationen, Exfiltrationen

### 5.3.2.3 Materialtechnologische Untersuchungen

Die materialtechnologischen Untersuchungen sollten aus statischer Sicht Aussagen machen zu:

- Betondruckfestigkeit
- Betonzugfestigkeit
- Gefügebeurteilung
- Gehalte an Salzen
- Bewehrungsüberdeckung
- Karbonatisierungstiefen
- optional: Zugfestigkeit der Bewehrung

Mittels Durchbohren der Bohrkerne können Informationen verfügbar sein über:

- Konstruktionsstärke
- Bettung
- Hinterfüllungsmaterial

#### 5.3.2.4 Folgerung aus Grundlagen

Bevor mit der statischen Überprüfung begonnen wird, sind zwingend die folgenden beiden Punkte zu beurteilen:

1. Ist aufgrund des Zustandes des Kanals oder einer allfällig ungenügenden Hydraulik eine statische Überprüfung überhaupt notwendig? Vielleicht muss der Kanal unabhängig von den Resultaten der statischen Überprüfung ohnehin ersetzt werden.
2. Notwendigkeit von Sofortmassnahmen.

#### 5.3.3 Verkehrslasten OK Terrain / Spannungen OK Scheitel

Die Norm SIA 190 (2000) «Kanalisationen» ist zum momentanen Zeitpunkt noch gültig. Sie basiert jedoch auf der Norm SIA 160 (1989), welche durch die Normen SIA 260 und 261 (2003) abgelöst wurde.

Die Ermittlung der Scheitelspannungen hat anhand nachfolgender zweier Lastansätze zu erfolgen. Mit diesen beiden Ansätzen wird im Folgenden weitergerechnet.

- a) Norm SIA 190 (2000) mit Basis Norm SIA 160 (1989) als unterer Wert für die resultierenden Spannungen Oberkante Scheitel.

Charakteristika:

- Der dynamische Beiwert  $\Phi$  wird gemäss SIA 190 zu 1.3 gesetzt.
- Die Summe der 4 Einzellasten mit Berücksichtigung von  $\Phi$  ergibt:  $4 \times 75 \text{ kN} \times 1.3 = 390 \text{ kN}$
- Der Lastfaktor für die Überdeckung beträgt 1.3

- b) Norm SIA 190 (2000) mit Berücksichtigung der Lasten gemäss Norm SIA 261 und der Lastfaktoren gemäss Norm SIA 260, d. h. die resultierenden Spannungen infolge Verkehrslast werden hochgerechnet. Resultat: oberer Wert für die resultierenden Spannungen Oberkante Scheitel.

Charakteristika:

- Die Summe der 4 Einzellasten mit Berücksichtigung von normalen dynamischen Einwirkungen ergibt:  $4 \times 135 \text{ kN} = 540 \text{ kN}$ , d.h. der Faktor für die Hochrechnung beträgt für die Spannungen infolge Verkehr 1.39 (=  $540 \text{ kN} / 390 \text{ kN}$ ).
- Der Lastfaktor für die Überdeckung beträgt 1.35, dieser darf gemäss Norm SIA 260 ab einer Schütthöhe von 2 m reduziert werden.
- Im Bereich von Fahrbahnübergängen müssen erhöhte dynamische Einwirkungen mit einem zusätzlichen Faktor von 1.3 berücksichtigt werden.

Bemerkungen

1. Ab einer Überdeckung von ca. 4 m weichen die aus dem Erddruck und der Verkehrslast resultierenden Spannungen Oberkante Scheitel bei beiden Lastansätzen nur noch wenig voneinander ab.
2. Das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 (08/2000) «Richtlinie für die statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen» ergibt ab einer Tiefe von ca. 3 m gegenüber den obigen beiden Lastansätzen tiefere Spannungen, d. h. liegt auf der unsicheren Seite aus Sicht der Schweizer Normen. Grund dafür ist die in der ATV-DVWK-A 127 berücksichtigte Silowirkung, die lastvermindernd wirkt.

## 5.3.4 Modellbildung

### 5.3.4.1 Allgemeines

Unabhängig von der Profilart wird der Kanal mit einem 2-dimensionalen Stabtragwerk modelliert.

Eine Lastabtragung in Längsrichtung, die vor allem bei geringen Überdeckungen günstig wirkt, ist je nach rechnerischen Resultaten aus der 2-dimensionalen Modellierung ebenfalls zu berücksichtigen.

Grundsätzlich sind die folgenden Komponenten zu berücksichtigen und zu variieren:

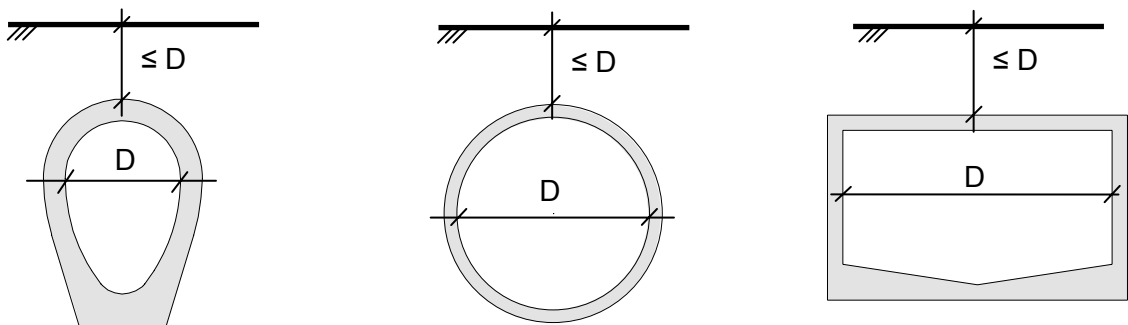
- Stärke und Steifigkeit Querschnitt
- vertikale Spannungen OK Scheitel, vgl. Abschnitt Verkehrslasten
- horizontaler Erddruck auf Kanal (kein Erddruck / aktiver Erddruck / Erdruhedruck)
- Grundwasserdruck
- Füllung innen
- Bettung:
  - unten und evtl. seitlich
  - Bettungsmodul
- asymmetrische Zustände von Lasten und / oder Bettung
- Bauzustände

Der Umfang der Variation wird auch bestimmt durch Vorhandensein einer Übereinstimmung zwischen den visuellen Aufnahmen und dem rechnerischen Resultat.

### 5.3.4.2 Kanäle mit geringer Überdeckung

Definition:

Als Kanäle mit geringer Überdeckung gelten Kanäle, deren Überdeckung kleiner als oder gleich dem Durchmesser bzw. der Breite ist.



**Abbildung 6:** Kanäle mit geringer Überdeckung

Charakteristika:

- Die Verkehrslast wirkt praktisch nur auf den Scheitel. Ein positiver, stützender seitlicher Einfluss entfällt.
- Horizontal darf ein aktiver Erddruck resultierend nur aus der Überdeckung selbst berücksichtigt werden. Dieser Erddruck ist im Allgemeinen sehr klein.

Bettung und zu berücksichtigende Lasten:

- Bettung nur unter der Sohle
- vertikaler Scheiteldruck infolge Überdeckung und Verkehrslasten
- horizontaler Erddruck infolge:
  - Überdeckung: aktiver Erddruck
  - Verkehrslasten: keine Berücksichtigung

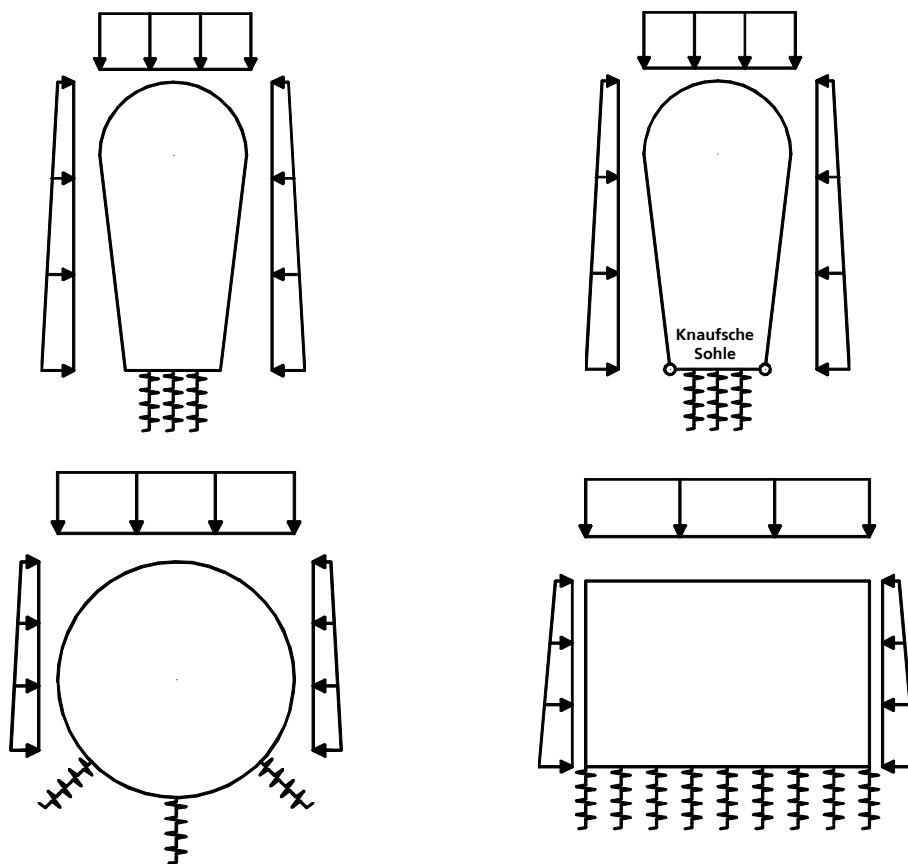
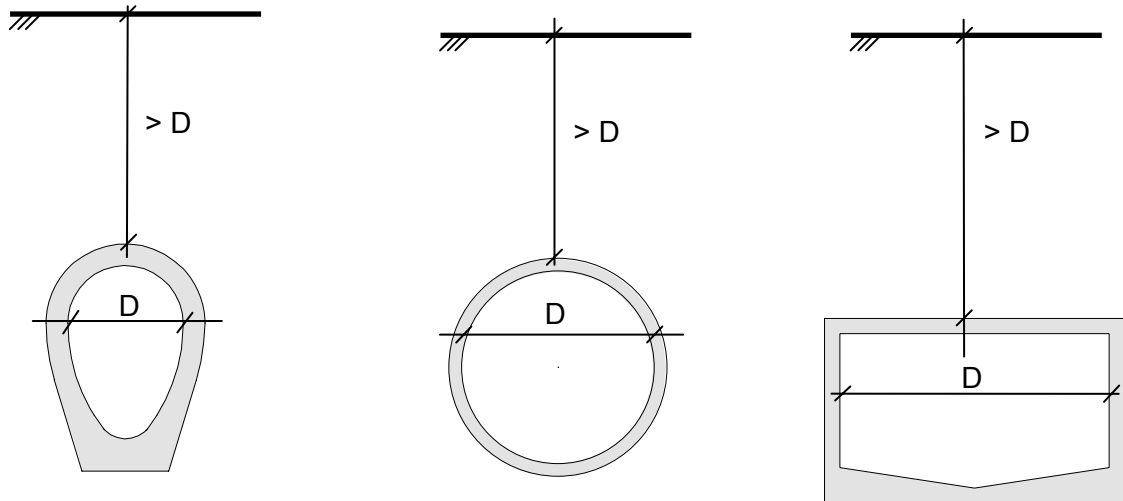


Abbildung 7: Modellbildung Kanäle mit geringer Überdeckung

### 5.3.4.3 Kanäle mit grosser Überdeckung

Definition:

Als Kanäle mit grosser Überdeckung gelten Kanäle, deren Überdeckung grösser ist als der Durchmesser bzw. die Breite.



**Abbildung 8:** Kanäle mit grosser Überdeckung

Charakteristika:

- Vergleichsrechnungen haben gezeigt, dass mit den nachfolgenden zwei Fällen (Bettung und Lasten) die bei der Variation von allen Komponenten auftretenden wesentlichen Schnittkräfte meistens abgedeckt sind.
- Die Verkehrslasten wirken sowohl auf den Scheitel als auch seitlich.
- Eine horizontale Bettung entspricht einem abgeminderten horizontalen aktiven Erd-  
druck.
- Der horizontale Erddruck hat einen wesentlichen Einfluss auf die Schnittkräfte, deshalb wird er einmal mit dem Erdruchdruck angesetzt und einmal als Bettung modelliert.
- Eine Variation des Bettungsmoduls hat wenig Einfluss auf die Schnittkräfte.
- Einseitige Lastzustände sind im Wesentlichen ebenfalls durch die beiden nachfolgenden Fälle abgedeckt.

Bettung und zu berücksichtigende Lasten:

Es sind mindestens die folgenden 2 Fälle zu berücksichtigen:

Fall 1:

- Bettung seitlich und unter der Sohle
- vertikaler Scheiteldruck infolge Überdeckung und Verkehrslasten
- keine Berücksichtigung von horizontalem Erddruck

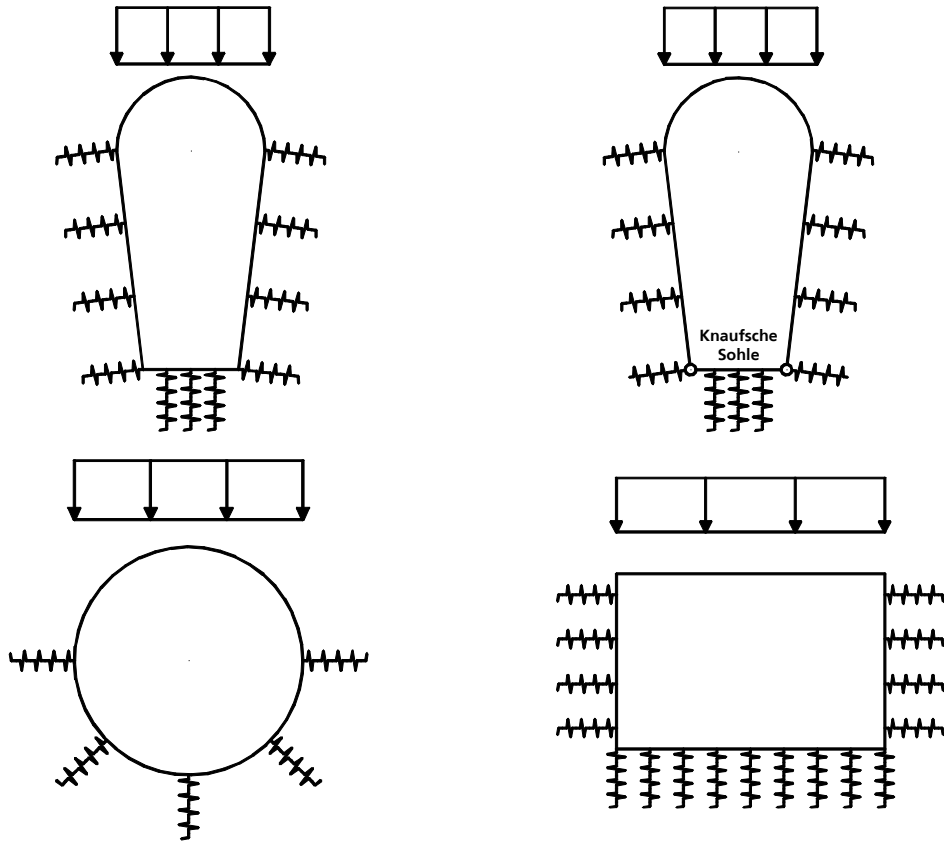


Abbildung 9: Kanäle mit grosser Überdeckung, Fall 1



Fall 2:

- Bettung nur unter der Sohle
- vertikaler Scheiteldruck infolge Überdeckung und Verkehrslasten
- beidseitiger Erdruchdruck infolge Überdeckung und Verkehrslasten

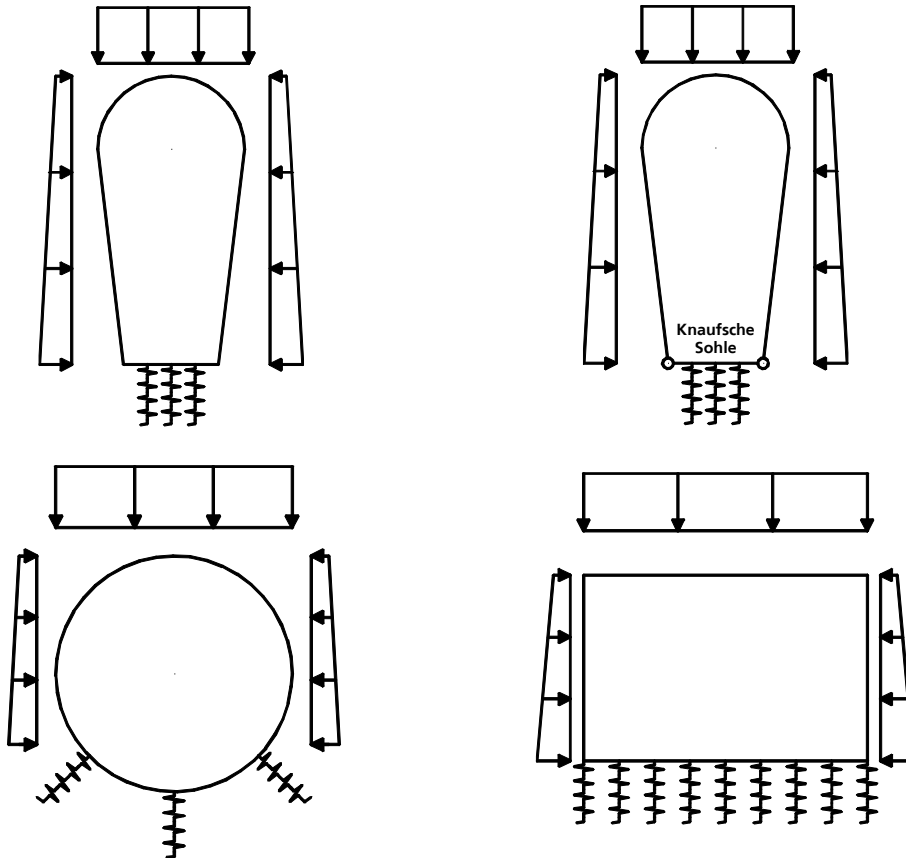


Abbildung 10: Kanäle mit grosser Überdeckung, Fall 2

### 5.3.5 Rechnerische Nachweise

Abhängig davon, ob es sich um einen bewehrten oder unbewehrten Kanal handelt, sind folgende Nachweise zu führen:

- bewehrter Kanal:

Tragsicherheitsnachweis (d-Niv, d. h. auf Bemessungsniveau) mit der Möglichkeit, dass plastische Gelenke auftreten; Nachweis gemäss Normen SIA 260 ff.

→ Aussage, ob rechnerisch normgemässe Tragsicherheit vorhanden ist.

Gebrauchstauglichkeitsnachweis (ohne Lastfaktoren): Die rechnerisch auftretenden Spannungen werden mit den effektiv aufnehmbaren Betondruck- und -zugspannungen verglichen.

→ Aussage, ob rechnerisch Risse auftreten.

- unbewehrter oder nur konstruktiv bewehrter Kanal:

Gebrauchstauglichkeitsnachweis (ohne Lastfaktoren): Die rechnerisch auftretenden Spannungen werden mit den effektiv aufnehmbaren Betondruck- und -zugspannungen verglichen.

→ Aussage, ob rechnerisch Risse auftreten.

→ Aussage, ob der Zustand bei den rechnerisch auftretenden Rissen stabil ist.

Die Resultate sind mittels Variation der Eingabedaten zu ermitteln, vgl. Kapitel Modellbildung, d. h. es ist eine Sensitivitätsanalyse vorzunehmen.

Zudem sind die Resultate mit den Beobachtungen vor Ort, wie z. B. vorhandene Risse zu vergleichen.

Je nachdem, wo die Bandbreite der Resultate liegt, ergibt sich folgendes weiteres Vorgehen:



- |        |   |   |
|--------|---|---|
| Fall 1 | Sowohl die untere als auch obere Grenze der Resultate liegt im Bereich, der statisch i. O. ist. | → keine Verstärkungsmassnahmen nötig                |
| Fall 2 | Bandbreite der Resultate liegt sowohl im Bereich, der statisch i. O. als auch nicht i. O. ist.  | → weiteres Vorgehen nach Absprache mit Auftraggeber |

Für die Besprechung mit dem Auftraggeber müssen folgende Grundlagen für die Risikobeurteilung vorliegen:

- Bandbreite der Resultate, d. h. zu wieviel % ist der Kanal statisch i. O. oder unter welchen Annahmen ist der Kanal statisch i. O.
- bewehrter Kanal: Bandbreite der rechnerisch vorhandenen Tragsicherheit
- mögliches Schadenspotential
- Wahrscheinlichkeit für ein Versagen des Kanals

- |        |  |                    |
|--------|--|--------------------|
| Fall 3 | Sowohl die untere als auch obere Grenze der Resultate liegt im Bereich der statisch nicht i. O. ist. | → Massnahmen nötig |
|--------|--|--------------------|

### 5.3.6 Empfehlung

Es ist eine Empfehlung für das weitere Vorgehen abzugeben.

Folgende Punkte sind zu behandeln:

- Notwendigkeit von Verstärkungsmassnahmen,
- mögliche Verstärkungsmassnahmen, falls solche nötig sind.

Mögliche Verstärkungsmassnahmen sind z. B.:

- ringsum aufgebrachte, bewehrte Spritzbetonschicht (eventuell faserverstärkt), mit oder ohne vorgängigem Betonabtrag,
- Verstärkung der Decke z. B. mit zugelegter Bewehrung

### 5.3.7 Weiteres Vorgehen in nachfolgender Projektphase

Die möglichen Verstärkungsmassnahmen sind mit den Massnahmen und Anforderungen abzustimmen, die sich aus Materialtechnologie, Geometrie, Kotierung, Hydraulik und Betrieb ergeben.

Bei Verstärkungsmassnahmen hat die Spannungsermittlung OK Scheitel, die Modellbildung und die rechnerischen Nachweise gemäss den vorstehenden Kapiteln zu erfolgen. D. h. das Vorgehen ist gleich wie bei der Beurteilung von bestehenden Kanälen.

Pro Verstärkungsmassnahme ist eine Aussage zur Nutzungsdauer des Kanals nach der Verstärkung mit den erforderlichen Investitionskosten zu machen.

Dem während der Verstärkungsarbeiten vorhandenem Bauzustand ist ebenfalls Beachtung zu schenken. Eventuell ergeben sich daraus z. B. maximal mögliche Etappenlängen von Betonabtrag.

## 5.4 Hydraulische Beurteilung

Massgebend für die hydraulische Beurteilung des Kanals sind die Berechnungsergebnisse aus dem GEP (Ist- und Prognosezustand), welche mit der provisorischen Projektdefinition abgegeben werden.

## 5.5 Zustandsbeurteilung

Bei der Zustandsbeurteilung erfolgt der Vergleich des in der Zustandserfassung erhobenen Ist-Zustands mit dem Soll-Zustand des Kanals. Daraus ergeben sich entweder Übereinstimmungen oder Abweichungen, die entsprechend zu bewerten sind.

Wichtige Faktoren für die Zustandsbeurteilung sind die Sicherheit, die Gebrauchstauglichkeit und die Zustandsentwicklung.

Die Prognose der Zustandsentwicklung umfasst eine Abschätzung der Restlebensdauer sowie eine Aussage über die voraussichtliche Zustandsentwicklung des Kanals. Im Wesentlichen soll dabei auf folgende Bereiche eingegangen werden:

- Zustand Konstruktionsbeton  
Gefüge, Dichtigkeit, Anzahl und Ausmass Schadstellen, mechanische Eigenschaften, Belastung mit betonschädlichen Salzen
- Zustand Sohlenbereich  
Aufbau, Dichtigkeit, Anzahl und Ausmass Fehlstellen, hydraulische Eigenschaften
- Zustand von Beschichtungen, Überzügen  
Haftung, Dicke, Anzahl und Ausmass Fehlstellen, Aufbau, Eigenschaften
- Zustand der Fugen  
Arbeitsfugen, Fugen zwischen Sohlschalen etc.
- Zustand Bewehrung  
Korrosionsgrad, Schadensausmass, Korrosionswahrscheinlichkeit, Karbonatisierungsverlauf, Betonüberdeckung, schädliche Salze
- Zustand Einbauten  
aufgehängte Leitungen, Schieber, Klappen
- Zustand Einläufe  
Durchmesser, Material, Ausführung
- Zustand Kontrollschächte / Kammerbauwerke  
Armaturen, Abdeckungen, Bankette, Dammplatten, Schieber, Trittnischen, Podeste, Sohlenbereich
- Zugänglichkeit Kanal  
Einstiege im Gleisbereich, Strassen mit hohem Verkehrsaufkommen etc.
- Haltungslängen (Abstand zwischen den Schachtachsen)
 

$\varnothing < 1200 \text{ mm}$	max. Haltungslänge 100 m
$\varnothing 1250 \text{ mm bis } 1800 \text{ mm}$	max. Haltungslänge 80 m
$\varnothing > 1800 \text{ mm}$	max. Haltungslänge 100 m

Bei grösseren Abständen müssen zusätzliche Einstiegsöffnungen erstellt werden. Bei Schächten im Gleisbereich müssen bei Bedarf seitliche Einstiegsöffnungen erstellt werden.

ERZ Entsorgung + Recycling Zürich sieht bei der Auswertung von Kanaluntersuchungen folgende örtliche Schadensstufen vor:

**Tabelle 1:** Schadensstufen ERZ (baulicher Zustand Hauptleitungen)

Stufe	Kriterien, Bemerkungen
<b>0</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regenabwasserkanäle: bei Einsturzgefahr*</li> <li>- Schmutz-/Mischabwasserkanäle: bei Einsturzgefahr oder massiven Wassereinbrüchen, grosse Löcher in der Sohle (Exfiltration)</li> <li>- querende Leitungen mit unbekanntem oder gefährlichem Medium</li> </ul>
<b>1</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Löcher / (stark) ausgefressen / allseits stark gerissen</li> <li>- in der Sohle versetzte, stark ausgebrochene oder geöffnete Muffen</li> <li>- Wasserinfiltration-/Exfiltration</li> <li>- grössere Korrosionsschäden an Bewehrung (grössere Abplatzungen an Wandung)</li> <li>- Sohle besteht aus Knaufschen Sohlschalen</li> </ul>
<b>2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muffen im Scheitel versetzt, geöffnet oder ausgebrochen</li> <li>- kleine Risse, welche teilweise verkalkt sind</li> <li>- Sohle stark ausgewaschen / Wandung leicht ausgefressen</li> <li>- kleine Wassereintritte sowie Feuchtigkeit an der Wandung sichtbar</li> <li>- kleine Korrosionsschäden</li> <li>- grössere Abflusshindernisse durch Ablagerungen</li> </ul>
<b>3</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- (leicht) ausgewaschen</li> <li>- Ablagerungen vorhanden</li> <li>- Muffen leicht versetzt</li> </ul>
<b>4</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- keine sichtbaren baulichen Mängel</li> <li>- kleine Mängel, die sich auf die Funktion des Kanals in keiner Weise auswirken</li> <li>- stellenweise leicht ausgewaschen</li> </ul>

\* Kriterien zur Beurteilung eines einsturzgefährdeten Kanals:

- Kanal ist sichtbar eingedrückt
- (Einragende) klaffende Scherben ab ca. 20 % des Umfangs
- Löcher in der Sohle von mehr als 0.5 m Ausdehnung
- Hohlräume oder vollständig zerfressene Übergangsstellen zwischen Sohlschale und Kanalwandung
- Versatz von mehr als 2/3 der Kanalwandstärke in Längsrichtung (> 1 m)
- Löcher oder offene Muffen in der Sohle mit sichtbarer Infiltration oder Exfiltration von Wasser

Die Schadensstufe einer Haltung gibt Auskunft über den baulichen Zustand unter Berücksichtigung der Häufigkeit der örtlichen Schadensstufen.

## 5.6 Werterhaltungsmassnahmen

Auf Grundlage der bei der Zustandserfassung festgestellten Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Zustand des Kanals sollen Massnahmenvorschläge erarbeitet werden. Die Massnahmen werden dabei je nach Dringlichkeit in verschiedene Stufen unterteilt:

**sofortige Massnahmen** dienen zur Beseitigung von unmittelbaren Gefahren bzw. einer akuten Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit des Kanals.

**kurzfristige Massnahmen** dienen zur Vermeidung einer weiteren Schadensausbildung.

**mittelfristige Massnahmen** sollen die festgestellten Schäden und die Abweichungen vom Soll-Zustand beheben.

**langfristige Massnahmen** zielen auf eine dauerhafte Erhaltung der Gebrauchstauglichkeit und der Sicherheit des Kanals ab. Die Massnahmen sind dabei auf eine weitere Nutzungsdauer des Kanals von mindestens 50 Jahren auszurichten.

### 5.6.1 Begriffsdefinition

ERZ Entsorgung + Recycling Zürich sieht folgende Begriffe für die Erhaltung von Kanalisationen vor:

**Reparatur:**

Massnahmen zur Wiederherstellung des Soll-Zustands bei örtlich begrenzten Schäden.

**Sanierung:**

Massnahmen zur Wiederherstellung des Soll-Zustands schadhafter Kanäle durch deren technische Veränderung unter Erhaltung der Substanz.

**Erneuerung:**

Massnahmen zur Herstellung neuer Kanäle, welche die Funktion der alten - ausser Betrieb genommenen - übernehmen. Dies kann an derselben Stelle (Substanzzerstörung) oder an anderer Stelle (Substanzaufgabe) durchgeführt werden.

In der nachfolgenden Tabelle werden die in verschiedenen Normen und Merkblättern verwendeten Begriffe mit der Begriffsdefinition von ERZ Entsorgung + Recycling Zürich verglichen.

**Tabelle 2:** Begriffsdefinitionen

VSA / DWA 143	SN EN 752-5	SIA 469	ERZ
Erhaltung	Sanierung	Erhaltung	<b>Werterhaltung</b>
- Instandsetzung	- Reparatur	- Instandhaltung	<b>- Reparatur</b>
- Sanierung	- Renovierung	- Instandsetzung	<b>- Sanierung</b>
- Erneuerung	- Erneuerung	- Erneuerung	<b>- Erneuerung</b>

### 5.6.2 Variantenstudium / Kostenschätzung

Die Wahl der Massnahmen soll aufgrund der Erkenntnisse der Zustandserfassung und der Zustandsbeurteilung erfolgen.

Gleichzeitig müssen verschiedene technische Randbedingungen berücksichtigt werden, welche unter Umständen manche Erhaltungsmassnahmen ausschliessen (z. B. zu geringe Abflussleistung des Kanals, Tragsicherheit nicht gewährleistet, Zugänglichkeit der Kanaleinstiege).

Neben den technischen Randbedingungen sollen auch wirtschaftliche Faktoren die Wahl der Massnahmen beeinflussen. Verschiedene Erhaltungsmassnahmen und die verwendeten Materialien weisen unterschiedliche Nutzungsdauer und Investitionskosten auf. Generell wird folgende Nutzungsdauer angenommen:

Reparatur:	20 Jahre
Sanierung:	50 Jahre
Erneuerung:	80 – 120 Jahre

Im Variantenstudium müssen somit die verschiedenen Erhaltungsmassnahmen mit den verbundenen Investitionskosten und der Nutzungsdauer verglichen werden.



### 5.6.3 Massnahmen und Verfahren

Bei der Erhaltung von begehbaren Kanälen im Kanalnetz der Stadt Zürich kommen im Wesentlichen Ausbesserungsverfahren, Injektions- und Abdichtungsverfahren, Beschichtungen mit mineralischem Mörtel und die Auskleidung mit Montageteilen zum Einsatz.

Mögliche Erhaltungsmassnahmen in den einzelnen Kanalbereichen:

#### Sohle

- Verkleiden der im Trockenwetteranfall benetzten Kanalwandung mit Steinzeugplatten oder Polymerbetonschalen,
- Verfüllen der Knaufschen Sohle, Injektionen,
- Reparieren von Scherbenausbrechungen (Sohle),
- Verlegen neuer Sohlschalen oder Platten (Steinzeug oder Polymerbeton),
- Abtragen des porösen Überzugs / Beton und Reprofilierung des Betonquerschnitts,
- Applizieren einer Spezialmörtelsohle mit hohem Verschleisswiderstand.

#### Kanalwände, Kanaldecke, Gewölbe

- Abtragen des Überzugs, geschädigter Beton,
- Reprofilieren des Betonquerschnitts, Applizieren von Beschichtungen (ev. faserverstärkt),
- Sanieren lokaler, flächiger Korrosionsstellen der Bewehrung,
- Einsatz von Karbonatisierungsbremsen (Flächenspachtel),
- Aufspitzen und Reprofilieren von Rissen. Wasserführende oder klaffende Risse mit Injektionen verfüllen bzw. abdichten,
- Verfüllen von Hohlräumen,
- Sanieren von Bauwerksfugen.

#### Einläufe

- Verschiessen toter Einläufe,
- Erstellen eines normgerechten Anschlusses,
- Aufspitzen von Hohlstellen, Verputzen von Einläufen,
- Entfernen von Kalkbelägen und Wurzeleinwüchse.

#### Kontrollschächte

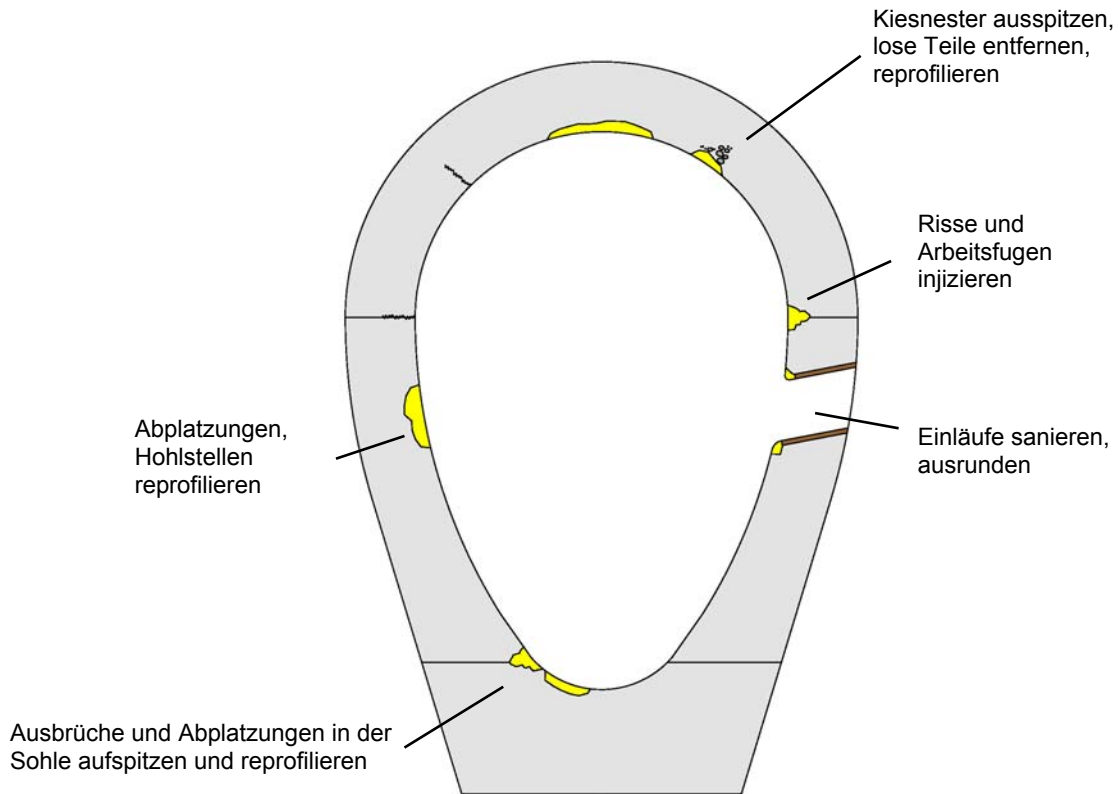
- Aufspitzen und Reprofilieren von Rissen. Wasserführende oder klaffende Risse mit Injektionen verfüllen bzw. abdichten,
- Ersetzen von Konus und Schachtabdeckungen,
- Entfernen und ev. Erneuern von Schiebern usw.,
- Erneuern der Armaturen (Leitern, Gegeneisen, Trittnischen),
- Erneuern der Schachtabdeckungen,
- lokales Ausbessern, Ausrunden der Kanalscheitel,
- Wiederherstellen der Sohlenoberflächen (Beton/Überzug mit erhöhtem Verschleisswiderstand).

#### Statische Verstärkung

- Verstärken der Bewehrung (Zusatzbewehrung, bei Bedarf mit erhöhtem Korrosionswiderstand, Klebebewehrung),
- Verstärken des Querschnitts (Materialauftrag).

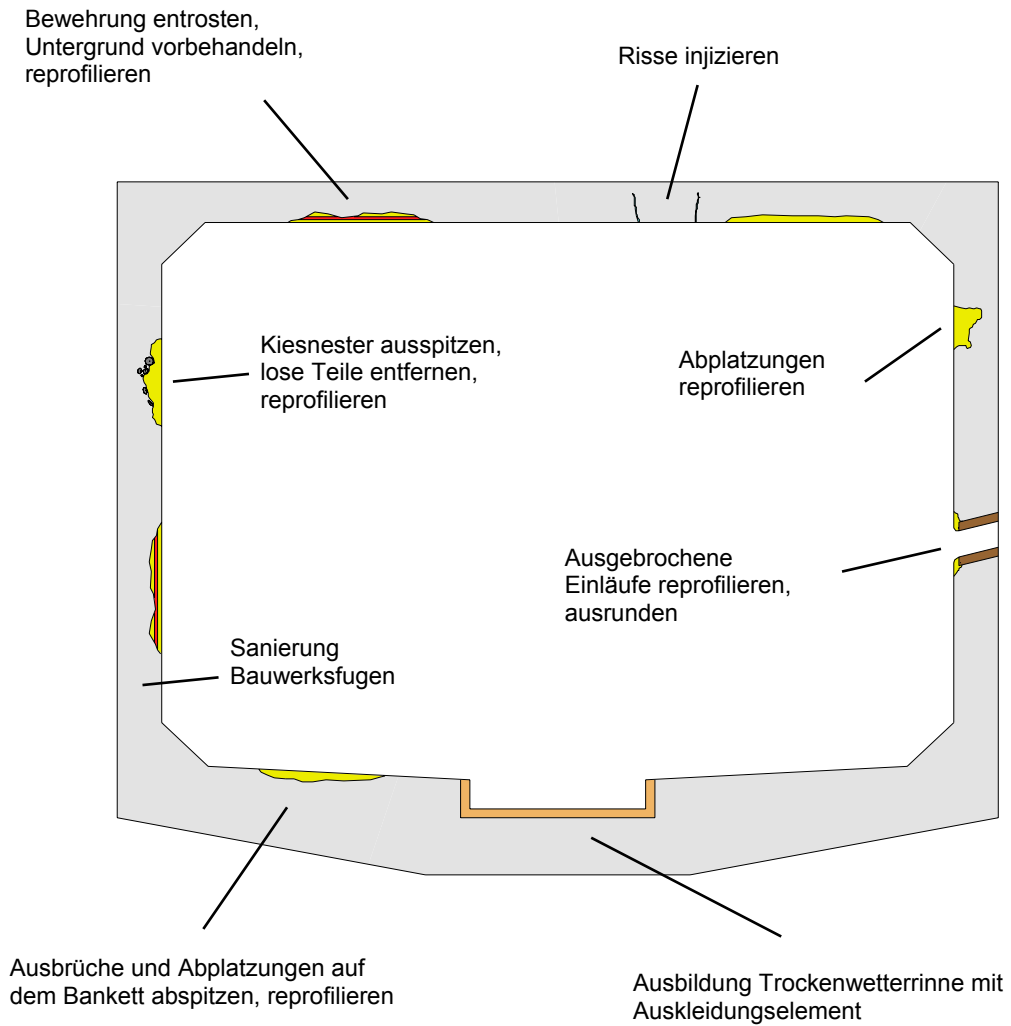
## 5.6.4 Massnahmen bei vereinzelt auftretenden Schäden (Reparatur)

### 5.6.4.1 Ei- oder Kreis-Profil



**Abbildung 11:** lokale Massnahmen bei Ei-Profil

### 5.6.4.2 Rechteck-Profil

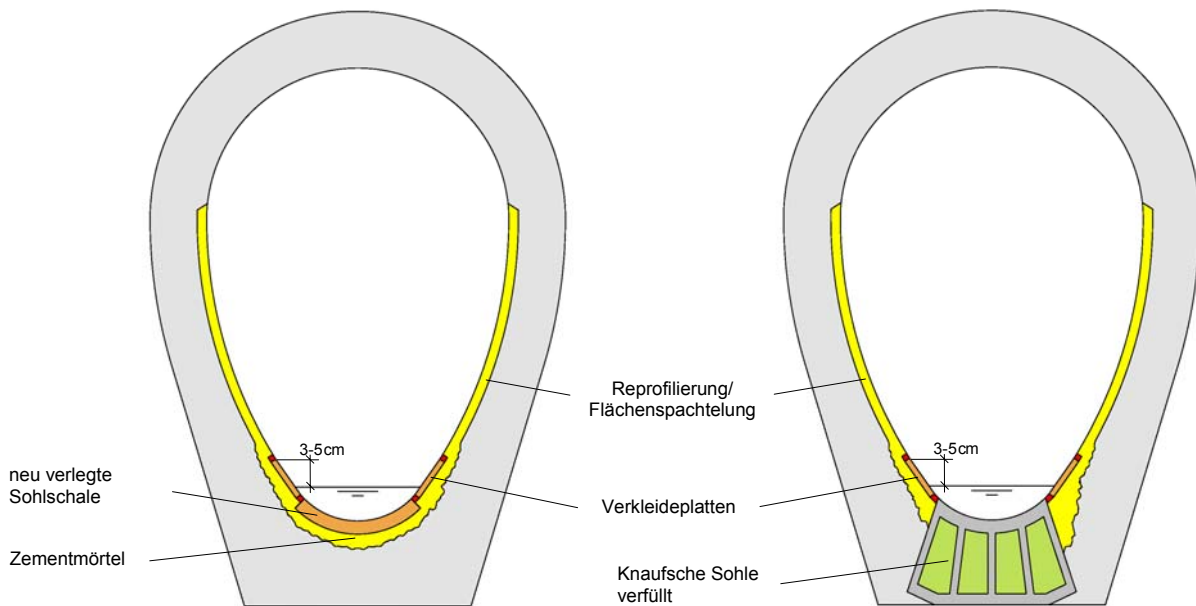


**Abbildung 12:** lokale Massnahmen bei bewehrtem Rechteck-Profil

## 5.6.5 Massnahmen bei grossflächig auftretenden Schäden (Sanierung)

### 5.6.5.1 Ei- oder Kreis-Profil

Bei starkem und grossflächigem Angriff der Sohle und der Wandung ist der mangelhafte Beton, Mörtel oder die Spachtelschicht z. B. mit Wasserhöchstdruck zu entfernen. Auf dem gesäuberten und vorbereiteten Untergrund wird eine Ausgleichsschicht oder Haftbrücke aufgetragen. Die Verkleidung der Sohle und der Wandung wird mit einem geeigneten Klebemörtel fixiert, die Fugen werden mit einem zugelassenen Mörtel verfügt.



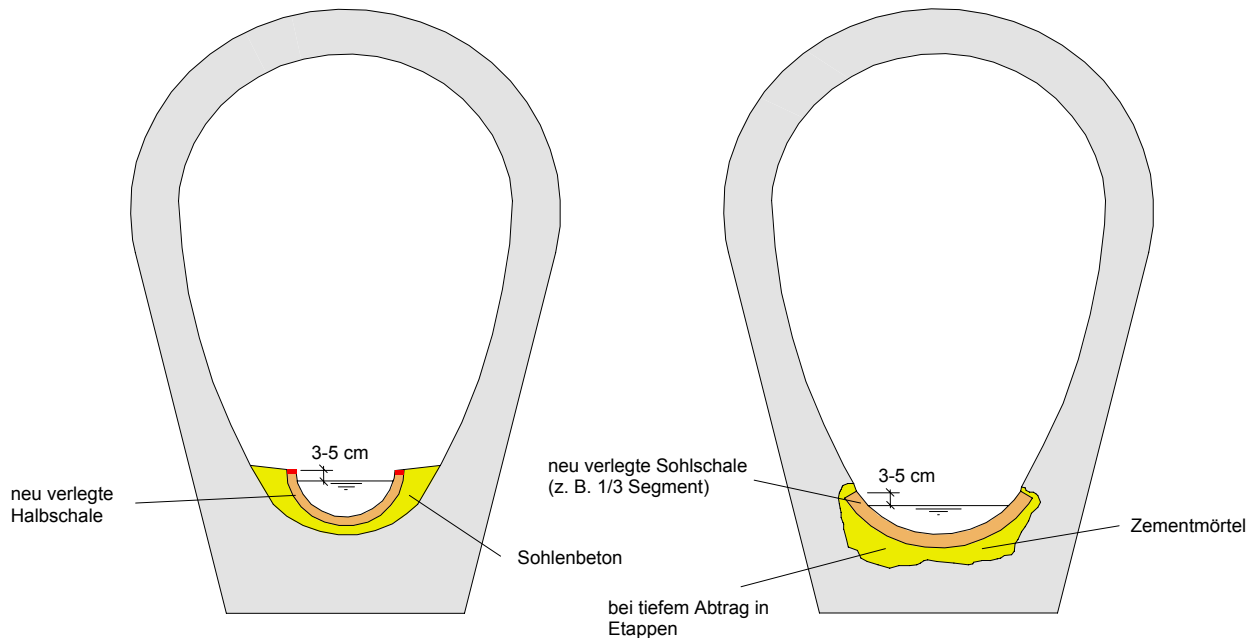
**Abbildung 13:** Ei-Profile mit flächiger Sanierung

Die konstruktionsbedingten Hohlräume der Knaufschen Sohle werden nach vorheriger Reinigung mit Verfüllmasse oder Verpressmörtel ausinjiziert. Fugen, Scherben und kleinere Ausbruchstellen werden mit Epoxid-Harz-Kleber ausgebessert oder einzelne Elemente müssen durch Sohlschalen ersetzt werden.

Flächige Schäden an der Kanalwandung und am Gewölbe werden durch Abtrag des Überzugs / Betongefüges und anschliessender Reprofilierung des Betonquerschnitts mit Zementmörtel saniert. Als zusätzliche Schutzschicht kann eine Flächenspachtelung aufgetragen werden. Die Festlegung der Abtragstiefe richtet sich dabei nach dem Zerstörungsgrad des vorhandenen Gefüges. Bei sehr tiefem Abtrag muss in Etappen vorgegangen werden.

Wenn keine Schäden an den Wandungen vorliegen, kann es ausreichen, nur die Sohle im Bereich des Trockenwetterabflusses zu sanieren.

Falls eine Verringerung des Querschnitts erlaubt ist, kann auch eine Sohlenschale eingelegt werden. Die Größe der Schale richtet sich nach dem Trockenwetterwasserstand. Die Abwassermenge bei Trockenwetter muss vollständig in der Schale abfließen (Abbildung 14). Die Höhe des Trockenwetterabflusses sollte dabei 3 – 5 cm unterhalb der Oberkante der Schalenelemente sein.



**Abbildung 14:** Ei-Profile mit sanierter Sohle

### 5.6.5.2 Rechteck-Profil

Bei grossflächigen Schäden in der Sohle und der Wandung ist der mangelhafte Beton der Wände bzw. der Sohle vollständig abzutragen (z. B. mit Wasserhöchstdruck). Korrodierte Bewehrungsseisen im Decken- und Wandbereich sind entsprechend zu behandeln. Die Reprofilierung des Querschnitts erfolgt mit Zementmörtel (Erneuerung des zerstörten Betongefüges, Erhöhung einer zu geringen Überdeckung der Bewehrung).

Die Sohle wird neu ausgebildet (Sohlenbeton, eventuell Ausbildung mit Steinzeug- oder Polymer-Sohlschalen). Als Schutzschicht kann eine Flächenspachtelung aufgetragen werden (bis ca. 10 cm oberhalb des Trockenwasserspiegels), welche bei hohen Anforderungen an den Verschleisswiderstand mit einem Hartzuschlag versehen werden kann.

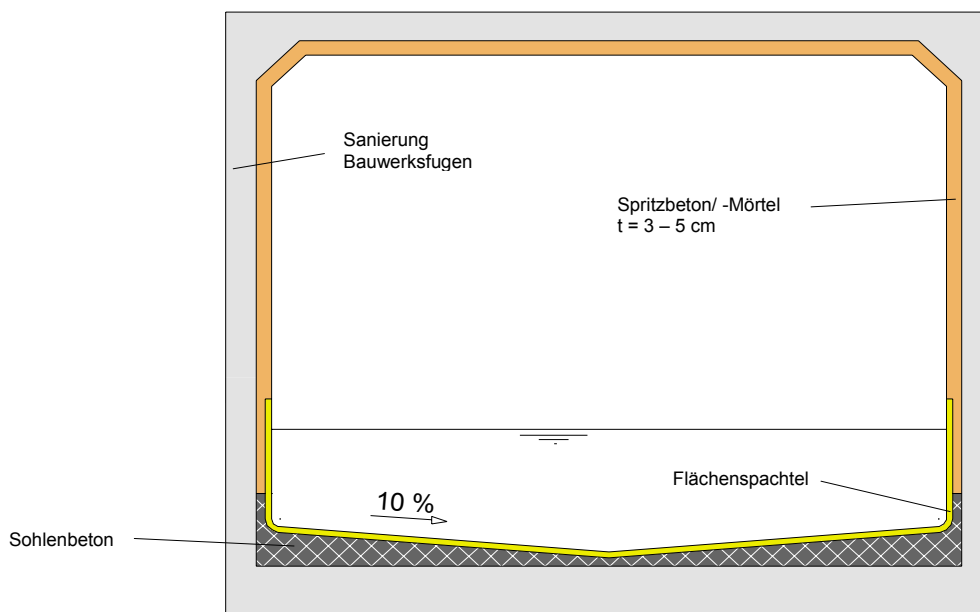


Abbildung 15: saniertes Rechteck-Profil

## 5.6.6 Ausführungsbeispiele

Nachfolgend werden einige Beispiele von erfolgten Kanalsanierungen im Kanalnetz der Stadt Zürich aufgezeigt.

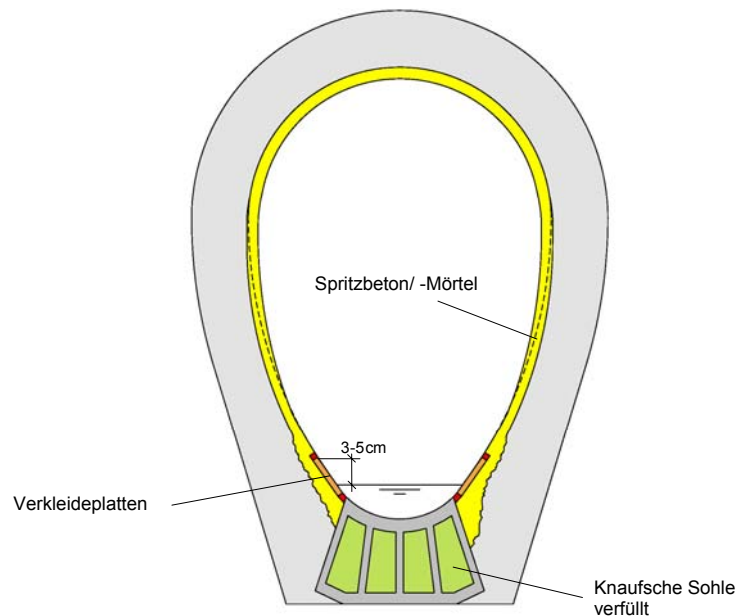
### 5.6.6.1 Beispiel 1

Bestandsaufnahme / Schäden:

- Knaufsche Sohlenelemente intakt,
- Beton im Wandbereich und Scheitel undicht aber noch genügend Gefügequalität im Oberflächenbereich,
- Kanal mit genügender hydraulischer Reserve.

ausgeführte Massnahmen:

- Die Sohlenelemente werden verfüllt und seitliche Verkleideplatten im Bereich des Trockenwetteranfalls angebracht,
- Abtragen der Mörtelschicht im Wand- und Scheitelbereich; minimaler Abtrag im Übergangsbereich Sohle / Wandung,
- Reprofilieren des Querschnitts mit Einengung des Querschnitts.



**Abbildung 16:** grossflächige Sanierung mit Querschnittsverlust

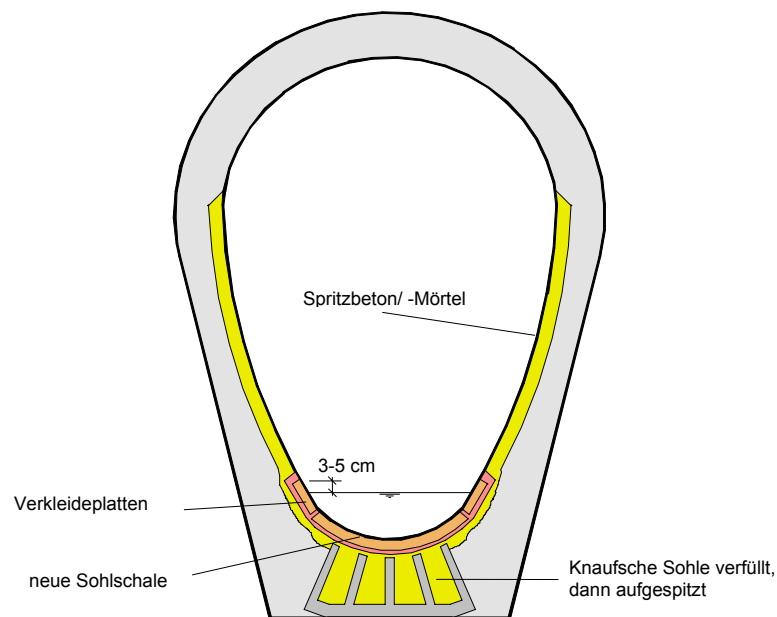
### 5.6.6.2 Beispiel 2

Bestandsaufnahme / Schäden:

- Scheitelbereich des Kanals dicht, Kanal in Betrieb nicht unter Druck,
- Knaufsche Sohlenelemente defekt (Löcher, Risse, etc.),
- Beton im Wandbereich undicht, schlechte Betonqualität im Oberflächenbereich der Wandung,
- Kanal ohne hydraulische Reserven.

ausgeführte Massnahmen:

- Verfüllen der Sohle,
- aufspitzen, aufräumen, einlegen neuer Sohlenelemente und Verkleideplatten bis auf Höhe des Trockenwetterabflusses.
- Der schadhafte Mörtel / Beton wird vor dem Reprofilieren abgetragen um den Querschnitt nicht zu verringern.



**Abbildung 17:** grossflächige Sanierung ohne Querschnittsverlust



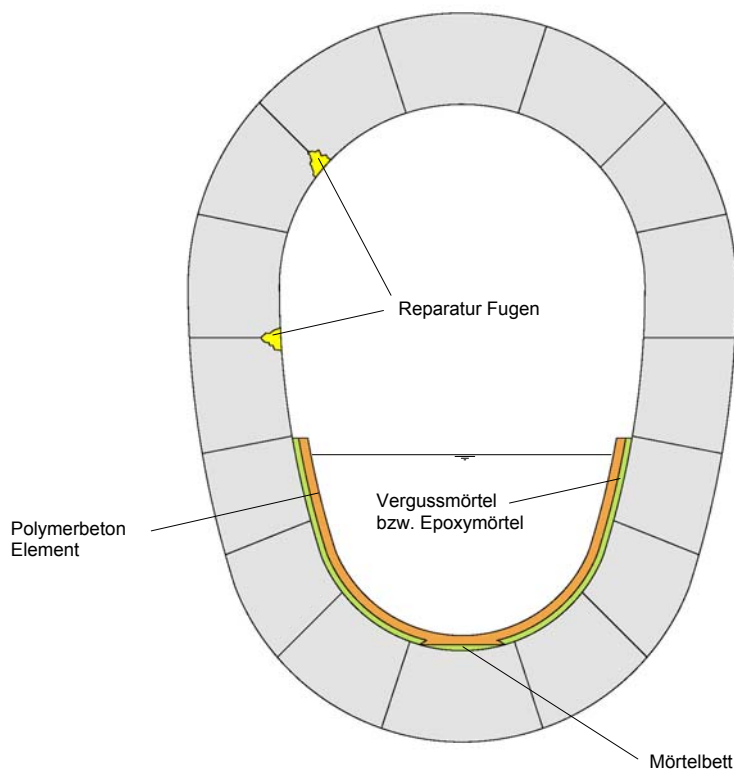
### 5.6.6.3 Beispiel 3

Bestandsaufnahme / Schäden:

- Kanal aus gemauerten Quadersteinen (Kalksteine),
- Fugen undicht.

ausgeführte Massnahmen:

- Auskleiden der Kanalsohle mit Polymerbeton-Elementen bis auf Höhe des Trockenwetteranfalls,
- Abdichten der Fugen mit Injektionen.



**Abbildung 18:** Sanierung Querschnitt mit Polymerbeton-Elementen

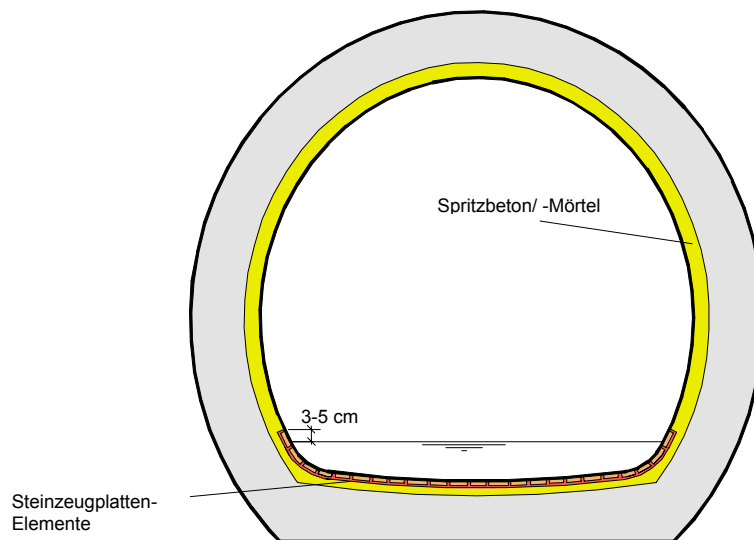
#### 5.6.6.4 Beispiel 4

Bestandsaufnahme / Schäden:

- Spezialprofil,
- Beton im gesamten Querschnitt undicht,
- schlechte Betonqualität im Oberflächenbereich,
- Kanal ohne hydraulische Reserve.

ausgeführte Massnahmen:

- Der benetzte Sohlenbereich wird mit vorfabrizierten Steinzeugplatten-Elementen (z. B. KeraLine) bis auf Höhe des Trockenwetters ausgekleidet,
- die Beton-/Mörtelschicht wird abgetragen und der Wandbereich ohne Einengung des Querschnitts reprofiliert.



**Abbildung 19:** Sanierung Spezialprofil mit Steinzeugplatten

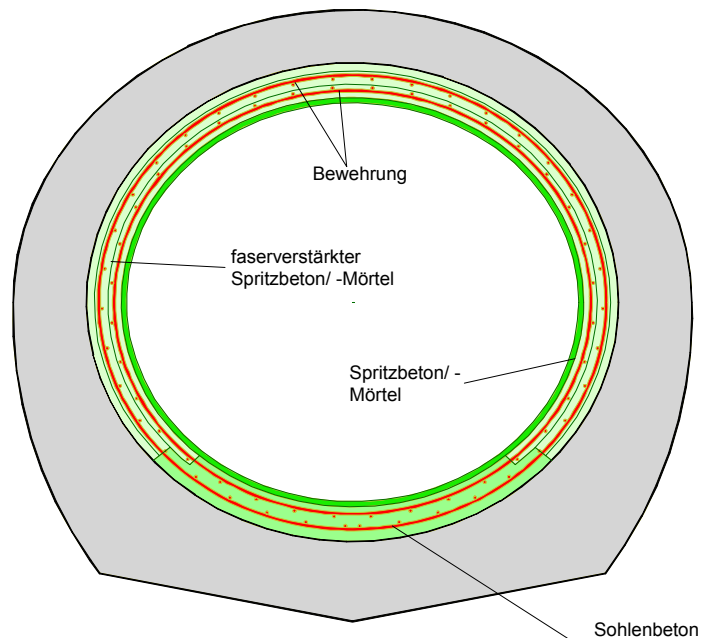
### 5.6.6.5 Beispiel 5

Bestandsaufnahme / Schäden:

- Maul-Profil 2000 / 1800
- erhebliche Rissbildung und Abplatzungen im Scheitel des Kanals,
- Gefahr eines spontanen Einsturzes,
- Entlastungskanal mit hydraulischer Reserve.

ausgeführte Massnahmen:

- Verstärkung des Kanals inwendig mit einer 13 cm starken Schicht aus faserverstärktem Spritzbeton und konventioneller Bewehrung
- Zusätzliche Schicht ohne faserverstärktem Spritzbeton, um eine glatte Oberfläche herzustellen



**Abbildung 20:** Verstärkung Spezialprofil

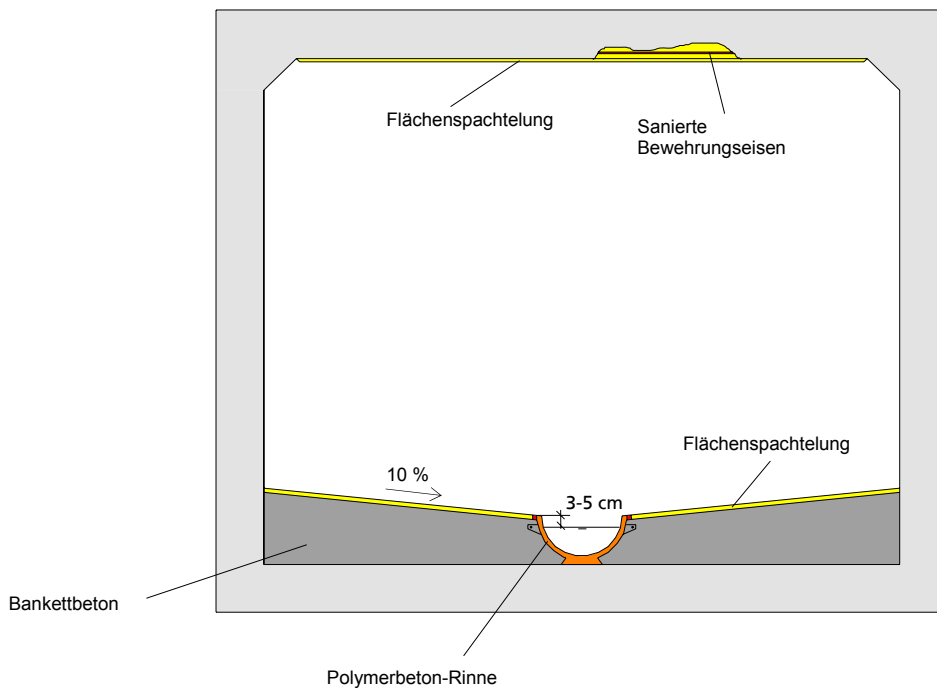
### 5.6.6.6 Beispiel 6

Bestandsaufnahme/Schäden:

- Rechteckprofil,
- lokale Korrosion der Bewehrung aufgrund stellenweise zu geringer Betonüberdeckung im Deckenbereich,
- Sohlenschale mit massiven Abplatzungen und zu geringer Fließgeschwindigkeit im Trockenwetteranfall.

ausgeführte Massnahmen:

- lokale Sanierung der Korrosionsstellen im Deckenbereich
- Applikation einer Flächenspachtelung als Schutzschicht / Karbonatisierungsbremse.
- komplette Neuausbildung des Gerinnes mit einer Polymerbeton-Rinne für den Trockenwetteranfall.



**Abbildung 21:** saniertes Rechteck-Profil

## 5.7 Nutzungs- und Sicherheitsplan

Im Zuge des Vorprojekts wird der Nutzungs- und Sicherheitsplan verfasst (Entwurfsversion). Dieser stellt für das Bauvorhaben zu berücksichtigenden Nutzungszustände und Gefährdungsbilder zusammen und legt fest, mit welchen Massnahmen die Gebrauchstauglichkeit gewährleistet und den Gefahren entgegengewirkt wird.

Die wesentlichen Punkte des Nutzungs- und Sicherheitsplans sind:

- Objektbeschrieb
  - Ausgangslage
  - Projektpläne
- Grundlagen / Allgemeines
  - Projektdefinition
  - genereller Entwässerungsplan (GEP)
  - Normen, Richtlinien, Verordnungen
  - Berichte, Zustandsuntersuchungen, Laborprüfungen
  - Altlasten, archäologische Schutzzonen
  - Grundwasserverhältnisse / Schutzzonen
  - Werkleitungen, konzessionierte Anlagen
  - Strassenklassierung, Ausnahmetransportroute
  - spezielle Eigentumsverhältnisse / Projekte Dritter
- Beschreibung des Projekts / Erhaltungsmassnahmen
  - Bauwerk
  - Zustand des Bauwerks
  - vorgesehene Erhaltungsmassnahmen / Produkte
  - Anschlussleitungen (AL)
- Nutzungsplan
  - Nutzungsdauer, vereinbarte Nutzung
  - Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit
  - technische Randbedingungen
  - Nutzungszustände / Einwirkungen auf die Bauwerke
  - Auflasten
  - Baugrund, Überdeckungshöhen
  - Bemessungsgrundlagen, Hydraulik
  - Gewässerschutz / Dichtigkeit des Kanalsystems
  - Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit
  - Baugrund
  - Nutzungszustände während der Bauphase (Provisorien, Umleitungen, Installationen)
- Sicherheitsplan
  - Anforderungen an die Sicherheit / Sicherheitsziele
  - Gefährdungsbilder und Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit während der Bauphase (Sicherungs- und Alarmierungskonzept, Verkehr, Umleitungen, Installationen)
  - stationäre Gefahren
  - mobile Gefahren
  - Gefährdungsbilder und Massnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit im Betrieb
  - besondere Risiken
- statische Berechnungen (wenn erforderlich)

## **6 Bauprojekt**

### **6.1 Allgemeines**

Das Bauprojekt basiert auf dem Vorprojekt und umfasst folgende Punkte:

- Projektorganisation
- Projektgrundlagen
  - Planunterlagen
  - Abklärung: Kleinfernsehen-Untersuchung sämtlicher unbekannter Einläufe (durch ERZ Entsorgung + Recycling Zürich)
- Nachführung des Nutzungs- und Sicherheitsplans, inkl. Genehmigung durch ERZ Entsorgung + Recycling Zürich
- Beschaffung und Zusammenstellung ergänzender Unterlagen
- Werterhaltungsvarianten (mit Bewertung als Entscheidungsgrundlage)
- Anforderungen an eingesetzte Produkte
- Qualitätssicherungskonzept (Kontrollplan)
- Kostenvoranschlag ( $\pm 10\%$ )
- Technischer Bericht
- Ablauf- und Terminprogramm
- Umleitungskonzepte, Provisorien
- Untersuchung von Anschlussleitungen (AL)
  - Planunterlagen
  - Information Anlieger
- Konzept Anschlussleitungen (AL), Strassensammler (SA)

### **6.2 Anforderungen an Produkte und Ausführung**

#### **6.2.1 Anforderungen**

Die Anforderungen an Produkte bei der Sanierung von begehbaren Kanälen sind sehr hoch, sie müssen den in Kapitel 5.1 beschriebenen Einwirkungen standhalten:

- mechanische Beanspruchung (Abrasion)
- lösender chemischer Angriff (Säuren, speziell Bildung von Schwefelsäure im Gasraum, Kondenswasser)
- treibender Angriff (z. B. durch Sulfat)
- biologischer Angriff (Mikroorganismen, Säurebildung durch Bakterien)

Daraus ergeben sich die folgenden Anforderungen an alle bei der Werterhaltung von begehbaren Kanälen eingesetzten Produkte (siehe Tabelle 3):

- Säurebeständigkeit
- Sulfatbeständigkeit
- Chloridbeständigkeit
- Dichtigkeit
- Festigkeit
- Formbeständigkeit (Minimierung der Rissbildung)
- keine biologisch abbaubaren Bestandteile

## 6.2.2 Produkte und Ausführung

Für die verwendeten Produkte sind Eignungsnachweise vorzulegen, damit sichergestellt werden kann, dass diese den späteren Einwirkungen auch dauerhaft standhalten.

Eignungsnachweise dienen der Beschreibung der Eigenschaften eines Werkstoffs (Kennwerte, Materialverträglichkeit) sowie dem Nachweis seiner grundsätzlichen Eignung für die vorgesehenen Anwendungen (Anforderungen). Im Rahmen des Eignungsnachweises muss anhand der Prüfberichte von zertifizierten oder akkreditierten Prüflabors nachgewiesen werden, dass die Produkte den vorgesehenen Anforderungen entsprechen.

Ein von TAZ / ERZ genehmigter, aktueller Eignungsnachweis hat mindestens fünf Arbeitstage vor Beginn der entsprechenden Sanierungsarbeiten vorzuliegen. Sämtliche Prüfungen im Zuge eines Eignungsnachweises müssen an der gleichen Mischung durchgeführt werden. Bei Änderung der Materialherkunft, der Rezeptur oder der Sieblinie eines Produkts muss ein neuer Eignungsnachweis durchgeführt werden.

Die ausführende Unternehmung muss sicherstellen, dass die verwendeten Produkte sachgemäss eingebaut werden, um eine optimale Haltbarkeit zu gewährleisten.

Es gelten die folgenden Anforderungen an Materialien für den Einsatz bei Sanierungsarbeiten in begehbaren Kanälen:

**Tabelle 3:** Anforderungen an Materialien

Eigenschaft	Prüfnorm	Anforderungen
Sulfatbeständigkeit	SIA 262/1-D	Sulfatdehnung $\Delta l \leq 0.5 \text{ ‰}$
Wasserdichtigkeit	SN EN 12390-8	mittlere Eindringtiefe < 20 mm maximale Eindringtiefe < 50 mm
Wasseraufnahme	SN EN 1062-3	$w \leq 0.2 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{h}^{0.5})$
Druckfestigkeit	SN EN 12504-1	siehe einzelne Materialien
Haftzugfestigkeit	SN EN 1542	siehe einzelne Materialien
Elastizitätsmodul	SIA 262/1-G	siehe einzelne Materialien
Schwindwert	SIA 262/1-F	$\varepsilon_{cs(28)} \leq 1.00 \text{ ‰}$ Probekörper Prismen 40 x 40 x 160 mm
Verschleisswiderstand	SN EN 13892-3	$A \leq 15 \text{ cm}^3 / 50 \text{ cm}^2$
Säurebeständigkeit	SN EN ISO 175	Abfall $f_{ct} < 20 \text{ ‰}$ (Biegezugfestigkeit) Prüftemperatur 23°C, Lagerung 28 Tage Prüfflüssigkeit 1% Schwefelsäure

### 6.2.2.1 Betonsanierung

Grundsätzlich gilt: Die verwendeten Sanierungssysteme (z. B. Korrosionsschutz, Haftbrücke, Sanierungsmörtel/ -betone, Flächenspachtel) müssen aufeinander abgestimmt sein.

#### a) partielle Sanierung / Reparatur

Anforderungen Korrosionsschutz Bewehrung / Haftbrücke:

- zementgebunden, kunststoffmodifiziert
- gute Haftung auf Stahl und Beton

Anforderungen Sanierungsmörtel/ -betone:

- zementgebunden, bei erhöhten Anforderungen kunststoffmodifiziert (PCC)
- Druckfestigkeit  $> 45 \text{ N/mm}^2$  nach 28 Tagen
- Haftzugfestigkeit Zielwert  $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ , Mittelwert  $\geq 1,2 \text{ N/mm}^2$  nach 28 Tagen, minimaler Einzelwert =  $0,8 \text{ N/mm}^2$
- Elastizitätsmodul:  $\leq 35'000 \text{ N/mm}^2$
- Wasserdichtigkeit, Sulfatbeständigkeit, Säurebeständigkeit, Schwindwert gemäss Tabelle 3

Anforderungen Flächenspachtel (OS):

- zementgebunden, kunststoffmodifiziert
- Haftzugfestigkeit Zielwert  $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ , Mittelwert  $\geq 1,2 \text{ N/mm}^2$  nach 28 Tagen, minimaler Einzelwert =  $0,8 \text{ N/mm}^2$
- Elastizitätsmodul:  $\leq 30'000 \text{ N/mm}^2$
- widerstandsfähig gegen mechanische, thermische, chemische und biologische Beanspruchungen
- Schutzwirkung gegen eindringende Medien
- hohe Abriebfestigkeit
- gute Haftung auf Untergrund
- Dampfdurchlässigkeit
- Wasseraufnahme, Sulfatbeständigkeit, Säurebeständigkeit, Verschleisswiderstand gemäss Tabelle 3

Ausführung:

- mechanisches Entfernen des Betons bei Abplatzungen (Abbruchkanten schräg)
- Freilegen der Bewehrung je nach Schädigungstiefe (mind. 1 cm hinter Bewehrungseisen oder max. ein Drittel des Durchmessers freilegen)
- Entrosten der Bewehrung nach gefordertem Reinheitsgrad
- Applizieren eines Korrosionsschutzes / Haftbrücke
- Reprofilieren (manuell oder maschinell), erlaubte Schichtstärken pro Arbeitsgang beachten, Nachbehandeln nach Angaben des Produktlieferanten
- Vorbereiten des Untergrunds für Flächenspachtel (reinigen, Zementhaut entfernen, Rautiefe mind. 1 mm)
- Wässern der Betonoberfläche, abtrocknen lassen (Oberfläche matt)
- Auftragen des Flächenspachtels, Nachbehandlung nach Angaben des Produktlieferanten



## b) Flächige Sanierung

### Anforderungen Spritzbeton/ -mörtel:

- zementgebunden, bei erhöhten Anforderungen kunststoffmodifiziert (SPCC), faserverstärkt (legierte, flexible Stahlfasern)
- Druckfestigkeit  $> 45 \text{ N/mm}^2$  nach 28 Tagen
- Haftzugfestigkeit Zielwert  $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ , Mittelwert  $\geq 1,2 \text{ N/mm}^2$  nach 28 Tagen, minimaler Einzelwert =  $0,8 \text{ N/mm}^2$
- Elastizitätsmodul:  $\leq 40'000 \text{ N/mm}^2$
- Wasserdichtigkeit, Sulfatbeständigkeit, Schwindwert, Säurebeständigkeit gemäss Tabelle 3

### Ausführung:

- Reinigen oder aufrauen des schadhafte Betons
- Abtragen des Betons bis zur gewünschten Tiefe
- Korrosionsschutz / Haftbrücke gemäss partieller Sanierung / Reparatur
- Auftragen des Spritzbetons/ -mörtels im Trocken- oder Nassspritzverfahren
- Beachten der Schichtstärken pro Arbeitsgang
- Flächenspachtel gemäss partieller Sanierung / Reparatur
- Überdeckung Bewehrung  $\geq 40 \text{ mm}$
- Vor- und Nachbehandeln nach Angaben des Produktlieferanten

## 6.2.2.2 Sohlenmörtel, Versetzmörtel (Sohlschalen aus Steinzeug), Ausgleichsmörtel (Sohlschalen aus Polymerbeton)

### Anforderungen:

- zementgebunden
- Druckfestigkeit  $> 45 \text{ N/mm}^2$  nach 28 Tagen
- Haftzugfestigkeit Zielwert  $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ , Mittelwert  $\geq 1,2 \text{ N/mm}^2$  nach 28 Tagen, minimaler Einzelwert =  $0,8 \text{ N/mm}^2$
- Elastizitätsmodul:  $\leq 35'000 \text{ N/mm}^2$
- Wasserdichtigkeit, Sulfatbeständigkeit, Schwindwert, Säurebeständigkeit gemäss Tabelle 3

### Ausführung

- Sohlenmörtel
  - Untergrund vornässen
  - Haftbrücke aufbringen
  - Mörtel nass in nass einbringen
  - Nachbehandeln
- Versetzmörtel
  - Untergrund vornässen
  - Haftbrücke aufbringen
  - Mörtel nass in nass einbringen
  - Sohlenschale versetzen
- Ausgleichsmörtel
  - Untergrund vornässen
  - Haftbrücke aufbringen
  - Mörtel nass in nass einbringen
  - Nachbehandeln
  - Zementhaut entfernen

### 6.2.2.3 Vergussmörtel (Verfüllmasse Knaufsche Sohle)

Anforderungen:

- zementgebunden
- Druckfestigkeit > 40 N/mm<sup>2</sup> nach 28 Tagen
- Sulfatbeständigkeit, Wasserdichtigkeit, Schwindwert gemäss Tabelle 3

Ausführung:

- Reinigen der Hohlräume
- vollständiges Verfüllen der Hohlräume
- keine Lufteinschlüsse

### 6.2.2.4 Sohlenbeton, Versetzbeton (Sohlschalen aus Steinzeug), Ausgleichsbeton (Sohlschalen aus Polymerbeton), Bankettbeton

Anforderungen (SN EN 206-1:2000):

- Beton C 30/37, XD3 (CH), XA2 (CH), CI 0.2

Ausführung

- Sohlenbeton
  - Untergrund vornässen
  - Eventuell Haftbrücke aufbringen
  - Sohlenbeton nass in nass einbringen
  - Nicht abtalschieren
  - Nachbehandeln
- Versetzbeton
  - Untergrund vornässen
  - Eventuell Haftbrücke aufbringen
  - Versetzbeton nass in nass einbringen
  - Sohlenschale versetzen
- Ausgleichsbeton
  - Untergrund vornässen
  - Eventuell Haftbrücke aufbringen
  - Ausgleichsbeton nass in nass einbringen
  - Nachbehandeln
  - Zementhaut entfernen
- Bankettbeton
  - Untergrund vornässen
  - Bankettbeton einbringen
  - nicht abtalschieren
  - Nachbehandeln

### 6.2.2.5 Fugenmörtel, Epoxy-Klebmörtel

Anforderungen:

- Haftzugfestigkeit Zielwert  $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$ , Mittelwert  $\geq 1,2 \text{ N/mm}^2$  nach 28 Tagen, minimaler Einzelwert =  $0,8 \text{ N/mm}^2$
- Elastizitätsmodul:  $\leq 25'000 \text{ N/mm}^2$
- Wasserdichtigkeit, Sulfatbeständigkeit, Säurebeständigkeit und Verschleisswiderstand gemäss Tabelle 3

Ausführung:

Gemäss der Empfehlung des Lieferanten der Sohlschalen/ -platten

### 6.2.2.6 Bauteile aus Steinzeug und Elemente aus keramischen Platten

Die Auskleidung der Kanalsohle (wasserbenetzter Bereich, Trockenwetterrinne) wird mit Steinzeug-Sohlschalen oder Steinzeug-Platten-Elementen ausgeführt (Teilauskleidung).

Anforderungen:

- widerstandsfähig gegen mechanische, thermische, chemische und biologische Beanspruchungen
- beständig gegen Hochdruckspülungen (min. 100 bar, 3 min. Standzeit)
- standfest bei Schlagbeanspruchungen
- hohe Abriebfestigkeit gegenüber feststoffhaltigem Abwasser
- Abreissfestigkeit (Haftzugfestigkeit) des Untergrunds: Zielwert  $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$
- Mittelwert  $\geq 1,2 \text{ N/mm}^2$ , minimaler Einzelwert =  $0,8 \text{ N/mm}^2$
- Herstellung von keramischen Schalen nach SN EN 295 Teil 1-3
- Wasseraufnahme gemäss Tabelle 3

Ausführung:

Die Steinzeug-Sohlschalen / Elemente werden vollflächig in Mörtel versetzt, die Quer- und Längsfugen (8 -10 mm) werden mit Epoxymörtel ausgebildet. Die Vorbehandlung der Elemente erfolgt gemäss der Empfehlung des Lieferanten (z. B. Quarzbeschichtung Rückseite oder Versetzen mit Epoxyleber). Für die Anforderungen an die Sohlengleichheit ist die EN 295 Teil 1 massgebend.

Die Längsfugen Steinzeug / Sanierungsmörtel müssen abhängig vom Sanierungsverfahren mit Epoxymörtel ausgebildet werden.

### 6.2.2.7 Bauteile aus Reaktionsharzbeton (Polymerbeton)

Sohlen-Auskleidungsbauteile aus Reaktionsharzbeton (Polymerbeton) werden je nach Beanspruchung und Bauteilform in verschiedenen Zusammensetzungen hergestellt.

Anforderungen:

- widerstandsfähig gegen mechanische, thermische, chemische und biologische Beanspruchungen
- beständig gegen Hochdruckspülungen (min. 100 bar, 3 min. Standzeit)
- Druckfestigkeit  $> 80 \text{ N/mm}^2$
- Biegezugfestigkeit  $> 20 \text{ N/mm}^2$
- Abreissfestigkeit (Haftzugfestigkeit) des Untergrunds: Zielwert  $\geq 1,5 \text{ N/mm}^2$
- Mittelwert  $\geq 1,2 \text{ N/mm}^2$ , minimaler Einzelwert =  $0,8 \text{ N/mm}^2$
- Toleranz der Elementlänge + 0,0 mm / - 4.0 mm
- Toleranz der Elementbreite  $\pm 2,0 \text{ mm}$
- Toleranz der Sohlenstärke  $\pm 0,5 \text{ mm}$
- Säurebeständigkeit, Verschleisswiderstand gemäss Tabelle 3

**Ausführung:**

Polymerbeton-Sohlschalen/-platten werden mit Epoxy-Klebemörtel auf den vorbereiteten Untergrund geklebt. Die Quer- und Längsfugen werden mit Epoxymörtel ausgebildet. Die Rückseiten der Elemente müssen mit Quarzsand abgestreut werden. Beim Hinterfüllen der Elemente sind Massnahmen gegen den Auftrieb vorzunehmen. Für die Anforderungen an die Sohlgleichheit ist die EN 295 Teil 1 massgebend.

### 6.2.2.8 Rissinjektionen

Für das Verfüllen von Hohlräumen und Rissen stehen als Injektionsmaterialien Lösungen auf Basis von Kunststoffen (Kunststofflösungen, z. B. Acrylharze oder Kunstharze, z. B. Epoxid-, Polyurethan- und Silikatharze), Suspensionen und Zementmörtel zur Verfügung. Die Injektionsmaterialien werden dabei über Injektionslanzen oder Bohrpacker eingebracht. Generell unterscheidet man zwischen Injektionen ins Bauwerk und Injektionen ins Erdreich des Kanalbereichs (Hohlraum- oder Bodeninjektionen)

**Anforderungen:**

- Beständigkeit gegen mechanische, thermische, chemische und biologische Beanspruchungen
- Dichtigkeit
- beständig gegen Hochdruckspülungen
- Temperaturbeständigkeit
- umweltverträglich in Grundwasserschutzzonen

**Polyurethanharze PU/PUR (nicht kraftschlüssige Injektion)**

- Einsatzgebiet: Füllen von begrenzt dehnfähigen Rissen, Füllen von Hohlräumen
- Rissbreite > 0.3 mm
- Untergrund: trocken bis wasserführend
- Anforderungen gemäss Technischer Prüfvorschriften für Füllgut aus Polyurethan und zugehörigem Injektionsverfahren (TL/TP FG-PUR)

**Epoxidharze EP (kraftschlüssige Injektion)**

- Einsatzgebiet: Abdichten und Schliessen von Rissen, Füllgut für Hohlräume
- Rissbreite > 0.1 mm
- Untergrund: trocken bis feucht
- Anforderungen gemäss Technischer Prüfvorschriften für Füllgut aus Epoxidharz und zugehörigem Injektionsverfahren (TL/TP FG-EP)

**Injektionszemente ZL/ZS (kraftschlüssige Injektion)**

- Einsatzgebiet: Risse, Hohlräume, Verfestigung von Böden,
- müssen gute Fliesseigenschaften haben und dürfen sich während des Verpressens nicht entmischen,
- Zementleim (ZL): Herstellung aus Zement mit einer Mahlfineinheit > 4500 cm<sup>2</sup>/g gemäss EN 196 T6,
- Zementsuspension (ZS): Herstellung aus Feinstzement mit einem Siebdurchgang von ≥ 95% bei einer Maschenweite von 16 µm und geeigneten Zusatzstoffen und Zusatzmitteln (DAFStb Rili SIB, Teil 2, Kapitel 6),
- Rissbreite > 1.5 mm,
- Untergrund: trocken bis feucht,
- Anforderungen gemäss Technischer Prüfvorschriften für Füllgut aus Zementleim/Zementsuspension und zugehörigem Injektionsverfahren (TL/TP FG-ZL/ZS)

**Ausführung:**

Gemäss angegebenem Einbringverfahren durch Verfahrensanbieter.

#### **6.2.2.9 Gemauerte Kanäle**

Die Anforderungen an Produkte bei gemauerten Kanälen sind aufgrund der Vielzahl von möglichen Schadensbildern aber auch der Form (Quadermauerwerk etc.), Abmessungen und verwendeten Materialien (Sandstein, Kalkstein etc.) der betroffenen Bauwerke jeweils objektspezifisch zu bestimmen.

## **7 Submission**

### **7.1 Verordnung**

Die Submission für die Bauarbeiten erfolgt entsprechend der neuen Submissionsverordnung des Kantons Zürich vom 1. Januar 2004 (Stand Juli 2008).

Weitere Informationen dazu werden auf der Internetseite der Kommission für das öffentliche Beschaffungswesen des Kantons Zürich (KöB) angeboten.  
[<http://www.beschaffungswesen.zh.ch>]

### **7.2 Submission Tiefbauamt der Stadt Zürich**

Die Submission erfolgt gemäss SIA 112, Kapitel 4 - Ausschreibung, mit den Teilphasen Ausschreibung, Offertvergleich und Vergabeantrag.

Für die Vorbereitung und Ausarbeitung der Submission werden dem Planer vom Tiefbauamt die massgebenden Unterlagen zur Verfügung gestellt.

Die aktuellen Formulare und Merkblätter können jeweils auf der Webseite des Tiefbauamts Zürich heruntergeladen werden.

Die Ausschreibung erfolgt in der Regel funktional, das Leistungsverzeichnis ist gemäss den Normpositionen 296 (funktionale Ausschreibung, TAZ-Eigenkatalog) aufzubauen.

Die objektgebundenen Bestimmungen sind nach den Vorgaben des Tiefbauamtes Zürich zu erstellen. Es sind dabei unter anderem folgende, für die Kanalsanierung massgebende Punkte zu beachten und entsprechend auszuarbeiten:

#### Grundlagen

- Projektdefinition ERZ
- GEP-Situation, GEP-Berechnungen Ist-Zustand unsaniert, Prognosezustand
- Kanaluntersuchungsrapporte
- Untersuchungsberichte, Laboruntersuchungen
- Untersuchungen der Anschlussleitungen und der Schlammsammler
- Planunterlagen

#### Beschreibung des Bauobjekts

- Ausgangslage (baulicher Zustand, Länge, Örtlichkeiten)
- Teilprojekte, Lose
- Werterhaltungsmassnahmen
  - Kanal (allgemein, Teilbereiche)
  - Einstiege (Deckel, Steigleitern, Gegeneisen, Trittnischen)
  - Seitenkanäle
  - Spezialbauwerke
  - Strassenentwässerung
  - private Anschlussleitungen

### Bauausführung

- Qualitätsanforderungen (Ausführung, Materialien, Referenzflächen, Kontrollen)
- Kanalprovisorien, Abschottungen, mögliche Umleitungen
- Sicherheit (grundsätzliches, Alarmierung, Fluchtwege, Sicherheitsmaterial, Ausrüstung)
- Verkehrsführung (allgemein, Installationsflächen, Installationen bei Kontrollschächten)
- Termine (Installation, Etappierung, Referenzabschnitte)
- Geologie, Baugrunduntersuchungen, Grundwasser
- Baustellenabwasser
- Erschwernisse (innerstädtische Verhältnisse, Arbeiten in Kanälen, Werkleitungen)

## 8 Ausführung

### 8.1 Allgemeines

Diese Phase umfasst neben der eigentlichen Bauausführung folgende Punkte:

- Vertragsabschlüsse mit Unternehmer
- Bauleitung
- Qualitätssicherung und -Prüfungen, Überwachung der Einhaltung von Auflagen
- Kostenüberwachung
- periodische Nachführung des Ablauf- und Terminplans
- Projektdokumentation (Sitzungen etc.)
- Rückbau von Provisorien

### 8.2 Kanal-Provisorien

Die Ausführung von Sanierungsarbeiten in begehbaren Kanälen bedingt ein Vorgehen in Etappen unter Aufrechterhaltung des Abwasserflusses.

Oberhalb der jeweiligen Sanierungsetappe wird das Abwasser mit einer provisorischen Abschlussmauer (Abschottung) aufgestaut und in einem Provisorium gefasst. Das innerhalb einer Sanierungsetappe von den Seitenanschlüssen anfallende Abwasser wird ebenfalls mit der provisorischen Leitung innerhalb des Kanals abgeleitet.

Die Höhe der Abschlussmauer richtet sich nach der maximalen Abflussmenge gemäss GEP, die verbleibende Durchflussfläche muss in der Regel den Abfluss der maximalen Abflussmenge eines 1-jährlichen Hochwassers bei gleichbleibender Rückstauhöhe gewährleisten.

Das entsprechende Verhältnis für die Umrechnung des 10-jährlichen Ereignis ( $Q_{max}$ ) zum 1-jährlichen Ereignis kann für erste Abschätzungen mit 1.75 : 1 (57.14 % von  $Q_{max}$ ) angenommen werden. Abhängig von der Lage des Sanierungsabschnittes innerhalb des Kanalnetzes muss bei einem 1-jährlichen Ereignis jedoch mit deutlich höheren Abflussmengen gerechnet werden. Die Festlegung der erforderlichen Durchflussmenge muss in Absprache mit ERZ Entsorgung + Recycling Zürich erfolgen.

Die zulässige Abschottungshöhe kann als Abschätzung nach folgender Formel berechnet werden:

Gegeben:  $h, Q$

$$b_t = 1.67033 r$$

$$h_t = 0.85 h$$

nach Poleni (scharfkantiger Überfall) gilt:

$$h_A = h_t - \left( \frac{1.71 \cdot Q}{b_t \cdot \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

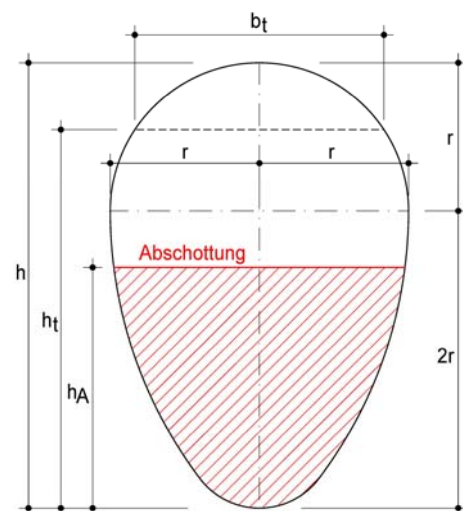


Abbildung 22: Schemaskizze Abschottung



Eine Erhöhung der Abschottung darf nur nach vorgängiger Abklärung der Kellerkoten erfolgen. Falls mit einem Rückstau in die Liegenschaften gerechnet werden muss, sollte das Risiko und das Gefahrenpotenzial eines Rückstaus mit ERZ Entsorgung + Recycling Zürich besprochen und gegebenenfalls die erforderliche Durchflussmenge erhöht werden. Die Abschottungen sind so auszubilden, dass sie dem auftretenden Wasserdruck standhalten können. Bei starken Niederschlägen wird der Sanierungsabschnitt überflutet.

Das eingestaute Wasser vor den Abschottungen muss regelmässig abgepumpt werden (Ablagerungen, Entstehung von biogener Schwefelsäure).

Das Provisorium sollte ebenfalls für das einjährige Regenereignis dimensioniert werden. Sofern dies nicht möglich ist, sollte mindestens der zwei- bis dreifache Trockenwetteranfall gemäss GEP in das Provisorium eingeleitet werden können. Bei kritischen Anschlussleitungen (tiefer Einlauf, tiefliegende Keller) sollten Kontroll- bzw. Überflutungsöffnungen eingebaut werden.

### **8.3 Dimensionierung Sohlenaufbau Trockenwetterabfluss**

Die Dimensionierung des Sohlenaufbaus zur Ableitung des Trockenwetters (Rinnen aus Steinzeug, Polymerbeton) bzw. die Auskleidung der Kanalsohle mit Steinzeugelementen erfolgt auf Basis der vorliegenden GEP-Daten ( $Q_{TW}$ ,  $h_{TW}$ ) mit einem Freibord von ca. 3 - 5 cm.

Werden im Zuge eines Projektes Abflussmessungen durchgeführt, müssen die Auswertungen mit ERZ Entsorgung + Recycling Zürich besprochen werden. Anschliessend wird der massgebende Trockenwetterabfluss definiert.

### **8.4 Qualitätssicherung**

Auf Basis des im Bauprojekt entworfenen Qualitätssicherungskonzepts wird vor Beginn der Ausführung ein objektbezogenes Qualitätssicherungssystem entwickelt (siehe Merkblatt SIA 2007 «Qualitätsmanagement im Bauwesen»). Dies beinhaltet im Wesentlichen einen alle qualitätsrelevanten Massnahmen umfassenden Qualitätssicherungsplan sowie einen projektspezifischen Prüfplan (Arbeit / Arbeitsgattung) auf Basis des von der Bauherrschaft vorgegebenen Kontrollplanes.

#### **8.4.1 Qualitätsnachweis Bauausführung**

Generell gilt das Prinzip der kontrollierten Eigenüberwachung bei der Ausführung von Baumassnahmen bei begehbaren Kanälen.

Alle qualitätsrelevanten Arbeitsschritte und Prüfvorgänge gemäss Prüfplan sind zu protokollieren und nachvollziehbar zu dokumentieren. Der Bauherr behält sich vor, in zusätzlichen Stichproben die Erfüllung der Qualitätsanforderungen zu kontrollieren.

Die Qualitätskontrollen werden im Tagesrapport sowie die Resultate der Prüfungen im Ordner «Qualitätssicherung» abgelegt.

Eingesetzte Materialien sind bei der Lieferung auf Unversehrtheit zu prüfen und mit den Materialbestellungen zu vergleichen. Die Verarbeitung muss nach Herstellerangaben erfolgen. Auskleidungsteile sind vor ihrem Einbau auf die Masshaltigkeit zu kontrollieren und zu dokumentieren.

## 8.4.2 Referenzflächen

Vor Beginn der eigentlichen Arbeiten werden für die unterschiedlichen Massnahmen (z. B. Auskleidungselemente der Sohle, Reprofilierung, Injektionen, etc.) Referenzabschnitte erstellt, damit vorab Materialprüfungen durchgeführt werden können. Die Abschnitte haben eine Länge von 5 m pro Sanierungsmassnahme.

Die Referenzabschnitte müssen mindestens 28 Tage vor dem Beginn der Bauarbeiten abgeschlossen sein. Nach Vorliegen der erfüllten Prüfergebnisse erfolgt die Freigabe der weiteren Arbeiten. Der Zugang zu den vorab erstellten Flächen muss auch während der Bauarbeiten gewährleistet sein. Grundsätzlich müssen die Referenzabschnitte von den Personen erstellt werden (z. B. Polier, Düsenführer), die später auch die eigentlichen Sanierungsarbeiten durchführen werden.

## 8.4.3 Prüfungen

Die Prüfung der einzelnen Massnahmen und Bauteile an den Referenzflächen sowie während der Bauausführung erfolgt gemäss den Kontrollplänen im Anhang dieser Wegleitung.

## 8.5 Baustellenabwässer (SIA / VSA-Empfehlung 431)

### 8.5.1 Allgemeines

Die Einleitung von unbehandeltem Baustellenabwasser bei der Sanierung von begehbaren Kanälen kann zu grossen Problemen im Kanalsystem und in natürlichen Gewässern (Direkteinleitung oder über Regenwasserkanäle) führen.

Für Baustellenabwasser, welches in die öffentliche Kanalisation geleitet wird, ist durch die Unternehmung eine Bewilligung von ERZ Entsorgung + Recycling Zürich, Qualität/Industrielle Abwässer (Q/IAW), einzuholen. Zementabwasser (insbesondere Wasser nach Kontakt mit Beton, z. B. in Geräten zur Betonverarbeitung, aber auch bei Betonabtrag) kann durch seinen hohen pH-Wert einen schädigenden Einfluss auf die in natürlichen Gewässern lebenden Organismen und Mikroorganismen in einer Kläranlage haben.

Das unkontrollierte Einleiten von nicht vorbehandeltem Zementabwasser in die Kanalisation ist daher verboten.

Durch die Unternehmung verursachte Verschmutzungen von Kanälen werden durch ERZ Entsorgung + Recycling Zürich auf Kosten der Unternehmung beseitigt (Sand, Zement, Beton, Ablagerungen, Beleuchtung, Provisorien etc.).

## 8.5.2 Entwässerungskonzept

Grundsätzlich ist ein Baustellenentwässerungskonzept für die umweltgerechte Entwässerung der Baumassnahme auszuarbeiten. Als verbindliche Grundlage dient die SIA / VSA-Empfehlung 431 – «Entwässerung von Baustellen».

Das Entwässerungskonzept ist als Bestandteil des Projektes schriftlich zu verfassen, dabei sind folgende Punkte auszuführen:

- Lage des Kanals (Strasse, Kanalperimeter, Haltungen)
- Grundwasserverhältnisse
- wasserrelevante Arbeitsgänge (Wasserhaltung, Abwasserart, Fassung des Abwassers)
- Abwassermenge und zeitlicher Anfall
- Beginn und Ende der Wasserhaltung
- mögliche aussergewöhnliche Ereignisse (z. B. Flutung des zu sanierenden Kanalabschnitts bei Regen)
- Vorbehandlung des Abwassers (Vordimensionierung der Anlagen, Installationsort)
- vorgesehene Einleitungsmöglichkeit (Haltung)
- Kontrollmessungen (z. B. mit Lackmuspapier)

Die Beurteilung des Entwässerungskonzepts sowie die Bewilligung für das Einleiten von Abwasser in die Kanalisation erteilt ERZ, Q/IAW. Eine Konzept-Vorlage ist im Internet erhältlich.

## 8.5.3 Abwasservorbehandlung

In der SIA / VSA-Empfehlung 431 werden unterschiedliche Systeme zur Vorbehandlung der anfallenden Abwässer vorgestellt. Es ist zu prüfen, welches Verfahren zur Abwasservorbehandlung bei Werterhaltungsmassnahmen in begehbaren Kanälen zum Einsatz kommen soll (grundsätzlich Absetzbecken, Neutralisation).

Bei geringem Schmutzwasseranfall und kurzer Dauer der Baumassnahme kann es wirtschaftlich sein, das Abwasser mit einem Saugwagen zu sammeln und zu entsorgen. Bei grösseren Mengen, die nicht mehr einfach entsorgt werden und zu einer erheblichen Belastung des Wassers führen können, muss ein Absetzbecken der Einleitung vorgeschaltet werden. Bei kritischen, durch Betonkontakt meist stark erhöhten pH-Werten (erlaubt sind pH-Werte von 6.5 bis 9.0), wird die Neutralisation unabdingbar.

Absetzbecken und Neutralisationsanlagen werden gegen Verrechnung durch ERZ Entsorgung + Recycling Zürich zur Verfügung gestellt und betrieben. Die Offerte ist über ERZ Entsorgung + Recycling Zürich, Qualität/Industrielle Abwässer anzufordern.

## 8.6 Kabel in Kanälen

Bis zum heutigen Zeitpunkt wurden ca. 50 km begehbare Kanäle mit einem oder mehreren Kabeln bzw. Leerrohren ausgerüstet. Diese Kabel dürfen nicht beschädigt werden. Analog zu anderen Werken sind bei Innensanierungen die notwendigen Schutzmassnahmen entsprechend zu planen bzw. Umlegungsprojekte zu erarbeiten. Ansprechpartner für bauliche Belange von Seiten ERZ Entsorgung + Recycling Zürich ist der Prozessverantwortliche Bauqualität Kanalnetz.

## 9 Projektabschluss

Der Abschluss des Projektes erfolgt auf der Grundlage des gemäss Pflichtenheftes und Vertrages erfolgreich erstellten Bauwerks. Zum Projektabschluss gehören:

- Abnahme des Bauwerks im Beisein von ERZ Entsorgung + Recycling Zürich (vgl. SIA 190, Kapitel «Abnahme, Schlussprüfung und Inbetriebnahme»),
- Schlussbericht des ausgeführten Bauwerks (Projektbeschreibung, Untersuchungen, Technische Daten, Fotodokumentation),
- Behebung der Mängel mit entsprechenden Nachweisen,
- Erstellen der Schlussabrechnung,
- Abgabe des nachgeführten Qualitätsmanagement-Ordners,
- Übergabe der Dokumente an das Tiefbauamt Stadt Zürich (inkl. nachgeführten Plänen «Ausgeführtes Bauwerk»).

Zusätzlich ist bei Projektabschluss sicherzustellen, dass sämtliche projektrelevanten Informationen vom Projektverantwortlichen (TAZ) an ERZ Entsorgung + Recycling Zürich übergeben werden.

## 10 Stichwortverzeichnis

<b>A</b>		<b>K</b>	
Abflussmessungen	60	Kanaleinstieg	5, 15
Abschottung	59	Knaufsche Sohle	36, 39, 43
Absetzbecken	62	Kontrollschächte	15, 36, 58
Absturzgefahren	5, 8	Korrosion	10, 12, 13, 14, 17, 47, 67
Absturzsicherung	7	Korrosionsgrad	18
Alarmierung	7, 8, 9, 58	Korrosionsschutz	13, 51
Arbeitsbereich	8		
<b>B</b>		<b>L</b>	
Bakterien	13	Laboruntersuchungen	19
Betonkorrosion	13	Lastansätze	23
Bettung	22, 24, 25, 26, 27, 28	Leistungsverzeichnis	57
Bettungsmoduls	26	Lüftungsanlagen	6
Bewehrung	12, 13, 17, 32, 36, 41, 51		
Biofilm	13	<b>M</b>	
Bohrkerne	16	Mikroorganismen	13
Bohrkernentnahme	17		
<b>C</b>		<b>N</b>	
Chloridgehalt	13	Neutralisation	62
		Neutralisationsbecken	62
		Notfall	8
		Notfallorganisation	5, 8
<b>E</b>		<b>P</b>	
Eigenüberwachung	60	Polymerbeton	36, 44, 47, 52, 53, 54, 55, 60
Eigenverantwortung	4	Polymerbetonschalen	36, 55
Eignungsnachweis	50	Produkte	50
Einbauten	32	Projektdefinition	2, 31, 48, 57
Entwässerungskonzept	62	Provisorien	8, 48, 49, 59
Erhaltungsmassnahmen	36	Prüflabor	50
Erneuerung	34, 35		
Ettringit	13	<b>Q</b>	
<b>F</b>		Qualitätsanforderungen	60
Flächenspachtel	41, 51	Qualitätssicherungskonzept	60
Fugen	32, 54, 55	Qualitätssicherungsplan	60
<b>G</b>		<b>R</b>	
Gaswarngerät	6	Referenzflächen	61
Gebrauchstauglichkeit	32, 34, 48	Reparatur	34, 35
Gefahren	4, 5, 8, 34, 48	Rissbild	10
Gefügeuntersuchung	19	Risse	10
Geltungsbereich	1		
<b>H</b>		<b>S</b>	
Haftzugfestigkeit	19, 50, 51, 52, 54	Sanierung	34, 35, 49, 52, 61
Haltung	33	Säureangriff	12
		Schadensbilder	10
		Schadensstufen	33

Schnitt	16	Ultraschall	16
Schutzkleidung	6		
Schutzmassnahmen	4, 5, 6, 7, 62	<b>V</b>	
Sicherheit	32	Verbindungsperson	5
Sicherheitsmassnahmen	4	Verkehrslast	23, 25
Sicherheitsposten	5	Verkleideplatten	42, 43
Sofortmassnahmen	23	Vorprojekt	48, 49
Sohlenbeton	41		
Sprechverbindung	5	<b>W</b>	
Spritzbeton	6	Wasserdichtigkeit	19, 50, 51, 52, 53, 54
Steinzeugplatten	36	Wasserhöchstdruck	39
Submissionsverordnung	57	Werterhaltung	49
Sulfatkonzentration	13		
	<b>T</b>	<b>Z</b>	
Trockenwetterabfluss	40, 43	Zustandsbeurteilung	32
	<b>U</b>	Zustandsentwicklung	32
Überdeckung	22, 24, 25, 26, 27, 28, 41, 52	Zustandserfassung	15, 32, 34

## 11 Literatur- und Quellverzeichnis

### 11.1 Sicherheitsmassnahmen

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA)

- Merkblatt «Sicheres Einsteigen und Arbeiten in Schächten, Gruben und Kanälen»
- Richtlinie «Arbeiten in Behältern und engen Räumen»
- Empfehlung «Verhütung blutübertragbarer Infektionen»
- Checkliste «Kleinbohrungen und Spritzbeton im Spezialtiefbau»

Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS)

- Norm SN 640 886 «Temporäre Signalisation auf Haupt- und Nebenstrassen»
- Norm SN 640 710c «Warnkleidung bei Arbeiten im Strassenbereich»

Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS)

- Richtlinie Betrieb von Höchstdruck-Wasserstrahl-Geräten

Bundesgesetz über die Unfallversicherung (UVG)

Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (Bauarbeitenverordnung, BauAV)

Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (Verordnung über die Unfallverhütung [VUV])

Gesetzliche Unfallversicherungsanstalt (GUV) Deutschland

- GUV-R 126 «Sicherheitsregeln für Arbeiten in umschlossenen Räumen von abwassertechnischen Anlagen»
- GUV-V C 5 Unfallverhütungsvorschrift Abwassertechnische Anlagen

### 11.2 Normen und Richtlinien

SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein

- SIA Norm 190: Kanalisationen (2000)
- SIA Norm 469: Erhaltung von Bauwerken (1997)
- SIA Ordnung 112: Leistungsmodell (2001)
- SIA 162/5: Erhaltung von Betonbauwerken (1997)
- SIA 262/1: Betonbau – Ergänzende Festlegungen (2003)
- SIA 262/611: Spritzbeton Teil 1, Begriffe, Festlegung und Konformität
- SIA 262/612: Spritzbeton Teil 2, Ausführung
- SIA 270: Abdichtungen und Entwässerungen
- SIA-Empfehlung 431: Entwässerung von Baustellen
- SIA-Empfehlung 430: Entsorgung von Bauabfällen

VSA Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute

- Erhaltung von Kanalisationen (1992/2003/2007)
- Richtlinie Qualitätssicherung bei Instandsetzungs- und Sanierungsarbeiten an nicht begehbaren Kanalisationen (QUIK) (2002)

DWA-Regelwerk

ATV-M 143 Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen  
Teil 1: Grundlagen (August 2004)

- Teil 2: Optische Inspektion (April 1999)
- Teil 4: Montageverfahren für begehbare Abwasserleitungen und -kanäle und Bauwerke (April 1999)
- Teil 8: Injektionsverfahren zur Abdichtung (erdverlegten) Abwasser (August 2004)

ATV-M 168    Korrosion von Abwasseranlagen - Abwasserableitung

### 11.3 Weitere Veröffentlichungen

Deutscher Ausschuss für Stahlbeton

- Richtlinie: Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Teil 1 – 4, 2001)

ZTV-ING: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (2003)

TL/TP FG-EP: Technische Lieferbedingungen / Technische Prüfbedingungen für Füllgut aus Epoxidharz und zugehöriges Injektionsverfahren, Ausgabe 1993, BMVBW

TL/TP FG-PUR: Technische Lieferbedingungen / Technische Prüfbedingungen für Füllgut aus Polyurethanharz und zugehöriges Injektionsverfahren, Ausgabe 1993, BMVBW

TL/TP FG-ZL/ZS: Technische Lieferbedingungen / Technische Prüfbedingungen für Füllgut aus Zementleim/Zementsuspension und zugehöriges Injektionsverfahren, Ausgabe 1995, BMVBW

Rohrleitungssanierungsverband e.V.

- Merkblatt 6: Sanierung von begehbaren Entwässerungsanlagen und -kanälen sowie Schachtbauwerken, Montageverfahren (2003)

STEIN, Dietrich, 1999

- Instandhaltung von Kanalisationen, 3. Auflage, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 1999

Deutsche Industrienorm

- Taschenbuch 152, Abwassertechnik 4

DIN EN 295-1 bis 7, Steinzeugrohre



## 12 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Aufgabentrennung	3
Abbildung 2:	Schadensbilder bei unbewehrten Kanälen	12
Abbildung 3:	Schadensbilder bei bewehrten Kanälen	14
Abbildung 4:	Probenentnahme bei Ei-Profilen	17
Abbildung 5:	Probenentnahme / Sondierungen bei Rechteck-Profilen	18
Abbildung 6:	Kanäle mit geringer Überdeckung	24
Abbildung 7:	Modellbildung Kanäle mit geringer Überdeckung	25
Abbildung 8:	Kanäle mit grosser Überdeckung	26
Abbildung 9:	Kanäle mit grosser Überdeckung, Fall 1	27
Abbildung 10:	Kanäle mit grosser Überdeckung, Fall 2	28
Abbildung 11:	lokale Massnahmen bei Ei-Profil	37
Abbildung 12:	lokale Massnahmen bei bewehrtem Rechteck-Profil	38
Abbildung 13:	Ei-Profile mit flächiger Sanierung	39
Abbildung 14:	Ei-Profile mit sanierter Sohle	40
Abbildung 15:	sanierteres Rechteck-Profil	41
Abbildung 16:	grossflächige Sanierung mit Querschnittsverlust	42
Abbildung 17:	grossflächige Sanierung ohne Querschnittsverlust	43
Abbildung 18:	Sanierung Querschnitt mit Polymerbeton-Elementen	44
Abbildung 19:	Sanierung Spezialprofil mit Steinzeugplatten	45
Abbildung 20:	Verstärkung Spezialprofil	46
Abbildung 21:	sanierteres Rechteck-Profil	47
Abbildung 22:	Schemaskizze Abschottung	59

## 13 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Schadensstufen ERZ (baulicher Zustand Hauptleitungen)	33
Tabelle 2:	Begriffsdefinitionen	34
Tabelle 3:	Anforderungen an Materialien	50

# Anhang

## 1 Notfallorganisation

Alle Personen, die während der Bauarbeiten in den Kanal einsteigen, sind über die Gefahren und die verschiedenen Alarme orientiert. Sie werden angehalten, die nachstehenden Massnahmen strikt einzuhalten und eine Bestätigung als Einverständenerklärung zu unterschreiben.

Alle Vorfälle werden im Tagesrapport und im QS-Ordner durch den Bauführer / Polier unverzüglich notiert.

### 1.1 Gas

4-Phasen-Messgerät mit optischem und akustischem Alarm. Das Gerät wird bei allen Arbeiten im Kanal in Betrieb genommen (Standort: z. B. Polier, aufgehängt in Nähe der Arbeitsstelle). Letzte Justierung und Funktionskontrolle durch Lieferfirma gemäss Wartungsvertrag. Das Gerät wird über Nacht im Polierbüro regelmässig aufgeladen. Das Messgerät justiert sich beim Einschalten automatisch. Standort der Selbstretter: in Kontrollschächten.

#### Gasalarm

(ausgelöst durch das Messgerät oder undefinierbarer Geruch (z. B. Lösungsmittel etc.)

#### **Massnahmen:**

- 1. Kanal räumen.**
- 2. Rauchen im Freien einstellen (Rauchen im Kanal ist immer verboten!).**
- 3. Messgerät neu justieren, neue Messung mit Seil vornehmen.**
- 4. Alarmierung gemäss folgender Reihenfolge:**
  - Feuerwehr 118
  - Bauführer
  - Bauleitung
  - Oberbauleitung
  - ERZ KSC (24 Stunden) 044 645 52 22

## 1.2 Wasser

Permanente Wasserstandmessung in definierten Kontrollschächten. Optischer und akustischer Alarm muss so installiert werden, dass dieser während der Arbeiten hör- und sichtbar ist. Wöchentliche Kontrolle und nach jedem Alarm durch den Bauführer oder Stellvertreter. Ein Eintrag der Kontrollen und der Alarme muss im Tagesrapport und QS-Ordner erfolgen. Ist ein übermässiger Anstieg des Wasserstandes festzustellen, muss sofort nach der Ursache gesucht werden.

### **Überflutungsalarm**

#### **Massnahmen:**

##### **1. Kanal räumen**

##### **2. Alarmieren gemäss folgender Reihenfolge:**

- ERZ KSC (24 Stunden) 044 645 52 22
- Bauführer
- Bauleitung
- Oberbauleitung

##### **3. Ursache suchen:**

- Niederschlag
- Verstopfung im eingestauten Kontrollschacht
- Verstopfung im Provisorium
- Weitere (z. B. Verschmutzung Pumpe etc.)

##### **4. Ursache beheben:**

- Kontrollschacht absaugen
- Provisorium spülen und absaugen, Pumpe reinigen
- Eintrag im Tagesrapport und QS-Ordner

### **Gewässerverschmutzung**

#### **Massnahmen:**

##### **1. Ursache stoppen.**

##### **2. Alarmierung gemäss folgender Reihenfolge:**

- Feuerwehr 118
- Bauführer
- Bauleitung
- Oberbauleitung
- ERZ KSC (24 Stunden) 044 645 52 22

### **1.3 Personenschutz**

Alle Personen, die sich im Kanal aufhalten, tragen ein Spezial-Übergewand mit integrierten Rettungsbändern oder Rettungsgeschirr mit Karabinerhaken zur Rettung aus der Tiefe. Handschuhe, festes Schuhwerk und bei Bedarf Mundschutz. Eine gute persönliche Hygiene ist ein Muss für alle Arbeiten im Kanal. Sauerstoff-Selbstretter sind in der Nähe des Arbeitsplatzes zu positionieren.

## Hinweis zu den Kontrollplänen:

Bei den Prüfungen wird jeweils das Gesamtsystem als Einheit betrachtet. Die Prüfungen pro einzelner Arbeitsgattung (z. B. Flächenspachtel) werden **nicht** über das Gesamtsystem aufsummiert.

Beispiel:

Bei einem Systemaufbau Spritzmörtel + Flächenspachtelung werden gemäss den nachfolgenden Kontrollplänen neben den allgemeinen Kontrollen folgende Prüfungen durchgeführt (pro 100 m Kanallänge):

Wasserdichtigkeit: 4 Bohrkerne Ø 50 mm  
 Druckfestigkeit: 3 Bohrkerne Ø 50 mm  
 Haftzugfestigkeit: 6 Bohrkerne Ø 50 mm  
 Gefügebau: 1 Bohrkern Ø 50 mm

## Kontrollplan Sanierungsmörtel/ -betone, Spritzbeton/ -mörtel

Gegenstand der Kontrolle / Bauteil	Prüfobjekt, Prüfungskriterien	Prüfmethode	Anzahl Prüfungen	Anforderungen	Erf. Massnahmen bei Nichterfüllung	Anzahl Prüfungen Referenzabschnitt
<b>Baustoffe / Materialien</b>	Baumaterialien	Sichtkontrolle	laufend	Lagerung	korrigieren	
	Baumaterialien	Rezeptur gemäss Datenblatt	laufend	gemäss Projektvorgabe	Rückweisung	
	Wasserdichtigkeit	SN EN 12390-8	4 BK Ø 50 mm*	mittlere Eindringtiefe ≤ 20 mm	Nach Absprache	4 BK Ø 50 mm
	Druckfestigkeit	SN EN 12504-1	3 BK Ø 50 mm*	Druckfestigkeit > 45 N/mm <sup>2</sup>	Nach Absprache	3 BK Ø 50 mm
	Haftzugfestigkeit	SN EN 1542	6 BK Ø 50 mm*	Zielwert ≥ 1.5 N/mm <sup>2</sup>	Nach Absprache	6 BK Ø 50 mm
	Gefügebau / Schichtstärken	Mikroskopisch	1 BK Ø 50 mm*	Aufbau gemäss Produkt-Spez.	Nach Absprache	1 BK Ø 50 mm
<b>Ausführung</b>	Beton-/Mörtelabtrag mit HDW	Gewässerschutz Neutralisation	laufend	Einhaltung Gewässerschutz	korrigieren, Baustopp	
	Betonabtrag	Sichtkontrolle	vollflächig	Ausführung, Tiefe Abtrag	korrigieren	Vollflächig
	Haftbrücke	Sichtkontrolle	laufend	gem. Produkt-Spezifikationen	korrigieren	
	Reprofilierung	Sichtkontrolle / abklopfen	vollflächig	keine Hohlstellen, Schichtstärke	korrigieren	Vollflächig
	Überdeckung Bewehrung	Messgerät (z. B. Profometer)	500 Messwerte*	Überdeckung ≥ 40 mm	Nach Absprache	50 Messwerte
	Spritzschatten	Bohrkerne durch Bewehrungskreuze	4 BK Ø 50 mm*	keine Spritzschatten	Nach Absprache	2 BK Ø 50 mm
		Nachbehandlung	Sichtkontrolle	laufend	gem. Produkt-Spezifikationen	korrigieren

\* pro 100 m Kanallänge

## Kontrollplan Sohlen-, Versetz-, Ausgleichsbeton und Mörtel, Bankettbeton

Gegenstand der Kontrolle / Bauteil	Prüfobjekt, Prüfungskriterien	Prüfmethode	Anzahl Prüfungen	Anforderungen	Erf. Massnahmen bei Nichterfüllung	Anzahl Prüfungen Referenzabschnitt
<b>Baustoffe / Materialien</b>	Baumaterialien	Sichtkontrolle	laufend	Lagerung	korrigieren	
	Baumaterialien	Rezeptur gemäss Datenblatt	laufend	gemäss Projektvorgabe	Rückweisung	
	Wasserdichtigkeit	SN EN 12390-8	4 BK ø 50 mm* (Bei Bedarf)	mittlere Eindringtiefe ≤ 20 mm	Nach Absprache	4 BK ø 50 mm (Bei Bedarf)
	Druckfestigkeit	SN EN 12504-1	3 BK ø 50 mm* (bei Bedarf)	Druckfestigkeit > 45 N/mm <sup>2</sup> (Mörtel), Beton gem. Rezeptur	Nach Absprache	3 BK ø 50 mm (Bei Bedarf)
	Haftzugfestigkeit	SN EN 1542	6 BK ø 50 mm* (bei Bedarf)	Zielwert ≥ 1.5 N/mm <sup>2</sup>	Nach Absprache	6 BK ø 50 mm (Bei Bedarf)
<b>Ausführung</b>	Systemaufbau	Funktion	laufend	Funktion gemäss Vorgabe	Nach Absprache	

\* pro 100 m Kanallänge

## Kontrollplan Flächenspachtel

Gegenstand der Kontrolle / Bauteil	Prüfobjekt, Prüfungskriterien	Prüfmethode	Anzahl Prüfungen	Anforderungen	Erf. Massnahmen bei Nichterfüllung	Anzahl Prüfungen Referenzabschnitt
<b>Baustoffe / Materialien</b>	Baumaterialien	Sichtkontrolle	laufend	Lagerung	korrigieren	
	Baumaterialien	Rezeptur gemäss Datenblatt	laufend	gemäss Projektvorgabe	Rückweisung	
	Haftzugfestigkeit	SN EN 1542	6 BK ø 50 mm*	Zielwert ≥ 1.5 N/mm <sup>2</sup>	Nach Absprache	6 BK ø 50 mm
	Gefügebau Gesamtsystem	Mikroskopisch	1 BK ø 50 mm*	Gesamtaufbau gemäss Definition	Nach Absprache	1 BK ø 50 mm
<b>Ausführung</b>	Beton-/Mörtelabtrag mit HDW	Gewässerschutz Neutralisation	laufend	Einhaltung Gewässerschutz	korrigieren, Baustopp	
	Applikations-Bedingungen	Oberflächentemp. Lufttemperatur rel. Luftfeuchtigkeit Untergrundfeuchte	laufend	Applikation möglich	Keine Applikation	
	Untergrund Rauhigkeit	Sichtkontrolle Sandflächenverfahren	laufend	Applikation möglich	korrigieren	
	Schichtdicke	Materialverbrauch Nassfilmkamm	laufend	keine Hohlstellen, Schichtstärke	korrigieren	
	Nachbehandlung	Sichtkontrolle	laufend	gem. Produkt-Spezifikationen	korrigieren	

\* pro 100 m Kanallänge

## Kontrollplan Bewehrung

Gegenstand der Kontrolle / Bauteil	Prüfobjekt, Prüfungskriterien	Prüfmethode	Anzahl Prüfungen	Anforderungen	Erf. Massnahmen bei Nichterfüllung	Anzahl Prüfungen Referenzabschnitt
<b>Ausführung Sanierung</b>	Materialabtrag	Sichtkontrolle	alle Eisen	Bewehrung freilegen	korrigieren	Alle Eisen
	Entrostet der Bewehrung	Sichtkontrolle	alle Eisen	Reinheitsgrad	korrigieren	Alle Eisen
	Korrosionsschutz	Sichtkontrolle	alle Eisen	gem. Produkt-Spezifikationen	korrigieren	Alle Eisen
	Haftbrücke	Sichtkontrolle	alle Eisen	gem. Produkt-Spezifikationen	korrigieren	Alle Eisen
<b>Ausführung Zusatzbewehrung</b>	Anzahl, Lage, Vollständigkeit	Sichtkontrolle	laufend	gemäss Ausführungsplänen	korrigieren	laufend
	Korrekte Bewehrung	Sichtkontrolle	laufend	gemäss Ausführungsplänen	korrigieren	laufend

## Kontrollplan Rissinjektionen

Gegenstand der Kontrolle / Bauteil	Prüfobjekt, Prüfungskriterien	Prüfmethode	Anzahl Prüfungen	Anforderungen	Erf. Massnahmen bei Nichterfüllung	Anzahl Prüfungen Referenzabschnitt
<b>Ausführung</b>	Applikationsbedingungen	Nach Angaben Produktlieferant	laufend	Applikation möglich	Keine Applikation	laufend
	Dichtigkeit	Sichtkontrolle	jeder Riss	Dichtigkeit	korrigieren	Jeder Riss
	Füllgrad	Messlupe, Mikroskop an Bohrkern	bei Bedarf	Riss gefüllt	Nach Absprache	Bei Bedarf

## Kontrollplan Vergussmörtel (Kanalsohle + Verfüllung Knaufsche Sohlenelemente)

Gegenstand der Kontrolle / Bauteil	Prüfobjekt, Prüfungskriterien	Prüfmethode	Anzahl Prüfungen	Anforderungen	Erf. Massnahmen bei Nichterfüllung	Anzahl Prüfungen Referenzabschnitt
<b>Baustoffe / Materialien</b>	Baumaterialien	Rezeptur gemäss Datenblatt	laufend	Gemäss Projektvorgabe	Rückweisung	
	Druckfestigkeit	SN EN 12504-1	1 BK ø 50 mm* (Bei Bedarf)	Druckfestigkeit > 40 N/mm <sup>2</sup>	Nach Absprache	1 BK ø 50 mm (Bei Bedarf)
<b>Ausführung</b>	Hohlräume	Sichtkontrolle	2 BK ø 50 mm*	Keine Hohlräume	Nach Absprache	1 BK ø 50 mm

\* pro 100 m Kanallänge

## Kontrollplan Bauteile aus Steinzeug, Polymerbeton

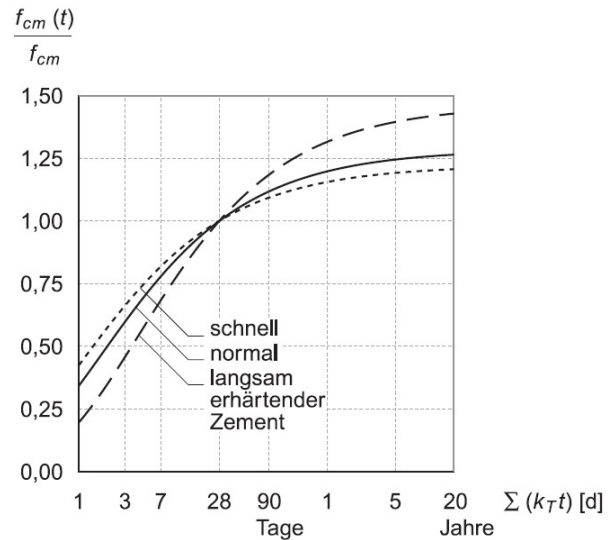
Gegenstand der Kontrolle / Bauteil	Prüfobjekt, Prüfungskriterien	Prüfmethode	Anzahl Prüfungen	Anforderungen	Erf. Massnahmen bei Nichterfüllung	Anzahl Prüfungen Referenzabschnitt
<b>Baustoffe / Materialien</b>	Baumaterialien	Sichtkontrolle	laufend	Lagerung	korrigieren	
	Sohlenschalenelemente / Verkleideplatten	Sichtkontrolle / abklopfen	jede Schale / Platte	qualitativ einwandfrei, Überprüfung Toleranzen	Schale / Platte nicht einbauen	jede Schale / Platte
<b>Ausführung</b>	Sohlenschalenelemente / Verkleideplatten	Sichtkontrolle / abklopfen	jede Schale / Platte	keine Hohlstellen	korrigieren	
	Längs- und Querfugen	Sichtkontrolle	jede Fuge	einwandfreie Ausführung, Verbund	korrigieren	
	Haftzugfestigkeit Fugenmörtel, Epoxy-Klebemörtel	SN EN 1542	3 BK ø 50 mm*	Zielwert $\geq 1.5 \text{ N/mm}^2$	Nach Absprache	3 BK ø 50 mm

\* pro 100 m Kanallänge



## Abschätzung von Materialkennwerten

Werden Materialproben vor dem Ablauf von 28 Tagen geprüft, kann die zeitliche Entwicklung der Druckfestigkeit anhand der nachfolgenden Abbildung (Quelle: SIA 262:2003, Figur 1, Seite 25) abgeschätzt werden.



**Abbildung A1:** zeitliche Entwicklung der Druckfestigkeit (SIA 262)

Zum Abschätzen des Temperatureinflusses auf z. B. die Festigkeitsentwicklung des Mörtels / Betons kann die Saulsche Regel benutzt werden. Mit ihr wird die erforderliche Reaktionszeit  $t_T$  (in Stunden oder Tagen) bei einer gegebenen Temperatur  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) abgeschätzt, die erforderlich ist, um die gleiche Festigkeit wie bei einer Lagerung bei  $20^{\circ}\text{C}$  zu erreichen. Es gilt:

$$t_T = \frac{30}{T + 10} \cdot t_{20}$$

Hinweis: kunststoffmodifizierte und faserverstärkte Produkte können eine unterschiedliche Entwicklung der Festigkeit aufweisen.



