

Merkblatt Projektierung von Speicherkanälen

Bericht

Zürich, 16. November 2020

Herausgeberin

Stadt Zürich
ERZ Entsorgung + Recycling Zürich
Entwässerung
Bändlistrasse 108
Postfach, 8010 Zürich

Tel. +41 44 645 55 55
Fax +41 44 645 55 56
www.erz.ch

Redaktionelle Bearbeitung**Verfasser/in**

Annika Walzer
Markus Antener
Carla Hagen
Daniel Sommerhalder
Renato Kienberger

Version

2.5

Aktualisierung

Datum	Details	Verantwortlich

Inhalt

1	Zusammenfassung	4
2	Einleitung	4
2.1	Ausgangslage	4
2.2	Ziel	4
2.3	Merkblatt	4
2.4	Vorhandene Dokumente	5
3	Ablauf der Projektierung eines Speicherkanals	5
3.1	Projektdefinition	5
3.2	Vorstudie (bei Bedarf)	5
3.3	Vorprojekt	6
3.3.1	Vorabklärungen	6
3.3.2	Vorbesprechung Kanalprojekt	6
3.3.3	Vorbesprechung Infoversand	7
3.3.4	Infoversand	7
4	Bericht, Fachinhalt	7
4.1	Hydraulik	7
4.1.1	Nutzen / Ziel der Abwasserspeicherung	7
4.1.2	Drosselorgan	8
4.1.3	Selbstreinigung	8
4.1.4	Notentlastung (bei Speichern zur Brechung von Abflussspitzen)	10
4.1.5	Seitliche Einmündungen von Abwasser	11
4.1.6	Rückstauhöhen	11
4.1.7	Retentions-Kaskaden	12
4.2	Bauliche Belange	12
4.2.1	Profiltyp	12
4.2.2	Grabenlose Verfahren	13
4.2.3	Vorfabrizierte Elemente	13
4.3	Betriebliche Belange	13
4.3.1	Lage der Zugänge und Platzbedarf beim Einstieg	13
4.3.2	Einbauten / Drosselorgane	14
4.3.3	Begehbarkeit	14
4.3.4	Weitere	14
4.3.5	Distanzen zwischen den Einstiegen	14
4.4	Monitoring, Messung von Entlastungen	14
4.5	Schnittstellen	15
4.5.1	AL-Anschlüsse	15
4.5.2	Explosible Flüssigkeiten, Interventionsstellen	16
4.5.3	Konkurrenzierende Interessen	16
4.6	Weitere beachtenswerte Themen	17
4.6.1	Geruchsemissionen	17
4.6.2	Lärmemissionen	17

1 Zusammenfassung

Speicherkanäle haben wichtige Aufgaben im Entwässerungsnetz zu erfüllen, sei es im Interesse des Gewässerschutzes, zur Rückhaltung von Schmutzstoffen oder zum Hochwasserschutz mit der Glättung von Abflussspitzen.

In der Vergangenheit sind insbesondere bei Speicherkanälen gehäuft Schwierigkeiten im Betrieb aufgetreten. Zudem stellten sich häufig dieselben Fragen bei der Projektierung. Mit dem "Merkblatt Projektierung von Speicherkanälen" soll eine ausreichende Qualitätssicherung erreicht werden ohne wesentliche Mehraufwände zu generieren.

Das Merkblatt ist intern für die Projektleitenden im Tiefbauamt und bei ERZ gedacht. Es soll als Gedankenstütze für die zu bearbeitenden Fragestellungen und als Input von Lösungsansätzen dienen. Den Projektverfassenden und den Hydraulikspezialisten bei ERZ wird zudem empfohlen, diesen Bericht eingehend zu studieren und dessen Inhalt im Projekt umzusetzen.

Das Projektteam wünscht allen Leserinnen und Lesern "Gutes Gelingen" mit den projektierten und realisierten Speicherkanälen.

2 Einleitung

Speicherkanäle sind eine effektive Massnahme, um während eines Starkregenereignisses temporär Abwasser zu speichern und damit die Abflussspitze zu dämpfen sowie Mischabwasserentlastungsmenge und –häufigkeit in die Vorfluter zu reduzieren.

Im Rahmen der GEP Prognoseberechnung wird eine hydraulische Massnahme (Speicher im Hauptschluss), vereinfacht beschrieben, durch ein zu grosses Rohr modelliert.

2.1 Ausgangslage

Speicherkanäle führten in der Vergangenheit zu erheblichen Ablagerungsproblemen und erhöhtem Unterhalt auch im Zusammenhang mit Anschlussleitungen. In der Projektierung entsteht regelmässig zu aufwändige Projektarbeit und ab und zu sind Korrekturen in letzter Minute notwendig. Bisher sind praktisch keine Messwerte zum Funktionieren von Speicherkanälen vorhanden und einzelne Speicherkanäle wurden oder werden gegenwärtig mit Messequipment ausgerüstet. Die Erkenntnisse, wie Probleme weitestgehend vermieden werden können, sind bekannt, aber zu wenig verbreitet.

2.2 Ziel

Das Knowhow, Speicherkanäle effektiv zu projektieren und einen weitgehend problemlosen Betrieb sicher zu stellen, soll für sämtliche Beteiligte am Erstellungsprozess von neuen Kanälen zugänglich sein.

2.3 Merkblatt

Eine zusammenfassende Dokumentation der zu erwartenden Probleme und der möglichen Lösungsansätze, wird in Form eines Merkblattes bereitgestellt.

2.4 Vorhandene Dokumente

- Wissenstransfer I/15; Präsentation "Speicherkanäle"
- Wissenstransfer I/15; Nutzen Risiken Speicherkanäle, Beispiel Moränenstrasse
- Wissenstransfer II/15; Speicherkanäle, Ablagerungen verhindern; Beispiele Hönggerstrasse, Andreasstrasse
- Wissenstransfer 06; Hydraulische Details bei Kanalprojekten
- Wissenstransfer I/13; Anforderungen an die zu prüfenden hydraulischen Lastfälle
- Wissenstransfer I/16; Vorstudie Schweighofstrasse
- Q-Dokument ENT; Infoversand; (A_0103_009)

3 Ablauf der Projektierung eines Speicherkanals

Projektleitung und Projektverfassende sind verantwortlich dafür, dass die Entstehung des Projektes und sämtliche gefällten (Varianten)-Entscheide (inklusive die weggefallenen Varianten) lückenlos dokumentiert und - soweit für die Nachvollziehbarkeit erforderlich - begründet sind. Dies unterstützt insbesondere für die Phasen Ausführungsprojekt, Ausschreibung und Realisierung entscheidend, da in der Regel sämtliche Beteiligte neu sind oder (mehrfach) gewechselt haben.

Entscheide werden möglichst frühzeitig durch die Projektleitung ERZ gefällt. Sämtliche wichtigen Entscheide des ERZ unterliegen dem 4-Augen-Prinzip.

3.1 Projektdefinition

Die durch ERZ erstellte Projektdefinition beschreibt eine eindeutige Ausgangslage sowie die Vorgaben und definiert die zu erarbeitenden Resultate mit folgenden Angaben:

- Erforderliche Speicherkubatur (mit Erläuterung; Brutto / Netto / Netto abzüglich Durchfluss)
- Randbedingungen und Schnittstellen
 - Anschlusskoten oben, unten, seitlich
 - Massgebende Wassermengen und Wasserspiegel
- Grobfunktionsweise des Speichers, beschrieben im Massnahmenblatt, verifiziert und ergänzt durch PL GEP
- Dynamische Ganglinien aus den Berechnungsergebnissen sind bei ERZ erhältlich.

3.2 Vorstudie (bei Bedarf)

Eine Vorstudie ist in der Regel nur bei spezifischen komplexen Fragestellungen notwendig.

Der Detaillierungsgrad der Bearbeitung der einzelnen Themen muss aus dem technischen Bericht der Vorstudie hervorgehen:

- **Fixe Aspekte** sind bereits sorgfältig geprüft und definitiv festgelegt. Diese Aspekte dürfen in der weiteren Planung nicht mehr verändert werden (ohne den Entscheidungsprozess erneut zu durchlaufen).

- **Annahmen** werden getroffen, um Varianten beurteilen zu können. Sie müssen in den nachfolgenden Planungsschritten vor einer Festlegung sorgfältig überprüft werden.

3.3 Vorprojekt

Das Vorprojekt wird gemäss Dokument PHB_3_013_Besprechung Kanalprojekte gemeinsam mit ERZ erarbeitet. (Es werden die für einen Speicherkanal wichtigen Punkte aus dem Q-Dokument wiederholt).

3.3.1 Vorabklärungen

In einer ersten Phase des Vorprojektes werden Vorabklärung durchgeführt um die Randbedingungen für das Speicherbauwerk in Bezug auf folgende Themen zu definieren:

- Hydraulik: (siehe Kapitel 4.1)
- Geometrie, Querschnittsform (Kreis, Rechteck, etc.) und Abmessungen. Oft in Verbindung mit der Frage einer offenen oder geschlossenen Bauweise oder von vorgefertigten Elementen.
- Betrieb: Bereits zu diesem Zeitpunkt sind die Zugänglichkeit für den Betreiber sowie die generelle Unterhaltbarkeit der Bauwerke und Kanäle zu beachten.
- Wirtschaftlichkeit: Baukosten, Betriebs- und Unterhaltskosten, Kostenunsicherheiten und Risiken

Das Ziel des Variantenvergleichs ist es, unter Gewährleistung der definierten hydraulischen Funktion eine auch aus betrieblicher Sicht optimale Wirkung des Speicherbauwerks zu generieren. Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und Randbedingungen wie Kellerkoten, Minimalgefälle zur Vermeidung von Ablagerungen, zur Verfügung stehender Raum im Strassenquerschnitt oder bauliche Realisierbarkeit müssen dabei berücksichtigt werden.

Verschiedene Ideen werden ausdiskutiert und oft in Form eines Variantenvergleichs einer Lösung zugeführt.

An einer Besprechung mit ERZ wird die Bestvariante ermittelt und das weitere Vorgehen festgelegt. Der Variantenentscheid erfolgt durch ERZ.

3.3.2 Vorbereitende Kanalprojekt

- Die Funktionsweise des Speichers ist abschliessend definiert und dokumentiert.
- Alle zu bearbeitenden Varianten und offenen Fragen sind beschrieben.
- Die Kriterien für den Variantenvergleich sind definiert und bewertet/gewichtet.
- Erste Bauwerksskizzen sind erstellt
- Erste hydraulische Nachweise sind im Entwurf vorhanden.
- Vorschläge und Varianten für die Lage von Bauwerken und deren Einstiegen sind erarbeitet

3.3.3 Vorberechnung Infoversand

- Varianten sind beurteilt und bewertet
- Variantenentscheide sind gefällt
- Zielkonflikte sind gelöst oder deren späterer Lösungsweg beschrieben
- Die Machbarkeit der weiterzubearbeitenden Variante ist aufgezeigt
- die generelle Unterhaltbarkeit der Bauwerke und Kanäle ist nachgewiesen
- Hydraulikfragen sind soweit gelöst wie für den Variantenentscheid erforderlich
- Die Lage der Einstiege ist definiert
- Vermasste Bauwerksskizzen liegen vor

3.3.4 Infoversand

- Lage, Höhe, Profil der Kanäle liegen vor
- Bauwerke sind zumindest als massstäbliche Skizzen mit folgender Aussagekraft vorliegend: Funktionsweise, hydraulisch relevante Einbauten mit Nachweisen, Lage und Zugänglichkeit der Einstiege
- die Zugänglichkeit für den Betreiber sowie die generelle Unterhaltbarkeit der Bauwerke und Kanäle sind beschrieben und nachgewiesen.
- Sämtliche relevante Fragestellungen und durchgeführte Abklärungen sind nachvollziehbar dokumentiert.
- Entscheide – insbesondere diejenigen über Zielkonflikte – sind begründet.

4 Bericht, Fachinhalt

Ein Speicherkanal besteht aus den folgenden Elementen, die jedoch nicht alle vorhanden sein müssen:

- Zulauf (Höhe, Abflussmenge, Ganglinie)
- Seitliche Zuläufe
- Anschlussleitungen
- Speichervolumen
- Sohle (Trockenwetterrinne oder kontinuierliche Form der Sohle)
- Bankett
- Drosselorgan
- (Not)Überlauf
- Auslauf (Höhe, Leistungsfähigkeit)
- Seitlicher Auslauf
- Einstieg für Betrieb und Unterhalt
- Kaskade zwischen zwei Speichervolumina

Ebenfalls Beachtung bei der Projektierung finden:

- Geruchsneutralisation
- Lärmreduktion

4.1 Hydraulik

4.1.1 Nutzen / Ziel der Abwasserspeicherung

Es ist festzulegen, ob das Speichervolumen primär für

- den Hochwasserschutz (Spitzenbrechung) oder für
- den Gewässerschutz (späteres und selteneres Überlaufen in Gewässer)

eingesetzt werden soll.

Sollen beide Ziele in etwa gleich prioritär unterstützt werden, muss das Volumen gezielt aufgeteilt werden. Die Entlastung in untenliegende Kanalsysteme und Gewässer wird dadurch wesentlich komplexer und muss für beide Ziele separat nachgewiesen werden.

Der erwartete Nutzen des Speichervolumens wird von ERZ in der Projektdefinition festgelegt.

4.1.2 Drosselorgan

Das Drosselorgan ist eines der wichtigsten Elemente eines Speicherkanals. Hydraulisch relevant sind die folgenden Kriterien:

- Trennschärfe
- Abflussmenge zu Beginn der Drosselwirkung:
In aller Regel soll die Wirkung der Drossel so spät wie möglich einsetzen (ab dieser Abflussmenge wird Speichervolumen beansprucht und die Selbstreinigungskraft reduziert sich relevant)
- Abflussmengen bei garantierter Selbstreinigung von Kanalsole und Bankett:
 - A) Wie häufig wird die Selbstreinigung der Sohle erreicht
 - B) Wie häufig wird die Selbstreinigung des Banketts erreicht
 - Gibt es bei A) oder B) Rückstau des untenliegenden Kanals zu beachten?
- Höhendifferenz von der Drossel zum abfließenden Kanal und zur Speichersohle
- Maximale Abflussmenge bei voll gefülltem Speicher: Dieser Wert ist für das Hochwasserschutzziel massgebend.
- Abflussmenge beim Anspringen des Überlaufs des Speichers: Dieser Wert ist für das Gewässerschutzziel massgebend.
- Höhe der Öffnung / Hubhöhe des Schiebers: Für Mischabwasser wird aus betrieblichen Gründen ein Hub ≥ 20 cm gefordert
- Drosselmenge (für ungesteuerte Drosseln bei Mischabwasser gilt: Drosselmenge ≥ 30 l/s).

Notumlauf: Wenn eine rasche Intervention möglich sein muss und keine adäquate Alternative besteht, braucht das Drosselorgan einen Notumlauf, der auf den doppelten Trockenwetteranfall dimensioniert ist und dessen Absperrorgan bei voll gefülltem Speicher von einer Person betätigt werden kann. Er ist so tief wie möglich anzuordnen, darf jedoch nicht permanent im Abwasser stehen.

4.1.3 Selbstreinigung

Die Selbstreinigung eines Speicherkanals gilt in der Regel dann als gegeben, wenn auf der Sohle bei Q_{TW} keine Ablagerungen entstehen und bei jedem Einstauereignis mindestens einmal eine Reinigung von Ablagerungen auf dem Bankett stattfindet. Dazu braucht es eine Schleppspannung $\tau \geq 2.5$ N/m².

Vereinfacht ist die Selbstreinigung erfüllt, wenn bei Q_{TW} eine Abflusstiefe von 3 cm und eine Geschwindigkeit von 0.6 m/s (in der Rinne, in Abweichung zur Norm SIA 190) erreicht werden. Bei V-Sohlen und auf Banketten beträgt die erforderliche Abflusstiefe 3 cm an der seichtesten Stelle und die Fließgeschwindigkeit $v \geq 1.0$ m/s.

Bei geringen Schleppspannungen $1.0 < \tau < 2.5$ N/m² sind Alternativen zu evaluieren und dem PL GEP zum Entscheid vorzulegen.

Relevant sind sowohl der Trockenwetterabfluss Q_{TW} (in den Berechnungsergebnissen gerundet auf ganzzahlige "l/s") als auch die Charakteristik des Tagesgangs.

Sind Pumpen im Einzugsgebiet vorhanden, die relevante Mengen über eine Zeitdauer von mindestens 30 Sekunden pumpen, kann die Pumpmenge in die Betrachtung miteinbezogen werden.

Bei Regen stehen die Abflussmengen bei RG15 (nur Ist-Zustand), bei RG30 und bei RG50 in den Resultatfiles der hydrodynamischen Berechnung zur Verfügung. Andere Abflussmengen müssen abgeschätzt werden. Der Selbstreinigungsnachweis ist erbracht, wenn er bei RG15 oder RG30 gelingt. Bei RG50 und allen selbst gewählten Abflussmengen muss der Nachweis sorgfältig mit ERZ verifiziert werden.

Zur Ermittlung der Selbstreinigungsfähigkeit sind Einstauverhältnisse von untenliegenden Einrichtungen (Kanälen) zu berücksichtigen.

Totwasserzonen verhindern

In der Sohle und auf niedrigen Banketten in Bauwerken und Kanälen sind Totwasserzonen zu vermeiden. Insbesondere dem ungestörten Abfluss auf dem Bankett im Übergang zur Drossel und bei seitlichen Zuläufen ist besondere Beachtung zu schenken. Die Nachweise sind für diese Stellen explizit zu führen.

Rinne erforderlich ja/nein?

Baulich und betrieblich sind V-Sohlen bei begehbaren Kanälen anzustreben. Eine Sohlschale ist (mindestens) immer dann zu prüfen, wenn bei Q_{TW} die Gefahr von Mäanderbildungen in der Sohle mit wechselseitigen Permanentablagerungen besteht oder wenn die Schleppkraft nicht ausreicht.

Achtung: Eine Sohlschale kann auch zu einem Aufstau mit Ablagerungen im oberhalb anschliessenden Kanal führen. Im Übergang zu jeder Sohlschale sowie bei jedem Wechsel auf einen kleineren Rohrdurchmesser muss folglich eine Höhendifferenz in der Sohle vorhanden sein.

Dimensionierung der Rinne

Dimensionierung von Trockenwetterrinnen:

- Bei grösseren Wassermengen: Freibord von 3 bis 5 cm ab Wasserspiegel bei $1.5 \cdot Q_{TW}$ (Tagesmaximum) bis OK Sohlschale
- Bei kleineren Wassermengen: $Q_{v,Rinne} = 3 \cdot Q_{TW}$

Bei vergleichbaren hydraulischen Eigenschaften weist die Drittschale gegenüber der Halbschale Vorteile auf.

ERZ verzichtet in der Regel auf Sohlschalen < 250 mm. Das Minimalgefälle beträgt 2.5 ‰. Bei nicht begehbaren Speichern ist auch die Befahrbarkeit mit der Panoramakamera zu berücksichtigen.

Das Abwasser muss bei Trockenwetter zuverlässig in der Rinne bleiben ohne aufs Bankett auszuweichen.

Für Rinnen mit Gefälle <4‰ ist die Fortbewegung von "Schmutzpaketen" ins Design der Trockenwetterrinne miteinzubeziehen. Bei einer Rinnentiefe von ≥ 10 cm kann ein Abfluss unter "Paketbildung" zugelassen werden.

4.1.4 Notentlastung (bei Speichern zur Brechung von Abflussspitzen)

Grundsatz: Für jeden Speicherkanal muss das Thema Notentlastung individuell und sorgfältig erarbeitet werden. In der Regel braucht es eine Notentlastung, diese ist hydraulisch zu dimensionieren. Ohne Notentlastung besteht die akute Gefahr, dass der Wasserspiegel oberhalb der Drossel nach Vollenfüllung des Speichers und weiterhin positiver Speicherbilanz (Zufluss – Abfluss) sprunghaft ansteigt und im Einzelfall gar ein Niveau erreichen könnte, welches ohne Speicherkanal nicht erreicht würde.

In speziellen Situationen, insbesondere wenn das unmittelbar anschliessende Kanalnetz nahe der Kapazitätsgrenze belastet ist und damit zur Drosselwirkung beiträgt, kann es zweckmässig sein, auf einen Notüberlauf zu verzichten. Es gibt auch Fälle, die ohne Notentlastung besser funktionieren. Ein Verzicht auf einen Notüberlauf setzt immer gute Interventionsmöglichkeiten im Verstopfungsfall und eine detaillierte Dokumentation im technischen Bericht voraus.

Nach Möglichkeit soll derjenige Kanalabschnitt mit dem Notentlastungswasser belastet werden, der vom Speicher profitiert. In diesem Fall ist kein Nachweis erforderlich, dass die Überlaufmenge schadlos abgeleitet werden kann. Wird im Überlauffall ein anderes Einzugsgebiet belastet, muss geklärt werden, welche neuen Risiken durch den Überlauf entstehen und ob diese akzeptiert werden können. (Risikopotentialbetrachtung).

Im Modell der hydrodynamischen Berechnung bei ERZ sind neue Speicher so geplant, dass der Dimensionierungsregen aufhört, wenn der Speicher voll ist. Daraus lässt sich ableiten, dass die volle Zulaufabwassermenge über den Notüberlauf abgeleitet werden muss, wenn der Regen länger dauert.

Das Thema Überlaufmenge muss in jedem Fall im Detail geprüft und mit ERZ GEP geklärt werden.

Erste Näherung für die massgebende Überlaufwassermenge:

$$Q_{UE} = \Sigma(Q_{ux} \text{ der Zuläufe und } Q_{regx} \text{ des Speichers}) \text{ minus Drosselmenge.}$$

Die genannte Näherung der Überlaufwassermenge berücksichtigt nicht, dass bei selteneren Ereignissen durchaus wesentlich höhere Zulaufwassermengen auftreten können, andererseits ist statistisch die Intensität am Ende eines Regens in der Tendenz kleiner als in der ersten Hälfte des Regens. Diese beiden gegenläufigen Faktoren dürften sich teilweise kompensieren.

Kellerkoten, die Höhe der Keller im Vergleich zum Wasserspiegel, die Häufigkeit des Einstauwasserspiegels sowie die Länge eines Notüberlaufes sind Kriterien, die bei der Wahl der Überlaufmenge zu berücksichtigen sind. Ist ein einzelner Keller betroffen, wird die Lösung eher auf der Liegenschaft gefunden wogegen bei mehreren Kellern auf derselben Höhe ein Erreichen dieser Kote auch bei einem ausserordentlichen Regen $> R_{10}$ verhindert werden soll. Die Überlaufhöhe sollte möglichst ≤ 20 cm sein.

Die Verhältnismässigkeit zwischen dem Aufwand zur Erstellung der Überfallkante (inklusive Kammer) und der Zuverlässigkeit der Schadensvermeidung auf der einen Seite und dem Schadenspotential und der Eintretenswahrscheinlichkeit eines höheren Wasserspiegels auf der anderen Seite muss abgewogen werden. Dabei ist nicht nur der Ruhewasserspiegel gemäss hydrodynamischer Berechnung zu beachten, sondern auch derjenige bei einem Notüberlauf.

Ein grosses Schadenspotential sowie auch Risiken aufgrund der Charakteristik des Einzugsgebietes und der Zuflüsse sind im Bericht auszuweisen.

4.1.5 Seitliche Einmündungen von Abwasser

Trockenwetteranfall

Bei seitlichen Einmündungen ist für den Trockenwetteranfall zu klären, ob am Ort der Einmündung eine hydraulische Störung auftritt, die zu Ablagerungen im Hauptabfluss oder auch im seitlichen Zulauf führen kann. In der Regel ist ein Höhenversatz anzuordnen der mindestens so gross ist, dass der Wasserspiegel aller Zuläufe höher liegt als derjenige des Abflusses. Eine hydraulisch detailliertere Abklärung ist erforderlich, wenn die Schleppspannung sehr klein ist. Eine hydraulische Störung mit Ablagerungen kann auch auftreten, wenn der seitliche Zulauf unmittelbar vor der Vereinigung eine grosse Zunahme der Geschwindigkeit erfährt und den Trockenwetterabfluss im Speicherkanal abklemmt. Grössere Höhenunterschiede sollen daher mit Schwanenhals oder kontrollierter Sohlengestaltung überwunden werden.

Im Regenfall

In der Regel sind nur Selbstreinigung für Speicher und Zufluss sicherzustellen.

4.1.6 Rückstauhöhen

(Exkurs in die Applikation APAG: Gemäss der geltenden Richtlinie von ERZ wird mit den Angaben zum Entwässerungskonzept eine Rückstauhöhe am Ort der Einleitung definiert, die mindestens der Höhe des Kanalscheitels + 20 cm entspricht, auch wenn der rechnerische Wasserspiegel beim Dimensionierungsregen tiefer liegt (zum Beispiel bei Teilfüllung eines Speichers). Diese Anforderung gilt auch für alle seitlichen Zuläufe in Bezug auf den Scheitel des Speichers, wenn dieser höher liegt als der Kanalscheitel des Zulaufs. Liegt der rechnerisch ermittelte Wasserspiegel jedoch höher, wird der höhere Wert angegeben. Der hydrodynamisch berechnete Wasserspiegel beim Dimensionierungsregen bildet in der Regel den Zustand vor Anspringen des Überlaufs ab. Wird der Wasserspiegel beim gewählten Not-Abfluss um weniger als 20 cm erhöht, ist keine Korrektur der APAG-Angaben erforderlich. Andernfalls ist für die angeschlossenen Liegenschaften zu klären, ob die Angaben zum Entwässerungskonzept korrigiert oder die Überlaufkote entsprechend abgesenkt werden soll.)

Für sämtliche in Frage kommenden Liegenschaften und Anschlüsse ist abzuklären, ob der Wasserspiegel im Speicher höher ansteigen kann als der tiefstliegende angeschlossene Apparat.

Definitionen:

- H_x = Höhe des max. Wasserspiegels im Speicherkanal am Ort des Einlaufes beim Dimensionierungsregen, unter Beachtung des tatsächlichen Energieliniengefälles bei einem Notüberlauf
- H_{LE} = Höhe des tiefsten angeschlossenen Apparates/Einlaufes.

Es können folgende Fälle unterschieden werden.

- $H_x < H_{LE}$ → Keine Massnahme erforderlich
- $H_x > H_{LE}$ und H_x mit Speicher $< H_x$ bisher → Massnahme erforderlich, da es gerade der Sinn eines Speichers mit Drossel ist, dass ein bestimmter Wasserspiegel häufiger erreicht wird.
- $H_x > H_{LE}$ und $H_x > H_x$ bisher → Dieser Fall ist unerwünscht und zieht zwingend Massnahmen nach sich.

Druckliniengefälle der GAL berücksichtigen: Bei langen Anschlussleitungen im Mischsystem ist zu beachten, dass für den Abfluss des Abwassers von der Liegenschaft zum Kanal Energie (und damit zusätzliche Höhe) erforderlich ist.

4.1.7 Retentions-Kaskaden

Bei langen und nicht sehr tief liegenden Speicherkanälen entstehen durch das erforderliche Gefälle hohe Rückstauhöhen im untersten Abschnitt und Teilfüllungen und damit ungenutztes (teures) Volumen im obersten Abschnitt. Durch Kaskaden können die Auswirkungen beider Aspekte relevant reduziert werden.

Fall I: Zwei (oder mehrere) "unabhängige" Speicher

Beide Speicher sind individuell zu definieren und nachzuweisen. Dabei ist insbesondere die Frage entscheidend, ob die beiden Speicherteile tatsächlich unabhängig sind.

Fall II: Ein Speicher mit eingebauter Zwischenwand und Sohlenabsatz.

Designfragen:

- Welcher Speicherteil soll sich zuerst füllen?
- Welcher Speicherteil soll zuerst voll sein und überlaufen?
- Wie verläuft der Entleerungsvorgang idealerweise?

Beginnt der untere Teil zuerst mit dem Speichervorgang, ist sichergestellt, dass möglichst lange kein Speichervolumen konsumiert wird und somit bei einem (nachfolgenden) Starkregen das grösste Speichervolumen verfügbar ist. Sofern der Wasserspiegel im unteren Teil bis zur Drossel des oberen Speichers einstaut, wird der Abfluss aus dem oberen Speicher bei teilgefülltem unteren Speicher reduziert, was erwünscht ist. (Selbstregulierendes System).

Überläuft der obere Teil zuerst, ist sichergestellt, dass beide Volumina voll sind, bevor ein (Not)Überlauf einsetzt.

Der finale Entleerungsvorgang des oberen Speichers soll erst stattfinden wenn keine Beeinflussung mehr von unten erfolgt. Die Entleerung des unteren Speichers soll (im Bereich der ausreichenden Schleppkraft) erfolgen, solange sich der obere Speicher noch im Entleerungsvorgang befindet.

Die Drosseln sollen so eingestellt werden, dass die Idealvorstellungen möglichst weitgehend erreicht werden. Zielkonflikte sind während der Projektbearbeitung zu thematisieren und zu optimieren.

4.2 Bauliche Belange

4.2.1 Profiltyp

Bei einer Bauausführung im offenen Graben ist der Rechteckquerschnitt gegenüber dem Kreisprofil nicht nur auf Grund des geringeren Platzbedarfs im Strassenquerschnitt und damit kleinerer Grabenbreiten während der Bauausführung zu bevorzugen. Auch aus hydraulischer Sicht kann der Rechteckquerschnitt mit Trockenwetterrinne und flachem Bankett den Anforderungen eines Speicherkanales besser entsprechen. Ortbetonkanäle sind gemäss der aktuellen «Richtlinie Ortbetonkanäle und Kammerbauwerke» zu projektieren.

4.2.2 Grabenlose Verfahren

Eine grabenlose Bauausführung eignet sich nur bei sehr tief liegenden Kanälen oder Unterquerungen von Hindernissen und langen Distanzen.

Dabei gilt es zu beachten, dass Speicherkanäle in der Regel mit einem sehr flachen Längsgefälle ausgeführt werden müssen. Steuerbare Vortriebe können auf der Strecke Toleranzen im Gefälle von $\pm 7\%$ aufweisen. Die vertikale Abweichung beim Zielpunkt kann bis zu 5 cm betragen. Um diese Toleranzen auszugleichen muss nach dem Vortrieb eine Trockenwetterrinne eingebaut werden. Bei grabenlosen Verfahren sind zwingend ein geologisches Gutachten und weitere Detailabklärungen zu beauftragen.

4.2.3 Vorfabrizierte Elemente

Vorteile: Durch das Vorfabrizieren im Werk wird die Qualitätssicherung des fertigen Bauwerks vereinfacht und der Bauprozess relevant beschleunigt.

Nachteile: Die vielen Fugen, durch welche der Kanal potentiell Abwasser verlieren kann, der unflexible Querschnitt, das erschwerte Einbauen bei vielen querenden Leitungen und die Schwierigkeiten im heiklen Baugrund.

Fazit: Vorfabrizierte Elemente bieten gesamthaft betrachtet keine Vorteile für ERZ. Ab 250 bis 300 m gerade Strecke sollte dieses Verfahren jedoch einer detaillierteren Prüfung unterzogen werden.

4.3 Betriebliche Belange

4.3.1 Lage der Zugänge und Platzbedarf beim Einstieg

Auch wenn zu Beginn der Projektierung eines Speicherkanales häufig hydraulische und bauliche Fragestellungen klar im Fokus stehen, sind die betrieblichen Fragestellungen bereits von Anbeginn mit einzubeziehen. Der Einbezug der Gruppe BSK ist bereits in der Variantenbeurteilung nötig und muss bei der Ausarbeitung des Projektes beibehalten werden.

Für Speicherkanäle und insbesondere für deren Drosselbauwerke gelten erhöhte Anforderungen bezüglich der Zugänglichkeit. Neben den normalen Anforderungen an die Platzierung von Einstiegen müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Bei Drosselbauwerken muss jederzeit interveniert werden können. Das heisst ein Zugang muss jederzeit ohne Einstellung des öffentlichen Verkehrs und ohne umfangreiche Verkehrsregelung und die Intervention selbst bei Vollfüllung des Speichers möglich sein.
- Nach Möglichkeit soll mit dem Öffnen der Schachtdeckel - ohne Einstieg in den Kanal – der Betriebszustand des Speichers (Drosselabfluss, Füllgrad bzw. Notentlastung) ersichtlich sein.
- Sind die Drosselemente grösser als die üblichen Einstiegsdeckel, sollte eine grössere Abdeckung geprüft werden. Diese kann jedoch bei grossen Verkehrsbelastungen (hoher Anteil an Schwerverkehr, grosse Schubkräfte usw.) kontraproduktiv sein.
- Einstiege sind ober- und unterwasserseitig der Drossel möglichst nahe zu platzieren. Dabei hat aber die Sicherheit einen höheren Stellenwert als die Distanz. So darf ein Einstieg nicht im Bereich von unsichtbaren Vertiefungen / Sohlabsätzen angeordnet werden.
- Für die Intervention sind ausreichend sichere Standplätze zu planen.
- Seiteneinstiege eignen sich selten für Interventionen, da die erforderlichen Geräte zu schwer sein können.
- Die Lage der Baumkronen ist zu beachten.

4.3.2 Einbauten / Drosselorgane

- Drosselelemente sind in der Regel verstellbar zu gestalten. Dies dient einerseits der Interventionsmöglichkeit (z.B. Schieber, wenn keine andere Intervention möglich ist) und andererseits ist damit eine abweichende temporäre oder permanente Einstellung des Drosselabflusses möglich.
- Die Drossel muss zuverlässig eingestellt werden können. Es darf keine schleichende Veränderung über die Zeit möglich sein.
- Die einzelnen Teile der Drossel dürfen nicht zu schwer sein. Im Interventionsfall muss eine Einzelperson sie bedienen können. Bei der Montage / Einstellung besteht je nach Platzverhältnissen nur ein eingeschränkter Zugang für Hilfspersonen.
- Demontierbare Teile müssen je nach Gewicht und Form über Haltegriffe und/oder Anschlagpunkte für einen Kranhaken verfügen.

4.3.3 Begehbarkeit

Speicherkanäle gehören aufgrund der Grösse und Funktion zu den Kanalteilen, welche am häufigsten unterhalten und begangen werden. Bezüglich der Begehbarkeit bestehen demnach erhöhte Anforderungen:

- Wann immer möglich sollte das Bankett neben der TW-Rinne begehbar sein. Dazu ist eine Bankettbreite von 60 cm mit ausreichend lichter Deckenhöhe (1.80 m ab Bankett) nötig.
- Bei schmalen TW-Rinnen (< 60 cm) kann auch "rittlings" / "beidseits" der Rinne gegangen werden.
- Auf Banketten mit einem Gefälle von deutlich über 10 % besteht akute Rutschgefahr. Kann dies nicht umgangen werden, müssen Alternativen (Trittstufen, unterschiedliche Quergefälle usw.) eingeplant werden.
- Ist eine Begehung der wasserführenden Sohle nötig, ist auf eine minimale Gerinnebreite von 40 cm zu achten.

4.3.4 Weitere

- Trockenwetterrinnen von Mischabwasserkanälen sind in der Regel mit korrosionsbeständigen Materialien zu bestücken.
- Zuflüsse (Seitliche Kanäle, aber auch Anschlussleitungen) sind so tief wie baulich und hydraulisch möglich anordnen.
- Grössere, energieintensive Zuflüsse, die den Abfluss im Speicher stören und zu Ablagerungen führen, sind sauber in die TW-Rinne zu leiten.

4.3.5 Distanzen zwischen den Einstiegen

Gemäss «Richtlinie Ortbetonkanäle und Kammerbauwerke»

4.4 Monitoring, Messung von Entlastungen

Bei externen Entlastungen ist ein Monitoring für neue Anlagen erforderlich. Für die übrigen Speicherkanäle ist ein Monitoring nur auf Verlangen von ERZ (vergl. PD) in Betracht zu ziehen.

Bei externen Entlastungen muss zumindest die Anzahl und die Dauer der Entlastungsereignisse festgestellt werden. Mittels Niveaumessung über der Überfallkante kann das Entlastungsvolumen abgeschätzt werden. Wird ein Speicher mit einer Messung ausgerüstet, sollen auch die Füllvorgänge im Speicher ohne Entlastung und die maximalen Teilfüllungshöhen ermittelt werden.

4.5 Schnittstellen

4.5.1 AL-Anschlüsse

Anschlüsse an Speicherkanäle unterscheiden sich nicht relevant von denjenigen an andere Kanäle. Da Speicherkanäle oft tief liegen, häufig begehbar sind, und selten sehr grosse Schleppspannungen für das Entfernen von hartnäckigen Ablagerungen sorgen, lohnt es sich, die bezüglich Anschlüssen wesentlichsten Aussagen zusammenzufassen.

Anschlussleitungen sollen möglichst geradlinig an den Kanal angeschlossen werden und in jedem Fall oberhalb des Wasserspiegels bei Q_{TW} einmünden.

Anschlüsse an Ortsbeton- und begehbare Kanäle sollen primär nach betrieblichen und hydraulischen Gesichtspunkten optimiert werden und erst in zweiter Linie nach finanziellen Aspekten. Dies deshalb, weil in Speicherkanälen Ablagerungen kritisch sind und eine Korrektur im Nachhinein oft nicht mehr verhältnismässig ist.

Die Abwasserart ist entscheidend für die Ausführung der Anschlüsse.

Schmutzabwasseranschlüsse sollen – um Ablagerungen zu vermeiden - so tief wie möglich (aber über Q_{TW}) und idealerweise auf Bankethöhe, jedoch maximal 80 cm oberhalb der Auftrittsfläche (z.B. Bankett) mit einem Gefälle zwischen 2% und 45° angeschlossen werden.

In den GAL sind keine senkrechten Leitungsabschnitte zulässig mit Ausnahme eines Schwanenhalses unmittelbar vor der Kanalwand, der unter 45° in den Kanal einmünden muss.

Bei Verwendung eines Fugendichtblechs ist die horizontale Arbeitsfuge zwingend 10 cm über OK Konstruktionsbeton Bodenplatte anzuordnen.

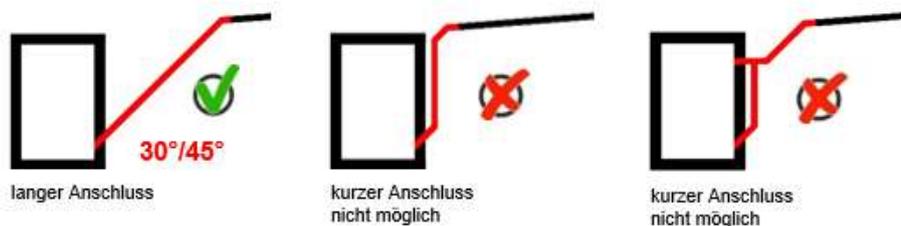
Bei Verwendung von Injektionskanälen kann die horizontale Arbeitsfuge auch OK Bodenplatte angeordnet werden.

Ausführungstechnisch sollen die GAL gemäss der aktuellen Richtlinie «Ortbetonkanäle und Kammerbauwerke» erstellt werden. Ein Anschluss im Bereich der Arbeitsfuge ist infolge der Gefahr von Undichtigkeit ungünstig.

Schmutzabwasser

Bezogen auf die Höhenlage der bestehenden GAL, können drei Anschlussarten unterschieden werden:

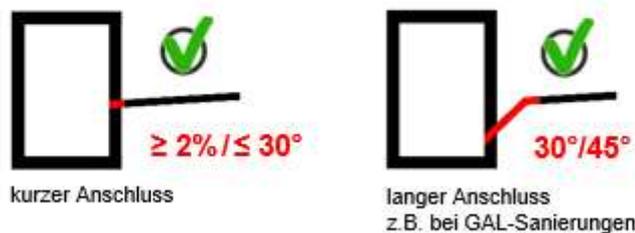
a. GAL über Kanaldecke:



b. GAL tiefer als Kanaldecke, aber höher als 80 cm oberhalb Auftrittsfäche:



c. GAL tiefer als 80 cm oberhalb Auftrittsfäche:



Regenabwasser

Regenabwasser von Schlammsammlern kann mit senkrechten Fallstangen geführt werden und darf im Kanalscheitel, oberhalb der Trockenwetterführung, einmünden. Seitliche Anschlüsse sind in allen Höhenlagen möglich.



4.5.2 Explosible Flüssigkeiten, Interventionsstellen

Das Thema explosive Flüssigkeiten ist bei besonderen Risiken (Überstellung mit Gebäude, intensiv genutzte Platz- und Veranstaltungsflächen) zu beachten und zu bearbeiten.

4.5.3 Konkurrenzierende Interessen

Konkurrenzierende Interessen sind bei Speicherkanälen in der Regel unausweichlich und der Umgang mit ihnen ein kritischer Erfolgsfaktor.

Interessenskonflikte sind so früh wie möglich aufzuzeigen. Dafür eignet sich im Vorprojekt die erste Phase der Projektierung (bis zur Vorbesprechung Kanalprojekt). Der Projektverfasser stellt das Konfliktpotential, die möglichen Lösungswege, deren Vor- und Nachteile sowie eine begründete Empfehlung tabellenartig zusammen. Anschliessend sind die Themen mit den Betroffenen zu besprechen. In jedem Fall muss der für den Prozessschritt verantwortliche Vertreter von ERZ dabei sein.

Die Entscheide werden unter Mitwirkung von ERZ getroffen und in jedem Fall ausreichend dokumentiert. Dazu steht der Technische Bericht oder ein im Bericht erwähnter und dem Bericht beiliegender Anhang zur Verfügung.

ERZ-interne Interessenkonflikte werden gleichartig aufbereitet und ausreichend dokumentiert.

4.6 Weitere beachtenswerte Themen

4.6.1 Geruchsemissionen

Um Geruchsemissionen bei Speicherkanälen zu vermeiden, muss in erster Linie eine gute Selbstreinigung zur Verhinderung von Ablagerungen erreicht werden. Kontrollschachtabdeckungen mit gelochtem Gussdeckel sollen bei Gefällswechseln und ca. alle 200 – 300 m angeordnet werden. Im Bereich von möglichen Ablagerungen soll auf die Anordnung von gelochten Gussdeckeln verzichtet werden. Die Anordnung von gelochten Gussdeckeln muss in den Projektplänen ersichtlich sein.

Weiter ist darauf zu achten, dass die an den Speicherkanal angeschlossenen Strassensammler dicht sind und über einen Tauchbogen verfügen.

Verbinden Speicherkanäle und/oder Kanalabschnitte mit grossen Querschnittsflächen zwei Orte, deren absolute Höhe stark unterschiedlich ist, sind Geruchsemissionen durch die Luftdruckdifferenz insbesondere im Sommer und im Winter zu erwarten. Diesem Aspekt muss grösste Aufmerksamkeit gewidmet werden, allenfalls sind Gasschwadenschürzen einplanen. Grosse Fliessgeschwindigkeiten führen zu Aerosolbildung und verstärken die Geruchsbeeinträchtigung zusätzlich.

4.6.2 Lärmemissionen

Damit Lärmemissionen minimiert werden können, sollen erforderliche Abstürze gemäss Normblatt 13.48 ausgeführt werden. Prallwände (gemäss Normblatt 13.49) sollen nur geplant werden, wenn kein Trockenwetteranfall erwartet wird (Entlastungskanäle) oder bei sehr grossem Trockenwetteranfall.