

**W6** d Ausgabe ... 2024

**REGELWERK**

**Richtlinie**

**für Trinkwasserreservoirs**

**Planung, Projektierung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von  
Reservoirs**

**W6**



**W6** d Ausgabe ... 2024

## **REGELWERK**

### **Richtlinie**

### **für Trinkwasserreservoirs**

## **Planung, Projektierung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Reservoirs**

#### IMPRESSUM

Es gelten die allgemeinen Geschäftsbedingungen unter  
[www.svgw.ch/AGB](http://www.svgw.ch/AGB)

Copyright by SVGW, Zürich  
Druck: Zofinger Tagblatt  
Auflage März 2013: 1400 Exemplare

Reproduktion verboten

Bezug bei der Geschäftsstelle des SVGW  
([support@svgw.ch](mailto:support@svgw.ch))

# W6



# INHALTSVERZEICHNIS

	<b>Vorwort</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Geltungsbereich</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Definition Begriffe</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Funktionen und Anforderungen Trinkwasserreservoirs</b>	<b>11</b>
4.1	Hauptfunktionen von Reservoirs	11
4.2	Anforderungen bezüglich Wasserqualität	12
4.3	Lage und Funktion von Reservoirs	13
<b>5</b>	<b>Gesetzliche Vorgaben, normative Verweise</b>	<b>16</b>
5.1	Gesetzliche Vorgaben	16
5.2	Normative Verweise, weiterführende Dokumente	17
<b>6</b>	<b>Allgemeiner Prozess- und Planungsablauf</b>	<b>20</b>
6.1	Projektphasen	20
6.2	Aspekte der Qualitätssicherung	23
6.3	Qualifikationsanforderungen Planung und Bau	24
6.4	Ingenieursubmission (Dienstleistungsaufträge)	25
6.5	Digitales Bauen (BIM)	25
<b>7</b>	<b>Strategische Planung</b>	<b>27</b>
7.1	Beurteilung Bestand	27
7.2	Definition Zielzustand, Pflichtenheft	27
7.3	Volumenermittlung	27
<b>8</b>	<b>Vorstudien</b>	<b>31</b>
8.1	Aufstellung Variantenbetrachtung	31
8.2	Festlegung Realisierungsform	31
8.3	Beurteilung Wasserchemie und Radonexposition	31
8.4	Variantenbewertung	32
8.5	Entscheid für Bestvariante, Investitionsentscheid	33

<b>9</b>	<b>Projektierung</b>	<b>34</b>
9.1	Raumprogramm	34
9.2	Erschliessung für Personen und Waren	34
9.3	Einbettung in die Umgebung, Aussenbereich	35
9.4	Allgemeine Festlegungen Bauwerk	36
9.5	Sicherheit und Brandschutz	38
9.6	Statische Grundlagen und Konstruktion	40
9.7	Anforderungen bei Ortbetonbauweise	42
9.8	Anforderungen Wasserkammern	44
9.9	Anforderungen an Oberflächen in Kontakt mit Trinkwasser	46
9.10	Betriebliche Anforderungen	48
9.11	Hydraulische Ausrüstung	49
9.12	Messtechnische Ausrüstung	51
9.13	Elektrische und mechanische Ausrüstung	52
9.14	Dosierung und Lagerung von Chemikalien	54
<b>10</b>	<b>Ausschreibung</b>	<b>55</b>
10.1	Vorgehen zur Unternehmersubmission	55
10.2	Prüf- und Hygienekonzept	56
10.3	Spezielle Hinweise zur Ortsbetonbauweise	56
10.4	Vorbereitung Werkverträge	57
<b>11</b>	<b>Realisierung, Prüfung und Inbetriebsetzung</b>	<b>58</b>
11.1	Ortbetonbauweise	58
11.2	Fertigbetonbauweise	60
11.3	Ausführung mit weiteren Baumaterialien	61
11.4	Abnahme und Inbetriebnahme	61
11.5	Erstinbetriebnahme	63
<b>12</b>	<b>Betrieb und Überwachung</b>	<b>65</b>
12.1	Erfüllung der Betriebsaufgaben	65
12.2	Allgemeine Hinweise	66
12.3	Kontrollen	67
12.4	Typische Verunreinigungen und Auffälligkeiten	68
12.5	Reinigung und Desinfektion	69
12.6	Wiederinbetriebnahme	70
12.7	Bewirtschaftung	70
<b>13</b>	<b>Instandhaltung (Werterhaltung)</b>	<b>72</b>
13.1	Begriffsbestimmungen und Übersicht	72
13.2	Grundsätzliches	72
13.3	Instandhaltungszyklus	73
13.4	Ablauf der Instandsetzung	74
13.5	Beschichtung bzw. Auskleidung von Reservoirkammern	76
13.6	Wiederinbetriebnahme	79

<b>14</b>	<b>Rückbau</b>	<b>80</b>
14.1	Ziel und Anforderungen	80
14.2	Ablauf	80
<b>15</b>	<b>Dokumentation</b>	<b>81</b>
15.1	Bauwerksdokumentation	81
15.2	Betriebshandbuch	82
<b>16</b>	<b>Schlussbestimmungen</b>	<b>84</b>
<b>Anhänge</b>		
<b>1</b>	<b>Beispiel Nutzwertanalyse</b>	<b>85</b>
<b>2</b>	<b>Ausführungsbeispiel</b>	<b>87</b>
<b>3</b>	<b>Beispiel für ein Prüfplan</b>	<b>89</b>
<b>4</b>	<b>Beispiel Wartungs- und Inspektionsplan (gemäss DVGW W300-2)</b>	<b>94</b>
<b>5</b>	<b>Beispiel Wartungs- und Inspektionsplan (gemäss DVGW W300-2)</b>	<b>94</b>
<b>6</b>	<b>Zustandsanalyse (gemäss DVGW W300-3)</b>	<b>99</b>
<b>7</b>	<b>Schäden an Beschichtungen von Reservoirkammern</b>	<b>102</b>
<b>8</b>	<b>Fleckenbildung</b>	<b>106</b>





# VORWORT

## ALLGEMEINES VORWORT ZU DEN SVGW-RICHTLINIEN

Das SVGW-Regelwerk beschreibt praxisnah und pragmatisch Regeln, Leitlinien und Merkmale für Erzeugnissen, Tätigkeiten oder deren Ergebnissen, um eine sichere, zuverlässige und nachhaltige Versorgung mit Trinkwasser sicherstellen zu können. Es konkretisiert die wesentlichen Anforderungen im Interesse der Kunden, der Öffentlichkeit und des Betreibers in Form von Spezifikationen zur Einhaltung von Schutzziele oder zur Vermeidung von Gefahren beim Bau, Betrieb und bei der Instandhaltung technischer Einrichtungen.

Das SVGW-Regelwerk basiert auf gesicherten Erkenntnissen von Wissenschaft, Technik und praktischer Erfahrung und wird von einer Mehrheit repräsentativer Fachleute und erfahrungsgemäss von den zuständigen Behörden als anerkannte Regeln der Technik angesehen. Es kann auch im Rahmen der Rechtsetzung von Bedeutung sein. Das SVGW-Regelwerk unterstützt den Anwender bei der Einhaltung der wesentlichen Anforderungen (Schutzziele oder abzuwendende Gefahren).

Durch das Anwenden des SVGW-Regelwerks kann sich niemand der Verantwortung für eigenes Handeln entziehen. Wer es anwendet, hat für die korrekte Anwendung im konkreten Fall Sorge zu tragen.

### Vorwort zur SVGW Richtlinie W6 für Trinkwasserreservoirs

Reservoirs sind ein wichtiges Element in der Trinkwasserverteilung. Die Reservoirs übernehmen die wichtige Aufgabe der Wasserspeicherung zur Abdeckung von Verbrauchsspitzen sowie betrieblichen Stillstandzeiten und sie stabilisieren den Versorgungsdruck im Rohrnetz. Auf eine Jahrzehnte dauernde Nutzung ausgelegt, müssen sie richtig geplant, gebaut, betrieben, instandgehalten und saniert werden. Die Richtlinie W6 widmet sich diesem zentralen Thema und behandelt die Aspekte Projektierung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Reservoirs.

Die vorliegende Überarbeitung der Richtlinie W6 beinhaltet praxisorientierte Vorgaben zum Thema Wasserspeicherung und ist vor allem als Unterstützung für Wasserversorger und auch Bauausführende gedacht. Es werden alle wichtigen Aspekte der Planung und Projektierung sowie des Baus und Betriebs praxisnah ausgeführt. Neu wird auch der wichtige Aspekt der Sanierung, beginnend mit der Situationsbeurteilung, über die Zustands- und Substanzbewertung bis zur Entscheidungsfindung beleuchtet.

Die Struktur ist entlang der Lebensphasen eines Bauwerkes aufgebaut. Die Überarbeitung erfolgt auf Basis der Richtlinie W6 (Version 2004) sowie weiterer bereits vorhandener Regelwerke (DVGW, ÖVGW, ASTE).

Mit der Ausarbeitung dieser Richtlinie hat der SVGW eine Arbeitsgruppe betraut, die sich aus folgenden Mitgliedern zusammensetzte:

Adrian Rieder, Vorsitz, WWZ, Zürich  
Mélanie Bähler, Service de l'eau, Lausanne  
Margarete Bucheli, SVGW.Zürich  
Stephan Christ, Lmk SO, Solothurn  
Simon Haag, Rapp AG, Basel  
Ronald Peter, HJP-AG, Uster  
Marcel Schoch, WWZ, Zug  
Brigitte Schmidt, Lausanne  
Stéphan Ramseier, SIG, Genève  
Andreas Rickenbacher, IWB, Basel  
Stefan Wassmer, Stadtwerk, Winterthur  
Federica Zanni, AIL, Lugano  
Markus Biner, Sekretär, SVGW, Zürich



## 1 Zielsetzung

Reservoirs dienen dazu, das für die Wasserversorgung in dem jeweiligen Versorgungsgebiet notwendige Trinkwasser über eine gewisse Zeit hygienisch einwandfrei zu speichern und den Leitungsdruck zu stabilisieren. Mit der vorliegenden Richtlinie soll im Rahmen der Regel der Technik auf die nötigen Vorgaben und Voraussetzungen zur Erreichung dieser Zielsetzung eingegangen werden.

## 2 Geltungsbereich

Diese Richtlinie gilt für Planung, Projektierung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Reservoirs in der Trinkwasserversorgung. Sie kann sinngemäss auch auf Wasserbehälter angewendet werden, die Wasser enthalten, das nicht für den menschlichen Verbrauch bestimmt ist. In diesem Fall legt der Planer fest, welche Teile der Richtlinien zur Anwendung gelangen.

Die in dieser Richtlinie aufgeführten Anforderungen sind nicht nur bei der Planung und dem Bau von neuen Reservoirs zu erfüllen, sie sind auch bei der Erweiterung und Veränderung sowie bei bedeutenden Erneuerungsmassnahmen von bestehenden Reservoirs zu beachten. Mithilfe der Richtlinie soll eine Zustandsbewertung vorgenommen werden. Sie dient zudem als Grundlage für Instandsetzungsarbeiten. Die Richtlinie enthält ausserdem Hinweise für eine sachgemässe Kontrolle und Reinigung.

Anlagentechnisch umfasst diese Richtlinie die folgenden Elemente:

- Wasserkammer
- Rohrkeller/Bedienungshaus
- Armaturen, Mess- und Kontrolleinrichtungen bis zum Anschluss an das Trinkwassernetz

## 3 Definition Begriffe

### **Auskleidung**

Bei der Auskleidung von Wasserkammern werden Platten oder Folien eingebracht und am Bauwerk befestigt. Bei Reservoirs älterer Bauart werden häufig Auskleidungen mit Fliesen angetroffen

### **Bedienungshaus/Rohrkeller**

In sich abgeschlossener Teil eines Reservoirs, der zur Unterbringung der Hauptarmaturen, Pumpen, Rohrleitungen, Energieanlagen, Mess-, Steuer-, Regel- und Überwachungseinrichtungen (MSR) dient und den Zugang zu den Wasserkammern ermöglicht.

### **Beschichtung**

Bei der Beschichtung von Wasserkammern wird ein formloser Stoff als festhaftende Schicht auf die Oberfläche aufgebracht. Häufig werden mineralische Spritzmörtel auf die Betonflächen aufgebracht.

### **Brauchreserve (fluktuierender Nutzinhalt)**

Die Brauchreserve entspricht grundsätzlich der fluktuierenden Wassermenge über einen Ausgleichszeitraum.

### **Durchlaufbehälter**

Behälter der zwischen Pumpwerk und Versorgungsgebiet liegt. Das gesamte Wasser wird durch den Behälter geleitet.

**Gegenbehälter**

Behälter, der vom Pumpwerk aus gesehen, hinter dem Versorgungsgebiet oder im Nebenschluss zur Zubringerleitung liegt. Nur das im Versorgungsgebiet zurzeit nicht benötigte Wasser erreicht den Behälter.

**Hochbehälter**

Behälter, dessen geodätische Höhe der Wasserkammern ausreicht, das Versorgungsgebiet im Schwerkraftwasserzufluss zu versorgen.

**Instandhaltung**

Inspektion, Wartung und Instandsetzung.

**Instandsetzung**

Massnahme zur Wiederherstellung des Sollzustandes. Teil der Instandhaltung.

**Löschreserve**

Sie ist entsprechend den Planungsrichtwerten zum Wasserbedarf für die Brandbekämpfung

gemäss FKS-Richtlinie (Feuerwehr Koordination Schweiz) «Versorgung mit Löschwasser» resp. SVGW W5 zu bestimmen. In gewissen Fällen kann auf eine separate Ausscheidung einer Löschreserve verzichtet werden.

**MSR**

Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik

**Nutzvolumen (Speicherinhalt, Speichervolumen)**

Volumen, welches der Differenz zwischen dem Maximalen und minimalen Wasserspiegel der Wasserkammer(n) entspricht.

Das Nutzvolumen setzt sich aus Brauchreserve, Stör- und Löschreserve zusammen.

**Reservoir**

Bauwerk zur Speicherung von Trinkwasser. Ein Reservoir besteht üblicherweise aus zwei Wasserkammern, einem Rohrkeller/Bedienungshaus und allen erforderlichen Rohrleitungen, Armaturen, Mess- und Kontrolleinrichtungen bis zum Anschluss an das Trinkwassernetz.

**Störreserve (Betriebs- oder Notreserve)**

Die Störreserve deckt Störfälle wie vorübergehende Qualitätsbeeinträchtigungen des Rohwassers (Trübung mit Verwurf), Stromausfälle von wenigen Stunden, Pumpendefekte, Brunnstubenreinigung, Leitungsbrüche usw. ab.

**Systembehälter (Fertigteilebehälter)**

Kleines Reservoir aus vorfabrizierten Elementen.

**Tiefbehälter**

Wasserbehälter, dessen geodätische Höhe der Wasserkammern nicht ausreicht, das Versorgungsgebiet im Schwerkraftwasserzufluss zu versorgen. Tiefbehälter dienen nicht der Erzielung eines notwendigen Versorgungsdruckes und werden deshalb immer in Kombination mit einer Druckerhöhungsanlage betrieben. Sie dienen der hydraulischen Entkopplung von Gewinnung und Förderanlage (Vorlagebehälter).

**Wartung**

Wiederkehrende Arbeit zur Aufrechterhaltung oder Sicherung des Sollzustandes. Teil der Instandhaltung.

**Wasserturm**

Oberhalb des Geländeniveaus freistehender Wasserbehälter, der zusätzlich zum Bedienungshaus und den Wasserkammern aus den funktionalen Elementen Fundament und Schaft besteht.

## 4 Funktionen und Anforderungen Trinkwasserreservoirs

### 4.1 Hauptfunktionen von Reservoirs

Reservoirs dienen dazu, das für die Wasserversorgung in dem jeweiligen Gebiet notwendige Trinkwasser über eine gewisse Zeit hygienisch einwandfrei zu speichern. Je nach Anlage und Versorgungsgebiet wird damit:

- der Ausgleich zwischen Wasserzufluss und Wasserentnahme in einer gegebenen Zeitspanne (mindestens einem Tag) angestrebt
- die Verbrauchsspitze abgedeckt
- eine Reserve für ausserordentliche Situationen (Betriebsstörungen) bereitgestellt
- wo notwendig, eine Reserve zur Brandbekämpfung ausgeschieden
- der im Wasserverteilungssystem erforderliche Druck aufrechterhalten

Reservoirs sind oft auch zur Trennung von Druckzonen oder sonstigen Trennungen von Teilsystemen erforderlich.

#### 4.1.1 Speicherung als Ausgleich und Reserve

Das Nutzvolumen umfasst die Brauch-, Stör- und (nötigenfalls) die Löschrserve. Die Brauchreserve richtet sich nach dem erforderlichen Ausgleich zwischen Wassergewinnung (Zulauf und Förderung) und Verbrauch. Die Störreserve dient der Überbrückung allfälliger Unterbrüche in der Wassergewinnung.

Im Rahmen der strategischen Planung ist ein Nachweis des Speichervolumens und ein allenfalls notwendiger etappenweiser Ausbau der Reservoiranlage erforderlich.

##### Normalfall

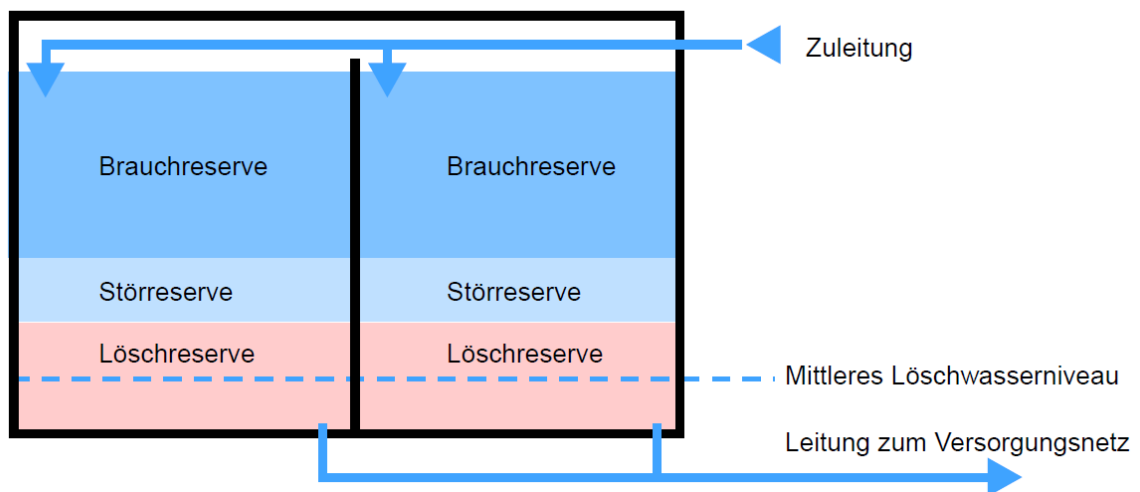


Abbildung 1 Aufteilung des Reservoirinhaltes in die Brauch-, Stör- und Löschrserve (gem. FKS Richtlinie)

Um die Sicherheit zu erhöhen (Redundanz) und die Trinkwasserversorgung während Instandhaltungsarbeiten zu gewährleisten, wird das Nutzvolumen üblicherweise auf 2 Kammern aufgeteilt.

#### 4.1.2 Druckstabilisierung

Je nach geografischer Lage in Bezug auf das Wasserwerk respektive auf den Wasserzufluss, übt der Behälter einen mehr oder weniger grossen Einfluss auf die Druckverhältnisse

im Verteilsystem aus. Beim Gegenbehälter fließt nur das zu einer gegebenen Zeit nicht benötigte Wasser in den Behälter. Die Druckverhältnisse im Verteilnetz müssen sowohl mit und ohne Pumpbetrieb nachgewiesen werden. Beim Durchlaufbehälter wird das gesamte zu verteilende Wasser durch den Behälter geleitet. Die Druckverhältnisse im Verteilsystem sind hier nur vom Wasserspiegel im Behälter beeinflusst.

Tiefbehälter haben keinen direkten Einfluss auf den Druck im Verteilsystem. Um die Versorgungssicherheit durch das zugehörige Pumpwerk zu gewährleisten, müssen für den Fall von Pumpendefekten und Stromausfall besondere Vorkehrungen (Absicherung Druckstoss, Verhinderung von Rückfluss, Notstromversorgung) getroffen werden.

Hochbehälter verbessern durch ihre Lage im Verteilsystem dessen Versorgungssicherheit und gewähren in einem ausreichend dimensionierten Rohrnetz optimale Druckverhältnisse.

## **4.2 Anforderungen bezüglich Wasserqualität**

Reservoirs müssen so gebaut sein, dass keine nachteiligen Veränderungen der Wasserbeschaffenheit in mikrobiologischer, chemischer und physikalischer Hinsicht vorkommen können.

Die Temperatur des Wassers ist während der Speicherung möglichst konstant (ca.  $\pm 1^\circ\text{C}$ ) zu halten. Möglicherweise sind Massnahmen zur Wärmedämmung erforderlich, um nachteilige Einflüsse auf das gespeicherte Wasser, das Bauwerk und die zugehörige Ausrüstung zu verhindern. Diese Massnahmen nehmen Bezug auf die örtlichen klimatischen Bedingungen und auf die Betriebserfordernisse, um eine Kondensation in den Wasserkammern einzuschränken.

Die Vermehrung von Mikroorganismen auf Oberflächen (Biofilmbildung) wie auch in der Wasserphase (Verkeimung) kann (neben der Wasserqualität) durch geeignete Baustoffe und Materialien, die keine oder nur wenig Nährstoffe ins Wasser abgeben, unter Kontrolle gehalten werden. Überdies sollte das Wasser im Reservoir ausreichend zirkulieren und regelmässig erneuert werden. Zudem ist Lichteinfall in die Wasserkammern zu verhindern, um Algenwachstum vorzubeugen.

Damit sich die Wasserqualität nicht verschlechtert, sind die Wasserkammern regelmässig zu reinigen. Eine glatte Ausgestaltung der Behälterinnenflächen (porenarm) sind Voraussetzung für eine effiziente Kontrolle und eine erfolgreiche Reinigung. Auf glatten Oberflächen bilden sich zudem weniger Ablagerungen in den Poren, die wiederum das Wachstum von Mikroorganismen fördern können.

Um das Wasser vor Verunreinigungen zu schützen, ist die Luft vor dem Einströmen in die Wasserkammern zu filtern. Falls technisch machbar, ist jede Reservoirkammer mit einem separaten Luftfilter auszurüsten.

## 4.3 Lage und Funktion von Reservoirs

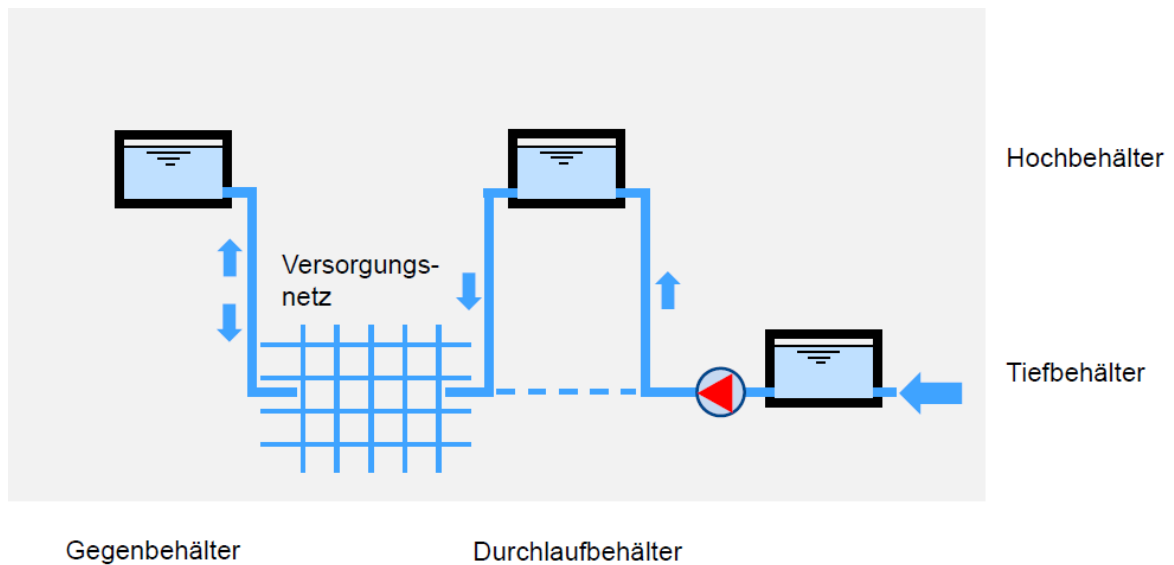


Abbildung 2 Lage und Funktion von Reservoirs

Reservoirs unterscheiden sich im Verteilsystem nach ihrer Höhenlage (Hoch- und Tiefbehälter) sowie ihrer geografischen Lage (Durchlauf- und Gegenbehälter). Die Lage zur Terrainoberfläche erlaubt zudem eine Differenzierung zwischen Bodenbehältern und Wassertürmen.

Das Reservoir ist grundsätzlich möglichst nahe am Verbrauchsschwerpunkt zu platzieren. Durchlaufbehälter liegen zwischen Wasserwerk und Versorgungsgebiet. Gegenbehälter werden, vom Wasserwerk aus gesehen, hinter dem Versorgungsgebiet oder im Nebenschluss zur Zubringerleitung erstellt.

### 4.3.1 Hochbehälter

Der Speicherraum ist am besten in einem über dem Versorgungsgebiet gelegenen Hochbehälter zu platzieren. Dieser ist so anzuordnen, dass im Versorgungsgebiet, bei ausreichend dimensioniertem Leitungsnetz, optimale Druckverhältnisse vorherrschen. Die Hochbehälter sind in der Regel ins Terrain einzubetten. Fehlen geeignete Geländeerhebungen in angemessener Entfernung vom Versorgungsgebiet, kann der Bau von Wassertürmen in Betracht gezogen werden.

Bei Hochbehältern liegt der maximale Betriebswasserspiegel in der Regel 50 bis 100 m über dem Versorgungsgebiet (Terrainoberfläche). Bei Höhendifferenzen von über 100 m ist die Unterteilung in mehrere Druckzonen mit entsprechenden Trinkwasserreservoirs, Druckbrecherschächten oder Druckreduzierventilen vorzusehen.

Der niedrigste zulässige Betriebswasserstand wird bestimmt durch die Forderung, dass der Mindestdruck nach SVGW-Richtlinie W 3 (2 bar am höchst gelegenen Wasserhahn des Gebäudes) am ungünstigsten Punkt des Versorgungsgebietes sichergestellt ist. Dabei müssen die hydraulischen Randbedingungen (Ruhedruck, Betriebsdruck, Druckverluste im Rohrnetz) sowie die örtlichen topografischen Verhältnisse mitberücksichtigt werden.

Falls geeignete Standorte für Hochbehälter vom Versorgungsschwerpunkt weit entfernt liegen, sind für den Anschluss lange Rohrleitungen mit gegebenenfalls grösseren Nennweiten erforderlich. Diese zusätzlichen Aufwendungen gilt es bei der Kostenermittlung zu beachten.

Vorteile des Hochbehälters sind im Allgemeinen:

- hohe Versorgungssicherheit sowie wirtschaftliche Auslastung der Förderanlagen bei genügend grosser Brauchreserve
- besonders wirtschaftliche Versorgung bei Ausnutzung eines vorhandenen Vordrucks
- geringer Instandhaltungsaufwand
- Erweiterungsmöglichkeit

Nachteil:

- hohe Investition bei langen Verbindungsleitungen zum Verteilnetz

#### **4.3.2 Wasserturm**

Der Bau eines Wasserturms, einer Sonderform des Hochbehälters, kann in Betracht gezogen werden, wenn die für einen Bodenbehälter geeignete Geländehöhe nicht zur Verfügung steht.

Vorteile des Wasserturms:

- hohe Versorgungssicherheit,
- besonders wirtschaftliche Versorgung bei Ausnutzung eines vorhandenen Vordrucks

Nachteile:

- hohe Investition
- schwierige Erweiterung
- Gewährleistung Erdbebensicherheit anspruchsvoll

#### **4.3.3 Tiefbehälter**

Tiefbehälter dienen als Saugbehälter von Pumpwerken und kommen in der Regel bei Gewinnungs-, Aufbereitungs- oder Förderanlagen zur Anwendung. Pumpen erzeugen hier den notwendigen Versorgungsdruck.

Tiefbehälter dienen dem Ausgleich von Zulauf (Gewinnung, Aufbereitung) und Abgabe ins Rohrnetz.

Die Konstruktion eines Tiefbehälters kommt nur dann in Frage, wenn die Voraussetzungen für den Bau eines Hochbehälters oder eines Wasserturms nicht gegeben sind. Dabei müssen Massnahmen zur ausreichenden Sicherung des Betriebes (z.B. Notstromgruppen, Ersatzaggregate etc.) getroffen werden. Der zusätzliche Aufwand ist in die Herstellungskosten einzurechnen.

Vorteil des Tiefbehälters:

- geringe Investitionen für Bau und Rohrleitungen
- bei drehzahlgeregelten Motoren Anpassung an den jeweils erforderlichen Netzdruck.

Nachteil:

- verminderte Versorgungssicherheit bei Energieausfall
- verminderte Ausnutzung unterschiedlicher Stromtarife



- zusätzlicher Aufwand für Fachpersonal und Instandhaltung
- benötigt Einrichtungen gegen Druckstöße

## 5 Gesetzliche Vorgaben, normative Verweise

### 5.1 Gesetzliche Vorgaben

#### 5.1.1 Lebensmittelgesetzgebung

- SR 817.0 LMG, Bundesgesetz über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (Lebensmittelgesetz);  
SR 817.02 LGV, Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung;  
SR 817.022.11 TBDV, Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen  
SR 817.023.21 Bedarfsgegenständeverordnung

#### Wichtige Aspekte

**Lebensmittelsicherheit:** Als Trinkwasser wird in der TBDV (Art. 3) Wasser definiert, das natürlich belassen oder nach Aufbereitung bestimmt ist zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen sowie zur Reinigung von Gegenständen, die mit Lebensmitteln in Berührung kommen. Trinkwasser muss in mikrobiologischer, chemischer und physikalischer Hinsicht genusstauglich sein.

Trinkwasser muss also hinsichtlich Geruch, Geschmack und Aussehen unauffällig sein und darf hinsichtlich Art und Konzentration der darin enthaltenen Mikroorganismen, Parasiten sowie Kontaminanten keine Gesundheitsgefährdung darstellen. Zudem muss es die Mindestanforderungen nach den Anhängen 1–3 der TBDV erfüllen.

**Selbstkontrolle:** Wer Lebensmittel produziert, verarbeitet, lagert, transportiert oder verkauft, ist zur Selbstkontrolle verpflichtet. Diese Verpflichtung ist ein zentraler Pfeiler der Lebensmittelgesetzgebung. Sie beinhaltet, dass die Einrichtungen, Arbeits- und Prozessbedingungen sowie die Arbeitsabläufe so gestaltet sein müssen, dass die Lebensmittelsicherheit jederzeit garantiert werden kann. Die im Sinne der Selbstkontrolle getroffenen Massnahmen müssen schriftlich dokumentiert werden und rückverfolgbar sein. Diese Bestimmungen gelten uneingeschränkt auch für die Betriebe der öffentlichen Trinkwasserversorgung.

**Anforderungen an Wasserversorgungsanlagen:** Gemäss TBDV ist der Bau oder die Veränderung einer Wasserversorgungsanlage (Art. 4, Abs. 4) den kantonalen Vollzugsbehörden vorgängig zu melden.

Beim Bau oder Umbau sowie beim Betrieb der Wasserversorgungsanlage müssen die anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden.

Der Betreiber ist verpflichtet, die Anlage durch entsprechend ausgebildetes Personal regelmässig überwachen und warten zu lassen.

Für den Bau oder Umbau sowie beim Betrieb der Trinkwasserversorgungsanlage sind Materialien zu verwenden, deren Eignung in Kontakt mit Trinkwasser nach anerkannten Prüf- und Bewertungsverfahren ermittelt wurde. Diese Materialien dürfen Stoffe nur in Mengen ins Trinkwasser abgeben, die:

- a. gesundheitlich unbedenklich sind;
- b. technisch unvermeidbar sind; und
- c. keine Veränderung der Zusammensetzung oder der organoleptischen Eigenschaften herbeiführen.

#### 5.1.2 Weitere Rechtsbereiche

- SR 814.01 USG Umweltschutzgesetz  
SR 531 LVG Bundesgesetz über die wirtschaftliche Landesversorgung (Landesversorgungsgesetz)

SR 531.32	VTM Verordnung über die Sicherstellung der Trinkwasserversorgung in schweren Mangellagen
SR 832.311.141	Bau AV Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten;
SR 221.112.944	PrHG, Bundesgesetz über die Produkthaftpflicht (Produkthaftpflichtgesetz);
SR 943.02	BGBM, Bundesgesetz über den Binnenmarkt (Binnenmarktgesetz);
SR 172.056.1	BöB, Bundesgesetz über das öffentliche Beschaffungswesen;
SR 734.31	LeV, Verordnung über elektrische Leitungen;
SR 933.0	BauPG, Bundesgesetz über Bauprodukte;
SR 700.01	RPG Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz)
SR 832.30	VUV, Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten

Zusätzlich zu den aufgeführten gesetzlichen Grundlagen sind die kantonalen gesetzlichen Vorgaben zu berücksichtigen. Die involvierten Amtsstellen sind im Rahmen der Projektierung einzubeziehen. Bei Projekten von regionaler Bedeutung werden in der Regel durch die Kantone Beiträge an die Gesamtkosten entrichtet.

### Wichtige Aspekte

**Arbeitssicherheit:** Der Arbeitnehmerschutz richtet sich nach den gesetzlichen Vorgaben, im Speziellen nach der «Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten» (VUV) und den EKAS Richtlinien. Die speziellen Anforderungen finden sich in den «SVGW-Richtlinien für die Verhütung von Unfällen im Gas- und Wasserbereich» (GW2) und dem dazugehörigen Sicherheitshandbuch sowie in diversen Merkblättern. Die im Einzelfall zu treffenden Schutzmassnahmen sind den gewählten Arbeitsverfahren und den äusseren Umständen anzupassen.

**Versorgungssicherheit:** Die Versorgung der Bevölkerung und der Wirtschaft mit Trink- und Brauchwasser sowie die Bereitstellung von Löschwasser sind eine unverzichtbare Aufgabe des Gemeinwesens. Reservoiranlagen sind kapitalintensiv und haben eine lange Lebensdauer. Sie können nicht kurzfristig, sondern nur langfristig an neue Randbedingungen angepasst werden. Um Fehlinvestitionen zu vermeiden und den Ansprüchen nach Redundanz und Resilienz zu genügen, ist eine vorausschauende und konsistente Planung auf allen Ebenen zur Erreichung und Sicherstellung der Versorgungssicherheit unumgänglich.

## 5.2 Normative Verweise, weiterführende Dokumente

Die folgenden normativen Dokumente müsse im Sinne der Verweisung ganz oder teilweise mitberücksichtigt werden.

### Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches SVGW

SVGW W1	Richtlinie für die Qualitätsüberwachung in der Trinkwasserversorgung;
SVGW W3	Richtlinie für Trinkwasserinstallationen
SVGW W4	Richtlinie für Wasserverteilung
SVGW W5	Löschwasserversorgung
SVGW W12	Leitlinie für gute Verfahrenspraxis in Trinkwasserversorgungen
SVGW W1005	Empfehlung zur strategischen Planung der Wasserversorgung
SVGW W1006	Empfehlung zur Finanzierung der Wasserversorgung
SVGW W1007	Empfehlung Sabotageschutz von Trinkwasserversorgungen
SVGW W1011	Empfehlung Muster-GWP
SVGW W1014	Empfehlung Datenerhebung und -auswertung
SVGW W10018	Merkblatt: Kontaktkorrosion

SVGW W10021	Merkblatt: Zement und Beton: Anforderungen an die Materialien zur Ausschreibung von Beton für Bauteile in Kontakt mit Trinkwasser
SVGW GW2	Teil A: Richtlinie für die Unfallverhütung und den Gesundheitsschutz im Gas- und Wasserfach;
SVGW GW2	Teil B: Sicherheitshandbuch;
SVGW GW1000	Empfehlung für die Anforderungen an die Verwendung von Kiesersatzmaterial im Rohrleitungsbau;
SVGW ZW102/1	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von organischen Materialien
SVGW ZW102/2	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von Metallen, Metalllegierungen und Metallüberzügen
SVGW ZW102/3	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von zementgebundenen Werkstoffen
SVGW ZW102/4A	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von anorganischen nicht metallischen Materialien: Email
SVGW ZW102/4B	Reglement: Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung von anorganischen nicht metallischen Materialien: Keramik

### Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches DVGW

DVGW W 270	Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen für den Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung
DVGW W 300-1	Trinkwasserbehälter Teil 1: Planung und Bau
DVGW W 300-2	Trinkwasserbehälter Teil 2: Betrieb und Instandhaltung
DVGW W 300-3	Trinkwasserbehälter Teil 3: Instandsetzung und Verbesserung
DVGW W 300-4	Trinkwasserbehälter Teil 4: Werkstoffe, Auskleidungs- und Beschichtungssysteme – Grundsätze und Qualitätssicherung auf der Baustelle
DVGW W 300-5	Trinkwasserbehälter Teil 5: Werkstoffe, Auskleidungs- und Beschichtungssysteme – Anforderungen und Prüfung
DVGW W 300-6	Trinkwasserbehälter: Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von System- und Fertigteilebehältern
DVGW W 300-7	Trinkwasserbehälter Teil 7: Praxishinweise Reinigungs- und Desinfektionskonzept
DVGW W 300-8	Trinkwasserbehälter; Praxishinweise Hygienekonzept: Neubau und Instandsetzung
DVGW W 316	Qualifikationsanforderungen an Fachunternehmen für Planung, Bau, Instandsetzung und Verbesserung von Trinkwasserbehältern
DVGW W 347	Hygienische Anforderungen an zementgebundene Werkstoffe im Trinkwasserbereich – Prüfung und Bewertung
DVGW W398	Praxishinweise zur hygienischen Eignung von Ortbeton und vor Ort hergestellten zementgebundenen Werkstoffen zur Trinkwasserspeicherung

### Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein „SIA“

SIA 112	Modell Bauplanung. Definition der SIA Leistungsphasen
SIA 260	Projektierung Tragwerke
SIA 261	Einwirkungen auf Tragwerke
SIA 262	Betonbau
SIA 262-1	Betonprüfung
SIA 267	Geotechnik
SIA 271	Abdichtungen von Hochbauten
SIA 272	Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagebau
SIA 2042	Merkblatt Vorbeugung von Schäden durch die Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR) bei Betonbauten

### **Schweizerische Normenvereinigung SNV**

INB SN 12501	Korrosionswahrscheinlichkeit in Böden
SN EN 206	Beton – Teil 1: Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität
SN EN 1508	Wasserversorgung – Anforderung an Systeme und Bestandteile der Wasser-speicherung

### **Schweizerische Gesellschaft für Korrosionsschutz SGK**

SGK C1	Richtlinien für Projektierung, Ausführung und Betrieb des kathodischen Korrosionsschutzes von Rohrleitungen
SGK C2	Richtlinien zum Korrosionsschutz von erdverlegten metallischen Anlagen
SGK C3	Richtlinien zum Schutz gegen Korrosion durch Streuströme von Gleichstromanlagen

## 6 Allgemeiner Prozess- und Planungsablauf

### 6.1 Projektphasen

Die vorliegende Richtlinie ist prozessorientiert aufgebaut. In Abbildung 3 sind den einzelnen Projektschritten die entsprechenden Kapitel zugeordnet. Mit dieser Darstellung soll dem Anwender die Zuordnung spezifischer Fragestellungen zu den jeweiligen Kapiteln erleichtert werden.

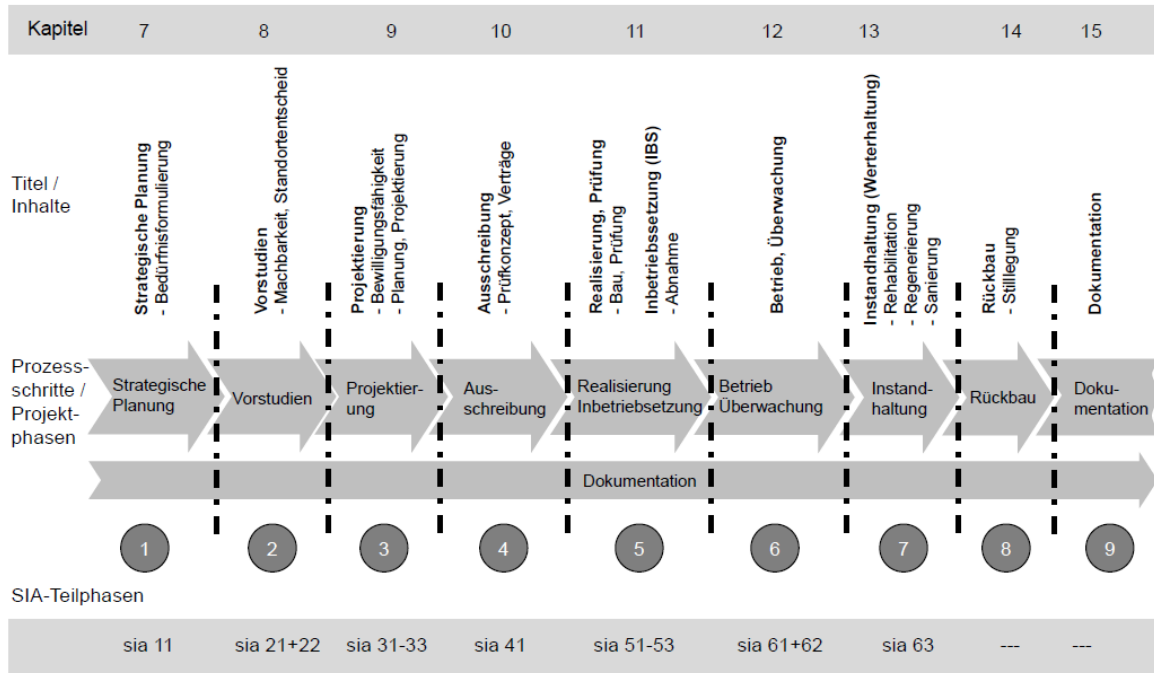


Abbildung 3 Prozessorientierter Aufbau der Richtlinie Reservoir

Die folgenden Projektphasen haben sich für einen umfassenden Planungs- und Bauablauf bewährt:

Projektphasen	Ziele	Massnahmen / Resultate	Kapitel
<b>1. Strategische Planung</b>  <i>SIA 11</i>  <i>Bedürfnisformulierung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedarf nachgewiesen (Gesamtversorgung und pro Druckzone)</li> <li>• Bestand/Zustand ist systematisch beurteilt</li> <li>• Eckwerte für Planung / Projektierung definiert (Projektpflichtenheft)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bedarfsabklärung unter Berücksichtigung: <ul style="list-style-type: none"> <li>- der Beurteilung des Ist-Zustands</li> <li>- des Konzepts der Trinkwasserspeicherung</li> <li>- der Wasser- / Speicherbilanz (Trink- und Löschwasser)</li> <li>- des GWP</li> </ul> </li> <li>- Einbezug Nachbarversorgungen und regionale bzw. überregionale Versorgungen</li> </ul>	7

Projektphasen	Ziele	Massnahmen / Resultate	Kapitel
<b>2. Vorstudien</b>  <i>SIA 21 Machbarkeitsstudie</i>  <i>SIA 22 Auswahlverfahren</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erforderliches Reservoirvolumen bestimmt</li> <li>• Risikofaktoren abgeklärt</li> <li>• Technische und hydraulische Machbarkeit nachgewiesen</li> <li>• Entscheidung Neubau bzw. Sanierung/Erweiterung getroffen (bzgl. Instandhaltung siehe Kap. 13)</li> <li>• Bestvariante inkl. Standortmöglichkeiten festgelegt</li> <li>• Vorabklärungen zur Bewilligungsfähigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mögliche Varianten resp. Standorte ermitteln (Geografische und topografische Lage)</li> <li>- Geologische Vorabklärungen</li> <li>- Standortrisiken und Machbarkeit abklären (inkl. Beurteilung Baugrund)</li> <li>- Nachhaltigkeitsgrundsätze (KBOB Kreislaufwirtschaft) einbeziehen</li> <li>- Realisierungsformen / Bauarten prüfen</li> <li>- Bewilligungsfähigkeit beurteilen</li> <li>- Bestvariante ermitteln (Nutzwertanalyse)</li> <li>- Hydraulische Disposition/Schema erstellen</li> <li>- Wasserchemie bekannt und Werkstoff-Auswahl festgelegt</li> <li>- Radonexposition abgeklärt</li> </ul>	8
<b>3. Projektierung</b>  <i>SIA 31 Vorprojekt</i>  <i>SIA 32 Bauprojekt</i>  <i>SIA 33 Bewilligungen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planungsziele und Nutzungsvereinbarung mit Projektgenieur vereinbart</li> <li>• Variante bestimmt (Behälterbauart, Behälterbauform, hydromechanische Anlagen, und weitere Infrastrukturen)</li> <li>• Geologische und geotechnische Untersuchung</li> <li>• Reservoirkonzept erstellt: <ul style="list-style-type: none"> <li>- hydraulische Bemessung festgelegt</li> <li>- hydromechanische Gesamtdisposition bestimmt</li> <li>- Funktionale Anforderungen festgelegt (Zugang zu Schieberhaus und Wasserkammer, Einsicht Wasseroberfläche, Geometrie Wasserkammer)</li> <li>- Hygienisch geeignete Materialien festgelegt</li> <li>- Technische Ausrüstung bestimmt (inkl.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planungsmassnahmen durch Auftraggeber / Fachspezialisten und Bauherrenunterstützung veranlassen</li> <li>- Projektfreigabe: Projekt freigeben und Vorprojekt starten</li> <li>- Grundlagen Ausführungsplanung erstellen (hydraulische Berechnungen, Disposition der Anlagen und Einbauten)</li> <li>- Materialfrage klären</li> <li>- Baubewilligungsverfahren auslösen und eventuell Planauflage durchführen</li> </ul>	9

Projektphasen	Ziele	Massnahmen / Resultate	Kapitel
	<p>Elektroinstallation und Messtechnik)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Statische Konstruktion festgelegt</li> <li>• Projekt, Terminplanung und Kostenvoranschlag erstellt und von Auftraggeber genehmigt</li> <li>• Bewilligungen für die Ausführung liegen vor</li> </ul>		
<p><b>4. Ausschreibung</b></p> <p><i>SIA 41</i> <i>Ausschreibung</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausschreibungspakete festgelegt</li> <li>• Ausschreibungsverfahren pro Leistungspaket definiert (Freihändig, Einladungsverfahren, öffentliche Ausschreibung)</li> <li>• Geeignete Unternehmer bestimmt (Hoch- und Tiefbau, Aus- und Einbauten, MSRE)</li> <li>• Anforderung an Ausführungsqualität definiert (Prüf-, Hygienekonzept, Ausführungskontrolle, Pflichtenhefte)</li> <li>• Vergaben erfolgt und Werkverträge abgeschlossen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kompetente Ausschreibungen durch Ingenieur und Fachplaner (Vorgaben und Grundlagen der Submission, Leistungsverzeichnis, Eignungskriterien, Zuschlagskriterien und deren Gewichtung)</li> <li>- Offertvergleich</li> <li>- Objekt- oder Baukredit beantragt</li> <li>- Vergabeempfehlung, -anträge</li> </ul>	10
<p><b>5. Realisierung, Prüfung und Inbetriebsetzung</b></p> <p><i>SIA 51</i> <i>Ausführungsprojekt</i></p> <p><i>SIA 52</i> <i>Ausführung</i></p> <p><i>SIA 53</i> <i>Inbetriebnahme und Abschluss</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reservoir gemäss Projektpflichtenheft erstellt</li> <li>• Wasserdichtheitsprüfung durchgeführt (Reservoirkammern, Rohrleitungen, Anschlussleitungen Rohrnetz)</li> <li>• Wasserkammer gereinigt, desinfiziert und freigegeben</li> <li>• Reservoir ins Versorgungsnetz eingebunden</li> <li>• Inbetriebsetzung erfolgt</li> <li>• Reservoir durch Betreiber / Bauherrschaft übernommen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausführungsprojekt für Reservoir erarbeitet</li> <li>- Ausführungsprojekt Werkleitungen liegt vor</li> <li>- Koordination sichergestellt</li> <li>- Versierte Baubegleitung</li> <li>- Bau des Reservoirs inklusiv allen Einbauten / Installationen</li> <li>- Abnahme und Übergabe der Anlage an die Wasserversorgung erfolgt</li> <li>- Objektgarantien festgelegt</li> <li>- Inbetriebnahme Gesamtsystem abgeschlossen und im PLS eingebunden</li> <li>- Bauabrechnung erstellt</li> <li>- Pläne des ausgeführten Bauwerks liegen vor</li> <li>- Dokumentation / Baudossier erstellen</li> </ul>	11



Projektphasen	Ziele	Massnahmen / Resultate	Kapitel
<b>6. Betrieb und Überwachung</b>  <i>SIA 61</i> <i>Betrieb</i>  <i>SIA 62</i> <i>Überwachung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherer und qualitätskonformer, wirtschaftlicher Betrieb</li> <li>• In- und Ausserbetriebnahmen des Behälters geregelt und dokumentiert</li> <li>• Betriebstauglichkeit der Anlage erhalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Qualitätskontrollen durchgeführt</li> <li>- Betriebsdaten und Messergebnisse dokumentiert</li> <li>- Betriebsunterlagen erstellt</li> <li>- Personal instruiert</li> <li>- Betrieblicher Unterhalt wird durchgeführt</li> </ul>	12
<b>7. Instandhaltung (Werterhaltung)</b>  <i>SIA 63</i> <i>Instandhaltung</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zustandsanalyse durchgeführt</li> <li>• Mängel beurteilt und Massnahmen zu deren Behebung festgelegt</li> <li>• Sanierungsverfahren festlegen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bauwerkssubstanz und Wert für die Restnutzungsdauer wird aufrechterhalten</li> <li>- Fortlaufende Dokumentation und Archivierung aller Bau- und Instandhaltungsmassnahmen</li> </ul>	13
<b>8. Rückbau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine nachteiligen Auswirkungen auf die Versorgungsinfrastruktur bzw. Umgebung</li> <li>• Stilllegung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rückbau Bauwerke gemäss Vorgaben der Behörden.</li> <li>- Fachgerechte Entfernung und Entsorgung der Installationen (Armaturen, Rohrleitungen, Kabel etc.)</li> </ul>	14
<b>9. Dokumentation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Für alle Projektphasen liegt eine ordnungsmässige Dokumentation vor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Festlegung der Dokumentenlenkung, Ablage und Aufbewahrung</li> <li>- Archivierung der Dokumente ist definiert (Umfang und Aufbewahrungsdauer)</li> </ul>	15

Tabelle 1 Projektphasen mit Zielen und Massnahmen/Resultaten

## 6.2 Aspekte der Qualitätssicherung

Über alle Projektphasen des Projekts ist ein besonderes Augenmerk auf die Qualitätssicherung zu legen. Im Folgenden sind die wichtigen Aspekte der jeweiligen Phasen aufgeführt:

### 1. Planung/Projektierung:

- Durchführung einer gründlichen Standortbewertung, einschliesslich geologischer und hydrologischer Untersuchungen. (Kapitel 7.1)
- Festlegung klarer Ziele und Anforderungen für das Reservoirprojekt. (Kapitel 7.2)
- Entwicklung detaillierter Konstruktionspläne und Spezifikationen unter Berücksichtigung der relevanten Standards und Vorschriften. (Kapitel 9)
- Überprüfung und Validierung der Planungsunterlagen durch qualifizierte Ingenieure und Fachleute.
- Bei Bedarf Einbezug von Bodenschutzgutachten oder weiteren Umweltschutzaspekten.
- Erstellen eines detaillierten Prüf- und Hygienekonzepts (gem. Kap. 10.2 ff)
- Konformitätsnachweise für verwendete Materialien

## **2. Realisierung und Inbetriebnahme:**

- Auswahl qualifizierter Auftragnehmer und Lieferanten, die über Erfahrung und Expertise im Bau von Reservoiranlagen verfügen. (Kapitel 10)
- Regelmässige Qualitätskontrollen auf der Baustelle, um sicherzustellen, dass die Arbeit gemäss den Plänen und Spezifikationen durchgeführt wird. (Kapitel 6.3 und 10.2)
- Überwachung der Einhaltung der Bauvorschriften, Sicherheitsstandards und Umweltauflagen. (Kapitel 6.3 und 10.2)
- Durchführung von Inspektionen und Tests an kritischen Bauelementen. (Kapitel 11.4)
- Dokumentation aller Bauaktivitäten, durchgeführten Tests und ausgeführten Arbeiten. (Kapitel 15)

## **3. Betrieb:**

- Regelmässige Inspektionen und Wartungsarbeiten gemäss den festgelegten Wartungsplänen. (Kapitel 12)
- Überwachung der Betriebsparameter wie Wasserstand, Wasserqualität, Druck, Durchfluss usw. (Kapitel 9.12)
- Dokumentation von Betriebsdaten und -ereignissen für spätere Analysen und Rückverfolgbarkeit.
- Einhaltung von Sicherheitsstandards und -verfahren, einschliesslich regelmässiger Schulungen für das Betriebspersonal. (Kapitel 12.2.2)

## **4. Sanierung:**

- Durchführung regelmässiger Inspektionen zur Überwachung des Zustands der Reservoiranlage und frühzeitigen Erkennung von Schäden oder Verschlechterungen. (Kapitel 12.3)
- Planung und Umsetzung von Sanierungsmassnahmen, um die Leistung und Sicherheit der Anlage wiederherzustellen oder zu verbessern. (Kapitel 13.3)
- Einhaltung der geltenden Vorschriften und Normen für die Sanierung von Reservoiranlagen. (Kapitel 13.4.5 und 13.5)
- Dokumentation aller durchgeführten Sanierungsmassnahmen und deren Auswirkungen. (Kapitel 15)

Die genauen Anforderungen zur Qualitätssicherung können je nach Art, Grösse und spezifischen Anforderungen der Reservoiranlage sowie den kantonalen Vorschriften variieren. Es ist wichtig, dass qualifizierte und erfahrene Fachleute eingesetzt werden, um die Qualitätssicherung in jeder Projektphase zu gewährleisten.

## **6.3 Qualifikationsanforderungen Planung und Bau**

Planung und Bau von Reservoiren müssen durch qualifizierte Fachunternehmen und Spezialisten ausgeführt werden. Bei Bedarf ist eine Bauherrenvertretung oder -unterstützung durch eine geeignete Fachperson sicherzustellen.

Ein zweckmässiges Qualitätsmanagement baut auf dem Grundsatz, dass alle Projektbeteiligten ihre Verantwortung für die Qualität ihres Beitrags am Projekt tragen. Somit steht der Bauherr in der Pflicht, alle Projektbeteiligten entsprechend sorgfältig auszuwählen.

Somit sollte das Fachunternehmen/Planungsbüro den Nachweis erbringen, dass es ein nachvollziehbares Qualitätsmanagement-System unterhält (z.B. nach ISO 9001, PQM) und organisatorisch, fachlich und personell mindestens folgende Anforderungen sicherstellt:

- Vorhaltung und Beachtung der geltenden Vorschriften, Normen und technischen Regeln für den vorgesehenen Tätigkeitsbereich.
- Einhaltung der Regeln für Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz auf der Baustelle.
- Beschäftigung und Einsetzung einer ausreichenden Anzahl von hinreichend ausgebildeten und erfahrenen Fachkräften für jedes Projekt resp. jede Baustelle.
- Durchführung von Massnahmen zur laufenden Fortbildung des eigenen Fachpersonals.
- Überprüfung der Qualifikation von Auftragnehmern.

Es wird empfohlen für die Baustellenorganisation/Bauleitung und durchgängige Qualitätssicherung unterschiedliche Personen einzusetzen.

#### **6.4 Ingenieursubmission (Dienstleistungsaufträge)**

Sofern die notwendigen Planungs- und Projektierungsarbeiten nicht mit internen Kräften durchgeführt werden können, ist die Mitarbeit von externen Dienstleistern vorzusehen. In diesem Fall wird empfohlen, eine Ingenieursubmission durchzuführen. Die Vergaberegeln der jeweils gültigen kantonalen Submissionsverordnung müssen entsprechend beachtet werden.

Das vorteilhafteste Angebot wird anhand der Zuschlagskriterien ermittelt. Die Wahl der richtigen Zuschlagskriterien und deren Gewichtung sind für den Projekterfolg entscheidend. So sind neben dem Preis, Qualität, Termine, Projektorganisation und Qualifikation der Schlüsselpersonen, wie auch die Analyse der Aufgabenstellung und die Angabe von Referenzen etc. in der Zuschlagsbewertung zu berücksichtigen. Ein klares Bewertungsschema mit Notenskala und Gewichtung ist festzulegen.

Ein Beispiel für mögliche Zuschlagskriterien mit Gewichtung findet sich in Kapitel 10.1.2.

Weitere Hinweise finden sich unter anderem im KBOB-Planervertrag, den SIA-Normen und dem entsprechenden Leitfaden welcher auf [www.kbob.admin.ch](http://www.kbob.admin.ch) publiziert ist.

#### **6.5 Digitales Bauen (BIM)**

Ein wesentlicher Baustein der Digitalisierung im Bau- und Infrastruktursektor ist die Methodik des „Building Information Modeling“ (BIM), welches durch neue Management-Methoden, wie das Virtual Design and Construction (VDC), weiter unterstützt und entwickelt werden.

Die digitale Baumethodik wie BIM, erfordern eine kooperative Arbeitsmethodik, mit welcher auf der Grundlage digitaler Modelle, alle relevanten Informationen digitalisiert werden müssen, im späteren Verlauf mit neuen Daten verwaltet und zwischen den Beteiligten ausgetauscht oder für die weitere Bearbeitung übergeben werden.

Ein digitales Bauwerksmodell „BIM-(Daten-)Modell“ kann aus mehreren Fachmodellen bestehen, die später zu einem Gesamtmodell zusammengefasst werden. Neben der visuellen Darstellung dient das BIM - (Daten-)Modell als zentraler Datenpool des Bauwerks und ist im Idealfall die immer aktuelle, vereinheitlichte Informationsquelle. Das Modell steht den Projektbeteiligten über den gesamten Lebenszyklus zur Verfügung. Dadurch können durch "Kollisionsprüfungen" Projektierungsfehler frühzeitig entdeckt und Schnittstellen bereinigt

werden. Bei Bauabschluss können die Daten gesammelt und mit den modellierten Daten für die Instandhaltung oder den Betrieb genutzt werden. Bei wasserwirtschaftlichen Anlagen spielen neben projektspezifischen Daten insbesondere auch Daten, die in betriebliche Datenbanksysteme (ERP, PLS, DMS, etc.) eingelesen werden sollen, eine wesentliche Rolle. Damit das BIM-Modell am besten zur Geltung kommt, muss es mit den anderen Datenbanken des Wasserversorgers kommunizieren können, insbesondere mit dem CMMS und dem Überwachungssystem (SCADA).

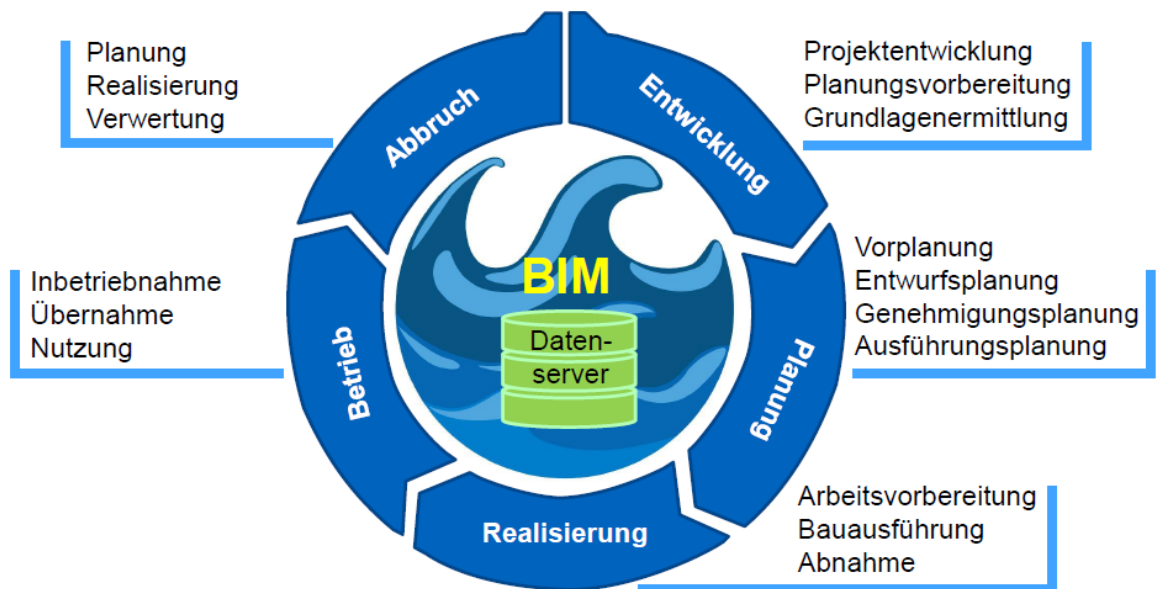


Abbildung 4 BIM als Informationsquelle über den gesamten Lebenszyklus (Quelle BIM Institut)

Die Vergabeprozesse müssen sich durch das digitale Bauen im Vergleich zu konventionellen Arbeitsmethoden nicht prinzipiell ändern. Auch Vergaben von Leistungen für die BIM-Modellierungen können mit den vorhandenen Ausschreibungsprozessen abgewickelt werden. Allerdings ändert sich der Beschaffungsgegenstand und Umfang der Beschaffung. Beschafft werden müssen nunmehr Planungsleistungen und Bauleistungen unter Anwendung der BIM-Modelle. Diese Leistungen sind im Ausschreibungstext detailliert zu benennen.

## 7 Strategische Planung

### 7.1 Beurteilung Bestand

Auslöser der Beurteilung sind häufig Auffälligkeiten an der Bausubstanz oder an Installationen, welche im Rahmen der regelmässigen Kontrollgänge erkannt werden. Im Rahmen einer systematischen Beurteilung wird eine erweiterte Gesamtsicht mit folgendem Themenraster empfohlen:

- Beurteilung Versorgungskonzept (Redundanz, Ausfallwahrscheinlichkeit, Auswirkung Stromausfall, Optimierung mit Nachbarversorgung, Prüfung der Zonengrenzen)  
-> Braucht es dieses Reservoir?
- Beurteilung Lage Reservoir (Druckverhältnisse innerhalb der Versorgungszone, Zugänglichkeit/Zufahrt, tangierte Schutzgüter)  
-> Ist das Reservoir am richtigen Ort?
- Beurteilung der Reservoiranlage (siehe Anhang 6)
  - zwei separate Kammern vorhanden
  - Reservoirvolumen entspricht dem Bedarf (Brauchreserve, Störreserve, Löschreserve)
  - Anforderungen Hygiene erfüllt (Dichtigkeit, Beschichtung, Durchströmung, Lage im Rohrnetz, Drainage, Belüftung, Überlauf, etc.)
  - Beurteilung Arbeitssicherheit, Bedienerfreundlichkeit (Entfluchtung, Absturzsicherung, Zugänglichkeit für Personen und Waren, Zufahrt, etc.)
- Beurteilung der Substanz (siehe Anhang 6)
  - Beurteilung Bausubstanz/Konstruktion (Mängel, Tragsicherheit, Erdbebensicherheit)
  - Beurteilung der Installationen/Ausrüstung (Zutrittsüberwachung, EMSR, Aufwand Wartung, Erdbebensicherheit)
- Beurteilung der trinkwasserberührenden Oberflächen
  - Mikrobiologische Ablagerungen, Biofilme, Fleckenbildung, Auffälligkeiten der Trinkwasserqualität

### 7.2 Definition Zielzustand, Pflichtenheft

Die Definition des Zielzustands erfolgt auf Basis der Strategie des Wasserversorgers und der vorliegenden Richtlinie. Der Zielzustand wird auf Grundlage der langfristigen Entwicklung von Bevölkerung und Trinkwasserbedarf im Versorgungsgebiet definiert. Das Nutzvolumen richtet sich dabei nach der übergeordneten Strategie des Wasserversorgers und der Speicherbilanz (siehe Kapitel 7.3). Die folgenden Kriterien sind entsprechend festzulegen:

- Benötigtes Nutzvolumen (in Abhängigkeit Zeithorizont), geeignete Konstruktion für die Wasserspeicherung
- Maximaler Bedarf Brandschutz (Feuerwehr und Sprinkler) im Versorgungsgebiet (Löschwassermenge, Löschdauer)
- Definition der Anforderungen an die Versorgungssicherheit/Redundanz

### 7.3 Volumenermittlung

Im Rahmen der strategischen Planung ist ein Nachweis des Speichervolumens und ein allenfalls notwendiger etappenweiser Ausbau der Behälteranlage erforderlich. Bei genauen Grundlagen wird das Volumen der Brauchreserve durch Aufsummierung der stündlichen Zulauf-, Förder- und Entnahmemengen während des Ausgleichszeitraums ermittelt. Die

Bewirtschaftung von Reservoirs kann für den Ausgleich über einen Tag oder auch über längere Zeiträume erfolgen. Ein Ausgleich ist dann eingetreten, wenn im entsprechenden Zeitraum die Ausgangswasserspiegellage wieder erreicht ist.

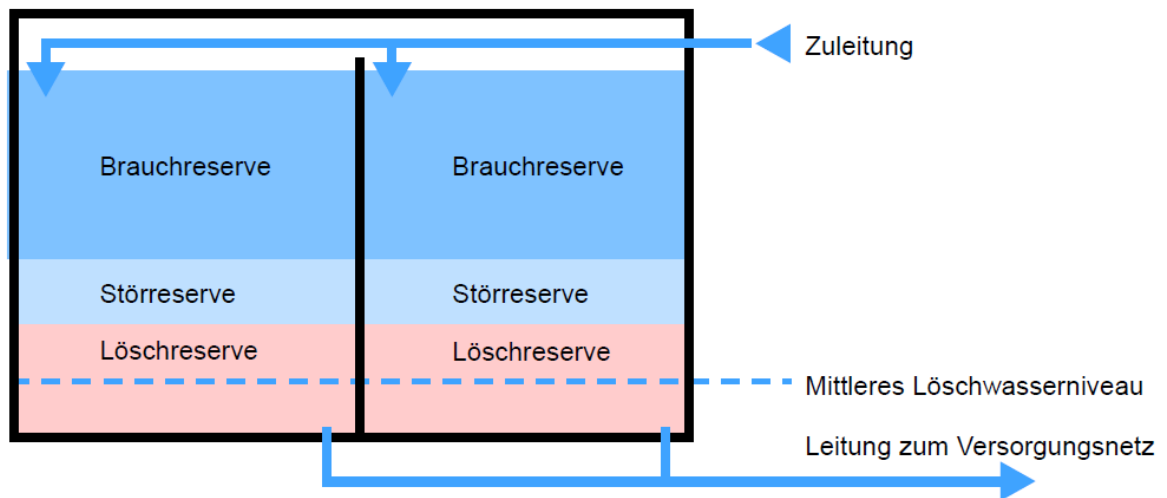


Abbildung 5 Brauch-, Stör- und Löschrerne eines Reservoirs (gem. FKS)

Die Praxis zeigt, dass ein Reservoir in einem gegebenen Versorgungsgebiet in der Regel dann wirtschaftlich bemessen ist, wenn die folgenden Kriterien erfüllt sind:

- Brauchreserve: 0.5 Mal den mittleren Tagesverbrauch
- Störreserve:
  - Kleine Versorgungsnetze (max. Tagesbedarf < 4000 m<sup>3</sup>):  
Maximal 0.5 Mal den mittleren Tagesverbrauch
  - Grosse Versorgungsnetze (max. Tagesbedarf ≥ 4000 m<sup>3</sup>):  
2.0 Mal den maximalen stündlichen Verbrauch
- Löschrerne: Gemäss SVGW W5 resp. SFV Richtlinie
- Speicherinhalt: 1.0 Mal den mittleren Tagesverbrauch des betreffenden Versorgungsgebietes

Daraus ergibt sich ein spezifischer Speicherinhalt von ungefähr 0.4 bis 0.5 m<sup>3</sup> pro Einwohner. Falls besondere Umstände (z.B. hohe Verbrauchsschwankungen, industrielle Grossbezüger, Trinkwasserverbund mit Nachbarversorgungen etc.) vorliegen, kann das spezifische Speichervolumen vermindert oder vergrössert werden. In diesem Fall ist es nötig, den Speicherinhalt mit einer detaillierten Netzberechnung und Bedarfssimulation nachzuweisen.

Eine Behältererweiterung ist spätestens dann angezeigt, wenn das spezifische Speichervolumen die Hälfte des optimalen Wertes erreicht hat.

### 7.3.1 Störreserve (Betriebs- oder Notreserve)

Die Störreserve ist von der Grösse des Versorgungsnetzes abhängig. Bei kleinen Versorgungsnetzen (max. Tagesbedarf < 4000 m<sup>3</sup>) kann sie 0.5 Mal den mittleren Tagesverbrauch erreichen. Bei grossen Versorgungsnetzen sollte eine Reserve genügen, welche zwei Stunden des maximalen stündlichen Verbrauchs des entsprechenden Versorgungsgebietes entspricht.

Bei Versorgungsstrukturen, die besondere verwundbare und empfindliche Elemente enthalten, wird die Störreserve dementsprechend erhöht.

### 7.3.2 Löschreserve

Die Grösse der gegebenenfalls notwendigen Löschreserve ist mit den zuständigen Organen der Feuerwehr und der Gebäudeversicherung festzulegen. Auf die separate Ausscheidung der Löschreserven kann (unter Vorbehalt anderslautender kantonaler Vorgaben) verzichtet werden,

- wenn die Löschreserve weniger als 50% der Störreserve ausmacht, wobei die Störreserve von der Grösse des Wasserversorgungssystems abhängig ist,
- bei grossen Versorgungsanlagen mit mehreren unabhängigen Wasserbezugsorten und einem mittleren Tagesbedarf von über 4000 m<sup>3</sup>.

Bei Wasserversorgungen, die mehrere Druckzonen versorgen, genügt vielfach eine ausreichende Löschreserve im höchst gelegenen Reservoir. Die entsprechende Zuleitung muss einen ausreichenden Durchfluss in die unteren Reservoirs gewährleisten. Generell soll eine Löschreserve nicht mehr als drei Druckzonen versorgen.

Als Löschreserve werden folgende Richtwerte empfohlen:

- Einzelobjekte: 30 bis 100 m<sup>3</sup>
- Dorf- und Wohngebiete: 100 bis 200 m<sup>3</sup>
- Kerngebiete, Gewerbe- und Industriegebiete: 200 bis 400 m<sup>3</sup>

Bei ganz kleinen Wasserversorgungen kann aus hygienischen oder technischen Gründen der Löschwasserbedarf nicht immer aus dem Reservoir gedeckt werden. Die Löschwasserversorgung ist in diesem Fall durch ein alternatives System (Löschwassereigenversorgung) sicherzustellen. Häufig werden in diesem Falle zur Brandbekämpfung, Wasserläufe, Teiche, Löschwasserbrunnen und Löschwasserbehälter herangezogen.

Die Freigabe der Löschreserve ist über eine speziell gekennzeichnete Vorrichtung und mit genau definierten Kompetenzen zu regeln.

### 7.3.3 Bedarfsentwicklung

Die Brauchreserve der Wasserkammern bemisst sich an einer realistischen Einschätzung zukünftiger Bedarfsentwicklung. Das System und die Leistung der zugeordneten Wasserversorgungsanlagen sind zu berücksichtigen.

Ein Speicherinhalt, welcher ungefähr den mittleren Tagesverbrauch des betreffenden Versorgungsgebietes umfasst, gilt als angemessen. Dies entspricht einem spezifischen Speicherinhalt von 0.40 bis 0.50 m<sup>3</sup>/Einwohner (mittlerer totaler Verbrauch, inklusive Industrie, Gewerbe etc., eines Versorgungsgebietes geteilt durch die Anzahl versorgter Einwohner).

Folgende Umstände tragen zu einer Verminderung des spezifischen Speicherinhalts bei:

- grosse städtische Versorgungsgebiete mit gutem Konsumausgleich
- Versorgungsanlagen mit mehrfacher unabhängiger Einspeisung

Folgende Umstände tragen zu einer Vergrösserung des spezifischen Speicherinhalts bei:

- kleine Versorgungsgebiete mit ausgeprägten Verbrauchsspitzen
- Versorgungsanlagen mit einseitiger Wasserbeschaffung

#### **7.3.4 Bewirtschaftung, Ausgleichsperiode**

Der Tagesausgleich ist der Regelfall. Der Ausgleich in längeren Zeiträumen kann z. B. vorteilhaft sein, wenn aus betrieblichen Gründen Gewinnung und Aufbereitung längerfristig mit gleichmässiger Leistung betrieben werden sollen. Dabei liegt der wirtschaftliche Vorteil darin, dass vor dem Behälter angeordnete Anlagenteile nicht für Spitzenlasten ausgelegt werden müssen oder Kapazitätserweiterungen später vorgenommen werden können.

Die Bewirtschaftungszeiträume sind so zu wählen, dass die Wasserqualität nicht negativ beeinträchtigt wird.

Weitere Angaben zur Bewirtschaftung finden sich in Kapitel 12.7



## 8 Vorstudien

### 8.1 Aufstellung Variantenbetrachtung

Im Variantenfächer sollen mögliche Lösungen aufgezeigt werden, mit welchen der Zielzustand erreicht werden kann. Diese können sich hinsichtlich der Konstruktion, des planerischen und baulichen Aufwands, der Ausführungskosten, Betrieb und Instandhaltung unterscheiden.

Es wird empfohlen in den Variantenfächer neben den naheliegenden Varianten, soweit grundsätzlich technisch realisierbar, auch ausgefallene Varianten aufzunehmen. Dies ermöglicht den nachvollziehbar dokumentierten Ausschluss gewisser Lösungen. Im Falle eines späteren Rechtsstreits im Rahmen der Baugenehmigung ist dieser Punkt häufig entscheidend.

Folgende Varianten werden häufig untersucht:

- Vernetzung, Anpassung der Leitungsnetz- oder Zonengrenzen mit Aufhebung Reservoir
- Sanierung Reservoir mit Erweiterung oder Reduktion Nutzvolumen
- Ersatz Reservoir durch geregelte Einspeisung ab Tiefbehälter
- Neubau an bestehender Lage
- Neubau an neuer Lage
- Bei mehreren Behältern pro Druckzone: Aufhebung eines Behälters mit erweitertem Nutzvolumen der verbleibenden Behälter. Allfällig notwendige Leitungsnetzausbauten sind zu berücksichtigen.

### 8.2 Festlegung Realisierungsform

Soweit für die Grobkostenschätzung erforderlich, sind für die betrachteten Varianten gemäss Variantenfächer verschiedene Realisierungsformen konzeptionell zu prüfen und festzulegen. Folgende Aspekte sind zu berücksichtigen:

- Behälterbauart (Hochbehälter, Tiefbehälter, Wasserturm)
- Behälterbauform (Ortsbeton, Fertigbehälter, Systembehälter)
- Bauweise (erdüberdeckt, freistehend, teilweise erdüberdeckt)
- Material in Kontakt mit Trinkwasser (Beton, Stahl, Kunststoff etc.)

Als Basis für die Festlegung der Realisierungsform sind die Standorte bezüglich Lage (Eigentumsverhältnisse, Baurechtszone, Schutzgüter und -gebiete, Grundwasser, Gefährdungen, Bodenbelastung), Baugrund und der möglichen Anbindung des Versorgungsgebiets zu beurteilen.

### 8.3 Beurteilung Wasserchemie und Radonexposition

Vor einem Bau oder einer Sanierung eines Reservoirs muss in jedem Fall eine wasserchemische Analyse durchgeführt werden. Die normgerechte Werkstoffauswahl für Flächen in Kontakt mit Trinkwasser hat anhand dieser Analyse zu erfolgen (Stichwort: Betonaggressivität, Wechselwirkung Wasser mit Werkstoff).

Bezüglich Gefährdung durch Radonexposition ist SVGW Merkblatt W10029 zu beachten. Entsprechende Massnahmen und Vorkehrungen sind bei Planung, ggf. Bauausführung (z. B. bei Erweiterungen) und Erstinbetriebnahme vorzusehen.

## 8.4 Variantenbewertung

Die Variantenbewertung kann beispielsweise mit einem qualitativen Vergleich, einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung oder einer Nutzwertanalyse erfolgen. Mögliche Ziele und Kriterien für eine Nutzwertanalyse mit einem Vorschlag der Gewichtung findet sich in Tabelle 2.

Als Basis für die Nutzwertanalyse ist für alle betrachteten Varianten eine Schätzung von Investitions-, Energie-, Betriebs-, Instandsetzungs-, Stillstands- und Rückbaukosten zu erstellen. Die relative Genauigkeit zwischen den Varianten ist dabei wichtiger als die absolute. Eine Kostenschätzung auf Basis von Benchmarkpreisen mit +/-30% Genauigkeit hat sich bewährt.

Üblicherweise umfasst die Variantenbewertung folgende Elemente. Ein Beispiel für die Variantenbewertung findet sich in Anhang 1:

- Ermittlung der jährlichen Lebenszykluskosten (Life Cycle Costs)
- Nutzwertanalyse
- Variantenvergleich auf Basis der Projektziele
- Sensitivitätsanalyse mit veränderter Gewichtung der Ziele

Ziele	Gewicht	Kriterium	Gewicht
Tiefe Kosten	25%	Tiefe Life Cycle Costs (LCC, DVGW W618) inkl. Energie-, Betriebs-, Instandsetzungs-, Stillstands- und Rückbaukosten	25%
Hohe Qualität Trinkwasser	20%	Kurze Leitungslängen Reservoiranbindung	10%
		Zentrale Lage Reservoir im Versorgungsgebiet	5%
		Geringes Reservoirvolumen (Aufenthaltszeit)	5%
Geringer Eingriff in die Umwelt	18%	Lage Reservoir ist zonenkonform	5%
		Wenig tangierte Schutzgüter	3%
		Geringe Rodungsfläche während Bau	2%
		Eignung Baugrund	3%
		Geringer Eingriff ins Landschaftsbild	5%
Betrieb Reservoir effizient und sicher	27%	Gute Zugänglichkeit	3%
		Tiefe Anfälligkeit für Störungen, Alarme	3%
		Hohe Systemsicherheit bei Ausfall von Anlageteilen (Armaturen, Rohrleitungen, Verunreinigungen, Fehlmanipulation)	8%
		Trinkwasserversorgung bei Stromausfall sichergestellt	5%
		Übereinstimmung Höhenkoten mit zweitem Reservoir in gleicher Druckzone	5%
		Manueller Notbetrieb möglich	3%
	10%	Hohe Akzeptanz Bevölkerung	4%

Realisierung ohne Hürden	Entfernung und Sichtbarkeit von Anwohnern	4%
	Aktueller Grundeigentümer unterstützt Projekt	2%

Tabelle 2 Bewertungsgrundlage für Variantenvergleich

## 8.5 Entscheidung für Bestvariante, Investitionsentscheid

Der Entscheid Bestvariante wird auf Basis der Nutzwertanalyse gefällt. Mit der Abstützung des Entscheids auf diese technisch, rechtlich und wirtschaftlich anerkannte Methode wird insbesondere der Standortgebundenheit ausserhalb der Bauzone Rechnung getragen. Mit dem Vorgehen wird die Rechtssicherheit deutlich erhöht.

Im Anschluss an die Festlegung der Bestvariante erfolgt mit dem Investitionsentscheid des Trinkwasserversorgers der Auftakt für die Projektierung.

## **9 Projektierung**

### **9.1 Raumprogramm**

Trinkwasserreservoirs bestehen aus Wasserkammern, einem Bedienungshaus/Rohrkeller und eventuell dazugehöriger Aussenanlage.

#### **9.1.1 Wasserkammern**

Trinkwasserreservoirs weisen üblicherweise mindestens zwei unabhängige Wasserkammern auf. Nur eine Wasserkammer kann ausreichend sein, wenn ein anderes Trinkwasserreservoir für dasselbe Versorgungsgebiet vorhanden ist oder wenn die Wasserversorgung durch andere Betriebsmassnahmen (wie z.B. Pumpbetrieb und/oder zeitweilige Versorgung aus einem anderen Versorgungsgebiet) für die Zeit aufrechterhalten werden kann, in welcher das Trinkwasserreservoir für Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten ausser Betrieb genommen werden muss.

Unabhängige Wasserkammern sind baulich vollständig getrennt und geschlossen vorzusehen.

#### **9.1.2 Bedienungshaus / Rohrkeller**

Das Bedienungshaus wird so konzipiert, dass es alle notwendigen Betriebsausrüstungen, wie z.B. Kontrollarmaturen, Entleerungsarmaturen, Anzeigen, Ausrüstung für Probenahme und Überwachung, Schaltgerät usw. aufnehmen kann. Es sollte ausserdem, wo notwendig, eine Zwangsbelüftung, eine Desinfektionsanlage, Druckerhöhungspumpen und Einrichtungen für das Bedienungspersonal enthalten.

Die gemeinsame Nutzung von Trinkwasserreservoirs mit Dritten und/oder in Verbindung mit einem anderen öffentlichen Zweck beschränkt sich nur auf die Aussenanlagen.

### **9.2 Erschliessung für Personen und Waren**

#### **9.2.1 Zugang Bedienungshaus**

Die Aussentüre soll solid, dicht und unempfindlich gegen Witterungseinflüsse und Kondenswasser sein. Ausserdem muss sie einbruchssicher sein und an ein Überwachungssystem angeschlossen werden. Im Normalfall wird eine Zugangstüre mit Widerstandsklasse (z. B. RC4) überwacht empfohlen. Ihre Abmessungen sind entsprechend den grössten einzubauenden Installations- und Anlageteilen zu bestimmen, und je nach Situation ist ein separater Personalzugang vorgesehen. Bei Bedienungshäusern von grossen Behältern kann eventuell in der Decke eine abgedichtete Montageöffnung mit Zugang zum Rohrkeller angeordnet werden.

Ein ebenerdiger Zugang ist einem Treppen- oder Schachteinstieg vorzuziehen. Regelmässige Tätigkeiten wie Kontrolle, Reinigung und Probenahme sowie das Einbringen von Material im Rahmen von Instandsetzungsarbeiten sind zu berücksichtigen.

#### **9.2.2 Zugang Wasserkammern**

Der Zugang zu Wasserkammern soll ausschliesslich über Drucktüren unter dem Wasserspiegel erfolgen. Die Drucktüren müssen sich gegen den Wasserdruck öffnen. Sie werden aus nichtrostendem Stahl erstellt. Zum Auffangen und Ableiten von Kondens- und Leckwasser ist in der Türschwelle eine Ablaufrinne vorzusehen. Die Dimension der Drucktüre muss so bemessen sein, dass die Reinigungs- und Reparaturmaterialien (z. B. Gerüste)

sowie die Ausrüstung (z. B. Rohrleitungen), die in der Wasserkammer eingesetzt werden, hineinpassen. Drucktüren mit Zentralverschluss, Schauglas, Scheinwerfer und Abmessungen von mindestens 0.8 x 1.8 m haben sich im Betrieb bewährt.

Eventuelle Öffnungen über dem Wasserspiegel müssen dauerhaft luftdicht schliessen.

### **9.3 Einbettung in die Umgebung, Aussenbereich**

#### **9.3.1 Grundstück**

Das Bauland, einschliesslich des Terrains für Erweiterungsmöglichkeiten, ist grundbuchrechtlich sicherzustellen und die Erschliessung abzuklären (Zufahrt, Kanalisation, Überlaufvorflutung, Elektrizität, Kommunikation, Bauwasser).

Bestimmende Faktoren für Form und Konstruktion des Trinkwasserreservoirs sind unter anderem Geländeform, Grundstückgeometrie, Baugrund und Grundwasserstand.

#### **9.3.2 Umgebungsgestaltung**

Reservoirs sollten sich in das Landschaftsbild einpassen, sofern sie weithin sichtbar sind oder besondere Sichtbeziehungen mit der Umgebung bestehen. Im Zweifelsfall kann eine besondere Landschaftsplanung hilfreich sein. Weiterhin können naturschutzrechtliche Auflagen massgebend sein.

Reservoirs sind oft Bauten ausserhalb ausgeschiedener Bauzonen, bei welchen dennoch periodisch Kontrollgänge und Wartungsarbeiten durchgeführt werden.

Eine besondere Bedeutung hat die Einbindung des Behälters in die Umgebung: die äussere Gestaltung, die Auslegung und die Umgestaltung des Geländes sind sorgfältig zu planen. Bei Bedarf ist eine besondere Umgebungs- bzw. Gestaltungsplanung vorzusehen. Eine Böschungsneigung von 1:3 oder flacher lässt sich in der Regel gut in das Landschaftsbild integrieren, zudem ist eine maschinelle Grünpflege möglich.

Die Decke kann unter Umständen durch entsprechende Gestaltung verschiedenen Zwecken dienstbar gemacht werden, z. B. als öffentliche Anlage oder, bei vollständig überdeckten Behältern, für eine beschränkte landwirtschaftliche Nutzung. Dabei muss darauf geachtet werden, dass das Trinkwasser nicht negativ beeinflusst werden kann.

Je nach Standort der Anlage ist auch aus Sicherheitsgründen zu prüfen, ob eine Einzäunung notwendig ist. Im Allgemeinen, wenn die Türen überwacht und die Belüftungsabdeckungen korrekt ausgeführt sind, sollte ein Zaun nicht notwendig sein. Der Eingangsbereich des Reservoirs ist vor dem Zutritt von Weidetieren zu schützen.

#### **9.3.3 Architektur**

Anforderungen an die Architekturgestaltung von Wasserbehältern ergeben sich bei freistehenden Behältern oder Wassertürmen, insbesondere im städtischen Umfeld. Bei städtebaulich sensiblen Standorten kann eine eigenständige architektonische Gestaltung neben der funktionalen Planung zur Akzeptanz des Bauwerks beitragen.

Die gesamte Anlage soll einen schlichten Eindruck hinterlassen und auf eine lange Lebensdauer konzipiert sein; luxuriöse, unzweckmässige Ausstattungen sind zu vermeiden.

Normalerweise ist nur beim Bedienungshaus ein kleiner Teil der Wände sichtbar, während alles Übrige eingedeckt wird. Für die Fassade stehen Sichtbeton, Verputz oder dünnwandige Plattenverkleidungen zur Verfügung.

Bei der Wahl des Fassadenmaterials sind die Witterungseinflüsse und der Unterhalt zu berücksichtigen.

Durch eine entsprechende Wahl von Bauformen, Proportionen, Materialien, Fassaden und Aussenanlagen sind die Bauwerke landschaftsgerecht zu gestalten bzw. dem Stadtbild anzupassen.

### 9.3.4 Erdüberdeckung

Ein Behälter kann erdüberdeckt oder freistehend gebaut sein. Freistehende Behälter werden gewählt, wenn eine Erdüberdeckung aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen nicht sinnvoll ist, wie zum Beispiel bei:

- felsigem Untergrund
- nicht ausreichender Geländehöhe
- zu hohem Grundwasserstand (Auftrieb)

Die Totalstärke der Überdeckung (Filterkies, Erdschüttung und Humus) beträgt normalerweise 1 m. Geringere Höhen sind aus sicherheitstechnischen Gründen unerwünscht und erschweren eine geeignete Bepflanzung. Eine Bepflanzung hat sehr sorgfältig zu geschehen, Spätschäden durch Wurzelwerk sind zu vermeiden.

## 9.4 Allgemeine Festlegungen Bauwerk

### 9.4.1 Speicherinhalt und Wassertiefe

Für die Wahl der Wassertiefe eines Behälters und damit des höchsten Betriebswasserstandes massgebend sind:

- der ermittelte Speicherinhalt
- die zulässigen Druckschwankungen
- die gewählte Bauform
- der vorhandene Baugrund
- die Topografie
- die landschaftsgerechte Einbindung
- die Baukosten

Als Anhalt können folgende Werte angegeben werden:

Speicherinhalt	Wassertiefe
Bis 500 m <sup>3</sup>	von 2.5 bis 3.5 m
über 500 bis 2'000 m <sup>3</sup>	von 3.0 bis 5.0 m
über 2'000 bis 5'000 m <sup>3</sup>	von 4.5 bis 6.0 m
über 5'000 m <sup>3</sup>	von 6.0 bis 8.0 m

Tabelle 3 Richtwerte für die Wassertiefe in Reservoirs

Bei Tiefbehältern ist die maximale Wassertiefe von bautechnischen Kriterien bestimmt.

#### **9.4.2 Bauform**

Die Behälter werden in der Regel rechteckig oder auch polygonal (bei Anpassungen an die Grundstücksgrenzen oder an das Gelände) ausgebildet. Diese Formen gestatten übersichtliche und anpassungsfähige statische Konstruktionen, solide, einfache Ausführung und spätere Erweiterungen ohne grössere Schwierigkeiten.

Grössere runde Behälter können in Spannbeton ausgeführt werden. Wesentliche Vergünstigungen gegenüber rechteckigen Behältern lassen sich jedoch meist nicht erzielen. Von Vorteil ist die gute Standfestigkeit der Aushubböschungen und die kleinere Rissgefahr. In Hanglagen mit unsymmetrischer Belastung eignet sich diese Ausführungsart indessen nicht.

#### **9.4.3 Bauarten**

Für grössere Behälter ist die Ausführung in bewehrtem Ortsbeton heute die Regel, sie weist folgende Vorteile auf: monolithisches Bauwerk mit biegesteifen Verbindungen, Standfestigkeit bei schwierigem Baugrund, geringe Probleme mit der Wasserdichtigkeit, weil nur wenige oder keine Fugen vorhanden sind, Unempfindlichkeit gegen lokale Überbeanspruchungen.

Spannbeton erlaubt die Realisierung praktisch rissfreier Konstruktionen, verlangt aber eine schlanke und damit massgenauere Ausbildung der Bauteile, damit die Vorspannkkräfte nicht unwirtschaftlich gross werden. Diese Konstruktionsweise stellt an Projektierung, Genauigkeit der Randbedingungen /sowie an die Bauausführung erhöhte Anforderungen. Auch nachträgliche Anpassungen (z.B. Einbauten von Drucktüren oder Rohrleitungen) werden erschwert.

Für kleine Behälter sind auch Ausführungen in Metall oder Kunststoff möglich. Die Korrosionsverhältnisse und das Alterungsverhalten sind jedoch abzuklären.

#### **9.4.4 Bauphysik**

Alle Bauwerke sind wärmetechnisch so auszuführen, dass es im Sommer nicht zu einer unerwünschten Tauwasserbildung auf den Oberflächen im Gebäudeinnern sowie den Installationen kommt, und in Frostperioden keine Schäden entstehen.

In den Wasserkammern findet planmässig eine Tauwasserbildung statt. Diese wirkt sich in der Regel jedoch nicht nachteilig auf die Wasserqualität aus. Wichtig ist dabei ein genügend schnelles Abtropfen resp. Ableiten des Tauwassers von der Reservoirdecke, um ein Angriff der Betonoberfläche zu verhindern (Calcitlösung durch Tauwasser).

Eine Verminderung der Tauwasserbildung an den Wasserkammerdecken bzw. eine gezielte Abführung kann durch folgende Massnahmen erreicht werden:

- Abkühlung der Belüftung
- Wärmedämmung, angepasst an die örtlichen klimatischen Bedingungen und an die Betriebserfordernisse
- Spritzrauhe Decke
- Decke mit Gefälle

#### 9.4.5 Materialauswahl (wasserberührte Bauteile)

Das in Wasserkammern eingesetzte Material muss langfristig stabil sein, insbesondere gegenüber dem Wasser mit seinen physikalisch-chemischen Bedingungen und den eventuell verwendeten Reinigungs- und Desinfektionsprodukten. Das Material muss ebenfalls den Betrieb und nötigen Unterhalt der Anlage erlauben und muss, falls notwendig, leicht repariert werden können. Für die Baumaterialien der Wasserbehälter ist eine Lebensdauer von mindestens 50 Jahre vorzusehen (gem. SN EN 805, SIA 385.011).

Materialien in Kontakt mit Trinkwasser sind gemäss Schweizer Lebensmittelrecht Bedarfsgegenstände und müssen die an diese gestellten Anforderungen erfüllen. Die Anforderungen sind in den SVGW-Reglementen der ZW102/ff-Reihe "Materialien in Kontakt mit Trinkwasser – Hygienische Beurteilung" aufgelistet zusammen mit möglichen Prüfverfahren und der Bewertung der Prüfergebnisse.

Für alle Materialien, die direkt oder indirekt in Kontakt mit Trinkwasser kommen - zementgebundene Werkstoffe, organische Materialien (z. B. Kunststoffe, Fugenmaterial, Anstriche, Beschichtungen), metallische Werkstoffe wie auch Bauhilfsstoffe (Schalungsbahnen, Vliese etc.) muss der Verarbeiter/Lieferant Gewähr bieten, dass das Material den trinkwasserhygienischen Anforderungen genügt.

Alle Materialien, die für den Reservoirbau zum Einsatz kommen, dürfen keinen negativen Einfluss auf das gespeicherte Wasser haben, müssen biologisch inert sein und müssen die Dichtigkeit der Kammern nachhaltig sicherstellen. Biologisch inert ist ein Material, wenn es Leben weder hemmt noch fördert. Es darf folglich weder toxische Stoffe enthalten noch Stoffe, die als Nahrung das Wachstum von Mikroorganismen fördern können.

Metallische Einbauten sind gegen Korrosion zu schützen.

Weitere Details können den Ergänzungen 1 und 2 entnommen werden.

### 9.5 Sicherheit und Brandschutz

Im Rahmen der Planung sind die erforderlichen Sicherheitsmassnahmen für die Bewilligung und den Betrieb des Gebäudes frühzeitig festzulegen. Das Sicherheitskonzept umfasst im Normalfall die Aspekte Brandschutz und Fluchtwege sowie Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit mit Vorgaben zur Ausführung von Böden, Stahlbau, Lüftung, 1.Hilfe Massnahmen und Umgang mit gefährlichen Stoffen.

#### 9.5.1 Brandschutz

##### Feuerwiderstand

Für Geschosse unter der Erde ist für tragende Bauteile ein Feuerwiderstand von 60 Minuten erforderlich (gem. VKF Brandschutzrichtlinie). Dieser Feuerwiderstand wird bei Stahlbeton als erfüllt angesehen bei Wänden ab einer Wandstärke von 140 mm und bei Decken ab einer Deckenstärke von 200 mm (gem. VKF Brandschutzpublikation «Allgemein anerkannte Bauprodukte»).

Im Normalfall werden in Reservoirs diese Anforderungen erfüllt.

An die Dachdecke (oberstes Geschoss) werden keine Anforderungen gestellt.

##### Technische Brandschutzeinrichtungen

Im Normalfall sind in Reservoirs keine technischen Brandschutzeinrichtungen erforderlich:

- Ein automatische Löschanlage ist nicht erforderlich



- Eine automatische Brandmeldeanlage ist nicht erforderlich
- Einrichtungen zum Rauch- und Wärmeabzug sind nicht erforderlich

Für Sicherheitsbeleuchtung oder den Einbau von sicherheitsbeleuchteten Rettungszeichen sind die kantonalen Vorgaben zu beachten. Zum sicheren Verlassen des Gebäudes auch im Falle eines Stromausfalls wird jedoch empfohlen, den Bereich der internen Treppe mit einer Sicherheitsbeleuchtung einer Beleuchtungsstärke von 1 Lux auszurüsten. Alternativ kann eine tragbare Sicherheitsleuchte platziert werden.

### **Haustechnische Anlagen**

Die Lüftungs- und Entfeuchtungsanlagen versorgen in Reservoirs im Normalfall nur einen Raum / einen Brandabschnitt. Für die Komponenten der Lüftungsanlage einschliesslich der Lüftungsleitungen sind daher auch Materialien der Brandverhaltensgruppe RF3 (Kunststoffe) zulässig.

### **Abwehrende und organisatorische Brandschutzmassnahmen**

Es wird empfohlen in der Nähe des Schaltschranks einen CO<sub>2</sub> Feuerlöscher zu platzieren. Bei feuergefährlichen Arbeiten ist ausserdem ein weiterer tragbarer Feuerlöscher in Reichweite zu halten (Empfehlung: Schaumlöscher oder Wasserlöscher.)

## **9.5.2 Fluchtwege**

Die maximal zulässige Fluchtweglänge (Gesamtlänge) beträgt 35 m (ohne Einbezug der Wasserkammer). Diese ist für Rohrkeller bzw. Betriebsraum nachzuweisen.

Das Bedienungshaus mit Zugang von aussen ist meist als Raum mit Galerie, nicht jedoch als vertikaler Fluchtweg einzustufen. Die Aufstellung von MSR Geräten und weiteren Steuer- und Regelungsapparaturen sowie die ggf. erforderliche Verwendung von brennbaren Materialien ist daher zulässig.

Bezüglich Fluchtweg sind folgende Anforderungen einzuhalten:

- Die notwendige Breite der Treppe beträgt mindestens 1.20 m.
- Die lichte Breite der Ausgangstüre beträgt mindestens 0.9 m.

## **9.5.3 Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit**

### **Böden**

Die Böden müssen eine ausreichende Rutschhemmung bieten.

Die Einordnung für das Bedienungshaus erfolgt analog zu den Empfehlungen für Gärkeller/Lagerkeller (gemäss Artikel 14 der Wegleitung zu den Verordnungen 3 und 4 zum Arbeitsgesetz). Die Bodenbeläge müssen demzufolge der Bewertungsklasse R10 nach DIN 51130 bzw. der Bewertungsgruppe GS 1 nach bfu / EMPA entsprechen.

Für die beiden Wasserkammern erfolgt die Einordnung als Nassräume, woraus eine Bewertungsklasse resp. -gruppe nach R11 / GS 2 erfolgt.

### **Stahlbau (Treppen, Zugang)**

Folgende Anforderungen gelten für den Stahlbau:

- Geländer benötigt falls Abstand zu Wand > 180 mm

- Stabile Absturzsicherungen/Geländer mit min. Höhe von 110 cm und min. 1 Knieleiste
- Handlauf 2-seitig mit min. 75 mm Abstand zur Wand
- Sockelleiste/Fussleiste benötigt falls Abstand zu Wand > 20 mm
- Sockelleiste/Fussleiste min. 100 mm hoch. Abstand zu Lauffläche max. 12 mm
- Gitterroste mit Maschenweite maximal 20 mm x 20-100 mm. Belastbarkeit 500 kg/m<sup>2</sup>

## **Lüftung**

Zur Verhinderung der Ansammlung von Schadstoffen, wird eine intermittierende Lüftung des Bedienungshauses empfohlen. Damit müssen beim Betreten des Gebäudes keine Wartezeiten eingehalten werden. Der Luftstrom ist mit einem Strömungswächter zu überwachen, bei ungenügendem Luftstrom muss alarmiert werden.

### **1. Hilfe, alleinarbeitende Personen**

In Reservoirs sind keine permanenten Arbeitsplätze vorhanden und zudem nur mit dem sporadischen Aufenthalt von Personen zu rechnen. Auf die Anbringung von 1. Hilfe Einrichtungen kann daher verzichtet werden.

Zum Schutz von allein arbeitenden Personen sind besondere Vorsichtsmassnahmen erforderlich. Diese können anhand der SUVA Checkliste 67023 ermittelt werden.

## **Kommunikation**

Es wird empfohlen im Bedienhaus eine internetfähige IT-Kommunikation zu installieren.

## **9.6 Statische Grundlagen und Konstruktion**

### **9.6.1 Rissbeschränkung und Wasserdichtigkeit**

Die Reservoirs müssen so geplant werden, dass sie die Wasserdichtigkeitsprobe bestehen. Zur Sicherung der Wasserdichtigkeit und der Dauerhaftigkeit aller Bauteile ist die Rissbildung durch geeignete Massnahmen zu bekämpfen.

Nachfolgend sind die wichtigsten Vorgaben zur qualitativ hochwertigen Bauausführung festgehalten, grundsätzlich gelten die Vorgaben der SIA-Regelwerke zur Bauausführung:

- Auslegen des Bauwerkes mit so weit wie möglich begrenzten Zwangsverformungen und/oder behinderten Verformungen (Schwinden, Fundamentsetzungen, Temperaturveränderungen).
- Vorsehen eines Bauablaufs resp. von Betonieretappen, die das Schwinden des Betons ohne Rissbildung zulassen, beispielsweise mit der Umsetzung / Integration von "Schwindgassen".
- Vorsehen einer Armierung, welche es erlaubt, die Öffnung der Risse zu begrenzen.
- Für die statische Dimensionierung sind die Forderungen der SIA zu berücksichtigen. (die theoretische Rissbreite ist auf höchstens 0,20 mm zu begrenzen).
- Durch Anordnung einer Vorspannung kann das Risseverhalten günstig beeinflusst werden.
- Vorsehen einer Nachbehandlung des Betons, um insbesondere auch bei liegenden Flächen eine optimale Hydratation zu gewährleisten

### 9.6.2 Grenzzustände

Folgende Grenzzustände der Tragfähigkeit sind zu berücksichtigen:

- Verlust des Gleichgewichtszustandes des Bauwerkes oder von Teilen davon, als starre Struktur betrachtet.
- Versagen der Tragkonstruktion oder von Teilen davon nach unzulässigen Verformungen, Bruch oder Verlust der Standsicherheit, auch bezogen auf Auflager und Fundamente.

Folgende Grenzzustände hinsichtlich der Gebrauchstauglichkeit sind zu berücksichtigen:

- Verformungen und Durchbiegungen, die das Aussehen oder den wirksamen Betrieb des Bauwerkes beeinträchtigen oder zur Beschädigung von Beschichtungen oder nicht tragenden Bauelementen führen.
- Rissbildungen im Beton, die sich nachteilig auf Aussehen, Haltbarkeit und Wasserdichtheit des Bauwerkes auswirken werden.
- Schwingungen, die Schäden am Reservoir oder an dessen Bauteilen hervorrufen oder zu Betriebsstörungen führen können.
- unzulässig hohe Materialspannungen, die zu einer reduzierten Haltbarkeit führen können.

### 9.6.3 Ständige Einwirkungen

Folgende ständige Einwirkungen sind zu berücksichtigen:

- Eigengewicht des Bauwerkes
- Gewicht der betriebstechnischen Installationen und Maschinen (z. B. Pumpen und Rohrinstallation)
- Gewicht von sonstigen zusätzlichen Einbauten

Zusätzlich, gegebenenfalls:

- Vorspannung
- Erdlast, Erddruck
- Gewicht und Druck des Grundwassers beim vorausgesetzten Mindestwasserstand
- Schwinden
- Kriechen

### 9.6.4 Variable Einwirkungen

Reservoirs, bestehend aus mehreren Wasserkammern, sind für Vollfüllung und Leerzustand zu konstruieren. Folgende variable Einwirkungen sind zu berücksichtigen:

- Gewicht und Druck des gespeicherten Wassers
- Schneelast, Windkräfte
- Betriebsbedingte Einwirkungen
- Einwirkungen durch Wartungsarbeiten

Zusätzlich, gegebenenfalls:

- Gewicht und Druck des Grundwassers bei vorausgesetztem höchstem Wasserstand
- vorübergehende Belastung aus der näheren Umgebung des Bauwerkes während der Bauausführung

- Belastung bei bestimmten Bauzuständen
- Temperaturschwankungen im Aussen- und Innenbereich des Reservoirs

In dieser Richtlinie nicht erwähnte variable Einwirkungen sind vom Planer festzulegen.

### 9.6.5 Aussergewöhnliche Einwirkungen

Hierzu gehören gegebenenfalls Erdbeben und sonstige aussergewöhnliche Einwirkungen wie Lawinen, umstürzende Bäume, Waldbrände, Auto- oder Flugzeugaufprall usw. Die zu berücksichtigenden technischen Daten sind vom Planer festzulegen.

#### **Erdbebensicherheit**

Betreffend Erdbebensicherheit wird das Bauwerk in die Bauwerksklasse BWK III nach SIA 261 Tabelle 25 eingestuft: Lebenswichtige Infrastrukturfunktion, lebenswichtige Bauwerke für Versorgung, Entsorgung, Telekommunikation. Das Tragwerk ist so auszulegen, dass die Erdbebenkräfte über Stahlbeton-Wand- und Deckenscheiben (Längs- und Querrichtung) mit der entsprechenden Bewehrung aufgenommen werden können. Die Schwingung des Wasservolumens ist bei Wassertürmen zu berücksichtigen.

### 9.6.6 Gründung

Die Wechselwirkung zwischen Bauwerk, Baugrund und Grundwasser muss möglichst wirklichkeitsgetreu ermittelt werden. Gleichmässig tragfähiger und setzungsunempfindlicher Baugrund ist zu bevorzugen.

Baugrunderkundungen sind deshalb für alle Wasserbehälterbauten eine wichtige Voraussetzung. Aus den Ergebnissen dieser Erkundungen ist ein geeignetes statisches System zu entwickeln, das bei grösster Wirtschaftlichkeit dauerhafte Dichtigkeit und Standsicherheit des Reservoirs gewährleistet.

Sehr ungleichmässiger, setzungsempfindlicher Boden kann im Allgemeinen durch Bodenverbesserung ausgeglichen werden. In der Regel wird eine Flachgründung vorgesehen. In Ausnahmefällen kommen örtliche Tiefgründungen oder eine Verstärkung der Flachgründung in Frage.

Für die Auftriebssicherung bei leerem Behälter ist bei Bedarf unter der Sohlplatte eine Sickerbetonschicht oder eine Geröllschüttung mit Drainagenetz vorzusehen. Auf der Entwässerungsschicht ist eine mindestens 5 cm dicke Sauberkeitsschicht aus Beton anzubringen. Kommt ein Reservoir ins Grundwassers zu liegen, ist die Auftriebssicherung zu gewährleisten (ev. mit einer Ankersicherung des Behälters).

## 9.7 Anforderungen bei Ortbetonbauweise

### 9.7.1 Anforderung an den Beton

Beim Reservoirbau kommt ausschliesslich ein wasserdichter Beton zum Einsatz. Ein wasserdichter Beton kann mit folgenden, während der Planung und der Bauausführung zu treffenden Massnahmen erzielt werden:

- Es besteht grundsätzlich die Möglichkeit den Beton nach Zusammensetzung oder nach Eigenschaft auszuschreiben.
- Wahl eines angepassten Zementes, Definition einer zweckmässigen Betonmischung, Kontrolle dieser Mischung durch Versuche.
- Festlegen der Betonieretappen inkl. ggf aussparen von Schwindgassen

- Festlegen der Einbringungs-, Vibrier- und Nachbehandlungsmethoden
- mit Sorgfalt ausgeführte Konstruktionsdetails (Betonierfugen, Mauerdurchführung von Rohrleitungen etc.).
- Falls eine Betonherstellung vor Ort geplant wird, sind die Fristen zur Zertifizierung dieser Anlagen zu beachten.

Die Anforderungen an Zement und Beton richten sich nach der Ergänzung 1 bzw. dem SVGW Merkblatt W10021. Für Bauteile in Kontakt mit Trinkwasser werden folgende Anforderungen an einen Beton nach Eigenschaften empfohlen:

C30/37 XC4(CH) Dmax32 Cl 0.10 C3

Zement, Zusatzstoffe, Zusatzmittel und weitere Bestandteile des Betons oder Beton gegebener Zusammensetzung müssen nach ZW102/3 geprüft sein. Zusatzmittel müssen auf der «Positivliste» des SVGW geführt werden und über ein SVGW Zertifikat nach ZW102/3 verfügen.

### 9.7.2 Bewehrung

Als Bewehrungsstahl sind nur die Typen S 500 oder S 550 (nach SIA 262) zu verwenden. Die Betonüberdeckung der Bewehrung muss mindestens 45 mm (Toleranz  $\pm 5$  mm) betragen, um zu verhindern, dass die Karbonatisierung des Betons zur Bewehrung vordringen kann.

Es dürfen nur Bewehrungs-Abstandshalter aus Beton verwendet werden. Die Benutzung von Tragkörben mit Kunststofffüßen ist zu untersagen. Besondere Aufmerksamkeit ist den Bindedrähten der Bewehrungsseisen zu widmen, welche so umzubiegen sind, dass die Betonüberdeckung der Bewehrung nicht verringert wird.

Vor dem Betonieren ist sicherzustellen, dass die Bewehrung vorhandene Einbauteile aus nichtrostendem Stahl nicht berührt. Es wird ein Abstand von 30 mm empfohlen.

Aufgrund der besonderen örtlichen Bedingungen (Korrosionsgefahr) ist beim Vorspannsystem kaltverfestigten Stangen gegenüber gestreckten Litzen oder Drähten den Vorzug zu geben.

Beim Vorspannen sind die Details der Verankerungsstellen und allfälliger Verbindungsstellen der Vorspannstangen so vorzusehen, dass örtliche Spannungskonzentrationen vermindert werden und ein etappenweises Einbringen des Betons möglich ist. Wo notwendig, ist eine teilweise Vorspannung bereits betonierter Etappen vorzusehen.

### 9.7.3 Schalung

Ziel ist, dass die wasserseitige Betonfläche möglichst glatt und hart wird. Deshalb muss ein Kompromiss gefunden werden, zwischen einer glatten Schalungsfläche und der Notwendigkeit, die Luft austreten und das eventuell überschüssige Wasser abfließen zu lassen (Vermeidung von Lunkern an der Oberfläche).

Für die Herstellung von Betonflächen im Innern von Wasserkammern muss mit Schalungen erfolgen, die ohne den Einsatz von Trennmitteln (Schalöle, Schalungspasten und -waxse, etc.) auskommen.

Verschiedene Typen von Schalungssystemen und wassersaugenden Schalungsauflagen aus Kunststoff, die ohne Trennmittel eingesetzt werden können, sind von der Industrie entwickelt worden und bieten gute Lösungen, um Lunkern zu vermeiden und eine Betonoberfläche von grosser Dichte zu erzielen (trennmittelfreie Schalung, entwässernde Schalung).

Da die eingesetzten System indirekten Kontakt mit Trinkwasser haben, sind die Vorgaben der Ergänzung 1 bezüglich hygienischer Eignung zu erfüllen (gem. Kap. 5.3.5 W6/E1)

Es dürfen nur Schalungsanker mit zentral angeschweisstem Abweisungsblech verwendet werden, um Umläufigkeit zu verhindern. Ein System, welches durchgehende Ankerlöcher hinterlässt, ist zu verwerfen. Die Oberflächen werden nach dem Entfernen der wieder verwendbaren Teile der Schalungsanker mit Spezialmörtel (Reparaturmörtel) oder einem vorfabrizierten Betonkonus dicht verschlossen, um das Auftreten von Korrosionsflecken zu verhindern.

## **9.8 Anforderungen Wasserkammern**

### **9.8.1 Boden**

Im Allgemeinen haben sich gleichmässig dicke Sohlplatten als Gründungselement und als Teil der monolithischen Konstruktion bewährt.

In speziellen Fällen, d. h. bei geeignetem Baugrund (z.B. felsiger Untergrund), können die Lasten aus der Behälterdecke über Streifenfundamente unter den Wänden und über Einzelfundamente unter den Stützen direkt in den Baugrund eingeleitet werden.

Die Sohlplatte soll ein Gefälle von 1,5 bis 2% zur Entleerungseinrichtung hin erhalten.

### **9.8.2 Wände**

Diese bestehen bei rechteckigen Behältern aus allseitig eingespannten Platten; die Einspannverhältnisse bei den Übergängen können durch örtliche Verstärkung verbessert werden.

Bei runden Behältern bilden sie eine zylindrische Schale.

Die erdberührten Flächen der Baukörper sind vor schädigenden Einwirkungen zu schützen. Bei den Wänden wird dies in der Regel durch senkrechte Drainagen erreicht.

Die Wände von erdüberdeckten Behältern brauchen vielfach keine weitere thermische Isolierung.

### **9.8.3 Stützen**

Die Stützen werden meist als Pendelstützen berechnet. Die Deckenlasten sind von Vorteil durch Pilze oder Verstärkungen unter- oder oberhalb der Decke in die Stützen einzuleiten.

Die Anzahl der erforderlichen Stützen ergibt sich aus der Wahl des statischen Systems für die Behälterkonstruktion. Bei Behältern mit Erdüberdeckung von etwa 1 m hat sich ein Stützenraster von etwa 5 bis 6 m als wirtschaftlich erwiesen; ansonsten von etwa 7 bis 8 m

### **9.8.4 Decken, Dächer**

Die Decken werden in der Regel als Flachdecken ausgeführt.

Für die Konstruktion von Decken gilt ein äusseres Gefälle von 2 bis 3%. Dieses Gefälle kann durch den Strukturbeton oder mit einem Betonüberzug realisiert werden. Bei den Behältern mit inneren Trennwänden ist darauf zu achten, dass der Luftaustausch zwischen den einzelnen Abteilen an der jeweiligen höchsten Stelle gewährleistet ist.

Die Decken sind gegen mechanische Zerstörung mit einer Schutzschicht abzudecken. Das Eindringen von Oberflächenwasser über die Betondecke ist durch eine wasserdichte Folie zu verhindern. Zur Vermeidung von negativen Einflüssen auf das Bauwerk und auf das gespeicherte Wasser können Massnahmen zum Wärmeschutz und zur Lüftung erforderlich sein. Sie haben massgeblichen Einfluss auf die Tauwasserbildung und den Taupunkt. Bei einer Verwendung von künstlichen Dämmstoffen kann die Erdüberdeckung verringert werden. Das Dämmmaterial darf keine Wasseraufnahme-Fähigkeit besitzen und muss aus reichend druckfest sein.

Die Massnahmen zur Wärmedämmung von Trinkwasserreservoirs müssen an die örtlichen klimatischen Bedingungen und die Betriebserfordernisse angepasst werden, um die Kondensation in den Wasserkammern so gering wie möglich zu halten.

Im einzelnen Fall kann die Verwendung einer kunststoffbeschichteten Armierung für die untere Armierungsschicht Vorteile für die Lebensdauer des Bauwerkes bringen.

Behälterdecken sind bezüglich der Oberflächenbeschaffenheit gesondert zu betrachten, da hier auch ein möglicher Angriff von Kondenswasser berücksichtigt werden muss. Es kommen grundsätzlich die folgenden drei Möglichkeiten in Betracht:

- glattgeschalte Oberflächen
- Textilstruktur durch Einsatz Schalungsbahnen aus einem saugenden Kunststoffgewebe
- nachträgliche Beschichtung beispielsweise mit spritzrauer Auskleidung mit einer zementgebundenen Beschichtung

Die Vor- und Nachteile bei der Errichtung (technisch und wirtschaftlich) und im Betrieb (Hygiene, Inspizierbarkeit, Reinigungsfähigkeit) sollten für den jeweiligen Fall gegeneinander abgewogen werden.

Bei geringen Innengefällen, wie z. B. bei Flachdecken üblich, kommt es bei einer glatten Oberfläche zu einer verlängerten Verweilzeit des Kondenswassers an der Deckenunterseite, während eine raue Oberfläche zu einem schnelleren Abtropfen auf die Trinkwasseroberfläche führt. Bei einem geringen Innengefälle zeigen sich in der Regel jedoch keine Vorteile für eine der beiden Konstruktionsvarianten.

### 9.8.5 Fugen

**Arbeitsfugen** sind aus Gründen des Arbeitsablaufes erforderlich. Sie sind vor der Ausführung mit dem Unternehmer festzulegen und vor dem Weiterbetonieren aufzurauen und gut zu reinigen. Fugenbleche, Fugenbänder, Quellprofile und Injektionssysteme haben sich in der Praxis bewährt.

Fugenbleche haben sich zur Herstellung dichter Arbeitsfugen mit durchlaufender Bewehrung in der Praxis besonders bewährt. Sie sind durch Schweissen oder Klemmen miteinander zu verbinden. Fugenbleche sollen bevorzugt aus schwarzem, unbeschichtetem Stahlblech (Bandstahl) gemäss SN EN 10051 bestehen, mindestens 1,5 mm dick und mindestens 300 mm breit sein. Fugenbleche und Fugenbänder sind innen liegend (Körperfugenband, vollständig einbetoniert) auszuführen.

**Bewegungsfugen** mit Fugenbändern sind nur in Ausnahmefällen vorzusehen. In der Praxis haben sich Behälter – auch mit grossen Abmessungen – ohne Bewegungsfugen bewährt.

### 9.8.6 Mauerdurchführungen

Für die Herstellung einer Rohrdurchführung durch eine wasserdichte Wand gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- Einbetonierung eines Rohres, welches mit Mauerkragen und Anschlussflanschen (mauerbündig) ausgestattet ist. Ein Schalungsausschnitt wird dabei nicht vorgesehen.
- Einbetonierung eines Rohres mit Mauerkragen und Anschlussflanschen oder Muffen (nicht mauerbündig), wobei ein Schalungsausschnitt zu planen ist.
- Herstellung einer Wandaussparung mit der nötigen Armierung. Nachträglicher Einbau eines Rohrformstückes mit Mauerkragen, welches anschliessend betoniert wird. Um die Dichtigkeit zwischen unterschiedlich altem Beton zu gewährleisten, kann ein Quellband oder eine Injektionsmöglichkeit in Betracht gezogen werden.
- Einbetonierung eines vorgefertigten Betonrohrs. Nachträglich wird das Medienrohr mit einer beweglichen Lagerung (Ringraumdichtung) eingeführt. Eine solche Ausführung kann aber in der Regel keine Kraft aufnehmen (z. B. grösserem Druck standhalten).
- Kernbohrung, Abdichtung des Medienrohrs mit Ringraumdichtung

Die Anordnung und Ausführung der Mauerdurchführung muss unter Berücksichtigung der statischen und konstruktiven Bedingungen vom Bau und vom Rohrleitungssystem erfolgen.

Für alle anderen einbetonierten Teile werden die gleichen Kriterien angewendet.

Das einbetonierte Stück ist in der Regel aus CrNiMo-Stahl, und es darf keinen Kontakt mit der Armierung haben (Empfehlung 3 cm). Bei der Ausführung muss besonders darauf geachtet werden, dass der Beton rund um das einbetonierte Stück sorgfältig vibriert wird (siehe auch Ergänzung 2).

### 9.8.7 Drainage

Zur Verhinderung der Infiltration von Stauwasser bei Undichtigkeiten, wird eine Sickerbetonschicht oder eine Kiesschüttung mit Drainage empfohlen.

Möglichst an jeder Gebäudeecke braucht es für Inspektion und Wartung äussere Putzöffnungen oder Schächte. Bei grösseren Behältern kommen für die innere Drainage wasserdicht verschraubte Schächte oder Spülstützen in Aussenschächten zur Anwendung. Sämtliches Sickerwasser ist getrennt nach innerer und äusserer Drainage einem zentralen Schacht zuzuführen, der im Rohrkeller des Bedienungshauses sein kann, wo es kontrolliert und gemessen werden kann. Falls der zentrale Schacht im Bedienungshaus ist, hat die Ableitung dieses Wassers über einen Siphon zu erfolgen.

Anstelle der Kontrollschächte können innere und äussere Drainageleitungen mit Spülstützen nach oben geführt und in Spülschächten zusammengefasst werden. Die Reinigung der Drainagen erfolgt dann mit Hochdruck-Spülgeräten.

Alle erdberührten Flächen der Baukörper sind vor schädigenden Einwirkungen zu schützen. Bei den Wänden wird dies in der Regel durch senkrechte Drainagen (z. B. Sickerplatten, Drainmatten), beim Boden durch eine filterfeste Drainageschicht erreicht.

## 9.9 Anforderungen an Oberflächen in Kontakt mit Trinkwasser

Reservoirs werden in der Schweiz mehrheitlich in Ortsbetonbauweise erstellt. Wasserundurchlässiger und porenarmer Beton bedarf keiner weiteren Oberflächenbehandlung oder Innenauskleidung. Daher haben sich Trinkwasserbehälter aus Stahlbeton ohne jede weitere Beschichtung oder Auskleidung bewährt. Für eine Selbstheilung von Rissen sind die notwendigen Randbedingungen (z.B. Wasserchemie, Betonzusammensetzung, Zeit, kon-



stanter Wasserdruck, minimaler und maximaler Rissweite, etc.) sicherzustellen. Die trinkwasserspezifischen Anforderungen bezüglich Hygiene und Inhaltsstoffen richten sich nach der Ergänzung 1 dieser Richtlinie bzw. nach SVGW-Merkblatt W10021.

### **9.9.1 Wasserkammern**

Wasserkammern erfüllen mehrere Zwecke: Bausubstanz, Statik, Dichtigkeit, langfristige Erhaltung der Wasserbeschaffenheit und der Wasserkammern selbst. Wasserdichter Beton erfüllt alle diese Anforderungen. Einerseits schützt die Wasserdichtigkeit des Bauwerks das Wasser vor äusseren Einflüssen. Andererseits ist ein wasserdichter trinkwassergerechter Beton vor unerwünschten Einflüssen des Wassers (Aggressivität, Auslaugung, Alkaliverlust, Einwirkung unerwünschter reaktiver Stoffe) geschützt und gewährleistet dazu eine hygienisch unbedenkliche Speicherung des Wassers.

Bei neuen Behältern wird durch geeignete Massnahmen wie Spezialbetonmischungen und Einsatz von zweckmässigen Schalungen und Schalungseinlagen wasserdichte Wandoberflächen mit erhöhter Festigkeit und ohne Lunkern erreicht. Beton, Mörtel und Zementabriebe, welche nach den Regeln der Baukunst hergestellt werden, erfüllen normalerweise die Anforderungen, welche an Materialien im Kontakt mit Trinkwasser gestellt werden; dies, falls alle Bestandteile, Zusatzmittel und Beimischungen, organischer und anorganischer Art, den Anforderungen gemäss Ergänzung 1 genügen.

Bei älteren Wasserkammern ist aufgrund des damaligen Stands der Technik die Wasserdichtigkeit des Betonbauwerks meistens nicht gewährleistet. Die Funktion der Dichtheit musste deshalb mit einer Beschichtung oder einer Auskleidung gesichert werden. Heute werden Auskleidungen und Beschichtungen für Sanierungen oder bei sehr aggressivem Wasser eingesetzt.

### **9.9.2 Beschichtungen**

Bei aggressivem Wasser oder zur Erleichterung der Reinigung (glatte Oberfläche) kann in Einzelfällen, wie auch bei Instandsetzungen zur Behebung einer ungenügenden Wasserdichtheit, eine Beschichtung der Wasserkammern in Frage kommen.

Beschichtungen sind als Verbrauchsmaterial zu betrachten. Sie müssen während dem Lebenszyklus einer Wasserkammer erneuert werden, und dies in Zeitabständen die stark vom Produkt, der Schichtstärke und der Wasseraggressivität abhängen. Für alle Materialtypen sind qualitative Anforderungen zu erstellen.

Empfohlen werden mineralische Zementmörtel ohne Kunststoffvergütung, da sie auf Betonuntergrund gut haften, stabil und hygienisch unproblematisch sind und nicht keimvermehrend wirken. (Weitere Details in Kap. 13 bzw. Ergänzung 1).

### **9.9.3 Auskleidungen**

Für Behältersanierungen oder für Kammern, welche in Kontakt mit speziell aggressivem Wasser sind, kommen in Einzelfällen folgende Auskleidungsmöglichkeiten in Frage:

- Auskleidung aus nichtrostendem CrNiMo-Stahl, bei welcher auf die Befestigung der Platten und bei der Ausführung der Schweissarbeiten besonders geachtet werden muss. Die Auskleidung muss mindestens 1,5 mm stark sein.
- Auskleidung mit Glas und Fliesen: Solche Auskleidungen sollten in der Regel nicht mehr zum Einsatz kommen, da sie durch die Hinterläufigkeit verursachter Stagnationsräume ein potentielles Aufkeimungsrisiko darstellen. Die organischen Bestandteile der Fugenmörtel oder Klebstoffe verursachen zudem ein unerwünschtes Risiko für das Wachstum von Biofilm.

- Auskleidung mit Kunststofffolien oder -platten

Werden Trinkwasserkammern mit einer Auskleidung versehen, so kann die Bausubstanz im Anschluss nicht mehr visuell beurteilt werden. Auskleidungen sind deshalb nur in Ausnahmefällen vorzusehen. Bei Auskleidungen ist eine Drainage notwendig. Das Drainagewasser ist regelmässig zu kontrollieren. (Weitere Details in Kap. 13 bzw. Ergänzung 1).

#### 9.9.4 Fenster und Türen zu Wasserkammern

Fenster und Türen zu Wasserkammern sind auf das betrieblich notwendige Minimum zu reduzieren. Fenster sind möglichst klein zu halten. Fenster und Türen müssen folgenden Anforderungen genügen:

- Hygienische Eignung der Materialien insbesondere Rahmen und Dichtung sowie der Bauhilfsstoffe
- Bauphysikalische Auslegung (z. B. Taupunktausfall, Tauwasserabführung weg von der Wasserkammer)
- Dichtigkeit gegenüber Luftströmungen (Unter- und Überdruck) sowie gegen das Eindringen von Insekten
- Verhinderung von Lichteinfall

Standardbauelemente aus dem Hochbau erfüllen diese Anforderungen in der Regel nicht.

#### 9.10 Betriebliche Anforderungen

Die Behälter müssen restlos entleert werden können. Dabei sind die Abläufe so anzuordnen, dass das Restvolumen und das Waschwasser der Behälterreinigung keinesfalls in die Entnahmeleitung fließen können. Getrennte Abläufe sind in der Regel ans Meteorwassersystem (Entleerung der Kammer) und ans Schmutzwassersystem (Reinigung) anzuschliessen.

Behälter sind für die periodische Inspektion und Wartung mit einer geeigneten Beleuchtung zu versehen. Dabei können fest installierte oder mobile Leuchten eingesetzt werden. Weitere Details zur Beleuchtung können Kapitel 9.13.2 entnommen werden.

Für die Behälterreinigung sind ebenfalls die notwendigen Druckwasserinstallationen (Netzdruck) ausserhalb der Wasserkammern vorzusehen.

Der Zugang zu den Wasserkammern erfolgt in der Regel vom Bedienungshaus aus, durch Drucktüren unter dem Wasserspiegel. Um die Einsehbarkeit der Wasseroberfläche sicherzustellen, kann ein Schauglas über dem maximalen Wasserspiegel vorgesehen werden.

Sämtliche Rohrleitungen von und zur Wasserkammer sind im Regelfall durch das Bedienungshaus zu führen.

Ein direkter Zugang von aussen oberhalb der freien Wasseroberfläche sowie ein direkter Lichteinfall auf die freie Wasserfläche sind nicht zulässig.

## 9.11 Hydraulische Ausrüstung

### 9.11.1 Materialien

Generell sind Rohre aus nicht korrodierenden Materialien wie nichtrostendem (CrNiMo) Stahl, Kunststoff oder kunststoffbeschichtete Rohre zu verwenden.

Beim Übergang von nichtrostendem Stahl auf andere Metalle sind die Konstruktionsregeln für Mischkonstruktionen zu beachten. (Siehe Ergänzung 2)

### 9.11.2 Armaturen und Rohrleitungen

Sämtliche Rohre, Stahlformstücke und sonstige Einbauteile in den Wasserkammern sollten vorteilhafterweise aus nichtrostendem CrNiMo-Stahl bestehen. In Reservoirs kommen häufig Rohre aus Edelstahl (V2A z.B. 1.4307 oder 1.4301) zum Einsatz. Bei Einsatz von Chlor und bei Ozonung ist ein hochwertiger V4A Werkstoff zu wählen (z.B. 1.4404 oder 1.4401). Einbauteile aus Edelstahl benötigen keinen zusätzlichen Aussenschutz. Alle anderen Rohrleitungen und Armaturen müssen als Korrosionsschutz einen integralen porenfreien Oberflächenschutz oder Verbundwerkstoff ausreichender Schichtdicke erhalten.

Durchlaufbehälter sind mit einem Bypass zur Verbindung des Zulaufes und der Entnahme auszurüsten.

Die Disposition der Absperrorgane soll, während Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten, den Betrieb mindestens einer Wasserkammer erlauben. Bei Behältern mit einer Kammer und freizufließendem Wasser braucht es eine Um- oder Ableitung. Bei gemeinsamer Zulauf- und Entnahmeleitung sind Füll- und Leerungsweig mit Rückschlagklappen zu versehen. Alle Armaturen und Rohrleitungen sind gemäss ihrer Funktion zu beschriften. Es sind geeignete Probenahmestellen vorzusehen (Zulauf und Entnahmeleitung).

In die Behälterableitung wird ein Absperrorgan eingebaut. Deshalb muss für die Ableitung die Vakuumproblematik berücksichtigt werden. Zur Verhinderung von Vakuum kann beispielsweise eine Belüftungsleitung in die Reservoirkammer geführt oder ein Belüftungsventil im Bereich des Bedienhauses angeordnet werden.

### 9.11.3 Zulauf und Entnahme

Ist das Reservoir nur über eine Leitung an das Trinkwassernetz angeschlossen so wird diese im Bedienungshaus mittels Rückschlagarmatur in Zulauf und Entnahme aufgeteilt. Zulauf und Entnahme sind so anzuordnen, dass eine gute Zirkulation in den Wasserkammern und damit eine genügende Erneuerung des Wassers erreicht wird.

Der Zulauf kann unter oder über dem maximalen Wasserspiegel erfolgen. Ein Zulauf unter dem Wasserspiegel hat sich bewährt. Wenn das Wasser oberhalb des Wasserspiegels eingeleitet wird, kann der Transfer von Radon aus dem Wasser in die Raumluft verstärkt werden. Ebenso ist im Hinblick auf die Wasserchemie zu prüfen, ob eine Belüftung des Wassers zugelassen werden kann (Entgasung) oder vermieden werden muss.

Um eine genügende Durchmischung des Wassers sicherzustellen, wird der Zulauf wie folgt dimensioniert:

- Bei Zulauf unter dem Wasserspiegel auf eine Strömungsgeschwindigkeit von ca. 1 m/s (Minimalwert 0.6 m/s)
- Bei Zulauf über dem Wasserspiegel auf eine Fallhöhe grösser 25 cm

Die Entnahmeverrichtungen sind so zu gestalten, dass bei maximaler Entnahmemenge und tiefem Wasserstand keine Wirbel entstehen können und somit keine Luft in die Ableitung gelangen kann. Der Druckverlust dieser Entnahmeverrichtungen soll so klein wie möglich sein.

#### **9.11.4 Überlauf und Entleerung**

Für Überlauf- und Entleerungsrohre sind ebenfalls nicht korrodierende Werkstoffe wie Kunststoff oder nichtrostender Stahl vorzuziehen.

Der Überlauf wird vielfach in eine Wasserkammerecke platziert und kann im Ablauf für mehrere Kammern kombiniert werden. Die Dimension soll die Ableitung der maximal möglichen Zulaufmenge bei ca. 10 cm Überstau gewährleisten.

Der Überlauf ist so zu gestalten, dass ein Ansaugen von ungefilterter Aussenluft in die Wasserkammern zuverlässig verhindert wird. Es bieten sich hierfür selbstöffnende und selbst wieder schliessende Organe wie z. B. federbelastete Rückschlagklappen, Vollgummiventile oder eine Siphonierung an. Das Wasser im Siphon ist regelmässig zu erneuern (Spülprogramm). Das Eindringen von Kleintieren muss durch Rückschlagklappen o. ä. verhindert werden.

Die Entleerung ist bündig in die Sohle des Sumpfes einzulassen. Der Querschnitt der Entleerungsleitung muss genügend gross dimensioniert werden, damit der Bodensatz in einer vernünftigen Zeit abgeleitet werden kann. Für die Entleerungsleitungen sind Absperrorgane mit möglichst freiem Durchgang zu wählen.

#### **9.11.5 Löschwasserentnahme**

Die Löschreserve, wenn vorgesehen, wird entweder durch besondere Rohrleitungsführung (Löschbogen) oder durch elektrische Niveausteuern sichergestellt. Die Auslösung erfolgt durch eine netzunabhängig gesteuerte Motorklappe oder die Freischaltung der Löschreserve im Leitsystem. Auf jeden Fall ist die Löschwasserentnahme mit den lokalen Brandbehörden (Feuerwehr, Feuerpolizei oder Gebäudeversicherung) abzustimmen.

#### **9.11.6 Rohrbruchsicherung**

Bei grossen Behältern ist die Installation einer Rohrbruchsicherung sinnvoll. Bei der Auslegung dieser Vorrichtung müssen die hydraulischen Verhältnisse des Verteilnetzes sowie die Betriebsbedingungen mitberücksichtigt werden. Bei Versorgungsbetrieben mit laufend überwachter Betriebswarte sind ferngesteuerte Motorklappen ohne Auslöseautomatik möglich.

Bei der Installation einer Rohrbruchsicherung zum Schutze der Ableitung ist eine Be- und Entlüftungseinrichtung vorzusehen. Im Brandfall muss die Rohrbruchsicherung in offener Stellung blockiert werden können.

#### **9.11.7 Druckstossicherung**

Reservoirs sind im Trinkwassernetz wegen dem freien Wasserspiegel ein wichtiges Element der Druckstossicherung. Für den Fall der Revision eines ganzen Reservoirs mit geschlossener Armatur in der Leitung zum Versorgungsnetz, sind deshalb häufig Kompensationsmassnahmen (z.B. Standrohr oder Belüftungsventil) notwendig.

### **9.11.8 Druckwasserinstallation**

Für die Reinigung der Wasserkammer muss Druckwasser zur Verfügung stehen. Steht aus einer oberen Druckzone kein Druckwasser zur Verfügung, so ist je nach Behältergrösse und Energieversorgung eine Druckerhöhungsanlage einzurichten, oder es sind Vorkehrungen für den Anschluss von mobilen Pumpen oder Hochdruckreinigungsgeräten zu treffen.

### **9.11.9 Animpfstutzen für die Notchlorierung**

Auf der Zuleitung zum Reservoir wird die Anordnung eines Animpfstutzens zur Notchlorierung empfohlen.

## **9.12 Messtechnische Ausrüstung**

### **9.12.1 Niveaumessung**

Die Wasserspiegelmessung erfolgt in der Regel für jede Reservoirkammer mit Hilfe einer berührungslosen Messsonde (z.B. Radar), alternativ kann das Niveau auch mittels Differenzdruck (Drucksonde) gemessen werden. Zur Kontrolle der Sensoren empfiehlt sich eine zusätzliche visuelle Überwachungsmöglichkeit.

Für die Wartung der berührungslosen Niveaumessung muss ein geschlossener Zugang oberhalb der Kammer bereitgestellt werden. Beispielsweise kann eine Rohrdurchführung DN400 in die Wand eingelegt werden.

Wird eine Drucksonde eingesetzt, so wird diese an die Entleerungsleitung beider Kammern angeschlossen. Mittels Messleitung und Absperrventilen erfolgt eine Umstellung bei Ausserbetriebnahme einer Kammer. Die Messleitung der Drucksonde muss entlüftet werden können.

### **9.12.2 Durchflussmessung**

Die Wassermessung erfolgt mit magnetisch induktiven- (MID) oder Ultraschall-Durchflussmessern.

Die Beruhigungsstrecken vor und nach den Messeinrichtungen müssen in Abhängigkeit der gewünschten Messgenauigkeit und Messbereiche gemäss Herstellerangaben eingehalten werden.

Aufgrund oft tiefer Strömungsgeschwindigkeit im Tagesverlauf, ist bei der Durchflussmessung mit MID oder Ultraschall-Geräten mit Messungenauigkeiten zu rechnen. Alternativ kann der Durchfluss kostengünstig und einfach aus der Niveaumessung abgeleitet werden, falls die Querschnittsfläche der Reservoirkammern bekannt ist.

### **9.12.3 Weitere mess-, steuer- und regeltechnische Einrichtungen**

Zusätzlich wird empfohlen folgende Daten an eine zentrale Leittechnik zu übertragen oder über Datenlogger für eine nachträgliche Auswertung zu speichern:

- Störmeldesalter an Sicherheitsventilen oder anderen Sollbruchstellen
- Einrichtungen des Objektschutzes (Öffnungskontakte, Bewegungsmelder, Alarmanlage etc.)
- ggf. Onlinemessungen zur Wasserqualität
- ggf. Stellungsgeber für Armaturen

Die Aufzählung ist nicht abschliessend. Zusätzliche Messungen sind massgeblich abhängig vom Automatisierungsgrad der Gesamtanlage. Die Messungen sind so zu installieren, dass Stagnationsräume vermieden werden und Austausch oder Reparatur ohne Ausserbetriebnahme einer Wasserkammer erfolgen kann.

Bei geeigneten Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen, kann die Aufstellung des Schaltschranks für die MSR-Technik im Bedienungshaus erfolgen.

#### **9.12.4 Überwachung der Wasserqualität**

Bei Reservoirs, die direkt mit Quellwasser beschickt werden, braucht es oft eine Trübungsüberwachung mit automatischer Quellwasserableitung. Im Falle unzulässiger Trübung muss der Zufluss in die Wasserkammern sofort gesperrt werden.

An geeigneter Stelle sind sowohl in den Zulauf- wie auch in den Entnahmeleitungen Probenahmearmatur oder ein Stetslauf für die bakteriologische und chemische Überwachung einzurichten. Probenahmearmaturen sind über Entwässerungstrichter und Siphon an die Gebäudeentwässerung anzuschliessen.

Die Anforderungen an die Ausführung der Probenahmearmaturen sind wie folgt:

- Vermeidung von grossen Stagnationsvolumina: Strecke vor der Probenahmearmatur möglichst kurz gestalten, kleine Rohrdurchmesser wählen oder permanenten Durchfluss sicherstellen
- abflammbar bzw. desinfizierbar
- gute Zugänglichkeit für den Probenehmer

### **9.13 Elektrische und mechanische Ausrüstung**

#### **9.13.1 Be- und Entlüftung, Entfeuchtung**

Wasserkammern und Bedienungshaus brauchen eine getrennte Belüftung.

In den Wasserkammern wird durch die Wasserspiegelbewegungen Luft aus den Wasserkammern ausgestossen und wieder eingesaugt. Die Belüftung soll über einen auswechselbaren und feuchtigkeitsunempfindlichen Ultrafilter (Schwebstofffilter, Filterklasse H13 (HEPA: High-Efficiency Particulate Air/Arrestance; nach SN EN 1822-1)) geleitet und möglichst durch einen Luftkanal zur Fassade geführt werden. Der Ultrafilter wird zweckmässigerweise im Bedienungshaus gut zugänglich montiert.

Der Luftkanal muss so angeordnet sein, dass durch diesen von aussen keine Flüssigkeit in die Wasserkammer gelangen kann (siehe SVGW W1007). Um den Sabotageschutz zu erhöhen, wird empfohlen das Lüftungssystem im Gebäudeinnern vor dem Eintritt in die Kammern physikalisch zu trennen (z.B. mit einer Siphonierung). In einem solchen System wird beim Gebäudeeintritt ein zusätzlicher einfacher Grobfilter montiert. Bei grossen Wasserkammern ist im Falle eines ungeplanten grossen Wasserauslaufs (grosse Rohrbrüche) auf ein genügend grosses Nachführen von Aussenluft zu achten (z.B. grosse Öffnung mit Berstsicherung vorsehen).

Die Lüftungsanlage sollte nach Möglichkeit getrennt für jede Wasserkammer, durch das Bedienungshaus, nach aussen führen. Es hat sich bewährt, die Öffnungen in ausreichender Höhe, ca. 3,0 m über Gelände, anzuordnen, um das Ansaugen von Pollen, Gräsern, Staub oder Gerüchen bei sinkendem Wasserspiegel zu minimieren. Allenfalls ist zusätzlich ein Aktivkohlefilter notwendig.

Der freie Querschnitt der Lüftung richtet sich nach dem im Rohrbruchfall aus dem Behälter abfliessenden Volumenstrom bzw. nach der Obergrenze für die Luftgeschwindigkeit in den Lüftungseinrichtungen. Es muss eine Bemessung für das gesamte Belüftungssystem einschliesslich der Wasserkammer mit eventuell druckempfindlichen Elementen (wie z. B. Fenster, Fugen, Auskleidungen) durchgeführt werden. Als Orientierungswert für die maximale Luftgeschwindigkeit in den Lüftungsrohren können für den Regelbetrieb 6 m/s bis 8 m/s und im Bereich des Filtergehäuses bzw. des Filters 1 m/s angesetzt werden.

Die Wasserkammern dürfen durch Beeinträchtigungen der Lüftungseinrichtungen (z. B. Zusetzen der Siebe / Filter) nicht gefährdet werden. Daher sollten entsprechende Sollbruchstellen oder Sicherheitsventile in den Lüftungseinrichtungen vorgesehen werden.

Das Bedienungshaus muss belüftet werden. Für einen energieeffizienten Betrieb der Belüftung und Entfeuchtung im Bedienungshaus wird der Einsatz einer taupunktabhängigen Belüftung empfohlen. Zur Trocknung der Luft und Vermeidung von Kondenswasserbildung an wasserführenden Teilen, können Entfeuchtungsaggregate eingesetzt werden. Um Tauwasser- und Schimmelbildung sicher vorzubeugen, sollte die Luftfeuchtigkeit in wasser-technischen Anlagen nicht dauerhaft höher als 75% sein. Eine zu starke Entfeuchtung, welche zur unerwünschten Austrocknung der Bausubstanz führt, ist jedoch zu vermeiden. Unerwünschter Salztransport von den Wasserkammern zum Bedienungshaus kann die Folge von zu trockenem Raumklima sein.

Neben der optimalen Entfeuchtung spielt die Luftumwälzung - insbesondere in grossvolumigen und in hohen Gebäuden - eine grosse Rolle. Durch Temperaturschichtungen und schlecht durchströmte Bereiche kann es zu partieller Tauwasserbildung kommen. Es wird empfohlen, zur Sicherstellung einer guten Luftentfeuchtung das Volumen von grossen zu entfeuchtenden Räumen einmal pro Stunde umzuwälzen.

### **9.13.2 Elektroinstallation, Beleuchtung**

Massgebend für die Ausführung der Elektroinstallationen sind die Vorschriften des SEV für Feucht- und Nassräume.

#### **Elektroinstallation**

Die Schaltschränke sollen nach Funktionen getrennt und klar beschriftet sein. Sie sollten nicht im untersten Stockwerk des Bedienungshauses aufgestellt werden.

Bei lokaler Steuerung und Überwachung müssen wichtige Alarmer und Anlagezustände an das verantwortliche Betriebspersonal weitergeleitet werden.

Für die Inspektion im Betrieb wird eine fest installierte Beleuchtung im Bereich der Überwachungsfenster empfohlen.

Für die Wartung und Reinigung der Reservoirkammern haben sich mobile tragbare Leuchten bewährt. Von der festen Installation einer Beleuchtung innerhalb der Wasserkammern wird wegen den hohen Anforderungen hinsichtlich Hygiene und Feuchtigkeit abgeraten.

#### **Beleuchtungsanlagen**

Beleuchtungsanlagen in Wasserkammern müssen insbesondere die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Erreichen der für die Überwachung und die Arbeiten in der Wasserkammer notwendigen Lichtstärke
- Widerstandsfähigkeit gegen die dauernd sehr hohe Luftfeuchtigkeit bzw. die Wassersäule bei Unterwassereinsatz und ggf. gegen Belastungen durch Chlor etc. im Wasser und in der Luft

- werkstoffspezifische Hygieneanforderungen gemäss SVGW ZW102/ff
- Konformität mit den SEV Vorschriften für Feucht- und Nassräume. Bei mobilen Leuchten zur Reinigung wird der Betrieb über Trenntrafos empfohlen.
- Für die Durchführung von Wartungsarbeiten an den Leuchten sollten diese möglichst leicht und sicher zugänglich sein.
- Zu lange Beleuchtungszeiten in Folge unabsichtlich aktivierter Beleuchtung (Verkeimung) sind zu verhindern (z.B. durch Zeitschaltung oder Koppelung mit Türschliessung).

Falls eine dauerhafte Installation von Leuchten innerhalb der Wasserkammern zwingend ist, ist darauf zu achten, dass die Hygieneanforderungen an sämtliche einzusetzenden Materialien erfüllt werden. Damit herabtropfendes Kondensat nicht in das Trinkwasser gelangt, können Leuchten z. B. oberhalb von Überläufen oder von Zugangspodesten installiert werden. In der Wasserkammer sind am besten keine oder ansonsten möglichst kurze Kabelwege vorzusehen. Beispielsweise kann die Montagestelle der Leuchte so gewählt werden, dass das Kabel direkt durch die Wand zum Bedienungshaus oder anderen Räumlichkeiten ausserhalb einer Wasserkammer geführt wird. Kabelbündel in Trinkwasserkammern sind wegen erhöhter Kondenswasserbildung zu vermeiden. Kabelschutzrohre sollten in Wasserkammern aus hygienischen Gründen nicht montiert werden, da sich in den Hohlräumen Schmutz und verunreinigtes Kondensat ansammeln kann. Besser geeignet für Kabelverlegungen in Wasserkammern sind z. B. Pritschen aus Edelstahl.

Mittels Potentialausgleich sind Spannungsdifferenzen zwischen gleichzeitig berührbaren elektrisch leitenden Teilen zu begrenzen. Die wichtigste Massnahme ist dabei ein Erdungskabel zwischen leitenden Teilen aus gleichem Material mittels untergeklebten Laschen an den Flanschen. Die Erdungskabel werden üblicherweise mit einer Potentialausgleichsschiene verbunden. Diese wird isoliert montiert und über eine Abgrenzeinheit (Diodenschaltung) mit der Hauptpotentialausgleichsschiene verbunden. Es werden alle wasserberührenden Metallteile aus nicht rostendem Stahl mit dieser Schiene verbunden. (siehe auch Ergänzung 2).

### **Sicherheitsbeleuchtung / Notlampen**

Eine Sicherheitsbeleuchtung oder der Einbau von sicherheitsbeleuchteten Rettungszeichen ist nicht vorgeschrieben. Zum sicheren Verlassen des Gebäudes auch im Falle eines Stromausfalls wird jedoch empfohlen, den Bereich der internen Treppe mit einer Sicherheitsbeleuchtung auszurüsten mit einer Beleuchtungsstärke von 1 Lux.

Alternativ kann eine tragbare Notleuchte platziert werden.

## **9.14 Dosierung und Lagerung von Chemikalien**

Für die Dosieranlagen und die Lagerung von Chemikalien sind die SUVA-Vorschriften und wo notwendig, die SVGW-Empfehlungen für den Einsatz von Chlorgas in der Trinkwasserversorgung W 1001 zu beachten.



## 10 Ausschreibung

### 10.1 Vorgehen zur Unternehmenssubmission

Die Ausschreibung der Aufträge für die Planung und den Bau eines Reservoirs muss gemäss geltender Gesetzgebung, je nach Höhe des voraussichtlichen Gesamtprojektwertes, nach verschiedenen Verfahren erfolgen.

Die Ausschreibungsunterlagen für das Bauunternehmen sind grösstenteils gemäss dem Normpositionenkatalog (NPK) des CRB (Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung) zu verfassen. Wo nötig, werden zusätzliche Positionen eingefügt, zum Beispiel für Spezialarbeiten, die zur Herstellung von wasserdichtem Beton erforderlich sind. Der Planer hat ein Pflichtenheft zu erstellen, das die besonderen technischen Anforderungen für die Herstellung von wasserdichtem Beton enthält.

Beton ist ein Material, dessen Endqualität stark davon abhängt, wie gut bei der Herstellung und beim Einbau gearbeitet wird. Wichtige Kriterien für die Vergabe der Arbeiten sind daher die Erfahrung der Unternehmung mit der Herstellung von wasserdichtem Beton und die Qualifikation des vorgesehenen ausführenden Personals.

#### 10.1.1 Eignungskriterien

Mit den Eignungskriterien werden die für die ausgeschriebene Aufgabe geeigneten Bewerber ermittelt.

Die Eignungskriterien beziehen sich auf die Anbietenden. Mit den Eignungskriterien wird festgelegt, welche Eigenschaften und Fähigkeiten die Anbietenden für die Erfüllung des Auftrages mitbringen müssen. Es sind deshalb objektive Kriterien zur fachlichen, finanziellen, wirtschaftlichen, technischen und organisatorischen Leistungsfähigkeit festzulegen. Die Kriterienwahl muss klare „Ja / Nein“-Entscheidungen ermöglichen.

Eignungskriterien sind «Musskriterien». Nur wenn ein Anbieter alle Eignungskriterien erfüllt, wird das Angebot weiterbearbeitet. Falls Subunternehmer zugelassen werden, sind diese durch den Auftraggeber zu bestätigen.

#### 10.1.2 Zuschlagskriterien

Die Zuschlagskriterien dienen der Ermittlung des vorteilhaftesten Angebots, welches den Zuschlag für die ausgeschriebenen Arbeiten erhält.

Das vorteilhafteste Angebot wird anhand der Zuschlagskriterien ermittelt. Die Wahl der richtigen Zuschlagskriterien und deren Gewichtung sind für den Projekterfolg entscheidend. So sind neben dem Preis, Qualität, Termine, Projektorganisation und Qualifikation der Schlüsselpersonen, wie auch die Analyse der Aufgabenstellung und die Angabe von Referenzen etc. in der Zuschlagsbewertung zu berücksichtigen. Ein klares Bewertungsschema mit Notenskala und Gewichtung ist festzulegen. Die Vorgaben der Submissionsbestimmungen sind zu beachten.

	Kriterium	Gewichtung
1	Preis	30 bis 60 %
2	Projektreferenzen (Unternehmung) und Referenzen der Schlüsselpersonen (Bauführer, etc.)	10 bis 40 %
3	Aufgabenanalyse, Projektqualitätsmanagement, technische Umsetzung	10 bis 40 %
4	Terminprogramm	5 bis 20 %

5	Projektorganisation und Qualifikation / Verfügbarkeit der Schlüsselpersonen	5 bis 20 %
---	---	------------

**Tab. 1:** Beispiel für Zuschlagskriterien mit Prozentbereichen für die Gewichtung

Die einzelnen Kriterien lassen sich beliebig in weitere Unterkriterien aufteilen. Wichtig ist eine nachvollziehbare, schriftliche Begründung bei der Nichteignung sowie bei Punkteabzügen bei der Zuschlagsbewertung.

## 10.2 Prüf- und Hygienekonzept

Das Prüfkonzept bildet einen integralen Bestandteil der Submissionsunterlagen. Dem anbietenden Unternehmen muss schon bei der Ausschreibung der Umfang der zu prüfenden Qualitätsmerkmale bekannt sein. Im Prüfplan ist zu definieren, welche Prüfungen durch den Anbieter zu erbringen sind und welche Prüfungen durch den Bauherrn beauftragt werden.

Der Prüfplan hat sicherzustellen, dass die wichtigsten Projektgrundlagen und Qualitätsanforderungen in der Ausführungsphase berücksichtigt, verifiziert und dokumentiert werden. Zudem ist das Vorgehen im Falle von Mängeln zu definieren. In Anhang 3 sind Vorgaben für einen zweckmässigen Prüfplan für einen Reservoirneubau bzw. -sanierung angeführt.

## 10.3 Spezielle Hinweise zur Ortsbetonbauweise

Um die gewünschten glatten, porenarmen Betonoberflächen auf der Innenseite von Wasserbehältern zu erreichen, muss die erwartete Leistung hinreichend genau beschrieben, vertraglich festgelegt und mit der notwendigen Sorgfalt ausgeführt werden. Deshalb wird dringend empfohlen, den Sollzustand zusätzlich zu den Vorgaben im Prüfplan z. B. anhand von Probekörpern, Probeflächen, Fotodokumentationen oder bestehenden Behälterflächen zu definieren. In der Leistungsbeschreibung sollte z. B. folgendes ausdrücklich verlangt werden:

- gleichmässige, porenarme Oberfläche, die mit Hilfe einer wasserabführenden/-saugenden Schalungsbahn aus Kunststoffvlies herzustellen ist. Es wird empfohlen das Vlies im Reservoirbau jeweils nur einmal zu verwenden. Armierte Vliese können maximal zweimal verwendet werden.
- Abdichtung von Boden / Wand-Anschlüssen, Fugen zwischen Schalungselementen und Schalungsankern so, dass an der Betonoberfläche ein glatter Schalungsabdruck mit geschlossener Zementhaut entsteht

In der Leistungsbeschreibung sollte weiterhin festgelegt werden, welche Konsequenzen sich aus Abweichungen von der verlangten Leistung ergeben.

## 10.4 Spezielle Hinweise für Beschichtungen

Eine Beschreibung des Zielzustands ist auch bei der Herstellung neuer Beschichtungen wichtig. Sie sollte insbesondere Folgendes enthalten:

- Genaue Beschreibung des vorhandenen alten Beschichtung (Haftung, Dicke, Härte, Anzahl der Schichten usw.) sowie des Untergrunds (Beton, Mauerwerk usw.) ;
- Gewünschter Zielzustand der Oberfläche (Gleichmässigkeit, Porosität, Rauheit, Ebenheit, erwartete minimale/maximale Beschichtungsdicke) ;
- Anforderungen an die Entfernung der alten Beschichtung (vollständige oder partielle Entfernung) und gewünschter Zustand des Untergrunds ;

- Technische Anforderungen an Beschichtung und Untergrund gemäss Ergänzung 1;

## **10.5 Vorbereitung Werkverträge**

Bei den SIA-Werkverträgen oder dem KBOB-Werkvertrag und den zugehörigen Bestimmungen zum Vergabeverfahren, handelt es sich um Vorlagen, die eine Vergabe nach klar nachvollziehbaren Kriterien, ermöglichen sollen.

Der Werkvertrag sollte als Entwurf den Ausschreibungsunterlagen beiliegen, sodass in den allgemeinen Bestimmungen darauf verwiesen werden kann. Mit der Verwendung der Vorlagen von SIA oder KBOB soll die Rechtssicherheit für die Vertragspartner erhöht werden. Geregelt werden unter anderem:

- die rechtlichen Vorgaben (Leistungsumfang, Vertragsbestandteile, Reihenfolge und Leistungsphasen, Vertragsänderungen etc.)
- die finanziellen Aspekte (Vergütung, Zahlungsbedingungen und -modalitäten, Teuerung, Versicherungsleistungen, Umgang mit Bestellungsänderungen etc.)
- die Terminvorgaben zur Leistungserbringung und
- die Allgemeinen Vertragsbedingungen (AGB) zum Werkvertrag.

## **11 Realisierung, Prüfung und Inbetriebsetzung**

### **11.1 Ortsbetonbauweise**

#### **11.1.1 Schalung, Bewehrung**

Folgenden Punkten sind im Rahmen der Bauüberwachung spezielle Aufmerksamkeit zu schenken:

- Vorliegender Nachweis des Unternehmers bezüglich der Trinkwassertauglichkeit des eingesetzten Betons
- Die Betonüberdeckung beträgt mindestens 45 mm luftberührt resp. mindestens 55 mm erdberührt (Toleranz +/- 5 mm)
- Verwendung von Abstandhaltern aus Beton (geeignet für Einsatz im TW-Bereich)
- Kein Kontakt zwischen Bewehrung und Einbauteilen aus nichtrostendem Stahl
- Verzicht auf Schalöl. Verwendung von wassersaugenden Schalungsauflagen aus Kunststofffolien

Die Herstellung von Betonflächen im Innern von Trinkwasserbehältern sollte vorzugsweise mit Schalungen erfolgen, die ohne den Einsatz von Trennmitteln auskommen (trennmittelfreie Schalungen, entwässernde Schalungen).

Wasserabführende/-saugende Schalungsbahnen aus Kunststoffvlies müssen faltenfrei und unverschieblich auf der Schalhaut befestigt werden. Sie sollten nach jedem Betoniervorgang erneuert werden, weil ihre Wirksamkeit bei weiteren Einsätzen nachlässt. Die Schalhaut muss vor der Bespannung gereinigt und ggf. desinfiziert werden.

Für die Bewehrung gilt eine besondere Sorgfalt für die Einhaltung der hygienischen Anforderungen bei Lieferung, Lagerung und Einbau. Dies gilt ebenso für die zugehörigen Bauhilfsstoffe wie Abstandshalter, Böcke, Bindedraht etc. Vor Einbau ist der Zustand der Bewehrung zu prüfen und ggf. ist diese zu reinigen.

#### **11.1.2 Betontransport**

Beim Betontransport zur Baustelle muss darauf geachtet werden, dass die Transportzeiten so kurz wie möglich gehalten werden. Die Allgemeine Verarbeitungszeit beträgt 90 Minuten (von der Zugabe des Wassers zum Zement bis zum verdichtetem Betoneinbau im Bauteil). In speziellen Situationen kann es deshalb Sinn machen, den wasserdichten Beton auf der Baustelle herzustellen. Kommt er aus einem Transportbetonwerk, sind die nötigen Massnahmen zu treffen, damit seine Zusammensetzung beim Einbau den vorgeschriebenen Bestimmungen entspricht, speziell dass jede Entmischung und ein allfälliger Abbindebeginn vor dem Einbringen vermieden wird.

Man wird auch Massnahmen treffen, um die Frischbetontemperatur innerhalb akzeptierbarer Grenzen zu halten ( $+ 10^{\circ}\text{C} \leq T \leq + 25^{\circ}\text{C}$ , während des Betonierens auf der Baustelle). Es ist auch darauf zu achten, dass seine Zusammensetzung während der gesamten Betonierarbeiten gemäss Norm ENV 13670-1 konstant gehalten wird.

Es wird empfohlen, bei hohen Wänden den Beton aus Kübeln einzubringen, die mit einem angeschlossenen Fallrohr ausgerüstet sind, um die freie Fallhöhe zu verringern. Damit kann der Beton innerhalb der Schalung so weit wie möglich geführt und eine Entmischung vermieden werden.

### 11.1.3 Betoneinbau

Der Betoneinbau hat nach den gültigen Regeln der Baukunst mit kontinuierlicher Rüttelverdichtung zu erfolgen. Die Intensität und die Dauer der Verdichtung müssen auf die Konsistenz des Betons abgestimmt sein, um die Entstehung von Kiesnestern bei ungenügender Vibrierung zu vermeiden. Umgekehrt gilt es ebenfalls, ein zu intensives Vibrieren zu vermeiden, um eine Entmischung des Betons sowie ein Aufsteigen des Anmachwassers entlang der Schalung von hohen Wänden zu verhindern. Dabei ist darauf zu achten, dass die Einbauteile vom Vibrationsgerät nicht berührt werden.

Die maximale Verfüllhöhe pro Betoniervorgang ist auf Grund der Qualitätsanforderungen zu begrenzen. Es sind Werte um rund 60 cm üblich.

Es wird empfohlen, die Wände in voller Höhe zu betonieren, um keine horizontalen Arbeitsfugen in den Wänden zu haben.

Es wird empfohlen die Bodenplatte mittels Monobeton ohne Zusatzmittel und Zusatzstoffe auszuführen.

### 11.1.4 Nachbehandlung

Die korrekte Nachbehandlung des Betons ist sehr wichtig, um einen wasserdichten Beton ohne Risse und mit möglichst glatter Oberfläche zu erzielen. Der Beton sollte sofort nach dem Einbringen während 14 Tagen ohne Unterbruch feucht gehalten werden. Gute Resultate sind beim Besprühen des zuvor mit Plastikfolien, Gewebe- oder Jutetüchern bedeckten Betons erzielt worden. Die Dauer der Feuchthaltemassnahmen ist auf das zu erwartende Schwindverhalten bezüglich Betonieretappen/Schwindgassen abzustimmen.

Es ist darauf zu achten, dass zu grosse Temperaturwechsel beim Besprengen der frisch ausgeschalteten Bauteile mit zu kaltem Wasser vermieden werden. Es kann aus diesem Grund sinnvoll sein, mit der Abbindebehandlung direkt nach dem Betonieren mit der Berieselung der Schalung zu beginnen.

### 11.1.5 Ausschalen

Das Ausschalen von Wänden darf erst nach einer genügend langen Abbinde- bzw. Aushärtezeit erfolgen, abgestimmt auf den gewählten Zement und die klimatischen Bedingungen. Man wird darauf achten, einen thermischen Schock nach Möglichkeit zu vermeiden, und es muss ebenfalls sichergestellt werden, dass die Festigkeit des Betons zum Zeitpunkt des Ausschalens genügend hoch ist. Dies ist notwendig, um die Qualität, die Dichtigkeit sowie die Dauerhaftigkeit der Betonoberfläche sicherzustellen.

Es wird empfohlen, Wände nicht vor 24 Stunden im Sommer respektive 48 Stunden im Winter auszuschalen.

Beim Ausschalen muss darauf geachtet werden, dem Beton keine zu heftigen Erschütterungen beizufügen und auch die Schalungsanker nicht zu erschüttern. Dies ist notwendig, um die Dichtigkeit des Bauteils zu gewährleisten.

### 11.1.6 Prüfung

Neben den üblichen Prüfungen gemäss Kontrollplan (siehe Kapitel 10.2 und Anhang 3) wird für Wasserkammern die Durchführung folgender Prüfungen empfohlen:

#### **Ebenheit**

Für die Bewertung der wasserberührten Flächen wird folgende zulässige Toleranz empfohlen. Für die Herstellung der fertigen Oberflächen durch das händische Bearbeiten (Verdichten, Glätten, Abreiben) ergibt sich gemäss DIN 18202 eine Ebenheitsabweichung von  $\pm 5$  mm bei einem Messpunktabstand von 2 m.

#### **Poren**

Es hat sich bewährt Poren, anhand einer Prüffläche von 500 x 500 mm zu bestimmen. In dieser sind Poren mit einem Durchmesser von 2 bis 15 mm festzustellen. Flächenmässig dürfen diese Poren den Anteil von 1% der Prüffläche nicht überschreiten. Die Anzahl von Poren grösser 10 mm bis maximal 15 mm Durchmesser darf 1 pro 4m<sup>2</sup> (Prüffläche 2 x 2 m) nicht überschreiten.

#### **Dichtheit**

Prüfung gemäss Kapitel 11.4.2

## **11.2 Fertigbetonbauweise**

Der Bau von Reservoirs aus vorgefertigten Elementen kommt vorab bei kleineren Behältern in Frage. Im Allgemeinen gelten für Behälter aus vorgefertigten Elementen dieselben Vorschriften wie aus vor Ort betonierten Behältern. Bei der Realisierung der Fugendetails ist jedoch besondere Vorsicht geboten.

### **11.2.1 Bewehrung**

Es ist darauf zu achten, dass die für Ortsbeton gültige Überdeckung der Bewehrung selbst dann eingehalten wird, wenn die vorgefertigten Teile schlanker sind als vor Ort gegossene Teile.

Die Einzelheiten für die Verbindung der Bewehrung müssen gesondert geplant werden, um insbesondere die Korrosionsgefahr zu mindern.

### **11.2.2 Montage**

Die Mauerdurchführungen können schon in die Elemente eingebaut sein. In diesem Fall sind sie während des Transports zu schützen.

Besondere Aufmerksamkeit ist den Einzelheiten der Abdichtung zu schenken. Es sind korrosionsgeschützte Befestigungselemente und garantiert dauerhafte Dichtungen zu verwenden. Da die Dichtungen zwischen vorgefertigten Elementen immer Schwachstellen sind, ist es bei dieser Bauweise vorteilhaft, dafür eine wasserdichte Beschichtung vorzusehen.

### **11.2.3 Bauverfahren**

Beim Transport, dem Entladen auf der Baustelle und beim Einbau ist dem Schutz der Elemente besondere Beachtung zu schenken. Zu diesem Zweck sollte eine Zwischenlagerung vermieden werden. Der Montageort ist sorgfältig vorzubereiten, bevor die Elemente angeliefert werden, besonders bei gemischter Bauweise (Bodenplatte vor Ort gegossen, Wände aus Fertigelementen). Die Stabilität der Elemente vor Ort ist in jeder Bauphase sicherzustellen.

## **11.3 Ausführung mit weiteren Baumaterialien**

### **11.3.1 Stahlbehälter**

Metallbehälter können auf unterschiedliche Weise realisiert werden, entweder aus gewalzten Blechen, welche verschraubt oder verschweisst werden, oder aus verschweissten gezogenen Blechen.

Aufgrund der klimatischen Bedingungen sind freistehende Metallbehälter in der Schweiz nicht empfehlenswert. Sie haben den Vorteil einer raschen Montage, man muss aber der Qualität einer eventuellen Schweissung vor Ort, der Stabilität der Reservoirs und dem Korrosionsschutz besondere Beachtung schenken. Bei Behältern aus verschweissten Blechen ist die Kontrolle der Schweissqualität vorrangig, um die Dichtigkeit und Langlebigkeit der Anlage sicherzustellen.

Bei Behältern aus verschraubten Platten erfordern die Qualität der Montage, das Einsetzen der Dichtungsbänder, die Qualität der Schrauben und Muttern und die präzise Arbeit der Monteure besondere Aufmerksamkeit.

### **11.3.2 Kunststoffbehälter**

Kunststoffbehälter weisen üblicherweise bescheidene Abmessungen auf. Zwecks UV-Schutz werden sie entweder vergraben oder in einem Gebäude aufgestellt. Sie können aus mehreren vor Ort verschraubten Elementen realisiert werden. Zu beachten sind die Qualität der Montage und die Dichtigkeit der Dichtungen.

Besonders zu beachten sind die Qualität des Unterbaus, der keine Rauheit aufweisen darf, und der Schutz gegen Stösse beim Transport, beim Einbau und während der gesamten Lebensdauer des Behälters.

## **11.4 Abnahme und Inbetriebnahme**

### **11.4.1 Allgemeines**

Als Vorbereitung auf die Inbetriebnahme muss der Betreiber des Reservoirs sich davon überzeugen, dass sein Auftrag in vollem Umfang erfüllt wurde. Dabei empfiehlt sich ein mehrstufiges Abnahmeverfahren mittels Teilabnahmen von in sich geschlossenen Leistungen.

Der eigentlichen Inbetriebnahme gehen die folgenden Massnahmen voraus:

- Ggf. Überprüfung von Bauwerksbewegungen während des Befüllens der Wasserkammern zur Dichtheitsprüfung
- Wasserdichtheitsprüfung
- Reinigung und Desinfektion
- Wasserprobe zur Überprüfung der Trinkwasserqualität
- Anbindung ans Leitungsnetz

### **11.4.2 Dichtigkeitsprüfung**

Nach der Fertigstellung des Behälters erfolgt die Abnahme des Bauwerkes durch die Bauherrschaft nur nach bestandener Dichtigkeitsprüfung der einzelnen Wasserkammern. Zu

dieser Prüfung müssen alle Wände und das Dach vor der Erdanschüttung frei zugänglich sein.

Eventuell durch den Planer angeordnete Messungen der Bauwerksbewegungen sollten bereits vor der ersten Füllung der Wasserkammern beginnen und solange fortgesetzt werden, bis ein zufrieden stellender Zustand erreicht ist.

Das Prüfverfahren für Boden und benetzte Wände sowie die zulässigen Verluste sind vom Planer festzulegen (weniger als  $0,3 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{d})$  Verluste während einer maximal 7-tägigen Versuchsdauer sind ein akzeptabler Wert). Die zulässige Wasserspiegelabsenkung wird vom Planer festgelegt.

Die Decke des Trinkwasserreservoirs muss ebenfalls wasserdicht sein. Der Planer legt fest, ob die Prüfung der Decke durch kontinuierliche Beregnung oder durch Flutung vorgenommen wird.

Auftretende Durchfeuchtungen am Bauwerk und im Bereich von Fugen sind hinsichtlich möglicher langfristiger Wasserverluste, Wasserzutritte und möglicher Spätfolgen für das Bauwerk einzuschätzen.

Bei nicht erfolgreich bestandener Dichtheitsprüfung sind Nacharbeiten durchzuführen und die Dichtheitsprüfung ist zu wiederholen.

### **Wände und Behälterboden**

Das Prüfverfahren muss mindestens folgenden Ablauf umfassen:

Vorbereitung nach Beendigung der Bauarbeiten:

- Überprüfung, ob Entleerungsmöglichkeiten verfügbar sind
- sorgfältige Säuberung aller Innenflächen
- Verschluss und Sicherung aller Zu- und Ablaufrohre
- langsame Füllung der Kammer mit Wasser bis zur Höhe des Überlaufes (1 bis 1.5 m pro Tag), eventuell sind hierfür gesonderte Installationen nötig. Für Trinkwasserreservoirs sollte Wasser in Trinkwasserqualität benutzt werden.
- Gegebenenfalls Vorsehen einer ausreichend langen Tränkungszeit des Wassers, um eine Sättigung der Innenflächen mit Wasser zu erreichen. Bei Bedarf ist Wasser nach Ablauf dieser Zeit nachzufüllen.

Durchführung der Prüfung:

- Messung der Wasserspiegellhöhe gegenüber einem festen Punkt und Aufschreiben bei Beginn der Prüfung (auf ausreichende Auflösung der eingesetzten Messgräte achten)
- Beobachtung der Bauwerksdrainage und bei Bedarf Messung der Durchflussmenge in den Unterflurdrainrohrleitungen
- in Zeitabständen Überwachung des Wasserspiegels während der Prüfung
- Beobachtung der Aussenfläche der Wasserkammern, einschliesslich der Trennwände zur Feststellung von möglichen Leckstellen
- Messung des Wasserspiegels am Ende der Prüfperiode
- Berechnung der Wasserverluste
- Vervollständigung der Prüfprotokolle



## **Decken**

Das Prüfverfahren muss mindestens folgenden Ablauf umfassen:

Vorbereitung:

- Vollständige Entleerung der Wasserkammer
- bei Flachdächern Abdichtung aller Regenabläufe
- bei Bedarf sind temporäre Voraussetzungen für die vom Planer festgelegte Flutung des Daches zu schaffen.

Durchführung der Prüfungen:

- Flutung oder Beregnung der Dachfläche je nach Festlegung des Planers
- eventuell festgelegte kontinuierliche Beregnung der Gesamtfläche mit Wasser
- Prüfung der Dachuntersichten hinsichtlich Undichtheiten
- Vervollständigung der Prüfprotokolle

### **Ergebnisse einer erfolgreichen Prüfung**

Die Dichtheitsprüfung gilt als bestanden, wenn folgende Vorgaben erfüllt sind:

- kein sichtbarer Wasseraustritt nach aussen feststellbar
- keine bleibenden Durchfeuchtungen
- kein Absinken des Wasserspiegels innerhalb der Prüfzeit von maximal 7 Tagen über den erlaubten Sättigungsverlust von  $(0,3 \text{ l}/(\text{m}^2 \times \text{d}))$

Bei nicht erfolgreicher Dichtheitsprüfung sind Nacharbeiten durchzuführen, und die Dichtheitsprüfung ist zu wiederholen.

### **Prüfprotokoll**

Der Verlauf und das Ergebnis der Prüfung sind in einem Prüfdokument zu dokumentieren. Das Prüfprotokoll ist in angemessener Form zu führen und aufzubewahren. Ein Beispiel für ein Prüfprotokoll ist im Anhang 4 dieser Richtlinie zu finden.

## **11.5 Erstinbetriebnahme**

Vor der ersten Inbetriebnahme müssen die leeren Wasserkammern gründlich gereinigt und desinfiziert werden (siehe Ergänzung 3).

Das Reservoir darf nicht in Betrieb genommen werden, ehe die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

### **Wasserqualität**

Unmittelbar vor Inbetriebnahme des Reservoirs muss bestätigt werden, dass die Wasserqualität im Behälter, in den zugehörigen Rohrleitungen und in den Bauteilen den gesetzlichen Anforderungen entspricht.

Nach Beendigung der Füllung und nach einem vom Planer festzulegenden Zeitraum sind Wasserproben für die bakteriologische Untersuchung zu entnehmen.

Die mikrobiologische Freigabe erfolgt, wenn die Untersuchungsergebnisse den Auflagen der gesetzlichen Vorschriften entsprechen. Falls das Ergebnis einer Probe nicht zufriedenstellend ist, hat der Planer oder Betreiber entsprechende Abhilfemassnahmen zu veranlassen, um die mikrobiologische Freigabe zu erhalten.

Die Untersuchungsergebnisse der Wasserproben müssen auch allen anderen, nach gesetzlichen Vorschriften geforderten Qualitätsaspekten gemäss TBDV (Anhang 1 und 2) entsprechen.

## 12 Betrieb und Überwachung

### 12.1 Erfüllung der Betriebsaufgaben

Die Trinkwasserreservoirs müssen gut erreichbar sein und während der gesamten Betriebszeit systematisch überwacht, inspiziert, unterhalten und gereinigt werden. Sie sind so zu betreiben, zu überwachen und instand zu halten, dass das Trinkwasser jederzeit den Qualitätsanforderungen entspricht und ein möglichst störungsfreier Betrieb sichergestellt ist. Das Betreten ist nur mit einer geeigneten Arbeitserlaubnis gestattet. Voraussetzung dafür ist die Kenntnis der sicherheitstechnischen und hygienischen Vorschriften und Massnahmen.

Überwachung und für den Betrieb notwendige Messungen müssen ohne besondere Vorbereitung und ohne Verschmutzung des Trinkwassers durchgeführt werden können.

#### Begriffsbestimmungen und Übersicht:

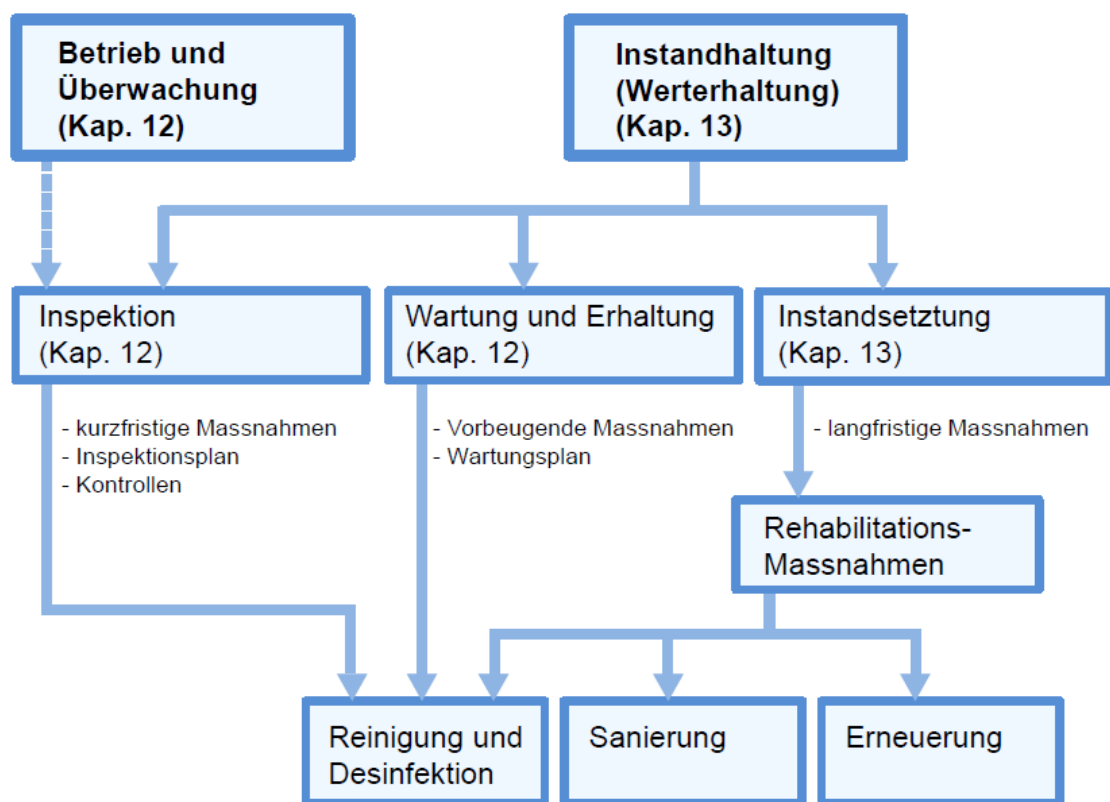


Abbildung 6 Schematische Darstellung der Bereiche Betrieb und Instandhaltung

Mit dem Oberbegriff Instandhaltung sind Massnahmen zur Wartung, Inspektion und Instandsetzung verbunden. Die Reihenfolge der Massnahmen entspricht der betrieblichen, zeitlichen und fachlichen Betreuung der Reservoirs. Erst bei Feststellen von Mängeln oder Schäden kommen Instandsetzungsmassnahmen in Betracht. In Kapitel 12 werden die Massnahmen «Inspektion», «Wartung» und «Reinigung» beschrieben. Alle weiteren Aspekte der Instandhaltung finden sich in Kapitel 13.

- **Inspektion**

Beurteilen des Ist-Zustandes, Prüfung und Überwachung des Reservoirs zur Kontrolle seiner ordnungsgemässen Funktionsfähigkeit. Im Inspektionsplan werden Angaben über Ort, Zeit, Methode, Gerät und Massnahmen geplant.

- **Wartung oder Erhaltung**  
Vorbeugende Arbeiten, welche die ordnungsgemässe Funktionsfähigkeit erhalten; hierzu gehören die Erstellung eines Wartungsplanes, die Vorbereitung zur Durchführung, Umsetzung und die Rückmeldung.
- **Reinigung und Desinfektion**  
Entfernen von Bewuchs, Belägen und Ablagerungen in den Trinkwasserbehältern.

## 12.2 Allgemeine Hinweise

### 12.2.1 Hygiene

Inspektions-, Reinigungs- und Wartungsarbeiten dürfen die Trinkwasserqualität nicht beeinträchtigen. Die Auswahl von Reinigungsmaterialien, Arbeitsgeräten und Werkzeugen ist so zu treffen, dass keine Verunreinigung und Verkeimung entstehen.

Das Personal muss auf die Gefahren einer möglichen Verunreinigung der Trinkwasserversorgung aufmerksam gemacht werden. Die Schutzkleidung, die in Trinkwasserreservoirs verwendet wird, muss sauber sein, z.B. muss das Personal vor dem Betreten einer Wasserkammer seine Gummistiefel reinigen und desinfizieren.

### 12.2.2 Arbeitssicherheit

Vor dem Betreten einer Wasserkammer muss die Luft auf Sauerstoffgehalt und eventuell vorhandene Gase (CO<sub>2</sub>) untersucht und als sicher bestätigt werden. Eine laufende Überwachung während des Arbeitseinsatzes sollte vorgenommen werden. Vorrichtungen für das Anzeigen und Messen von Gasen sind vor ihrem Gebrauch nach den Anforderungen des Herstellers zu prüfen und zu kalibrieren. Die Wasserkammern müssen entweder auf natürliche Weise oder durch Zwangszirkulation ausreichend belüftet werden. Verbrennungsmotoren dürfen nicht in einem Trinkwasserreservoir oder in naher Umgebung einer Lüftungsöffnung betrieben werden.

Die massgebenden Fernbedienungs- und Kontrollsysteme, Pumpen und Absperrorgane müssen gesichert und gesperrt sein, um einen nicht vorgesehenen Wasserzufluss zu verhindern. Für den Fall einer Noträumung sollte bei einem vertikalen Zugang eine Mannlochwinde aufgestellt sein.

Beim Gebrauch von mobilen elektrischen Ausrüstungen innerhalb der Wasserkammern muss diese mit einem Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter) abgesichert sein. Alle Unternehmen in der Schweiz sind verpflichtet, die Arbeitssicherheit und den Gesundheitsschutz zu gewährleisten. Die von der Eidgenössischen Koordinationskommission für Arbeitssicherheit (EKAS) erlassene Richtlinie umschreibt die Pflichten der Unternehmen. Der Betreiber ist für die Sicherheit und Gesundheit seines Personals verantwortlich. Mit der Anwendung der SVGW-Branchenlösung: Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Gas- und Wasserversorgungen, können die Versorgungsunternehmen die Anforderungen der EKAS-Richtlinie auf einfache Weise erfüllen.

Für die sichere Durchführung von Inspektions- und Wartungsarbeiten sind folgend Publikationen der SUVA zu beachten:

- SUVA Merkblatt 44062 - Sicheres Einsteigen und Arbeiten in Schächten, Gruben und Kanälen
- SUVA Merkblatt Checkliste 67023 Allein arbeitende Personen

Die Reinigung der Wasserbehälter erfolgt im Normalfall mit Wasser ohne chemische Zusätze. Werden für andere Arbeiten Reinigungsmittel notwendig, so sind diese zum jeweiligen Arbeitseinsatz mitzubringen. Eine Lagerung von Reinigungsmitteln oder sonstigen gefährlichen Stoffen im Reservoir, wird nicht empfohlen.

## 12.3 Kontrollen

Mit regelmässigen und frühzeitigen Kontrollen und Inspektionen kann verhindert werden, dass Einwirkungen aus dem Speicherbetrieb und der Verlust betriebsnotwendiger Materialeigenschaften an Bauwerk und Anlagentechnik die Versorgungssicherheit und die Trinkwasserqualität beeinträchtigen. Die regelmässige Wartung ist deshalb von grosser Bedeutung.

Für Reservoirs wird eine vorbeugende und zustandsorientierte Instandhaltung empfohlen. Diese Strategie berücksichtigt den momentanen Zustand und die vorhersehbare Entwicklung von Bau- und Anlagenteilen. Damit wird der langfristige Bestand bei einem wirtschaftlichen Einsatz der Mittel gesichert. Grundlage bildet ein Wartungs- und Inspektionsplan, in welchem alle erforderlichen Arbeiten festgelegt sind.

Nach der ersten Inbetriebnahme und nach längeren Betriebsunterbrüchen sind Inspektionen durchzuführen. Ein Beispiel für einen Wartungs- und Inspektionsplan mit einem Richtwert für das Inspektionsintervall kann Anhang 5 entnommen werden.

### 12.3.1 Inspektion während dem Betrieb

Die Inspektionen bei in Betrieb stehenden, gefüllten Wasserkammern beschränken sich auf einfache Sichtkontrollen, welche in der Regel mindestens einmal monatlich durchgeführt werden sollten. Kontakte mit dem Trinkwasser müssen aus hygienischen Gründen auf ein Mindestmass reduziert werden. Besteht bei gefüllten Wasserkammern die Möglichkeit einer Sichtkontrolle, prüft man das Vorhandensein von Ablagerungen auf dem Boden, Schwimmschichten auf der Wasseroberfläche, Trübungen und Verfärbungen. Sind die Anlagen mit Geräten für Wasserqualitätskontrollen eingerichtet, können diese in die Kontrolle einbezogen werden. Es können auch Wasserproben für chemische und bakteriologische Untersuchungen entnommen werden.

Auch Armaturen, Be- und Entlüftungseinrichtungen, Überläufe, Drainagen, Türen, Fenster, Alarm-, Mess-, Steuer- und Übertragungsanlagen sind regelmässigen Kontrollen zu unterziehen. Weitere Kontrollmassnahmen für Nebenanlagen wie Pumpwerke, Dosiergeräte etc. sind in entsprechenden Betriebsanweisungen und Checklisten zu regeln. So können beispielsweise kontinuierliche Beobachtungen bzw. Messungen des Sickerwassers (Drainage) gute Hinweise über die Wasserverluste des Bauwerkes geben.

### 12.3.2 Inspektion bei Ausserbetriebnahme

Eine eingehende Inspektion bei entleerten Trinkwasserreservoirs soll jährlich mindestens einmal vorgenommen werden. Die Entleerung und Ausserbetriebnahme von Wasserkammern, insbesondere der Löschreserve ist im Einvernehmen mit der zuständigen Feuerwehr vorzunehmen. Mit Rücksicht auf die Versorgungssicherheit und um genügend Zeit für allfällige Instandsetzungen zu haben, sind diese Kontrollen in Perioden mit geringem Wasserverbrauch durchzuführen.

Folgende Punkte sollten bei der ausserbetrieb genommenen Wasserkammer kontrolliert werden:

- Hygienischer Zustand der Wasserkammer im Hinblick auf Geruchs-, Belags- und Bewuchsbildung auf Decken-, Wand-, Boden, und Fugenflächen sowie auf anorganische und organische Ablagerungen. Bei Anzeichen von Unregelmässigkeiten sind durch eine Fachperson entsprechende Proben zu

entnehmen. Biofilme und aufgeweichte verfärbte Stellen sollten mikroskopisch nach Bakteriologischer Besiedlung getestet werden, um das Reinigungsverfahren und eine allfällig nötige Desinfektion festzulegen.

- Allgemeiner Zustand von Wänden, Boden, Decke, Stützen usw. bezüglich Bauschäden und Mängeln, wie z.B. Löcher, Risse, Ablösungen, Materialabtrag, farbliche Veränderungen, Korrosionserscheinungen, Undichtheiten usw.

In der Regel sind kleine Instandsetzungsarbeiten wie z.B. das Ausbessern von Rissen, Löchern und Verputzschäden, das Dichten von Fugen, Drainagespülungen sowie die Erneuerung des Korrosionsschutzes anschliessend an die Kontrollarbeiten sofort auszuführen. Grössere Arbeiten sind im Zusammenhang mit der nächstfolgenden Ausserbetriebnahme oder als separate Revision zu planen und auszuführen.

Ein Beispiel für einen detaillierten Wartungs- und Inspektionsplan kann Anhang 5 entnommen werden.

## **12.4 Typische Verunreinigungen und Auffälligkeiten**

### **12.4.1 Mineralische An- und Ablagerungen**

Kies und Sand können bei Rohrverengungen oder Instandsetzungen am Rohrnetz in die Behälter gelangen und sich im Einlaufbereich der Wasserkammern ablagern. Sie lassen sich durch Schrubberreinigung leicht entfernen, dürfen jedoch nicht in die Entleerungsleitung gespült werden. Sand kommt vorwiegend aus Quellen und Brunnen. Bei betonaggressivem Wasser kann er auch aus zementgebundenen Baustoffen im Rohrnetz und Behälter gelöst sein. Abgelagerter Sand lässt sich in der Regel mit Schrubber und Spülstrahl entfernen. Lehmiger Sand kann den Einsatz eines Hochdruckgerätes erforderlich machen. Bindige Stoffe stammen aus Quellen und Brunnen. Je nach Haftfähigkeit und Zähigkeit der Ablagerungen werden Schrubber oder Hochdruckgerät eingesetzt. Die genannten Stoffe lassen sich ohne Verwendung chemischer Reinigungsmittel entfernen.

### **12.4.2 Eisen- und Manganausscheidungen**

Eisen und Mangan können in sauerstoffarmem Wasser gelöst sein. Wird dieses Wasser belüftet oder mit sauerstoffreichem Wasser gemischt, fallen Eisenoxide und Mangandioxid aus. Auch in ausreichend belüftetem Wasser sind noch geringste Mengen Eisen und Mangan enthalten, die im Dauerbetrieb zu entsprechenden Ablagerungen im Behälter führen und die benetzten Flächen dunkel färben. Braune bis schwarze schleimige Beläge deuten auf die Besiedelung mit Eisen- und Manganbakterien hin. Sie lassen sich mechanisch entfernen. Schwierig zu entfernen sind gehärtete Krusten im Bereich der Wasserwechselzone an den Wänden und Stützen. Darüber hinaus können sich Eisen und Mangan als festhaftende oxidische Ablagerungen darstellen. Sollen diese entfernt werden, können chemische Reinigungsmittel nützlich sein.

### **12.4.3 Calciumcarbonat-Ausfall**

Calciumcarbonat kann ausfallen, wenn Wasser beim Einlauf in Behälter- oder Mischkammern so viel CO<sub>2</sub> verliert, dass der pH-Wert der Calcitsättigung überschritten wird. Auch hinter Düsen, Drosselblenden u.Ä. kann Calciumcarbonat ausfallen. In neuen Behältern mit geringer Wasserzirkulation kann sich Calcit wegen der hohen Wandalkalität an den Wand- und Bodenflächen anlagern. In Behälterkammern, die hinter Aufbereitungsanlagen zur Entsäuerung bzw. Ent- oder Aufhärtung angeordnet sind, kann es aus den verschiedensten Ursachen zu Calciumcarbonat-Ausfall und -Abscheidung kommen. Hier sollte den Ursachen nachgegangen werden. Calcithaltige Partikel können auch aus Betriebsstörungen vorgeschalteter Aufbereitungsanlagen stammen.

#### 12.4.4 Organische Beläge

Unter besonderen Bedingungen können auch organische Beläge entstehen.

In der Regel sind organische schmierige, schleimige Beläge ein Zeichen mikrobiologischen Bewuchses. Dieser besteht meist aus Bakterien- oder Pilzkolonien, deren Schleim Wasser und Nährstoffe speichert (Zuckerarten und Eiweissstoffe). In diesem für sie günstigen Milieu können sich dann ebenfalls höhere Organismen ansiedeln und vermehren. Bei Lichteinfall kann es auch zu Algenentwicklung kommen. Sie zeigt sich häufig als Grün-, seltener als Braun- oder Rotfärbung der Oberflächen.

Mikrobieller Bewuchs kann u.a. in Poren, auf Anstrichen, Auskleidungsfolien und Fugematerialien entstehen, ebenso auf Beton, Putz, Fliesenklebern mit organischen Zusatzmitteln. Diese Materialien enthalten Lösungsmittel, Weichmacher und ähnliche Zusätze. Diese Substanzen können freigesetzt und von den Mikroorganismen als Nährsubstrat verwertet werden. Da dieser Bewuchs die Beschaffenheit des Trinkwassers beeinträchtigen oder den Werkstoff angreifen kann, ist er als Mangel oder Schaden zu bewerten.

Ursachen für die organischen Beläge sind:

- Fehler bei der Verarbeitung, z.B. Verwendung ungeeigneter Werkstoffe mit organischen Verbindungen, Nichtbeachtung der Verarbeitungshinweise,
- Betriebs- und Umweltbedingungen, z.B. direkter Einfall von Tageslicht, mangelhafte Be- und Entlüftungsanlage.

Solche Beläge können meist mechanisch entfernt werden. Der zusätzliche Einsatz von Desinfektionsmitteln kann in gewissen Fällen den Erfolg langfristig sichern. Es ist aber zu beachten, dass, solange die Nährstoffzufuhr aus der Unterlage weiterbesteht, das Risiko einer erneuerten Besiedlung bestehen bleibt.

#### 12.4.5 Fleckenbildung

Braune Flecken in Trinkwasserkammern mit mineralischen Beschichtungen kann durch eine Art Korrosion (galvanische Korrosion in einem anorganischen nichtmetallischen Werkstoff), die vergleichbar ist mit der Lochkorrosion bei passiven Werkstoffen, hervorgerufen werden. Durch das frühzeitige Erkennen und angepasste Massnahmen wie dem Einbau einer kathodischen Schutzanlage kann das Fleckenwachstum und die weitere Zerstörung der Beschichtung bzw. der darunterliegenden Bewehrung gestoppt werden (siehe Anhang 8).

### 12.5 Reinigung und Desinfektion

Eine Reinigung und Desinfektion sind in folgenden Fällen zwingend durchzuführen:

- vor der ersten Inbetriebnahme
- nach Wartungs-, Instandsetzungs- oder Rehabilitationsarbeiten
- bei Wiederinbetriebnahme nach längeren Betriebsunterbrüchen.

Periodisch, in der Regel einmal jährlich (mindestens aber alle zwei Jahre), ist eine Reinigung durchzuführen.

Reinigung und Desinfektion können bei unsachgemässer Durchführung das Personal gefährden und Beeinträchtigungen am Bauwerk (Korrosion und mechanische Beschädigung), an der Trinkwasserqualität sowie an der Umwelt bewirken.

In der Ergänzung 3 wird sind detaillierte Angaben zur Reinigung und Desinfektion von Reservoirs zu finden.

### **12.5.1 Reinigungsmethode**

Um die Reinigung durchzuführen, genügen in der Regel Druckwasser und die entsprechenden mechanischen Reinigungsgeräte. Chemische Reinigungsmittel sind nur in Ausnahmefällen anzuwenden, da diese häufig die zementgebundenen Oberflächen angreifen. Mit der Reinigung soll möglichst schnell nach der Entleerung begonnen werden, da ein Austrocknen von Rückständen deren Beseitigung wesentlich erschwert.

Für die Reinigung kommen in Frage:

- Reinigung mit Wasser bei max. 10 bar Rohrnetzdruck
- mechanische Reinigung mit Hilfe von Bürsten
- wo absolut notwendig, Einsatz von chemischen Reinigungsmitteln (siehe Ergänzung 3)

### **12.5.2 Desinfektion**

Wenn mit den Reinigungsverfahren keine einwandfreie mikrobiologische Wasserbeschaffenheit erzielt werden kann, sind die Reservoir Kammern zu desinfizieren. Die Desinfektion zielt darauf ab, potenziell schädliche Mikroorganismen wie Bakterien, Viren oder Pilze abzutöten oder zu inaktivieren.

Die Art und Konzentration des Desinfektionsmittels bestimmen die Einwirkzeit und die Entsorgung der desinfektionsmittelhaltigen Wässer. Insbesondere sind auch die Gefährdungspotentiale für Mensch und Umwelt zu beachten.

Der Umgang mit den Desinfektionsmitteln erfordert ausgebildetes Personal, welches vertraut ist mit den erforderlichen Sicherheitsmassnahmen und deren Umsetzung.

Details zur Desinfektion von Wasserkammern sind in der Ergänzung 3 zu finden.

### **12.5.3 Abwasserbeseitigung**

Bei der Beseitigung von Abwässern, die Desinfektions- oder Reinigungsmittel enthalten, muss darauf geachtet werden, dass bei der Ableitung keine Umweltschäden entstehen (detailliertere Angaben finden sich in der Ergänzung 3).

## **12.6 Wiederinbetriebnahme**

Vor der Wiederinbetriebnahme des Behälters sind die Wasserkammern nach der Reinigung und Desinfektion wird eine mikrobiologische Freigabe empfohlen (detailliertere Angaben finden sich in der Ergänzung 3).

## **12.7 Bewirtschaftung**

Der Reservoirinhalt muss während des Betriebes genügend häufig erneuert werden (Richtwert 2 bis 3 Tage), damit eine Erhöhung der Keimzahl vermieden wird. Nötigenfalls ist der Behälter mit herabgesetztem Wasserspiegel zu betreiben.



Mit einer vorausschauenden Disposition kann die Bewirtschaftung der Reservoirs energetisch und aus betrieblicher Sicht optimiert werden. Wichtige Kriterien für die Disposition sind:

- Zu erwartender Zonenverbrauch,
- wie Wochenende, Ferienzeit, Feiertage, Jahreszeiten
- Sondersituationen,
- wie Werkabstellungen und Ausserbetriebnahmen, resp. Einschränkungen in der Verteilung, angekündigte Mehrbezüge von Partnergemeinden
- Wirtschaftliche Aspekte,
- wie die Nutzung von Hoch- und Niedertarif, die Vermeidung grosser Leistungsspitzen und effizienter Pumpenbetrieb
- Vorgaben der Trinkwasserqualitätskontrolle

Der Klimawandel erhöht fortlaufend den Nutzungsdruck auf die knappe Ressource Wasser. Auch in Zukunft ist mit einem erhöhten Trinkwasserbedarf während Hitze- und Trockenperioden zu rechnen. Bei der Reservoirbewirtschaftung kann dem Umstand beispielsweise mit einem erhöhten Minimalpegel in Abhängigkeit der prognostizierten mittleren Temperatur Rechnung getragen werden.

Eine Überbrückung längerer Zeiträume (beispielsweise längere Trockenperioden) ist mit der Reservoirbewirtschaftung jedoch nicht möglich.

## 13 Instandhaltung (Werterhaltung)

### 13.1 Begriffsbestimmungen und Übersicht

Trinkwasserreservoirs sind so zu betreiben, zu überwachen und instand zu halten, dass das Trinkwasser jederzeit den Qualitätsanforderungen entspricht und ein möglichst störungsfreier Betrieb sichergestellt ist.

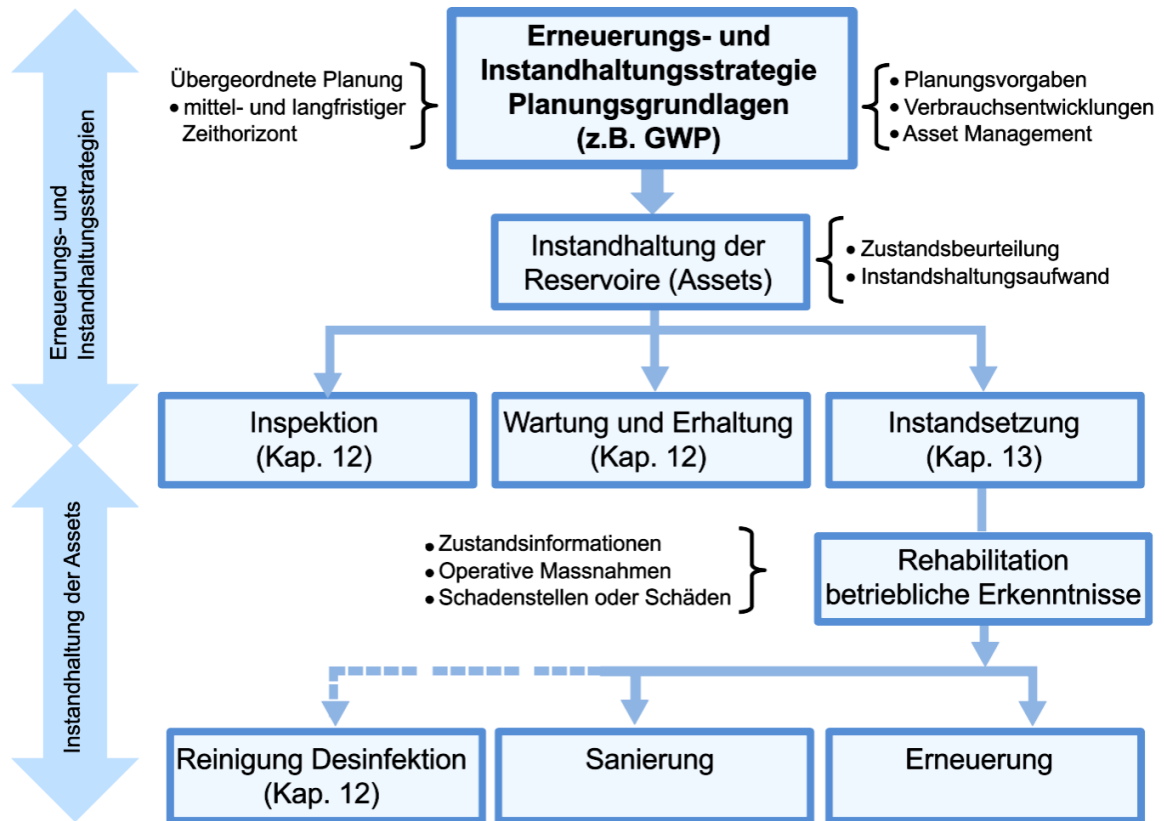


Abbildung 7 Grundelemente der Instandhaltungsstrategie und Instandsetzung

Mit dem Oberbegriff Instandhaltung sind Massnahmen, wie die Inspektion, Wartung und Erhaltung und die Instandsetzung verbunden.

Die Instandsetzung (Reparatur) umfasst Massnahmen zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes. Aus den Ergebnissen der vorangegangenen Inspektionen wird ein Rehabilitationskonzept ausgearbeitet und Erneuerungsmassnahmen können definiert werden.

Eine Sanierung geht über die Aufgaben der Instandsetzung hinaus und kann erhebliche Eingriffe in die Kernsubstanz eines Bauwerks beinhalten.

Die gesamtheitliche Erneuerung umfasst Neu- und Ausbauten von Bauwerken und Anlagenteilen.

### 13.2 Grundsätzliches

Bei der Instandhaltung von bestehenden Reservoirs ist die vorliegende Richtlinie massgebend. Anpassungen der Bauwerke an die Richtlinien sind so weit vorzunehmen, als dies dem Planer und dem Betreiber wirtschaftlich vertretbar erscheint.

Bei einer Gesamterneuerung hingegen sollten Verbesserungen, die zur Sicherstellung der Qualität erforderlich sind und keinen unverhältnismässig grossen finanziellen Aufwand bedeuten, unbedingt ausgeführt werden.

Bei der Planung und Ausführung von Instandhaltungsmassnahmen müssen insbesondere folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Zustandsanalyse und Ursachenermittlung (gem. Anhang 6)
- Umfassende Kenntnisse über den Inhalt relevanter technischer Regelwerke
- Materialien, die im Kontakt mit Trinkwasser keine hygienischen und mikrobiologischen Verunreinigungen hervorrufen können
- Einhaltung von Hygienevorschriften während der Arbeiten im Reservoir und bei Ausser- und Inbetriebnahme
- Einhaltung von Arbeitsschutzmassnahmen
- Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsgrundsätze (KBOB Kreislaufwirtschaft)

### 13.3 Instandhaltungszyklus

Die wirtschaftliche oder optimale Nutzungsdauer ergibt sich mit dem Zeitpunkt, bei dem die einmaligen Investitionsausgaben und die laufenden Instandhaltungskosten über die Nutzungszeit ein Minimum erreichen. Die Berechnung dieser optimalen Nutzungsdauer setzt damit die Kenntnis des Wiederbeschaffungspreises des Reservoirs, der zu erwartenden Schadensfunktion und -rate und der Reparaturkosten voraus.

Durch die Instandhaltung kann ein Reservoir wieder in den Sollzustand zurückgeführt werden (Position A). Wenn neue Technologien mit einer verlängerten oder optimierten Nutzungsdauer verwendet werden (Verbesserung bzw. Erneuerung), kann der Nutzungsvorrat für diesen Anlagenteil auch über 100 % erhöht werden (Position B).

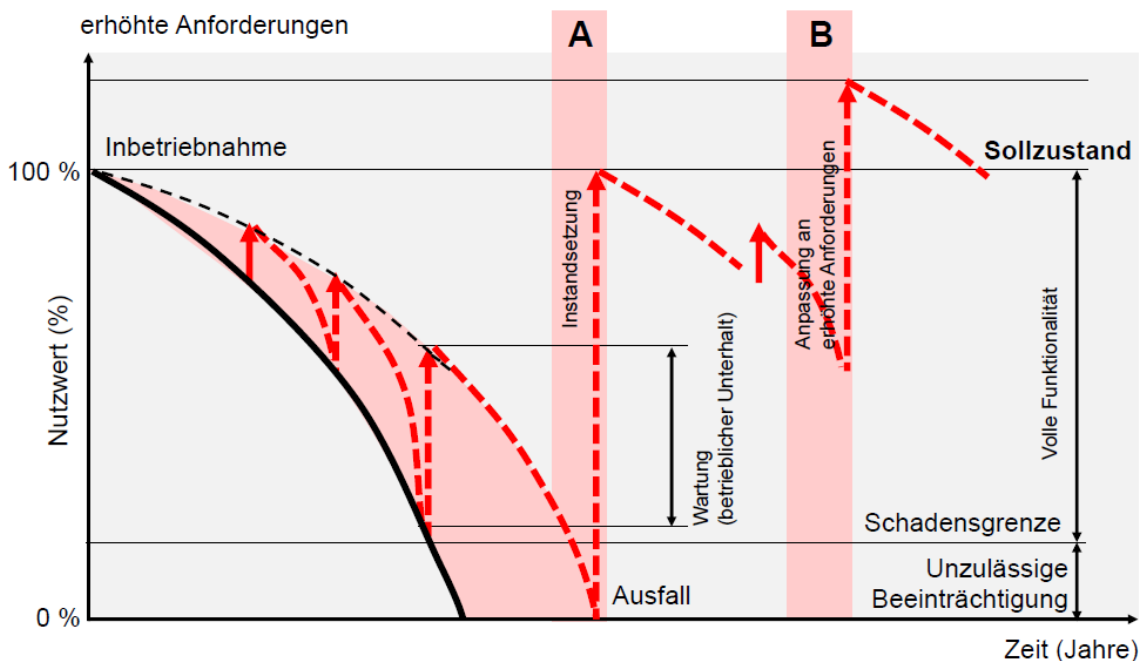


Abbildung 8 Entwicklung des Nutzungsvorrats über die Zeit unter Einbezug der Massnahmen zur Instandhaltung. A und B sind jeweilige Betrachtungszeitpunkte

## 13.4 Ablauf der Instandsetzung

Der Ablauf richtet sich nach den Projektphasen dieser Richtlinie. Nach einer allgemeinen Beurteilung (Kapitel 7.1) und Substanzbewertung (Kapitel 13.4.3) der bestehenden Anlage wird der Bearbeitungszyklus mit der Phase «strategische Planung» (Kapitel 6) neu gestartet. Zusammenfassend wird folgendes Vorgehen vorgeschlagen:

1. Überprüfung der Konzeption der Wasserversorgungsanlage: Liegt eine generelle Wasserversorgungsplanung (GWP) vor und ist diese genügend aktuell?
2. Gründliche Inspektion der Wasserkammern im entleerten und gereinigten Zustand (je nach Problematik erfolgt die Inspektion im ungereinigten Zustand).
3. Erstellen einer vollständigen Substanzbewertung mit Mängelliste (inkl. Fotodokumentation) der einzelnen Objekte (gemäss Anhang 6)
4. Ursachenermittlung gemäss Kapitel 13.4.4 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** für Mängel, welche nicht mit dem Alter des entsprechenden Elements begründet werden können.
5. Festlegung des Umfanges der auszuführenden Arbeiten an einzelnen Objekten und deren Dringlichkeit.
  - Kostenschätzung der Arbeiten.
  - Erstellen eines Rahmenprogrammes für die Instandsetzungsarbeiten (Prioritäten) als Grundlage für das Investitionsprogramm der Wasserversorgung.
  - Projekte und Kreditgenehmigungen der vorgesehenen Arbeiten. Dabei muss darauf geachtet werden, dass der Zeitraum zwischen Projektierung und Ausführung möglichst kurz sein sollte.
  - Ausschreibung und Vergabe der vorgesehenen Arbeiten an auf dem Gebiet spezialisierte Unternehmen.
  - Ausführung der Arbeiten, unter Berücksichtigung der Erfordernisse eines jederzeit gesicherten Betriebes der Wasserversorgung.
  - Nachführen, eventuell Neuerstellen, einer kompletten Dokumentation über die erneuerten Bauwerke gemäss Kapitel 15.

### 13.4.1 Prüfung Konzeption Wasserversorgung

Es ist abzuklären, ob eine generelle Wasserversorgungsplanung (GWP) vorliegt und diese auf einem aktuellen Stand ist. Falls nicht, ist eine entsprechende Planung auszuarbeiten respektive die bestehende Planung zu aktualisieren. Dabei ist heutige und zukünftig erforderliche Disposition der Reservoirs festzulegen.

### 13.4.2 Inspektion Reservoir

Basis für die Instandsetzung eines Reservoirs ist eine umfassende Beurteilung des Bestands gemäss Kapitel 7.1..

### 13.4.3 Substanzbewertung

Die Substanzbewertung erfolgt detailliert über alle Anlageteile und berücksichtigt neben Zustand und Funktion die Nutzungsdauer der verschiedenen Elemente gemäss Abbildung 9.

Folgende Aspekte werden gemäss Anhang 6 bewertet:

- Gelände und Aussenanlagen
- Erschliessung und Zugang Bauwerk

- Bauphysik und Konstruktion Bauwerk
- Technische Ausrüstung

Bauteil		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Jahre
Tragkonstruktion		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Beschichtung Kammern		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Stahl	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Verrohrung	Chromstahl	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Armaturen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Schlosserarbeiten, Türen Podeste		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Elektrische Installationen		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Pumpen, UV-Anlagen		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Steuerung		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Abbildung 9 Typische Nutzungsdauer von Elementen des Trinkwasserreservoirs (Jäckli)

#### 13.4.4 Zustandsanalyse und Ursachenermittlung

Eine detaillierte Auflistung häufig auftretender Unregelmässigkeiten mit möglichen Massnahmen zu deren Behebung findet sich in Anhang 6 Zustandsanalyse.

Für Mängel, welche im Widerspruch zur Betriebsdauer des entsprechenden Elements stehen, ist eine detaillierte Ursachenermittlung erforderlich. Solange die Ursache nicht behoben wird, ist auch nach der Instandsetzung mit einer erneuten Schädigung zu rechnen.

#### 13.4.5 Sanierungsmassnahmen

Mit an die Situation angepassten Sanierungsmassnahmen soll ein Zustand erreicht werden, der den Anforderungen aus dieser Richtlinie entspricht. Hilfestellung zur Ermittlung und Bewertung möglicher Mängel in Trinkwasserreservoirs finden sich in Anhang 5.

Bei Instandsetzungen zur Behebung einer ungenügenden Wasserdichtheit, bzw. Oberflächenbeschaffenheit oder Überdeckung der Armierung erfolgt häufig eine Beschichtung oder Auskleidung der Wasserkammern.

Soll ein Beschichtungssystem zur Instandsetzung verwendet werden, wird empfohlen eine rein mineralische Zementbeschichtung einzusetzen. Mit einem solchen Beschichtungssystem lässt sich eine gute Haftung auf dem Betonuntergrund erreichen, zudem weisen sie vorteilhafte hygienische Eigenschaften auf (keine Förderung des mikrobiellen Wachstums, da keine organischen Anteile).

Bei der Auskleidung von Wasserkammern bieten sich folgende Systeme an:

- Kunststofffolien
- Kunststoffplatten
- Platten aus nichtrostendem Stahl

Auskleidungen der Wasserkammern mit Keramik (Fliesen) oder Glas wird aus technischen und hygienischen Gründen nicht empfohlen, da das eingesetzte Material bei den Fugen zu mikrobiologischem Wachstum und damit zu einer Beeinträchtigung der Wasserqualität führen kann.

Kunststoffbeschichtungen können der Depolymerisation sowie osmotischen Phänomenen unterworfen sein, die zu Blasenbildung und Ablösungen führen. Zudem begünstigen viele dieser Beschichtungen unerwünschten biologischen Bewuchs. Entsprechend wird vom Einsatz von Kunststoffbeschichtungen in Wasserkammern dringend abgeraten.

## **13.5 Beschichtung bzw. Auskleidung von Reservoirkammern**

### **13.5.1 Zustandsanalyse und Materialwahl**

Im Falle einer Instandsetzung der Wasserkammer muss vorgängig ein Expertengutachten über den Zustand des Bauwerkes durchgeführt werden. Das Gutachten sollte den Zustand der Wasserkammer detailliert bewerten und mögliche strukturelle Probleme identifizieren. Es sollte auch Informationen über die Art und das Ausmass der erforderlichen Sanierungsmassnahmen enthalten, einschliesslich der Vorbereitung der Oberflächen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt des Gutachtens ist die Materialwahl und -verarbeitung. Hier sollten verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, wie z.B. die Betriebs- bzw. Umgebungsbedingungen (z.B. Wasserqualität, Temperatur, chemische Einflüsse) und die erwartete Belastung. Basierend auf diesen Informationen kann ein geeignetes Material ausgewählt werden, das den Anforderungen an Widerstandsfähigkeit, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Haltbarkeit entspricht.

Es ist empfehlenswert Referenzen zu verlangen und Bauwerke vergleichbarer Grösse zu besichtigen, bei welchen das betreffende Material schon seit längerem in Betrieb ist. Dabei sind die Betreiber auch nach ihren Erfahrungen zu Unterhalt, allfällig entstandenen Problemen, deren Ursachen und Behebung zu befragen.

### **13.5.2 Vorbereitung der Kammeroberflächen**

Bei der Instandsetzung ist der fachgerechten Untergrundvorbereitung (Wasser- oder Sandstrahlen, Reparaturen) spezielle Beachtung zu schenken. Eventuell vorhandene alte Beschichtungen müssen vollständig beseitigt werden. Die vorbereiteten Oberflächen dürfen keine lockeren Bestandteile mehr aufweisen. Sie müssen Abreissprüfungen erfüllen und eine genügende Rauheit aufweisen. Auf die Sauberkeit der zu beschichtenden Oberflächen ist ebenfalls zu achten. Bei Materialien, die einen feuchten Untergrund benötigen, wird man die Schlussreinigung unmittelbar vor dem Verarbeiten mittels eines Hochdruckreinigers vornehmen. Es ist aber darauf zu achten, dass der Untergrund zwar feucht, aber nicht zu nass ist. Bei Materialien, die einen trockenen Untergrund verlangen, muss der Untergrund speziell von eventuellen Verschmutzungen der Baustelle geschützt werden. Der Zustand des Untergrundes muss vor dem Beginn der Beschichtungsarbeiten überprüft werden.

### **13.5.3 Zementgebundene Beschichtung**

Es handelt sich hier um verschiedene Beschichtungen - rein mineralischer Zusammensetzung oder mit Kunststoffzusätzen -, wobei das Bindemittel ein hydraulischer Zement ist.

Während des Anbringens muss der zu beschichtende Beton genügend feucht sein damit er dem frischen Mörtel keine Feuchtigkeit entziehen kann. Die Anmachwassermenge, die

durch Versuche bestimmt oder vom Lieferanten angegeben wurde, darf nicht erhöht werden: da zu viel Wasser zu einer unerwünschten Porosität führt. Auch muss ein Austrocknen der frischen Beschichtung nach dem Anbringen vermieden werden. Nur wenn ausreichende Luftfeuchtigkeit und kein Luftzug im Behälter durch Messungen erwiesen sind kann auf weitere Nachbehandlungsmassnahmen (Schutz und Befeuchtung, keine Hilfsmittel) verzichtet werden. Es wird in Erinnerung gerufen, dass die Qualität und die Dauerhaftigkeit der Oberflächen von zementgebundenen Materialien grösstenteils von einer sachgemässen Nachbehandlung abhängen.

Das Anbringen einer Haftschrift (organische Kleber) zwischen Betonmauer und Zementmörtel ist beim Auftragen mineralischer Beschichtungen überflüssig und soll unbedingt vermieden werden. Sie ersetzt weder die fachgerechte Oberflächenvorbehandlung noch eine gründliche Reinigung und hat sich oft als Ursache von Problemen erwiesen.

Bei allen Materialien muss das Auftragen gemäss den Regeln der Technik erfolgen. Bei mineralischen Materialien auf hydraulischer Basis müssen dieselben Regeln wie bei Betonarbeiten beachtet werden. Die vom Hersteller vorgeschriebene Verarbeitungsanweisung muss peinlich genau befolgt werden. Im Anhang 7 wird auf häufig auftretende Schäden an Reservoirbeschichtungen weiter eingegangen.

### **Mörtel im Trockenstromverfahren aufgespritzt**

(Zusammensetzung: Zement, Sand, Wasser, beigemischte Zusatzstoffe, z.B. Mikrosilikat)  
Dieses Verfahren erlaubt Mörtel ohne Zusatzmittel anzubringen, dies bei W/Z-Faktoren von weniger als 0,5. In einem Arbeitsgang gespritzt, sind diese Mörtel hoch verdichtet und haben ausgezeichnete Eigenschaften, wenn sie durch eine Fachperson eingebracht werden. Die Abprallmengen sind gross, sollten aber 25% nicht überschreiten. Ein zu spätes Glätten kann die Oberfläche beeinträchtigen. Alle Spritztechniken bedingen eine leistungsfähige Lüftung der Baustelle.

### **Mörtel im verdünnten Nassstromverfahren aufgespritzt**

(Zusammensetzung: Zement, Sand, Wasser, beigemischte Zusatzstoffe z.B. Mikrosilikat)  
Dieses Verfahren erlaubt Mörtel ohne Zusatzmittel anzubringen, dies bei einem vorbestimmten W/Z-Faktor von 0,5. Der Spritzdruck ist kleiner als beim Trockenspritzverfahren, und die Verdichtung ist entsprechend geringer. Auch hier hängt die Qualität des Endproduktes vom Fachwissen ab.

### **Zementputze**

(Zusammensetzung: Zement, Sand und Wasser)  
Wo handwerkliche Erfahrung noch existiert, können von Hand aufgetragene, mehrschichtige Zementputze ausgeführt werden. Diese haben sich langfristig oft bewährt. Die Qualität des Endproduktes hängt aber stark vom handwerklichen Können des Personals ab. Die Verdichtung und die Kapillarität solcher Putze sind mittelmässig. Der hohe Zementanteil und die abschliessende Verdichtung durch Reinzementschlämme haben diesem System jedoch eine Bemerkenswerte Langlebigkeit verliehen. Der hauptsächliche Nachteil solcher Zementputze, mineralischer Mörtel und vergüteter Mörtel ist das Vorhandensein von mehreren Schichten.

### **Rein mineralische Beschichtungen**

(Die Zusammensetzung ist nicht immer gänzlich bekannt. Eventuelle mineralische Zusätze müssen den gesundheitlichen und mikrobiologischen Anforderungen genügen.)  
Die Verarbeitungsvorschriften des Lieferanten sind zu beachten. Unternehmen, die mit dem Produkt vertraut sind, sind zu bevorzugen.

## **Vergütete Mörtel mit Kunststoffzusätzen**

(Zusammensetzung: Hydraulisches Bindemittel, Sand, Kunststoffzusätze. Alle Bestandteile müssen den oben erwähnten Anforderungen genügen.)

Gewisse Materialien mit organischen Beimischungen haben sich längerfristig als ungenügend erwiesen, sei es durch vorzeitiges Altern, Ablösungen, Blasenbildung und/oder bakterielles Wachstum, ohne dass es dabei klar ist, ob die Ursache in der Zusammensetzung des Materials oder dem Einbringverfahren zu suchen ist. Sollte man dennoch die Verwendung eines solchen Produkts in Erwägung ziehen, ist es daher wichtig, vor der Materialwahl Referenzen zu verlangen und die Verarbeitung spezialisierten Unternehmen anzuvertrauen, welche, womöglich, durch den Lieferanten ausgebildet sind. Es ist darauf zu achten, dass die Verarbeitungsanweisungen des Lieferanten strikte befolgt werden.

### **13.5.4 Auskleidung**

#### **Kunststofffolien und -platten**

Starre oder lose hängende, zusammengeschweisste Kunststofffolien und -platten können undicht gewordene Behälter ohne vorhergehende Oberflächenaufbereitung abdichten. Bei dieser Auskleidungsart können eventuell auftretende Risse repariert werden, sind aber nicht immer leicht zu orten. Das Leckwasser muss gefasst, abgeführt und dessen Menge kontrolliert werden. Es darf nicht in die Trinkwasserentnahme fließen. Bei der Auswahl der Auskleidung soll auch auf die mechanische Belastbarkeit des Materials geachtet werden.

Diese Materialien müssen den Anforderungen hinsichtlich der Förderung des Wachstums des Mikroorganismus genügen (siehe Ergänzung 1, Kap. 5.2.3). Es ist zu beachten, dass eine solchen Auskleidung keine visuelle Kontrolle des Bauwerkes mehr erlaubt. Es gilt das Risiko im Hinblick auf eventuelle Bauwerksprobleme der Wasserkammer abzuschätzen. Mit dem Einsatz solcher Systeme wird keine Verbesserung der Bauwerkstruktur erreicht, entsprechend muss diese gesund sein und bspw. keine Karbonatisierung aufweisen.

#### **Auskleidungen aus nichtrostendem Stahl**

Auskleidungen aus nichtrostenden Stahlplatten können für die Sanierung bestehender, undichter Behälter, ohne Oberflächenaufbereitung, ebenfalls in Frage kommen (Technik seit 1986 eingesetzt). Es handelt sich um schweiszbare Platten aus nichtrostendem CrNiMo-Stahl, die mindestens 1,5 mm stark sein müssen. Der eingesetzte Stahl muss den Anforderungen des Reglements ZW102/2 gemäss Ergänzung 1 entsprechen.

Auf die Befestigung der Platten und bei den Schweissarbeiten muss besonders geachtet werden. Es muss ein Leckortungssystem vorgesehen werden, und dieselben Vorsichtsmassnahmen wie bei Kunststofffolien oder -platten müssen auch hier getroffen werden. Das Problem der nicht mehr möglichen visuellen Kontrolle des Bauwerkes ist ebenfalls dasselbe.

### **13.5.5 Kontrollen und Garantie**

Probleme, welche durch unsachgemässe Verarbeitung entstehen, können oft nicht mehr beseitigt werden. Eine Überprüfung während der Beschichtungsarbeiten ist unerlässlich. Es wird eine externe Überprüfung durch einen Experten empfohlen.

Im Voraus ist die Qualität des verarbeiteten Materials, sowie die Prüfwerte, welche durch diese Materialien einzuhalten sind, festzulegen. Die Versuche sind zu bestimmen, welche im Verlauf der Arbeiten durchgeführt werden. Haftzugversuche werden für alle Materialien vorgeschrieben. Andere Versuche hängen vom gewählten Material ab. Weitere Vorgaben



zu Beschichtungs- und Auskleidungsmaterialien finden sich in der Ergänzung 1 (Materialien in Kontakt mit Trinkwasser).

Die Abnahmekontrolle muss sehr kritisch durchgeführt werden, da spezifische Materialnormen fehlen. Eventuelle Vorbehalte müssen schriftlich zuhanden aller Beteiligten festgehalten werden.

Die Garantie für Beschichtungen wird gemäss der Norm SIA 118 festgelegt.

### **13.6 Wiederinbetriebnahme**

Vor der Wiederinbetriebnahme des Behälters sind die Wasserkammern, die zur Durchführung der Reparatur- und Instandsetzungsarbeiten ausser Betrieb genommen wurden, nach Kapitel 12.4 dieser Richtlinie zu behandeln.

Vor der Wiederinbetriebnahme des Behälters ist eine mikrobiologische Freigabe notwendig.

## **14 Rückbau**

### **14.1 Ziel und Anforderungen**

Das Konzept für den Rückbau muss von der zuständigen Behörde genehmigt und die ausgeführten Rückbauarbeiten müssen zu Händen der Behörde dokumentiert werden.

Zur Vorbereitung der Rückbaumassnahme müssen die abzubrechenden baulichen und technischen Anlagen bauseits freigeschaltet und vom Netz getrennt werden. Sowohl aus versicherungsrechtlichen als auch aus Gründen der Arbeitssicherheit ist die medienfreie Übergabe an den (Abbruch-) Unternehmer erforderlich. Die Baustelleneinrichtung muss den betrieblichen Anforderungen entsprechen.

Grundsätzlich müssen zur Vorbereitung des Rückbaus / Abbruchs die schadstoffhaltigen, insbesondere die Asbest-, PAK- und PCB-haltigen Bau- und Anlagenteile gemäss den gefährstoffrechtlichen und abfallrechtlichen Anforderungen ausgebaut, repariert und gesondert entsorgt werden. Es gilt hier ein Minimierungsgebot und die Schadstoffe sind in der technisch erforderlichen Notwendigkeit zu entfernen.

Pumpen, Rohrleitungen, Kabel, sonstige Installationen und Ausrüstungsteile müssen entfernt und fachgerecht entsorgt werden. Nicht mehr benötigte Leitungen im Boden müssen nach Möglichkeit rückgebaut werden. Falls dies nicht möglich ist, sind diese idealerweise mit für den Einsatzzweck zugelassenen Materialien zu verfüllen.

Der Aufbau der Deckschichten muss entsprechend den natürlichen Eigenschaften des umgebenden Untergrunds und den statischen Anforderungen mit unverschmutztem Aushubmaterial wiederhergestellt werden.

### **14.2 Ablauf**

Der Ablauf eines ordnungsgemäss durchgeführten Rückbaus gliedert sich im Allgemeinen in:

- Bestandsaufnahme des bestehenden Gebäudes (Erstellung Schadstoffkataster)
- Aufstellung eines Abbruchkonzepts unter Berücksichtigung der Vorgaben aus Bau-, Gefahrstoff und Abfallrecht, insbesondere unter dem Gesichtspunkt, dass das Vorhandensein von schadstoffhaltigen Bauteilen einen erheblichen Einfluss auf den Bauablauf, die Bauzeit und die Kosten hat.
- Selektiver Rückbau mit
  - Entkernung des Gebäudes (Rückführung in den Rohbau) und
  - Abbruch der Rohbaukonstruktion
- Entsorgung der angefallenen Materialien
- Berücksichtigung des Baugrunds/Bodens
- Wiederherstellung des ursprünglichen Bodenaubaus, Bepflanzung

## 15 Dokumentation

### 15.1 Bauwerksdokumentation

Für jedes Reservoir ist nach dem Neubau eine Bauwerksdokumentation zu erstellen. Diese ist in der Betriebsphase bei Bedarf zu aktualisieren resp. zu ergänzen. Typischerweise umfasst die Dokumentation folgende Elemente:

Pläne, Schemas:

- Plan des ausgeführten Werks (PAW) mit Situation, Schnitt und Ansichten
- Rohrleitungs- und Instrumentierungsschema (RI-Schema) mit Dimensionen, Material und Artikel der eingesetzten Rohrleitungen, Armaturen und Messgeräte
- Rohrleitungspläne
- Elektropläne
- Schalungs- und Armierungspläne mit Eisenlisten

Technische Unterlagen:

- Datenblatt Reservoir mit einer Zusammenfassung der wichtigsten technischen Angaben: Bezeichnung der Anlage, Gesamt- / Nutzvolumen, Höhenlage (Sohle, Entnahme, Zulauf, Überlauf), Baujahr, Materialien der wasserberührten Flächen
- Nutzungsvereinbarung oder Pflichtenheft mit der vereinbarten Nutzungsdauer, den angesetzten Lastfällen und Belastungsbeschränkungen, dem Abdichtungskonzept und dem Betriebs- und Bewirtschaftungskonzept
- Hydraulischer Nachweis für Reservoiranschluss-, Überlauf- und Entleerungsleitungen
- Nachweis Druckstosssicherung
- Statischer Nachweis Tragwerk inkl. Nachweis der Erdbebensicherheit
- Statischer Nachweis Rohrleitungsbau (Leitungen in Reservoir und Bedienungshaus)
- Statischer Nachweis Werkleitungsbau (erdverlegte Anschlussleitungen)
- Sicherheitskonzept mit Angaben zu Brandschutz, Fluchtwegen, Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit (Böden, Stahlbau, Lüftung, 1. Hilfe)
- Materialnachweise und Zertifikate bzw. Prüfbescheinigungen
- Unterlagen zur Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (EMSR-Unterlagen)

Abnahmen, Dokumentation Bauausführung

- Vermessungsunterlagen
- Abnahme- und Prüfprotokolle (Dichtheitsprüfung, Materialprüfungen, Bewehrungsabnahmen, Protokoll der Schlussabnahme inkl. Garantiedauer)
- Analyseberichte im Rahmen der Qualitätssicherung
- Hygienische Freigabebescheinigung
- Fotodokumentation Baustelle mit Abbildungen zu den wichtigsten Bauetappen
- Vorspannelemente sind vor Ort zu markieren (Schutz vor Beschädigung bei Sanierung)

Montageanleitungen, Betriebsanleitungen, Bedienungsanleitungen und Wartungsvorschriften für

- bautechnische Komponenten
- wasserberührte Flächen
- technische Ausrüstung (Rohrleitungen, Armaturen, lufttechnische Ausrüstung etc.)
- Mess-, Steuerungs- und Regelungstechnik (EMSR-Technik)

Genehmigungen

- Baugenehmigung
- Einleitgenehmigung (Kanalisation, Vorfluter)

Grundstück, Rechtliches

- Eigentums-, Miet-, Pachtverträge
- Grundbucheintragungen
- Dienstbarkeiten, Servitute

Verträge Ver- und Entsorgung (Strom, Wasser, Abwasser)

- Netzanschlussverträge
- Stromlieferungsverträge

Bei bestehenden Reservoirs sind häufig nicht alle Dokumente vorhanden. Eine Prüfung und Ablage der vorhandenen Dokumente in einer zentralen Bauwerksdokumentation wird jedoch für alle Objekte empfohlen.

## **15.2 Betriebshandbuch**

Für jedes Trinkwasserreservoir ist ein Betriebshandbuch zu erstellen und nachzuführen. Berichte über Inspektionen und Instandhaltungsarbeiten müssen über einen, vom Betreiber festzulegenden Zeitraum aufbewahrt werden. Im Falle von wesentlichen Änderungen während des Betriebszeitraumes eines Trinkwasserreservoirs muss das Betriebshandbuch aktualisiert werden.

Ein Betriebshandbuch sollte z. B. folgende Dokumente enthalten:

- Anlagenpläne und Belastungsbeschränkungen
- detaillierte Angaben über Fugen-, Auskleidungs-, Beschichtungsmaterialien usw.
- Bedienungsanleitung
- spezielle Vorkehrungen für ausserordentliche Betriebszustände, z. B. für den Fall von Grossbränden im Versorgungsgebiet
- Anweisungen für die Ausserbetriebnahme des Reservoirs
- Anweisungen für die Reinigung und Desinfektion vor Wiederinbetriebnahme
- Anweisungen für die Bedienung von Armaturen und deren Instandhaltung
- Anweisungen für die Instandhaltung aller anderen Anlageteile des Reservoirs, einschliesslich der elektrischen und hydraulischen Ausrüstung und der Fernübertragungen

- Berichte über Inspektionen, Instandhaltung und aussergewöhnliche Vorkommnisse
- Unfallverhütungsvorschriften
- Anweisungen für Sicherheitsvorkehrungen
- Nutzungs- und Sicherheitsplan (gemäss SIA)

## 16 Schlussbestimmungen

### **Anpassung an den technischen Fortschritt**

Der Vorstand des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW) kann die vorliegende Richtlinie dann ändern lassen, wenn der technische Fortschritt dies erfordert. Er kann jederzeit Änderungen anbringen, die keine grundsätzlichen Fragen berühren oder im Widerspruch mit den europäischen Normen stehen.

### **Inkraftsetzung**

Die vorliegende Richtlinie wurde von der Hauptkommission Wasser am XX.XX.XXXX verabschiedet und durch den Vorstand auf den XX.XX.XXXX in Kraft gesetzt.

## Anhänge

### Anhang 1 Beispiel Nutzwertanalyse

Beispiel für eine Nutzwertanalyse zum quantitativen Vergleich folgender 5 Instandsetzungsvarianten:

1. Rückbau Bestand und Neubau Reservoir am Standort Nr. 1
2. Rückbau Bestand und Neubau Reservoir am Standort Nr. 2
3. Sanierung Bestand
4. Rückbau Bestand, Ergänzung der Netzeinspeisung mit Frequenzumformer und Notstromversorgung (Einspeisung direkt ab bestehendem Tiefbehälter)
5. Rückbau Bestand, Verzicht auf das bestehende 2. Reservoir in der gleichen Druckzone. Netzausbau zur Sicherstellung einer genügenden Löschwasserversorgung.

<b>Lebenszykluskosten LCC</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2</b>	<b>Variante 3</b>	<b>Variante 4</b>	<b>Variante 5</b>
	<b>Standort 1</b>	<b>Standort 2</b>	<b>Sanierung</b>	<b>FU</b>	<b>Netzausbau</b>
mittlere Lebensdauer Investition [Jahre]	70	70	60	10	70
Zinssatz	3%	3%	3%	3%	3%
Betrachtungshorizont [Jahre]	40	40	40	40	40
<b>Kostenelemente LCC [CHF/Jahr]</b>	<b>Standort 1</b>	<b>Standort 2</b>	<b>Sanierung</b>	<b>FU</b>	<b>Netzausbau</b>
Investitionskosten	148'599	123'749	111'867	179'160	202'010
Energiekosten	9'860	9'850	9'850	10'090	9'000
Betriebskosten	10'030	10'030	10'030	2'310	2'000
Bauliche Instandsetzungskosten	10'000	10'000	10'000	5'000	5'000
Kosten infolge Stillstand, Provisorien	-	143	2'500	-	2'500
Umweltkosten	-	-	-	-	-
Demontage-, Rückbau- und Entsorgungskosten	10'482	10'482	11'334	3'450	-
<b>LCC [CHF/Jahr]</b>	<b>189'000</b>	<b>164'000</b>	<b>156'000</b>	<b>200'000</b>	<b>221'000</b>
<b>Kosten total 40 Jahre [CHF]</b>	<b>7'560'000</b>	<b>6'560'000</b>	<b>6'240'000</b>	<b>8'000'000</b>	<b>8'840'000</b>
<b>Kosten relativ zu günstigster Variante</b>	<b>121%</b>	<b>105%</b>	<b>100%</b>	<b>128%</b>	<b>142%</b>

Abbildung 10 Beispiel Ermittlung Lebenszykluskosten nach DVGW W618

	Kriterien	Gewicht	1 Standort 1	2 Standort 2	3 Sanierung	4 FU	5 Netzausbau
Kosten 25%	Tiefe Life Cycle Costs (LCC, DVGW W618) inkl. Energie-, Betriebs-, Instandsetzungs-, Stillstands- und Rückbaukosten	25%	3.4	3.8	4.0	3.2	2.8
Qualität 20%	Kurze Leitungslängen Reservoiranbindung	10%	1.0	2.4	2.3	4.0	4.0
	Zentrale Lage Reservoir im Versorgungsgebiet	5%	2.0	3.0	3.0	4.0	1.0
	Geringes Reservoirvolumen (Aufenthaltszeit)	5%	3.0	3.0	3.0	4.0	3.0
Umwelt 20%	Lage Reservoir ist zonenkonform	5%	2.0	2.0	3.0	4.0	4.0
	Wenig tangierte Schutzgüter	4%	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	Eignung Baugrund inkl. Grundwasser	5%	3.0	2.0	2.0	4.0	4.0
	Gefährdung Hochwasser	3%	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
	Geringer Eingriff ins Landschaftsbild	3%	2.0	2.5	4.0	4.0	4.0
Betrieb 25%	Gute Zugänglichkeit	3%	4.0	3.0	3.0	4.0	4.0
	Tiefe Anfälligkeit für Störungen, Alarmer	5%	4.0	4.0	4.0	2.0	4.0
	Hohe Systemsicherheit bei Ausfall von Anlagenteilen (Armaturen, Rohrleitungen, Verunreinigungen, Fehlmanipulation)	9%	4.0	4.0	4.0	2.0	1.5
	Trinkwasserversorgung bei Stromausfall sichergestellt	5%	4.0	4.0	4.0	2.0	3.0
	Manueller Notbetrieb möglich	3%	4.0	4.0	4.0	2.0	4.0
Realisierung 10%	Hohe Akzeptanz Bevölkerung	4%	2.0	3.0	4.0	3.0	3.0
	Entfernung und Sichtbarkeit von Anwohnern	4%	2.0	3.0	3.0	4.0	4.0
	Aktueller Grundeigentümer unterstützt Projekt	2%	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
		<b>100%</b>	<b>3.0</b>	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>3.2</b>

Abbildung 11 Beispiel Nutzwertanalyse  
Nutzwert: 4 = sehr gut, 3 = gut, 2 = schlecht, 1 = sehr schlecht

Ziel	Gewicht	Variante Nr.				
		1	2	3	4	5
Tiefe Lebenszykluskosten LCC	25%	3.4	3.8	4.0	3.2	2.8
Hohe Qualität Trinkwasser	20%	1.8	2.7	2.6	4.0	3.0
Minimale Auswirkungen auf die Umwelt	20%	3.0	2.8	3.3	4.0	4.0
Optimale Randbedingungen für den Betrieb	25%	4.0	3.9	3.9	2.2	2.9
Einfache Realisierung Projekt	10%	2.4	3.2	3.6	3.6	3.6
Summe	100%	<b>3.0</b>	<b>3.3</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>	<b>3.2</b>

Abbildung 12 Beispiel Variantenvergleich  
Nutzwert: 4 = sehr gut, 3 = gut, 2 = schlecht, 1 = sehr schlecht

Ziel	Kosten	Qualität	Betrieb	Mittel
Tiefe Lebenszykluskosten LCC	60%	5%	5%	25%
Hohe Qualität Trinkwasser	20%	60%	20%	20%
Minimale Auswirkungen auf die Umwelt	5%	5%	5%	20%
Optimale Randbedingungen für den Betrieb	5%	25%	60%	25%
Einfache Realisierung Projekt	10%	5%	10%	10%
Summe	100%	100%	100%	100%
<b>Variante 1 (Neubau Standort 1)</b>	<b>3.0</b>	<b>2.5</b>	<b>3.3</b>	<b>3.0</b>
<b>Variante 2 (Neubau Standort 2)</b>	<b>3.5</b>	<b>3.1</b>	<b>3.5</b>	<b>3.3</b>
<b>Variante 3 (Sanierung Bestand)</b>	<b>3.6</b>	<b>3.1</b>	<b>3.6</b>	<b>3.5</b>
<b>Variante 4 (Aufhebung Res., Tiefbehälter mit FU)</b>	<b>3.4</b>	<b>3.5</b>	<b>2.9</b>	<b>3.3</b>
<b>Variante 5 (Aufhebung Res. mit Netzausbau)</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.0</b>	<b>3.2</b>

Abbildung 13 Beispiel Sensitivitätsanalyse  
Nutzwert: 4 = sehr gut, 3 = gut, 2 = schlecht, 1 = sehr schlecht



## Anhang 2 Ausführungsbeispiel

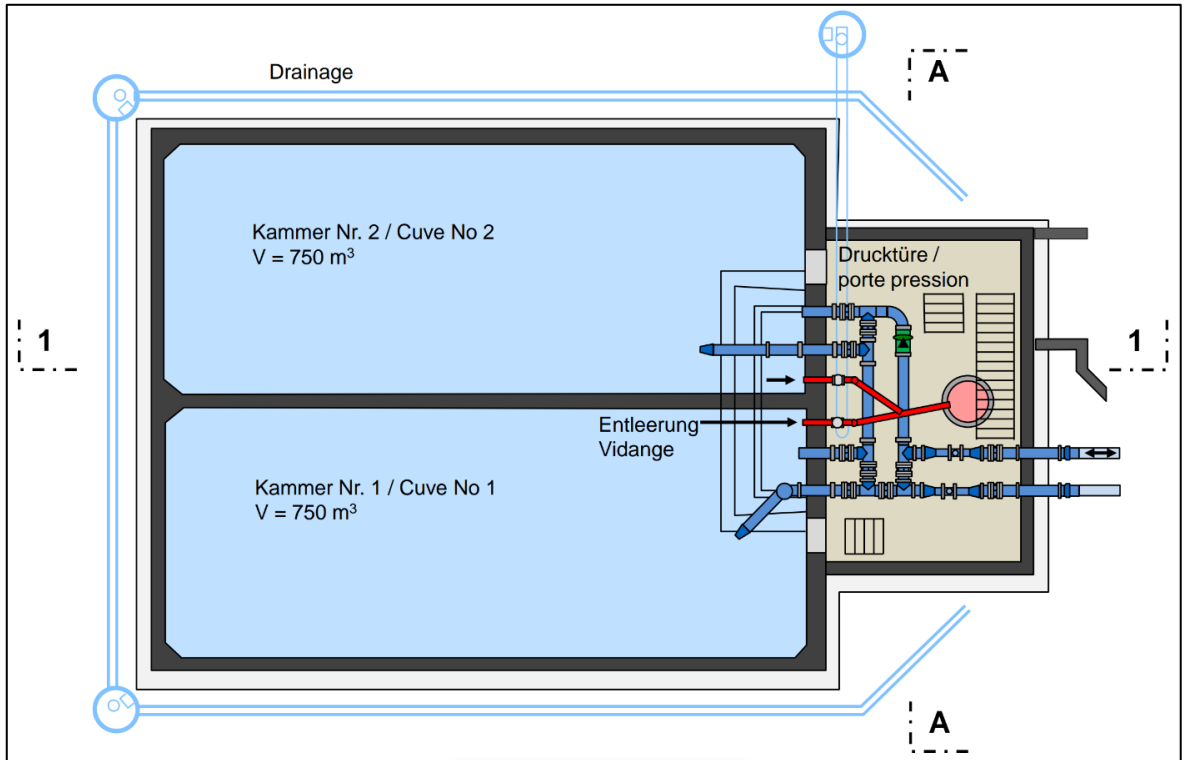


Abbildung 14 Beispiel eines Reservoirs, Grundriss

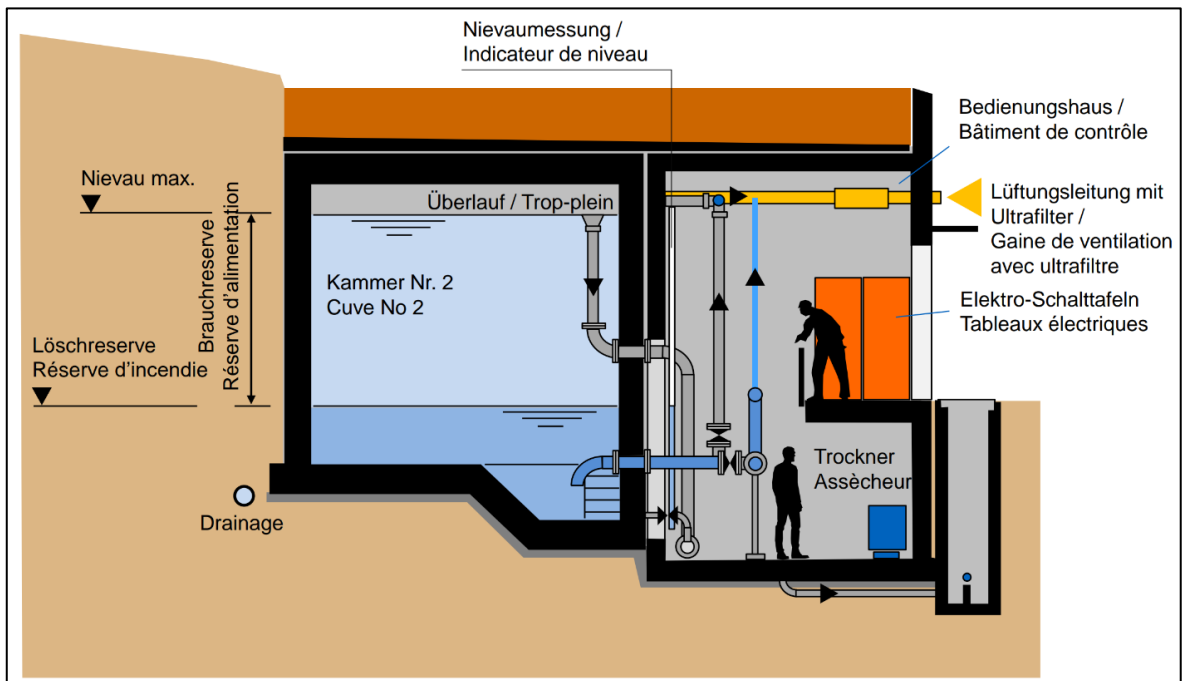


Abbildung 15 Beispiel eines Reservoirs, Schnitt A-A

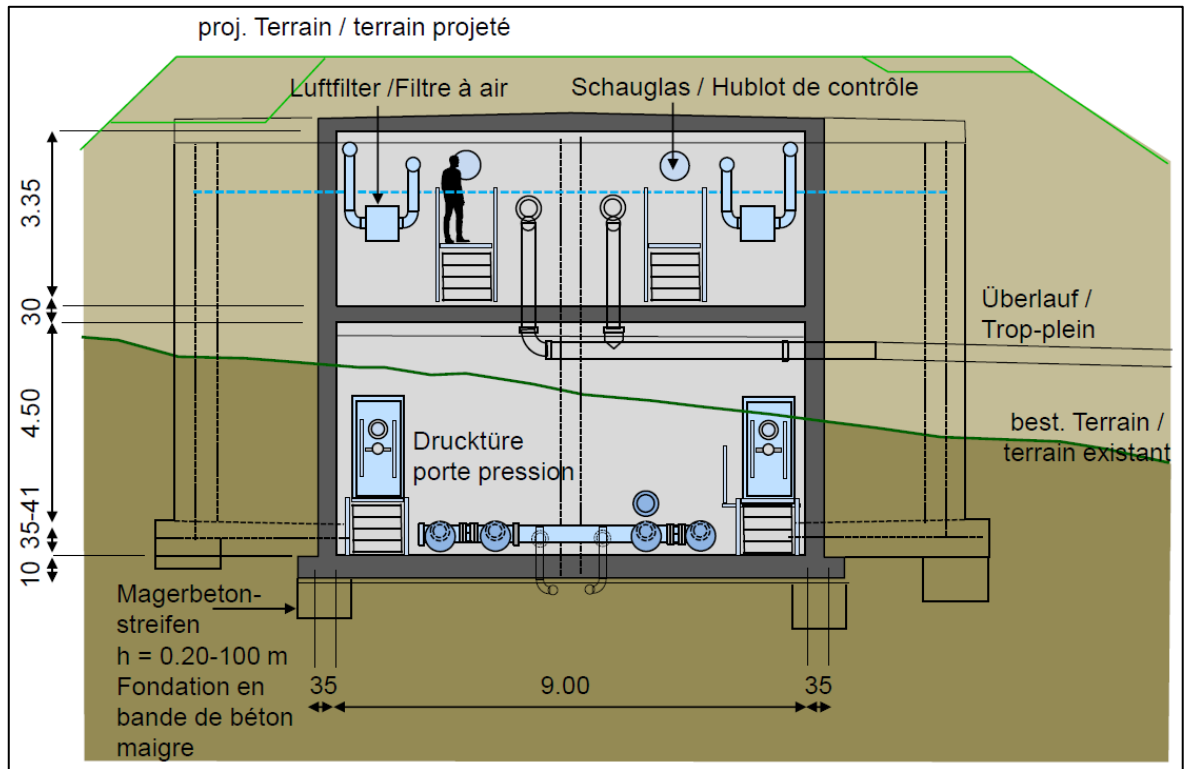


Abbildung 16 Beispiel eines Reservoirs, Schnitt B-B

## Anhang 3 Beispiel für ein Prüfplan

### Prüfung und Kontrollen Neubauten

Bei Neubauten werden folgende Prüfungen und Kontrollen empfohlen:

#### a) Beton

Prüfungen und Kontrollen im Betonwerk (Vorversuche):

- Bestimmung von Schwindmass und Karbonatisierung im Betonwerk
- Produktionsprotokoll pro Charge mit: Herkunft Sand/Kies, Siebkurve, Zusatzmittel, Zement, Dosierung, Wasserqualität und -zugabe

Baustellenseitige Prüfungen und Kontrollen:

- Frischbetonprüfung:
  - Verdichtungsmass,
  - W/Z-Faktor,
  - Luftporengehalt,
  - Rohdichte,
- Festbetonprüfungen am Bohrkern:
  - Wasserleitfähigkeit, Eindringtiefe unter Druck
  - füllbare Poren und Gesamtporosität,
  - Würfeldruckfestigkeit
- Visuelle Kontrolle der Betonoberflächen:
  - Lunker- bzw. Porenfreiheit: Es hat sich bewährt Poren, anhand einer Prüffläche von 500 x 500 mm zu bestimmen. In dieser sind Poren mit einem Durchmesser von 2 bis 15 mm festzustellen. Flächenmässig dürfen diese Poren den Anteil von 1% der Prüffläche nicht überschreiten. Die Anzahl von Poren grösser 10 mm bis maximal 15 mm Durchmesser darf 1 pro 4m<sup>2</sup> (Prüffläche 2 x 2 m) nicht überschreiten.
  - Ebenheit: Für die Bewertung der wasserberührten Flächen wird folgende zulässige Toleranz empfohlen. Für die Herstellung der fertigen Oberflächen durch das händische Bearbeiten (Verdichten, Glätten, Abreiben) ergibt sich gemäss DIN 18202 eine Ebenheitsabweichung von  $\pm 5$  mm bei einem Messpunktabstand von 2 m.

#### b) Schalung

- Massgenauigkeit,
- Schalungstyp,
- Schalungsmatten,
- Einlagen,
- Stützen/Verteilhölzer,
- Dichtigkeit,
- Bindestellen

#### c) Bewehrung

- Durchmesser,

- Abstand, Anzahl, Länge und Verankerung,
- Qualität,
- Betonüberdeckung,
- Bindedrähte zurückgezogen,
- Anschlusseisen und Einbauteile (Halfenschienen etc.)

#### **d) Ausführung**

- Verarbeitung:
  - Einbringung,
  - Vibrieren,
  - Oberfläche nach Ausschalen
- Nachbehandlung: tägliche Prüfung der Einhaltung der Vorgaben während der vorgesehenen Nachbehandlungsdauer

#### **e) Überprüfung der Dichtheit der Wasserkammern**

Dichtheitsprüfung ist gemäss den Vorgaben in Kap. 11.4.2 durchzuführen.

## **Prüfung und Kontrollen Sanierung Wasserkammern**

Bei einer (Erneuerung der) Innenbeschichtung oder Auskleidung werden folgende Prüfungen und Kontrollen empfohlen:

#### **f) Beschichtung**

- Altbeton, Betonoberfläche, Zustand Konstruktionsbeton:
  - Ggf. Kiesnester entfernen und reprofiliere;
  - korrodierte Bewehrung ersetzen oder ergänzen
  - Testflächen für das Aufräumen der zu beschichtenden Betonoberfläche anlegen, geeignetes Verfahren festlegen (Feststoffstrahlen oder Höchstdruckwasserstrahlen)
  - Haftzugfestigkeit der aufgerauten Betonoberfläche vor Ort am Prüfstempel
  - Betonfeuchtigkeit
  - Oberflächentemperatur
  - Staub- und verschmutzungsfreie Oberfläche
- Beschichtung (Prüfung und Bewertung gemäss Kap. 6.2.1, Ergänzung 1 der W6)
  - Schichtdicke
  - Ebenheit (+/-5mm mittels 5m Latte)
  - Rauigkeit der Oberfläche
  - Haftzug Beschichtung auf Untergrund
  - Tiefe der Karbonisierung
  - Am Bohrkern: Gesamtporenvolumen und Druckfestigkeit nach 28 Tagen, Calciumhydroxyd Gehalt, Calciumkarbonat Gehalt, Porengrössenverteilung
- Nachbehandlung: tägliche Prüfung der Einhaltung der Vorgaben während der vorgesehenen Nachbehandlungsdauer

### **g) Auskleidungen**

Nachweise von Prüfungen und Kontrollen sind vom Hersteller mittels gültiger Konformitätserklärungen, ausgestellt von einer akkreditierten Stelle, respektive durch einen Herstellererklärung zu erbringen.

Die erforderlichen/empfohlenen Prüfungen und Kontrollen bezüglich hygienischer Eignung, Dauerhaftigkeit, Dichtigkeit sowie Korrosionsschutz der Bewehrung sind in der Ergänzung 1 der W6 zusammengestellt:

- Kunststofffolien: gemäss Kap. 6.2.2 (W6/E1)
- Kunststoffplatten: gemäss Kap. 6.2.3 (W6/E1)
- Platten aus nichtrostendem Stahl: gemäss Kap. 6.2.4 (W6/E1)

## Anhang 4 Protokoll zur Dichtheitsprüfung

**Wasserbehälter:** .....

**1 – Auftraggeber:** ..... **Auftragnehmer:** .....

**2 – Bauzeit: von:** ..... **bis:** .....

**3 – Anzahl der Wasserkammern:** .....

**4 – Technische Angaben für jede Wasserkammer**

Speichervolumen: ..... m<sup>3</sup>

Nutzzinhalt: ..... m<sup>3</sup>

Maximale Wassertiefe: ..... m

Wasseroberfläche : ..... m<sup>2</sup>

Benetzte Fläche: ..... m<sup>2</sup>

**Rohrdurchmesser:**

Zulauf: DN .....

Entnahme: DN .....

Entleerung: DN .....

Überlauf: DN .....

Sonstige: DN .....

**Oberflächenbeschaffenheit zum Zeitpunkt der Dichtheitsprüfung:**

Wände: .....

Sohle: .....

Decke: .....

Stützen: .....

**5 – Prüfung der Wasseverluste:**

Sicherheit gegen unbefugten Betrieb

Bauteil	geschlossen	plombiert	blindgeflanscht
Zugang			
Zulaufventile DN			
Entnahmeventile DN			
Entleerungsventile DN			
Andere			

Messungen: Maximale und minimale Temperaturen während der Prüfung:

Aussentemperatur: .....

Innentemperatur: .....

Wassertemperatur: .....

Prüfbericht					
	Beginn		Ende	Dauer	Unterschrift
	Datum	Zeit	Datum	Zeit	
Erstfüllung				Tage	
Ablesen auf Skala oder		mm	mm	Unterschied	mm
Abstichmass		mm	mm	Unterschied	mm

**6 – Ergebnisse der visuellen Inspektion:**

.....  
.....  
.....

Bemerkung:  
(z. B.: Orte, Ursache, Behebung von Undichtheiten, Wiederholungsprüfung)

.....  
.....  
.....  
.....

**7 – Beurteilung:**

Die Wasserdichtheitsprüfung gilt als (nicht) bestanden.

.....

Für den Auftraggeber

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift

.....

Bauleiter

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift

.....

Für den Auftragnehmer

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift

Abbildung 17 Beispiel Prüfprotokoll

## Anhang 5 Beispiel Wartungs- und Inspektionsplan (gemäss DVGW W300-2)

Tabelle 1 – Aussenanlagen

Nr.	Anlagen- teil, Be- triebsein- richtung	Inspektionsmassnahmen, Prü- fung	Wartungsmassnahmen
1.	Beschilderung, Beschriftung, Markierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Vorhandensein</li> <li>· leichte Auffindbarkeit</li> <li>· Lesbarkeit</li> <li>· Richtigkeit der Angaben</li> <li>· Zustand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Säubern</li> <li>· Korrektur</li> <li>· Ersatz</li> </ul>
2.	Schachtbauwerk mit Zubehör	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Auffindbarkeit</li> <li>· Zugänglichkeit</li> <li>· Überprüfung der Luftbeschaffenheit</li> <li>· Beschädigung und Korrosion an Leitern, Abdeckungen, Türen, Lüftungsöffnungen und am Bauwerk</li> <li>· Wasserdichtheit</li> <li>· Zustand und Sauberkeit des Schacht- bauwerkes</li> <li>· Funktionskontrolle Zu-/Abluft</li> <li>· Zustand Wärmedämmung</li> <li>· Zustand der zusätzlichen Schutzmass- nahmen gegen das Eindringen von Schmutz, Kleinlebewesen und Regen- wasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Freischneiden</li> <li>· Korrosionsschutz ausbessern</li> <li>· Reinigung</li> <li>· Deckelsitz fetten</li> <li>· Leerpumpen</li> </ul>
3.	Partikelabscheider	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Dichtheit</li> <li>· Korrosion</li> <li>· Zustand des Siebeinsatzes und der Dichtung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Siebeinsatz entnehmen und reinigen</li> <li>· ggf. Dichtung und/oder Siebeinsatz erneuern</li> </ul>
4.	Kathodischer Korrosions- schutz	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Überprüfung des Rohr-/Bodenpotentials</li> <li>· Beschädigung der KKS-Anlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Einstellung der Soll-Werte</li> <li>· Wartung gemäss Herstel- lerangaben</li> </ul>
5.	Aussengelände, Zaun, Zuwegung	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bewuchsgrösse und -höhe</li> <li>· Zugänglichkeit</li> <li>· Totholz</li> <li>· Sturmschäden</li> <li>· Abfall</li> <li>· Beschädigung der Zaunanlage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Grünanlagenpflege</li> <li>· ggf. Rückschnitt</li> <li>· Reinigung</li> </ul>



**Tabelle 2 – Gebäude**

Nr.	Anlagenteil, Betriebseinrichtung	Inspektionsmassnahmen, Prüfung	Wartungsmassnahmen
1.	Tür	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Dichtheit</li> <li>· Gängigkeit</li> <li>· Korrosion</li> <li>· Zustand</li> <li>· Beschädigungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Korrosionsschutz ausbessern</li> <li>· Reinigung</li> <li>· Aufnahmen fetten</li> <li>· ggf. Schliessung erneuern</li> <li>· ggf. Dichtung erneuern</li> </ul>
2.	Fassade	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Beschädigung</li> <li>· Risse</li> <li>· Veränderungen (Feuchtigkeit, Schimmel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reinigung</li> </ul>
3.	Dach	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Beschädigung</li> <li>· Risse</li> <li>· Veränderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reinigung</li> </ul>
4.	Fenster, sonstige Öffnungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Dichtheit</li> <li>· Gängigkeit</li> <li>· Korrosion</li> <li>· Zustand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Korrosionsschutz ausbessern</li> <li>· Reinigung</li> <li>· Aufnahmen fetten</li> <li>· ggf. Dichtung erneuern</li> </ul>
5.	Bedienungshaus	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Sauberkeit</li> <li>· Beschädigungen</li> <li>· Risse</li> <li>· Veränderungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reinigung</li> </ul>
6.	Be-/Entlüftung	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Sabotageschutz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Kontrolle und evtl. Ausbesserung</li> </ul>

**Tabelle 3 – Wasserkammer**

Nr.	Anlagenteil, Betriebseinrichtung	Inspektionsmassnahmen, Prüfung	Wartungsmassnahmen
1.	Kammertür	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Dichtheit</li> <li>· Gängigkeit</li> <li>· Korrosion</li> <li>· Zustand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Korrosionsschutz ausbessern</li> <li>· Reinigung</li> <li>· Aufnahmen fetten</li> <li>· ggf. Schliessung erneuern</li> <li>· ggf. Dichtung erneuern</li> </ul>
2.	Be-/Entlüftung	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Zustand der Filter</li> <li>· Beschädigungen</li> <li>· Risse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Filterwechsel</li> <li>· Abschlagen von Kondenswasser</li> </ul>
3.	Überlauf	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Kontrolle des Überlaufs</li> <li>· Funktion (durch Inbetriebnahme)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Tausch der Dichtung</li> <li>· Reinigung</li> </ul>
4.	Einbauten	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Kontrolle des Zu- und Ablaufs</li> <li>· Kontrolle der Entleerung</li> <li>· Dichtheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reinigung</li> </ul>
5.	Fugen	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Dichtheit</li> <li>· Sauberkeit</li> <li>· Zustand</li> <li>· Biofilmbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reinigung</li> <li>· Erneuerung<sup>a</sup></li> </ul>
6.	Wanddurchführungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Dichtheit</li> <li>· Sauberkeit</li> <li>· Zustand</li> </ul>	
7.	wasserberührte Oberflächen und Decke	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Zustand, Sichtkontrolle, Biofilmbildung, Korrosionserscheinungen, Schimmelbildung:</li> <li>· Dichtheit</li> <li>· Beschädigung</li> <li>· Risse</li> <li>· Veränderungen</li> <li>· Sedimente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· siehe auch Ergänzung 1</li> <li>· ggf. kleinere Ausbesserungen der Beschichtung</li> </ul>
8.	Drainagen, z. B. Spaltüberwachung bei Auskleidungssystemen	Kontrolle Wasseraustritt und Mengenerfassung, Herkunftsbestimmung von Drainagewasser durch Analyse	

<sup>a</sup> Für elastische Dichtstoffe kann das Risiko eines mikrobiellen Bewuchses nie ganz ausgeschlossen werden. Daher müssen Fugen im Trinkwasserbereich in regelmässigen Abständen überprüft und ggf. erneuert werden. Bei regelmässigen Reinigungsvorgängen sollte man besonderes Augenmerk auf die Fugen legen.

**Tabelle 4 – Technische Ausrüstung**

Nr.	Anlagenteil, Betriebseinrichtung	Inspektionsmassnahmen, Prüfung	Wartungsmassnahmen
1.	Rohrleitungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Dichtheit</li> <li>· Korrosion</li> <li>· Sauberkeit</li> <li>· Stagnations-Wasserzonen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reinigung</li> <li>· ggf. Korrosionsschutz erneuern</li> <li>· ggf. Schraubverbindungen nachziehen</li> <li>· ggf. Spülung von Stagnations-Wasserzonen</li> </ul>
2.	Armatur handbetrieben	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bewegen des Armaturenabschlusskörpers (zumindest Teilhub)</li> <li>· Überprüfung der Dichtheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reinigung</li> <li>· Korrosionsschutz erneuern</li> <li>· Gemäss Herstellervorgaben</li> </ul>
3.	Armatur elektrisch betrieben	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bewegen des Armaturenabschlusskörpers (zumindest Teilhub)</li> <li>· Überprüfung der Dichtheit</li> <li>· Prüfung der Funktionskette des Gesamtsystems (Armatur, Antrieb, Steuerung, Übertragung, Prozessleitsystem)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reinigung</li> <li>· gemäss Herstellervorgaben</li> </ul>
4.	Rohrbruchsicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bewegen des Armaturenabschlusskörpers (zumindest Teilhub)</li> <li>· Überprüfung der Dichtheit</li> <li>· Prüfung der Funktionskette des Gesamtsystems (Armatur, Antrieb, Steuerung, Übertragung, Prozessleitsystem)</li> <li>· Kontrolle des Sonderantriebs (z. B. Öldruck)</li> <li>· Überprüfung der Schliesszeitcharakteristik (falls möglich)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· gemäss Herstellervorgaben</li> </ul>
5.	Be- und Entlüftungsventil	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bewegen des Armaturenabschlusskörpers (zumindest Teilhub)</li> <li>· Überprüfung der Dichtheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· gemäss Herstellervorgaben</li> </ul>
6.	Druckerhöhungsanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>· siehe SVGW W4</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· siehe SVGW W4</li> </ul>
7.	Probenahmestellen	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Sauberkeit</li> <li>· Durchfluss</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Reinigung</li> <li>· Spülung</li> </ul>
8.	Entleerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Prüfung des Gesamtsystems bis zur Einleitungsstelle in den Kanal oder Vorfluter</li> <li>· Dichtheit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Spülung</li> <li>· Pflege des Vorfluters</li> </ul>

**Tabelle 5 – Elektrotechnische Ausrüstung**

<b>Nr.</b>	<b>Anlagenteil, Betriebseinrichtung</b>	<b>Inspektionsmassnahmen, Prüfung</b>	<b>Wartungsmassnahmen</b>
1.	Elektroverteilung	<ul style="list-style-type: none"><li>· Beschädigungen</li><li>· Funktionsprüfung von Sicherheitselementen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· gemäss Electrosuisse-Vorgabe</li></ul>
2.	Beleuchtung	<ul style="list-style-type: none"><li>· Funktion</li><li>· Beschädigungen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· ggf. Leuchtmittel wechseln</li></ul>
3.	Objektschutz	<ul style="list-style-type: none"><li>· Funktion</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· gemäss Herstellervorgabe</li></ul>
4.	Fernwirktechnik	<ul style="list-style-type: none"><li>· Funktion</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· gemäss Herstellervorgabe</li></ul>
5.	Raumlufttechnische Anlage	<ul style="list-style-type: none"><li>· Einstellungen Luftentfeuchtung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· gemäss Herstellervorgabe</li></ul>

**Tabelle 6 – Messtechnische Ausrüstung**

<b>Nr.</b>	<b>Anlagenteil, Betriebseinrichtung</b>	<b>Inspektionsmassnahmen, Prüfung</b>	<b>Wartungsmassnahmen</b>
1.	analoge Messeinrichtungen	<ul style="list-style-type: none"><li>· Funktion</li><li>· Messgenauigkeit</li><li>· Messwertplausibilität</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Säubern</li><li>· Kalibrierung nach Bedarf</li><li>· ggf. Wiederherstellung der Funktion</li></ul>
2.	digitale Messeinrichtungen	<ul style="list-style-type: none"><li>· Funktion</li><li>· Messgenauigkeit</li><li>· Messwertplausibilität</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>· Säubern</li><li>· Kalibrierung nach Bedarf</li><li>· ggf. Wiederherstellung der Funktion</li></ul>

## Anhang 6 Zustandsanalyse (gemäss DVGW W300-3)

**Tabelle 1 – Gelände und Aussenanlagen**

Anlage	Prüfung	Bezug/Bemerkung
Zufahrt, Treppen, Gehwege	Klärung der Eigentumsverhältnisse, z. B. öffentlich oder privat Zustand, Tragfähigkeit, Steigung, Breite, Entwässerung, Unfallgefahren	SVGW W6, Kapitel 9.3
Böschung	Neigung, Bewuchs, Unfallgefahren	SVGW W6, Kapitel 9.3
Einzäunung	Sicherheitskonzept des Betreibers berücksichtigen Zustand, Höhe, Stabilität	SVGW W6, Kapitel 9.3
Bepflanzung	Tiefwurzelnde Pflanzen am Behälterentfernen, Standsicherheitsnachweis für Grünpflegemaschinen	SVGW W6, Kapitel 9.3
Standplätze	Aufstellflächen für Wartungsfahrzeuge und Baustelleneinrichtungen	SVGW W6, Kapitel 9.3
Entwässerungsanlagen, Vorflut	Behördliche Genehmigung, regelmässige Zustandsprüfung	SVGW W6, Kapitel 9.3
Aussenbeleuchtung	Energieeffizienz, Objektschutz, Arbeitssicherheit	SVGW W6, Kapitel 9.3

**Tabelle 2 – Bauwerk**

Anlage	Prüfung	Bezug/Bemerkung
Zugang Bedienungshaus	Grösse, Arbeitssicherheit, Objektschutz	SVGW W6, Kapitel 9.2
Zugang Wasserkammer	Zustand Anordnung, Grösse, Arbeitssicherheit, Objektschutz, Drucktüre, Leiter, Treppe, Dichtheit, Sichtkontrollmöglichkeit Wasserspiegel	SVGW W6, Kapitel 9.2 Zugang möglichst vom Bedienungshaus aus – kein Zugang über der freien Wasseroberfläche
Einsicht Wasseroberfläche	Vollständige Einsehbarkeit, Zugänglichkeit vom Bedienhaus, Anordnung, Grösse der Öffnung, Lichteinfall	SVGW W6, Kapitel 9.10
Gebäudeöffnungen Bedienungshaus	Anzahl, Notwendigkeit, Objektschutz	SVGW W6, Kapitel 9.2 Minimierung von Öffnungen nach aussen
Gebäudeöffnungen Wasserkammer	Anzahl, Notwendigkeit, Objektschutz	SVGW W6, Kapitel 9.2 <ul style="list-style-type: none"> <li>•Keine Öffnungen nach aussen</li> <li>•Keine Öffnung über der freien Wasseroberfläche</li> <li>•Montageöffnungen sind möglich</li> </ul>

**Tabelle 3 – Bauwerk, Bauphysikalische und konstruktive Aspekte**

Bauphysik/konstruktive Anforderung	Prüfung	Bezug/Bemerkung
Dichtigkeit	Wanddurchführungen, Arbeitsfugen, Dichtigkeit gegen von aussen eindringendes Wasser, Wasseraustritt aus Drainage	SVGW W6, Kapitel 9.8
Fugen	Anzahl, Zustand, Verunreinigungen, Verkeimungspotential, Hinterläufigkeit, Stagnationsräume, Materialalterung, Notwendigkeit, hygienische Eignung des Materials in Kontakt mit Trinkwasser	SVGW W6, Kapitel 9.8
Rohrdurchführungen	Dichtigkeit, Zustand, Verunreinigungen, hygienische Eignung des Materials in Kontakt mit Trinkwasser	SVGW W6, Kapitel 9.8
Wärmedämmung	Zustand, Funktionalität, Durchfeuchtung	SVGW W6, Kapitel 9.4
Feuchtigkeitsabdichtung	Zustand, Funktionalität, Wurzeleinwuchs	SVGW W6, Kapitel 9.4
Gründung	Setzungen, Risse, Tragfähigkeit, Statik	SVGW W6, Kapitel 9.6
Drainagen, Entwässerung	Zustand, Funktionalität, Verunreinigungen, Ursachen von Wasseraustritt	SVGW W6, Kapitel 9.8
Grundwasser	Grundwasserschwankungen, Grundwasserbeschaffenheit (z. B. Calcitlösekapazität)	
Erdanschüttung	Material, Stärke, Erosion, Bewuchs	SVGW W6, Kapitel 9.8
Innenflächen Wasserkammer allgemein	Zustand, Porosität, Risse, Ablagerungen, Ablösungen, Optik, Betondeckung, Alkalität, Altbeschichtungen, Verkeimung, hygienische Eignung des Materials in Kontakt mit Trinkwasser, Korrosionserscheinungen, Aufweichungen, Bewuchs, Hydrolyse	SVGW W6, Kapitel 9.8
Dächer, Decken	Zustand, Dichtheit	SVGW W6, Kapitel 9.8
Boden	Zustand, Risse, Fugen, Gefälle, Unebenheiten	SVGW W6, Kapitel 9.8
Wände und Stützen	Zustand, Optik, Geometrie, Decken- und Sohlanschlüsse, Risse, Tragfähigkeit, Statik	SVGW W6, Kapitel 9.8

**Tabelle 4 – Technische Ausrüstung**

Anlage	Prüfung	Bezug/Bemerkung
Zulauf	Dimension, Anordnung, Funktion, Armaturen, Probenahmeeinrichtung, Materialien in Kontakt mit Trinkwasser	SVGW W6, Kapitel 9.11
Entnahme	Dimension, Anordnung, Funktion, Armaturen, Probenahmeeinrichtung, Materialien in Kontakt mit Trinkwasser	SVGW W6, Kapitel 9.11
Überlauf	Dimension, Anordnung, Funktion, Armaturen, Materialien in Kontakt mit Trinkwasser, Verbindung mit nicht trinkwasserführenden Anlagen, Barriere für Kleintiere und Insekten	SVGW W6, Kapitel 9.11 Keine Absperrarmatur im Überlauf. Keine unmittelbare Verbindung mit nicht trinkwasserführenden Anlagen.
Entleerung	Dimension, Anordnung, Funktion, Armaturen, Materialien in Kontakt mit Trinkwasser, Verbindung mit nicht trinkwasserführenden Anlagen, Zugangsmöglichkeiten für Kleintiere und Insekten	SVGW W6, Kapitel 9.11
Probenahmeeinrichtung	Anzahl, Stagnationsstrecken, Zugänglichkeit, Abflammbarkeit und Desinfizierbarkeit, für jede Wasserkammer vorhanden, zu- und ablaufseitig	SVGW W6, Kapitel 9.12
Lüftungstechnische Ausrüstung, Unterdrucksicherung	Dimension, Anordnung, Funktion, Arbeitssicherheit für Wartungsarbeiten, Objektschutz	SVGW W6, Kapitel 9.13
Elektrotechnische Ausrüstung	Elektrofachkraft beauftragen, Blitzschutz berücksichtigen	SVGW W6, Kapitel 9.13
Objektschutz	Widerstandsklasse Eingangstür und Gebäudeöffnungen, Anzahl, Notwendigkeit von Öffnungen ggf. Stilllegung, Vorhandensein eines Sicherheitskonzeptes/Gefährdungsanalyse, Funktion vorhandener technischer Überwachungsanlagen (Alarmanlagen, Bewegungsmelder, Öffnungskontakte etc.)	SVGW W6, Kapitel 9.2
Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Fernwirktechnik	Funktion, Notwendigkeit, Erweiterungen, Programmierung	SVGW W6, Kapitel 9.12
Weitere technische Anlagen wie z. B. Druckerhöhungsanlagen, Desinfektionsanlagen	Funktion, Dimensionierung, Steuerung, Wirtschaftlichkeit, Materialien, Anordnung	SVGW W6, Kapitel 9.12, 9.13

## Anhang 7 Schäden an Beschichtungen von Reservoirkammern

### 1 Einführung

An Beschichtungen von Reservoirkammern können verschiedene Arten von Schäden mit unterschiedlichen Ursachen auftreten. Im Folgenden sind einige Schadensbeispiele mit einer Beschreibung der Schäden und ihrer Ursachen aufgeführt.

### 2 Beispiele von Schäden an rein mineralischen Beschichtungen

Neben der normalen Alterung gibt es verschiedene Ursachen für frühe Defekte, z. B. unzureichendes Einbringen oder Nachbehandeln, Fehler in der Zusammensetzung (Alkalireaktion usw.), Unverträglichkeit mit der Wasserzusammensetzung.

Wenn keine organischen Bestandteile vorhanden sind, stellen diese Mängel normalerweise kein hygienisches Risiko dar, da das Wachstum von Mikroorganismen aufgrund des Nährstoffmangels nicht gefördert wird.

In Abständen von 5 bis 10 Jahren sind detaillierte Untersuchungen empfohlen, um den Zeitpunkt für eine Sanierung zu planen.

#### 2.1 Alterung von Zementverputzen

Die Verwitterung dieser in der Regel bereits älteren Beschichtung beginnt mit einem Abbau der Deckglasur, welche sich oft in einer Aufweichung und Verfärbung zeigt. Nach einigen Jahren wird lokal der darunter liegende Mörtel freigelegt. Es handelt sich dabei um die normale Alterung dieser Beschichtung, die aus 2 bis 3 Schichten hochdosiertem Zementmörtel und einer millimeterdicken Schicht reiner Zementschlämme als Abschluss besteht. Ihre ausgezeichnete Haltbarkeit ist auf eine dichte Haut mit geringer Porosität zurückzuführen, welche die Wechselwirkung mit dem Wasser im Behälter stark einschränkt, sowie auf eine gute Hydratationsreserve. Die Deckschicht ist als Verbrauchsmaterial gedacht, die erneuert werden kann.

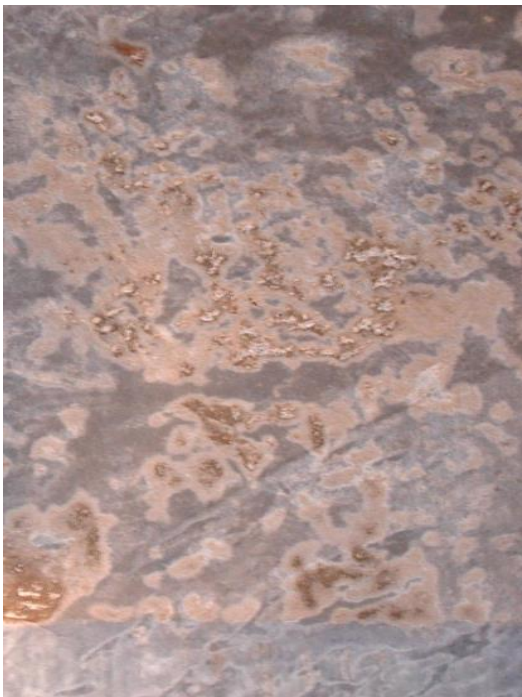


Abbildung 18 Gealterte Zementputzbeschichtung mit teilweise freiliegendem Mörteluntergrund



Wie bei jeder Beschichtung sollte eine Überprüfung der Restfunktionalität in Betracht gezogen werden.

## 2.2 Schäden bei mangelnder Nachbehandlung mineralischer Beschichtungen



Abbildung 19 Fleckige Verwitterungen durch nicht fachgerecht aufgebrachte Beschichtung

Fleckige, sich allmählich ausbreitende Verwitterungen können einen Mangel dieser im Dünnschichtverfahren aufgespritzten mineralischen Beschichtung darstellen. In solchen Fällen wurde die Beschichtung oft nicht fachgerecht aufgebracht.

Um die Ausbildung einer optimalen Oberfläche (Orangenhaut) zu erreichen und eine Entmischung der Feinbestandteile und des Sands zu verhindern, sind hohe Anforderungen an die Nachbehandlung zu stellen: hohe Luftfeuchtigkeit, ohne Kondenswasserbildung über mehrere Tage. Eine kontinuierliche Überwachung während der Nachbehandlung ist unumgänglich.

Da es sich um ein mineralisches Produkt handelt, ist kein Wachstum von Mikroorganismen zu befürchten. Analysen, die durch Mikroskopie von Bohrkernen durchgeführt wurden, zeigen, dass unter den Flecken oft eine genügend dicke Beschichtung vorhanden ist um eine ausreichende Funktionalität zu gewährleisten.

## 3 Beispiele für Schäden an gemischten Materialien - Biofilme

Oft kann in Wasserkammern bei mikroskopischen Untersuchungen von aufgeweichten Stellen der Beschichtung sowie von schleimigen Verschmutzungen und auffälligen Verfärbungen oder von Flecken grosse Mengen an Bakterien, Hefen, Fadenpilzen usw. nachgewiesen werden. In diesem Fall handelt es sich um mikrobiologische Wucherungen oder Biofilme, die auf eine Zufuhr biologisch abbaubarer organischer Substanzen aus Materialien mit organischen Bestandteilen hindeuten. Das Ausmass des mikrobiologischen Wachstums hängt in erster Linie von der Menge der verfügbaren Nährstoffe ab.

Die Mikroorganismen in diesen Biofilmen scheiden ein Gel aus Proteinen und Polysacchariden aus, das ihnen einen wirksamen Schutz bietet, insbesondere gegen Austrocknung und Desinfektionsmittel. Biofilme sind in Trinkwasseranlagen unerwünscht, da sie andere unerwünschte oder sogar gefährliche Mikroorganismen beherbergen und deren Vermehrung ermöglichen können.

### 3.1 Schäden bei vergüteten Mörteln



Abbildung 20 Biofilmbildung auf Mörtel mit Kunststoffzusätzen

Modifizierte Mörtel enthalten eine wesentliche Menge an Polymeren. Einige dieser Polymere haben sich als instabil erwiesen, was zu einem Abbau der Beschichtung führt und biologisch abbaubare organische Bestandteile freisetzen kann. An der Oberfläche führen sie dann zur Bildung von Biofilmen. Ein häufiger Mangel dieser Mörtel ist entsprechend die Bildung von grossen Biofilm-Blasen und Ablösungen (siehe Abb. 3).

Um solche Verunreinigungen wirksam zu beheben, ist die vollständige Entfernung der Beschichtung erforderlich.

### 3.2 Schäden bei Reparaturen und Abdichtungen



Abbildung 21 Biofilmbildung auf epoxidbasierter Abdichtung

Müssen bei Reparaturen (Undichtigkeiten beim Einbau von Drucktüren, etc.) Abdichtungen vorgenommen werden, sind dazu rein mineralische Materialien zu verwenden. Auch beim Einsatz von synthetischen Materialien, welche die Kriterien für mikrobiologisches Wachstum erfüllen, kann starkes biologisches Wachstum in Bereichen mit Fehlstellen (Rissen) entstehen, da sich die mineralischen Substanzen des Betons und die organischen Substanzen der eingesetzten Materialien dort vermischen (Abb. 4).

#### 4 Schäden bei Beschichtungen aus Epoxidharzen

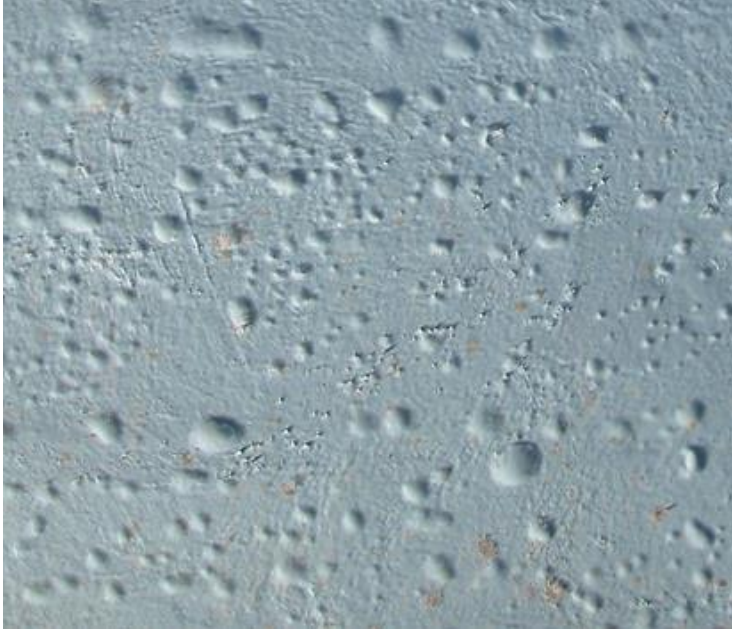


Abbildung 22 Epoxidbeschichtung mit Blasenbildung

Bei Epoxidbeschichtungen von Behältern kann es zu Blasenbildung (Abb. 5), aber auch zu weichen Stellen und fettigem Ausfluss kommen, die meistens auf Aushärtungsfehler hinweisen.

Häufige Ursache dieser Mängel ist, dass bei der Anbringung der Beschichtung nicht alle Anweisungen des Lieferanten befolgt wurden (unzureichende Entfeuchtung der Luft und des Untergrunds, zu geringe Schichtdicke usw.). Analysen zeigen, dass die Flüssigkeit der Blasen Stoffe aus der Beschichtung (Phenole und BTEX = Benzol, Toluol, Ethylbenzol, Xylol) und Stoffe aus dem darunter liegenden Beton (KOH, NaOH usw.) enthalten. Das Kali (KOH), das natürlicherweise im Beton vorkommt, katalysiert die Hydrolyse des Epoxids und beschleunigt somit seine Zersetzung. Epoxidharz scheint also im Falle einer unvollständigen Polymerisation empfindlich auf die Alkalinität des Betons zu reagieren.

Epoxidharze können Bisphenole (ein endokriner Disruptor) freisetzen und epoxidhaltiges Abbruchmaterial ist aufgrund seines Gehalts an organischen Stoffen auf einer Sondermülldeponie zu entsorgen.

Wie auch in der Ergänzung E1 (Materialien in Kontakt mit Trinkwasser) erwähnt, wird von einer Sanierung von Wasserkammern durch eine Beschichtung mit Epoxidharzen abgeraten.

## Anhang 8 Fleckenbildung in Reservoirkammern

### 1 Einführung

Eine 2011 vom Schweizerischen Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW) durchgeführte Erhebung zeigte, dass in der Schweiz ca. 40 % der Trinkwasserreservoirs fleckenförmige Aufweichungen an Zementmörtelauskleidungen aufweisen. Diese fleckenförmigen Aufweichungen bzw. braunen Flecken, auf der Zementmörtelauskleidung, entstehen häufig schon nach wenigen Betriebsjahren und lassen sich mit einem stumpfen Gegenstand ohne grossen Kraftaufwand abschaben.

### 2 Erscheinungsbild und Ursachen

Dabei ist nicht nur die visuelle Änderung der mineralischen Auskleidung auffällig, sondern es entstehen auch mechanische Festigkeitsprobleme und Verlust der Alkalität des Mörtels. Es handelt sich hierbei um galvanische Korrosion in einem anorganischen nichtmetallischen Werkstoff, vergleichbar mit der Lochkorrosion bei passiven Werkstoffen.

Charakteristisch für die Fleckenbildung sind:

- Absenkung des pH - Werts in der Schadstelle
- geringer elektrischer Widerstand in der Schadstelle  
hoher elektrischer Widerstand der intakten Fläche
- Spannungsdifferenz von mehr als 100 mV zwischen intakter Oberfläche und Schadstelle

Bis heute besteht keine allgemeine anerkannte Ursache für diese Auflösung der Mörtelschichtung.



Abbildung 23      Typisches Beispiel für die Fleckenbildung in einer Wasserkammer

Oft werden Aufweichungen des Mörtels in der Nähe von Chromstahleinbauten festgestellt. Unterschiedliche Metalle innerhalb der Wasserkammer bzw. deren elektrische Verbindungen zur Bewehrung können zu Korrosion der Bewehrung führen. Diese wird je nach Beton bzw. Mörtelqualität mit der Zeit gestoppt. Die Passivierung der Bewehrungsstäbe findet mit der Zeit statt, jedoch kann genau diese Spannungsquelle bereits zu Schäden an der Calcienschicht führen und das Wachstum der Fleckenbildung fördern. Somit sollen nichtrostende Einbauten galvanisch getrennt von der übrigen Bewehrung installiert werden.

### 3 Erklärungsmodell des Phänomens

Noch wird am Thema Fleckenbildung geforscht und es sind noch nicht alle Mechanismen vollständig geklärt. Das FOWA-Projekt, unter Mitwirkung der Schweizerischen Gesellschaft für Korrosionsschutz, der Wasserversorgung Zürich sowie der Hochschule Rapperswil hat sich dem Thema Fleckenbildung angenommen und hat das folgende Erklärungsmodell entwickelt:

- Die lokale Zerstörung der Calcitschicht führt zu Stromfluss, dieser Stromaustritt ins Wasser führt zur Schädigung der Mörtelstruktur (vergleichbar mit einer Batterie).
- Stromeintritt (durch eine kathodische Schutzanlage) führt zu einer Erhöhung des pH-Werts und einer Stabilisierung der Calcitschicht.

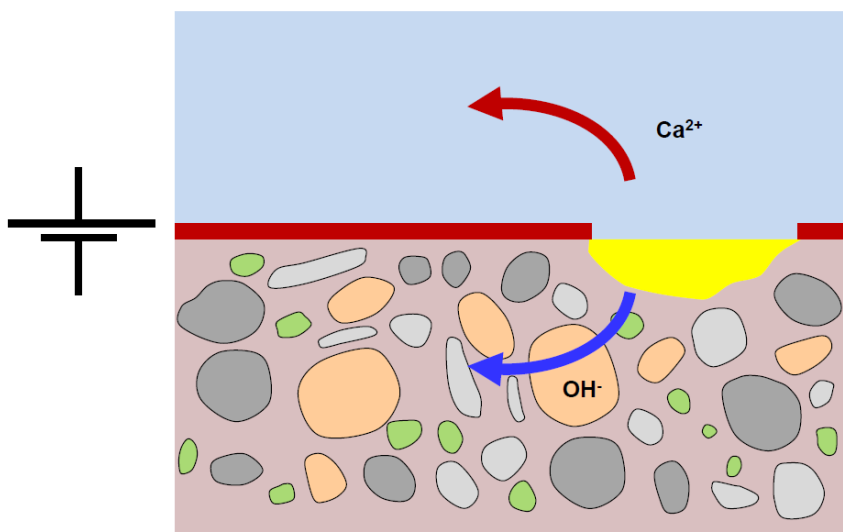


Abbildung 24 Modell der Schadensbildung

### 3 Zustandsuntersuchung eines Trinkwasserbehälters

Wenn der Betreiber bei der Reinigung der Wasserkammer feststellt, dass Korrosionserscheinungen auftreten, sollte ein Fachspezialist beigezogen werden, um die Korrosionsursache zu analysieren.

Bei einer Zustandsuntersuchung werden die Flecken in der Wasserkammer dokumentiert. Anhand der Dokumentation kann in regelmässigen Zeitabständen bei Kammerbegehungen festgestellt werden, ob sich der Schaden vergrössert hat und Massnahmen nötig sind bzw. wie schnell diese getroffen werden müssen.

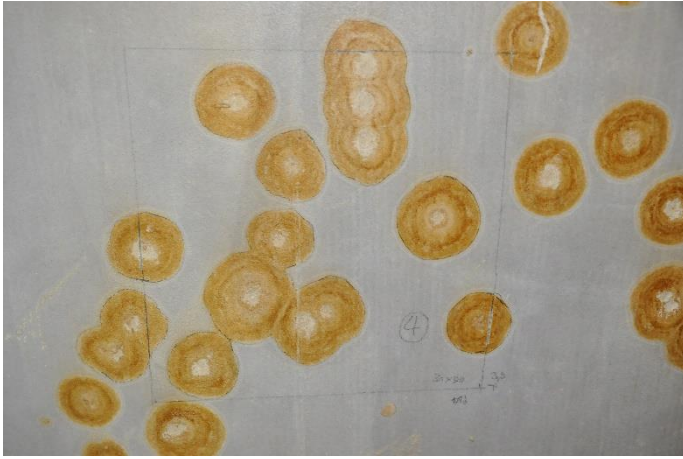


Abbildung 25 Dokumentierte Schadenstelle

Eine weitere Untersuchung, die Aussagen über Korrosionsursachen zulässt, ist die Potentiallinienmessung. Diese Messung wird auf zwei oder mehr Achsen im Raum durchgeführt. Die ermittelten Korrosionspotentiale beziehen sich auf eine Referenzelektrode. Gleichzeitig mit dem Potential wird an jeder Messstelle, durch Kurzschliessen des Messkreises, der Stromfluss zwischen Behälteroberfläche und Bewehrung gemessen.

Falls eine Wasseranalyse mit Sättigungsindex bzw. Karbonathärte und pH-Wert vorliegen, kann daraus das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht bestimmt werden, welches Aufschluss über die Aggressivität des Wassers gibt (Absanden der Mörteloberfläche).

Zur Verhinderung der Fleckenbildung wird die Calciumcarbonatschicht (Calcit) an der Oberfläche des Mörtels eine grosse Bedeutung zugeschrieben. Diese kann den Auslaugungsprozess stark bremsen, sofern die Calcit-Schicht dicht aufgebaut ist.

Dass die Bildung von Calcit, während und nach dem Aushärtungsprozess (beim Bau oder Sanierung der Wasserkammer) entstehen kann, ist somit umso bedeutender. Wird diese Schichtbildung gestört, z.B. durch Kondenswasserbildung, wird die Fleckenbildung an diesen Stellen begünstigt. Der Sättigungsindex des Wassers bestimmt, ob Calcit an der Oberfläche gebildet werden kann (kalkabscheidendes Wasser – positiver Sättigungsindex).

Um auszusagen, ob Kontaktkorrosion vorhanden ist, werden Rohrleitungen, Drucktüren und weitere Metallelemente auf elektrische Verbindungen zur Bewehrung und zum Potentialausgleich der Elektroverteilung geprüft. Verbindungsmessungen können in der Wasserkammer, wie auch im Rohrkeller durchgeführt werden.

Um Kontaktkorrosion zu verhindern, müssen die beteiligten Metalle elektrisch aufgetrennt werden. Dies stellt jedoch einen Widerspruch zu den Erdungsmassnahmen für den Personenschutz dar (Kapitel Erdungskonzept).

Weitere Messungen wie Beeinflussungsmessungen und Bewehrungsüberdeckung können bei der Suche nach der Schadensursache helfen.

Untersuchungen im Trinkwasserreservoir, benötigen einen Zeitaufwand von rund einem Arbeitstag und können Empfehlungen, sowie Massnahmen formulieren um die Korrosionserscheinungen weitgehend zu stoppen.

Eine mögliche Massnahme gegen Fleckenbildung in der Wasserkammer ist der Einsatz einer kathodischen Schutzanlage. Das Forschungsprojekt des FOWA (Forschungsfonds Wasser) des Schweizerischen Vereins des Gas- und Wasserfaches (SVGW) konnte nachweisen, dass der kathodische Schutz das Wachstum der Flecken stoppen kann.

### 3 Kathodischer Korrosionsschutz / kathodische Schutzanlage

Dass sich das unedlere Metall für das edlere Metall opfert, kann man sich auch zunutze machen. Nach diesem Prinzip werden schon seit Jahren Haushalts - Boiler mit einer Opferanode geschützt. Dies funktioniert aber nicht nur in Boilern, sondern auch als Aussen-schutz bei längsleitfähigen Stahlleitungen im Erdreich, bei Stahlbehältern der Abwasserrei-nigungsanlagen oder bei Fleckenbildungen im Reservoir.

Wenn Opferanoden nicht mehr ausreichen, kann die Mörteloberfläche mit einer Fremd-stromanode geschützt werden. Der aus den Anoden austretende Strom fließt durch das Wasser zu den Fehlstellen und z.B. durch die Bewehrung zurück zum Schutzstromgerät. Der Korrosionsstrom wird unterdrückt und es kann kein für das Metall zerstörender Strom mehr fließen. Die angelegten Spannungen und Ströme der Schutzanlage sind dabei sehr gering und für Mensch und Tier nicht gefährlich. Schon vergleichsweise geringe Stromdichten ( $\leq 1\text{mA/m}^2$ ) stoppen das Fleckenwachstum.

Diese Methode ist nicht nur zuverlässige um Schäden zu unterbinden, sondern bringt im Vergleich zu nachträglichen Oberflächenbeschichtungen nur eine geringe Eingriffstiefe mit sich. Dadurch reduziert sich der Betriebsunterbruch auf ein Minimum. Für die Installation einer kathodischen Schutzanlage werden in aller Regel nur 1 bis 3 Tage benötigt.

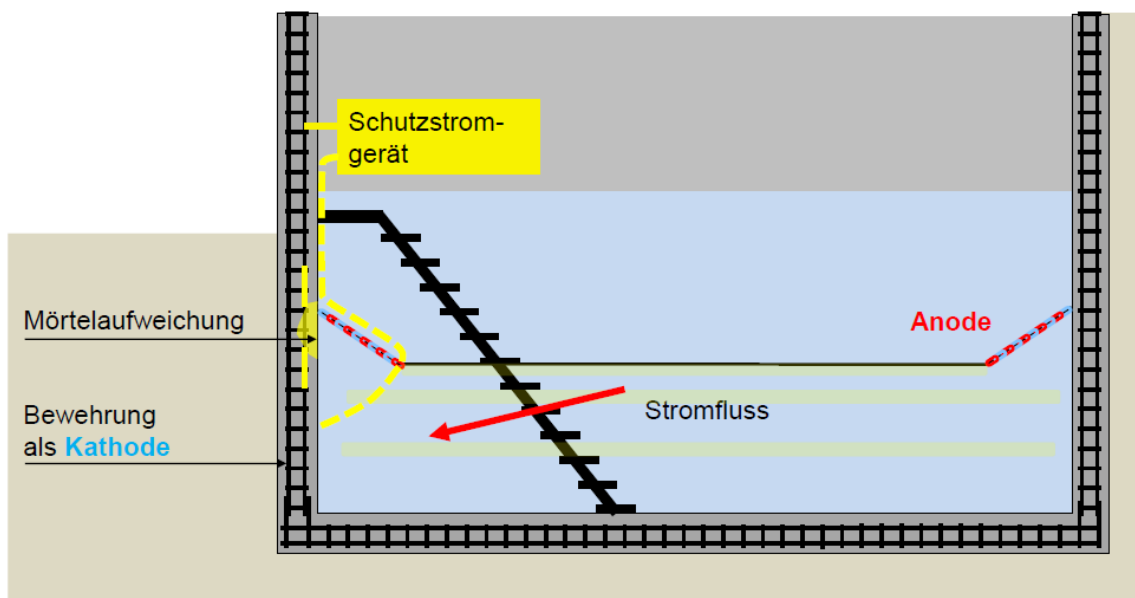


Abbildung 26 Schematische Darstellung einer kathodischen Schutzanlage

Um den Schutzstrom ins Reservoir einbringen zu können, werden im unteren Teil der Wasserkammern Anodendrähte gespannt bzw. von der Decke hängend montiert, welche von einem Schutzstromgerät mit dem benötigten Schutzstrom versorgt werden. Das installierte System stoppt nicht nur den Schadensprozess, sondern ermöglicht zudem eine permanente Zustandsüberwachung. Werden beim Betrieb solcher Schutzanlagen Abweichungen des Strombedarfs festgestellt, deutet dies auf veränderte Rahmenbedingungen hin, die eine weitere Ursachenermittlung erforderlich machen kann.



Abbildung 27 Kathodische Schutzanlage in einer leeren Wasserkammer

Die kathodischen Schutzanlagen in Reservoiren entsprechen keiner üblichen Norm und sind daher immer individuell zu projektieren sowie auf die örtlichen Gegebenheiten abzustimmen. In der Schweiz sind solche Anlagen seit über 20 Jahren erfolgreich im Einsatz.