

# Weiterbildungskurse 2019



[www.brunnenmeister.ch](http://www.brunnenmeister.ch)

## **Reservoir – vom Sanierungsbedarf zum erfolgreichen Projekt**

### **Block 1: Schadensbilder / Grundlagenerhebung**

Von:

Roman Maeder  
Bauingenieur FH  
K. Lienhard AG  
Ingenieurbüro  
Bolimattstrasse 6  
5033 Buchs



[www.lienhard-ag.ch](http://www.lienhard-ag.ch)

[maeder@lienhard-ag.ch](mailto:maeder@lienhard-ag.ch)

Veranstaltungsort:



# Reservoir – vom Sanierungsbedarf zum erfolgreichen Projekt

## Block 1: Schadensbilder / Grundlagenerhebung

Roman Maeder / K. Lienhard AG

### 1. Schadensbilder

#### 1.1. Entdecken von Schäden

Alle Wasserkammern jedes Reservoirs sollten einmal jährlich entleert und gereinigt werden. Die Planung und Durchführung dieser Massnahmen liegt im Verantwortungsbereich des Betreibers bzw. des Brunnenmeisters einer Wasserversorgung. Aufgrund der geringeren Verbräuche und der zeitlichen Verfügbarkeit des Personals erfolgt die Reservoirreinigung meistens in den Wintermonaten.

Nebst der eigentlichen Reinigung ist die optische Inspektion der Wasserkammern durch den Betreiber ein wichtiger Punkt. Nebst den Einbauten wie Leitungen, Durchführungen und Beleuchtung sollten auch die Böden, Wand- und Stützenflächen und die Decke kontrolliert werden.

Es kommen verschiedene Auslöser für Beschädigungen in Frage. Weiches Wasser führt zum Absanden der Oberfläche, aggressives Wasser (welches nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht ist) löst Mörtel auf, sulfathaltiges Wasser greift zementgebundene Werkstoffe an und führt zu Rissbildung. Säurehaltige Reinigungsmittel greifen den Mörtel an und können zur Zerstörung der Randzone führen. Ionenströme weichen den Mörtel auf. Auch nicht fachmännisch ausgeführte Bauarbeiten können zu späteren Schäden führen.

Die nachfolgende Auflistung möglicher Schadensbilder ist nicht abschliessend. Sie beruht auf Erfahrungen Dutzender Zustandsaufnahmen von Reservoirs des Autors während der letzten Jahrzehnte und beinhaltet die häufigsten beziehungsweise die wichtigsten Schadensbilder.

#### 1.2. Abplatzungen

Sowohl bei Anstrichen als auch bei Beschichtungen können Abplatzungen auftreten. Meist erfolgt die Beschädigung aufgrund mangelnder Haftung der obersten Schicht auf der darunterliegenden Schicht. Die häufigsten Auslöser sind das Materialalter (Überschreitung der Lebensdauer) oder eine fehlerhafte Applikation. Ist erst einmal eine Fehlstelle vorhanden, besteht die Gefahr der Hinterwanderung, ausgelöst durch den Wasserdruck.

Bei örtlich begrenzten Abplatzungen ist kein unmittelbarer Handlungsbedarf nötig. Um Hinterwanderungen zu verhindern, können fehlerhafte Beschichtungen örtlich ausgebessert werden. Es handelt sich dabei aber immer um eine Massnahme zur Verlängerung der Lebensdauer und nicht um eine eigentliche Sanierung. Die Abplatzungen können aber auch über einen Zeitraum beobachtet werden. Die Definition und fotografische Dokumentation von Referenzflächen sind ein gutes Mittel, um Klarheit über die Zunahme von Schäden im Verlauf der Zeit zu erhalten.

## 1.4. Braune Flecken

Beschichtungen können bräunliche Fehlstellen aufweisen. Diese sind meist kreisrund und mit einem Festigkeitsverlust verbunden. Dies kann durch Kratzen mit einem harten Gegenstand einfach festgestellt werden. Häufig treten die Fehlstellen vermehrt im unteren Wandbereich auf. Es handelt sich um ein Phänomen, welches bei beschichteten Reservoirkammern ziemlich häufig auftritt. Systematische Untersuchungen ergaben, dass sowohl die Wasserzusammensetzung als auch das Beschichtungsmaterial selbst einen Einfluss haben können. In den allermeisten Fällen sind aber Ionenströme dafür verantwortlich. Aufgrund ungewollter Verbindungen vorhandener Anoden (z.B. korrodierende Metalloberflächen) und Kathoden (z.B. Edelstahlleitungen, Bewehrung) fließt ein geringer Strom und Ionen werden aus der Beschichtung abtransportiert. Es handelt sich um einen laufenden Prozess, welcher ohne Gegenmassnahmen immer weiter fortschreitet und nicht nur die Beschichtung, sondern danach auch den darunterliegenden Konstruktionsbeton angreift. Die Geschwindigkeit des Zersetzungs Vorgangs kann sehr unterschiedlich sein.

Einzelne, örtlich vorhandene braune Punkte in einer Wasserkammer sind kein Grund zur Beunruhigung. Die Schäden haben aber meist eine Ursache, weshalb es ratsam ist, diese zu ermitteln. Ein einfacher Ersatz einer Beschichtung ohne Untersuchung und Unterbindung der Ursachen kann deshalb relativ rasch zur Beschädigung der neuen Beschichtung führen. Im Zweifelsfall sollte man deshalb bei braunen Flecken lieber zu früh als zu spät etwas dagegen unternehmen.

## 1.5. Rostige Stellen

Rostige, rote Stellen bedeuten meist, dass die dahinterliegende Bewehrung korrodiert. Bei fortschreitender Korrosion kann der Substanzverlust an Bewehrung im schlimmsten Fall die Tragfähigkeit der Konstruktion gefährden. Normalerweise ist die Bewehrung durch das basische Porenwasser passiv geschützt. Durch Karbonatisierung (Einwirkung von Kohlendioxid) kann diese Schutzwirkung verloren gehen und die Bewehrung beginnt zu korrodieren.

Die Karbonatisierung von Beton beginnt von der wasserberührten Fläche her. Armierungseisen, die eine geringe Bewehrungsüberdeckung aufweisen sind deshalb stärker gefährdet. Das gleiche gilt auch für Bindedrähte, welche vor dem Betonieren nicht konsequent zurückgebogen wurden. Sie können relativ rasch punktuelle Roststellen verursachen, insbesondere im modernen Reservoirbau mit roher Betonoberfläche ohne Beschichtung.

Sind rostige Stellen vorhanden, sollten die Bewehrungsüberdeckung und die Karbonatisierungstiefe der Konstruktion überprüft werden.

## 1.6. Kalkaussinterungen

Weisse Stellen oder Ablagerungen deuten auf Kalkaussinterungen hin. Dabei handelt es sich um im Beton enthaltenes Kalziumhydroxid, welches an die Oberfläche transportiert worden ist. Dieses reagiert mit Kohlenstoff zu wasserunlöslichem Kalziumkarbonat. Meist treten diese Aussinterungen bei Haarrissen im Beton auf. Wenn die Aussinterungen abgeklungen sind, haben sie den Riss geschlossen. Kalkaussinterungen sind ein natürlicher Teil der Betonbauweise und beeinträchtigen die Tragfähigkeit und

Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks nicht. Falls in der Reservoirkammer eine kathodische Korrosionsschutzanlage mit Opferanode installiert ist, können Kalkaussinterungen auch durch einen zu hoch eingestellten Schutzstrom auftreten.

Entfernen lassen sich Aussinterungen durch Abbürsten oder Sandstrahlen. Sie können aber auch belassen werden, da ihre chemische Zusammensetzung absolut keine Gefahr für die Trinkwasserqualität bedeutet.

Dauernde Auswaschungen, insbesondere an der Untersicht der Decken deuten hingegen auf Undichtheiten und einen Wasserzutritt von aussen hin und sollten dringend genauer untersucht werden.

### **1.7. Wurzeleinwuchs**

Wurzeln von Pflanzen suchen das Wasser und entwickeln dabei erstaunliche Kräfte. Bei älteren, etwas weniger dichten Betonkonstruktionen kann es deshalb vorkommen, dass Wurzeln einen Weg in die Wasserkammer finden. Dies kann im Deckenbereich erfolgen, wenn diese keine oder eine ungenügende Abdichtung hat. Tiefenwurzler können mit ihren Wurzeln aber auch bis in den Bodenbereich von Wasserkammern eindringen.

In diesem Fall ist ein sofortiges Handeln unabdingbar. Wenn eine Wurzel eindringen kann, ist das Bauwerk nicht mehr dicht. Es besteht deshalb jederzeit die Möglichkeit, dass auch verschmutztes Oberflächenwasser in die Kammer gelangen kann.

### **1.8. Rotbraune Verfärbungen**

Meist deuten rotbraune Verfärbungen der Wasserkammern auf das Vorhandensein von Eisen-Manganverbindungen hin. Wässer mit hohem Eisenanteil weisen tendenziell auch einen relativ geringen Sauerstoffgehalt auf und können Huminstoffe beinhalten. Ihre Qualität sollte besonders gut auf Bakteriologie und Chemie überprüft werden. Heute gibt es immer bessere Systeme, mit welchen kritische Parameter laufend gemessen und sogar überwacht werden können.

Grundsätzlich haben diese Verfärbungen keine negativen Einflüsse auf die Trinkwasserqualität. Bei störender Optik können sie mit speziellen chemischen Mitteln zu einem grossen Teil wieder entfernt werden.

## **2. Grundlagenerhebung**

### **2.1 Vorgehen**

Werden Beschädigungen entdeckt, kann der Betreiber allenfalls aus eigener Erfahrung abschätzen, ob diese geringfügig oder nicht relevant sind, um weitere Untersuchungen zu veranlassen oder Massnahmen einzuleiten. In jedem Fall ist zu empfehlen, die Beschädigungen örtlich und im Ausmass fotografisch zu dokumentieren. Nur so kann Klarheit geschaffen werden bezüglich eines allfälligen Fortschreitens der Beschädigungen im Verlauf der Jahre.

Wenn die Beschädigungen zu gross oder zu kritisch sind, als dass einfach ein weiteres Jahr zugewartet werden kann, sollte ein Fachingenieur beigezogen werden. Dasselbe gilt auch, wenn sich der Betreiber nicht ganz sicher ist bezüglich der Relevanz der Beschädigungen.

Beim Fachingenieur sollte es sich um einen versierten Wasserbauingenieur mit Erfahrung handeln. Dadurch kann einerseits sichergestellt werden, dass die Beschädigungen umfassend erkannt und die richtigen Untersuchungen eingeleitet werden. Andererseits ist auch garantiert, dass die gesamte Reservoiranlage und weitere relevante Faktoren betrachtet und daraus die richtigen Schlüsse bezüglich des weiteren Vorgehens gezogen werden.

## **2.2 Aufgaben Fachingenieur**

In erster Linie sind der Zustand der Reservoiranlage und insbesondere der vorhandenen Beschädigungen optisch aufzunehmen und zu beurteilen. Es ist abzuschätzen, ob ein sofortiges Handeln nötig ist, oder ob mit Sanierungsmassnahmen noch zugewartet werden kann.

Der Fachingenieur definiert, veranlasst und begleitet weitergehende Untersuchungen. Allenfalls führt er diese teilweise auch selbst durch.

Anhand sämtlicher Informationen wird ein Sanierungskonzept erarbeitet. Dabei gilt es, verschiedene Varianten zu vergleichen und mit dem Auftraggeber zu besprechen. Es sind verschiedenste Massnahmen denkbar, welche die ganze Palette von einer örtlichen Instandsetzung bis zu einem Reservoirneubau abdecken.

Wenn keine unmittelbaren Massnahmen nötig sind, nimmt der Fachingenieur die vorhandenen Beschädigungen auf, misst sie ein und fotografiert sie. Falls nötig, erstellt er Referenzflächen, anhand welcher der weitere Verlauf von Beschädigungen dokumentiert werden kann.

## **2.3 Grundlagen**

Es ist sehr hilfreich, wenn Pläne der vorhandenen Reservoiranlage vorhanden sind. Die Erfahrung zeigt, dass die Plandokumentation leider oft mangelhaft bis nicht vorhanden ist. Dadurch gehen wertvolle Informationen verloren, welche unter Umständen erst im Rahmen der Ausführung ans Tageslicht gelangen und unvorhergesehene Kosten auslösen können. Der Betreiber sollte deshalb falls nötig sein Recht auf aktuelle Pläne des ausgeführten Werkes beim Ingenieur einfordern, sowohl bei Neubauten als auch bei Sanierungsprojekten. Zudem hat der Betreiber sicher zu stellen, dass die Ausführungsdokumentation an einem Ort abgelegt wird, wo sie auch nach Jahrzehnten wieder gefunden werden kann.

Insbesondere bei kostspieligen Sanierungen ist es wichtig zu wissen, ob das Reservoir in seiner aktuellen Grösse und Höhenlage auch eine Zukunft hat. Darüber gibt das Generelle Wasserversorgungsprojekt GWP Auskunft. Ist eines vorhanden, so ist es in jedem Fall als Grundlage beizuziehen. Andernfalls liegt es in der Verantwortung des Fachingenieurs, entsprechende Überlegungen anzustellen als Grundlage für den Entscheid bezüglich des weiteren Vorgehens.

Die vorhandenen Trinkwasseranalysen sind ein wichtiges Instrument, um den allfälligen Einfluss der Wasserzusammensetzung auf allfällige Schäden beurteilen zu können. Insbesondere die Wasserhärte, das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht und der Sulfatgehalt sind als relevante Indikatoren zu beachten.

## 2.5 Visuelle Zustandsaufnahme

Es ist wichtig, nicht nur die Beschädigungen isoliert zu betrachten, sondern den Zustand der gesamten Reservoiranlage mit Wasserkammern und Schieberhaus in baulicher, qualitativer und sicherheitstechnischer Hinsicht zu untersuchen. Dazu gehören nebst der Konstruktion auch sämtliche Einbauten.

## 2.6 Weitergehende Untersuchungen

Es sind verschiedene weitergehende Untersuchungen denkbar.

Sondagen zum Freilegen von Reservoirdecken und –wänden geben Aufschluss über den vorhandenen äusseren Schutz (Abdichtung, Abdichtungsart, Isolation, Anstriche, Filterplatten, etc.)

Die Oberflächenfestigkeit von Betonkonstruktion oder Beschichtungen in den Wasserkammern kann mit dem Rückprallhammer oder Schmidt-Hammer gemessen werden. Mittels einem Profometer wird die Bewehrungsüberdeckung festgestellt.

In diversen Reservoiren befinden sich asbesthaltige Eternitteile. Hauptsächlich sind dies alte Wasserstandsrohre, verlorene Stützenschalungen und Anstriche von Leitungen. Es ist wichtig, sich bereits im Rahmen der Zustandserhebung darüber Gewissheit zu verschaffen, da Asbestsanierungen relativ kostenintensiv sein können.

Wichtige Hinweise liefert die Entnahme von Kernbohrungen. Anzahl und Orte werden durch den Fachingenieur zusammen mit dem Betonprüflabor bestimmt. Nach der Entnahme der Kernbohrungen müssen die Bohrlöcher im Normalfall mit einem schnellbindenden Mörtel mit Trinkwasserzulassung vergossen werden. Die Kernbohrungen geben Aufschluss über den Konstruktionsaufbau. Es ist wichtig zu wissen, ob zum Beispiel auf der Bodenplatte ein Überzugsmörtel vorhanden ist. Auch auf Wänden und Stützen können Mörtelüberzüge vorhanden sein. Zudem können die Schichtdicken der Mörtel und von Beschichtungen bestimmt werden.

Die Karbonatisierungstiefe des Betons kann in den Bohrlöchern oder an aufgespitzten Stellen vor Ort bestimmt werden mittels Aufsprühen eines Indikators. Sie gibt Hinweise auf das Korrosionsrisiko der Bewehrung und ist vor allem an Bauteilen an der Luft relevant (Kammerdecken).

Ebenfalls durch den Fachingenieur festzulegen sind die Prüfungen, welche im Labor an den Bohrkernen durchgeführt werden sollen. Die Prüfung der Haftzugfestigkeiten gibt Auskunft darüber, wie gut der Verbund der einzelnen Schichten ist. Die Bestimmung der Wassereindringtiefe liefert Anhaltspunkte bezüglich der Wasserdichtigkeit. Die Messung der Porosität gibt Aufschlüsse über den Allgemeinzustand einer Schicht und den Widerstand gegen Auslaugung.

Insbesondere beim Auftreten von braunen Flecken sollten Potentiallinien- und Erdungsmessungen durchgeführt werden. Dadurch können mögliche Ursachen von Streuströmen entdeckt und mit geeigneten Massnahmen beseitigt werden. Dies können zum Beispiel falsch geerdete Anlageteile, nicht vorhandene oder nicht korrekt ausgebildete Isoliertrennstellen, ungewollte Kontakte von Metallen mit unterschiedlichen Spannungspotenzialen oder Verbindungen von elektrisch aufgetrennten Teilen über den Potentialausgleich (Erdung) sein.