

RESERVOIRSANIERUNG MIT EDELSTAHLAUSKLEIDUNG

ZWEI PRAXISBEISPIELE AUS DEM LAUFENTAL

Viele Trinkwasserversorgungen kennen das Problem von Reservoirs, die im Laufe ihrer Nutzungsdauer Verfärbungen, aufgeweichte Stellen oder sogar bereits Löcher und Abplatzungen an den Kammerinnenflächen aufweisen. Eine dauerhafte Lösung bietet hierbei die Auskleidung der Kammern mit Edelstahl, einem bevorzugten Baustoff im Lebensmittelbereich. Anhand von zwei Praxisbeispielen im Laufental (Kanton BL) wird diese in der Schweiz noch eher unbekannt Sanierungsmethode vorgestellt.

Steffen Oberholzer; Marc Huber*, Holinger AG

RÉSUMÉ

ASSAINISSEMENT DE RÉSERVOIR ET REVÊTEMENT EN ACIER INOXYDABLE

Les assainissements de réservoir grâce au revêtement en acier inoxydable restent largement méconnus en Suisse. Voici deux exemples pratiques réalisés dans le district de Laufon (canton BL) dans lesquels cette méthode a été utilisée: durant l'assainissement, des tôles en acier inoxydable ont été soudées sur place, dans la chambre, sur une sous-structure pour constituer une surface entièrement close. Les conduites d'évacuation, de prélèvement et de remplissage ainsi que la porte pression ont pu également être soudées directement aux tôles en acier inoxydable. Au-dessus du niveau d'eau maximal, le revêtement a été joint à la construction existante à l'aide d'un raccordement étanche au gaz. Les coûts d'investissement ont été plus élevés d'environ un tiers par rapport à d'autres variantes d'assainissement. Mais grâce à une plus longue durée d'utilisation, l'assainissement par revêtement en acier inoxydable est considéré rentable sur le long terme. Le matériau de haute qualité doté d'une surface lisse, dure et homogène est également facile à nettoyer. Il est déjà utilisé depuis longtemps dans le secteur alimentaire en raison de ses propriétés hygiéniques. Les exemples de Laufon et Wahlen ont montré que les assainissements de réservoir par revêtement en acier inoxydable pouvaient être réalisés avec succès et de façon rentable.

EINLEITUNG

Bei vielen Trinkwasserreservoirs in der Schweiz treten im Laufe ihrer Nutzungsdauer Probleme mit den Kammerinnenflächen auf. Häufig sind es der Konstruktionsbeton oder die Beschichtung, die Verfärbungen, aufgeweichte Stellen oder sogar bereits Löcher und Abplatzungen aufweisen. Dadurch ist nicht nur die einwandfreie Qualität und Hygiene des Trinkwassers nicht mehr gewährleistet, auch ist die Bausubstanz aus statischer Sicht mittelfristig gefährdet. Dies macht eine Sanierung unumgänglich. *Aqua & Gas N° 1/15* gibt einen ausführlichen Überblick über die Grundlagen, Methoden und Erfahrungen zu Reservoirsanierungen. Unter anderem wird auch die Auswahl des wasserbenetzten Oberflächensystems bei Reservoirsanierungen thematisiert [1] und in folgende Kategorien unterteilt:

Beschichtungen

- Mineralische Beschichtung
- Polymerbeschichtung (Epoxidharz)

Auskleidungen

- Kunststoff-Auskleidungen (Polyethylen-(PE-)Platten, Folien)
- Edelstahlauskleidungen
- Auskleidungen mit Fliesen oder Glasplatten

* Kontakt: marc.huber@holinger.com

Epoxidharzbeschichtungen werden eher in Spezialfällen eingesetzt, auch ist die Auskleidung mit Fliesen oder Glasplatten wegen den Fugen für Reservoirsanierungen nicht zu empfehlen. Bleiben noch die mineralische Beschichtung, die in der Schweiz am häufigsten eingesetzte Sanierung, sowie die Auskleidung mit Kunststoff (PE-Platten oder Folien). Edelstahlauskleidungen sind in der Schweiz noch weitgehend unbekannt. In Deutschland hingegen ist diese Sanierungsvariante weiter verbreitet. So wurden beispielsweise die Erfahrungen der Fernwasserversorgung Franken (D) an der SVGW-Wasserfachtagung 2015 vorgestellt [2].

Bei einer Reservoirsanierung durch Edelstahlauskleidung wird in den betroffenen Kammern passgenau und ohne signifikanten Volumenverlust ein neuer Behälter aus vor Ort verschweissten Edelstahlblechen hergestellt. Die Edelstahlauskleidung weist folgende positive Eigenschaften auf:

- Die Bausubstanz (Beton/Mörtel) wird vom Trinkwasser abgekoppelt. Dadurch können Korrosionsprozesse der Bausubstanz unterbunden werden.
- Die glatte, harte und homogene Metalloberfläche gewährleistet eine gute Trinkwasserhygiene.
- Durch das hochwertige, korrosionsbeständige und verschleissarme Material ist die Nutzungsdauer deutlich höher als bei anderen Sanierungsvarianten (mineralische Beschichtung, Kunststoffauskleidung).

PRAXISBEISPIELE

AUSGANGSLAGE UND PROBLEMATIK

Die Stadt Laufen und die benachbarte Gemeinde Wahlen im Kanton Baselland wurden vor einigen Jahren jeweils mit dem bereits genannten Problem konfrontiert: Zwei Trinkwasserreservoirs mit schadhafte Kammerinnenflächen, welche die hygienischen Anforderungen nicht mehr erfüllten sowie mittelfristig die Bausubstanz gefährdeten (Fig. 1 und Tab. 1). Aufgrund des bereits fortgeschrittenen Prozesses war der Einbau eines kathodischen Korrosionsschutzes hinfällig, die Kammern mussten saniert werden.

In einem ersten Schritt wurde die Betonqualität (Betondruckfestigkeit, Karbonatisierungstiefe, Haftzugfestigkeit) geprüft sowie der gesamte Sanierungsbedarf (Rohrleitungen, Armaturen, Be-/Entlüftung, Elektroinstallationen, Messtechnik



Fig. 1 Reservoir Wahlen mit schadhafte Kammerinnenflächen vor der Sanierung.

und Steuerung, Ausrüstung sowie Aussenbereich) ausführlich aufgenommen. Basierend auf diesen Grundlagen wurde dann das Sanierungskonzept mit dem Ziel erarbeitet, das Reservoir wieder auf den aktuellen Stand der Technik zu bringen.

Für die Sanierung der Kammerinnenflächen wurde ein Variantenvergleich auf Stufe Machbarkeit mit den Varianten mineralische Beschichtung, Kunststoffauskleidung sowie Edelstahlauskleidung durchgeführt. In beiden Fällen wurde daraufhin die Sanierung durch Edelstahlauskleidung gewählt, obwohl die Kosten für diese Variante höher geschätzt wurden. Ausschlaggebend für diesen Entscheid war, dass es sich bei beiden Reservoirs um vergleichsweise junge Bauwerke (Baujahr 1990 bzw. 1999) mit einer noch guten Betonqualität handelte. Es konnte also davon ausgegangen werden, dass diese jeweils noch ungefähr weitere 50 Jahre betrieben werden können. Aus diesem Grund würde sich die Sanierung mit dem hochwertigen Material, das eine lange Nutzungsdauer verspricht, durchaus lohnen. Aufgrund seiner glatten Oberfläche und guten hygienischen Eigenschaften ist Edelstahl zudem ein bevorzugtes und erprobtes Material aus dem Lebensmittelbereich – somit also prädestiniert für den Einsatz im Trinkwasserbereich.

In einem zweiten Schritt wurde ein Bauprojekt inkl. Kostenvoranschlag für die gesamten Sanierungsmassnahmen erstellt. Nach Genehmigung der Baukredite durch die jeweiligen Gemeindeversammlungen wurde mit der Realisierung begonnen.

TECHNISCHE AUSFÜHRUNG

Die Grundelemente waren gebeizte Edelstahlbleche (Werkstoff 1.4404, umgangssprachlich: V4A) in Standardgrösse, die in der Kammer miteinander verschweisst wurden. Die Bleche wurden an den Wänden entweder auf eine Unterkonstruktion wie im Reservoir Fluh, Laufen, (Fig. 2 und 3) oder direkt auf die Kammerinnenflächen wie im Reservoir Wahlen (Fig. 4) montiert und miteinander verschweisst. Im Bereich des Reservoirbodens wurde jeweils eine Unterkonstruktion aus Edelstahlprofilen erstellt (Fig. 4). Die Zwischenräume in der Rahmenkonstruktion wurden vor der Montage der Bodenbleche mit Rundsplitt aufgefüllt, um so den Lastabtrag von den Blechen auf den bestehenden Reservoirboden zu gewährleisten. In den Ecken und Übergangsbereichen wurden speziell angepasste Bleche eingesetzt, Spezialteile wie Rohrdurchführungen und Drucktüren waren bereits

	Reservoir Fluh, Laufen	Reservoir Wahlen
Gesamtinhalt	700 m ³	750 m ³
Kammern	2 unterschiedlich grosse, rechteckige Kammern	Rundes Reservoir mit 2 Kammern
Baujahr	1999	1990
Sanierung	2017	2018
Art der Sanierung	- Edelstahlauskleidung - Montage auf Unterkonstruktion an Boden und Wänden (zusätzliche Inspektionmöglichkeiten)	- Edelstahlauskleidung - Montage auf Unterkonstruktion am Boden, Wandbleche direkt auf bestehende Kammerinnenflächen
Weiteres	- jeweils eine Kammer in Betrieb - diverse Anpassungen an Verrohrung und Reservoirsrausrüstung	- jeweils eine Kammer in Betrieb - diverse Anpassungen an Verrohrung und Reservoirsrausrüstung

Tab. 1 Die beiden Praxisbeispiele im Überblick.



Fig. 2 Reservoir Fluh, Laufen: Erstellung der Unterkonstruktion an den Wänden.



Fig. 3 Reservoir Fluh, Laufen: Verschweissung der Edelstahlbleche an den Wänden.

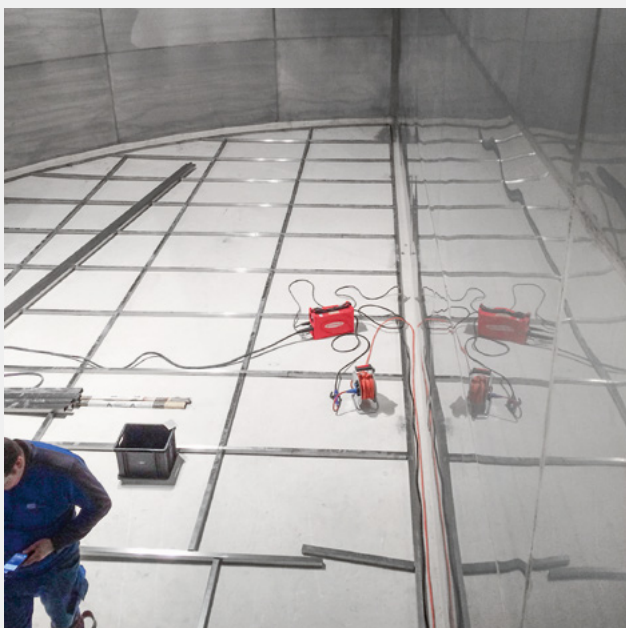


Fig. 4 Reservoir Wahlen: Erstellung der Boden-Unterkonstruktion aus Edelstahlprofilen. Die Zwischenräume wurden anschliessend mit Rundsplitt verfüllt (Lastabtrag) und die Edelstahlbleche auf der Unterkonstruktion verschweisst.

aus Edelstahl und konnten direkt mit den Edelstahlblechen verschweisst werden (Fig. 5 und 6). Eine spezielle Herausforderung war jeweils die Auskleidung des Entleerungssumpfes (Fig. 7), da dort die Platzverhältnisse eng sind und auf kleinem Raum diverse Rohrleitungen in die Kammer geführt werden, die alle mit der Auskleidung verschweisst werden mussten (Befüllung, Entnahme, Entleerung, Überlauf). So wurde im gesamten wasserbenetzten Bereich eine komplett verschweisste Oberfläche erstellt (Fig. 8). Oberhalb des maximalen Wasserspiegels wurde die Auskleidung mit einer gasdichten Verbindung an die bestehende Bausubstanz angeschlossen. Die gesamte Ausführung mit den objektspezifischen Details verlangte vom ausführenden Unternehmer auf jeden Fall erhöhte Anforderungen in Bezug auf die Schweisstechnik sowie Sensibilität für das Arbeiten im Lebensmittelbereich.

Durch den modulartigen Aufbau und die Fertigung vor Ort können grundsätzlich alle Kammergeometrien (rechteckig, rund) und alle Kammergrössen ausgekleidet werden. Bei den beiden Praxisbeispielen handelte es sich um ein rundes Reservoir mit zwei gleich grossen Kammern (Gesamtvolumen 750 m³) und um ein Reservoir mit zwei unterschiedlich grossen rechteckigen Kammern (Gesamtvolumen 700 m³).

Bei beiden Reservoirs wurden neben der Kammerauskleidung auch weitere Sanierungs- und Ersatzmassnahmen durchgeführt, u. a. Ausbau des Löschbogens und Vorhaltung der Löschreserve über das Leitsystem, neue Kammerbeleuchtung, Notstromanschluss, redundante Niveaumessung, Ersatz von einzelnen Rohrleitungen und Armaturen sowie die Umsetzung eines Erdungskonzepts. Ein zentraler Punkt war jeweils die komplette Trennung der beiden Kammern, sodass bei Reinigungs- oder Sanierungsarbeiten in einer Kammer keine Verschmutzung über die Luft in das Trinkwasser der anderen Kammer gelangen kann. Zu dieser Massnahme gehört zwingend auch die separate Be- und Entlüftung über einen Luftfilter sowie der Einbau eines separaten siphonierten Überlaufs für jede einzelne Kammer. Diese Arbeiten wurden als Erstes durchgeführt, sodass anschliessend die ganze Sanierung unter Betrieb von immer mindestens einer Reservoirkammer durchgeführt werden konnte.

Die Sanierungen dauerten von der Entleerung bis zur Inbetriebnahme jeweils zwischen zwei und vier Monate pro Kammer (inkl. aller weiteren Sanierungsmassnahmen sowie Qualitätssicherung, Dichtheitsprüfung, Abnahmen, Reinigung, Desinfektion gemäss SVGW W6 [3] und Befüllung).

BETRIEB

Für den Betrieb der Reservoirs waren keine Änderungen im Vergleich zum Ausgangszustand nötig. Sämtliche Funktionen wie z. B. Bewirtschaftung, Vorhaltung der Löschreserve, Zugänglichkeit, Entnahme von Trinkwasserproben, optische Kontrolle der Wasseroberfläche usw. blieben erhalten. Die glatte Oberfläche lässt sich mit den entsprechenden Reinigungsprodukten für Edelstahl effizient und gut reinigen.

Durch die nun sehr grosse Edelstahlfläche besteht ein grosses Potenzial zur Korrosion von unedleren Metallen wie z. B. Gussteile. Um dies zu vermeiden, wurde von Anfang an ein Erdungskonzept erstellt und die Edelstahlbauteile unter anderem konsequent von den Gussbauteilen getrennt (elektrisch isoliert). Zusätzlich kann bei den regelmässigen Kontrollrundgängen nun die Dichtheit der Auskleidung bzw. ktive der bestehenden



Fig. 5 Die bestehenden Quelleinlaufleitungen wurden mit der neuen Edelstahlauskleidung verschweisst.



Fig. 6 Reservoir Wahlen: fertiggestellte Edelstahlauskleidung.

Bausubstanz überwacht werden, da der Zwischenraum zwischen der Auskleidung und der bestehenden Bausubstanz an eine Kontrollöffnung angeschlossen ist (s. unten).

ÜBERWACHUNG UND INSPEKTION

Bei einer Undichtheit der Auskleidung oder auch bei einer Undichtheit der bestehenden Bausubstanz gelangt das austretende Wasser in den Zwischenraum zwischen Betonkonstruktion und Auskleidung. In diesem Zwischenraum fließt das Wasser dann entweder an den Wänden entlang abwärts bis zum Wandfuss oder wird durch die Rasteraufteilung in der Unterkonstruktion auf dem Boden ebenfalls bis zum Wandfuss geleitet. Von dort fließt es weiter bis zum Entleerungssumpf und über eine Kontrollöffnung bis in den Rohrkeller, wo mit einem Blick kontrol-

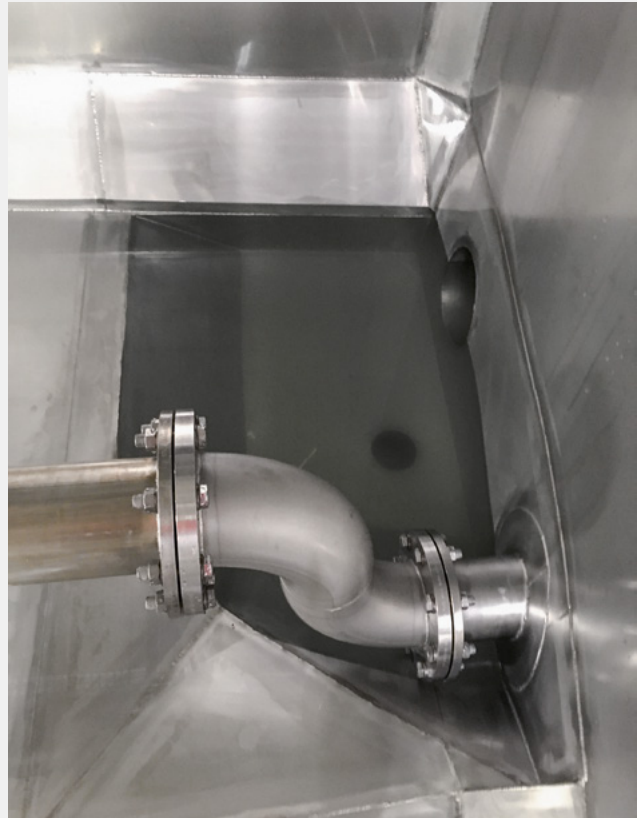


Fig. 7 Detailansicht des neuen Entleerungssumpfes (teilgefüllt) mit Befüllungs-, Entnahme- und Entleerungsleitung.

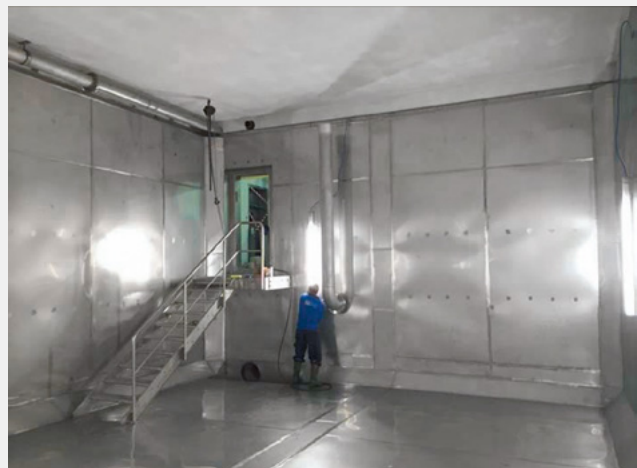


Fig. 8 Reservoir Fluh, Laufen: fertiggestellte Edelstahlauskleidung.

liert werden kann, ob Wasser fließt oder nicht. Bei Wasserfluss aus der Kontrollöffnung können mit einer Kamerabefahrung der extra dafür vorgesehenen Inspektionskorridore entlang des Wandfusses (Fig. 9) allfällige Leckagen unter Betrieb gesucht und auf noch wenige Quadratmeter eingegrenzt und die notwendigen Massnahmen geplant werden.

In Laufen wurden neben dem Inspektionskorridor entlang des Wandfusses zusätzliche Inspektionskorridore in der Unterkonstruktion des Bodens sowie der Wände realisiert, damit allfällige Leckagen noch besser eingegrenzt werden können.

Bei Bedarf kann auch eine Wasserprobe des austretenden Wassers genommen werden, damit Rückschlüsse auf die Herkunft des Wassers gemacht werden können: Handelt es sich um Trinkwasser aus der Kammer oder aber um Sickerwasser,



Fig. 9 Kamerabefahrung eines Inspektionskorridors entlang des Wandfusses.

das durch die bestehende Bausubstanz eingedrungen ist?

WIRTSCHAFTLICHKEIT

Bei den beiden sanierten Reservoirs lagen die Investitionskosten für eine Edelstahlauskleidung rund einen Drittel höher im Vergleich zu den anderen Sanierungsvarianten. Hierbei muss zusätzlich beachtet werden, dass die Kosten zu einem grossen Teil vom Materialpreis für Edelstahl abhängig sind, und dass dieser den teils starken Schwankungen des globalen Rohstoffmarkts unterworfen ist.

Die höheren Investitionskosten können aber auch einer längeren Nutzungsdauer gegenübergestellt werden. Bei einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung über die gesamte Lebensdauer ist die Edelstahlauskleidung aufgrund der längeren Nutzungsdauer oftmals sehr interessant. Dies trifft insbesondere bei einer langen Restnutzungsdauer des zu sanierenden Reservoirs zu.

FAZIT

Edlestahlauskleidungen sind eine interessante Alternative zu den in der Schweiz gängigen Verfahren zur Reservoirsanierung. Die Investitionskosten sind zwar

etwas höher, aber dafür kann mit einer längeren Nutzungsdauer gerechnet werden. Das hochwertige Material mit glatter, harter und homogener Oberfläche ist zudem gut zu reinigen und wird im Lebensmittelbereich aufgrund der guten hygienischen Eigenschaften bereits seit langer Zeit eingesetzt. Langzeiterfahrungen im Bereich der Reservoirsanierungen müssen aber teilweise noch gemacht werden, v. a. dem Zustand der Schweissnähte muss besondere Beachtung geschenkt werden. Sollten im Laufe der Nutzungsdauer trotz der getroffenen Massnahmen lokale Problemstellen auftreten, können diese aber grundsätzlich auch lokal wieder behoben werden (z. B. Ersatz eines Bleches oder Nachschweissen einer Schweissnaht).

Allgemein kann gesagt werden, dass die regelmässige und kritische visuelle Kontrolle der Bausubstanz und der Oberflächen nach wie vor von zentraler Bedeutung beim Betrieb von Trinkwasserreservoirs ist. Dadurch können allfällige Probleme frühzeitig erkannt und allenfalls mit kleinen Massnahmen behoben werden, bevor ein grösserer Schaden entsteht. Ist aber eine Sanierung erforderlich, lohnt sich eine detaillierte Zustandsaufnahme und eine sorgfältige Definition der Sanierungsmassnahmen unter Berücksich-

tigung der technischen, betrieblichen und finanziellen Rahmenbedingungen. Basierend auf einem Variantenvergleich mit Abwägung zwischen den Vor- und Nachteilen kann für jeden Einzelfall individuell die sinnvollste Sanierungsmethode gewählt werden. Zusammenfassend sind Edelstahlauskleidungen dann prüfungswert, wenn mindestens einer der folgenden Punkte zutrifft:

- Restnutzungsdauer > 20 Jahre
- Risse, Undichtigkeit
- fortgeschrittene Korrosionsprozesse der Bausubstanz
- Kunststoffschaum nicht erwünscht
- aggressives Wasser, das zementgebundene Baustoffe angreift (schneller Verschleiss von Mörtelschichten)

Bei der Realisierung einer Edelstahlauskleidung muss schliesslich sorgfältig abgeklärt werden, in welchem Beschaffungsverfahren (gemäss den Vorgaben der kantonalen Beschaffungsstellen) und in welchem Umfang die Arbeiten ausgeschrieben werden sollen. Dazu ist in der Regel ein detailliertes Ausführungsprojekt unabdingbar, damit sämtliche relevanten Rahmenbedingungen und technischen Aspekte in die Submission einfließen können. Beispielsweise muss die genaue Materialspezifikation und Oberflächenbehandlung des Edelstahls mit der Zusammensetzung der Wasserinhaltsstoffe und der vorgesehenen Nutzung abgestimmt werden.

Die Beispiele in Laufen und Wahlen haben gezeigt, dass Reservoirsanierungen durch Edelstahlauskleidung erfolgreich und wirtschaftlich durchgeführt werden können. Seit der Fertigstellung 2017 bzw. 2018 sind die beiden Reservoirs ohne Probleme in Betrieb und erfüllen die Erwartungen der Wasserversorgungen voll und ganz.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Bucheli, M. (2015): Eintauchen in die Welt der Reservoirs, Aqua & Gas Nr. 3, S. 100
- [2] Haas, K. (2015): Reservoirsanierung - Möglichkeiten der Sanierung: Beschichtung oder Auskleidung, Aqua & Gas Nr. 1, S. 36
- [3] SVGW (2004): Richtlinie W6 für die Projektierung, Bau, Betrieb von Wasserbehältern