

Zeitschrift: Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung für Landesplanung

Band: 16 (1959)

Heft: 2

Artikel: Eisenbetontanks für flüssige Lagergüter über ausnutzbaren Grundwasservorkommen

Autor: Bosshard, E.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-783619>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 16.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Eisenbetontanks für flüssige Lagergüter über ausnutzbaren Grundwasservorkommen

Von dipl. Ing. E. Bosshard, Direktor der Wasserversorgung Zürich

Es ist mir von der Schweiz. Vereinigung für Gewässerschutz die Aufgabe übertragen worden, am Symposium der Föderation Europäischer Gewässerschutz schweizerische Auffassungen und Praxis über die Lagerung flüssiger Kraft- und Brennstoffe in Eisenbetontanks darzustellen. Wir sind uns in der Schweiz durchaus einig über die Notwendigkeit einer wirkungsvollen Bekämpfung der überhandnehmenden Verölung unserer ober- und unterirdischen Gewässer; über das «Wie» bestehen aber auch in unserem kleinen föderativen Staate noch auseinandergehende Meinungen, obwohl wir bereits über eine zwölfjährige Abwehrpraxis verfügen. Eine klare Darstellung des komplexen Problems brachten uns 1954 die «Richtlinien zum Schutze des Grundwassers gegen Verunreinigung durch Lagerflüssigkeiten». Letztere sind im Auftrage des Schweiz. Vereins von Gas- und Wasserfachmännern durch eine paritätische Kommission bearbeitet worden und als Orientierung und Empfehlung an die Behörden der 22 Kantonsregierungen gerichtet. Als ehemals mitarbeitendes Kommissionsmitglied sehe ich heute meine Aufgabe in erster Linie in der Vermittlung des Ideengutes der erwähnten Kommissionsarbeit und deren Kommentierung. Meine zwölfjährige Praxis als Chef einer sehr stark beanspruchten Ueberwachungsstelle für Tankeinbauten über Grundwasser dürfte auch für einige persönliche Kriterien ausreichend legitimieren.

1. Eisenbetontanks in älterer und neuerer Zeit

Seitdem der Eisenbetonbau als vollwertiges Bauverfahren anerkannt ist — d. h. seit etwa 50 Jahren —, gibt es Firmen, die den Tankbau in dieser Bauweise als Spezialität betreiben. Zunächst wurde vornehmlich die Lagerung verhältnismässig hochwertiger Flüssigkeiten, wie Wein, Obstwein, Bier, Speiseöle usw., gepflegt, wobei das Hauptgewicht der «Spezialität» in der Auskleidung des Behälters durch keramische Platten oder Glasscheiben mit geeigneter Fugendichtung lag. Diese Tankbauten wurden stets auf fachmännisch solider Grundlage ausgeführt und haben unseres Wissens als durchaus brauchbares Bauverfahren allgemeine Anerkennung gefunden. Dabei handelt es sich aber meist um Anlagen bescheidenen Ausmasses. Als im Jahre 1946 die Oeltankinvasion bei uns begann, bestand kein Grund, diese Spezialfirmen von der Erstellung solcher Tanks auszuschliessen. Es entwickelte sich aber rasch eine ganz andere Situation. Die Nachfrage nach billigen Behältern rief in kürzester Zeit eine ganze Reihe von «Spezialisten» auf den Plan, jeder mit einer neuesten Erfindung und preiswerter als alle anderen. Vorfabrizierte Tanks in vielen Varianten und mit Gewichten bis zu mehreren Tonnen wurden

angeboten, andererseits wurden auch grosse Oelreservoirs projektiert und preislich dem Stahltank gegenübergestellt. Die Ausfechtung eines Konkurrenzkampfes zwischen Tankbauunternehmen auf Kosten des Sicherheitsgrades unserer Grundwasserströme gegen Verschmutzung durch Oel musste unter allen Umständen und rasch unterbunden werden.

An diesem Punkte setzte die Arbeit der Schweiz. Tankkommission unter dem Vorsitz von Herrn Prof. P. Schläpfer, Zürich, im Jahre 1952 ein. Die sich stellenden Probleme wurden von Grund auf bearbeitet und alsdann konkrete Vorschläge für schützende Massnahmen gemacht.

2. Grundsätzliche Voraussetzungen

Eine bedingte Zulassung des Eisenbetontanks für nicht explosive, flüssige Lagergüter wurde als unumgänglich bezeichnet. Die Risiken von Kriegsgeschehen konnten grundsätzlich nicht berücksichtigt werden. Eine differenzierte Behandlung der zahlreichen und chemisch verschiedenartigen Lagerflüssigkeiten wurde in bezug auf Schutzmassnahmen gegen die Verunreinigung des Grundwassers als nicht begründet erklärt. Jede neue Tankanlage, die nicht unbedingt an eine Oertlichkeit gebunden ist, soll nicht über ausnutzbarem Grundwasser erstellt werden. Letzteres bezieht sich vornehmlich auf Handels- und Kriegsreservelager.

3. Hauptsächliche Gründe für das Undichtwerden von Eisenbetontanks

Es sind viele Gründe, die zu Undichtheiten bei Eisenbetontanks führen können, und zwar, wie in den schweizerischen Richtlinien vermerkt:

- a) fehlerhafte Konstruktion, Ausführung oder Nachbehandlung;
- b) ungenügende Berücksichtigung der auftretenden Belastungen;
- c) Schwind-, Temperatur- und Kriechrisse;
- d) Ungenügen der inneren Verkleidung zufolge Porosität oder mangelnder Widerstandsfähigkeit gegen die chemischen Eigenschaften des Lagergutes;
- e) Rissbildung zufolge Setzungen;
- f) Rosten der Armierungen und Sprengen des Betons infolge Betonporosität, ungeeigneter Betonzusätze oder vagabundierender Ströme.

Es ist ausser Zweifel, dass beim Eisenbetontank eine viel grössere Zahl von Möglichkeiten und Gründen für das Undichtwerden bestehen als beim Tank aus Stahl. Der Eisenbetontank kann auch erfahrungsgemäss schon unmittelbar nach seiner Fertigstellung undicht und schwer reparierbar sein. Diese Tatsachen

zwingen zu äusserster Vorsicht. Ausgehend von der Praxis des Reservoirbaues für Wasserversorgungen lassen sich grundsätzliche Entscheidungen fällen, die dem Eisenbetontank noch eine beachtliche Lebensberechtigung über Grundwasser bieten. Es ist doch heute ganz allgemein bekannt, dass gut dicht haltende Reservoirs eine allseitig geschlossene Eisenbetonkonstruktion mit enger Maschenarmierung benötigen. Auf scharfe Querschnittsänderungen muss unbedingt verzichtet werden, da sich an solchen Stellen Ueberbeanspruchungen einstellen, denen die innere Verkleidung niemals standhalten kann. Der projektierende Ingenieur hat es also weitgehend in der Hand, einen mehr oder weniger dichthaltenden Behälter zu konstruieren. Dazu braucht es aber gute statische Kenntnisse und vor allem Erfahrung im Behälterbau. Heute konstruiert aber fast jeder Baubeflissene Reservoirs und Tanks, unbeschwert von Spezialkenntnissen und unter Zulassung von Spannungen, wie sie sonst nur im Hochbau üblich sind. Man vergisst dabei, dass die Dehnungen des Stahls mit Rücksicht auf die innere Verkleidung klein sein sollen und dass die effektiven Belastungen tagtäglich zu 100 % in Aktion treten können und nicht nur Ausnahmestände sind, wie dies bei Hochbauten meistens der Fall ist. Die ungenügende Berücksichtigung auftretender Belastungen ergibt, gepaart mit zu hohen zulässigen Spannungen, die Ausgangslage für das frühere oder spätere Versagen der Anlage. Rissbildungen zufolge Schwindens, Temperaturdifferenzen, Kriechens oder Setzungen müssen bei Tankbauten über Grundwasser unter allen Umständen ausgeschaltet werden. Hiezu gibt es nur ein sicheres Mittel, nämlich die Beschränkung der äusseren Abmessungen.

Von ebenso grosser Bedeutung ist die Tauglichkeit der inneren Verkleidung des Tanks, und zwar in dreierlei Beziehung. Diese muss ausreichend elastisch sein, um den Deformationen folgen zu können, sie muss vom Lagergut und dessen eventuellen Ausscheidungen unangreifbar sein und drittens auch mechanische Beanspruchungen bei Reinigungsarbeiten aushalten können.

Mehr sekundärer Natur, aber doch nicht zu vernachlässigen ist die Gefährdung der Dichtheit der Tankanlagen wegen Rostens oder elektrolytischen Abtrages der Armierungen.

Die Kommentierung all dieser möglichen Gründe für ein Undichtwerden von Eisenbetontanks führt automatisch zur Aufstellung von Bauvorschriften, die weit über jene der staatlichen Erlasse hinausgehen, die lediglich die statische Sicherheit der Bauwerke gewährleisten wollen. Die Schweiz. Tankkommission hat in Ergänzung der gültigen staatlichen Normen nachfolgende zusätzlichen Spezialbauvorschriften für Tanks über Grundwasser erlassen:

4. Spezielle Bauvorschriften für Tanks

- a) Der Inhalt einer *unterirdischen* Kammer als bauliche Einheit darf 50 m³ nicht überschreiten, wo-

bei die nutzbare Grundfläche höchstens 20 m² messen darf. Irgendwelche feste Verbindung mit fremden Bauteilen ist nicht statthaft.

- b) Es ist auf gleichmässige und genügende Tragfähigkeit des Baugrundes unter der Lagerfläche zu achten.
- c) Die kleinste Konstruktionsstärke für Sohle, Wände und Decke beträgt 15 cm, die minimale Zementdosierung 300 kg je Kubikmeter fertigen Betons.
- d) Die Armierung ist unter Ausschluss von Betonzugspannungen für δ zul. = max. 1200 kg/cm² zu berechnen. Im Boden sowie in den Wänden ist innen-seitig eine kreuzweise Armierung mit max. 15 cm Maschenweite vorzusehen.
- e) Die Arbeitsfugen sind auf ein Minimum zu beschränken und bedürfen einer besonders sorgfältigen Behandlung.
- f) Alle inneren Kanten sind durch kräftige Vouten zu brechen und durch Armierungen zu verstärken.
- g) Der Anordnung der Tanks unter Fahrwegen oder häufig befahrenen Plätzen ist durch Sonderkonstruktionen Rechnung zu tragen, wobei besonders die Stossbelastungen zu berücksichtigen sind.
- h) Oeffnungen und einspringende Kanten begünstigen Rissbildungen und sind durch genügende, möglichst verteilte Stahlbewehrung dagegen zu sichern.

Ueber die Zulassung und Ausführung von Spezialkonstruktionen, z. B. Vorspannbeton, entscheidet von Fall zu Fall die zuständige Behörde.

Für die Ausrüstung der Tankanlage sind spezielle Vorschriften der Carburamassgeblich.

Man erkennt leicht, dass diese Spezialbauvorschriften für den unterirdischen Tank sehr einschneidender Natur sind. Zwei der grössten Risiken, der vorfabrizierte Kleintank sowie der Grosstank, sind aus den Grundwassergebieten ausgeschlossen worden. Beim Kleintank liegt die Gefährdung einerseits in der meist nicht biegungsfesten Verbindung zwischen Wand und Sohle und andererseits in den dünnen, einschichtig armierten Wandungen, die den effektiv auftretenden statischen Beanspruchungen nicht mit genügender Sicherheit zu entsprechen vermögen und oft durch die Mannlöcher unzulässig geschwächt sind. Die Beschränkung auf 50 m³ Inhalt bzw. 20 m² Grundfläche hat ihren Grund in statischen Ueberlegungen. Bis zu dieser Grösse können die Eisenbetontanks aus kreuzweise armierten Sohlen und Wänden, ohne jeden Zweifel über deren statische Arbeitsweise, konstruiert werden. Bei grösseren Tanks muss die eindeutige, monolithische Konstruktionsweise verlassen werden. Sobald Unterteilungen in den Spannweiten nötig werden, beginnen auch schon divergierende statische Auffassungen über das Tragsystem. Es betrifft dies in erster Linie die konstruktive Ausbildung der Fundamente und die Annahmen über die Verteilung der Sohlenpressungen. Das Risiko beim grösseren Tank wird noch dadurch erhöht, dass in den meisten Fällen die Eisenbetonkonstruktion nur deshalb gewählt wird, um den Platz auch noch anderweitig ausnützen zu können. Verkehrs-

lasten oder auch ruhende Nutzlasten gehören aber grundsätzlich nicht auf grössere Eisenbetontankanlagen über Grundwasser.

Die weitgehende Beschränkung des Nutzinhaltes des unterirdischen Eisenbetontanks ist nicht unangefochten geblieben. In der Praxis gibt es bekanntlich viele vorsichtige Konstrukteure, bestimmt aber auch ebensoviele mit grenzenlosem Vertrauen in ihre statischen Annahmen. Beim unterirdischen Eisenbetontank über Grundwasser müssen aber Zufälligkeiten auch dieser Art ausgeschlossen werden. Der Benachteiligte ist leider der erfahrene, seriöse Tankkonstrukteur, der notgedrungen den gleichen Vorschriften unterworfen werden muss, wie sie der Unvorsichtigen wegen gemacht werden.

5. Korrosionsschutz für Eisenbetontanks

Die schweizerischen «Technischen Richtlinien» sehen für den Schutz gegen die Korrosion folgende Massnahmen vor:

A. Gegen Aussenkorrosion

- a) Der Aggressivität verdächtiger Baugrund ist vorsorglich prüfen zu lassen, damit entsprechende Gegenmassnahmen getroffen werden können;
- b) die Betonüberdeckung der Armierungseisen soll mindestens 2 cm betragen;
- c) gegen Erde ist ein Zementmörtelabrieb und ein satter, deckender Anstrich aus einem nicht reemulgierbaren bituminösen Stoff anzubringen.

B. Gegen Innenkorrosion

- a) Im Tankinnern ist allseitig, also auch an der Decke, eine abdichtende Verkleidung anzubringen, die allen Angriffen des Tankgutes zu widerstehen vermag. Eine Prüfung der verwendeten Verkleidungsmittel auf ihre Eignung als Korrosionsschutz, Dichtungsmittel und für Betrieb in einem behördlich anerkannten Fachlaboratorium ist unerlässlich.

Diese sehr klaren Vorschriften betreffend den Korrosionsschutz enthalten praktisch nur das, was jeder verantwortungsbewusste Tankbauunternehmer von sich aus machen würde. Ohne behördliche Vorschrift fallen aber oft auch solche Selbstverständlichkeiten den Auswirkungen der Konkurrenz zum Opfer.

6. Die laufende Ueberwachung der Tankanlagen auf Dichtheit

Die sorgfältige Konstruktion und Isolation ist die Grundlage einer langen Lebensdauer der Tankanlagen. Betriebliche Beanspruchungen, Ueberlastungen und mangelhafter Unterhalt führen aber früher oder später zu Undichtheiten, so dass eine angemessene laufende Ueberwachung unbedingt notwendig ist.

Hiezu bestehen drei Möglichkeiten:

- I. Sichtbarmachung von Flüssigkeitsverlusten durch bauliche Massnahmen unter Berücksichtigung von Standort und Fassungsvermögen des Tanks;

- II. Periodische Dichtigkeitsprüfungen;
- III. Apparate zur Anzeige von Flüssigkeitsverlusten.

Die Schweiz. Tankkommission überlässt die Art und Weise der laufenden Ueberwachung der Tankanlagen den Organisatoren dieser Dienste, schliesst aber eine kumulative Anwendung der hohen Kosten wegen aus. Es liegt in der Natur der Sache, dass sich die Meinungsverschiedenheiten in der Fachwelt gerade bei den Ueberwachungsmassnahmen am schärfsten auswirken und notgedrungen zu einer dauernden Einflusshaltung der Verfahrensfragen geführt haben. Dieser Umstand darf aber nicht einfach als Schwäche der einmal aufgestellten Richtlinien aufgefasst werden, denn es ist immer noch viel besser, etwas in Entwicklung zu sehen, als gar nichts zu unternehmen. Die Vereinigung der Interessen des Handels flüssiger Lagerstoffe, der Tankbesitzer, der Wasserversorgungen, der Feuerpolizei und der Luftschutzbehörden kann nur in Kompromisslösungen gefunden werden, die auf dem guten Willen aller Beteiligten fussen. Wo erhöhte Risiken des einen Partners vorliegen, soll diesem das Primat in der Anordnung der Schutzmassnahmen zugestanden werden, nach dem Grundsatz der Wahl des kleinsten Uebels. Diesem Geiste entspricht in den schweizerischen Richtlinien die Abstufung der baulichen Schutzmassnahmen nach Standort und Fassungsvermögen. Die Handhabung einer elastisch gehaltenen Verfahrensweise setzt gute Kenntnisse der Grundwasservorkommen voraus, und zwar nicht nur in bezug auf ihre Lokalität, sondern noch viel mehr in bezug auf ihre Fliesszustände und mengenmässige Bedeutung. Die grösste Schwierigkeit liegt bei all diesen Problemen darin, dass die wichtigen Entscheide gewissermassen auf theoretischer Basis zu treffen sind und auf die so nötige Erfahrung jahrelang gewartet werden muss.

Für den Eisenbetontank liegen die Verhältnisse in bezug auf die Ueberwachung eher einfacher als beim Tank aus Stahl. Vorerst sei das ersterwähnte Ueberwachungsverfahren näher beschrieben.

I. Sichtbarmachung von Flüssigkeitsverlusten durch bauliche Massnahmen unter Berücksichtigung von Standort und Fassungsvermögen

Ganz allgemein wünscht der Grundwasserinteressent in extremis ein Tankbauverfahren, bei dem die unerwünscht aus- oder überfliessende Lagerflüssigkeit in einem zweiten Behälter restlos aufgefangen werden kann. Diese Forderung ist beim Tank aus Stahl erfüllbar, sofern die Kosten hingenommen werden. Beim Eisenbetontank denkt aus praktischen Gründen wohl kein Mensch an einen Auffangbehälter für das volle Nutzvolumen. Die schweizerischen Technischen Richtlinien sehen zwei Typen von baulichen Schutzmassnahmen für unterirdische Tanks über Grundwasserspiegel vor, und zwar in Abb. 5 für Standort ausserhalb des hygienisch scharf überwachten Schutzgebietes in Form einer Eisenbetonuntertasse, bestehend aus:

7 cm Unterlagsbeton P 175 (175 kg Portlandzement je Kubikmeter Beton);
 15 cm Eisenbetonplatte P 250 mit Maschenarmierung \varnothing 8 mm und 10 cm Distanzierung; Oberfläche im Gefälle gegen ein Drainagerohr in wasserdichtem Zementmörtel abgedichtet;
 5 cm Kieselbeton oder grober Sand als Drainageschicht, letztere mittels Dachpappe abgedeckt zur Aufnahme des Konstruktionsbetons;
 seitliche Hochführung der Untertassenplatte bis über die Arbeitsfuge des Wandansatzes;
 Kontrollschacht \varnothing 40—60 cm mit Einmündung der Drainage zur Sichtbarmachung von Flüssigkeitsverlusten.

In Abb. 6 der Richtlinien sind die baulichen Schutzmassnahmen für Standort im hygienisch scharf überwachten Grundwassergebiet dargestellt. Im Prinzip sind beide Systeme ähnlich mit dem Unterschied, dass im vorliegenden Falle, statt eines einfachen Zementrohr-Kontrollschachtes, ein Eisenbetonkontrollgang längsseitig des Tanks angeordnet ist, der die Beobachtung von Leckflüssigkeiten aus nächster Nähe ermöglicht und bis zu 1 m³ ausgetretene Flüssigkeit zurückzuhalten vermag.

Diese baulichen Massnahmen am unterirdischen Eisenbetontank beschränkter Grösse basieren auf der wohl berechtigten Annahme, dass ein vollständig dicht in Betrieb genommener Tank keine Veranlagung zu katastrophalem Undichtwerden mehr besitzt. Voraussetzung ist, dass bei Inbetriebnahme eine peinlich genaue Prüfung auf Dichtheit stattgefunden hat. Unerlässlich ist beim unterirdischen Tank ein Hartbelag über und um den Tank hinweg zur Wegleitung von Regenwasser. Noch einfacher liegen die Verhältnisse für oberirdische Eisenbetontanks, bei denen Undichtheiten offensichtlich am leichtesten feststellbar sind.

Der hochgestellte Tank auf Tragwänden ist mit uneingeschränktem Standort bis zu einem Fassungsvermögen von 100 m³ zugelassen. Als bauliche Schutzmassnahme wird nur eine Eisenbetonuntertasse zu ebener Erde verlangt, gross genug zum Auffangen von 200—300 l Ueberlaufflüssigkeit.

Der Eisenbetontank zu ebener Erde darf bis 300 m³ fassen und ist ebenfalls nach Standort unbeschränkt anwendbar. Voraussetzung sind eine frostsichere Fundation sowie eine dichthaltende Fundamentplatte mit Asphaltabdeckung zur Ableitung von Leckflüssigkeit an kontrollierbare Stelle.

Diese beiden Typen von oberirdischen Tanks bis maximal 300 m³ Inhalt sind als sogenannte Fabrik-tanks zu bezeichnen und daher ortgebunden. Grössere Eisenbetontanks als für 300 m³ Inhalt werden über Grundwasser als unzulässig bezeichnet.

II. Periodische Dichtheitsprüfungen und

III. Apparate zur Anzeige von Flüssigkeitsverlusten

Diese beiden Prüfverfahren sind ursprünglich als separate Schutzmassnahmen gedacht gewesen, gehören

aber heute durch die Entwicklung im Apparatebau zusammen.

Die Prüfung auf Dichtheit lediglich durch Ab-stichbeobachtung ist bei grösseren Tanks beschwerlich und wenig genau. Heute verfügen wir über Apparate, die in kurzer Zeit sehr kleine Verluste zu registrieren vermögen, so dass die periodische Prüfung, sei sie automatisch oder mit ambulanter Einrichtung vorgenommen, den Ansprüchen zu genügen vermag.

Damit sind die technischen Vorbedingungen für den Eisenbetontankbau über Grundwasser, wie sie in der Schweiz erarbeitet wurden, umschrieben, und es bleibt noch über die 12jährigen Erfahrungen einiges zu berichten.

7. Erfahrungen und Lehren aus 12jähriger Ueberwachungstätigkeit

Es dürfte von allgemeinem Interesse sein, zu vernehmen, wie stark und in welcher Grössenordnung der Eisenbetontank über den ausgedehnten stadtzürcherischen Grundwassergebieten in der Zeit von 1946 bis 1958 vertreten ist.

Nutzinhalt in m ³	Anzahl der Tanks	
	in Stahl	in Eisenbeton
bis 10	1081	49
11—50	953	219
51—100	44	17
101—200	4	10
201—300	2	1
301—	1	2
Total	2085	298
Anteil	87,5 %	12,5 %

Zu beachten ist, dass etwa 10 % der Tanks für explosive Flüssigkeiten in Stahl ausgeführt werden mussten. In jedem Falle hat sich der Eisenbetontank auch über Grundwassergebiet in beachtlicher Vertretung zu halten vermocht. Vorfabrizierte Tanks sind nur anfänglich und in sehr kleiner Zahl zugelassen worden. Ueber die Bewährung der Eisenbetontanks darf mit Beschränkung auf das städtische Grundwassergebiet folgendes gesagt werden:

Eigentliche Versager haben wir bisher nicht konstatiert, hingegen sind an zwei Anlagen, die in Kellerräumen eingebaut wurden, sogenannte Schweissflecken festgestellt worden, die eine gewisse Porosität der Auskleidung verraten. Solche Flecken wirken sich zweifellos nicht günstig auf die Lebensdauer der betroffenen Anlagen aus.

Im übrigen sind uns aus dem Kanton Zürich zwei Versager von Eisenbetontanks bekannt geworden, bei denen zufolge Pumpens in den bereits vollen Tank ein Ueberdruck entstand, der zur Zerstörung des Bodens bzw. der Decke führte. In diesen Fällen lag der Fehler in den zu klein dimensionierten Entlüftungsleitungen. Bei einem dritten Eisenbetontank hat die Auskleidung versagt, weil nicht fachmännisch ausgeführt. Eine exakt durchgeführte Dichtigkeitsprobe hätte die letztgenannte Katastrophe verhindern können.

Daneben sind vereinzelt auch grössere Flüssigkeits-

verluster durch Fehlmanipulation entstanden. Das menschliche Versagen wird immer in Rechnung gestellt werden müssen. Die Praxis zeigt, dass der private Tankbesitzer trotz behördlicher Vorschrift seine Anlage nur ausnahmsweise unter Kontrolle hält. Eine zuverlässige Ueberwachung kann nur von einer Amtsstelle ausgehen, die auf Grund einer gutgeführten Registratur arbeitet. Auf diesem Wege mussten wir feststellen, dass zurzeit die schwerste Kalamität in der Ueberfüllung der Tanks zu suchen ist. So wurden in Zürich im Jahre 1957 bei 7 % und 1958 bei 8 % der Anlagen Ueber-

füllungen konstatiert, wovon je ungefähr die Hälfte als schwere Fälle zu bezeichnen waren. Der obligatorische Einbau von automatisch wirkenden Absperr-Schwimmerventilen ist daher ein vordringliches Postulat.

Diese Ausführungen zeigen mit aller Deutlichkeit, dass der Eisenbetontank über Grundwasser ein besonders schwieriges Gewässerschutzproblem aufwirft, dieses aber durch eine straffe Handhabung der Tankbauvorschriften sowie der Kontrolltätigkeit in befriedigender Weise gelöst werden kann.

Résumé Bosshard

Les causes pouvant provoquer des fuites dans des réservoirs en béton armé sont les suivantes:

- a) construction, exécution ou traitement ultérieur défectueux;
- b) erreur de calcul des charges et de leur influence;
- c) fissures dues au retrait, aux variations de température et au fluage;
- d) porosité du revêtement intérieur ou sa résistance insuffisante à l'attaque chimique du liquide stocké;
- e) formation de fissures provenant du tassement;
- f) rouille des armatures et éclatement du béton par suite de sa porosité, d'ingrédients impropres ou de courants vagabonds.

Les directives techniques suisses prévoient les mesures suivantes de protection contre la corrosion extérieure et intérieure.

Résumé Schläpfer

La perte d'étanchéité des réservoirs en acier peut avoir les causes suivantes:

- 1° Construction ou exécution défectueuse (par exemple soudage insuffisant).
- 2° Erreur de calcul des charges et de leur influence.
- 3° Corrosion chimique ou électrochimique extérieurs par suite de terrains aggrégés ou de courants vagabonds continus.
- 4° Action des bactéries du fer ou du manganèse sur la tôle et provoquant la graphitisation du fer.
- 5° Corrosion interne provoquée par la matière stockée elle-même, ou par des dépôts qui s'y forment, ou par l'eau (eau de condensation, introduite avec la matière stockée ou venant de l'extérieur).

Les « Directives Carbura 1953 » contiennent des indications pour la protection des tanks en acier contre la corrosion.

Des mesures supplémentaires doivent être prises pour la protection des eaux souterraines:

- 1° Dans les zones de protection des eaux souterraines, les réservoirs en acier et les réservoirs à pression, en acier, sont autorisés.
- 2° Pour l'isolation extérieure des tanks enfouis dans le sol, on exige une couche isolante extérieure durable résistant à l'eau.
- 3° Pour les réservoirs en acier résistant à la pression, situés *en dehors* de la zone de protection sévèrement surveillée des captages d'eaux souterraines et devant répondre à des conditions sévères concernant la qualité de l'eau, les tanks étant placés en permanence au-dessus du niveau le plus élevé de l'eau souterraine, on exige la construction sous le réservoir d'une cuvette de béton armé avec regard de contrôle muni d'un couvercle amovible et sans aucune connexion avec les égouts.
- 4° A l'intérieur de la zone de protection sévèrement surveillée des captages d'eaux souterraines, devant répondre à des con-

ditions sévères concernant la qualité de l'eau, on exige que les tanks d'acier résistant à la pression soient placés dans une cave spéciale (bassin).

Pour la surveillance de l'étanchéité d'un réservoir d'une certaine capacité, au moyen de l'observation du niveau du liquide, on dispose aujourd'hui d'appareils permettant d'enregistrer même des pertes de très faible importance, de sorte que la surveillance périodique, automatique ou au moyen d'un appareillage portable, suffit à toutes les exigences.

ditions sévères concernant la qualité de l'eau, on exige que les tanks d'acier résistant à la pression soient placés dans une cave spéciale (bassin).

Les « Directives techniques 1954 » de la Société suisse de l'industrie du gaz et des eaux ne limitent pas la capacité des réservoirs résistant à la pression enfouis dans le sol des caves, ni celle des réservoirs d'acier résistant à la pression placés à la surface du sol, du point de vue de la protection des eaux souterraines.

Au cours des dernières années, il s'est produit une grande évolution dans le domaine du remplissage des réservoirs. Les soupapes de sûreté doivent remplir les conditions suivantes:

- a) La soupape doit pouvoir fonctionner automatiquement, sans aucune manipulation préalable;
- b) il doit être impossible de remplir un réservoir déjà plein;
- c) la soupape doit pouvoir être installée sur les différentes sortes de réservoirs (chauffage à l'huile, stations-service, grands réservoirs de dépôt, etc.);
- d) la fin du remplissage doit être nettement indiquée;
- e) les soupapes de sûreté des installations sans personnel spécialisé doivent être placées de telle façon que leur fonctionnement ne puisse pas être dérangé, soit intensionnellement, soit inintentionnellement;
- f) la soupape de sûreté doit être facile à installer sur des réservoirs soit neufs, soit déjà existants;
- g) il faut qu'on puisse vider les tuyaux d'arrivée dans le tank lorsque le remplissage est terminé;
- h) le bon fonctionnement de la soupape doit pouvoir être garanti pour un temps pratiquement illimité;
- i) les dispositifs de sûreté qui font partie de l'équipement du réservoir doivent être construits avec un matériel qui ne puisse produire aucun effet électrique local;
- k) il serait bon que les tanks résistant à la pression puissent être transportés ou déplacés avec leur dispositif de sûreté déjà installé.