

**Methodik zur Abschätzung der Lebensdauer
von bestehenden, einwandigen unterirdischen Stahlbetonbehältern**

Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Lühr

**veröffentlicht in
„Technische Überwachung“
Nr. 11/12, Nov./Dez. 2009 und Nr. 1/2, Jan./Febr. 2010**

1. Ausgangssituation

In einzelnen Bundesländern befinden sich an verschiedenen Standorten eine Reihe von einwandigen unterirdischen Stahlbetonbehältern zur Lagerung von Mineralölprodukten, die errichtet worden sind, als es noch keine Anlagenverordnung (VAwS) gab und die noch in Betrieb sind. In der Regel haben sie keine wasserrechtliche Genehmigung. Sie können jedoch mit Zustimmung der Behörden weiter betreiben werden, sofern die Anlagensicherheit gewährleistet ist.

Eine Nachrüstung nach den Anforderungen der VAwS mit Leckschutzauskleidung und Leckanzeige als doppelwandiges Behältersystem ist nach allen Erkenntnissen unverhältnismäßig, da die wirtschaftliche Situation dieses nicht zulässt. Deshalb soll mit dem nachfolgenden Vorschlag über eine Lebensdauerabschätzung für die in Frage stehenden einwandigen unterirdischen Stahlbetontanks die gleichwertige Anlagensicherheit nachgewiesen werden können.

Nachfolgend wird der methodische Ansatz zur Konkretisierung einer Lebensdauerabschätzung dargestellt. Dieser Ansatz für eine Lebensdauerabschätzung für die hier in Frage stehenden einwandigen unterirdischen Stahlbetontanks ist neu erarbeitet worden, da es in der Literatur keinen passenden Ansatz gibt, der direkt übernommen werden konnte.

2 Rechtlicher Hintergrund für bestehende Anlagen

In den Bundesländern ist der rechtliche Rahmen für bestehende Anlagen im Wesentlichen gleich. In den Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der jeweiligen VAwS sind allerdings Unterschiede zu verzeichnen.

In der Brandenburger Anlagenverordnung [BAV-08] sind folgende Regelungen enthalten:

§ 30 Bestehende Anlagen

*(1) Werden durch diese Verordnung Anforderungen neu begründet oder verschärft, so gelten sie für bestehende Anlagen erst aufgrund einer Anordnung der unteren Wasserbehörde. **Jedoch kann aufgrund dieser Verordnung nicht verlangt werden, dass rechtmäßig bestehende oder begonnene Anlagen stillgelegt oder beseitigt werden.***

In der Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Anlagenverordnung [BVAV-99] heißt es weiter:

30. Bestehende Anlagen (§ 30)

30.1 Allgemeines

Die Wasserbehörde kann, soweit in § 30 und im Folgenden nichts anderes geregelt ist, fordern, dass bestehende Anlagen angepasst werden,

- *wenn der Betreiber ohnehin seine Anlage wesentlich ändert oder erneuert oder*
- *wenn örtliche Gründe nach Nummer 6.3 die Anpassung erfordern oder*

- *wenn durch den Weiterbetrieb der Anlage eine Verunreinigung der Gewässer zu besorgen ist.*

Bei Betrieben, die eine große Anzahl von anpassungsbedürftigen Anlagen betreiben, sollte ein Zeitplan für die Anpassung dieser Anlagen vereinbart werden.

Und weiter wird unter Punkt zu den allgemein anerkannten Regeln der Technik (§ 5) ausgeführt:

5.1 Allgemeines

Als allgemein anerkannte Regeln der Technik sind die auf wissenschaftlichen Grundlagen und fachlichen Erkenntnissen beruhenden Regeln anzusehen, die in der praktischen Anwendung erprobt sind und von der Mehrheit der auf dem jeweiligen Fachgebiet tätigen Fachleute regelmäßig angewandt werden.

Bei schriftlich niedergelegten Regeln ist die Tatsache, dass sie in einem förmlichen Anerkennungsverfahren, z. B. im Rahmen technisch-wissenschaftlicher Verbände, entstanden sind, als wichtiger Hinweis zu werten, dass es sich um allgemein anerkannte Regeln der Technik handelt.

In den folgenden Nummern 5.2, 5.3 und 5.4 werden Normen und sonstige bestehende Regelungen als allgemein anerkannte Regeln der Technik im Hinblick auf den Gewässerschutz im Einzelnen eingeführt.

5.4 Technische Regeln wassergefährdender Stoffe (TRwS)

Folgende technische Regeln gelten als allgemein anerkannte Regeln der Technik:

-
- *TRwS 135 „Bestehende einwandige unterirdische Behälter“*

In der Thüringer Anlagenverordnung [TAV-09] sind folgende Regelungen enthalten:

§ 29 Übergangsbestimmungen für bestehende Anlagen

*(2) Werden durch die Zweite Verordnung zur Änderung der Thüringer Anlagenverordnung Anforderungen, ausgenommen solche zur Sachverständigenprüfung nach den §§ 22 und 23 sowie zur Fachbetriebspflicht nach den §§ 24 und 26, neu begründet oder verschärft, gelten sie für bestehende Anlagen erst aufgrund einer Anordnung der Wasserbehörde. **Jedoch kann aufgrund von Bestimmungen der Zweiten Verordnung zur Änderung der Thüringer Anlagenverordnung nicht verlangt werden, dass rechtmäßig bestehende Anlagen oder Anlagen, mit deren Errichtung vor dem In-Kraft-Treten der Änderung begonnen wurde, stillgelegt oder beseitigt werden.***

In der Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Anlagenverordnung [TVAV-08] heißt es weiter:

29 Übergangsbestimmungen für bestehende Anlagen (zu § 29)

(1) Materielle Anforderungen, die sich aus der 2. Änderungsverordnung neu ergeben,

können nur durch Anordnung der Wasserbehörde durchgesetzt werden. Davon ausgenommen sind nach § 29 Abs. 2 die Fachbetriebspflicht und Verpflichtung zur Sachverständigenprüfung.

(2) Wird durch oder aufgrund der VwVwS die Einstufung wassergefährdender Stoffe geändert, so sind hierdurch nur die Regelungen zur Prüfpflicht durch Sachverständige und die Fachbetriebspflicht unmittelbar betroffen. Nachträglich vorzunehmende technische Änderungen an den Anlagen bedürfen einer behördlichen Anordnung.

Für den Vollzug sind ferner die allgemein anerkannten Regeln der Technik von Bedeutung. Hier heißt es in der Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Anlagenverordnung [TVAV-08]:

5 Allgemein anerkannte Regeln der Technik (zu § 5)

5.1 Allgemeines

(1) Als allgemein anerkannte Regeln der Technik sind die auf wissenschaftlichen Grundlagen und fachlichen Erkenntnissen beruhenden Regeln anzusehen, die in der praktischen Anwendung erprobt sind und von der Mehrheit der auf dem jeweiligen Fachgebiet tätigen Fachleute regelmäßig angewandt werden.

(2) In den folgenden Nummern 5.2 und 5.3 werden Normen und sonstige Regelungen als allgemein anerkannte Regeln der Technik im Hinblick auf den Gewässerschutz im Einzelnen eingeführt.

5.2 Technische Regeln (zu § 5)

Allgemein anerkannte Regeln der Technik im Hinblick auf den Gewässerschutz sind insbesondere:

- *Technische Regeln wassergefährdender Stoffe (TRwS) der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) und*
- *die in den Bauregellisten bekannt gemachten DIN-Normen und anderen technischen Regeln für Bauprodukte zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen wassergefährdender Stoffe in der jeweils geltenden Fassung.*

Der Freistaat Sachsen hat in der Anlagenverordnung [SAV-01] den Sachverhalt wie folgt geregelt:

§ 25 Bestehende Anlagen

(1) Werden für Anlagen, die bei In-Kraft-Treten dieser Verordnung bereits eingebaut oder aufgestellt waren (bestehende Anlagen) die Anforderungen nach § 3Nr. 6, §§ 6, 8, 9, 11 und 21 neu begründet, so sind diese innerhalb von zwei Jahren nach In-Kraft-Treten dieser Verordnung zu erfüllen.

(2) Werden durch diese Verordnung andere als in Absatz 1 genannte Anforderungen neu begründet, so kann die zuständige Behörde deren Geltung für bestehende Anlagen anordnen.

(4) Auf Grund dieser Verordnung kann nicht verlangt werden, dass rechtmäßig bestehende oder begonnene Anlagen stillgelegt oder beseitigt werden.

(5) Die Anforderungen nach § 28 Abs. 4 und 6 SächsVAwS vom 28. April 1994 bleiben für bestehende Anlagen aufrechterhalten, soweit diese nicht bereits fristgemäß erfüllt worden sind.

In Hessen ist in der Anlagenverordnung [HES-08] den Sachverhalt wie folgt geregelt:

§ 28 Bestehende Anlagen

(1) Werden durch diese Verordnung andere als die in Abs. 3 und 4 genannten Anforderungen neu begründet oder verschärft, so gelten sie für bestehende Anlagen erst aufgrund einer Anordnung der Wasserbehörde. **Jedoch kann aufgrund dieser Verordnung nicht verlangt werden, dass rechtmäßig bestehende Anlagen oder Anlagen, mit deren Aufstellung oder Einbau begonnen worden ist, stillgelegt oder beseitigt werden.** Die Wasserbehörde kann bei bestehenden Anlagen abweichend von Anhang 2 Nr. 2.1 Abs. 1 geringeren Anforderungen an das Rückhaltevermögen zustimmen, wenn ein entsprechender Auffangraum nicht oder nur mit einem unverhältnismäßigen Aufwand verwirklicht werden kann und insbesondere durch verstärkte Überwachungsmaßnahmen eine gleichwertige Sicherheit erreicht wird.

§ 5 Allgemeine technische Anforderungen

(1) Soweit sich aus dieser Verordnung keine abweichenden Anforderungen ergeben, wird die **Einhaltung der allgemein anerkannten Regeln der Technik vermutet, wenn die Anforderungen der Technischen Regeln wassergefährdender Stoffe der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. oder des ehemaligen Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. beachtet worden sind.**

Mit der Zitierung der *Technischen Regeln wassergefährdender Stoffe (TRwS)* ist die TRwS 135 „**Bestehende einwandige unterirdische Behälter**“ als anerkannte technische Regel für die Betrachtung heranzuziehen. Die TRwS 135 unterscheidet zwei Anlagentypen

- **B 1-Anlagen** „Einwandige Behälter, wozu auch Behälter mit darunter angeordneten flüssigkeitsdichten Ableitflächen und Tiefpunkten zählen“,
- **B 2-Anlagen** „Einwandige Behälter im nicht begehbaren Auffangraum“
Hierzu zählen auch doppelwandige Behälter ohne selbsttätig anzeigendes Leckanzeigegerät, wobei die Wände so beschaffen sind, dass beim Undichtwerden der einen Wand die andere Wand bis zum sicheren Erkennen der Störung flüssigkeitsdicht bleibt und der Zwischenraum zwischen äußerer und innerer Wand als Übergangsraum geeignet ist.

Für beide Anlagentypen sind **eine Lebensdauerabschätzung sowie eine Beurteilung der Hydrogeologie des Standortes** Voraussetzung für einen sicheren Weiterbetrieb.

Die mit Innenbeschichtung versehenen Stahlbetontanks (**Abb. 1**) sind in der TRwS 135 nicht vorgesehen. Die Anforderungen an die dort beschriebenen Behälter zum Weiterbetrieb – generelle Anforderungen (Kap. 4.1), Korrosionsschutz (Kap. 4.2) und zusätzliche Anforderungen an die B 1- und B 2-Anlagentypen (Kap. 4.3) – sind auf Stahl tanks ausgerichtet.

3 Das System der einwandigen unterirdischen Stahlbetontanks

Der hier aufgezeigten Betrachtung liegen mehrere Tanklager zugrunde, die in ihren wesentlichen Elementen gleich gestaltet sind. Sie sind für diese Betrachtung anonymisiert und abstrahiert worden. Das Sicherheitssystem eines Tanklagers beruht auf mehreren, voneinander unabhängigen technischen und organisatorischen Komponenten. Im Folgenden werden aber nur die Komponenten des Behältersystems betrachtet. D.h., der Umschlag vom EKW in die Rohrleitung, die das Produkt in den Tank führt sowie die Rohrleitung, die zur Abfüllstation für die TKW führt bleiben außer Betracht. Die Schnittstelle ist der Schieberschacht für die Befüllung und Entleerung. Alle anderen Elemente sind Bestandteil des Behältersystems.

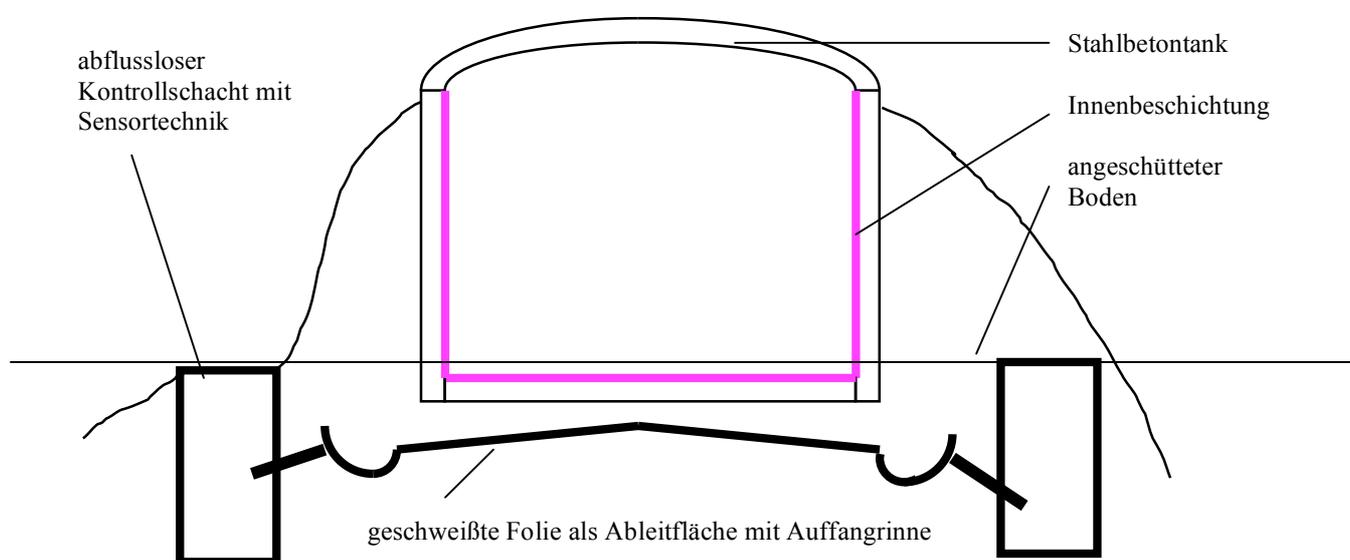


Abb. 1: Systemskizze der einwandigen unterirdischen Stahlbetontanks mit Innenbeschichtung

Die in den 1970-iger Jahren errichteten Tanks in den Tanklagern sind einwandige, unterirdische Stahlbetonbehälter mit dicht aufgeklebter Innenbeschichtung aus Kunststoff zur Lagerung brennbarer und/oder wassergefährdender Flüssigkeiten (**Abb. 1**). Die Tanks sind über einer Ableitfläche vom Mittelpunkt der Behälterfläche nach einer außen umlaufenden Rinne errichtet. Evtl. auslaufendes Produkt wird über die Rinne in zwei abflusslose Kontrollschächte abgeleitet. Diese sind mit einer entsprechenden Sensortechnik ausgestattet. Die Tanks haben ein Nennvolumen von 7.500 m^3 und werden bauartbedingt als „Behälter-Bauart 7.500“ bezeichnet.

Der Stahlbetontank „Behälter Bauart 7.500“ mit einer Kapazität von 7.500 m^3 hat **drei Barrieren**:

➤ der flüssigkeitsdichte Stahlbetontank

Der Behälter besteht aus einem einwandigen, stehenden Betonzylinder mit einer horizontalen, einwandigen Sohlenplatte und einer oben auf den Zylinder aufgesetzten, einwandigen Kugelschale, die als frei gespannte Stahlbetonkuppel auf den Zylinder aufbetoniert wurde. Sohlenplatte und Zylinder sind miteinander

verspannt. Der zylindrische Teil und die Kuppel des Behälters sind außen mit einer Isolierung versehen.

Der „Behälter Bauart 7.500“ hat folgende Hauptabmessungen:

- Innendurchmesser ca. 33 m,
- Wandhöhe (zylindrischer Teil) ca. 7,5 m mit 220 mm Wandstärke,
- Kuppelhöhe (Kugelabschnitt) ca. 4,5 m mit 120 mm Wandstärke,
- Kuppelradius 33 m (Kugelabschnitt),
- Gesamthöhe ca. 12 m.

Die Außenwand des Betonkörpers ist mit einer Teerpappe versehen, gegen die das örtlich vorhandene Bodenmaterial ansteht.

➤ die Innenbeschichtung

Auf die Innenwand des Betonkörpers ist zunächst ein Torkreputz aufgebracht. Bei der Beschichtung handelt sich um das System EPOWIT, ein glasfaserverstärkter, ungesättigter Polyesther (GUP). Vom Torkreputz ausgehend ist das System wie folgt aufgebaut:

- Vorstrich als Haftvermittler zwischen Auskleidung und Untergrund,
- Hartspachtel (Dicke 0,3 bis 0,8 mm) als Feinausgleich auf dem Betonuntergrund,
- Klebspachtel (Dicke 1,0 – 1,5 mm) für Aufbringen der Aluminiumfolie,
- Aluminiumfolie (Dicke 95 µm, weich, blank) zur Schaffung eines definierten, elektrisch leitenden Untergrundes,
- Dichtungsspachtel (Dicke 1,2 – 2,0 mm),
- Lackierung (2-fach),
- Ableitbänder aus Aluminium (3 Bänder horizontal, 4 Bänder vertikal), aufgeklebt mit Spachtel als zusätzliche Sicherheit zur Ableitung elektrostatischer Aufladungen.

Zur visuellen Kontrolle des Schichtenaufbaus wurden die verschiedenen Schichten unterschiedlich eingefärbt.

Für die Sohlenfläche wurde anstelle des Dichtungsspachtels ein spezieller Sohlenspachtel (Dicke 3,0 – 3,5 mm) verwendet, um auch die Aluminiumfolie vor möglichen Zerstörungen zu schützen.

➤ das flüssigkeitsdichte Ableitsystem zu abflusslosen Kontrollschächten

Unter dem Behälter ist ein Leckerkennungssystem angeordnet, welches im Grundsatz aus einer Auffang- bzw. Ableitfläche und einem dazugehörigen Drainagesystem mit einem dichten Anschluss an einen oder mehrere Kontrollschächte besteht, in denen sich eine automatische Leckageerkennung befindet. Das System hat die Funktion einer zweiten Barriere gegenüber eventuellen Produktfreisetzungen.

Es besteht im Kern aus

- einer vollständig verschweißten Ableitfläche aus Hochdruck-Polyethylenfolie (0,2 mm) mit der Form eines flachen Kegels mit einem Gefälle nach außen von 2 bis 3 %, wobei die Kegelspitze unter der Mitte des Tankzylinders liegt;
- einer am äußeren Rand der kreisrunden Ableitfläche umlaufenden Betonrinne, die ebenfalls mit einer verschweißten Polyethylenfolie ausgekleidet ist. Diese ist vollständig an die Folie der Ableitfläche angeschweißt;
- einer Ableitung in zwei gegenüberliegende, abflusslose Kontrollschächte, die im unteren Teil beschichtet sind.

Weiter ist der „Behälter-Bauart 7.500“ mit den **Sicherheitseinrichtungen** Füllstandsanzeige und Überfüllsicherung ausgerüstet.

Der Schieberschacht und die beiden Kontrollschächte sind mit einem Sensorensystem ausgerüstet, um bei einem bestimmten Füllstand von Flüssigkeiten (Produkt und/oder Niederschlag) einen Alarm auszulösen.

Die „Behälter-Bauart 7.500“ hat folgende **An- und Aufbauten**:

➤ **Kuppel**

Die Kuppel hat keinen Domschacht, sondern nur drei Öffnungen, in die jeweils ein Stahlflansch eingesetzt ist. Eine Befüllung oder Entleerung findet durch sie nicht statt. Diese Öffnungen dienen der Befahrung bzw. es sind in ihnen messtechnische Einrichtungen installiert. Die Öffnungen sind mit einer Deckelkonstruktion dicht verschlossen, wobei ggf. durch den Deckel hindurch zu führende Aufbauten (z. B. Füllstandsanzeiger) dicht eingebunden sind.

➤ **Schieberschacht**

Der erdgedeckte, abflusslose Schieberschacht mit einem Zugang durch einen Deckeneinstieg ist ein monolithisches Betonbauwerk gleicher Qualität wie der Stahlbetonbehälter, das durch eine flüssigkeitsdichte Fuge mit dem Stahlbetonbehälter verbunden ist. In diesem Schacht sind alle in den Behälter führenden Rohreinbindungen für Produktzu- bzw. -abfuhr sowie das Entfernen von Slop bzw. Wasser einschließlich der jeweiligen Armaturen angeordnet bzw. zugänglich.

Der untere Bereich des Schieberschachtes ist als Auffangraum mit einem Beschichtungssystem ausgebildet. Der Schieberschacht ist mit einem Leckerkennungssensor ausgestattet, der auf eine Zentrale geschaltet ist.

➤ **Kontrollschacht**

Der Kontrollschacht besteht aus ringförmigen Betonfertigteilen. Das untere Ende ist gemauert und ruht auf einer Betonplatte, die mit einem Estrich versehen ist. Der untere Bereich ist als Auffangraum gestaltet, der mit einem Beschichtungssystem versehen ist. In den Kontrollschacht mündet die Entwässerung der Rinne der zweiten Barriere unter dem „Behälter Bauart 7.500“. Nach oben hin ist der Kontrollschacht mit einer Stahlbetonplatte mit Einstiegsöffnung abgedeckt. Der Kontrollschacht ist mit einem Leckerkennungssensor ausgestattet, der auf eine Zentrale geschaltet ist.

Der Stahlbetontank „Behälter-Bauart 7.500“ kann sowohl als B 1- als auch als B 2-Anlage betrachtet werden. Als B 1-Anlage ist die darunter liegende Ableitfläche nicht überprüfbar. Deshalb sollte man zweckmäßigerweise **diesen Stahlbetontank als B 2-Anlage** einstufen. Auch wenn auf Grund der Bauweise kein Auffangraum ausgestaltet ist (die Beschichtung ist auf dem Beton unmittelbar aufgebracht), kann das System als doppelwandig definiert werden, denn bei Versagen der Beschichtung (1. Barriere) hält der Stahlbeton (2. Barriere) die Flüssigkeit bis zum sicheren Erkennen der Störung zurück. Und darüber hinaus existiert noch ein, wenn auch nicht mehr überprüffähiges Ableitsystem (3. Barriere). Etwas schwieriger ist der Nachweis zu führen, dass der Zwischenraum zwischen innerer Wand (Beschichtung als 1. Barriere) und äußerer Wand (2. Barriere) als Überwachungsraum, auch wenn er nicht mit selbsttätig anzeigendem Leckanzeigegerät ausgestattet sein muss, geeignet ist.

4 Struktur der Lebensdauerabschätzung für den Weiterbetrieb von innenbeschichteten Stahlbetonbehältern

Die nachfolgend aufgeführte Vorgehensweise umfasst die Anforderungen und Maßnahmen, die sich aus dem geltenden Regelwerk für derartige Anlagen sowie aus der gegebenen baulichen und technischen Ausführung, aus der Art der verwendeten Werkstoffe und aus den spezifischen Bedingungen für Überwachung und Instandhaltung dieser Behälterbauart ergeben.

Die **Vorgehensweise** richtet sich an die Sachverständigen, die gemäß VAWS [BAV-08; TAV-00] und gemäß BetrSichV [BSV-02] die Anlagen zu überprüfen haben, sowie an Prüfstellen und Fachexperten. Unberührt bleiben Prüfanforderungen aufgrund von baurechtlichen Vorschriften, z. B. für bauaufsichtliche Abnahmen.

4.1 Grundanforderungen

Die nachfolgend aufgeführten Grundanforderungen (**Kriterium 1 bis 3**) müssen nachweislich erfüllt sein. Bereits ein Kriterium davon, das nicht eindeutig positiv bewertet werden kann, führt zum Untersagen eines Weiterbetriebs (KO-Kriterium) des Tanks.

1. Nachweis der Materialverträglichkeit von Beschichtung und Füllgut,
2. Überprüfung und Bewertung der Statik,
3. Bewertung des Betonzustands.

4.2 Zusätzliche Anforderungen

Wenn die Grundanforderungen erfüllt sind, sind weitere Kriterien nachzuweisen, die über eine **Lebensdauerabschätzung** zusammengefasst werden. Dabei ist für jedes Kriterium der aktuelle Zustand zu ermitteln und zu bewerten. Weiter ist zu prüfen, ob Nachbesserungen möglich sind, die zu einem eindeutigen positiven Zustand führen können, so dass sich über die zusammenfassende Bewertung eine eindeutige Aussage ergibt, die einen Weiterbetrieb für die nächsten 10 Jahre möglich macht.

Die zusätzlichen Anforderungen (**Kriterien 4 bis 12**) sind:

4. Nachweis der einschlägigen, rechtlichen Anforderungen und Technischen Regeln zum Zeitpunkt der Errichtung der Behälter,
5. Bewertung des Zustandes der Innenbeschichtung,
6. Bewertung der Schieber- und Kontrollschächte,
7. Bewertung der Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Sicherheitseinrichtungen,
8. Bewertung des Zustandes der Rohrleitungen im Schieberschacht,
9. Bewertung der flüssigkeitsdichten Ableitflächen,
10. Bewertung der hydrogeologischen Situation,
11. Bewertung des Tanklagermanagements,
12. Bewertung des Brand- und Explosionsmanagements.

4.3 Ordnungsprüfung

Die Ordnungsprüfung ist ein wesentlicher Bestandteil der erstmaligen, als auch der aktualisierten Lebensdauerabschätzung anlässlich durchzuführender Prüfungen (Kap. 5). Hierzu hat der Betreiber eine Dokumentation in fortschreibbarer Form vorzuhalten, die folgende Angaben enthält:

- Lebenslaufakte für den Behälter mit mindestens folgenden Angaben:
 - Zeitpunkt der Errichtung bzw. der Inbetriebnahme,
 - wesentliche bautechnische Merkmale,
 - wesentliche Angaben zur bisherigen Nutzung (Befüllungen mit Produktangabe, Zeiten längeren Leerstandes),
 - Übersicht über wesentliche Bemerkungen der Sachverständigen über die bisher durchgeführten Prüfungen mit Auflistung der festgestellten Mängel einschließlich deren Kategorisierung (geringfügig, erheblich, gefährlich),
 - Übersicht über durchgeführte Reparaturen (Systembeschreibung, ausführende Firma, Güte-/Qualitäts-/Qualifikationszertifikate, Dokumentation des Ausführungsbetriebes einschließlich der Prüfberichte der baubegleitenden Überwachung),
 - technische Nachrüstungen am bzw. im Behälter,
 - sonstige bemerkenswerte Feststellungen;
- Zusammenstellung und Übersicht der wasserrechtlichen Bescheide mit Bezug zur Landesverordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS), soweit diese die Beschaffenheit oder den Betrieb der hier betrachteten Stahlbetontanks regeln sowie die Umsetzung der Nebenstimmungen.

5 Vorgehen bei der Ermittlung der Lebensdauerabschätzung für innenbeschichtete Stahlbetontanks

Für die Lebensdauerabschätzung gibt es keinen verbindlichen, methodischen Ansatz. Lebensdauerabschätzungen werden grundsätzlich über eine individuelle gutachterliche Aussage für die jeweilige Anlage und Situation gemacht. Mit dem vorliegenden methodischen Ansatz soll die Beurteilung objektiviert und nachvollziehbar werden. Hierzu wird „über den Zaun“ geblickt, um verwandte Ansätze, insbesondere aus dem Bereich der Sicherheitstechnik bzw. des Sicherheitsmanagements auf die Fragestellung „Lebensdauerabschätzung“ anzupassen. Hierzu wurden analysiert das System „HAZOP/PAAG- Hazard Operability“ [PAAG-97], das System „FMEA Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse oder FMECA - Fehler-Möglichkeiten-, Einfluss- und Kritizitäts-Analyse“ [FMEA-03], der „Risikograph“ [DIN 19250] sowie Kriensystem entsprechend der vorläufigen Bewertung des Tanklagerbrands von Buncefield (GB) [KAS-07].

Im Ergebnis kann festgehalten werden, dass kein System zur Gesamtbewertung direkt auf den hier zu behandelnden Fall der Lebensdauerabschätzung zu übertragen ist.

Deshalb wird folgender pragmatischer Weg gegangen. Für jedes Kriterium der **Grundanforderungen** (Kap. 4.1) muss das KO-Kriterium eindeutig ausgeräumt sein. Für jedes Kriterium der zusätzlichen Anforderungen wird der aktuelle Zustand nach Aktenlage und/oder durch Untersuchungen bestimmt. Sollte kein befriedigender Zustand festgestellt werden, ist zu ermitteln, ob er durch Abhilfemaßnahmen hergestellt werden kann. Sollte das nicht der Fall sein, ist die Bedeutung des Kriteriums für die Lebensdauerabschätzung auch unter dem Aspekt der Kompensation durch andere Kriterien zu prüfen. Hierbei ist insbesondere die Gleichwertigkeit [LÜHR-09] zu belegen, wenn anderweitige Maßnahmen ergriffen werden.

Jede **zusätzliche Anforderung** (Kap. 4.2) ist gutachterlich zu erfassen. Die gutachterliche Aussage muss mit einer zusammenfassenden Bewertung des aktuellen Zustands abschließen. Diese orientiert sich am Erfüllungsgrad des heutigen Standes der Technik. Weiter muss die gutachterliche Aussage die Möglichkeiten zur Erreichung des heutigen Standes der Technik beinhalten. Sollte Letzteres nicht gegeben sein, sind die Bedeutung der jeweiligen zusätzlichen Anforderung und die Kompensationsmöglichkeit darzustellen (Gleichwertigkeit [LÜHR-09]).

Aus der Begutachtung der Grundanforderungen und der einzelnen zusätzlichen Anforderungen ist dann eine **abschließende, zusammenfassende Lebensdauerabschätzung** zu erstellen.

Über diesen Weg ist damit eine quantifizierbare, transparente und belastbare Lebensdauerabschätzung machbar, die auch von Dritten nachvollzogen werden kann.

6 Art und Umfang zukünftiger Prüfungen

Die Lebensdauerabschätzung bildet die Grundlage für die Durchführung der Prüfungen aus verschiedenem Anlass wie

- wiederkehrende Prüfung nach VAWS bzw. BetrSichV,

- Prüfung vor der Wiederinbetriebnahme nach wesentlichen Änderungen oder nach Reparaturen,
- Prüfung vor der Wiederinbetriebnahme nach vorübergehender Stilllegung,
- außerordentliche, angeordnete Prüfung im Einzelfall.

Grundsätzlich sind bei allen Prüfungen alle Punkte der Lebensdauerabschätzung (Kap. 4) zu bearbeiten. Dabei sind aber nur die Änderungen zu begutachten und zu bewerten im Hinblick auf den Einfluss auf die Lebensdauer. Dabei ist jedes Kriterium (Grundanforderungen und zusätzliche Anforderungen) zu bewerten und auf seinen Einfluss im Hinblick auf die Lebensdauer zu würdigen.¹ Mit den Einzelergebnissen ist dann eine **aktualisierte Lebensdauerabschätzung** zu erstellen.

Die Prüfungen werden als tankbezogene Sachverständigenprüfungen vor Ort (Ordnungsprüfung, technische Prüfungen, evtl. auch Laboruntersuchungen) durchgeführt.

Die unabhängig von diesen Prüfungsgrundsätzen geltenden Bestimmungen für die Durchführung von Prüfungen überwachungsbedürftiger oder prüfpflichtiger Einrichtungen sowie die für solche Prüfungen zugelassenen Sachverständigen oder Prüfstellen werden hiervon nicht berührt.

7 Grundsätzliches für die Durchführung der einzelnen Anforderungen

Die Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Empfehlungen sind für jedes nachfolgende Kriterium einzeln in einem Anlagenband zu dokumentieren.

7.1 Nachweis der Materialverträglichkeit der Beschichtung mit dem Füllgut

Das Spektrum der einzulagernden Produkte ist eindeutig festzulegen. Für dieses Produktspektrum ist dann nachzuweisen, dass das Beschichtungsmaterial, das überwiegend noch aus der Zeit der Errichtung in den Anfängen der 1970-iger Jahre vorhanden ist, mit den heutigen Produkten verträglich ist. Ebenso ist der Nachweis zu führen, dass die Verträglichkeit bei den Ausbesserungsmaterialien für die Innenbeschichtung gewährleistet ist.

7.2 Überprüfung und Bewertung der Statik

Mit dieser Untersuchung über die Tragwerksplanung ist nachzuweisen, dass die statischen Anforderungen an die Bauteile und das Gesamttragwerk erfüllt werden, so dass die Behälter weiterhin uneingeschränkt standsicher sind und hinsichtlich ihrer Gebrauchstauglichkeit für die nächste Nutzungsperiode als gesichert angesehen werden können.

¹ **Anmerkung:** Wenn sich keine erkennbaren Änderungen der Situation und Randbedingungen feststellen lassen, dann ist dieses festzuhalten und mit dem Votum „*Kriterium hat keinen erkennbaren, negativen Einfluss auf die Lebensdauer*“ zu versehen.

Nicht zu behandeln ist hier der Zustand der inneren Beschichtung und/oder Auskleidung (siehe hierzu Kap. 7.5).

Grundlage der statischen Überprüfung ist die Ursprungsstatik. Sie ist entsprechend dem aktuellen Stand der Technik gegenüberzustellen.

Sollte die Ursprungsstatik nicht vorliegen, ist eine rechnerische Untersuchung auf der Basis der statischen Tragwerkskonstruktion und der Bewehrungspläne unter verschiedenen, möglichen Lastfällen und Lastfallkombinationen durchzuführen, um den „worst case“ möglichst nahe zu kommen.

Für die Berechnung sind entsprechende Rechenmodelle entsprechend dem Stand der Technik zu verwenden.

Die Beurteilung der Tragfähigkeit kann dabei auf verschiedenen Stufen erfolgen, die durch steigende Realitätsnähe gekennzeichnet sind:

- a) Vergleich der vorhandenen mit der erforderlichen Bewehrung,
- b) Vergleich der Schnittgrößen einer Berechnung bei elastischem Materialverhalten im rechnerischen Bruchzustand mit den sich aus den maximalen Dehnungen ergebenden Bruchwiderständen am Querschnitt,
- c) Vergleich der Schnittgrößen einer Berechnung bei nichtlinearem Materialverhalten im rechnerischen Bruchzustand mit den sich aus den maximalen Dehnungen ergebenden Bruchwiderständen am Querschnitt.

Dabei ist zunächst nur die schlaffe Bewehrung in Ansatz zu bringen. Reicht diese nicht aus, ist zusätzlich die Spannbewehrung mit dem noch verfügbaren Anteil der Dehnung bis zur Streckgrenze hinzuzurechnen.

7.3 Bewertung des Betonzustands

Die Überprüfungen konzentrieren sich auf die Integrität der Gesamtstruktur. Wesentlich dabei ist, dass keine Hohlstellen zwischen der Beschichtung und der Betonbehälterwand vorhanden sind. Für die Standsicherheit und die Dichtigkeit der Behälter ist nachzuweisen, dass keine Spannglieder gebrochen sind.

Bei der Untersuchung der Gesamtkonstruktion sind die drei Komponenten zu betrachten:

- **Behälterboden,**
- **Behälterwand**
- **Übergang vom Boden zur Wand.**

Eine Kontrolle der einwandfreien Funktion der Stahlbetonbewehrung, der Spannbetonbewehrung und des Konstruktionsbetons erfolgt durch eine visuelle Überprüfung der Betonoberfläche auf ihren Risszustand. Eine solche visuelle Überprüfung ist bei einer Beschichtung zerstörungsfrei nicht möglich. Ein zerstörungsfreies Prüfverfahren existiert für diese Überprüfung nicht. Die einzige Möglichkeit wäre das örtliche Entfernen der Abdichtung

und Freilegen der Betonoberfläche. Von diesem zerstörenden Schritt ist aber abzuraten, da die Reparatur nicht den gleichen Qualitätsstand der Dichtigkeit und Dauerhaftigkeit der Dichtigkeit an dieser Stelle haben wird wie die unverletzte Beschichtung.

Mit in alle Betrachtungen einzubeziehen ist das Tragverhalten der Behälterstruktur über die Jahre bis zum heutigen Tag hinsichtlich von Anzeichen von Überlastung, Deformation, Abplatzungen oder andersartiger auf Mängel hinweisende Erscheinungen.

Die empfindlichsten Indikatoren für einwandfreies Tragverhalten sind ungebrochene Spannglieder und der innige Verbund der Beschichtung mit dem Beton sowie die Dichtigkeit der Beschichtung. Für beide Nachweise existieren entsprechende zerstörungsfreie Prüfverfahren.

Die **Dauerhaftigkeit des Betons** selbst ist der unkritischste Parameter. Er unterliegt praktisch keinen seine Dauerhaftigkeit beeinträchtigenden Angriffen. Solange die Beschichtung dicht ist, greifen den Beton keine aggressiven Medien an. In Hohllagen der Beschichtung dagegen könnten sich, wenn Undichtigkeiten in der Beschichtung entstanden sein sollten, aggressive Flüssigkeiten angesammelt haben. Deshalb ist nachzuweisen, ob Ablösungen der Beschichtung vom Betonuntergrund vorhanden bzw. aufgetreten sind.

Auf der Außenseite des Behälters ist der Beton mit Erde überdeckt. Der Beton befindet sich im Vergleich zu herkömmlichen Bauwerken hier deshalb in einem Idealzustand. Er unterliegt geringen Temperaturschwankungen, keinen Feuchtigkeitswechseln und keiner Karbonatisierung. Zudem befindet er sich wegen der Vorspannung in einem überdrückten Zustand. Kritisch wird der Zustand für den Beton und seine Dichtigkeit, wenn die Spannglieder versagen sollten.

Wenn die Abdichtung und die Spannglieder frei von Mängeln sind, beträgt die Lebensdauer des Betons mindestens 1.000 Jahre, verglichen mit dem Römerbeton der Stadtmauer von Köln, die über 2.000 Jahre alt ist.

Ob im Innern des Betons unaktivierte Reaktionen schlummern, wie beispielsweise eine Alkalikieselsäurereaktion oder sekundäre Ettringitbildung, könnte anhand einer Betonanalyse untersucht werden. Hierzu sind Bohrkern aus der Wandung am Einstieg in den Behälter ohne Zerstörung der Beschichtung zu entnehmen und auf Festigkeit, Porosität und Karbonatisierung zu überprüfen.

Von besonderem Interesse ist der Bereich „**Übergang Sohle-Wand**“ hinsichtlich der Dichtigkeit. Hier treten Schale und Platte mit ihren unterschiedlichen Verformungs- und Steifigkeitseigenschaften miteinander in Kontakt. Was für den Beton gilt, gilt an dieser Stelle ebenso für die Beschichtung. Der Temperaturexpansionskoeffizient der Beschichtung ist 5 bis 10-fach höher als derjenige des Betons. Visuell sollte deshalb der umlaufende Fugenbereich Sohle Wand auf Mikrorisse untersucht werden. Wird nichts gefunden, bedeutet das auch für den Beton ein geringes Risiko einer eventuellen Rissbildung in diesem Bereich.

Zusätzlich könnte man von außen in einem Schlitz zum Behälter graben und den Boden am Übergangsbereich chemisch auf durchgedrungene Kohlenwasserstoffe untersuchen. Wollte man den Beton auf Hohlstellen untersuchen, müssten das Schutzmauerwerk und die Außenabdichtung entfernt werden. Impact-Echo, Ultraschall, oder Radar wären die entsprechenden zerstörungsfreien Verfahren.

Auf diesen tief eingreifenden Schritt sollte aber so lange verzichtet werden, so lange nicht nachgewiesen worden ist, dass Spannstähle gebrochen sind oder die Innenabdichtung des Behälters Zerstörungen aufweist.

Hohllagen der Beschichtung werden mit einem mechanisch akustischen Verfahren geortet, das großflächig und schnell angewandt werden kann. Dieses Verfahren zur Ortung von Hohllagen bei Stahlbetondecken mit Gipsputz wird mit Erfolg angewendet.

Die horizontalen und vertikalen Spannglieder werden mit dem Remanenzmagnetismus-Verfahren [HIL-09] auf **Brüche der Spannstähle** überprüft. Die Ortung der Lage der Spannglieder wird dabei magnetisch vorgenommen.

Das Verfahren des Remanenzmagnetismus besteht aus zwei Teilschritten. In einem ersten Teilschritt werden die Spannglieder magnetisiert. Dazu wird ein Elektromagnet über die Oberfläche des Bauteils geführt. Das Verfahren arbeitet zerstörungsfrei und bedarf keines Kontaktes weder zum Beton noch zur Bewehrung. Da die Behälter erdüberdeckt sind, können sie nur von innen überprüft werden. Dabei wird die Behälterwand mit dem Magneten, der etwa 30 kg wiegt, abgefahren.

Sollten keine Veränderungen an den Spanngliedern und keine Hohlräume unter der Beschichtung festgestellt werden, lässt sich die Lebensdauer der Behälter beliebig lange ausdehnen.

7.4 Nachweis der einschlägigen, rechtlichen Anforderungen und Technischen Regeln zum Zeitpunkt der Errichtung der Behälter

Bei bestehenden Anlagen ist es wegen des Bestandsschutzes wichtig, den Nachweis zu führen, dass zum Zeitpunkt der Errichtung der Anlage die einschlägigen, rechtlichen Anforderungen und Technischen Regeln realisiert worden sind. Hierzu sind durch den Betreiber die relevanten Dokumente zusammenzustellen und mit der Realisierung zu vergleichen. Insbesondere müssen die Konstruktion und Beschaffenheit des Stahlbetonbehälters ausreichend beschrieben sein.

Aus den vom Betreiber vorgelegten standortbezogenen Unterlagen muss geschlussfolgert werden können, dass das Bauwerk keinen wesentlichen Belastungen ausgesetzt war oder ist, die eine mittelfristige Lebensdauerbegrenzung vermuten lassen. Insbesondere ist auszuweisen bzw. zu prüfen:

- Vorhandensein von unzulässigen (umgebungsbedingten) Gefährdungen wie Erdbeben, Erdbewegungen anderer Art, Erschütterungen im Hinblick auf den Standort der Behälter (auch in der Vergangenheit),
- Bestimmungsgemäße Nutzung und Belastung der Behälter seit der Inbetriebnahme hinsichtlich Befüllmedien (chemische Beanspruchung), Befüllvolumen bzw. Befüllmasse (mechanische Beanspruchung) oder Betriebsweise (dynamische Beanspruchung).

Es ist ferner nachzuweisen, dass für den Betrieb des Behälters im bisherigen Nutzungszeitraum die jeweils geltenden technischen Regeln beachtet worden sind. Dies gilt auch für durchgeführte Instandhaltungsmaßnahmen, insbesondere die Innenbeschichtung.

7.5 Bewertung des Zustandes der Innenbeschichtung

Der bestimmende lebensdauerbeeinträchtigende bzw. lebensdauerbegrenzende Schädigungsvorgang, der in der Innenbeschichtung des „Behälters Bauart 7.500“ auftreten kann, ist die **osmotische Blasenbildung**. Es ist sowohl ein punktuell als auch ein flächenhaftes, eng begrenztes Schadensbild möglich, welches insbesondere den Haftverbund des mehrschichtigen Aufbaus beeinträchtigen kann.

Die für die Osmoseproblematik ursächliche semipermeable Grenzschicht zwischen Beton und Beschichtung ist verantwortlich für die auftretende Blasenbildung. Sie resultiert hauptsächlich aus der Restfeuchte von außen einsickernden Wassers und aus osmosefördernden Bestandteilen der EPOWIT-Beschichtung [PLE-09].

Die Schädigung ist zum Zeitpunkt des Beginns einer daraus resultierenden Lebensdauerbeeinträchtigung sehr leicht erkennbar. Zu diesem Zeitpunkt ist die Beschichtung im betroffenen Bereich durch Verformung und/oder Blasenbildung als vorgeschädigt zu bezeichnen. Eine Undichtheit ist nach aller Erfahrung nicht zu besorgen, weil erst nach der Entleerung des Behälters der osmotische Druck zur Verformung und Blasenbildung führen kann.

Für die Innenbeschichtung der „Behälter Bauart 7.500“ gelten nachfolgend genannte Anforderungen:

- Die Oberfläche muss glatt, homogen und gut zu reinigen sein. Sie darf keine erkennbaren Mängel wie Blasen, Poren, Lücken, Risse, herausragende Glasfasern oder andere Fehlstellen und Verunreinigungen in der Oberfläche aufweisen, welche die Dichtheit beeinträchtigen können.
- Die Beschichtung muss mit dem Behälteruntergrund (Beton) und den Rohrleitungseinführungen fest haftend verbunden sein. Da es sich um ein mehrschichtig aufgebautes System handelt, müssen die einzelnen Schichten gut in sich verbunden sein (Zwischenschichthaftung).
- Die bei sachgemäßer Behandlung vorkommenden Beanspruchungen (Lagergut, Reinigungsarbeiten) dürfen nicht zum Auflösen, Abplatzen oder Ablösen vom Untergrund, zu unzulässigem Erweichen, zum Verspröden oder Klebrigwerden führen.
- Bautechnologisch unvermeidliche Risse im Untergrund (Beton), müssen nach Aushärtung der Beschichtung überbrückt werden können.
- Die Beschichtung muss nach Ablauf der angegebenen Mindesthärtungszeit unter Mindesthärtungsbedingungen soweit gehärtet sein, dass sie bestimmungsgemäß beansprucht werden kann.

Die Sachverständigenprüfung besteht in einer augenscheinlichen Prüfung des Istzustandes der gesamten Fläche der Innenbeschichtung des Stahlbetonbehälters.

Die Prüfung erfolgt

- durch Abklopfen von Verdachtsstellen, insbesondere durch Inaugenscheinnahme der Umgebung der Produktrohereinführungen in den Tank, der Leiteraufstandsflächen sowie des Wand-Sohlen-Anschlusses,

- auf Zustand der Vorrichtungen zur Ableitung elektrostatischer Aufladungen (in der Regel Ableitbänder aus Aluminium),
- auf Bläschen, Blasen oder Beulen in der Beschichtung; hier gelten vor allem folgende Aspekte bzw. Kriterien:
 - durchschnittliche Blasengröße,
 - Blasenart (z. B. fest, beweglich, flüssigkeitsgefüllt),
 - Auftreten der Blasen (z. B. Einzelblase, schwarmartige Verteilung),
 - vermutliche Ausdehnung der Blasen innerhalb der Beschichtung (z. B. nur Lack- bzw. Deckschicht betreffend, Schichten oberhalb Al-Folie betreffend, Ablösung vom Betonuntergrund),
 - Wahrscheinlichkeit, dass die Blase die Dichtheit beeinträchtigen kann.

Im Ermessen des Sachverständigen ist es, zusätzliche Untersuchungen durchführen (z.B. Öffnen von Blasen mit geeigneten Werkzeugen).

Im Ergebnis dieser Prüfung entscheidet der Sachverständige, ob die Innenbeschichtung des Behälters vor der Wiederbefüllung einer partiellen Reparatur derartig vorgeschädigter Bereiche zu unterziehen ist. Eine solche Festlegung ist insbesondere in folgenden Fällen zu treffen:

- Vorhandensein von durchgehenden Rissen, Poren oder anderen Fehlstellen in der Beschichtung,
- Vorhandensein flüssigkeitsgefüllter und/oder beweglicher Einzelblasen mit einem mittlerem Durchmesser von mehr als 10 cm,
- schwarmartiges Vorhandensein flüssigkeitsgefüllter Bläschen von mehr als 5 m² zusammenhängender Fläche, sofern die Prüfung ergeben hat, dass nicht nur die Lack-/Deckschicht beschädigt ist,
- offensichtliche Ablösung der Beschichtung vom Untergrund im Blasenbereich,
- andere Formen einer Vorschädigung oder Beschädigung, durch die die Dichtheit beeinträchtigt sein kann.

Der Sachverständige lokalisiert und kennzeichnet diese zu reparierenden Bereiche in der Beschichtung und charakterisiert sie eindeutig im Prüfbericht. In der Regel soll dazu das einheitliche Prinzipschema der Innenfläche des Behälters verwendet und dem Prüfbericht als Anlage beigefügt werden. Diese zeichnerische Erfassung soll neben den textlichen Ausführungen im Prüfbericht eine bessere Vergleichbarkeit mit eventuell auftretenden Veränderungen bei der nächsten wiederkehrenden Prüfung ermöglichen.

Wird im Ergebnis der Prüfung entschieden, dass eine beginnende Blasenbildung noch unbedenklich (d. h. nicht reparaturbedürftig) ist, soll der Sachverständige dies begründen und diese belassbaren Bereiche ebenfalls in das genannte Prinzipschema eintragen.

Die TRbF 401 [TRbF-81] und TRbF 402 [TRbF-81a], die für die Beschaffenheit, das Aufbringen und die Prüfung von Innenbeschichtungen für Tanks aus Stahl gelten und demzufolge nicht direkt anwendbar sind, können aber als Erkenntnisquelle dienen, sind als Technische Regel aufgehoben (BArbBl. 6/2002 S. 62). Gleichwohl gelten bis zur Ablösung durch EU-Regelungen die Beschaffenheitsanforderungen weiter.

7.6 Bewertung der An- und Aufbauten

Der äußere Zustand des **Kuppelbereichs** ist zu überprüfen, insbesondere hinsichtlich der Unverletztheit der Beschichtung und Dichtheit der Abdeckungen der Öffnungen.

Bei den abflusslosen Kontroll- und Schieberschächten ist zu überprüfen:

- ausreichende Dimensionierung des Auffangvolumens
- Zustand der Beschichtung und der Fugen im Auffangraum
Hierzu können die Anforderungen gemäß DWA-A 786 [TRwS-05], Ziffer 9, herangezogen werden.

7.7 Bewertung der Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Sicherheitseinrichtungen

Durch einen Sachverständigen sind

- die Sicherheitseinrichtungen am Behälter wie Füllstandsanzeige, Überfüllsicherung und Entlüftung
- die Sensoren im Schieberschacht und in den beiden Kontrollschächten
- das Gesamtsystem der Sicherheitseinrichtungen in der zentralen Warte

hinsichtlich der Funktionstüchtigkeit zu überprüfen.

7.8 Bewertung des Zustandes der Rohrleitungen im Schieberschacht

Durch einen Sachverständigen sind

- die Schweißnähte,
- die Halterungen,
- die Wanddicken einschließlich Prognose der zu erwartenden Abtragsraten

für die im Schieberschacht vorhandenen sichtbaren Rohrleitungen hinsichtlich ihres Zustandes zu überprüfen.

7.9 Bewertung der flüssigkeitsdichten Ableitflächen

Die unter den Behältern befindlichen Ableitflächen sind nicht einsehbar und somit nicht direkt überprüfbar. Hierzu können nur die Planungsunterlagen und evtl. vorhandene Prüfzeugnisse für die ordnungsgemäße Ausführung zum Zeitpunkt der Errichtung herangezogen werden.

Da die um den Behälter umlaufende Auffangrinne für das im Schadensfall austretende Produkt außerhalb des Behälters verläuft und weiter über eine Zuleitung zu den

Kontrollschächten besteht, ist die Funktionstüchtigkeit dieses Teils des Ableitsystems über einen Versickerungsversuch zu überprüfen. Hierzu können auch Niederschlagsereignisse herangezogen werden.

7.10 Bewertung der hydrogeologischen Situation

Die hydrogeologische Situation ist in einer fortschreibbaren Form zu erfassen, um insbesondere die Grundwasserverhältnisse (Grundwasserstand und Grundwasserfließrichtung) in ihrer zeitlichen Entwicklung verfolgen zu können. Hieraus ist dann auch die Situation eines möglichen Aufschwimmens der Behälter zu bewerten.

7.11 Bewertung des Tanklagermanagements

Aus den vom Betreiber vorgelegten standortbezogenen Unterlagen und Dokumentationen über die Realisierung der Betriebsanweisungen muss geschlussfolgert werden können, dass das Bauwerk keinen wesentlichen Belastungen ausgesetzt war oder ist, die eine mittelfristige Lebensdauerbegrenzung vermuten lassen. Insbesondere ist auszuweisen bzw. zu prüfen:

- Vorhandensein von unzulässigen (umgebungsbedingten) Gefährdungen wie Erdbeben, Erdbewegungen anderer Art, Erschütterungen im Hinblick auf den Standort der Behälter (auch in der Vergangenheit),
- Bestimmungsgemäße Nutzung und Belastung der Behälter seit der Inbetriebnahme hinsichtlich Befüllmedien (chemische Beanspruchung), Befüllvolumen bzw. Befüllmasse (mechanische Beanspruchung) oder Betriebsweise (dynamische Beanspruchung).

Es ist ferner nachzuweisen, dass für den Betrieb des Behälters im bisherigen Nutzungszeitraum die jeweils geltenden technischen Regeln beachtet worden sind. Dies gilt auch für durchgeführte Instandhaltungsmaßnahmen und Änderungen/Ergänzungen.

Weiter ist das Qualitäts- und Sicherheitsmanagementsystem mit seinen Betriebsanweisungen einschließlich Alarmplan und den zugehörigen Dokumentationen unabhängig von Zertifizierungsüberprüfungen zu bewerten.

7.12 Bewertung des Brand- und Explosionsmanagements

Die vorhandenen Betriebsanweisungen, die Vernetzung mit der Feuerwehr und dem Katastrophenschutz sowie die Dokumentationen über die Realisierung der Vorgaben sind zu analysieren. Ferner sind die technischen Einrichtungen und Gerätschaften auf Vollständigkeit und Funktionsfähigkeit zu überprüfen.

7.13 Zusammenfassende Wertung

Die Kernaussagen der Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Empfehlungen der 12 Untersuchungen werden in der folgenden **Tabelle 1** synoptisch zusammengestellt und anschließend zu einem Gesamtvotum hinsichtlich der Lebensdauerabschätzung zusammengefasst.

Tab. 1: Synoptische Zusammenstellung der Ergebnisse, Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Kriterium	Kernaussagen	Bewertung
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		

Zusammenfassendes Votum

Im ersten Schritt sind die 3 Grundanforderungen (Kriterium 1 bis 3) zu erfassen und zu bewerten.

*Die primäre Sicherheit (**1. Barriere**) der „Behälter Bauart 7.500“ wird gewährleistet durch*

- *Nachweis der funktionsbedingten Statik,*
- *Nachweis, dass Spannstähle nicht gebrochen sind,*
- *Nachweis für einen innigen Verbund von Beschichtung und Beton,*
- *Nachweis der Unverletztheit der Innenbeschichtung.*

Dabei stehen sich zwei Aspekte diametral gegenüber. Auf der einen Seite verhindert die Durchfeuchtung des Betons (Betonkörper ist im Erdreich eingebunden) die Karbonatisierung, wodurch die Stahlbewehrung angegriffen werden kann und Schäden hinsichtlich der Standsicherheit des Betonkörpers nach sich ziehen kann. Auf der anderen Seite fördert die Durchfeuchtung die Osmoseblasenbildung, was zur Ablösung der Beschichtung und somit zu Schäden hinsichtlich der Standsicherheit des Betonkörpers führen kann.

Daraus ist zu schließen, dass Ablösungen der Beschichtung in jedem Fall zu vermeiden sind. Wenn das gewährleistet ist und bislang kein Spannstahlbruch eingetreten ist, dann halten die „Behälter Bauart 7.500“ „ewig“.

Daraus ergeben sich zwei Aktionen:

- *regelmäßige Untersuchungen hinsichtlich evtl. vorhandener Ablösungen,*
- *Leerstand der Behälter vermeiden.*

*Die sekundäre Sicherheit (2. **Barriere**) der „Behälter Bauart 7.500“ wird gewährleistet durch*

- *Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Schieber- und Kontrollschächte,*
- *Nachweis der Funktionstüchtigkeit der verschiedenen Sicherheitseinrichtungen,*
- *Bewertung des Zustandes der Rohrleitungen im Schieberschacht,*
- *Bewertung der flüssigkeitsdichten Ableitflächen unter den Tanks,*
- *Bewertung der hydrogeologischen Situation über die Zeitachse,*
- *Bewertung des Tanklagermanagements (Qualitäts- und Arbeitssicherheitsmanagement),*
- *Bewertung des Brand- und Explosionsmanagements.*

Im Rahmen der Ordnungsprüfung ist auch der Nachweis zu führen, dass zum Zeitpunkt der Errichtung der Behälter die einschlägigen, rechtlichen Anforderungen und Technischen Regeln eingehalten worden sind.

8 Literatur

- [BAV-08] Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe - VAwS-Brandenburg vom 19. Oktober 1995, zuletzt geändert 12.März 2008
- [BVAV-99] Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe - VVAwS-Brandenburg vom 27. Juli 1999
- [BVS-02] BetrSichV – Betriebssicherheitsverordnung
Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes
27. September 2002, zuletzt geändert am 18.12.2008
- [DIN 19250] Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (Hrsg.):
Vornorm DIN 19250 Grundlegende Sicherheitsbetrachtungen
Betrachtungen für MSR – Schutzeinrichtungen. Berlin: Beuth 1989
- [FMEA-03] Tietjen, T., Müller, H.
„FMEA- Praxis“
Verlag Hanser München, 2003
- [HES-08] Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen

- und über Fachbetriebe - VAwS - Anlagenverordnung
vom 16. September 1993, zuletzt geändert am 25. März 2008
- [HIL-09] Hillemeier, B., Walther, A.
„Spannstahl-Bruchortung - Das Remanenzmagnetismus-Verfahren“
TU Berlin, Fachgebiet Baustoffe und Baustoffprüfung, 2009
- [HSA-04] „Hintergrundpapier zur Sächsischen Anlagenverordnung“
Informationen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen,
Informationsblatt 1-2, Landesamt für Umwelt und Geologie, September
2004
- [KAS-07] 2. Zwischenbericht (3. Aktualisierung September 2007) des AK Tanklager
(AK-TL) der Kommission für Anlagensicherheit (KAS)
- [LÜHR-09] Lühr, H.-P.
„Ermittlung der Gleichwertigkeit der Sicherheit bei unterirdischen
Behältern hinsichtlich des Boden- und Grundwasserschutzes“
unveröffentlicht, 15.02.2009
- [PAAG-97] „Risikoanalyse von Störfallanlagen“
IVSS – Sektion Chemie, Dezember 1997
- [PLE-09] Pleißner, J.
„Expertise zum Material der Innenbeschichtung und Osmoseproblematik“
unveröffentlicht, 2009
- [SAV-01] „Sächsische Anlagenverordnung - SächsVAwS“
zuletzt geändert am 5. Dezember 2001
- [TAV-09] „Thüringer Anlagenverordnung - ThürVAwS“
vom 25. Juli 1995, zuletzt geändert am 20. März 2009
- [TRbF-81] TRbF 401 - Richtlinie für Innenbeschichtungen von Tanks zur Lagerung
brennbarer Flüssigkeiten der Gefahrklassen A I, A II und B (Richtlinie
Innenbeschichtungen A I, A II und B)
Ausgabe Dezember 1981
- [TRbF-81a] TRbF 402 - Richtlinie für Innenbeschichtungen von Tanks zur Lagerung
brennbarer Flüssigkeiten der Gefahrklasse A III (Richtlinie
Innenbeschichtungen A III)
Ausgabe Dezember 1981
- [TRwS-05] DWA-A 786 „Technische Regel wassergefährdender Stoffe (TRwS) –
Ausführung von Dichtflächen“,
DWA, 2005
- [TVAV-08] „Verwaltungsvorschrift zum Vollzug der Thüringer Anlagenverordnung -
ThürVVAwS“
vom 15. Dezember 2008