

Anhang

- Anhang 1** Literaturverzeichnis
- Anhang 2** Glossar der wichtigsten Begriffe
- Anhang 3** Schadenausmass für Störfallwert 0.3 gemäss BUWAL-Richtlinie
- Anhang 4** Beurteilung von Stehtankanlagen im Hinblick auf Erdbeben
- Anhang 5** Zusammenstellung der allgemeinen Sicherheitsmassnahmen, Formular zum Vollzug von Art. 3 StFV (Kurzbericht Teil 1)
- Anhang 6** Formular zur Ausmasseinschätzung (Kurzbericht Teil 2)

Anhang 1

Literaturverzeichnis

Literaturverzeichnis

- [1] BUWAL, Richtlinie, Beurteilungskriterien I zur Störfallverordnung, Reihe Vollzug Umwelt, 1996
- [2] BUWAL, Methodikbeispiel für eine Risikoermittlung einer Flüssiggastankanlage, Reihe Vollzug Umwelt, 1996
- [3] DIREKTION DES INNERN DES KANTONS ZÜRICH, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Schadensausmasseseinschätzung, Referenzbeispiele und Hilfsmittel, 1992
- [4] CARBURA, Richtlinien für Tankanlagen, 1974 (mit Ergänzung von 1992)
- [5] TNO, Methods for the Calculation of the Physical Effects Resulting from Release of Hazardous Materials (Liquids and Gases), CPR 14E-Report of the committee for the prevention of Disasters (Yellow Book), 3rd. Ed. Voorburg, 1997
- [6] VAN DEN BERG, A.C., The Multi Energy Method, A framework for vapour cloud explosion blast prediction, Journal of Hazardous Materials, Vol 12, 1, 1985
- [7] Verordnung über Belastungen des Bodens (VBBo) SR 814.12 vom 1. Juli 1998
- [8] CARBURA, Rahmenbericht über Stehtankanlagen für flüssige Brenn- und Treibstoffe im Hinblick auf die Störfallvorsorge, SKS Ingenieure AG, 1. Oktober 1992
- [9] J.F.ROURE ET AL, Le Boil Over, in: Sciences et Techniques, N° 28, Juillet-Août 1996
- [10] P.P.K.RAJ, Calculation of thermal radiation hazards from LNG fires, a review of the state of the art, AGA Transmission Conference, St. Louis, U.S.A., 1977
- [11] TNO, Auszug aus Datenbank FACTS über Störfälle, 1991 (unveröffentlicht)
- [12] BUWAL, Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung, Reihe Vollzug Umwelt, Stand 1993
- [13] K.S.MUDAN, Thermal radiation hazards from hydrocarbon poolfires, Prog. Energy Combust. Sci. 10, 1984
- [14] A. SCHÖNBUCHER, D. GRÖCK, R. FIALA, X. ZHANG, Technische Überwachung, VDI Verlag Bd. 33 Nr. 6, 1992
- [15] VDI WÄRMEATLAS, 4. Auflage, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1984
- [16] STATISTISCHES AMT DES KANTONS ZÜRICH, Statistisches Jahrbuch des Kantons Zürich 1997
- [17] F.P. LEES, Loss Prevention in the Process Industries, Hazard Identification, Assessment and Control, Butterworths, 1996
- [18] W. BARTKNECHT, Explosionen, Ablauf und Schutzmassnahmen, Springer Verlag, 1993
- [19] TNO, Methods for the Determination of Possible Damage (Green Book), Voorburg, First Edition 1992
- [20] GIESBRECHT H. ET AL, Analyse der potentiellen Explosionswirkung von kurzzeitig in die Atmosphäre freigesetzten Brenngasmengen, Chemie Ing Tech: 53, Teil 2, 1981
- [21] OBERRHEIN-KONFERENZ, Arbeitsgruppe Umwelt, Dritter Bericht über industrielle Risiken: Gefahrenpotentiale von Lägern für Kohlenwasserstoffe, 1995
- [22] BROECKMANN B., SCHECKER H.G.: Heattransfer Mechanismus and Boilover in Burning Oil-water Systems, J. Loss Prev. Process Ind. Vol. 8, No 3, 1995
- [23] INERIS, Retour d'expérience, Les Accidents dans les Dépôts d'hydrocarbures, Journée professionnelle, Lyon, 1996
- [24] HOMMEL, G., Handbuch der gefährlichen Güter, dritte Auflage 1988
- [25] HOMMEL, G., Handbuch der gefährlichen Güter, neunte Auflage 1997
- [26] VISINONI, G., Les apports du retour d'expérience pour la définition des scénarios de référence liés aux hydrocarbures, 1996
- [27] PHELPS P.J., JURLIDINI R., The Computer Modelling of Tank Spills and Containment of Overflows, 7th Int. Symp. on Loss Prev. Process Ind., Taormina (I), May 1992

-
- [28] SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREIN; Norm sia 160, Einwirkungen auf Tragwerke, Ausgabe 1989
- [29] Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlastenverordnung AltIV) vom 26. August 1998
- [30] BUWAL, Wegleitung "Verwertung von ausgehobenem Boden (Wegleitung Bodenaushub)", Schriftenreihe Vollzug Umwelt, Dezember 2001
- [31] BUWAL, "Erdbebensicherheit bestehender unverankerter Stehtanks, Beurteilung aus der Sicht der Störfallverordnung", Studie der RÉSONANCE Ingénieurs-Conseils SA im Auftrag des BUWAL, 2003
- [32] KANTON ZÜRICH, Checkliste CL2 des Zürcher Behelfs "Erdbeben und Störfallvorsorge" vom Oktober 2001
- [33] API 650 "Welded Steel Tanks for Oil Storage", Appendix E, American Petroleum Institute, 10th edition Nov. 1998, addendum 1 March 2000.
- [34] MALHOTRA P. Practical Nonlinear Seismic Analysis of Tanks, Earthquake, Spectra, Vol. 16, 473-492, 2000.
- [35] SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREIN; Norm sia 261, Einwirkungen auf Tragwerke, Ausgabe 2003
- [36] EUROCODE 8, Teil 4: Silos, Tanks and Pipelines Europäische Vornorm, ENV 1998-4, Anhang A. Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 1998.
- [37] Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten (VWF), vom 1. Juli 1998 (Stand am 15. Dezember 1998)
- [38] CONCAWE, environmental classification of petroleum substances – summary data and rationale, report Nr. 01/54, Brussels, October 2001 (vgl. www.concawe.org)
- [39] CONCAWE, classification and labeling of petroleum substances according to the EU dangerous substances directive (CONCAWE recommendations – July 2005), report no. 6/05, Brussels, August 2005 (vgl. www.concawe.org)
- [40] SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREIN; Norm sia 260, Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, Ausgabe 2003

Anhang 2

Glossar der wichtigsten Begriffe

Glossar

Ausmass

Als Folge eines Szenariums treten unterschiedliche Einwirkungen auf Bevölkerung und Umwelt auf (Hitze- strahlung, Gewässerverunreinigungen, Druckwellen). Diese Einwirkungen führen zu Schädigungen, deren Grösse durch das Schadenausmass bezeichnet werden.

Deflagration oder Verpuffung

Verhältnismässig langsam erfolgende Explosion von zündfähigen Gas-Luftgemischen, deren Anfangsüberdruck von der Art des Gases, der Menge an explosibler Masse und von den Umgebungsbedingungen abhängt (für teilverdämmte Gaswolkenexplosionen im Freien 0.3 bar, für Explosion in der Kanalisation 7 bar).

Detonation

Stossartige, extrem schnell erfolgende Explosion von zündfähigen Gas-Luftgemischen, bei der die Flammenfront Überschallgeschwindigkeit erreicht. Anfangsüberdruck und Stossdruck können z.B. in kleinkalibrigen Kanalisationsrohren sehr hohe Werte erreichen.

Explosion

Explosion ist ein allgemeiner Begriff für eine sehr plötzliche Energiefreisetzung durch eine schnelle Oxidations- oder Zersetzungsreaktion. Sie verursacht eine schnelle Temperaturerhöhung sowie Druck- und Stosswellen. In diesem Bericht wird der Ausdruck als Oberbegriff für die Deflagration und die Detonation gebraucht.

Kanalisation

Unter Kanalisation wird in diesem Bericht sowohl die Betriebskanalisation als auch die öffentliche Kanalisation verstanden. Bei Schadenausmasseseinschätzungen sind in Anlagen oder auf angrenzendem öffentlichem Grund nur die Kanalisationsanlagen von Interesse, die betroffen werden können (in der Regel die Meteorwasserkanalisation).

Letalität

Unter Letalität versteht man den Anteil der Personen in einer betroffenen Gruppe, der unter äusseren Einwirkungen (z.B. Gift, Brand, Druckwellen) tödlich verletzt wird. Bei Störfällen in Tankanlagen sind für den Menschen die Letalitäten infolge Hitzestrahlung oder Druckwellen massgebend.

Letalitätsradius

Der Abstand vom Zentrum eines Störfalls bis zu einem Ort einer bestimmten Letalität heisst Letalitätsradius. So bedeutet eine Letalität von 50% in 100 m Entfer-

nung ($R_{50} = 100$ m), dass in einem Abstand von bis zu 100 m vom Ort des Störfalls 50% der anwesenden Personen tödlich verletzt werden. Personen, die sich näher am Störfall befinden, sind stärker gefährdet. Zur Vereinfachung werden in diesem Bericht nur die Radien 1%, 50% und 99% Letalität betrachtet.

Schadenindikator

Schadenindikatoren sind Hilfsmittel zur einheitlichen Darstellung und Bewertung des Ausmasses für potentiell von einem Störfall betroffene Umweltbereiche oder Menschen. Die Verwendung der Schadenindikatoren erlaubt insbesondere eine ausreichende Beschreibung von Schädigungen infolge fast aller Arten von Störfällen und damit einen Vergleich zwischen verschiedenen Anlagen. Die Indikatoren sind in einer BUWAL-Richtlinie wie folgt festgelegt worden [1]:

n ₁	Todesopfer	Gefährdung Mensch
n ₂	Verletzte	Gefährdung Mensch
n ₃	Oberirdische Gewässer	Verunreinigung Oberfläche/Volumen
n ₄	Unterirdische Gewässer	Ausfall Trinkwasserfassung
n ₅	Boden	Verlust Bodenfruchtbarkeit
n ₆	Sachwerte	Sachschäden in Mio. Fr.

Störfall

Als Störfall wird in diesem Bericht ein ausserordentliches Ereignis bezeichnet, bei dem unkontrolliert Treib- oder Brennstoffe freigesetzt werden, die ausserhalb des Areals zu erheblichen Einwirkungen führen.

Störfallszenarien

Eine auf der Basis realer Gegebenheiten der Anlage und seiner Umgebung angenommene Abfolge von Ursachen und Ereignissen, die zu erheblichen Einwirkungen und daraus allenfalls zu Schädigungen der Bevölkerung oder der Umwelt führen können.

Störfallwert

Der Störfallwert ist eine normierte Grösse für das berechnete Ausmass und liegt für alle Indikatoren zwischen 0 und 1. Die Umrechnung ist in der BUWAL-Richtlinie [1] festgelegt. Mit dem Störfallwert wird das Ausmass beurteilt, wobei die Grenze für einen Grossunfall, bei dem schwere Schädigungen für Mensch und Umwelt nicht ausgeschlossen werden können, beim Wert 0.3 liegt.

Anhang 3

Schadenausmass für Störfallwert 0.3 gemäss BUWAL-Richtlinie

Schadenausmass für Störfallwert (StFW) 0.3 gemäss BUWAL-Richtlinie [1]

Indikator	Grenzwert für StFW = 0.3	Schadenausmass für StFW = 0.3*	
		Benzin	Heizöl/Kerosin/Dieselöl
n ₁ Tote	10 Tote	Brand: 15 Pers. im R₅₀ oder 67 Pers. zw. R₁ und R₅₀	
		Explosion: 14 Pers. in R_{0,48}	keine Explosion mögl.
n ₂ Verletzte	werden für die Ausmasseneinschätzung (Stufe Kurzbericht) nicht berücksichtigt		
n ₃ Oberirdisches Gewässer	Verunreinigung von 10 ⁶ m ³ oder 1 km ² (10 ⁶ m ²) Als Verunreinigung gilt: A) k > 15 g Mineralölprodukt pro m ² Gewässeroberfläche Fall B) nur im Ausnahmefall relevant (z.B. in wichtigen Fischgewässern) B) k > LC ₅₀ für Goldorfe ¹ (nach Tab. 2.3) Bleifrei 95 = 2-120 mg/l Bleifrei 98 = 2 mg/l Heizöl EL = 120-264 mg/l Kerosin = 120-175 mg/l Dieselöl = 120-160 mg/l	Dichte: Benzin: ρ = 720-770 kg/m ³ A) Erford. Menge: 15 t Benzinvolumen: 19-21 m ³ B) Erforderliche Menge:¹ Bleifrei 95: 2-120 t Volumen: 2.5 - 167 m ³ Bleifrei 98 2 t Volumen 2.5 m ³	Dichte: Heizöl: ρ = 860 kg/m ³ Kerosin: ρ = 750-850 kg/m ³ Dieselöl: ρ = 815-855 kg/m ³ A) Erford. Menge: 15 t Heizölvol.: 17 m ³ Kerosinvol.: 17-20 m ³ Dieselölvol.: 17-18 m ³ B) Erforderliche Menge:¹ Heizöl: 120-264 t Volumen: 140-307 m ³ Kerosin: 120-175 t Volumen: 141-233 m ³ Dieselöl: 120-160 t Volumen: 140-196 m ³
n ₄ Unterirdisches Gewässer	Ausfall einer Grundwasserfassung im Umfang von 10 ⁴ Personenmonaten [PM] Ausfall tritt ein, wenn: <ul style="list-style-type: none"> Konzentration in GW-Fassung > Grenzwert gemäss LMV Art. 275 	Grenzwert: 20 mg/m ³ Wasserverbrauch: 400l/Pd 10'000 PM = 120'000 m ³ Erford. Menge: 2.4 kg Benzinvolumen: ca. 3.1-3.4 l	Grenzwert: 20 mg/m ³ Wasserverbrauch: 400l/Pd 10'000 PM = 120'000 m ³ Erford. Menge: 2.4 kg Heizöl-Volumen: ca. 2.8 l Kerosin-Vol.: ca. 2.8-3.2 l Dieselöl-Vol.: ca. 2.8-2.9 l
n ₆ Sachschäden	Sachschäden von 50 Mio. Fr. Anwendbar auf Schäden: <ul style="list-style-type: none"> ausserhalb des Betriebsareals an Infrastrukturen, Bauwerken, etc. Nicht anwendbar auf: <ul style="list-style-type: none"> Sanierungskosten Evakuierungskosten, etc. 	Sachschäden durch Explosion in der Kanalisation, Zündgrenzen: 0.6 - 8 Vol% Annahme Kosten: - ca. 1000.-/m Kanalisation - Infrastrukturschäden je nach Nutzung, Bauart Erford. Kanalisationslänge: 50 km zerstört	Keine Explosion möglich Weitere Sachschäden in Millionenhöhe unwahrscheinlich

* **Angaben (fett): Massgebende Mengen für Störfallwert 0.3**

¹ Für andere Arten, z.B. Regenbogenforelle können die Werte deutlich tiefer liegen

Anhang 4

Beurteilung von Stehtankanlagen im Hinblick auf Erdbeben

Beurteilung von Stehtankanlagen im Hinblick auf Erdbeben

1. Einleitung

Stehtankanlagen werden weltweit seit Jahrzehnten in grosser Zahl erstellt und betrieben. Auch wenn sie sich bezüglich Grösse und konstruktiven Details voneinander unterscheiden, handelt es sich immer um eine statisch einfache Konstruktion zur Lagerung von flüssigen Treib- und Brennstoffen. Dies ermöglicht es, weltweite Erfahrungen bei Stehtanks zu nutzen, insbesondere zur Beurteilung der Einwirkungen aus Erdbeben. Mit dem Ziel, mit möglichst einfachen Kriterien erdbebensichere Stehtanks erkennen zu können (Checkliste), hat das BUWAL eine Studie in Auftrag gegeben, welche die vorhandenen, aktuellen Beurteilungsverfahren vergleicht [31]. Die daraus abgeleiteten Resultate im Hinblick auf die Beurteilung der Kurzberichte werden nachfolgend zusammengefasst.

2. Verhalten von Stehtanks unter Erdbeben

Speziell an Stehtanks gegenüber anderen Bauwerken ist der grosse Anteil der "Nutzlast", d.h. der Masse des Lagergutes an der Gesamtmasse des Bauwerks. Das Verhalten von Stehtanks unter Erdbebeneinwirkungen ist daher in grossem Masse vom Füllgrad abhängig. Für die Beurteilung aus der Sicht der Störfallvorsorge wird von einem vollgefüllten Tank ausgegangen. Entsprechend der für die Mineralölindustrie üblichen Bauweise befassen sich die nachfolgenden Betrachtungen nur mit den unverankerten Stehtanks. Die Abschätzung deren Verhalten bei Erdbeben (Abbildung 1) erfordert wesentlich kompliziertere Berechnungen als bei verankerten Stehtanks. Für die Beurteilung verankerter Stehtanks sollen die einfach durchzuführenden Berechnungen gemäss den europäischen Normen verwendet werden.

3. Aktuelle Bemessungsnorm (SIA 261 [2003])

Die Norm SIA 261 "Einwirkungen auf Tragwerke" (2003) [35] behandelt in Kapitel 16 auch die Einwirkungen von Erdbeben, in Abhängigkeit von definierten Erdbebenzonen, Baugrundverhältnissen und Bauwerksklassen.

Die Schweiz ist gemäss der Norm SIA 261 in die 4 Erdbebenzonen Z1, Z2, Z3a und Z3b eingeteilt. Die geografische Zuteilung ist aus dem Anhang F der

Norm ersichtlich. Jeder dieser Zonen ist bei einem Bemessungserdbeben (Referenz-Wiederkehrperiode 475 Jahre) ein Bemessungswert der horizontalen Bodenbeschleunigung zugeordnet. Die kleinsten Beschleunigungen sind in der Zone Z1 vorhanden, die grössten in der Zone Z3b.

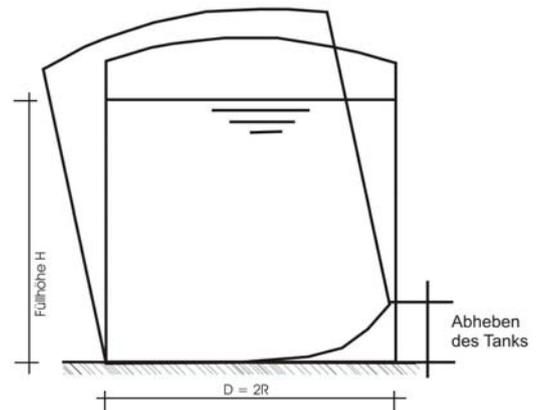


Abbildung 1: Abheben der unverankerten Stehtanks

Der Einfluss der Baugrundverhältnisse ist durch Einordnung des Standortes der Tankanlage in eine der Baugrundklassen A bis F gemäss Tabelle 25 der Norm zu berücksichtigen.

Gemäss Norm SIA 261 sind zudem Bauwerke, von denen eine "beschränkte" Gefährdung der Umwelt ausgeht, der BWK II, und solche mit "erheblicher" Gefährdung der Umwelt der BWK III zuzuordnen. In diesem Anhang sind Tanks mit schwer entzündbarem Inhalt (Heizöl, Dieselöl, Kerosin) der BWK II und Benzintanks der BWK III zugeordnet.

Die Schutzziele von Bauwerken sind in den Normen SIA 260 [40] und SIA 261 [35] definiert. Für Bauwerke muss die Tragsicherheit nachgewiesen werden, wobei die Wiederkehrperiode des relevanten Bemessungsbebens für Bauwerke ohne besondere Bedeutung (BWK I) bei 475 Jahren liegt. Dies entspricht einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von 10% in 50 Jahren. Für die BWK II und III wird das Bemessungsbeben für BWK I mit einem sogenannten Bedeutungsfaktor 1.2 bzw. 1.4 multipliziert, was die Wiederkehrperiode des Bemessungsbebens auf zirka 800 Jahre für die BWK II bzw. ungefähr 1'200 Jahre für die BWK III verlängert.



Abbildung 2: Übersicht Erdbebenzonen [35]

4. Vergleich der Beurteilungsverfahren

In der Eingangs erwähnten Studie [31] wurden einige, für die Schweiz bezüglich dem Verhältnis Höhe/Radius (H/R) charakteristische, unverankerte Stehtanks, die nach den früher gültigen Belastungs- und Konstruktionsnormen des SIA entworfen worden waren, gemäss den neuesten Erkenntnissen nachgerechnet. Folgende Verfahren gelangten dabei zur Anwendung:

- die Checkliste CL2 des Zürcher Behelfs "Erdbeben und Störfallvorsorge" vom Oktober 2001 [32]
- der informative Anhang A des Eurocodes (EC) 8, Teil 4, Stand 1998 [36]. Dieser Code wird als "Stand der Technik" angesehen.
- der amerikanische Standard API 650, Stand 2000 [33]
- die nichtlineare Berechnung nach Malhotra (2000) [34]. Diese Methode wird zum Zeitpunkt der Abfassung des vorliegenden Berichts als "Stand der Wissenschaft" angesehen.

Ein Expertengremium, bestehend aus einem Tankbauer und drei Erdbebeningenieuren, kam zum

Schluss, dass ein unverankerter Stehtank eine ausreichende Erdbebensicherheit im Hinblick auf störfallrelevante Schäden aufweist, sofern der Erdbebennachweis nach Eurocode 8 oder nach einem anerkannten Verfahren (z.B. nach Malhotra) erbracht werden kann. Diese Schlussfolgerung erscheint auch im Lichte statistischer Untersuchungen zu Erdbebenschäden an unverankerten Stehtanks als plausibel und ausreichend konservativ.

Auf der Basis der durchgeführten Berechnungen wurden dann die nachfolgenden Flussdiagramme entwickelt, mit deren Hilfe man ohne Berechnungen bestehende, unverankerte Stehtanks aussortieren kann, deren Erdbebensicherheit ausreicht, um störfallrelevante Schäden zu verhindern.

5. Beurteilung bestehender Stehtanks

Die nachfolgenden Flussdiagramme in den Abbildungen 3, 4 und 5 gelten für bestehende, unverankerte Tanks "üblicher" Bauart, wobei sich das Wort "üblich" hier nur indirekt definieren lässt. "Unüblich" wäre

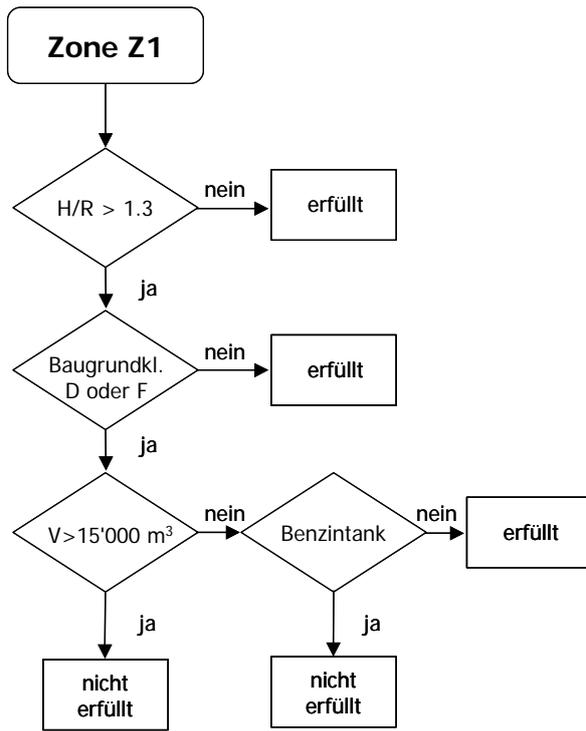


Abbildung 3: Flussdiagramm für die Zone Z1

etwa ein Tank mit einer Mantelhöhe wesentlich über 26 m, oder ein ausgesprochen schlanker Tank mit einem Verhältnis von $H/R > 4$. Bei Tanks mit unüblichen Abmessungen ist ohne speziellen Nachweis (vgl. Anhang 6) davon auszugehen, dass sie die Prüfkriterien nicht erfüllen und im Ereignisfall auslaufen. Bei verankerten Tanks sind die einfach durchzuführenden Berechnungen nach Eurocode 8 anzuwenden.

Um die Flussdiagramme möglichst einfach und übersichtlich halten zu können, wurden diese nicht für ganze Tankanlagen, sondern nur für individuelle Tanks entwickelt. Es sind deshalb alle Tanks einer Tankanlage mit den Flussdiagrammen zu überprüfen. "Erfüllt" bedeutet, dass der entsprechende Tank ohne weitere Berechnung – im Hinblick auf störfallrelevante Schäden bei einem Erdbeben gemäss der Norm SIA 261 (2003) [35] – als erdbebensicher betrachtet werden darf. Das Resultat "nicht erfüllt" bedeutet, dass der vollgefüllte Tank nicht von vornherein als unproblematisch bezeichnet werden kann. Das Vorgehen für diese Fälle ist wie bei neuen Stehtanks (vgl. Anhang 6).

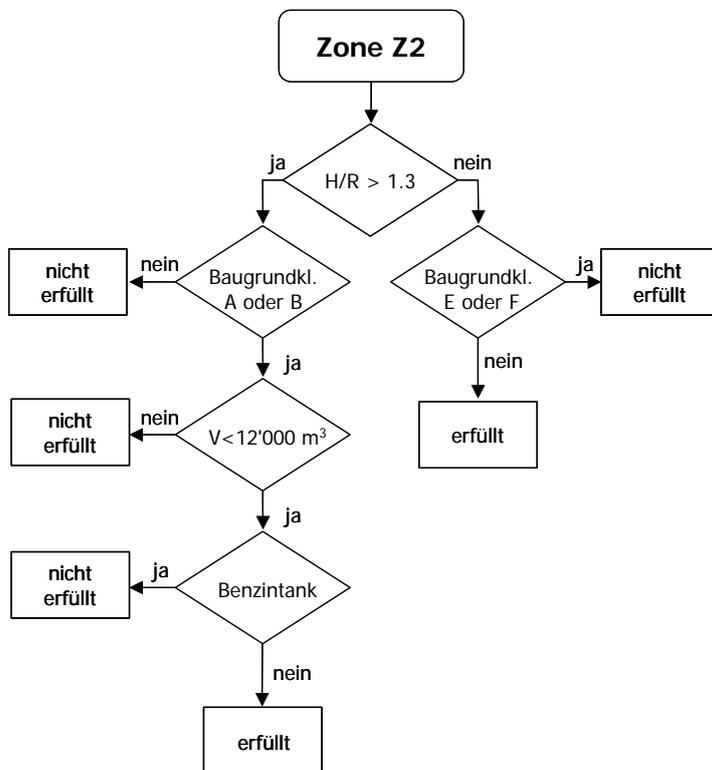


Abbildung 4: Flussdiagramm für die Zone Z2

Die meisten in der Schweiz üblichen Tanks würden ein Bemessungsbeben der Zone Z1 überstehen. Eine Ausnahme bilden Tanks mit $H/R > 1.3$ auf Baugrund der Klassen D und allenfalls F, die zusätzlich entweder voluminös sind oder aber Benzin enthalten.

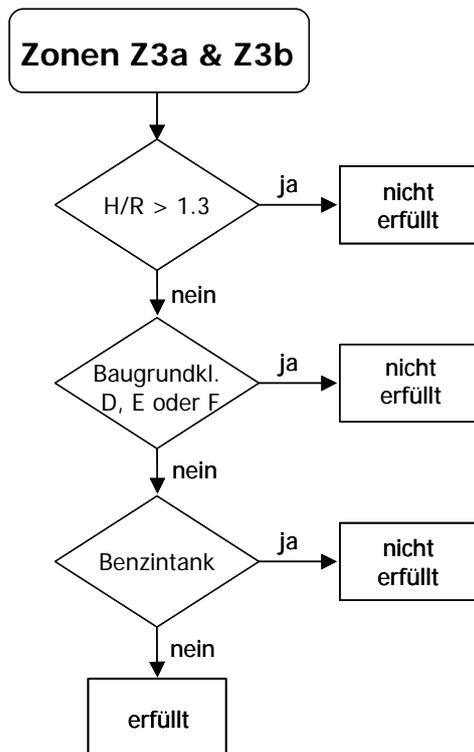


Abbildung 5: Flussdiagramm für die Zonen Z3a & Z3b

Sehr gedrungene Tanks würden einem Bemessungsbeben der Zone Z2 widerstehen, sofern sie sich nicht an einem Standort der Bodenklasse E oder F befinden. Tanks in der Zone Z2 mit $H/R > 1.3$ sind nur von vornherein erdbebensicher, falls sie sich auf einem Baugrund der Klasse A oder B (sehr selten!) befinden, nicht sehr voluminös sind und darüber hinaus kein Benzin enthalten.

In den Zonen Z3a und Z3b können von vornherein nur Tanks als erdbebensicher bezeichnet werden, die gleichzeitig sehr gedungen sind, sich auf Baugrund der Klasse A, B oder C befinden und darüber hinaus kein Benzin enthalten.

6. Beurteilung neuer Stehtanks

Bei Neu- und Umbau eines Stehtanks ist in jedem Fall ein detaillierter Nachweis der Erdbebensicherheit zu erbringen. Ebenso bei denjenigen Stehtanks, für welche gemäss obigen Flussdiagrammen ein "nicht erfüllt" resultiert.

Der Nachweis ist mit Hilfe von Berechnungen nach Eurocode 8 [36], nach Malhotra [34] oder nach einem anderen, anerkanntermassen dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Verfahren zu erbringen.

7. Auffangbecken

In der Schweiz stehen Mineralöltanks in der Regel in einem Auffangbecken. Bei 5 und mehr Tanks im selben Becken muss dessen Volumen mindestens dem grösseren der nachfolgenden Werte aus den CARBURA-Richtlinien [4] bzw. aus der Verordnung über den Schutz der Gewässer vor wassergefährdenden Flüssigkeiten (VWF) [37] entsprechen:

- 40 % des Volumens aller Tanks im selben Becken (vergl. [4]) oder
- Volumen des grössten Tanks im Becken (vergl. [4] und [37]).

Für Stehtanks, die vor 1972 erstellt wurden, gelten zum Teil andere Vorschriften. Wenn ein Auffangbecken die gesamte, aus den infolge des Erdbebens leckenden Tanks auslaufende Flüssigkeit zurückzuhalten vermag, ergäbe sich kein störfallrelevanter Schaden. Daraus folgt, dass der Schaden aus der Sicht der Störfallverordnung irrelevant ist, solange das vorhandene Beckenvolumen grösser ist als das Gesamtvolumen der nicht erdbebensicheren Tanks und solange das Auffangbecken intakt bleibt. Diese Bedingung orientiert sich am ungünstigsten Fall, in dem alle erdbebengefährdeten Tanks voll sind. Es bleibt der Beurteilung von Einzelfällen vorbehalten, diese Bedingung etwas zu lockern, sofern unwahrscheinlich ist, dass alle gefährdeten Tanks gleichzeitig voll sind.

Die Umschliessung der Bassins kann mittels Mauern oder Erdwällen erfolgen, wobei diese nicht unterbrochen sein dürfen. Die Schutzbauwerke sind in der Regel robuste Konstruktionen, die den Beanspruchungen bei einem Erdbeben gut widerstehen. Die einzelnen Elemente sind auf einseitigen Flüssigkeits-

druck ausgelegt. Die aussenliegende Bewehrungslage bei Umfassungsmauern ist aus konstruktiven Gründen meist nur unwesentlich schwächer ausgestaltet als die auf der Innenseite des Beckens liegende Bewehrung. Die Beanspruchung aus dem Flüssigkeitsdruck ist in der Regel grösser als die bei einem Erdbeben auftretenden Kräfte. Es kann auch angenommen werden, dass die Becken bei einem Erdbeben anfänglich leer sind. Allfällig vorhandene Fugenkonstruktionen müssen in der Lage sein, die gegenseitigen Verschiebungen benachbarter Mauerelemente ohne aufzureissen aufnehmen zu können.

Die Expertengruppe ist zum Schluss gekommen, dass in der Schweiz generell davon ausgegangen werden darf, dass Auffangbecken in den Erdbebenzonen 1 und 2 beim Auftreten eines Bemessungsbebens gemäss der Norm SIA 261 intakt bleiben.

In den Zonen 3a und 3b hingegen ist eine solche pauschale Aussage nicht mehr möglich. Hier ist ein entsprechender Nachweis zu erbringen.

8. Vorgehen für Tanks, die Kriterien nicht erfüllen

Die Bezeichnung "nicht erfüllt" in den Flussdiagrammen bedeutet, dass der vollgefüllte Tank nicht von vornherein als unproblematisch bezeichnet werden

kann und ein Einzelnachweis entweder des Tanks oder mit Hilfe von Berechnungen nach EC 8 [36], nach Malhotra [34] oder nach einem anderen, anerkanntermassen dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Verfahren notwendig ist, sofern die Kapazität und / oder der Erdbebenwiderstand des Auffangbeckens ungenügend ist.

"Erfüllt" hingegen bedeutet, dass der entsprechende Tank ohne weitere Berechnung – im Hinblick auf störfallrelevante Schäden bei einem Erdbeben gemäss der Norm SIA 261 (2003) [35] – als erdbebensicher betrachtet werden darf.

9. Schlussbemerkung

Die Angaben über zu erwartende Erdbebenstärken gemäss der Norm SIA 261 sind nach internationalen Gepflogenheiten mit einer 10% igen Überschreitungswahrscheinlichkeit innert 50 Jahren verbunden. Die entsprechende Wiederkehrperiode von 475 Jahren wird in verschiedenen Baunormen für die Auslegung üblicher Hochbauten benutzt (BWK I nach der Norm SIA 261). Mit der Wahl der Bauwerksklasse BWK II für Heizöltanks, bzw. BWK III für Benzintanks werden diese Werte faktisch erhöht. Sie betragen für die BWK II ca. 800 und für die BWK III ungefähr 1200 Jahre.