

Rahmenbericht über die Sicherheit von Stehtankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe

Erdbebensicherheit

Revidierte Version

Stand: 20. März 2018

Version: 6

Status: Definitiv

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage und Ziel der Revision	3
2. Beurteilung von Stehtankanlagen im Hinblick auf Erdbeben	4
1. Einleitung	4
2. Verhalten von Stehtanks bei Erdbeben	4
3. Aktuelle Bemessungsnorm (SIA 261)	4
4. Vergleich der Beurteilungsverfahren	5
5. Beurteilung bestehender Stehtanks.....	5
6. Beurteilung neuer Stehtanks	7
7. Auffangbecken	7
8. Vorgehen für Tanks, die Kriterien nicht erfüllen	8
9. Schlussbemerkung.....	8

Anhang 1: Umsetzung der Erdbebensicherheit (rev. Anhang 5 Kapitel 7)

1. Ausgangslage und Ziel der Revision

Im Rahmenbericht über die Sicherheit von Stehtankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe (revidierte Version 2005) [1] wird im Anhang 4 die Erdbebensicherheit von Tankanlagen behandelt. Im Anhang 5 Kapitel 7 werden die einzelnen Tanks einer Tankanlage mit Hilfe von Flussdiagrammen auf ihre Erdbebensicherheit überprüft. Bei den diesen Flussdiagrammen zugrundeliegenden Berechnungen war in 6 von 7 Fällen die plastische Rotation im Bodenblech massgebend, die vom Eurocode 8 [2] auf 0.2 rad, bzw. 5% Stahlspannung, begrenzt wurde (und auch heute noch wird).

Eine Arbeitsgruppe¹ hat diese Problematik seit 2007 diskutiert und mit dem Ziel Lösungen zu erarbeiten, die es erlauben Stehtankanlagen soweit wie möglich erdbebensicher zu betreiben. Der Fachausschuss Störfallvorsorge wurde regelmässig über die Arbeiten der Arbeitsgruppe informiert.

Von der CARBURA und vom BAFU finanzierte Forschungsarbeiten [3] an der ETH Lausanne haben gezeigt, dass für die schweizerische Seismizität mit relativ moderaten Magnituden, Abhebewinkel für plastische Rotationen von bis zu 0.4 rad zugelassen werden können, ohne dass sich eine Leckgefahr ergibt. Dies hat erlaubt, die seinerzeit entwickelten Flussdiagramme zu überarbeiten.

Diese Aktennotiz basiert auf den Anhängen 4 und 5 (Kapitel 7) des Rahmenberichtes [1]. Die überarbeiteten Diagramme wurden integriert und die Daten wo nötig aktualisiert. Sie soll die Abarbeitung der Erdbebensicherheit für Stehtankanlagen gemäss den neuen Flussdiagrammen zulassen. Somit können pendente Massnahmen für kritische Stehtankanlagen überarbeitet werden.

¹ Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Blaise Duvernay (BAFU), Martin Rahn (CARBURA), Peter Buck (Tamoil), Christophe Dirren (VS) als Ersatz für Manfred Hutter (VS), Stephan Husen (BS) als Ersatz für Urs Vögeli (BS) und Marzio Giamboni (BS), Bruno Künzi, Joerg Rickenbacher (BL), Sven Heunert (OFEV), Martin Koller (Résonance SA), Alain Nussbaumer (EPFL-ICOM), Gary Prinz als Ersatz für Gustavo Cortés (EPFL-ICOM)

2. 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 die bisherigen Kriterien zu überprüfen, wurde eine Studie in Auftrag gegeben um den vom Eurocode 8 [2] vorgegebenen Grenzwert von 0.2 rad für die plastische Rotation zu überprüfen. Das Laboratoire de la Construction Métallique (ICOM) der ETH Lausanne wurde mit dem entsprechenden Forschungsprojekt beauftragt und kam zum Schluss, dass der Grenzwert für den Abhebewinkel auf 0.4 rad verdoppelt werden kann [3]. Bei einigen Fällen zeigte sich, dass neu elastisches Beulen massgebend war, bevor der zulässige Abhebewinkel für plastische Rotation erreicht wurde. In der Folge wurden die bestehenden Flussdiagramme durch Résonance Ingenieurs-Conseil SA angepasst [4].

2. Verhalten von Stehtanks bei 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 gefüllten Tank ausgegangen. Entsprechend der für die Mineralölindustrie üblichen Bauweise befassen sich die nachfolgenden Betrachtungen nur mit den unverankerten Stehtanks. Die Abschätzung deren Verhaltens bei Erdbeben (Abbildung 1) erfordert wesentlich kompliziertere Berechnungen als bei verankerten Stehtanks.

3. Aktuelle Bemessungsnorm (SIA 261)

Die Norm SIA 261 "Einwirkungen auf Tragwerke" (2014) [5] behandelt in Kapitel 16 auch die Einwirkungen von Erdbeben in Abhängigkeit

von definierten Erdbebenzonen, Baugrundverhältnissen und Bauwerksklassen (BWK).

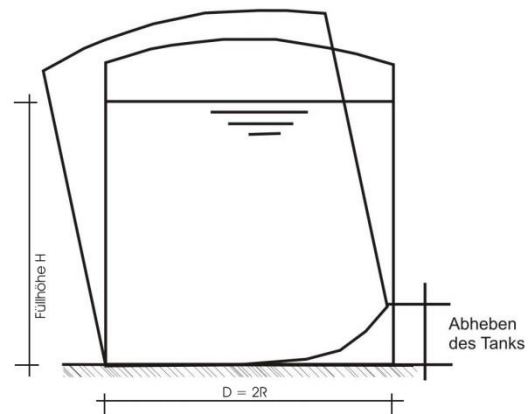


Abbildung 1: Abheben der unverankerten Stehtanks

Die Schweiz ist gemäss der Norm SIA 261 in die vier Erdbebenzonen Z1, Z2, Z3a und Z3b eingeteilt. Die geografische Zuteilung ist aus dem Anhang F der Norm ersichtlich (Abbildung 2). Jeder dieser Zonen ist bei einem Bemessungserdbeben ein Bemessungswert der horizontalen Bodenbeschleunigung zugeordnet. Die kleinsten Beschleunigungen sind in der Zone Z1 vorhanden, die grössten in der Zone Z3b.

Der Einfluss der Baugrundverhältnisse ist durch Einordnung des Standortes der Tankanlage in eine der Baugrundklassen A bis F gemäss Tabelle 24 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. Tanks mit schwer entzündbarem Inhalt (Heizöl, Dieselöl, Kerosin) sind der BWK II und Benzintanks der BWK III zugeordnet.

Die Schutzziele von Bauwerken sind in den Normen SIA 260 [6] und SIA 261 [5] 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 750 Jahre für die
BWK II bzw. ungefähr 1'000 Jahre für die BWK

III verlängert.



Abbildung 2: Übersicht Erdbebenzonen [5]

4. Vergleich der Beurteilungsverfahren

In der eingangs erwähnten Studie [4] 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 und neuen Grenzwerten nachgerechnet. Folgende Verfahren gelangten dabei zur Anwendung:

- der informative Anhang A des Eurocodes (EC) 8, Teil 4, Stand 2006 [2]. Dieser Code wird als "Stand der Technik" angesehen.
- die nichtlineare Berechnung nach Malhotra (2000) [7]. Diese Methode wird zum Zeitpunkt der Abfassung des vorliegenden Berichts als "Stand der Wissenschaft" angesehen.

Ein unverankerter Stehtank weist eine ausreichende Erdbebensicherheit im Hinblick auf störfallrelevante Schäden auf, sofern der Erdbebennachweis nach Eurocode 8 oder nach einem anerkannten Stand der Wissenschaft entsprechenden 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 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 etwa ein Tank mit einer Mantelhöhe wesentlich über 26 m, oder ein ausgesprochen schlanker Tank mit einem Verhältnis von $H/R > 4$.

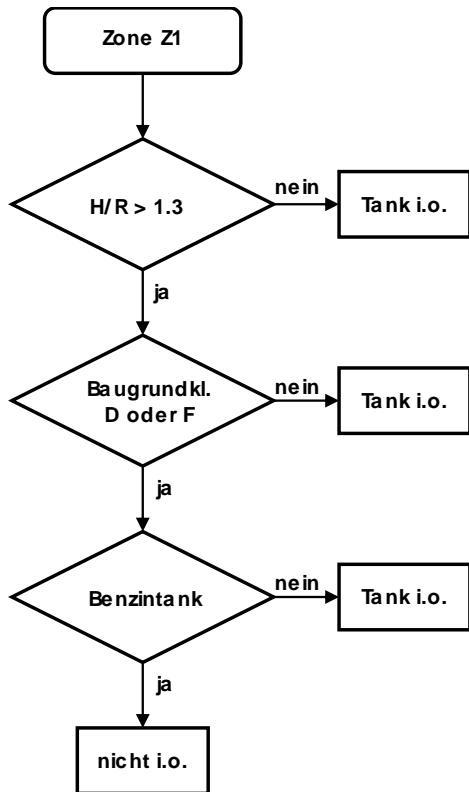


Abbildung 3: Flussdiagramm für die Zone Z1

Bei Tanks mit unüblichen Abmessungen ist ohne speziellen Nachweis (vgl. Absatz 6) davon auszugehen, dass sie die Prüfkriterien nicht erfüllen und im Ereignisfall auslaufen. Bei verankerten Tanks sind die einfach durchzuführenden Berechnungen nach Eurocode 8 [2] anzuwenden.

Um die Flussdiagramme einfach und übersichtlich halten zu können, wurden diese für individuelle Tanks entwickelt. Es sind deshalb alle Tanks einer Tankanlage mit den Flussdiagrammen zu überprüfen. "Tank i.o." bedeutet, dass der entsprechende Tank ohne weitere Berechnung – im Hinblick auf störfallrelevante Schäden bei einem Erdbeben gemäss der Norm SIA 261 (2014) [5] – als erdbebensicher betrachtet werden darf. Das Resultat "nicht i.o." bedeutet, dass der gefüllte Tank nicht von vornherein als unproblematisch bezeichnet werden kann. Das Vorgehen für diese Fälle ist gemäss Absatz 8.

Gedrungene Tanks mit $H/R < 1.3$ können in allen Erdbebenzonen, unabhängig von Baugrundklasse und Tankinhalt, als ausreichend erdbebensicher ausgeschieden werden.

Die meisten in der Schweiz üblichen Tanks würden ein Bemessungsbeben der Zone Z1 überstehen. Eine Ausnahme bilden Benzintanks mit $H/R > 1.3$ auf Baugrundklassen D und F (Abbildung 3).

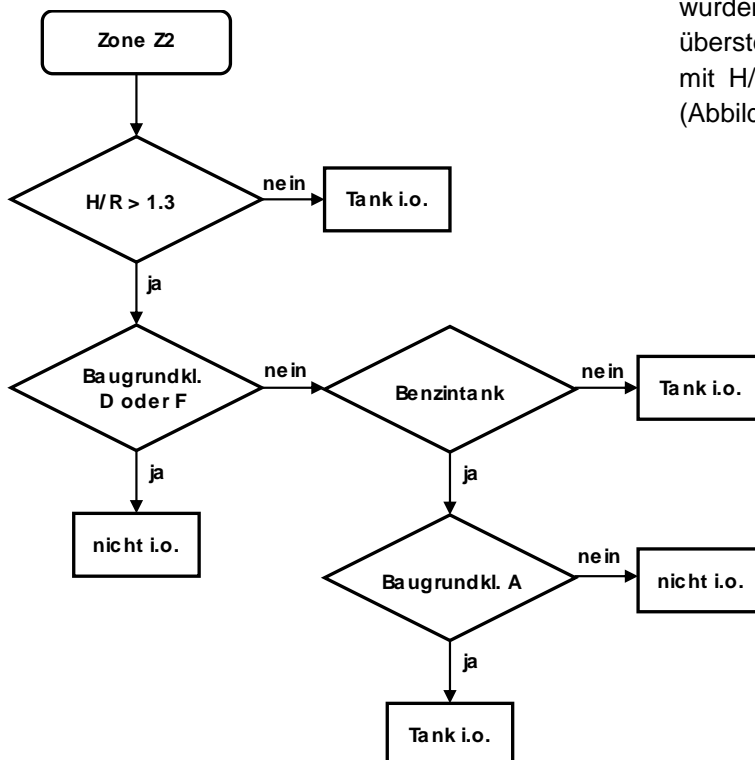


Abbildung 4: Flussdiagramm für die Zone Z2

In der Erdbebenzone Z2 können nicht gedrungene Tanks ($H/R > 1.3$), die sich an einem Standort der Baugrundklasse D oder F befinden nicht von vornherein als erdbebensicher bezeichnet werden. Dasselbe gilt auch für alle Benzintanks, ausser sie befinden sich an einem Standort der Baugrundklasse A (Abbildung 4).

In den Erdbebenzonen Z3a und Z3b sind gedrungene Tanks ($H/R < 1.3$) üblicher Bauart ausreichend erdbebensicher. Bei nicht gedrunge- nen Tanks ($H/R > 1.3$) hingegen muss davon ausgegangen werden, dass diese nicht von vornherein als ausreichend erdbebensicher bezeichnet werden können, es sei denn, es handle sich um einen Tank, der kein Benzin enthält, an einem Standort der Baugrundklasse A (Abbildung 5).

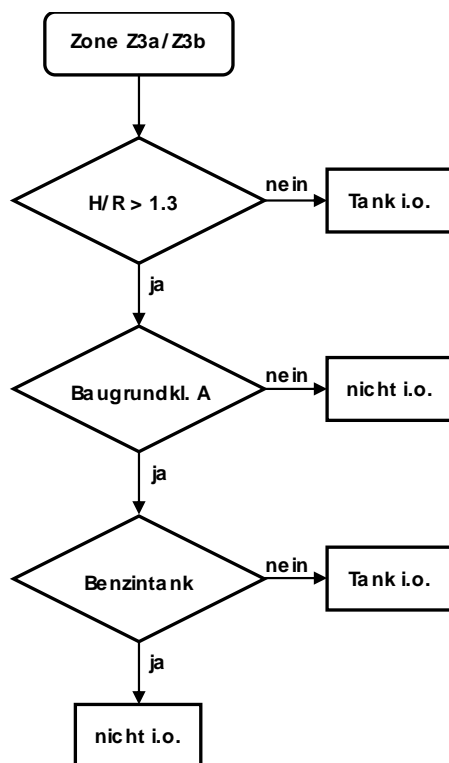


Abbildung 5: Flussdiagramm für die Zonen Z3a/Z3b

6. Beurteilung neuer Stehtanks

Bei einem Neubau oder einem wesentlichem Umbau eines Stehtanks, sowie bei unüblichen Abmessungen, ist in jedem Fall ein detaillierter Nachweis der Erdbebensicherheit zu erbringen.

Der Nachweis ist mit Hilfe von Berechnungen nach Eurocode 8 [2], nach Malhotra [7] oder nach einem anderen anerkannten, dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Verfahren zu erbringen. Dabei ist der neue Grenzwert von 0.4 rad für die plastische Rotation einzuhalten.

7. Auffangbecken

In der Schweiz stehen Mineralöltanks in der Regel in einem Auffangbecken. Gemäss CARBURA-Richtlinien [8] muss das Auffangbecken das Nutzvolumen des grössten Lagerbehälters im Auffangbecken aufnehmen können. Zudem sind Reserven für die Löschwassermengen gemäss Brandschutzkonzept einzurechnen.

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 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 des Beckens 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 Flüssigkeitsdruck ausgelegt. Die aussenliegende Bewehrungslage bei Umfassungsmauern ist aus konstruktiven Gründen meist nur unwesentlich schwächer ausgestaltet als die innenliegende 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. Vorhandene Fugenkonstruktionen müssen in der Lage sein, die gegenseitigen Verschiebungen benachbarter Mauerelemente aufnehmen zu können ohne aufzureissen.

In der Schweiz darf generell davon ausgegangen werden, dass Auffangbecken in der Erdbebenzone Z1 beim Auftreten eines Bemessungsbebens gemäss der Norm SIA 261 intakt bleiben.

Für Auffangbecken in der Zone Z2 sind Bodenverflüssigungen möglich. In den Baugrundklassen A und B kann diese Gefahr ausgeschlossen werden. Für andere Baugrundklassen (z.B. wassergesättigte, lockergelagerte Sände und Silte) ist ein vereinfachter Nachweis für diejenigen Auffangbecken zu erbringen, in denen nicht alle "Tanks i.o." sind.

In den Zonen Z3a und Z3b ist unabhängig von der Baugrundklasse ein entsprechender Nachweis zu erbringen.

8. Vorgehen für Tanks, die Kriterien nicht erfüllen

Die Bezeichnung "nicht i.o." in den Flussdiagrammen bedeutet, dass der gefüllte Tank nicht von vornherein als unproblematisch bezeichnet werden kann. Ein Einzelnachweis des Tanks mit Hilfe von Berechnungen nach EC 8 [2], nach Malhotra [7] oder nach einem anderen anerkannten, dem Stand der Wissenschaft entsprechenden Verfahren ist notwendig, sofern die Kapazität und/oder der Erdbebenwiderstand des Auffangbeckens ungenügend ist. Dabei ist der neue Grenzwert von 0.4 rad für die plastische Rotation einzuhalten.

"Tank i.o." hingegen bedeutet, dass der entsprechende Tank ohne weitere Berechnung – im Hinblick auf störfallrelevante Schäden bei einem Erdbeben gemäss der Norm SIA 261 (2014) [5] – als erdbebensicher betrachtet werden darf.

Wenn der Nachweis nach EC8 oder Malhotra keine Erdbebensicherheit gewährleistet und das

Auffangvolumen zu klein ist, sind Massnahmen für den Tank zu treffen. Mögliche Massnahmen sind die Vergrösserung des Auffangvolumens durch Überläufe sowie die Verminderung der Füllhöhe des Tanks. Eine weitere mögliche Massnahme ist die Verstärkung des Tanks.

9. Schlussbemerkung

Mit der Erhöhung des Grenzwertes werden mehr Stehtanks als bisher als erdbebensicher eingestuft. Die Überarbeitung der Flussdiagramme hat zudem die Analyse vereinfacht und ein aktuelles Tool geschaffen um die Tanks zu klassieren.

Referenzen:

- [1] Rahmenbericht über die Sicherheit von Stehtankanlagen für flüssige Treib- und Brennstoffe, Schweizerische Zentralstelle für die Einfuhr flüssiger Treib- und Brennstoffe in Zusammenarbeit mit dem Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Revidierte Ausgabe 2005
- [2] EUROCODE 8, Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen, Deutsche Fassung EN 1998-4:2006, Anhang A. Europäisches Komitee für Normung, Brüssel, 2006.
- [3] EPFL, Prinz G.S. und A. Nussbaumer; Seismic Performance of Unanchored Liquid Storage Tank Shell-to-base Connections - Phase 2, Rapport EPFL N°174640, Lausanne, 2012
- [4] Résonance Ingénieurs Conseils SA, Erdbebensicherheit bestehender unverankerter Stehtanks bezüglich störfallrelevanter Schäden, 2015
- [5] SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITECTEN-VEREIN; Norm sia 261, Einwirkungen auf Tragwerke, Ausgabe 2014
- [6] SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITECTEN-VEREIN; Norm sia 260, Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, Ausgabe 2003
- [7] MALHOTRA P. Practical Nonlinear Seismic Analysis of Tanks, Earthquake, Spectra, Vol. 16, 473 - 492, 2000
- [8] CARBURA, Richtlinien für Tankanlagen, 1974 (mit Ergänzung von 1992 und 2009)

Anhang 1

7. Erdbebensicherheit

Massgebliche Einflussgrössen bei der Beurteilung der Erdbebensicherheit sind die geografische Lage (Erdbebengefährdungszonen), die geologischen Verhältnisse am Standort der Anlage (Baugrundverhältnisse) und die Geometrie (Verhältnis Höhe zu Radius H/R). Unabhängig davon müssen auch die Produkterohrleitungen von und zu den Behältern den Anforderungen entsprechen.

Erdbebengefährdungszonen

Die Schweiz ist gemäss der Norm SIA 261, Einwirkungen auf Tragwerke, Ausgabe 2014, in die vier Erdbebenzonen Z1, Z2, Z3a und Z3b eingeteilt. Die Zonen wurden aufgrund der historischen und aktuellen Seismizität ermittelt und den politischen Grenzen angepasst.

Baugrundverhältnisse

Der Einfluss der Baugrundverhältnisse ist durch Einordnung des Standortes der Tankanlage in eine der Baugrundklassen A bis F gemäss Tabelle 24 der Norm SIA 261 zu berücksichtigen.

Geometrie

Massgebender Parameter ist das Verhältnis der Mantelhöhe H zum Radius R des Behälters.

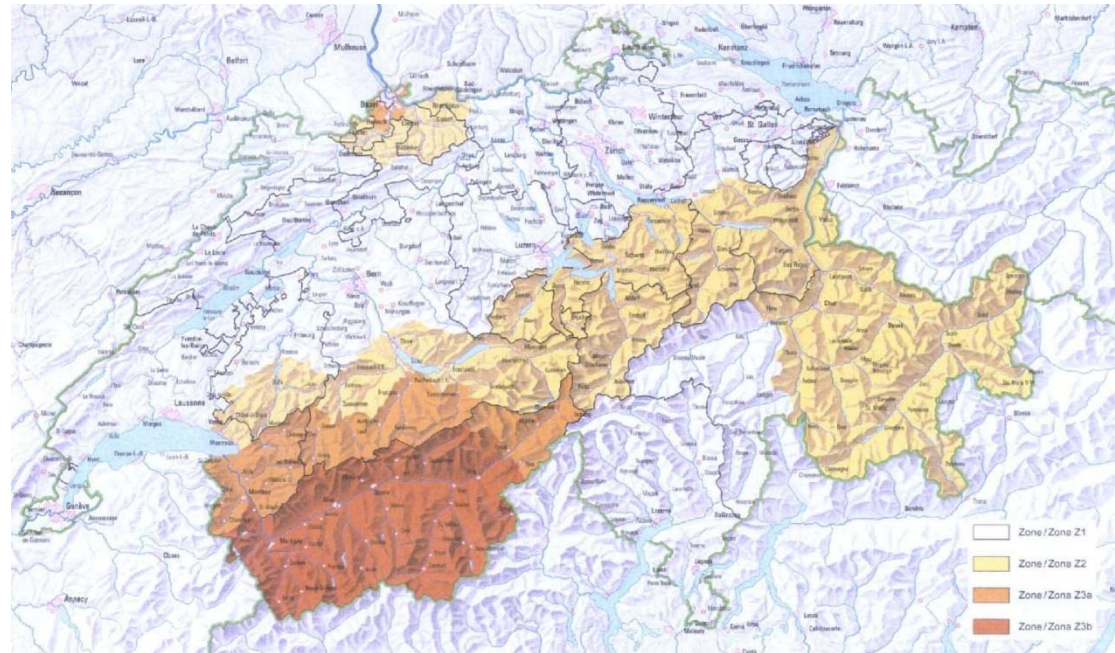
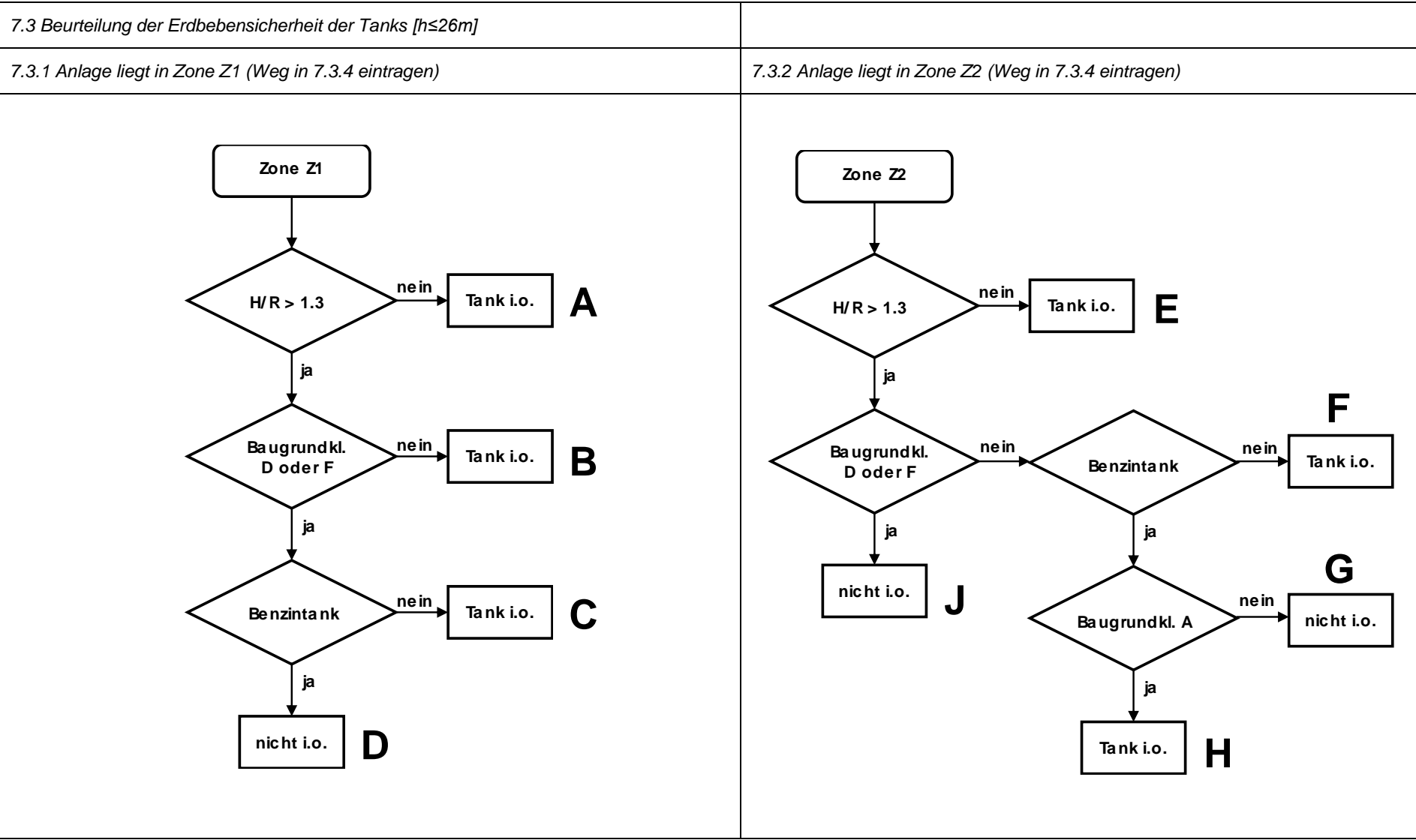


Abbildung 1: Übersichtskarte Erdbebengefährdungszonen gemäss Norm SIA 261 [4]

<p>7.1 Abmessungen Stehtanks</p>						
<p>Informationen zu den Einzeltanks: Höhe H, Radius R, Verhältnis H/R, Volumen sowie die Bezeichnung zum Auffangbecken.</p>	<p>Die Angaben sind in der nachfolgenden Tabelle oder in einem separaten Beiblatt zusammenzustellen.</p>					
	<p>Separates Beiblatt?</p>					<p><input type="checkbox"/>ja <input type="checkbox"/>nein</p>
<p>Bei Tanks mit unüblichen Abmessungen ($H > 26\text{m}$ oder $H/R > 4$) ist in der Tabelle in 7.3.4 „nicht i.o.“ anzukreuzen und ein Nachweis zur Erdbebensicherheit zu erbringen sofern das Auffangbecken das Tankvolumen nicht zurückhalten kann.</p>	<p>Tank Nr.</p>	<p>Höhe H [m]</p>	<p>Radius R [m]</p>	<p>Verhältnis H/R</p>	<p>Volumen [m³]</p>	<p>Auffangbecken Nr.</p>

<p>7.2 Baugrundklasse und Erdbebenzone</p> <p>Klassierung und Karte gemäss Norm SIA 261, Einwirkungen auf Tragwerke, Ausgabe 2014, Abschnitt 16.2.2, Tabelle 24 sowie Anhang F</p> <p>Für die Baugrundklasse F sowie für Standorte, deren Baugrundverhältnisse nicht eingeordnet werden können, sind besondere Untersuchungen zur Bestimmung der Erdbebeneinwirkung erforderlich.</p> <p>Für die wichtigsten Agglomerationen der Schweiz werden vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) Karten im Massstab 1:25'000 erarbeitet, welche die Ausdehnung der verschiedenen Baugrundklassen gemäss SIA 261 darstellen.</p> <p>Das Geoportal des Bundes stellt ebenfalls Daten zur Verfügung: http://map.bafu.admin.ch -> Naturgefahren -> Erdbeben</p> <ul style="list-style-type: none"> - Seismische Baugrundklassen - Erdbebenzonen <p>In welcher Gefährdungszone liegt die Anlage?</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 20%;">Zone Z1</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>wenn zutreffend weiter bei 7.3.1</td> </tr> <tr> <td>Zone Z2</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>wenn zutreffend weiter bei 7.3.2</td> </tr> <tr> <td>Zone Z3a / Z3b</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>wenn zutreffend weiter bei 7.3.3</td> </tr> </table>	Zone Z1	<input type="checkbox"/>	wenn zutreffend weiter bei 7.3.1	Zone Z2	<input type="checkbox"/>	wenn zutreffend weiter bei 7.3.2	Zone Z3a / Z3b	<input type="checkbox"/>	wenn zutreffend weiter bei 7.3.3	<p>Auf was für einem Baugrund steht die Anlage?</p> <p>Gesicherte Informationen vorhanden? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p> <p>Quelle: _____</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Baugrund- klasse</th> <th style="width: 70%;">Beschreibung</th> <th style="width: 20%;"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>Fels oder andere felsähnliche geologische Formation mit höchstens 5 m Lockergestein an der Oberfläche</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B</td> <td>Ablagerungen von sehr dichtem Sand, Kies oder sehr steifem Ton mit einer Mächtigkeit von mindestens einigen zehn Metern, gekennzeichnet durch einen allmählichen Anstieg der mechanischen Eigenschaften mit der Tiefe</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td>Ablagerungen von dichtem oder mitteldichtem Sand, Kies oder steifem Ton mit einer Mächtigkeit von einigen zehn bis mehreren hundert Metern</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>Ablagerungen von lockerem bis mitteldichtem kohäsionslosem Lockergestein (mit oder ohne einige weiche kohäsive Schichten), oder von vorwiegend weichem bis steifem kohäsivem Lockergestein</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">E</td> <td>Oberflächliche Schicht von Lockergestein mit v_s-Werten nach C oder D und veränderlicher Dicke zwischen 5 m und 20 m über steiferem Bodenmaterial mit $v_s > 800$ m/s</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">F</td> <td>Strukturempfindliche, organische oder sehr weiche Ablagerungen (z.B. Torf, Seekreide, weicher Lehm) mit einer Mächtigkeit über 10 m</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	Baugrund- klasse	Beschreibung		A	Fels oder andere felsähnliche geologische Formation mit höchstens 5 m Lockergestein an der Oberfläche	<input type="checkbox"/>	B	Ablagerungen von sehr dichtem Sand, Kies oder sehr steifem Ton mit einer Mächtigkeit von mindestens einigen zehn Metern, gekennzeichnet durch einen allmählichen Anstieg der mechanischen Eigenschaften mit der Tiefe	<input type="checkbox"/>	C	Ablagerungen von dichtem oder mitteldichtem Sand, Kies oder steifem Ton mit einer Mächtigkeit von einigen zehn bis mehreren hundert Metern	<input type="checkbox"/>	D	Ablagerungen von lockerem bis mitteldichtem kohäsionslosem Lockergestein (mit oder ohne einige weiche kohäsive Schichten), oder von vorwiegend weichem bis steifem kohäsivem Lockergestein	<input type="checkbox"/>	E	Oberflächliche Schicht von Lockergestein mit v_s -Werten nach C oder D und veränderlicher Dicke zwischen 5 m und 20 m über steiferem Bodenmaterial mit $v_s > 800$ m/s	<input type="checkbox"/>	F	Strukturempfindliche, organische oder sehr weiche Ablagerungen (z.B. Torf, Seekreide, weicher Lehm) mit einer Mächtigkeit über 10 m	<input type="checkbox"/>
Zone Z1	<input type="checkbox"/>	wenn zutreffend weiter bei 7.3.1																													
Zone Z2	<input type="checkbox"/>	wenn zutreffend weiter bei 7.3.2																													
Zone Z3a / Z3b	<input type="checkbox"/>	wenn zutreffend weiter bei 7.3.3																													
Baugrund- klasse	Beschreibung																														
A	Fels oder andere felsähnliche geologische Formation mit höchstens 5 m Lockergestein an der Oberfläche	<input type="checkbox"/>																													
B	Ablagerungen von sehr dichtem Sand, Kies oder sehr steifem Ton mit einer Mächtigkeit von mindestens einigen zehn Metern, gekennzeichnet durch einen allmählichen Anstieg der mechanischen Eigenschaften mit der Tiefe	<input type="checkbox"/>																													
C	Ablagerungen von dichtem oder mitteldichtem Sand, Kies oder steifem Ton mit einer Mächtigkeit von einigen zehn bis mehreren hundert Metern	<input type="checkbox"/>																													
D	Ablagerungen von lockerem bis mitteldichtem kohäsionslosem Lockergestein (mit oder ohne einige weiche kohäsive Schichten), oder von vorwiegend weichem bis steifem kohäsivem Lockergestein	<input type="checkbox"/>																													
E	Oberflächliche Schicht von Lockergestein mit v_s -Werten nach C oder D und veränderlicher Dicke zwischen 5 m und 20 m über steiferem Bodenmaterial mit $v_s > 800$ m/s	<input type="checkbox"/>																													
F	Strukturempfindliche, organische oder sehr weiche Ablagerungen (z.B. Torf, Seekreide, weicher Lehm) mit einer Mächtigkeit über 10 m	<input type="checkbox"/>																													



<p>7.4 Vergleich auslaufendes / zurückgehaltenes Volumen</p>																																					
<p>Ist das Fassungsvermögen des einzelnen Auffangbeckens genügend gross, um das Volumen der darin stehenden und als "nicht i.o." bezeichneten Tanks auffangen zu können?</p>	<p>Die Angaben sind in der nachfolgenden Tabelle oder in einem separaten Beiblatt zusammenzustellen.</p>																																				
<p>Berechnung des Fassungsvermögen des Auffangbeckens:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bruttofläche des Auffangbeckens berechnen 2. Grundfläche der nicht versagenden Tanks abziehen -> Nettofläche 3. Nettofläche mal Beckenmauerhöhe abzüglich 0.18 m (für Löschwassermengen) ergibt das Fassungsvermögen. 4. Die Tankinhalte der Tanks welche „nicht i.o.“ sind, sind zu kumulieren. 5. Falls die addierte Menge grösser als das gesamte Fassungsvermögen ist, muss <u>nein</u> angekreuzt werden. 	<p>Separates Beiblatt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>																																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td colspan="2" style="border: none;">← Auffangbecken →</td> <td colspan="4" style="border: none;">← Tank →</td> </tr> <tr> <th style="width: 10%;">Becken</th> <th style="width: 15%;">Fassungsvermögen F [m³]</th> <th style="width: 15%;">Nicht i.o. Tank Nr.</th> <th style="width: 15%;">Inhalt I_i [m³]</th> <th style="width: 15%;">Kumulierter Inhalt Σ I_i</th> <th style="width: 10%;">F > Σ I_i</th> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td>Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____</td> <td>I: _____ I: _____ I: _____</td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td>Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____</td> <td>I: _____ I: _____ I: _____</td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td>Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____</td> <td>I: _____ I: _____ I: _____</td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td>Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____</td> <td>I: _____ I: _____ I: _____</td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</td> </tr> </table>	← Auffangbecken →		← Tank →				Becken	Fassungsvermögen F [m³]	Nicht i.o. Tank Nr.	Inhalt I _i [m³]	Kumulierter Inhalt Σ I _i	F > Σ I _i			Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____	I: _____ I: _____ I: _____		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein			Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____	I: _____ I: _____ I: _____		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein			Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____	I: _____ I: _____ I: _____		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein			Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____	I: _____ I: _____ I: _____		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
← Auffangbecken →		← Tank →																																			
Becken	Fassungsvermögen F [m³]	Nicht i.o. Tank Nr.	Inhalt I _i [m³]	Kumulierter Inhalt Σ I _i	F > Σ I _i																																
		Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____	I: _____ I: _____ I: _____		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein																																
		Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____	I: _____ I: _____ I: _____		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein																																
		Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____	I: _____ I: _____ I: _____		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein																																
		Tank: _____ Tank: _____ Tank: _____	I: _____ I: _____ I: _____		<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein																																
	<p>Das Ergebnis ist in Abschnitt 7.6 zu übertragen.</p>																																				

<p>7.5 Beurteilung Auffangbecken</p> <p>Ein Nachweis für das Standhalten der Auffangbecken ist in folgenden Fällen zu erbringen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Erdbebenzone Z2 (ausser Baugrundklasse A und B), für diejenigen Auffangbecken, in denen nicht <u>alle</u> "Tanks i.o." sind. - Erdbebenzonen Z3a/Z3b - im Falle von Tanks im Auffangbecken welche "Nicht i.o." sind (aus Abschnitt 7.4). 	<p>Die Angaben sind in der nachfolgenden Tabelle oder in einem separaten Beiblatt zusammenzustellen.</p>																						
	<p>Separates Beiblatt? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein</p>																						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Auffangbecken</th> <th rowspan="2" style="width: 15%;">Nachweis in Beilage Nr.</th> <th colspan="2" style="width: 70%;">Hält das Becken dem Beben gemäss Nachweis stand?</th> </tr> <tr> <th style="width: 35%;">Ja</th> <th style="width: 35%;">Nein</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td style="height: 30px;"></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	Auffangbecken	Nachweis in Beilage Nr.	Hält das Becken dem Beben gemäss Nachweis stand?		Ja	Nein			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auffangbecken	Nachweis in Beilage Nr.			Hält das Becken dem Beben gemäss Nachweis stand?																			
		Ja	Nein																				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
	<p>Bemerkungen:</p> <div style="border: 1px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>																						
	<p>Das Ergebnis ist in Abschnitt 7.6 zu übertragen.</p>																						

7.6. <i>Beurteilung Erdbebensicherheit Tanks und Auffangbecken</i>	Aufgrund der Abklärungen gemäss den Abschnitten 7.3 bis 7.5	
	Die Anforderungen an die Erdbebensicherheit sind erfüllt	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
7.7 <i>Füll und Entnahmeleitungen</i> Sind die Füll und Entnahmeleitungen so gelagert, dass sie Deformationen zulassen, ohne undicht zu werden (Erdbeben, Temperaturänderungen)? CRL C18 Kap.7	Die Anforderungen sind erfüllt	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Bemerkungen, Ergänzungen oder Erläuterungen zum Thema Erdbebensicherheit		