

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis.....	15
Aufgabenstellung	16
1. Einleitung	19
1.1 Motivation und Zielsetzung.....	19
2. Grundlagenermittlung	20
2.1 Grundlegende Parameter der Erdbebenberechnung	20
Epizentren weltweit.....	20
Erdbebenstärke	21
Bodenbeschleunigung	22
Zugrundegelegte Normung	24
Antwortspektrum.....	25
2.2 Wassertanks / Wassercontainer.....	27
Allgemeine Informationen und Anforderungen	27
Technische Daten für Trinkwasserbehälter	28
2.3 Unterkonstruktion	31
3. Literaturrecherche zur Modellierung der Interaktion zwischen Wassertank und Turmtragwerk unter Erdbebeneinwirkung.....	33
3.1 Eindimensionale horizontale Erdbebeneinwirkung	34
Konvektiver Druckanteil (Schwappen)	34
Impulsiv starrer Druckanteil (Starrkörperverschiebung).....	35
Impulsiv flexibler Druckanteil (Biegeschwingung).....	36
Berechnung der einzelnen Druckanteile.....	36
Berechnung durch Integration der Druckfunktion	37
Näherungsverfahren nach Housner für bodenfeste Tanks	41
Näherungsverfahren nach Housner für aufgeständerte Tanks	44
3.2 Eindimensionale vertikale Erdbebenwirkung.....	46
Impulsiv starrer Druckanteil infolge vertikaler Erdbebenanregung.....	46
Impulsiv flexibler Druckanteil infolge vertikaler Erdbebenanregung.....	46
4. Entwurf einer modular aufgebauten Konstruktion	48
4.1 Auswahl geeigneter Produkte für Wassertanks.....	48
4.2 Entwurf 1	49
4.3 Entwurf 2	50

4.4 Entwurf 3	51
4.5 Entwurf 4	52
4.6 Entwurf 5	53
4.7 Vergleich der Entwürfe	54
4.8 Gegenüberstellung der Last pro Eckausbildung	61
4.9 Vorbemessung anhand der Normalkräfte	65
5. Literaturrecherche zur rechnerischen Modellierung des Tragwerks	68
5.1 Allgemeine Grundlagen zur Erdbebenberechnung	68
Entwurfsgrundlagen in Erdbebengebieten	68
5.2 Vorstudie zur rechnerischen Modellierung	68
Lineare Berechnungsmethoden	69
Vereinfachtes Antwortspektrenverfahren mit statischen Ersatzlasten	69
Modalanalyse – Modale Antwortspektrenmethode	70
Nichtlineare Berechnungsmethode	72
Nichtlineare statische Verfahren (Pushover-Berechnung)	72
Nichtlineare dynamische Methode	73
6. Rechnerische Modellierung des Tragwerks	75
6.1 Geometrie	75
6.2 Modellierung der Anschlüsse allgemein	75
Mindestabstände der Nägel nach EC 5	75
Federsteifigkeiten allgemein	76
7. Weiterentwickelte Konstruktion	78
7.1 Ansichten der Konstruktion für Magnitude 5,5	78
7.2 Anschlussdetails	80
7.3 Gründung der Konstruktion für Magnitude 5,5	80
7.4 Aussagen zur weiteren Nutzung	81
7.5 Gründung der Konstruktion für Magnitude 7,0	84
7.6 Höhenentwicklung	85
7.7 Variante 1x 200 Liter Tank	86
8. Aufbau eines Prototyps	88
Anlage 1: Nähere Betrachtung des 3. Entwurfs	96
Mindestabstände von Nägeln nach EC5 – Typ I	97
Berechnung von Federsteifigkeiten des Anschluss-Typ I	98
Mindestabstände von Nägeln nach EC5 – Typ II	100
Berechnung von Federsteifigkeiten des Anschluss-Typ II	101

Modellierung Entwurf 3	103
Endgültige Lasten aus Wasser für den Entwurf 3.....	106
Anlage 2: Standsicherheitsnachweis allgemeines	109
Zusammenstellung der Lasten aus Wasser.....	110
Lastfälle	111
Lastfallkombinationen	111
Grenzzustand der Tragfähigkeit.....	111
LK1: Ständige Bemessungssituation.....	112
Vorübergehende Bemessungssituation.....	112
LK2: Seltene Bemessungssituation V- Last maßgebend.....	112
LK3: Seltene Bemessungssituation Wind maßgebend	112
Außergewöhnliche Bemessungssituation.....	112
LK4: Erdbeben.....	113
LK5: Situation Tank leer.....	113
Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	114
Seltene (charakteristische) Bemessungssituation	114
LK 6: häufige Bemessungssituation	114
LK 7: Quasi-ständige Bemessungssituation	114
Konstruktion.....	115
Anschluss 1 (Pfostenzange)	116
Anschluss 2 (Strebezange).....	116
Mindestabstände von Nägeln nach EC5 – Anschluss 1 und 2	117
Federsteifigkeiten – Anschluss 1 und 2.....	117
Schnitt A – A mit Anschluss für mittlere Aussteifung	119
Mindestabstände von Nägeln nach EC5 – Anschluss für mittlere Aussteifung	120
Federsteifigkeiten – Anschluss für mittlere Aussteifung	120
Schnittgrößen	122
Bemessungsparameter.....	122
Bemessung der Holzquerschnitte	123
Bemessung der Verbindungen.....	125
Anlage 3 Standsicherheitsnachweis – Konstruktion (Magnitude 5,5)	126
Zusammenstellung der Lasten aus Wasser.....	127
Lastannahmen.....	128
Lastfälle	129
Grafische Darstellung der Konstruktion und der Lasten	131

FE-Modell	131
Lastfallkombinationen	137
Pläne	139
Seitenansicht 1	139
Seitenansicht 2	140
Positionsplan Seite 1	141
Positionsplan Seite 2	142
Draufsicht auf die Aussteifung (Mitte – auf halber Höhe des Tragwerks)	143
Draufsicht auf die obere Lage der Plattform	144
Draufsicht auf die untere Lage der Plattform	145
Schnittgrößen und Bemessung der Querschnitte	146
Schnittgrößen und Bemessung der Anschlüsse	164
Schnittgrößen und Bemessung der Fundamente – Magnitude 5,5.....	195
Anlage 4: Holzliste – Konstruktion für Magnitude 5,5.....	199
Anlage 5: Standsicherheitsnachweis – für verstärkte Konstruktion (Magnitude 7,0)	201
Zusammenstellung der Lasten aus Wasser.....	202
Lastannahmen.....	203
Lastfälle	204
Grafische Darstellung der Lasten	206
Lastfallkombinationen.....	212
Pläne	214
Seitenansicht 1	214
Seitenansicht 2	215
Positionsplan Seite 1	216
Positionsplan Seite 2	217
Draufsicht auf die Aussteifung (Mitte – auf halber Höhe des Tragwerks)	218
Draufsicht auf die obere Lage der Plattform	219
Draufsicht auf die untere Lage der Plattform	220
Schnittgrößen und Bemessung der Holzquerschnitte.....	221
Schnittgrößen und Bemessung der Anschlüsse.....	243
Schnittgrößen und Bemessung der Fundamente – Magnitude 7,0.....	274
Nachweis - Verankerung gegen „Abheben“	278
Nachweis - Fundament gegen Kippen bzw. Lage der Sohldruckresultierenden	279

Nachweis - Fundament gegen Gleiten	280
Nachweis - Grundbruch	281
Nachweis – Fundament (Bewehrung, Beton)	282
Anlage 6: Holzliste – Konstruktion für Magnitude 7,0	286
Anlage 7: Abbund der Konstruktion	287
Anlage 8: Aufbau der Konstruktion	289
Anlage 9: Berechnungshilfen	295
Anlage 10: Planverwaltung	297
Anlage 11: Schwingungsmessungen	299
Literaturangabe	301

Jonas Schmidt

Geboren am 13.11.1984 in Kronach, Bayern. Von 2000 – 2003 Ausbildung zum Zimmermann, danach Mitarbeit als Zimmerergeselle bis 2005 bei der Holz + Bau Zschach GmbH in Ludwigsstadt. Von 2005 – 2007 Weiterbildung zum staatlich geprüften Bautechniker in Kulmbach. Von 2007 – 2011 Studium des Bauingenieurwesens an der Hochschule Würzburg. Studentischer Mitarbeiter im Ingenieurbüro Albrecht & Partner in Würzburg sowie erste Auslandserfahrung durch das Ingenieurpraktikum bei der Bilfinger Berger AG in Nigeria. Von 2011 – 2012 Studium Konstruktiver Ingenieurbau an der Universität Kassel sowie Mitarbeit am Forschungsprojekt OPTIMBER-QUAKE am Institut für Konstruktiven Ingenieurbau der Universität Kassel. Seit August 2012 Tragwerksplaner bei der Ingenieurgesellschaft M. Knörnschild & Kollegen in Coburg.