

Parameterstudie zur Bestimmung von seismisch induzierten Druckkomponenten auf fluid-gefüllte Tankschalen



Bachelorarbeit von Melina Papageorgiou

Tankbauwerke dienen der Lagerung von Flüssigkeiten oder Gasen und müssen aufgrund des möglichen Austretens von Gefahrstoffen sicher für den Erdbebenfall ausgelegt werden. Bei deren seismischer Bemessung gestaltet sich die Erfassung der Interaktionsschwingung von Tankwand und flüssigem Inhalt (Fig. 1) als besonders schwierig. Die häufig getroffene Annahme eines starren Tanks und die damit einhergehende Vernachlässigung dieser Biegeschwingung ist nach zahlreichen aufgetretenen Schadensfällen keine Option mehr.

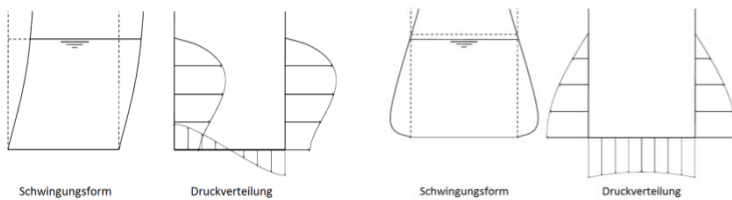


Fig. 1: Darstellung der Biegeschwingung und des impulsiv-flexiblen Druckanteils infolge horizontaler (li.) und vertikaler Erdbebenanregung (re.)

Die Ansätze zur iterativen Ermittlung der Biegeschwingung aus Anhang A der DIN EN 1998 T4, bei dem das Fluid als zusätzliche Masse angebracht an der Behälterschale berücksichtigt wird (Fig. 2), erweisen sich jedoch als sehr aufwendig. Der LBB hat deswegen eine auf den Ansätzen der DIN EN 1998 T4 basierende Berechnungsroutine entwickelt und damit Tabellenwerte zur vereinfachten Ermittlung der hydrodynamischen Drücke zusammengestellt. Mittlerweile wurde die Routine außerdem noch mittels eines Rayleigh-Quotienten für gedrungene Tanks verbessert.

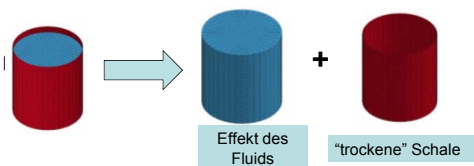


Fig. 2: Idee aus Anhang A des EC 8 („added-mass“): Effekt der mitbewegenden Flüssigkeit wird als höhenabhängige Zusatzdichte auf die Dichte der trockenen Tankschale addiert.

Eine weitere Möglichkeit zur Bestimmung der Biegeschwingung von Tankschale und Fluid ist das ebenfalls am LBB entwickelte Verfahren der gekoppelten Massenmatrix. Die Idee dahinter ist, die Interaktionskräfte von Schale und Flüssigkeit mittels des Arbeitssatzes auszudrücken.

Das Ziel der Bachelorarbeit bestand darin, mittels einer ausführlichen Parameterstudie die genannten Verfahren miteinander zu vergleichen und die Effekte der Optimierung darzustellen.

Bei horizontaler Tankanregung konnten insbesondere bei gedrungene Tanks gute Übereinstimmungen der iterativ ermittelten Drücke und denen, bestimmt mittels Massenmatrix festgestellt werden. Außerdem ergeben die beiden Verfahren sehr ähnliche Verläufe der Drücke über die Tankhöhe.

Allerdings wurde mit den in der Parameterstudie verwendeten Tankgeometrien eine unerwartete Abhängigkeit des Ergebnisses vom Tankradius festgestellt (Fig. 3). Ebenso zeigte sich, dass der impulsiv-flexible Druck bei höheren Tankschlankheiten mitunter deutlich vom iterativ ermittelten Druck abweichen kann (Fig. 4).

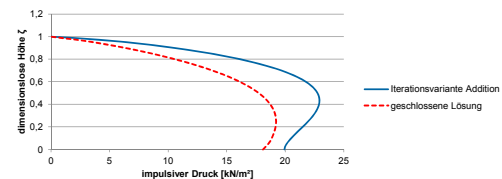


Fig. 3: Darstellung des impulsiven Drucks infolge horizontaler Anregung mittels unterschiedlicher Verfahren für Tankschlankheit 1,0; oben: Radius 10 Meter unten: Radius 6 Meter

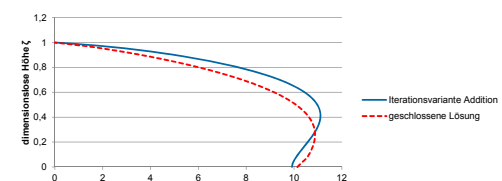
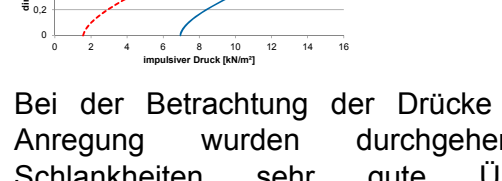
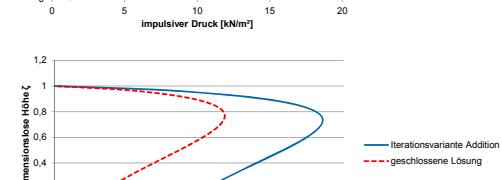
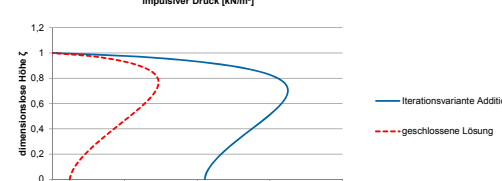


Fig. 4: Darstellung des impulsiven Drucks infolge horizontaler Anregung mittels unterschiedlicher Verfahren für Tankschlankheit 4,5; oben: Radius 10 Meter unten: Radius 6 Meter



Bei der Betrachtung der Drücke infolge vertikaler Anregung wurden durchgehend bei allen Schlankheiten sehr gute Übereinstimmungen festgestellt. Lediglich bei sehr schlanken Tanks ($\gamma > 5,0$) liefert das Verfahren der Massenmatrix nicht das gewünschte Ergebnis.