

## **Zusammenfassung zum Forschungsprojekt "Berechnung von Behälter- und Silotragwerken unter seismischen Einwirkungen"**

Das Antwortverhalten seismisch beanspruchter Flüssigkeitsbehälter wird entscheidend durch die Schwingung der Flüssigkeit und des Behälters sowie durch die Wechselwirkung zwischen dem Behälter und dem vorhandenen Untergrund geprägt. Für die Auslegung dieser Tragwerke werden in den internationalen Regelwerken zum Teil unterschiedliche Methoden empfohlen, mit der die Interaktion zwischen Behälter, Fluid und Boden jedoch nur auf stark vereinfachte Weise erfaßt wird. Eines dieser Verfahren ist bereits im Entwurf des Europäischen Normenwerks EC 8, Teil 4 (*Silos, Tanks and Pipelines*) vorgesehen und wird dort auch für die erforderlichen Stabilitätsnachweise herangezogen. Spektakuläre Schadensfälle (Coalinga, Kalifornien 1983, Kobe, Japan 1995, Izmit, Türkei 1999 u.a.) legen jedoch den allgemein unbefriedigenden Stand bei der Erdbebenauslegung dieser Spezialbauwerke offen und weisen auf Defizite in der Beschreibung der charakteristischen Einwirkungsbedingungen und im Verständnis des zugrunde liegenden Versagensmechanismus hin.

Als wesentliche Zielsetzung des Forschungsprojektes wurde deshalb unter Berücksichtigung standortspezifischer Einwirkungsbedingungen die Eignung des im EC8, Teil 4 verankerten Berechnungskonzepts untersucht, um dann anhand der gewonnenen Ergebnisse verbesserte Berechnungsmodelle zu entwickeln. Zum Vergleich wurde dabei ein Interaktionsmodell auf der Grundlage einer semi-analytischen Finite-Element-Methode herangezogen, das eine realitätsnahe Beschreibung des Tragverhaltens erdbebenerregter, verankerter Flüssigkeitsbehälter erlaubt.

Umfangreiche Parameterstudien bildeten zunächst die Voraussetzung, um verallgemeinerungsfähige Aussagen zum Einfluß der relevanten Geometrie- und Materialparameter abzuleiten. Im Laufe der Projektbearbeitung wurde deutlich, daß neben der Flüssigkeit die Flexibilität der Gründung einen nicht zu vernachlässigenden Einfluß auf das Tragverhalten hat. Um diese Effekte in einem vereinfachten anwenderfreundlichen Verfahren berücksichtigen zu können, wurden die existierenden mechanischen Ersatzmodelle durch Einbeziehung der Fundamentsteifigkeit erweitert und die gewonnenen Ergebnisse mit Hilfe des numerischen Interaktionsmodells verifiziert.

Des weiteren wurde eine quasistatische Näherungsmethode erarbeitet, mit deren Hilfe typische Versagensphänomene vereinfacht untersucht werden können. Ihre Anwendbarkeit ist anhand aufwendiger Zeitverlaufsberechnungen auf der Grundlage des numerischen Interaktionsmodells und einer problemorientierten Stabilitätsdefinition überprüft worden. Die gewonnenen Ergebnisse bildeten die Datenbasis für ein empirisch hergeleitetes Nachweiskonzept, das dem Anwender eine vereinfachte Berechnung von erdbebenerregten verankerten Flüssigkeitstanks unter den charakteristischen Versagensphänomenen (*elephant-footing, Manteldruckbeulen*) ermöglicht.

Die wissenschaftlichen Arbeiten und Ergebnisse sind auf nationalen und internationalen Konferenzen vorgestellt und veröffentlicht worden (u.a. zur 11. Europäischen Erdbebenkonferenz 1998 in Paris und zur 12. Welterdbebenkonferenz 2000 in Auckland). Die Ergebnisse sollen zu einem besseren Verständnis des Tragverhaltens von flüssigkeitsgefüllten Behältern unter seismischer Einwirkung beitragen, wobei der Vorschlag eines vereinfachten Berechnungskonzepts geeignet ist, in die Endfassung der Europäischen Norm EC 8, Teil 4 aufgenommen zu werden.