

# SeismoTank

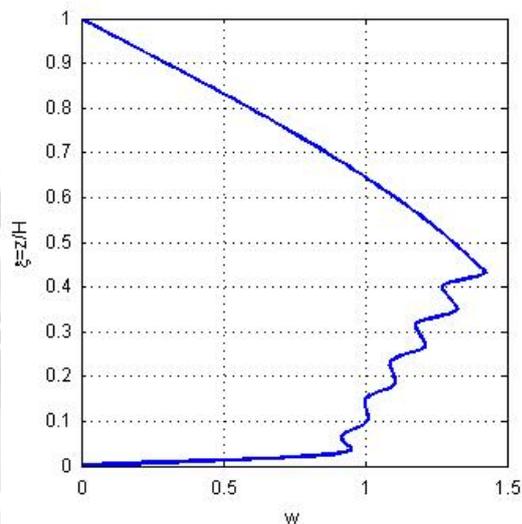
## Berechnung von Flüssigkeitsbehältern unter Erdbebeneinwirkung

*SeismoTank* ist eine MATLAB-Toolbox zur Berechnung von oberirdischen, zylindrischen, stehenden Flachbodenstahltanks unter Erdbebeneinwirkungen entsprechend den Anforderungen des Eurocode 8, Teil 4.

### Analyse des Tank-Flüssigkeit-Systems

Mit der Toolbox können die normierten Druckverteilungen an der Behälterwand für die

- Eigenschwingung der freien Flüssigkeitsoberfläche
- die horizontale Starrkörperbewegung
- die Interaktionsschwingung von Flüssigkeit und Behälterschale für die 0. und 1. Umfangsharmonische im ersten axialen Mode bestimmt werden. Die dazugehörigen Eigenformen und Eigenfrequenzen werden ebenfalls berechnet.



Erste Wandeigenform in der 0. Umfangsharmonischen.

Aus den Druckverteilungen werden die normierten Ersatzgrößen

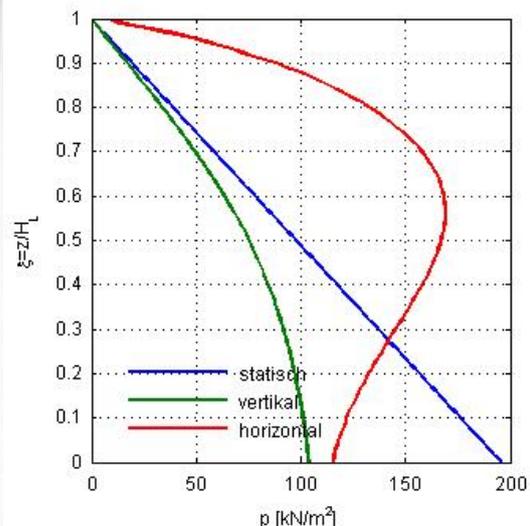
- Vertikal- und Horizontalmasse sowie die
- Umsturzmomente berechnet.

### Erdbebeneinwirkungen

Die Erdbebeneinwirkungen werden über die in Eurocode 8, Teil 4 definierten Antwortspektren festgelegt. Die Spektralbeschleunigungen werden für die berechneten Eigenfrequenzen aus den Antwortspektren bestimmt.

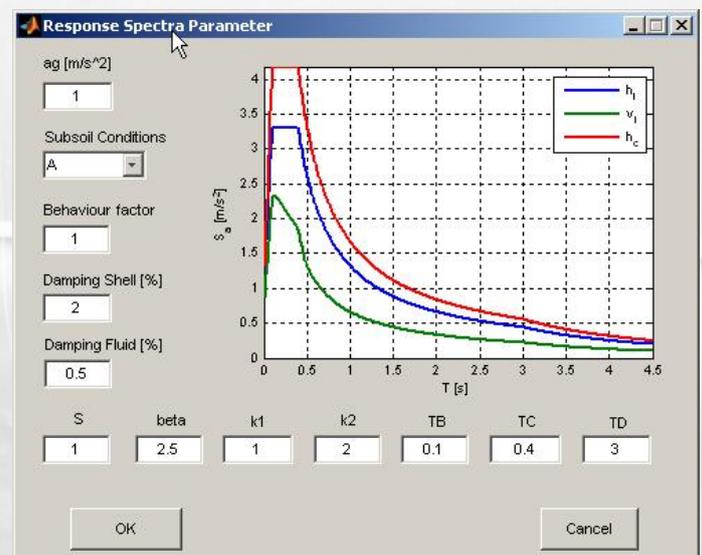
### Druckverteilungen

Mit den Erdbebeneinwirkungen (Beschleunigungen) werden die absoluten Druckverteilungen berechnet. Die Druckverteilungen der einzelnen Komponenten werden nach der SRSS-Regel zu den Druckverteilungen für vertikale und horizontale Beschleunigung überlagert.



Druckverteilungen aus statischer sowie vertikaler und horizontaler Erdbebeneinwirkung.

Die Druckanteile werden zu den für die Bemessung relevanten Drücken überlagert. Für alle berechneten Drücke werden ebenfalls die Ersatzgrößen bestimmt.

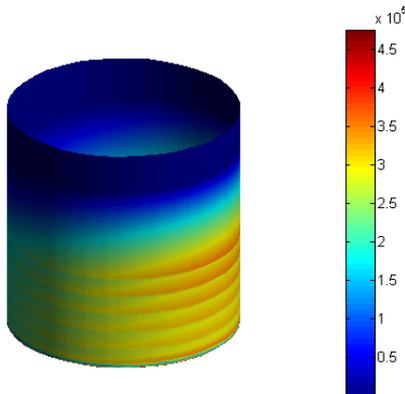


Dialog zur Festlegung der Erdbebeneinwirkung.

### Schnittgrößen und Spannungen

Für den statischen Druck und die Drücke aus vertikaler und horizontaler Erdbeweganregung sowie die relevanten Überlagerungen werden die Schnittgrößen und Spannungen nach der Biegetheorie von Flügge errechnet.

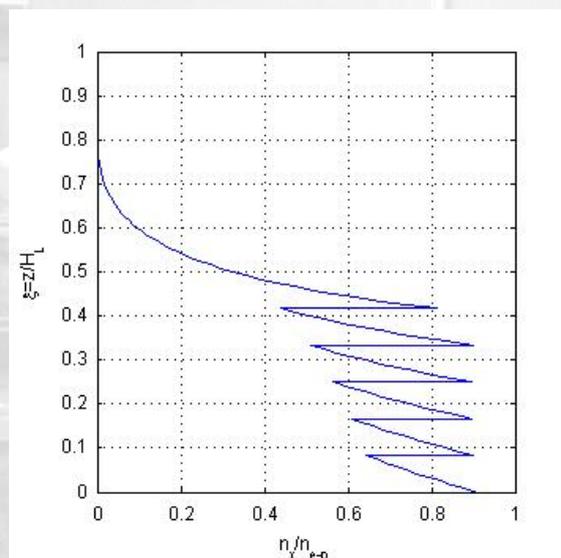
Für Überlagerungen der Druckkomponenten werden die *von Mises Spannungen* in der Behälterwand berechnet.



*von-Mises- Spannungen in der Behälterwand.*

### Bemessung

Für die Behälterwand werden die Spannungs- und Stabilitätsnachweise durchgeführt. Für den Nachweis der Spannungen werden die von-Mises-Spannungen verwendet. Entsprechend Eurocode 8, Teil 4 werden Nachweise für die beiden Stabilitätsfälle elastisches Axialdruckbeulen und elastoplastisches Beulen (elephant footing) geführt.



*Ausnutzungsgrad der Behälterwand hinsichtlich elastoplastischen Beulens.*

### Berechnungsmethode

Den Berechnungen der Zylinderschale liegt die lineare Biegetheorie nach Flügge zugrunde. Dabei werden die Verformungen in Umfangsrichtung in eine Fourierreihe (Umfangsharmonische) entwickelt. Mit *SeismoTank* werden die 0. und 1. Umfangsharmonische berücksichtigt. In axialer Richtung wird jeweils die erste Eigenform ermittelt. Zusammen mit der Starrkörperbewegung von Flüssigkeit und Schale sind diese nach Eurocode 8 für die Nachweisführung ausreichend.

Die Flüssigkeit geht als Last auf die Behälterwand in die Berechnung ein. Für die Flüssigkeitsdrücke werden die Ansätze aus dem Eurocode 8, Teil 4 verwendet. Die impulsiven Flüssigkeitsdrücke werden dabei mit Fourierreihenansätzen berechnet. Bei der Interaktion von Schale und Flüssigkeit ist der Druck von den Verformungen der Schale abhängig.

Die Verformungen der Schale werden mit der Finite-Elemente-Methode berechnet. Als Ansatz- und Testfunktionen werden die Lösungen für Schalenringelemente nach Flügge verwendet. Im Rahmen dieser Theorie werden damit exakte Ergebnisse erzielt.

Die Eigenformen und Eigenfrequenzen werden mit dem Verfahren der sukzessiven Näherung ermittelt. Der von der im vorherigen Iterationsschritt bestimmten Eigenform abhängige Flüssigkeitsdruck wird als Last auf die Schale aufgebracht und damit eine neue Eigenform bestimmt. Aus dem Verhältnis der Skalarprodukte der Eigenformen aufeinander folgender Iterationsschritte lässt sich eine Näherung für die Eigenfrequenz berechnen.

Die Schnittgrößen werden wieder mit den Lösungen von Flügge für die Schalenringelemente ermittelt.

Dr.-Ing. Jörg Habenberger

[joerg@habenberger.de](mailto:joerg@habenberger.de)  
<http://www.seisomotank.com>

Version 1.1, Januar 2019