

# Zur dynamischen Analyse gefüllter Satellitentanks: Die Idealisierung inkompressibler Flüssigkeiten

S. Dieker und H.-G. Beig, Bremen

**Übersicht:** Es werden die Grundzüge eines Analyseverfahrens zur linearisierten Berechnung des dynamischen Verhaltens dünnwandiger rotationssymmetrischer Flüssigkeitstanks vorgestellt. Ausführlich wird auf die Idealisierung der inkompressiblen Flüssigkeit mit Hilfe der Randwertintegralmethode eingegangen. Der allgemeine Verschiebungszustand wird unter Verwendung von Fourierreihen beschrieben, das Ergebnis der Idealisierung in Form von Massen- und Steifigkeitsmatrizen dargestellt. In einem Kräftepotential werden Einflüsse aus Gravitation bzw. konstanten Beschleunigungen sowie aus einer konstanten Rotation des gesamten Flüssigkeitsvolumens berücksichtigt. Dadurch kann mit gewissen Einschränkungen neben der Behandlung der „fluid-structure-interaction“ auch die Berechnung der Schwappformen und -frequenzen in rotierenden Tanks durchgeführt werden. Es besteht die Möglichkeit, doppelt benetzte Strukturelemente innerhalb des Flüssigkeitsbereichs einzuführen und somit Zwischenböden und Schwappbleche zu berücksichtigen. Bei Störung der Rotationssymmetrie kann das vorgestellte Analyseverfahren mit der Methode der Finiten Elemente gekoppelt werden.

## On the dynamic analysis of filled tanks in satellites: the idealization of incompressible fluids

**Summary:** The basic ideas of a calculation method that allows the linearized analysis of the dynamic behaviour of filled axisymmetric and prestressed fluid tanks are outlined. The idealization of the incompressible fluids by means of boundary element techniques is described in detail. Displacements and pressures are described by Fourier series; the result of the idealization is given by a virtual mass matrix and a stiffness matrix. The influence of gravitational effects and rotational acceleration are taken into account. Therefore, fluid-structure-interaction and sloshing even within rotating tanks (frequencies and modes) may be calculated. It is possible to idealize intermediate bottoms, structural components within the fluid (e.g. baffles) or other double wetted elements. Deviations from the axisymmetry of the structures may be handled by the coupling of the presented calculation method with the method of finite elements.

## 1 Einleitung

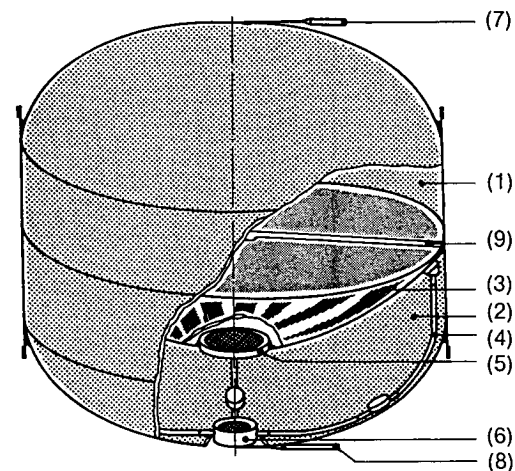
Satelliten benötigen sowohl für ihre Lageregelung als auch für den Übergang von ihrer elliptischen Transferbahn auf die endgültige Kreisbahn flüssigen Treibstoff. Bei modernen Satelliten kann der Treibstoffanteil am Gesamtgewicht 50% und mehr betragen. Dieser hohe Flüssigkeitsanteil prägt in bedeutendem Maße das dynamische Verhalten der Satelliten während des Startvorgangs.

In Bild 1 ist das typische Design eines Satellitentanks wiedergegeben. Solche Tanks wurden bei MBB/ERNO z. B. gebaut für TV-SAT, TDF-1 und -2, DFS, ITALSAT, EUTELSAT und INSAT-II. Der Treibstoff in diesen Tanks ist in zwei Bereiche geteilt. Diese Bereiche sind durch einen Zwischenboden mit Sieb, das den Transport von Gas während der Übergangsphase verhindert, getrennt. Die Förderfähigkeit des Tanks wird auch unter Schwerelosigkeit durch Oberflächenspannungseffekte gewährleistet.

Die dynamische Analyse dieser Tanks umfaßt im wesentlichen die Bestimmung von Eigenfrequenzen und Eigenformen, die Berechnung effektiver Massen, die Erstellung mathematischer Modelle für die gekoppelte Analyse (Tank/Satellit, Satellit/Träger) und schließlich die Berechnung dynamischer Antworten.

Der hier vorgestellten Idealisierung der Flüssigkeit liegt das Konzept der virtuellen Massen zugrunde. Die Teilsysteme Struktur und Flüssigkeit werden dabei getrennt behandelt, die resultierenden Matrizen auf gemeinsame Freiheitsgrade transformiert und addiert. Bei der inkompressiblen

## General Design of the MBB-ERNO Surface Tension Tank



- (1) Upper Hemisphere
- (2) Lower Hemisphere
- (3) Intermediate Bottom
- (4) Draining Device
- (5) Screen in Intermediate Bottom
- (6) Screen in Sump Adapter
- (7) Gas Port
- (8) Propellant Port
- (9) Venting Device

Bild 1. Satellitentank