

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG

**IMAB**

Institut für Elektrische Maschinen,  
Antriebe und Bahnen  
Prof. Dr.-Ing. W.-R. Canders



**bmb+f FKz.: 13N7541/7**  
**Laufzeit 01.07.1999 - 31.12.2000**

---

**Flüssigwasserstoff-Tank mit HTSL-Lagerung für den  
mobilen Einsatz**

**Teilprojekt: Flüssigwasserstofftank-Design und Konstruktion**

Abschlussbericht

---

**Verfasser:**

Dipl.-Ing. S.O. Siems  
Dipl.-Ing. H. May

Oktober 2002



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzbeschreibung und Zielsetzung .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Arbeitsschwerpunkte des IMAB .....</b>	<b>6</b>
2.1	Lageroptimierung für sechs Freiheitsgrade .....	6
2.1.1	Anforderungen .....	7
2.1.2	Auslegungsrechnungen .....	8
2.1.3	Vermessung der HTSL-Formkörper .....	14
2.1.4	Messungen an den Lagern .....	15
2.1.5	Ergebnisse und Ausblick.....	17
2.2	Vermessung der Antwortspektren des HTSL-PM-Lagers .....	18
2.3	Bau eines Aktuators zur thermisch gesteuerten Lageraktivierung .....	20
2.3.1	Funktionsprinzip des Aktuators .....	20
2.3.2	Dimensionierung der MM-Feder .....	21
2.3.3	Gegenfeder .....	25
2.3.4	Kraft-Weg-Charakteristik des MM-Aktuators .....	27
2.3.5	Aufbau des MM-Aktuators .....	27
2.3.6	Funktionstest .....	28
2.3.7	Beurteilung und Ausblick .....	29
<b>3</b>	<b>Integration der Komponenten in den Tank .....</b>	<b>29</b>
3.1	Funktionstest .....	30
<b>4</b>	<b>Veröffentlichung der Ergebnisse .....</b>	<b>30</b>

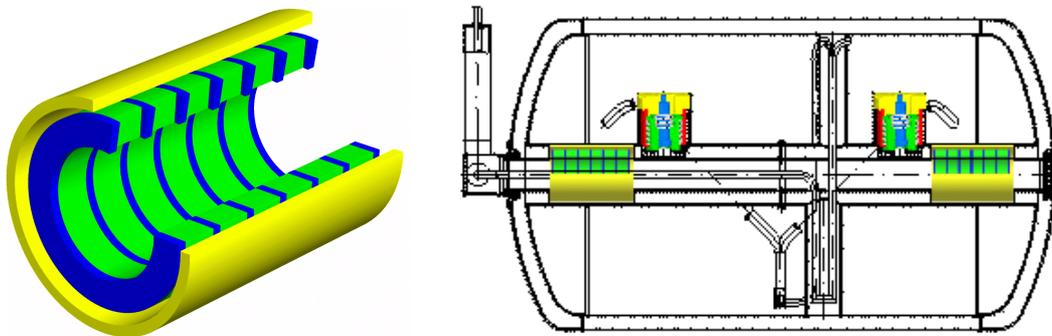


# 1 Kurzbeschreibung und Zielsetzung

Gegenstand des Forschungsvorhabens war die Herstellung und Erprobung eines LH<sub>2</sub>-Fahrzeugtanks, dessen Innenbehälter im Ruhezustand des Fahrzeugs durch eine HTSL-Lagerung berührungsfrei im Außenbehälter gehalten wird. Während im Betriebszustand eine gewisse Wärmeeinkopplung zum Aufbau des notwendigen Drucks zur Kraftstoffentnahme aus dem Speicher wünschenswert ist, werden die Standzeiten konventioneller LH<sub>2</sub>-Fahrzeugtanks durch das Maß des Wärmeeintrags im Ruhezustand begrenzt. Bei dem hier verfolgten Konzept, bei dem im Ruhezustand auf jegliche mechanische Stützelemente verzichtet wird, kann der Wärmeeintrag deutlich verringert und damit die Standzeit des Tanks erheblich verlängert werden.

Im vorangegangenen Projekt „Kryobehälter mit HTSL-Lagerung“ ist erstmals eine weitgehend berührungsfreie Aufhängung des Innenbehälters im Außenbehälter durch HTSL-Magnetlager realisiert worden. Das Demonstrationsmodell zeigte eine erhebliche Verminderung des Gesamtwärmeeintrags gegenüber einem konventionell aufgebauten Tank gleichen Fassungsvermögens.

Mit den Projektpartnern Nexans, Messer Griesheim und ZfW Göttingen wurde aufbauend auf den dabei gewonnenen Ergebnissen und Erfahrungen ein neues Konzept zur berührungsfreien Lagerung entwickelt, das weiterhin auf die Verwendung von HTSL setzt. Um dem in Fahrzeugen sehr begrenzten Bauraum gerecht zu werden und gleichzeitig den Materialeinsatz für die Lager zu vermindern, wird jetzt eine rotationssymmetrische Lagergeometrie eingesetzt, bei der zwei Lagereinheiten auf einem Zentralrohr angeordnet sind (Abb. 1.1).



**Abb. 1.1:** Rotationssymmetrisches HTSL-Magnetlager und Tankgeometrie

Die gewählte Lagergeometrie erfordert die Verwendung von HTSL-Bauteilen in Form von Hohlzylindern. Bei der Entwicklung von Prozessen zur Herstellung solcher Formteile wurden zwei Materialoptionen verfolgt. Zum einen wurden supraleitende Formkörper auf Basis einer Bismut-Strontium-Calcium-Kupferoxid-Verbindung (Bi-2212) in einem patentierten Schmelzgussverfahren hergestellt (Nexans), zum anderen wurde ein Herstellungsverfahren zur Texturierung von multi-kristallinen Formkörpern aus einer Yttrium-Barium-Kupferoxid-Verbindung (Y-123) entwickelt (ZfW) (Abb. 1.2).