

FuE Verbundvorhaben

**Verbundprojekt**

# **Druckneutrale Systeme**

**Gestaltung, Umsetzung und Test von druckneutralen Systemen  
und Einrichtungen für den Langzeit- oder ständigen  
Unterwasserbetrieb in Fahrzeugen und Unterwasserbauwerken**

## **Abschlussbericht**

**Vorhaben:**

**druckneutrale Energieversorgungen, Antriebe  
und elektronische Systeme**

**ENITECH Energietechnik-Elektronik GmbH**

**Hansestraße 21**

**D 18182 Bentwisch**

Forschungsvorhaben:	3SX220A
Verbundprojekt:	Druckneutrale Systeme
Vorhaben:	Druckneutrale Energieversorgungen, Antriebe und elektronische Systeme
Projektkoordinator:	ENITECH Energietechnik-Elektronik GmbH, Bentwisch
Projektpartner:	
<b>ENITECH GmbH:</b>	druckneutrale Energieversorgungen, Antriebe und elektronische Systeme
<b>TU Berlin:</b>	druckneutrale mechanische Systeme Tragrahmen und druckneutrale auftriebserzeugende Hülle
<b>Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW)</b>	Langzeittest und Seeversuche Erprobung der Versuchsplattform „Fisch“
Laufzeit:	01.07.2006 bis 31.12.2009

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben „Druckneutrale Systeme - Gestaltung, Umsetzung und Test von druckneutralen Systemen und Einrichtungen für den Langzeit- oder ständigen Unterwasserbetrieb in Fahrzeugen und Unterwasserbauwerken“ wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen **03SX220A** gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Planung und Ablauf des Vorhabens</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Wissenschaftlicher Stand an den angeknüpft wurde</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenarbeit mit anderen Stellen</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Erzielte Ergebnisse</b>	<b>17</b>
<b>6.1.</b>	<b>Druckneutrale Energieversorgungen, Antriebe und elektronische Systeme</b>	<b>17</b>
6.1.1.	Erarbeitung von Lösungswegen und Konzeptionen für druckneutrale Energieversorgungen, Antriebe und elektronische Systeme für den Langzeit- bzw. ständigen Unterwasserbetrieb	17
6.1.1.1.	Druckneutrale Vergussysteme	18
6.1.1.2.	Auswahl geeigneter elektronischer Bauelemente, elektrischer Bauteile und Verkabelungen für druckneutrale Vergussysteme	22
6.1.2.	Druckneutrale Energieversorgungen, Verteilungen und Leistungsschaltelemente	24
6.1.2.1.	Konzeption der Energieversorgung	26
6.1.2.2.	Druckneutrale Energiespeicherung	27
6.1.2.3.	Druckneutrale Energieverteilung und Powerbussysteme	32
6.1.2.4.	Druckneutrales Energiemanagement	33
6.1.3.	Druckneutrale Antriebe	34
6.1.3.1.	Druckneutraler Hauptantrieb	36
6.1.3.2.	Druckneutraler Servoantrieb	39
6.1.3.3.	Druckneutrale Thruster	41
6.1.3.4.	Druckneutrale Antriebssteller	42
6.1.4.	Druckneutrale Steuerungen, Controller und Kommunikationsbaugruppen	43
6.1.4.1.	Modifizierung, Verguss und Drucktest von Baugruppen	44
6.1.4.2.	Erarbeiten von Lösungswegen für druckneutrale Hardware	47
<b>6.2.</b>	<b>Weitgehend druckkörperlose Versuchsplattform „Fisch“</b>	<b>50</b>
6.2.1.	Anforderungen, Randbedingungen und Auslegung der Versuchsplattform „Fisch“	50
6.2.2.	Entwicklung, Konstruktion, Bau und Integration der Versuchsplattform „Fisch“	52
6.2.2.1.	Druckneutrale auftriebserzeugende Hülle, Versuchsplattform „Fisch“	56
6.2.2.2.	Druckneutrale Energieversorgung und -Verteilung Versuchsplattform „Fisch“	56
6.2.2.3.	Druckneutrale Antriebe und Antriebssteller Versuchsplattform „Fisch“	56
6.2.2.4.	Druckneutrale Steuerung und Kommunikation mit den Subsystemen	56
6.2.2.5.	Druckneutrales Lagetrimmsystem Versuchsplattform „Fisch“	60
6.2.2.6.	Druckneutrales Auftriebssystem Versuchsplattform „Fisch“	60
6.2.2.7.	Druckneutrales Rudersystem Versuchsplattform „Fisch“	60
6.2.2.8.	Druckneutrales Tiefenmesssystem Versuchsplattform „Fisch“	60
<b>6.3.</b>	<b>Seerprobungen und Langzeittest Versuchsplattform „Fisch“</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>Voraussichtlicher Nutzen</b>	<b>77</b>
<b>8</b>	<b>Während der Bearbeitung des Vorhabens bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen</b>	<b>79</b>
<b>9</b>	<b>Erfolge oder geplante Veröffentlichungen</b>	<b>80</b>
<b>10</b>	<b>Anhang</b>	<b>81</b>
<b>10.1.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>81</b>
<b>10.2.</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>82</b>

# 1 Aufgabenstellung

Gesamtaufgabe war die Erarbeitung von Lösungswegen und Konzeptionen für druckneutrale elektrische und elektronische Systeme und Antriebe für den langzeit- bzw. ständigen Unterwasserbetrieb sowie die Tests dieser Systeme in einer druckkörperlosen Versuchsplattform „Fisch“.

Kernaufgaben und wissenschaftlich-technische Arbeitsziele waren:

- **Erarbeitung und Erprobung neuer Technologien und Lösungen für druckneutrale Energie-, Antriebs- und elektronische Systeme für den Langzeit- bzw. ständigen Unterwasserbetrieb.**
  - Grundlagen- und Verfahrensentwicklung für geeignete druckneutrale Vergussysteme. Ermittlung der mechanischen, elektrischen und wärmetechnischen Eigenschaften sowie das Verhalten unter hohem Druck.  
Es ist abzusehen, dass für verschiedene Einsatzzwecke verschiedene Vergussysteme notwendig sind.
    - Vergussysteme für elektronische Baugruppen
    - Vergussysteme für elektromotorische Baugruppen
    - Vergussysteme für Energieverteilungs- und Batteriesysteme
    - Vergussysteme für Verkabelungen
  - Auswahl und Bewertung geeigneter elektronischer Bauelemente, elektrischer Bauteile und Verkabelungen für druckneutrale Systeme
  - Auswahl und Bewertung geeigneter Energiespeicher für druckneutrale Energieversorgungssysteme
- **Erarbeitung und Erprobung neuer Technologien und Lösungen für druckneutrale, auftriebserzeugende Hüllen mit Tragegestell**
  - Grundlagen- und Verfahrensentwicklung für geeignete auftriebserzeugende Hüllen. Ermittlung der mechanischen Eigenschaften sowie das Verhalten unter hohem Druck.
  - Vergussysteme für kleine Glaskugelgemische
  - Vergussysteme mit geringer Dichte
  - robuste Hautvergüsse
  - biologische Anfälligkeit und Korrosion
  - Tragegestelle für auftriebserzeugende Hüllen
  - Fertigungstechnologien für Hüllensegmente
- **Erarbeitung von Lösungswegen, Entwicklung und Erprobung von typischen Unterwassersubsystemen für den Langzeit- bzw. ständigen Unterwasserbetrieb in Fahrzeugen oder Unterwasserbaukörpern:**
  - druckneutrales Energieversorgungs- und Verteilungssystem auf Basis von:
    - Li-Batterien, mit entsprechendem Sicherheits- und Nivelliersystem
    - Powerbussystem für 24 V und 110 V (- 55 V, + 55 V)
    - Energieverteilungen
    - Leistungsschaltenelemente mit Leistungsbegrenzung und Zerstörerschutz

- druckneutrale, energetisch hochwirksame Antriebsmotoren und Antriebssteller zur Realisierung von anspruchsvollen Antriebs- und Steuerungskonzepten:
  - Hauptmaschine
  - Thruster
  - Servosteller für Ruder und andere Aktuatorik
  - Pumpenantrieb
- druckneutrale elektronische Baugruppen und Kommunikationselektronik:
  - Steuerungen
  - Controller
  - Kommunikationsknoten, Bussysteme (Ethernet)
  - Managementsysteme
- **Schrittweise Integration dieser typischen Subsysteme und der druckneutralen auftriebserzeugenden Hülle in eine Erprobungsplattform Fisch**
  - Schritt 1  
Integration nachfolgender Baugruppen
    - Auftriebserzeugenden Hülle mit Tragegestell
    - Energieversorgungssystem
    - Antriebssystem
    - Energiemanagement
  - Schritt 2  
Integration und Austausch weiterer typischer Unterwassersubsysteme entsprechend dem Bearbeitungsfortschritt der Partner
- **Erprobung neuer Technologien und Lösungen für druckneutrale Systeme für den Langzeit- bzw. ständigen Unterwasserbetrieb**
  - Test der einzelnen Komponenten im Drucktank und in Seewasserbecken
  - Erarbeitung einer Risikoabschätzung für Tests im Drucktank mit druckneutralen Li-Batteriesystemen
  - Test der Erprobungsplattform in einer Druckkammer, Testdruck > 600 bar, Druckwechselprüfung
  - Langzeittest der Erprobungsplattform im Seewasser