

**Thermalhydraulic and Material Specific Investigations into the
Realization of an Accelerator Driven System (ADS)
to Transmute Minor Actinides**

1999 Status Report

At Forschungszentrum Karlsruhe an HGF Strategy Fund Project entitled "Thermalhydraulic and Material Specific Investigations into the Realization of an Accelerator-Driven System (ADS) to Transmute Minor Actinides" is performed which is funded by the Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) in the section "Energy Research and Energy Technology" over a time period from 07/1999 to 06/2002 with a financial support of 7.0 million DM (35 man years).

The objective of this HGF Strategy Fund Project is the development of new methods and technologies to design and manufacture thin-walled thermally highly-loaded surfaces (e.g. beam window) which are cooled by a corrosive heavy liquid metal (lead-bismuth eutectic). The beam window is a vital component of an ADS spallation target.

The results of this project will provide the scientific-technical basis which allows the conception and the design of an ADS spallation target and later on a European Demonstrator of an ADS system. The work performed at Forschungszentrum Karlsruhe is embedded in a broad European research and development programme on ADS systems.

The project is divided in three sub-projects:

Sub-Project SP1: Thermalhydraulic Investigations

In the field of experimental thermalhydraulics physical models are developed for conductive and convective heat transfer along thermally highly-loaded surfaces (e.g. beam window) in turbulent lead-bismuth flow. In parallel, a thermalhydraulic computer programme is validated for the low Prandtl number fluid lead-bismuth. Finally, a complete spallation target is numerically designed.

Sub-Project SP2: Material Specific Investigations

In the field of material science physical methods are developed to describe corrosion mechanisms and to solve the corrosion challenge for potential structure and window materials with and without surface treatment for flowing lead-bismuth.

Sub-Project SP3: Oxygen Control

In the field of reaction kinetics a physical / chemical method is developed to measure and control the oxygen potential in a lead-bismuth loop in order to prevent the corrosion of the materials used.

The experimental investigations are performed in the KARlsruhe Lead LABORatory KALLA.

The investigation of the complex system „heat transfer along thermally highly-loaded surfaces that are in contact with liquid corrosive lead-bismuth under well-defined chemical and material specific boundary conditions“ has not been performed up to now. It will be done within this project and directly applied to the design of a spallation target, one key component of an ADS.

This report gives the results achieved during the year 1999.

Kurzfassung

Thermohydraulische und materialspezifische Untersuchungen zur Realisierung einer Beschleuniger getriebenen Anordnung (ADS) zur Transmutation von Aktiniden

1999 Status Report

Am Forschungszentrum Karlsruhe wird ein HGF-Strategiefonds Projekt mit dem Titel „Thermohydraulische und materialspezifische Untersuchungen zur Realisierung einer Beschleuniger getriebenen Anordnung (ADS) zur Transmutation von Aktiniden“ durchgeführt, das von der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) in der Sektion 3 „Energieforschung und Energietechnologie“ für den Zeitraum 07/1999 bis 06/2002 mit einem Finanzvolumen von 7.0 Millionen DM (35 Personenjahre) gefördert wird.

Ziel dieses HGF-Strategiefondsprojektes ist es, neue Methoden und Technologien zur Auslegung und Herstellung dünnwandiger, thermisch hochbelasteter Oberflächen (z.B. Strahlfenster), die von einem korrosiven schweren Flüssigmetall (eutektisches Blei-Wismut) gekühlt werden, zu entwickeln. Das Strahlfenster ist eine entscheidende Komponente eines Spallationstargets für einen ADS.

Das Ergebnis dieses Projektes ist ein wissenschaftlich-technisches Instrumentarium zur Konzeption und zur detaillierten Auslegung zunächst eines Spallationstargets und später einer Europäischen Demonstrationsanlage eines ADS. Die Arbeiten am Forschungszentrum sind in ein breites europäisches Forschungs- und Entwicklungsprogramm zu Beschleuniger getriebenen Anordnungen (ADS) eingebunden.

Das Projekt gliedert sich in drei Teilprojekte:

Teilprojekt 1: Thermohydraulische Untersuchungen

Im Bereich der *Thermohydraulik* werden für das Fluid Blei-Wismut physikalische Gesetzmäßigkeiten zum konduktiven und konvektiven Wärmeübergang für die turbulente Umströmung einer thermisch hochbelasteten Oberfläche (z.B. Strahlfenster) entwickelt. Parallel dazu wird ein thermohydraulisches Rechenprogramm für ein Fluid kleiner molekularer Prandtl-Zahl (Blei-Wismut) validiert. Abschließend wird ein komplettes Spallationstarget numerisch ausgelegt.

Teilprojekt 2: Materialspezifische Untersuchungen

Im Bereich der *Materialforschung* werden physikalische Methoden zur Beschreibung der Korrosionsmechanismen und zur Lösung der Korrosionsproblematik für potenzielle Struktur- und Fensterwerkstoffe, mit und ohne Schutzschichten, in strömendem Blei-Wismut entwickelt.

Teilprojekt 3: Sauerstoffkontrolle

Im Bereich der *Reaktionskinetik* wird auf der Basis von physikalisch / chemischen Überlegungen ein Verfahren zur Messung und Regelung des Sauerstoffpotenzials in Blei-Wismut und somit zur Kontrolle der Korrosion der eingesetzten Werkstoffe entwickelt.

Die experimentellen Untersuchungen werden im Flüssigmetalllabor KALLA (KARlsruhe LEAD LABORatory) durchgeführt. Eine Betrachtung des komplexen Gesamtsystems „Wärmeübertragung an thermisch hochbelasteten Oberflächen in flüssigem, korrosivem Blei-Wismut unter Berücksichtigung von reaktionskinetisch kontrollierten und materialspezifisch definierten Randbedingungen“ ist bisher noch nicht erfolgt. Dies wird mit dieser Arbeit geleistet und direkt für die Auslegung eines Spallationstargets, das eine wesentliche Komponente eines ADS ist, eingesetzt.

Dieser Bericht gibt die im Jahr 1999 erzielten Ergebnisse wieder.