



## Forschungsvorhaben

### „Verbundprojekt: TEIMAB – Thermodynamische Asche- und Schlackemodellierung“

## Schlussbericht

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages unter dem **Förderkennzeichen 0327797B**.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

<b>Ausführende Stelle:</b>	TU Bergakademie Freiberg Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen (IEC)
<b>Projektleiter:</b>	Prof. Dr.-Ing. B. Meyer
<b>Projektbearbeiter:</b>	Dipl.-Min. K. Reinke, Dipl.-Ing. K. Uebel, Dr. M. Schreiner
<b>Projektlaufzeit (Bewilligungszeitraum):</b>	01.09.2008 – 31.12.2011
<b>Berichtszeitraum:</b>	01.09.2008 – 31.12.2011

Freiberg, 05.07.2012

Forschungsvorhaben

**„TEIMAB – Teilprojekt IV: Thermodynamische Asche- und  
Schlackemodellierung“**

Schlussbericht

**Teil 1: Kurzdarstellung**

# Inhaltsverzeichnis Teil 1

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
1.1	Ziel des Forschungsvorhabens . . . . .	1
1.2	Teilprojekt TU Bergakademie Freiberg . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Voraussetzungen</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Planung und Ablauf</b>	<b>7</b>
3.1	TP 3.3 Stoffdatenbanken . . . . .	7
3.2	TP 3.4 Modellbildung & Modellrechnung . . . . .	8
3.3	TP 3.5 Anwendungsrechnungen . . . . .	8
3.4	TP 3.6 CFD-Modellierung . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Wissenschaftlich-technische Grundlagen</b>	<b>10</b>
4.1	Allgemeines . . . . .	10
4.2	Asche und Schlacke/Thermodynamische Modellierung . . . . .	11
4.3	CFD . . . . .	11
4.4	Literatur . . . . .	12
<b>5</b>	<b>Zusammenarbeit mit Anderen</b>	<b>13</b>
	<b>Literatur Kurzdarstellung</b>	<b>14</b>

# 1 Aufgabenstellung

## 1.1 Ziel des Forschungsvorhabens

Auf Grund des weltweit zunehmenden Energieverbrauches bei gleichzeitigem Erneuerungsbedarf zahlreicher Kraftwerke ist eine Situation absehbar, in der neue Versorgungskonzepte, auch unter Einbeziehung so genannter CO<sub>2</sub>-freier CCS-Kraftwerke (carbon capture and storage), notwendig werden. Auf Grund der Altersstruktur der Kohlekraftwerke in Europa (60 % der Anlagen sind älter als 20 Jahre, 52 % sogar älter als 25 Jahre) sind zur Erhaltung der Versorgungssicherheit in den nächsten Jahren weltweit Neubaumaßnahmen in größerem Umfang erforderlich. Unter dem Druck der Probleme des Klimawandels ist es allerdings unabdingbar, die Aufgabe mit neuen und intelligenten Lösungen anzugehen. Nachdem in den vergangenen Jahrzehnten das Augenmerk besonders auf der Reduktion der Emissionen von SO<sub>2</sub> und NO<sub>x</sub> lag, ist es heute das wichtigste Ziel, möglichst CO<sub>2</sub>-freie oder zumindest CO<sub>2</sub>-neutrale Technologien zu entwickeln und einzusetzen. Dabei muss ein hoher Wirkungsgrad erreicht werden (> 50 %), um die vorhandenen Energieressourcen schonend zu nutzen. Dazu kommen Standardanforderungen hinsichtlich Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit. Bei sonst gleicher Elektrizitätserzeugung kann, abgesehen von CO<sub>2</sub>-Rückhaltemaßnahmen, nur die Verringerung des Primärenergieeinsatzes durch Steigerung des Wirkungsgrades zu signifikanten Reduktionen führen. Der durchschnittliche Gesamtwirkungsgrad des deutschen Kraftwerksparks betrug noch im Jahre 1998 weniger als 40 %. In Zusammenhang mit der o.g. Altersstruktur bestehender Kraftwerke ist eine Erneuerung des Kraftwerksparks unumgänglich.

Zu den Erfolg versprechenden Lösungsmöglichkeiten zählt neben der Energieeinsparung und der verstärkten Nutzung vollständig regenerativer Energiequellen die IGCC-Technik (Integrated Gasification Combined Cycle). Bisher realisierte IGCC-Kraftwerke erzielen einen Wirkungsgrad von max. 45 % (Puertollano/E) und liegen damit bereits über den

Werten des deutschen Kraftwerksparks. Mangelnde Wettbewerbsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit haben bisher den kommerziellen Durchbruch dieses am weitesten entwickelten neuen Kraftwerksprozesses verhindert. Eine der wichtigsten Ursachen dafür ist das betriebsstörende Verhalten von Mineral- und Spurenstoffen. Unter anderem fehlen Werkzeuge und Stoffdaten, die es ermöglichen, in Abhängigkeit vom Brennstoff und den Betriebsparametern das Verhalten von gasförmigen Schadstoffen, Aschen, Schlacken und Kondensaten vorherzusagen. Hieraus resultierende Probleme (z.B. Korrosion, Agglomerationen, Verlegungen durch Schlacke, Schadstoffemissionen etc.) können bisher nicht ausreichend auf Basis der Kombination aus Brennstoffzusammensetzung und Betriebsparametern abgeschätzt und durch Veränderung dieser vermieden werden.

Im Forschungsvorhaben TEIMAB wurde zur Erhöhung der Effizienz zunächst angestrebt, die fühlbare Wärme des heißen Synthesegases mittels Rohgasquench mit Wasser in einem Abhitzedampferzeuger (AHDE) teilweise zu nutzen. Damit steigt bei sinkender Temperatur die Gesamtgasmenge (Verdampfung) und die Abwärmenutzung wird effektiver. Das abgekühlte Synthesegas bleibt für eine große Produktpalette erhalten. Im Verlauf des Projektes wurde dieser Plan verändert und es wurde ein trockener Strahlungswärme Kühler mit anschließendem Vollquench an Stelle des Teilquenches vorgesehen.

Mit Hilfe von Stoffdatenbanken und Prozessmodellen sollten die Reaktionen fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe beim Durchlauf durch das Verfahren berechnet werden und damit zum einen Vorhersagen über verschiedene Edukte und Produkte als auch über die Einflüsse der Prozessbedingungen ermöglichen. Zu betrachtende Reaktionen waren z.B. die Einbindung und Freisetzung flüchtiger Aschebestandteile (Alkalien, Schwermetalle, Halogene etc.), die Bildung von Schmelzen unter stark reduzierenden Bedingungen, Gasphasenreaktionen, Kondensation, Mineralphasenumwandlungen und Phasentmischungen. Die konkreten Ziele wurden wie folgt definiert:

- Minimierung des Vergasungsmittelbedarfs, wodurch der Wirkungsgrad sowie die Effizienz der Vergasungsprozesse gesteigert werden können
- Optimierung des Vergasungsstoff-Menüs
- Vermeidung von Verlegungen im Hochtemperaturbereich (Schlackeabfall), beim Quench und im Bereich des AHDE
- Erhöhung der zeitlichen Verfügbarkeit des Vergasungsprozesses und Hochverfügbarkeit der Dampferzeugung