



# Diplomarbeit



**Fachbereich Maschinenbau**

Institut für Wärme- und Brennstofftechnik (IWBT)

Technische Universität Braunschweig

Prof. Dr. techn. Reinhard Leithner

## **Modellierung und Simulation der Rauchgasreinigung bei thermischen Kraftwerken**

Vorgelegt von: cand. oec. mach. Fabian Klonk-Markowis  
Matr.-Nr.: 2806424  
Betreuer: Prof. Dr. techn. Reinhard Leithner (IWBT)  
Dipl.-Ing. Daniel Depta (umwelttechnik & ingenieure GmbH, Hannover)  
Dipl.-Ing. Andreas Hauschke (IWBT)  
Ausgabedatum: 01.03.2010  
Abgabedatum: 02.09.2010

Braunschweig, September 2010

## **Kurzfassung**

Der Emission von Schadstoffen aus Kraftwerken kann mit Primär- und Sekundärmaßnahmen entgegengewirkt werden. Die Sekundärmaßnahmen der Rauchgasreinigung thermischer Kraftwerke zu analysieren und diese in die Software ENBIPRO<sup>1</sup> einzubinden, ist Thema dieser Arbeit.

Dazu werden nach einer kurzen Einleitung zunächst Schadstoffentstehungsmodelle von Verbrennungsvorgängen untersucht. Der Schwerpunkt liegt dabei auf dem komplexen Themengebiet der NO<sub>x</sub>-Entstehung. Anschließend werden die Rauchgasreinigungsverfahren moderner thermischer Kraftwerke dargestellt. Die gängigsten Verfahren werden dabei ausführlich beschrieben und jeweils auf ihre Implementierung in die Software ENBIPRO hin überprüft. Basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchungen wurden folgende Komponenten der Rauchgasreinigung implementiert: Eine Entstaubung (Komponente „dust\_filter“), eine Entstickung nach dem SCR-Verfahren mit Ammoniak als Reduktionsmittel (Komponente „DeNOx“), eine Entschwefelung nach dem Kalkwaschverfahren mit Calciumcarbonat als Absorptionsmittel (Komponente „DeSO2“) und ein Schornstein (Komponente „stack“). Außerdem wurden die Stoffdaten der Stoffe CaSO<sub>4</sub>, CaCO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>, CaF<sub>2</sub> sowie NO, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> und HF in die Stoffdatenbank von ENBIPRO eingepflegt. Sämtliche Implementierungen wurde in der Programmiersprache C++ durchgeführt.

Die Schadstoffentstehung konnte in ENBIPRO in die Brennkammer-Komponente (combustor\_coal) nur vereinfacht eingebunden werden. Die implementierten Komponenten der Rauchgasreinigung werden ausführlich beschrieben und die hinterlegten Berechnungsverfahren vorgestellt. Eine Validierung der Komponenten anhand von Parametern aus der Literatur führte zu vernachlässigbar kleinen Abweichungen zu den mit ENBIPRO berechneten Werten.

---

<sup>1</sup> Eine Software des Instituts für Wärme und Brennstofftechnik (IWBT), TU Braunschweig. Mit ENBIPRO (ENergie Bilanz PROgramm) ist die Simulation von Kreisläufen und Einzelkomponenten aus der Kraftwerkstechnik möglich. Im Einzelnen sind dies die Problemstellungen der Teillast, Auslegung, Dynamik und Validierung.