

Numerische Simulation der Trockenbraunkohleverbrennung

Problemstellung

Durch die hohen Wassergehalte (>50%) muss bei der Verbrennung von Braunkohle ein beträchtlicher Anteil der Brennstoffenergie zur Verdampfung aufgewendet werden und geht dem Stromerzeugungsprozess über das Rauchgas verloren.

Ein deutliches Verbesserungspotential bieten vorgelagerte Entwässerungsprozesse, bei denen das Wasser energetisch günstig aus der Kohle entfernt wird und nicht mehr in den Brennraum gelangt. Es verändern sich Brennluftmassenströme und –zusammensetzungen. Durch den gegenüber der Mahltrocknung grundlegend anderen Trocknungsprozess ändert sich zudem die Kinetik wesentlicher Teilprozesse des Kohleumsatzes (z.B. primäre/sekundäre Pyrolyse, Koksabbrand). Die Verbrennung reiner Trockenbraunkohle in konventionellen Braunkohledampferzeugern führt zu stark veränderten Temperaturfeldern mit stärker konzentrierten Hauptumsatzzonen. Dies tangiert temperaturabhängige Prozesse wie Schadstoffentstehung, Alkaliensfreisetzung und -wiedereinbindung in die Asche ebenso wie die Materialbelastung, die sich in bestimmten Bereichen deutlich erhöht.

Um das Einsparpotential eines trockenbraunkohlebefeuerten Dampferzeugers voll zu erschließen, ist eine komplette Neuauslegung notwendig. Ein Werkzeug hierfür ist die numerische Simulation, mit deren Hilfe Zeit und Kosten von Auslegung und Optimierung drastisch gesenkt werden können. Grundlage hierfür sind validierte Modelle für den Kohleumsatz und Parametersätze, die auf Trockenbraunkohle zugeschnitten sind.

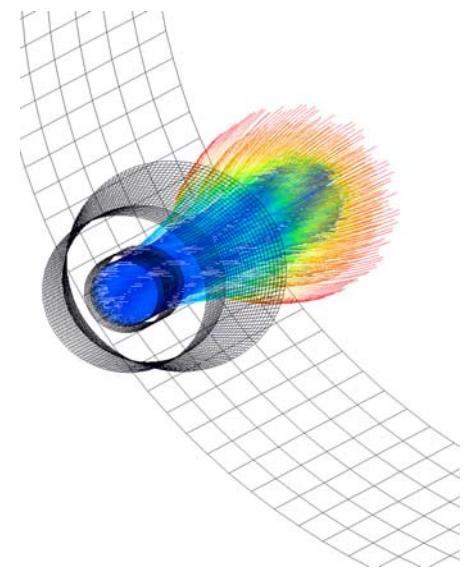
Ein solches Gesamtmodell sollte am LUAT entwickelt werden, wobei neben der Genauigkeit auch die numerische Robustheit und die Anwendbarkeit auf Großanlagen wesentliche Aspekte darstellen.

Vorgehensweise

Derzeit existieren Versuchsanlagen zur Trockenbraunkohleverbrennung, in denen experimentelles Datenmaterial bezüglich Zündung, Flammenstabilität, Ausbrandverhalten und Schadstoffentstehung erhoben wird. Über Messdatenanalysen werden die Informationen zur Evaluierung und Modifikation von Pyrolyse- und Koksabbrandmodellen abgeleitet, die für eine Verbesserung mathematischer TeilmODELLE nutzbar sind.

Mithilfe von CFD-Software werden über Simulationsrechnungen die Verhältnisse in der Brennkammer nachgebildet. Das Berechnungsgebiet wird dazu über ein 3-dimensionales Gitter mit körperangepassten Koordinaten diskretisiert und notwendige Randbedingungen über die Versuchsmessdaten spezifiziert.

In den Rechnungen werden unterschiedliche Pyrolysemodelle (linear-single-rate, 2-step, concurrent-reaction model), Koksabbrandmodelle, Strahlungs- und Turbulenzmodelle (z.B. k-e, RNG, RSM) zunächst mit experimentell ermittelten kinetischen Parametersätzen untersucht. Die resultierenden Strömungs-, Mischungs-, Temperatur- und Konzentrationsprofile werden mit den Messdaten verglichen und durch gezielte Modifikationen das optimale Modell gesucht.



Ergebnisse

Mit dem entwickelten und experimentell validierten Modell wird eine sehr gute Reproduktion der Messwerte erzielt. Eine Parameterstudie zeigt die sensiblen Teilprozesse und Parameter auf. Durch Einsatz robuster parallelisierbarer TeilmODELLE wird numerische Stabilität gewährleistet, was beim Einsatz in großen Berechnungsgebieten eine wesentliche Rolle spielt.

Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Klaus Görner
+49 (0)201-183 7510