

Bioenergie

Ihr Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung



Die Bioenergie ist die älteste Energiequelle der Menschheit und wird bereits seit Tausenden von Jahren vom Menschen zum Heizen und Kochen genutzt. Mit Einführung fossiler Brennstoffe als Energiequelle hatte die Biomasse zunächst an Bedeutung verloren. Der Trend geht jedoch nach den Energiekrisen des letzten Jahrhunderts, der Kenntnis über die Endlichkeit der Ressourcen sowie dem Wissen über die Auswirkungen der energetischen Nutzung der fossilen Brennstoffe auf das Klima wieder zu einer stärkeren Nutzung regenerativer Energieträger. Regenerative Energieträger sind klimafreundlich, da sie als CO₂-neutral gelten. Das heißt, die gleiche Menge an CO₂, das bei der Verbrennung frei wird, wurde bereits bei der Entstehung von Biomasse durch die Photosynthese eingebunden.

1. Einleitung

Biomasse stellt unter den regenerativen Energien den größten Anteil am Gesamtprimärenergieverbrauch und lag im Jahr 2007 in Deutschland bei 5,1 Prozent. Durch entsprechende politische Rahmenbedingungen zur Förderung Erneuerbarer Energien auf europäischer und nationaler Ebene wird ihr Anteil in den nächsten Jahren weiter zunehmen und soll langfristig sogar bis auf einen Anteil von 20 Prozent ansteigen.

Im Vergleich zu anderen regenerativen Energieträgern ist Bioenergie speicherbar und kann so bedarfsgerecht für die

Energiebereitstellung eingesetzt werden. Ein weiterer Vorteil der Biomasse ist ihre Vielseitigkeit hinsichtlich ihrer Endenergien. So kann Biomasse sowohl der Wärme- und Stromgewinnung als auch der Kraftstoffherzeugung dienen. In Deutschland wird Biomasse zu etwa 55 Prozent in Wärme, zu 30 Prozent in Kraftstoffe und zu 15 Prozent in Strom umgewandelt. Bei der Wärmeerzeugung dominieren feste Biomassen. Dagegen werden bei der Stromerzeugung mehr als 50 Prozent flüssige Biomassen und Biogas eingesetzt.

SUMMARY

Bioenergy is the oldest energy source and has been used by mankind for thousands of years for heating and cooking. Bioenergy lost its importance with introduction of fossil fuels but has once again garnered attention due to limited supply of fossil fuels and their contribution to climate change. In comparison to other renewable energies bioenergy has several advantages, among them its possibility for storage and energy production on demand.

At the Institute of Combustion and Power Plant Technology (IFK), several biomass-related projects are under examination. Small scale firing systems for the utilization of biomass in households are for example optimized with respect to emission behavior, or down-stream measures like precipitators or catalysts are tested in order to reduce the emission of pollutants. For large scale biomass utilization, mostly grate firing systems are employed. In order to predict or evaluate the effect of operation parameters, a CFD model for grate firing furnaces is under development at IFK. For validation of the CFD model various measurements are carried out both on a test facility at IFK as well as on an industrial grate-fired boiler.

To improve the efficiency of biomass conversion, polygeneration processes are expected to gain higher interest in the future. The combined generation of heat and cooling can be realized by the successful combination of an absorption-chiller with a biomass boiler for hot water production. In the case of successful development, biomass can be used in the future for decentralized generation of both heat and cooling. On a larger scale, an innovative fluidized bed gasification process, the Adsorption-Enhanced-Reforming-process (AER), is under development at IFK in cooperation with the Centre for Solar Energy and Hydrogen Research (ZSW). The AER-process is a flexible technology for the production of high quality syngas for either heat and power production or the generation of biofuels, like hydrogen or substitute natural gas (SNG), using a broad range of suitable biomass sources.

These examples show how biomass-related research can contribute to strengthen the importance of bioenergy in order to ensure a sustainable energy supply in the future.

Das Angebot an festen Biomassen ist vielfältig und reicht von Holzresten aus der Forstwirtschaft und der Holzverarbeitenden Industrie über Reststoffe aus der Landwirtschaft, wie beispielsweise Stroh, bis hin zu speziell für die energetische Nutzung angebauten Energiepflanzen. Zu den flüssigen Biomassen zählen sämtliche Pflanzenöle und bei den gasförmigen biogenen Brennstoffen seien hier beispielhaft das Bio-, Deponie- oder Klärgas erwähnt.

Für die energetische Nutzung der verschiedenen Biomassen stehen unterschiedliche Konversionstechnologien zur Verfügung, deren Auswahl einerseits durch die einzusetzende Biomasse und andererseits durch die gewünschte Nutzenergie beziehungsweise das gewünschte Endprodukt getroffen wird. Bei den thermo-chemischen Verfahren unterscheidet man zwischen Verbrennung, Vergasung und Pyrolyse. Bei der Verbrennung liegt der Fokus auf einem möglichst vollständigen Umsatz der Biomasse, um daraus Wärme beziehungsweise Strom zu erzeugen. Bei der Vergasung und Pyrolyse sollen aus der Biomasse vorrangig Ausgangsstoffe zur Erzeugung von hochwertigen Kraftstoffen oder andere wertvolle Endprodukte hergestellt werden. Bereits im 19. Jahrhundert wurden durch die Holzverkohlung viele wichtige Rohstoffe für die Chemiewirtschaft erzeugt. Die bei der Holzverkohlung entstandene Holzkohle findet auch heute noch als Aktivkohle wichtige Anwendungsbereiche. Ein weiteres Produkt war der Holzteer, der früher für Anstriche



Verschiedene Biomassen

01

von Häusern, Schiffen und zum Abdichten von Holzfässern eingesetzt wurde.

Auch die Holzvergasung blickt auf eine lange Geschichte zurück.

In Kriegszeiten wurden beispielsweise Fahrzeuge aus Mangel an Treibstoff mit Holzvergäsern ausgerüstet und das Holzgas als Kraftstoff für die Motoren verwendet.

2. Bioenergie zur Wärme-, Strom- und Kraftstofferzeugung

Die heutigen Technologien zur Erzeugung von Wärme aus Biomasse sind weitestgehend ausgereift. Die Wärmeerzeugung aus Biomasse reicht vom häuslichen Be-



Fahrzeug mit Holzvergaser

02

reich mit wenigen Kilowatt bis zum gewerblichen und kommunalen Bereich mit mehreren hundert Kilowatt bis einige Megawatt. Die eingesetzten Feuerungstypen reichen von einfachen Kachel- und Scheitholzöfen über moderne Pellet- und Hack-schnitzelfeuerungen zu automatisierten Rostfeuerungen. Neben Wärme und Warmwasser kann durch die Verbrennung von Biomasse auch Dampf erzeugt und anschließend in Dampfmotoren oder -turbinen zu Strom umgewandelt werden. Diese Verfahren sind bereits Stand der Technik. Eine Alternative im kleinen und mittleren Leistungsbereich stellen Gasmotoren dar, die entweder mit Gas aus biologischen Verfahren wie der anaeroben Gärung (Biogas) oder mit Gas aus thermochemischen Verfahren, wie der Vergasung von Biomasse, betrieben werden können. Bei der gasmotorischen Nutzung können ebenfalls flüssige Biomassen wie verschiedene Pflanzenöle zum Einsatz kommen. Für größere Leistungsbereiche können zukünftig auch Gasturbinen an Bedeutung gewinnen. Eine andere potentielle Stromerzeugungstechnologie der Zukunft mit hohen Wirkungsgraden stellt die Brennstoffzellentechnik dar. Um eine möglichst hohe Ausnutzung der eingesetzten Biomassen zu erreichen, wird die sogenannte Kraft-Wärme-Kopplung angestrebt, bei der sowohl der erzeugte Strom als auch die anfallende Wärme genutzt wird.

Neben der Wärme- und Stromerzeugung kann Biomasse auch zur Erzeugung von biogenen Kraftstoffen dienen. Bereits heute werden Ethanol, Pflanzenöle oder durch Umesterung von Pflanzenöl gewonnener Biodiesel als Biokraftstoffe in Verbrennungsmotoren eingesetzt. Auch über thermo-chemische Wege können Treibstoffe aus Biomasse gewonnen werden. Das bei der thermo-chemischen Umwandlung von Biomasse erzeugte Gas dient als Ausgangsstoff für eine anschließende Synthese biogener Kraftstoffe. Diese synthetischen Biokraftstoffe werden als Biomass-to-Liquid-Kraftstoffe (BtL) bezeichnet. Vorteil dieser Verfahren ist die Nutzung der gesamten Pflanze für die Biokraftstoff-erzeugung und damit einer höheren Ausnutzung der eingesetzten Biomasse im Vergleich zu biologisch-chemischen beziehungsweise physikalischen Verfahren, bei denen nur der zucker- beziehungsweise stärkehaltige Anteil der Pflanzen genutzt wird. Neben den flüssigen Kraftstoffen

können auch gasförmige Kraftstoffe wie Biomethan, auch Substitute Natural Gas (SNG) genannt, oder Wasserstoff aus Biomasse erzeugt werden. Hierbei wird Bio- oder Vergasungsgas mittels geeigneter Verfahren zu entsprechenden Qualitäten aufbereitet.

3. Nutzung von Biomasse im häuslichen Bereich

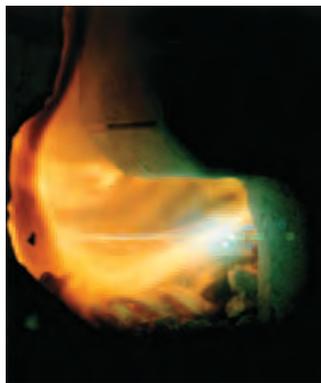
Der Einsatz von Biomasse zur Wärmeerzeugung in häuslichen Feuerstätten für feste Brennstoffe – beispielsweise in Stückholzkesseln oder in Kaminöfen – hat wie eingangs bereits erwähnt viele Vorteile und trägt zum Erreichen der politischen Ziele für den Klimaschutz und zur Ressourcenschonung bei. Diesen positiven Aspekten stehen erhöhte Emissionen von Produkten unvollständiger Verbrennung wie beispielsweise toxische organische Verbindungen, Geruchsstoffe und Feinstäube aus diesen Feuerungen entgegen. Handbeschildete und relativ einfach aufgebaute kleine Feuerungsanlagen für stückige Holzbrennstoffe emittieren in vielen Betriebszuständen hohe bis sehr hohe Konzentrationen von Feinstäuben und organischen Verbindungen. Feinstäube und bestimmte organische Verbindungen wie beispielsweise Benzol und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe gefährden die Gesundheit und können unter anderem die Entstehung von Atemwegs- oder Herz-Kreislauferkrankungen fördern.

Zur Erzeugung von Raum- und Prozesswärme sowie zur Warmwassererwärmung bei Haushalten werden derzeit sowohl gasförmige, flüssige als auch feste Brennstoffe eingesetzt. Hierbei wird neben Erdgas vor allem leichtes Heizöl in Feuerungsanlagen verbrannt. Feste Brennstoffe tragen nur zu einem vergleichsweise geringen Anteil zur Energieversorgung in diesen Bereichen bei. Dieser lag im Jahr 2005 bei etwas weniger als 10 Prozent. Aufgrund der aktuellen Preissteigerungen bei Erdgas und leichtem Heizöl sowie der Fördermechanismen nimmt der Anteil von Biomassen allerdings in der letzten Zeit merklich zu. Bei einem Gesamtbestand von rund 34,5 Millionen Feuerungsanlagen in Haushalten in Deutschland im Jahr 2005 stellen Feuerungsanlagen für Brenngase und feste Brennstoffe mit 13,7 beziehungsweise 13,9 Millionen Anlagen die beiden bedeutendsten Anteile dar. Hierbei besteht der weit-

aus überwiegende Teil der Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe aus handbeschickten Hausbrandfeuerstätten, die beispielsweise als Stückholzkessel, Kaminöfen, Kachelöfen und Kamineinsätze installiert sind. In diesen handbeschickten Feuerstätten werden derzeit über 90 Prozent der festen Brennstoffe, die im Bereich der Haushalte genutzt werden, verfeuert. Am Emissionsaufkommen sind die verschiedenen Energieträger allerdings sehr unterschiedlich beteiligt. So tragen derzeit feste Brennstoffe trotz des relativ geringen Anteils am Endenergieverbrauch überwiegend zum Emissionsaufkommen an Produkten unvollständiger Verbrennung wie Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe oder Partikel bei. Nach neuesten Berechnungen können mit festen Brennstoffen betriebene Feuerungsanlagen der Haushalte und Kleinverbraucher als eine der Hauptquellen für Kohlenmonoxid und Feinstaub im Bereich dieser stationären Anlagen angesehen werden. Die handbeschickten Feuerstätten für feste Brennstoffe tragen überwiegend zum Emissionsaufkommen von Kohlenmonoxid und Partikeln im Bereich der Haushalte bei.

Dies ist der Grund für intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur weiteren Verbesserung des Emissionsverhaltens dieser kleinen und mittleren Feuerungsanlagen. Niedrigere Emissionen von Produkten unvollständiger Verbrennung und Feinstaub können beispielsweise durch die Optimierung des Verbrennungsprozesses erreicht werden. Hiermit beschäftigt sich ein aktuelles Forschungsvorhaben für Einzelraumfeuerstätten wie Kaminöfen oder Kachelöfen-Heizeinsätze, bei dem durch eine Verbesserung der Strömungs- und Temperaturverteilung niedrige Schadstoffemissionen während der Chargenabbrände erreicht werden sollen.

Auch durch den Einsatz von Sekundärmaßnahmen wie Katalysatoren oder Staubfilter lassen sich die Schadstoffemissionen von Biomassefeuerungen deutlich reduzieren. Beispiel hierfür ist eine Katalysatorentwicklung als Nach- oder Erstausrüstung für Kaminöfen, Kamineinsätze oder Kachelöfen-Heizeinsatz, die intensiv untersucht und deren Wirksamkeit bewertet wurde.



03

Lasermessungen zur Geschwindigkeitsverteilung in der Nachbrennkammer eines Heizeinsatzes



04

Katalysatorlinse zum Einbau im Abgasweg (Bild: Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg)

Weitere wichtige Arbeiten am Institut wurden in Zusammenarbeit mit Herstellern für Holzkessel im mittleren Leistungsbereich durchgeführt. Hierbei wurde in mehrjährigen Untersuchungen die Grundlage für den Einsatz eines Edelstahl-Gewebefilters zur weitestgehenden Entstaubung der Abgase geschaffen. Mit derartigen Filtersystemen sind sehr niedrige Staubkonzentrationen im Reingas möglich, die nicht nur auf dem Prüfstand, sondern auch im praktischen Betrieb der Feuerungsanlagen sicher eingehalten werden. Ein weiteres wichtiges Potenzial zur Minderung der Schadstoffemissionen liegt in der Weiterentwicklung der Sensortechnik und entsprechenden Regelalgorithmen zur Kessel- und Verbrennungsregelung. Hierzu laufen verschiedene Untersuchungen am Institut. So wurden beispielsweise unterschiedliche Abgassensoren auf ihre Eignung zum Dauereinsatz in verschiedenen Biomassenfeuerungen während einer mehrmonatigen Langzeitmessung an installierten Feuerungen untersucht.

Wichtige Grundlage zur Weiterentwicklung von Kesselregelungen ist die genaue Kenntnis über das Betriebsverhalten dieser Anlagen im praktischen Heizbetrieb. Dies ist oft nicht bekannt, da die Kessel in der Regel bei Entwicklungsarbeiten und bei der Kesselprüfung unter stationären Bedingungen betrieben werden. Damit solche Untersuchungen durchgeführt werden können, wurde am Institut ein Prüfstand aufgebaut, mit dem realistische Wärmebedarfsprofile, wie sie beispielsweise im täglichen Heizbetrieb in Haushalten anzutreffen sind, abgebildet werden können. Hiermit sind dann realistische Untersuchungen an Heizkesseln möglich, die



05

Filterpatrone aus Edelstahl-Gewebe (Bild: Köb Holzheizsysteme GmbH, Wolfurt, Österreich)



06

Kaminofen ausgerüstet mit Sensortechnik



Stärken und Schwächen der Kesselregelungen aufzeigen. Laufende Untersuchungen betreffen z. B. Vergleichsmessungen an Pelletkesseln aus unterschiedlichen Preissegmenten.

4. Kombinierte Erzeugung von Wärme und Kälte

Wie bereits erwähnt, wird bei der energetischen Nutzung der Biomasse eine möglichst hohe Ausnutzung ange-

strebt. Neben der Kraft-Wärme-Kopplung kann auch die kombinierte Kälte- und Wärmeerzeugung aus Biomasse zu hohen Ausnutzungsgraden führen. Die kombinierte Kälte- und Wärmeerzeugung ist eine ökologisch und wirtschaftlich interessante Alternative zur reinen Wärmeerzeugung aus Biomasse mit einer möglichen Heizwärmeerzeugung im Winter und einer zusätzlichen Kälteerzeugung im Sommer. Am Institut wird daher aktuell zusammen mit verschiedenen Firmen an der Kombination innovativer Verfahren zur Wärme- und Kälteerzeugung aus Biomasse geforscht. Die neuartige auf dem Resorptionsprinzip basierende Absorptionskälteanlage der Firma Makatec GmbH sowie der FLOX[®]-Brenner (FLOX ist eine Abkürzung für flammenlose Oxidation) der Firma e-flox GmbH sind die innovativen Kernkomponenten der Anlage zur Kälte- und Wärmeerzeugung. Um neben der Erzeugung von Niedertemperaturwärme auch eine Nutzkälteerzeugung im Sommer zu ermöglichen, wird von der Firma Ryll-Tech GmbH ein neuartiger Kessel zur Wärmeübertragung vom Rauchgas auf einen flüssigen Wärmeträger bei erhöhten Temperaturen bis 140 °C entwickelt. Zudem soll der FLOX[®]-Brenner direkt in den Kessel integriert werden. Bisher gibt es weltweit keine verfügbare Technologie zur Kälteerzeugung aus organischen Reststoffen im Leistungsbereich unter 100 kW Kälteleistung. Für Großanlagen können Verbrennungsanlagen mit Dampferzeugung in Kombination mit Absorptionskälteanlagen eingesetzt werden. Im kleinen Leistungsbereich unter 20 kW Kälteleistung werden derzeit einige Projekte zur Entwicklung von Absorptionssystemen zur solaren Kühlung durch-

geführt. Zurzeit sind am Markt keine Kälteanlagen erhältlich, die im Leistungsspektrum unter 100 kW Kälteleistung direkt mit biogenen Brennstoffen betrieben werden. Eine erfolgreiche Entwicklung dieser kombinierten Kälte- und Wärmeerzeugungsanlage im kleinen Leistungsbereich unter Nutzung biogener Reststoffe verspricht ein enormes CO₂-Minderungspotential gegenüber erdgasgefeuerten Absorptionskälteanlagen. Einsatzmöglichkeiten für die kombinierte Kälte- und Wärmeerzeugung gibt es im landwirtschaftlichen und gewerblichen Bereich, im Einzelhandelsbereich zur Kühlung von Lebensmitteln sowie bei der Gebäudeklimatisierung.

5. Entwicklung neuer Verfahren zur Erzeugung von Wasserstoff und SNG aus Biomasse

Die Erzeugung hochwertiger Produktgase zur energetischen oder stofflichen Nutzung heimischer Biomasse ist seit geraumer Zeit auf erhebliches Interesse gestoßen. Gründe hierfür sind die steigenden Preise für fossile Energieträger, vor allem Erdöl und Erdgas, sowie die bestehenden Abhängigkeiten von politisch instabilen Exportländern. Um mittelfristig auch quantitativ relevante Mengen an Gasen und Kraftstoffen erzeugen zu können, ist die thermo-chemische Vergasung der vielversprechendste Weg.

Sorptionsgestützte Wirbelschichtvergasungsverfahren, bei denen zur Beeinflussung der gewünschten Produktgasqualität adsorptive Bettmaterialien eingesetzt werden, stellen eine vielversprechende Alternative zu den klassischen thermo-chemischen Gaserzeugungsverfahren dar. Damit ist die Erzeugung sehr hochwertiger Produktgase möglich. Das Institut erforscht und entwickelt zusammen mit dem Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung ein neuartiges Gaserzeugungsverfahren, den „Adsorption Enhanced Reforming“-Prozess (AER), bei dem Kalziumoxid (CaO) als CO₂-Adsorbens genutzt wird.

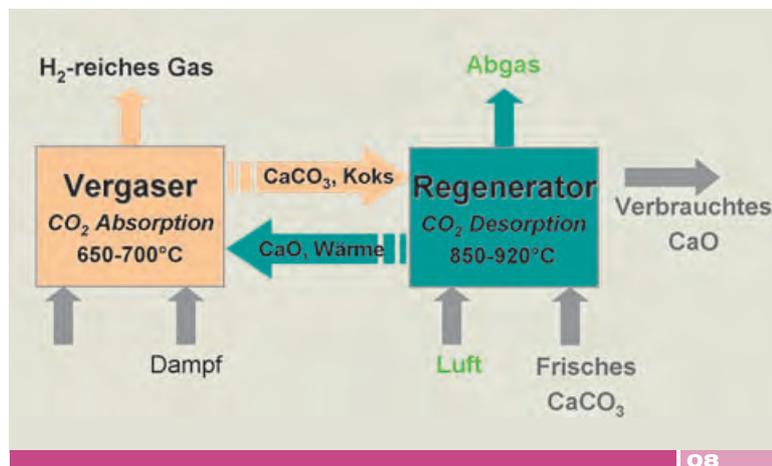
Im Gegensatz zur konventionellen Wasserdampfvergasung wird bei dem AER-Verfahren die Biomasse in Gegenwart von Kalziumoxid mit Wasserdampf vergast. Das Kalziumoxid adsorbiert zum einen das entstehende CO₂ und verschiebt dadurch das Gleichgewicht der Wassergas-Shift-

Brennkammer eines Pelletkessels

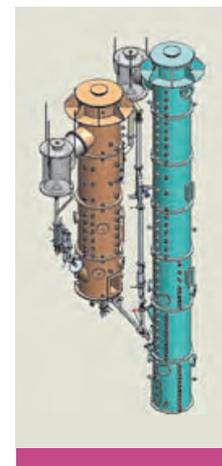
Reaktion hin zum Wasserstoff. Außerdem liefert die Adsorption des CO_2 die notwendige Energie für den endothermen Vergasungsprozess selbst, d. h. der Prozess kann im Gegensatz zu anderen Vergasungsverfahren autotherm ablaufen. Die Karbonatisierungsreaktion ist eine Gleichgewichtsreaktion und läuft bei atmosphärischen Drücken bei einer Temperatur von circa $650\text{ }^\circ\text{C}$ ab. Das bei der Reaktion von CaO mit CO_2

entstandene CaCO_3 wird kontinuierlich aus dem Vergasungsreaktor entfernt und in einem zweiten Reaktor wiederum zu CaO regeneriert. Der aus dem Vergaser mitgenommene Restkoks wird in der Regenerationsstufe zusammen mit Luft verbrannt, um die Temperatur des eingebrachten Materials auf die Kalzinierungstemperatur von 850 bis $900\text{ }^\circ\text{C}$ zu erhöhen und den Energiebedarf für die endotherme Kalzinierungsreaktion bereitzustellen. Dabei wird das CO_2 ausgetrieben und es steht wieder regeneriertes CaO für den Vergasungsprozess zur Verfügung. Neben dem Vorteil eines autothermen Prozesses und eines nahezu vollständigen Umsatzes der eingesetzten Biomasse ermöglicht diese integrierte Prozessführung die Erzeugung eines Produktgases mit einer Wasserstoffkonzentration von mehr als 80 Prozent und gleichzeitig geringen Stickstoff- und CO_2 -Anteilen. Das Produktgas kann anschließend durch entsprechende Aufbereitungsschritte entweder weiter auf Wasserstoff- und Erdgasqualität aufbereitet oder direkt zur Wärme- beziehungsweise Stromerzeugung genutzt werden. Ein weiterer Vorteil der AER-Vergasung liegt in den niedrigen Teerkonzentrationen des Produktgases, was eine anschließende Nutzung beispielsweise in Gasmotoren erleichtert oder zusätzliche Reinigungsstufen für die weitere Aufbereitung des Produktgases vermeidet. Durch das bei dem AER-Verfahren verwendete Kalziumoxid-Bett kann zudem eine größere Palette an biogenen Einsatzmaterialien verwendet werden, da auch schwierige Brennstoffe verwertet werden können.

Für die experimentelle Untersuchung des AER-Verfahrens steht neben einer bereits



Schema des AER-Verfahrens



200 kW Versuchsanlage

bestehenden elektrisch beheizten Wirbelschichtversuchsanlage mit einer Brennstoffleistung von 20 kW nun auch eine gekoppelte Wirbelschichtversuchsanlage mit 200 kW Leistung für die kontinuierliche Erprobung des Verfahrens zur Verfügung. Mit Hilfe der Versuchsanlagen werden sowohl optimale Anlagen- und Prozessbedingungen für die gewünschte Produktgaszusammensetzung als auch nachgeschaltete Aufbereitungsschritte in Zusammenarbeit mit anderen Forschungsstellen untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeiten am Institut ist die Erforschung der Teerbildungs- beziehungsweise -abbaumechanismen bei der AER-Vergasung sowie die Erweiterung der möglichen Einsatzstoffe auf mineralreiche Biomasse wie beispielsweise Stroh oder Landschaftspflegematerial.

6. Optimierung von Biomassefeuerungen durch Anwendung von Simulationsmodellen

Rostfeuerungen sind die am häufigsten eingesetzten Feuerungstypen für Biomasse im mittleren und größeren Leistungsbereich. Bei Rostfeuerungen sind die Ansprüche an die Größe und Feuchtigkeit der Einsatzstoffe geringer und auch aschereiche Biomassen können zum Einsatz kommen. Eine bewährte Methode zur Optimierung von Feuerungsanlagen ist die CFD-Simulation, mit deren Hilfe Betriebsprobleme bereits vorab identifiziert und die Auswirkungen von veränderten Betriebs- und Anlagenparametern auf den Anlagenbetrieb bewertet werden können.

Im Bereich von Großkraftwerken, die mit fossilen Brennstoffen befeuert werden,

werden dreidimensionale Simulationsmodelle als Werkzeug zur Absicherung des Designs und zur Optimierung schon seit geraumer Zeit verwendet. Durch die Verwendung solcher Modelle besteht die Möglichkeit, zuverlässige Bewertungen der Feuerungstechnik vornehmen zu können, potentielle Probleme im Vorfeld zu erkennen und das Wissen über die Verbrennungs- und Schadstoffbildungsvorgänge in der Feuerung und im Bereich der konvektiven Wärmeübertrager zu vertiefen. Ein solches Werkzeug ist das seit vielen Jahren am Institut kontinuierlich entwickelte und mit Messdaten aus Großkraftwerken umfangreich validierte Feuerraumsimulationsprogramm AIOLOS.

Die darin enthaltenen physikalisch-chemischen Reaktionsmodelle haben AIOLOS zu einem erprobten und verlässlichen Werkzeug zur Vorhersage der Leistungs-

fähigkeit industrieller Feuerungstechnik werden lassen. AIOLOS verfügt unter anderem über Modelle zur Bewertung der Schadstoffbildung, des Ausbrands und der Korrosionsgefahr

und kann dadurch zuverlässige Vorhersagen für eine Vielzahl relevanter Fragestellungen liefern.

Eine Übertragung des Modells auf die Verhältnisse von Rostfeuerungen für biogene Brennstoffe setzt das Vorhandensein einer in vergleichbarer Güte verifizierten Modellbeschreibung für die Verbrennungsvorgänge auf dem Rost voraus. Zu diesem Zweck wird am Institut ein Projekt in Zusammenarbeit mit einem Energieversorger durchgeführt, um die benötigten Daten für die Modellierung der Rostfeuerung zu erhalten. Experimentell werden die Vergleichsdaten zur Brennstoffbewegung und -trocknung, zum Brennstoffabbrand und zu den feuerungstechnischen Randbedingungen ermittelt. Ziel dieses Projektes ist es, durch die Entwicklung und Validierung eines Feuerraummodells zur simulationsgestützten Biomasse-Rostfeuerungsopti-

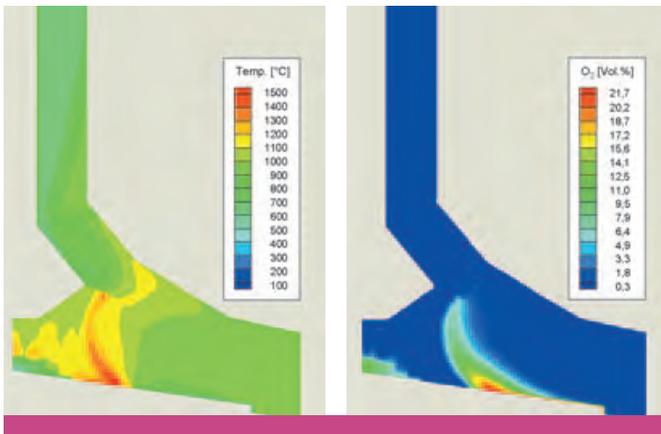
mierung die Voraussetzungen zu schaffen, um die aus Großfeuerungen bekannten Vorteile der Simulationstechnik auch für die Rostverbrennungsanlagen zu nutzen.

Die Modellentwicklung wird von umfangreichen Experimenten im Versuchs- und Großanlagenmaßstab unterstützt. Hierfür steht eine institutseigene Rostfeuerungsversuchsanlage zur Verfügung. Diese ist mit einem horizontalen Vorschubrost für die Verbrennung von Holzhackschnitzeln und sonstigen Festbrennstoffen ausgerüstet. Die thermische Nennleistung beträgt 240 kW. Über zahlreiche Messöffnungen im Bereich des Feuerraums und entlang des Rauchgaswegs können Temperatur- und Gaskonzentrationsprofile mit hohem Detaillierungsgrad aufgezeichnet werden. Basierend auf diesen Daten wird das Modell der Rostfeuerung entwickelt.

Anhand einer industriellen Biomasseverbrennungsanlage wird die Verlässlichkeit des entwickelten Modells erprobt. Hierzu werden ebenfalls Messdaten erhoben, die wesentlich zur Verbesserung und Validierung des Simulationsmodells beitragen. Dadurch wird eine deutliche Verbesserung des Rostfeuerungsmodells erwartet, mit dem neben der Gesamtfeuerungssituation in dieser Rostfeuerungsanlage auch Optimierungs- und Verbesserungsmaßnahmen bewertet werden können. Da das Modell auf allgemein gültigen Gleichungen beruht, ist die Übertragung auf andere Anlagen möglich. Somit wird durch die Arbeiten die Möglichkeit der Bewertung und Optimierung von beliebigen Rostfeuerungsanlagen erzielt.

Günter Scheffknecht,

Anja Schuster, Michael Struschka



10 Temperatur- und Sauerstoffverteilung im Feuerraum einer Rostfeuerung als Ergebnisse einer CFD-Simulation mit AIOLOS

DIE AUTOREN

PROF. DR. TECHN. GÜNTER SCHEFFKNECHT

studierte Maschinenbau an der Technischen Universität Wien. Er arbeitete anschließend am Institut für Technische Wärmelehre als Universitätsassistent und graduierte 1988 zum Doktor der Technischen Wissenschaften. Zwischen 1988 und 2004 war er in verschiedenen Funktionen bei der Firma ALSTOM in Stuttgart und zuletzt auch in Paris tätig. In den letzten acht Jahren war er für die Auslegung von Kraftwerks- und Industriedampferzeugern sowie der zugehörigen Feuerungsanlagen und für den Bereich Forschung und Entwicklung verantwortlich. Im Jahre 2004 wurde Dr. Scheffknecht auf den Lehrstuhl „Thermische Kraftwerkstechnik“ der Universität Stuttgart berufen und leitet seither das Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen IVD, nunmehr Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik IFK. Die Forschungsschwerpunkte des IFK sind die effiziente und umweltfreundliche Verbrennung und Vergasung von fossilen und biogenen Brennstoffen. Dabei steht neben der Bereitstellung der Gebrauchsenergieformen Strom und Wärme zunehmend auch die Umwandlung in andere Energieträger wie zum Beispiel in Kraftstoffe im Zentrum der Forschungsaktivitäten. Prof. Scheffknecht hält Vorlesungen zu den Fachgebieten Verbrennung, Dampferzeugung und Energie- und Umwelttechnik. Er ist Mitglied in mehreren einschlägigen Ausschüssen und Beiräten. Die technische und wissenschaftliche Arbeit von Prof. Scheffknecht ist in rd. 170 Publikationen zusammengefasst.

**DIPL.-ING. ANJA SCHUSTER**

schloss ihr Verfahrenstechnik-Studium an der TU Bergakademie Freiberg im Jahre 2003 ab. Von 2004 bis 2006 arbeitete sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen IVD der Universität Stuttgart. Seit 2007 leitet sie die Abteilung Dezentrale Energieumwandlung am Institut. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen u. a. auf dem Gebiet der Verbrennung und Vergasung von Biomasse zur Wärme- und Stromerzeugung im dezentralen Bereich.

**DR.-ING. MICHAEL STRUSCHKA**

schloss sein Verfahrenstechnik-Studium an der Universität Stuttgart im Jahre 1984 ab. Von 1985 bis zur Promotion 1992 arbeitete er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen IVD der Universität Stuttgart. Ab 1992 bis 2002 war er mit seinem Ingenieurbüro selbstständig. Seit 2002 ist er wieder als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IVD tätig. Seine Forschungsschwerpunkte liegen u. a. auf dem Gebiet der Biomasseverbrennung, Messtechnik und Anlagenentwicklung im Bereich kleiner und mittlerer Feuerungsanlagen.

**Kontakt**

Universität Stuttgart, Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik
Pfaffenwaldring 23, 70569 Stuttgart
Tel. 0711/685-68913, Fax 0711/685-63491
E-Mail: guenter.scheffknecht@ifk.uni-stuttgart.de
Internet: www.ifk.uni-stuttgart.de