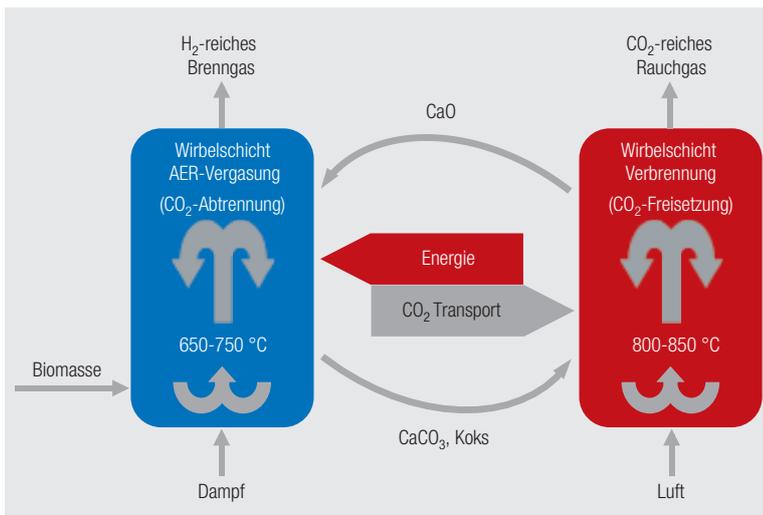


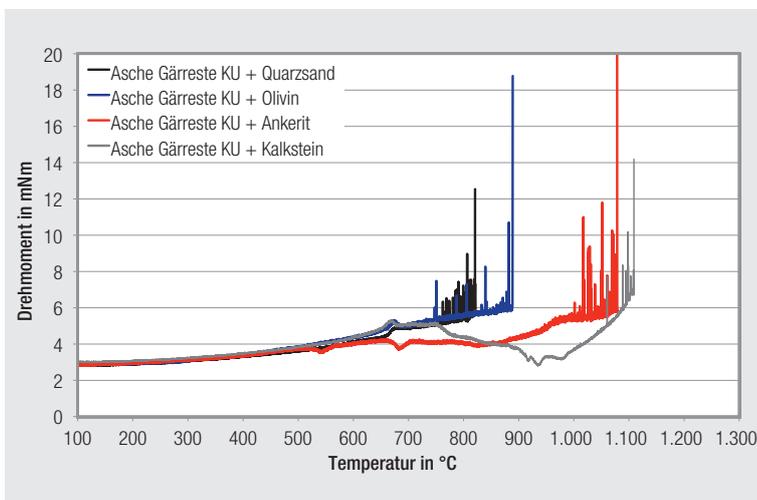
Teilprojekt IV: Brennstoff-Flexibilisierung AER-Vergasung

Der energetischen Nutzung biogener Reststoffe (z. B. Gärreste) und der Schließung natürlicher Stoffkreisläufe durch Rückführung der mineralischen Biomassebestandteile kommt im Rahmen einer nachhaltigen Energieerzeugung eine besondere Bedeutung zu. Eine Möglichkeit stellt dabei die thermochemische Vergasung von ligninreichen Gärresten in Wirbelschichtreaktoren dar. Der Einsatz von mineralstoffreichen, biogenen Reststoffen (z. B. Gärreste) in Wirbelschichten führt in der Praxis jedoch häufig zu Problemen durch Aufschmelzen der Aschebestandteile, wodurch Agglomerationen entstehen, die zu Prozessunterbrechungen führen können. Durch das Aufschmelzen der Asche ist eine Rückführung der Nährstoffe nicht mehr möglich.

Abb. 1: Schema der absorptionsgestützten Wasserdampfvergasung von Biomasse in einer Zwei-Bett-Wirbelschicht (AER, Absorption Enhanced Reforming)



Quelle: ZSW



Quelle: ZSW

Abb. 2: Rheologisch ermittelte Ascheerweichungstemperaturen der Gärreste der kommerziellen Reststoffvergärung Kupferzell (KU) in Mischung mit unterschiedlichen Wirbelschicht-Bettmaterialien

Die Wasserdampfvergasung von Biomasse in einer Zwei-Bett-Wirbelschicht nach dem AER-Verfahren (Absorption Enhanced Reforming) ist aus zwei Gründen besonders für den Einsatz von mineralstoffreichen Biomassen geeignet. Zum einen wird als Wirbelschicht-Bettmaterial natürlicher Kalkstein eingesetzt, dessen hoher Kalziumanteil die Ascheschmelztemperatur deutlich erhöht. Zum anderen sind die Reaktortemperaturen aufgrund der integrierten CO₂-Absorption kleiner 850 °C und somit gegenüber anderen Vergasungsverfahren deutlich reduziert, was einen zusätzlichen Vorteil im Hinblick auf die Ascheerweichung darstellt [1]. **Abbildung 1** zeigt das Schema der AER-Biomassevergasung, bei der Biomasse mit Wasserdampf in einer Wirbelschicht in ein Produktgas umgewandelt wird. Da das eingesetzte Wirbelschicht-Bettmaterial das entstehende CO₂ einbindet, werden die chemischen Reaktionsgleichgewichte auf die Produktseite verschoben und es entsteht ein besonders wasserstoffreiches Gas. Der bei der Vergasung übrig bleibende Koks wird mit dem beladenen Bettmaterial in eine zweite Wirbelschicht transportiert, wo der Koks unter Luftzugabe verbrannt und gleichzeitig das Bettmaterial regeneriert sowie auf Temperaturen größer 800 °C erhitzt wird.

Vorgehensweise

Ziel des Teilprojekts IV „Brennstoff-Flexibilisierung AER-Vergasung“ war der Nachweis der Einsetzbarkeit von Gärresten bei der AER-Biomassevergasung. Dies erfolgte zunächst durch rheologische Untersuchungen zum Ascheschmelzverhalten von Gärrest-Aschen in Verbindung mit unterschiedlichen Wirbelschicht-Bettmaterialien am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW). Im Anschluss wurden am Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK) der Universität Stuttgart Vergasungsexperimente mit Gärresten an einer stationären Laborwirbelschicht durchgeführt. Von der DVGW-Forschungsstelle am Engler-Bunte-Institut wurden zusätzliche Vergasungsversuche in einer Thermowaage durchgeführt, um die Reaktivität der Gärreste im Vergleich zu anderen Brennstoffen zu bestimmen.

Ergebnisse

Die rheologischen Untersuchungen zum Ascheschmelzverhalten erfolgten mit einem Rotationsviskosimeter, welches kontinuierlich eine Asche-Bettmaterial-Mischung rührt und dabei während des Aufheizens das Drehmoment in Abhängigkeit der Temperatur aufzeichnet. Kommt es innerhalb der Probe aufgrund von Ascheerweichung zur Agglomeration des Wirbelschicht-Bettmaterials, so steigt das Drehmoment sprunghaft an und der Versuch wird beendet. Im Rahmen der rheologischen Untersuchungen wurden Gärreste folgender Biogasanlagen untersucht:

- Forschungsbiogasanlage der Universität Hohenheim „Unterer Lindenhof“ (UL)
- kommerzielle Reststoffvergärung Kupferzell (KU)
- Laborbiogasanlage „Druckfermentation“ der Uni Hohenheim im Rahmen des Projekts „b2g“ (UH)

Die Gärreste wurden vor Versuchsbeginn in Anlehnung an DIN CEN/TS 14775 bei 550 °C in einem Muffelofen verascht und in Kombination mit folgenden Wirbelschicht-Bettmaterialien untersucht:

- Quarzsand, als Referenz und inertes Wirbelschicht-Bettmaterial für die Wirbelschichtfeuerung
- Olivin, als Wirbelschicht-Bettmaterial des Biomassevergassungsprozesses nach dem Güssing-Prinzip
- Ankerit, als potenzielles Additiv zur Erhöhung der Ascheerweichungstemperatur
- Kalk, als CaO-basiertes Wirbelschicht-Bettmaterial der AER-Biomassevergasung

Abbildung 2 zeigt die Ergebnisse der rheologischen Ermittlung der Ascheerweichungstemperatur der Gärreste der kommerziellen Reststoffvergärung Kupferzell (KU). Es ist deutlich erkennbar, dass die Ascheerweichungstemperatur von der Kombination mit dem Wirbelschicht-Bettmaterial abhängig ist und dass die kalziumhaltigen Wir-

Tabelle 1: Übersicht über ermittelte Ascheerweichungstemperaturen der untersuchten Gärreste in Kombination mit unterschiedlichen Wirbelschicht-Bettmaterialien

	Quarzsand	Olivin	Ankerit	Kalk
Gärreste UL	1.075 °C	975 °C	1.000 °C	1.125 °C
Gärreste KU	825 °C	875 °C	1.075 °C	1.100 °C
Gärreste UH	950 °C	850 °C	1.000 °C	1.075 °C

Quelle: ZSW

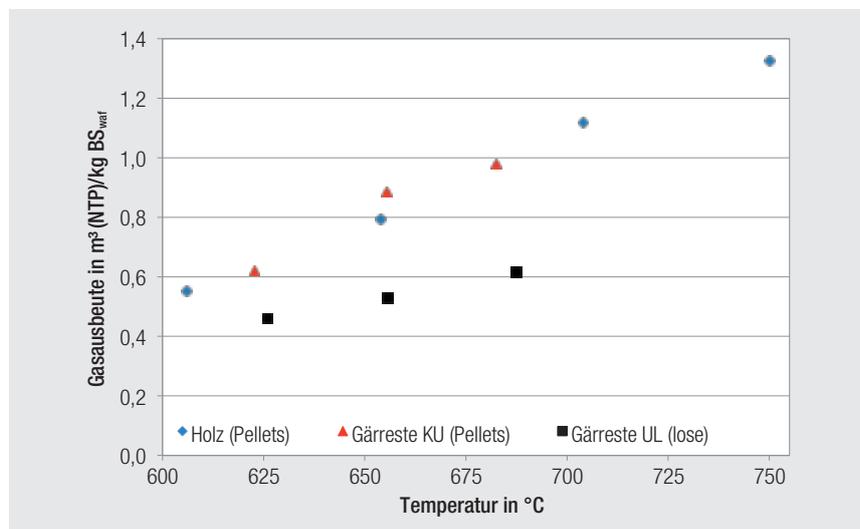
belschicht-Bettmaterialien Ankerit und Kalk die Ascheerweichungstemperatur deutlich erhöhen. **Tabelle 1** zeigt die ermittelten Ascheerweichungstemperaturen der übrigen Gärreste in Verbindung mit den verschiedenen Wirbelschicht-Bettmaterialien.

Die mit dem Rheometer ermittelten Ascheerweichungstemperaturen der untersuchten Gärreste in Verbindung mit Quarzsand lagen zwischen 825 und 1.075 °C. Insbesondere die Ascheerweichungstemperatur der Gärreste KU lag damit in einem kritischen Temperaturbereich für den Einsatz der Gärreste in einer Wirbelschichtverbrennung. Dies konnte bei Wirbelschichtverbrennungsversuchen am IFK im Rahmen des Teilprojekts III nachgewiesen werden, da dort bei Verbrennungsversuchen der Gärreste KU bei 850 °C bereits deutliche Agglomerationen am Versuchsende nachgewiesen werden konnten.

Ebenso wie mit dem Wirbelschicht-Bettmaterial Quarzsand lagen auch die Ascheerweichungstemperaturen der Gärreste in Kombination mit dem Wir-

belschicht-Bettmaterial Olivin in einem kritischen Bereich für den Einsatz von Gärresten bei der Biomassevergasung nach dem Güssing-Prozess (Verbrennungstemperatur ca. 950 °C). Die in Kombination mit dem Wirbelschicht-Bettmaterial Kalk ermittelten Ascheerweichungstemperaturen lagen deutlich oberhalb der Reaktortemperaturen der AER-Biomassevergasung (Verbrennungstemperatur ca. 850 °C). Somit waren auf Basis der rheologischen Untersuchungen keine Agglomerationen beim Einsatz von Gärresten bei der AER-Vergasung zu erwarten.

Die experimentelle Untersuchung der Einsetzbarkeit von Gärresten als Ersatzbrennstoff für die AER-Vergasung erfolgte am IFK an einer 7 kW_{th} elektrisch beheizten, stationären Laborwirbelschichtanlage [2]. Dabei wurden die Gärreste UL als loses Material sowie die Gärreste KU in Form von Pellets eingesetzt. Für beide eingesetzten Brennstoffe wurden die Produktgasausbeute und die Produktgaszusammensetzung für Temperaturen zwischen 625 und 700 °C ermittelt.



Quelle: IFK

Abb. 3: Gasausbeute von Gärresten bei der AER-Vergasung im Vergleich mit Holz

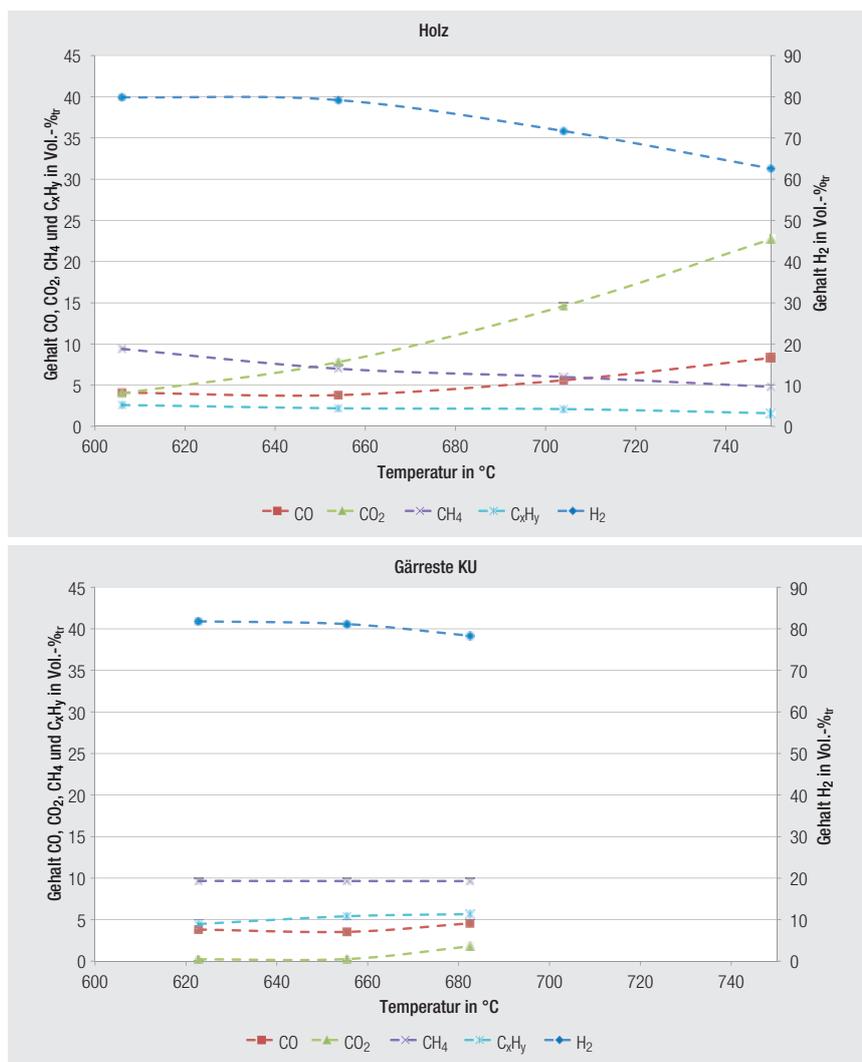


Abb. 4: Produktgaszusammensetzung bei der AER-Vergasung von Holz und Gärresten in Batch-Versuchen

Bei den unpelletierten Gärresten KU wurde im Vergleich zu den pelletierten Gärresten eine deutlich geringere Gasausbeute ermittelt, da das lose Material aus der Wirbelschicht ausgetragen und nicht vollständig umgesetzt wurde (Abb. 3). Erkennbar war dies an einer deutlich höheren Massefraktion im nachgeschalteten Zyklon. Die ermittelten Gasausbeuten bei der AER-Vergasung der Gärreste KU waren vergleichbar mit den Gasausbeuten von Holzpellets. Daraus kann geschlossen werden, dass die Einsetzbarkeit von Gärresten in einer Wirbelschicht durch eine Kompaktierung bzw. Pelletierung deutlich verbessert wird.

Die Gaszusammensetzung des AER-Produktgases beim Einsatz der pelletierten Gärreste KU war mit denen von Holz vergleichbar. Der im Vergleich zu

Holz erhöhte Ligninanteil der Gärreste führte jedoch zu einer leichten Erhöhung der Gehalte von Methan und Kohlenwasserstoffen (Abb. 4).

Zusammenfassung

Bei den Untersuchungen zur Einsetzbarkeit der Gärreste bei der AER-Vergasung wurden keinerlei Agglomerationen beobachtet und somit konnten die Ergebnisse der rheologischen Untersuchungen bestätigt werden. Im Rahmen dieses Projekts wurde erstmalig die Einsetzbarkeit von Gärresten bei der AER-Vergasung in Batch-Versuchen experimentell erfolgreich nachgewiesen.

Wie die rheologischen Untersuchungen gezeigt haben, nimmt die Wahl des Wirbelschicht-Bettmaterials beim Einsatz mineralstoffreicher Biomassen

eine Schlüsselrolle hinsichtlich der Ascheerweichung ein. Das bei der AER-Biomassevergasung eingesetzte ungiftige, natürliche Wirbelschicht-Bettmaterial ermöglicht sowohl die Einsetzbarkeit von Gärresten als auch die Rückführung der in der Biomasse enthaltenen Mineralstoffe. Detaillierte Untersuchungen zur Rückführbarkeit der Nährstoffe aus den Vergasungsrückständen und zur Düngewirksamkeit stehen noch aus. ■

Literatur:

- [1] Brellocks, J.; Steiert, S.; Specht, M.; Poboss, N.; Buchholz, D. Biomass to Gas - Energetische Nutzung biogener Reststoffe mit AER-Technologie. Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms „Energetische Biomassenutzung“. 2013, Bd. 12, S. 32-43, ISSN 2192-1806.
- [2] Poboss, N.; Armbrust, N.; Zieba, M.; Scheffknecht, G.; Staged Biomass Gasification with insitu CO₂ Capture for Hydrogen maximization – an experimental feasibility study –. Proceedings of the International Conference of Polygeneration Strategies. Wien, 2011.

Die Autoren

Dipl.-Ing. Stefan Steiert,
Dipl.-Ing. Jochen Brellocks,
Dr. Michael Specht
 Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Dipl.-Ing. Daniel Schweitzer,
Dipl.-Ing. Nina Armbrust,
Dipl.-Ing. Heiko Dieter
 Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK) der Universität Stuttgart

Kontakt:
 Stefan Steiert
 Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)
 Industriestr. 6, 70565 Stuttgart
 Tel.: 0711 7870-257
 E-Mail: stefan.steiert@zsw-bw.de
 Internet: www.zsw-bw.de

Daniel Schweitzer
 Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik (IFK) der Universität Stuttgart
 Pfaffenwaldring 23
 70569 Stuttgart
 Tel.: 0711 685 68922
 E-Mail: daniel.schweitzer@ifk.uni-stuttgart.de
 Internet: www.ifk.uni-stuttgart.de