

Teilprojekt VIII: Systemanalyse

Ein Ziel der im Rahmen des B2G-Projektes durchgeführten Systemanalyse ist die Bewertung der verschiedenen Nutzungspfade zweier innovativer Technologien (AER-Vergasung und zweistufige Druckfermentation) unter ökonomischen und ökologischen Gesichtspunkten. Hierdurch können zum einen die Marktchancen der Technologie abgeschätzt und zum anderen Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft bei der Planung nachhaltiger Biomassenutzungsstrategien unterstützt werden.

Zunächst wurden geeignete Biomasse-Eingangsstoffe definiert und das in Deutschland technisch vorhandene Biomassepotenzial ermittelt. Unter Berücksichtigung der relevanten technischen Aspekte wurden anschließend geeignete Verfahrenskonzepte entwickelt, ihre Herstellungskosten sowie – basierend auf geeigneten ökologischen Indikatoren – ihre Umweltauswirkungen bestimmt und mit anderen Biomassenutzungspfaden verglichen.

Ergebnisse

Um die zur Verfügung stehende Biomasse zu ermitteln, wurden Bandbreiten des in Deutschland insgesamt vorhandenen Biomassepotenzials ermittelt. Diese wurden um lokale Verfügbarkeitsstudien an konkreten Standorten ergänzt. Die Ermittlung der Bandbreiten stützt sich auf die detaillierte Auswertung aktueller Studien, die anhand der Kriterien räumliche Abgrenzung, Untersuchungsumfang und Aktualität ausgewählt wurden. Die ausgewählten Studien unterscheiden sich hinsichtlich der verwendeten Datenbasis, der zugrunde gelegten Annahmen und der eingesetzten Methodik. Die Ergebnisse wurden verglichen und die wesentlichen Einflussfaktoren identifiziert. Basierend auf den Studien wurden zwei Szenarien entworfen, die aufzeigen, wie viel Biomasse in Zukunft in Deutschland technisch bereitgestellt werden kann. Im ersten Szenario

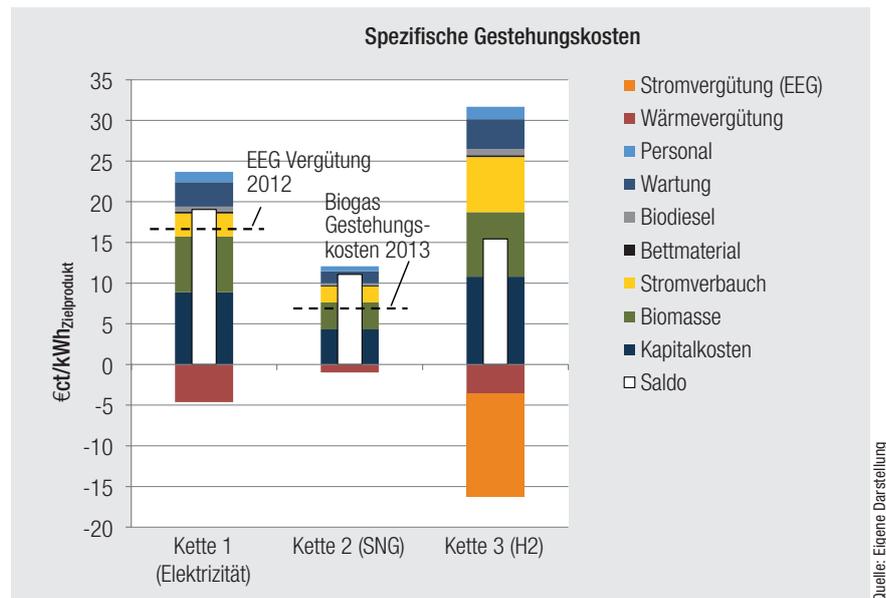


Abb. 1: Spezifische Gesteungskosten der drei Zielprodukte

rio wurde nur die untere Grenze des Potenzials genutzt und natur- und umweltschutzfachliche Richtlinien in hohem Maße berücksichtigt. Dem wurde ein Szenario gegenübergestellt, das auf eine Maximierung der Potenziale zielt. Unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade für die Fermentation und die Vergasung wurde anschließend die generierbare Menge an Biomethan bestimmt. Es zeigt sich, dass aus sogenannten Reststofffraktionen (Waldrest- und Schwachholz, Stroh, Exkremamente, Grünschnitt etc.) ab dem Jahr 2020 etwa 4 bis 14 Mrd. m³ SNG (Substitute Natural Gas) pro Jahr bereitgestellt werden können. Ergänzend können aus NawaRO (nachwachsende Rohstoffe) im Jahr 2020 weitere 4 bis 18 Mrd. m³ pro Jahr gewonnen werden. Wesentliche Anteile, insbesondere der holzartigen Reststofffraktionen, lassen sich nur über den thermochemischen, Konversionsweg nutzen. Verglichen mit den Zielen der Bundesregierung hinsichtlich der Einspeisung von 6 Mrd. m³ Biogas pro Jahr im Jahr 2020 zeigt sich, dass prinzipiell genügend Biomasse zur Verfügung stünde [1]. Allerdings sind diese Potenziale als technische Obergrenzen, ohne Berücksichtigung des vorhandenen Biogaskraftwerkbestandes, zu verstehen.

Die erste zur Hebung der Potenziale betrachtete Technologie ist die AER-Vergasung, die ein wasserstoffreiches Gas erzeugt, das verschiedene Nutzungsmöglichkeiten zulässt. Vier Verfahrensketten, die die Erzeugung von verschiedenen Zielprodukten (Elektrizität, SNG, Wasserstoff) erlauben, wurden als vielversprechend erachtet. An die Vergasung schließt sich entweder ein Blockheizkraftwerk (BHKW) zur direkten Verbrennung des Produktgases (Kette 1), eine Gasreinigung mit anschließender Methanisierung (Kette 2), eine Druckwechseladsorption zur Wasserstoffabtrennung mit zusätzlichem BHKW zur Schwachgasnutzung (Kette 3) oder eine Kombination aus Wasserstoffaufbereitung und Methanisierung an. Für die verschiedenen Verfahrensketten wurde eine detaillierte Schätzung der Investition und der Betriebskosten durchgeführt. In **Abbildung 1** sind die Komponenten der spezifischen Gesteungskosten sowie die Salden unter Einbeziehung der Vergütungen für Co-Produkte dargestellt.

Unter den in [2] detailliert beschriebenen Annahmen kann mittels der AER-Vergasung Elektrizität zu etwa 19 €/kWh_{el}, SNG zu etwa 11 €/kWh_{SNG} und Wasserstoff zu etwa 15

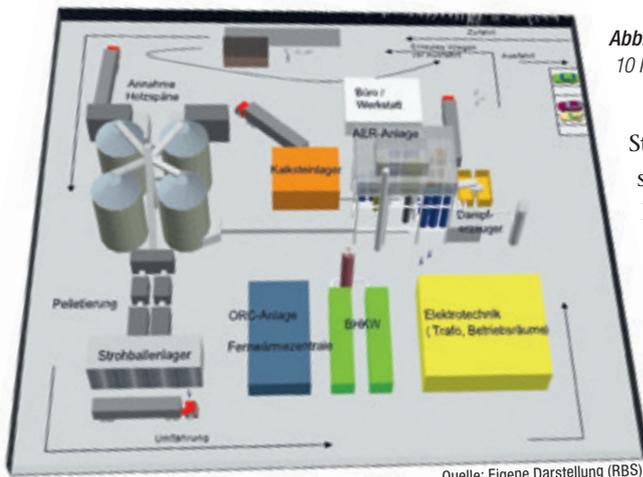


Abb. 2: Anlagenlayout einer 10 MWBWL AER-Anlage

Stromerzeugung genutzt und so der elektrische Gesamtwirkungsgrad verbessert werden. So würden in der Anlage jährlich rund 32.000 MWh Wärme und rund 26.000 MWh Strom erzeugt, was einem Gesamtwirkungsgrad von ca. 80 Prozent entspricht.

€ct/kWh_{H₂} erzeugt werden, wobei davon ausgegangen wird, dass ein Großteil der Wärme verkauft werden kann. Neben der Biomasseverfügbarkeit ist daher auch die konkrete Standortwahl für die AER-Vergasung bedeutend. Die Ergebnisse zeigen weiterhin, dass aktuell nur unter sehr günstigen Standortbedingungen eine Wirtschaftlichkeit gegeben sein kann. Die ökologische Bewertung der AER-Vergasung wurde mit der Methode der Ökobilanz durchgeführt, wobei als Indikatoren das Treibhausgaspotenzial, die Versauerung, die Eutrophierung und zusätzlich der kumulierte Energieaufwand herangezogen wurden. Es ergaben sich gute bis sehr gute Werte gegenüber herkömmlichen fossilen und Bioenergie-basierten Kraftwerken für das Verfahren hinsichtlich Treibhausgasminderung und erforderlichem fossilen Energieaufwand; hinsichtlich Versauerung und Eutrophierung ergaben sich vergleichbare Werte wie bei ähnlichen, Biomasse einsetzenden Prozessen [2].

Zur Veranschaulichung wurde in einer Fallstudie die großtechnische Umsetzung einer AER-Anlage mit 10 MW Brennstoffwärmeleistung (BWL) betrachtet, in der die Biomassen Holz oder Stroh vergast werden können. Zunächst wurden durch Aufstellen von Energie- und Massenbilanzen Grundlagen für die weiteren Schritte geschaffen. Nachfolgend wird beispielhaft der Fall der AER-Vergasung mit Nutzung des erzeugten Gases in BHKW und nachgeschalteter ORC-Anlage dargestellt. Durch die ORC-Anlage kann die Abwärme zur

Aufgrund der großen Menge an Biomasse wurde weiterhin ein Liefer- und Lagerkonzept entwickelt. Die Anlagenbestandteile wurden in Anlehnung an real existierende Biomasseanlagen dimensioniert. Die Ergebnisse flossen in eine 3D-Aufstellungsplanung für einen potenziellen Anlagenstandort ein (Abb. 2).

Die zweite betrachtete Technologie ist die zweistufige Druckfermentation, ein innovatives Verfahren, um SNG zu erzeugen. Im Gegensatz zum Stand der Technik ist bei dieser Technologie, aufgrund der Auslegung auf einen Betrieb unter Druck, eine höhere Investition erforderlich. Dem stehen jedoch geringere Betriebskosten gegenüber. Die spezifischen SNG-Gestehungskosten des Verfahrens berechneten sich in den untersuchten Fallbeispielen zu 6,3 €ct/kWh_{SNG}, womit sie unter denen einer zum Vergleich gerechneten konventionellen Anlage mit 7,2 €ct/kWh_{SNG} liegen.

Zusammenfassung

Die Potenzialanalyse zeigt, dass für beide betrachteten Technologieoptionen ein erhebliches Potenzial an Biomasse verfügbar ist. Die Erzeugung und Einspeisung des Zielproduktes SNG in das Erdgasnetz erlaubt die zeitliche und räumliche Entkopplung von Erzeugung und Nutzung und bietet damit zusätzliche Flexibilität, die in einem zukünftigem Energiesystem an Bedeutung gewinnen dürfte. Die AER-Vergasung wäre nur an sehr günstigen Standorten unter den aktuellen Rah-

menbedingungen wirtschaftlich. Zukünftig wären Demonstrationsanlagen sinnvoll, um die technische und wirtschaftliche Machbarkeit der Verfahren zu belegen. ■

Literatur:

- [1] Heffels, T., McKenna, R., Fichtner, W., 2011, Biomethaneinspeisung in Deutschland: zur Rolle der Vergasung bei der Erreichung nationaler Ziele, BWK, Bd. 63, Nr.10
- [2] Heffels, T., McKenna, R., Fichtner, W., 2014, An ecological and economic assessment of absorption-enhanced-reforming (AER) biomass gasification, Energy Conversion and Management, 77(2014) pp. 535-544, DOI 10.1016/j.enconman.2013.09.007

Die Autoren

Dipl. Wirt.-Ing. Tobias Heffels,
Dr. Russell McKenna,
Prof. Dr. rer. pol. Wolf Fichtner

Lehrstuhl für Energiewirtschaft, Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Thomas Döbele,
Nicola J. Seidenspinner
 RBS wave GmbH

Dipl.-Ing./MSc. Pascal Schlagermann
 EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Kontakt:

Dr. Russell McKenna
 Lehrstuhl für Energiewirtschaft
 Institut für Industriebetriebslehre und Industrielle Produktion (IIP)
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
 Hertzstr. 16
 76187 Karlsruhe
 Tel.: 0721 608 44582
 E-Mail: mckenna@kit.edu
 Internet: www.iip.kit.edu

RBS wave GmbH
 Zeppelinstr. 15-19
 76275 Ettlingen
 Tel.: 0721 63-00
 E-Mail: info@rbs-wave.de
 Internet: www.rbs-wave.de

EnBW Energie Baden-Württemberg AG
 Durlacher Allee 93
 76131 Karlsruhe
 Tel.: 0721 63-00
 E-Mail: kontakt@enbw.com
 Internet: www.enbw.com