

M. Woll, M. Baumann

Ökobilanzierung von Power&Biomass2Gas-Anlagen und Biomasseverfeuerungsanlagen in Baden-Württemberg

1. Einleitung

Bei dem Ziel Deutschland zu einer umwelt- und ressourcenschonenden Volkswirtschaft zu entwickeln ist eine zentrale Fragestellung der Ausbau erneuerbarer Energien. Durch den Ausbau und der Fluktuation erneuerbarer Energien können Situationen entstehen, in denen es zu einem Überangebot an Strom kommt und die Netzstabilität gefährdet wird. Um die anfallende Energie infolge von Abschaltungen nicht ungenutzt zu lassen, bedarf es Energiespeichersysteme. Eine vielversprechende Möglichkeit stellt das Power&Biomass2Gas-Konzept dar, das Überschussstrom mittels Wasserelektrolyse in Wasserstoff umwandelt. Der anfallende Wasserstoff wird mittels eines Kohlenstoffdioxidlieferanten, den hier die Vergasung von Biomasse darstellt, methanisiert und im Erdgasnetz eingespeichert (SNG-Modus). In Zeiten niedriger Stromspeisung kann das Erdgassubstitut rückverstromt werden. Zudem kann eine P&B2G-Anlage Leistungsdefizite im Stromnetz in einem angepassten Modus kompensieren, indem die bei der Vergasung anfallenden Produktgase direkt verstromt werden (Stromerzeugungsmodus).

2. Ziel der Arbeit

Das Ziel der Arbeit [1] ist es, auf Basis der beschriebenen Rahmenbedingungen ein Ökobilanzmodell zu beiden Betriebsmodi einer P&B2G-Anlage zu entwickeln, das die Umweltwirkungen für die im Energiesektor relevanten Umweltkategorien bilanziert. Basierend auf dem Lebenszyklusgedanken wird neben der Nutzungsphase auch die Herstellung berücksichtigt. Es werden die Ergebnisse der Betriebsmodi mit einem Referenzfall verglichen, der die heutige Nutzung biogener Festbrennstoffe in Baden-Württemberg repräsentiert. Dazu wird ein bestehendes Biomasseverfeuerungsmodell, das auf der deutschlandweiten Nutzung biogener Festbrennstoffe beruht, mittels einer Literaturrecherche an baden-württembergische Rahmenbedingungen angepasst. Für die Brennstoffversorgung der P&B2G-Anlage werden bisher ungenutzte

Potenziale aus Rest- und Abfallstoffen in Baden-Württemberg fokussiert.

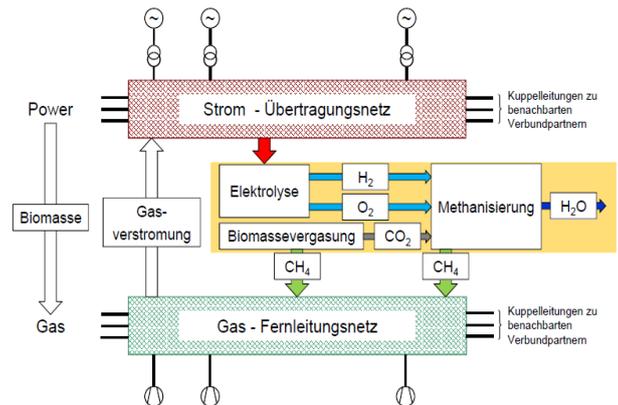


Bild 1: Schematische Darstellung des P&B2G-Konzepts, SNG-Modus [2].

3. Untersuchungsrahmen

Da in der Praxis P&B2G-Anlagen noch nicht existieren, bedarf es zunächst einer technologischen Betrachtung des aktuellen Stands der Technik der einzelnen Anlagenkomponenten. Dabei kann zwischen der Power to Gas- und der Biomassevergasungstechnologie differenziert werden. Erstere besteht im Wesentlichen aus einem Elektrolyseur und einem Methanisierungsreaktor, letztere aus einem Vergasungsreaktor sowie den Komponenten der Produktgas- und Abgasreinigung.

Für den Power to Gas-Teil wird auf ein an der Abteilung Ganzheitliche Bilanzierung des Lehrstuhls für Bauphysik bestehendes Ökobilanzmodell zurückgegriffen. Es beinhaltet u. a. einen alkalischen Druckelektrolyseur und einen Festbettreaktor als Methanisierungsreaktor. Beide Komponenten werden dabei auf die Anlagenleistung von $100 \text{ MW}_{\text{el}}$ der P&B2G-Anlage ausgelegt und angepasst.

Für die Biomassevergasung wird eine absorptionsunterstützte Reformierung (AER) mit Wasserdampf als Vergasungsmedium eingesetzt, die feste Biomasse in ein wasserstoffreiches Produktgas umwandelt [3]. Durch die Einbindung des bei der Elektrolyse anfallenden Sauerstoffs kann im Regenerator zudem ein CO₂-reiches Abgas generiert werden, das neben den Produktgasen zusätzlich für die Methanisierung genutzt werden kann. Im Stromerzeugungsmodus, bei dem der Power to Gas-Teil abgeschaltet ist, wird anstelle eines mit Sauerstoff angereicherten Verbrennungsmediums gewöhnliche Umgebungsluft im Regenerator verwendet und die Produktgase mittels Gasturbine direkt verstromt (Bild 2).

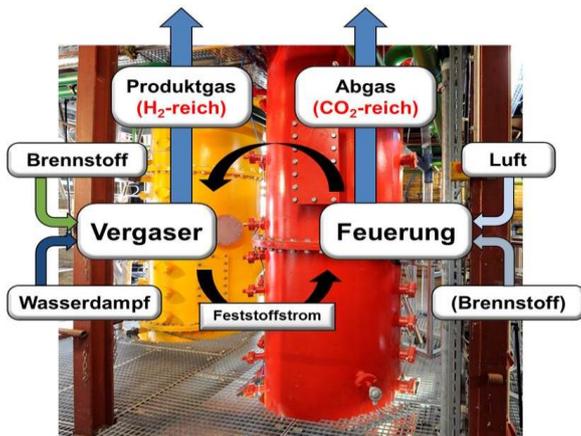


Bild 2: Schematische Darstellung der Biomassevergasung, Stromerzeugungsmodus [4].

Die Produktgas- und Abgasreinigung ist dem bestehenden Biomassevergasungskraftwerk in Güssing nachempfunden, das erfolgreich die technische Machbarkeit von Vergasungstechnologien unter Beweis gestellt hat.

4. Ergebnisse der Ökobilanz

Bei Erstellung der Sachbilanz des SNG-Modus wird davon ausgegangen, dass sämtliche stromverbrauchenden Prozesse mit Strom aus Windkraftanlagen gedeckt werden, beim Stromerzeugungsmodus findet der Eigenverbrauch der P&B2G-Anlage Berücksichtigung. Um die Ergebnisse des SNG-Modus der P&B2G-Anlage mit den vorgestellten Stromerzeugungstechniken vergleichen zu können, wird als funktionelle Einheit eine Kilowattstunde elektrische Energie gewählt. Somit ist die Rückverstromung des Erdgassubstitutes in einem Gas- und Dampfkraftwerkes (GuD) Teil des Untersuchungsrahmens.

Bei den Betriebsmodi der P&B2G-Anlage sowie bei dem Verfeuerungsmodell stellt sich heraus, dass die Nutzungsphase die dominante Lebenszyklusphase mit den höchsten Umweltwirkungen darstellt. Bei Betrachtung des SNG-Modus fällt auf, dass mehrheitlich treibhausgasrelevante Emissionen und der größte Anteil des erneuerbaren Primärenergiebedarfs durch die Nutzung der Windenergie verursacht werden. Daraus lässt sich schließen, dass die AER-Technologie einen effizienten und umweltschonenden Kohlenstoffdioxidlieferanten für das Power to Gas-Konzept darstellt.

Im Stromerzeugungsmodus übertreffen die treibhausgasrelevanten Emissionen die des SNG-Modus bei der Erzeugung einer Kilowattstunde um das ca. 1,6-fache. Dieser Umstand ist einerseits dem geringeren Wirkungsgrad der mit Produktgas betriebenen Gasturbine gegenüber dem GuD-Kraftwerk geschuldet, andererseits bedarf es aufgrund des erhöhten Sauerstoffgehalts im Verbrennungsmedium im SNG-Modus weniger Zusatzbrennstoff im Regenerator.

Die Treibhausgasemissionen bei der Erzeugung einer Kilowattstunde Strom des Verfeuerungsmodells betragen ca. 50 % der Emissionen des SNG-Modus. Dieser Umstand ist durch eine vergleichsweise einfachere Prozesstechnik und unterschiedliche Brennstoffzusammensetzung begründet [1].

5. Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse von [1] sind als erste Abschätzung der Umweltwirkungen von P&B2G-Anlagen zu verstehen. Das Lebensende bzw. das Recycling ist durch anknüpfende Studien zu ergänzen. Die Simulationsergebnisse, die seitens des Instituts für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik ermittelt wurden, beziehen sich im SNG-Modus auf ein mit Sauerstoff (30 Vol.-%) angereichertes Verbrennungsmedium. Die Effizienz des SNG-Modus kann durch eine Abgasrezirkulation und die ausschließliche Verwendung des Elektrolysesauerstoffs im Regenerator weiter gesteigert werden. Der Wirkungsgrad des Stromerzeugungsmodus der P&B2G-Anlage kann durch Anbindung einer Dampfturbine oder eines ORC-Prozesses erhöht werden. Weiteres Optimierungspotenzial bietet die Berücksichtigung von Speicherszenarien. Beispielsweise kann überschüssiger Elektrolysesauerstoff gespeichert werden und im Stromerzeugungsmodus eingesetzt werden. Dadurch kann zusätzlicher Brennstoff eingespart werden und ebenfalls ein CO₂-reiches Abgas generiert werden. Dies kann wiederum gespeichert werden und steht im SNG-Modus zusätzlich für die Methanisierung bereit. Eine Aussage, ob und in welchem Maß die Umweltverträglichkeit des P&B2G-Konzepts damit gesteigert wird, kann erst nach anknüpfenden Studien getroffen werden.

Literatur

- [1] Woll, M.: Ökobilanzierung von Power&Biomass2Gas-Anlagen und Biomasseverfeuerungsanlagen in Baden-Württemberg, Masterarbeit, Lehrstuhl für Bauphysik, Universität Stuttgart (2014).
- [2] Baumann, M., Beirow, M., Schober, B.: Präsentation P&B2G Statuskolloquium Umweltforschung Baden-Württemberg, KIT, Eggenstein-Leopoldshafen (2014)
- [3] Poboß, N., Zieba, M. und Scheffknecht, G.: Energetische Nutzung biogener Reststoffe mit AER-Technologie zur Poly-Generation von Strom, Wasserstoff, Erdgassubstitut und Wärme, IFK Universität Stuttgart (2013).
- [4] Baumann, M., Beirow, M., Schober, B.: P&B2G, <http://www.pb2g.de/index.php?comp=projektinhalt> (2014).



Universität Stuttgart
Lehrstuhl für Bauphysik

Lehrstuhl für Bauphysik

Prof. Dr.-Ing. Schew-Ram Mehra

70569 Stuttgart, Pfaffenwaldring 7, Tel.: 0711/685-66578, Fax: 0711/685-66583

E-Mail: bauphysik@lbp.uni-stuttgart.de