

Standort- und Kapazitätsplanung von BtL-Anlagen in Österreich mittels gemischt-ganzzahliger Optimierung

T. Moser, M. Kapfer, S. Kirchweger und J. Kantelhardt¹

Abstract - Die zunehmende Nutzung landwirtschaftlicher Flächen zur Erzeugung von Bioenergie muss vor allem im Hinblick auf den weltweit stetig steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln kritisch hinterfragt werden. Zur Begegnung dieser „Tank-Teller“ Problematik werden zunehmend Verarbeitungs-konzepte, wie etwa „Biomass to Liquid“, die eine Verwertung von organischen Reststoffen zu Biotreibstoff ermöglichen, diskutiert. Basierend auf der in Österreich zur Verfügung stehenden Menge an Stroh sowie einer Teilung der Gesamtverarbeitung in zwei zeitlich und räumlich getrennte Verarbeitungsschritte, werden durch ein räumlich explizites, gemischt-ganzzahliges Optimierungsmodell die Standorte der BtL-Anlagen sowie deren Verarbeitungskapazität bestimmt. Die Ergebnisse zeigen eine starke Fokussierung der realisierten Anlagen auf den östlichen Teil von Österreich sowie eine Verarbeitung in einem dezentralen Produktionsverbund.

EINLEITUNG

Rohstoffe aus Biomasse gelten als Hoffnungsträger bei der Suche nach Alternativen zu fossilen Energieträgern. Derzeit realisierte großtechnische Anlagen konzentrieren sich auf die Verarbeitung von leicht erschließbaren Pflanzeninhaltsstoffen, wie Öle, Zucker oder Stärke. Die sich daraus ergebende direkte Konkurrenzsituation zur menschlichen Ernährung soll künftig in Verarbeitungssystemen der 2. Generation beseitigt werden. Die hierbei im Mittelpunkt stehenden lignozellulosehaltigen Pflanzeninhaltsstoffe ermöglichen eine Nutzung von landwirtschaftlichen Restmassen, wie etwa Stroh oder Waldrestholz. Insbesondere anfallendes Stroh von heimischen Ackerflächen zeigt im Vergleich der zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Restmassen wesentliche Verarbeitungsvorteile. Hervorzuheben ist hierbei die Möglichkeit Stroh, ohne zusätzlichen Aufwand in lagerfähigem Zustand zu ernten.

Eine Möglichkeit zur Nutzung dieser Energiequelle stellen BtL- (Biomass to Liquid) Anlagen dar. In einem mehrstufigen Verfahren wird der Rohstoff Stroh aufbereitet, vergast und zum gewöhnlichen Kraftstoff synthetisiert. Aufgrund der schlechten Transportwürdigkeit von Stroh beschäftigt sich die Forschung zunehmend mit einem dezentralen Ver-

arbeitungsansatz. Dabei erfolgt die BtL- Produktion in zwei zeitlich und räumlich getrennten Prozessen. Im ersten Verarbeitungsprozess, der sogenannten (Schnell-)Pyrolyse, wird aus dem Rohstoff ein Zwischenprodukt (Slurry) erzeugt. Diese flüssige schwarze Masse ist aufgrund der höheren Energiedichte transportwürdiger als organische Restmasse. Im zweiten Verarbeitungsprozess wird der Slurry in einer Syntheseanlage zu BtL- Kraftstoffen weiterverarbeitet. Ziel der hier vorliegenden Arbeit ist die Ermittlung der kostenminimalen Verarbeitungsstruktur der BtL- Produktion in Österreich basierend auf der zur Verfügung stehenden Menge an Stroh unter Berücksichtigung einer dezentralen Verarbeitungsmöglichkeit.

POTENZIALABSCHÄTZUNG

Wengleich regenerative Energieträger der 2. Generation keine Konkurrenz zur menschlichen Nahrungsmittelproduktion darstellen, so ergeben sich auch bei der Verarbeitung von vermeintlichen Restmassen, wie zum Beispiel Stroh, Konkurrenzsituationen zu bestehenden Produktionssystemen. Da anzunehmen ist, dass groß-technische Realisierungen von BtL- Anlagen auch erhebliche Auswirkung auf den vorhandenen Rohstoffmarkt zeigen, wurden zwei Angebotsszenarien gebildet, die je nach Berechnungsansatz unterschiedliche Ausgangssituationen für die Standort- und Kapazitätsplanung bilden. Das Szenario „ohne Konkurrenz“ geht von einer geringen bzw. von einer kaum vorhandenen Konkurrenzsituation zu anderen Produktionssystemen aus. Einzig die strohproduzierende Fläche von Biobetrieben, sowie die Getreidefläche von Milchviehbetrieben werden nicht berücksichtigt. Dabei errechnet sich die zur Verfügung stehende Menge des Ausgangsrohstoffs Stroh zu 1,7 Mio. t FM. Das zweite Basisszenario „mit Konkurrenz“ geht von einer anhaltenden Konkurrenzsituation zur Rinderhaltung und zu Stroh-befeuerungsanlagen aus, was zu einem verfügbaren Potenzial von rund 1 Mio. t Stroh führt. Eingang in die Berechnung finden nur Kulturen dessen Stroh in lagerfähigem Zustand geerntet werden kann (Getreide, Körnerleguminosen und Ölfrüchte).

MATERIAL UND METHODE

Die hier vorliegende Problematik der Standort- und Kapazitätsplanung von BtL- Anlagen in Österreich zeigt sich im Fall eines dezentralen Verarbeitungs-

¹ Tobias Moser, Martin Kapfer, Stefan Kirchweger und Jochen Kantelhardt sind am Institut für Agrar- und Forstökonomie, Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Universität für Bodenkultur tätig (tobias.moser@boku.ac.at, martin.kapfer@boku.ac.at, stefan.kirchweger@boku.ac.at, jochen.kantelhardt@boku.ac.at).

verbundes als Warehouse-Location-Problem mit zwei zu planenden Distributionsstufen. Die zur Modellierung benötigte Datengrundlage für die Anlagenkosten werden basierend auf Kerdoncuff (2008) und Hamelinck (2004), unter Berücksichtigung entstehender Größendegressionseffekten, den in dieser Arbeit vorherrschenden Größenmaßstäbe angepasst. Die Kostenkalkulation der beiden Distributionsstufen erfolgt nach Leible et al. (2005) und Heinrich et al. (2008) durch lineare Degression.

Ziel des Modells ist die Ermittlung der optimalen bzw. kostengünstigsten Verteilung der Anlagen in Österreich. Eine Teilung des Verarbeitungsprozesses zur Herstellung von BtL-Kraftstoffen in zwei zeitlich und räumlich getrennte Prozessschritte (Pyrolyse und Synthese) ermöglicht eine ökonomische Betrachtung im Produktionsverbund. Hierbei ist jeder Bezirk in Österreich zugleich Rohstofflieferant als auch ein möglicher Standort für Pyrolyse und Synthese. Jedem realisierten Standort stehen in seiner Anlagenausprägung 10 Größenklassen mit jeweils 10 Auslastungsstufen zur Verfügung. In Summe ergeben sich somit je Standort und Verarbeitungsprozess 100 mögliche Anlagenausformungen, wobei maximal eine Synthese- und eine Pyrolyseanlage realisiert werden kann. Ein Teil der variablen Kosten unterliegt, wie auch die Fixkosten, einer Größendegression, da grundsätzlich anzunehmen ist, dass sich der Zukauf von Betriebsmitteln mit größeren Mengen pro Einheit billiger gestaltet. Die in dieser Arbeit durchgeführten Modellberechnungen liefern neben der Anlagenverteilung eine Reihe von Ergebnissen über die Kostenstruktur der realisierten Anlagen.

ERGEBNISSE

Die Ergebnisse zeigen in beiden Angebotsszenarien, unter den in der Betrachtung zugrunde gelegten Rahmenbedingungen, einen absoluten Kostenvorteil des dezentralen Verarbeitungsconceptes. Die Verarbeitung des Ausgangsrohstoffs Stroh erfolgt in dezentralen Pyrolyseanlagen, die vorwiegend in den Ackerbaugebieten realisiert werden. Die anfallende Strohmenge aus den westlichen Bundesländern wird zur Gänze in den oberösterreichischen Standorten verarbeitet. In Szenarien „ohne- und mit Konkurrenz“ werden 19 bzw. 12 Pyrolyseanlagen mit einer durchschnittlichen Gesamtverarbeitung von 91.930 bzw. 86.667 t Stroh FM ausgewiesen. Der zweite Verarbeitungsprozess, die Synthese, erfolgt in beiden Szenarien an einem zentralen Standort in Korneuburg. Die Verteilung der Anlagen in Österreich für beide Szenarien ist den Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen.

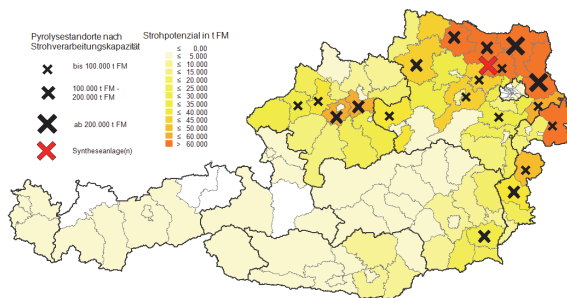


Abbildung 1. Verarbeitungsstandorte und regionales Rohstoffpotenzial für das Szenario "ohne Konkurrenz".

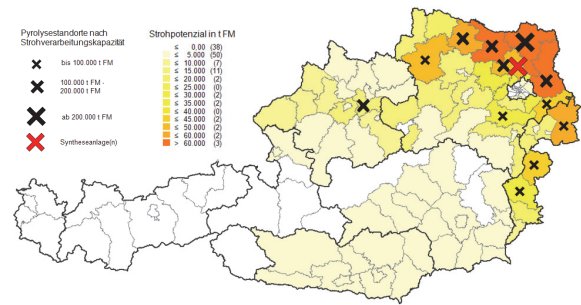


Abbildung 2. Verarbeitungsstandorte und regionales Rohstoffpotenzial für das Szenario „mit Konkurrenz“.

Die Möglichkeit einer zentralen Verarbeitung (ein einziger Standort mit einer zentralen Pyrolyse- und Syntheseanlage) wurde auch unter geänderten Rahmenbedingungen in keiner Berechnung wahrgenommen. Die Gesamtkosten je verarbeitete t Stroh FM beträgt im Szenario "ohne Konkurrenz" 183 €/t FM bzw. im Szenario "mit Konkurrenz" 192 €/t FM.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Die hier durchgeführte Standort- und Kapazitätsplanung zeigt, dass insbesondere bei der Verarbeitung von wenig transportwürdigen Rohstoffen, wie Stroh, dezentrale Verarbeitungsconzepte eine effiziente Möglichkeit der Gesamtkostenreduktion darstellen. Gemessen an einer Treibstoffausbeute von 5,3 kg/l (FNR, 2012) ergeben sich für die Szenarien „ohne und mit Konkurrenz“ Gesamtverarbeitungs-kosten von 0,97 €/l bzw. 1,02 €/l.

LITERATUR

Hamelinck, C. (2004). Outlook for advanced biofuels. Dissertation am Copernicus Institut der Universität Utrecht. Utrecht, Niederlande.

Henrich, E., Dahmen N. und Dinjus, E. (2008). Cost estimate for biosynfuel production via biosyncrude gasification. Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons, Ltd | Biofuels, Bioprod. Bioref. 3: 28–41 (2009).

Kerdoncuff (2008). Modellierung und Bewertung von Prozessketten zur Herstellung von Biokraftstoffen der zweiten Generation. Karlsruhe: Dissertation Universität Karlsruhe, Eigenverlag.

Leible, L., Kälber, S., Kappler, G., Lange, S., Nieke, E., Proplesch, D., Wintzer, D. und Fürniß, B. (2006): Kraftstoffproduktion aus Stroh und Waldrestholz – dezentral oder zentral?. Beitrag auf der Tagung „Bioenergienutzung in Baden- Württemberg – Auf dem Weg zum nachhaltigen Anbau“, Stuttgart 2006.

Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.(FNR) (2012). Herstellungsprozess BtL-Kraftstoff, URL: <http://www.btl-plattform.de/herstellung> (Jänner 2012).