

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

Tobias Moser, M. Kapfer, S. Kirchweger, J. Kantelhardt

Institut für Agar- und Forstökonomie
Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
Universität für Bodenkultur
Feistmantelstraße 4
1180 Wien
tobias.moser@boku.ac.at

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 Verarbeitungskonzepte, 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.

1 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 Konkurrenz zur menschlichen Ernährung soll künftig mit Verarbeitungssystemen der 2. Generation beseitigt werden. Die hierbei im Mittelpunkt stehenden lignozellulosehaltigen Pflanzeninhaltsstoffe ermöglichen eine Nutzung von land- und forstwirtschaftlichen Reststoffen, wie etwa Stroh oder Waldrestholz. Insbesondere Stroh von heimischen Ackerflächen zeigt im Vergleich zu den sonst zur Verfügung stehenden landwirtschaftlichen Reststoffen wie z.B. Pflegeschnitte oder biogene Abfälle wesentliche Verarbeitungsvorteile. Hervorzuheben ist insbesondere 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 Stroh aufbereitet, vergast und zum gewünschten Kraftstoff synthetisiert. Aufgrund der niedrigen Transportwürdigkeit von Stroh beschäftigt sich die Forschung zunehmend mit einem dezentralen Verarbeitungs-

ansatz. 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 das Ausgangssubstrat Stroh. Im zweiten Verarbeitungsprozess wird der Slurry in einer Syntheseanlage zu BtL-Kraftstoffen weiterverarbeitet. Ziel der hier vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines Modells, mit dem sich die kostenminimale Verarbeitungsstruktur der BtL-Produktion in Österreich basierend auf der zur Verfügung stehenden Menge an Stroh unter Berücksichtigung einer dezentralen Verarbeitungsmöglichkeit berechnen lässt.

2 Potenzialabschätzung

Wenngleich regenerative Energieträger der 2. Generation keine Konkurrenz zur menschlichen Nahrungsmittelproduktion darstellen, so ergeben sich auch bei der Verarbeitung von vermeintlichen Reststoffen wie z.B. Stroh, Konkurrenzsituationen zu bestehenden Produktionssystemen. Da anzunehmen ist, dass großtechnische Realisierungen von BtL-Anlagen auch erhebliche Auswirkung auf den Strohmarkt zeigen, werden zwei Angebotsszenarien gebildet, die je nach Berechnungsmethode 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 von 1,7 Mio. t FM. Das zweite Basisszenario „mit Konkurrenz“ geht von einer Konkurrenzsituation zur Rinderhaltung und zu Strohbefeuerungsanlagen aus, so dass sich ein verfügbares Potenzial von rund 1 Mio. t Stroh ergibt. Eingang in die Berechnung finden nur Kulturen, dessen Stroh in lagerfähigem Zustand geerntet werden kann (Getreide, Körnerleguminosen und Ölfrüchte).

3 Material und Methode

Die Problematik der Standort- und Kapazitätsplanung von BtL-Anlagen in Österreich lässt sich, je nach Anlagenkonstellation, als Warehouse-Location-Problem mit einer bzw. zwei zu planenden Distributionsstufen darstellen. So ergeben sich bei einem dezentralen Verarbeitungsverbund, mit einer/mehreren Pyrolyseanlage(n) und einer/mehreren Syntheseanlage(n) zwei voneinander abhängige Distributionsstufen. In einer zentralen Verarbeitungsanlage, die sowohl Pyrolyse als auch Synthese an einem Standort integriert, kommt es zu einer Distributionsstufe (vom Erzeuger zur Anlage). Die Ausgestaltung des Produktionsverbundes erfolgt unter Einbeziehung aller möglichen Zwischenlösungen, wie etwa dezentrale Pyrolyse-/ einer zentralen Syntheseanlage(n), modellendogen. Die zur Modellierung benötigte Datengrundlage für die Anlagenkosten basiert auf [Ke08, Ha04]; sie werden an die in Österreich vorherrschenden Größenmaßstäbe angepasst. Die Kostenermittlung der beiden Distributionsstufen erfolgt nach [Le06, HDD08] durch lineare Regression. Die zugrunde gelegte Transportkostenmatrix (119x119) bezieht sich jeweils auf die zeitlich schnellste Transportstrecke zwischen zwei geographi-

schen Punkten (Bezirkshauptstädten). Es wird ein österreichweit einheitlicher Strohpreis von 70 €/t FM ab Bezirkshauptstadt unterstellt.

Ziel des Modells ist die Ermittlung der optimalen, d.h. kostengünstigsten Verteilung der Anlagen in Österreich. Hierbei ist jeder Bezirk (n= 119) zugleich Rohstofflieferant als auch möglicher Standort für Pyrolyse- und/oder Syntheseanlage. Jedem realisierten Standort stehen in seiner Anlagenausprägung 10 Größenklassen mit jeweils 10 Auslastungsstufen zur Verfügung. Dabei erfolgt die Konzeption der größten Anlagengröße in beiden Verarbeitungsstufen in einer Weise, dass die gesamte zur Verfügung stehende Stroh- bzw. Slurrymenge an einem Standort verarbeitet werden kann. In Summe ergeben sich je Standort und Verarbeitungsprozess 100 mögliche Anlagenausformungen, wobei maximal eine Synthese- und eine Pyrolyseanlage realisiert werden können. Für einen Teil der variablen Kosten werden, wie auch bei den Fixkosten, Größendegressionseffekte unterstellt, da davon auszugehen ist, dass der Zukauf von Betriebsmitteln mit größeren Mengen pro Einheit kostengünstiger ist.

Abschließend durchgeführte Sensitivitätsanalysen geben durch Veränderungen der Transportkosten, Anlagenkosten sowie dem Größendegressionskoeffizienten Aufschluss über die Stabilität der Ergebnisse.

4. Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen in allen Szenarien einen Kostenvorteil des dezentralen Verarbeitungskonzeptes. Die Verarbeitung des Ausgangsrohstoffs Stroh erfolgt in dezentralen Pyrolyseanlagen, die vorwiegend in den Ackerbaugebieten realisiert werden. Dabei wird die anfallende Strohmenge aus den westlichen Bundesländern zur Gänze in den oberösterreichischen Standorten verarbeitet. In den 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 Verarbeitungsschritt, die Synthese, erfolgt in beiden Szenarien an einem zentralen Standort im Bezirk Korneuburg im Nord-Osten von Österreich. Die Verteilung der Anlagen in Österreich ist den Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen.

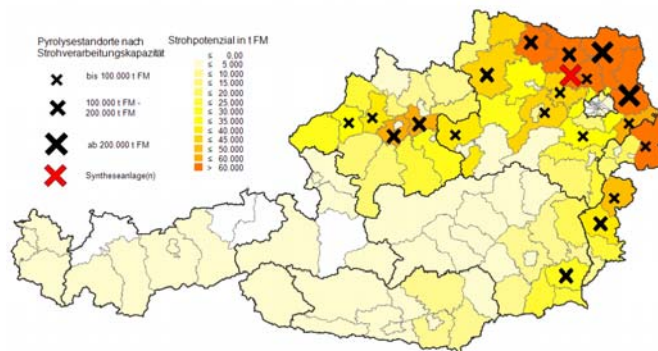


Abb. 1: Verarbeitungsstandorte und regionales Rohstoffpotenzial für das Szenario "ohne Konkurrenz"

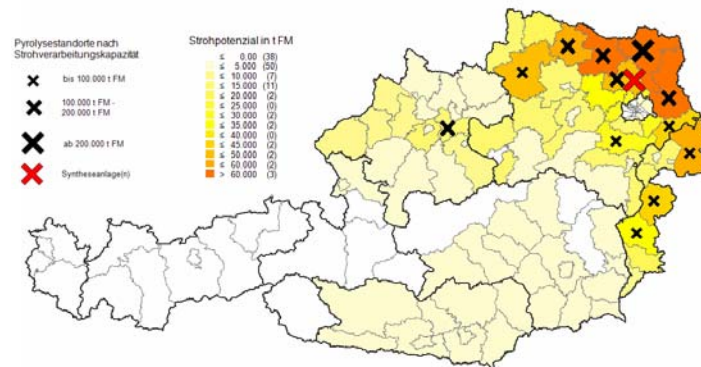


Abbildung 2: Verarbeitungsstandorte und regionales Rohstoffpotenzial für das Szenario „mit Konkurrenz“

Die Möglichkeit einer zentralen Verarbeitung mit einer kombinierter Pyrolyse- bzw. Syntheseanlage wird auch in den Sensitivitätsanalysen 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.

5. Schlussfolgerungen

Die hier durchgeführte Standort- und Kapazitätsplanung zeigt, dass insbesondere bei der Verarbeitung von wenig transportwürdigen Rohstoffen, wie Stroh, dezentrale Verarbeitungskonzepte eine effiziente Möglichkeit der Kostenreduktion darstellen. Die grundsätzliche Ausgestaltung des Produktionsverbundes (dezentrale Pyrolyse/zentrale Synthese), die selbst in den Extrembetrachtungen der Sensitivitätsanalysen unverändert bleibt, weist darüber hinaus auf die Stabilität der Ergebnisse und auf die ökonomische Relevanz einer Steigerung der Transportwürdigkeit des Ausgangsrohstoffs Stroh in „BTL“-Produktion hin.

Literaturverzeichnis

- [Ha04] Hamelinck, C.: Outlook for advanced biofuels. Dissertation am Copernicus Institute der Universität Utrecht, Utrecht, Niederlande, 2004.
- [HDD08] Henrich, E.; Dahmen N.; Dinjus, E.: Cost estimate for biosynfuel production via biosyn-crude gasification, Society of Chemical Industry and John Wiley & Sons, Ltd | Biofuels, Bioprod. Bioref. 3, 2008: S.28–41.
- [Ke08] Kerdoncuff, P.: Modellierung und Bewertung von Prozessketten zur Herstellung von Biokraftstoffen der zweiten Generation. Karlsruhe: Dissertation Universität Karlsruhe, Eigenverlag, 2008.
- [Le06] Leible, L.; Kälber, S.; Kappler, G.; Lange, S.; Nieke, E.; Proplesch, D.; Wintzer, D.; Fürniß, B.: Kraftstoffproduktion aus Stroh und Waldrestholz – dezentral oder zentral?. Beitrag auf der Tagung „Bioenergienutzung in Baden- Württemberg – Auf dem Weg zum nachhaltigen Anbau“, Stuttgart, 2006