

Integrierte Analyse einer großflächigen Pappelproduktion auf Ackerflächen in Österreich

Integrated assessment of large-scale poplar plantations on croplands in Austria

Veronika ASAMER, Bernhard STÜRMER, Franziska STRAUSS und Erwin SCHMID

Zusammenfassung

Derzeit werden in Österreich 1.335 ha Ackerflächen als Kurzumtriebsflächen deklariert (STATISTIK AUSTRIA, 2009). Pläne von Landesregierungen und Bioenergieproduzenten zum Ausbau von Kurzumtriebsflächen lassen eine weitere Zunahme erwarten. Die ökonomischen und umweltbedingten Auswirkungen einer großflächigen Pappelproduktion werden im Rahmen einer integrierten Landnutzungsanalyse untersucht. Modellergebnisse zeigen, dass die höchsten Deckungsbeitragsannuitäten in der Pappelproduktion mit dreijährigen Umtriebsintervallen zu erzielen sind. Zur Abschätzung des ökonomischen Potenzials fließen die Deckungsbeitragsannuitäten der Pappelproduktion und der regional üblichen Fruchtfolgen in das räumlich explizite Biomasseoptimierungsmodell BiomAT ein, was die Grenzopportunitätskosten der Pappelproduktion bestimmt. Die umweltbedingten Auswirkungen zeigen, dass sich der Bodenkohlenstoffvorrat im Ackeroberboden bei einem großflächigen Pappelanbau kaum ändern, während sich die gesamten Stickstoffemissionen deutlich verringern würden.

Schlagnvorte: Kurzumtriebsflächen, großflächiger Pappelanbau, Grenzopportunitätskosten, integrierte Landnutzungsanalyse, BiomAT

Summary

In 2009, about 1.335 ha croplands have been declared as short-rotation plantations in Austria (STATISTIK AUSTRIA, 2009). Federal state governments and producers of bioenergy plan to expand these areas. We assess the economic and environmental effects of large-scale poplar plantations on croplands in Austria using the integrated biomass optimization model BiomAT. The model results show that the highest gross margin annuities deliver poplar plantations in three-year rotations. Economic potentials of large-scale poplar plantations have been assessed in a marginal opportunity cost framework by comparing gross margin annuities of poplar production and crop rotations. The assessment of environmental effects of poplar production shows that topsoil organic carbon contents of croplands do not change whereas total nitrogen emissions could be reduced significantly.

Keywords: short-rotation poplar plantations, marginal opportunity costs assessment, integrated land use analysis, BiomAT

1. Einleitung

Durch die steigende Nachfrage nach Energie aus erneuerbaren Energieträgern wird der Energieholzproduktion auf Ackerflächen ein bedeutendes Potenzial zuerkannt. Einzelne Bundesländer planen einen weiteren Ausbau von Kurzumtriebsflächen. In Österreich können vor allem Weide und Pappel im Kurzumtrieb hohe jährliche Zuwachslleistungen bringen (MYLIUS, 1990). Um eine kostengünstige maschinelle Ernte zu ermöglichen, ist es notwendig größere Schläge mit geringer Hangneigung zu bepflanzen. Die Ernte mit Feldhäcksler ist nur im zwei- bis maximal dreijährigen Umtriebsintervall möglich. Für höhere Umtriebsintervalle kann derzeit nur mit einem Harvester oder motor-manuell geerntet werden.

In Österreich wurden in den letzten Jahren mehrere wissenschaftliche Untersuchungen zum Potenzial von Biomasse in der Energiewirtschaft erstellt (BRAINBOWS, 2007; EEA, 2006; KLETZAN et al. 2008). Diese Studien betrachten jedoch das Potenzial an heimischer Biomasse als eine naturwissenschaftlich-technische Fragestellung und behandeln die damit verbundenen Opportunitätskosten nur am Rande oder gar nicht. Die Produktion der Biomasse für energetische Zwecke steht jedoch

teilweise in direkter Konkurrenz zur Produktion von Nahrungs- und Futtermitteln (KLETZAN et al. 2008).

Der Beitrag versucht potenzielle Ackerflächen für Kurzumtriebsflächen räumlich explizit in Österreich zu verorten und beschäftigt sich mit der Frage, welche ökonomischen und umweltbedingten Auswirkungen ein großflächiger Anbau von Pappeln zur Folge hätte.

Das ökonomische Produktionspotenzial wird anhand der Grenzopportunitätskosten der Pappelproduktion bestimmt und räumlich explizit dargestellt. Dazu sind Deckungsbeitragsannuitäten von verschiedenen Kurzumtriebsverfahren und von typischen, regionalen Fruchtfolgen errechnet worden. Diese fließen zusammen mit Umweltindikatoren (z.B. Bodenkohlenstoffspeicherung, Stickstoffemissionen) in das integrierte Biomasseoptimierungsmodell BiomAT ein, mit dem die Grenzopportunitätskosten und umweltbedingten Auswirkungen einer großflächigen Pappelproduktion auf österreichischen Ackerflächen ermittelt werden. Mit der räumlich expliziten Modellanalyse und der geographischen Darstellung der Ergebnisse lassen sich die Potenziale und Konsequenzen einer großflächigen Pappelproduktion verorten, was zur besseren Planung und wissenschaftlichen Politikberatung beitragen soll.

Im Kapitel Material und Methode werden die Datengrundlage sowie der Arbeits- und Analyseabläufe genauer beschrieben. Im Anschluss daran werden die Ergebnisse der Modellanalyse präsentiert, diskutiert und die wichtigsten Schlussfolgerungen abgeleitet.

2. Material und Methode

Als Datengrundlage für die integrierte Landnutzungsanalyse wurden mit einem Geographischen Informationssystem Daten zu Bodenformen (Österreichische Bodenkarte 1:25.000), Topographie, Landnutzung, Bewirtschaftung und Klima von Ackerflächen in Österreich verarbeitet. Die Daten wurden auf Gemeindeebene und auf einem 1.000 m² Raster räumlich explizit aufbereitet. Die Wetterparameter Temperatur, Niederschlag, Sonneneinstrahlung, relative Feuchte und Wind wurden von ausgewählten Wetterstationen (STRAUSS et al., 2010) mit den anderen Standortdaten verschnitten. Aus den Bodendaten wurden 247 typische Bodenformen anhand ihrer Typengruppe ausgewählt und mit Klassen der Hangneigung und Seehöhe verschnitten. Für jede Ge-

meinde wurden bis zu drei typische Fruchtfolgen mit dem Modell CropRota (SCHÖNHART et al., 2009) auf Basis der flächenstärksten Ackerlandnutzungen je Gemeinde aus dem Integriertem Verwaltungs- und Kontrollsystem--Datensatz, kurz INVEKOS, (BMLFUW, 2008a) abgeleitet.

Die Pappelzuwachsleistungen, Ackerpflanzenerträge, Stickstoffemissionen und Bodenkohlenstoffgehalte für die verschiedenen Fruchtfolgen, Anbau- und Umtriebsverfahren wurden mit dem biophysikalischen Prozessmodell EPIC (Environmental Policy Integrated Climate; WILLIAMS, 1995; IZAURRALDE et al. 2006) simuliert. Bei den Kurzumtriebspappeln führten wir 30-jährige Simulationen für Verfahren mit zwei-, drei-, acht- und zehnjährigen Umtriebsintervallen, sowohl mit als auch ohne Düngung durch. Bei den typischen Fruchtfolgen führten wir ebenfalls 30-jährige Simulationen mit drei unterschiedlichen Düngungsintensitäten (hoch, mittel, niedrig) durch.

Die Berechnungen der Deckungsbeitragsannuitäten erfolgten für Pappeln im Kurzumtrieb nach STÜRMER und SCHMID (2007). Diese Berechnungen beinhalten die variablen Maschinenkosten nach ÖKL-Richtsätzen. Zu den Kostenkomponenten zählen die Rekultivierungskosten (z.B. Bodenfräse), Pflanzenschutzkosten (chemisch und mechanisch) und die Düngungskosten (Phosphor, Kalium, Stickstoff). Für die Deckungsbeitragsberechnungen von Fruchtfolgen und Tierhaltung wurde auf die Standarddeckungsbeiträge (BMLFUW, 2008b) zurückgegriffen. Die variablen Kosten setzen sich hier aus den Aufwendungen für Düngung, Pflanzenschutzmittel, Maschineneinsätze, Saatgut, Versicherungen zusammen. In den Erlösen wurden durchschnittliche Prämien aus dem Österreichischen Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL) von 115 €/ha für den Verzicht von ertragssteigernden Betriebsmitteln auf Ackerflächen (niedrige Düngungsintensität) mit einberechnet. Diese wurden zusammen mit Umweltindikatoren in das räumlich explizite Biomasseoptimierungsmodell (BiomAT) zur Abschätzung der Grenzopportunitätskosten und Umweltwirkungen einer Pappelproduktion in Österreich integriert. BiomAT maximiert den Gesamtdeckungsbeitrag (TGM) der landwirtschaftlichen Produktion auf den österreichischen Ackerflächen. Dabei werden die Deckungsbeitragsannuitäten (c) der Pappelproduktions- und Fruchtfolgealternativen (Index i) auf den verschiedenen homogenen

Landeinheiten (Index h) je Gemeinde maximiert. Die Pappelproduktion (Index e) ist ein Subset von i . Die einzelnen Produktionsaktivitäten sind in Form von Leontief Produktionsfunktionen in der Koeffizientenmatrix ($A_{h,i}$) beschrieben. Mit einer zusätzlichen Beschränkung können die unterschiedlichen Pappelproduktionsumfänge (s) in die Modelllösung gezwungen werden, welche auch die Grenzopportunitätskosten der Pappelproduktion anhand des Schattenpreises liefert. Die Entscheidungsvariable (x) findet somit die optimalen Produktionsflächen für Pappel und Fruchtfolgen unter Einhaltung aller Beschränkungen.

$$\begin{aligned}
 \max TGM &= \sum_{h,i} (c_{h,i} x_{h,i}) \\
 \text{s.t.} \quad &\sum_i (A_{h,i} x_{h,i}) \leq b_h \quad \text{für alle } h \\
 &\sum_{h,e} (A_{h,e} x_{h,e}) \geq s \\
 &x_{h,i} \geq 0
 \end{aligned} \tag{1}$$

3. Ergebnisse und Diskussion

Die Modellergebnisse zur Pappelproduktion auf Ackerflächen in Österreich zeigen, dass vor allem in Regionen des Alpenvorlandes, der Südoststeiermark, des südlichen Wiens und des nördlichen Burgenlandes von den höchsten jährlichen Zuwächsen ausgegangen werden kann ($>6,5 \text{ tatro/ha}$). Höhere jährliche Zuwachsleistungen und eine lange Nutzungsdauer (30 Jahre) der Anlage ermöglichen höhere durchschnittliche Deckungsbeitragsannuitäten.

In Abbildung 1 sind Deckungsbeitragsannuitäten der Pappelproduktion auf Ackerflächen für den dreijährigen Umtrieb mit Düngung dargestellt. Die Deckungsbeitragsannuitäten der zwei-, acht- und zehnjährigen Umtriebsintervalle liegen deutlich unter denen der dreijährigen. Jedoch kann es auch bei dreijährigen Umtriebsintervallen auf ungünstigen Standorten zu negativen Deckungsbeitragsannuitäten kommen. Bei einer Darstellung der Verfahren mit den maximalen Deckungsbeitragsannuitäten pro Rasterzelle erweist sich bei 99% der Fläche der dreijährige Kurzumtrieb als optimal, wobei hier zu etwa gleichen Teil-

len der Anbau mit und ohne Düngung Vorzug erhalten. Bei den übrigen Flächen dominiert das zehnjährige Umtriebsintervall. Die höchsten durchschnittlichen jährlichen Pappelzuwächse werden mit der gedüngten dreijährigen Bewirtschaftungsvariante erzielt. Würden die 1,2 Mio. ha Ackerfläche komplett mit der zuwachsstärksten Umtriebs- und Düngungsvariante bewirtschaftet werden, kann mit einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von ca. 6,4 Mio. tatro pro Jahr gerechnet werden. Wird hingegen die gesamte Ackerfläche mit der deckungsbeitragsstärksten Bewirtschaftungsvariante bepflanzt, ergibt sich ein maximal jährlicher Zuwachs von ca. 6,2 Mio. tatro pro Jahr.

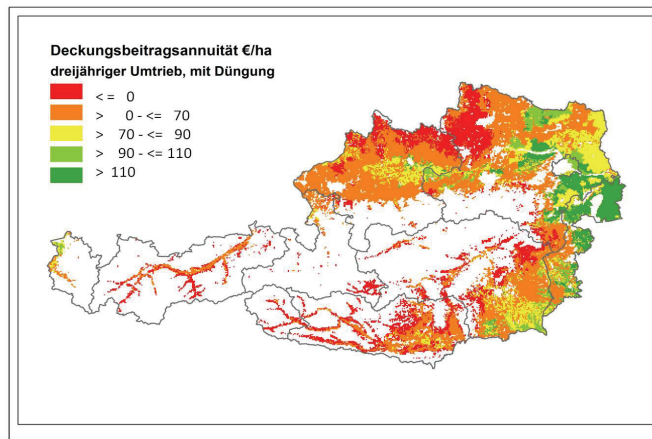


Abb. 1: Durchschnittliche Deckungsbeitragsannuitäten von Pappeln auf Ackerflächen im dreijährigen Umtriebsintervall mit Düngung in Euro/ha.
Quelle: eigene Darstellung

Diese Ergebnisse wurden zusammen mit den Fruchtfolgeergebnissen in das räumlich explizite Biomasseoptimierungsmodell BiomAT integriert, um die Grenzopportunitätskosten und somit das ökonomische Potenzial sowie die Umweltwirkungen der Pappelproduktion auf Ackerflächen in Österreich abzuschätzen. Um die ökonomischen Potenziale eines großflächigen Pappelanbaus zu erhalten, wurden Szenarien mit unterschiedlichen Produktionsumfängen für die Pappelproduktion mit BiomAT durchgeführt.

In Abbildung 2 werden potenzielle Ackerflächen für einen 50%igen Anbau von Kurzumtriebsflächen in Österreich dargestellt. Die Modellergebnisse zeigen, dass vor allem die Regionen des Alpenvorlandes, große Teile Niederösterreichs und des nördlichen Burgenlandes für den Anbau von Kurzumtriebsflächen geeignet sind. Das heißt, dass dort die niedrigsten Grenzopportunitätskosten im Vergleich zur übrigen Ackerfläche vorzufinden sind. Bei einem fünfprozentigen Pappelanteil an der Ackerfläche ergeben sich Grenzopportunitätskosten von ca. 63 €/ha. Diese steigen bei einem 50% Anteil auf ca. 360 €/ha an. Die Südoststeiermark ist zwar eine standörtliche Gunstlage für die Pappelproduktion, jedoch bereitet die Tierhaltung in dieser Region hohe Opportunitätskosten, sodass ein großflächiger Anbau wirtschaftlich nicht geeignet ist.

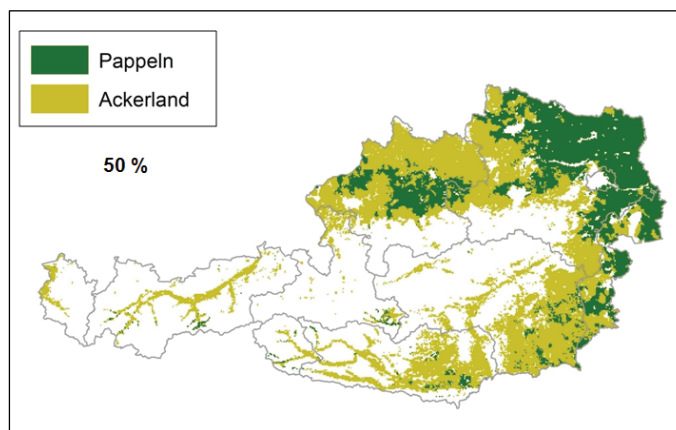


Abb. 2: Verortung der Pappelfläche auf 50% der Ackerflächen in Österreich.
Quelle: eigene Darstellung

Die Analyse des ökonomischen Potenzials beinhaltet auch den Vergleich unterschiedlicher Diskontierungsraten, die zur Berechnung der Deckungsbeitragsannuitäten in der Pappelproduktion herangezogen wurden. Bei einer Diskontierungsrate von 5% ergeben sich bei einem 20%igen Anbau Grenzopportunitätskosten von ca. 150 €/ha. Bei einer Diskontierungsrate von 6% beläuft sich dieser Wert auf ca. 180 €/ha und bei 4% auf ca. 130 €/ha. Diese Ergebnisse bestätigen die theoretischen

schen Überlegungen, dass höhere Diskontierungsraten *ceteris paribus* zu höheren Grenzopportunitätskosten führen.

Um den Einfluss des Österreichischen Programms zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft (ÖPUL) auf die Grenzopportunitätskosten des Pappelanbaus zu analysieren, wurden alle Berechnungen ohne Berücksichtigung dieser Zahlungen bei den regional üblichen Fruchtfolgen wiederholt. Wie sich hierbei herausstellt, verringern sich die Grenzopportunitätskosten des Pappelanbaus um durchschnittlich ca. 2%.

Zusätzlich wurden umweltbedingte Konsequenzen (Bodenkohlenstoffspeicherung, Stickstoffemissionen) in der integrierten Landnutzungsanalyse mitberücksichtigt. Die Modellergebnisse zeigen, dass sich der gesamte Bodenkohlenstoffvorrat von Ackerflächen nur sehr gering verändert. Hingegen könnten die Gesamtstickstoffemissionen infolge einer großflächigen Pappelproduktion deutlich reduziert werden (vgl. Abbildung 3).

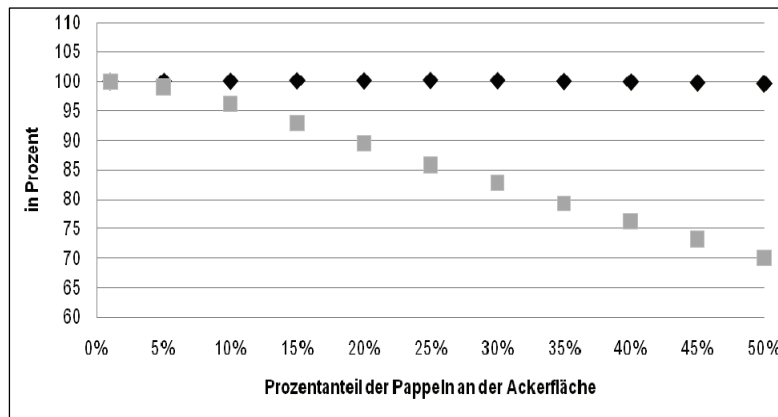


Abb 3. Änderungen im Bodenkohlenstoffvorrat von Ackerböden bis 30 cm Bodentiefe (◆) und bei den gesamten Stickstoffemissionen (■) in Abhängigkeit der Pappelproduktionsfläche.

Quelle: eigene Darstellung

4. Fazit

Die vorliegenden Berechnungen zeigen, dass die höchsten jährlichen Zuwächse ($>6.5 \text{ tatro/ha}$) in östlichen und südlichen Teilen Österreichs

erzielt werden können. Die höchsten jährlichen Pappelzuwächse und Deckungsbeitragsannuitäten werden im dreijährigen Umtriebsintervall mit Düngung erwirtschaftet. Die integrierte Analyse der Szenarien mit verschiedenen Pappelproduktionsflächen zeigt, dass die niedrigsten Grenzopportunitätskosten derzeit in den Regionen des Alpenvorlandes, in Teilen Niederösterreichs und dem nördlichen Burgenland vorzufinden sind. Trotz der standörtlichen Gunstlagen für den Pappelanbau in der Südoststeiermark sind die Grenzopportunitätskosten aufgrund der intensiveren Tierhaltung hoch, was die relativ geringen Pappelflächen in der Region erklärt.

Der Vergleich unterschiedlicher Diskontierungsraten zur Berechnung der Deckungsbeitragsannuitäten ergab, dass höhere Diskontierungsraten zu höheren Grenzopportunitätskosten und somit zu geringeren Pappelflächen *ceteris paribus* führen. Die Analyseergebnisse der umweltbedingten Konsequenzen eines großflächigen Pappelanbaus zeigen, dass die Gesamtstickstoffemissionen deutlich reduziert werden können, während der Bodenkohlenstoffvorrat sich nur gering ändert.

Diese integrierte Landnutzungsanalyse mit BiomAT zeigt, dass die ökonomischen Potenziale der Pappelproduktion wesentlich geringer als die agronomisch-technischen Potenziale sind und unterstreicht die Notwendigkeit von zusätzlichen Analysen dieser Art. Deshalb werden in weiterführenden BiomAT Analysen die Grünlandflächen Österreichs sowie alle Naturschutzflächen in die Berechnungen mit einfließen, die bessere Entscheidungsgrundlagen für die Agrar-, Energie-, Regional- und Umweltpolitik sowie zur integrierten Natur- und Raum- und Landschaftsplanung liefern sollen.

Danksagung

Wir danken dem Jubiläumsfonds der Österreichischen Nationalbank und dem Forschungsprogramm *proVision* des BMWF sowie dem BMLFUW für die finanzielle Unterstützung der Forschungsprojekte.

Literatur

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2008a): INVEKOS-Daten – Integriertes Verwaltung- und Kontrollsystem, Wien.

- BMLFUW - Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2008b): Deckungsbeiträge und Daten für die Betriebsplanung 2008. 2. Auflage.
- BRAINBOWS INFORMATIONSMANAGEMENT GMBH (2007): Biomasse-RessourcenPotential in Österreich. Studie im Auftrag der RENERGIE Raiffeisen Managementgesellschaft für erneuerbare Energie GmbH, Endbericht 07.05.2007, Wien, 2007.
- EEA - European Environment Agency (2006): How much bioenergy can Europe produce without harming the environment? Luxemburg.
- IZARRALDE, R.C., WILLIAMS, J.R., MCGILL, W.B., ROSENBERG, N.J. und QUIROGA, M.C. (2006): Simulating soil C dynamics with EPIC: Model description and testing against long-term data. *Ecological Modelling* 192(3-4), S. 362-384.
- KLETZAN, D., KRATENA, K., MEYER, I., SINABELL, F., SCHMID, E. und STÜRMER, B. (2008): Volkswirtschaftliche Evaluierung eines nationalen Biomasseaktionsplans für Österreich. WIFO, Wien.
- MYLIUS, CH., FREIHERR von (1990): Wirtschaftlichkeitsberechnungen zum Anbau schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb auf landwirtschaftliche Flächen, Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur Wien.
- SCHÖNHART, M., SCHMID, E. und SCHNEIDER, U. A. (2009): CropRota - A Model to Generate Optimal Crop Rotations from Observed Land Use. Diskussionspapier DP-45-2009. Universität für Bodenkultur Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (2009): Bodennutzung in Österreich 2006 bis 2008. Wien.
- STRAUSS, F., FORMAYER, H. und SCHMID, E. (2010): Climate Change data for Austria and the period 2008 to 2040 with one day and km² resolution. Diskussionspapier DP-48-2010. Universität für Bodenkultur Wien.
- STÜRMER, B. und SCHMID, E. (2007): Wirtschaftlichkeit von Weide und Pappel im Kurzumtrieb unter österreichischen Verhältnissen, Ländlicher Raum.
- WILLIAMS, J.R. (1995): The Epic Model. In: Singh, V.P. (eds). Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado.

Anschrift der Verfasser

*Mag. Veronika Asamer
 DI Bernhard Stürmer
 Mag. Franziska Strauss
 Priv. Doz. Dipl.-Ing. Dr. Erwin Schmid
 Universität für Bodenkultur
 Department für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften
 Institut für nachhaltige Wirtschaftsentwicklung
 Feistmantelstraße 4, 1180 Wien, Österreich
 Tel.: +43 1 47654 3556
 eMail: veronika.asamer@boku.ac.at*