



Agroforstsysteme in bayerische Ackerbaubetriebe integrieren

Die Veränderung der klimatischen Bedingungen, aber auch steigende gesellschaftliche Anforderungen stellen Landnutzer vor immer neue Herausforderungen. Nur durch die gleichzeitige Berücksichtigung unterschiedlicher sozio-ökonomischer und ökologischer Ziele kann eine Kompromisslösung erreicht werden. Einen wichtigen Beitrag hierzu vermögen alternative Landnutzungsformen wie Agroforstsysteme zu leisten, z. B. in Form von Kurzumtriebsplantagen.

TEXT: SEBASTIAN RÖSSERT, STEFAN FRIEDRICH, THOMAS KNOKE



Quelle: J. Oberpriller

Schneller ÜBERBLICK

- » **Das Projekt BLIZ** beschäftigt sich mit Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft, Landnutzung, Ökosystemleistungen und Biodiversität heute und in der Zukunft
- » **Methoden der Finanzmathematik** können auch zur Berechnung von Landnutzungsszenarien verwendet werden
- » **Bereits unter rein ökonomischer Zielsetzung** stellen KUP eine interessante Landnutzungsoption dar
- » **Soll zusätzlich die Höhe der N-Düngung** minimiert werden, können KUP einen wichtigen Beitrag leisten

Kurzumtriebsplantagen können eine ökonomische Alternative für Landnutzer darstellen.

Der Hitzesommer 2018, der wärmste Winter 2019/20 seit Beginn der Wetteraufzeichnungen, zusätzlich gewürzt mit mehreren schweren Stürmen: Besonders für Bewirtschafter von Wald, aber auch in der Landwirtschaft ergeben sich vielerorts immer neue Herausforderungen. Doch nicht nur die klimatischen Gegebenheiten in der Landnutzung in Deutschland verändern sich, Planungen müssen heutzutage auch gesellschaftliche Aspekte in vielfältiger Weise berücksichtigen. Diese Multifunktionalität der (Kultur-)

Landschaft wird auch in als Ökosystemleistungen bezeichneten Einzelaspekten deutlich. Sie ist ein zentrales Thema des Forschungsprojekts „Blick in die Zukunft“ (BLIZ) im Rahmen des bayerischen Klimaforschungsnetzwerks *bayklif*.

Multifunktionalität als Herausforderung für Landnutzer

Ein aktuell verstärkt diskutiertes Beispiel aus der Landwirtschaft ist die anstehende Neuauflage der Düngever-

ordnung im Zusammenhang mit Nitratwerten im Grundwasser, also die Bereitstellung von sauberem Trinkwasser. Neben Wald- und Forstwirtschaft stehen daher besonders die Landwirte vor anspruchsvollen Herausforderungen hinsichtlich ihrer Anbau- und Managemententscheidungen.

Das Ziel einer multifunktionalen Landnutzungsplanung ist es also, der Vielfalt unterschiedlicher Anforderungen gerecht zu werden. Am Beispiel bayerischer Ackerbaubetriebe soll dazu im Folgenden dargestellt werden, welches Potenzial Agroforstkulturen im Kurzumtrieb als alternative Bewirtschaftungssysteme bei der Reduzierung der Stickstoffdüngung mitbringen können.

Gewinnorientierung als Ausgangspunkt

Ebenfalls vor dem Hintergrund einer bestmöglichen Verteilung entwickelte der Nobelpreisträger Harry Markowitz bereits 1952 die Portfoliotheorie [6], um die Anteile unterschiedlicher Optionen z. B. beim Anlegen von Geld in Aktienpaketen zu optimieren. Berücksichtigung findet darin sowohl der unterschiedliche Ertrag, das Risiko der einzelnen Alternativen als auch das Prinzip der Risikominderung durch Streuung der Investition auf mehrere Optionen.

Diese Theorie aus der Finanzmathematik lässt sich jedoch auch in der Landnutzungsplanung anwenden. Im Fall der hier betrachteten Ackerbaubetriebe stehen dem Bewirtschafter also verschiedene Kulturpflanzen zur Verfügung, deren Anteile an der Betriebsfläche bestimmt werden sollen. Als ökonomische Kennzahl wird der gebräuchliche Deckungsbeitrag (DB) verwendet, also derjenige Betrag, der nach Abzug der unmittelbaren Produktionskosten (variable Kosten) pro Hektar und Jahr zur Verfügung steht. Damit bildet der mittlere DB als ökonomischer Indikator die Basisversion des Landnutzungsmodells.

Die Quantifizierung des Risikos der verschiedenen Kulturen erfolgt anhand der Standardabweichung des Indikators. Diese statistische Kennzahl berechnet sich aus der jährlichen Schwankung der Deckungsbeiträge, welche sich wiederum aus den Schwan-

„Kurzumtriebsplantagen besitzen als Landnutzungsoption einen hohen Stellenwert.“

SEBASTIAN RÖSSERT

kungen der Preise, Erträge und Erntekosten ergeben.

Für die hier vorgestellten Berechnungen wurden Mittelwerte und Standardabweichungen der Erträge, Preise und Erntekosten in Bayern aus Statistiken und Berechnungen der letzten 20 Jahre verwendet [3, 4, 5, 7]. Als mögliche Optionen der Landbewirtschaftung beinhaltet das Modell die Kulturen Winterweizen, Wintergerste, Silomais, Körnermais, Winterraps, Kartoffeln, Zuckerrüben und Kurzumtriebsplantagen mit Pappeln (KUP). Im Fall der KUP dienen anstatt Deckungsbeiträgen Annuitäten, also im Durchschnitt über die Produktionszeit jährlich erzielbare Erlöse, und deren Standardabweichungen als ökonomischer Indikator. Zur Verdeutlichung der Effekte, die diese agroforstliche Landnutzungsoption mitsich bringt, haben wir die Berechnungen jeweils mit und ohne KUP angestellt. Tab. 1 zeigt die verwendeten Berechnungsgrundlagen aller Landnutzungsoptionen. Um die optima-

len Anteile der hier betrachteten acht möglichen Landnutzungsformen zu ermitteln, ist ein spezielles rechnerisches Verfahren notwendig. Diese Methodik wird im Einführungsartikel von Knoke und Kienlein in dieser Ausgabe von AFZ-DerWald genauer erläutert.

Ergebnisse der gewinnorientierten Optimierung

Als Ausgangssituation dient ein Szenario, bei dem der maximale Deckungsbeitrag die alleinige Zielgröße ausmacht. Abb. 1 stellt hierfür die Ergebnisse der Optimierung mit und ohne der Landnutzungsoption KUP gegenüber, um die (mögliche) Rolle dieses Agroforstsystems zu verdeutlichen. Zunächst sticht ins Auge, dass in der Variante mit Agroforstsystem über alle Level der Unsicherheit die KUP in das Landnutzungsportfolio integriert wird (x-Achse: je höher das Vielfache der Standardabweichung, desto risikoaverser, also weniger Risiko wird akzeptiert). Kartoffeln und Zuckerrüben nehmen aufgrund der hohen erzielbaren Deckungsbeiträge trotz ebenfalls hoher Standardabweichungen in beiden Varianten durchgehend große Anteile von 33 bis 20 % ein.

Bei mäßiger Risikoabneigung ersetzt die Option KUP die Kulturen Winterweizen und Winterraps vollständig. Bei höherer Risikoaversion wird der Körnermais „verdrängt“. Folglich sind bereits bei rein ökonomischer Orientierung der Bewirtschaftung KUP-Anteile von ca. 10 bis 34 % der Fläche vorteilhaft. Dazu muss angemerkt werden,

Indikatorenwerte für die Landnutzungsoptionen

Tab. 1: Für die Optimierung verwendete Berechnungsgrundlagen der Landnutzungsoptionen nach [1, 2, 3, 4, 5, 7]

Tabelle: S. Rössert

Landnutzungsoption	Deckungsbeitrag [€/ha*a]		N-Düngung [kg/(ha*a)]	
	Mittelwert	Standardabweichung	Mittelwert	Standardabweichung
Winterweizen	128	297	144	74
Wintergerste	-85	232	113	54
Silomais	12	328	139	69
Körnermais	49	382	138	69
Winterraps	187	273	140	45
Kartoffeln	3.365	4.542	119	46
Zuckerrüben	595	452	107	72
KUP	422	550	0	0



Landnutzungsverteilung bei gewinnorientierter Optimierung

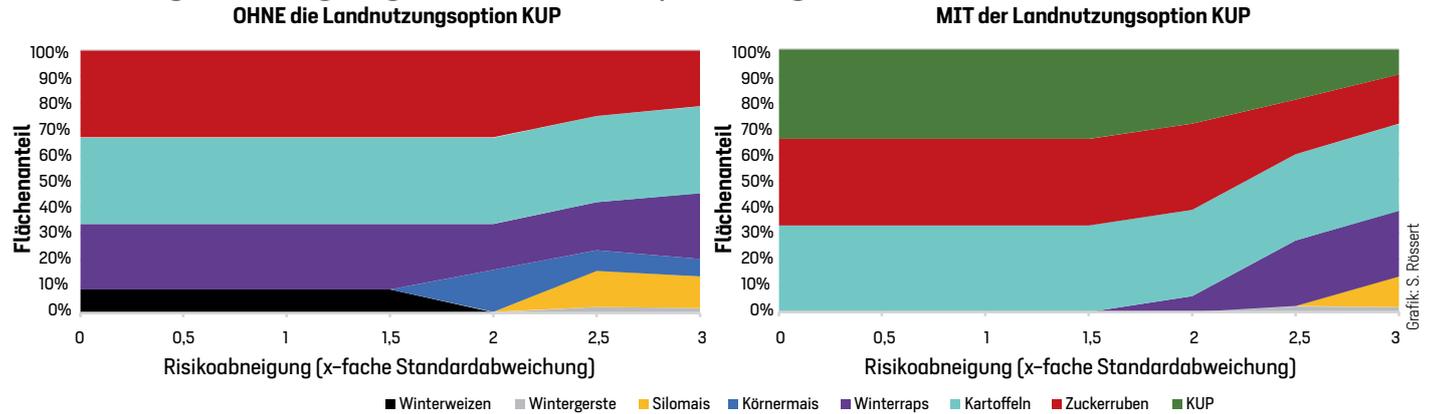


Abb. 1: Ergebnisse der gewinnorientierten Optimierung OHNE (links) und MIT (rechts) der Landnutzungsoption Kurzumtriebsplantage mit Pappeln (KUP). x-Achse: das Vielfache der Standardabweichung als Maß für die Risikoabneigung (0 bedeutet geringe Risikoabneigung, 3 bedeutet sehr starke Risikoabneigung)

Landnutzungsverteilung bei multiobjektiver Optimierung

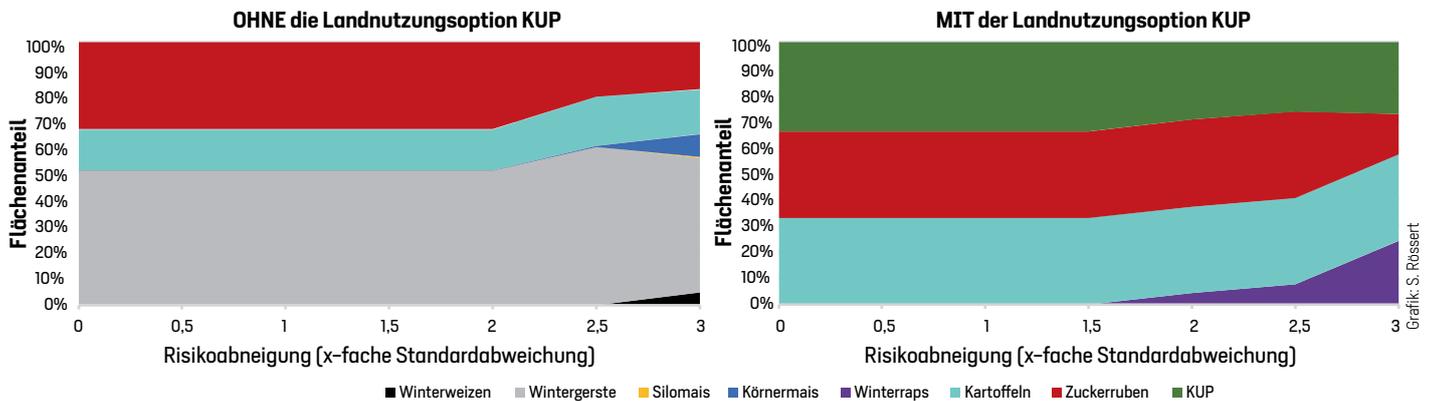


Abb. 2: Ergebnisse der multiobjektiven Optimierung OHNE (links) und MIT (rechts) der Landnutzungsoption Kurzumtriebsplantage mit Pappeln (KUP). x-Achse: das Vielfache der Standardabweichung als Maß für die Risikoabneigung (0 bedeutet geringe Risikoabneigung, 3 bedeutet sehr starke Risikoabneigung)

dass in den Berechnungen z. B. keine Förderprogramme oder Tierhaltung berücksichtigt wurden, die in der Realität die Entscheidungen der Bewirtschafter mitbeeinflussen. Zudem wurden Nachteile von KUP, wie geringere Flexibilität oder kein jährlicher Ertrag, nicht von der Optimierung erfasst.

Höhe der N-Düngung als ökologischer Indikator

Zusätzlich zum im ersten Beispiel verwendeten Deckungsbeitrag wurde die Höhe der N-Düngung in die Optimierung integriert. Die neue Vorgabe für das Optimierungsprogramm lautet also, möglichst hohe Deckungsbeiträge bei gleichzeitig möglichst geringem Einsatz von N-Dünger zu erzielen. Für

KUP wird dabei angenommen, dass keine Stickstoffdüngung erfolgt. Die Düngermengen der Ackerkulturen wurden auf der Basis der Erträge berechnet [1, 2].

Ergebnisse der multiobjektiven Optimierung

Wie Abb. 2 zeigt, verschieben sich die Anteile der Ackerkulturen durch diesen zusätzlichen ökologischen Indikator in den Portfolios ohne die Option KUP sehr deutlich. Lediglich die Zuckerrüben erhalten ähnliche Flächenanteile (33 bis 18 %), Kartoffeln werden nur noch zwischen 16 und 19 % angebaut. Der größte Teil der Landnutzung entfällt mit 51 bis 60 % auf die Wintergerste, weitere Kulturen werden

erst bei 3-facher Standardabweichung (sehr hohe Risikoabneigung) integriert.

Demgegenüber ähneln die Landnutzungsanteile der Variante mit KUP als Landnutzungsoption deutlich stärker der rein ökonomischen Optimierung. Zu beobachten ist jedoch, dass der KUP-Anteil auch bei höherer Risikoaversion mit 26 bis 29 % höher ausfällt. Da durch KUP wie beschrieben eine Option ohne N-Düngung zur Verfügung steht, ist es möglich auf der verbleibenden Ackerfläche höhere Anteile insbesondere von Kartoffeln anzubauen und dennoch die ausgebrachte Düngermenge zu reduzieren. Zudem liegen auch die Erträge der KUP auf einem hohen Niveau (vgl. Tab. 1), eine für die hier verwendete Zielfunktion günstige Kombination.

Vergleiche verschiedener Szenarien

Tab. 2: Einsparungspotenzial von N-Dünger im Vergleich der verschiedenen Szenarien.

Szenario 1: gewinnorientierte Optimierung OHNE Landnutzungsoption KUP; Szenario 2: gewinnorientierte Optimierung MIT Landnutzungsoption KUP; Szenario 3: multiobjektive Optimierung OHNE Landnutzungsoption KUP; Szenario 4: multiobjektive Optimierung MIT Landnutzungsoption KUP.

„Szenario 2 gegenüber Szenario 1“ bedeutet, dass im Szenario 2 zwischen 12 und 75 kg/(ha*a) weniger N-Dünger ausgebracht wird als im Szenario 1.

Tabella: S. Rössert

Vergleich	Einsparungspotenzial von N-Dünger [kg/(ha*a)]	
	von	bis
Szenario 2 ggü. Szenario 1	12	75
Szenario 4 ggü. Szenario 3	27	90
Szenario 4 ggü. Szenario 2	0	60
Szenario 3 ggü. Szenario 1	1	14
Szenario 4 ggü. Szenario 1	36	92

Mit KUP die N-Düngermenge reduzieren?

Deutlich wird, dass bereits in der rein gewinnorientierten Optimierung durch die Integration von KUP eine hohe Einsparung von N-Dünger zwischen 12 und 75 kg/ha und Jahr erreicht wird (vgl. Tab. 2). Ohne KUP als Option werden lediglich 1 bis 14 kg/ha und Jahr weniger durch die multiobjektive Optimierung ausgebracht. Die höchste Einsparung von N-Dünger wird unter multiobjektiver Zielsetzung mit der Landnutzungsoption KUP erreicht. Gegenüber dem ökonomischen Basis-

szenario ohne KUP werden zwischen 36 und 92 kg/ha und Jahr weniger Stickstoffdünger verwendet.

Fazit

Sowohl aus rein gewinnorientierter Perspektive als auch unter dem zusätzlichen Gesichtspunkt einer Reduzierung der N-Düngermenge weisen die Ergebnisse auf einen hohen Stellenwert der Landnutzungsoption KUP hin. Zwar berücksichtigt eine solche Modellierung nicht alle Eigenschaften und Gegebenheiten, liefert jedoch wichtige Ansatzpunkte und Vorinformationen.

Das Projekt „Blick in die Zukunft“ (BLIZ) ist Teil des Bayerischen Klimaforschungsnetzwerks bayklif und wird vom Bayerischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst gefördert. www.bayklif.de/verbundprojekte/bliz

Literaturhinweise:

[1] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Institut für Agrarökologie (13.11.2019): Düngebedarfsermittlung für Acker und Grünland gültig 2020 nach DüV (Excel-Programm), zuletzt abgerufen am 12. März 2020 [2] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): N_{min} - Gehalte Ackerkulturen 2020 (<https://www.lfl.bayern.de/iab/duengung/027122/index.php>), zuletzt abgerufen am 12. März 2020 [3] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL): Variable Kosten aus dem Deckungsbeitragsrechner (<https://www.stmelf.bayern.de/idb/default.html>), zuletzt abgerufen am 4. März 2020 [4] Bayerisches Landesamt für Statistik (Stand 2020): Durchschnittliche Hektarerträge pro Jahr und Kultur, Fürth, zuletzt abgerufen am 4. März 2020 [5] HAUKE, S. (2015): Analyse und ökonomische Optimierung von Kurzumtriebsplantagen (Dissertation), Technische Universität München [6] MARKOWITZ, H. (1952): Portfolio selection. *J. Financ.* 7, 77-91. [7] Statistisches Bundesamt (Destatis) (Stand 2020): Erzeugerpreisindizes landwirtschaftlicher Produkte pro Jahr in Deutschland, zuletzt abgerufen am 4. März 2020



Sebastian Rössert

sebastian.roessert@tum.de,

ist seit 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand an der Professur für Waldinventur und nachhaltige Nutzung (TUM). Prof. Dr. Thomas Knoke ist Leiter der Professur.

Wenn's drauf ankommt, muss es ganz schnell gehen.



Verkehrssicherungsarbeiten mit dem MB-Fällkran entlang von Straßen und Waldwegen. Fällt Bäume auf kleinstem Raum in einem Arbeitsgang.

- ▶ Außerordentlich wendig, dadurch sind nur geringe Absperrmaßnahmen nötig.
- ▶ Wirtschaftlich effizient: Die Baumteile werden in einem Arbeitsgang gefällt und vor Ort konzentriert.
- ▶ Zeitersparnis durch schnelles Arbeiten, Straßensperren sind auf ein Minimum begrenzt.
- ▶ Sehr flexibel durch schnelles Umsetzen zwischen einzelnen Einsatzorten dank 80 km/h-Fahrgestell.



Baumpflege • Spezialfällungen • Wurzelstock-Fräsungen
Großbaumverpflanzung • Rodungen • Fachberatung

MB Baumdienste GmbH
Diplom-Forstwirt Matthias Bauer
65817 Eppstein/Taunus
Fax 0 61 98 / 78 10
service@mb-baumdienste.de
www.mb-baumdienste.de

Aktuelle Referenzen
und weitere Informationen:
Tel. 0 61 98 / 307 55 40