



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Kröber, M., Hank, K., Heinrich, J., Wagner, P.: Ermittlung der Wirtschaftlichkeit des Energieholzanbaus in Kurzumtriebsplantagen – Risikoanalyse mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation. In: Berg, E., Hartmann, M., Heckelei, T., Holm-Müller, T., Schiefer, G.: Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung. Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V., Band 44, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag (2009), S. 127-139.

ERMITTLUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT DES ENERGIEHOLZANBAUS IN KURZUMTRIEBSPLANTAGEN – RISIKOANALYSE MIT HILFE DER MONTE-CARLO-SIMULATION

*Mathias Kröber, Klaus Hank, Jürgen Heinrich und Peter Wagner**

Zusammenfassung

In jüngerer Zeit hat sich die Rolle der Landwirtschaft deutlich gewandelt. Neben der Erzeugung von hochwertigen Nahrungsmitteln stellt für einen Großteil der Branche der Anbau von Energiepflanzen zur Rohstoffgewinnung ein weiteres wichtiges Standbein in der landwirtschaftlichen Produktion dar. Ein Beispiel ist unter anderem die Erzeugung von Holzbiomasse auf landwirtschaftlichen Flächen in Form des Anbaus von schnellwachsenden Baumarten. Eine anhand von Literaturdaten durchgeführte Risikoanalyse der Wirtschaftlichkeit des Anbaus von schnellwachsenden Baumarten in Kurzumtriebsplantagen mittels Monte-Carlo-Simulation zeigt, dass dieser momentan für sich betrachtet zwar in der Mehrzahl der Fälle wirtschaftlich ist, verglichen mit um die Anbaufläche konkurrierenden Marktfrüchten allerdings kaum bestehen kann. Daher wird es schwierig sein, ohne flankierende Maßnahmen Landwirte zu animieren, ihren Beitrag zur Deckung des zukünftigen Biomassebedarfs zur Energieerzeugung durch die Holzproduktion auf landwirtschaftlichen Flächen zu leisten.

Keywords

Risikoanalyse, Monte-Carlo-Simulation, Wirtschaftlichkeit, Kurzumtriebsplantage

1 Aktuelle Rahmenbedingungen und Problematik

Ein Rohstoff von erheblichem Format im Bereich der Biomasse ist das Holz. Neben der stofflichen Nutzung (Papier-, Zellstoff- und Holzwerkstoffindustrie) gewinnt auch die energetische Holznutzung, vor allem zur Wärmegewinnung, zusehends an Bedeutung. So steigt die Nachfrage nach Energieholz sowohl im privaten (Scheitholz-, Hackschnitzel- oder Pelletheizungen) als auch im kommunalen und gewerblichen Bereich (Biomasseheizwerke bzw. -heizkraftwerke). Dieser teilweise explosionsartige Nachfrageanstieg führt vor allem in waldärmeren Gebieten, aber auch in Regionen, die aufgrund eines hohen Anteils an Privatwald durch Schwierigkeiten bei der Holzmobilisierung gekennzeichnet sind (SUDA et al., 2007: 32), dazu, dass in absehbarer Zukunft der Bedarf an Holz für die energetische Nutzung innerhalb dieser Regionen nicht mehr gedeckt werden kann. Aus diesem Grund wird bereits seit einigen Jahrzehnten nach alternativen, außerforstlichen Holzquellen gesucht. Eine Option zur zusätzlichen Produktion von Holzbiomasse, sowohl für die stoffliche, vor allem aber für die energetische Verwertung, bietet dabei der Anbau von schnellwachsenden Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen.

Dieses Produktionsverfahren stellt allerdings besondere Ansprüche an den Landwirt. So ist der Anbau von Energieholz mit deutlich längeren Produktionszeiträumen verbunden. Im Gegensatz zu konventionellen Ackerfrüchten werden die Gehölzplantagen für einen Zeitraum von 20 bis 30 Jahren genutzt, je nach Vitalität der verwendeten Baumart. Der Landwirt bindet also für diesen (für landwirtschaftliche Verhältnisse extrem langen) Zeitraum seine Fläche.

* Dipl.- Ing. Mathias Kröber, Dr. Klaus Hank, Dr. Jürgen Heinrich, Prof. Dr. Peter Wagner, Professur für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Luisenstraße 12, 06108 Halle (Saale), E-Mail: Mathias-Kroeber@web.de.

Weiterhin erfordert die Bewirtschaftung von Kurzumtriebsplantagen einen relativ hohen Kapitaleinsatz, speziell für die Etablierung der Kultur. Da die Beerntung der Fläche, je nach Ertragsfähigkeit des Standortes, nur alle drei bis fünf Jahre stattfindet, ist dieses Anbauverfahren zudem durch unregelmäßige Produktionserlöse gekennzeichnet.

Erschwerend kommt hinzu, dass sich der Energieholzanbau auf Ackerland in Deutschland noch nicht in praxisrelevanten Größenordnungen etabliert hat. Daher können Landwirte zu ihrer Information teilweise nur auf Daten und Ergebnisse von Versuchsflächen zurückgreifen. Dies erschwert die Optimierung des eigenen Anbausystems, beispielsweise aufgrund von fehlenden Sortenempfehlungen für den eigenen Standort.

Erhebliche Unsicherheiten bestehen zudem in der wirtschaftlichen Bewertung des Anbaus von Energieholz auf Ackerland. Dies wird durch eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Ergebnisdarstellungen sichtbar (HOFMANN, 2007: 27 ff; KÜPPERS, 1999; LIEBHARD, 2007: 93 ff; SCHAERFF, 2007a). Dabei ergeben sich die Unterschiede einerseits aufgrund der gewählten Rechnungssystems (z. B. Teil- oder Vollkostenrechnung), andererseits unterstellen die Autoren teilweise sehr unterschiedliche Annahmen (z. B. Baumart, Stecklingskosten, Ertrag, Umtriebszeit, Rückwandlungskosten).

Im Beitrag soll die Wirtschaftlichkeit der Anlage von Kurzumtriebsplantagen mit Hilfe einer umfassenden Auswahl von Literaturdaten ermittelt werden. Da die genauen Kosten und Erlöse, die das Produktionsverfahren für den jeweiligen Bewirtschafter in der Zukunft mit sich bringt, nicht bekannt sind, soll die Berechnung anhand einer Risikoanalyse mittels Monte-Carlo-Simulation erfolgen. Aufgrund der relativ großen Zeitspanne zwischen den jeweiligen Ein- und Auszahlungen kommt die Annuitätenrechnung zur Anwendung, wobei die Kalkulation dynamisch, also mit Verzinsung erfolgt.

Nach einer kurzen Charakteristik des Verfahrens Kurzumtrieb wird das Modell der Monte-Carlo-Simulation genauer beschrieben. Im Anschluss werden die Ergebnisse der Analyse dargestellt, wobei verschiedene Szenarien berücksichtigt werden. Weiterhin erfolgt eine Gegenüberstellung der Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Energieholz auf landwirtschaftlichen Flächen mit um die Fläche konkurrierenden Ackerfrüchten. Schließlich werden im letzten Teil des Beitrages die wichtigsten Erkenntnisse diskutiert und es erfolgt ein kurzer Ausblick.

2 Kurzcharakteristik des Produktionsverfahrens Kurzumtrieb

Obwohl bei der Erzeugung von Energieholz auf Ackerland Bäume (also forstwirtschaftliche Kulturen) zum Einsatz kommen, handelt es sich dennoch um ein landwirtschaftliches Produktionsverfahren. Wichtiges Kriterium ist allerdings, dass die Holzbiomasse mindestens einmal innerhalb von 20 Jahren geerntet werden muss, damit die Fläche den Status landwirtschaftliche Nutzfläche behält und somit auch weiterhin Prämienrechte bezogen werden können.

Typische Baumarten, die in Deutschland zum Einsatz kommen, sind Pappel, Weide und Robinie, teilweise auch Erle oder Birke (UNSELD, 1999: 4).

Der Anbau von schnellwachsenden Baumarten erfolgt in der Regel in zwei verschiedenen Produktionslinien. Dabei wird entweder Energieholz oder Industrieholz erzeugt (HOFMANN, 2007: 15 f). Im Beitrag soll die Energieholzlinie stärker beleuchtet werden, da sie für den Landwirt in der Mehrzahl der Fälle die interessantere Alternative darstellt.

Folgende Arbeitsschritte kennzeichnen das Produktionsverfahren:

- Bodenvorbereitung (Unkrautbekämpfung, Pflügen, Saatbettbereitung)
- Pflanzung der Stecklinge (je nach Baumart, Standort und Ernteziel zwischen 6.000 und 18.000 Stecklinge je Hektar, Pflanzung händisch oder maschinell)
- Pflege während der Etablierungsphase (chemisch oder mechanisch)

- Ernte (vollmechanisiert, teilmechanisiert)
- Stockrodung (nach Ende der Nutzung)

Der Anbau von Energieholz bietet eine große Vielzahl an Gestaltungsoptionen, zwischen denen der Landwirt wählen kann. Wichtig ist, dass er sich über das Produktionsziel (z. B. Hackschnitzelproduktion, Ernte vollmechanisiert mit Häcksler) im Klaren ist, damit er die Plantagenstruktur entsprechend optimal gestalten kann.

3 Das Modell der Monte-Carlo-Simulation

Die Wirtschaftlichkeit des Energieholzanbaus wird durch eine Vielzahl von verschiedensten Parametern bestimmt, die ein Landwirt, der die Etablierung einer solchen Kurzumtriebsplantage in seinem Unternehmen plant, im Vorfeld der Anlage berücksichtigen muss. Dabei handelt es sich einerseits um Größen, die dem Bewirtschafter bekannt sind (z. B. Baumart, Pflanzenzahl, Produktionsziel), da er diese nach eigenem Ermessen festlegen kann. Andererseits fließt allerdings eine Menge von Faktoren ein, die vom Landwirt nicht genau kalkuliert werden kann (z. B. Pflegeaufwand, Biomasseertrag, Hackschnitzelpreis, Rückwandlungskosten). Für diese Faktoren gilt es, geeignete Wertverteilungen zu ermitteln. Mit Hilfe einer Risikoanalyse kann der Bewirtschafter unter Einbezug dieser verschiedenen Werte der jeweiligen Einflussvariable die Bandbreite der möglichen Ergebnisse berechnen und sich auf Grundlage dieser Kalkulationen entscheiden, ob er das Produktionsverfahren in seinem Unternehmen etabliert oder nicht.

„Bei der Monte-Carlo-Methode handelt es sich um ein numerisches Verfahren, bei dem zuerst ein einem gegebenen Problem angepaßtes stochastisches Modell aufgestellt wird und dann die entsprechenden Zufallsgrößen mit Hilfe von Zufallszahlen simuliert werden“ (HENGARTNER und THEODORESCU, 1978: 11). Ihre Bezeichnung verdankt die Methode der Stadt Monte Carlo, die vor allem Bekanntheit durch ihr Spielkasino erlangt hat. Als Geburtsjahr wird in zahlreichen Literaturquellen das Jahr 1949 genannt, wobei die Methode erst mit der Verfügbarkeit von elektronischen Datenverarbeitungsgeräten eine verstärkte Anwendung fand (HENGARTNER und THEODORESCU, 1978: 17; SOBOL, 1991: 9 f). Die Monte-Carlo-Methode wird zur Lösung der verschiedensten Fragestellungen verwendet (ERMAKOW, 1975: 15), unter anderem auch zur Abschätzung von unternehmerischem Risiko in der Landwirtschaft (BAHRS, 2003; RAUH et al., 2007).

Im ersten Schritt wird das Modell konstruiert. Dabei werden die einzelnen unsicheren Eingangsgrößen festgelegt und der Bezug zur Zielgröße beschrieben (HERTZ, 1964: 100; LÜDER, 1979: 225). Danach werden die Wahrscheinlichkeitsverteilungen der als unsicher erachteten Inputparameter geschätzt (LÜDER, 1979: 227). Dazu muss für jede einzelne veränderliche Eingangsgröße (z. B. Hackschnitzelpreis) eine Wahrscheinlichkeitsfunktion aufgestellt werden, damit mit Hilfe des Programms eine Zufallsgröße erzeugt werden kann. So wird allen Stichprobenergebnissen der Zufallsvariable eine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet (PRECHT und KRAFT, 1992: 130). Innerhalb der Zufallsvariablen ist zwischen diskreten und stetigen Variablen zu unterscheiden. Während für eine diskrete Zufallsvariable nur eine endliche Anzahl an Realisationen möglich ist (z. B. Anzahl Erntetage je Jahr), können stetige Zufallsvariablen beliebige Werte annehmen (z. B. Hektarertrag der Plantage). In der praktischen Landwirtschaft liegen in der Regel stetige Zufallsvariablen vor. Das bedeutet, für das Auftreten eines bestimmten Ergebnisses existieren keine einzelnen Wahrscheinlichkeiten, sondern es ist vielmehr nur eine Dichtefunktion verfügbar, welche den Bereich der Ereignisse darstellt, die am wahrscheinlichsten auftreten. Durch Bildung des Integrals unter der entsprechenden Dichtefunktion lässt sich die zugehörige Verteilungsfunktion generieren (PRECHT und KRAFT, 1992: 132 ff). Zur Vereinfachung der eigentlich viel komplexeren Wirklichkeit, die genau betrachtet nur anhand sehr schwieriger Verteilungen (z. B. Normalverteilung) beschrieben werden kann, wird unterstellt, dass die

Wahrscheinlichkeitsvariablen in Form der Dreiecksverteilung vorliegen. Diese Form der Verteilung hat den Vorteil, dass die benötigten Parameter (Minimum, Maximum, Modus) einfach zu erheben sind, sich die Verteilung über einen definierten Wertebereich erstreckt und zudem auch Verteilungen in asymmetrischer Form erfasst werden können (BRANDES und BUDE, 1981: 108). Im dritten Schritt werden die Zufallszahlen erzeugt (LÜDER, 1979: 231). Dies geschieht mit Hilfe eines Zufallsgenerators, der eine im Intervall [0; 1] gleichverteilte Zufallszahl simuliert. Bei den ermittelten Werten handelt es sich genau genommen um Pseudozufallszahlen, da sie anhand eines bestimmten Algorithmus gewonnen werden. Bei gleichem Startwert ergibt sich also auch jeweils die gleiche Folge der Zufallszahlen (ERMAKOW, 1975: 40). Da die Verteilungsfunktion der Dreiecksverteilung auch aus dem Intervall [0; 1] stammende Werte liefert, kann jeder ermittelten Pseudozufallszahl ein Zufallswert zugeordnet werden, indem die Zufallszahl in die Umkehrfunktion der zugehörigen Verteilungsfunktion eingesetzt wird (BERG und KUHLMANN, 1993: 245). Die detaillierten Berechnungsformeln für Dichte-, Verteilungs- und Umkehrfunktion finden sich bei BAHRS (2003: 6) und BERG und KUHLMANN (1993: 244 f). Im vierten Schritt werden die untersuchten Zielgrößen berechnet, indem die mit Hilfe des Computerprogramms simulierten Ereignisse aller Inputvariablen in die Zielfunktion eingesetzt werden. Um ein absolut zufälliges Ergebnis kalkulieren zu können, müssen für jede unabhängige Eingangsvariable eigene Zufallszahlen errechnet werden (LÜDER, 1979: 231). Werden die Schritte drei und vier immer und immer wiederholt, in der Regel einige Hundert Mal, so ergibt sich nach dieser vielfachen Anzahl an Ziehungen eine Menge verschiedenster Ergebnisse (HERTZ, 1964: 102). Die generierte Ergebnismenge stellt dabei die Häufigkeitsverteilung der Zielgröße dar, wobei diese umso einheitlicher wird, je mehr Simulationsläufe durchgeführt werden. Die mit Hilfe der Simulation ermittelten relativen Häufigkeiten sind in etwa identisch mit der Wahrscheinlichkeitsverteilung der Outputgröße (LÜDER, 1979: 231).

4 Berechnung mittels Monte-Carlo-Simulation

Wie im Beitrag bereits beschrieben wurde, ist der Anbau von schnellwachsenden Baumarten in Kurzumtriebsplantagen mit sehr vielen Gestaltungsoptionen verbunden. Für die Berechnung wurden folgende Annahmen gemacht:

- Baumart: Pappel
- Pflanzenzahl: 10.000 Stecklinge je Hektar
- Pflanzung: maschinell
- Düngung: nein
- Ertragsentwicklung: nicht-linear (Festlegung von Ertragsfaktoren:
Ernte: 0,488; 2.Ernte: 1,085; 3./4. Ernte: 1,302; 5.
Ernte: 1,194; 6. Ernte: 0,977; 7. Ernte: 0,651)
- Nutzungsdauer: 21 Jahre
- Umtrieb (Ernte): alle 3 Jahre
- Ernte: vollmechanisiert (Häcksler)
- Vermarktung: zur Ernte (keine Lagerung/Trocknung)
- Standort/Region: mittlere und bessere Bodenqualität, Freistaat Sachsen

Neben diesen feststehenden Parametern ergibt sich für die Berechnung eine Vielzahl von unsicheren Variablen. Dies sind sämtliche Kosten und Erlöse, die während der Plantagenutzung anfallen. Beschrieben werden diese Variablen durch geeignete Verteilungen (hier: Dreiecksverteilung), die aus der Literaturdatenauswahl gewonnen wurden. In Tabelle 1 auf der folgenden Seite sind die dreiecksverteilten Parameter zusammengestellt.

Im Rahmen der Monte-Carlo-Simulation wurden für die beiden Szenarien mittlerer und besserer Standort jeweils 8.000 Simulationsläufe durchgeführt. Der berechnete Kapitalwert wurde nach dem Annuitätenmodell bei einem Kalkulationszinssatz von sechs Prozent über die angenommene Nutzungsdauer von 21 Jahren verrentet. Die auf diesem Weg ermittelte Annuität stellt den durchschnittlichen kalkulatorischen jährlichen Gewinn dar, der über die Nutzungsdauer zu erwarten ist.

Tabelle 1: Dreiecksverteilte Variablen für die Berechnung

Variable	Einheit	Minimum	Modus	Maximum	Mittelwert
Unkrautbekämpfung	€/ha	36,00	36	40,00	37,60
Pflügen	€/ha	72,00	85	114,00	90,38
Saatbettbereitung	€/ha	20,00	32	59,00	37,13
Pflanzgut	€/ha	800,00	1.981,81	2.700,00	1.827,27
Pflanzung	€/ha	180,00	29	500,00	326,00
Pflege	€/ha	44,00	10	179,00	109,33
Ernte	€/t _{atro} ²	10,23	12	17,33	13,32
Transport	€/t _{atro} ²	10,00	11	15,62	12,53
Rückwandlung	€/ha	269,00	96	2.550,00	1.262,89
Flächenkosten	² €/ha	175,00	17	180,00	178,00
Gemeinkosten	² €/ha	133,00	15	179,00	155,33
Ertrag mittlerer SO ³	t _{atro} /ha* a	6,00	9,3	12,00	9,10
Ertrag guter SO	t _{atro} /ha* a	10,00	13	15,00	12,90
Hackschnitzelpreis	€/t _{atro}	75,00	94	110,00	93,00

Quelle: Eigene Annahmen nach verschiedenen Autoren

5 Ergebnisse der Berechnung

Die Wirtschaftlichkeit des Anbaus von Energieholz wird anhand von verschiedenen Szenarien jeweils für einen mittleren und einen besseren Standort im Freistaat Sachsen untersucht. Die dabei unterstellte durchschnittliche Ertragsfähigkeit dieser Böden liegt bei rund neun beziehungsweise 13 Tonnen absolute Trockenmasse (atro) je Hektar und Jahr. Im Ausgangsszenario werden die „ursprünglichen“ Literaturdaten für die Berechnung verwendet. Weiterhin werden mögliche Veränderungen dieser Ausgangssituation betrachtet. Dies betrifft neben einer Förderung der Anlagekosten von 30 Prozent auch eine Hackschnitzelpreiserhöhung um 25 Prozent.

5.1 Ergebnisse Szenario „ursprüngliche Datenauswahl“

Entsprechend der durchgeführten Anzahl an Simulationsläufen ergeben sich sowohl für den mittleren als auch für den besseren Standort jeweils 8.000 verschiedene Werte für den kalkulatorischen jährlichen Gewinn. Die Häufigkeitsverteilungen sind in Abbildung 1 (siehe folgende Seite) dargestellt. Dabei werden die simulierten Annuitäten in einem Bereich von -

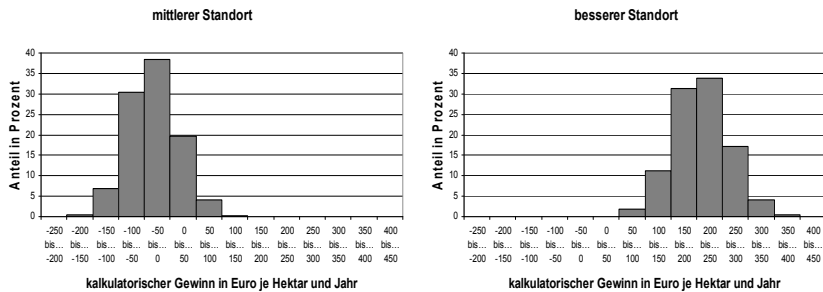
¹ n ... Häufigkeit je Nutzungsdauer

² atro ... absolut trocken

³ SO ... Standort

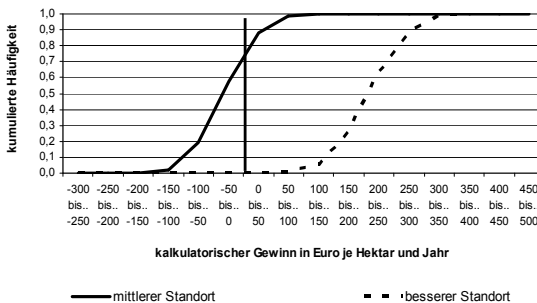
250 bis 450 Euro je Hektar und Jahr in 14 Klassen à 50 Euro eingeteilt. Mit Hilfe der Häufigkeitsverteilung kann die Bandbreite des ermittelten kalkulatorischen Gewinns je Hektar und Jahr dargestellt werden. Weiterhin ist leicht erkennbar, in welchem Bereich der errechnete Gewinn vermehrt auftritt. Eine weitere Möglichkeit, die simulierten Ergebnisse grafisch darzustellen, besteht in der Verwendung von Verteilungsfunktionen (siehe Abbildung 2). Anhand dieser Darstellungsform können Minimal- und Maximalwert der simulierten Gewinnhöhe abgelesen werden. Weiterhin kann leicht festgestellt werden, welcher Prozentsatz des Ergebnisses eine bestimmte kalkulatorische Gewinnhöhe erreicht.

Abbildung 1: Häufigkeitsverteilungen des kalkulatorischen Gewinns für die beiden untersuchten Standortqualitäten - Szenario „ursprüngliche Datenauswahl“



Bei Betrachtung der beiden untersuchten Standortqualitäten wird deutlich, dass auf mittleren Standorten in der Mehrzahl der Fälle ein jährlicher Verlust entsteht. Das Minimum liegt bei -189 Euro je Hektar, das Maximum bei 125 Euro je Hektar, das arithmetische Mittel allerdings mit -27 Euro je Hektar im negativen Bereich. Nur knapp vier Prozent der ermittelten Annuitäten erreichen Werte von 50 Euro je Hektar und mehr. Anders stellt sich die Situation auf besseren Standorten dar. Hier werden je Hektar und Jahr durchweg positive kalkulatorische Gewinne erzielt. Der Minimalwert beträgt 31 Euro je Hektar, das Maximum liegt bei 384 Euro je Hektar und das arithmetische Mittel bei 209 Euro je Hektar. Über die Hälfte der Annuitäten betragen 200 Euro je Hektar und mehr.

Abbildung 2: Verteilungsfunktionen des kalkulatorischen Gewinns für beide Standorte



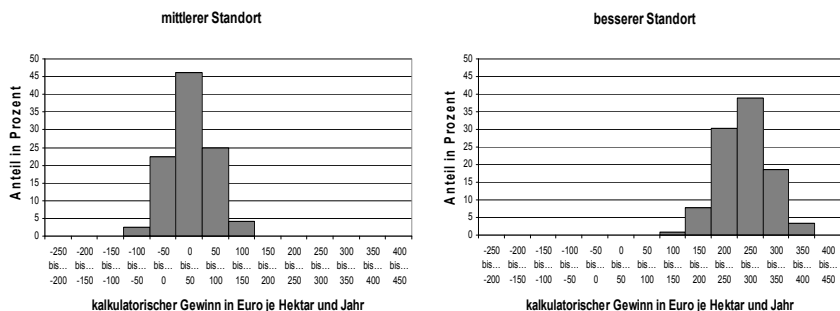
5.2 Ergebnisse Szenario „Förderung“

Im Freistaat Sachsen wird innerhalb der Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur nachhaltigen Entwicklung der Landwirtschaft die erstmalige Anlage von mehrjährigen Energiepflanzen mit bis zu 30 Prozent der Anlagekosten unterstützt. Zuwendungsfähig sind bare Aufwendungen (nach Rechnungsvorlage) für Bodenvorbereitung, Pflanzung, Pflanzgut, Pflege und Wildschutzzaun (SMUL, 2007: 2 f).

Beim hier gewählten Beispiel wird davon ausgegangen, dass der beantragende Landwirt alle in der Richtlinie beschriebenen Zuwendungsvoraussetzungen erfüllt. Bezüglich der Plantagenanlage erfolgen Bodenvorbereitung und Pflege in Eigenregie, die Pflanzung hingegen in Lohnarbeit. Er beantragt demnach Zuschüsse für die Aufwendungen für das Pflanzgut und die Pflanzung und erhält im angenommenen Fall den höchstmöglichen Fördersatz von 30 Prozent. In die Berechnung fließen die identischen Daten ein wie in 5.1. Zusätzlich kommen allerdings im Vergleich zum Ausgangsszenario noch Erlöse in Höhe von 30 Prozent der Aufwendungen für Pflanzgut und Pflanzung hinzu.

Im Ergebnis zeigen sich daher leicht höhere jährliche kalkulatorische Gewinne als im Szenario ohne Förderung. Für den mittleren Standort liegt das arithmetische Mittel der berechneten Annuitäten bei rund 28 Euro je Hektar und Jahr und damit etwa 55 Euro höher als im Ausgangsszenario. Der Minimalwert beträgt -111 Euro je Hektar, der Maximalwert 171 Euro je Hektar. Immerhin drei Viertel aller errechneten Annuitäten liegen im positiven Bereich, ohne Förderung erreichen hingegen weniger als ein Viertel der Ergebnisse diese Schwelle. Auf besseren Standorten beträgt das arithmetische Mittel des jährlichen kalkulatorischen Gewinns knapp 264 Euro je Hektar und liegt damit ebenfalls um rund 55 Euro höher als im Szenario ohne Förderung. Im Minimum werden 100 Euro je Hektar und im Maximum 423 Euro je Hektar und Jahr erzielt. Fast jede vierte Annuität erreicht einen Wert von über 300 Euro je Hektar. In Abbildung 3 sind die Häufigkeitsverteilungen für beide Standorte dargestellt.

Abbildung 3: Häufigkeitsverteilungen des kalkulatorischen Gewinns für die beiden untersuchten Standortqualitäten - Szenario „Förderung“



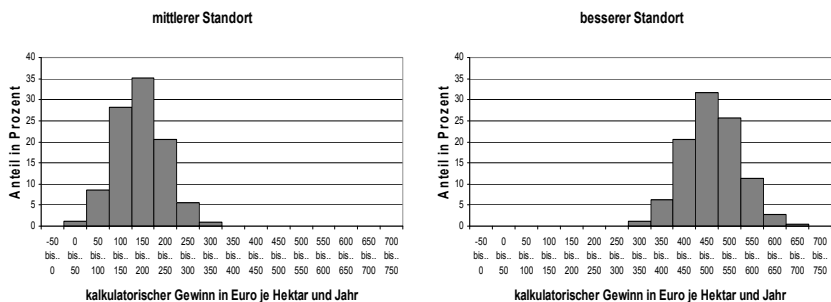
5.3 Ergebnisse Szenario „Steigerung Hackschnitzelpreis“

Aufgrund der stetig steigenden Nachfrage nach Holz und einer damit verbundenen Verknappung des Holzangebotes wird von einer Vielzahl von Fachleuten ein mehr oder weniger deutlicher Preisanstieg für diesen Rohstoff prophezeit oder teilweise bereits mit gewonnenen Daten beschrieben (ZMP, 2008b; BEMMANN, 2007: 3). Dies betrifft sowohl Holzsortimente für die stoffliche als auch für die energetische Verwertung.

Im Beitrag wird von einer Steigerung des Holzhackschnitzelpreises von 25 Prozent ausgegangen. Die Datengrundlage für die Berechnung ist wiederum identisch mit der des Ausgangsszenarios, einzig die Werte für die dreiecksverteilte Variable Hackschnitzelpreis erhöhen sich jeweils um 25 Prozent.

Da sich aufgrund dieser recht deutlichen Steigerung des Preises für Holzhackschnitzel die jährlichen kalkulatorischen Gewinne auf beiden Standorten deutlich erhöhen, muss in der Darstellung der Häufigkeitsverteilungen eine Anpassung im Wertebereich vorgenommen werden. Die simulierten Annuitäten werden in diesem Fall in 16 Klassen à 50 Euro eingeteilt, der Wertebereich erstreckt sich von -50 bis 750 Euro je Hektar und Jahr. Für den mittleren Standort mit einem durchschnittlichen Ertragspotenzial von etwa neun Tonnen absolute Trockenmasse je Hektar und Jahr ergibt sich im arithmetischen Mittel ein jährlicher kalkulatorischer Gewinn von 168 Euro je Hektar. Dieser Wert liegt fast 200 Euro höher als im Ausgangsszenario. Insgesamt liegen die einzelnen kalkulatorischen Gewinne in einem Bereich von -15 Euro je Hektar (Minimum) und 351 Euro je Hektar (Maximum). Auf einem besseren Standort mit einem im Durchschnitt um etwa vier Tonnen höheren Ertragspotenzial beträgt das arithmetische Mittel des jährlichen kalkulatorischen Gewinns rund 486 Euro je Hektar und ist somit um rund 280 Euro höher als im Szenario mit dem „ursprünglichen“ Hackschnitzelpreis. Die Spanne der ermittelten Werte reicht von 277 Euro je Hektar im Minimum bis zu 688 Euro je Hektar im Maximum. Etwas mehr als 40 Prozent der berechneten Annuitäten erreichen Werte von über 500 Euro je Hektar. In Abbildung 4 sind die Häufigkeitsverteilungen für den mittleren und den besseren Standort bei erhöhten Hackschnitzelpreisen dargestellt.

Abbildung 4: Häufigkeitsverteilungen des kalkulatorischen Gewinns für die beiden untersuchten Standortqualitäten - Szenario „Steigerung Hackschnitzelpreis“



6 Vergleich der Ergebnisse mit Ackerfrüchten

Soll eine Aussage zur Anbauwürdigkeit der Feldgehölze getroffen werden, müssen die ermittelten Ergebnisse in einem weiteren Schritt mit um die Fläche konkurrierenden Ackerkulturen verglichen werden. Dabei erscheint es wenig sinnvoll, alle Kulturen in den Vergleich einzubeziehen, da eine Vielzahl von ihnen aufgrund ihrer relativen Vorzüglichkeit innerhalb der Marktfrüchte (z. B. Winterweizen), aber auch aufgrund von Fruchtfolgeaspekten (Blattfrüchte oder Leguminosen) ohnehin nicht aus dem Produktionsprogramm des Landwirtes ausscheiden und durch Energieholzplantagen ersetzt würden. Aus diesem Grund wird in der Folge der Schwerpunkt auf die Getreidearten Winterroggen und Wintergerste gelegt, da es sich hierbei um zwei Kulturen handelt, deren Anbauumfang zugunsten des Energieholzangebotes eingeschränkt werden könnte. Die Rangfolge der Wirtschaftlichkeit

innerhalb der Marktfrüchte ist natürlich kontinuierlich Veränderungen unterworfen, da sie in direktem Maß von Marktpreis und Ertrag der jeweiligen Frucht abhängt.

Um die Ergebnisse des Energieholzanbaus mit denen der Getreideproduktion vergleichen zu können, erfolgt die Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Winterroggen und Wintergerste ebenfalls auf der Basis von Vollkosten. Tabelle 2 auf der folgenden Seite beinhaltet die Datengrundlage für die Berechnung. Dabei ist anzumerken, dass den Ertragswerten der jeweilige Mittelwert der Getreideerträge der Jahre 1998 bis 2006 der sächsischen Landkreise zugrunde liegt. Beim Preis wurden die Quartalswerte vom dritten Quartal 2007 bis zum zweiten Quartal 2008 berechnet.

Tabelle 2: Datengrundlage für den Wirtschaftlichkeitsvergleich der Marktfrüchte

Frucht		Winterroggen	Wintergerste	Wintergerste
Standort		mittel	mittel	Besser
Ertrag (dt/ha)	Minimum	50,40	56,20	64,50
	Modus	58,90	59,80	67,10
	Maximum	70,40	64,30	72,10
Preis (€/dt)	Minimum	17,06	18,32	
	Modus	21,02		
	Maximum	22,49	19,16	
Gesamtkosten (€/ha)	Minimum	835,00	757,00	864,00
	Modus	913,80	867,40	929,20
	Maximum	968,00	910,00	1.025,00

Quelle: eigene Annahmen nach ZMP, 2007, 2008a; SCHAERFF, 2007b

In den Abbildungen 5 und 6 sind die Ergebnisse für die beiden Standortqualitäten dargestellt.

Abbildung 5: Häufigkeitsverteilungen des kalkulatorischen Gewinns von Winterroggen und Wintergerste auf einem mittleren Standort in Sachsen

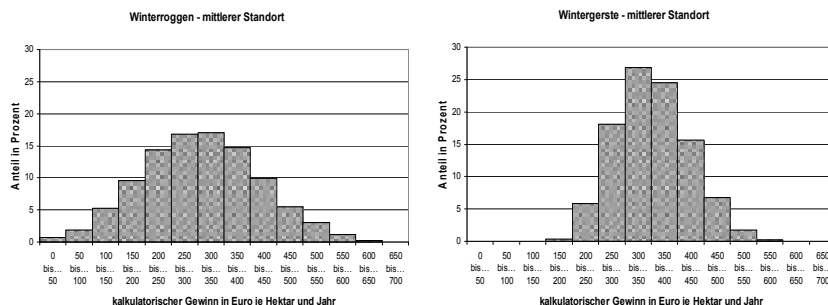
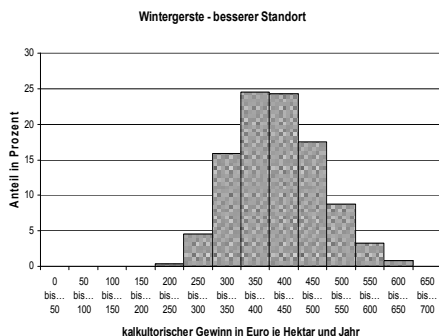


Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung des kalkulatorischen Gewinns von Wintergerste auf einem besseren Standort in Sachsen



So erreicht der Winterbrottroggen auf mittlerem Standort im Durchschnitt einen kalkulatorischen jährlichen Gewinn von rund 305 Euro je Hektar. Die Winterfuttergerste erzielt auf vergleichbarem Standort ein mittleres Ergebnis von etwa 350 Euro je Hektar.

Auf besseren Standorten kann beim Anbau von Winterfuttergerste im Mittel ein jährlicher Gewinn von knapp 415 Euro je Hektar erzielt werden.

Beim Vergleich der Ergebnisse des Getreideanbaus mit denen aus der Produktion von Energieholz werden sehr große Unterschiede ersichtlich. Auf mittleren Standorten erzielen sowohl der Winterbrottroggen als auch die Winterfuttergerste einen durchschnittlichen kalkulatorischen jährlichen Gewinn von mehr als 300 Euro je Hektar. Beim Produktionsverfahren Energieholz stellt sich auf vergleichbarem Standort im Mittel ein kalkulatorischer Verlust von jährlich rund 30 Euro je Hektar ein. Auf besseren Standorten kann mit dem Anbau von schnellwachsenden Baumarten zwar ein durchschnittlicher kalkulatorischer Gewinn von mehr als 200 Euro je Hektar und Jahr erzielt werden, allerdings beträgt die Spanne zur Winterfuttergerste, die einen mittleren jährlichen Gewinn von über 400 Euro je Hektar erzielt, noch immer knapp 200 Euro. Auch die Gewährung von Zuschüssen in Höhe von 30 Prozent der nachgewiesenen baren Aufwendungen für Pflanzgut und Pflanzung kann eine Konkurrenzfähigkeit des Energieholzanbaus nicht herbeiführen. Diese wird erst unter der Annahme erreicht, dass der aktuelle Preis für Holzhackschnitzel um ein Viertel steigt. Dann kann mit der Anlage von Kurzumtriebsplantagen, zumindest auf besseren Standorten, im Durchschnitt ein ähnlich hoher kalkulatorischer jährlicher Gewinn erzielt werden wie mit dem Anbau von Winterfuttergerste. Auf mittleren Standorten müsste der Hackschnitzelpreis um etwa 45 Prozent steigen, um im Durchschnitt vergleichbare kalkulatorische Gewinne je Hektar und Jahr zu erzielen wie beim Anbau von Winterbrottroggen oder Winterfuttergerste.

7 Schlussfolgerungen und Ausblick

Aus den in den Abschnitten fünf und sechs beschriebenen Ergebnissen wird deutlich, dass eine eindeutige Einordnung des Energieholzanbaus in die jeweilige Anbaustruktur des landwirtschaftlichen Unternehmens nach rein ökonomischen Kriterien nicht möglich ist. Gründe dafür sind zum einen, dass sich das Produktionsverfahren in der Praxis noch nicht flächendeckend etabliert hat und damit zahlreiche Parameter, die in die Berechnungen einfließen, nicht ausreichend belastbar sind. Zum anderen sind aufgrund des langen Produktionszeitraums viele Einflussfaktoren unbekannt, was den Betrachter zur Annahme von

zukünftigen Ereignissen zwingt. Mit Hilfe der Risikoanalyse kann allerdings im Unterschied zu statischen Modellen zumindest ein Überblick über die Bandbreite der möglichen Ergebnisse bei Unterstellung bestimmter Annahmen gegeben werden. Für den einzelnen Landwirt besteht die Möglichkeit, unter Verwendung seiner betriebspezifischen Daten, ein speziell für seine Situation zu erwartendes Resultat zu erhalten.

Mit Blick auf die Ergebnisse aus dem Jahr 2007 ist das Produktionsverfahren Energieholz im Vergleich zum Getreideanbau beim momentanen Agrar- und Hackschnitzelpreisniveau nicht konkurrenzfähig. Daher ist anzunehmen, dass sich zumindest ein großflächiger Anbau auf mittel- bis hochproduktiven Ackerflächen in näherer Zukunft nicht durchsetzen wird. Ein gewisses Potenzial für den Energieholzanbau ist dennoch vorhanden. So ist auch nach Aussetzung der Pflichtstilllegung weiterhin eine Vielzahl von Flächen freiwillig stillgelegt. Allerdings stellen diese Standorte nicht automatisch auch potenzielle Plantagenflächen dar, da auch für die Holzproduktion eine gewisse Bodengüte nötig ist, um akzeptable Biomasserträge zu erreichen. Dabei spielt weniger die Ackerzahl als vielmehr die Wasserversorgung die entscheidende Rolle. Aus diesem Grund sind vor allem grundwasserbeeinflusste Standorte oder Flächen in Gebieten mit hohen jährlichen Niederschlagssummen während der Vegetationsperiode sehr geeignet. Auch Böden, die aufgrund von regelmäßiger Vernässung für die landwirtschaftliche Nutzung weniger attraktiv sind, können für die Errichtung von Plantagen, vorzugsweise mit den Baumarten Weide oder Erle, genutzt werden. Weiterhin können Kurzumtriebsplantagen unabhängig von der Standortqualität auf (hoffernen) Klein- und Splitterflächen Vorteile bieten, da sie im Vergleich zu Marktfrüchten weniger intensiv bewirtschaftet werden müssen. Auch ist ein Anbau in Streifenform entlang der Uferbereiche von fließenden oder stehenden Gewässern denkbar, vorausgesetzt die Pflege während der Etablierungsphase der Kultur erfolgt ausschließlich mechanisch. Dadurch kann eine Verhinderung des Nährstoffeintrags in die Gewässer und die Einhaltung der Mindestabstände für den Pflanzenschutzmitteleinsatz gewährleistet werden. Zudem ist die Errichtung von Gehölzstreifen auf großen Ackerschlägen zur Reduzierung der Bodenerosion vor allem aus Sicht des Bodenschutzes sinnvoll und schafft zusätzliches Flächenpotenzial für das Energieholz. Speziell in Südbrandenburg wird der Anbau von Baumplantagen auf rekultivierten Braunkohleabbauflächen als Anbauoption für den Landwirt gesehen, wobei aufgrund der geringen jährlichen Niederschläge einerseits und der relativ armen Standorte andererseits die Verwendung der Robinie empfohlen wird.

Literatur

- BAHRS, E. (2003): Risikoanalyse - Cash Flow Planung in der Schweinemast - Potenziale für eine gesteigerte Informations- und Entscheidungseffizienz. http://www.gil.de/dokumente/berichte/DDD/R9_02-0003.pdf (Abrufdatum: 06.02.08).
- BEMMANN, A. (2007): Rechtliche und betriebswirtschaftliche Rahmenbedingungen beim Anbau schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Vortrag, gehalten im Rahmen des KoNaRo-Fachgespräches „Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen“, 29.01.07, Bernburg. http://lsa-st23.sachsen-anhalt.de/llg/konaro/vortraege/fachgespr8_290107/fg8_bemmann.pdf (Abrufdatum: 15.02.07).
- BERG, E. und F. KUHLMANN (1993): Systemanalyse und Simulation für Agrarwissenschaftler und Biologen. Ulmer, Wiesbaden.
- BOELCKE, B. (2006): Schnellwachsende Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen. Leitfaden zur Erzeugung von Energieholz. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern, Schwerin.
- BRANDES, W. und H.-J. BUDE: (1981): Simulation von Betriebsentwicklungsmodellen mit COMPRI. In: Agrarwirtschaft 30 (4): 105-115.
- CARMEN e.V. (2007): Preisentwicklung bei Waldhackschnitzeln. <http://www.carmen-ev.de/dt/energie/bezugsquellen/hackschnipreise.html> (Abrufdatum: 18.04.07).

- ERMAKOW, S. M. (1975): Die Monte-Carlo-Methode und verwandte Fragen. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.
- HECKER, M. (2006): Holz vom Acker. In: Bauernzeitung 47 (24): 25-26.
- HENGARTNER, W. und R. THEODORESCU (1978): Einführung in die Monte-Carlo-Methode. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin.
- HERTZ, D. B. (1964): Risk analysis in capital investment. In: Harvard Business Review 42 (1): 95-106.
- HOFMANN, M. (1998): Bewirtschaftung schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen im Kurzumtrieb. Merkblatt 11. Forschungsinstitut für schnellwachsende Baumarten. Hannoversch Münden. http://www.dendrom.de/daten/downloads/hofmann_merkblatt.pdf (Abrufdatum: 04.04.07).
- HOFMANN, M. (2007): Energieholzproduktion in der Landwirtschaft. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR), Gülzow. http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_292energieholzprod_2007.pdf (Abrufdatum: 18.12.07).
- KÜPPERS, J. G. (1999): Ökonomische Betrachtung von Pappel-Kurzumtriebsflächen. In: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (Hrsg.): Modellvorhaben „Schnellwachsende Baumarten“ – Zusammenfassender Abschlussbericht, Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“ Band 13, Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster: 433-454.
- LIEBHARD, P. (2007): Energieholz im Kurzumtrieb - Rohstoff der Zukunft. Leopold Stocker Verlag, Graz-Stuttgart.
- LÜDER, K. (1979): Risikoanalyse bei Investitionsentscheidungen. In: Angewandte Planung, Band 3 (1979): 224-233.
- PALLAST, G., T. BREUER und K. HOLM-MÜLLER (2006): Schnellwachsende Baumarten - Chance für zusätzliches Einkommen im ländlichen Raum? In: Berichte über Landwirtschaft 84 (1): 144-159.
- PRECHT, M. und R. KRAFT (1992): Bio-Statistik 1. Oldenbourg Verlag, 5., vollständig überarbeitete Auflage, München-Wien.
- RAUH, S., S. BERENZ und A. HEIBENHUBER (2007): Abschätzung des unternehmerischen Risikos beim Betrieb einer Biogasanlage mit Hilfe der Monte-Carlo-Methode. http://www.wzw.tum.de/gewisola/beitraege-endfassung-pdf/p_104_d2_rauh_gewisola_2007_agecon.pdf (Abrufdatum: 02.01.08).
- RÖHLE, H., K.-U. HARTMANN, C. STEINKE und H. WOLF (2005): Wuchsleistung von Pappel und Weide im Kurzumtrieb. In: AFZ-DerWald 60 (14): 745-747.
- RÖHRICHT, C. und K. RUSCHER (2004): Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten. Fachmaterial der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Dresden.
- SÄCHSISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR UMWELT UND LANDWIRTSCHAFT (SMUL) (2007): Merkblatt zur Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur nachhaltigen Entwicklung der Landwirtschaft (RL-Nr.: LuE/2007, Nr. 2.4). http://www.smul.sachsen.de/de/wu/aktuell/foerderung/download/Baumobst_und_Energiepflanzen.pdf (Abrufdatum: 21.01.08).
- SCHAERFF, A. (2007a): Betriebswirtschaftliche Fragen des Anbaus von schnellwachsenden Baumarten auf Ackerland. Vortrag, gehalten auf der Fachtagung „Schnellwachsende Baumarten“, 17.04.07, Köllitsch. http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/Landwirtschaft/IfI/inhalt/download/SWB_KUP_170407_Schaerff_2_Kennwortschutz.pdf (Abrufdatum: 19.04.07).
- SCHAERFF, A. (2007b): Wirtschaftlichkeit ausgewählter Ackerkulturen. Vortrag, gehalten im Rahmen der Winterschulung am AfL Mockrehna, 04.12.07, Mockrehna. http://www.landwirtschaft.sachsen.de/de/wu/organisation/untere_behoerden/landwirtschaft/mockrehna/downloads/Wirtschaftlichkeit_Marktfruchtbau.pdf (Abrufdatum: 05.08.08).
- SOBOL, I. M. (1991): Die Monte-Carlo-Methode. Deutscher Verlag der Wissenschaften, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage, Berlin.
- STATISTISCHES LANDESAMT DES FREISTAATES SACHSEN: Hektarerträge von Winterroggen und Wintergerste nach Landkreisen, Jahre 1998 bis 2006. <http://www.statistik.sachsen.de>.

- STAUB, B. (2006): Betriebswirtschaftliche Aspekte von Kurzumtriebsplantagen. Vortrag, gehalten auf der HeRo-Fachtagung „Holzenergie vom Acker“, 09.03.06, Bad Hersfeld. http://www.hero-hessen.de/texte/eichhof_staub.pdf (Abrufdatum: 24.04.07).
- SUDA, M., S. SCHAFFNER und G. HUML (2007): Motivieren und mobilisieren – vom Besitzer zum Nutzer. In: Forst und Holz 62 (11): 32-35.
- UNSELD, R. (1999): Kurzumtriebsbewirtschaftung auf landwirtschaftlichen Grenzertragsböden: Biomasseproduktion und bodenökologische Auswirkungen verschiedener Baumarten. Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg im Breisgau. Shaker Verlag. Aachen.
- VETTER, A., A. WERNER und T. HERING (2006a): Energieholz vom Acker. In: Neue Landwirtschaft 2006 (6): 64-66.
- VETTER, A., A. WERNER und G. REINHOLD (2006b): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena. <http://www.tll.de/ainfo/pdf/holz1206.pdf> (Abrufdatum: 15.01.07).
- ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (ZMP) (2007) und (2008a): Erzeugerpreise für Getreide und Raps. In: Bauerzeitung 48 und 49, verschiedene Ausgaben.
- ZENTRALE MARKT- UND PREISBERICHTSTELLE (ZMP) (2008b): Sturmware aufgearbeitet. In: Bauerzeitung 49 (5): 48.