

Loseblatt # 34

VERGLEICHENDE BETRIEBSWIRT- SCHAFTLICHE BEWERTUNG VON AGROFORSTWIRTSCHAFT UND REINKULTURANBAU MIT HILFE DES AGROFORST-RECHNERS

Christian Böhm, Julius Werwoll



Vergleichende betriebswirtschaftliche Bewertung von Agroforstwirtschaft und Reinkulturanbau mit Hilfe des Agroforst-Rechners

Autoren

Christian Böhm, Julius Werwoll

Anschriften und Kontaktdaten

Dr. Christian Böhm, Julius Werwoll, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus
e-mail: boehmc@b-tu.de

Forschungsprojekt

"Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie"

Projektlaufzeit: 01.11.2014 bis 31.07.2019

URL: <http://agroforst-info.de/>

Förderung und Förderkennzeichen:

Die Förderung des Projektes erfolgte durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenprogramms Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)

Förderkennzeichen: 033L129

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Loseblattes liegt bei den Autoren.

Cottbus, den 16.06.2020

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	2
Tabellenverzeichnis	2
Zusammenfassung	3
1 Einleitung	4
2 Datengrundlage.....	5
3 Aufbau und Funktionsweise des Agroforst-Rechners	7
3 Betriebswirtschaftliche Bewertung von Beispielbetrieben	12
3.1 Datenerfassung	12
3.2 Beispielbetrieb A.....	14
3.3 Beispielbetrieb B.....	15
3.4 Beispielbetrieb C.....	17
3.5 Beispielbetrieb D.....	19
3.6 Beispielbetrieb E.....	20
3.7 Sensitivitätsanalyse.....	21
3.8 Annuität in Abhängigkeit von der Ackerzahl bzw. dem Landbaugebiet	22
4 Diskussion und Fazit	22
Literatur	26

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Startbildschirm des Agroforst-Rechners	7
Abbildung 2: Ausschnitt der Anleitung mit Informationen zur Nutzung des Agroforst-Rechners; zu dieser Anleitung gelangt man über den Startbildschirm	8
Abbildung 3: Beispielsicht der Eingabemaske für die Daten der Ackerkulturen, Feld „Direktkosten“	9
Abbildung 4: Beispielsicht der Eingabemaske für die Daten der Gehölzkulturen, Feld „Erlöse“	10
Abbildung 5: Beispielsicht der Eingabemaske für die Daten der Gehölzkulturen, Feld „Etablierungskosten“	10
Abbildung 6: Beispielsicht der Eingabemaske für die Daten der Gehölzkulturen, Feld „energetische Eigenverwertung“	11
Abbildung 7: Beispielsicht der Ergebnisausgabe mit integrierten Risiko-Rechner.....	12
Abbildung 8: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes A, differenziert nach Holzhackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung.....	15
Abbildung 9: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes B, Fläche B1 (Ackerzahl 26 – LBG IV), differenziert nach Holzhackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung.....	16
Abbildung 10: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes B, Fläche B2 (Ackerzahl 30 – LBG III), differenziert nach Holzhackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung.....	17
Abbildung 11: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes C, differenziert nach Holzhackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung.....	18
Abbildung 12: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes D, differenziert nach Holzhackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung.....	19
Abbildung 13: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes E, differenziert nach Holzhackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung.....	21
Abbildung 14: Annuität ausgewählter Ackerkulturen sowie der Gehölze (bei HHS-Verkauf) in Abhängigkeit der Landbaugebiete nach 24 Jahren (Verwendung der Richtwerte für Ackerkulturen und der Bedingungen entsprechend Tabelle 1 für die Gehölzkulturen; für Silomais ist kein Anbau auf LBG V vorgesehen).....	22

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Für alle Beispielbetriebe unterstellte Werteannahmen für die Berechnung der Annuität der Gehölzkulturen, einschließlich der für den Verkauf von Holzhackschnitzeln (HHS) notwendigen Daten	13
Tabelle 2: Mit Blick auf die energetische Eigenverwertung des Holzes für alle Beispielbetriebe zusätzlich unterstellte Werteannahmen für die Berechnung der Annuität der Gehölzkulturen ..	14

ZUSAMMENFASSUNG

Der auf der Internetseite des DeFAF frei verfügbare AgroForstRechner ist eine auf MS Excel basierende Programmoberfläche, mit der die Bewirtschaftung von Gehölzen auf Ackerflächen und der konventionelle Anbau von Ackerfrüchten aus ökonomischer Sicht schnell und flexibel verglichen und bewertet werden kann. Hinsichtlich der Verwendungsmöglichkeiten der Gehölze, sind der Verkauf von Hackschnitzeln, der Vertrieb von Stammholz und die energetische Eigenverwertung von Hackschnitzeln durch KWK-Anlagen kalkulierbar. Der ökonomische Vergleich wird anhand einer Berechnung umfangreicher Eingabeparameter durchgeführt und über eine dynamische Investitionsrechnung durch die betriebswirtschaftlichen Kennzahlen Kapitalwert und Annuität ausgedrückt. Für einige Eingabeparameter kann auf eine integrierte Datenbank zurückgegriffen werden, die dem Nutzer Richtwerte zur Verfügung stellt. Diese dienen als Hilfestellung zu einer verbesserten Abschätzung einzelner Parameter, können aber auch direkt als Anhaltswerte in die Berechnung einbezogen werden.

In diesem Loseblatt werden sowohl die Funktionsweise des Agroforst-Rechners vorgestellt als auch Modellrechnungen für Beispielbetriebe der Untersuchungsregion Südbrandenburg angeführt und ausgewertet. Hierbei steht vor allem die Kurzumtriebswirtschaft der Gehölze bzw. deren energetische Verwertung im Vordergrund.

1 EINLEITUNG

Da die Agroforstwirtschaft in Deutschland bislang noch nicht zu den gängigen landwirtschaftlichen Anbauverfahren zählt, fehlen Erfahrungswerte für eine betriebswirtschaftliche Bewertung dieser Landnutzungsform. Dies ist ein Grund dafür, weshalb viele Landwirtschaftsbetriebe bei der Etablierung von Agroforstflächen zurückhaltend sind. Erschwerend kommt die für landwirtschaftliche Verhältnisse lange Nutzungszeit der Agroforstflächen hinzu. So ist ein betriebswirtschaftlicher Vergleich von Agroforst- und Reinkulturflächen nur unter Beachtung der Gesamtnutzungszeit sinnvoll. Dies bedeutet wiederum, dass der Deckungsbeitrag (Verkaufserlös abzüglich variabler Kosten wie produktionsbedingte Betriebsmittel) als eine in der Praxis übliche Bewertungsgröße nicht herangezogen werden kann. Denn um Kulturen mit unterschiedlicher Produktionsdauer vergleichen zu können, reicht es laut KTBL (2017) nicht aus, die Erfolgsgrößen einzelner Jahre zu betrachten. Vielmehr muss – um einen einheitlichen Flächen- (€/ha) sowie Zeitbezug (€/ha*a) unter Berücksichtigung von Zinseffekten zu gewährleisten – der mehrjährige Gehölzanbau einer wiederkehrenden Fruchtfolge gegenübergestellt werden.

Nach dem KTBL (2017) können Produktionsverfahren mit unterschiedlicher Produktionsdauer nur anhand von Annuitäten hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit sachgerecht verglichen und bewertet werden. Diese werden unter Anwendung der dynamischen Investitionsrechnung ermittelt, die im Vergleich zu statischen Verfahren alle Zahlungsströme und deren zeitliches Auftreten berücksichtigt (Becker et al. 2014). Das heißt, dass sämtliche erzielte Erlöse mit den Kostenpositionen verrechnet und die daraus resultierenden Gewinne und Verluste unter Berücksichtigung eines kalkulatorischen Zinssatzes von Beginn (Investitionsbeginn) an abgezinst werden. Daraus ergibt sich für die einzelnen Jahre jeweils ein Kapitalwert, der sowohl positiv als auch negativ ausfallen kann. Bei der dynamischen Investitionsrechnung handelt es sich um eine gebräuchliche Methode zur Beurteilung von Landnutzungssystemen, die sich insbesondere durch hohe Anfangsinvestitionen auszeichnen (Bemmann et al. 2007; Grünewald et al. 2009).

Der Kapitalwert ist allgemein definiert durch die Summe aller Kosten und Erlöse, die nach einem bestimmten Zeitpunkt anfallen und auf diesen Zeitpunkt hin diskontiert (abgezinst) werden. Aus den Kapitalwerten lässt sich die Annuität berechnen. Diese steht für den theoretischen Betrag, der während des Investitions- bzw. Nutzungszeitraumes jährlich konstant unter Erhaltung des eingesetzten Kapitals als Gewinnbeitrag entnommen werden kann. Die Annuität ist rechnerisch das Produkt aus Kapitalwert und Annuitätenfaktor, der wiederum vom Zinssatz und dem Investitionszeitraum abhängt (vgl. u.a. Böhm et al. 2013).

Der Vergleich der Annuität eines Hektars Agroforstfläche mit jener eines Hektars Reinkulturfläche erfordert für einen Landwirtschaftsbetrieb einen beträchtlichen Zeitaufwand, da gängige in der Praxis verbreitete Programme, wie sie etwa zur Dokumentation der Flächenbewirtschaftung eingesetzt werden, keine derartigen Funktionen aufweisen. Besonders komplex wird die Annuitätenermittlung dann, wenn unterschiedliche Agroforstgehölzflächenanteile und / oder Nutzungszeiträume betrachtet und miteinander verglichen werden sollen. Da solche betriebswirtschaftlichen Abschätzungen und Bewertungen im Vorfeld der Anlage eines Agroforstsystems von großer Entscheidungsrelevanz sind, bedarf es Werkzeuge, mit denen derartige Berechnungen schnell, transparent und unter Nutzung betriebsspezifischer Daten durchführbar sind.

Vor diesem Hintergrund wurde durch die Innovationsgruppe AUFWERTEN der Agroforst-Rechner entwickelt (vgl. Werwoll 2017). Dieser sollte einerseits leicht handhabbar und möglichst einfach strukturiert sein, andererseits aber auch die Berücksichtigung unterschiedlicher Nutzungszeiten und Gehölzflächenanteile, verschiedener Bewirtschaftungsoptionen (z.B. Kurzumtrieb, Astung für Wertholz) sowie individueller Eingangsdaten gestatten. Hieraus resultierend ergaben sich u.a. folgende Anforderungen an den Agroforst-Rechner:

- hohe Kompatibilität mit weit verbreiteten Programmen (vorzugsweise MS Excel),

- übersichtliche und leicht verständliche Programmoberfläche,
- Möglichkeit der Berücksichtigung einer unterschiedlichen Standortgüte,
- Möglichkeit der Berücksichtigung einer großen Spannweite von Nutzungszeiträumen (wenige Jahre bis mehrere Jahrzehnte),
- Möglichkeit der Berücksichtigung einer großen Spannweite des Gehölzflächenanteils,
- Möglichkeit einer individuellen Fruchtfolgegestaltung,
- Möglichkeit der Berücksichtigung von Nebenprodukterlösen,
- Möglichkeit der Berücksichtigung von unterschiedlichen Bewirtschaftungsmaßnahmen in Bezug auf die Agroforstgehölze (Kurzumtrieb, Stammholz),
- Möglichkeit der Berücksichtigung unterschiedlicher Verwertungspfade von Energieholz (Eigenverwertung, Verkauf) unter Berücksichtigung von möglichen Fördermitteln,
- Möglichkeit der Nutzung von Richtwerten sowie der alternativen Eingabe betriebsindividueller Daten,
- ein hohes Maß an Transparenz (detaillierte Aufschlüsselung der Kostenarten und Erlöse),
- direkte Vergleichbarkeit der Landnutzungen und Aufschlüsselung der Annuität nach Nutzungsjahren,
- Risikoabschätzung (Mindestertrag, Mindestpreis),
- Speicher- und Exportmöglichkeit einzelner Szenarien.

Wesentliches Ziel der Entwicklung des Agroforst-Rechners war es somit, insbesondere Beratern und an Agroforstwirtschaft interessierten Landwirtschaftsbetrieben ein kostenfreies Werkzeug in die Hand zu geben, das eine zügige, aber dennoch möglichst genau auf den Betrieb zugeschnittene betriebswirtschaftliche Analyse zulässt. Der Agroforst-Rechner kann von der Internetseite des Deutschen Fachverbandes für Agroforstwirtschaft (DeFAF) e.V. (www.defaf.de) kostenfrei heruntergeladen und genutzt werden.

Im Folgenden werden der Aufbau und die Funktionsweise des Agroforst-Rechners vorgestellt und anschließend Berechnungsbeispiele für die energetische Verwertung von im Kurzumtrieb bewirtschaftetem Agroforstholz auf der Basis realer Daten von südbrandenburgischen Beispielbetrieben angeführt.

2 DATENGRUNDLAGE

Um den Nutzern des Agroforst-Rechners eine schnelle Ergebnisgenerierung ermöglichen zu können, wurden für die Mehrzahl der Parameter Richtwerte angegeben, die für die Berechnung verwendet werden können. Alternativ können jedoch auch individuelle Werte eingetragen werden.

Die Richtwerte für die Ackerkulturen wurden im Wesentlichen der auch in der Praxis verwendeten „Datensammlung für die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg“ entnommen (vgl. Hanff und Lau 2016). Diese Datensammlung wird seitens des Landesamtes für Ländliche Entwicklung, Landwirtschaft und Flurneuordnung des Landes Brandenburg (LELF) regelmäßig aktualisiert. Auch mit Blick auf den Agroforst-Rechner erscheint eine diesbezügliche Aktualisierung – z.B. in Fünfjahresintervallen – durchaus als

sinnvoll, da die Werte allgemein einer hohen Dynamik der sich ändernden agrarpolitischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen unterworfen sind (Hanff und Lau 2016).

Die in dieser Datensammlung angegebenen Daten für die Gehölzkulturen spiegeln lediglich eine Bewirtschaftung im Kurzumtrieb wider. Zudem weichen sie von den in der Praxis gewonnenen Erfahrungswerten zum Teil (z.B. hinsichtlich der Erntekosten) recht stark ab. Daher wurde für diese Richtwerte auf Praxisdaten (vorzugsweise der Projektpartner) zurückgegriffen. Bei Agroforstsystemen mit Stammholzproduktion können die Erntekosten je nach Ausgestaltung der Agroforstfläche sehr stark variieren. Gleiches gilt für Nebenerzeugnisse. Deshalb ist die Angabe bzw. Nutzung von Richtwerten an diesen Stellen nicht sinnvoll.

Die Erträge aus den Gehölzkulturen hängen außer von der Arten- und Sortenwahl auch vom Standort ab (Zehlius-Eckert et al. 2013). Hierbei spielen auch Faktoren wie der Grundwassereinfluss eine bedeutende Rolle. Diese werden durch die Ackerzahl allerdings nur unzureichend abgebildet. Dennoch wurde entschieden, die Richtwerte für die Erträge der Gehölze ebenfalls an den Ackerzahlen auszurichten, da der Anwender für eine erweiterte Standortbewertung entsprechende Daten häufig nicht parat hat und außerdem die Eingabemaske für eine einfache betriebswirtschaftliche Abschätzung zu komplex würde. Um Ertragsüberschätzungen zu vermeiden, wurden – gerade was den Grundwasseranschluss angeht – grundsätzlich ungünstigere Bedingungen angenommen. Die in Abhängigkeit der Ackerzahl unterstellten Erträge sind bei Werwoll (2017) zu finden und basieren auf unveröffentlichten Experteneinschätzungen, die im Rahmen des Projektes AUFWERTEN zusammengestellt worden. Die Vorgehensweise der Verknüpfung von Ackerzahlen mit den zu erwartenden Erträgen der einzelnen Gehölzarten erfolgte anlehnend an Röhle et al. (2010). Bei den Gehölzarten wurde – ebenfalls mangels Erfahrungswerte – lediglich zwischen Weide/Pappel, Robinie und anderen Baumarten differenziert. Für eine genaue, schlagindividuelle Ertragsabschätzung sollte eine Einzelstandortbewertung (insbesondere hinsichtlich der Grundwassertiefe), ggf. unter Berücksichtigung von Messungen des Biomassezuwachses vergleichbarer Standorte, in Betracht gezogen werden.

Da für viele Landwirtschaftsbetriebe das Agroforstholz ein „neues“ Produkt darstellt, für das es gilt, neue Verwertungspfade zu initialisieren, kann der Nutzer des Agroforst-Rechners zwischen den zwei Optionen „Verkauf des Gehölzprodukts“ (als Hackschnitzel oder Stammholz) und „energetische Eigenverwertung durch den Betrieb“ (mittels einer KWK-Anlage), wählen. Zur Kalkulation der Wirtschaftlichkeit der energetischen Eigennutzung von Holzhackschnitzeln (HHS) sind zunächst variable betriebsinterne Daten zum Energieverbrauch notwendig, um die benötigte Anlagengröße zur Deckung des Bedarfs abschätzen zu können. Aus diesen Angaben ergeben sich erst die für die Kalkulation entscheidenden Faktoren, wie Energiekosten des Betriebs, Investitions- und Betriebskosten für die KWK-Anlagen, benötigte Gehölzflächengröße und Erträge für den Betrieb der KWK-Anlagen bzw. für den gewünschten Deckungsgrad des Energiebedarfs. Um die Investitionskosten der Anlagen zu bemessen, kann laut C.A.R.M.E.N. e.V. (2016) ein Wert von 4.500 €/kW_{el} angenommen werden. Die jährlich anzunehmenden Betriebskosten bewegen sich im Bereich zwischen 5 bis 9 % der Investitionssumme für die Anlage (Zeymeyer et al. 2013). Um den Gehölzflächenbedarf für den Betrieb der KWK-Anlage, welche von ihrer Nennleistung her an den Energiebedarf angepasst sein sollte, einschätzen zu können, muss zunächst ein Auslastungsgrad bzw. die Vollbetriebsstunden der Anlage pro Jahr festgelegt werden. Üblicherweise sind 6.000 bis 8.000 Vollbetriebsstunden pro Jahr als wirtschaftlich und darüber hinaus als eine realistische Kennzahl anzusehen (C.A.R.M.E.N. e.V. 2016). Die Anzahl der Vollbetriebsstunden hängt jedoch nach Zeymeyer et al. (2013) direkt vom Nutzungskonzept der Anlage ab und sollte daher für die Eingabemaske variabel bleiben. Für die Maske wird ein Wert von 7.000 Vollbetriebsstunden pro Jahr als Orientierungs- und Kalkulationswert vorgegeben. Über den Brennstoffverbrauch der KWK-Anlage, der den Angaben von Herstellerfirmen wie Spanner oder HKA zufolge zwischen 0,9 und 1,0 kg/kW_{el} liegt, kann der Bedarf an HHS anhand der Vollbetriebsstunden errechnet werden. Daraus kann wiederum anhand der potentiellen Gehölzerträge auf den Gehölzflächenbedarf

geschlossen werden. Für die Eingabemaske wird der Mittelwert von 0,95 kg/kWhel. als Kalkulationswert genutzt. Als Fördermittel kommen die Einspeisevergütung und Direktvermarktung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) oder Zuschläge nach dem Kraft-WärmeKopplungs-Gesetz (KWKG) in Frage. Da die Art und Höhe von möglichen Förderungen in Abhängigkeit der politischen Zielsetzungen sehr stark variiert, ist diesbezüglich eine regelmäßige Aktualisierung des Agroforst-Rechners erforderlich.

Die verwendeten Richtwerte wurden soweit möglich mit Daten von mehreren Landwirtschaftsbetrieben aus dem Untersuchungsgebiet der Innovationgruppe AUFWERTEN auf Plausibilität und Praxisnähe abgeglichen. Hierzu erfolgten ausführliche Interviews mit Vertretern dieser Betriebe.

3 AUFBAU UND FUNKTIONSWEISE DES AGROFORST-RECHNERS

Um eine möglichst hohe Kompatibilität und Anwenderfreundlichkeit zu erreichen, wurde für den Agroforst-Rechner eine auf MS Excel basierende Programmoberfläche programmiert. Diese enthält diverse Eingabemöglichkeiten, wobei eine verpflichtende Eingabe nur bei einigen Parametern erforderlich ist. Der Rechner ist so konzipiert, dass Änderungen der Eingabewerte sich unmittelbar in den Ergebnissen widerspiegeln. Somit können Anwender Effekte von Wertänderungen in Echtzeit nachvollziehen.

Nach dem Öffnen des Agroforst-Rechners erscheint ein Startbildschirm (Abb. 1), der eine Anleitung mit wichtigen Informationen zur Nutzung des Rechners enthält (Abb. 2). Neben dieser ausführlicheren Anleitung kann der Anwender während der Nutzung des Agroforst-Rechners weitere Informationen über diverse Infoboxen abrufen.



Abbildung 1: Startbildschirm des Agroforst-Rechners

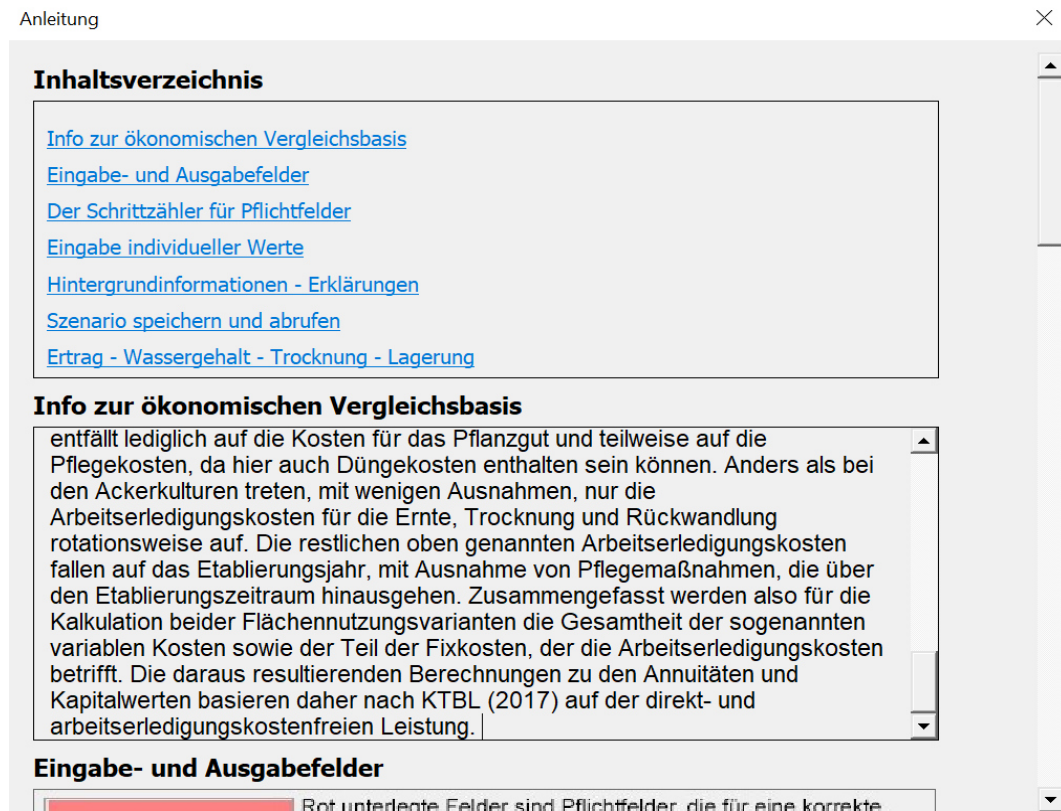


Abbildung 2: Ausschnitt der Anleitung mit Informationen zur Nutzung des Agroforst-Rechners; zu dieser Anleitung gelangt man über den Startbildschirm

Nach Betätigung des „Start“-Feldes (Abb. 1) gelangt der Nutzer auf die in Abbildung 3 dargestellte Oberfläche. Hier sind zunächst für die Berechnung wichtige Grundannahmen anzugeben. Dazu gehören der Kalkulationszeitraum, der Zinssatz für die Abzinsung sowie die Standortgüte. Der Kalkulationszeitraum kann maximal 80 Jahre betragen, das heißt, die Umtriebszeit der Agroforstgehölze darf für die Kalkulation 80 Jahre nicht überschreiten. Für die Agroforstwirtschaft sind Planungen mit längeren Umtriebszeiträumen für die Praxis von geringer Relevanz und damit nicht zweckdienlich. Die Standortgüte wird über die Wahl des Landbaugebietes (LBG) festgelegt. Die Einteilung der landwirtschaftlich genutzten Flächen nach Landbaugebieten ist in Brandenburg gebräuchlich. Sollte der Anwender mit dieser Kategorisierung nicht vertraut sein, kann er über die danebenstehende Infobox ermitteln, welche Ackerzahlbereiche den Landbaugebieten zugeordnet sind.

Im Weiteren sind Informationen zur Fruchtfolge einzugeben. Diese kann bis zu sechs Glieder aufweisen. Zu beachten ist, dass der Kalkulationszeitraum ein Vielfaches der Anzahl der Fruchtfolgeglieder bzw. der für den betrachteten Zeitraum theoretisch möglichen Fruchtfolgewiederholungen sein muss. Neben Hauptfrüchten können auch Zwischenfrüchte berücksichtigt werden. Nach Auswahl der Fruchtarten erscheinen im Feld rechts daneben Richtwerte zu Erlösen, Direktkosten und Arbeitserledigungskosten. Über das Feld „individuell“ können diese Richtwerte durch eigene Angaben ersetzt werden. Hierbei ist es möglich, auch nur einzelne Richtwerte zu verändern. Über die Registerkarte „Gesamtkosten und Gewinn“ ist ein zusammenfassender Überblick abrufbar. Im Feld rechts oben werden in Abhängigkeit der eingegebenen Daten wichtige Parameter wie Kosten und Deckungsbeitrag für die Gesamtlaufzeit angezeigt (Abb. 3).

The screenshot shows the 'Agroforst-Rechner' software interface. At the top, there are navigation links: 'Impressum', 'Anleitung', and 'Szenario Speichern'. The main title is 'AGROFORSTRECHNER' with a step indicator 'Schritt: 3/3'. Below this, there are three main input sections: 'Kalkulationszeitraum' (set to 30 years), 'Abzinsung' (set to 3% interest rate), and 'Standortbedingung' (set to LBG IV). To the right, a summary box shows 'Ergebnisse für Gesamtlaufzeit ohne Abzinsung' with values for Erlös (20264,00 €), Gewinn (3929,50 €), Kosten (16334,50 €), and Deckungsbeitrag (130,98 €). Below these are two more step indicators: 'Schritt: 3/3' and 'Schritt: 4/4'. The main content area is titled 'Ackerkultur' and 'Gehölkultur' with a sub-tab 'Ergebnisse - Vergleich - Risikorechner'. Under 'Fruchtfolge', there are fields for 'Wiederholung nach Jahr' (3) and 'Wiederholungen der Fruchtfolge innerhalb der Gesamtlaufzeit' (10). A table lists crop years 1 to 3 with 'Hauptfrucht' (Silomais, Winterroggen, Hafer) and 'Zwischenfrucht' columns. To the right, there are tables for 'Erlöse', 'Direktkosten', and 'Arbeits erledigungskosten'. The 'Direktkosten' table is highlighted, showing values for Saatgut (136,00 €), Dünger (70,00 €), and Pflanzenschutz (49,00 €) per hectare, with a total of 255,00 €.

Abbildung 3: Beispielansicht der Eingabemaske für die Daten der Ackerkulturen, Feld „Direktkosten“

Im nächsten Schritt erfolgt die Dateneingabe zu den Gehölkulturen (Abb. 4). Auszuwählen ist die Baumart und die Umtriebszeit, wobei der Kalkulationszeitraum durch Letztere teilbar sein muss. Ferner kann der Anwender sich zwischen Verkauf und energetische Eigenverwertung des Holzes entscheiden. Da bei der Kurzumtriebswirtschaft der Holzertrag nach der ersten Ernte in der Regel zunimmt, gibt es außerdem die Option, Ertragssteigerungsfaktoren zu berücksichtigen. Eine weitere veränderbare Eingangsgröße ist der Hackschnitzelpreis. Im Feld „Erlöse“ können Angaben zu Ertrag und Wassergehalt des Holzes gemacht werden. Auch der Trocknungsverlust sowie Trocknungs- und Lagerungskosten können optional angegeben werden.

Im Feld „Etablierungskosten“ können Kosten für Pflanzgut, Pflanzung, Einmessung, Bodenvorbereitung und Pflege berücksichtigt werden. Bei Letzteren sind bis zu sechs Maßnahmen innerhalb der ersten vier Jahre nach Flächenetablierung möglich (Abb. 5).

Bei den Erntekosten können neben den hektarbezogenen Kosten auch Transportkosten für die Erntemaschine eingegeben werden. In dem Feld „Ernte-, Pflege- und Rückwandlungskosten“ besteht zudem die Möglichkeit, nach der Etablierungsphase anfallende Pflegeaufwendungen und Astungskosten zu berücksichtigen. Die hier ebenfalls angegebenen Rückwandlungskosten werden prinzipiell für das letzte Jahr des Kalkulationszeitraumes veranschlagt.

Analog zu den Ackerkulturen sind im oberen rechten Feld auf den Gesamtzeitraum bezogene Ergebnisse abzulesen, z.B. Erlös und Gewinn. Allerdings kann hier – anders als bei den Ackerkulturen – zwischen Verkauf und Eigenverwertung gewechselt werden. Auf diese Weise hat der Nutzer permanent die Möglichkeit, Auswirkungen von Änderungen einzelner Eingabeparameter auf den Gesamtzeitraum zu verfolgen.

AgroforstRechner ×

Innovationsgruppe **AUFWERTEN** Impressum Anleitung Szenario Speichern

AGROFORSTRECHNER Schritt: **3/3** ✓

Kalkulationszeitraum
[Jahre] max. 80
 Info

Abzinsung
Zinssatz [%]
 Info

Standortbedingung
Landbaugesbiet
 Info

Ergebnisse für Gesamtlaufzeit ohne Abzinsung

Verkauf	energet. Eigenverwertung
Erlös [€/ha]	Gewinn [€/ha]
16000,00	7578,25
Kosten [€/ha]	Herstellungskosten Hackschnitzel [€/t]
8618,63	32,32

Schritt: **3/3** ✓ Schritt: **4/4** ✓

Ackerkultur **Gehölkultur** **Ergebnisse - Vergleich - Risikorechner**

Gehölzart
 Info

Umtriebszeit [Jahre]
 Info

Nutzungsart der Hackschnitzel
energet. Eigenverwertung Info

Hackschnitzel-Verkaufspreis
 [€/t] Info

Ertragssteigerungsfaktoren
 ESF-Faktoren Info

Anzahl der Rotationen

Umtriebsart

Erlöse | **Etablierungskosten** | **Ernte-, Pflege- u. Rückwandlungskosten** | **energetische Eigenverwertung**

Erträge

Richtwert Individuell

Ertrag pro Jahr [t/ha] (atro)

pro Rotation für Gesamtlaufzeit
Ø-Ertrag [t/ha]

Gewinn aus Nebenprodukt

Gewinne ab Jahr

Alle x Jahre

Wassergehalt - Lagerung - Trocknung

bei Verkauf | bei energet. Verwertung

Wassergehalt [%] bei Verkauf Info Trockenmasseverlust bei Lagerung [%] Info

Trocknungskosten [€/t]

Investition HHS-Lagerung [€]

Erlöse

Erlös pro Jahr | Erlös pro Rotation | Erlös Gesamt! ◀ ▶

Erlös pro Jahr [€/ha]

Abbildung 4: Beispielsicht der Eingabemaske für die Daten der Gehölkulturen, Feld „Erlöse“

AgroforstRechner ×

Innovationsgruppe **AUFWERTEN** Impressum Anleitung Szenario Speichern

AGROFORSTRECHNER Schritt: **3/3** ✓

Kalkulationszeitraum
[Jahre] max. 80
 Info

Abzinsung
Zinssatz [%]
 Info

Standortbedingung
Landbaugesbiet
 Info

Ergebnisse für Gesamtlaufzeit ohne Abzinsung

Verkauf	energet. Eigenverwertung
Erlös [€/ha]	Gewinn [€/ha]
16000,00	7578,25
Kosten [€/ha]	Herstellungskosten Hackschnitzel [€/t]
8618,63	32,32

Schritt: **3/3** ✓ Schritt: **4/4** ✓

Ackerkultur **Gehölkultur** **Ergebnisse - Vergleich - Risikorechner**

Gehölzart
 Info

Umtriebszeit [Jahre]
 Info

Nutzungsart der Hackschnitzel
energet. Eigenverwertung Info

Hackschnitzel-Verkaufspreis
 [€/t] Info

Ertragssteigerungsfaktoren
 ESF-Faktoren Info

Anzahl der Rotationen

Umtriebsart

Erlöse | **Etablierungskosten** | **Ernte-, Pflege- u. Rückwandlungskosten** | **energetische Eigenverwertung**

Pflanzgutkosten

Richtwert Individuell

Kosten Steckling [€/Stk.]	Anzahl Stecklinge [Stk./ha]
<input type="text" value="0,18"/>	<input type="text" value="9250,00"/>
Pflanzgutkosten [€/ha]	
<input type="text" value="1665,00"/>	

Pflanzkosten

Richtwert Individuell

Kosten Steckling [€/Stk.]	Anzahl Stecklinge [Stk./ha]
<input type="text" value="0,14"/>	<input type="text" value="9250,00"/>
Pflanzkosten [€/ha]	
<input type="text" value="1359,75"/>	

Bodeneinmessung

Bodeneinmessung Individuell

[€/ha] (Jahr 1)

Bodenvorbereitung

Bodenvorbereitung Individuell

[€/ha] (Jahr 1)

Pflegkosten

Anzahl Maßnahmen pro Jahr Bis einschl. Jahr

Richtwert Individuell

[€/ha*a]
 Info

Etablierungskosten

[€/ha]

Abbildung 5: Beispielsicht der Eingabemaske für die Daten der Gehölkulturen, Feld „Etablierungskosten“

10

Möchte der Nutzer das Holz selbst energetisch in einer KWK-Anlage verwerten, so öffnet sich die Registerkarte „energetische Eigenverwertung“ (Abb. 4). Hier können spezifische Daten zum Strom- und Wärmebedarf sowie entsprechende Kosten, aber auch Daten zur geplanten KWK-Anlage eingegeben und Optionen zur Förderung und Vergütung berücksichtigt werden (Abb. 6). Der Anwender bekommt auf der Basis seiner eingegebenen Daten unter dem Feld „Holzhackschnitzel“ u.a. auch die für die Deckung des Wärme- und Strombedarfs benötigte Gehölzfläche angezeigt.

The screenshot shows the 'AGROFORSTRECHNER' software interface. It is divided into several sections:

- Header:** 'Innovationsgruppe AUFWERTEN' logo, navigation buttons for 'Impressum', 'Anleitung', and 'Szenario Speichern', and a progress indicator 'Schritt: 3/3'.
- Input Fields:**
 - Kalkulationszeitraum:** [Jahre] max. 80, set to 30.
 - Abzinsung:** Zinssatz [%], set to 3.
 - Standortbedingung:** Landbaugebiet, set to LBG IV.
- Results Summary (Ergebnisse für Gesamtlaufzeit ohne Abzinsung):**

Ackerkultur		Gehölze	
Verkauf	energet. Eigenverwertung	Verkauf	energet. Eigenverwertung
Erlös [€/ha]	16000,00	Gewinn [€/ha]	7578,25
Kosten [€/ha]	8421,75	Herstellungskosten Hackschnitzel [€/t]	21,05
- Main Input Section (Gehölzkultur):**
 - Gehölzart:** Pappel
 - Umtriebszeit [Jahre]:** 6
 - Nutzungsart der Hackschnitzel:** energet. Eigenverwertung
 - Hackschnitzel-Verkaufspreis:** 40 [€/t]
 - Ertragssteigerungsfaktoren:** Ja
 - Anzahl der Rotationen:** 5
 - Umtriebsart:** Mini Rotation
- Energy Requirements (Energiebedarf und -Kosten):**
 - Ø Strombedarf [kWh/a]:** 300000
 - Strombezugspreis [ct/kWh]:** 25
 - Stromkosten [€/a]:** 75000
 - Kosten Gesamtzeitraum [€]:** 1125000

Abbildung 6: Beispielansicht der Eingabemaske für die Daten der Gehölzkulturen, Feld „energetische Eigenverwertung“

Sind alle gewünschten Eingaben erfolgt, so wird im nächsten Schritt der Ergebnisvergleich ausgeführt (Abb. 7). Hier werden die auf den Gesamtzeitraum bezogenen Annuitäten und Kapitalwerte von Acker- und Gehölzkulturen gegenübergestellt.

Durch die Auswahl „Flächenverteilung für Agroforst“ werden Annuität und Kapitalwert für das Agroforstsystem ausgegeben. Der Gehölzflächenanteil kann dabei stufenlos eingestellt werden. Auch ein Mehraufwand von 5 oder 10 % bei der Flächenbewirtschaftung ist einkalkulierbar.

Mit Hilfe des integrierten Risiko-Rechners ist es zudem möglich, bezüglich der Gehölzkulturen eine Risikoabschätzung durchzuführen. Hierbei kann analysiert werden, ab welchem Holzertrag eine positive Annuität oder die Annuität der Ackerreinkulturfläche erreicht wird. Analog hierzu können diese Annuitätsgrenzen auch mit Blick auf den Hackschnitzel- und Strompreis erstellt werden.

Im rechten Feld sind die Annuitäten und Kapitalwerte für alle Jahre des Kalkulationszeitraumes ersichtlich (Abb. 7). Hier kann zwischen Ackerkultur, Gehölzkultur und Agroforstsystem gewechselt werden, wobei bei der Gehölzkultur und dem Agroforstsystem zusätzlich eine Differenzierung zwischen Verkauf und Eigenverwertung möglich ist. Die Tabellen können einfach kopiert und für weitere Auswertungen in leere Excel-Arbeitsmappen eingefügt werden. Zur Sicherung der Eingabedaten ist es zudem jederzeit möglich, das erstellte Szenario abzuspeichern und bei Bedarf wieder abzurufen.

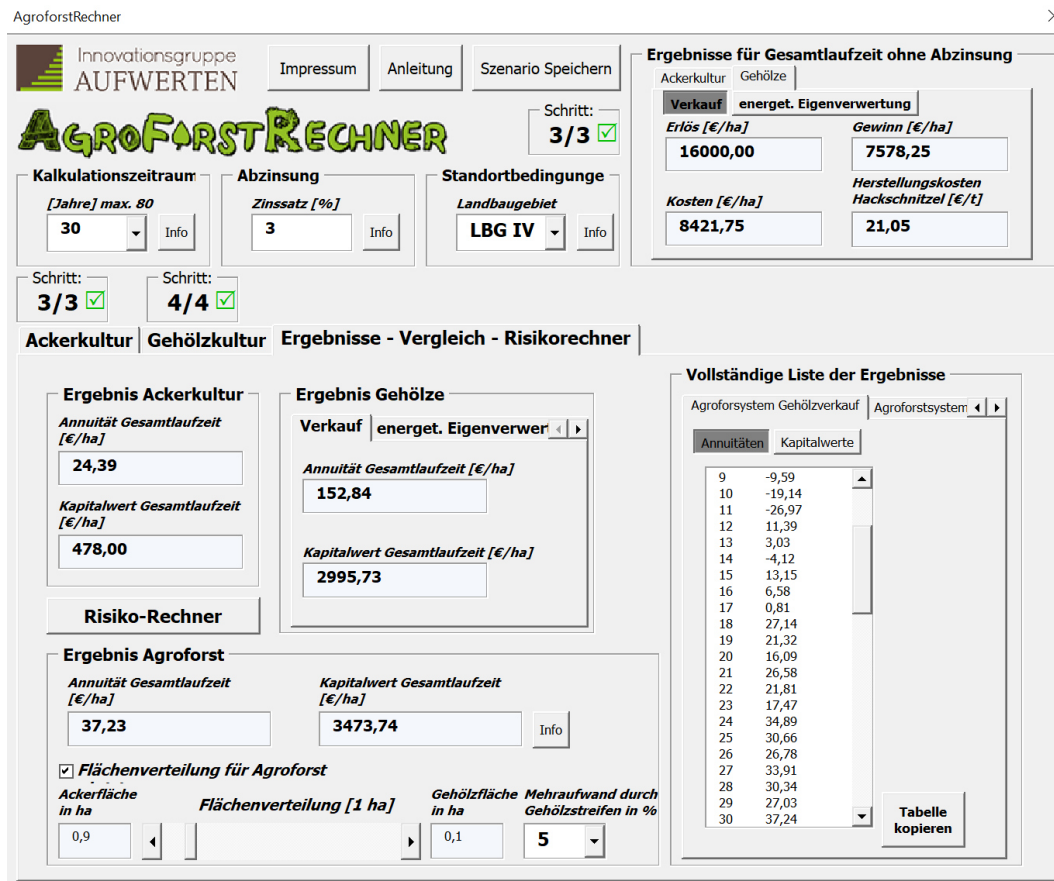


Abbildung 7: Beispielsicht der Ergebnisausgabe mit integrierten Risiko-Rechner

3 BETRIEBSWIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG VON BEISPIELBETRIEBEN

Die folgenden Ausführungen wurden größtenteils der Masterarbeit von Werwoll (2017) entnommen, die im Zuge der Entwicklung des Agroforst-Rechners an der BTU Cottbus-Senftenberg angefertigt wurde.

3.1 Datenerfassung

Um mit Hilfe des Agroforst-Rechners die Wirtschaftlichkeit eines Agroforstsystems beurteilen zu können, wurden zusammen mit der Hochschule Zittau-Görlitz Interviews mit Vertretern unterschiedlich strukturierter Landwirtschaftsbetriebe der Untersuchungsregion Südbrandenburg durchgeführt. Hierbei erfolgte die Abfrage betriebsspezifischer Daten zu Standortmerkmalen, Fruchtfolgen, Ackerkulturenerträgen, Ackerbaukosten und -erlösen sowie zum Wärme- und Strombedarf des Betriebes bzw. des potentiell zu versorgenden Betriebsteiles.

Für die Gehölzkulturen wurden einheitliche, auf die Region Südbrandenburg abgestimmte Werte genutzt, mit der Ausnahme, dass die Ackerzahl bzw. das Landbaugebiet und damit auch die Erträge abweichen können. Ertragssteigerungsfaktoren wurden nicht berücksichtigt. Die Tabelle 1 enthält eine Übersicht zu den verwendeten Eingangswerten für die Gehölzkultur.

Auch die bei energetischer Eigenverwertung notwendigen Investitionskosten und Fördermöglichkeiten wurden bei allen Betrieben einheitlich unterstellt. Hierzu sei auf Tabelle 2 verwiesen. Die Berechnungen zur energetischen Eigenverwertung des Agroforstholzes erfolgten auf der Grundlage, dass der betriebseigene Strombedarf zu 100 % gedeckt wird. Das heißt zum einen, dass genau



so viel Gehölze angebaut werden bis der Eigenbedarf komplett gedeckt ist und zum anderen, dass eine mögliche Stromeinspeisung in dieser Modellrechnung nicht vorgesehen ist. Zusätzlich verlängert sich die betrachtete Laufzeit bei der energetischen Eigenverwertung um 4 Jahre, da sich der Betrachtungszeitraum aufgrund der unterstellten Rotations- bzw. Umtriebszeit von 4 Jahren (Tab. 1) nach der letztmaligen Ernte verschiebt (vgl. Werwoll 2017). Bei der Betrachtung von Agroforstsystemen wird allerdings die Gesamtlaufzeit der energetischen Eigenverwertung aus Berechnungsgründen an die der Ackerkulturen, also auf 24 Jahre, angepasst. Es gilt also zu berücksichtigen, dass in diesem Fall die Hackschnitzel-Verwertungslinie der letzten Rotation nicht einkalkuliert ist

Ferner sei darauf verwiesen, dass Trocknungs- und Lagerungskosten für HHS aufgrund der Vielzahl individueller Handhabungsmöglichkeiten innerhalb der Betriebe nicht einbezogen wurden. Gleiches gilt auch mit Blick auf das Erntegut der Ackerkulturen.

Nach Becker et al. (2014) und Bärwolff et al. (2012) kann ein Wassergehalt von unter 30 % allein durch natürliche Trocknung bei einfacher Lagerung z.B. als Haufwerk erreicht werden. Mit der Trocknung in Zusammenhang stehende Biomasseverluste wurden nicht berücksichtigt. Der in Tabelle 1 für das HHS-Verkaufsszenario angegebene Erzeugerpreis von 72 €/t entspricht Angaben zu den Hackschnitzel-Preisdaten für das 3. Quartal 2017 von C.A.R.M.E.N e.V. bei einem Wassergehalt von 35 % für nördliche Regionen Deutschlands inklusive Brandenburg.

Das unterstellte Verhältnis zwischen Ackerkultur- und Gehölzkulturflächenanteil des für die Szenarien genutzten Agroforstsystems betrug 85 % (Ackerkultur) zu 15 % (Gehölzkultur). Für die Bewirtschaftung des Agroforstsystems wurde ein Mehraufwand für alle Arbeitserledigungskosten von 5 % einkalkuliert. Mögliche Mehrerträge wurden nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Für alle Beispielbetriebe unterstellte Werteanahmen für die Berechnung der Annuität der Gehölzkulturen, einschließlich der für den Verkauf von Holz hackschnitzeln (HHS) notwendigen Daten

Parameter	Einheit	Wert
Zinssatz	%	4
Gesamtlaufzeit	Jahre	24
Umtriebszeit	Jahre	4
Rotationen	Anzahl	6
Gehölzart	/	Pappel
Ertragssteigerungsfaktoren (ESF)	/	Nein
Wassergehalt der HHS bei Verkauf	%	35
Erzeugerpreis für HHS	€/t	72
Flächeneinmessung	€/ha	75
Bodenvorbereitung	€/ha	250
Pflanzgutkosten (9.250 Stecklinge/ha)	€/ha	1665
Pflanzkosten (9.250 Stecklinge/ha)	€/ha	1295
Pflegekosten bis einschl. Jahr 2	€/ha	520
Erntekosten	€/ha	660
Option Transportkosten Häckslers (> 5 km)	/	Nein
Rückwandlungskosten	€/ha	1000

Tabelle 2: Mit Blick auf die energetische Eigenverwertung des Holzes für alle Beispielbetriebe zusätzlich unterstellte Wertannahmen für die Berechnung der Annuität der Gehölzkulturen

Parameter	Einheit	Wert
Laufzeit	Jahre	28 (bei Agroforstwirtschaft 24)
Wassergehalt bei Nutzung	%	10
Betriebsstunden	h	7.000
Deckung des Strombedarfs	%	100
Börsenpreis Strom	ct/kWh	2,90
EEG-Umlage für Eigennutzung Strom	ct/kWh	2,75
Vergütung durch	/	Zuschlag nach KWKG
Investitionskosten Anlagen	€/kW elektrisch	4.500
Betriebskosten Anlagen	% der Investitionskosten	7
Hackschnitzelverbrauch Anlagen	kg/kW elektrisch	0,95

3.2 Beispielbetrieb A

Betrieb A besitzt Betriebszweige in den Bereichen Pflanzen-, Milch- und Mastrindproduktion. Für die Milchproduktion werden rund 600 Milchkühe gehalten. Der Mastrinderstall ist mit etwa 450 Tieren belegt. Die Abteilung Pflanzenproduktion bewirtschaftet eine Gesamtfläche von rund 2.200 ha landwirtschaftlicher Fläche. Das für den Betrieb typische Pflanzenproduktionsspektrum umfasst im Wesentlichen Grünlandflächen zur Heugewinnung, Futterpflanzen wie Mais und Ackergras (Silage) für die Rinderzucht, Getreide, Zuckerrüben, Körner- und Silomais, Raps sowie Speise- und Stärkekartoffeln. Für die Berechnung wurde folgende für den Betrieb typische Fruchtfolge unterstellt: Winterweizen (Jahr 1), Zuckerrübe (Jahr 2), Winterweizen (Jahr 3), Wintergerste (Jahr 4).

Die Beispielfläche des Betriebs wird mit einer Ackerzahl von 45 bewertet und kann somit noch dem Landbaugebiet II zugeordnet werden. Hinsichtlich des Energiebedarfs des Landwirtschaftsbetriebs, der in diesem Fall für den Betriebsteil mit Rinderhaltung veranschlagt wurde, ist ein durchschnittlicher jährlicher Strombedarf von ca. 510.000 kWh in die Kalkulationen zur energetischen Eigenverwertung von HHS einzubeziehen. Daraus ergeben sich bei einem für den Betrieb zu zahlenden Strompreis von 21 ct/kWh Stromkosten von 107.100 € im Jahr, die dem Betrieb der Milchviehanlage, wie Melkkarussell oder Milchkühltank, zugeschrieben werden können. Der weitere Strombedarf für Stallbelüftung oder Sozialgebäude wird bereits über eigene Photovoltaikanlagen gedeckt und wurde in den Berechnungen nicht berücksichtigt. Der jährliche Wärmebedarf des Betriebes, der größtenteils auf die Sozialgebäude entfällt, wird über 8.450 l Heizöl gedeckt, mit denen ca. 82.700 kWh im Jahr bereitgestellt werden. Bei einem Heizölpreis von 0,40 €/l entstehen dafür einzukalkulierende Kosten für Wärme von rund 3.380 € im Jahr.

Der in Abbildung 8 dargestellte Annuitätenverlauf zeigt, dass die Ackerkulturen in der gewählten Fruchtfolge nach der Gesamtlaufzeit von 24 Jahren mit einem Wert von 126 €/ha eine deutlich niedrigere Annuität als der reine Gehölzkulturanbau mit 414 €/ha (Verkauf) bzw. 534 €/ha (nach 28 Jahren bei energetischer Eigenverwertung) aufweisen. Somit wäre der Gehölzanbau – bezogen auf die Gesamtnutzungszeit – sowohl bei Verkauf der HHS als auch bei energetischer Eigenverwertung betriebswirtschaftlich lukrativer als der gegenwärtig betriebene Ackerfruchtanbau (Abb. 8).

Die hohe Annuität der Option „energetische Eigenverwertung“ verweist darauf, dass dieser Nutzungsvariante nach einem Betrachtungszeitraum von 28 Jahren, trotz des geringen Wärmebedarfs

des Betriebes, den größten ökonomischen Vorteil besitzt. Aufgrund der Verlaufskurven kann zudem davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse bei einer deutlich längeren Gesamtlaufzeit zunehmend eindeutiger zugunsten der energetischen Verwertung der Gehölze ausfallen.

Das Agroforstsystem weist nach 24 Jahren eine Annuität von 151 €/ha bei Verkauf sowie rund 158 €/ha bei energetischer Eigenverwertung der Hackschnitzel auf und ist somit der konventionellen Ackernutzung gegenüber als wirtschaftlicher einzuschätzen. Da der Gehölzanbau auf dieser Fläche langfristig als ökonomisch vorteilhafter einzuschätzen ist, steigt die wirtschaftliche Rentabilität bei agroforstlicher Nutzung mit zunehmendem Gehölzflächenanteil. Der prognostizierte Amortisierungszeitraum der Investition in Etablierung und Pflege der Gehölzstreifen bei Verkauf liegt bei 7 bis 8 Jahren. Nutzt der Landwirt die Hackschnitzel jedoch energetisch selbst, so liegt die Amortisationszeit aufgrund der höheren Anfangsinvestition (KWK-Anlage) bei über 11 Jahren.

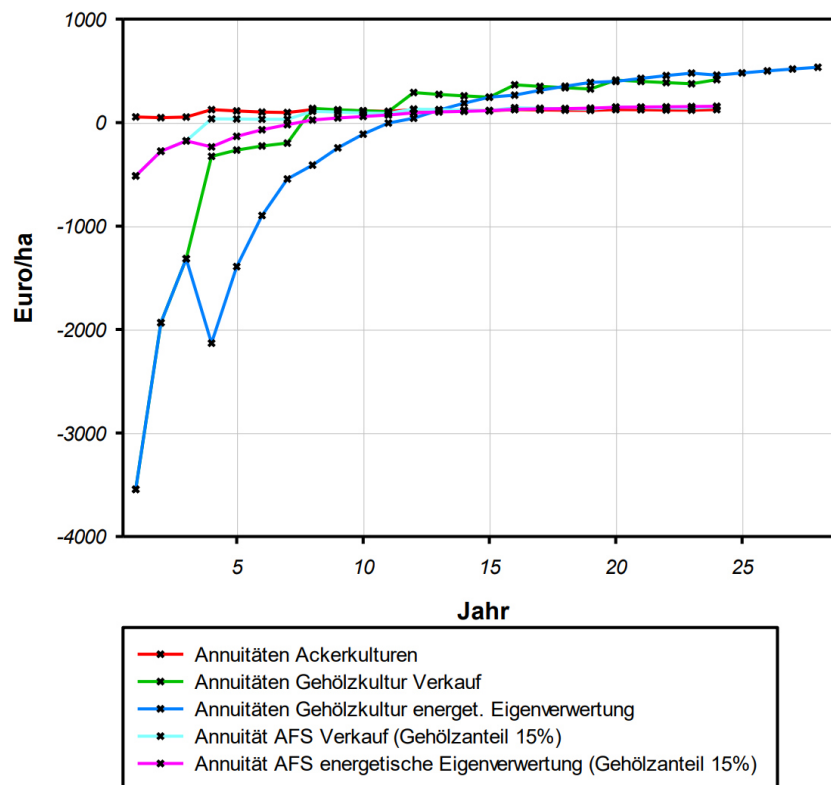


Abbildung 8: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes A, differenziert nach Holz hackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung

3.3 Beispielbetrieb B

Die Produktionszweige des Landwirtschaftsbetriebes B lassen sich in Pflanzen-, Milch- und Mast-rinderproduktion, unterteilen. Zur Pflanzenproduktion werden rund 2.290 ha Fläche mit einer durchschnittlichen Bodenzahl von 35 bewirtschaftet, wovon ca. 420 ha als Grünlandflächen bewirtschaftet werden, auf denen rund 400 Schafen eine Weidehaltung ermöglicht wird. Der Schwerpunkt der Tierproduktion liegt in der Haltung von ca. 460 Milchkühen, die etwa 12.000 l Milch pro Tag produzieren. Zusätzlich befinden sich rund 780 Tiere in der Kälber-, Jungrinder- und Mast-bullenaufzucht. Jährlich produziert der Betrieb ca. 1.000 t Raps, 7.000 t Getreide und andere Mähdruschfrüchte sowie das Futter für die eigenen Tierbestände (ca. 10.000 t Grundfutter (selbsterzeugtes Heu, Grassilagen und Silomais) und 1.500 t Stroh pro Jahr).

Für diesen Betrieb wurden zwei Flächen mit unterschiedlicher Standortgüte und Fruchtfolge betrachtet. Als Fruchtfolge für Fläche B1 wurde die dreigliedrige Fruchtfolge Winterroggen (Jahr 1),

Winterroggen (Jahr 2), Silomais (Jahr 3) unterstellt. Für die zweite Fläche (B2) wurde die Fruchtfolge Winterweizen (Jahr 1), Wintergerste (Jahr 2), Winterraps (Jahr 3) angenommen. Die Beispielflächen B1 und B2 des Betriebs werden mit den Ackerzahlen von 26 und 30 bewertet und sind somit den Landbaugebieten IV und III zuzuordnen.

Der Betrieb hat einen durchschnittlichen Jahresstrombedarf von 196.000 kWh. Daraus ergeben sich bei einem Bezugspreis von 24 ct/kWh Stromkosten von rund 47.000 €/a. Diese gehen hauptsächlich aus dem Betrieb der Milchviehanlagen hervor. Der Wärmebedarf beschränkt sich auf die Beheizung der Sozialgebäude mit Propangas bei jährlichen Kosten von rund 800 €. Eine Getreidetrocknung durch zusätzlich erzeugte Wärmeenergie oder Abwärme ist für den Betrieb eine zukünftige Option. Laut Angaben des Betriebs stehen Flächen zur Trocknung und Lagerung von Hackschnitzeln zur Verfügung.

Die in Abbildung 9 aufgeführten Annuitätsverläufe der Fläche B1 (26 Bodenpunkte – LBG IV) zeigen, dass die genutzte Fruchtfolge der Ackerkulturen im Reinkulturanbau über den gesetzten Zeitraum von 24 Jahren einen deutlich höheren Gewinn als die Gehölze im Verkauf aufweist und somit wesentlich wirtschaftlicher ist. Nach Ablauf des Betrachtungszeitraums hat der Ackerreinkulturanbau eine Annuität von 290 €/ha. Diese ist fast dreimal so hoch wie jene bei einem Gehölzreinkulturanbau (101 €/ha bei HHS-Verkauf). Aufgrund der geringen Annuität der Gehölzkulturen, aber wegen des berücksichtigten Mehraufwandes bei der Bewirtschaftung von Gehölzstreifen ist die Variante Agroforstsystem mit anschließendem Verkauf von HHS ebenfalls als wirtschaftlich unvorteilhaft anzusehen. Die Annuität beträgt hier nach 24 Jahren 243 €/ha und bei Unterstellung einer energetischen Eigenverwertung 270 €/ha. Würde hier der längere Betrachtungszeitraum der Gehölzkulturen (28 Jahre) auch bei Agroforstwirtschaft berücksichtigt, so wäre der Unterschied zur Ackerreinkultur nicht nennenswert. Aus dem Verlauf der Graphen lässt sich auch erkennen, dass eine erheblich längere Laufzeit dazu führen würde, dass die Annuität des Gehölzkulturanbaus – zumindest bei energetischer Eigenverwertung – jene der Ackerreinkultur übersteigt (Abb. 9).

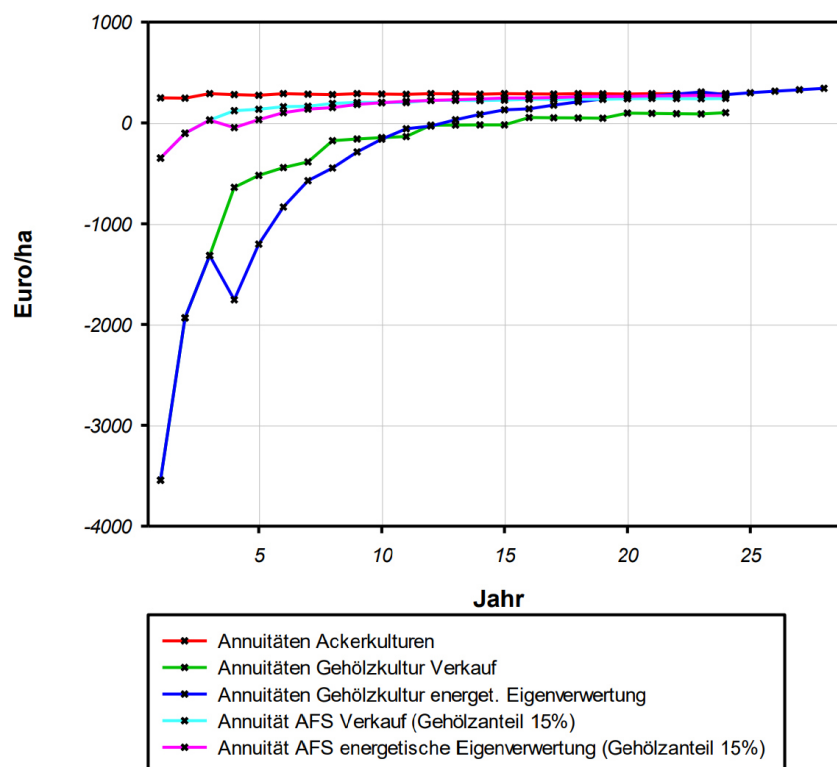


Abbildung 9: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes B, Fläche B1 (Ackerzahl 26 – LBG IV), differenziert nach Holzhackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung

Für die Fläche B2, die mit einer Bodenzahl von 30 (LBG III) etwas ertragsstärker ist als die Fläche B1, zeigt sich eine deutlich kürzere Amortisierungszeit der Gehölzkulturen (Abb. 10). Der Anbau von Gehölzkulturen ist aus wirtschaftlicher Sicht auf dieser Fläche also deutlich lukrativer. Die Annuitäten beider Reinkulturen liegen am Ende der Gesamtlaufzeit bei 327 €/ha für die Ackerkulturen und 414 €/ha für die Gehölze bei einem Verkaufsszenario. Bei einer über den Betrachtungszeitraum hinausgehenden Gesamtlaufzeit, ist mit einer zunehmenden Divergenz der Annuitäten zugunsten der Gehölzkulturen zu rechnen. Am wirtschaftlich sinnvollsten ist auf der Fläche B2 der Gehölzanbau mit energetischer Eigenverwertung. Die Annuität beträgt hier nach 24 Jahren 702 €/ha und nach 28 Jahren 779 €/ha (Abb. 10).

Das Agroforstsystem weist im letzten Jahr eine Annuität von 321 €/ha bei Verkauf der HHS auf und liegt damit nahezu gleichauf mit der konventionellen Ackerreinkulturbewirtschaftung der Fläche. Ein Agroforstsystem, dass unter der Annahme der energetischen Eigenverwertung der Hackenschnitzel bewertet wird, kann nach 24 Jahren eine Annuität von rund 364 €/ha erzielen. In beiden Fällen ergibt sich durch einen Gehölzflächenanteil von 15 % kein ökonomischer Nachteil für den Landwirtschaftsbetrieb, eher ein nennenswerter Vorteil.

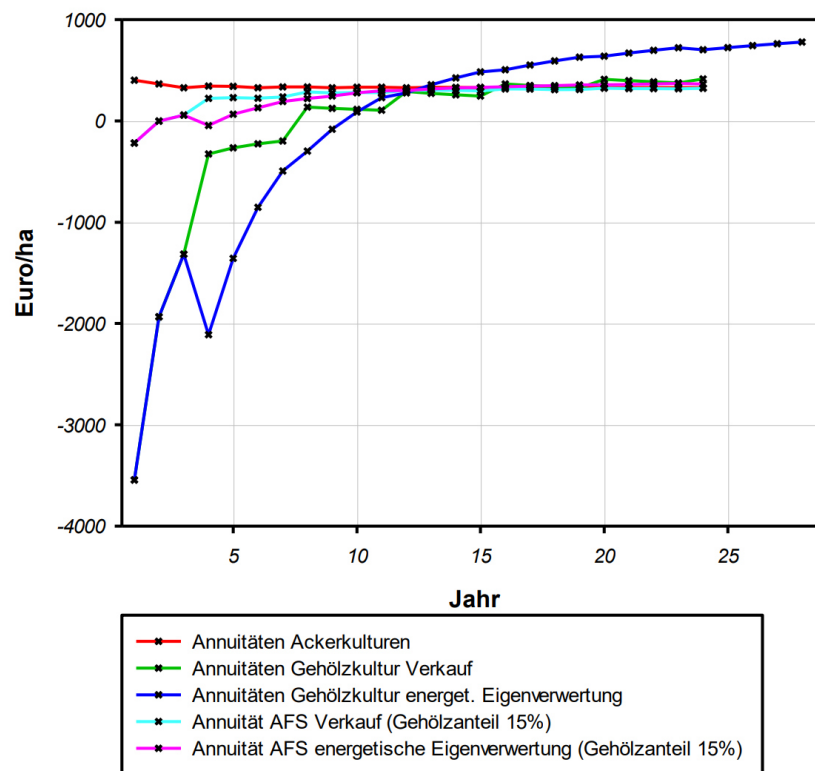


Abbildung 10: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes B, Fläche B2 (Ackerzahl 30 – LBG III), differenziert nach Holzhackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung

3.4 Beispielbetrieb C

Beispielbetrieb C hat Betriebszweige in den Richtungen Pflanzenproduktion, Mutter- und Milchkühhaltung sowie Mastbullenaufzucht. Die Pflanzenproduktion findet auf einer Gesamtfläche von rund 2.600 ha statt, von der etwa 1.900 ha als Ackerland und 750 ha als Grünland bewirtschaftet werden und dem Anbau von Marktfrüchten und der Produktion von Futtermitteln für den eigenen Tierbestand dienen. Unter dem Tierbestand von ca. 1.300 Rindern sind etwa 400 Milchkühe, 350 Mutterkühe und 550 Jungrinder- und Schlachtvieh.

Eine für den Betrieb typische und für die betriebswirtschaftliche Bewertung genutzte Fruchtfolge ist: Winterweizen (Jahr 1), Winterraps (Jahr 2), Wintergerste (Jahr 3), Winterweizen (Jahr 4), Ackererbsen (Jahr 5).

Die Beispielfläche des Betriebes wurde mit einer Ackerzahl von 35 bewertet und kann somit dem Landbaugebiet III zugeordnet werden. Den Energiebedarf deckt der Betrieb bereits über eine Biogasanlage, welche in Dienstleistung durch den Betrieb beschickt wird. Durch Verträge mit den Betreibern der Biogasanlage erhält der Betrieb günstige Konditionen und zahlt lediglich 16 ct/kWh für den Strombezug und 5 ct/kWh für den Wärmebezug. Daraus ergeben sich für den Betrieb, bei einem jährlichen Strombedarf von rund 440.000 kWh, Stromkosten in Höhe von 70.000 €/a. Für den Wärmebedarf von ca. 115.000 kWh belaufen sich die Kosten auf 5.750 €/a. Nach Angaben des Betriebes entfällt nahezu der gesamte Strombedarf auf das Betreiben der Milchviehanlagen.

Aus der Modellrechnung für Betrieb C ergibt sich eine Annuität für die Ackerkulturen, die nach dem letzten Jahr der betrachteten Laufzeit (427 €/ha) nahezu genau auf dem Niveau der Gehölzkultur bei Verkauf von HHS liegt (414 €/ha). Somit können bei keiner der beiden Varianten entscheidende ökonomische Vorteile prognostiziert werden (Abb. 11).

Die ökonomisch schwächste Option ist in diesem Fall die energetische Eigenverwertung der Gehölze, wo anhand der Rechnung nach 28 Jahren eine Annuität von 197 €/ha zu erzielen ist. Das Agroforstsystem weist Annuitäten von rund 405 €/ha bei Verkauf sowie 362 €/ha bei energetischer Eigenverwertung der HHS auf und ist betriebswirtschaftlich folglich zwischen den Reinkulturvarianten anzusiedeln (Abb. 11).

Große wirtschaftliche Nachteile würden nur aus der Option energetische Eigenverwertung von HHS bei einer reinen Gehölzfläche resultieren. Hintergrund dessen ist der sehr günstige Strompreis, den der Beispielbetrieb C aufgrund von Sonderkonditionen mit dem Biogasanlagenbetreiber nutzen kann.

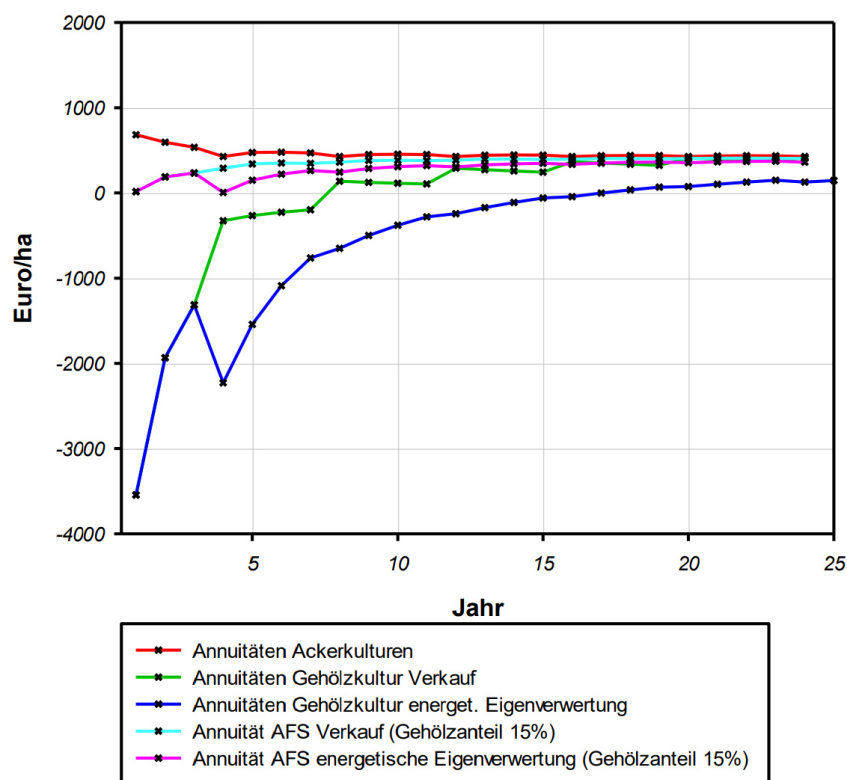


Abbildung 11: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes C, differenziert nach Holzhackschnittzelverkauf und energetische Eigenverwertung

3.5 Beispielbetrieb D

Der Beispielbetrieb D ist ein kleiner familiär geführter Landwirtschaftsbetrieb mit einer vergleichsweise geringen Bewirtschaftungsfläche von rund 290 Hektar Ackerland. Dazu kommen noch 30 ha Grünland und 40 ha Waldfläche. Für den Betrieb ergeben sich jährliche Stromkosten von 25.200 €, die aus einem Strombedarf von 105.000 kWh/a und Strombezugskosten von 24 ct/kWh resultieren. Der Stromverbrauch ist hauptsächlich auf den Betrieb der Kühlungsanlage der betriebseigenen Fleischerei sowie auf den Eigenverbrauch innerhalb der Sozialgebäude zurückzuführen. Der Wärmebedarf des Betriebs liegt bei 20.000 kWh/a und wird weitestgehend über eine Biogasanlage gedeckt. Aus den Investitions- und Betriebskosten ergeben sich für den Betrieb der Biogasanlage, bei Wärmegestehungskosten von 4 ct/kWh thermisch, Wärmekosten von rund 800 €/a. Wärmebedarf sowie -kosten sind in den Berechnungen berücksichtigt, es wird also davon ausgegangen, dass die Biogasanlage hinsichtlich der Wärmeerzeugung und -lieferung abgelöst wird.

Aufgrund dessen, dass für Betrieb E keine Angaben zum Energieverbrauch bzw. zu den Energiekosten vorliegen, entsprechen die Angaben lediglich einer Annahme, die für die Größenordnung des Betriebs angemessen erscheint.

Die Ackerflächen des Betriebes D sind durch eine vergleichsweise niedrige Ackerzahl von ca. 22 gekennzeichnet. Dies entspricht dem Landbaugebiet V. Eine typische und für die Berechnung unterstellte Fruchtfolge für solche Flächen des Betriebes ist: Silomais (Jahr 1), Futterroggen (Jahr 2), Hafer (Jahr 3), Winterroggen (Jahr 4).

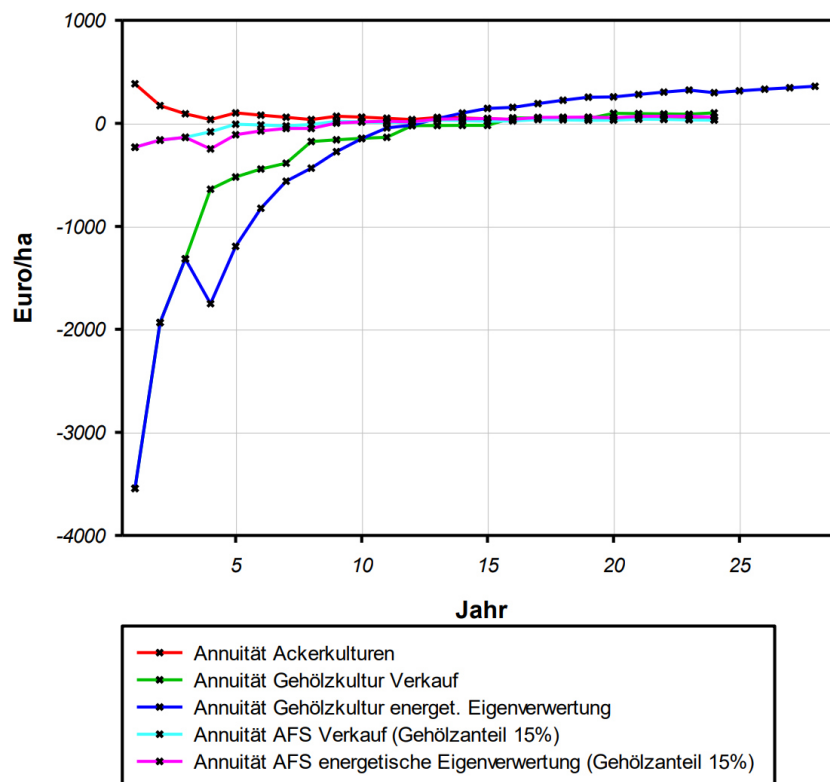


Abbildung 12: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes D, differenziert nach Holzhackschnittverkauf und energetische Eigenverwertung

Für die besonders ertragsschwache Fläche des Betriebes D ergeben sich generell niedrige Annuitäten. Diese betragen nach 24 Jahren für die Ackerreinkultur 37 €/ha und für die Gehölzreinkultur bei Verkauf der HHS 101 €/ha (Abb. 12). Letztere ist zwar deutlich höher, aber dennoch vergleichsweise niedrig. Wirtschaftlich interessant ist hingegen die energetische Eigenverwertung. Hier

ergibt sich eine Annuität von 360 €/ha nach 28 Jahren, sowie eine Annuität von 298 €/ha nach 24 Jahren.

Da die Bewirtschaftungskosten im Verhältnis zu den niedrigen Erlösen recht hoch sind und bei agroforstlicher Nutzung zusätzlich ein Mehraufwand kalkuliert wurde, schneidet das Agroforstsystem für diesen Betrieb mit einer Annuität von 32 €/ha als wirtschaftlich unvorteilhafteste Nutzungsvariante ab. Allerdings kann unter der Annahme einer energetischen Verwertung der HHS eine etwa doppelt so hohe Annuität von 61 €/ha für das AFS erreicht werden (Abb. 12). Ungeachtet dessen ist gerade auf den ertragsschwachen Standorten durch die Agroforstgehölzstreifen von einer deutlichen Ertragsstabilisierung auszugehen. Derartige Effekte, die auch direkten Einfluss auf die Ökonomie nehmen können, wurden bei dieser betriebswirtschaftlichen Betrachtung allerdings nicht berücksichtigt.

Alles in allem stellt für diese Fläche der Anbau von Gehölzen also eine weitaus wirtschaftliche Variante der Flächennutzung als der Ackerreinkulturanbau dar. Bei Betrachtung längerer Zeiträume und einer energetischen Eigenverwertung wird auch die agroforstliche Nutzung zunehmend attraktiver.

3.6 Beispielbetrieb E

Die Hauptwirtschaftszweige des Beispielbetriebes E sind die Schweine-, Rinder- und Milchproduktion. Der Betrieb bewirtschaftet rund 1.000 ha Acker- und 200 ha Grünlandflächen, die hauptsächlich für die Futtermittelerzeugung eingesetzt werden. Die Sauenanlage mit ca. 750 Sauen setzt sich aus einem Abferkelstall mit ca. 180 Buchten, einem Deck- und Wartestall mit 590 Plätzen sowie einem Ferkelaufzuchtstall mit 2.950 Plätzen zusammen. Die Rinderproduktion umfasst einen Milchviehbestand von 210 Kühen sowie 440 Jung- und Mastrinder.

Die für die betriebswirtschaftliche Bewertung zu Grunde gelegte Beispielfläche des Betriebes E hat die Ackerzahl 32, was dem Landbauggebiet III entspricht. Als typische Fruchtfolge wurde Winterweizen (Jahr 1), Wintergerste (Jahr 2), Silomais (Jahr 3) gewählt.

Der Betrieb weist aufgrund seiner Milchviehanlagen einen jährlichen Strombedarf von 455.000 kWh auf. Bei einem Strombezugspreis von 21 ct/kWh entstehen dabei jährliche Stromkosten von 100.100 €. Für den Betrieb der Sauenanlage hat der Betrieb einen erhöhten jährlichen Wärmeenergiebedarf von 700.000 kWh. Dieser wird aktuell über Heizöl gedeckt, welches zu einem Preis von 0,49 €/l eingekauft wird. Bei einem angenommenen Heizwert von 9,8 kWh pro Liter Heizöl ergeben sich daraus jährliche Kosten von rund 35.000 €. Eine Biogasanlage ist nicht vorhanden.

Für Beispielbetrieb E ist die Gehölzkultur in beiden aufgeführten Nutzungsvarianten (Reinkultur und Agroforstsystem) als wirtschaftlicher zu beurteilen. Dies gilt in besonderem Maße für die energetische Eigenverwertung des Holzes. Hier ist nach der Gesamtnutzungszeit von 28 Jahren eine Annuität von 1.160 €/ha zu erzielen. Zudem beträgt die Amortisationszeit bei diesem Szenario lediglich ca. 8 Jahre (Abb. 13). Wird das Holz verkauft, so ergibt sich nach 24 Jahren eine deutlich niedrigere Annuität von 414 €/ha. Bei einem Ackerreinkulturanbau beträgt die Annuität nur 320 €/ha. Unter der Annahme einer längeren Laufzeit sollte die Differenz der Annuitäten zugunsten der Gehölzkultur, insbesondere bei energetischer Eigenverwertung, weiter drastisch ansteigen.

Bei Etablierung eines Agroforstsystems ist nach 24 Jahren eine Annuität von rund 315 €/ha anzunehmen, wenn das Agroforstholz verkauft wird. Bei energetischer Eigenverwertung beträgt die Annuität der Agroforstfläche immerhin schon 414 €/ha (Abb. 13). Die Eigennutzung des Holzes stellt für den Betrieb aufgrund des hohen Wärmebedarfs die wirtschaftlichste Variante dar. Aber selbst bei agroforstlicher Nutzung und Verkauf der HHS ist nicht von einer deutlich schlechteren Wirtschaftlichkeit auszugehen.

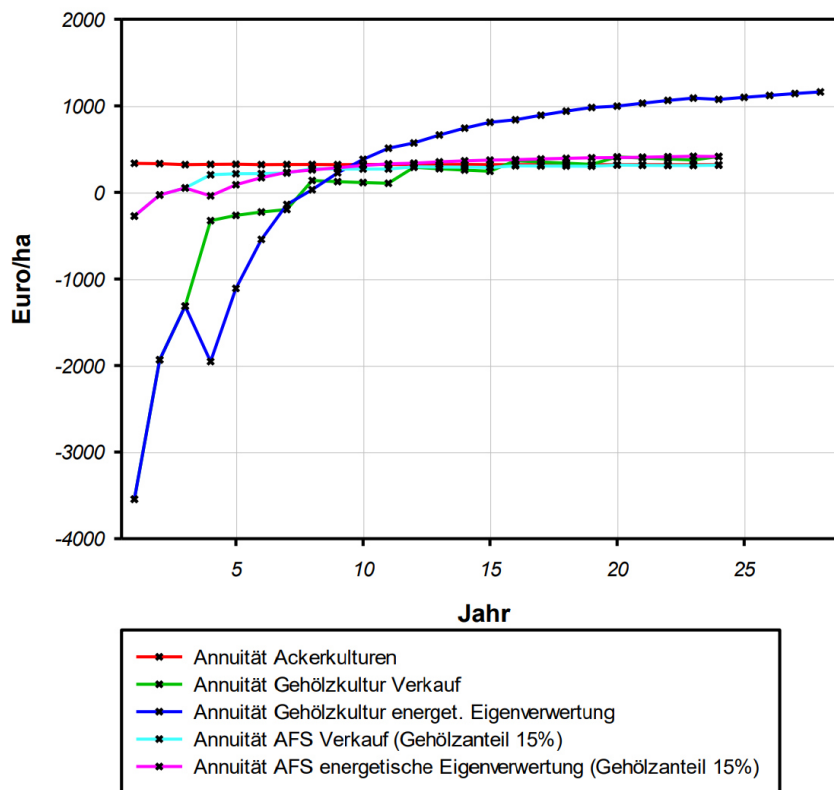


Abbildung 13: Annuitätenverlauf in €/ha für Ackerrein- und Gehölzreinkulturen sowie für ein Agroforstsystem unter Verwendung der Bewirtschaftungsdaten des Beispielbetriebes E, differenziert nach Holzhackschnitzelverkauf und energetische Eigenverwertung

3.7 Sensitivitätsanalyse

Zur Darstellung des Einflusses aller die Erlös- und Kostenaufstellung betreffender Parameter auf das Gesamtergebnis wurden die Eingangsvariablen einer Modellrechnung um jeweils zehn Prozent verändert und anschließend die Zu- bzw. Abnahme der Annuität in €/ha ermittelt (vgl. Werwoll 2017). Die Änderung zeiträumlicher Faktoren war dabei nicht Gegenstand der Analyse.

Mit Blick auf die Ackerkulturen hatten die Faktoren Ertrag und Erzeugerpreis den größten Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit einer Ackerfrucht. Andere Faktoren, wie Maschinenkosten oder Düngekosten, zeigten deutlich geringere Einflüsse

Bei den Gehölzkulturen waren es ebenfalls die Faktoren Biomassertrag und Hackschnitzelpreis, die den größten Einfluss auf den jährlichen kalkulatorischen Gewinn je Hektar hatten. Weitere wichtige Faktoren sind die Erntekosten sowie die Pflanzgut- und Pflanzkosten. Andere Faktoren, die nur im Etablierungsjahr zu berücksichtigen sind, haben zumindest bei zehnpromentiger Änderung der Eingangswerte kaum Einfluss auf die Annuität.

Für die Option energetische Eigenverwertung von HHS erwies sich der Strombezugspreis als elementarer Baustein für die Wirtschaftlichkeit. Ferner sind auch Faktoren wie der Biomassertrag, die jährliche Betriebszeit der KWK-Anlagen sowie der Anteil der Einspeisung bzw. Eigennutzung des erzeugten Stroms als maßgeblich für den kalkulatorischen Gewinn zu bewerten. Aufgrund der hohen Investitionskosten in diesem Bereich zeigt der Zinssatz hier einen wesentlich höheren Einfluss auf die Annuität als bei den Flächennutzungsvarianten Ackerfruchtreinanbau und Gehölzreinanbau mit Verkauf der HHS.

3.8 Annuität in Abhängigkeit von der Ackerzahl bzw. dem Landbaugebiet

Die Abbildung 14 zeigt die Annuität des Reinkulturanbaus ausgewählter Ackerkulturen und der Gehölze (bei HHS-Verkauf) in Abhängigkeit von der Ertragssituation in den Landbaugebieten I bis V. Zu Grunde gelegt wurden die für die Eingabemaske des Agroforst-Rechners genutzten Standardwerte nach Hanff und Lau (2016) sowie die in Tabelle 1 angeführten Werte. Die Grafik zeigt, dass alle aufgeführten Kulturen in den jeweiligen Landbaugebieten unterschiedlich gut abschneiden. So weist die Gehölzkultur im Landbaugebiet V, also für den ertragsschwächsten Bereich, im Kulturvergleich die höchste Annuität auf, während sie für LBG IV am niedrigsten ist. Des Weiteren wird beispielsweise für Winterroggen bei LBG I die schwächste Annuität aller aufgeführten Kulturen prognostiziert, indes sie für den Bereich LBG V unter den Ackerkulturen am höchsten wäre. Als für den Gehölzanbau aus betriebswirtschaftlicher Sicht besonders geeignet sind nach den in dieser Studie festgelegten Maßgaben folglich nicht nur ertragsarme Standorte, sondern gerade auch mittlere Standorte (LBG III). Auf Standorten des LBG I ist der Anbau von Agroforstgehölzen ebenfalls attraktiv, da auf diesen Flächen nicht nur höhere Ackerkultureurerträge, sondern auch größere Zuwachsraten bei den Gehölzen zu erwarten sind.

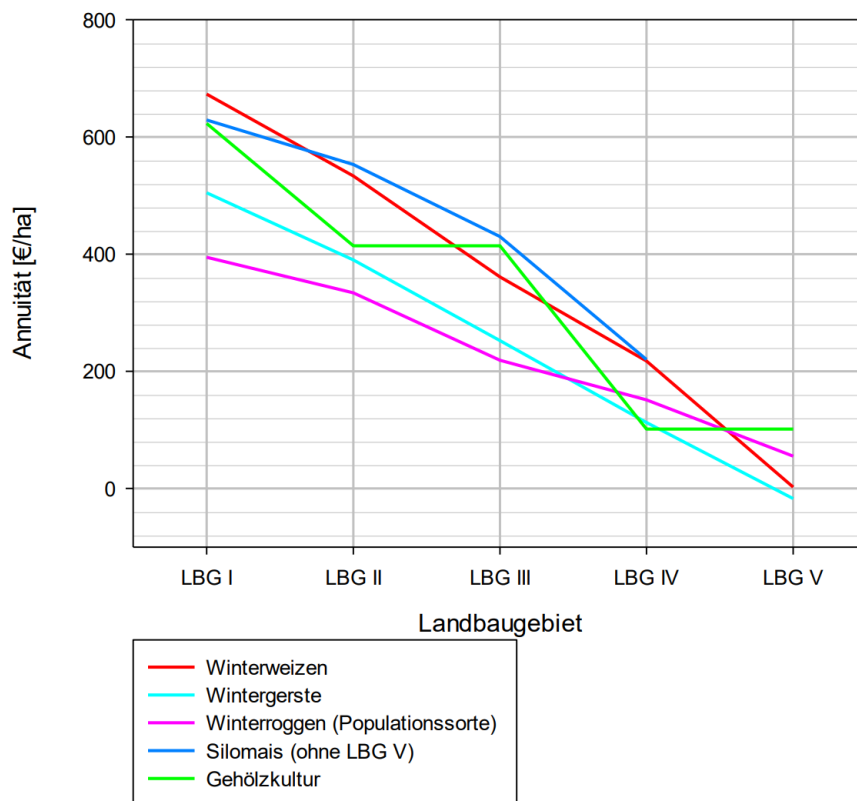


Abbildung 14: Annuität ausgewählter Ackerkulturen sowie der Gehölze (bei HHS-Verkauf) in Abhängigkeit der Landbaugebiete nach 24 Jahren (Verwendung der Richtwerte für Ackerkulturen und der Bedingungen entsprechend Tabelle 1 für die Gehölzkulturen; für Silomais ist kein Anbau auf LBG V vorgesehen)

4 DISKUSSION UND FAZIT

Um den Anbau sowie die mehrjährige Bewirtschaftung von Gehölzen kalkulieren und darstellen zu können, sind die Methoden der dynamischen Investitionsrechnungen am besten geeignet. Da diese allerdings nicht mit einer Deckungsbeitragsrechnung annueller Produktionsverfahren der konventionellen Landwirtschaft vergleichbar sind, wurden für die Modellrechnungen dieser Arbeit betriebstypische Fruchtfolgen ausgearbeitet, um sie als mehrjähriges Anbauverfahren auf der Basis einer Vollkostenbetrachtung für dynamische Investitionsrechnungen kalkulieren zu können, so

auch bei Böhm et al. (2013) sowie bei Becker et al. (2014). Auf diesem Weg konnte eine Vergleichsbasis geschaffen werden, mit der die direkt- und arbeitserledigungskostenfreie Leistung je Hektar verglichen werden können. Aus der gesamten Methodik ergibt sich für die Praxis allerdings das Problem, dass Landwirte die Fruchtfolge ihrer Flächen nicht in diesen großen Zeiträumen vorausplanen können. Es ist also eher unwahrscheinlich, dass ein Landwirt die angegebene Fruchtfolge der letzten Jahre über einen Zeitraum von beispielsweise 24 Jahren für ein und dieselbe Fläche wiederholt, vor allem da er mit der Auswahl der anzubauenden Ackerfrucht auf die aktuelle Marktsituation reagieren muss. Daher sind die in den Modellrechnungen kalkulierten Annuitäten und Kapitalwerte für die Ackerkulturen als unsicherer zu bewerten als die der Gehölze.

Wie bereits erwähnt, flossen etwaige Lagerungs- und Trocknungskosten nicht in die Berechnungen ein. Zweifelsohne könnten die Trocknungskosten zur Hackschnitzelaufbereitung, vor allem im Bereich der energetischen Eigenverwertung der Hackschnitzel, relativ hoch ausfallen, da hier besonders niedrige Wassergehalte benötigt werden. Um diese Kosten zu umgehen, kommen verschiedene Konzepte in Frage, die allerdings stark von den Gegebenheiten des Betriebsstandorts abhängen. Zum einen könnte die Abwärme von Biogasanlagen, die nach wie vor häufig ungenutzt bleibt, zur Trocknung der Hackschnitzel eingesetzt werden. Zum anderen bestünde die Möglichkeit der Brennstofftrocknung durch die eigene KWK-Anlage, da hier in den meisten Fällen überschüssige Wärmeenergie zu erwarten ist. Bezüglich der Lagerungskosten, ist nach der Trocknung eine anschließende Lagerung ohne Umwelteinflüsse notwendig, um ein Wiederbefeuchten der abgetrockneten Hackschnitzel zu vermeiden. An dieser Stelle zeigten die Betriebe unterschiedliche Gegebenheiten bzw. vorhandene Lagerungsmöglichkeiten, was eine Pauschalaussage zu vermeintlichen Lagerungskosten enorm erschwert und dazu führt, dass diese Thematik aufgrund seiner Komplexität im Rahmen dieser Arbeit nicht abschließend geklärt werden konnte. Soll die Thematik der Trocknungs- und Lagerungskosten in vollem Umfang eingebracht werden, so müssen neben einer Vielzahl an technischen und natürlichen Trocknungs- und Lagerungsmethoden auch Faktoren wie standortbedingte Witterungsverhältnisse, Trockenmasseverluste, Schimmel und Vermilzung oder Selbsterwärmung des Hackguts berücksichtigt werden (Becker et al. 2014). Zudem sind für die Berechnungen der Annuitäten bei energetischer Eigenverwertung der HHS weder Ernteverluste noch Verluste bei der HHS-Aufbereitung einkalkuliert worden. Dazu muss erwähnt werden, dass die Hackschnitzel den Brennstoffansprüchen einer KWK-Anlage an Form, Feinanteil, Aschegehalt oder Partikelgröße genügen müssen (Zeymer 2013). So muss das Erntegut, je nach Anlagentyp, zuvor sortiert bzw. ausgesiebt werden. Das gesiebte Material könnte dann je nach Möglichkeit, z.B. als Einstreu oder für die Produktion von Holzpresslingen, weitergenutzt und so die Wertschöpfungskette erweitert werden. Vor allem im Kurzumtrieb kann es vorkommen, dass die Qualität der HHS unter einen hohen Rindenanteil leidet. An dieser Stelle zeigt sich die Umtriebszeit als qualitätsrelevanter Faktor, da bei älteren Bäumen mit einem deutlich geringeren Rindenanteil gerechnet werden kann.

Aus den für die Annuitätenberechnung der Gehölzfläche gewählten Grundbedingungen (Tab. 1) ergaben sich vergleichsweise hohe Annuitäten. Für das Landbaugebiet III (Ackerzahl 29 bis 35) wurde in der Modellrechnung eine Annuität von rund 414 €/ha ermittelt. Im Vergleich dazu ergab sich aus einer Berechnung für KUP-Flächen nach Becker et al. (2014), unter gleichen zeiträumlichen Bedingungen, eine deutlich geringere Annuität von ca. 156 €/ha. In einer weiteren Kalkulation von Wagner et al. (2012) konnte durch Gehölze zwar eine Annuität von 406 €/ha erzielt werden, diese ist allerdings aufgrund geringerer Rotationszeiten, verbunden mit höheren Ertragsabschätzungen, nicht direkt vergleichbar. Beide dieser Kalkulationen unterscheiden sich vor allem dahingehend von der hier durchgeführten Modellrechnung, dass Flächen- und Allgemeynkosten sowie pro Rotation ansteigende Ertragsfaktoren berücksichtigt wurden. Für eine vergleichende Modellrechnung von Acker- und Gehölzkulturen sind nach KTBL (2017) Flächen- und Gemeinkosten nicht zwangsläufig einzubeziehen, da eine Teilkostenrechnung für die kurz- bis mittelfristige Produktionsplanung auf Produktionsverfahrensebene alle entscheidungsrelevanten Kennzahlen liefert. Zudem handelt es sich um verschiedene Nutzungsvarianten auf ein und derselben Fläche, für

deren Vergleich vor allem Kostenfaktoren einzubeziehen sind, die von der Nutzungsart und nicht von der Fläche abhängen. Die Art und Weise, wie Ertragssteigerungsfaktoren zur Kalkulation der Annuität bei Gehölzen herangezogen werden, kann sich allerdings als ein entscheidender Einflussfaktor auf die Höhe der Annuität erweisen. Denn in den Kalkulationen nach Becker et al. (2014) und Wagner et al. (2012) wurde jeweils ein Biomassezuwachs über die Laufzeit berücksichtigt. Es wurden also Faktoren so festgelegt, dass speziell in den ersten (zwei) Umtrieben deutlich geringere Erträge unterstellt werden als in den folgenden Rotationen, mit der Begründung, dass sich die Gehölzwurzeln erst etablieren müssten. Nach Angaben beider Studien können diese Faktoren allerdings aufgrund mangelnder Ertragsmessungen lediglich abgeschätzt werden und beruhen nicht auf genauen Aussagen zum Ertragsverlauf. Werden Ertragssteigerungsfaktoren zur Kalkulation (Biomassezuwachs) herangezogen, so muss deren Mittelwert über die Gesamtlaufzeit insgesamt den Wert eins ergeben. Wenn, wie in den Modellrechnungen dieser Arbeit, auf Ertragssteigerungsfaktoren verzichtet wird, werden alle Erträge mit dem Faktor eins berechnet und sind somit für jede Ernte gleich hoch. Dies ist zumindest für die Abschätzung der Dimensionierung der KWK-Anlagen zur energetischen Verwertung der HHS vorteilhaft, da die Anlagen bei gleichbleibenden Erträgen leichter auf die ohne Zukauf zur Verfügung stehende Menge an HHS angepasst werden kann. Des Weiteren können Ertragssteigerungsfaktoren nach Amthauer-Gallardo (2014) direkt von der Bodenart oder Klimavariablen abhängen, was bei deren Berücksichtigung zu weiteren Unsicherheiten und Ungenauigkeiten führen kann. Ob individuelle Ertragsfaktoren zur Berücksichtigung des Biomassezuwachses generell zu genaueren Kalkulationsergebnissen führen ist daher nicht eindeutig festzustellen, sollte aber hinsichtlich der Bewertung der errechneten Annuitäten unbedingt beachtet werden. Der Agroforst-Rechner bietet die Möglichkeit, Ertragssteigerungsfaktoren individuell festzulegen und in die Berechnung einzubeziehen.

Bei dem Beispielbetrieb B (Fläche B1, siehe Abb. 9) erwiesen sich die Ackerkulturen mit der gewählten Fruchtfolge gegenüber der Gehölzkultur bei Verkauf von HHS als wirtschaftlicher. Wie auch die Sensitivitätsanalyse für Gehölzstreifen bei Verkauf von HHS zeigte, reagieren die Annuität und damit auch die Wirtschaftlichkeit der Gehölzkultur äußerst sensibel auf Änderungen der erwirtschafteten Hackschnitzelerträge. Dies gilt auch für den Erzeugerpreis der HHS, jedoch wurde dieser für die Berechnungen der Betriebe A bis E konstant gehalten. Würde der Erzeugerpreis steigen, so könnte der Gehölzanbau auch in diesem Betrieb lukrativer als der Ackerreinkulturanbau sein. Allerdings zeigt sich an dieser Stelle auch, dass ein Betrieb durch gute Erzeugerpreise für Ackerfrüchte bessere Ergebnisse erzielen kann und dass nicht direkt von der Ackerzahl auf eine eventuell höhere oder niedrigere Wirtschaftlichkeit der Gehölze zu schließen ist. An dieser Stelle wird deutlich, dass eine starke Ertrags- und Erlösabhängigkeit sowohl für Ackerfrüchte als auch für Gehölze besteht. Daher ergibt sich die Notwendigkeit, jeden Betrieb hinsichtlich der wirtschaftlichen Bewertung des Anbaus von Acker- oder Gehölzkulturen individuell zu beurteilen, was durch den Agroforst-Rechner auf einfache Art und Weise möglich ist.

Das Beispiel der Modellrechnung des Landwirtschaftsbetriebes C zeigt, dass durch bereits vorherrschende günstige Konditionen bezüglich des Strombezugspreises, beispielsweise durch Sonderkonditionen aus einer Zusammenarbeit mit einem Biogasanlagenbetreiber, eine wirtschaftliche energetische Eigenverwertung selbstproduzierter Holzhackschnitzel kaum möglich ist. Betrieb C gab einen Strombezugspreis von 16 ct/kWh an und lag damit deutlich unter den Angaben anderer Betriebe, die meist zwischen 22 und 24 ct/kWh zahlen. Hat ein Betrieb also bereits eine Möglichkeit zur Reduzierung des Strombezugspreises gefunden, kann dies potenzielle Einsparungen aus der Stromerzeugung eigens produzierter Hackschnitzel aus Agroforstsystemen über KWK-Anlagen stark einschränken. Der Wärmebezugspreis zeigte sich dahingehend, aufgrund des vergleichsweise geringen Wärmeenergiebedarfs der befragten Betriebe, mit Ausnahme des Beispielbetriebes E, als eine entsprechend unwesentliche Einflussgröße. Dies steht auch im Zusammenhang mit den Zuschlägen und Vergütungen aus der Stromerzeugung, die für eigens erzeugte Wärmeenergie entfallen und den allgemein deutlich niedrigeren Wärmebezugspreisen, die mit viel geringeren Einsparungsmöglichkeiten einhergehen. Die Ergebnisse veranschaulichen, dass eine energetische

Eigenverwertung von HHS aus Agroforst-Gehölzstreifen auch ohne große Einsparungen in den Wärmeenergiekosten wirtschaftlich sein kann. Sie zeigen aber auch, dass ein Betrieb mit Schweinehaltung (E), der erheblich höhere Wärmeenergiekosten zu tragen hat, die beste Annuität aller Betriebe für diese Art der Flächennutzung aufweist.

Unter den Bedingungen eines Agroforstsystems (15 % Gehölz, 85 % Ackerfläche), kam es bei den Flächen der Betriebe C und B2 zu dem Fall, dass die dafür errechnete Annuität unter der einer reinen Ackerkulturfläche lag, obwohl eine reine Gehölzfläche gegenüber der Ackerfläche als wirtschaftlicher bewertet wurde. Dies liegt daran, dass für die Bewirtschaftung eines Agroforstsystems ein Mehraufwand von 5 % auf alle Arbeitserledigungskosten aufgeschlagen wurde. Ein Mehraufwand wirkt sich deutlich stärker auf die Annuität der Ackerfrüchte aus, da dieser jährlich zum Tragen kommt, was bei den Gehölzen rotationsbedingt nicht der Fall ist. Für die Ergebnisse eines Agroforstsystems unter der Bedingung der energetischen Eigenverwertung der HHS hatte der Mehraufwand einen deutlich geringeren Einfluss, was vor allem daran liegt, dass hier im Vergleich zur Option Verkauf der HHS meist wesentlich höhere Gewinne erzielt werden konnten.

Für alle Ergebnisse der Modellrechnungen, die auf Basis der energetischen Eigenverwertung von HHS errechnet wurden, gilt zu beachten, dass die Anlagendimensionierung auf eine hundertprozentige Deckung des betriebseigenen Strombedarfs ausgelegt wurde. Der Annahme zur Folge, dass der Wärmeenergieanteil der durch Holvergaser-BHKW-Anlagen produzierten Energie rund 2/3 beträgt, können die Anlagen für den eigentlichen Wärmebedarf deutlich überdimensioniert sein. Daraus resultiert für ausnahmslos alle Betriebe der Modellrechnungen überschüssig produzierte und weitestgehend ungenutzte Wärmeenergie. Trotzdem zeigte sich die energetische Eigenverwertung der HHS größtenteils als wirtschaftlich, gegenüber den anderen Nutzungsoptionen sogar als deutlich wirtschaftlicher. Als besonders Vorteilhaft zeigten sich die Bedingungen des Betriebes E, der einen vergleichsweise hohen Wärmebedarf aufweist und somit den Großteil seiner eigens produzierten Wärmeenergie nutzen sowie gleichzeitig die mit Abstand höchste Annuität erreichen konnte. Für den Betrieb E ergab sich lediglich ein ungenutzter Wärmeüberschuss von etwa 36 %, während die restlichen Betriebe im Durchschnitt einen Überschuss von rund 93,5 % aufwiesen. Die Wirtschaftlichkeit dieser Verwertungslinie scheint also nicht zwangsläufig von einer Vollnutzung der erzeugten Wärmeenergie abhängig zu sein. Mit einem guten Wärmenutzungskonzept können aber deutlich bessere Ergebnisse erzielt werden. Als sinnvolle Nutzungsoptionen für landwirtschaftliche Betriebe kommen beispielsweise der Wärmeverkauf über Nahwärmenetze, die Umwandlung von Wärme in Kälte, der Einsatz im Bereich Trocknung oder die Beheizung von Ställen und Sozialgebäuden infrage.

Die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen zeigten – wie schon erwähnt –, dass sowohl der Ertrag als auch der Erzeugerpreis für die Wirtschaftlichkeit des Anbaus einer Ackerfrucht oder der Erzeugung von Hackschnitzeln entscheidend sind. Daher kann davon ausgegangen werden, dass die Entwicklung der Marktpreise und insbesondere die Erwartungshaltung zur künftigen Marktentwicklung über die ökonomischen Verhältnisse zwischen Agroforstsystemen und dem konventionellen Ackerbau bestimmen. Da beispielsweise die Hackschnitzelpreise aufgrund ihrer begrenzten regionalen Transportwürdigkeit als weniger volatil gelten (FNR 2012), könnten sie sich gegenüber den klassischen Marktfrüchten, vor allem im Bereich der Investitions- und Erlössicherheit, längerfristig als vorteilhaft erweisen. Zusätzlich kann auch von einem Vorteil bezüglich der Ertragssicherheit der Gehölze ausgegangen werden, da die Holzbiomasseerträge auch bei für Marktfrüchte ungünstigen Witterungsbedingungen deutlich gleichmäßiger auftreten und somit einer geringeren Volatilität unterliegen (Becker et al. 2014). Daraus darf sich allerdings keine endgültige Beurteilung der Opportunität eines der Produktionsverfahren ergeben, denn es besteht in jedem Fall die Notwendigkeit kleinräumig differenzierte Anbauentscheidungen hinsichtlich optimaler Erträge zu treffen und im Einzelfall unter Anbetracht der gegebenen Bedingungen standortorientiert zu entscheiden.

Für die Option energetische Eigenverwertung der HHS erwiesen sich vor allem die Faktoren Strombezugspreis und Ertrag als am sensitivsten. Dies bestätigte sich auch in der Modellrechnung zu Betrieb C. Da sich der Strombezugspreis dabei nochmal als deutlich einflussreicher zeigte, wäre im Falle deutschlandweit steigender Stromkosten von einem deutlichen Anstieg des Potenzials dieser Verwertungsline auszugehen. Unter Berücksichtigung des Klimawandels geht dieser Potenzialanstieg auch aus der Annahme hervor, dass Ernteeinbußen in der Landwirtschaft künftig steigen und Erträge zunehmend unsicherer werden dürften. Gehölzerträge könnten sich dahingehend als wesentlich robuster bzw. durch das Klima weniger beeinflusst zeigen. Der Gehölzanbau kann jedoch aufgrund der deutlich längeren Bewirtschaftungszeitspanne auch mit höheren ökonomischen Risiken verbunden sein. Dabei stellen beispielsweise Schädlingsbefall, Unwetterereignisse oder Brandschäden entsprechende betriebswirtschaftliche Risikofaktoren dar.

Für eine zukunftsweisende betriebswirtschaftliche Bewertung der Flächennutzung wäre auch die Einbindung von Ökosystemdienstleistungen (z.B. Erosionsschutz, Strukturvielfalt usw.) in die Berechnungen anstrebenswert. Durch deren Einbindung könnte nicht nur die Nachhaltigkeitsbewertung der Flächennutzung vor dem Hintergrund eines umfassenderen Kriterienspektrums erfolgen, sondern auch Risiken, die vordergründig umweltbezogen sind, aber langfristig auch großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit eines Landwirtschaftsbetriebes ausüben, stärker bzw. überhaupt berücksichtigt werden. Ein eingehendes Beispiel hierfür ist der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit, der langfristig nur durch einen effektiven Erosionsschutz und die Stabilisierung des Bodenhumusgehaltes möglich ist. Die Integration von agroforstlichen Ökosystemdienstleistungen in den Agroforst-Rechner hätte einen großen Einfluss auf das betriebswirtschaftliche Ergebnis. Da Agroforstsysteme ein sehr hohes und umfängliches Maß an Umweltleistungen aufweisen, ist anzunehmen, dass die betriebswirtschaftliche Vorzüglichkeit der Agroforstwirtschaft hierdurch stark ansteigen und diese in den allermeisten Fällen jene des konventionellen Ackerreinkulturanbaus deutlich übersteigen würde.

Die Entwicklung des Agroforst-Rechners brachte vor allem einen Entwicklungsprozess und viele Überlegungen mit sich, wie eine sinnvolle und anwendergerechte Vergleichsbasis für den konventionellen Ackerbau und Agroforstsysteme auf Betriebsebene aussehen kann. In Bezug auf die Modellrechnungen und anderen Analysen zeigte sich, dass der Agroforst-Rechner seinen Zweck, wenn auch mit Einschränkungen, erfüllen kann und eine besondere Flexibilität hinsichtlich der schnellen Änderung von Variablen mit sich bringt. Der Agroforst-Rechner bietet bereits einen großen Umfang möglicher Eingaben und Optionen, die als Grundbaustein zu einer betriebswirtschaftlichen Charakterisierung der Flächenbewirtschaftung eines Landwirtschaftsbetriebes notwendig sind. Es lassen sich zügig Vergleichsdaten erzeugen, die einer groben ökonomischen Abschätzung dienen sollen. Diese lassen sich dann bei Bedarf ohne großen Aufwand im Detail korrigieren. Insgesamt könnten allerdings auch noch einige Punkte, wie fehlende Richtwerte bei der Berechnung von Lagerungskosten oder fehlende Nutzungsmöglichkeiten überschüssiger Wärmeenergie, ergänzt werden, was eine künftige Weiterentwicklung des Rechners, über die Projektarbeit hinaus, notwendig machen würde. Zu bedenken ist in diesem Kontext jedoch auch, dass eine zu starke Detailtiefe des Agroforst-Rechners den Anwender schnell überfordern kann. Häufig führt ein Mehr an Variablen auch nicht zu einer deutlich höheren Genauigkeit. Andererseits können mit jeder weiteren Verallgemeinerung möglicher Variablen auch zusätzliche Ungenauigkeiten hinzukommen. Dieser Abwägungsprozess stellte bei der Entwicklung des Agroforst-Rechners eine große Herausforderung dar.

LITERATUR

Amthauer-Gallardo D. (2014): Standortbasierte Ertragsmodellierung von Pappel und Weidenklonen in Kurzumtriebsplantagen. Dissertation, Fachrichtung Forstwissenschaften, TU Dresden

- Bärwolff M., Hansen H., Hofmann M., Setzer F. (2012): Energieholz aus der Landwirtschaft. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V (FNR) (Hrsg.), Gülzow
- Becker R., Röhricht C., Ruscher K., Jäkel K., (2014): Schnellwachsende Baumarten im Kurzumtrieb. Anbauempfehlung, Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (Hrsg.), Dresden
- Bemmann A., Feger K.-H., Gerold D., Große W., Hartmann K.-U., Petzold R., Röhle H., Schweinle J., Steinke C. (2007): Kurzumtriebsplantagen auf landwirtschaftlichen Flächen in der Region Großenhain im Freistaat Sachsen. Forstarchiv 78, 95-101
- Böhm C., Quinkenstein A., Freese D. (2013): Ökonomische Bewertung des Energieholzanbaus in Kurzumtriebsplantagen und Agroforstsystemen im Rekultivierungsbereich des Braunkohletagebaus Welzow-Süd. In: Krümmelbein J., Raab T., Hüttl R.F. (Hrsg.): Energieholzproduktion und bodenphysikalische Untersuchungen auf Rekultivierungsflächen des Niederlausitzer Braunkohlereviere. Cottbuser Schriften zur Ökosystemgenese und Landschaftsentwicklung 11, 77-102
- FNR – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hrsg.) (2012): Energieholz aus der Landwirtschaft. Bioenergie, Gülzow
- C.A.R.M.E.N. e.V. (Hrsg.) (2016): Kleine Holzvergasungsanlagen – Handlungsempfehlungen für Investoren, Straubing
- Grünewald H., Böhm C., Quinkenstein A., Grundmann P., Eberts J., v. Wühlisch G. (2009): Robinia pseudoacacia L.: A lesser known tree species for biomass production. Bio-Energy Research 2, 123-133
- Hanff H., Lau H. (2016): Datensammlung für die betriebswirtschaftliche Bewertung landwirtschaftlicher Produktionsverfahren im Land Brandenburg, Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft; Landesamt für Ländliche Entwicklung und Flurneuordnung, Landwirtschaft (Hrsg.), Potsdam/Frankfurt (Oder)
- KTBL – Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (Hrsg.) (2017): Leistungs-Kostenrechnung, Darmstadt
- Röhle H., Hartmann K.-U., Steinke C. (2010): Ertragskunde. In: Skodawessely C., Pretzsch J., Bemmann A. (Hrsg.): Beratungshandbuch zu Kurzumtriebsplantagen. Technische Universität Dresden
- Wagner P., Schweinle J., Setzer F., Kröber M., Dawid M. (2012): DLG-Standard zur Kalkulation einer Kurzumtriebsanlage. DLG e. V. (Hrsg.), DLG-Merkblatt 372, Frankfurt/Main
- Werwoll J. (2017): Methodenentwicklung zur ökonomischen Vergleichbarkeit von onventionellem Ackerbau und Agroforstsystemen auf Betriebsebene. Masterarbeit Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Cottbus
- Zehlius-Eckert W., Reppin N., Eckstein K., Hoffmann H., Unseld R., Huber T. (2013): F + E-Vorhaben Agroforstwirtschaft, Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), TU-München, Abschlussbericht
- Zeymer M., Herrmann A., Oehmichen K., Schmersahl R., Schneider R., Heidecke P., He L., Volz F. (2013): Kleintechnische Biomassevergasung – Option für eine nachhaltige und ezentrale Energieversorgung, DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH (Hrsg.), In: DBFZ Report Nr. 18