

StartClim2008.E

**Entwicklung und ökonomische
Abschätzung unterschiedlicher Land-
schaftsstrukturen auf Ackerflächen zur
Verringerung der Evapotranspiration vor
dem Hintergrund eines Klimawandels unter
besonderer Berücksichtigung einer
Biomasseproduktion**

Universität für Bodenkultur



Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und

Naturschutzplanung 

Institut für Meteorologie 

Institut für Ökologischen Landbau 

Institut für Agrar- und Forstökonomie 

ProjektmitarbeiterInnen und AutorInnen des Berichts:

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Christiane Brandenburg

Mag. Sonja Völler, Dipl.-Ing. Brigitte Alex, Dipl.-Ing. Bernhard Ferner

Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, Universität für Bodenkultur Wien

email: christiane.brandenburg@boku.ac.at

Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. nat. techn. Josef Eitzinger

Dipl.-Ing. Thomas Gerersdorfer

Institut für Meteorologie, Universität für Bodenkultur Wien

email: josef.eitzinger@boku.ac.at

Univ. Prof. Dr. Ing. Agr. biol. Bernhard Freyer

Dipl.-Ing. Andreas Surböck, Mag. Agnes Schweinzer, Dipl.-Ing. Markus Heinzinger

Institut für Ökologischen Landbau, Universität für Bodenkultur Wien

email: bernhard.freyer@boku.ac.at

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Enno Bahrs

Institut für Agrar- und Forstökonomie, Universität für Bodenkultur Wien

Wien, im Mai 2009

StartClim2008.E

Teilprojekt von StartClim2008

Projektleitung von StartClim2008.E:

Universität für Bodenkultur, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur

Institut für Landschaftsentwicklung, Erholungs- und Naturschutzplanung, Peter Jordan-Straße 82, 1190 Wien

URL: <http://www.austroclim.at/startclim/>

StartClim2008 wurde aus Mitteln des BMLFUW, des BMWF, des BMWFJ, der ÖBF und der Österreichischen Hagelversicherung gefördert.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	4
Abstract 4	
E-1 Einleitung	5
E-2 Projektziel	6
E-3 Ausgangssituation	7
E-4 Methodik	8
E-5 Ergebnisse	10
E-5.1 Klimaszenarien	10
E-5.2 Einfluss des Klimawandels auf die Landwirtschaft	11
E-5.3 Landschaftsstrukturen und Bepflanzungsvarianten	12
E-5.3.1 Krautige ein- bis mehrjährige Biomassepflanzen	13
E-5.3.2 Verholzende mehrjährige Biomassepflanzen im Kurzumtrieb	17
E-5.3.3 Verholzende mehrjährige Pflanzen mit spezifischer Biodiversitätsfunktion	19
E-5.4 Klima- und Windschutzwirkung von Landschaftsstrukturen	21
E-5.5 Einfluss von Landschaftsstrukturen auf den Ertrag	23
E-5.6 Auswahl der Landschaftsstrukturen und Bepflanzungsvarianten	24
E-5.6.1 Bepflanzungsvarianten der Landschaftsstrukturen	24
E-5.6.2 Aufbau der jeweiligen Bepflanzungsvariante	25
E-5.6.3 Abstand zwischen den Landschaftsstrukturen	25
E-5.7 Ökonomische Modellierung des Einflusses der Landschaftsstrukturen auf den Ertrag	26
E-5.8 Beurteilung der ausgewählten Landschaftsstrukturen mittels vereinfachter Stärken - Schwächenanalyse	30
E-6 Diskussion und Ausblick	41
E-6.1 Diskussion der Ergebnisse	41
E-6.2 Weiterer Forschungsbedarf	42
Literaturverzeichnis	44
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	49

Kurzfassung

Der Ackerbau im Osten Österreichs wird aufgrund der Folgen des Klimawandels und der damit verbundenen begrenzten natürlichen Wasserversorgung der Agrarflächen zunehmend schwieriger und möglicherweise ohne entsprechende Anpassungsmaßnahmen partiell unmöglich werden. Landschaftsstrukturen, wie zum Beispiel Windschutzhecken, können das Mikroklima verändern und die Wassernutzungseffizienz der angebauten Kulturen verbessern, indem sie den Wind bremsen, die Taubildung fördern, die potentielle Verdunstung reduzieren und auch die Winderosion verringern.

Die Abschätzung der ökonomischen Grenzen und Chancen einer Landschaftsstrukturierung ergab, dass nicht unbedingt sehr hohe Ertragssteigerungen der Feldfrüchte erforderlich sind, um aus einer Strukturierung der Landschaft einen ökonomischen betriebswirtschaftlichen Nutzen zu ziehen. Für eine 5 m hohe und 6 m breite Landschaftsstruktur kann sich bei einer durchschnittlichen Windschutzwirkung der 10fachen Höhe der Struktur bereits bei einer angenommenen 10%igen Ertragssteigerung (ausschließlich bezogen auf die Feldfruchternte) ein ökonomischer Vorteil für den Betrieb ergeben. Werden darüber hinaus auch noch die zu erwartenden positiven externen Effekte der Landschaftsstrukturierung ins Kalkül gezogen, wie z.B. eine Förderung der Biodiversität, die Wirkung auf das Landschaftsbild, die Erholungsnutzung sowie eine betriebsübergreifende Vermeidung der Bodenerosion, kann aus gesamtwirtschaftlicher Perspektive bereits ein ökonomischer Nutzen gegeben sein.

Die Gliederung einer agrarisch genutzten Landschaft mit Landschaftsstrukturen stellt somit eine klimatisch, ökologisch und ökonomisch sinnvolle Anpassungsmaßnahme an die sich ändernden klimatischen Verhältnisse in Ostösterreich dar.

Abstract

Due to the effects of climate change and associated with limited natural water supply, agriculture will be increasingly difficult and maybe, without adequate adaptation measures, partially impossible in the east of Austria. Landscape structures, such as windbreak hedges, can change the microclimate and improve the water use efficiency of crops by slowing down the wind speed, promoting dew formation and reducing the evaporation. Furthermore, they reduce wind erosion.

The assessment of the economic limitations and opportunities of a landscape structure showed that very high yield increases are not necessarily needed to get an economic benefit out of a structured landscape.

A landscape, structured with 5 m high and 6 m wide landscape elements, could have an average windbreak of 10 times the size of the structure and it may increase the yield at about 10 % (in relation to the crop harvest) which is an economic advantage for the farm.

Furthermore, implication of the expected positive external effects of landscape structures such as promotion of biodiversity, the impact on the natural scenery, the recreational use and the inter-enterprise prevention of soil erosion in calculations, can result in an economic benefit from a macro perspective.

Structuring the agriculturally used landscape with landscape elements provides a climatically, economically and ecologically meaningful adaptation measure to climate change.

E-1 Einleitung

Regionalisierte Klimaszenarien für den Osten Österreichs, die vom Institut für Meteorologie der Universität für Bodenkultur erstellt wurden, weisen auf eine deutliche Temperaturerhöhung bei ungefähr gleich bleibenden beziehungsweise leicht sinkenden Niederschlägen hin. Für die 2020er Jahre wird eine Zunahme der durchschnittlichen Jahrestemperatur um ca. 1,9°C und für die 2040er Jahre um ca. 2,5°C im Vergleich zu den in der Klimanormalperiode 1961-1990 herrschenden Temperaturverhältnissen vorhergesagt. Die Jahresniederschlagssummen bleiben gleich. Es wird nur zu einer geänderten jahreszeitlichen Verteilung kommen. Aufgrund der veränderten Temperaturbedingungen und den gleichbleibenden Niederschlagsverhältnissen ist somit mit einer Zunahme der potentiellen Verdunstung von rund 18 % bis 25 % zu rechnen (EITZINGER et al., 2005). Bei den skizzierten klimatischen Veränderungen muss in der Landwirtschaft mit erschweren Wirtschaftsbedingungen und Ertragsverlusten gerechnet werden (STEININGER et al., 2003). Bereits in jüngster Vergangenheit wurden in Ostösterreich Schäden in der Landwirtschaft bedingt durch Trockenheit verzeichnet. Um kurzfristig Hilfestellung zu leisten, wurden seitens der Österreichischen Hagelversicherung Versicherungen angeboten, mit denen auch Dürreschäden abgedeckt werden (STEININGER et al., 2003).

Neben den kurzfristig wirkenden monetären Entschädigungen im Fall von Ernteaufällen ist es aber auch dringend notwendig, gemäß des Vorsorgeprinzips, Anpassungsstrategien für betroffene Regionen zu entwickeln, um eine nachhaltige auf zukünftige Generationen ausgerichtete Landwirtschaft zu gewährleisten (STEININGER et al., 2003). Somit werden effektive Maßnahmen in der Landbewirtschaftung notwendig werden, die das Mikroklima in den landwirtschaftlich genutzten Gebieten positiv beeinflussen.

In wenig strukturierten Agrarlandschaften ist die Untergliederung großer landwirtschaftlich genutzter Flächen mit Landschaftsstrukturen, bspw. mittels Hecken oder hohen krautigen Pflanzenbestände, die für sich signifikante klimatische Inseleffekte darstellen, ein möglicher Zugang, klimatische Extreme des freien Feldes abzuschwächen. Sie haben so auch eine bedeutende ökologische Funktion neben der bekannten Schutzfunktion gegen Wind und Erosion. Zudem leisten sie einen wichtigen Beitrag zum Bodenschutz und zur langfristigen Ertragssicherung und -verbesserung (EITZINGER & KÖSSLER, 2002; GROOT & CHARLSON, 1996; MCANENEY et al., 1990). Die Optimierung lokalklimatischer und mikroklimatischer Verhältnisse durch Gestaltung der Landschaftsstrukturen (z.B. Hecken) ist ein wesentlicher Aspekt im ökologischen Landbau, da diese Elemente eine ökologische Nische für Nützlinge darstellen können. Das veränderte Mikro- und Lokalklima durch Landschaftselemente wie Hecken wirkt weiters auf den Pflanzenbestand und kann die Standortbedingungen (wie z.B. den Wasserhaushalt über die Verdunstung und die Taubildung) für den Pflanzenbau und die Ökologie entscheidend verändern, was aus vielen Untersuchungen bekannt ist, wie z.B. in Agro-Forestry Systemen (z.B. BENZARTI, 1999; CLEUGH, 1998; EASTHAM & ROSE, 1988; FAO, 1962; LIN et al., 1999; BOAHUA et al., 2000).

Eine Kammerung der Landschaft mit Landschaftsstrukturen, die gleichzeitig eine ökologisch sowie ökonomisch Nutzung ermöglicht, kann eine „vernetzte“ multifunktionale Landnutzung begründen. Angesichts eines steigenden Bedarfs an nachwachsenden Rohstoffen kann so zum Beispiel die Implementierung von Landschaftsstrukturen eine Adaptionenmaßnahme an den Klimawandel darstellen und gleichzeitig zum Anbau eines Rohstoffes genutzt werden und somit unmittelbare und mittelbare wirtschaftliche Vorteile ermöglichen.

Zur Steigerung der Akzeptanz von Landschaftsstrukturierungen seitens der Landbewirtschaftler kann ein nachweisbarer direkter wirtschaftlicher Nutzen durch eine Implementierung von Landschaftsstrukturen vorteilhaft sein.

E-2 Projektziel

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wird die Möglichkeit der Kammerung der Landschaft mittels Landschaftsstrukturen als eine mögliche Adaptionsmaßnahme an den Klimawandel überprüft. Insbesondere werden Landschaftsstrukturierungen auf ihren Beitrag zur Ertragsstabilisierung und positiven ökonomischen Bilanzierung unter Einziehung externer Effekte hin analysiert.

Daraus ergeben sich folgende Arbeitsschritte:

- Identifikation von Klimaszenarien für den Osten Österreichs
- Identifikation möglicher an zukünftige klimatische Bedingungen, angepasste Landschaftsstrukturen unter Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozio-kultureller Aspekte in Hinblick auf eine langfristige Sicherung des landwirtschaftlichen Ertrages
- Ökonomische Bilanzierung ausgewählter Landschaftsstrukturen unter Berücksichtigung der Wirkung auf den Feldfruchtertrag sowie den Errichtungs- und Erhaltungskosten der Landschaftsstrukturen
- Schaffung erster Entscheidungsgrundlagen zur Entwicklung von Feldforschungsprojekten die Strukturierung real existierender Ackerflächen in Ostösterreich betreffend.

E-3 Ausgangssituation

Landschaftsstrukturierungen in Form von Gehölzstrukturen und Einzelgehölzen sind ein integraler Bestandteil der mitteleuropäischen Kulturlandschaften. Einzelbäume, Baumgruppen, kleine Waldrelikte (=Feldgehölze) oder lineare Strukturen aus Bäumen und Sträuchern (= Hecken) gehen auf einen langen kulturgeschichtlichen Hintergrund zurück und prägen auch heute noch die Kulturlandschaft (BAUDRY et al., 2000; VAN ELSSEN & IMMEL, 2001). Hecken sind oft als Grenzformationen in einer Kulturlandschaft entstanden (DVL, 2006). Eine ursprüngliche Funktion der Hecken war z.B. auch die Abgrenzung von Ackerflächen und Weidevieh respektive der Schutz von Weidevieh vor Wildtieren (KURZ et al., 2001; WEBER, 2003; VAN ELSSEN & IMMEL, 2001). Die Bedeutung der Gehölzstrukturen im modernen Ackerbau hat sich gewandelt, und es gibt eine Reihe von Funktionen der Strukturen, die heute nur noch teilweise von landwirtschaftlicher Relevanz sind (VAN ELSSEN & IMMEL, 2001, S. 353). Andere Funktionen stellen bis heute übliche Nutzungen von Hecken dar, wie die Entnahme von Brennholz (teils Wertholz) aus Hecken. Die Brennholznutzung nimmt nach BÖCKLING (2008) sogar gerade in Hinblick auf den vermehrten Bedarf von Hackschnitzeln an Bedeutung zu.

Es gibt eine große Vielzahl an unterschiedlichen Heckentypen, die jeweilige Anpassungen an die regionalen Nutzungsformen und an die ökologischen Standortbedingungen darstellen. Die unterschiedlichen Ausprägungen und Formen der Hecken gehen in erster Linie auf die Nutzung und Anlage der Hecken durch den Menschen zurück. Meist wurden Gehölzarten der umgebenden Wälder für die Hecken verwendet, was wiederum regional unterschiedliche Hecken hervorgerufen hat (DVL, 2006; KURZ et al., 2001; WEBER, 2003; VAN ELSSEN & IMMEL, 2001).

Wenn Menschen Hecken in der Kulturlandschaft anlegen und nutzen, gibt es nicht nur vielfältige Heckenformen, sondern darüber hinaus eine landschaftskulturelle Vielfalt an Landschaftsstrukturierung (KURZ et al., 2001). Dies trifft insbesondere für Kulturlandschaften zu, deren Entstehung auf eine mit großräumiger Viehhaltung zurückzuführen ist, wie beispielsweise in Schleswig-Holstein, Norddeutschland. Dort wurden Hecken gezielt als Abgrenzungen angelegt und vernetzte Strukturierungen entstanden. Hingegen entstanden in anderen Gegenden, so auch in Mittel- und Süddeutschland, Hecken und Gehölzstrukturen meist spontan auf Ungunstandorten. Zur Abgrenzung wurden in diesen Gegenden schon sehr bald Zäune verwendet, und es gab nur eine vergleichsweise sehr geringe Anzahl an Hecken (DVL, 2006, S. 11f). Auch heute lassen sich sehr unterschiedliche Formen der Landschaftsstrukturierung (= Kammerung) finden, sie variieren von stark strukturierten Heckenlandschaften (z.B. „bocage“) (BAUDRY et al., 2000) bis hin zu offenen, ausgeräumten Landschaften mit wenigen Windschutzhecken.

Durch die Kammerung der Landschaft mittels Anbau nachwachsender Rohstoffe zur Energieerzeugung steht der Landwirtschaft eine zusätzliche Einnahmequelle zur Stärkung der Rentabilität ihrer Agrarflächen offen. In Europa werden im besonderen Raps, Sonnenblumen und Getreide inklusive Mais aber auch Schilfgras oder Miscanthus als Energiequelle genutzt. Diese Rohstoffe sind allesamt verwertbare biologische Energieträger.

E-4 Methodik

Der interdisziplinäre und integrative Forschungsansatz verlangte die Anwendung eines komplexen Methodensets, das sich jedoch ausschließlich auf Sekundärforschung beschränkte.

Die regionalen Klimaszenarien für den nordöstlichen Teil Österreichs wurden mit den globalen Zirkulationsmodellen HadCM 3 und ECHAM4 basierend auf dem Emissionszenario SRES-A2 erstellt (RISCHBECK; 2007). Die Berechnung der synthetischen Tageswetterfiles erfolgte mit einem stochastischen Wettergenerator (DUBROVSKI, 1996) für die Klimareferenzperiode 1971-2005 sowie für Szenarien für 2025 und 2050 mit hoher sowie niedriger Klimasensitivität (DUBROVSKI et al., 2005). Für eine detaillierte Beschreibung dieser Methode wird auf RISCHBECK (Kapitel 4, 2007) verwiesen.

Mittels Literaturrecherche wurde der Einfluss von Landschaftsstrukturen auf die mikroklimatischen Bedingungen ackerbaulich genutzter Anbauflächen insbesondere hinsichtlich der Windschutzwirkung und damit in Zusammenhang stehend der Evapotranspiration analysiert.

Die Bestimmung der Ertragssteigerungen durch Landschaftsstrukturierung erfolgte durch Auswertung vorhandener Literaturzitate zum Einfluss von Hecken auf den Feldfruchttertrag in angrenzenden Ackerflächen. Berücksichtigung fanden Ergebnisse aus Regionen mit ähnlichen klimatischen Verhältnissen, wie sie im niederschlagsarmen Osten Österreichs herrschen. Darüber hinaus wurde auf eigene Ergebnisse aus Vorprojekten im Marchfeld zurück gegriffen.

Neben den durchgeführten Literaturrecherchen wurden ExpertInnen aus der Wissenschaft und Praxis mittels Interviewleitfaden konsultiert. Dadurch konnten die Ergebnisse der Literaturrecherche in einigen Bereichen erweitert und ergänzt werden.

In einem nächsten Schritt wurden für Landschaftsstrukturierungen geeignete Pflanzen ausgewählt. Zur leichten Entscheidungsfindung und besseren Vergleichbarkeit wurden Auswahlkriterien festgelegt und darauf aufbauend eine Matrix erstellt. Zentrale Auswahlkriterien waren: ökologische Ansprüche hinsichtlich der klimatischen Standortbedingungen (v. a. Toleranz bzgl. Trockenheit und Temperatur) sowie Anbau- und Nutzungsmöglichkeiten in Ostösterreich (Ertrag, Anbau, Pflege, ...).

Die Bewertung ausgewählter Landschaftsstrukturen basierte auf einer vereinfachten SWOT Analyse. Der Terminus SWOT-Analyse (Strengths, Weaknesses, Opportunities und Threats) kann mit „Analyse der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken“ übersetzt werden. SWOT-Analysen werden vor allem in Wirtschafts- und Sozialwissenschaften verwendet, finden aber zur Evaluation verschiedener Szenarien zunehmend Eingang in naturwissenschaftliche Fragestellungen. Kriterien der Bewertung waren neben einer Bewertung der Beeinflussung des Mikroklimas, insbesondere der Evapotranspiration, des Erosionsschutzes der Ackerböden und der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit, des zu erwartenden ökonomischen Ertrages auch die Multifunktionalität der Landschaftsstrukturen. Nicht zuletzt wurden auch externe, schwer erfassbare positive Effekte der Landschaftsstrukturierung wie die Beeinflussung der Biodiversität und eine überbetriebliche Bodenerosionsminderung berücksichtigt.

Die betriebswirtschaftliche Bewertung ausgewählter Landschaftsstrukturen erfolgte auf Basis von Szenario- und Sensitivitätskalkulationen mit Hilfe von Programmplanungselementen. Dabei wird die Planungssituation bzw. der Ist-Zustand ermittelt, inklusive des Status quo benötigter Produktionsfaktoren. Weiterhin sind die in Betracht zu ziehenden Produktionsverfahren nach Art und Umfang zu bestimmen und die dazugehöri-

gen Leistungen und Kosten darzulegen.¹ Damit konnten die Wirtschaftlichkeitsgrenzen von Landschaftsstrukturen in Abhängigkeit verschiedener Annahmen aus der Literatur evaluiert werden. Darüber hinaus ermöglichten die Modellannahmen eine Sensibilisierung für die Identifikation eines weiteren Forschungsbedarfs.

¹ Die Programmplanung erfasst darüber hinaus vielfach auch Rangordnungsschemata sowie Substitutionen von Produktionsverfahren nach Maßgabe von Erwägungsrechnungen.

E-5 Ergebnisse

Auch eine interdisziplinäre Fragestellung verlangt zuerst eine Darstellung der sektoralen Ergebnisse. Die intersektorale und integrative Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse erfolgt letztendlich im Rahmen der vereinfachten Stärken- und Schwächenanalyse.

E-5.1 Klimaszenarien

Laut Emissionsszenario wird angenommen, dass sich die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre bis 2025 auf 438 ppm und bis 2050 auf 532 ppm erhöhen wird.

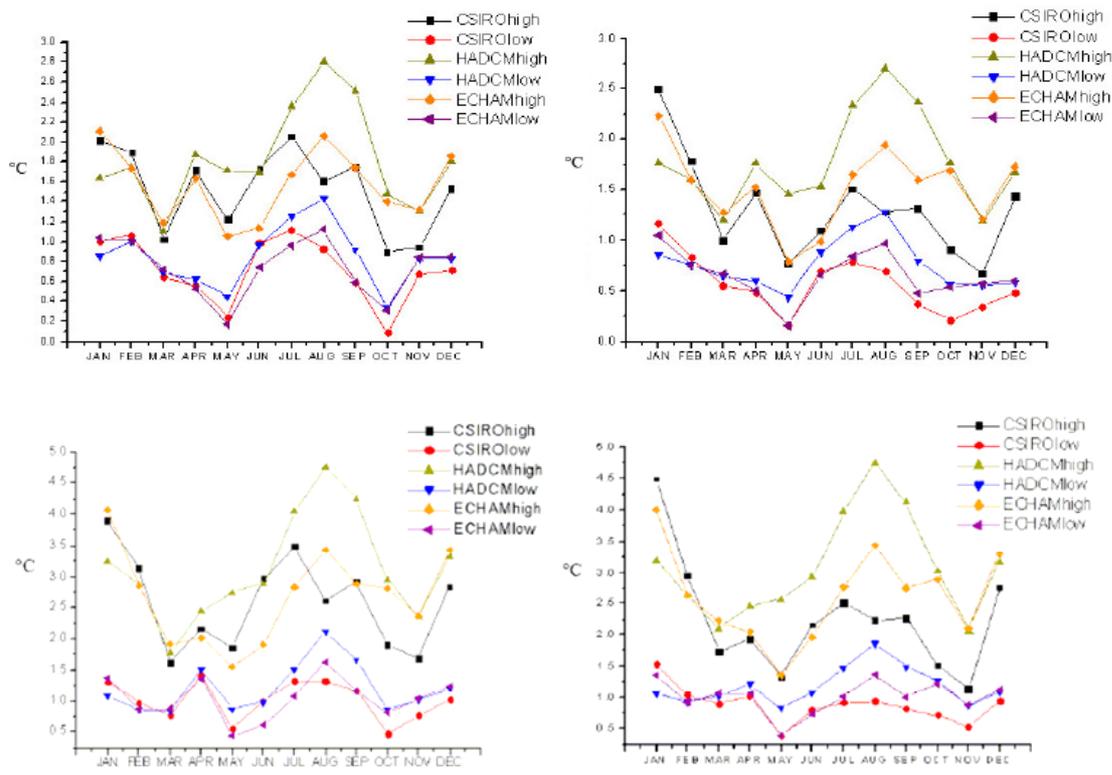


Abb. E- 1: Änderung der mittleren monatlichen Temperaturmaxima (li) und –minima (re) für 2015-2035 (oben) und 2040-2060 (unten) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2005 (Quelle: RISCHBECK, 2007)

Die Abbildung 1 zeigt die Anomalie der Temperatur für das Marchfeld, die mit verschiedenen Klimaszenarien und unterschiedlicher Klimasensitivität für die Zeiträume 2015-2035 (kurz 2025er Szenario) und 2040-2060 (2050er Szenario) berechnet wurden. Obwohl die Ergebnisse je nach Modell größere Schwankungen in der Intensität der möglichen Klimaänderung aufweisen, können dennoch allgemeine Aussagen gemacht werden: Die Klimaänderung fällt jahreszeitlich gesehen unterschiedlich aus, im Sommer und Winter kommt es zu einer stärkeren Erwärmung wie in den Übergangsjahreszeiten. Zudem fallen in der wärmeren Jahreszeit von März/April bis September/Oktober geringere Niederschlagsmengen, während die Niederschlagsmengen in der kälteren Jahreszeit zunehmen werden (siehe Abb. 2).

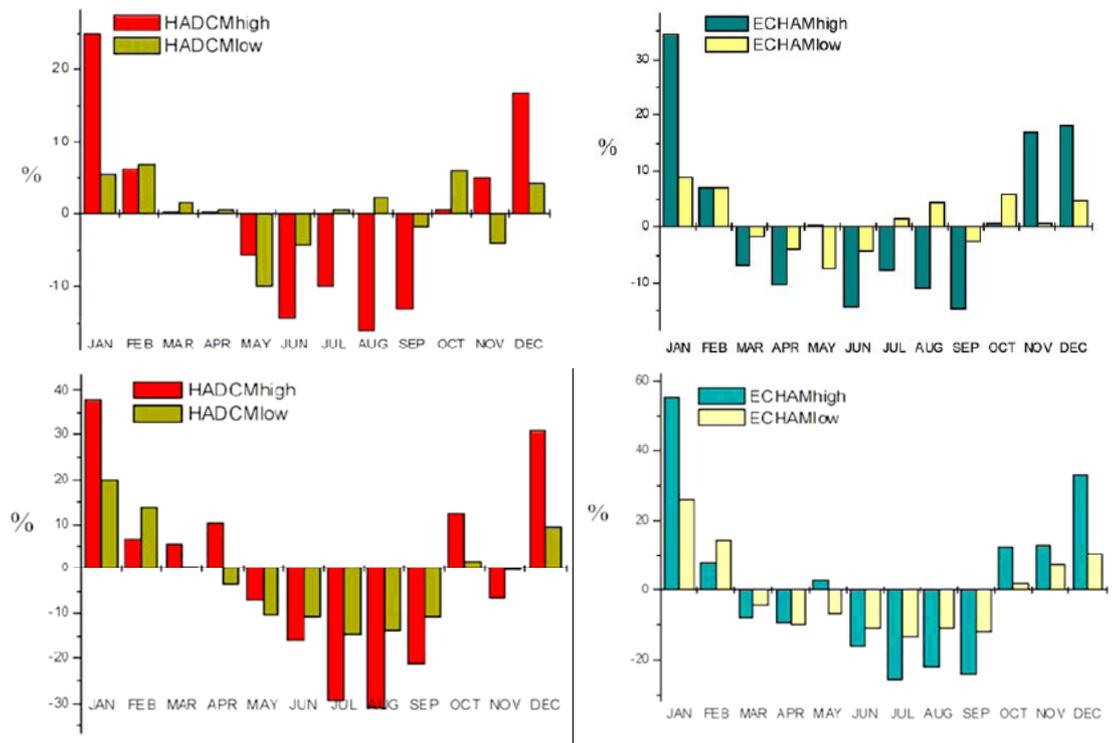


Abb. E- 2: Relative Veränderung der monatlichen Niederschlagsmengen für die Perioden 2015-2035 (oben) und 2040-2060 (unten) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2005 (Quelle: RISCHBECK, 2007)

E-5.2 Einfluss des Klimawandels auf die Landwirtschaft

Durch die von Klimaszenarien angezeigte Temperaturerhöhung in den nächsten Jahrzehnten werden die potentielle Verdunstung und damit auch der Wasserbedarf landwirtschaftlicher Kulturen steigen. Höhere Temperaturen beeinflussen auch die Phänologie und verursachen mehr Hitze- und Trockenstress. All dies hat Folgen für den Wasserhaushalt und -bedarf und in weiterer Folge für die Erträge landwirtschaftlicher Kulturen an schon jetzt relativ trockenen Standorten.

In Regionen, die jetzt schon niederschlagsarm sind, wird das zur Verfügung stehende Wasser noch mehr zum begrenzenden Faktor im Ackerbau werden. Die Zunahme der potentiellen Verdunstung aufgrund höherer Temperaturen während der Vegetationsperiode, die regional möglicherweise höhere Intensität von Niederschlägen (größere Mengen je Niederschlagsereignis), eine jahreszeitliche Verschiebung der Niederschlagsmengen (im Sommerhalbjahr weniger, im Winterhalbjahr mehr jedoch geringerer Anteil davon in Form von Schnee), längere Trockenperioden sowie häufigere Frühjahrstrockenheiten können als die wesentlichen Einflussfaktoren genannt werden, welche selbst bei gleich bleibenden Niederschlagsmengen zu einem insgesamt geringeren Produktionspotenzial in der Landwirtschaft führen können.

Für das Pflanzenwachstum ist neben dem Klima und Wetter der Boden von entscheidender Bedeutung. Tiefgründige Böden zeigen aufgrund des höheren Wasserspeichervermögens im Vergleich zu seichtgründigeren Böden höhere Erträge. Die langsamere Austrocknung tiefgründiger Böden führt zu weniger Trockenstress während der besonders empfindlichen Phasen der Blüte und Kornfüllung.

Bei Winterungen kann bei guten Böden - wegen der besseren Ausnutzung der Winterfeuchte, die einhergeht mit einem Wachstum in einer noch feuchteren und kühleren Jah-

reszeit - durchaus eine Zunahme des Ertrages unter Annahme der Klimaszenarien für Ostösterreich in den kommenden Jahrzehnten erwartet werden (EITZINGER et al., 2007). Sommerungen reagieren dagegen wegen zunehmender Sommertrockenheit viel empfindlicher auf den Klimawandel. Ertragsverluste sind hier eher die Regel. Infolge des Klimawandels kann mit einer Zunahme von Ernteausfällen gerechnet werden (Zunahme der interannualen und räumlichen Ertragsvariabilität). Außer auf sehr guten Böden werden Mindererträge ansteigen.

Durch vermehrt zu erwartende Starkregenereignisse wird sich die Erosionsgefahr erhöhen. Die Bedeutung eines hohen Humusgehaltes für die Wasserspeicherung wird zunehmen. Wichtig sind der Aufbau einer guten Bodenstruktur mit hohem Porenvolumen und die Vermeidung von Bodenverdichtung, damit bei Starkregen möglichst viel Wasser aufgenommen werden kann und nicht abfließt. Der biologische Landbau als Bewirtschaftungsform ist diesbezüglich positiv zu beurteilen. Mit einer vielseitigen Fruchtfolge mit einem hohen Anteil an Futterleguminosen und verstärktem Zwischenfruchtanbau wird Bodenfruchtbarkeit aufgebaut und die Bodenoberflächen für einen längeren Zeitraum bedeckt.

Eine Wasser sparende Bodenbearbeitung wird an Bedeutung zunehmen. Reduzierte Bearbeitung mit einer geringeren Anzahl an Arbeitsgängen, geringe Arbeitstiefen und das Belassen einer Mulchschicht auf der Bodenoberfläche kann die Verdunstung verringern.

Für den Anbau hat dies zur Folge, dass in den trockenen Regionen vermehrt Wintergetreide bzw. generell Winterungen angebaut werden wird. Inwieweit mit Ertragsrückgängen im Getreide zu rechnen ist, lässt sich schwer voraussehen, da dies vor allem von den Trockenperioden abhängig ist. Aufgrund des früheren Beginns der Vegetationsperiode und zur Nutzung der Winterfeuchtigkeit wird ein früher und rechtzeitiger Anbau der Sommerkulturen immer wichtiger. Bei der Sortenwahl ist auf die Anpassung der Sorte auf Trockenstress zu achten. Auch bei den Kulturarten werden Pflanzen mit wenig Wasserverbrauch vermehrt in die Fruchtfolge aufgenommen werden.

Milde Winter werden zu einer frühzeitigen Entwicklung der Beikräuter beitragen. Fruchtfolgestrategien zur Reduktion des Beikrautdrucks werden insofern in Zukunft noch bedeutsamer. Untersaaten werden verstärkt mit der Deckfrucht konkurrieren. Ebenso wird eine Zunahme mancher Schädlinge und im Gegenzug eine Abnahme mancher Pilzkrankheiten zu verzeichnen sein. Nützlingsförderung über Ökostreifen und Gehölzstrukturen wird von daher an Bedeutung zunehmen.

Erhöhte Winterniederschläge und höhere Temperaturen im Winter, die die Mineralisierung der organischen Bodensubstanz fördern, werden sich die Verlagerung und Auswaschung von Nährstoffen z.B. als Nitrat und Sulfat erhöhen. Neben einer Belastung des Grundwassers können dadurch Nährstoffverluste zunehmen.

Zusammenfassen wird davon ausgegangen, dass in der Landwirtschaft demnach mit einer längeren Vegetationsperiode und einer rascheren Pflanzenentwicklung zu rechnen ist. Der Bodenwasserspeicher wird im Winter häufiger aufgefüllt werden, die Schneeschmelze fällt aber geringer aus. Frostschäden an Winterungen können trotz höherer Wintertemperaturen zunehmen, wenn die schützende Schneedecke wegfällt. Der Entwicklungsbeginn der Winterungen kann früher einsetzen, und daher in eine feuchtere Phase fallen. Später, zur Zeit der Getreideblüte können Winterungen, aber vor allem Sommerungen, vermehrt von Trockenheit und Hitze betroffen sein. Die Ertragsvariabilität nimmt daher zu.

E-5.3 Landschaftsstrukturen und Bepflanzungsvarianten

Bei der Kammerung einer ausgeräumten Agrarlandschaft erfolgt die Pflanzung einzelner Landschaftsstrukturen in - durch die Windschutzwirkung begründeten - Abständen. Im

folgenden Kapitel wird auf die drei nachstehenden Bepflanzungsvarianten näher eingegangen:

- krautige ein- bis mehrjährige Biomassepflanzen
- verholzende mehrjährige Biomassepflanzen
- verholzende mehrjährige Pflanzen mit spezifischer Biodiversitäts- resp. Pflanzenschutzfunktion (Hecken).

Jene drei Bepflanzungsvarianten wurden anhand von Literaturrecherchen und Expertenkonsultation als mögliche Elemente für eine Landschaftsstrukturierung identifiziert.

E-5.3.1 Krautige ein- bis mehrjährige Biomassepflanzen

E-5.3.1.1 Identifizierung möglicher Arten

Wasser wird künftig in der Landwirtschaft der limitierende Faktor sein. Dabei entscheiden nicht nur die jährlichen Niederschlagsmengen, sondern vor allem die Verteilung und Intensität der Niederschläge im Jahresverlauf. Fehlende Bodenfeuchte lässt sich nicht durch beliebige Zusatzbewässerung kompensieren. Die Nachfrage nach trockenresistenten Energiepflanzen steigt daher an. (JULIUS KÜHN-INSTITUT, 2009).

Für eine Landschaftsstrukturierung mit krautigen ein- bis mehrjährigen Biomassepflanzen wurden unter anderem folgende Arten identifiziert: Miscanthus/ Chinaschilf (*Miscanthus sinensis*), Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), Sudangras (*Sorghum sudanense*), Mohrenhirse (*Sorghum bicolor*) aus der Gattung Sorghum, Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) und Igniscum.

Kriterien für die Auswahl obig genannter Arten waren v. a.:

- Klimatische Ansprüche und Bodenansprüche: Temperatur, Bodenqualität, Wasserbedarf
- Ernte: Etablierungszeitraum, Erntetechnik, Dauer der Beerntbarkeit, Biogas- und Methanausbeute, Ertrag, Nutzung, Kosten
- Anbau: Pflanzen bzw. Rhizome/ha Aussaattechnik, Vorfrucht, Bodenbearbeitung
- Physiologische Eigenschaften der Pflanze: ein- oder mehrjährig, Wuchshöhe
- Düngung und Pflanzenschutz (Regulierung der Beikräuter und Schaderreger)

E-5.3.1.2 Nutzung, Ertrag, Anbau und Pflege

Der Forschungsbedarf im Bereich krautiger Biomassepflanzen in Kombination mit Windschutzwirkung ist generell noch sehr hoch, es liegen wenige Erfahrungen aus der Praxis vor. Literaturangaben beruhen meist auf einzelnen Versuchsergebnissen und können lediglich als Richtschnur herangezogen werden. Zudem variieren Anbauempfehlungen und Nutzungsmöglichkeiten je nach Standort und regional unterschiedlichen Witterungsbedingungen, weshalb diesbezüglich allgemein gültige Schlussfolgerungen nur bedingt möglich sind.

Im Folgenden werden die ausgewählten Biomassepflanzen hinsichtlich Nutzung, Ertrag, Anbau und Pflege näher charakterisiert:

Miscanthus/ Chinaschilf (*Miscanthus sinensis*)

Miscanthus, gemeinhin auch als Chinaschilf bezeichnet, gehört ebenso wie Zuckerrohr und Hirse zur Familie der Süßgräser. Bei günstigen Klima- und Bodenbedingungen zeigt die C₄-Pflanze hohe Wuchsleistungen, die sie als nachwachsenden Rohstoff sowohl für die energetische als auch für die werkstofflich-technische Nutzung interessant machen.

Das Erntematerial kann lose brikettiert bzw. pelletiert in adaptierten Hackschnitzelheizungen verheizt werden. Weitere Verwendungsmöglichkeiten sind: Tiereinstreu, Rindenmulchersatz, Dämmmaterial und in Zukunft Alternativtreibstoff (BtL) (ARGE ELEFANTENWÄRME, o. J.).

Der Anbau von Miscanthus erfolgt über Rhizome mit einem Bedarf von 10.000 Rhizomen/ha. Die Kosten für das Pflanzenmaterial belaufen sich auf 2 Cent/Rhizom bzw. 2.000 Euro/ha (persönliche Mitteilung von Markus Stelzhammer, 11.12.2008). Optimaler Aussaattermin ist Mitte April, wenn möglich im Quadratverband (1m * 1m = 10.000 Pflanzen/ha) (LIEBHARD, 2007b).

Für die Vorbereitung der Fläche zur Pflanzung wird im Herbst 20-30 cm tief gepflügt, im Frühjahr sollte der Boden mit einer Grubber-Eggenkombination eingeebnet werden (FNR, o. J. a). Eine Bestandespflege ist nur im Aussaatjahr erforderlich. Die Beikraut bzw. Unkrautregulierung sollte bis Mitte August stattfinden. Empfohlen wird eine händische Arbeit mit einer Hacke in und eine Motorhacke zwischen den Pflanzenreihen. Ab dem zweiten Jahr unterdrückt der dichte Pflanzenbestand die Konkurrenzpflanzen sehr verlässlich (FRÜHWIRTH, o. J.).

Durch die hohe Anzahl an Silikataggregaten in sämtlichen Pflanzenteilen ist der Krankheits- und Schädlingsbefall äußerst gering (LIEBHARD, 2007b).

Der Etablierungszeitraum bis zur ersten Ernte beträgt 2 Jahre. Geerntet wird ab Mitte April bis Mitte Mai mittels Maishäcksler. Die durchschnittlichen Erträge belaufen sich auf 15-25t TS/ha (KAFFENBERGER, 2007).

Im Vergleich zum Raps-, Getreide-, oder Maisanbau weist Miscanthus mehr positive Umwelteinwirkungen auf. Chinaschilf bietet die Chance für einen extensiven landwirtschaftlichen Anbau mit mäßigem Düngereinsatz und dem Verzicht auf Pflanzenschutzmittel. Bodenerosion auf der Ackerfläche, verursacht durch Wind und Wasser, wird durch den flächendeckenden Miscanthusbestand bzw. die sich bildende Blatt- und Humusaufgabe reduziert. Selbige schont den Wasservorrat des Bodens und bildet eine dauerhafte Nährstoffquelle. Durch die Zersetzung der Blattmasse werden die Nährstoffe langsam in den Wurzelraum zurückgeführt (RÖHRICHT, 2006).

Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.)

Topinambur ist durch seine Mehrjährigkeit und die hohen Biomasseerträge als Biomassepflanze interessant. Topinambur ist zwar frosthart, für hohe Erträge ist eine warme Anbauregion allerdings geeigneter. Eine ausreichende Wasserversorgung ist vor allem in der Hauptwachstumsperiode der Sprossknolle zwischen Juli und Oktober wichtig. Um einen Gesamtbiomasseertrag von 15t TM/ha zu erreichen, braucht die Pflanze rund 600 mm (mindestens 450 mm) Wasser (FNR, o. J. b).

Als Bodenvorbereitung dient eine Herbst- oder Frühjahrsfurche, anschließend wird der Boden mit einer Grubber-Egge-Kombination eingeebnet. Bei mehrjährigem Anbau muss der Bestand ab dem 3. Jahr ausgedünnt werden. Dazu grubbert oder häufelt man im Frühjahr vor dem Austrieb bis kurz danach (April-Mai).

Ab Anfang März bis April werden im Pflanzjahr 40.000-50.000 Knollen/ha mit Kartoffellegetechnik gesetzt. (Reihenabstand: 75 cm, Abstand in der Reihe: 25-30 cm). Die Reihen werden wie bei Kartoffeln leicht angehäufelt. Der Bestandesschluss erfolgt Ende Juni, bis dorthin reicht eine zweimalige mechanische Unkrautregulierung. Aufgrund der Schnellwüchsigkeit und Konkurrenzstärke kann auf Herbizideinsatz verzichtet werden (TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM IM KOMPETENZZENTRUM FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE, 2007).

Energetisch lassen sich sowohl Kraut als auch Knollen nutzen. Für die energetische Nutzung empfiehlt es sich die Knollen einmal zu pflanzen, im folgenden Jahr vorwiegend das Kraut zu ernten und die Knollen ab dem 2. bis 3. Jahr nur auszudünnen. Laut

Erfahrungen des LTZ (LANDWIRTSCHAFTLICHES TECHNOLOGIEZENTRUM AUGUSTENBERG zitiert in FNR, o. J. b) werden die Bestände zu dicht, wenn man mehrere Jahre ausschließlich das Kraut erntet.

Das Kraut wird Ende August bis Ende September vor Verholzung der Stängel mit einem Maishäcksler geerntet. Die Knollen können frühestens ab Oktober bis März mittels Technik aus dem Kartoffelanbau gerodet werden. Vor der Ernte der Knollen wird das Kraut abgeerntet oder gemulcht.

Die bis zu 5 m hohe Pflanze erreicht Krauterträge von bis zu 20t Trockenmassen- bzw. Knollenerträge von bis zu 13t TM/ha (LTZ zitiert in FNR, o. J. b). Verwendungsmöglichkeiten sind v. a. Brennstoffnutzung, Biogas- sowie Bioethanolproduktion.

Gattung Sorghum: Beispiel Sudangras (*Sorghum sudanense*)

Sudangras wird zu den großkörnigen Sorghumhirsen gezählt. Ursprünglich als Futterpflanze genutzt, gewinnt es aufgrund seiner Massenwüchsigkeit aber zusehends Interesse als Biomassepflanze. Als einjährige C₄-Pflanze ist Sudangras wärmeliebend, gleichzeitig aber trockenheitstoleranter als beispielsweise der Mais (INSTITUT FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE KULTUREN GROSS LÜSEWITZ, 2006). Das Wachstum kann während einer Trockenperiode unterbrochen und anschließend wieder aufgenommen werden. Da Kälteschäden schon bei 4°C auftreten können, sollte frühestens Anfang bis Mitte Mai, spätestens bis Mitte Juni gesät werden.

Bezüglich Bodenqualität ist Sudangras wegen seines hohen Nährstoffaneignungsvermögens problemlos. Zur Bodenvorbereitung wird eine Winterfurche (25-30 cm tief) und/oder Grubbern im Frühjahr (10-15 cm tief) empfohlen. Vor der Aussaat (Drillsaat, Saatstärke: 20 kg/ha (ADAM, 2006) ist eine flache Bodenbearbeitung mit einer Kreiselegge sinnvoll.

Sudangras keimt sehr langsam und hat eine lange Jugendentwicklung. Ab einer Wuchshöhe von 25 cm wachsen die Pflanzen allerdings rasch auf eine Höhe von 2,5 bis 3 m heran.

Typische Parasiten bei Sorghumhirsen sind Brandpilze, falscher Mehltau, Gallmücke oder Halmfliege. Bis dato sind für den Pflanzenschutz, ebenso wie für die Unkrautregulierung keine chemischen Bekämpfungsmittel zugelassen. Besonders während der langen Jugendphase der Pflanze empfiehlt es sich das Unkraut mittels Maschinenhacke zu entfernen.

Sorghum sudanense besitzt die Fähigkeit auch nach mehreren Schnitten wieder kräftig auszutreiben. Dennoch wird in Hinblick auf einen ausreichenden Trockenmasse-Gehalt und geringen Arbeitsaufwand ein einzelner Schnitt am Saisonende empfohlen. Der Verholzungsgrad ist für die Biogasproduktion tolerierbar. Die Erträge liegen bei 8 bis 17t TM/ha/Jahr. Als Erntetechnik wird ein Maishäcksler eingesetzt (KTBL ,2006).

Sudangras ist ein einjähriges, sommerannuelles Gras. Das heißt es muss, im Vergleich zu den weiteren beschriebenen Bepflanzungsvarianten, jährlich neu angesät werden, was auch einen jährlichen Aufwand für die Bodenbearbeitung und die Bestandspflege bedeutet. Obwohl Sudangras selbstverträglich ist, empfiehlt sich ein jährlicher Wechsel der Anbaufläche. Der späte Anbau im Mai, die langsame Jugendentwicklung und die kurze Vegetationszeit bedingen eine zeitlich sehr beschränkte und insgesamt nur geringe Windschutzwirkung.

Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.)

Diese Pflanze wird bisweilen erst versuchsweise als Energiepflanze angebaut, weshalb alle Angaben aus der Literatur als vorläufige Empfehlungen zu werten sind. Die Silphie ist eine Becherpflanze, im Englischen als "cup plant" bezeichnet. Der Name nimmt Bezug auf die gegenständigen Blattpaare, die am Stängel zusammengewachsen sind und einen Becher bilden. Dieser ermöglicht der Pflanze Tauwasser aufzufangen und aufzu-

nehmen. Aufgrund dieser Besonderheit ist die Durchwachsene Silphie besonders gut an Trockenstandorte angepasst und hat gegenüber anderen Biomasselieferanten, wie Mais, den Vorteil, Feuchtigkeit nicht nur aus dem Boden beziehen zu können. Auch hinsichtlich Ertragsleistung ist die Silphie mit 13 -20t TM/ha ab dem 2. Jahr vielversprechend (THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2008).

Aufgrund ihrer langsamen Jugendentwicklung sollte die Pflanze nach einer Vorfrucht mit Unkraut unterdrückender Wirkung angebaut werden. Der Boden sollte vor dem Anbau im Herbst gepflügt werden und das Pflanzbett Feuchtigkeit bewahrend und feinkrümelig vorbereitet werden.

Die Silphie ist eine mehrjährige Pflanze, die sich mindestens 10 Jahre lang beernten lässt. Die Pflanze ist im landwirtschaftlichen Anbau noch sehr neu, weshalb sich dieser noch ziemlich schwierig gestaltet, zumal die Aussaatfähigkeit laut Silphie-Forschungsprojekten der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) noch verbessert werden muss. Nach derzeitigem Stand der Technik sollten vorkultivierte Jungpflanzen einer Direktsaat vorgezogen werden (ab Mitte April mit einem Abstand von 50 cm in und zwischen den Reihen ins Freiland setzen). Weil die Pflanze zunächst nur Blattrossetten am Boden ausbildet, ist eine Unkrautbekämpfung mittels Maschinenhacke im ersten Jahr dringend erforderlich. Danach wächst die Silphie auf eine Höhe von bis zu 2,5 m und unterdrückt Beikräuter aufgrund ihres dichten Bestandes selbst. Krankheiten und Schädlinge wurden bislang nicht beobachtet. Geerntet wird im September gegen Ende der Blüte mit einem Feldhäcksler (FNR, o. J. c).

Igniscum

Igniscum ist eine schnell wachsende, mehrjährige Pflanze aus der Familie der Knöterichgewächse, die in Deutschland gezüchtet wird. Sie ist an aride Verhältnisse (400 mm Jahresniederschlag) sowie feuchte Gegebenheiten gut angepasst.

Nach Austrieb aus den winterfesten Rhizomen im Frühjahr, erreicht Igniscum innerhalb weniger Monate eine Höhe von 3 Metern. Je nach Standort und Klima ist ein Höhenzuwachs von bis zu 10 cm pro Tag möglich. Die Nutzungsmöglichkeiten reichen von medizinischen Einsatzgebieten über energetische Nutzung bis hin zur stofflichen Verwertung.

Rasches Höhenwachstum sowie die hohe Blattmasse führen dazu, dass die Pflanze einen beträchtlichen Teil CO₂ aufnehmen und zwischenspeichern kann, weshalb sie auch klimapolitisch von Interesse ist. Zudem ist die Wurzel imstande sehr große Mengen CO₂ unterirdisch zu binden.

Die hohen Biomasseerträge von Igniscum liegen darin begründet, dass der bestehende Wurzelballen alle Energie anstatt in die Wurzelausläufer in die Triebe bringt. Die große Blattmasse pro Einzelpflanze ermöglicht ihr Wasser im Boden zu binden, das ohne Igniscum über Transpiration verloren ginge. Durch diese Verbesserung des Mikroklimas werden Blattstreu und Humus besser umgesetzt und eingearbeitet. So kommt es durch Erhöhung des pflanzenverfügbaren Wassers und organischer Substanz zu einer Bodenverbesserung.

Mittels Gemüsepflanzmaschine werden 7.500 Jungpflanzen/ha ausgebracht. Die Ernte mittels Maishäcksler erfolgt nach Winterausgang als Trockenmasse oder Ende des Sommers als Feuchtmasse. Ab dem dritten Jahr ist die volle Ertragsfähigkeit von etwa 40 t TM/ha erzielt. Igniscum ist ca. 20 Jahre lang jährlich beerntbar. Eine chemische Behandlung als Pflegemaßnahme ist nicht notwendig, da bislang keine Schadorganismen bekannt sind (2E ERNEUERBARE ENERGIEN GmbH & Co. KG, 2008).

E-5.3.2 Verholzende mehrjährige Biomassepflanzen im Kurzumtrieb

E-5.3.2.1 Identifizierung möglicher Arten

Als Energieholzpflanzen im Kurzumtrieb werden eine Reihe von Gehölzarten verwendet, wie beispielsweise Pappelarten, Weidearten, Robinien, Eschen, Grauerlen (FHP, 2007; FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG, MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN, 2008; BAYERISCHES AMT FÜR FORSTLICHE SAAT- UND PFLANZENZUCHT, 2008). Anhand von Auswahlkriterien – näher wurde Ernte und Anbau (Umtriebszeit, Pflanzen/ha, Erntetechnik, Pflanzenschutz etc.), ökologische Kriterien (Wuchshöhe, Nützlingsförderung, Lebensraum für Wildtiere, Landschaftsästhetik/Landschaftsbild etc.) sowie Vermarktung und Absatzmöglichkeit untersucht – wurden Gehölzarten identifiziert, die für eine zukünftige Landschaftsstrukturierung in Ostösterreich geeignet sind. Mögliche Arten, die insbesondere hinsichtlich der sich verändernden klimatische Bedingungen in Ostösterreich auch auf trockenen Standorten verwendet werden können, sind Hängebirke (*Betula pendula*), Eberesche (*Sorbus aucuparia*), Grauerle (*Alnus glutinosa*), Spitzahorn (*Acer platanoides*), Pappelarten wie Balsampappel oder Aspe, Weidenarten und Robinie (*Robinie pseudoacacia*).

Bei invasiven Arten, wie beispielsweise der Robinie, ist eine Verbreitung außerhalb der landwirtschaftlichen Flächen bedenklich und eine vollständige Entfernung bei einer Nutzungseinstellung (kosten-) aufwändig. Aus diesem Grund wird Robinie nicht als Pflanzenart für eine Landschaftsstrukturierung weiterverfolgt.

Weiden- und Pappelarten sind durch ihre Schnellwüchsigkeit (LIEBHARD, 2007a) besonders gut für den Kurzumtrieb geeignet und stellen die am häufigsten verwendeten Energieholzpflanzen in Österreich, sowie in Ostösterreich dar (Persönliche Mitteilung Herr Schweinberger, Probstdorfer Saatzucht, 04.02. 2009).

In Summe gab es 2008 794 ha Flächen Energieholz und Energiewald in Österreich, 333 ha lagen davon allein in Niederösterreich, wobei den größten Anteil die Stilllegungsflächen mit raschwüchsigen Gehölzen (232 ha), für welche die Landwirte bis zum Jahr 2008 Stilllegungsprämien erhielten, einnahmen. Die restlichen 101 ha fielen auf Energieholz bzw. Energiewald, die im Mehrfachantrag (jeder Betrieb, der Direktzahlungen und andere Ausgleichszahlungen erhalten möchte, muss einen Mehrfachantrag stellen) eingetragen sind, aber für landwirtschaftliche Förderungen irrelevant sind. Diese Flächen werden jedoch nicht lückenlos erfasst, da eine Kontrolle nicht gegeben ist (AMA & MFA, 2008 zitiert in SCHUSTER, 2009; AMA, 2009b).

Die Bedeutung von Weiden und Pappeln im Kurzumtrieb nimmt mit der steigenden Nachfrage nach Holz weiter zu. TRAUPMANN et al. (2004 zitiert in STÜRMER & SCHMID, 2007) geht davon aus, dass bis 2010 zusätzlich ca. 2 bis 2,5 Mio. Festmeter Holz pro Jahr vor allem für die thermische Nutzung benötigt wird. Allein 2005 wurden in Österreich ca. 1.700 ha Ackerland als Energieholzfläche ausgewiesen (STATISTIK AUSTRIA, 2007 zitiert in STÜRMER & SCHMID, 2007).

Einige trockenolerante Pappelhybride sind für den Kurzumtrieb auf niederschlagsarmen Standorten geeignet (Balsampappelhybride, teils Schwarzpappel- und Aspenhybride). Die Auswahl trockenoleranter Arten ist durch die schon derzeit trockenen Standorte in Ostösterreich vorgegeben und wird künftig, wie die Klimaszenarien zeigen, durch die zu erwartende steigende Anzahl an Trockenperioden an Bedeutung zunehmen.

E-5.3.2.2 Nutzung, Ertrag, Anbau, Pflege und Förderung

Angaben zu Wuchshöhen bzw. Wuchsleistungen, Anbaumethoden und Erträgen des Kurzumtriebes differieren je nach Gehölzart, einzelbetrieblichen Beispielen und Literaturquellen, womit eine Schlussfolgerung bezüglich Anbaufläche oder wirtschaftlichen

Nutzen der Landschaftsstrukturierung mittels Kurzumtrieb nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Die Pflanzung ist auch vom Standort sowie den Witterungsbedingungen abhängig, sollte aber im Frühjahr so bald wie möglich erfolgen. Um eine hohe Anwuchsrate der Stecklinge zu gewährleisten, muss das Pflanzbett optimal (feinkrümelig und abgesetzt) vorbereitet werden. Der Boden muss unmittelbar vor dem Stecken beim Pflanzstreifen ca. 22 cm tief gelockert werden (LIEBHARD, 2007a). Je nach Umtriebszeit werden 4000 (bei langer Umtriebszeit) bis 6.000 (bei kurzer Umtriebszeit) Pflanzen pro ha gesteckt, wobei bei den Weiden und Pappel-Stecklingen mit Kosten zwischen 0,15 und 0,25€/Stück zu rechnen sind (BAYERISCHES AMT FÜR FORSTLICHE SAAT- UND PFLANZENZUCHT, 2008; BURGER, 2004). Pflegemaßnahmen beschränken sich vor allem auf das Auspendanzjahr.

Die Ernte wird nach dem Laubfall bei vollkommener Vegetationsruhe durchgeführt. Flächen unter 0,5 ha werden meist nur händisch geerntet, da eine maschinelle Ernte auf den kleinen Flächen zu höheren Kosten führt (LIEBHARD, 2007a). Bei Kleinflächen erfolgt die Ernte durch eine motormanuelle Beerntung mit Freischneidegeräten in Kombination mit Anbauhackern. Bei Großflächen kann die Ernte mit einem Maisvollernter mit Holzernteaggregat (welcher allerdings noch nicht serienmäßig auf dem (deutschen) Markt erhältlich ist) für Pflanzen bis zu 14 cm Stockdurchmesser, durchgeführt werden. Die Umtriebszeit liegt je nach Standortqualität bei der Balsampappel zwischen 5 und 10 Jahren, bei der Weide zwischen 2 und 4 Jahren (BAYERISCHES AMT FÜR FORSTLICHE SAAT- UND PFLANZENZUCHT, 2008). Der Ertrag ist ebenfalls vom Standort abhängig und variiert bei der Balsampappel zwischen 7 und 15 t atro (=Trockenmasse)/ha/Jahr und bei der Weide zwischen 7 und 12 t atro/ha/Jahr, bei geringer Wasserversorgung kann dieser sogar auf 2 bis 5 t atro/ha/Jahr sinken (FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG, MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN, 2008; RÖHRICHT & KIESEWALTER, 2008; SCHOLZ et al., 2006).

Für den Anbau von Energiepflanzen werden ab einer Schlaggröße von 0,10 ha Prämien in der Höhe von 45 € je Hektar von der EU (im Rahmen der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik) für eine garantierte Höchstfläche von 2 Mio. Hektar gezahlt. 2009 wird die Energiepflanzprämie letztmalig gewährt.

E-5.3.2.3 Rechtliche Aspekte für die Anlage von Kurzumtriebspflanzungen

Da es sich bei der Anlage von Kurzumtriebspflanzungen um eine Art „Aufforstung“ auf landwirtschaftlichen Flächen handelt, muss die rechtliche Ausgangslage nach dem Forstgesetz geklärt werden. Nach dem österreichischen Forstgesetz muss ein Wald eine Fläche von mindestens 1.000 m² und eine durchschnittliche Breite von 10 m erreichen. Größere Kurzumtriebsflächen (größer 1.000 m² und breiter 10 m) zur Energieholznutzung mit einer maximal 30-jährigen Bestandszeit gelten dann nicht als Wald, wenn die Flächen zuvor forstwirtschaftlich genutzt wurden, und wenn eine Meldung der Kurzumtriebsnutzung an die Forstbehörde innerhalb von 10 Jahren erfolgt ist (GILGE, 2006). Würde eine Kurzumtriebsfläche nach dem Forstgesetz als Wald verstanden (bei einer Nichtmeldung und Überschreitung der oben genannten Mindestfläche) müsste bei der vollständigen Entfernung bzw. großflächiger Ernte ein Rodungsantrag beantragt werden (GILGE, 2006).

Die im Folgenden für die ökonomische Modellierung angenommenen Energieholzstreifen weisen eine Breite von unter 10 m auf und werden daher nach dem Forstgesetz nicht als Wald definiert. Bei einer evt. vollständigen Entfernung des Energieholzstreifens müsste daher kein Rodungsantrag gestellt werden.

E-5.3.3 Verholzende mehrjährige Pflanzen mit spezifischer Biodiversitätsfunktion

E-5.3.3.1 Identifizierung möglicher Arten

Bei der Artenauswahl für Landschaftsstrukturen aus mehrjährigen verholzenden Pflanzen, im Folgenden auch Hecken genannt, wurden neben den ökonomischen Kriterien auch deren Bedeutung für die Biodiversität der Agrarlandschaft sowie ihre soziokulturelle Bedeutung (hinsichtlich einer Integration in die Kulturlandschaft) berücksichtigt (DVL, 2006).

Die ausgewählten Baum- und Straucharten² stellen ökologisch angepasste, standortsgerechte Pflanzenarten dar, wobei darüber hinaus bei der Pflanzenauswahl soziokulturelle Aspekte hinsichtlich der ursprünglichen regionalen Bedeutung und der Nutzungsmöglichkeiten von Hecken (BAUDRY et al., 2000) berücksichtigt wurden. Zur Bewahrung genetischer Vielfalt sollte darauf geachtet werden, in jedem Fall autochtones Pflanzmaterial zu verwenden (MEYERHOFF, 2006). Im Rahmen dieses Projektes wurden darüber hinaus Baum- und Straucharten erhoben, die auch an die sich verändernden zukünftigen klimatischen Bedingungen in Ostösterreich angepasst sind. Das heißt die ausgewählten Pflanzenarten sollten in Hinblick auf die Klimaszenarien, wie auch aufgrund der heutigen, trockenen Standortsbedingungen in Ostösterreich, eine möglichst hohe Trockentoleranz aufweisen.

Vor der Detailplanung einer Hecke und einer damit verbundenen Pflanzenauswahl, ist es wesentlich zu entscheiden, welchen Nutzen/Gebrauch, welche ökologische Funktion sowie welchen positiven Einfluss die Hecke auf die mikroklimatischen Bedingungen der angrenzenden Ackerflächen (Windschutzfunktion resp. Evapotranspirationsminderung) haben soll (KURZ et al., 2001).

E-5.3.3.2 Nutzung, Ertrag, Anbau Pflege und Förderung

Hecken können neben ihrer ökologischen Funktion als Lebensraum und ihrem positiven Einfluss auf das Mikroklima, ebenso betriebswirtschaftlich vielseitig genutzt werden:

- Energieholz, Hackschnitzel: Abschnittsweise, unregelmäßiges (10 bis 20 % der Gesamtlänge) auf Stocksetzen der Hecke ermöglicht die Gewinnung von größeren Mengen Biomasse. Auch die plenterartige Entnahme der größten Bäume und Sträucher ermöglicht eine Biomassegewinnung, ohne die Erosionsschutzfunktion zu gefährden (BENJES, 1998).
- Nutzholz: Durch die Pflanzung geeigneter Baumarten, wie z.B. die Vogelkirsche (*Prunus avium*) kann aus einer Hecke auch Nutzholz entnommen werden (DVL, 2006).
- Jagd: Die Hecken stellen einen wichtigen Lebensraum für Rehe und Niederwild (wie Feldhasen, Fasan, Rebhuhn) als Äsungsflächen, Sichtschutz und Reproduktionsraum dar und sind daher für eine jagdliche Nutzung der Kulturlandschaft von entscheidender Bedeutung (KROMP, 1993).
- Schädlingsregulation: Daneben kann auch der positive Beitrag den Hecken zu einer höheren Ökosystemleistung in der Landwirtschaft genutzt werden. Solche Leistungen

² Mögliche Baum- und Straucharten auf trockenen Standorten: Berberitze; Dirndlstrauch; Roter Hartriegel; Weißdorn; Pfaffenkapperl; Warzen-Spindelstrauch; Sanddorn; Liguster; Echte Mispel; Vogelkirsche; Zwetschke; Steppenweichel; Schlehdorn; Traubeneiche; Kreuzdorn; Rose (Hundsrose, Kartoffelrose); Speierling; Elsbeere; Linde (Winterlinde); Feldulme; Wolliger Schneeball; mittlere bis trockene Standorte: Feldahorn; Bergahorn; Spitzahorn; Hainbuche; Nussbaum; Holzapfel (siehe Anhang).

können neben der Verbesserung des Erosionsschutzes oder der Erhöhung von Bodenfruchtbarkeit, auch die Förderung von Blütenbestäubern und Nützlingsförderung sein. Diese nützlingsfördernde Funktion der Hecke kann durch eine gezielte Baum- und Strauchartenauswahl in Hinblick auf Schlüsselorganismen erhöht werden und bis hin zu einer effektiven Schädlingsregulation geführt werden (PFIFFNER et al., 2005).

- Wildbeerenobst: Die Nutzung von Wildbeerenobst-Sträuchern in der Strauchreihe einer Hecke stellt eine weitere Funktion und einen zusätzlichen Ertrag der Hecken dar. Der Ertrag aus einer Wildbeerenobststrauchreihe in einer Hecke kann im Vergleich mit Erträgen von Wildbeerenobst im Plantagenanbau nicht konkurrenzfähig sein (FRIEDRICH & SCHURICHT, 1989). Es besteht jedoch die Möglichkeit einer eigenen Vermarktungsschiene, denn Wildbeerenobst aus Wildsammlungen hat besondere Inhaltsstoffe und Geschmacksrichtungen, die sich von Wildbeerenobst aus Plantagenanbau unterscheiden. Zwei zentrale Auswahlkriterien für mögliche Wildobstbeeren, die in eine zukünftige Landschaftsstrukturierungen in Ostösterreich als Strauchreihe integriert werden könnten, sind die Standortsansprüche, die sich aus den Klimaszenarien ergeben (Trockentoleranz) und Vermarktungs- und Erntemöglichkeiten der Wildobstbeeren. Folgende Wildobstbeeren-Sträucher wurden anhand dieser Kriterien mittels Literatur und Auskunft eines Experten des Instituts für Obstbau der Universität für Bodenkultur ausgewählt: Mispel (*Mespilus germanica*), Aronia (*Aronia melanocarpa*), Elsbeere (*Sorbus torminalis*) Kornelkirsche (*Cornus mas* / Fruchtsorten z.B. Jolico), Sanddorn, (*Hippophaea rhamnoides* / Fruchtsorten z.B. Dorana), Rose (z.B. *Rosa villosa (=pomifera)* – Apfelrose) (FRIEDRICH & SCHURICHT, 1989; MÜLLER, 1997a, MÜLLER 1997b).

Um den (Brenn)Holzertrag einer Hecke nutzen zu können, ist es notwendig alle 5 bis 20 Jahre Pflegemaßnahmen durchzuführen. Darüber hinaus sind die Pflegemaßnahmen ein wichtiger Beitrag um die Stabilität und Windschutzwirkung der Hecken zu erhalten und sollten allenfalls regelmäßig (alle 5 bis 10 Jahre bei Sträuchern und 10 bis 20 Jahre bei Heckenbäumen) durchgeführt werden (DVL, 2006; MEYERHOFF, 2006).

Je nach Heckenstruktur und Aufbau ist die klima- und windwirksame Funktion von Hecken unterschiedlich zu bewerten. Bei einer „Durchblasbarkeit“ von 60 % absorbiert eine Struktur die meiste (Wind-)Energie. Dementsprechend ist bei dieser Dichte der Landschaftsstrukturen mit der besten Windschutzwirkung zu rechnen (DVL, 2006, S. 90f). Neben dem Erhalt einer mittleren, gleichmäßigen Winddurchlässigkeit sind in der Heckenstruktur ebenso Überalterungserscheinungen zu verhindern wie z.B. das „Durchwachsen“ von Bäumen. Überalterte, hochwüchsige Bäume mit geringer Beastung in den Stammbereichen gewährleisten selbst weniger Windschutz und verdrängen zusätzlich die Strauchschicht. Um mit Hecken eine maximale Klimaschutzfunktion und gleichzeitig einen ökonomischen Nutzen der Hecken selbst sowie eine ökologische Funktion zu erlangen, sind also langfristige Pflegekonzepte zu entwickeln. In einem Pflegekonzept, dessen Ziel die Optimierung der mikroklimatische Bedeutung von Hecken ist, soll eine Auflockerung der Heckenstrukturen, eine Verlängerung der Heckenrandlinien, die Schaffung von Durchlässen unterschiedlicher Dichten und Altersklassen angestrebt werden. Um klima- und windschutzwirksame Funktion immer aufrecht zu erhalten, ist eine Rodung bzw. ein auf Stocksetzen der gesamten Hecke nicht zu empfehlen. Es erscheint daher sinnvoll eine Hecke in lateral aufgeteilte Pflegeabschnitte zu trennen. Wenn eine Hälfte auf Stock gesetzt bzw. gerodet oder ausgelichtet wird, bleibt die andere Heckenhälfte bestehen. Diese wird erst in einem angemessenen zeitlichen Abstand gepflegt. Diese räumliche und zeitliche nicht flächendeckende, sondern abschnittsweise Staffelung der Heckenpflege hat zur Folge, dass eine optimale Altersstufenvielfalt und ein permanenter Windschutz erzielt werden kann (KROMP, 1993; MEYERHOFF, 2006; BENJES, 1998).

Die Ergebnisse der Kostenberechnungen von Neupflanzungen und Heckenpflege variieren in der Literatur stark (insbesondere bzgl. der Arbeitszeit und –kosten Kalkulation).

Aus der Kostenkalkulation zur Neupflanzungen und Pflege von Hecken im Rahmen des „Handbuches Natur- und Landschaftspflege“ von ROTH und BERGER (1999) geht hervor, dass für die Pflegemaßnahmen von Hecken, trotz Erlösen aus Brennholz (evt. Wertholz) mit einem Kostenüberhang gerechnet werden muss (DVL, 2006; ROTH und BERGER, 1999). Die Funktion der Hecke als Brennholzlieferant hatte in den letzten Jahrzehnten aus betriebswirtschaftlicher Sicht an Bedeutung verloren. Dennoch gibt es ebenso Literatur, die gerade diese Bedeutung der Hecke hervorhebt.

Die Hackschnitzelerzeugung aus einer Hecke in Eigenproduktion ist nach BRÖCKLING et al. (2008) bedeutend billiger, als der Marktverkaufswert von Hackschnitzel. Demzufolge belaufen sich die Kosten für die Eigenproduktion von Hackschnitzel auf 12 € pro Sm³ (Schüttkubikmeter) und der Marktverkaufswert liegt ca. bei 20 € pro Sm³. Diese Spanne kann durch ein effektiv arbeitendes Heckenpflegekonzept sogar noch erhöht werden (BRÖCKLING, 2008).

In Niederösterreich werden Hecken und Windschutzanlagen sowie für deren Pflege über den Niederösterreichischer Landschaftsfond gefördert (Stand Herbst 2008). Das Land Niederösterreich übernimmt die Errichtungskosten und der Eigentümer der Anlage hat einen einmaligen Kostenersatz von 1.800 €/ha (exkl. 20 % USt.) zu leisten, wobei eine Herabsetzung bei folgenden Leistungen erfolgt: Bodenvorbereitung um 160 €/ha; mit eigenem Wildschutzmaterial (Pflöcke, Wildschutzgitter) 1.200 €/ha; während der ersten beiden Standjahre zur Kontrolle der Funktionsfähigkeit um 200 €/ha (AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG, 2007a).

E-5.3.3 Positive externe Effekte der Hecke

Hecken haben, wie schon erläutert, nicht nur auf der betriebswirtschaftlichen Ebene einen Nutzen, sondern erfüllen auch volkswirtschaftlich u. a. folgende Funktionen:

- Eine Hecke mit standortsgerechten, ökologisch und klimatisch angepassten Gehölzarten und einer entsprechenden Struktur, gewährleistet ein sehr hohes Maß an Biodiversität. Neben den Pflanzenarten, die auch seltene Baumarten bzw. alte Kultursorten mit einschließen können, ist die Hecke ein wichtiger Lebensraum für eine Vielzahl an Tierarten, wie z.B. für Vogelarten wie die Dorngrasmücke, die Goldammer oder den Feldsperling (BLAB et al., 1989).
- Durch Landschaftselemente wie Hecken können (Strauch- und Baum-) Korridore in einer Agrarlandschaft geschaffen und damit das Biotopverbundsystem erhalten werden. Diese Vernetzung von Lebensräumen ist Voraussetzung für den physischen und genetischen Austausch von Organismen und für das langfristige Überleben von Arten bedeutend (HINTERSTOISSER, 2007). Gerade in ausgeräumten Kulturlandschaften stellt die Biotopvernetzung eine wichtige Funktion von Hecken dar.
- Landschaftsbild, Erholungswert und die sozio-kulturelle Bedeutung: Vor allem in einer offenen, wenig strukturierten Agrarlandschaft, die durch Äcker flächenmäßig dominiert wird, tragen lineare Strukturen, wie Hecken und Windschutzanlagen dazu bei, das Landschaftsbild durch Vielfalt, Eigenart und Schönheit zu bereichern (HADTSCH et al., 2000). Ebenso erhöhen Landschaftselemente die Wiedererkennbarkeit sowie die Repräsentativität der Landschaft und haben als Naturerlebnis- und Erholungsfunktion einen wichtigen Stellenwert.

E-5.4 Klima- und Windschutzwirkung von Landschaftsstrukturen

Im Folgenden wird die Klima- und Windschutzwirkung von Landschaftsstrukturen diskutiert. Den Ausführungen vorangestellt sei, dass derzeit vor allem Untersuchungen über den Einfluss von verholzenden mehrjährigen Pflanzen mit spezifischer Biodiversitätsfunktion, sprich Hecken, vorliegen.

In Abbildung 3 wird die Klimaschutzwirkung einer Hecke qualitativ abgeschätzt. Besonders gut ist hier zu erkennen, dass der Einflussbereich vom jeweilig betrachteten meteorologischen Parameter abhängig ist und unterschiedlich groß ist. Beim Ertrag (in der Abbildung nicht eingezeichnet) erstreckt er sich weniger weit in das angrenzende Feld hinein, wie es etwa bei der Verdunstung oder bei der Wind reduzierenden Wirkung der Hecke ist. Die Wirkung der Hecke ist abhängig von ihrem Aufbau, ihrer Dichte (Durchlässigkeit), der Höhe und vor allem auch von ihrer Ausrichtung in Bezug auf die Himmelsrichtung und Hauptwindrichtung.

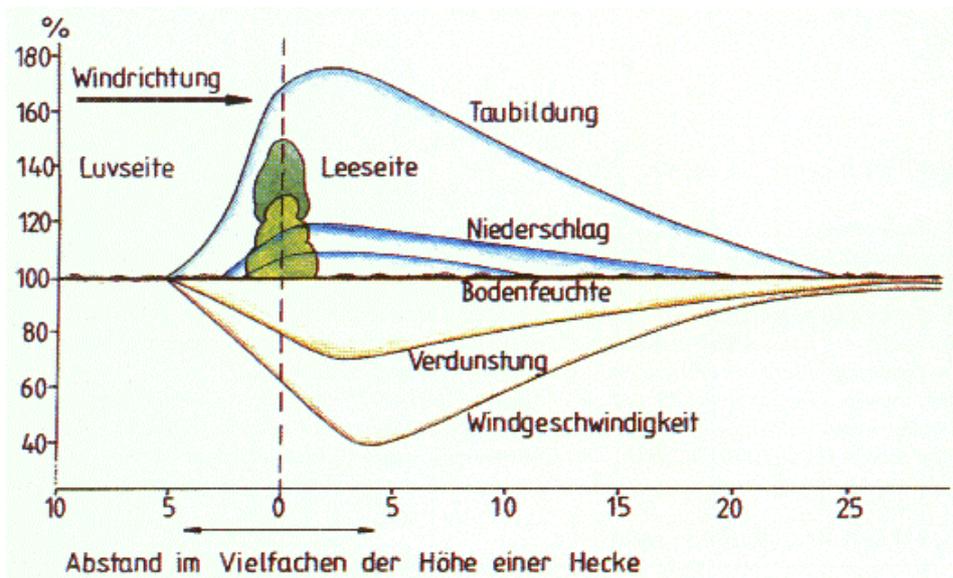


Abb. E- 3: Klimaschutzwirkung einer Landschaftsstruktur mit mehrjährigen verholzenden Pflanzen (Quelle: FRIELINGHAUS et al., 1997)

Allgemein gesehen verändern Hecken das Mikroklima des umliegenden Pflanzenbestandes, beispielsweise verringert ein verändertes Windfeld die Verdunstung und fördert Taubildung. Es ergibt sich somit - neben verringerter Winderosion - ein positiver Einfluss auf den Wasserhaushalt der Anbauflächen, weshalb gezielte Heckenpflanzungen der Optimierung mikroklimatischer Verhältnisse dienen können.

Die in der Literatur zahlreich gefundenen Angaben zum Einflussbereich in Bezug auf Wind, Verdunstung, Niederschlag und Tau kann durch eigene Messungen teilweise bestätigt werden (EITZINGER et al., 2005; GERERSDORFER et. al., 2009). So wird z.B. ermittelt, dass die Wind bremsende Wirkung der untersuchten Hecke bei vertikaler Anströmung bis ca. 100 m in das Feld hineinreicht, was dem 12-fachen der Heckenhöhe entspricht. Die direkte Messung der Referenzverdunstung zeigt eine steigende Verdunstung mit zunehmender Distanz von der Hecke ebenfalls bis zum etwa 12-fachen der Heckenhöhe. Der Niederschlag wird eigenen Messungen nach nur im Nahbereich der Hecke beeinflusst. Im Luv der Hecke fällt geringfügig mehr Regen als im Lee. Auch der Einfluss auf die Dauer der Taubenetzung und anderer Parameter kann nachgewiesen werden. Ein besonders deutlicher Effekt auf den Wassereintrag kann durch Schneeablagerungen (Schneewehen) im März 2005 festgestellt werden, wo im Nahbereich der Hecke bis zu 30 % des Jahresniederschlages (ca. 160 mm) eingebracht wird. Die Schneeablagerungen reichen im Luv viel weiter in das Feld als im Lee – mit einer deutlichen Abhängigkeit von der Dichte der Hecke. Die Folge sind messbare positive Ertrags-effekte in diesem Bereich. Wichtige Informationen zur Heckengestaltung lassen sich bei weiterer näherer Analyse daraus ebenfalls ableiten.

Generell gilt es bei Vergleichen mit Literaturangaben zu beachten, dass alleine schon eine geänderte Ausrichtung einer Hecke zur Hauptwindrichtung (z.B. von Nord-Süd auf Ost-West) den Einflussbereich deutlich ändern kann. Zudem wird in der Literatur häufig nur die Lee-Seite der Hecke betrachtet. Analysiert man hingegen den Gesamtwirkungsbereich einer Hecke, so ist von etwa einer 15-fachen Heckenhöhe als Wirkungsbreite in einer Heckenlandschaft auszugehen.

E-5.5 Einfluss von Landschaftsstrukturen auf den Ertrag

Im Folgenden wird der Einfluss von Landschaftsstrukturen auf den Ertrag der Feldfrüchte diskutiert. Den Ausführungen vorangestellt sei, dass derzeit vor allem Untersuchungen über den Einfluss von verholzenden mehrjährigen Pflanzen mit spezifischer Biodiversitätsfunktion, sprich Hecken, vorliegen.

In verschiedenen Untersuchungen (MAZEK-FIALLA, 1967; PRETZSCHEL et al., 1991; BRUCKHAUS & BUCHNER, 1995; MÖNDEL, 2007; SURBÖCK et al., 2009) wird eine Ertrag fördernde Wirkung von Hecken auf die landwirtschaftlichen Kulturen der angrenzenden Ackerfläche nachgewiesen. Das Ausmaß des Einflusses hängt aber von verschiedenen Faktoren ab. Wichtige Faktoren sind die Höhe, der Aufbau und die Dichte der Hecke bzw. der Landschaftsstruktur sowie deren Ausrichtung zur Hauptwindrichtung. Eine wesentliche Rolle spielt die jeweilige Kulturpflanzenart, im speziellen deren Entwicklungsverlauf und Vegetationsdauer. Darüber hinaus ist die Jahreswitterung, vor allem die Verteilung der Niederschläge und der Standort bzw. die Bodengüte der Ackerflächen entscheidend. Die Erkenntnisse zur Ertragsentwicklung sind daher aufgrund dieser zahlreichen Einflussfaktoren sehr unterschiedlich. Die Untersuchungen werden alle im Leebereich von bestehenden Windschutzanlagen durchgeführt. PRETZSCHEL et al. (1991) haben zusätzlich bei Kartoffeln den Einfluss auf der Luvseite erhoben. Prinzipiell setzen sich die Ertragseffekte jedoch aus der Reichweite des Einflusses der Klima- und Windschutzwirkung in das angrenzende Feld und dem dadurch erzielten Mehrertrag in diesem Bereich zusammen.

Im unmittelbaren Nahbereich der Hecke weisen alle Erhebungen einen Minderertrag, vor allem durch die Wasserkonkurrenz der Gehölze der Windschutzanlage mit den Feldfrüchten auf. Dieser Bereich reicht bis zu einer Entfernung der 0,5- bis 1,5-fachen Höhe der jeweiligen Gehölzstruktur (MAZEK-FIALLA, 1967; PRETZSCHEL et al., 1991; MÖNDEL, 2007).

Danach beginnt der Ertrag steigernde Effekt der Windschutzanlage auf die Feldkulturen, der in Heckennähe am höchsten ist und sich mit zunehmender Entfernung zur Hecke verringert. MAZEK-FIALLA (1967) gibt einen durchschnittlichen Schutzbereich, in welchen Mehrerträge auftreten, bis zur 10-fachen der Anlagenhöhe an. Ein Mehrertrag ist aber auch bis zur 14- bis 18-fachen Höhe der Hecke möglich. Bei PRETZSCHEL et al. (1991) werden Mehrerträge bei Serradella als Grünfütter, Lupinen und Getreide bis zum 20-fachen der Anlagenhöhe festgestellt. Dreijährige Ergebnisse bei Kartoffeln zeigen eine Ertragssteigerung bis zur 17-fachen Höhe im Lee, im Luv-Bereich reicht der positive Ertragseinfluss bis zur 5-fachen Höhe der Hecke.

In den Jahren 2004 bis 2008 hat das Institut für Ökologischen Landbau, BOKU Wien, den Ertragseinfluss einer acht Meter hohen Hecke auf verschiedene biologisch bewirtschaftete Feldkulturen erhoben. Der Einflussbereich der Hecke reicht bis ca. 35 m (4-fache Heckenhöhe) bei Winterweizen und bis zu ca. 80 m (10-fache Heckenhöhe) bei Luzerne und Sonnenblumen, wobei in einem Jahr bei Winterroggen kein Einfluss der Hecke auf den Ertrag festgestellt wird (SURBÖCK et al., 2009). Winterroggen legt sein Ertragspotential schon früh in der Vegetationsperiode fest, er verwurzelt gut und kann damit die Winterfeuchtigkeit optimal ausnutzen, wodurch er weniger unter der Vorsommerdürre leidet.

Die Ertragssteigerungen in den festgestellten Einflussbereichen auf der Leeseite der Windschutzanlagen gegenüber einem ungeschützten Feld sind in der Tabelle 1 zusammenfassend dargestellt (MAZEK-FIALLA, 1967; PRETZSCHEL et al., 1991; MÖNDEL, 2007; SURBÖCK et al., 2009). Angegeben sind die Schwankungsbereiche der Mehrererträge in Prozent für einzelne Kulturarten mit ähnlicher Vegetationszeit. Bei Sommergetreide liegen die Mehrererträge meist unter 10 %, nur bei PRETZSCHEL et al. (1991) wird in einem Jahr eine Ertragssteigerung von Hafer von ca. 17 % festgestellt. Die Mehrererträge bei Kartoffel im Luvbereich bis zur 5-fachen Anlagenhöhe schwanken zwischen 8 und 17 % (PRETZSCHEL et al. 1991).

Neben diesen Erhebungen des Einflusses von „klassischen“ Windschutzhecken wurde in Deutschland, Freistaat Sachsen, auch ein Feldstreifenanbau mit den schnell wachsenden Baumarten Weide und Pappel untersucht. Bereits in den ersten Standjahren können leicht positive mikroklimatische und Ertrags beeinflussende Effekte festgestellt werden (SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT, 2007).

Tab. E- 1: Mehrererträge (in Prozent) im Einflussbereich von Windschutzanlagen (Quelle: Zusammenfassung von Ergebnissen aus den Erhebungen von MAZEK-FIALLA,1967; PRETZSCHEL et al., 1991; MÖNDEL, 2007; SURBÖCK et al., 2009)

Kulturarten	Feldfrucht	Mehrertrag in Prozent
Wintergetreide	Winterweizen, Winterroggen	0 - 14
Sommergetreide	Sommergerste, Sommerhafer	5 – 17
Hackfrüchte	Zuckerrüben, Körnermais, Kartoffeln, Sonnenblumen	9 - 30
Futterleguminosen	Luzerne, Serradella	5 - 47

E-5.6 Auswahl der Landschaftsstrukturen und Bepflanzungsvarianten

Zur ökonomischen Modellierung werden verschiedene Bepflanzungsvarianten ausgewählt, um anhand dieser Pflanzenauswahl Aussagen zur Struktur (Höhe und Breite) einzelner Landschaftsstrukturelemente und somit zum Klima- und insbesondere Windschutz zu tätigen.

E-5.6.1 Bepflanzungsvarianten der Landschaftsstrukturen

Miscanthus hat sich als besonders geeignete krautige Biomassepflanze bezüglich der Trockenregion Marchfeld und in ökonomischer Hinsicht erwiesen. Als C₄-Pflanze kann sie selbst bei hohen Temperaturen assimilieren und Trockenmasse bilden, wodurch sich hohe Erträge von 15 - 25 t Trockensubstanz pro ha ergeben. Miscanthus treibt als Dauerkultur alljährlich aus den Wurzelstöcken aus und muss daher nur einmal gesetzt werden. Bei Bodenbearbeitung, Saatgut und Pflanzenschutz können dadurch Kosten eingespart werden. (HÖLLER, 2008).

Für eine Landschaftsstrukturierung mit verholzenden mehrjährigen Biomassepflanzen im Kurzumtrieb wird die Balsampappel als Referenzpflanze ausgewählt. Gründe hierfür stellen ihre Schnellwüchsigkeit (LIEBHARD, 2007a) und die damit verbundene Eignung als Kurzumtriebspflanze, sowie die schon vorhandenen Erfahrungen im Anbau in Ostösterreich und die Existenz von Pappel „Sorten“ (und Hybriden) mit einer vergleichsweise guten Anpassung an Trockenstress dar.

Für die Hecken kann eine Vielzahl an Strauch- und Baumarten verwendet werden. Der Aufbau und die Breite der Hecke ändern sich durch eine unterschiedliche Pflanzenaus-

wahl kaum. Daher werden für die Landschaftsstruktur „Hecke“ im Rahmen dieses Projektes nur Arten ausgewählt, die für Ostösterreich typisch sind.

E-5.6.2 *Aufbau der jeweiligen Bepflanzungsvariante*

Um eine ideale Windschutzwirkung und damit einen positiven Effekt auf den Wasserhaushalt der angrenzenden Ackerfläche aufrecht zu erhalten, muss eine Landschaftsstruktur eine gewisse Mindestbreite aufweisen. Die Literatur basierten Aussagen zu Mindestbreiten von Landschaftsstrukturen beziehen sich ausschließlich auf Hecken, wobei die in der Literatur empfohlene Mindestbreite für eine Hecke stark von 4 bis 10 m variiert. BENJES geht bei seinen Strauchhecken (Benjeshecken), die ein- bis zweireihig angelegt werden, von einer Mindestbreite von 4 m aus (BENJES, 1998, S. 31). Bei dreireihigen Hecken mit Strauch und Baumreihen (=Strauch-Baumhecke) müssen der Hecke mindestens 5 m zur Verfügung stehen, um ökologische Funktion und Windschutz zu gewährleisten (MEYERHOFF, 2006). Die Anordnung einer Hecke mit Strauch- und Baumreihen muss mindestens dreireihig sein, wobei eine mittlere Baumreihe auf zwei Seiten von je einer Strauchreihe eingefasst wird (DVL, 2006; MEYERHOFF, 2006). Bei der Pflanzung einer Hecke sollen die Gehölze in Verbänden ähnlicher Wüchsigkeit, Konkurrenzfähigkeit und Lichtbedürftigkeit gepflanzt werden. Bäume als Überhälter sollen in 10 bis 20 m Abständen und Sträucher in Abständen von 1 bis 1,5 m gepflanzt werden (KROMP, 1993; MEYERHOFF, 2006). Der Abstand zwischen den Reihen beträgt nach MEYERHOFF (2006) ca. 1 - 1,5 m. Als durchschnittliche Werte für den Pflanzungsabstand der Bäume können 10 m, für den der Sträucher ca. 1,2 m gerechnet werden (MEYERHOFF, 2006). In der Praxis kann jedoch nicht mit einheitlichen Pflanzabständen geplant werden, da die Sträucher und Bäume ein unterschiedlich schnelles Breitenwachstum haben (DVL, 2006).

Um das Ziel einer ökonomisch adaptierten Landschaftsstruktur zu gewährleisten, wird für alle drei Bepflanzungsvarianten eine möglichst geringe Breite angenommen. Diese Mindestbreite der Landschaftsstruktur muss jedoch das vorrangige Ziel der Landschaftsstrukturierung erfüllen, und zwar einen möglichst idealen Einfluss auf mikroklimatische Bedingungen der Ackerflächen ermöglichen.

Die Breite und die Höhe der Landschaftsstruktur mit krautigen Pflanzen oder Energiehölzern werden durch eine exemplarische Pflanzenauswahl bestimmt. Hinsichtlich der Breite müssen einzelbetriebliche Anbaumethoden und variierende Maschinenbreiten berücksichtigt werden. Die Breite der Landschaftsstruktur ergibt sich aus den Pflanzabständen für die angenommene Bearbeitung so wird beispielsweise bei Miscanthus die Bearbeitungsbreite des Feldhäckslers von 6 m angenommen (KTBL, 2005). Die Höhe bei krautigen Pflanzen ist durch die maximale Wuchshöhe der Pflanzen gegeben. Hingegen wird bei Energiehölzern im Kurzumtrieb die Wuchshöhe durch die Umtriebszeit begrenzt.

Für die drei Bepflanzungsvarianten wird für die ökonomische Modellierung eine Bepflanzungsbreite von 6 m angenommen. Die Annahmen für die Höhen der Bepflanzungsvarianten sind hingegen unterschiedlich, bei der Hecke wird eine Höhe von 10 m, bei Miscanthus eine Höhe von 3 m und bei der Balsampappel von 5 m angenommen.

E-5.6.3 *Abstand zwischen den Landschaftsstrukturen*

Die Festlegung optimaler Abstände zwischen den Landschaftselementen ist v. a. hinsichtlich der Bewirtschaftung der dazwischen liegenden Ackerflächen von großem Interesse.

Als Richtwert für den Abstand zwischen einzelnen Landschaftsstrukturelementen eignet sich die Reichweite der Windschutzwirkung (10 bis 20-fach der Höhe) im Leebereich der Landschaftsstruktur. Um eine ökonomische Optimierung zu erlangen, müssen darüber

hinaus einzelbetriebliche Verhältnisse berücksichtigt werden. Darunter fällt z.B. die im Betrieb gewählte Arbeitsbreite im Ackerbau. Im konventionellen Landbau spielt z. B. die Arbeitsbreite der Pflanzenschutzspritze oder des Düngerstreuers eine bedeutende Rolle, die zwischen 6 m und 36 m variieren kann.

Nicht jede Schlagform ist geeignet für die angenommene Landschaftsstrukturierung. Auch wenn die Inanspruchnahme der Flächen durch die Landschaftsstrukturen weitgehend gleich bleibt, kann je nach Schlagform und Hauptwindrichtung die Landschaftsstrukturierung eine erhebliche Arbeitserschwerung (Mehraufwand an Arbeitszeit) für die Feldbearbeitung durch sehr kurze Arbeitslängen bedeuten.

E-5.7 Ökonomische Modellierung des Einflusses der Landschaftsstrukturen auf den Ertrag

Als Basis für die ökonomische Bewertung des Einflusses von Landschaftsstrukturen auf den Ertrag der angrenzenden Ackerfläche wird ein konventionell bewirtschafteter Marktfruchtbetrieb gewählt. Die vierfeldrige Fruchtfolge besteht vereinfachend aus einigen der bedeutendsten Ackerkulturen Niederösterreichs. Mit Zuckerrüben wird eine Hackfrucht eingebunden und mit Winterweizen, Wintergerste und Sommergerste sind Getreidearten mit unterschiedlicher Vegetationsdauer enthalten.

Es wird ein konventionell bewirtschafteter Betrieb für die ökonomische Modellierung herangezogen, da die Datengrundlage betreffend Erträge und Preise der landwirtschaftlichen Kulturen, aber vor allem bezüglich des Anbaus krautiger Biomassepflanzen und schnell wachsender Gehölze im konventionellen Bereich deutlich größer ist.

Im Folgenden werden Modellergebnisse einer vereinfachenden ökonomischen Betrachtung vorgestellt. Sie gehen insbesondere von den zuvor erläuterten Literaturanalysen aus. Dabei wird eine 10- bis 20-fache Höhe der Landschaftsstruktur in der Breite der Ackerfläche aufgrund des Windschutzes als Ertrag fördernd unterstellt (siehe z. B. MAZEK-FIALLA, 1967, S. 39). Das heißt eine 5 m hohe Heckenanlage würde auf den Ackerflächen eine potenzielle Windschutzwirkung und damit einen Mehrertrag auf einer Breite von 50 bis 100 m bewirken. In diesem Zusammenhang haben die Diskussionen zum Aufbau der Landschaftsstrukturen ebenfalls gezeigt, dass diese eine Mindestbreite von 6 m aufweisen sollten, damit sowohl eine signifikante Windschutzwirkung auftritt als auch die Bewirtschaftung der Landschaftsstrukturen zu angemessenen Arbeitskosten erfolgen kann.

Allerdings ist die Windschutzwirkung zwischen den einzelnen Arten von Landschaftsstrukturen zu differenzieren. Während krautige Pflanzen wie z. B. *Miscanthus* jährlich beerntet werden und somit insgesamt geringere Windschutzhöhen erreichen, werden die Pappeln des Kurzumtrieb oder Hecken in mehrjährigen Intervallen geerntet oder es erfolgen lediglich Pflegemaßnahmen mit geringer Beerntungsintensität. Dies hat Auswirkungen auf die Windschutzwirkung auf der Hauptparzelle. Somit wird im Folgenden angenommen, dass bei den krautigen Pflanzen wie z. B. *Miscanthus* in der ersten Jahreshälfte lediglich eine Höhe von 1,5 m unterstellt werden kann und in der zweiten Jahreshälfte eine von 3 m. Winterungen erfahren somit tendenziell eine geringere Windschutzwirkung durch die krautigen Pflanzen als Sommerungen, die ihre Hauptvegetationszeit zu einem späteren Zeitpunkt im Kalenderjahr aufweisen. Insofern sind die Ertragssteigerungen aufgrund der Windschutzwirkung von krautigen Pflanzen in der folgenden Modellierung bei den Winterungen im Vergleich zu den Sommerungen um 50 % reduziert. Darüber hinaus wird dem Kurzumtrieb eine ständige Windschutzhöhe von 5 m unterstellt. Aufgrund der angenommenen Beerntungstechnik, lediglich jeweils die Hälfte der Breite der Landschaftsstruktur zu beernten, wird eine ausreichende Windschutzwirkung induziert. Bei den Hecken wird ebenfalls eine Höhe von 5 m unterstellt. Bei Letzteren ist eine gesteigerte Höhe (z. B. 10 m) denkbar. Daraus resultierende Modellergeb-

nisse können jedoch im Zusammenhang von der Höhe der Landschaftsstruktur und der Breite der Windschutz- und Ertragswirkung abgeleitet werden.

Ausgangspunkt sind zunächst Annahmen über bedeutende Ackerkulturen Niederösterreichs, deren Naturalerträge sowie Preisprognosen. Dabei wird vereinfachend von jüngsten Ertrags- und Preisentwicklungen ausgegangen. In einem weiteren Stadium können Preisfortschreibungen für eine weiter in die Zukunft zu betrachtende Zeit vorgenommen werden. Vereinfachend werden einige der bedeutendsten Ackerkulturen Niederösterreichs zu einer Fruchtfolge zusammengefasst, selbst wenn diese Fruchtfolge nicht repräsentativ für einzelne Standorte, Betriebe oder Parzellen Niederösterreichs sein kann (siehe Tab. 2). Die gewählte Fruchtfolge folgt dem Leitgedanken, der guten landwirtschaftlichen Praxis bzw. den Vorgaben von Cross Compliance und Agrarumweltprogrammen zu folgen, nicht mehr als 75 % Getreide und Mais in der Fruchtfolge einzuplanen.

Tab. E- 2: Unterstellte Fruchtfolge für analysierte Flächen mit Naturalertrags- und Preisannahmen (Quelle: Eigene Darstellung anhand verschiedener statistischer Daten Niederösterreichs über die bedeutendsten Ackerkulturen und ihre Erträge)

	Zuckerrübe	Winterweizen (weich)	Sommergerste	Wintergerste
Unterstellter Naturalertrag in dt/ha	650	50	45	50
Preis in €/dt	3	13	15	12

In einem nächsten Schritt müssten auch die Direkt- bzw. variablen Kosten sowie die Arbeiterledigungskosten (Maschinen- und Arbeitskosten) unterstellt werden. Es macht jedoch im Kontext des gegenwärtigen „Know-how Status quo“ wenig Sinn, für eine allgemeine Betrachtung unterschiedliche, spezifische Schlagformen oder durchschnittliche Schlagentfernungen anzunehmen. Im gegenwärtigen Stadium sollten allgemeine ökonomische Wirkungen von Landschaftsstrukturen und ihrer ökonomischen Folgewirkungen dargestellt werden. Aus diesem Grund wird vereinfachend unterstellt, dass sich die Summen aus veränderten Direkt- und Arbeiterledigungskosten für die Hauptparzelle des Ackerbaus sowie die Flächen für die Landschaftsstrukturen (Anbaukosten mit Berücksichtigung von Rüstkosten, Kosten der zusätzlichen Doppelbearbeitung aufgrund verkleinerter Hauptparzellen etc.) sowie den Leistungen aus der Flächen der Landschaftsstrukturen (z.B. für bioenergetische Zwecke) kompensieren. Diese Vereinfachung wird wahrscheinlich nur in wenigen Einzelfällen in der Praxis anzutreffen sein. Grundsätzlich werden die Spannbreiten einzelbetrieblicher Rahmenbedingungen und ihrer ökonomischen Folgewirkungen sehr groß sein; von einem Überhang an den zuvor genannten Direkt- und Arbeiterledigungskosten bis zu einem Überhang an Leistungen aus den Flächen mit den Landschaftsstrukturen über die genannten Direkt- und Arbeiterledigungskosten (in Abhängigkeit von Regionen, Betriebsleiterfähigkeiten etc.). Vor diesem Hintergrund bieten die gewählten vereinfachenden Annahmen einen angemessenen Ausgangspunkt für die folgenden Darstellungen.

Mit Hilfe der für das nachfolgend dargestellte Modell gewählten Standardfläche von 100*100 m (1 ha) lassen sich weitere Hochrechnungen vornehmen. Darüber hinaus können damit die ökonomischen Grenzen der Windschutzwirkung aufgezeigt werden. Auf der Basis dieser Modellparzelle können auch größere, rechteckige Parzellen durch einfache Vervielfachung der Mehr-, oder Mindererträge unterstellt werden. Sollten Windschutzwirkungen von mehr als ca. 100 m Breite entstehen (z. B. durch Hecken mit einer Höhe von 10 m und unterstellter fast 20-facher Windschutzwirkung), so lassen sich die Ergebnisse aus den nachfolgend dargestellten Ergebnissen ebenfalls aufgrund der Annahmen durch einfache Vervielfältigung in der Breite hochrechnen. In der Regel

bildet bei einer einzelbetrieblichen Vorzüglichkeit die maximale Wind- und Klimaschutzwirkung der Landschaftsstruktur die Vorgabe, zusätzliche Landschaftsstrukturen in die Hauptparzelle mit entsprechendem Abstand zu integrieren (ohne Berücksichtigung von Externalitäten zur volkswirtschaftlichen Optimierung).

Tab. E- 3: Gegenüberstellung von Mehr- und Mindererträgen auf Ackerflächen durch Windschützende krautige Pflanzen für eine exemplarische Fläche von 1 ha (100*100 m) (Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung)

Schlaglänge in m	Schlagbreite in m	Schlaggröße in ha	Schutzstreifenbreite in m	Nettoertragsfläche in ha	Windschutzwirkung in m Breite	Mehrertragsfläche in ha	Mehrertrag auf Hauptparzelle in € für den Durchs. der Fruchtfolge	Minderertrag auf Schutzwallfläche in € für den Durchs. der Fruchtfolge	Delta Mehrertrag zu Minderertrag in €
Krautige Landschaftsstruktur mit <u>6 m breitem</u> und bis zu 3 m hohen Windschutzwirkung bzw. Landschaftsstruktur <u>ohne</u> Mehrertragswirkung									
100	100	1	6	0,94				58,1	-58,1
5 % Mehrertragswirkung für alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle <u>bei 10-facher</u> Wirkungsbreite**									
100	100	1	6	0,94	15-30	0,15-0,3	10,9	58,1	-47,2
15 % Mehrertragswirkung für alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle bei 10-facher Wirkungsbreite**									
100	100	1	6	0,94	15-30	0,15-0,3	32,8	58,1	-25,3
25 % Mehrertragswirkung für alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle bei 10-facher Wirkungsbreite**									
100	100	1	6	0,94	15-30	0,15-0,3	54,6	58,1	-3,5
5% Mehrertragswirkung für alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle <u>bei 20-facher</u> Wirkungsbreite***									
100	100	1	6	0,94	30-60	0,3-0,6	21,8	58,1	-36,3
15 % Mehrertragswirkung für alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle bei 20-facher Wirkungsbreite***									
100	100	1	6	0,94	30-60	0,3-0,6	65,5	58,1	7,4
25 % Mehrertragswirkung für alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle bei 20-facher Wirkungsbreite***									
100	100	1	6	0,94	30-60	0,3-0,6	109,2	58,1	51,1

* Abhängig von der Frucht und der Windschutzwirkung in der Hauptvegetationszeit

** Die 10-fache Wirkungsbreite bedeutet die 10-fache Höhe der Landschaftsstruktur auf die Breite der Hauptparzelle (d.h., bei einer bspw. Höhe der Landschaftsstruktur von 3 m = 30 m Windschutzwirkung auf die Hauptparzelle).

*** Die 20-fache Wirkungsbreite hat die gleiche Wirkung wie eine doppelt so hohe Landschaftsstruktur, so dass eine gesonderte Darstellung höherer Landschaftsstrukturen obsolet erscheint.

Auch wenn die in Tabelle 2 und 3 dargestellten vereinfachenden Annahmen diskussionswürdig sind, so zeigen die gewählten veränderbaren Modellparameter „Mehrertragswirkung in Prozent“ (dabei wird eine identische Mehrertragsleistung für alle Fruchtfolgeglieder unterstellt) sowie „veränderbare Wirkungsbreite der Landschaftsstruktur für den Windschutz“ die unterschiedlichen Auswirkungen auf die betriebswirtschaftliche Vorzüglichkeit der Maßnahmen. Die in den Übersichten grün markierten Zellen zeigen die Kombinationen an, bei denen unter den gewählten Annahmen ein Überschuss durch die Implementierung von Landschaftsstrukturen zum Windschutz erzielt werden könnte.

Für krautige Pflanzen, mit nur einer moderat unterstellten Windschutzwirkung zeigt sich unter den gewählten Annahmen, dass bei einer angenommenen Breite von 6 m und einer zehnfachen Windschutzwirkung der Höhe der Landschaftsstruktur bzw. der krauti-

gen Pflanzen zwischen 1,5 und 3 m noch nicht einmal eine Ertragsteigerung von 25 % aufgrund der Windschutzwirkung ausreichen würde, damit sich ein betriebswirtschaftlich positiver Gesamtbeitrag ergibt. Erst bei einer Erhöhung der Windschattenwirkung (von der 10-fachen Wirkungsbreite bzw. Reichweite der Höhe der Landschaftsstruktur auf das fast 20-fachen) ist ab einer Ertragsteigerungswirkung von mindestens ca. 15 % auf der Hauptparzelle eine einzelbetriebliche Vorzüglichkeit erkennbar.

Tab. E- 3: Gegenüberstellung von Mehr- und Mindererträgen auf Ackerflächen durch Windschutzpflanzungen mittels Kurzumtriebspflanzungen und Hecken für eine exemplarische Fläche von 1 ha (100*100 m) (Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung)

Schlaglänge in m	Schlagbreite in m	Schlaggröße in ha	Schutzstreifenbreite in m	Nettoertragsfläche in ha	Windschutzwirkung in m Breite	Mehrertragsfläche in ha	Mehrertrag auf Hauptparzelle in € für den Durchs. der Fruchtfolge	Minderertrag auf Schutzwallfläche in € für den Durchs. der Fruchtfolge	Delta Mehrertrag zu Minderertrag in €
Kurzumtrieb und Hecken mit <u>6 m breitem</u> und bis zu 5 m hohen Windschutzwirkung bzw. Landschaftsstruktur <u>ohne</u> Mehrertragswirkung									
100	100	1	6	0,94				58,1	-58,1
5 % Mehrertragswirkung für alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle <u>bei 10-facher</u> Wirkungsbreite**									
100	100	1	6	0,94	50	0,5	24,2	58,1	-33,9
10 % Mehrertragswirkung für alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle <u>bei 10-facher</u> Wirkungsbreite**									
100	100	1	6	0,94	50	0,5	48,4	58,1	-9,7
15 % Mehrertragswirkung für alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle <u>bei 10-facher</u> Wirkungsbreite**									
100	100	1	6	0,94	50	0,5	72,7	58,1	14,6
5 % Mehrertragswirkung f. alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle <u>bei fast 20-facher</u> Wirkungsbreite***									
100	100	1	6	0,94	94	0,94	45,5	58,1	-12,6
15 % Mehrertragswirkung f. alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle <u>bei fast 20-facher</u> Wirkungsbreite***									
100	100	1	6	0,94	94	0,94	91,1	58,1	32,9
25 % Mehrertragswirkung f. alle Ackerfrüchte der Fruchtfolge auf der Hauptparzelle <u>bei fast 20-facher</u> Wirkungsbreite***									
100	100	1	6	0,94	94	0,94	136,6	58,1	78,5

* Abhängig von der Fruchtfolge und der Windschutzwirkung in der Hauptvegetationszeit

** Die 10-fache Wirkungsbreite bedeutet die 10-fache Höhe der Landschaftsstruktur auf die Breite der Hauptparzelle (d.h. bei einer bspw. Höhe der Landschaftsstruktur von 5 m = 50 m Windschutzwirkung auf die Hauptparzelle).

*** Die fast 20-fache Wirkungsbreite hat ungefähr die gleiche Wirkung wie fast doppelt so hohe Landschaftsstrukturen, wie sie mit Hecken in Höhe von 10 m unterstellt werden könnten, so dass eine gesonderte Darstellung höherer Landschaftsstrukturen obsolet erscheint.

Für Kurzumtriebspflanzungen oder Hecken ergibt sich unter den zuvor gewählten Annahmen ein verändertes Bild, das in der Tabelle 3 dargestellt wird. Mit dieser Übersicht wird deutlich, dass bei ansonsten gleichen Annahmen wie für die Ergebnisse der Tabelle 2, aufgrund der besser unterstellten Windschutzwirkung des Kurzumtriebes oder der Hecken bereits eine 10-fache Windschutzwirkung mit etwas mehr als 10 %iger Ertragsteigerungswirkung auf der Hauptparzelle zu einer einzelbetrieblichen Vorzüglichkeit führen kann. Bei 20-facher Windschutzwirkung reichen bereits etwas mehr als 5 % Er-

tragsteigerung auf der Hauptparzelle aus, um eine einzelbetriebliche Vorzüglichkeit zu induzieren.

Sollte bei den gegebenen Annahmen, dass die Windschutzwirkung bei allen Früchten zu gleichen Ertragsteigerungen führen, die Fruchtfolge mit tendenziell wertschöpfungs-schwächeren Früchten (z. B. anstatt Zuckerrübe eine Leguminosenfrucht) bewirtschaftet werden, führt dies zu einer Abschwächung der aus dem Windschutz resultierenden Ertragseffekte von Landschaftsstrukturen. Wird umgekehrt jedoch eine Fruchtfolge mit hohen Wertschöpfungspotenzialen (z. B. Gemüsekulturen) gewählt, erhöhen sich die in den Übersichten dargestellten Wirkungseffekte. Das heißt eine vorgegebene Mehrertragswirkung durch Windschatten macht sich stärker in monetären (positiven und negativen) Ertragsdifferenzen bemerkbar.

Mit den unterstellten Annahmen weisen Kurzumtrieb und Hecken eine höhere Vorzüglichkeit auf als krautige Pflanzen. Dieses Ergebnis ist insoweit zu relativieren, dass krautige Pflanzen eine höhere Wahrscheinlichkeit aufweisen, dass sie selbst im Rahmen der bioenergetischen oder stofflichen Verwertung aller Voraussicht nach einen Leistungsüberschuss aufweisen als z. B. Hecken und dies zu einer Relativierung der zuvor genannten Prämissen führen kann. Ähnliches lässt sich auch zwischen Kurzumtrieb und Hecken erwarten. Letztere weisen eine geringere Wahrscheinlichkeit auf, einen Ausgleich von Leistungen und Kosten zu erreichen.

E-5.8 Beurteilung der ausgewählten Landschaftsstrukturen mittels vereinfachter Stärken - Schwächenanalyse

Im nachstehenden Kapitel erfolgt eine qualitative Beurteilung der Bepflanzungsvarianten, basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche und der ökonomischen Modellierung. Anhand der nun folgenden Beschreibungen ergeben sich etliche Forschungsfragen, denen in weiterführenden Folgeprojekten nachgegangen werden muss.

Kriterien zur Einschätzung ökonomischer Aspekte

Bei der folgenden Abschätzung handelt es sich um eine betriebswirtschaftliche Einschätzung. Volkswirtschaftlich wären positive und ggf. negative externe Effekte der einzelnen Landschaftsstrukturen zu berücksichtigen. Eine derartige Abschätzung ist jedoch auf Grund des Projektumfanges nicht möglich.

Ökonomische Vorzüglichkeit

Die ökonomische Vorzüglichkeit basiert auf der ökonomischen Modellierung und orientiert sich an dem Mehrertrag. Wie in der Modellierung gezeigt, ist die höchste Vorzüglichkeit bei den Hecken zu erwarten, da sie die höchste Windschutzwirkung aufweisen. Die geringste Vorzüglichkeit weist Miscanthus auf.

Erwarteter Leistungsüberschuss

Dieses Kriterium beinhaltet eine Abwägung zwischen Kosten und Leistungen, die die jeweilige Landschaftsstrukturierung erbringen kann. Auf Grund der Annahme, dass Miscanthus im Rahmen der bioenergetischen oder stofflichen Verwertung aller Voraussicht nach einen Leistungsüberschuss im Gegensatz zum Kurzumtrieb und der Hecke aufweist, schneiden die krautigen Landschaftsstrukturen am besten ab.

Erntemenge

Die Beurteilung der Erntemenge erfolgt mittels Tonnen pro ha pro Jahr ohne Berücksichtigung der zu erzielenden Umsatzen. Je höher die Erntemenge pro ha und Jahr ist, desto besser ist die Bewertung. Miscanthus erbringt mit 15 - 25 t Trockensubstanz pro ha und Jahr den höchsten Ertrag, dahinter folgt die Balsampappel mit 7 bis maximal 15 t atro (=Trockenmasse)/ha/Jahr.

Angaben zur Brennholz- und Hackschnitzelernte aus einer Baum-Strauchhecke werden üblicherweise nicht in Trockensubstanz angegeben und somit nicht direkt vergleichbar. Der zu erwartende Ertrag der Hecke liegt aber weit unter den anderen Bepflanzungsvarianten und wird mit einem jährlichen Frischgutanteil von 5 t/ha angegeben.

Umtriebszeiten

Der Bewertung liegt die Anzahl möglicher Ernten pro Zeiteinheit zu Grunde. Die Einstufung der Beurteilung erfolgt innerhalb des Bewertungssystems der drei Bepflanzungsvarianten und richtet sich nach der Häufigkeit der Erntemöglichkeit. Je häufiger geerntet werden kann, desto besser ist die Beurteilung. Dies basiert auf der Annahme, dass ein kontinuierlicher Absatz einer möglichst gleichbleibenden Menge die Absatzchancen erhöht. Dieser Annahme wird jedoch zu Grunde gelegt, dass jeweils der optimale Erntezeitpunkt gewählt wird, da die Arbeiterledigungskosten für die Ernte bei vielen und gleichzeitig vergleichsweise kleinen Ernten pro Jahr dazu führen können, dass weniger Ernten mit höheren Erträgen pro Jahr zu günstigeren Stückkosten führen.

Miscanthus kann ab dem 2. Jahr nach der Saat jährlich geerntet werden. Die Balsampappel hingegen hat eine Umtriebszeit von 5 bis maximal 10 Jahren. Bei Baum-Strauchhecken werden alle 5 -10 Jahre eine der beiden Strauchreihen auf Stock gesetzt; die Baumreihe wird alle 15 - 20 Jahre erneuert. Bei den beiden letzt genannten Bepflanzungsvarianten ergeben sich somit periodische Ernten mit einem recht großen zeitlichen Abstand.

Pflegeaufwand

Unter Pflegearbeiten fallen - wenn erforderlich – unter anderem die Bestandespflege nach dem Anbau, Bewässerung, Pflanzenschutz und Düngung. Je geringer der Pflegeaufwand ist, desto besser wird die Bepflanzungsvariante beurteilt.

Bei Miscanthus ist eine Bestandespflege nur im Auspendanzjahr erforderlich. Zur Beikrautregulierung wird händisches Hacken und der Einsatz einer Motorhäcke zwischen den Reihen empfohlen. Ab dem 2. Standjahr sind dichte Bestände aufgebaut, die Unkräuter vollständig unterdrücken (FNR, o. J.).

Bei der Bepflanzungsvariante Balsampappel im Kurzumtrieb ist ebenso im Auspendanzjahr eine Bekämpfung des Unkrautaufluchtes erforderlich, wobei aber Hacken oder Mulchen zwischen den Pflanzreihen ausreichend ist (LIEBHARD, 2007a).

Bei einer Hecke müssen regelmäßige Pflegearbeiten (alle 5 bis 10 Jahre bei Sträuchern und 10 bis 20 Jahre bei den Bäumen) für die Erhaltung der Windschutzwirkung durchgeführt werden. Die Pflegemaßnahmen können im Rahmen der Ernte durchgeführt werden und bedeuten somit keinen zusätzlichen Arbeitsaufwand. Hierfür erscheint es sinnvoll die Hecke in lateral aufgeteilte Pflegeabschnitte zu trennen. Wenn eine Hälfte auf Stock gesetzt bzw. gerodet oder ausgelichtet wird, bleibt die andere Heckenhälfte bestehen und gewährleistet somit die Windschutzfunktion. Bei der Neupflanzung von Hecken müssen die Jungpflanzen vor Verbiss geschützt und Unkrautaufluchts bekämpft werden.

Kosten für Pflanzmaterial

Die Kosten für das Pflanzmaterial beziehen sich ausschließlich auf das Pflanzenmaterial ohne Berücksichtigung der Pflanzkosten (Arbeits- u. Maschinenkosten) und nicht auf die gesamten Stückkosten bzw. auf das Kosten-Leistungsverhältnis der späteren Nutzung.

Die Kosten werden in Euro pro ha angegeben und mittels Nutzungsdauer gewichtet. Für die Bepflanzungsvariante Balsampappel im Kurzumtrieb werden 20 Jahre, für Miscanthus ebenso 20 Jahre und für die Hecke 100 Jahre (die Entwicklungsdauer einer artenreiche Hecken beträgt mehr als 150 Jahre (KAULE, 1986)) als Durchschnittsnutzungsdauer angenommen. Die Bepflanzungsvariante mit den geringsten Kosten für das Pflanzmaterial erhält die beste Bewertung.

Bei einem unterstellten Zins in der Höhe von 5 % ergeben sich für den Kurzumtrieb ungefähr 80 €/ha/Jahr (1.000 €/ha mit ca. 5.000 Pflanzen/ha und 0,20 € pro Pflanze). Für sie fallen die geringsten Kosten an, dahinter folgt Miscanthus mit ca. 128 €/ha/Jahr (ca. 1.600 €/ha mit ca. 10.000 Pflanzen/ha und 0,16 € pro Pflanze). Die höchsten Kosten wurden für die Hecke mit ungefähr 327 €/ha/Jahr (6.500 €/ha) (DVL, 2006) ermittelt.

Arbeitsaufwand in Abhängigkeit der Erntetechnik

Hier wird der Arbeitsaufwand bei der Ernte bzw. die mögliche Nutzung von Erntegeräten beurteilt. Je höher der Anteil an einem Maschineneinsatz ist, desto besser fällt die Beurteilung aus. Nicht in die Beurteilung einbezogen wird die Notwendigkeit eines Maschinenankaufes bzw. einer Maschinenausleihe. Dieser Bewertung liegt die Annahme zu Grunde, dass die Umsetzung einer Landschaftsstrukturierung umso wahrscheinlicher ist, je höher der Mechanisierungsgrad bei der Bewirtschaftung ist.

Miscanthus wird ausschließlich mit einem Feldhäcksler geerntet. Beim Kurzumtrieb ist bei Kleinflächen nur eine motormanuelle Beerntung möglich, bei Großflächen bzw. auch bei der im Projekt angenommenen Variante kann beispielsweise mit einem Maisvollernter geerntet werden. Bei Hecken ist eine Ernte auf Grund der selektiven Ernte- und Pflegemaßnahmen nur motormanuell möglich.

Auftretende Schädlinge

Die Beurteilung erfolgt auf Basis der derzeitigen Anfälligkeit der jeweiligen Bepflanzungsvariante für Schädlingsbefall. Auf Grund mangelnder Informationen konnte nicht auf eine Schädlingsanfälligkeit unter geänderten klimatischen Bedingungen eingegangen werden.

Ein Schädlingsbefall ist bei Hecken und Miscanthus nicht bzw. kaum gegeben. Bei der Hecke kann ein Schädlingsbefall durch eine geeignete und vielfältige Pflanzenwahl vermieden werden. Bei Balsampappeln besteht hingegen erhöhtes Risiko für Schädlingsbefall. Pappelrost, Triebspitzenkrankheit und diverse Pilze sind unter anderem möglich.

Stickstoffbedarf

Hier wird der Stickstoffbedarf bzw. die Notwendigkeit einer Düngung beurteilt. Je weniger Stickstoffbedarf notwendig ist, umso besser fällt die Beurteilung aus. Die Nährstoffansprüche der Pappel sind sehr gering und bei gut versorgten Böden wird zumindest in den ersten 15 Jahren kein Stickstoff benötigt (SCHOLZ et al., 2006). Bei Hecken sind im gesamten Zeitraum des Bestandes Düngungen nicht notwendig. Hingegen sind Ertragssteigerungen bei der Bepflanzungsvariante mit Miscanthus bei kleinen Stickstoff-Gaben (von ca. 30 kg/ha bis maximal 80kg/ha) (KTBL, 2006) gegeben, so dass davon ausge-

gangen werden muss, das bei dieser Bepflanzungsvariante Düngereinsatz zum Tragen kommt.

Maximaler bzw. minimaler Abstand zwischen den Landschaftselementen

Der Abstand zwischen den Landschaftselementen hängt von der Reichweite der Windschutzwirkung ab. Je weiter der Windschutz wirkt, desto weniger Landschaftselemente sind erforderlich - dies bedeutet einen geringeren Verbrauch von Ackerflächen - und desto besser wird die jeweilige Bepflanzungsvariante beurteilt. Durch Multiplikation der Höhe des Landschaftselementes mit 15 (siehe Kriterium Reichweite der Windschutzwirkung) ergeben sich folgende Pflanzabstände für die Landschaftselemente: Hecke 150 m, Pappel 75 m und Miscanthus 45 m.

Verwertungsmöglichkeit in der Region

Da die Entfernung zwischen Anbaubereich des Landschaftselementes und einer Biomasseverwertungsanlage den Erlös maßgeblich beeinflusst, wird beurteilt, ob genügend Verwertungsmöglichkeiten für Miscanthus, Balsampappelholz im Kurzumtrieb und Holz der Hecken in Ostösterreich bestehen. Der Transport kann beim Kurzumtrieb durch das hohe Volumen und geringe Gewicht sehr teuer werden (SCHUSTER, 2008).

Miscanthus darf als Sonderbrennstoff nicht in Standardanlagen verbrannt werden, außer es liegt eine Einzelgenehmigung für die Anlage vor. In Strohverbrennungsanlagen ist eine Verbrennung durchaus möglich, jedoch gibt es im Marchfeld hiervon nur eine Anlage in Lassee. Hingegen kann die Pappel als Hackgut und Waldhackgut in Standardanlagen in jedem Kessel verbrannt werden. Bei Kesselanlagen von 50 bis 80 KW könnte jedoch der hohe Wassergehalt der Pappel problematisch sein. Anlagen von 120 bis 150 KW sind hierfür besser geeignet (Persönliche Mitteilung Ing. Patzl, Abteilung Energiewesen und Strahlenschutzrecht der Niederösterreichischen Landesregierung, 18.05.2009). Ende 2007 gab es sieben Holz-Fernwärmanlagen und 1 Biomasse Kraftwärmekopplungsanlage im Marchfeld (AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG, 2007c).

Rückgewinnung

Hier wird beurteilt, inwieweit eine Flächenrückwandlung nach Auflassen der Bepflanzungsvariante möglich ist. Je kleiner der Aufwand hierfür ist, desto besser wird das Landschaftselement beurteilt.

Flächen, welche als Kurzumtrieb genutzt werden, können jederzeit wieder in konventionelle Ackerfläche rückgewandelt werden, wobei das Roden der Wurzelstöcke mit Mulch- und Rodefräsen erfolgt und der Wiederaustrieb somit fast vollständig unterdrückt wird (SCHOLZ et al., 2006). Es wird davon ausgegangen, dass die Rückgewinnung von Flächen, auf denen Hecken gepflanzt sind, ebenso problemlos erfolgt.

Die im Rahmen dieses Projekt angenommenen Energieholzstreifen sind 6 m breit und werden daher nach dem Forstgesetz nicht als Wald definiert. Bei einer vollständigen Entfernung des Energieholzstreifens muss daher kein Rodungsantrag gestellt werden (wenn eine Meldung der Kurzumtriebsnutzung an die Forstbehörde innerhalb von 10 Jahren erfolgt ist).

Im Falle von Miscanthus eignet sich für das Auflassen dieser Landschaftsstruktur mehrmaliges Mähen ab Juli und Herausgrubbern der Rhizome vor dem Winter. Durchwuchs in der Folgekultur kann mit Herbiziden gegen einkeimblättrige Pflanzen bekämpft werden. Für Miscanthus sind derzeit allerdings keine Herbizide zugelassen. Bei Bedarf muss eine Genehmigung für den Einzelfall eingeholt werden (KTBL, 2006).

Förderung

Je höher die Förderungsleistungen seitens öffentlicher Organisationen sind, desto besser wird das Landschaftselement bewertet.

In Niederösterreich werden Hecken und Windschutzanlagen sowie deren Pflege über den Niederösterreichischen Landschaftsfond gefördert. Das Land Niederösterreich übernimmt die Errichtungskosten und der Eigentümer der Anlage hat einen einmaligen Kostenersatz von 1800 €/ha zu leisten, wobei eine Herabsetzung des Betrages bei Bodenvorbereitung, eigenem Wildschutzmaterial und Kontrolle der Funktionsfähigkeit während der ersten beiden Standjahre erfolgt (AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG, 2007a).

Ebenso können Hecken als Landschaftselement im Rahmen des „Regionalprojektes Ökopunkte Niederösterreich“ eine Förderung erhalten. Die Ökopunkte wurden zur Honorierung ökologischer Leistungen als ein eigenständiges Förderungsprogramm im Rahmen des ÖPUL 2007 (Österreichisches Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft) entwickelt. Je höher der Prozentanteil der Landschaftselemente an der Fläche des Feldstückes ist, desto mehr Ökopunkte werden zugeteilt (AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG, 2007b). Maximal können 17 Punkte pro ha vergeben werden. Die Gesamtzahl der Ökopunkte wird in Geldeinheiten umgerechnet - pro Ökopunkt werden 10,7 € ausbezahlt. (LEBENSMINISTERIUM, 2009). Der Betrieb kann eine Förderung mittels Ökopunkte in Anspruch nehmen, auch wenn er schon die Förderung der Hecken und Windschutzanlage vom Niederösterreichischen Landschaftsfond bezieht.

Ebenso kann eine Bewirtschaftung mit Miscanthus auf Grund der ganzjährigen Bodenbedeckung, Reduktion oder vollständiger Verzicht von Düngungsmittel und Pflanzenschutzmittel etc. mittels Ökopunkte gefördert werden.

Energieholzflächen, wie die Bepflanzungsvariante Balsampappel im Kurzumtrieb, sind im „Regionalprojekt Ökopunkte Niederösterreich“ derzeit noch nicht enthalten. Dafür werden für den Anbau von Energiepflanzen Prämien in der Höhe von 45 € je Hektar von der EU (im Rahmen der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik) für eine garantierte Höchstfläche von 2 Mio. Hektar gezahlt. 2009 wird die Energiepflanzprämie jedoch letztmalig gewährt.

Für die Bepflanzungsvarianten Miscanthus und Balsampappel im Kurzumtrieb, letztere als schnellwüchsige Forstgehölze mit einer maximalen Umtriebszeit von 20 Jahren definiert, ist die Beantragung der Energiepflanzprämie zulässig (AMA, 2009a), jedoch muss beachtet werden, dass der Schlag eine Mindestgröße von 0,10 ha aufweisen muss (AMA, 2009b). Da die im Rahmen dieses Projektes angenommenen Kurzumtriebsstreifen eine Breite von 6 m ausweisen, müssen die Streifen mindestens 167 m lang sein, dass sie unter die Mindestgröße der förderbaren Fläche fallen.

Kriterien zur Einschätzung der Klimaschutzwirkung

Reichweite der Windschutzwirkung

Die Reichweite der Windschutzwirkung wird ermittelt, in dem ein 10 bis 20-facher Wirkungsfaktor - somit im Mittel 15-facher Wirkungsfaktor - angenommen wird und mit der Wuchshöhe des Landschaftselementes multipliziert wird. Je weiter der Windschutz wirkt, desto besser wird die jeweilige Bepflanzungsvariante beurteilt.

Somit ergeben sich für die Hecke (bei 10 m Höhe) eine Windschutzwirkung von 150 m, für die Pappel (bei 5 m Höhe) von 75 m und für Miscanthus (bei einer 3 m Höhe) 45 m.

Beständigkeit der Windschutzwirkung

Bei der Beständigkeit der Windschutzwirkung wird beurteilt, ob die drei Landschaftselemente über die gesamte Nutzungsdauer permanenten Windschutz bieten.

Durch die jährliche Ernte von Miscanthus ist im Zeitraum zwischen Mitte April und Mitte Mai kein Windschutz gegeben.

Obwohl das Landschaftselement „vierreihige Pflanzung mit Balsampappel“ so angelegt wird, dass bei der Ernte nur zwei Reihen entfernt werden und zwei Reihen stehen bleiben, verringert sich dessen Windschutzwirkung. Eine abschnittsweise Staffelung der Heckenpflege hingegen ermöglicht einen permanenten optimalen Windschutz.

Klima- und Windschutzwirkung

Bei diesem Kriterium wird die generelle Klima- und Windschutzwirkung der jeweiligen Bepflanzungsvariante beurteilt.

Miscanthuspflanzungen werden aufgrund des dichten Bewuchses keinen bestmöglichen Windschutz bieten. Bei dem sehr dichten Bestand besteht die Gefahr, dass das Landschaftselement wie eine Mauer wirkt und der Wind über die Bepflanzung fließt. Ebenso weist die Pflanzung mit Balsampappel aufgrund der fehlenden Beastung im unteren Stammbereich womöglich keine optimale Windschutzwirkung auf. Es besteht die Gefahr, dass der Bestand im unteren Bereich zu winddurchlässig ist und somit die Reduktion des Windschutzes zu gering ist. Bei Hecken ist mit der besten Windschutzwirkung zu rechnen. Untersuchungen vergangener Jahre haben gezeigt, dass bei einer Durchlässigkeit der Hecke von 60 % die meiste Windenergie absorbiert wird (DVL, 2006) und somit letztendlich auch die Evapotranspiration reduziert wird.

Kriterien zur Einschätzung der Auswirkungen auf die Ökologie

Lebensraum für die Fauna

Hier wird beurteilt, ob durch die angenommenen Landschaftsstrukturen Lebensraum für verschiedene Tier- und Pflanzenarten geschaffen werden. Hecken können je nach Anlage Lebensraum für eine Vielzahl verschiedener Tier- und Pflanzenarten sein und haben sehr hohe ökosystemare Funktionen. In wenig strukturierten landwirtschaftlich genutzten Landschaften wird dies besonders deutlich. Hingegen können die Bepflanzungsvarianten Miscanthus und Pappeln, bedingt durch die Monokulturstruktur, nur wenigen Arten Lebensraum bieten. Damit weisen sie nur eine sehr geringe bzw. keine positive ökosystemare Funktion auf. Durch die Monokultur kann es evt. beim Auftreten von Schädlingen oder Krankheiten zu einer Schädigung des Ökosystems kommen.

Regional angepasste heimische Arten

Hier wird beurteilt, inwiefern es sich bei den Bepflanzungsvarianten um einheimische und regional angepasste Arten handelt und die somit einen Baustein für ein intaktes Ökosystem liefern können.

Die Hecke kann mit standortsgerechten, ökologisch angepassten Gehölzarten angelegt werden und wird somit am besten bewertet. Bei der Balsampappel und dem Miscanthus handelt es sich nicht um einheimische Arten, so dass der Beitrag zum Ökosystem im Marchfeld als sehr gering angesehen wird.

Nützlingsförderung

Ziel der Nützlingsförderung ist die Existenz und die Leistungen der Nützlinge zu steigern, indem ihre Nahrungs-, Lebensraumgrundlagen und Überwinterungschancen verbessert werden.

Hecken weisen durch ihre hohe Diversität einen vielfältigen Lebensraum für Nützlinge auf und können somit einen Beitrag zur Regulation von Schädlingen liefern. Es muss jedoch darauf geachtet werden, dass bei der Baum- und Strauchartenauswahl gezielt die Schlüsselantagonisten standort- und kulturspezifisch gefördert werden (PFIFFNER et al., 2005). Die Monokulturen aus Miscanthus und Pappeln stellen nur für wenige Nützlingsarten einen geeigneten Lebensraum dar und eine Schädlingsregulation kann nicht bzw. nur bedingt erreicht werden.

Kriterien zur Einschätzung der Auswirkungen auf soziokulturelle Faktoren

Landschaftsbild

Bei diesem Kriterium wird bewertet, wie gut sich die drei Landschaftsstrukturen in das Landschaftsbild einfügen können und die Vielfalt, Eigenart und Schönheit der Landschaft bereichern.

Hecken prägen das Landschaftsbild und tragen aufgrund ihrer vielfältigen Artenzusammensetzung zur Bereicherung der Vielfalt und Schönheit einer Landschaft bei, erhöhen den Freizeit- und Erholungswert der Landschaft und sind ein bekanntes und tradiertes Landschaftselement. Bei den Bepflanzungsvarianten Pappel im Kurzumtrieb und Miscanthus handelt es sich um, aus landschaftskultureller Sicht, unbekanntes Landschaftsstrukturen. Durch die Verwendung einer Art entsteht der Eindruck der Monotonie und einer Verarmung des Landschaftsbildes. Ein Betrag für die Freizeit- und Erholungsnutzung agrarisch genutzter Landschaften kann bei letzten beiden Bepflanzungsvarianten nicht angenommen werden.

Akzeptanz

Bei dieser Bewertung wird eine Akzeptanz, die rein auf ästhetischen und kulturellen Werten basiert, beurteilt. Eine Bewertung der Akzeptanz, die ökonomische und gesellschaftspolitische Aspekte, wie den Anbau erneuerbarer Energie zu Grunde legt, kann nicht erfolgen.

Es wird davon ausgegangen, dass eine Landschaftsstrukturierung mittels Hecken ein tradiertes Landschaftsbild widerspiegelt und somit aus sozio-kultureller Sicht auf Akzeptanz stößt. Hingegen verstärken Miscanthus und Pappel Bepflanzungen den monotonen Charakter der schon derzeit eher eintönigen Agrarlandschaft im Osten Österreichs.

Die nachstehende Tabelle 5 gibt die qualitative Bewertung der Landschaftsstrukturen nach den oben genannten Kriterien wieder, wobei die Bewertung nach einer dreistufigen Skala erfolgt. Die Stufe 1 bedeutet, dass der Parameter schlecht beurteilt wurde oder nicht bzw. wenig vorhanden war. Bei der Stufe 2 wurde die Bepflanzungsvariante als mäßig und bei Stufe 3 als gut bis optimal beurteilt.

Tab. E- 4: Bewertung der Landschaftselemente Balsampappel im Kurzumtrieb, Hecke und Miscanthus nach ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Aspekten sowie der Klimaschutzwirkung (1=schlecht, 2=mäßig, 3=gut) (Quelle: eigene Zusammenstellung)

	Kurzumtrieb	Hecke	Miscanthus
Ökonomie			
Ökonomische Vorzüglichkeit	2	3	1
Erwarteter Leistungsüberschuss	2	1	3
Erntemenge	2	1	3
Umtriebszeiten	2	1	3
Pflegeaufwand	2	2	2
Kosten für Pflanzmaterial	3	1	2
Arbeitsaufwand in Abhängigkeit der Erntetechnik	3	1	3
Auftretende Schädlinge	1	3	3
Stickstoffbedarf	2	3	1
Maximaler Abstand zwischen den Landschaftsstrukturen	2	3	1
Verwertungsmöglichkeit in der Region	2	2	1
Rückgewinnung	3	3	3
Förderungen	1	3	2
Zwischensumme	27	27	28
Windschutz			
Reichweite der Windschutzwirkung	2	3	1
Beständigkeit der Windschutzwirkung	2	3	1
Klima- und Windschutzwirkung	2	3	2
Zwischensumme	6	9	4
Ökologie			
Lebensraum für die Fauna	1	3	1
Regional angepasste heimische Arten	1	3	1
Nützlingsförderung	1	3	1
Zwischensumme	3	9	3
Soziokultur			
Landschaftsbild	1	3	1
Akzeptanz	1	3	1
Zwischensumme	2	6	2
Summe	38	51	37

Zusammenfassung der Bewertung

In Summe wird die Hecke am besten bewertet. Die höheren Punktezahlen resultieren im Wesentlichen aus der besseren Bewertung der Ökologie (Lebensraum für die Fauna, regional angepasste heimische Arten, Nützlingsförderung), der soziokulturellen Aspekte (Landschaftsbild, Akzeptanz) und der Windschutzwirkung (Reichweite, Beständigkeit und Klimaschutzwirkung). Sowohl aus ökologischer als auch aus sozio-kultureller Sicht schneidet eine Landschaftsstrukturierung mit Miscanthus und Balsampappel im Kurzumtrieb schlechter ab. Vor allem die Kriterien der Ökologie und der Klima- und Windschutzwirkung sind auf Nachhaltigkeit im Sinne einer Erhaltung der natürlichen Res-

sources für die heutige und die zukünftige Generation ausgerichtet. Somit ist diesen Kriterien besondere Aufmerksamkeit entgegen zu bringen.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht (ohne Berücksichtigung positiver Externalitäten) wird Miscanthus am höchsten bewertet. Jedoch werden die Hecke und der Kurzumtrieb lediglich um einen Punkt schlechter beurteilt. Die höheren Punktezahlen von Miscanthus resultieren vor allem aus der besseren Beurteilung der Kriterien erwarteter Leistungsüberschuss, Erntemenge, Umtriebszeiten und Arbeitsaufwand in Abhängigkeit der Erntetechnik. Bei der ökonomischen Modellierung jedoch weisen Kurzumtrieb und Hecken eine höhere Vorzüglichkeit auf als Miscanthus. Diese Vorzüglichkeit ist aber zu relativieren, da es bei krautigen Pflanzen wahrscheinlicher ist, dass sie bei der Verwertung eher einen Leistungsüberschuss aufweisen als z. B. Hecken.

Vereinfachte SWOT Analyse

Die vereinfachte SWOT Analyse beinhaltet eine Betrachtung der Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken der drei untersuchten Bepflanzungsvarianten und kann als strategische Entscheidungsgrundlage für eine Implementierung der diskutierten Landschaftsstrukturen herangezogen werden.

Tab. E- 5: Vereinfachte SWOT Analyse – Variante Miscanthuspflanzungen (Quelle: eigene Zusammenstellung)

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Höchster Ertrag der drei Landschaftselemente: 15-25 t Trockensubstanz/ha/Jahr • Jährliche Ernte • Fast keine Pflege nach dem Anbau notwendig • Geringer Arbeitsaufwand bei der Ernte (Ernte mit einem Feldhäcksler) • Derzeit kein bzw. kaum Schädlingsbefall gegeben • Verwendbarkeit in der ökologischen Landwirtschaft 	<ul style="list-style-type: none"> • Als erneuerbare Energieform Beitrag für eine nachhaltige Energienutzung • Zusätzliche Einkommensquelle vor allem für kleine Betriebe • Leichte Kultivierung
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Notwendigkeit kleinen Stickstoffgaben zur Ertragssteigerung • Mit 45 m die schlechteste Reichweite der Windschutzwirkung • Kein Windschutz im Zeitraum zwischen Mitte April und Mitte Mai • Aufgrund des sehr dichten Pflanzenbestandes keine optimale Windschutzwirkung • Durch Verwendung einer Pflanzenart Eindruck der Monotonie • Lebensraum nur für wenige Tierarten • Kaum bzw. keine Nützlingsförderung • Keine heimische Art 	<ul style="list-style-type: none"> • Risiko, dass Miscanthus bei der Bevölkerung nicht auf Akzeptanz stößt • Konkurrenz für den Anbau von Nahrungsmitteln • Durch veränderte klimatische Bedingungen Gefahr von Schädlingen, die zurzeit noch keine Bedeutung in Österreich haben. • Bei einem Boom vom Miscanthuspflanzungen, sind negative Folgen derzeit nicht abschätzbar (Monokultur, Verdrängung heimischer Pflanzenarten, Lebensraum nur für wenige Tierarten etc.)

Tab. E- 6: Vereinfachte SWOT Analyse – Variante Balsampappelpflanzungen im Kurzumtrieb
(Quelle: eigene Zusammenstellung)

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Ertrag von 7 bis maximal 15 t atro (=Trockenmasse)/ha/Jahr • Umtriebszeit von 5 bis maximal 10 Jahren • Geringer Pflegeaufwand: Nur im Ausspflanzjahr mechanische Bekämpfung des Unkrautwuchses notwendig • Mit ungefähr 80€/ha/Jahr geringste Kosten für das Pflanzmaterial • Sehr geringe Nährstoffansprüche; bei gut versorgten Böden keine Erfordernis von Stickstoff zumindest in den ersten 15 Jahren 	<ul style="list-style-type: none"> • Als erneuerbare Energieform ein Beitrag für eine nachhaltige Energienutzung • Zusätzliche Einkommensquelle vor allem für kleine Betriebe • Bei Unsicherheiten in der Energieversorgung Möglichkeit der Deckung des Eigenbedarfes an Brennholz
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhtes Risiko für Schädlingsbefall • Halb so große Reichweite der Windschutzwirkung wie jene der Hecke (75 m) • Keine optimale Windschutzwirkung aufgrund fehlender dichter Bestattung im unteren Stammbereich • Durch Verwendung einer Pflanzenart Eindruck der Monotonie • Lebensraum nur für wenige Tierarten • Keine bzw. kaum eine Förderung von Nützlingen • Keine heimische Art 	<ul style="list-style-type: none"> • Gefährdung der einheimischen Pappelarten durch Einkreuzung der Balsampappel • Nahrungsmittelkonkurrenz – Flächenverlust durch den Anbau der Balsampappel • Risiko, dass Balsampappelpflanzungen bei der Bevölkerung nicht auf Akzeptanz stoßen • Bei einem Boom von Balsampappelpflanzungen, sind negative Folgen derzeit nicht abschätzbar (Monokultur, Verdrängung heimischer Pflanzenarten, Lebensraum nur für wenige Tierarten etc.)

Tab. E- 7: Vereinfachte SWOT Analyse – Variante Hecke (Quelle: eigene Zusammenstellung)

Stärken	Chancen
<ul style="list-style-type: none"> • Beste Reichweite der Windschutzwirkung (150 m) • Permanenter und optimaler Windschutz • Kein bzw. kaum ein Schädlingsbefall • Keine Notwendigkeit von Düngungen • Prägung des Landschaftsbildes; aufgrund ihrer vielfältigen Artenzusammensetzung Bereicherung der Vielfalt und Schönheit einer Landschaft • Bekanntes und tradiertes Landschaftselement, Akzeptanz zumindest bei den Besuchern agrarisch genutzter Landschaften • Sehr hohes Maß an Biodiversität, Lebensraum für eine Vielzahl an Tierarten • Möglichkeit der Pflanzung von standortsgerechten, ökologisch und klimatisch angepassten Gehölzarten • Aufgrund ihrer hohen Biodiversität gute Schädlingsregulation und Nützlingsförderung 	<ul style="list-style-type: none"> • Entgegenwirkung des generellen Artenrückganges durch das hohe Maß an Biodiversität • Erhöhung des Anreizes und der Chance seltene Baumarten bzw. alte Kultursorten zu erhalten • Erzeugung von Nischenprodukten durch die Ernte von Wildfrüchten • Erzeugung von aus volkswirtschaftlicher Sicht bedeutender positiver Externalitäten wie auch eine Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit
Schwächen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Kosten für das Pflanzmaterial bzw. schlechteste betriebswirtschaftliche Bewertung • Geringer Ertrag: Jährliche Frischgutanteil von 5 t/ha • Geringe Umtriebszeit: 5 bis 10 Jahre bei Sträuchern und 10 bis 20 Jahre bei Bäumen • Ernte nur motormanuell möglich • Erfordernis von hohem Wissen über Pflanzung und Bewirtschaftung der Hecke 	<ul style="list-style-type: none"> • Nahrungsmittelkonkurrenz – Flächenverlust durch das Anlegen einer Hecke (jedoch Wildfruchtsammlung möglich - siehe Chance Hecke) • Bei Unwissenheit: Risiko der Verwendung von ungeeignetem Pflanzmaterial und falscher Pflege (hinsichtlich Zwischenwirt für Schädlinge, invasiver Pflanzen und Windschutz etc.)

E-6 Diskussion und Ausblick

E-6.1 Diskussion der Ergebnisse

Bei geänderten klimatischen Bedingungen wird für die landwirtschaftliche Praxis die Ertragssicherung im unmittelbaren Vordergrund stehen. Dazu werden verschiedene Anpassungsstrategien im Bereich produktionstechnischer und pflanzenbaulicher Maßnahmen erforderlich werden. Die Ergebnisse der Studie zeigen das mögliche Potential einer Landschaftsstrukturierung durch eine Minderung der Evapotranspiration auf den Ackerflächen. Mit der verbesserten Wasserversorgung können Ertragssteigerungen im Einflussbereich der Landschaftsstrukturen erzielt werden. Mit einer Implementierung der Landschaftsstrukturen wird jedoch die Flächennutzung geändert und mittel- bis langfristig festgelegt. Zusätzlich fallen unmittelbar und langfristig wirksame Kosten an.

Für landwirtschaftliche Betriebe steht bei der Implementierung von Landschaftsstrukturen zunächst eine ökonomische Abwägung im Vordergrund. Argumente wie der langfristige Erhalt von Bodenfruchtbarkeit durch die positiven Auswirkungen auf das Mikroklima (die Evapotranspiration) oder der Erosionsschutz durch lineare Landschaftsstrukturen, sind in eine (kurzfristige) betriebswirtschaftliche Planung schwer einzubeziehen und für die landwirtschaftlichen Betriebe auf den ersten Blick kaum unmittelbar sichtbar und anhand von kurzzeitigen Ertragszahlen kaum nachvollziehbar.

Die Ergebnisse der ökonomischen Analyse zeigen Trends, dass die Implementierung von Landschaftsstrukturen auf Ackerflächen betriebswirtschaftlich positive (bzw. zumindest keine negative) Auswirkung hat. Auch wenn es nur einen relativ kleinen Mehrertrag auf den Ackerflächen durch eine Strukturierung der Landschaft gibt, werden durch den Mehrertrag der Flächenverlust (Flächenaufwand für die Landschaftsstrukturierung) und der damit verbundene Ertragsentgang durch Mehreinnahmen kompensiert bzw. sogar verbessert. Es wird deutlich, dass nicht zwangsläufig sehr hohe Ertragsteigerungen auf der Hauptparzelle erforderlich sind, um eine einzelbetriebliche Vorzüglichkeit von Landschaftselementen als Windschutz zu induzieren, sofern die Landschaftsstrukturen selbst einer angemessenen bioenergetischen oder stofflichen Nutzung zugeführt werden können. Werden darüber hinaus auch noch die zu erwartenden positiven externen Effekte von Landschaftsstrukturen ins Kalkül gezogen, wie z. B. Erosionsvermeidung oder ein höheres Ausmaß an Biodiversität, können je nach Standort schnell gesamtwirtschaftliche Vorzüglichkeiten von Landschaftsstrukturierungen entstehen. Je nach Wertniveau der positiven externen Effekte sowie der Wirkungsbreite des Windschutzeffektes können bereits weniger als 5 % Mehrertragswirkung auf der Hauptparzelle zu einer gesamtwirtschaftlichen Vorzüglichkeit führen.

Bevor präzise Aussagen getroffen werden können, sind jedoch exaktere Grundlagendaten für die ökonomische Analyse notwendig. Aus der Perspektive der ökonomischen Auswertung sind die derzeit unterstellten Daten aus der Literatur in Hinblick auf Verwendbarkeit für quantitative Analysen mit großer Unsicherheit behaftet. Die verwertbaren Untersuchungsergebnisse sind entweder sehr alt oder zu unspezifisch. Die getätigten Aussagen zur ökonomischen Abschätzung der Implementierung von Landschaftsstrukturen müssen also relativiert werden und die ökonomischen Vorteile von Landschaftselementen differenziert betrachtet werden. Es wird bei der derzeitigen ökonomischen Analyse vereinfachend davon ausgegangen, dass die Arbeitskosten für die Ernte (bzw. Pflege) des Pflanzenmaterials aus den Landschaftselementen mit dem Erlös aus dieser Ernte kompensiert werden. Das kann bei einer Hecke beispielsweise nicht angenommen werden. Die Arbeitskosten für die Ernte von Brennholz und Hackschnitzeln sind höher als der Erlös aus den geernteten Mengen (DVL 2006; ROTH & BERGER 1999). Bei anderen Landschaftsstrukturvarianten, wie Streifen mit Miscanthus oder mit Energiehölzern (Pappeln), kann durchaus angenommen werden, dass der Erlös aus

den Landschaftselementen über den Arbeitskosten liegt. Bei diesen Varianten, sind jedoch im Gegensatz zur Hecke, positive Auswirkungen auf das Mikroklima und insbesondere auf die Evapotranspiration unsicher und damit auch die Höhe des zu erwartenden Mehrertrags. Spätestens an dieser Stelle wird der erhebliche Forschungsbedarf im Bereich der klimatischen bzw. physiologischen sowie der externen Effekte von Landschaftsstrukturen auf die Hauptbewirtschaftungsflächen deutlich. Für zukünftige Versuchsanstellungen ist besonders die Frage nach der tatsächlichen Ertragserhöhung aufgrund des Windschattens oder anderer Effekte der Landschaftsstruktur zu klären; sowohl differenziert nach der Art der angebauten Früchte als auch nach der Art der Landschaftsstruktur.

Über die derzeit vereinfachte betriebswirtschaftliche Analyse hinaus, ist eine umfassendere integrative Untersuchung und Bewertung der Landschaftsstrukturierung notwendig. In einer nachhaltigen Landbewirtschaftung spielen der langfristige Erhalt der Bodenfruchtbarkeit und die Verminderung der Bodenerosion auch in Hinblick auf zukünftige Generationen eine zentrale Rolle. Auch eine kulturell angepasste Entwicklung des Landschaftsbilds wäre im Zuge dessen zu diskutieren. Untersuchungen die Akzeptanz von Landschaftselementen betreffend sollten ebenfalls angedacht werden, um entsprechende Informations- und Umsetzungsmaßnahmen zu implementieren. All diese Aspekte müssen gemeinsam mit der ökonomischen Betrachtung in die Bewertung von Landschaftsstrukturen mit einfließen. Die in diesem Projekt durchgeführte sehr vereinfachte SWOT Analyse kann somit nur als eine erste Zusammenschau und qualitative Vorstudie für eine umfassende Bewertung betrachtet werden.

Wichtig für die Landwirtschaftspraxis sind jedoch fundierte Informationen zur optimalen Anlage der Landschaftselemente (Abstände, Höhe, Art, etc.), deren ökonomische Nutzung und den Auswirkungen auf das Kleinklima, die nutzbare Wassermenge und den Ertrag in der angrenzenden Ackerfläche. Regionale Unterschiede und Besonderheiten der Landnutzung sind zu berücksichtigen. Weitere Forschung zum Thema ist daher unbedingt notwendig.

E-6.2 Weiterer Forschungsbedarf

Die umfangreiche Literaturrecherche und die im Rahmen des Projektes durchgeführte erste ökonomische Analyse münden in etlichen weiterführenden Forschungsfragen, denen in vertiefenden Folgeprojekten nachgegangen werden sollte.

Derzeit basieren die gewonnenen Ergebnisse auf einer Szenariotechnik, der Durchschnittswerte zu Grunde liegen. Für eine detaillierte und vertiefende ökologische und ökonomische Bilanzierung spezifischer Landschaftsstrukturen fehlen jedoch weiterführende wissenschaftliche Untersuchungen, die im Bereich angewandter Feldforschung zu implementieren sind.

So ergibt sich die Notwendigkeit einer Modellierung des Mikroklimas im Nahbereich unterschiedlicher Landschaftsstrukturen, im Hinblick auf mögliche Unterschiede zwischen Landschaftsstrukturvarianten mit verholzenden mehrjährigen Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Biodiversitäts- und Pflanzenschutzfunktion, mehrjährigen verholzenden Biomassepflanzen im Kurzumtrieb und krautigen ein- bis mehrjährige Biomassepflanzen.

Ebenso müssen im Rahmen einer Feldforschung langfristige Wirkungen von etablierten Landschaftsstrukturen (hinsichtlich Wasserhaushalt der Region, Verdunstungsminde- rung, Förderung der Taubildung, Erhöhung der nutzbaren Wassermenge, Humusbilanz der Böden, andere Bodenfruchtbarkeitsfaktoren etc.) näher untersucht und quantifiziert werden. In diesem Zusammenhang sollten die Auswirkungen differenzierter Pflege- bzw. Managementkonzepte der Landschaftsstrukturen auf das Mikroklima untersucht werden.

Für eine vertiefende ökonomische Analyse ist die Untersuchung der Auswirkungen von Landschaftsstrukturen auf den Naturalertrag der benachbarten Hauptbewirtschaftungsflächen von Bedeutung. Daneben muss ebenfalls der Eigenertag der Landschaftsstrukturen erhoben werden. Im Rahmen einer Feldforschung kann dabei zwischen verschiedenen Varianten von Landschaftsstrukturierung differenziert werden und es können derzeit noch kaum etablierte Strukturen mit krautigen Pflanzen und Energieholzstreifen z.B. in Hinblick auf ihre Klimaschutzfunktion (auch in Abhängigkeit von der Bepflanzungsstruktur) untersucht werden.

Eine weitere wesentliche Rolle zur ökonomischen und ökologischen Optimierung spielt die Identifikation der Kammerungsparameter in Bezug auf regionale und einzelbetriebliche Verhältnissen. Dabei sind z.B. Schlagbreite und Arbeitsbreiten der verwendeten Maschinen, sowie die Breite und Windschutzwirkung der Landschaftsstruktur zu berücksichtigen.

Die aus der angewandten Feldforschung gewonnenen Daten bilden die Grundlage für eine erweiterte ökonomische Modellierung, welche darüber hinaus positive Externalitäten berücksichtigt (z.B. positive externe Effekte der Landschaftsstrukturierung durch Erhöhung der Biodiversität oder durch Erosionsvermeidung).

Außerdem besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Akzeptanz von, aus landschaftskultureller Sicht, unbekanntem Landschaftsstrukturen wie Pflanzungen mit Kurzumtrieb und *Miscanthus* sowie der generellen Akzeptanz von Landschaftsstrukturierungen in der Bevölkerung.

Literaturverzeichnis

2E ERNEUERBARE ENERGIEN GmbH & Co. KG. (2008). Igniscum – Die Kraft der Natur. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.2e-erneuerbare-energien.de>.

ADAM, L. (2006). Sudangras – Anbau für die Biomassennutzung im Land Brandenburg. Retrieved 13.05.2009, from http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/sud_gras.pdf

AMA (Agrar Markt Austria). (2009a). Energiepflanzen - Ernte 2009 (Nachwachsende Rohstoffe) Merkblatt. Retrieved 04.05.2009, from http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti_full&p.contentid=10008.67837&06_Merkbl_EPF.pdf.

AMA (Agrar Markt Austria). (2009b). Mehrfachantrag Flächen 2009 - Merkblatt mit Ausfüllanleitung. Retrieved 14.05.2009, from http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti_full&p.contentid=10008.68102&MFA09_MB_Gesamt.pdf.

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG. (2007a). Bodenschutzanlagen/Windschutzanlagen. Retrieved 27.11.2008, from <http://www.noe.gv.at/land-forstwirtschaft/agrarstruktur-bodenreform/windschutzanlagen/bodenschutzanlagen.html>.

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG. (2007b). NÖ Energiebericht 2007: Bericht über die Lage der Energieversorgung in Niederösterreich. Retrieved 01.05.2009, from <http://www.noe.gv.at/bilder/d31/Energiebericht20071.pdf>

AMT DER NÖ LANDESREGIERUNG. (2007c). Regionalprojekt Ökopunkte Niederösterreich. Retrieved 05.05.2009, from <http://www.noe.gv.at/Land-Forstwirtschaft/Laendliche-Entwicklung/Oekopunkte.html>.

ARGE ELEFANTENWÄRME. (o. J.). Steckbrief: Miscanthus Giganteus Chinaschilf. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.elefantenwaerme.at>.

BAUDRY, J., BUNCER, R. G. H., & BUREL, F. (2000). Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management*(60), 7-22.

BAYERISCHES AMT FÜR FORSTLICHE SAAT- UND PFLANZENZUCHT. (2008). Merkblatt: Energiewald - Anbau schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb. Retrieved 23.11.2008, from http://www.forst.bayern.de/asp/energiewald/28226/linkurl_2.pdf.

BENJES, H. (1998). *Die Vernetzung von Lebensräumen mit Benjeshecken* (5., überarb. Aufl. ed.). Bonn: Natur-und Umwelt-Verlag.

BENZARTI, J. (1999). Temperature and water-use efficiency by lucerne (*Medicago sativa*) sheltered by a tree windbreak in Tunisia. *Agroforestry Systems*, 43, 14.

BLAB, J., TERHARDT, A., & ZSIVANOVITS, K. P. (1989) Tierwelt in der Zivilisationslandschaft. Teil I: Raumeinbindung und Biotopnutzung bei Säugetieren und Vögeln im Drachenfelsler Landchen. *Schriftenreihe für Naturschutz: Vol. 30*. Bonn: BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSÖKOLOGIE.

BOAHUA, P., YUXIN, Y., YUBIN, J., WENQUAN, W., & J., E. (Eds.). (2000). *A study of light utilization of poplar-crop intercropping system*. (ISSN1001-7488 ed. Vol. 36).

BRUCKHAUS, A., & BUCHNER, W. (1995). Hecken in der Agrarlandschaft: Auswirkungen auf Feldfruchtertrag und ökologische Kenngrößen. *Ber.Ldw*(73), 435-465.

BRÖCKLING, F., OLBRICH, D., WEISCHER, P., LISCHEWSKI, D., & MEYER, A. (2008). Konzept zur Pflege und energetischen Nutzung von Wallhecken im Kreis Steinfurt. Retrieved 28.11.2008, from [http://agenda21.kreis-](http://agenda21.kreisstein-)

furt.de/C12573D40046BB0C/files/wallheckenpflegekonzept_st_kurzfassung.pdf/\$file/wallheckenpflegekonzept_st_kurzfassung.pdf.

BURGER, F. (2004). Technologie und Ökonomie des Anbaus und der Ernte von Feldholz. *Energieholzproduktion in der Landwirtschaft: Potenzial, Anbau, Technologie, Ökologie und Ökonomie*. Retrieved 27.11.2008, from http://www.dendrom.de/daten/downloads/ATB_Heft35.pdf.

CLEUGH, H. A. (1998). Effect of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems*, 41, 30.

DUBROVSKY, M. (1996). Validation of the stochastic weather generator Met&Roll. *Meteorologische Zpravy*, 49, 10.

DUBROVSKY, M., NEMESOVA, I., & KALVOVA, J. (2005). Uncertainties in climate change scenarios for the Czech Republic. *Climate Research* 29., 29, 17.

DVL (DEUTSCHER VERBAND FÜR LANDSCHAFTSPFLEGE). (2006) Landschaftselemente in der Agrarstruktur: Entstehung, Neuanlage und Erhalt. *Landschaft als Lebensraum: Vol. 9*. Ansbach.

EASTHAM, J., & ROSE, C. W. (1988). The effect of tree spacing on evaporation from an agroforestry experiment. *Agricultural and Forest Meteorology* 42, 42, 14.

EITZINGER, J., GERERSDORFER, T., SCHUME, H., & MURSCH-RADLGRUBER, E. (2005). *Influence of a hedge row on field evapotranspiration in the semi-arid region of north-east Austria*. (In: Deutscher Wetterdienst (DWD): 17th International Congress of Biometeorology (ICB 2005) September 5-9 2005; ISBN 3-88148-405-1; ISSN 4122 ed. Vol. 41). Garmisch-Partenkirchen: DWD, Offenbach am Main.

EITZINGER, J., KUBU, G., FORMAYER, H., HAAS, P., GERERSDORFER, T., & KROMPKOLB, H. (2005). *Auswirkungen einer Klimaänderung auf den Wasserhaushalt des Neusiedlersees. Forschungsbericht*.

EITZINGER, J., & KÖSSLER, C. (2002). Microclimatological characteristics of a miscanthus (*Miscanthus cv. Giganteus*) stand during stable conditions at night in the nonvegetative winter period. *Theor. Appl. Climatol.*, 72(3-4), 12.

EITZINGER, J., THALER, S., KUBU, G., & RISCHBECK, P. (2007). Potentielle Auswirkungen und Anpassungsmaßnahmen der Landwirtschaft an den Klimawandel im Nordosten Österreichs (Weinviertel-Marchfeld Region) *Auswirkungen des Klimawandels in Niederösterreich*. Wien: Amt der NÖ Landesregierung.

FAO. (1962). *Forest influences: An introduction to ecological forestry* (ISBN 92-5-100722-5 ed.).

FHP (KOOPERATIONSPLATTFORM HOLZ PAPIER). (2007). Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen. Retrieved 23.11.2008, from <http://www.forstholzpapier.at/getfile.php?filename=eX+ImIGnpbGtpqqknJyamKmfIKOkZ6aWmQ==&PH>.

FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V.). (o. J.-a). Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum L.*) aus der Gattung *Silphium* aus der Familie der *Asteraceae* (Korbblütler). Retrieved 13.05.2009, from <http://www.energiepflanzen.info>.

FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V.). (o. J.-b). *Miscanthus*. Retrieved 18.05.2009, from <http://www.energiepflanzen.info/Miscanthus>.

FNR (FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE e.V.). (o. J.-c). *Topinambur* (*Helianthus tuberosus L.*) aus der Gattung *Sonnenblumen* (*Helianthus*) aus der Familie *Asteraceae*. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.energiepflanzen.info>.

FORSTLICHE VERSUCHS- UND FORSCHUNGSANSTALT BADEN-WÜRTTEMBERG, & MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN. (2008). Anlage und

Bewirtschaftung von Kurzumtriebsflächen in Baden-Württemberg. Retrieved 27.11.2008, from <http://www.mlr.baden-wuerttemberg.de/mlr/bro/Kurzumtriebsflaechen.pdf>.

FRIEDRICH, G., & SCHURICHT, W. (1989). *Seltenes Kern-, Stein- und Beerenobst*. Leipzig.

FRIELINGHAUS, M., DEUMLICH, D., FUNK, R., HELMING, K., ROTH, R., THIERS, J., et al. (1997). Merkblätter zur Bodenerosion in Brandenburg. Bericht Nr. 27. Retrieved 28.04.2009, from <http://www.zalf.de/bfd/fr-merkb.htm>.

FRÜHWIRTH, P. (o. J.). Miscanthus Anbau optimieren. Retrieved 17.04.2009, from <http://www.landwirt.com/Bericht/3270-325-Artikel/Miscanthus-Anbau-optimieren.html>.

GERERSDORFER, T., EITZINGER, J., & LAUBE, W. (2009). *Monitoring des Witterungs- und Klimaverlaufs und mikroklimatischer Einflussgrößen in der Umstellung auf den biologischen Landbau.*: BOKU Wien.

GILGE, H., GRULISCH, H., SANDLER, J., SPREITZHOFER, J., & STADLMANN, H. (2006). *Waldwirtschaft heute*. Wien: Österreichische Agrarverlag Druck- und Verlagsges.m.b.H.

GROOT, A., & CARLSON, D. W. (1996). Influence of shelter on night temperatures, frost damage, and bud break of white spruce seedlings. *Can. J. For. Res.*, 26, 8.

HADATSCH, S., KRATOCHVIL, R., VABITSCH, A., FREYER, B., & GÖTZ, B. (2000). *Biologische Landwirtschaft im Marchfeld. Potenziale zur Entlastung des Natur- und Landschaftshaushaltes* (Vol. Monographien Band 127). Wien: Umweltbundesamt.

HINTERSTOISSER, H. (2007). *Rolle des Biotopverbundes für Landschaft und Biodiversität*. Paper presented at the Biotopverbund – Lebensraumvernetzung, Salzburg.

HÖLLER, H. (2008). Elefantengras - Denn die Zukunft liegt in unseren Händen. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.elefantengras.at>.

INSTITUT FÜR LANDWIRTSCHAFTLICHE KULTUREN GROSS LÜSEWITZ. (2006). Jahresbericht 2006. Retrieved 13.05.2009, from http://www.bafz.de/baz2006V4/uploads/media/JahresberichtBAZ2007_ILK_01.pdf.

JULIUS KÜHN-INSTITUT. (2009). Anbausysteme für Energiepflanzen mit Schwerpunkt Wasserbedarf. *Schattenblick_Forschung/216*.

KAFFENBERGER, R. (2007). Regenerative Energien: Miscanthus - Alternative für Landwirte? *odenwaldregional*(18).

KAULE, G. (1986). *Arten- und Biotopschutz*. Stuttgart: Ulmer.

KROMP, B. (1993). *Wiener Windschutzhecken: ein Beitrag zum Naturschutz und zur Landschaftspflege*. Wien.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft). (2005). Faustzahlen für die Landwirtschaft.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft). (2006). KTBL-Datensammlung - Energiepflanzen: Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus.

KURZ, P., MACHATSCHEK, M., & IGLHAUSER, B. (2001). *Hecken – Geschichte und Ökologie, Anlage, Erhaltung und Nutzung*. Graz.

LEBENSMINISTERIUM. (2009). ÖPUL 2007. Retrieved 05.05.2009, from http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti_full&p.contentid=10008.47092&SRL_O4_20090206.pdf.

http://www.ama.at/Portal.Node/ama/public?genetics.rm=PCP&genetics.pm=gti_full&p.contentid=10008.47086&Anhang_N_.pdf.

LIEBHARD, P. (2007a). *Energieholz im Kurzumtrieb Rohstoff der Zukunft*. Graz [u.a.]: Stöcker.

- LIEBHARD, P. (2007b). Gras das wärmt. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.bio-austria.at>.
- LIN, C. H., MCGRAW, R. L., GEORGE, M. F., & GARRETT, H. E. (1999). Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices.-. *Agroforestry Systems*, 44, 11.
- MAZEK-FIALLA, K. (1967). *10 Jahre Bodenschutz in Niederösterreich. Die Bodenschutzmaßnahmen und ihre wirtschaftlichen Auswirkungen*. Wien: Österreichischer Agrarverlag.
- MCANENEY, K. J., SALINGER, M. J., PORTEOUS, A. S., & BARBER, R. F. (1990). Modification of an orchard climate with increasing shelter-belt height. *Agricultural and Forest Meteorology*, 49, 13.
- MEYERHOFF, E. (2006). *Hecken planen, pflanzen, pflegen: Eine praktische Anleitung für Landwirte*. Mainz.
- MÖNDEL, A. (2007). Ertragsmessungen in Winterroggen - der Ertragseinfluss einer Windschutzanlage in der oberrheinischen Tiefebene. Verbundprojekt: agroforst - neue Optionen für eine nachhaltige Landnutzung. Retrieved 03.10.2008, from http://www.agroforst.uni-freiburg.de/download/ertrag_winterroggen.pdf.
- MÖNDEL, A. (2008). Wirtschaftlichkeit des Anbaus von schnell wachsenden Hölzern und Miscanthus. Retrieved 28.03.2009, from http://www.landwirtschaft-mlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1219144_11/ltz_M%C3%B6ndel%20-%20Wirtschaftlichkeit%20des%20Anbaus%20von%20Energieholz%20und%20Miscanthus.pdf.
- MÜLLER, K.-D. (1997a). *Wildfruchtarten für Biotopverbundsysteme. Schriftenreihe des Fachgebietes Obstbau, Nr.11*. Paper presented at the 1. Internationale Wildfruchttagung, Berlin.
- MÜLLER, K.-D. (1997b). *Wildrosen – Zum ökologischen Anbau prädestiniert. Schriftenreihe des Fachgebietes Obstbau, Nr.11*. Paper presented at the 1. Internationale Wildfruchttagung, Berlin.
- PIFFNER, L., LUKA, H., & SCHLATTER, C. (2005). Funktionelle Biodiversität, Schädlingsregulation gezielt. *Ökologie und Landbau*, 2/2005(134), 51-53.
- PRETZSCHEL, M., BÖHME, G., & KRAUSE, H. (1991). Einfluss von Windschutzpflanzungen auf den Ertrag landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. *Feldwirtschaft*, 32/1991, 229-231.
- RISCHBECK, P. (2007). *Der Einfluss von Klimaänderung, Bodenbearbeitung und Saattermin auf den Wasserhaushalt und das Ertragspotential von Getreide im Marchfeld*. University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Vienna.
- ROTH, D., & BERGER, W. (1999). Kosten der Landschaftspflege im Agrarraum. In W. KONOLD, R. BÖCKER & U. HAMPICKE (Eds.), *Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege*. Landsberg.
- RÖHRICHT, C. (2006). *Miscanthus – Eine alternative Energiepflanze: Ergebnisse aus Anbauversuchen*. Paper presented at the Mitteldeutscher Bioenergietag.
- RÖHRICHT, C., & KIESEWALTER, S. (2008). Anbau und Ernte schnellwachsender Baumarten im Kurzumtrieb – Versuchsergebnisse. Retrieved 28.03.2009, from http://www.landwirtschaft.sachsen.de/lf/publicationen/download/3476_1.pdf.
- SCHOLZ, V., BOELCKE, B., BURGER, F., HOFMANN, M., & VETTER, A. (2006). Merkblatt Produktion von Pappeln und Weiden auf landwirtschaftlichen Flächen. KTBL-Datensammlung Energiepflanzen. Retrieved 24.05.2009, from http://www.dendrom.de/daten/downloads/ktbl_merkblatt.pdf.
- SCHUSTER, K. (2008). Rückblick über zwei Jahre Kurzumtrieb in Niederösterreich. Retrieved 27.04.2009, from <http://www.agrarnet.info>.

SCHUSTER, K. (2009). Kurzumtrieb in Niederösterreich.

STEININGER, K., STEINREIBER, C., BINDER, C., SCHAFFER, E., TUSINI, E., & WIESINGER, E. (2003). *Adaptionsstrategien der von extremen Wetterereignissen betroffenen Wirtschaftssektoren: Ökonomische Bewertung und die Rolle der Politik.*

STÜRMER, B., & SCHMID, E. (2007). Wirtschaftlichkeit von Weide und Pappel im Kurzumtrieb unter österreichischen Verhältnissen. *Ländlicher Raum*. Retrieved 01.05.2009, from www.laendlicher-raum.at/filemanager/download/25360/.

SURBÖCK, A., HEINZINGER, M., FRIEDEL, J. K., & FREYER, B. (2009). Monitoring der Auswirkungen einer Umstellung auf den biologischen Landbau (MUBIL II), Teilprojekt 1: Pflanzenbau und Bodenfruchtbarkeit.

SÄCHSISCHE LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT. (2007) Feldstreifenanbau. Einsatz nachwachsender Rohstoffe als landschaftsgestaltendes Element – Feldstreifenanbau auf großen Ackerschlägen. *Vol. 25/2007.*

TECHNOLOGIE- UND FÖRDERZENTRUM IM KOMPETENZZENTRUM FÜR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE. (2007). Anbauhinweise Topinambur. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.tfz.bayern.de>.

THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT. (2008). Anbautelegramm Durchwachsene Silphie. Retrieved 13.05.2009, from <http://www.tll.de/ainfo/pdf/silp0208.pdf>.

VAN ELSSEN, T., & IMMEL, K. (2001). *Nutzung und Gestaltung von Hecken und Wildfruchtgehölzen im Ökologischen Landbau. Beitrag 6.* Paper presented at the Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Freising.

WEBER, H. E. (2003). *Gebüsche, Hecken, Krautsäume.* Stuttgart.

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

- Abb. E- 1: Änderung der mittleren monatlichen Temperaturmaxima (li) und –minima (re) für 2015-2035 (oben) und 2040-2060 (unten) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2005 (Quelle: RISCHBECK, 2007) 10
- Abb. E- 2: Relative Veränderung der monatlichen Niederschlagsmengen für die Perioden 2015-2035 (oben) und 2040-2060 (unten) im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2005 (Quelle: RISCHBECK, 2007) 11
- Abb. E- 3: Klimaschutzwirkung einer Landschaftsstruktur mit mehrjährigen verholzenden Pflanzen (Quelle: FRIELINGHAUS et al.,1997)22

Tabellen

- Tab. E- 1: Mehrerträge (in Prozent) im Einflussbereich von Windschutzanlagen (Quelle: Zusammenfassung von Ergebnissen aus den Erhebungen von MAZEK-FIALLA,1967; PRETZSCHEL et al., 1991; MÖNDEL, 2007; SURBÖCK et al., 2009) 24
- Tab. E- 2: Unterstellte Fruchtfolge für analysierte Flächen mit Naturalertrags- und Preisannahmen (Quelle: Eigene Darstellung anhand verschiedener statistischer Daten Niederösterreichs über die bedeutendsten Ackerkulturen und ihre Erträge)27
- Tab. E- 3: Gegenüberstellung von Mehr- und Mindererträgen auf Ackerflächen durch Windschutzpflanzungen mittels Kurzumtriebspflanzungen und Hecken für eine exemplarische Fläche von 1 ha (100*100 m) (Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung).....29
- Tab. E- 4: Bewertung der Landschaftselemente Balsampappel im Kurzumtrieb, Hecke und Miscanthus nach ökonomischen, ökologischen und soziokulturellen Aspekten sowie der Klimaschutzwirkung (1=schlecht, 2=mäßig, 3=gut) (Quelle: eigene Zusammenstellung) 37
- Tab. E- 5: Vereinfachte SWOT Analyse – Variante Miscanthuspflanzungen (Quelle: eigene Zusammenstellung)..... 38
- Tab. E- 6: Vereinfachte SWOT Analyse – Variante Balsampappelpflanzungen im Kurzumtrieb (Quelle: eigene Zusammenstellung).....39
- Tab. E- 7: Vereinfachte SWOT Analyse – Variante Hecke (Quelle: eigene Zusammenstellung).....40