

Landgraf, D. (Hrsg.)



1. ERFURTER TAGUNG

Schnellwachsende Baumarten - Etablierung, Management
und Verwertung

vom 16.11. – 17.11.2017

Impressum

Herausgeber

© Fachhochschule Erfurt
Fakultät Landschaftsarchitektur, Gartenbau und Forst
Altonaer Str. 25
99085 Erfurt
Telefon +49(0)361/6700-0
Telefax +49(0)361/6700-703
www.fh-erfurt.de

Verantwortlich für den Inhalt:

Prof. Dr. Dirk Landgraf

Gestaltung:

Karoline Schwandt, Simon Lehnhardt

Druck:

Handmann Werbung GmbH
Heinrich – Credner – Str. 2
99087 Erfurt

ISSN:

2567-8922

Stand:

November 2017

Das Werk, einschließlich seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlages und des Autors unzulässig. Dies gilt insbesondere für die elektronische oder sonstige Vervielfältigung, Übersetzung, Verbreitung und öffentliche Zugänglichmachung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Inhaltsverzeichnis

1	Begrüßung und Einführung in die Tagung "Schnellwachsende Baumarten"	1
2	Holz – ein Rohstoff mit Zukunft?	8
3	Nutzungsperspektiven und Wertschöpfung von schnellwachsenden Baumarten im Kontext europäischer Umwelt- und Klimaschutzziele	15
4	Energieholzanbau in Thüringen – Erträge und Praxiserfahrungen	25
5	Niedrige Energiekosten, schlechte Holzpreise - Wo steht die KUP?	35
6	Wie könnten positive Umweltwirkungen von Agroforstsystemen mit Kurzumtriebswirtschaft agrarförderrechtlich stärker honoriert werden?	42
7	Kurzumtriebsplantage – ein ökonomisches Mauerblümchen im Rampenlicht.....	52
8	KUP in Bayern: Status Quo und Tendenzen – Das Beratungsinstrument „KUP Scout“ als Entscheidungshilfe für Praktiker	58
9	Modellierung der oberirdischen Biomasse von Robinien auf Bergbaufolgefleichen und landwirtschaftlichen Flächen	66

Posterbeiträge

10	Vergleichende Untersuchungen zum Wurzelwachstum von Aspen und Hybridaspens.....	79
11	Zerstörungsfreie Untersuchung der Rohdichte von Aspen und Hybridaspens mittels Pilodyn.....	81
12	Agroforstforum in Deutschland ... Quo vadis?	82
13	Securing Sustainable Dendromass Production with Poplar Plantations in European Rural Areas	84
14	Biomassebildung und Qualitätsentwicklung junger Robinien-Stockausschlagbestände .	85
15	Untersuchungen zum Blattflächenindex einer Pappelkurzumtriebsplantage der Sorte <i>Max 1</i>	86
16	Auswirkungen der Sortenwahl auf Vorkommen und Fraßmenge von <i>Nematus spec.</i> auf Pappelkurzumtriebplantagen in Deutschland	87
17	Variabilität der holzigen Biomasseproduktion von Pappel und Robinie als Folge des Klimawandels in einem Alley-Cropping System in der Lausitz.....	88

1 Begrüßung und Einführung in die Tagung "Schnellwachsende Baumarten"

Dirk Landgraf¹

¹Fachhochschule Erfurt, Leipziger Straße 77, 99085 Erfurt, Deutschland

Keywords: schnellwachsende Baumarten, KUP, Agroforstsysteme

1.1 Begrüßung

Sehr geehrte Damen und Herren,
Ich begrüße Sie ganz herzlich zur 1. Tagung "Schnellwachsende Baumarten - Etablierung, Management und Verwertung" in Erfurt, der Landeshauptstadt Thüringens und dem „Grünen Herzen“ Deutschlands.

Das „Grüne Herz“ soll Programm der diesjährigen und den folgenden Tagungen rund um das Thema schnellwachsende Baumarten sein. Gestatten Sie mir dafür ein paar einführende Worte:

1.2 Einleitung

Schnellwachsende Baumarten wurden immer dann bevorzugt angebaut, wenn die Gefahr einer Holznot gesehen wurde. Das führte zu einem wellenartigen Anbau von schnellwachsenden Baumarten. Dies war z.B. kurz nach dem 2. Weltkrieg der Fall. Erst wurde im Rahmen der Kriegswirtschaft viel Holz geschlagen, danach wurde nochmals sehr viel Holz für die Reparationsleistungen an die Siegermächte benötigt. Die strengen und kalten Winter Ende der 40er Jahre taten ihr Übriges, um vermehrt die schnellwachsende Baumart Pappel anzubauen. So fanden sich viele Pappeln in urbanen Räumen bzw. in Dorfnähe.

Mit der Zuspitzung des kalten Krieges sowie einer verstärkten Autonomiebestrebung auf dem Gebiet der ehemaligen DDR wurden wiederum vermehrt Pappel angebaut. So entstanden die heute noch zu sehenden Pappelhaine um Freizeitanlagen, wie Sportplätzen, Turnhallen u.ä., aber auch Wegebepflanzungen und Straßenalleen wurden Ende der 60er Jahre mit Pappeln bepflanzt.

Auf dem Gebiet der ehemaligen BRD wurden Ende der 70er Jahre vermehrt schnellwachsende Baumarten angebaut. Hintergrund war die sogenannte Ölkrise, die nicht nur dazu führte, dass ganze Autobahnen entvölkert waren, sondern die auch erstmals zum Nachdenken über mögliche Alternativen zum Erdöl führte. Es war nur zu logisch, dass man sich des ältesten Energieträgers des Menschen erinnerte: Holz.

So ist es auch nicht verwunderlich, dass sich eines der ersten Forschungsprojekte der 1993 gegründeten Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) mit dem Anbau und der Verwertung von schnellwachsenden Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen beschäftigte (FNR, 1999). Bedingt durch den sinkenden Ölpreis sowie steigende Preise für Nahrungsmittel verlor sich das Interesse an diesem Thema bis zum Beginn des neuen Jahrtausends. Mit wiederum steigenden Rohölpreisen, einer sehr intensiv geführten

Klimadebatte sowie alternativen Einkommensquellen für die Landwirtschaft erlebte das Thema schnellwachsende Baumarten eine erneute Renaissance, die mit dem Atomkraftwerksunfall in Fukushima (Japan) und der damit eingeleiteten Energiewende mit anderen nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo) und weiteren regenerativen Energieformen an Fahrt gewann.

In Deutschland wurde sehr schnell festgestellt, dass es keine oder nur noch vereinzelte Erfahrungen zum Anbau schnellwachsender Baumarten gibt. Aus diesem Grund wurde eine Vielzahl wissenschaftlicher Projekte initiiert, um diese Wissens- und Erfahrungslücken zu schließen und somit auch zu den europäischen Nachbarn aufzuschließen. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit seien hier eine Reihe von Projekten genannt, die sich diesem Ziel seit 2005 bis heute widmen:

- AgroWood,
- Dendrom,
- AgroForst,
- FastWood I, II und III,
- ProLoc I, II,
- AgroForNet,
- IsoWood,
- PopMass,
- BEST,
- AUFWERTEN

Die Ergebnisse dieser Projekte führten einerseits zu einer Fülle an neuen Erkenntnissen einerseits, andererseits aber auch zu einem, wenn auch nur zögerlichen, Zusammenwachsen von Land- und Forstwirtschaft.

Mit einer Stellungnahme der Nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2012) wurde die Rolle von NaWaRo's zum Erreichen der Klimaschutzziele der Bundesregierung erstmals in Frage gestellt. Trotz vielfältiger fachlicher Er widerungen (BBE, 2012; BEE, 2012) auf dieses Papier wurden die unterschiedlichsten Förderinstrumente zur Förderung von vielfältigsten NaWaRo's zur Erzeugung von klimafreundlicher Energie in Frage gestellt (WOLFRUM, 2014) und durch die Politik in den folgenden Jahren zunehmendem Maße außer Kraft gesetzt.

So wurde im EEG 2014 (Erneuerbares Energien-Gesetz) der weitere Ausbau der erneuerbaren Energien angepasst. Er sollte künftig innerhalb eines gesetzlich festgelegten Ausbaukorridors erfolgen, um 40 bis 45 % erneuerbare Energien an der Stromerzeugung im Jahr 2025 und 55 % bis 60 % im Jahr 2035 zu erreichen. Während die Förderung andere erneuerbare Energien (z.B. Photovoltaik, Windkraft on- und offshore) weitestgehend beibehalten wurden, wurde der Zubau von NaWaRo's überwiegend auf Abfall- und Reststoffe begrenzt.

Auch im Rahmen der Reform der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP-Reform) von 2014 wurden die Möglichkeiten der Nutzung von NaWaRo's nicht nur nicht ausgenutzt, sondern weitestgehend verspielt. Erstmals wurde eine sogenannte Greening-Prämie vergeben. Das Greening der Direktzahlungen in der ersten Säule hat zur Folge, dass Landwirte 30 Prozent ihrer Direktzahlungen, die so genannte Greening-Prämie, nur dann

erhalten, wenn sie konkrete, zusätzliche Umweltleistungen erbringen. Das Greening umfasst den Erhalt von Dauergrünland-flächen (wie Wiesen und Weiden), eine verstärkte Anbaudiversifizierung (größere Vielfalt bei der Auswahl der angebauten Feldfrüchte) sowie die Bereitstellung sogenannter "ökologischer Vorrangflächen" auf Ackerland. Landwirtschaftliche Betriebe müssen grundsätzlich zunächst fünf Prozent ihrer Ackerflächen als ökologische Vorrangflächen bereitstellen. Diese Flächen müssen im Umweltinteresse genutzt werden (z.B. zum Erhalt von Hecken oder als Pufferstreifen zu Gewässern). Eine landwirtschaftlich produktive Nutzung bleibt unter bestimmten Bedingungen aber zulässig. Die unterschiedliche ökologische Wertigkeit der verschiedenen Arten von ökologischen Vorrangflächen wird über Gewichtungsfaktoren berücksichtigt, die von der Europäischen Kommission in einem delegierten Rechtsakt festgelegt wurden. Das heißt zum Beispiel, dass eine deutlich höhere Fläche mit Zwischenfrüchten bebaut werden muss, um diese als äquivalent zu einem Hektar nicht genutzter ökologischer Vorrangflächen anzuerkennen. So beträgt der Gewichtungsfaktor für Zwischenfrüchte und Kurzumtriebsplantagen (KUP) lediglich 0,3, der Gewichtungsfaktor für brachliegende Felder hingegen 1,0, für Hecken gilt sogar ein Gewichtungsfaktor von 2,0 (BMEL, 2015). Somit wurde Chance einer ökologisch nachhaltigen und ökonomisch sinnvollen Nutzung von landwirtschaftlichen Flächen vertan.

Das darauffolgende EEG 2016/2017 bezweckte einen grundsätzlichen Systemwechsel vom Modell der Einspeisevergütungen hin zum Ausschreibungsverfahren. Zudem wurde erstmals der Ausbau der erneuerbaren Energien nach oben gedeckelt. Branchenverbände wie der BEE übten Kritik: Die geplanten Maßnahmen würden den Ausbau der Erneuerbaren Energien stark behindern, zehntausende Arbeitsplätze gefährden, die Klimaschutzziele verfehlen und Bürgerenergie-Projekte benachteiligen (BEE, 2016a; BEE, 2016b). Auch Umweltschutzorganisationen wie der WWF Deutschland sowie das Umweltbundesamt kritisierten die Novelle und forderten, dass der dynamische Ausbau erneuerbarer Energien auch über die Novellierung hinaus gewährleistet bleiben müsse (WWF, 2016; WILLE, 2017). Eine Studie kommt sogar zu dem Schluss, dass mit dem Ausbaupfad des EEG 2016/2017 die Pariser Klimaschutzziele nicht erreicht werden könnten (QUASCHNING, 2016).

Nichtsdestotrotz hält die Bundesregierung bis heute an einer „Dekarbonisierung“ der Gesellschaft fest (BMUB, 2016). Im Rahmen dieser Strategie wird auch die Nutzung unterschiedlichster nachwachsender Rohstoffe und deren Möglichkeiten zur Energiebereitstellung, sei es die Biogasnutzung, die Herstellung von BTL-Kraftstoffen oder die Erzeugung von Wärme und Strom aus Dendromasse als bedenklich betrachtet oder gar abgelehnt, um „.....Fehlinvestitionen und Strukturbrüche zu vermeiden.“ (BMUB, 2016).

Deutschland verpasst einem aktuellen Medienbericht der Süddeutschen Zeitung (SZ, 2017) zufolge sein selbst gestecktes Klimaschutzziel (BMUB, 2014) deutlicher als 1990 angestrebt. Offiziell werden 40 Prozent weniger CO₂-Ausstoß bis 2020 im Vergleich zu 1990 angestrebt. Die Süddeutsche Zeitung berichtet nun unter Berufung auf interne Berechnungen des Bundesumweltministeriums, ohne "Nachsteuerung" sei bis 2020 bestenfalls ein Minus von 32,5 Prozent zu erwarten; schlimmstenfalls würden die Emissionen nur um 31,7 Prozent sinken (SZ, 2017).

"Eine Zielverfehlung in einer solchen Größenordnung wäre für die Klimaschutzpolitik Deutschlands ein erheblicher Rückschlag", heißt es der Zeitung zufolge in einem ihr vorliegenden Ministeriumspapier. Im Projektionsbericht 2017 der Bundesregierung gehen Experten von einem Korridor zwischen 33,7 und 37,5 Prozent aus. Dem "SZ"-Bericht zufolge sind der Hauptgrund für die Zielverfehlung die weiterhin hohen Emissionen bei der Stromerzeugung.

Aus diesem Grund schließe ich mich einem Gutachten des wissenschaftlichen Beirates für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz sowie dem wissenschaftlichen Beirat für Waldpolitik beim Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung vom Juli 2016 an, in dem es heißt: „...Die Nutzung von Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z.B. Kurzumtriebsplantagen) weist theoretisch ein großes Minderungs-potenzial und relativ geringe Vermeidungskosten auf, und die Nutzung landwirtschaftlicher Flächen für KUP ist unter Klimagesichtspunkten aus mehreren Gründen einer Aufforstung vorzuziehen. Die Beiräte empfehlen dem Bund und den Ländern, die Fördermöglichkeiten für KUP und Miscanthus über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) und die ländlichen Entwicklungsprogramme fortzuführen bzw. auszubauen. Die Beiräte empfehlen, Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu fördern, die auf eine Kaskadennutzung von KUP abzielen.“ (Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL, 2016)

Somit gibt es auch heute aus fachlich-pragmatischer Sicht noch eine Vielzahl von Beweggründen zum Anbau schnellwachsender Baumarten, welche in gesellschaftliche Beweggründe und einzelbetriebliche Beweggründe unterschieden werden müssen. Gesellschaftliche Beweggründe waren und sind, auch wenn sie heute nicht als politisch opportun gelten, dass:

- Holz eine Alternative zu allen fossilen Energieträgern ist,
- Holz der nachwachsende Rohstoff mit der größten Energiedichte pro Raumeinheit ist,
- Holz einen alternativen Rohstoff zum Rohöl für die chemische Industrie darstellt,
- Holz der nachwachsende Rohstoff ist, der mit dem geringsten Energieinput bewirtschaftet werden kann,
- Holz ein CO₂-neutraler Energieträger ist und
- Dass mit schnellwachsenden Baumarten in den unterschiedlichsten Anbausystemen (z.B. Agroforstsysteme, KUP, Vorwald) eine prognostizierte Holzlücke geschlossen werden kann.

Die einzelbetrieblichen Beweggründe für den Anbau schnellwachsender Baumarten sind wesentlich vielschichtiger:

- Einkommensalternative im schwach strukturierten ländlichen Raum,
- Extensivierung der landwirtschaftlichen Produktion,
- Diversifizierung der landwirtschaftlichen Produktion,
- Nutzung der für den Ackerbau uninteressanter Flächen, da sie:

- ungünstig geschnitten sind,
- zu weit vom Hof entfernt sind,
- zu trocken oder
- zu feucht sind,
- sogenannte Minutenböden sind,
- Sonderstandorte sind,
- nach Aufgabe einer defizitären Milchviehwirtschaft wieder eine sinnvolle Nutzung von Grünland,
- sinnvolle Nutzung von Ackerrandstreifen,
- sinnvolle Nutzung von Fluss- und Bachsäumen,
- ökologische Aufwertung von landwirtschaftlich dominierten Regionen

Das diese Beweggründe in einer bäuerlichen Landwirtschaft auch ohne Förderung durchaus überzeugend sind, lässt sich an der stetigen Zunahme der KUP-Flächen in Bayern ersehen (BURGER et al., 2017).

1.3 Ausblick

Die heute und morgen stattfindende 1. Tagung "Schnellwachsende Baumarten - Etablierung, Management und Verwertung" soll auch in den kommenden Jahren in Erfurt, dem „Grünen Herzen“ Deutschlands als zentraler Treffpunkt für Experten aus Wissenschaft und Praxis für Erkenntnisgewinn und Wissensvermittlung in allen Zusammenhängen mit schnellwachsenden Baumarten in Deutschland und Europa sorgen. Dies soll unabhängig von politischen Strategien, Förderprogrammen oder Institutionen erfolgen. In diesem Sinne wünsche ich Ihnen viel Spaß und Erfolg und uns allen eine interessante und spannende Veranstaltung.

1.4 Danksagung

Für die Möglichkeit zur Ausrichtung dieser Tagung möchte ich mich an erster Stelle bei meiner eigenen Hochschule, der FH Erfurt bedanken. Für die finanzielle und sachlich-moralische Unterstützung gilt mein Dank dem Fachbeirat Nachwachsende Rohstoffe des Thüringer Ministeriums für Infrastruktur und Landwirtschaft. Ohne die finanzielle sowie fachlich-organisatorische Unterstützung der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), im Besonderen der Herren Thorsten Graf und Thomas Hering wäre die Tagung nicht zustande gekommen. Für die unermüdliche und akribische Hilfe bei der Organisation der Tagung möchte ich mich ganz herzlich bei Simon Lehnhardt, Heidi Pfeiffer, Jonas Gardlo und Karoline Schwandt bedanken.

Quellen

BUNDESVERBAND BIOENERGIE - BBE – (2012): Zusammenfassende Stellungnahme zur Studie „Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen“ der nationalen Akademie der Wissenschaften Leopoldina

BEE (2013): Stellungnahme zum Energieteil des Koalitionsvertrages der großen Koalition https://www.bee-ev.de/fileadmin/Publikationen/Positionspapiere_Stellungnahmen/20131219_BEE-Stellungnahme-zum-Koalitionsvertrag.pdf; letzter Aufruf: 12.10.2017

BEE (2016a): EEG-Reform 2016 schneidet hart ins Herz der Energiewende; <https://www.bee-ev.de/home/presse/mitteilungen/detailansicht/eeg-reform-2016-schneidet-hart-ins-herz-der-energiewende/>; letzter Aufruf: 12.10.2017

BEE (2016b): EEG 2016: Verlierer sind der Klimaschutz, die Bürgerenergie und die süddeutschen Länder.; <https://www.bee-ev.de/home/presse/mitteilungen/detailansicht/eeg-2016-verlierer-sind-der-klimaschutz-die-buergerenergie-und-die-sueddeutschen-laender/>; letzter Aufruf: 12.10.2017

BMEL (2015): Umsetzung der EU-Agrarreform in Deutschland, Ausgabe 2015; Broschüre des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft vom Februar 2015, pp. 124; http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Broschueren/UmsetzungGAPinD.pdf?__blob=publicationFile; letzter Aufruf: 12.10.2017

BMUB (2014): Aktionsprogramm Klimaschutz 2020. Berlin, pp. 84; http://www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Aktionsprogramm_Klimaschutz/aktionsprogramm_klimaschutz_2020_broschuere_bf.pdf; letzter Aufruf: 12.10.2017

BMUB (2016): Klimaschutzplan 2050 Klimaschutzpolitische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung.; Berlin; pp. 92; www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Klimaschutz/klimaschutzplan_2050_bf.pdf; letzter Aufruf: 12.10.2017

BURGER, F., DIETZ, E., BACHMANN-GIGL, U. UND N. SUTTERER (2017): KUP in Bayern: Status Quo und Tendenzen – Das Beratungsinstrument „KUP Scout“ als Entscheidungshilfe für Praktiker. In: LANDGRAF, D. (Hrsg.) 1. Erfurter Tagung „Schnellwachsende Baumarten - Etablierung, Management und Verwertung“; S 58 - 65; ISSN: 2567-8922

EEG (2014): Gesetz zur Grundlegenden Reform des Erneuerbaren-Energie-Gesetzes und zur Änderung weiterer Bestimmungen des Energiewirtschaftsrechtes. Vom 21. Juli 2014. In: Bundesgesetzblatt 2014, Teil I Nr. 33, 24. Juli 2014, S. 1066-1132

FNR (HRSG.) (1999): Modellvorhaben Schnellwachsende Baumarten. Zusammenfassender Abschlussbericht. Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe 13

NATIONALE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN LEOPOLDINA (2012): Bioenergie – Möglichkeiten und Grenzen. Halle (Saale); ISBN: 978-3-8047-3082-3

QUASCHNING, V. (2016): Sektorkopplung durch die Energiewende - Anforderungen an den Ausbau erneuerbarer Energien zum Erreichen der Pariser Klimaschutzziele unter Berücksichtigung der Sektorkopplung. Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, pp. 38; <http://pvspeicher.htw-berlin.de/wp-content/uploads/2016/05/HTW-2016-Sektorkopplungsstudie.pdf>, letzter Aufruf: 12.10.2017

SZ SÜDDEUTSCHE ZEITUNG (2017): Deutschland verfehlt Klimaschutzziele klarer als angenommen; www.sueddeutsche.de/news/wissen/klima-deutschland-verfehlt-klimaschutzziele-klarere-als-angenommen-dpa.urn-newsml-dpa-com-20090101-171011-99-402843; letzter Aufruf: 12.10.2017

WILLE, J. (2017): Bei der Windkraft „drohen Einbrüche“, Interview mit UBA-Präsidentin Maria Krautzberger.; <http://www.klimaretter.info/politik/hintergrund/21571-bei-der-windkraft-drohen-einbrueche>; letzter Aufruf: 12.10.2017

Wissenschaftlicher Beirat Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz und Wissenschaftlicher Beirat Waldpolitik beim BMEL (2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Berlin

WOLFRUM, R. (2014): Rechtliche Rahmenbedingungen für die Reform der Förderung erneuerbarer Energien in Deutschland., Schriftenreihe: Energiesysteme der Zukunft der Leopoldina, acatech und Union der deutschen Akademien der Wissenschaften

WWF (2016): Stellungnahme zum EEG-Referentenentwurf vom 14.04.2016.; http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Stellungnahme_zum_EEG-Referentenentwurf_2016.pdf; letzter Aufruf: 12.10.2017

2 Holz – ein Rohstoff mit Zukunft?

Albrecht Bemann¹

¹TU Dresden, Fakultät Umweltwissenschaften,

Fachrichtung Forstwissenschaften

Piener Straße 19, 01737 Tharandt

Dieser Beitrag beruht auf der Veröffentlichung von BEMMANN A. und BEMMANN M. (2016): *„Nachhaltige Forstwirtschaft und Holznutzung in Deutschland – quo vadunt?“* In: Wald im Spannungsfeld der Interessen (Hrsg. ST. KLOTZ, H. TH. PORADA UND V. DENZER), Leibniz-Institut für Länderkunde, Beiträge vom VI. Werkstattgespräch des Wissenschaftlichen Beirats der Buchreihe ‚Landschaften in Deutschland‘. Leipzig 2016, S. 99 – 119.

Abstract. Seit einigen Jahrzehnten befindet sich die Welt in einem ‚Trilemma‘ des Wachstums: Bevölkerungswachstum, zunehmender Energieverbrauch und weiterer Klimawandel (KLINGHOLZ, TÖPFER, 2012). Das geht einher mit einem steigenden Rohstoffverbrauch, steigenden bzw. stagnierenden Energiepreisen und Naturzerstörungen. Zur Verringerung dieser Probleme gewinnt eine nachhaltige Produktion und Verwertung von Biomasse – einschließlich Holz – bei gleichzeitigem Schutz u n v e r z i c h t b a r e r Naturgüter zunehmende Bedeutung (ERLER et al., 2012). Eine weitere ‚Konservierung‘ von Natur, eine zunehmende Herausnahme von Flächen aus einer Bewirtschaftung, d.h. der Schutz a l l e r Naturgüter läuft den Bedürfnissen der gegenwärtigen Generation zuwider und scheint der Lösung des ‚Trilemmas‘ nicht dienlich zu sein. Eine vor etwa 200 Jahren beginnende, in vielen Ländern Europas mittlerweile etablierte nachhaltige Waldwirtschaft sichert ökonomische, ökologische und soziale Standards, die einhergehen mit der Erhaltung oder einer Erweiterung von Waldflächen, einer Verbesserung des ökologischen Waldzustandes bei gleichzeitiger Erhöhung der Holzvorräte und einer Wertschöpfung aus dem Rohstoff Holz. Vor allem in außereuropäischen Ländern, in denen die Holzressourcen der Primär- oder Sekundärwälder für die Versorgung der nationalen Holzwirtschaft nicht ausreichen, wurden besonders nach 1970 Plantagen mit verschiedenen schnell wachsenden Baumarten angelegt (BEMMANN et al., 2008).

Keywords: Biomasse, Holz, Wald, Plantage, Holzmarkt

Thesen und Fakten

1 „Lassen wir die Natur unverändert, können wir nicht leben. Zerstören wir sie, gehen wir zugrunde. Der schmale, sich verengende Gratweg zwischen Verändern und Zerstören wird auf Dauer nur einer Gesellschaft gelingen, die ökologische Prinzipien akzeptiert und deren Ethik sich im Einssein mit der Natur befindet.“ (Zitat von R. GILSENBACH In: R. DÖRING, M. RÜHS, 2004)

2 Forderungen von Weltklima- und Umweltkonferenzen seit den 1990er Jahren (u.a. ‚Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro‘ mit den Dokumenten ‚Konvention über die Biologische Vielfalt‘, ‚Rio-Deklaration‘, ‚Walderklärung‘ (BMU, o.J.) und in IPCC-Analysen (IPCC, 2014) zur Emissions-Reduzierung klimaschädlicher Gase und zu einer nachhaltigen Wirtschaftsentwicklung haben in den vergangenen Jahrzehnten global wenig positive Ergebnisse gebracht:

- die Bevölkerungszahl steigt global weiter, regional entwickelt sie sich unterschiedlich,
- die Emission klimaschädlicher Gase und der
- Energie- und Ressourcen-Verbrauch wachsen stetig.

3 Konservieren von Natur, Waldflächen-Stilllegungen, Einrichtung von Schutzgebieten u.a. können keine alleinigen Lösungen und Schwerpunktthemen für das globale ‚Trilemma‘ und für das Problem einer zunehmenden Naturzerstörung sein.

4 Wird die Bedeutung des ‚Wachstum-Trilemmas‘ für die Menschheit anerkannt, müssen sich Politik, Wissenschaft und Wirtschaft den Herausforderungen und Konflikten einer nachhaltigen Wald- und Holz-Nutzung stärker als bisher zuwenden und sich in Projekten an diesen – ohne (ideologische) Tabus – mehr als bisher orientieren.

5 Die komparativen Kostenvorteile bei der Produktion und Verarbeitung von Holz (Rohstoffe, Energie, Arbeitskräfte) sowie die niedrigen ökologischen und sozialen Standards in außereuropäischen Regionen für die Erzeugung traditioneller Produkte wie Holzwerkstoffe, Zellstoff und Schnittholz werden sich in der weiteren Abwanderung von Kapazitäten der Holzindustrie aus Europa äußern.

6 Die Wälder in Deutschland befinden sich in einem ökologisch guten Zustand, der zunehmend verbessert wird und die Nutzung von Holz erbringt beispielhafte ökonomische Leistungen (BMEL, 2016; BMEL 2017):

- Die Waldfläche hat sich im Zeitraum von 2002 bis 2012 um etwa 50.000 Hektar vergrößert und beträgt gegenwärtig ca. 11,4 Mio. Hektar.
- Im Wald – einschließlich der Waldböden – sind gegenwärtig etwa 2,5 Mrd. t Kohlenstoff gespeichert. Der jährliche Beitrag zur Minderung der Treibhausgas-Emissionen durch Speicherungs- und Substitutionseffekte im Wald und in Holzprodukten sowie der energetischen Holznutzung wird (2014)

auf 127 Mio. CO₂-Äquivalente geschätzt (zum Vergleich: die Gesamt-Treibhausgas-Emissionen in Deutschland betragen jährlich 903 Mio. t CO₂-Äquivalente).

- Den unsicher voraussagbaren ökologischen Folgen des globalen – nicht nur klimatischen – Wandels begegnet die Forstwirtschaft mit einem Waldumbau mit überwiegend heimischen Baumarten und einer – im Vergleich zu den vergangenen Jahrzehnten – veränderten Waldwirtschaft. Damit sollen die Widerstandsfähigkeit von Wäldern gegen abiotische und biotische Schäden erhöht (Resistenz) und nach eingetretenen Störungen deren Fähigkeit zur Wiederherstellung verbessert werden (Resilienz).
- Etwa drei Viertel der Wälder sind entsprechend den Vorgaben von PEFC und FSC freiwillig zertifiziert.
- Der weiter steigende Holzvorrat beträgt 3,4 Mrd. m³ bzw. 336 m³ pro Hektar (diese Angaben beziehen sich auf den Zeitraum 2002 – 2012) und erreicht damit seit Beginn einer geregelten Forstwirtschaft einen historischen Höchststand.
- Der Holzzuwachs (Zeitraum 2002 – 2012) beträgt 121,6 Mio. m³ pro Jahr, bzw. 11,2 m³ pro Hektar und Jahr (Vorratsfestmeter mit Rinde).
- Der Holzeinschlag (Zeitraum 2002 – 2012) beträgt durchschnittlich 76 Mio. m³ pro Jahr, bzw. 7,0 m³ pro Hektar und Jahr (Erntefestmeter ohne Rinde).
- Der Gesamtholzverbrauch (Waldrohholz, Holz aus Kurzumtriebsplantagen, Landschaftspflegeholz, Altholz, Schwarzlaube, Netto-Importe von Rohholz und Holzprodukten) liegt seit 2010 bei etwa 132 Mio. m³ pro Jahr. Seit jenem Jahr wird jeweils etwa die Hälfte dieser Holzmenge stofflich und energetisch genutzt.
- Das nationale Cluster Forst und Holz (nach EU-Definition Forst- und Holzwirtschaft, Holzhandel, Druckerei und Verlagswesen) erwirtschaftete 2014 einen Umsatz von 178 Mrd. € und eine Bruttowertschöpfung von 55 Mrd. €.
- In den Bereichen Forst- und Holzwirtschaft sind etwa 125.000 Unternehmen angesiedelt, in denen ca. 1.1 Mio. Menschen beschäftigt sind; es gibt ca. 2 Mio. Waldbesitzer.

Folgerungen

Die heutige Forstwirtschaft in Deutschland ist, wie die Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur (BMEL, 2014 a) und der ‚Waldbericht der Bundesregierung 2017‘ (BMEL, 2017) zeigen, mit ihrer auf einer etwa 200-jährigen Tradition und Erfahrung beruhenden Art der Waldbewirtschaftung den ökologischen, ökonomischen und sozialen Herausforderungen gewachsen, die die Gesellschaft an sie stellt.

Angesichts des oben erwähnten globalen ‚Trilemmas‘ erscheint es nicht empfehlenswert, natürliche Wirtschaftsflächen wie auch Wälder in einem so dicht besiedelten und stark

industrialisierten Land wie Deutschland ungenutzt zu lassen. Die Wälder in Deutschland sollten unter strengen ökologischen, ökonomischen und sozialen Standards – wie das gegenwärtig schon passiert –, der jetzt lebenden Generation dienen und gleichzeitig der Nachwelt nicht nur erhalten, sondern besser übergeben werden. Das sollte das zentrale Ziel jeglicher Forstwirtschaft sein, die den Begriff ‚nachhaltig‘ für sich beansprucht. Denn eine nachhaltige Entwicklung, so die nationale Strategie zur biologischen Vielfalt der Bundesregierung, *„kann nicht einfach vom Staat verordnet werden. Nur wenn die Akteure in Wirtschaft und Gesellschaft das Thema zu ihrer eigenen Sache machen, kann die Strategie erfolgreich umgesetzt und können darin enthaltene Ziele erreicht werden“* (BMUB, 2007).

Neben der Abwägung von ‚Gegenwartsnutzen‘ und ‚Zukunftsnutzen‘ lässt sich gegen einen Nutzungsverzicht von Wäldern auch ethisch argumentieren. Seit einigen Jahren führt Deutschland zunehmend Rohholz ein, um es zu verarbeiten. So betrug diese Einfuhr 2014 etwas mehr als 9 Mio. m³, womit Deutschland – neben Österreich – in Europa führend ist. Grundsätzlich ist an der Einfuhr von Rohstoffen nichts auszusetzen. So war Deutschland seit Beginn der 1860er Jahre bis Mitte der 1980er Jahre Nettoimporteur von Rohholz (GREWE, 2003; FAOSTAT, 2016). Zu kritisieren aber ist eine sich widersprechende Politik, wie sie derzeit in Deutschland zu beobachten ist. Auf der einen Seite wird die stoffliche und vor allem energetische Nutzung von Holz über staatliche Programme und Gesetze propagiert und forciert und damit die Nachfrage nach diesem Rohstoff gesteigert. Auf der anderen Seite aber sollen Waldflächen ungenutzt bleiben, deren nachhaltige forstwirtschaftliche Nutzung helfen kann, diesen Bedarf zu decken. Die Etablierung zusätzlicher Möglichkeiten zur Produktion von Dendromasse wird abgelehnt oder zumindest nicht unterstützt und ein wachsender Holzbedarf wird stattdessen durch Einfuhren aus dem Ausland gedeckt. Dort aber lässt sich die Einhaltung hoher ökologischer, ökonomischer und sozialer Standards, wie sie die Forst- und Holzwirtschaft in Deutschland zu beachten hat, nicht immer überprüfen, geschweige denn durchsetzen. Dadurch besteht die Gefahr, dass mit der Ausweitung ungenutzter Waldflächen in Deutschland ökologische, ökonomische und soziale Probleme in anderen Länder verstärkt werden, während hierzulande Potenziale brach liegen bleiben. Das würde zwar einer Strategie entsprechen, die maßgeblich dazu beitrug, dass deutsche Förster die Existenz des hiesigen Waldes sicherten (LOTZ, 2016). Doch dies kann wohl kaum das Ziel einer ökologisch argumentierenden und auf eine globale nachhaltige Entwicklung ausgerichteten Politik Deutschlands sein.

Statt eigene Probleme ins Ausland zu verlagern, sollte Deutschland daher seine langjährigen forstwissenschaftlichen und forstwirtschaftlichen Erfahrungen nutzen, indem es einerseits die hohen Holzerträge hiesiger Wälder der heutigen Generation zur Verfügung stellt und gleichzeitig deren Produktionspotenzial und ökologische Stabilität im Interesse kommender Generationen bewahrt und verbessert. Andererseits sollte es seine Erfahrungen, insbesondere auch jene mit negativen sozialen und ökologischen Folgen einseitig ökonomisch ausgerichteter Waldwirtschaft in der Vergangenheit (GREWE, 2004; HÖLZL, 2010), mit Ländern teilen, in denen die Etablierung einer nachhaltigen Forstwirtschaft angesichts großflächiger Rodungen und der Anlage ökologisch recht fragwürdiger Plantagenbetriebe sehr notwendig erscheint.

Neben der Herausnahme von Waldflächen aus einer Bewirtschaftung werden Forstbetriebe zusätzlich durch Aufwendungen zur Erbringung von Schutz- und Erholungsleistungen bzw. durch nicht aktive betriebliche Leistungserstellung belastet. Diese Mehraufwendungen und kalkulatorischen Mindererträge beliefen sich im Jahr 2011

- bei Betrieben jeweils größer als 200 Hektar - in Privatwaldbetrieben auf 45,03 € pro Hektar und in Körperschaftswaldbetrieben auf 52,03 € pro Hektar (DÖG et al, 2016).

Es ist daher zu empfehlen, stärker als bisher zwischen den einzelnen Ressorts bestehende widersprüchliche Ziele zur Waldpolitik (BMELF, 2000), Ressourcenpolitik (BMELV, 2009; BMEL, 2014 b), Energiepolitik (EEG, 2014), Klima-, Naturschutz- und Nachhaltigkeitspolitik (BUNDESREGIERUNG, 2002; BMUB, 2007; BMUB, 2015; STATISTISCHES BUNDESAMT, 2014) sowie zu der Entwicklungspolitik (BMZ, 2011) im Rahmen eines themen- und ressortübergreifenden Ansatzes zu diskutieren und anzupassen. Zudem sollte nicht nur - wie bisher - die Stilllegung von Waldflächen, sondern auch eine nachhaltige Waldnutzung zur Holzproduktion unter gleichrangiger Beachtung ökologischer, ökonomischer und sozialer Gesichtspunkte sowie unter Einbeziehung der Interessen gegenwärtiger und zukünftiger Generationen *ethisch* begründet werden.

Unter Berücksichtigung der positiven Entwicklung der nachhaltigen Forstwirtschaft in Deutschland - bei gleichrangiger Beachtung der bestehenden hohen ökologischen, ökonomischen und sozialen Standards in der Forst- und Holzwirtschaft - sowie der wachsenden Bedeutung von Holz als Rohstoff im Weltmaßstab ist davon auszugehen, dass der Wald und die Forstwirtschaft einschließlich der Holzproduktion in Deutschland auch zukünftig ihre gegenwärtig große Bedeutung behalten werden.

Quellen

BEMMANN A., J. PRETZSCH, A. SCHULTE (2008): Baumplantagen weltweit – eine Übersicht. In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 159, Heft 6, S. 124-132

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg., 2014a): Der Wald in Deutschland. Ausgewählte Ergebnisse der dritten Bundeswaldinventur. Berlin

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg., 2014b): Nationale Politikstrategie Bioökonomie. Nachwachsende Ressourcen und biotechnologische Verfahren als Basis für Ernährung, Industrie und Energie. Berlin

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg., 2016): Klimaschutz in der Land- und Forstwirtschaft sowie den nachgelagerten Bereichen Ernährung und Holzverwendung. Gutachten. Wissenschaftlicher Beirat für Agrarpolitik, Ernährung und gesundheitlicher Verbraucherschutz beim BMEL. Wissenschaftlicher Beirat für Waldpolitik beim BMEL. Berlin

BMEL (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft) (Hrsg., 2017): Klima schützen. Werte schaffen. Ressourcen effizient nutzen. Charta für Holz 2.0. Bonn

BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten) (Hrsg., 2000): Nationales Forstprogramm Deutschlands. Ein gesellschaftlicher Dialog zur Förderung nachhaltiger Waldbewirtschaftung im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung 1999 / 2000. Bonn

BMELF (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz) (Hrsg., 2009): Aktionsplan der Bundesregierung zur stofflichen Nutzung nachwachsender Rohstoffe. Berlin

BMU (Bundesministerium für Umwelt) (Hrsg., o.J.): Umweltpolitik. Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und Entwicklung im Juni 1992 in Rio de Janeiro. Dokumente: Klimakonvention, Konvention über die Biologische Vielfalt, Rio-Deklaration, Walderklärung. Bonn

BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (Hrsg., 2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 7. November 2007. Berlin

BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (Hrsg., 2015): Indikatorenbericht 2014 zur Nationalen Strategie zur biologischen Vielfalt. Kabinettsbeschluss vom 4. Februar 2015. Berlin

BMZ (Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung) (Hrsg., 2011): Biokraftstoffe. Chancen und Risiken für Entwicklungsländer. Strategiepapier Nr. 14. Berlin

BUNDESREGIERUNG (2002): Perspektiven für Deutschland. Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung. Berlin

DÖG M., B. SEINTSCH, L. ROSENKRANZ, M. DIETER (2016): Belastungen der deutschen Forstwirtschaft aus der Schutz- und Erholungsfunktion des Waldes. In: *Landbauforschung*, 66, Heft 2, S. 71-92

DÖRING R., M. RÜHS (Hrsg, 2004): *Ökonomische Rationalität und praktische Vernunft. Gerechtigkeit, Ökologische Ökonomie und Naturschutz. Eine Festschrift anlässlich des 60. Geburtstages von Prof. Dr. Ulrich Hampicke.* Würzburg

EEG (2014): Gesetz zur grundlegenden Reform des Erneuerbaren-Energie-Gesetzes und zur Änderung weiterer Bestimmungen des Energiewirtschaftsrechts. Vom 21. Juli 2014. In: *Bundesgesetzblatt 2014, Teil I Nr. 33*, 24. Juli 2014, S. 1066-1132, Berlin

ERLER J., G. BECKER, H. SPELLMANN, M. DIETER, CH. AMMER, J. BAUHUS, A. BITTER, A. BOLTE, T. KNOKE, M. KÖHL, R. MOSANDL, B. MÖHRING, O. SCHMIDT, K. v. TEUFEL (2012): Einseitig, widersprüchlich und teilweise falsch. In: *Holz-Zentralblatt* 138, Nr. 32, S. 810-811.

FAOSTAT (Food and Agriculture Organization, Statistics) (2016): <http://faostat3.fao.org/home/E>, abgerufen am 29.02.2016

GREWE B.-S. (2003): Das Ende der Nachhaltigkeit? Wald und Industrialisierung im 19. Jahrhundert. In: *Archiv für Sozialgeschichte* 43, S. 61-79

GREWE B.-S. (2004): *Der versperrte Wald. Ressourcenmangel in der bayerischen Pfalz (1814-1870) (= Umwelthistorische Forschungen, Bd. 1).* Köln, Weimar, Wien

HÖLZL R. (2010): *Umkämpfte Wälder. Die Geschichte einer ökologischen Reform in Deutschland 1760-1860 (= Campus historische Studien, Bd. 51).* Frankfurt/Main, New York

KLINGHOLZ R., K. TÖPFER (2012): *Das Trilemma des Wachstums. Bevölkerungswachstum, Energieverbrauch und Klimawandel – drei Probleme, keine Lösung?* Berlin.

LOTZ C. (2016): *Opening Up Untouched Woodlands. Forestry Experts Reflecting on an Driving the Timber Frontier in Northern Europe, 1880-1914.* In: Winder G.M. und A. Dix (Hrsg.): *Trading Environments, Frontiers, Commercial Knowledge and Environmental Transformation, 1750-1990*, New York, London, S. 69-82

STATISTISCHES BUNDESAMT (2014): *Nachhaltige Entwicklung in Deutschland. Indikatorenbericht.* Wiesbaden

3 Nutzungsperspektiven und Wertschöpfung von schnellwachsenden Baumarten im Kontext europäischer Umwelt- und Klimaschutzziele

Michael Weitz¹

¹Lignovis GmbH, Tietzestr. 29, 22587 Hamburg, Deutschland

Abstract. Schnellwachsende Holzplantagen verfügen im Vergleich zu allen anderen landwirtschaftlichen Kulturen über eine besonders hohe Naturschutz- und Klimaschutzwirkung. Sowohl das CO₂ Vermeidungspotential pro Flächeneinheit wie auch die geringen Kosten pro vermiedene Tonne CO₂ sind unübertroffen.

Nicht nur deutsche Akteure wie der Wissenschaftliche Beirat Agrarpolitik beim BMEL verlangen seit Jahren eine stärkere Fokussierung der Agrar- und Umweltpolitik auf zukunftsfähige mehrjährige Energiepflanzen bzw. Ligno-Cellulose basierte Bioenergie-Wertschöpfungsketten. Auch die EU-Kommission fordert ein rasantes Wachstum schnellwachsender Holzplantagen im „2030 Policy Framework for Climate and Energy“ um die entsprechenden Klimaschutzziele zu erreichen.

Im Vergleich zu weniger klima-effizienten Bioenergieketten die auf Nahrungs- und Futtermitteln basieren, existieren jedoch in den meisten EU-Mitgliedsstaaten keine Rahmenbedingungen die einen wirtschaftlich tragfähigen Anbau von schnellwachsenden Holzplantagen ermöglichen. In den deutschen Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen werden Holzplantagen paradoxer Weise sogar explizit von der Förderung ausgeschlossen.

Ein konkrete Weichenstellung durch die relevanten Stakeholder auf der politischen Ebene erscheint dringend erforderlich um die vielfältigen Naturschutzleistungen im Rahmen einer produktiven Agrarwirtschaft sowie einen wesentlichen Beitrag zu den Klimaschutzziele mit schnellwachsenden Baumarten erbringen zu können. Landwirtschaftliche Plantagen mit schnellwachsende Baumarten haben das Potential einen Teil der fossilen Energieträger nachhaltig und kosteneffizient zu ersetzen und wichtige Basis-Rohstoffe für die zukünftige Bio-Ökonomie zu liefern.

Keywords: Pappelplantagen, Schnellwachsende Holzplantagen, Wertschöpfungskette, CO₂-Vermeidung, Klimaschutzziele, Naturschutzleistung, Klimaschutzleistung, Kurzumtriebsplantagen, Energieholzanbau, Energiewald, Europäische Klimaschutzziele

3.1 Umwelt- und Klimaschutz durch den Anbau von schnellwachsenden Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen

Hinsichtlich der vielfachen Naturschutzleistungen und der außerordentlich guten THG Bilanz von schnellwachsenden Holzplantagen auf Ackerflächen besteht in Fachkreise weitestgehend Konsens. Zumindest insofern als Referenzgröße die übliche Flächenbewirtschaftung mit einjährigen landwirtschaftlichen Kulturen herangezogen wird. Ein Vergleich des Naturschutzwertes von z.B. Mischwald mit schnellwachsenden Holzplantagen ist in diesem Kontext nicht sachgemäß, da die Umwandlung von Waldflächen in Holzplantagen nicht zulässig ist sondern ausschließlich landwirtschaftliche Kulturen substituiert werden.

3.1.1 Naturschutzleistungen von schnellwachsenden Holzplantagen

Die wichtigsten Naturschutzeffekte beim Anbau von Holzplantagen sind:

- Generell deutlich extensivere Bewirtschaftung im Vergleich zum klassischen Ackerbau
- In der Regel ist der Einsatz von Herbiziden auch beim "konventionellen" Anbau von Holzplantagen nur im Jahr der Anpflanzung erforderlich
- Keine bzw. geringere Eutrophierung, Nitratauswaschung oder Lachgasemissionen, da keine oder nur geringe Düngung der Flächen
- Erhebliche Verringerung des Boden- und Winderosionsrisikos
- Die Biodiversität von Holzplantagen ist im Vergleich zu Ackerflächen komplementär und oftmals wesentlich vielfältiger
- Effiziente Biotop- und Lebensraumvernetzung möglich
- Aufwertung des Landschaftsbilds in ausgeräumten Landschaften
- Geringe Transportemissionen durch hohe regionale Anbaupotentiale
- Besseres Kleinklima, erhöhte Filterwirkung von Luftschadstoffen, Windschutz

3.1.2 Klimaschutzleistungen von schnellwachsenden Holzplantagen

Die Klimaschutzwirkung von Holzplantagen kann grob in drei Gruppen gegliedert werden:

1. Substitution fossiler Energieträger bzw. Rohstoffe mit hoher THG Belastung
 - Energetische Nutzung (insbesondere im Wärmesektor)
 - Stoffliche Substitution von Materialien mit negativer THG-Bilanz
 - Holz als Basis-Rohstoff für zukünftige „Bioökonomie“

2. Vermeidung von N₂O & CO₂-Emissionen

- Keine N-Düngung erforderlich
- Geringe Emissionen durch langjährige Bodenruhe

3. CO₂-Sequestrierung bzw. CO₂-Speicherung

- Humusaufbau auf Ackerstandorten
- Holz-und Wurzelbestand
- Langfristige CO₂-Speicherung bei Holznutzung z.B. im Gebäudebereich

Wie aus der folgenden Grafik ersichtlich, sind die THG Emissionen pro erzeugte Energieeinheit bei schnellwachsenden Baumarten um ein vielfaches geringer als bei anderen Energiepflanzen:

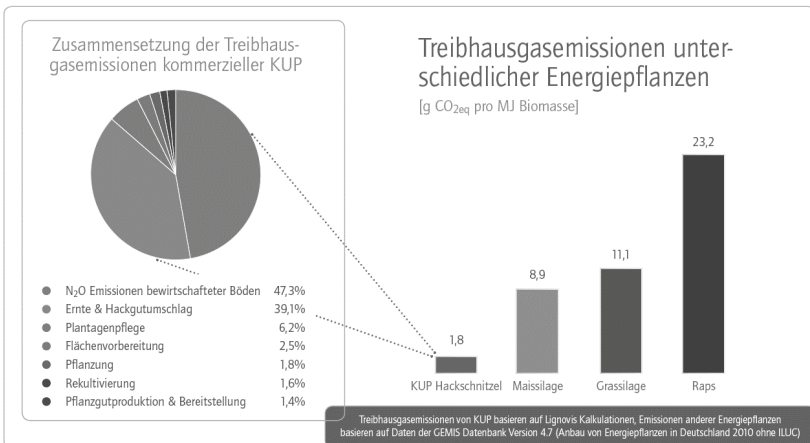


Abb. 1 Treibhausgasemissionen von unterschiedlichen Energiepflanzen im Vergleich mit Holz-Hackschnitzeln aus Kurzumtriebsplantagen

In der nachfolgenden Grafik sind verschiedene Bioenergie-Wertschöpfungsketten in Bezug auf THG Vermeidungsleistung und Kosten pro vermiedene t CO₂ gegenübergestellt. Die Daten der Grafik stammen vom Wissenschaftlichen Beirat für Agrarpolitik beim BMEL von 2007. Im aktuellen Klimaschutz-Gutachten des WBA von 2016 wurden die Annahmen bestätigt und empfohlen „die Bioenergieförderung auf sinnvolle Energielinien [zu] beschränken [und] Lignocellulose aus landwirtschaftlicher Produktion (z. B. aus Kurzumtriebsplantagen) [zu] fördern.“

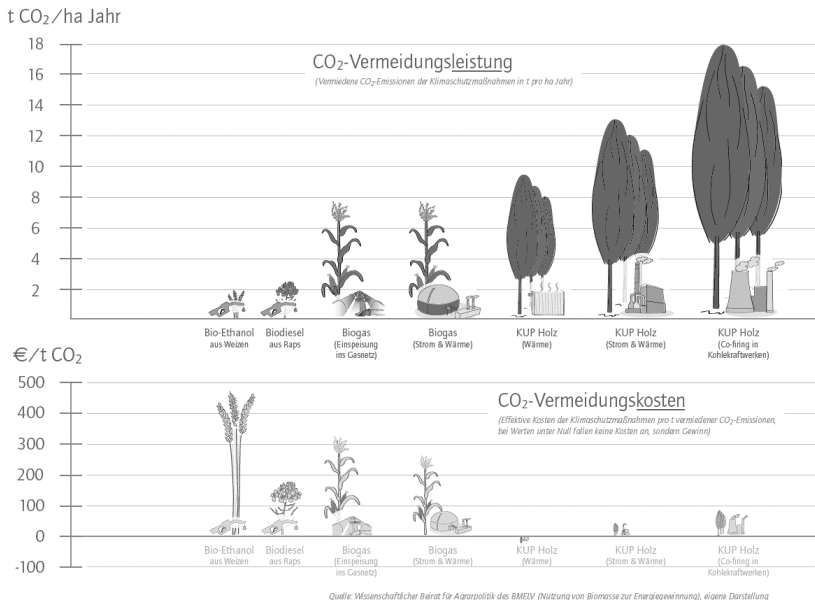


Abb. 2 THG-Vermeidungsleistung und THG-Vermeidungskosten verschiedener Bioenergie-Wertschöpfungsketten

Zusammengefasst kann festgehalten werden, dass der Anbau von schnellwachsenden Baumarten nicht nur erhebliche positive Naturschutzpotentiale bietet, sondern im Vergleich zu anderen Bioenergie-Optionen ein unübertroffenes THG-Minderungspotential pro Flächeneinheit bietet – bei vergleichsweise sehr geringen Kosten für die Gesellschaft.

3.2 Agrarumwelt- und Klimaschutzziele der EU sowie Deutschlands

Im Rahmen ihrer Klima- und Energiepolitik bis 2030 verfolgt die EU drei Hauptziele:

- Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 40 % (gegenüber dem Stand von 1990)
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energiequellen auf mindestens 27 %
- Steigerung der Energieeffizienz um mindestens 27 %

Deutschland hat sich das Ziel gesetzt die THG Emissionen bis 2030 um 55% gegenüber 1990 zu senken.

In Anbetracht der ambitionierten Zielsetzungen erscheinen gerade für die Sektoren Raumwärme und Prozessenergie, die in Summe rund 50% des Primärenergiebedarfs ausmachen, kurzfristig realisierbare Lösungen besonders wichtig. Denn gerade der

deutsche Wärmesektor hinkt in Bezug auf den erreichten Anteil erneuerbarer Energie (13,4% EE in 2016) dem Elektrizitätssektor (31,7% EE in 2016) weit hinterher.

Schnellwachsende Baumarten sind geradezu prädestiniert fossile Energieträger in Bereichen zu ersetzen die jahreszeitlich starken Bedarfsschwankungen unterliegen. Somit könnten Ligno-Cellulose basierte Energieträger aus der Landwirtschaft einen wesentlichen Beitrag leisten die deutschen und europäischen Klimaschutzziele zu erreichen.

3.2.1 Europäische Union - 2030 Policy Framework for Climate and Energy

Konkrete politische Leitlinien der EU-Kommission im Rahmen des „2030 Policy Framework for Climate and Energy“ weisen Energieholzplantagen eine entscheidende Rolle für den Klimaschutz zu. Der Beitrag der Bioenergie zur Erreichung dieser Ziele wird nach Berechnungen der EU-Kommission maßgeblich durch eine starke Steigerung des Anbaus von Holzplantagen mit schnellwachsenden Baumarten erzielt (*„... most of the additional demand for biomass production in the EU is met through increases in production from fast rotating plantation wood ...“*).¹

Je nach Szenario wird die benötigte Anbaufläche von schnellwachsenden Holzplantagen mit 7 bis 12 Mio. ha in 2030 veranschlagt.

Wird von einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs in Höhe von 12 t Trockenmasse (TM) pro ha und einer überschlägigen netto CO₂-Vermeidung in Höhe von 1,5 t CO₂ je t/TM ausgegangen, so könnte der Klimaschutzbeitrag von schnellwachsenden Baumarten in 2030 bei jährlich 126 – 216 Mio. t CO₂ liegen, je nach tatsächlicher Anbaufläche. Die gesamten CO₂-Emissionen in der EU 28 lagen 2015 bei 4.310 Mio. t. D.h. allein dem Ausbau von Holzplantagen kommt je nach Szenario mit 3 bis 5% Reduktion der aktuellen CO₂-Emissionen ein erheblicher Stellenwert zu.

3.2.2 Deutschland – Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen

Aktuell sind in Deutschland keine Rahmenbedingungen gegeben, die einen zügigen Ausbau von schnellwachsenden Baumarten erwarten lassen. Weder das aktuell EEG noch der EU-Emissionshandel hat eine Lenkungswirkung die zum Einsatz von nachhaltig erzeugter holzartiger Biomasse anstatt fossiler Energieträger motiviert. Gerade im für holzartige Biomasse wichtigen Wärmesektor werden im Gegensatz zum Strom- und Mobilitätsbereich keine hinreichenden Anreize für den Einsatz von erneuerbarer Energie gesetzt.

¹EUROPEAN COMMISSION, IMPACT ASSESSMENT - A policy framework for climate and energy in the period from 2020 up to 2030, S. 62, 63, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014SC0015&from=EN>

Auch wenn derzeit eine breite gesellschaftliche Debatte über deutlich höhere (nationale) CO₂-Mindestpreise beginnt, so kann nicht davon ausgegangen werden, dass dies bereits zeitnah zu einer entsprechenden Lenkungswirkung führt und Landwirten die notwendige Planungssicherheit für den Anbau von schnellwachsenden Baumarten bietet.

Damit schnellwachsende Baumarten jedoch bis 2030 ihr erhebliches Klimaschutzpotential entfalten können sind Rahmenbedingungen notwendig, die ein attraktives Marktumfeld für den Anbau schaffen. Die wohl aussichtsreichste Möglichkeit dies zu erreichen sind die in der 2. Säule der EU Agrarpolitik angesiedelten Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM). Die Ziele dieses Förderprogramms sind:

- Verbesserung der Bodenstruktur, Schutz des Bodens vor Wasser- und Winderosion und vorbeugender Hochwasserschutz,
- Erhalt der biologischen Vielfalt durch Bewahrung der natürlichen Lebensräume,
- Gewässerschutz durch Verringerung der Dünge- und Pflanzenschutzmitteleinträge,
- Klimaschutz durch Reduzierung der Treibhausgasemissionen
- Pflege und Erhalt der Kulturlandschaft und
- Tierschutz

Der Vergleich der AUKM Ziele mit den in Kapitel 3.1 angeführten Umwelt- und Klimaeigenschaften von schnellwachsenden Holzplantagen zeigt, dass letztere geradezu prädestiniert sind einen wesentlichen Beitrag zu leisten um die deutsche Landwirtschaft umwelt- und klimafreundlicher zu machen.

Vor diesem Hintergrund erscheint es geradezu grotesk, dass der Anbau von schnellwachsenden Baumarten (soweit bekannt) von sämtlichen AUKM Maßnahmen inklusive der Ökolandbau-Förderung ausgeschlossen sind. Die diesbezügliche Argumentation der auf Ebene der Bundesländer individuell definierten Fördermaßnahmen lautet:

„Die Zahlungen für AUKM, für den Ökolandbau und für Tierschutzmaßnahmen dürfen nur die zusätzlichen Kosten oder entgangenen Einnahmen ausgleichen, die durch Auflagen verursacht werden, die über die rechtlich anderweitig vorgeschriebenen Anforderungen an die Bewirtschaftung bzw. an Haltungsverfahren hinausgehen. Dies ist z.B. dann der Fall, wenn geringere Erträge in Folge der Reduzierung der Düngung oder der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln erzielt werden. Dazu gehören ab 2015 auch die Greening-Anforderungen (...). Die neue ELER-Verordnung schreibt den Mitgliedstaaten vor, dass bei der Berechnung der Zahlungen in jedem Fall eine Doppelförderung zu vermeiden ist.“²

² Vgl. BMEL Website, Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUKM), Ökologischer Landbau und Tierschutzmaßnahmen, http://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Foerderung-Agrarsozialpolitik/AgrarUmweltmassnahmen/agrar-umweltmassnahmen_node.html

Auch wenn es korrekt ist, dass die Ertragsunterschiede zwischen „normalen“ und besonders ökologisch orientierten Bewirtschaftungsverfahren bei schnellwachsenden Baumarten im Vergleich zu anderen Kulturen eher gering sein mögen, scheint der pauschale Ausschluss von schnellwachsenden Baumarten aus den entsprechenden Förderprogrammen bestenfalls als Fehler im System, der dringend für die kommende Förderperiode (ab 2021) korrigiert werden muss.

Insbesondere in Hinblick auf Gewässerschutz, Biodiversität sowie zur Eindämmung von Wind- und Wassererosion sind die Vorteile von schnellwachsenden Baumarten so groß, dass der entsprechende Nutzen zu relativ geringen gesellschaftlichen Kosten erreicht werden kann und gleichzeitig eine erhebliche sekundärer Klimaschutzwirkung bei der Verwendung der Holzzeugnisse entsteht.

3.3 Erforderlicher Ausbaupfad zur Erreichung des EU-Ziels für landwirtschaftliche Holzplantagen bis 2030

Die unter 3.2.1 angeführten EU Prognosen für die Wachstumsnotwendigkeit von schnellwachsenden Holzplantagen zur Erreichung der Klimaschutzziele in 2030 erscheinen sehr ambitioniert und aus heutiger Sicht kaum erreichbar. Gerade vor der Hintergrund, dass aktuell lediglich etwa 100.000 ha Fläche mit schnellwachsenden Baumarten in der EU bewirtschaftet wird.

In Abbildung 3 werden zwei mögliche Ausbauszenarien, welche die obere und die untere Anbaufläche der EU-Prognose widerspiegeln (7 bzw. 12 Mio. ha in 2030), vereinfacht dargestellt. Die notwendige rechnerische Ausbaugeschwindigkeit von 39%-45% p.a. erscheint auf den ersten Blick als machbar, allerdings muss bedacht werden, dass insbesondere die Pflanzgutverfügbarkeit in den ersten Jahren das Wachstum limitieren wird. Allerdings können die Pflanzmaterial-Kapazitäten in relativ kurzer Zeit geschaffen bzw. vervielfacht werden sodass bereits in wenigen Jahren ein jährlicher Zubau von über einer Mio. ha möglich erscheint – insbesondere bei mittleren Umtriebszeiten und eher geringen Pflanzdichten. Je nachdem welchen Stellenwert die EU Kommission dem erheblichen CO₂-Minderungspotential der angestrebten 7 bis 12 Mio. ha Holzplantagen in 2030 beimisst, sollte umgehend mit der Erstellung einer detaillierten Roadmap gemeinsam mit den entsprechenden Experten aus dem Sektor begonnen werden.

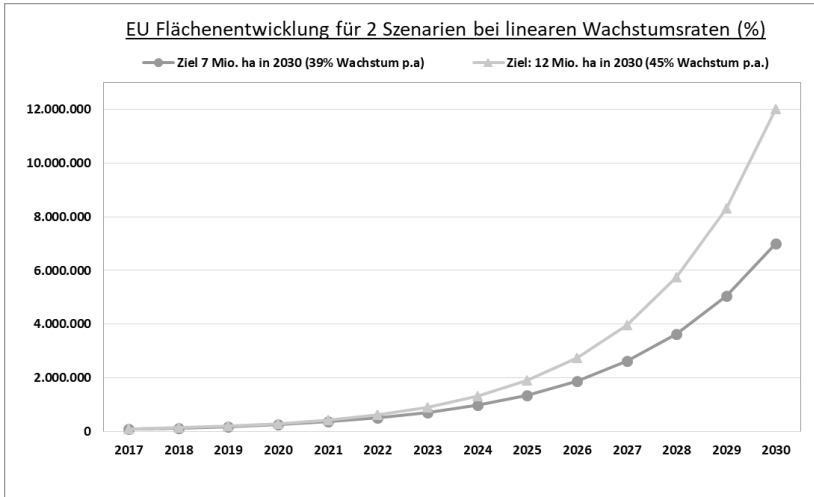


Abb. 3 Theoretisches Wachstum der Plantagenflächen bei gleichbleibenden prozentualen Wachstumsraten bis 2030 zur Erreichung der Werte im höchsten und niedrigsten Szenario der EU-Kommission im „2030 Policy Framework for Climate and Energy“.

3.4 Nutzungsperspektiven und Zielmärkte von Plantagenholz auf der Zeitachse bis 2050

Die aktuelle Diskussion in Fachkreisen über das Energiesystem der Zukunft, weist in die Richtung einer weitgehenden Elektrifizierung aller Bereich mit entsprechender Sektorenkopplung. In diesem möglichen Energiesystem könnten über „Power to X“ Verfahren auch z.B. der Wärmesektor direkt (Power to Heat) oder indirekt (Power to Gas) versorgt werden. Über Syntheseverfahren mit elektrolytisch hergestelltem Wasserstoff sowie CO₂ bestünde etwa die Möglichkeit flüssige Kraftstoffe (z.B. Kerosin) sowie andere Stoffe die heute auf fossilen Energieträgern basieren herzustellen. Allerdings sind die erwarteten Kosten für speicherbare chemische Energieträger die auf erneuerbarer Elektrizität basieren pro Energieeinheit i.d.R. sehr hoch, insbesondere wenn in der Erzeugungskette mehrere Konversionsschritte enthalten sind.

Wertschöpfungsketten auf Basis holzartiger Biomasse sind in vielen Fällen deutlich günstiger als Power to X Wertschöpfungsketten. Zudem ermöglichen sie perspektivisch sogar negative THG Bilanzen insofern das im Konversionsprozess oder bei der Verbrennung entstehende CO₂ aufgefangen und unterirdisch eingelagert wird (BE-CCS). In der überwiegenden Zahl der Klima-Szenarien ist eine Begrenzung auf eine Erderwärmung von maximal 2°C ohne den Netto-Entzug von THG aus der Atmosphäre nicht mehr möglich, sodass mittelfristig den besonders effizienten Energiepflanzen, wie es schnellwachsenden Baumarten sind, voraussichtlich eine besondere Rolle zukommen wird.

In jedem Fall ist es entscheidend den langfristigen Bedarf und die nachhaltigen Potentiale von Holzrohstoffen aus schnellwachsenden Holzplantagen nicht nur auf EU-Ebene sondern auch auf nationaler Ebene zu definieren und endlich die erforderlichen Rahmenbedingungen zu sorgen die einen schnellen Ausbau der Anbaufläche wirtschaftlich ermöglichen. Vor dem Hintergrund der gesellschaftlichen Vorbehalte gegenüber der Bioenergie, die auf den oft vorhandenen negativen Begleiterscheinungen und Lock-in Effekte traditioneller Bioenergie-Ketten (die auf Nahrungs- und Futtermitteln basieren) erscheint eine offene und transparente Diskussion zwischen allen Stakeholdern besonders wichtig um neue gesellschaftliche Akzeptanz zu erreichen. Gerade den Umweltverbänden kommt in diesem Kontext eine besondere Verantwortung zu. Denn auch wenn schnellwachsende Baumarten manchmal nicht in jeder Hinsicht einen optimalen Naturschutzwert im Rahmen einer produktiven und kommerziellen Flächenbewirtschaftung bieten (Maisäcker sind sicherlich bessere Rastplätze für Zugvögel als Holzplantagen), so gibt es wohl keine anderen landwirtschaftlichen Kulturen, die eine Verbesserung der Naturschutz- und Klimaschutzleistungen im Regelfall auf derart kostengünstige und effiziente Weise erbringen.

Die Abbildung 4 verdeutlicht einen möglichen Wandel der Holz-Nutzungsformen in der Zukunft bzw. durch Verschiebung der Zielmärkte auf der Zeitachse bis 2050. Zu diesem Zeitpunkt soll sowohl in Deutschland wie auch auf Ebene der EU der Ausstoß von Treibhausgasemissionen um 80 – 95% gegenüber 1990 verringert werden, was bedeutet, dass nicht nur im Energiesektor weitestgehend erneuerbar sein muss, sondern auch bei der stofflichen Rohstoffbereitstellung bzw. -Nutzung auf fossile Kohlenstoff verzichtet werden muss.

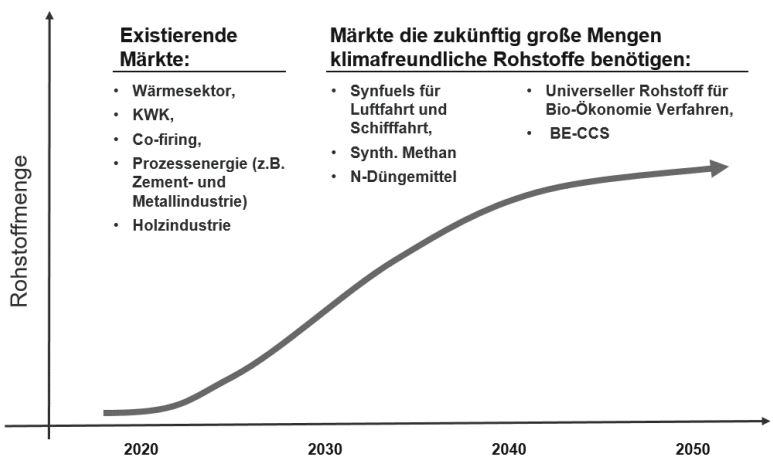


Abb. 4 Aktuelle und zukünftige Zielmärkte für Plantagenholz im Zuge der notwendigen Verringerung der THG Emissionen

Selbst wenn sich gegen Mitte dieses Jahrhunderts abzeichnen sollte, dass Wertschöpfungsketten die ausschließlich auf regenerativem Strom basieren so effizient sind, dass ein umfangreicher Anbau von Holzplantagen für den Energiesektor nicht mehr notwendig ist, so kann auch darüber nachgedacht werden die weniger produktiven

Naturwälder zunehmend zu schützen und stattdessen zunehmend den Holzbedarf für die Stoffliche Nutzung vom Acker zu decken. Der Naturschutzwert des Gesamtsystems wäre so sicherlich deutlich höher.

Auch das Argument, dass bei wachsender Weltbevölkerung langfristig alle verfügbaren Ackerflächen ggf. ausschließlich zur Nahrungsmittelerzeugung benötigt werden, sollte nicht davon abhalten zunächst den Anbau von schnellwachsenden Baumarten in der Landwirtschaft zu forcieren. Denn eine Rückwandlung der Holzplantagen in Ackerflächen ist jederzeit möglich. Und durch den stattfindenden Humusaufbau wird die Bodenfruchtbarkeit während der Dauer der Bewirtschaftung mit Holzplantagen sogar noch verbessert.

Insgesamt erscheinen schnellwachsende Holzplantagen neben der biogenen Reststoffnutzung als besonders zukunftsfähige Energieträger um fossile Energieträger als universelle Rohstoffe in einer klimafreundlichen Stoff- und Energiewirtschaft zeitnah und kosteneffizient ersetzen können.

4 Energieholzanbau in Thüringen – Erträge und Praxiserfahrungen

Andrea Biertümpfel¹, Thomas Hering¹

¹ Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Straße 98,
07743 Jena, Deutschland

Abstract. Im Beitrag werden Ergebnisse langjähriger Parzellenversuche im kurzen (drei- und fünfjährig) sowie mittleren Umtrieb (10jährig) unter Thüringer Standortverhältnissen vorgestellt. Geprüft wurden seit 1993/94 schwerpunktmäßig unterschiedliche Pappelklone sowie Weiden und andere Baumarten in eingeschränktem Umfang. Die Versuchsergebnisse belegen, dass standortangepasste, leistungsfähige Klone, wie z. B. ‚Max 1‘ oder ‚Max 2‘, unabhängig von den Standortbedingungen, ab dem zweiten bis dritten Umtrieb jährliche Zuwachsraten von mindestens 100 dt TM/ha erreichen können. Gleichzeitig ist ersichtlich, dass die Nutzungsdauer dieser Klone auch bei kurzen Umtriebszeiten von drei bis fünf Jahren deutlich länger als 20 Jahre kalkuliert werden kann. Dies wirkt sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit aus, muss aber bereits bei der Anlage, insbesondere auf Pachtflächen, berücksichtigt werden. In einem zweiten Teil sind Beispiele aus der Praxis aufgeführt. Dazu zählen z. B. eine 3,5 ha große Pappelpflanzung, die nach 9jähriger Standzeit 2016/17 erstmalig beerntet wurde, eine Pflanzung von Pappeln und Robinien für die Wertholzproduktion sowie ein Agrarunternehmen, das sich mit der Energieholzproduktion eine regionale Wertschöpfungskette vom Anbau, über die Ernte bis hin zur Nutzung bzw. Vermarktung aufgebaut hat.

Keywords: Parzellenversuche, Pappel, Weide, Robinie, KUP in der Praxis

4.1 Einleitung

In Deutschland wurden 2014 knapp 6.000 ha Energieholz, vor allem Pappeln, Weiden und Robinien, in Kurzumtriebsplantagen (KUP) angebaut. Dabei überwiegen kleine Flächen, Anbaumüßänge über 10 ha sind eher selten. Spitzenreiter beim Anbau war und ist Brandenburg mit mehr als 2.200 ha, gefolgt von Bayern mit über 1.100 ha und Niedersachsen, wo mehr als 500 ha standen. In Hessen, Baden-Württemberg, Schleswig-Holstein, Sachsen und Nordrhein-Westfalen lagen die Flächenumfänge zwischen 200 und 300 ha, in Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern und Rheinland-Pfalz über 100 ha. Thüringen rangierte mit knapp 90 ha im bundesweiten Vergleich im hinteren Bereich. In den letzten drei Jahren sind etwa 25 ha hinzugekommen. Im Vergleich zu anderen Pflanzenarten ist das immer noch ein verschwindend kleiner Anteil an der Flächennutzung im Freistaat. Allerdings zeichnet sich seit einigen Jahren ein verstärktes Interesse an dieser, für Landwirte eher ungewöhnlichen Kultur ab. Einige Unternehmen haben sich Verwertungsketten vom Anbau über die Ernte bis hin zur Nutzung in der betriebseigenen Heizanlage aufgebaut. Hier könnten sich, trotz der angespannten Situation am Holzmarkt, zukünftig interessante Absatzmöglichkeiten für

Agrarunternehmen entwickeln. Die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) beschäftigt sich seit mehr als 20 Jahren mit dem Anbau schnellwachsender Baumarten, vorrangig Pappeln, in unterschiedlichen Umtriebszeiten und auf verschiedenen Standorten. Auf der Basis dieser Versuchsergebnisse ist es möglich, Ertragsserwartungen unter Thüringer Standortverhältnissen abzuschätzen.

4.2 Material und Methoden

Die ersten Versuche der TLL wurden 1993/94 in den Versuchsstationen Dornburg und Langenwetzendorf angelegt. Später folgte ein Versuch in Bad Salzungen sowie weitere in Dornburg. Eine Aufstellung der standörtlichen Gegebenheiten der Versuchsstandorte beinhaltet Tabelle 1. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die angelegten Prüfungen.

Tab. 1 Standortbedingungen der Thüringer Versuchsstandorte

	Dornburg	Langenwetzendorf	Bad Salzungen
Region	Süd-Ost-Rand des Thür. Beckens	Thür. Schiefergebirge	Süd-West-Thüringen
Höhe ü. NN	ca. 260 m	ca. 380 m	ca. 290 m
Geologischer Untergrund	Mittlerer Muschelkalk mit Lössauflage	Schieferverwitterungs- boden	Verwitterungsstandort
Bodentyp	Parabraunerde aus Löss	Lehm	lehmiger Sand
Ackerzahl	50 bis 60	40 bis 44	32
Jahresniederschlag (Ø 1981 bis 2010)	605 mm	ca. 600 mm	622 mm
Jahrestemperatur (Ø 1981 bis 2010)	8,9 °C	7,5 °C	8,5 °C

Tab. 2 Parzellenversuche mit schnellwachsenden Baumarten in Thüringen

Anlage	Versuchsorte	Umtrieb	Bestandesdichte	Prüfglieder	Bemerkung
1993/94	Dornburg, Langenwetzendorf	1jährig	14.700 / 17.300	8 Pappeln, 2 Weiden	Rodung 2003
1993/94	Dornburg, Langenwetzendorf	3jährig	11.100 / 13.300	8 Pappeln, 2 Weiden	Beendigung nach Ernte 2014
1993/94	Dornburg, Langenwetzendorf	5jährig	6.900	6 Pappeln, Birke, Robinie bzw. Erle	Beendigung nach Ernte 2013
1996	Bad Salzungen	3jährig	11.100	6 Pappeln, 1 Weide	Beendigung nach Ernte 2013
2002	Gößnitz	3jährig	11.100	5 Pappeln, 1 Weide	Flächenrückgabe 2010
2005	Dornburg	10jährig	1.300 bis 3.300	2 Pappeln, 4 Pflanzabstände	Praxisfläche
2008	Dornburg	3jährig	11.100	3 Pappeln, 2 Weiden	ProLoc-Standortvergleich
2012	Dornburg	10jährig	1.100	3 Pappeln	ProLoc-Standortvergleich
2013	Dornburg	3jährig	11.100	3 Pappeln	Prüfung ungarischer Klone, Beendigung nach Ernte 2017

Nachfolgend sind ausgewählte Ergebnisse der in Tabelle 2 hervorgehobenen Versuche dargestellt.

4.3 Ergebnisse der Parzellenversuche

4.3.1 Dreijähriger Umtrieb

Die im dreijährigen Umtrieb geprüften Pappeln erreichten im Mittel der sieben Ernten jährliche Zuwachsraten von 96,5 dt TM/ha (Dornburg) bzw. 63,8 dt TM/ha (Langenwetzendorf). Die besten Klone, an beiden Standorten ‚Max 1,3,4‘ und ‚Max 2‘ sowie ‚Raspalje‘ in Dornburg bzw. ‚Androscoggin‘ in Langenwetzendorf übertrafen das Versuchsmittel um bis zu 75 %.

An beiden Standorten war im Mittel der Klone bis zum sechsten Umtrieb ein Anstieg der jährlichen Zuwachsraten zu verzeichnen. Der Ertragsrückgang beim siebenten Umtrieb ist hauptsächlich der drastischen Degeneration und z. T. dem Ausfall ertrags- bzw. regenerationssschwacher Klone zuzuschreiben. Die im Versuch ebenfalls geprüften Weidenarten *Salix viminalis* und *Salix alba* erreichten Erträge unter dem Versuchsmittel der Pappeln und wiesen aufgrund ihrer extremen Vieltriebigkeit eine schlechte technologische Eignung auf.

Tab 3 Jährliche Zuwachsraten (dt TM/ha) verschiedener Pappelklone bei dreijähriger Umtriebszeit, Dornburg und Langenwetzendorf 1994 bis 2014

Sorte	1994 - 1996		1997 - 1999		2000 - 2002		2003 - 2005		2006 - 2008		2009 - 2011		2012 - 2014		Mittel	
	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.
Muhle Larsen	74,1	33,2	94,5	46,2	42,1	46,6	93,2	38,5	76,3	58,9	92,7	77,4	77,0	56,0	78,5	51,0
Androscoggin	49,1	51,7	83,1	89,4	80,2	83,2	104,1	72,6	107,5	120,1	120,1	93,3	88,1	85,5	90,3	85,3
Max 1,3,4	62,2	49,0	112,8	98,5	135,2	98,8	214,0	102,0	200,1	179,4	236,3	189,3	222,3	106,0	168,9	117,7
Max 2	54,5	50,7	104,1	80,3	119,0	88,7	179,5	101,9	189,7	135,4	226,9	164,3	203,9	162,5	154,1	112,0
Unal	22,5	29,1	77,6	38,8	45,2	35,5	55,2	44,5	60,5	37,1	47,8	35,5	21,5	0	47,2	31,7
Raspalje	63,0	-	74,3	-	89,3	-	138,7	-	169,3	-	178,7	-	164,3	-	125,3	28,8
Boelare	-	14,7	-	26,9	-	36,5	-	40,5	-	32,8	-	36,8	-	12,3	-	-
Beaupre	63,3	35,2	140,7	76,3	48,9	56,4	40,8	58,9	33,1	67,7	31,8	37,5	7,3	5,7	52,3	48,8
Donk	90,5	34,4	154,9	64,5	43,3	64,4	37,7	59,2	27,5	18,6	25,8	23,7	4,8	15,9	55,1	35,7
Mittel	59,9	37,3	70,5	65,1	75,4	63,8	107,9	64,8	108,0	81,3	120,0	82,2	98,7	55,5	96,5	63,8

Ein ähnlicher Versuch, jedoch mit leistungsstärkeren Pappelklonen und der Weidenhybride ‚Tora‘, kam 1996 in Bad Salzung zu Anlage. Das höhere Ertragspotenzial der Pappelklone spiegelt sich im Durchschnittsertrag von 119,7 dt TM/ha und Jahr wider. Dabei stieg der jährliche Zuwachs von Umtrieb zu Umtrieb kontinuierlich an. Ein Ertragsrückgang bzw. ein Ausfall einzelner Klone war über die sechs erfolgten Umtriebszeiten nicht zu verzeichnen. Die Weide ‚Tora‘ erreichte vom zweiten bis zum fünften Umtrieb mit 4 bis 7 kräftigen Trieben die höchsten jährlichen Zuwachsraten am Standort (Tab. 4).

Tab. 4 Jährliche Zuwachsraten (dt TM/ha) verschiedener Pappelklone sowie Weide bei dreijähriger Umtriebszeit, Bad Salzungen 1996 bis 2013

Sorte	1996 – 1998	1999 – 2001	2002 - 2004	2005 - 2007	2008 - 2010	2011 - 2013	Mittel
Max 1	77,7	110,0	118,0	140,2	172,8	194,5	135,5
Max 3	80,7	108,7	131,0	158,8	188,5	179,6	179,6
Androskoggin	64,3	98,7	104,0	98,6	152,9	179,5	116,3
NE 42/Hybride 275	67,0	114,0	102,0	78,3	164,0	144,0	111,6
Schwarza	41,7	97,3	96,0	114,1	115,1	114,7	96,5
J 105/ Max 1, 3, 4	74,3	76,3	99,0	141,1	149,5	161,7	117,0
<i>Mittel Pappel</i>	<i>67,6</i>	<i>100,8</i>	<i>108,3</i>	<i>121,9</i>	<i>157,1</i>	<i>162,3</i>	<i>119,7</i>
<i>Weide ‚Tora‘</i>	<i>77,0</i>	<i>162,3</i>	<i>163,0</i>	<i>179,5</i>	<i>198,7</i>	<i>151,1</i>	<i>155,3</i>

Insgesamt belegen die Versuche, dass ertragsstarke Pappelklone die angestrebten Zuwachsraten von 100 dt TM/ha und Jahr auch auf schlechteren Standorten sicher erreichen können. Gleichzeitig ist ersichtlich, dass für standortangepasste leistungsfähige Klone eine Nutzungsdauer von wesentlich mehr als 20 Jahren realistisch ist.

Aktuell werden die Prüfungen im dreijährigen Umtrieb in Dornburg mit drei Pappelklonen („Max 1“, „Hybride 275“, „AF 2“) und zwei Weidenhybriden („Inger“, „Tordis“) in einem 2008 im Rahmen eines bundesweiten Standortvergleichs angelegten Versuch fortgesetzt.

Bei den bisher drei Ernten entsprachen die geprüften Klone den Erwartungen, wengleich der Ertragszuwachs vom zweiten zum dritten Umtrieb aufgrund der geringen Niederschlagsmengen innerhalb der Aufwuchsperiode relativ schwach ausfiel (Abb. 1).

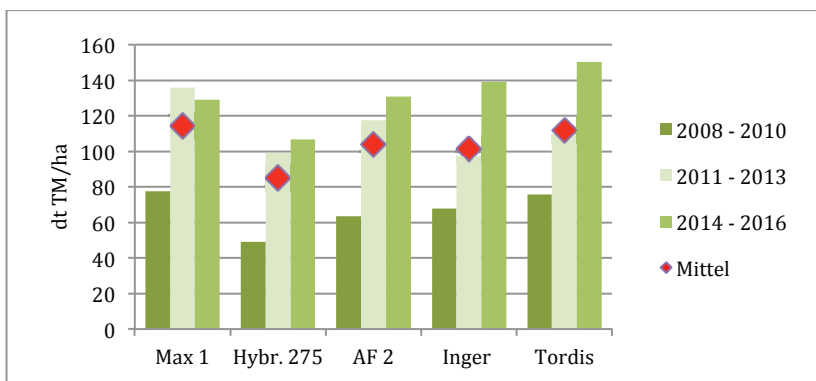


Abb. 1 Jährliche Zuwachsraten von Energieholzklonen, Dornburg 2008 bis 2016

4.3.2 Fünfjähriger Umtrieb

Analog zu den Versuchen im dreijährigen Umtrieb kam in Dornburg und Langenwetzendorf 1993/94 auch Energieholz im fünfjährigen Umtrieb zur Anlage. Neben sechs Pappelklonen wurden Sandbirke sowie Robinie (Dornburg) und Schwarzerle (Langenwetzendorf) geprüft. Die jährlichen Zuwachsraten der vier durchgeführten Ernten beinhaltet Tabelle 5.

Tab. 5 Jährliche Zuwachsraten (dt TM/ha) verschiedener Energiehölzer bei fünfjähriger Umtriebszeit, Dornburg und Langenwetzendorf 1994 bis 2013

Sorte	1994 - 1998		1999 - 2003		2004 - 2008		2009 - 2013		Mittel	
	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.	Dbg.	Lwd.
Pappel										
Muhle Larsen	16,4	49,8	43,1	69,7	72,2	79,4	47,2	80,8	44,7	69,9
Androscoggin	22,0	71,9	71,7	90,1	107,8	121,9	98,7	119,6	75,0	100,9
Max 1,3,4	26,8	72,7	85,9	115,1	145,6	157,2	168,2	152,4	106,6	124,4
Max 2	26,8	73,3	85,7	107,6	152,5	141,6	152,3	155,6	104,3	119,6
Unal	19,5	42,2	51,8	75,2	58,7	62,8	24,1	12,8	38,5	48,3
Raspalje	29,8	61,5	67,9	62,6	111,8	43,7	54,1	0	65,9	42,0
<i>Mittel Pappel</i>	<i>23,6</i>	<i>61,9</i>	<i>67,7</i>	<i>86,7</i>	<i>108,1</i>	<i>101,1</i>	<i>90,8</i>	<i>86,9</i>	<i>72,5</i>	<i>84,2</i>
Sandbirke	30,5	35,9	27,3	32,2	45,4	24,1	35,1	0	34,6	23,1
Robinie	97,9	-	128,7	-	139,9	-	123,2	-	122,4	-
Schwarzerle	-	34,7	-	42,0	-	36,4	-	31,0	-	36,2

Auch hier konnten die besten Klone ‚Max 1,3,4‘ und ‚Max 2‘ sowie ‚Androscoggin‘ auf etwas niedrigerem Niveau ihr Ertragsvermögen unter Thüringer Standortverhältnissen unter Beweis stellen. Die geringeren Zuwachsraten in Dornburg im Vergleich zum dreijährigen Umtrieb sind durch ungünstigere Bodenverhältnisse begründet. Nicht überzeugen konnten die Sandbirke und die Schwarzerle, während die Robinie in Dornburg im Mittel den höchsten Ertrag erzielte. Allerdings kam es hier bereits nach der ersten Ernte zu Ausbildung zahlreicher Wurzelausläufer und Wurzelbrut, was sich negativ auf die Beerntbarkeit auswirkte.

Generell scheinen die gewählten Bestandesdichten von 6.900 Bäumen/ha in Doppelreihe für die Umtriebszeit etwas zu niedrig gewesen zu sein. Aber auch hier zeigt sich, dass gute Klone auch bei kurzer Umtriebszeit eine Nutzungsdauer von wesentlich mehr als 20 Jahren zulassen.

4.3.3 Langer Umtrieb

Im Frühjahr 2005 erfolgte in Dornburg auf einer extrem flachgründigen Praxisfläche die Anlage eines Versuches für längere Umtriebszeiten (10 bis 12 Jahre). Hier wurden die

Klone ‚Max 1‘ und ‚Hybride 275‘ in vier unterschiedlichen Bestandesdichten (1.330, 1.670, 2.220 3.330 Bäume/ha) gepflanzt. Im Winter 2015/16 kam der Versuch erstmalig zur Ernte. Der Gesamtertrag belief sich auf durchschnittlich 547 dt TM/ha bei ‚Max 1‘ und 478 dt TM/ha bei ‚Hybride 275‘. Dies entspricht jährlichen Zuwachsraten von 49,7 dt TM/ha bzw. 43,5 dt TM/ha (Tab. 6). Die Ertragsunterschiede zwischen beiden Klonen resultieren im Wesentlichen aus der schlechteren Anwuchsrate der ‚Hybride 275‘, deren Fehlstellen auch durch Nachpflanzung in den Jahren 2005 und 2006 nicht auf das Niveau von ‚Max 1‘ reduziert werden konnten.

Tab. 6 Gesamtertrag sowie jährliche Zuwachsraten in Abhängigkeit von der Pflanzdichte bei zehnjähriger Umtriebszeit, Dornburg 2005 bis 2015

Pflanzdichte	Gesamtertrag (dt TM/ha)		Jährliche Zuwachsrate (dt TM/ha)		Ertrag/Jahr, berechnet ohne Fehlstellen (dt TM/ha)	
	Max 1	Hybride 275	Max 1	Hybride 275	Max 1	Hybride 275
3 x 1 m (3.333 Bäume/ha)	622,2	550,5	56,6	50,0	60,4	57,9
3 x 1,5 m (2.222 Bäume/ha)	509,7	551,1	46,3	50,1	51,4	54,8
3 x 2 m (1.667 Bäume/ha)	554,1	357,5	50,4	32,5	51,6	38,1
3x 2,5 m (1.333 Bäume/ha)	501,6	453,6	45,6	41,2	45,6	45,6
GD t, 5 %	125,1		11,4		10,3	

Interessant ist der signifikant höhere TS-Gehalt der ‚Hybride 275‘, der bei ca. 52 % lag, während ‚Max 1‘ nur etwa 48 % erreichte. Dies weist auf eine höhere Dichte des Holzes hin. Tendenziell nahmen die Erträge mit sinkender Pflanzdichte bei beiden Klonen ab. Allerdings waren die Gesamterträge bzw. Zuwachsraten der höheren Bestandesdichten nicht signifikant besser als die der niedrigeren, was auf die deutlich höheren Ertragsleistungen der Einzelbäume zurückzuführen ist.

4.3.4 Zwischenfazit

Die Versuche belegen, dass der Holzertrag in starkem Maße von Standort und Klon abhängig ist. Dabei erreichen ertragsstarke Pappelklone ab dem zweiten bis dritten Umtrieb, unabhängig von den Standortgegebenheiten, jährliche Zuwachsraten von mindestens 100 dt TM/ha. Auf den meist wasserlimitierten Standorten in Thüringen sind Pappeln am besten geeignet. Neuere Weidenhybriden können ebenfalls hohe Erträge realisieren, weisen aber immer noch das Problem der Vieltriebigkeit auf. Auch Robinien haben ein hohes Ertragspotenzial, allerdings sind hier die Aufwendungen bei der Anlage höher, da keine Stecklingspflanzung möglich ist. Nach der ersten Ernte treten zudem Probleme durch die starke Wurzelbrut auf.

Die Erträge der Pappeln steigen bei drei- bis fünfjähriger Umtriebszeit bis zur dritten oder sogar vierten Ernte an, so dass das volle Ertragspotenzial erst nach 12 bis 15 Jahren erreicht wird. Die Nutzungsdauer kann deutlich mehr als 20 Jahre betragen, wobei jede weitere Ernte die Wirtschaftlichkeit verbessert. Dies gilt es, bereits bei der Anlage, insbesondere auf Pachtflächen, zu beachten. Die besten Ergebnisse lieferten in den Versuchen die ‚Max‘-Klone, die als einzige der aussichtsreichen Züchtungen auch Greening-fähig sind. Die ‚Hybride 275‘ entwickelt sich langsamer, holt aber bei längerer Standzeit hinsichtlich der Zuwachsp Parameter auf. Sie könnte sich demzufolge besser für

längere Umtriebszeiten eignen. ‚Matrix‘- und ‚AF‘-Klone wurden bisher kaum geprüft, so dass hierzu keine gesicherten Aussagen möglich sind. Tatsache ist, dass diese, wie auch ‚Hybride 275‘ und Neuzulassungen aus den Fastwood-Projekt nicht als Ökologische Vorrangflächen angerechnet werden.

4.4 Erfahrungen aus der Praxis

Wie bereits eingangs erwähnt, beläuft sich der Anbauumfang von Energieholz in Thüringen gegenwärtig auf etwas mehr als 100 ha, wobei Pappeln daran über 90 % Anteil haben. Einige Landwirtschaftsbetriebe beschäftigen sich jedoch bereits seit fast 10 Jahren mit der Thematik.

4.4.1 Agrargenossenschaft Niederpöllnitz

So legte z. B. die Agrargenossenschaft Niederpöllnitz e. G. 2008 eine erste Pappelfläche von ca. 3,5 ha an, die schrittweise auf 32 ha erweitert wurde. Die Plantage ist für eine mittlere Umtriebszeit ausgelegt. Die zuerst gepflanzte Fläche kam in den Wintermonaten 2016/17 nach neun Vegetationsperioden zur Ernte. Die Ernte erfolgte im absetzigen Verfahren, d. h. die Pappeln wurden als Ganzbaum geschnitten, anschließend in Poldern gelagert und nach einer gewissen Trocknungszeit gehäckselt. Begleitend zur Ernte führte die AG Niederpöllnitz, wissenschaftlich betreut durch das ATB Potsdam-Bornim und die TLL, einen Lagerungsversuch zur Ermittlung der Wassergehaltsreduktion und der Masseverluste durch. Geprüft wurden drei Lagerungsvarianten:

1. Lagermiete 4 m hoch auf Querhölzern direkt auf Vorgewende (Grasboden),
2. Lagermiete 6 m hoch auf Querhölzern auf Vorgewende und
3. Lagermiete 6 m hoch auf Querhölzern und Kompostvliesunterlage auf Vorgewende.

Die Verwertung der gewonnenen Holzhackschnitzel erfolgt in der betriebseigenen Heizanlage, die u. a. die Verwaltungs- und Wirtschaftsgebäude versorgt. Angaben zum Ertrag liegen zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vor.

4.4.2 Robinien- und Pappelpflanzung in Tissa

Im Jahr 2014 kam im Rahmen eines Pilot- und Demonstrationsvorhabens des Freistaats Thüringen in Tissa nahe Stadtroda eine 1,6 ha große KUP zur Anlage. Gepflanzt wurden die Pappelklone ‚Max 1‘, ‚Matrix‘ und ‚Trichobel‘ sowie deutsche und ungarische Robinien. Die Bestandesdichte beläuft sich auf ca. 4.200 Bäume je ha (3 m Reihenabstand, 80 cm in der Reihe), geplant ist eine Umtriebszeit von 20 Jahren zur Wertholznutzung. Trotz des relativ schlechten Standorts mit einer Ackerzahl von 25 bis 36 wiesen die Pappeln nach drei Vegetationsperioden im Winter 2016/17 Wuchshöhen (WH) von 5,7 m bis 6,9 m bei Brusthöhendurchmessern (BHD) von 3,6 cm bis 4,4 cm auf. Am wüchsigsten ist bisher

‚Trichobel‘, dicht gefolgt von ‚Matrix‘ und ‚Max 1‘. Die Robinie entwickelt sich etwas langsamer. Sie war zum Zeitpunkt der Bonitur aber auch bereits knapp 4 m hoch und wies einen BHD von 2,2 cm auf (Abb. 2).

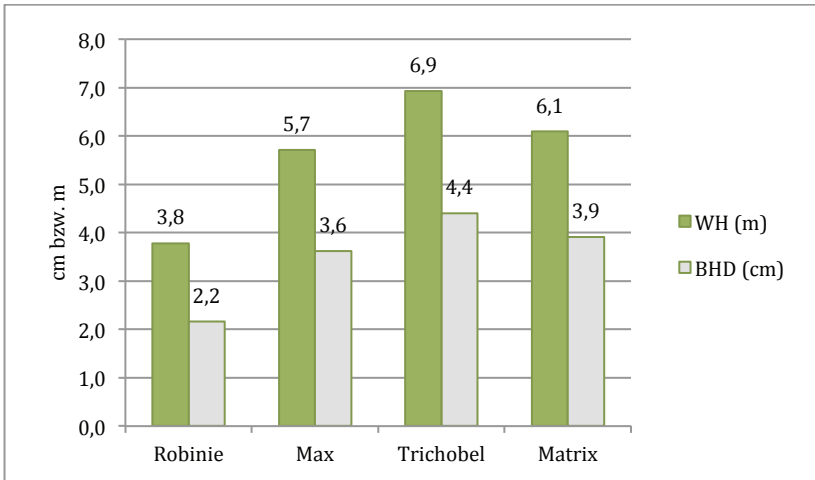


Abb. 2 Wuchshöhen und Brusthöhendurchmesser von Energieholz, Tissa 2016/17

4.4.3 Pappelpflanzung durch die Bärwolf GbR

Ebenfalls Pappeln wurden 2016 in der Nähe von Walschleben auf 2,2 ha durch die Bärwolf GbR gepflanzt. Trotz der geringen Niederschläge im Anpflanzjahr, in dem von April bis September nur etwa 200 mm Regen fielen, lag die Anwuchsrate zwischen 80 und 90 %. Wie bereits in den Parzellenversuchen festgestellt, wuchsen die gepflanzten Klone ‚Max 1‘ und ‚Max 4‘ am besten an. Höhere Ausfallraten von ca. 20 % waren bei ‚Matrix 49‘ und ‚Hybride 275‘ zu verzeichnen. Nach der ersten Vegetationsperiode waren die ‚Max‘-Klone knapp 2,5 m hoch, ‚Matrix 49‘ und ‚Hybride 275‘ etwa 1 m niedriger.

4.4.4 Gleistal Agrar e. G. Golmsdorf

Welchen Einfluss die Standortverhältnisse auf die Zuwachsraten von Energieholz haben, verdeutlicht der Vergleich mit den ebenfalls 2016 in der Saaleaue in Porstendorf nahe Jena gepflanzten Pappeln der Gleistal Agrar e. G. Golmsdorf. Die Anlage erfolgte durch ein Lohnunternehmen mit einer Bestandesdichte von ca. 5.000 Bäumen/ha für mittlere Umtriebszeiten. Bei einer Anwuchsrate von nahezu 100 % erreichten die Stecklinge im Anpflanzjahr eine Wuchshöhe von durchschnittlich 2,5 m, der beste Klon sogar von mehr als 3 m (Abb. 3).

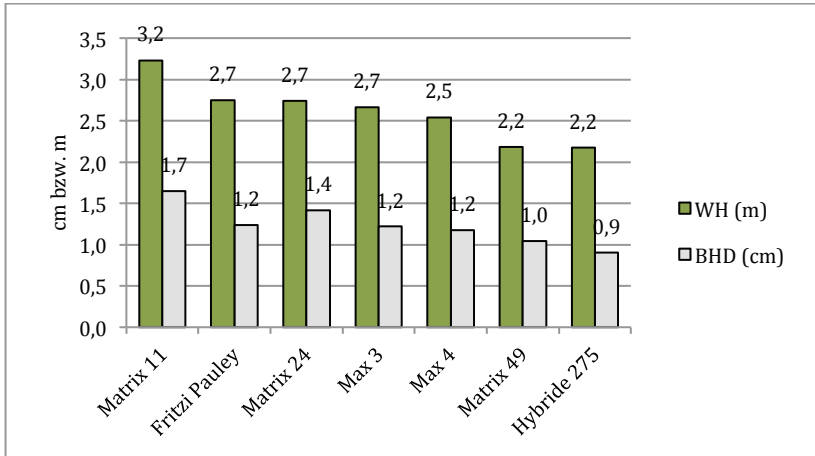


Abb 3 Wuchshöhen und Brusthöhendurchmesser von Energieholz, Postendorf 2016/17

Die AG Golmsdorf hat sich in den letzten Jahren mit der Erzeugung, Ernte und Verwertung von Holz einen zusätzlichen Betriebszweig aufgebaut, in dem regionale Wertschöpfungsketten optimal genutzt werden können. So verfügt das Landwirtschaftsunternehmen über verschiedene Erntetechniken, z. B. einen Fäller-Bündler sowie Geräte und Maschinen zur Aufbereitung und Sortierung des gewonnenen Holzes. Dieses kommt zum Teil in den betriebseigenen Heizanlagen zum Einsatz, wird aber auch gehandelt. Dieses Konzept könnte zukünftig weiter Schule machen.

4.5 Fazit

Energieholz, sei es als Kurzumtriebsplantage oder in Agroforstsystemen, wird innerhalb der Handlungsempfehlungen für die Landwirtschaft zur Umsetzung des Klimaschutzplanes 2050 der Bundesregierung eine große Bedeutung beigemessen. Im Handlungsfeld 06 (Landnutzung) ist die „naturverträgliche Einführung von Agroforst und Kurzumtriebsplantagen zur Gewinnung von Holz“ explizit erwähnt.

Gründe hierfür sind u. a. das gute Input-Output-Verhältnis von 1:30 bis 1:50 bei thermischer Nutzung, die hohe Biomasseproduktion von 10 bis 13 dt TM/ha und Jahr, mit der bis zu 6.000 l Heizöl ersetzt werden können sowie die positiven Effekte bezüglich Erosionsschutz, Nährstoffhaushalt und Landschaftsbild.

Um die Bedenken der Landwirte zur Energieholzpflanzung, die sich vor allem in der langfristigen Bindung, offenen Fragen hinsichtlich Anlage, Pflege, Ernte und Rodung sowie den Rahmenbedingungen begründen, sukzessive auszuräumen, ist weiterhin eine intensive Öffentlichkeitsarbeit erforderlich. Diese muss auf belastbaren Ergebnissen und Erfahrungen aus wissenschaftlichen Versuchen und der Praxis basieren.

Abschließend sei darauf verwiesen, dass die Anlage von KUP in der aktuellen Förderperiode 2016 bis 2018 der Thüringer Aufbaubank unter bestimmten

Voraussetzungen förderfähig ist. Umfassende Informationen dazu sind unter www.aufbaubank.de/Foerderprogramme/ILU-Teil-D zu finden.

5 Niedrige Energiekosten, schlechte Holzpreise - Wo steht die KUP?

Hans-Georg von Engelbrechten¹

¹ agraligna GmbH, Zur Kirche 1, 39576 Stendal, Deutschland

Abstract. Vor dem Hintergrund unabhängig fossiler Brennstoffe zu sein und die regionale Wertschöpfung zu steigern, entstand 2008 das Bioenergiedorf Beuchte. Kernstück ist die Wärmeversorgung eines Großteils des Dorfes auf Holzbasis. Ein installiertes Fernwärmenetz versorgt die einzelnen Haushalte im Dorf, zentral wird in zwei 250KW-Hackschnitzelkesseln Holz verbrannt. Das Holz stammt vorwiegend aus vor Ort angebauten Kurz-Umtriebs-Plantagen mit Pappel-Sorten. Um konkurrenzfähig gegenüber fossilen Brennstoffen zu sein, wurde der Arbeitspreis an den Gaspreisindex gekoppelt.

Ein anhaltendes Tiefpreinsniveau in den vergangenen Jahren für fossile Rohstoffe reduzierten den unternehmerischen Gewinn, ließen das Projekt jedoch nicht in die roten Zahlen fallen. Ab einem gewissen Preisniveau kann die Holzenergie allerdings nicht mehr konkurrenzfähig sein. Dabei kommt es auf die Kostenstruktur des jeweiligen Projektes an, genauso wie auf die Tragfähigkeit des unternehmerischen Risikos.

Es wird am Beispiel des Bioenergiedorfes Beuchte die oben genannte Problematik beleuchtet und anhand der vorhandenen Kostenstruktur die Untergrenze für Wärmenestehungskosten gegenüber fossiler Brennstoffe betrachtet.

Keywords: KUP, alternative Rohstoffe, erneuerbare Energie, Fernwärmenetz, Bioenergiedorf Pappel, Tagung

5.1 Projekt-Hintergrund sowie Beweggründe für den Einsatz alternativer Rohstoffe

Mit gestiegenen Preisen für fossile Rohstoffe wurde ab 2005 im Dorf Beuchte über andere Varianten der Energieversorgung nachgedacht. Im Jahr 2006 waren die Rahmenbedingungen für die Umsetzung eines alternativen Wärmeprojektes geschaffen. Die Dorfbevölkerung hatte eine Offenheit für das Wärmeprojekt entwickelt und Kostenstrukturen konnten aufgestellt werden, sodass auf der einen Seite ein Holzenergieprojekt konkurrenzfähig und auf der anderen unternehmerisch interessant wurde. Neben den ökologisch positiven Effekten war es für den vor Ort wirtschaftenden landwirtschaftlichen Betrieb interessant, über die Ackerkultur KUP und die Vermarktung der Wärme eine größtmögliche Durchdringung der Veredelungsstufen zu erreichen.

Die Aspekte im Überblick

Wärmeversorgung:

- Ökologische und ökonomische Alternative für die Haushalte im Dorf
- Schaffung von Wohnattraktivität (ökologisch, CO-Kreislauf, regional, nachhaltig) des Dorfes in Ballungsnähe

KUP-Anbau:

- Absicherung durch standortnahen Rohstoffversorgung
- Marktunabhängigkeit
- Schaffung regionaler Wertschöpfung
- Veredelung der Ackerkulturen
- Nutzen des effizienten Rohstoffs Holz, der regional und kurzfristig verfügbar gemacht werden kann

Interessant ist, dass insbesondere die Holzenergie einen signifikanten Beitrag zur Reduzierung des CO₂-Ausstosses durch fossile Energieträger leisten kann. Eine entsprechende Wertschätzung in der Förderpolitik war jedoch nicht erkennbar.

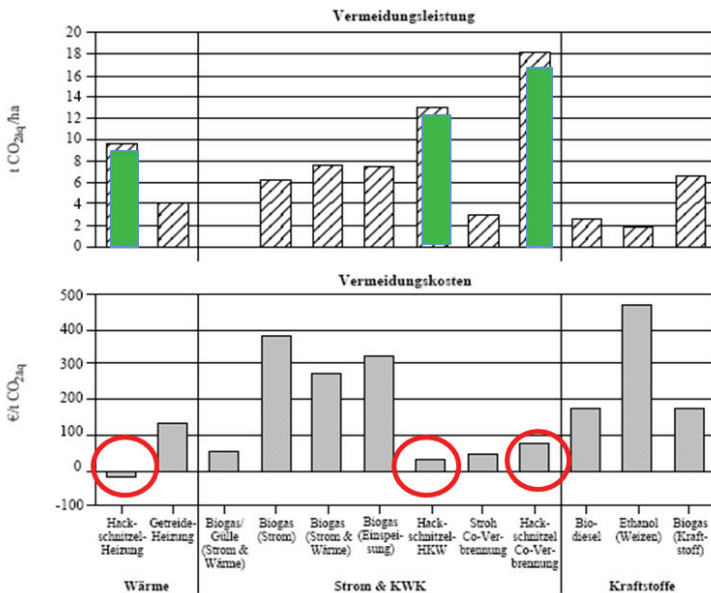


Abb. 1 Vermeidungsleistung sowie Vermeidungskosten von Holzverbrennungs-Arten, Quelle: SRU, 2007

Vorteile von KUP –Ökologie:

- Vollständiger Ersatz fossiler Rohstoffe
- Hohes CO₂-Einsparungspotential
- Geringe CO₂-Vermeidungskosten
- Verhinderung von Denitrifikation
- Geringer Flächenverbrauch (4.500-7000L HÖE/ha*a)
- CO₂- Bindung
- Ca. 13.000kg / ha*a
- Extensivierte Bewirtschaftung

5.2 Bedarfsanalyse und Umsetzung des Wärmeversorgungs-Projektes

Die Projektumsetzung folgt dem Schema (siehe Abbildung 3), das neben der Analyse des Bedarfs für Wärme und Dimensionierung der Heiz- und Netzanlage auch den Umfang an Holzhackschnitzeln aus KUP bei Vollversorgung betrachtet.

Wärmebedarfsberechnung pro Haushalt

Durchschnitt aller Haushalte:

2,5 Personen, 100 m² Wohnfläche

Durchschn. Energiebedarf 150 kWh/m²/a

15.000 kWh Bedarf/Haushalt

→ **16.500 kWh Bruttobedarf** (incl. Wirkungsgradverl. Kessel und Netz)

Wärmepotential pro ha KUP (Standort Beuchte)

Voraussetzungen:

- Sehr gute Bodenverhältnisse (65-85 BP)
- Gute Wasserverfügbarkeit
- Ertragspotential von 15 to atro/ha*a
- Energiepotential je ha = 75.000 kWh
- Versorgungspotential: 4,55 Haushalte/ha

Flächeneffizienz KUP Beuchte

- Bevölkerung Beuchte : 360 Einwohner
- 140 Haushalte à 2,5 Personen
- 16,5 MWh Bedarf/Haushalt
- 2.310 MWh Gesamtbedarf Energie
- 75 MWh KUP-Energie/ha

=> Flächenbedarf ca. 30 ha

Die Gemarkung Beuchte umfasst eine Fläche von ca. 600 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche (LN). Der theoretische Verbrauch bei Vollversorgung aus KUP beträgt lediglich **5% der LN** und ist damit verschwindend gering, insbesondere bei Berücksichtigung der ökologischen Leistung, die durch das Gesamtsystem erbracht wird.

Aus der Betrachtung der Dorfstruktur ist zu erkennen, dass die Verlegung der Leitungstrassen insbesondere über Privatgrund der jeweiligen Haus-/Hofbesitzer verläuft, wodurch ca. ¼ der Kosten eingespart werden konnten.

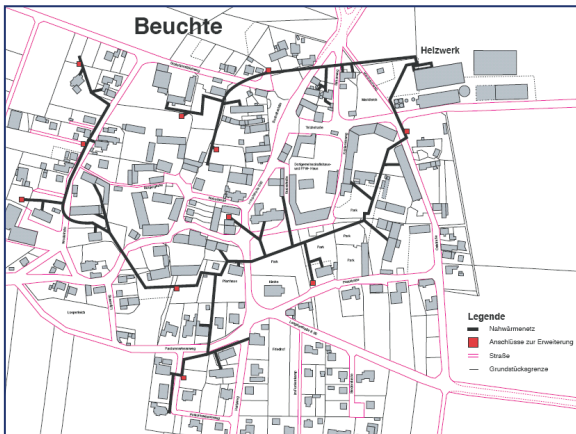


Abb. 2 Dorf- und Netzstruktur Beuchte, Niedersachsen



10 Schritte zum Energieversorger

Wärmeversorgung eines Dorfes

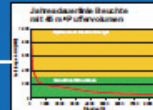
1.) Analyse Umfang Haushalte
Wärmebedarfsabschätzung



2.) Festlegung Trassenverlauf
an Hauptabnehmern orientiert



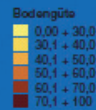
3.) Kalkulation Grundlast
Netzverlust + Kesselwirkungsgrad



Kennzahlen Holzenergie
 1 t Holz = 15 MWh
 1 Haubeck = 1.500 t Holz
 1 t Holz = 15 MWh
 1 Haubeck = 1.500 t Holz
 Holzverlust 10% Energie
 Kesselwirkungsgrad 2-10% Energie

4.) Berechnung Rohstoffeinsatz
Bruttoenergiebedarf Holz

5.) Potentialeermittlung der Ackerflächen
Eignung, Biomasseerwartung



6.) Flächenbedarf & Umtriebszyklus
angepasst an Gesamtrohstoffbedarf



7.) Anpflanzung im Frühjahr
z.B. Pflanzverband 2,0 m x 0,5 m



8.) Ernte und Logistik der KUP
Verfahren festlegen



9.) Brennstoffeinsatz im Holzheizwerk
Silokapazität, Beschickung



10.) Wärmeerlöse aus Energieversorgung
Preis Anpassungsmodelle



Abb. 3 10 Schritte zum Energieversorger, das Grundprinzip einer Wärmeversorgungsplanung

5.3 Kostenstruktur

Betrachtet man die Kostenstruktur, ist schnell erkennbar, dass die Veredelung des Rohstoffs Holz zu an den Endverbraucher verkaufte Wärme, den attraktiven Deckungsbeitrag von insgesamt 1450€/ha*a einbringt.

Tab. 1 Datenblatt Biomasseheizwerk Beuchte

Bezeichnung	Daten
Versorgungsumfang 2012	65 Haushalte
Investition Heizwerk + Trasse abzgl. KfW (300.000€)	400.000 €
vertragl. Wärmeabsatz inkl. Gewerbe und Landwirtschaft	1300 MWh
Wirkungsgradverlust Kessel	10%
Wirkungsgradverlust Netz	9%
Brennstoffeinsatz	1558 MWh
Bedarf Holz (to atro)	311 to.
Kostenansatz Einkauf	80€/to.
Kostenansatz MWh	16 €/MWh
vertragl. Wärmepreis (ct/kWh)	6,5ct.
Benötigte Fläche bei 15 to/ha	20 ha

Tab. 2 Kalkulation Wärmevertrieb bei 1300 MWh

Kosten	GESAMT p.a.	je MWh
AfA Invest. 20 Jahre (Kessel 10 J., Netz 25 J.)	20.000 €	15,38 €
Zins (halber Zinssatz) 2,5%	10.000 €	7,69 €
Betriebskosten (s. Aufstellung)	7.000 €	5,00 €
Brennstoff (1558 MWh*16 €/MWh)	25.000 €	16,00 €
Kosten gesamt p.a.	62.000 €	47,69 €
Einnahmen		
Wärmeverkauf 1300 MWh*65€/MWh	84.500 €	65,00 €
Gewinn	22.000 €	17,00 €

Tab. 3 Kalkulation KUP eingebunden in die Wärmeversorgung

Bezeichnung	Daten
Biomassepotential	15 to./ha
Deckungsbeitrag KUP/ha*a	350 €/ha
Gewinn Veredelung	22.000 €
Gewinn Veredelung je ha	1.100 €/ha
Gesamtgewinn/ha	1450 €/ha

5.4 Ausblick

Trotz schwieriger Rahmenbedingungen kann das Projekt weiterlaufen. Ob eine Investition in ein wie oben beschriebenes Projekt zu derzeitig herrschenden Bedingungen getätigt würde, ist vor dem Hintergrund hohen unternehmerischen Risikos zu bezweifeln. Erst wenn die positiven Nebeneffekte wie z.B. CO₂-Einsparung eine gesellschaftliche und monetäre Wertigkeit erhalten, oder Energiekosten wieder einen Mindestpreis übersteigen, können neue Projekte dieser Art eine Chance erhalten.

- Umsetzbarkeit von kleinen regionalen Konzepten ist i.d.R. gegeben
- Hohe Investitionen stehen derzeitig niedrigen fossilen Brennstoffen gegenüber
→ Marktanreize schaffen / CO₂-Einsparung bewerten!
- Ersetzter fossiler Brennstoff p.a. in diesem Projekt: ca. **160.000 Liter Heizöl**
→ regional, nachhaltig
- Regionale Wertschöpfung p.a.: **ca. 120.000€** (bei 0,75€/l Heizöl)
→ Dienstleister, Handel, andere Akteure
- Kurzumtriebsplantagen als **Rohstoff-Absicherung**
→ langfristig kalkulierbar, extensiv und ökologisch

6 Wie könnten positive Umweltwirkungen von Agroforstsystemen mit Kurzumtriebswirtschaft agrarförderrechtlich stärker honoriert werden?

Christian Böhm¹, Michael Kanzler¹, Penka Tsonkova¹

¹ Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus, Deutschland

Abstract. Durch im Kurzumtrieb bewirtschaftete Agroforstsysteme erfüllen zahlreiche Umweltleistungen, die bezüglich der Schutzgüter Boden, Wasser, Klima und zum Teil auch hinsichtlich Artenvielfalt und Landschaftsbild weit über jene einer konventionellen Ackernutzung hinausgehen. Hierbei sind die Wirkungen der heckenförmigen Strukturen in vielerlei Hinsicht mit jenen herkömmlicher Feldhecken vergleichbar. Die Etablierung von Agroforstsystemen ist allerdings mit wirtschaftlichen Risiken verbunden, die in der landwirtschaftlichen Praxis ein wesentliches Umsetzungshemmnis darstellen. Zu berücksichtigen sind hierbei nicht nur die direkten finanziellen Mehrbelastungen (z.B. Erstinvestition für Flächenanlage), sondern auch die schwer kalkulierbaren finanziellen Risiken (z.B. schwer absehbare Entwicklung von Abnahme- und Verwertungsmöglichkeiten). Durch eine substantielle Förderung von Agroforstsystemen bzw. deren Umweltleistungen könnten zumindest die direkten finanziellen Mehrbelastungen deutlich reduziert und so das wirtschaftliche Gesamtrisiko verringert werden. Eine wichtige Maßnahme zur Förderung von Agroforstsystemen bzw. der im Kurzumtrieb bewirtschafteten Gehölzkomponenten (Agrarholzhecken) auf Basis vorhandener Förderinstrumente wäre deren Berücksichtigung im GAK-Rahmenplan.

Keywords: Agrarförderrecht, Agroforst, Kurzumtrieb, Umweltwirkungen

6.1 Agroforstsysteme

Unter Agroforstsystemen werden Nutzungsformen verstanden, bei denen Ackerkulturen oder Grünland zusammen mit Bäumen und/oder Sträuchern auf einer Bewirtschaftungsfläche angebaut und genutzt werden. Die Ausprägungsformen von Agroforstsystemen können in Abhängigkeit von Art, Alter, Verteilung und Anordnung der Gehölze sehr unterschiedlich sein. Typisch für alle Agroforstflächen ist deren Systemcharakter, der sich in den Wechselwirkungen zwischen Gehölz- und Ackerkulturen widerspiegelt. Im Kontext der Agrarförderung sind vor allem landwirtschaftlich geprägte Agroforstsysteme relevant. Bei diesen ist der Anteil der Ackerkulturfläche bzw. der Grünlandfläche deutlich höher als jener der Gehölzkulturfläche. Prinzipiell können die Gehölze flächig verteilt, gruppenweise oder streifenförmig angeordnet sein. Aus Gründen einer möglichst effizienten Bewirtschaftung ist Letztere bei modernen Agroforstsystemen

jedoch die am häufigsten angewandte Anbauvariante. Breite und Abstand der Gehölzstreifen hängen dabei wesentlich vom Verwertungsziel der Bäume ab. So erfolgt für die Produktion von Stamm- oder ggf. Wertholz zumeist eine einreihige Pflanzung, während für die Erzeugung von Energieholz Gehölzstreifen mit mehreren Baumreihen angelegt werden.

6.2 Agroforstsysteme mit Kurzumtriebswirtschaft

Bei Agroforstsystemen mit Kurzumtriebswirtschaft werden schnellwachsende Baumarten zumeist streifenförmig auf Acker- oder Grünlandflächen angebaut. Die Breite der Gehölzstreifen existierender Systeme bewegt sich vornehmlich zwischen 8 und 15 m. Bewirtschaftet werden die Gehölze nach den Vorgaben des sogenannten „Niederwald mit Kurzumtrieb“ (DirektZahlDurchfV, 2015). Als solches sind diese auch formal zu betrachten, das heißt, es handelt sich bei den Gehölzstreifen agrarförderrechtlich um streifenförmige Kurzumtriebsplantagen (KUP), die jeweils separate Ackerschläge darstellen. Der Systemcharakter dieser Form der Agroforstwirtschaft wird in den derzeit gültigen Agrarverordnungen folglich nicht anerkannt. Dennoch existieren zwischen im Kurzumtrieb bewirtschafteten Gehölzstreifen, die in den folgenden Ausführungen als Agrarholzhecken oder -streifen bezeichnet werden, und angrenzenden Ackerkultur- oder Grünlandflächen Wechselwirkungen, die pflanzenbaulich gewinnbringend genutzt werden können.

6.3 Umweltwirkungen von Agroforstsystemen mit Kurzumtriebswirtschaft

6.3.1 Allgemeine Betrachtung relevanter Schutzgüter

Gehölzstrukturen beeinflussen Agrarräume auf verschiedene Art und Weise, wobei dessen Wirkungen auf wichtige Schutzgüter größtenteils positiv zu werten sind. Agrarholzhecken weisen hierbei zum Teil ähnliche Eigenschaften wie herkömmliche Feldhecken auf. Folglich ist auch deren Wirkung auf wichtige Schutzgüter in vielerlei Hinsicht vergleichbar. Dies gilt insbesondere für abiotische Faktoren. Einen zusammenfassenden Überblick liefert Tabelle 1. Hierin aufgezeigt ist die Wirkung von Heckenstrukturen auf die Schutzgüter Boden, Wasser, Klima, Biodiversität und Landschaft. Demnach haben Heckenstrukturen einschließlich Agrarholzhecken einen stark positiven Einfluss auf Bodenschutzaspekte und Wasserqualität. Auch bezüglich der Klimawirkung sowie hinsichtlich ihres Einflusses auf Aspekte der Bodenfruchtbarkeit sind Agrarholzhecken mit herkömmlichen Feldhecken vergleichbar. Lediglich in Hinblick auf die Biodiversität und das Landschaftsbild sind bei Agrarholzhecken im Vergleich zu Feldhecken Abstriche zu machen, da Erstere zumeist deutlich artenarmer und monotoner aufgebaut sind. Zudem ist, bedingt durch regelmäßige Ernten, von höheren Störungsintervallen auszugehen. Eine Verbesserung des Wirkeffektes von Agrarholzhecken auf die Schutzgüter Biodiversität und Landschaft kann erreicht werden, indem mehrere Baumarten verwendet, Blühstrauchränder oder Blühstreifen angelegt, die Gehölzstreifen zeitlich gestaffelt geerntet und/oder bestehende Strukturen (z.B. Gebäude, Straßen mit Blick auf das Landschaftsbild und Steinhäufen, Altbäume o.ä. in Bezug auf die Artenvielfalt) bei der Anbauplanung berücksichtigt werden.

Tab 1 Übersicht über Umweltleistungen von Heckenstrukturen auf Standorten mittlerer Bodenfeuchte im Vergleich zu konventionellen Agrarflächen ohne Gehölzstrukturen.

++ starke positive Wirkungen; + deutliche positive Wirkungen; - geringe Risiken

1) Umweltleistungen beziehen sich vorwiegend auf die Gehölzfläche

2) vornehmlich bei Bezug auf typische Offenlandarten und ohne Anwendung zusätzlicher Optimierungsmaßnahmen

	Boden			Klima		Wasser		Biodiversität		Landtschaft
	Erosionsminderung	Nährstoffhaushalt ¹⁾	Humusbildung ¹⁾	Bodenverdichtung ¹⁾	Treibhausgase ¹⁾	Oberflächengewässer	Grundwasser ¹⁾	Artenvielfalt	Seltene Arten	Landchaftsbild
Feldhecken	++	+	+	++	+	++	++	++	- ²⁾	++
Agrarholzhecken	++	+	+	++	+	++	++	+	- ²⁾	+

6.3.2 Winderosion

Der Abtrag von Boden durch Wind oder Wasser stellt eine der bedeutendsten Degradationserscheinungen von Böden dar. Eine wichtige Kenngröße der Winderosion ist die Windgeschwindigkeit. Heckenstrukturen können in der Agrarlandschaft eine bedeutende Reduktion der Windgeschwindigkeit bewirken und damit das Winderosionsrisiko erheblich verringern. Auch im Kurzumtrieb bewirtschaftete Agrarholzhecken können trotz ihrer vergleichsweise geringen Höhe von zumeist < 10 m zu einem bemerkenswerten Windschutz beitragen, insbesondere, wenn sie – wie in Agroforstsystemen üblich – in vergleichsweise dichter Abfolge (< 100 m) angelegt werden (Böhm et al., 2014). Wichtig für einen effektiven Windschutz ist hierbei die Ausrichtung der Hecken. Diese sollten möglichst entgegen der Hauptwindrichtung (in Mitteleuropa also in Nord-Süd-Richtung) angeordnet sein. Bei der Anpflanzung von Agrarholzhecken handelt es sich um eine besonders effektive Schutzmaßnahme gegen Winderosion, da hierdurch im Gegensatz zu anderen Erosionsschutzmaßnahmen die verursachende Größe – also die Windgeschwindigkeit – dauerhaft gemindert werden kann.

Durch Agrarholzhecken kann die Windgeschwindigkeit sowohl im Sommer als auch im Winter deutlich herabgesetzt werden. Die Stärke der Windabschwächung nimmt relativ mit zunehmender Windgeschwindigkeit zu, das heißt Starkwinde werden in der Regel relativ stärker reduziert als schwache Winde. Dies ist aus Sicht des Winderosionsschutzes besonders vorteilhaft, da gerade Starkwindereignisse eine hohe erodierende Wirkung aufweisen. In Abbildung 1 sind beispielhaft die Windgeschwindigkeiten einer gehölzfreien Fläche (Referenz) und jene innerhalb eines Agroforstsystems während eines halben Tages mit Starkwindereignissen dargestellt. Hieraus wird ersichtlich, dass auf der gesamten Agroforstfläche deutlich geringere Windgeschwindigkeiten vorherrschten als auf der Referenzfläche. So wurde die Windgeschwindigkeit in der Mitte eines knapp 50 m breiten Ackerstreifens durch die ca. 5 m hohen Bäume gegenüber der Freifläche im Mittel

um mehr als 50 % verringert. Bei Windgeschwindigkeiten von $> 10 \text{ m s}^{-1}$ betrug die Reduktion sogar mehr als 70 %.

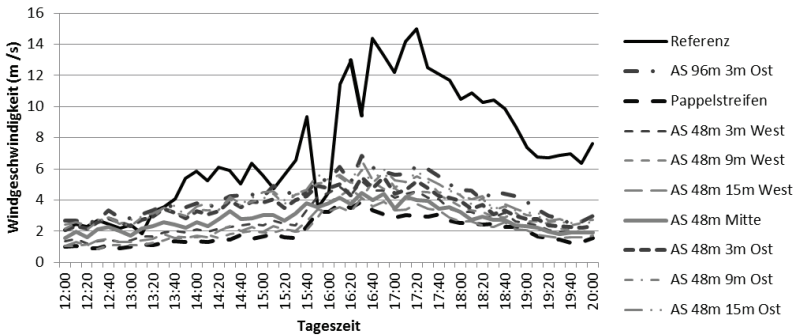


Abb. 1 Windgeschwindigkeit während eines Starkwindereignisses auf einer Agroforstfläche und einer benachbarten, gehölzfreien Referenzfläche in Abhängigkeit der räumlichen Position (m-Angaben geben die Breite des Ackerstreifens (AS) zwischen zwei Nord-Süd-ausgerichteten Gehölzstreifen bzw. die Entfernung zum Gehölzstreifen mit Himmelsrichtung an; Messtag = 5. Oktober 2017; Messhöhe = 1 m über GOF; Log-Intervall = 10 min).

6.4 Grundwasserqualität

Diverse Untersuchungen zeigen, dass unterhalb von Agrarholzstreifen eine deutlich verminderte Nitratverlagerung stattfindet. Dies ist einerseits der Tatsache geschuldet, dass innerhalb der Agrarholzfläche gemeinhin keine Düngungsmaßnahmen stattfinden und andererseits die Bäume sehr tiefreichende Wurzeln ausbilden, welche eine Nährstoffaufnahme auch noch aus tieferen Bodenbereichen ermöglichen. Insbesondere auf grundwasserbeeinflussten Standorten, auf welchen die Wurzeln bis in das Grundwasser gelangen, scheinen die Gehölzstreifen als eine Art Filter zu fungieren.

Die Abbildung 2 zeigt beispielhaft die immensen Unterschiede auf, die bezüglich der Nitratkonzentration im Grundwasser zwischen Agrarholzstreifen und hiervon nur wenige Meter entfernten Ackerfruchtbereichen bestehen können. Die Medianwerte der Nitrat-N-Konzentration im Grundwasser unterhalb der ca. 10 m breiten Agrarholzstreifen lagen demnach deutlich unterhalb von 1 mg l^{-1} , während sie im Bereich der Ackerkulturen zwischen 30 und 40 mg l^{-1} betragen. Trotz der geringen Breite der Agrarholzstreifen konnte die mediane Nitrat-N-Konzentration in deren Bereich folglich auf etwa ein Achtzigstel reduziert werden. Inwieweit durch eine bestimmte Anordnung der Gehölzstreifen positive Effekte für die Grundwasserqualität eines ganzen Ackerschlagens möglich sind, ist in weiteren Studien zu untersuchen.

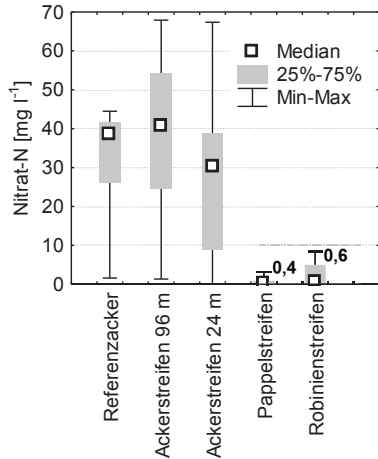


Abb. 2 Nitrat-N-Konzentrationen im Grundwasser einer Agroforstfläche in Abhängigkeit der räumlichen Position (m-Angaben geben die Breite des Ackerstreifens zwischen zwei Gehölzstreifen an; Messzeitraum = Jan. 2013 bis Aug. 2014; Messintervall = 14-tägig; n = 1).

6.5 Oberflächengewässerqualität

An Gewässerrändern können Agrarholzstreifen eine deutliche Reduktion des Stoffeintrages sowie des durch Wassererosion bedingten Sedimenteintrages in Oberflächengewässer bewirken. Die Bäume vermindern nicht nur den Oberflächenabfluss, sondern können auch den unterirdischen Stoffaustrag reduzieren, indem die Wurzeln eine Art Barrierefunktion übernehmen.

Ein eindrucksvolles Beispiel für die Retentionswirkung von Agrargehölzen an Gewässerrändern stellen die in den USA durchgeführten Untersuchungen von LEE et al. (2003) dar. Demnach konnte durch einen insgesamt ca. 16 m breiten Pufferbereich (bestehend aus einem 7 m breiten Bereich mit Rutenhirse und einem 9 m breiten Abschnitt mit Bäumen) der Eintrag von Sediment, Gesamtstickstoff, Nitratstickstoff, Orthophosphat und Gesamtphosphor um 97, 94, 85, 80 bzw. 91 % reduziert werden.

6.6 Artenvielfalt

Bezüglich der Artenvielfalt bzw. des im Agrarraum vorkommenden Artenspektrums ist eine differenzierte Betrachtung notwendig. Gehölzstrukturen haben vor allem in strukturarmen, ausgeräumten Agrarlandschaften positive Effekte. In Gebieten mit einer hohen Gehölzdichte ist die Anlage von Agrarholzhecken für typische Offenlandarten eher nachteilig zu bewerten. Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei Agrarholzhecken zumeist um artenarme, gleichaltrige Gehölzstrukturen mit zum Teil nicht gebietsheimischen Arten handelt, besitzen diese für diverse Arten hinsichtlich Nahrungsangebot und Strukturreichtum eine geringere Wertigkeit als beispielsweise blühstrauchreiche

Feldhecken. Ungeachtet dessen stellen Agrarholzhecken – genauso wie naturnähere Feldhecken – vertikale Strukturelemente in der Agrarlandschaft dar, die für viele Arten als Ruhe- und Rückzugsräume dienen. Gerade die hohe, sich über den gesamten Ackerschlag erstreckende Dichte an Grenzlinien (Übergangsbereiche zwischen Gehölz- und Ackerkultur) stellt eine wertvolle Bereicherung vieler Agrarräume dar. Zusätzlich gefördert werden könnte sowohl die Artenvielfalt als auch das Auftreten diverser Nützlinge durch die gezielte Anlage von Blühstrauchrändern und Blühstreifen in den Grenzlinienbereichen.

Vorteilswirkungen von Agrarholzhecken in Agroforstsystemen bezüglich der Artenvielfalt und der Abundanz bestimmter Arten wurden, insbesondere mit Bezug zu konventionell bewirtschafteten Ackerflächen, in vielen Fällen belegt. Beispielführend sind Untersuchungen zur Begleitvegetation (BÄRWOLFF et al., 2014; BÖHM et al., 2017c), zu Regenwürmern (KÖHLER et al., 2014) und Fledermäusen (WOLFRUM et al., 2014).

6.7 Gegenwärtige Möglichkeiten zur Förderung von Umweltleistungen im Deutschen Agrarförderrecht

In Deutschland wird die landwirtschaftliche Praxis – wie in allen Ländern der Europäischen Union (EU) – sehr stark durch die Regelungen der Gemeinsamen Agrarpolitik der EU (GAP) bzw. durch die hiermit verbundene Agrarförderung beeinflusst. Diese Förderung basiert im Wesentlichen auf zwei Säulen. Die I. Säule (= Europäische Garantiefonds für die Landwirtschaft; EGFL) umfasst vor allem Direktzahlungen an die Landwirtschaftsbetriebe für beihilfefähige Hektarflächen (Basisprämienregelung), während über die II. Säule (Europäische Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums; ELER) Maßnahmen zur Stärkung und Entwicklung des ländlichen Raums gefördert werden. Hierin enthalten sind auch Ausgaben für die „Einzelbetriebliche Förderung“ sowie für „Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen“ (AUKM).

Ausführliche Informationen zur allgemeinen Einordnung von Agroforstsystemen in das Agrar(förder)recht geben BÖHM et al. (2017a). Im Folgenden soll anhand ausgewählter Regelungen aufgezeigt werden, wie eine spezifische Förderung von Agroforstsystemen mit Kurzumtriebswirtschaft unter den gegebenen rechtlichen Rahmenbedingungen denkbar wäre.

6.7.1 Fördermöglichkeiten im Rahmen der I. Säule der GAP

Um Agroforstwirtschaft in vielfältigen Ausprägungsformen in der landwirtschaftlichen Praxis umsetzen zu können, muss diese in Bezug auf die Beihilfefähigkeit konkurrenzfähig mit konventionellen Landbaumethoden sein. Insbesondere ist es erforderlich, dass Basisprämien für die gesamte Agroforstfläche, also auch für die Anbaufläche der ackerbaulich integrierten Gehölzkulturen, gezahlt werden (BÖHM et al., 2017b). Bei Agroforstsystemen mit Kurzumtriebswirtschaft ist dies indirekt der Fall, sofern die Gehölze nach den Regelungen für den „Niederwald mit Kurzumtrieb“ (DirektZahlDurchfV, 2015) bewirtschaftet und damit als Dauerkulturen anerkannt werden. In diesem Fall werden die Gehölzflächen jedoch als separate Schläge geführt und

müssen folglich auch diesbezügliche Kriterien (z.B. Mindestgröße, Mindestbreite, nur eine Kulturart) erfüllen. Die Zahlung der Basisprämie erfolgt also formal nicht für das Agroforstsystem als Ganzes, sondern für Acker- bzw. Grünland- und Gehölzflächen getrennt. Durch die Einführung eines Agroforstschlages könnte ein separater Nutzungscode für Agroforstsysteme etabliert und die Basisprämie für das Agroforstsystem als Ganzes gezahlt werden (BÖHM et al., 2017b). Dies hätte den Vorteil, dass bezüglich Ausmaß und Artenzusammensetzung der Gehölzflächen nicht die erforderlichen Merkmale eines Ackerschlages eingehalten werden müssten und folglich auch kleinflächig strukturierte Agroforstflächen möglich wären. Die Einführung eines Nutzungscode für Agroforstschläge wird allerdings gegenwärtig seitens der Agrarbehörden als nicht umsetzbar angesehen, da es förderrechtlich nicht vorgesehen ist, dass Dauerkulturen und einjährige Kulturen auf einem Schlag kombiniert werden können.

Die Nichtanerkennung von Agroforstflächen mit Kurzumtriebswirtschaft als System hat auch Folgen für deren Anerkennung als mögliche Maßnahme für die Flächennutzung im Umweltinteresse im Rahmen der sogenannten „Greening-Prämie“. So sind gemäß Art. 46 der Verordnung (EU) Nr. 1307/2013 in Verbindung mit Anhang II der Verordnung (EU) Nr. 639/2014 agroforstwirtschaftliche Hektarflächen mit einem Gewichtungsfaktor von 1 als im Umweltinteresse genutzte Flächen anzusehen. Voraussetzung hierfür ist eine Förderung über die II. Säule gemäß Art. 23 der Verordnung (EU) Nr. 1305/2013. Eine solche Förderung wurde jedoch in Deutschland bislang in keinem Bundesland aktiviert. Ein wesentlicher Grund hierfür dürfte auch das Fehlen einer eindeutigen, rechtlich verbindlichen Definition von Agroforstsystemen sein. Folglich können bei Agroforstsystemen mit Kurzumtriebswirtschaft derzeit nur die Gehölzflächen als „Greening“-relevante Fläche im Sinne eines „Niederwald mit Kurzumtrieb“ anerkannt werden, wobei der Gewichtungsfaktor 0,3 beträgt und außerdem zusätzliche Anforderungen bezüglich Management und angebauten Baumarten eingehalten werden müssen.

6.7.2 Fördermöglichkeiten im Rahmen der II. Säule der GAP

Über die II. Säule der GAP werden Maßnahmen zur Unterstützung einer nachhaltigen Entwicklung des ländlichen Raums gefördert. Hierfür gibt es verschiedene Förderinstrumente. Gemäß Art. 21 der Verordnung (EU) Nr. 1305/2013 ist die Einrichtung von Agroforstsystemen förderfähig, wobei die Förderhöhe nach Anhang II 80 % der bei der Einrichtung von Agroforstsystemen anfallenden förderfähigen Investitionen beträgt. Diese Fördermöglichkeit wird aktuell in Deutschland allerdings nicht wahrgenommen. Ungeachtet dessen ist vorstellbar, Agroforstsysteme als AUKM anzuerkennen und zu fördern. Auf diese Weise könnte seitens der Agrarbehörden auch eine Honorierung der agroforstlichen Ökosystemleistungen kenntlich gemacht werden. Die Entscheidung, welche Maßnahmen als AUKM anerkannt und gefördert werden, obliegt zuvorderst den einzelnen Bundesländern. Diese orientieren sich bei ihren Fördermaßnahmen größtenteils an die Vorgaben des Rahmenplans zur Gemeinschaftsaufgabe "Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes" (GAK), da eine Ko-Finanzierung durch den Bund nur gewährleistet wird, wenn die zu fördernde Maßnahme auch im GAK-Rahmenplan gelistet ist. Eine wichtige Maßnahme, die finanziellen Risiken der Anlage von Agroforstsystemen für die Landwirte mittels vorhandener Förderinstrumente zu mindern, wäre daher die Berücksichtigung von

Agroforst im GAK-Rahmenplan. Hierbei könnten Agroforstsysteme mit Kurzumtriebswirtschaft namentlich erwähnt werden oder – vor dem Hintergrund, dass derzeit keine ausreichende, behördlich verbindliche Definition von Agroforstsystemen existiert – indirekt über die Förderung von Agrarholzhecken, welche nach den Regelungen des „Niederwald mit Kurzumtrieb“ bewirtschaftet werden, Berücksichtigung finden. Dies erscheint insofern gerechtfertigt als das im GAK-Rahmenplan 2017, Förderbereich 4, Maßnahmengruppe C die Integration naturbetonter Strukturelemente der Feldflur gefördert wird. Erwähnt werden hier Blüh-, Schutz-, Schon- oder Ackerrandstreifen, Gewässer- oder Erosionsschutzstreifen sowie Hecken bzw. Knicks, Baumreihen oder Feldgehölze, die allesamt insbesondere streifenweise etabliert sowie bewirtschaftet, gepflegt oder unterhalten werden. Über die Ergänzung des Begriffs „Agrarholzhecken“ wären ebenfalls die Fördervoraussetzungen für agroforstliche Strukturelemente gegeben. Gleiches gilt für die spezielle Förderung von Gewässerschutzstreifen. Solche können gemäß GAK-Rahmenplan derzeit lediglich in Form von Grasflächen gefördert werden. Agrarholzstreifen weisen allerdings eine vergleichbare oder sogar eine noch stärkere Retentionswirkung auf, weshalb deren Einbindung an dieser Stelle ebenfalls gerechtfertigt erscheint. Auch eine Förderung der Kombination von Agrarholzhecken und Blühstreifen wäre denkbar, da auf diese Weise der Naturschutzwert zusätzlich gesteigert werden kann.

Eine Förderung der Umweltleistungen von Agroforstsystemen über Länderprogramme wäre prinzipiell auch unabhängig der Maßnahmen im GAK-Rahmenplan möglich. Generell könnten bei einer Förderung auch regionale Besonderheiten berücksichtigt bzw. die Förderung einzelner Umweltwirkungen auch an bestimmte Risikogebiete gekoppelt werden. So wäre es zum Beispiel denkbar, Agrarholzhecken aus Gründen des Winderosionsschutzes nur in entsprechenden Kulissen zu fördern.

Quellen

BÄRWOLFF, M., JUNG, L. S., VETTER, A. (2014): Begleitvegetation eines Energieholz-Agroforstsystems – Eine Bewertung hinsichtlich Biodiversität und ertragsbeeinflussung. In: Pekrun, C., Wachendorf, M., Francke-Weltmann, L. (Hrsg.): Technik der Pflanzenproduktion. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (Tagungsband) 26, 56-57.

BÖHM, C., KANZLER, M., FREESE, D. (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany *Agroforestry Systems* 88, 579-591.

BÖHM, C., TSONKOVA, P., ALBRECHT, E., ZEHLIUS-ECKERT, W. (2017A): Zur Notwendigkeit einer kontrollfähigen Definition für Agroforstschläge. *Agrar- und Umweltrecht* 1/2017, 7-12.

BÖHM, C., TSONKOVA, P., ZEHLIUS-ECKERT, W. (2017B): Wie können Agroforstsysteme praktikabel in das deutsche Agrarförderrecht eingebunden werden? In: Böhm, C. (Hrsg.): Bäume in der Land(wirtschaft) – von der Theorie in die Praxis. Tagungsband 5. Forum Agroforstsysteme, 30. November bis 01. Dezember 2016 in Senftenberg, Deutschland, 7-16.

BÖHM, C., KANZLER, M., MIRCK, J. (2017C): Einfluss von agroforstlich genutzten Gehölzstreifen auf die Begleitvegetation und die Bodennährstoffgehalte angrenzender konventionell bewirtschafteter Ackerflächen. In: Kage, H, Steling, K., Francke-Weltmann, L. (Hrsg.): Anforderungen an den Pflanzenbau in einer sich urbanisierenden Welt. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (Tagungsband) 29, 52-53.

DELEGIERTE VERORDNUNG (EU) NR. 639/2014 DER KOMMISSION VOM 11. MÄRZ 2014 ZUR ERGÄNZUNG DER VERORDNUNG (EU) NR. 1307/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES MIT VORSCHRIFTEN ÜBER DIREKTZAHLUNGEN AN INHABER LANDWIRTSCHAFTLICHER BETRIEBE IM RAHMEN VON STÜTZUNGSREGELUNGEN DER GEMEINSAMEN AGRARPOLITIK UND ZUR ÄNDERUNG DES ANHANGS X DER GENANNTEN VERORDNUNG, ABL. EU L 81, S. 1.

DIREKTZAHLDRCHFV – VERORDNUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DER DIREKTZAHLUNGEN AN INHABER LANDWIRTSCHAFTLICHER BETRIEBE IM RAHMEN VON STÜTZUNGSREGELUNGEN DER GEMEINSAMEN AGRARPOLITIK (DIREKTZAHLUNGEN-DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG) (2015): Direktzahlungen-Durchführungsverordnung vom 3. November 2014 (BGBl. I S. 1690), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. Juli 2015 (BAnz. 2015 AT 13.07.2015 V1) geändert worden ist.

KÖHLER, A.-S., WOLFRUM, S., HUBER, J., HÜLSBERGEN, K.-J. (2014): Earthworm abundance and species richness: contribution of farming system and habitat type. In: Rahmann, G., Aksoy, U. (Hrsg.): Building organic bridges. Proceedings of the 4th ISOFAR Scientific conference, 13-15 Oktober, Istanbul, Türkei, 473-476.

LEE, K.H., ISENHART, T.M., SCHULTZ, R.C. (2003): Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. *Journal of Soil and Water Conservation* 58, 1-8.

VERORDNUNG (EU) NR. 1305/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 17. DEZEMBER 2013 ÜBER DIE FÖRDERUNG DER LÄNDLICHEN ENTWICKLUNG DURCH DEN EUROPÄISCHEN

LANDWIRTSCHAFTSFONDS FÜR DIE ENTWICKLUNG DES LÄNDLICHEN RAUMS (ELER) UND ZUR AUFHEBUNG DER VERORDNUNG (EG) NR. 1698/2005, ABL. EU L 347, S. 487.

VERORDNUNG (EU) NR. 1307/2013 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES VOM 17. DEZEMBER 2013 MIT VORSCHRIFTEN ÜBER DIREKTZAHLUNGEN AN INHABER LANDWIRTSCHAFTLICHER BETRIEBE IM RAHMEN VON STÜTZUNGSREGELUNGEN DER GEMEINSAMEN AGRARPOLITIK UND ZUR AUFHEBUNG DER VERORDNUNG (EG) NR. 637/2008 DES RATES UND DER VERORDNUNG (EG) NR. 73/2009 DES RATES, ABL. EU L 347, S. 608.

WOLFRUM, S., ZVORYKINA, A., LU, J., CHMELÍKOVÁ, L., HUBER, J., KÖHLER, A., SCHMID, H., HÜLSBERGEN, K.-J. (2014): Entwicklung einer einfachen Methode zur Bestimmung der Eignung von Agroforstsystemen als Naturschutzmaßnahme für Fledermäuse. In: Pekrun, C., Wachendorf, M., Francke-Weltmann, L. (Hrsg.): Technik der Pflanzenproduktion. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften (Tagungsband) 26, 268-269.

7 Kurzumtriebsplantage – ein ökonomisches Mauerblümchen im Rampenlicht

Sebastian Hauk¹

¹Skylab, Wendenstr. 388, 20537 Hamburg, Deutschland

Keywords: Pappel, KUP, Wirtschaftlichkeit, Portfolio-Optimierung, Diversifizierung, ökonomisches Risiko, Landwirtschaft

7.1 Einleitung

Trotz der hohen Nachfrage nach holziger Biomasse und den positiven externen Effekten im Vergleich zu einjährigen Energiepflanzen, die mit der Holzproduktion durch Kurzumtriebsplantagen (KUP) einhergehen, sind KUP in Europa und Deutschland im Speziellen nur in geringem Ausmaß verbreitet (DON et al. 2012). Als Hauptgründe für oder gegen den Anbau von KUP gelten ökonomische Faktoren. Dabei stellen mangelnde oder unklare ökonomische Konkurrenzfähigkeit die Hauptthemenisse für den Anbau von KUP dar (HAUK et al., 2014; MCKENNEY et al., 2014; NEUBERT et al., 2013). Vor dem Hintergrund der langen Investitionszeiträume und späten Break-Even-Points mehrjähriger Kulturen ist es nur allzu verständlich, dass fehlende Erfahrungswerte der Landwirte mit KUP, in Kombination mit gefühlter ökonomischer Unsicherheit, ernstzunehmende Adoptionshemmnisse darstellen. Da ökonomische Analysen zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen und kein einheitliches Bild zeichnen, fehlen jedoch bislang verlässliche Entscheidungsgrundlagen. Dies liegt einerseits an der geringen Datengrundlage zu KUP und der Variabilität der unterstellten Kalkulationsgrundlage (vor allem Preise und Biomasseerträge) und andererseits an der Wahl der Alternativinvestitionen. Auf landwirtschaftlichen Flächen kommen meist mehrere Alternativinvestitionen in Frage, nämlich verschiedene Kulturarten. Darüber hinaus sind sowohl KUP als auch alternative landwirtschaftliche Kulturen mit Markt- und biophysikalischen Risiken behaftet, was zu Diskontinuität der finanziellen Rückflüsse führt. Trotz ihrer Bedeutsamkeit wurden die ökonomischen Risiken von KUP bisher nur unzureichend untersucht und mit landwirtschaftlichen Kulturen verglichen (HAUK et al., 2014; EL KASMIQUI & CEULEMANS, 2012). Im Übrigen basieren ökonomische Analysen von KUP bislang auf dem Vergleich von sich gegenseitig ausschließenden Investitionsalternativen. Dies impliziert jedoch eine 100% oder 0% KUP-Anbauempfehlung, anstatt KUP – realitätsnäher – als Bestandteil landwirtschaftlicher Kulturartenportfolios mit variablen Flächenanteilen zu betrachten. Wenngleich bekannt ist, dass sich durch geeignete Kulturartenmischung ökonomische Risiken reduzieren lassen (in der Finanzbranche sind entsprechend optimierte Portfolios längst üblich) oder die Wirtschaftlichkeit auf der Betriebsebene gesteigert werden kann, fehlen Studien, die die ökonomischen Effekte untersuchen, welche durch Ergänzung landwirtschaftlicher Portfolios durch KUP entstehen.

Ziel dieser Arbeit war es daher, die Wirtschaftlichkeit von KUP – unter Berücksichtigung von ökonomischen Risiken – im Vergleich zu alternativen landwirtschaftlichen Kulturen

zu analysieren sowie die ökonomischen Effekte zu quantifizieren, welche sich durch Integration von KUP in landwirtschaftliche Portfolios ergeben.

7.2 Methoden und Ergebnisse

Die Analyse der ökonomischen Konkurrenzfähigkeit von KUP erfolgte für vier Modellregionen Bayerns. Dazu wurden die Deckungsbeiträge (DB) der flächenmäßig bedeutendsten alternativen landwirtschaftlichen Kulturen im Zeitraum 2004-2013 berechnet. Um die Vergleichbarkeit mit einjährigen landwirtschaftlichen Kulturen zu gewährleisten, wurden für KUP – unter Berücksichtigung regionaler Ertragsniveaus – Deckungsbeitragsäquivalente kalkuliert; also Annuitäten auf Basis der Erlöse und variablen Kosten (vergleiche EL KASMIQUI & CEULEMANS, 2012; ROSENQVIST & DAWSON, 2005). Anhand der DB des Zeitraums 2004-2013 wurden das ökonomische Risiko der KUP und der landwirtschaftlichen Kulturen sowie die Korrelationen der DB von KUP mit denjenigen der landwirtschaftlichen Kulturen abgeleitet. Die Korrelationen der DB sind essentiell, um die Effekte, welche bei der Kulturartenmischung entstehen – Diversifikation – zu quantifizieren (HILDENBRANDT & KNOKE, 2011; KNOKE et al., 2005; MARKOWITZ 1952). Hierbei konnten positive ökonomische Aspekte von KUP identifiziert werden. KUP war in allen Regionen die Kultur mit dem geringsten ökonomischen Risiko. KUP wies also in allen Regionen die geringste Streuung der Deckungsbeiträge von Jahr zu Jahr auf. Gleichzeitig erreichten KUP DB, welche zwar geringer als die der beiden Hackfrüchte Zuckerrübe und Kartoffel, jedoch höher als die der meisten Getreidearten waren. Im Gegensatz zu den landwirtschaftlichen Kulturen blieben mit KUP negative DB aus (Abb. 1).

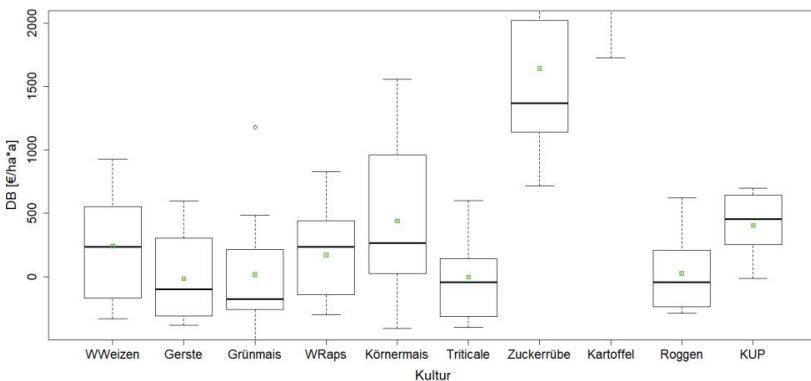


Abb. 1 Deckungsbeiträge ausgewählter Kulturen und Deckungsbeitragsäquivalente von KUP am Beispiel der Modellregion Pfaffenhofen an der Ilm (Bayern). Eigene Darstellung basierend auf HAUk (2016)

In sehr günstigen Jahren wurden mit Getreidearten hohe DB erzielt, welche über denen der KUP lagen. Es traten aber auch Jahre auf, in denen die Wirtschaftlichkeit von allen Getreidearten geringer war als bei KUP. Dieses Ergebnis lieferte erste Hinweise dafür, dass KUP eine stabilisierende Wirkung auf das Betriebsergebnis landwirtschaftlicher Betriebe haben könnte.

Um dies zu prüfen, wurde die Portfolio-Theorie angewandt. Anstelle des bislang üblichen Vergleichs von sich gegenseitig ausschließenden Landnutzungsmöglichkeiten – eine Betrachtung auf Hektar-Ebene – wurden hierbei KUP als mögliche Ergänzung landwirtschaftlicher Portfolios betrachtet und die durch Mischung entstehenden Effekte auf Betriebsebene modelliert, quantifiziert und identifiziert. Durch die geringe Korrelation der Deckungsbeiträge von KUP und landwirtschaftlichen Kulturen – also der Tatsache, dass sich die Deckungsbeiträge von KUP und landwirtschaftlichen Kulturen über die Jahre hinweg nicht gleichgerichtet entwickeln – traten durch den Anbau von KUP positive ökonomische Effekte – Diversifizierungseffekte – auf. Aufgrund dieser Diversifikationseffekte sowie des ohnehin bereits vergleichsweise geringen ökonomischen Risikos von KUP, ließen sich auf Betriebsebene durch Kulturartenportfolios mit KUP gleich hohe Deckungsbeiträge bei geringerem Risiko oder bei gleichem Risiko höhere Deckungsbeiträge erzielen, als wenn kein KUP angebaut wurde (Abb. 2).

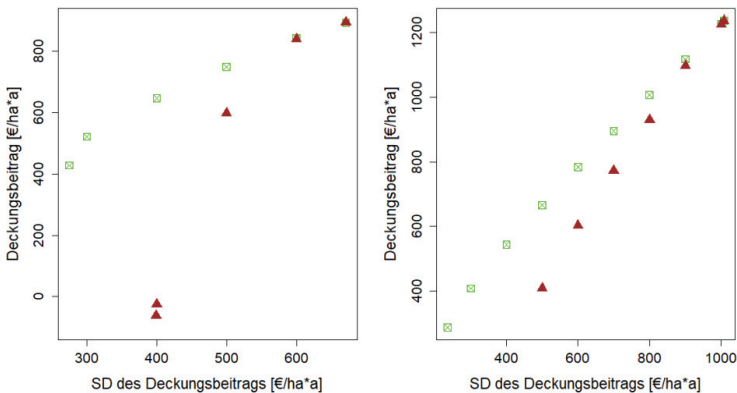


Abb. 2 Effiziente landwirtschaftliche Kulturarten-Portfolios mit KUP (Boxen) und ohne KUP (Dreiecke) in den Modellregionen Pfaffenhofen an der Ilm (links) und Wunsiedel (rechts). Eigene Darstellung basierend auf HAUk (2016)

Wegen dieser positiven Auswirkungen auf das ökonomische Ergebnis landwirtschaftlicher Portfolios sind KUP daher mit unterschiedlichen Flächenanteilen in allen Portfolios enthalten. Abbildung 2 zeigt die effizienten Portfolios, i.e. Portfolios, die bei gegebenem Risiko den maximalen Deckungsbeitrag erzielen. Hierbei repräsentieren Portfolios mit geringem Risiko (SD) interessante Portfolios für risikoaverse und Portfolios mit höherer SD interessante Portfolios für risikoneutrale Entscheidungsträger (Landwirte). Abbildung 3 zeigt exemplarisch die Veränderung der Kulturartenzusammensetzung effizienter Portfolios mit KUP in Abhängigkeit des ökonomischen Risikos; sie zeigt also die Kulturartenzusammensetzung auf, welche hinter KUP-Portfolios in Pfaffenhofen (Abb. 2 Links, Boxen) steckt.

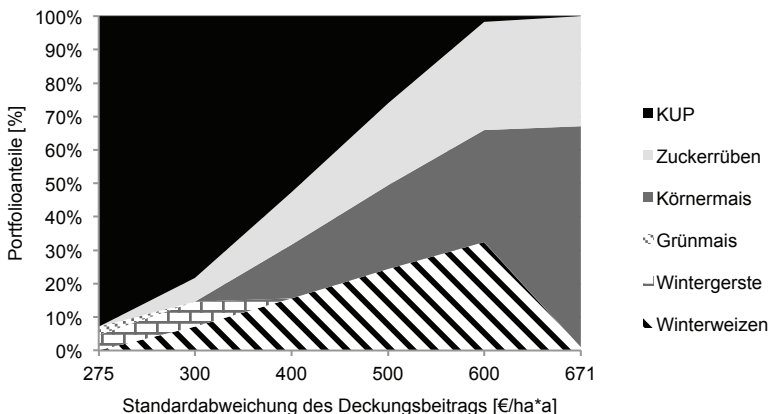


Abb. 3 Kulturartenzusammensetzung effizienter landwirtschaftlicher Portfolios mit KUP, in Abhängigkeit des tolerierten Risikos in den Modellregionen Pfaffenhofen an der Ilm. HAUk et al. (2017)

Der KUP-Anbau, zusätzlich zu konventionellen landwirtschaftlichen Kulturen, stellt somit für landwirtschaftliche Betriebe eine effektive Risikomanagement-Strategie dar. Die betriebswirtschaftlich optimalen KUP-Flächenanteile sind dabei abhängig vom Grad der Risikoaversion des Entscheidungsträgers. Somit ist es unter Berücksichtigung der individuellen Risikoeinstellung möglich, betriebspezifisch optimale Portfolios zu berechnen und dem Landwirt eine individuelle Entscheidungsgrundlage für optimale KUP-Anteile zu bieten.

7.3 Schlussfolgerungen

Durch die betriebswirtschaftliche Analyse von KUP und ausgewählten landwirtschaftlichen Kulturen, unter Berücksichtigung von Ertrags- und Preisvariabilität, konnte gezeigt werden, dass die Wirtschaftlichkeit sowie die wirtschaftliche Konkurrenzfähigkeit von KUP bisher häufig unterschätzt und die ökonomischen Risiken überschätzt werden. Tatsächlich ist KUP in allen Regionen die Kultur mit dem geringsten ökonomischen Risiko, also der geringsten Deckungsbeitragsvariabilität, und gleichzeitig sind die Deckungsbeiträge im Mittelfeld der verglichenen Alternativkulturen. Die Ergebnisse der Portfoliooptimierung lieferten zudem eine neuartige und umfassendere Antwort auf die Frage nach der wirtschaftlichen Konkurrenzfähigkeit von KUP. Daher sollte die ökonomische Bewertung auf Betriebsebene unter Berücksichtigung des Risikos in zukünftigen Studien weiterverfolgt werden. Außerdem konnte KUP-Interessierten erstmals eine umfassende quantitative Grundlage zur Entscheidung unter Unsicherheit bereitgestellt und Landwirten eine effektive Risikomanagement-Strategie aufgezeigt werden. Somit wurden wichtige Voraussetzungen für die Adoption von KUP geschaffen. Aufgrund der nachgewiesenen positiven ökonomischen Effekte des KUP-Anbaus bei gleichzeitig positiven externen Effekten, ist es politischen Entscheidungsträgern durch Multiplikation der Forschungsergebnisse möglich, die regionale Biomasseproduktion zu fördern und gleichzeitig eine Extensivierung und ökologische Aufwertung von intensiv

bewirtschafteten Regionen zu erreichen. Die stabilisierenden Eigenschaften von KUP in landwirtschaftlichen Portfolios können also zu Teilen die Rolle einer Ernteausfallversicherung in landwirtschaftlichen Betrieben übernehmen, wobei sogar Gewinne erzielt werden und die Renditen im eigenen Betrieb verbleiben. Besonders vor dem Hintergrund der unsicheren Agrarpolitik und sich ändernden klimatischen Bedingungen mit der Tendenz zu steigender Häufigkeit von Extremwetterereignissen – welche sich ökonomisch vor allem auf Preise und Erträge der Kulturen auswirken – wird die Kulturartendiversifikation durch mehrjährige Kulturen mit anderer Ökologie und anderen Märkten als wichtiges Element für die Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe angesehen. Da KUP bislang nur in geringem Umfang angebaut wird und Landwirte nur in geringem Umfang von den hier präsentierten positiven Effekten wissen und von ihnen profitieren, sollten diese ökonomischen Vorteile des KUP-Anbaus verstärkt in die Öffentlichkeit getragen werden und insbesondere in die landwirtschaftliche Beratung einfließen.

Kontakt

Dr. Sebastian Hauk ist Chief Analyst Land Use and Biomass Inventory bei Skylab in Hamburg. Skylab ist spezialisiert auf die Auswertung von Drohnen- und Satellitendaten, um flächendeckend und kostengünstig Informationen für Flächenbewirtschafter bereitzustellen; besonders in den Bereichen Forst- Plantageninventur, Schädlingsfrüherkennung und Precision Agriculture. Einer dieser Bereiche ist die Vermessung von KUP, das Ableiten von Biomasse- und Zuwachsleistung und darauf aufbauend die Beratung zur bestandsspezifischen Ertrags- und Ernteoptimierung.

Tel.: +49 1627944348; hauk@skylab.global; www.skylab.global

Quellen

- DON, A., OSBORNE, B., HASTINGS, A., SKIBA, U., CARTER, M.S., DREWER, J. ET AL. (2012): Land-use Change to Bioenergy Production in Europe: Implications for the Greenhouse Gas Balance and Soil Carbon. *Glob. Change Biol. Bioenergy* (4) 372-391
- EL KASMIQUI, O., CEULEMANS, R. (2012): Financial analysis of the cultivation of poplar and willow for bioenergy, *Biomass Bioenergy* 43 (0) 52-64.
- HAUK, S., GANDORFER, M., WITTKOPF, S., MÜLLER, U.K., KNOKE, T. (2017): Ecological diversification is risk reducing and economically profitable – The case of biomass production with short rotation woody crops in south German land-use portfolios, *Biomass and Bioenergy* (98) 142-152
- HAUK (2016): Analyse und ökonomische Optimierung von Kurzumtriebsplantagen. Technische Universität München, Dissertation. 187
- HAUK, S., KNOKE, T., WITTKOPF, S. (2014): Economic evaluation of short rotation coppice systems for energy from biomass: a review, *Renew. Sustain. Energy Rev.* 29 (0) 435-448.
- HILDEBRANDT, P., KNOKE, T. (2011): Investment decisions under uncertainty: methodological review on forest science studies, *For. Policy Econ.* 13 (1) 1-15.
- KNOKE, T., STIMM, B., AMMER, C., MOOG, M. (2005): Mixed forests reconsidered: a forest economics contribution on an ecological concept, *For. Ecol. Manag.* 213 (1-3) 102-116.
- MCKENNEY, D.W., WEERSINK, A., ALLEN, D., YEMSHANOV, D., BOYLAND, M. (2014): Enhancing the adoption of short rotation woody crops for bioenergy production, *Biomass Bioenergy* 64 (0) 363-366.
- MARKOWITZ, H. (1952): Portfolio selection, *J. Financ.* 7 (1) 77-91.
- NEUBERT, F.P., BOLL, T., ZIMMERMANN, K., BERGFELD, A. (2013): Chancen und Hemmnisse von Kurzumtriebsplantagen - online-Umfrage unter Praktikern, *AFZ – Der Wald* (4) 4-6.
- ROSENQVIST, H., DAWSON, M. (2005): Economics of willow growing in Northern Ireland, *Biomass Bioenergy* 28 (1) 7-14.

8 KUP in Bayern: Status Quo und Tendenzen – Das Beratungsinstrument „KUP Scout“ als Entscheidungshilfe für Praktiker

Frank Burger¹, Elke Dietz¹, Ute Bachmann-Gigl², Nele Sutterer²

Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Hans-Carl-von-Carlowitz-Platz 1, 85354 Freising

Abstract. Die Fläche mit Kurzumtriebsplantagen in Bayern ist, ausgehend von einem sehr niedrigen Niveau, seit 2005 auf gut 2000 ha angestiegen. Für die Anlage bedarf es einer Erlaubnis nach dem Waldgesetz für Bayern, was einen gewissen Verwaltungsaufwand mit sich bringt. Dafür sind spätere Konflikte mit Nachbarn oder Behörden so gut wie ausgeschlossen, außerdem bleibt der landwirtschaftliche Status der Fläche erhalten. Das GIS basierte Pappel-Ertragsmodell KUP Scout wurde zur Beratung von interessierten Flächeneigentümern sowie zur Planung regionaler holzbasierter Energiekonzepte entwickelt. Es steht vor allem für die land- und forstwirtschaftlichen Berater zur Verfügung, ist aber auch für die Allgemeinheit in einer aggregierten Version im Internet zugänglich.

Keywords: Waldgesetz für Bayern, Beratung, Zuwachsmodele

8.1 KUP in Bayern

Im Gegensatz zu allen anderen Bundesländern braucht man in Bayern für die Anlage einer Kurzumtriebsplantage eine waldrechtliche Erlaubnis. In Art. 16 Abs. 1 des Waldgesetzes für Bayern heißt es: „Die Aufforstung nicht forstlich genutzter Grundstücke mit Waldbäumen durch Saat oder Pflanzung bedarf der Erlaubnis. Dies gilt auch für die Anlage von Kulturen zur Gewinnung von Christbäumen und Schmuckreisig sowie **Kurzumtriebskulturen.**“

Grundsätzlich hat der Flächeneigentümer ein Recht auf Genehmigung einer KUP. Die Erlaubnis darf nur unter bestimmten Voraussetzungen versagt oder durch Auflagen eingeschränkt werden. Diese sind im Waldgesetz für Bayern abschließend aufgezählt.

Die Regelung bringt für den Flächenbesitzer zwar einen gewissen bürokratischen Aufwand mit sich, hat aber für ihn den Vorteil, dass bei der Anlage einer Kurzumtriebsplantage Rechtssicherheit besteht. Im Rahmen des Verfahrens erfolgt die Prüfung naturschutz- und nachbarschaftsrechtlicher Belange sowie die Prüfung weiterer öffentlich-rechtlicher Belange. Da die KUP-Fläche rechtlich nicht zu Wald wird, sondern ihren landwirtschaftlichen Status behält, ist bei der Rückführung in eine Ackernutzung keine Rodungserlaubnis notwendig.

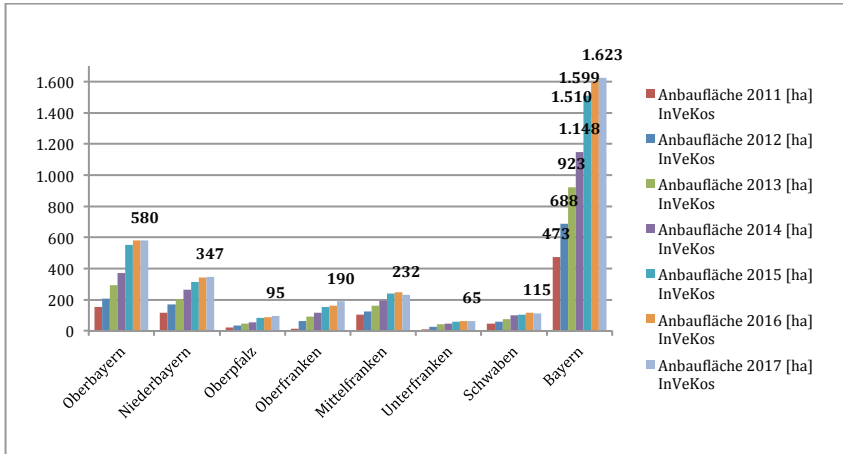


Abb. 1 Flächenentwicklung KUP 2011 – 2017 (Quelle: Auswertung InVeKos durch Bay. Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten)

Bis Mitte des letzten Jahrzehnts gab es in Bayern – mit Ausnahme von wissenschaftlich betreuten Versuchsflächen – so gut wie keine Kurzumtriebsplantagen. Erst der starke Anstieg des Rohölpreises und 2011 die Reaktorkatastrophe von Fukushima brachten etwas Schwung in den Anbau. Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der beihilfefähigen KUP-Flächen von 2011 bis 2017. Grundlage ist die Förderdatenbank InVeKos. Ausgehend von 473 ha im Jahr 2011 hat sich die Anbaufläche von KUP innerhalb von sechs Jahren auf 1623 ha mehr als verdreifacht. Es wird aber auch deutlich, dass der starke prozentuale Anstieg nur in den ersten vier Jahren anhält; 2016 und 2017 schwächt er sich ab, möglicherweise bedingt durch die ab 2014 stark gesunkenen Preise für Rohöl.

In der InVeKos-Datenbank fehlen allerdings die nicht geförderten KUP-Flächen. Eine Erhebung der Forstbehörden – in Bayern zuständig für das waldgesetzliche Erlaubnisverfahren – ergab bereits für das Jahr 2014 eine genehmigte Fläche von 1947 ha. Insgesamt kann man in Bayern daher von einer KUP-Fläche von gut 2000 ha ausgehen.

8.2 Das Beratungsinstrument KUP Scout

Das Beratungsinstrument KUP Scout wurde zur Unterstützung der Energiewende in Bayern entwickelt. Es soll Flächeneigentümern und kommunalen Entscheidungsträgern Daten zu den lokalen Pappel-Biomassepotenzialen liefern und sie bei der Planung und Durchführung Hackschnitzel basierter Energieprojekte unterstützen.

KUP Scout ist ein GIS-basiertes Pappel-Ertragsmodell für die bayerischen Landwirtschaftsflächen. Die potenziellen Biomasse-Erträge werden Flurstück scharf in Kartenform dargestellt.

Die Entwicklung des Modells erfolgte in sechs Schritten:

1. Modellauswahl – Sichtung vorhandener Ertragsmodelle und Vorauswahl von geeigneten Modellen. Ggf. Neuparametrisierung dieser Modelle und Erstellen von zwei eigenen Ertragsmodellen auf der Grundlage bayerischer Versuchs- und Praxisflächen.
2. Aufbereitung bayernweiter Eingangsdaten für die Ertragsmodelle. Zusammenführung von Punktdaten, wie z.B. Bodenprofilen mit Flächendaten wie Bodenkarte, Klimadaten etc., Regionalisierung der Bodendaten
3. Tests zur Modellgüte mit Hilfe von Versuchs- und Praxisflächen. Auswahl eines Basismodells.
4. Anpassung des Basismodells an Klima- und Grundwasserbedingungen Bayerns mit Hilfe von Korrekturfaktoren (PETZOLD, 2013) und an physiologische, klimatische Wachstumsgrenzen und Umsetzung der Anpassung auf die Fläche. Ausweisung von Sonderflächen.
5. Plausibilisierung extremer Ertragsergebnisse.
6. Datenbereitstellung für verschiedene Nutzergruppen

Insgesamt vier Modelle mit Pappel-Ertragsfunktionen wurden auf ihre Anwendbarkeit in Bayern geprüft:

- ALI (2009)
- AMTHAUER GALLARDO (2014)
- AUST (2012) und
- MURACH et al. (2008).

Zudem wurden anhand der Daten aus den KUP-Versuchsflächen in Bayern zwei eigene Modelle entwickelt und gleichermaßen getestet.

Ein Kriterium für die Modellauswahl war unter anderem, dass die Eingangsgrößen die relevanten physiologischen Eingangsgrößen für das Wachstum der Pappel enthielten. Außerdem mussten die in den Modellen benötigten Daten für Bayern möglichst flächendeckend vorhanden sein oder aus anderen Datengrundlagen berechnet werden können.

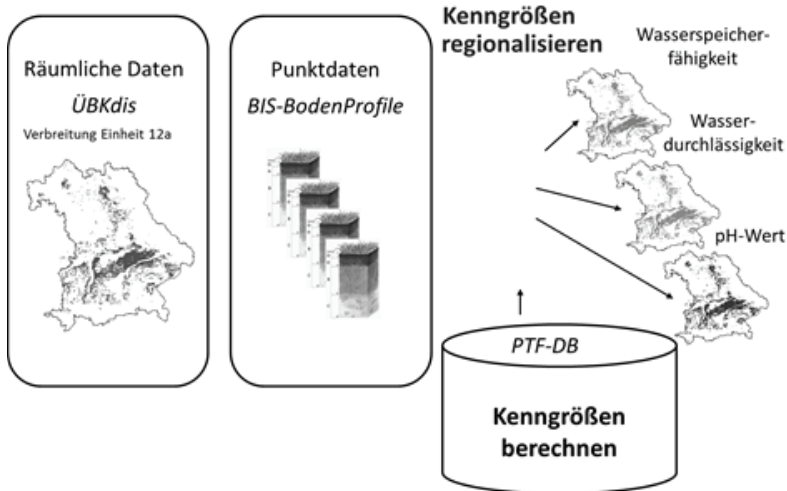


Abb. 2 Aufbereitung bayernweiter Eingangsdaten - Schema der Regionalisierung von Bodendaten (ÜBKdis: Übersichtsbodenkarten disaggregiert, Bayern, PTF-DB: Pedotransferfunktion-Datenbank)

Aus den Daten des bayerischen Bodeninformationssystems (BIS) wurden mit Hilfe von Pedotransferfunktionen Bodenkennwerte wie Trockenrohdichte, Feldkapazität, Profilmächtigkeit etc. modelliert und den Bodeneinheiten der Übersichtsbodenkarte (ÜBK25) zugeordnet. Da die ÜBK mit ihrem Maßstab von 1 : 25000 es nicht erlaubt, kleinräumige Wechsel innerhalb der Bodeneinheiten zu erfassen und daher zum Teil in einer Bodeneinheit mehrere Bodentypen umfasst, wurden diese nach einem Verfahren von HÄRING et al. (2012) räumlich weiter differenziert. Diese Disaggregation führt in weiten Bereichen der ÜBK25 zu einer Verfeinerung des Maßstabs (ÜBKdis). Die verfeinerten Daten bilden die räumliche Datengrundlage für den KUP Scout (DIETZ et al., 2017).

Für die Regionalisierung der Bodendaten wurden die Daten der ÜBKdis zusammen mit den Ergebnissen aus der Berechnungsdatenbank (PTF-DB) in ein GIS importiert. Auf diese Weise kann z. B. die nutzbare Feldkapazität der Bodeneinheiten kartennäßig dargestellt und für die flächenhafte Berechnung des Pappel-Ertragspotenzials genutzt werden (Abb. 2).

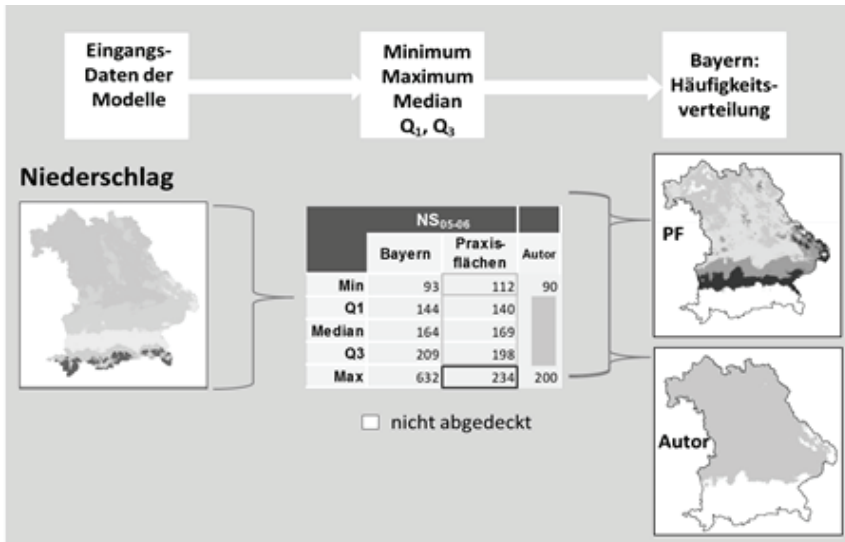


Abb. 3 Schema der Vorgehensweise zur Ermittlung der Häufigkeitsverteilung der in den Ertragsmodellen verwendeten Modellvariablen (Beispiel Niederschlag von Mai bis Juni), PF = Praxisflächen, Autor = Abdeckung der Fläche Bayerns durch Modellvariable

Die ausgewählten Ertragsmodelle wurden mit den eigenen Daten gefüttert und die Ergebnisse anhand statistischer Größen wie Verzerrung, Präzision, Treffergenauigkeit und Root Mean Square Error verglichen und beurteilt, wie gut diese mit den Erträgen der bayerischen Versuchsflächen übereinstimmen. Der Einfluss der Variablen in den einzelnen Biomassefunktionen auf den modellierten Ertrag wurde mit einer Sensitivitätsanalyse überprüft. Der Gültigkeitsbereich der Modelle für Bayern ergibt sich aus der Flächenabdeckung der Eingangsparameter, die die Autoren verwendeten. Innerhalb dieses Rahmens ist das Modell anwendbar und kommt zu guten Ergebnissen. Das Vorgehen ist in Abbildung 3 schematisch dargestellt.

Weiterhin wurde getestet, ob extreme Erträge der Modelle in bestimmten Regionen, unter Berücksichtigung der dortigen Bodenverhältnisse plausibel sind.

Auf der Grundlage der statistischen Auswertungen wurde das Modell nach ALI (2009) in seiner ursprünglichen Parametrisierung als Basismodell ausgewählt. Eine Anpassung an die bayerischen Verhältnisse war notwendig, da das Modell bestimmte Kombinationen von Standortfaktoren nicht abdeckte. Die Anpassung erfolgte über sogenannte Korrekturfaktoren (PETZOLD, 2013). Diese berücksichtigen niedrige Temperaturen, Wassermangel sowie kapillaren Aufstieg bzw. hoch anstehendes Grundwasser.

Das Ergebnis ist ein sehr gut an die bayerischen Verhältnisse angepasstes Pappel-Ertragsmodell. Der KUP Scout schätzt die Biomasse-Erträge Flurstück scharf und stellt diese auf einer digitalen Karte dar. Durch die Integration in die Beratungssoftware der Bayerischen Forstverwaltung BayWIS steht der KUP Scout allen Forstrevieren an den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten zur Verfügung. Parallel dazu ist das Werkzeug in aggregierter Form unter www.kupscout-bayern.de im Internet veröffentlicht.

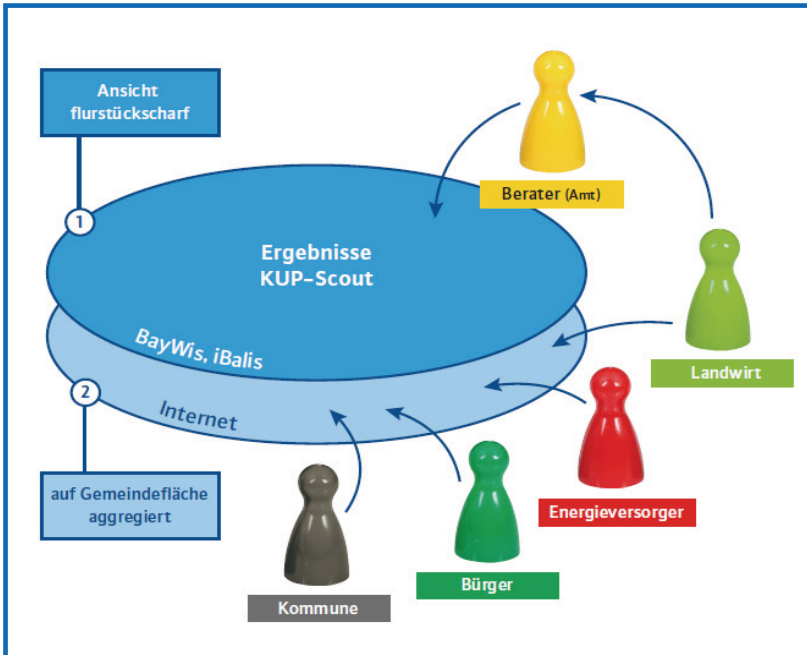


Abb. 4 Schematische Darstellung der Nutzung des KUP Scouts (C. HOPF, LWF; Spielfiguren T. RECKMANN, pixelio.de)

Zusätzlich zu den Ertragsdaten werden im KUP Scout Informationen zu Vorbehalts- und Schutzgebieten (Sonderflächen) gegeben. Es handelt sich um Flächen, bei denen es bei der Anlage Bedenken geben könnte. Die Information ist jedoch nur als Hinweis zu verstehen. Die Prüfung, ob die Erlaubnis zur Anlage versagt werden muss oder durch Auflagen eingeschränkt werden kann, ist nur im Rahmen des waldgesetzlichen Verfahrens durch Betrachtung des Einzelfalles möglich.

In Abbildung 4 ist die Nutzung des KUP Scouts durch verschiedene Interessengruppen dargestellt. Zugang zum kompletten Werkzeug haben nur die Berater der Landwirtschafts- und Forstverwaltung, an die sich der Landwirt oder Flächenbesitzer wenden kann. Aus datenschutzrechtlichen Gründen können alle anderen Gruppen nur die im Internet veröffentlichten Informationen einsehen. Diese bieten eine auf Gemeindefläche aggregierte Übersicht.

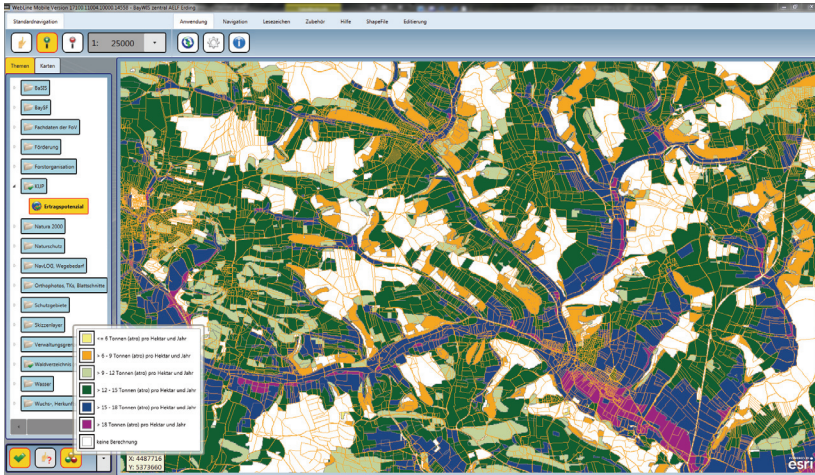


Abb. 5 Ertragskarte im KUP Scout, Produktbeispiel BayWIS Themenmanager

Das Ergebnis des KUP Scouts – die Ertragskarte für potenzielle Pappel-KUPs – zeigt Abbildung 5. Die verschiedenen Ertragsklassen sind durch unterschiedliche Farben dargestellt. Je dunkler die Farbe, desto höher sind die potenziellen Erträge, angegeben in Tonnen absolut trockener Biomasse pro Jahr und Hektar. Nicht eingefärbt sind Waldflächen und bebaute Flächen. Mit Hilfe der Flurstückflächen lässt sich die erzielbare Menge an Biomasse leicht ermitteln. Zu beachten ist allerdings, dass es sich bei den Angaben im KUP-Scout um potenzielle Erträge handelt. Werden Fehler im Anbau gemacht, wie z. B. eine mangelnde Regulierung der Begleitvegetation oder es kommt zu Schäden durch Wildtiere, dann können die Zuwachsleistungen auch sehr viel niedriger ausfallen als in der Karte dargestellt. Der KUP Scout berechnet lediglich den Zuwachs an Pappel-Biomasse, der unter den gegebenen klimatischen und bodenökologischen Gegebenheiten möglich ist. Diesen zu erreichen erfordert ein gutes Management der Kurzumtriebsplantage – besonders in der Begründungsphase.

¹ Dr. Frank Burger und Dr. Elke Dietz sind Mitarbeiter der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, ² Ute Bachmann-Gigl und Nele Sutterer bearbeiteten das Projekt KUP-Scout

Quellen

ALI, W. (2009): Modelling of Biomass Production Potential of Poplar in Short Rotation Plantations on Agricultural Lands of Saxony, Germany (Dissertation Fachrichtung Forstwissenschaften), Technische Universität Dresden.

AMTHAUER GALLARDO, D. (2014): Standortbasierte Ertragsmodellierung von Pappel- und Weidenklonen in Kurzumtriebsplantagen. Dissertation an der Fakultät Umweltwissenschaften, Technische Universität Dresden.

AUST, C. (2012): Abschätzung der nationalen und regionalen Biomassepotentiale. Dissertation, Freiburg i. Brsg..

DIETZ, E., BACHMANN-GIGL, U., SUTTERER, N., BURGER, F., BORCHERT, H. (2017): Entwicklung eines Ertragspotenzialmodells für Pappel mittels (geoinformatisch)-statistischer Tests zur Modellgüte und fachlicher Plausibilitätsprüfung. AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, 3-2017: 88 – 97. © Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach. ISBN 978-3-87907-633-8, ISSN 2364-9283.

HÄRING T., DIETZ E., OSENSTETTER S., KOSCHITZKI T. & SCHRÖDER B. (2012): Spatial disaggregation of complex soil map units: A decision tree based approach in Bavarian forest soils. Geoderma 185-186, 37-47.

MURACH, D.; MURN, Y.; HARTMANN, H. (2008): Ertragsermittlung und Potentiale von Agrarholz. In: Forst und Holz 63, S. 18-23.

PETZOLD, R. (2013): Standortsökologische Aspekte und Anbaupotentiale von Kurzumtriebsplantagen in Sachsen. Dissertation Fakultät Umweltwissenschaften, Technische Universität Dresden.

9 Modellierung der oberirdischen Biomasse von Robinien auf Bergbaufolgefächern und landwirtschaftlichen Flächen

Christin Carl^{1,2}, Peter Biber², Dirk Landgraf¹, Allan Buras³ und Hans Pretzsch²

¹ Fachhochschule Erfurt, Leipziger Straße 77, 99085 Erfurt, christin.carl@fh-erfurt.de, dirk.landgraf@fh-erfurt.de

² Technische Universität München, Lehrstuhl für Waldwachstumskunde, Hans Carl-von-Carlowitz-Platz, 85354 Freising, Deutschland, christin.carl@tum.de, peter.biber@lrz.tu-muenchen.de, Hans.Pretzsch@lrz.tum.de

³ Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologiklimatologie, Hans Carl-von-Carlowitz-Platz, 85354 Freising, Deutschland, buras@wzw.tum.de

Abstract. Die Robinie ist eine trockenheitsresistente, schnellwachsende Baumart mit der Fähigkeit zum Stockausschlag nach der Ernte. Sie wurde in Deutschland in den letzten Jahren verstärkt in Kurzumtriebsplantagen (KUP) vor allem auf ehemaligen Tagebauflächen und trockenen landwirtschaftlichen Flächen gepflanzt, um vor allem in der Mini-Rotation bewirtschaftet zu werden. Untersuchungen zur Robinie auf Standorten außerhalb des Waldes sind limitiert. Die hier vorgestellten Untersuchungen und Biomassemodelle können zukünftig als Kalkulationsbasis für die oberirdische Biomasse von Robinien auf ehemaligen Bergbauflächen und landwirtschaftlichen Flächen verwendet werden. Insgesamt wurden 14 Standorte in drei deutschen Bundesländern untersucht. Zudem wurden der Einfluss von Einzelbaum-, Wettbewerbs- und Klimaparametern auf das Wachstum des Einzelbaumes oder des Stockes analysiert. Den stärksten Einfluss haben demnach die Einzelbaumparameter (Durchmesser und Höhe), die geringsten Korrelationen konnten hingegen für die Klimaparameter nachgewiesen werden. Des Weiterem, konnte herausgestellt werden, dass die Flächenart (Bergbaufolgelandschaft vs. Landwirtschaft) und das Wachstum (Kernwuchs vs. Stockausschlag) signifikanten Einfluss auf die Biomasseproduktion des Einzelbaumes haben.

Keywords: Robinie, Mischmodelle, Bergbaufolgefächern, Landwirtschaft, KUP

9.1 Einleitung

Robinia pseudoacacia L. ist eine der ersten nordamerikanischen Baumarten, die in Europa angebaut wurde. Seit dem Beginn des 17. Jahrhunderts wächst die Robinie in europäischen Wäldern und in Städten, im speziellen in Parks (VADAS, 1914; ERNYEY, 1927). Zudem ist sie eine der am häufigsten angebauten Pflanzenarten der Welt (KERESZTESI und BALL, 1988). Als schnellwachsende, trockenheitsresistente Baumart wird sie nach der Pappel und dem Eukalyptus am dritthäufigsten in Plantagen angebaut. Die Ökologie der Robinie wurde in Europa seit mehr als 100 Jahren untersucht (VADAS, 1914; KERESZTESI & BALLA, 1988; GÖHRE, 1952; CIERJACKS et al., 2013). Ein Hauptthema ist seitjeher die Biomasseproduktion, vor allem für die Forstwirtschaft. Untersuchungen zu jungen Robinien wurden in Ungarn (REDEI, 2013), Österreich (MÜLLER, 1990), Italien (ANNIGHÖFER et al., 2012), Bulgarien (STANKOVA et al., 2016), Polen (KRASZKIEWICZ, 2013) und Deutschland (WERNER et al., 2006; PETERS et al., 2007; Böhm et al., 2011; LOCKOW & LOCKOW, 2015) durchgeführt. Bei der Entwicklung allometrischer Modelle lag der Fokus bisher auf der forstlichen Nutzung, Sämlingen, und einer Bergbaufolgefläche. Es gibt keine allgemeingültige allometrische Formel zur Berechnung der Biomasse der Robinie im Kurzumtrieb auf Bergbaufolgeflächen und ehemaligen landwirtschaftlichen Flächen. Um diese Wissenslücke zu schließen, wurden folgende Ziele verfolgt: (1) die Entwicklung einer allometrischen Biomasseformel für die Robinie in Kurzumtriebsplantagen (KUP's), (2) Beurteilung der Integration von intra-spezifischen Konkurrenz und Klimaparametern zur Verbesserung der Modelle verbessert werden können, und (3) die Gegenüberstellung unterschiedlicher Ausgangsbedingungen, in der vorliegenden Studie der Flächenart (bergbaulich versus landwirtschaftlich) sowie von unterschiedlichen Wuchstypen (Kernwuchs versus Stockausschlag).

9.2 Material und Methoden

Die Untersuchungsflächen befanden sich im Nord-Osten Deutschlands, in den Bundesländern Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Brandenburg. Insgesamt wurden 14 Standorte untersucht (Abb. 1), davon waren fünf Standorte durch vormalige Braunkohleaktivitäten geprägt und neun Standorte wurden zuvor ackerbaulich genutzt. Das Alter der KUP's schwankte von einem Jahr bis acht Jahre. Drei Flächen wurden bereits zweimal geerntet, fünf Flächen einmal und sechs Flächen erfuhren bis dato keine Erntemaßnahme. Die Exposition der Flächen schwankte von 22 m ü. NN bis 149 m ü. NN. Die Temperaturspreite zwischen den Flächen lag bei 1,2°C (Max – Min) und der Niederschlag schwankte zwischen den Standorten um maximal 176 mm (Max – Min).

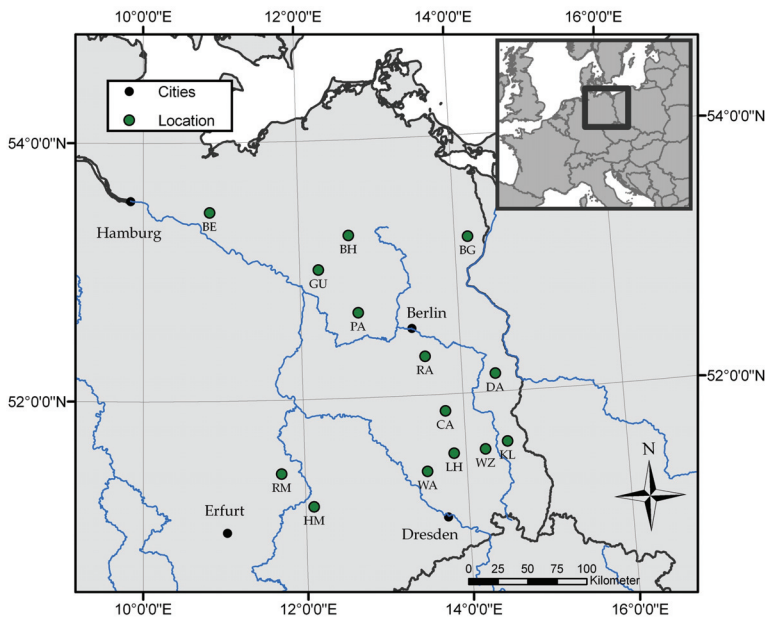


Abb. 1 Übersichtskarte zu den 14 Untersuchungsflächen in Deutschland.

Von November 2016 bis Januar 2017 erfolgte die Datenerhebung. Im unbelaubten Zustand wurden 62 Probekreise angelegt und 9.729 Robinien vermessen. In jedem Probekreis wurde von mindestens 150 Bäumen der Wurzelhalsdurchmesser 10 cm über dem Mineralboden (WHD) und der Brusthöhendurchmesser 1,3 m über dem Mineralboden (BHD) gemessen. Bei Stockausschlägen floss jeder Stockausschlag als eigenes Individuum in die Analyse ein. Darauf folgend wurden 25 Bäumen je Probekreis, die über das gesamte vorhandene Durchmesserspektrum verteilt waren, gefällt. Es wurde die Höhe und der Kronenansatz vermessen. Anschließend wurde der gesamte Baum gewogen. Ein Biomasseäquivalent; 25 cm aus dem unteren, mittleren und oberen Stammbereich, wurde von jedem Stamm entnommen und erneut gewogen und ins Labor transportiert. Die Wägungen erfolgten mit einer Federwaage (Präzision von ± 1 g). Anschließend wurden die Teilstücke geschreddert, erneut gewogen und bei 103,5°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet (48 Stunden) und anschließend wieder gewogen (s. Abb. 2).



Abb. 2 Untersuchungslabor der Fachhochschule Erfurt, Trocknung und Wägung der geschredderten Holzproben (Foto: C. CARL).

Zur Bestimmung der Korrelation zwischen der trockenen Biomasse und 17 weiteren Parametern wurde eine Pearson Korrelationsmatrix berechnet. Die Parameter untergliederten sich dabei in drei Kategorien: Einzelbaumparameter, Stellung im Kollektiv und Klimaparameter. Die integrierten Klimaparameter waren die Temperatur, der Niederschlag, die Sonnenscheindauer, die klimatische Wasserbilanz (ZENKER, 2016) und der DeMartonne Index (DEMARTONNE, 1926).

Darauf folgend wurden mit Hilfe des natürlichen Logarithmus und einer log-Transformation Einzelbaummodelle berechnet. Dabei ist x die erklärende Variable und a und b die Koeffizienten.

$$\ln(y) = a + b * \ln(x)$$

Durch die Anwendung von Mischmodellen können Daten von unterschiedlichen Standorten und Untersuchungsumfang miteinander kombiniert werden. Dies bezüglich wurden die drei Untergruppen, Standort, Probekreis und der individuelle Baum, gewählt.

$$\ln(y)_{ijk} = a_0 + a_1 \ln(x)_{ijk} + b_i + b_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Die Modellbewertung erfolgt mit Hilfe der Berechnung einer Varianzanalyse. Es wurde der p-Wert, das konditionelle Bestimmtheitsmaß, die Varianz, das Akaike's Information Criterion (AIC) und das Bayesian Information Criterion (BIC) als Analysebasis verwendet. Um den Einfluss verschiedener Ausgangsbedingungen, Böden der Bergbaufolgelandschaft gegenüber ehemaligen ackerbaulich genutzten Flächen sowie Kernwuchs gegenüber Stockausschlag zu untersuchen, wurden Dummy-Variablen (a_3 und a_4) verwendet.

$$\ln(BM) = a_1 + a_2 \ln(RCD) + a_3 x + a_4 \ln(RCD) x$$

Alle Analysen und grafische Darstellungen wurden mit der Software R (R Core Team, 2016) durchgeführt. Dafür wurden die Pakete "stats", "ape" und "ggplot2" verwendet.

9.3 Ergebnisse

Die Korrelationsmatrix nach Pearson zeigt eine starke positive Korrelation zwischen der Biomasse und den untersuchten Durchmessern (BHD, WHD), der Höhe und dem Baumalter. Die Pflanzanzahl und das h/d-Verhältnis zeigen starke negative Korrelationen auf. Die geringsten Korrelationen konnte zwischen der Biomasse und den Klimaparametern (Niederschlag, der Sonnenscheindauer, der klimatischen Wasserbilanz und dem De Martonne Index) nachgewiesen werden. Für die nachfolgenden Betrachtungen wurde der Wurzelhalsdurchmesser verwendet, da dieser auch bei sehr kleinen Bäumen oder Stockausschlägen anwendbar ist.

Der Wurzelhalsdurchmesser ist von den einzelnen Parametern, der Parameter mit der stärksten Korrelation zur Biomasse (M_{01}). Das Model M_{02} weist das beste konditionelle Bestimmtheitsmaß ($cR^2 = 0.953$) auf und ist eine Kombination aus dem WHD und der Höhe. In Bezug auf das AIC, BIC und die Varianz ist Model M_{04} den drei anderen Modellen vorzuziehen. M_{04} ist eine Kombination aus dem WHD, H, h/hg- und h/d-Verhältnis.

Tab. 1 Biomassemodelle M_{01} – M_{04} , WHD = Wurzelhalsdurchmesser, H = Höhe, h/hg = Höhe/ Höhe des Grundflächenmittelstammes, h/d = Höhe/Wurzelhalsdurchmesser, SE =Standardfehler, p-Wert.

Model	Variablen	Koeffizienten	Wert	SE	p-Wert
M_{01}	Intercept	a	-2.65499	0.0436	< 0.001
	WHD	b	2.29325	0.0239	< 0.001
M_{02}	Intercept	a	-3.50576	0.0649	< 0.001
	WHD	b	1.52190	0.0403	< 0.001
	H	c	1.20956	0.0541	< 0.001
M_{03}	Intercept	a	-3.40775	0.0794	< 0.001
	WHD	b	1.50926	0.0399	< 0.001
	H	c	0.58536	0.1183	< 0.001
	h/hg	d	0.63665	0.1063	< 0.001
M_{04}	Intercept	a	-3.69133	0.0930	< 0.001
	WHD	b	1.94216	0.0961	< 0.001
	H	c	0.27772	0.1340	0.0383
	h/hg	d	0.53084	0.1056	< 0.001
	h/d	e	0.26262	0.0535	< 0.001

Es gibt signifikante Unterschiede bei der Gegenüberstellung der Flächenarten Bergbaufolgefläche und Landwirtschaft (p-Wert \leq 0.01) sowie den Wuchsklassen Kernwuchs und Stockausschlag (p-Wert \leq 0.01). In der Abbildung 3 ist der natürliche Logarithmus über den Punktwolken der einzelnen Kategorien abgetragen.

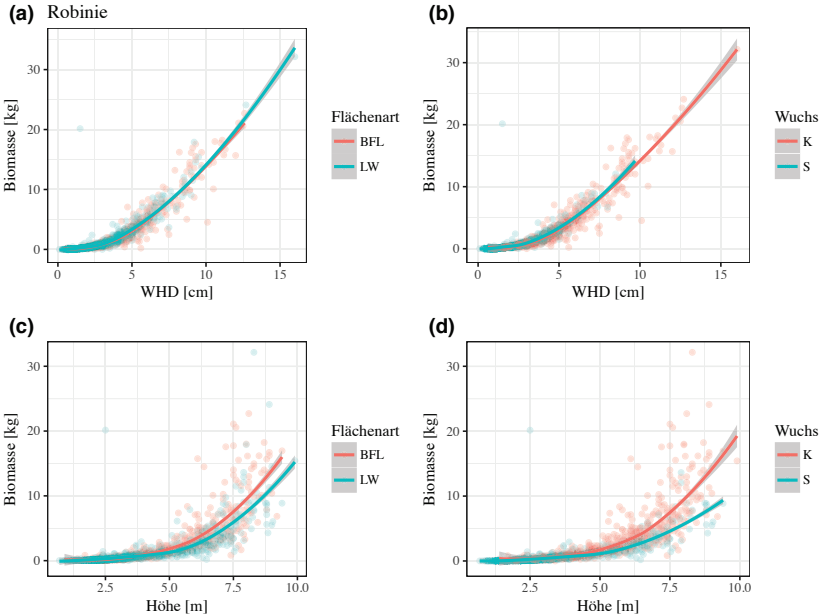


Abb. 3 Gegenüberstellung der Flächenart: Bergbaufolgelandschaft (BFL) versus Landwirtschaft (LW). Gegenüberstellung des Wuchses: Kernwuchs (K) versus Stockausschlag (S). Natürlicher Logarithmus zwischen der Biomasse (kg) und dem WHD (cm) sowie der Höhe (m).

Der signifikante Unterschied der Ausgangsdaten und den sich daraus ergebenden allometrischen Modellen der unterschiedlichen Ausgangsbedingungen (Flächenart und Wuchs) werden in der Tabelle 2 anhand des Mittelwertes aller untersuchten Flächen und dem 75% Quantil verdeutlicht. Umso höher die Werte (WHD, H) steigen, desto größer werden die Differenzen in Bezug auf den Einzelbaum und auf die Fläche. Bei dem Vergleich Bergbaufolgelandschaft und Landwirtschaft beträgt der Unterschied $0,7 \text{ t}_{\text{atro}} \text{ pro Hektar}$ ($t_{\text{atro}}/\text{ha}$) bei einem Wert von $4,7 \text{ cm WHD}$ ($8.333 \text{ Pflanzen/ha}$) und $3,3 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha}$ bei einem Wert von $9,0 \text{ cm WHD}$ ($2.000 \text{ Pflanzen/ha}$). Dieser Effekt ist bei dem Vergleich Kernwuchs und Stockausschlag verstärkt. Der Unterschied beträgt $1,9 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha}$ bei einem WHD von $4,7 \text{ cm}$ und $6,3 \text{ t}_{\text{atro}}/\text{ha}$ bei einem WHD von $9,0 \text{ cm}$. Bei den Höhenfunktionen sind die Unterschiede geringer und sogar durch die Verringerung der Stammzahl mit ansteigender Höhe niedriger.

Tab. 2 Vergleich der Funktionen mit unterschiedlicher Flächenart (BFL = Bergbaufolgelandschaft versus LW = Landwirtschaft) und Wuchs (K = Kernwuchs versus S = Stockausschlag). Die Werte WHD 4,7 cm und H 5,2 m sind die Mittelwerte aller untersuchten Flächen. Aus dem 75% Quantil (oberen 25% der Daten) ergeben sich die Werte WHD 9,0 cm und H 7,3 m.

Erklärende Variablen	Werte	BFL [kg]	LW [kg]	Hektar [t]	K [kg]	S [kg]	Hektar [t]
WHD [cm]	4.7	2.449	2.362	0.722 [#]	2.478	2.247	1.923 [#]
	9.0	11.713	10.054	3.318 [*]	12.292	9.164	6.256 [*]
H [m]	5.2	1.648	1.677	0.244 [#]	1.991	1.573	3.480 [#]
	7.3	4.305	4.663	0.717 [*]	5.185	4.425	1.520 [*]

#8,333 Pflanzanzahl, *2,000 Pflanzanzahl

9.4 Diskussion

Die Korrelationsmatrix zeigt, dass die Einzelbaumparameter am stärksten mit der Biomasse korrelieren. Die häufigsten verwendeten Variablen für Biomassemodelle, im Speziellen für die Robinie sind der WHD, der BHD, die Höhe und das Alter (BÖHM et al., 2011; ANNIGHÖFER et al., 2012; REDEI, 2013; KRASZKIEWICZ, 2013; LOCKOW & LOCKOW, 2015; STANKOVA et al., 2016). Das Model M₀₁ aus dieser Studie zeigt, dass der WHD als einzelne Variable den Biomassewert am genauesten erklärt. Im Model M₀₂ ist neben dem WHD die Höhe integriert. Dieses Model weist das höchste Bestimmtheitsmaß auf. Bei der Betrachtung des AIC und BIC ist das Model M₀₄ hervorzuheben. In dieses Model sind die Variablen WHD, Höhe, h/hg- und h/d-Verhältnis integriert. Für die praktische Anwendung sind jedoch aufgrund der einfachen Handhabung die Modelle M₀₁ und M₀₂ zu empfehlen.

In der Abbildung 4 wurden vier Biomasseformel zur Robinie einander gegenübergestellt. Die Funktion „Carl“ ist das Model M₀₁ aus der vorliegenden Studie. ANNIGHÖFER et al. (2016) untersuchten Sämlinge von 19 verschiedenen Baumarten, unter anderem von der Robinie (n = 238). Verglichen mit der vorliegenden Studie ist die Differenz 1,3 kg pro Baum bei einem WHD von 3 cm. Die gestrichelte Linie zeigt, dass sich der maximale WHD in der Studie von ANNIGHÖFER et al. (2016) bei 3,9 cm befand. In der vorliegenden Studie konnte hingegen ein maximaler WHD von 20,2 cm gemessen werden. Die hohe Differenz bei bereits kleinem WHD könnte auf die untersuchten WHD-Spektren zurückzuführen sein. LANGE et al. (2015) untersuchten Waldbestände, in denen junge Robinien stockten. Bei der Gegenüberstellung beträgt die Differenz 15 kg pro Baum bei einem WHD von 10 cm im Vergleich zu Model M₀₁. Bei dem Vergleich der Studien ist auch das WHD-Spektrum anzuführen. Zudem könnten die Waldstandorte besser Wasser versorgt sein bzw. durch die deutlich geringere Anzahl der Pflanzen pro Hektar im Wald (im Durchschnitt 2.000–3.000 N/ha) können sich die einzelnen Pflanzen mehr Nährstoffe und Wasser erschließen. Diesbezüglich ist anzuführen, dass Robinien-KUPs überwiegend mit Pflanzzahlen von 8000–10000 Pflanzen pro Hektar begründet wurden (BEMMANN & BUTLER MANNING, 2013). Bis zu einem WHD von 7 cm haben die Funktionen von BÖHM et al. (2011) und M₀₁ den gleichen Verlauf. Dies könnte darauf zurück zu führen sein, dass BÖHM et al. (2011) den Energiewald Welzow (EEW) untersucht haben. Der EEW war eine der untersuchten Bergbaufolgefäche von den 14 Untersuchungsflächen dieser Studie, sodass eine Art „Teilstichproben-Effekt“ eingetreten ist. Trotzdem beträgt die Differenz

10 kg pro Baum bei einem WHD von 13 cm. Erneut ist das WHD-Spektrum als eine potenzielle Ursache aufzuführen.

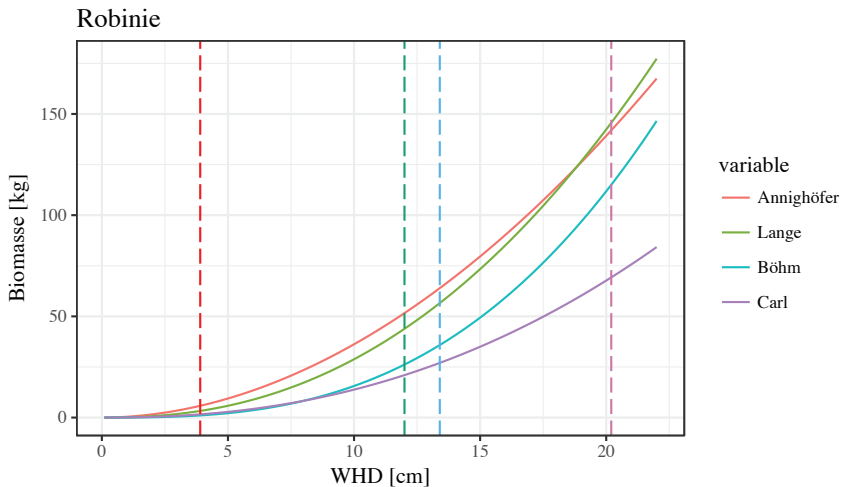


Abb. 5 Biomassefunktionen der Robinie aus vier unterschiedlichen Untersuchungen von BÖHM et al. (2011), LANGE et al. (2015), ANNIGHÖFER et al. (2016) und aus der vorliegenden Studie (CARL et al. 2017). Die gestrichelten Linien zeigen den maximalen WHD, der in die jeweilige Studie eingeflossen ist.

In dieser Studie bestand die Möglichkeit, ehemalige landwirtschaftliche Flächen und Bergbaufolgeflächen zu untersuchen und gegenüber zu stellen. Mit Hilfe der analysierten Daten konnten signifikante Unterschiede zwischen den beschriebenen Flächenarten berechnet werden. Bei gleichem WHD ist die Biomasse auf landwirtschaftlichen Flächen höher. Das lässt die Schlussfolgerung zu, dass die Bäume auf landwirtschaftlichen Flächen bei gleichem Durchmesser höher sind. Das Höhenwachstum ist eine Funktion des Standorts. Somit finden die Robinien auf landwirtschaftlichen Flächen bessere Standortbedingungen vor als auf Bergbaufolgeflächen. Bei gleicher Höhe ist die Biomasse auf den Bergbaufolgeflächen höher. Das spiegelt die Abhängigkeit des Höhenwachstums und des Standortes erneut wieder. Neben der Flächenart konnte eine weitere Kategorie, der Wuchs, ausgewiesen werden. Alle Pflanzen die bis dato nicht geerntet wurden, zählten als Kernwuchs. Im Gegensatz dazu sind die bereits geernteten Robinien als Stockausschläge deklariert worden. Signifikante Unterschiede wurden auch zwischen Kernwuchs und Stockausschlag ermittelt. Die Stockausschläge haben eine höhere Biomasse bei gleichem WHD. Somit investieren die bis dato nicht geerntet wurden, das Höhenwachstum im Vergleich zu Kernwüchsen. Hier könnten der Faktor Licht und die verstärkte Konkurrenzsituation der Stöcke eines Individuums die entscheidenden Faktoren sein. Ökologische Untersuchungen, die Kernwuchs und Stockausschlag verglichen, könnten hier neue Erkenntnisse liefern. Die beschriebenen Modelle M_{01} bis M_{04} basierten auf dem gesamten Datensatz und sind allgemein gültig. Sind jedoch die Flächenart und/oder der Wuchs bekannt, ist es zu empfehlen die spezielleren

Biomasseformel zu verwenden, zumal bei zunehmenden Durchmesser, die Biomassedifferenzen immer größer werden.

9.5 Zusammenfassung

Diese Studie beinhaltet die Erstellung einer allgemeingültigen allometrischen Biomasseformel für die Robinie in KUP's. Zudem wurde aufgezeigt, dass die Modelle durch die Integration der intra-spezifischen Konkurrenz und Klimaparametern nicht verbessert werden können. Signifikante Unterschiede wurden bei der Gegenüberstellung unterschiedlicher Ausgangsbedingungen; Flächenart bergbaulich versus landwirtschaftlich sowie unterschiedlichen Wuchstypen; Kernwuchs versus Stockausschlag, festgestellt. Die Modelle ermöglichen die Berechnung des Biomassevorrates von aufstehenden Robinien KUP's mit wenigen Parametern. Für die schnelle und praktische Anwendung der Modelle wurde eine App (-likation) entwickelt, die Sie unter folgenden Link <https://www.fh-erfurt.de/pub/BiomassekalkulatorRobinie/> abrufen können.

Danksagung

Für die Hilfe zur Erstellung dieser Publikation danken wir der Fachhochschule Erfurt. Zudem geht ein herzlicher Dank an die Technische Universität München, im Speziellen an Dr. Astrid Moser und Gerhard Schütze. Des Weiteren danken wir Felix von Riess (Energy Crops GmbH), Susanne Skalda (Schradenholz UG), Dr. Christian Böhm (Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg) und Stephan Dinter (Technische Universität Dresden). Für die tolle Unterstützung bei den Feldarbeiten danken wir Constantin Faatz und Jan Zimmermanns.

Quellen

ANNIGHÖFER, P.; AMEZTEGUI, A.; AMMER, C.; BALANDIER, P.; BARTSCH, N.; BOLTE, A.; COLL, L.; COLLET, C.; EWALD, J.; FRISCHBIER, N. (2016): Species-specific and generic biomass equations for seedlings and saplings of European tree species. *Eur. J. For. Res.* 135, 313–329, doi: <https://doi.org/10.1007/s10342-016-0937-z>.

ANNIGHÖFER, P.; MÖLDER, I.; ZERBE, S.; KAWALETZ, H.; TERWEI, A., AMMER, C. (2012): Biomass functions for the two alien tree species *Prunus serotina* Ehrh. and *Robinia pseudoacacia* L. in floodplain forests of Northern Italy. *Eur. J. For. Res.* 131, 1619–1635, doi: <https://doi.org/10.1007/s10342-012-0629-2>.

BEMMANN, A.; BUTLER MANNING, D. (2013): *Energieholzplantagen in der Landwirtschaft*. Hannover: Agrimedia, ISBN. 978-3-86263-081-3.

BÖHM, C.; QUINKENSTEIN, A.; FREESE, D. (2011): Yield prediction of young black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) plantations for woody biomass production using allometric relations. *Ann. For. Res.* 54, 215–227.

CIERJACKS, A.; KOWARIK, I.; JOSHI, J.; HEMPEL, S.; RISTOW, M.; LIPPE, M.; WEBER, E. (2013): Biological flora of the British Isles: *Robinia pseudoacacia*. *J. Ecol.* 101, 1623–1640, doi: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12162>.

DE MARTONNE, (1926): E. L'indice d'aridité. *Bulletin de l'Association de géographes français*, 3, 3–5, Available online: http://www.persee.fr/doc/bagf_0004-5322_1926_num_3_9_6321 (accessed on 11 November 2016).

ERNVEY, J. (1927): Die Wanderwege der Robinie und ihre Ansiedlung in Ungarn. *Magy. Botan. Lapok*, 25, 161–191.

GÖHRE, K. (1952): *Die Robinie und ihr Holz*. Dt. Bauernverlag.

KERESZTESI, B.; BALLA, I. (1988): *The black locust*, Akadémiai Kiadó: Budapest, ISBN 963-054-696-5.

KRASZKIEWICZ, A. (2013): Evaluation of the possibility of energy use black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) dendromass acquired in forest stands growing on clay soils. *J. Cent. Eur. Agric.* 14, 388–399, doi: <https://doi.org/10.5513/JCEA01/14.1.1212>, Available online: <http://hrcak.srce.hr/file/144877> (accessed on 19 January 2017).

LANDESKOMPETENZENTRUM EBERSWALDE LANGE (LFE). (2015): Wissenstransfer in die Praxis - Beiträge zum 10. Winterkolloquium am 19. Februar 2015 in Eberswalde, Eberswalder Forstliche Schriftenreihe Band 59; Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft (MLUL) des Landes Brandenburg - Landesbetrieb Forst Brandenburg: Eberswalde, p. 104, Available online: <http://forst.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.3310.de/efs59.pdf> (accessed on 9 January 2017).

LOCKOW, K.-W.; LOCKOW, J. (2015): *Ertragstafel für die Robinie (Robinia pseudoacacia L.)*, Gesellschaft zur Förderung schnellwachsender Baumarten in Norddeutschland e.V. ed.; cw Nordwestmedia Verlagsgesellschaft mbH: Norddeutschland, ISBN 978-3-937431-99-4.

- MÜLLER, F. (1990): Die Robinie als Biomasseproduzent in Kurzumtriebsplantagen. Österr. Forstztg. 101, 22.
- PETERS, K.; BILKE, G.; STROHBACH, B. (2007): Ertragsleistung sechsjähriger Robinien (*Robinia pseudoacacia*) auf vier ehemaligen Ackerstandorten unterschiedlicher Bodengüte in Brandenburg. Arch. Forstwes. Landschaftsökol. 41, 26–28.
- RÉDEI, K. (2013): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) growing in Hungary. Hungarian Forest Research Institute: Sarvar, Hungary.
- STANKOVA, T.; GYULEVA, V.; KALMUKOV, K.; DIMITROVA, P.; VELIZAROVA, E.; DIMITROV, D. N.; HRISTOVA, H.; ANDONOVA, E.; KALAYDZHIEV, I.; VELINOVA, K. (2016): Biometric models for the aboveground biomass of juvenile black locust trees. *Silva Balcanica*, 17, 21–30.
- VADAS, E. (1914): Das Lehrrevier und der botanische Garten der königl. ung. forstl. Hochschule als Versuchsfeld. Banská Stiavnica.
- WERNER, A.; VETTER, A.; REINHOLD, G. (2006): Leitlinie zur effizienten und umweltverträglichen Erzeugung von Energieholz. Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft Jena. Available online: <http://bibliothek.best-forschung.uni-goettingen.de/handle/best/1138> (accessed on 19 March 2017).
- ZENKER, T. (2003): Verdunstungswiderstände und Gras-Referenzverdunstung. PhD Thesis, Technische Universität Berlin, Berlin, Germany, 07.02.2003, Available online: https://www.depositonce.tu-berlin.de/bitstream/11303/1091/1/Dokument_1.pdf (accessed on 11 November 2016).

Posterbeiträge

10 Vergleichende Untersuchungen zum Wurzelwachstum von Aspen und Hybridaspen

Christian Heimpold¹, David Kunick², Volker Schneck¹, Mirko Liesebach³

¹Thünen-Institut für Forstgenetik, Eberswalder Chaussee 3A, 15377
Waldsiedersdorf

²Beuth Hochschule für Technik Berlin, Luxemburger Str. 10, 13353
Berlin

³Thünen-Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, 22927
Großhansdorf

Die bisherigen Untersuchungen auf Kurzumtriebsplantagen konzentrieren sich auf Wuchsleitung und Widerstandsfähigkeit von Aspen und Hybridaspen. Dabei zeigen Hybridaspen im Allgemeinen eine höhere Wuchsleistung als Nachkommenschaften der Europäischen Aspe. Untersuchungen zum unterirdischen Biomassewachstum liegen bislang nicht vor.

Auf einer im Rahmen des FastWOOD-Projektes angelegten Aspen-Nachkommenschaftsprüfung in Altlandsberg (Brandenburg) wurde das oberirdische und unterirdische Wachstum von achtjährigen Hybridaspen und Aspen untersucht (KUNICK 2017). Dazu wurden von 20 Bäumen, je 10 Hybridaspen und Europäischen Aspen, im BHD-Bereich von 6 bis 93 mm die Wurzeln freigelegt, ausgegraben, vermessen und anschließend in ihre Kompartimente zerteilt, um ihre Trockenmasse zu bestimmen. Die Probestämme wurden so ausgewählt, dass die auf der Fläche vorhandene Durchmesserbreite erfasst wurde. Die oberirdische Holzbiomasse wurde aus vorliegenden Durchmesser- und Höhenmessungen mittels einer Biomassefunktion geschätzt.

Die Ergebnisse zeigen, dass auch auf der verhältnismäßig schwach nährstoffversorgten, im kontinentalen Klimabereich gelegenen Versuchsfläche Altlandsberg die Hybridaspen mehr oberirdische Holzbiomasse produzieren als reine Europäischen Aspen. Das Wurzelwachstum ist bei beiden Arten fast ausschließlich auf den Ah(p)-Horizont oberhalb der Flugsohle beschränkt. Die Wurzelrockenmasse der vermessenen Hybridaspen variiert zwischen 16 g (BHD 6 mm) und 8.196 g (BHD 93 mm), die der Europäischen Aspen zwischen 82 g (BHD 14 mm) und 4.115 g (BHD 72 mm). Die Gesamtwurzelmasse der Hybridaspe ist größer als die der Europäischen Aspe, es werden jedoch keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Ausbildung von Fein-, Schwach- und Grobwurzeln sowie des Wurzelstocks zwischen Hybridaspen und Europäischen Aspen gefunden.

Der Vergleich der Wurzelquerschnittsfläche im Abstand von 30 bzw. 90 cm vom Wurzelstock zeigt, dass die Hybridaspen bei vergleichbarem BHD eine geringe Querschnittsfläche aufweisen als die Europäischen Aspen. Dies lässt darauf schließen, dass die Hybridaspen mit dünneren Wurzeln mehr oberirdische Biomasse produzieren als Europäische Aspen.

Weiterhin lässt sich festhalten, dass Hybridaspfen einen um 2 % höheren Wurzelbiomasseanteil haben als reine Europäische Aspen. Dieser Unterschied lässt sich statistisch jedoch nicht sichern. Bei den Hybridaspfen beträgt das mittlere Verhältnis von oberirdischer zu unterirdischer Trockenbiomasse im Mittel 1:0,29 und bei den Europäischen Aspen 1:0,27. Angesichts der geringen Stichprobe der untersuchten Bäume (n=20) und der Tatsache, dass die Untersuchungen an nur einem Standort durchgeführt wurden, können die Ergebnisse nicht verallgemeinert werden.

Quellen

KUNICK D (2017): Vergleichende Untersuchungen der Biomasse-Entwicklung von Hybridaspfen und Aspen (*Populus tremula*). Bachelorarbeit. Beuth Hochschule Berlin. 68 S.

11 Zerstörungsfreie Untersuchung der Rohdichte von Aspen und Hybridaspen mittels Pilodyn

Christian Heimpold¹, Kathrin Heimpold², Rainer Tölle², Volker Schneck¹, Mirko Liesebach³

¹Thünen-Institut für Forstgenetik, Eberswalder Chaussee 3A, 15377 Waldsiedersdorf

²Humboldt-Universität zu Berlin, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Unter den Linden 6, 10099 Berlin

³Thünen-Institut für Forstgenetik, Sieker Landstraße 2, 22927 Großhansdorf

Bei der energetischen und stofflichen Nutzung von Holz aus Kurzumtriebsbeständen spielt die Rohdichte der angebauten Bäume eine wesentliche Rolle. Untersuchungen zur Rohdichte von Aspen aus Kurzumtriebsbeständen fehlen bislang.

Das Pilodynverfahren nutzt die Eindringtiefe eines 2,5 mm starken Stahlstiftes, der mittels einer definierten Energie von 6 J in den Baum getrieben wird, zur indirekten Bestimmung der Rohdichte. Zwischen Eindringtiefe und Rohdichte besteht eine enge negative Korrelation. Die seit den 1970er Jahren angewendete Methode gilt als zerstörungsfrei.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit an der Humboldt-Universität Berlin wurden an 43 Aspennachkommenschaften und -klonen einer Nachkommenschaftsprüfung Pilodynmessungen durchgeführt. Die auf drei Kurzumtriebsflächen einer Versuchsserie in Brandenburg, Sachsen und Schleswig-Holstein durchgeführten Untersuchungen zeigen im Alter 9 vereinzelt signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern.

Hybridaspen haben i.d.R. eine geringere Rohdichte als reine Europäische Aspen (*Populus tremula* L.). Über alle drei Flächen variiert bei den Europäischen Aspen die mittlere Eindringtiefe zwischen 21 mm (höchste Dichte) und 25 mm (geringste Dichte). Im Mittel beträgt die Eindringtiefe bei den Europäischen Aspen 23 mm. Bei den Hybridaspen variiert die mittlere Eindringtiefe zwischen 22 mm (höchste Dichte) und 28 mm (geringste Dichte). Im Mittel beträgt die Eindringtiefe bei den Hybridaspen 24 mm. Bei den Amerikanischen Aspen liegt mittlere Eindringtiefe bei 25 mm und variiert zwischen den Prüfgliedern von 23 mm bis 25 mm. Ebenso ist erkennbar, dass gleiche Nachkommenschaften auf besseren Standorten mit einem einhergehenden besseren Wachstum geringere Rohdichten aufweisen.

Die Tatsache, dass zwischen den einzelnen Nachkommenschaften signifikante Unterschiede in der Rohdichte nachgewiesen werden, kann für die zukünftige züchterische Bearbeitung der Aspe genutzt werden, indem gezielt Nachkommenschaften mit gutem Wuchs und hoher Dichte für weitere Kreuzungen ausgewählt werden. Weitere Untersuchungen sind jedoch erforderlich, um den Pilodynwerten reale Rohdichten zuordnen zu können.

12 Agroforstforum in Deutschland ... Quo vadis?

Rico Hübner¹

¹ Technische Universität München, Lehrstuhl für Strategie und Management der Landschaftsentwicklung, Emil-Ramann-Str. 6, 85356, Freising, Deutschland

Abstract. Das Forum Agroforstsysteme bewegt sich zunehmend in die Umsetzungsebene und in die landwirtschaftliche Praxis. Die steigenden Teilnehmerzahlen zeigen, dass Agroforstwirtschaft in Deutschland stetig bekannter und populärer wird. Auch die mittlerweile sehr gemischte Zusammensetzung des Publikums mit Vertretern aus Kommunen, Verbänden und der Privatwirtschaft zeigt, dass die Agroforstwirtschaft auch außerhalb der Forschung an Bedeutung gewinnt.

Keywords: Forum Agroforstsysteme, Forschungslandschaft, Deutschland

12.1 Entwicklung der Teilnehmerzahlen

Das erste Forum Agroforstsysteme (AFS) wurde 2009 in Jena durch die Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) im Rahmen des Projekts AgroForstEnergie veranstaltet. Bereits 62 Teilnehmer sind 2011 der zweiten Einladung der TLL nach Dornburg (Thüringen) gefolgt.

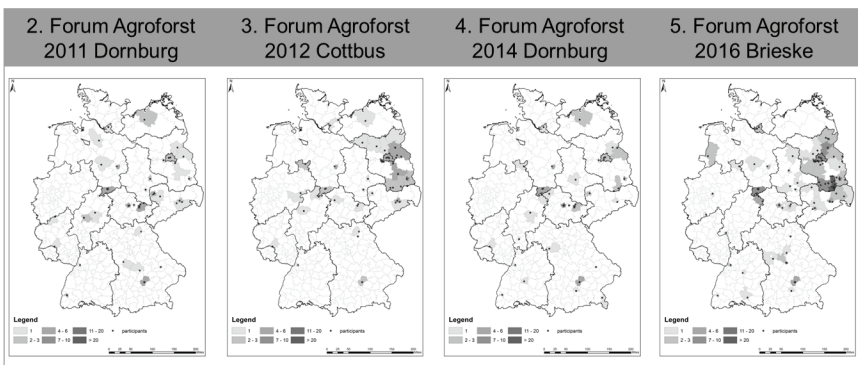


Abb. 1 Herkunft der Teilnehmer am Forum Agroforstsysteme nach Städten und Landkreisen.

Die Brandenburgisch Technische Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) übernahm den Veranstaltungsvorsitz 2012 und bereits 84 Teilnehmer kamen nach Cottbus. 2014 wurde wiederum ins Alte Schloss von Dornburg zum mittlerweile 4. Forum AFS geladen mit insgesamt 79 Interessierten. Insbesondere die Besuche auf den Agroforstflächen der TLL

zeigten, wie diese Systeme perspektivisch nach längerer Zeit aussehen und welche Erfahrungen im Ackerbau gemacht werden konnten. 2016 fand dann das 5. Forum Agroforstwirtschaft in Brieske bei Senftenberg statt. Organisiert von der Innovationsgruppe AUFWERTEN folgten 163 Interessierte der Einladung; ein bisheriger Höchststand in den Teilnehmerzahlen.

Die Teilnehmer kamen vornehmlich aus dem näheren Umkreis der Veranstaltungsorte, was sich in der Kartendarstellung in Abb. 1 zeigt. Je dunkler die Landkreise eingefärbt sind, desto mehr Vertreter sind gekommen. Deutschlandweit sind insbesondere die Hochschulstandorte, die sich mit Agroforstwirtschaft beschäftigen, wie Göttingen, Dresden, Weihenstephan, Erfurt, Cottbus, Freiburg sowie die Standorte von agrarischen Forschungseinrichtungen der Bundesländer als Punkte auszumachen. Insbesondere die Veranstaltung in Brieske an der brandenburgisch-sächsischen Grenze gelegen, verdeutlicht das überproportionale Interesse in den Neuen Bundesländern

12.2 Zusammensetzung der Teilnehmer

Zur Interpretation der Zusammensetzung wurden die Teilnehmer folgenden Gruppen zugeordnet: Forschung & Entwicklung, Kommunalvertreter, Jägerschaft, Unternehmen, Verbände & Interessensvertretungen, Verwaltungen & Behörden, Planungsbüros & Beratung, Umwelt- & Naturschutzverbände sowie Sonstige (Abb. 2).

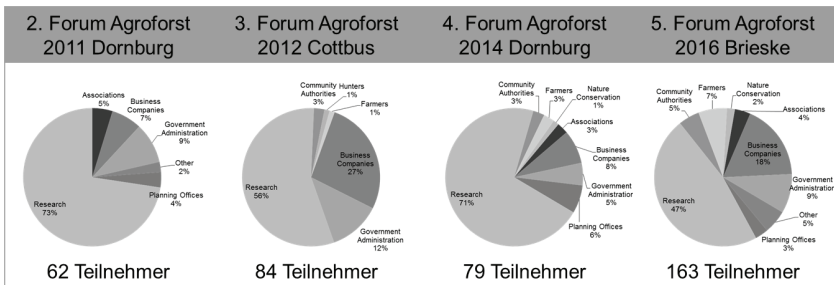


Abb. 2 Gruppenzuordnung und Teilnehmerzahlen bisheriger Foren zur Agroforstsystemen.

Hierbei zeigt sich das vor allem Vertreter aus Wissenschaft und Forschung in Dornburg stark vertreten waren (73% bzw. 71%) während diese in Cottbus und Brieske nur rund die Hälfte der Teilnehmer darstellten (56% bzw. 47%). Der Anteil der Unternehmen die an Agroforstwirtschaft interessiert ist, ist im Laufe der Jahre angestiegen. Auch das zunehmende Interesse der Landwirte wird mehr und mehr sichtbar und war auf der letzten Veranstaltung 2016 am höchsten.

Insgesamt wurde die Veranstaltungsreihe zunehmend von einem breiterem Publikum wahrgenommen und der Austausch von Informationen und Erkenntnissen zur Agroforstwirtschaft und damit die zukünftige Verbreitung sind in vollem Gange. 2018 wird das 6. Forum AFS von der Universität Göttingen veranstaltet.

13 Securing Sustainable Dendromass Production with Poplar Plantations in European Rural Areas

– Dendromass4Europe –

K. Jäkel, S. Liebal, M. Meyer, N. Weber

Technische Universität Dresden, Fachrichtung Forstwissenschaften,
Professur für Forstpolitik und Forstliche Ressourcenökonomie

Pienner Str. 23, 01737 Tharandt, Deutschland

Dendromass4Europe ist ein Projekt des Bio Based Industries Joint Undertaking unter Horizont 2020, in dem 9 Partner aus 7 verschiedenen Länder zusammenarbeiten um 4 neue, bio-basierten Wertschöpfungsketten zu entwickeln.

Keywords: KUP, Bio-basierte Wertschöpfungsketten, Circular, Bioeconomy, New Bio-Based Materials (NBBM)

Für Dendromass4Europe sollen auf marginalen und ungenutzten landwirtschaftlichen Flächen in Süd-Mitteleuropa insgesamt 2.500 Hektar Kurz-Umtriebs-Plantagen mit Pappeln entstehen. Diese Plantagen stellen den Rohstoff (Holz, Rinde, Biomasse) für den Aufbau von 4 neuen, bio-basierten Wertschöpfungsketten bereit, die zusätzliche Arbeitsplätze im ländlichen Raum und innovative Materialien schaffen.

Das Holz wird für leichtere und zugleich stabilere Holzwerkstoffplatten für die Möbelproduktion verwendet. Die Pappelrinde wird in bio-fungizide Fasergusskomponenten, die Kunststoffverpackungen ersetzen und in verschiedene Holzverbundstoffe (Wood-Plastic-Composites) eingearbeitet.

Neben einem stetigen Monitoring der erwarteten, positiven ökologischen Wirkungen, wird viel Wert auf eine optimale Effizienz in der Holzernte- und Lieferlogistik gelegt, sodass D4EU zu Reduktion von CO₂-Emissionen beitragen wird.

14 Biomassebildung und Qualitätsentwicklung junger Robinien-Stockausschlagbestände

Christian A. Lange¹, Dirk Knoche¹, Robin Hanschke¹, Jan Engel²

¹Forschungsinstitut für Bergbaufolgelandschaften e.V. (FIB),
Brauhausweg 2, 03238 Finsterwalde

²Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE), Alfred-Möller-
Straße 1, 16225 Eberswalde

Robinienbestände nehmen bundesweit etwa 35.000 Hektar Holzbodenfläche ein, davon entfallen 2/3 auf das Land Brandenburg. FIB e.V. und LFE bearbeiten seit dem Jahr 2009 Fragen zur Verjüngung und waldbaulichen Behandlung dieser klimatoleranten und sehr leistungsstarken Zukunftsbaumart im Rahmen des FNR-Projektes fastWOOD. Zielstellung ist die Feinsteuerung des Biomassewachstums und Stabilisierung der stammzahlreichen Aufwüchse durch eine frühzeitige Begünstigung von gut veranlagten Plusbäumen aus Stockausschlag und Wurzelbrut.

Im Winter 2008/2009 wurden dazu 9 Modellflächen in den regionalen Anbauschwerpunkten Brandenburgs angelegt. Dies geschah nach vollflächiger Nutzung der Ausgangsbestände mit 20, 40 und 60 Jahren und es erfolgte die Etablierung verschiedener Bewirtschaftungsvarianten. Seitdem erfolgten neben Technologie-Erprobungen die jährliche Zuwachsermittlung über allometrische Biomassefunktionen und seit 2013 die Begünstigung von maximal 150 förderungswürdigen Plusbäumen je Hektar durch einmalige Entnahme aller Bedränger im Radius von 1,7 m und dem Wuchsabgleich mit der jeweils unbehandelten Referenzparzelle.

Das Biomassewachstum in den jungen Robinienbeständen differenziert in Abhängigkeit der Standortgüte; für die ersten acht Aufwuchsjahre beträgt der durchschnittliche Gesamtzuwachs (dGZ) an Biomasse im Mittel aller Standorte fast 6 t atro/ha/a. Eine frühe Jungbestandspflege erscheint angesichts der hohen Wuchsdynamik lohnenswert: Bereits die einmalige Freistellung von förderungswürdigen Plusbäumen stimuliert den Biomassezuwachs und verbessert die Stabilität des Einzelbaumes bei guter Qualitätsentwicklung.

15 Untersuchungen zum Blattflächenindex einer Pappelkurzumtriebsplantage der Sorte *Max 1*

Simon Lehnhardt¹

¹ Fachhochschule Erfurt, Fakultät Landschaftsarchitektur, Gartenbau und Forst, Leipziger Str. 77, 99085 Erfurt, Deutschland

Keywords: KUP, Pappel, Max 1, LAI, Blattflächenindex

Der Blattflächenindex (LAI) ist ein Indikator zur Produktivität von Pflanzen. Er ist der Quotient aus Blattfläche und Kronenschirmfläche. In Deutschland sind für Kurzumtriebsplantagen (KUP) dazu bisher wenig Ergebnisse vorhanden. Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde daher untersucht, welche Ausprägung der Blattflächenindex des Pappelklons *Max 1* aufweist. Die Erhebungen fanden im August 2016 einer im Jahr 2009 etablierten Fläche nach 1. Rotation statt. Die Kurzumtriebsplantage befindet sich in Griebö, Sachsen – Anhalt.

Zur Ermittlung des LAI wurde eine direkte Methode angewandt. Dazu wurden von insgesamt fünf Bäumen alle Blätter entfernt (geerntet). Um Aussagen zur Verteilung der Blattfläche innerhalb der Krone zu erhalten, wurden sie in drei horizontale Bereiche unterteilt. Zudem konnte die durchschnittliche Blattfläche erhoben werden. Die Kronenschirmfläche wurde mit ein Zollstock durch Messung des Radius in vier Himmelsrichtungen durchgeführt.

Die Digitalisierung der Blätter fand mithilfe eines handelsüblichen Scanners (Canon CanoScan Lide 120) vor Ort statt. Im Anschluss wurde anhand des Kontrastes der Blätter und des farblosem Hintergrunds durch das Programms Adobe Photoshop CC die Fläche ermittelt.

Der LAI befindet sich zwischen 1,9 und 3,7 (Mittelwert 2,7). Die durchschnittliche Blattfläche pro Pappel beträgt 12,28 m² (min. 6,99 m²; max. 22,98 m²). Die Blattfläche im Lichtteil der Krone (obere 45%) beträgt im Durchschnitt 4,51 m², während die unteren Kronensektionen 3,53 m² (Halbschatten = mittlere 15%) und 4,25 m² (Schatten = untere 40%) aufweisen. Die Fläche der Blätter innerhalb der Kronensektionen weist mit Abnahme des Lichts geringere werdende Blattflächen auf: So ist die durchschnittliche Blattfläche in der Lichtkrone 116 cm², in der Halbschattenkrone 45 cm² sowie in der Schattenkrone 22 cm². Im Vergleich zu anderen Untersuchungen weist *Max 1* somit einen geringen LAI bei großen Einzelblattflächen auf.

16 Auswirkungen der Sortenwahl auf Vorkommen und Fraßmenge von *Nematus spec.* auf Pappelkurzumtriebsplantagen in Deutschland

Karoline Schwandt¹, Dirk Landgraf¹

¹ Fachhochschule Erfurt, Fakultät Landschaftsarchitektur, Gartenbau und Forst, Leipziger Str. 77, 99085 Erfurt, Deutschland

E-Mail: karoline.schwandt@fh-erfurt

Keywords: Blattwespen, *Nematus*, VOC, Pappel, Kurzumtrieb

Der Anbau schnellwachsender Baumarten auf landwirtschaftlichen Flächen in Form von Kurzumtriebsplantagen (KUP) bietet nicht nur steigendes Potenzial für eine nachhaltige Bereitstellung von Energieressourcen, sondern stellt zudem ein großes Risiko bezüglich abiotischer und biotischer Schadfaktoren dar. Neben vielzähligen biotischen Schaderregern an Pappel- und Weidenkurzumtriebsplantagen nehmen Blattwespen (*Nematus spec.*) in Mitteleuropa einen zunehmenden Stellenwert hinsichtlich des Schadpotenzials ein. Hierbei sind in erster Linie die Vertreter *Nematus papillosus* (RETZIUS, 1783) und *Nematus caeruleocarpus* (HARTIG, 1837) an der Pappel zu nennen. In den letzten Jahren kam es immer häufiger zu massenhaften Auftreten der Blattwespen, die durch ihren schnellen Vermehrungszyklus mit bis zu drei Generationen innerhalb einer Vegetationsperiode großflächig Ausfälle in Pappelplantagen verursachten.

Anhand von Beobachtungen im Freiland konnte festgestellt werden, dass jedoch das Schadausmaß, welches durch den Fraß von *Nematus*-Raupen entstand, stark sortenabhängig ist. Um zu erfassen, welche der praxisrelevanten Pappelsorten durch den Befall von Blattwespen gefährdet sind, wurden 120 Pappeln von sechs verschiedenen Pappelsorten hinsichtlich der emittierten volatile organic compounds (VOC) mittels GC/MS untersucht. Zudem wurden Präferenzen hinsichtlich der Wirtsbaumauswahl von adulten Blattwespen sowie sortenabhängige Fraßmenge der *Nematus*-Larven erfasst.

Es konnte festgestellt werden, dass sowohl die emittierten VOC zwischen den Pappelsorten stark variieren, die Auswahl des Wirtsbaumes durch die Adulti sowie die Fraßmenge der Larven stark sortenabhängig ausfällt. Insbesondere die Pappelsorte Max 3 (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*) stellte sich für Larven als auch Adulti als besonders attraktiv als Wirtsbaum dar. Weitere Sorten der Sektion *Tacamahaca* wurden hingegen weniger intensiv befrassen. Das größte Spektrum an emittierten VOC wurde hingegen bei der Sorte *Jacometti* 75B der Sektion *Tacamahaca* nachgewiesen, welche sich ebenfalls als sehr attraktiv als Wirtsbaum darstellt.

17 Variabilität der holzigen Biomasseproduktion von Pappel und Robinie als Folge des Klimawandels in einem Alley-Cropping System in der Lausitz

Diana-Maria Seserman^{1*}, Ina Pohle^{2,3}, Maik Veste^{1,4}, Dirk Freese¹

¹ Lehrstuhl Bodenschutz und Rekultivierung, Fakultät für Umwelt und Naturwissenschaften, Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus, Deutschland

² Environmental and Biochemical Sciences, The James Hutton Institute, Aberdeen, Großbritannien

³ Lehrstuhl Hydrologie und Wasserressourcenbewirtschaftung, Fakultät für Umwelt und Naturwissenschaften, Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg, Cottbus, Deutschland

⁴ Institut für Botanik, Universität Hohenheim, Stuttgart-Hohenheim, Deutschland

* E-Mail: seserman@b-tu.de, Tel.: +49 (0) 355 69 4329, Fax: +49 (0) 355 69 2323

Die in Agroforstsystemen produzierte Biomasse verkörpert einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Energieproduktion. Aufgrund der vergleichsweise langen Planungshorizonte von Agroforstsystemen ist eine zuverlässige Langzeitprojektion der Holzerträge ein Schlüsselfaktor für optimale standorts-beziehungsweise regionsspezifische Managementstrategien zur Gewinnung der maximalen Holzbiomasseproduktion. Für eine realistische Abschätzung zukünftiger Holzerträge sind mögliche Klimaänderungen (u.a. höherer Verdunstungsbedarf, reduzierte Wasserverfügbarkeit) und deren Unsicherheiten einzubeziehen. Mit Hilfe des prozessorientierten Yield-SAFE Modells werden die Auswirkungen des Klimawandels auf die Produktion von holzartiger Biomasse von Pappel (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*) und Robinie (*Robinia pseudoacacia*) in einem Alley-Cropping System der Lausitz, Niederlausitz, prognostiziert und bewertet. Um die Sensivität der holzigen Biomasseproduktion hinsichtlich zukünftiger Wetterbedingungen zu untersuchen, wurden anhand von 100 Realisierungen aus dem statistischen regionalen Klimamodells „Statistical Analogue Resampling Scheme“ (STAR) 3619 Simulationen für einen Zeitraum von vierzig Jahren durchgeführt. Das Modell reagiert sensibel bezüglich der meteorologischen Eingangsdaten und ist in der Lage, die holzartige Baumbiomasse mit plausibler Genauigkeit vorherzusagen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung haben gezeigt, dass (1) Verschiebungen der Temperatur und der Wasserverfügbarkeit den Holzertrag direkt proportional beeinflussen und (2) die Auswirkungen potenzieller Klimaänderungen auf den Holzertrag hinsichtlich des komplexen Zusammenspiels verschiedener Einflussfaktoren beurteilt werden müssen. Darüber hinaus zeigt sich eine Fortpflanzung der Unsicherheiten ausgehend vom Klimaeingang hin zur modellierten

Ertragsproduktivität beider Baumarten Dies zeigt sich beispielsweise daran, dass höhere Jahresmitteltemperaturen das Baumwachstum aufgrund einer verlängerten Vegetationsperiode entweder erhöhen können oder im Gegenteil das Baumwachstum aufgrund höherer potenzieller Evapotranspiration und insbesondere im Falle von Niederschlagsabnahme auch geringerer Verfügbarkeit von Bodenwasser verringern können. Die Modellergebnisse sind wichtig für die nachhaltige Planung und Bewirtschaftung von Agroforstsystemen, anstehende Risikobewertungen und beispielhafte Analysen von Adaptionsszenarien in naher und ferner Zukunft.

